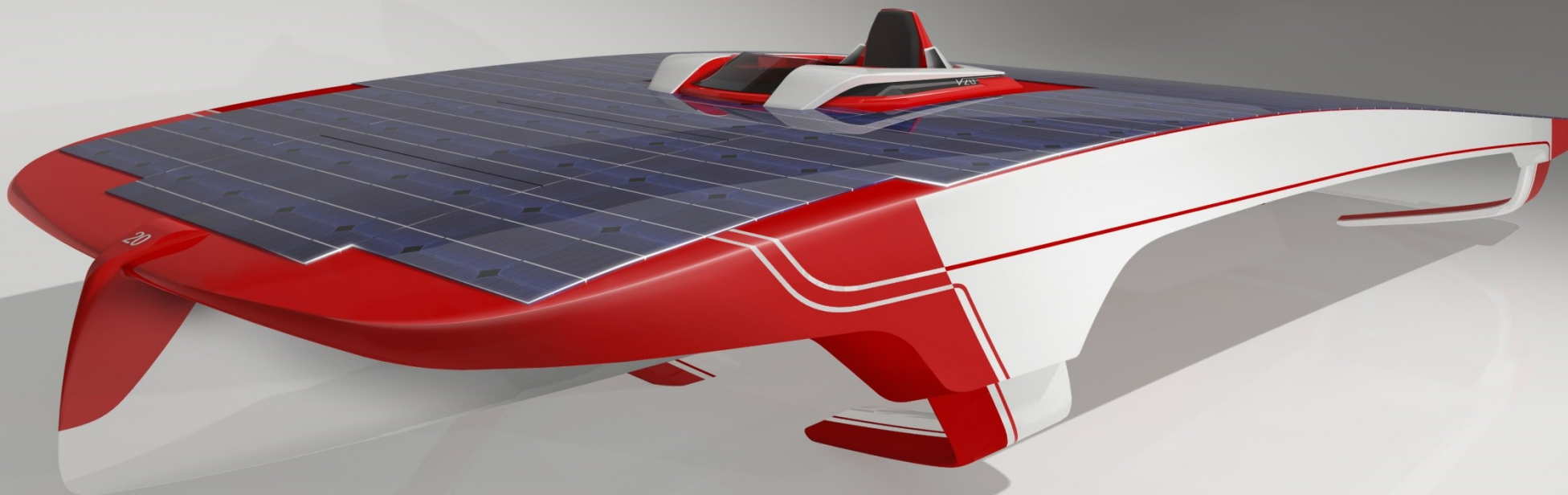


COCKPITONTWERP VOOR DE V20 SOLARRACER

Bacheloreindopdracht, Tjitte de Wolff



Universiteit Twente
Industrieel Ontwerpen

Bacheloreindopdracht

Student
Tjitte de Wolff

Studentnummer
S1127640

Begeleiders
Julia Garde
Eric Lutters (examinator)

Opdrachtgever
Vripack

Bedrijfsbegeleider
Jeroen Droogsmā

Datum van publicatie
2 september, 2014

Samenvatting

Dit verslag is gemaakt voor de bacheloreindopdracht, onderdeel van de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. De bacheloreindopdracht is begonnen in het derde kwartiel van collegejaar 2013-2014 en afgerond in het eerste kwartiel van collegejaar 2014-2015. Het onderwerp van dit verslag is het ontwerpen van een cockpit voor de V20 solarracer.

De V20 is de nieuwste generatie solarraceboten van Vripack, een groot jachtontwerp bedrijf dat zich heeft gevestigd in Sneek. De V20 is een boot die gebruikt wordt voor solarrace evenementen zoals de Dong Energy Solar Challenge. Bij deze races moeten de boten volledig op zonne-energie varen. Om meer snelheid te halen uit het beperkte vermogen dat de zonnepanelen opwekken beschikt de V20 over draagvleugels die de boot uit het water tillen. Met de V20 zet Vripack een nieuwe stap in de ontwikkeling van solarboten. De V20 is namelijk de eerste solarboot die commercieel verkocht wordt. Hiermee wil het bedrijf het meedoen aan solarraces beschikbaar maken voor organisaties die niet de kennis of de middelen hebben om zelf een solarracer te bouwen. Omdat de boot verkocht wordt moet de te ontwerpen cockpit beter uitgedacht zijn dan bij de gemiddelde solarracer.

Om dit te bereiken zijn eisen voor de cockpit bepaald door analyses te maken van de designfilosofie van de V20, de karakteristieken van de V20 en de regels waaraan de boot moet voldoen.

Bij het onderzoek naar de designfilosofie is achterhaald welke intenties Vripack met de solarracer heeft. Daarnaast is de ontwerpstyl van het bedrijf onderzocht. Hieruit bleek dat het bedrijf niet een vaststaande vormgevingstyl nastreeft maar wel een onderscheidende ontwerpmethodiek. Deze methodiek wordt de Holistic Design Approach genoemd waarmee het bedrijf wil bereiken dat ze de volledige ontwikkeling van een schip, van het ontwerp tot de productietekeningen voor hun rekening kunnen nemen. In het laatste deel van het onderzoek naar de

designfilosofie is gekeken naar de gebruikte inspiratiebronnen voor het ontwerp van de V20.

In de analyse van de karakteristieken van de V20 is belangrijke informatie over de werking van de boot, de gebruikte materialen, vormen, kleuren en afmetingen verzameld. Vervolgens zijn de eisen die deze kenmerken aan de cockpit stellen bepaald. Naast de regels die de solarraceorganisaties hebben opgesteld voor de deelnemende solarboten stellen ook het gewicht en de produceerbaarheid eisen aan de cockpit. Deze eisen zijn bepaald en verzameld.

De laatste eisen komen voort uit een gebruiksanalyse waarin doormiddel van een gebruiksscenario, een gebruikersanalyse en een krachtenanalyse bepaald is waar de cockpit nog meer aan voldoen. Alle eisen zijn uiteindelijk verzameld in een programma van eisen, dat gebruikt is om het ontwerp van de cockpit op te baseren. Daarnaast zijn moodboards en vormstudies gemaakt en is er gezocht naar deeloplossingen die gebruikt kunnen worden in het ontwerp van de cockpit. Met deze informatie is vervolgens begonnen met het genereren van de drie conceptrichtingen. Deze drie concepten, het Luxury & Performance concept, Futuristic & Ecologic concept en het Dynamic & Sporty concept zijn beoordeelt aan de hand van het programma van eisen en Vripack. Het gekozen concept is vervolgens uitgewerkt tot het eindontwerp. Voor het maken van het eindontwerp is gebruik gemaakt van ontwerpschetsen en kleimodellen. Dit heeft geleid tot een 3D-model dat de geometrie van het eindontwerp vastlegt.

In de laatste fase van de opdracht is het eindontwerp naast het programma van eisen gelegd en is gekeken of het ontwerp hieraan voldoet. Zo is bepaald dat de functies van de cockpit uitvoerbaar zijn, dat de bestuurder comfortabel in de cockpit kan zitten en dat de cockpit de bestuurder genoeg veiligheid biedt. Vervolgens is geëvalueerd of de sterkte, het gewicht en de produceerbaarheid van de cockpit voldoen aan de gestelde eisen. Bij de eisen waar de cockpit niet aan voldoet zijn tenslotte aanbevelingen gegeven. In de afsluiting van de opdracht is teruggeblikt op de uitvoerig van de opdracht en is bepaald dat het cockpitontwerp een bevredigend antwoord geeft op de onderzoeksvraag.

Summary

This report has been made for the bachelorassignment, part of the Industrieel Ontwerpen programme at the Universiteit Twente. The bachelorassignment started in the third quartile of the academic year 2013-2014 and was completed in the first quartile of the academic year 2014-2015. The subject of this report is the design of a cockpit for the V20 solarracer.

The V20 is the newest generation of solarboats from Vripack, a large yacht design company based in Sneek. The V20 is a boat that will be used for solarrace events like the Dong Energy Solar Challenge. In these races the boats have to depend on solar-energy to navigate over the water. To increase speed from the limited power that is provided by the solarpanels the V20 is equipped with hydrofoils that lift the boat out of the water. With the V20 Vripack makes a new leap in the development of solarboats. The V20 is the first solarboat that will commercially available. The intention of the company is to make participating in solarraces available for organisations that do not have the means or the knowledge to build their own solarracer. Because the boat will be sold the design of the cockpit has to be more elaborate than the average solarracer.

To achieve this, the demands for the cockpit have been determined by making analyses about the designfilosofie of the V20, the characteristics of the V20 and the rules the boat has to comply with.

In the investigation of the designfilosofie the intentions of Vripack with the solarracer were found. In addition to this the designstyle of the company was researched. From this research it was concluded that the company does not strive for a fixed stylingmethod. However it does have a distinguishing designmethod. This method is called the Holistic Design Approach and is used by the company to be able to develop an entire ship from design till productiondrawings. In the last part of the research after the designfilosofie the inspirationssources used for the design of the V20 were investigated.

In the analysis of the characteristics of the V20 important information about the functions of the boat, the used materials, shapes, colors and dimensions were collected. The requirements which were derived from these characteristics have been collected. In addition to requirements which are imposed by the solarraceorganisations for participating solarboats also weight and producability put restrictions on the cockpit. These requirements were determined and collected.

The final requirements were determined using an analysis of the use of the V20 by writing a scenario, making a useranalysis and an analysis of the occurring forces. All requirements were collected in a schedule of requirements which was used to base the design upon. Also moodboards and designstudies were made and partial solutions for the design problems were identified. With this information three concepts were created. These concepts, the Luxury & Performance concept, Futuristic & Ecologic concept en het Dynamic & Sporty concept were rated using the schedule of requirements. The best concept was developed into the final design of the cockpit. In order to make the final design designsketches and clay-models were made. This resulted in a 3D model that captures the geometry of the final design.

In the last fase of the assignment the final design was evaluated using the schedule of requirements to see if the cockpit satisfies all requirements. It was determined that the functions of the cockpit are useable, that the driver can comfortably sit in the cockpit and that the cockpit is sufficiently safe. After this the strength, weight and producability were evaluated. If a requirement was not met by the design recommendations were given. In the conclusion of the assignment the execution of the assignment was reviewed. It was determined that the cockpitdesign satisfies the research question.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
Summary.....	5
Inhoudsopgave.....	6
Inleiding.....	7
ANALYSEFASE.....	8
1. Kenmerken van de V20.....	9
1.1 De designfilosofie van de V20.....	9
1.1.1 De intenties van Vripack met de V20.....	9
1.1.2 De ontwerpstyl van Vripack.....	11
1.1.3 De inspiratiebronnen voor de V20.....	13
1.2 De karakteristieken van het ontwerp van de V20.....	15
1.2.1 De werking van de V20.....	15
1.2.2 De componenten van de V20.....	16
1.2.3 De materiaalkenmerken van de V20.....	21
1.2.4 De vormkenmerken van de V20.....	22
1.2.5 De kleurenkenmerken van de V20.....	24
1.2.6 De afmetingen van de V20.....	25
1.3 De eisen uit hoofdstuk 1.....	35
2. Waar moet het cockpitontwerp aan voldoen.....	36
2.1 De veiligheidseisen.....	36
2.2 Het gewicht.....	36
2.3 De produceerbaarheid.....	39
2.4 De eisen uit hoofdstuk 2.....	40
3. De gebruiksanalyse van de V20.....	41
3.1 Het gebruiksscenario.....	41
3.2 De gebruikers.....	43
3.3 De krachtenanalyse.....	44
3.4 De eisen uit hoofdstuk 3.....	45
4. Het programma van eisen.....	46
ONTWERPFASE.....	47
5. Concepten.....	48

5.1 Moodboards.....	48
5.2 Deeloplossingen.....	55
5.3 Conceptrichtingen.....	57
5.4 Conceptkeuze 1.....	66
5.5 Conceptkeuze 2.....	67
5.6 Conceptcombinatie.....	67
5.7 Conceptuitwerking.....	68
EVALUATIEFASE.....	80
6. Evaluatie.....	81
6.1 Ergonomie.....	81
6.1.1 Functionaliteit.....	81
6.1.2 Comfort.....	91
6.1.3 Veiligheid.....	93
6.2 Sterkte.....	98
6.3 Gewicht.....	101
6.4 Produceerbaarheid.....	101
7. Aanbevelingen.....	102
8. Conclusie.....	103
Bronnenlijst.....	105
Afbeeldingenlijst.....	106
Bijlage A.....	109
Bijlage B.....	111
Bijlage C.....	112
Bijlage D.....	115
Bijlage E.....	116
Bijlage F.....	118
Bijlage G.....	120
Bijlage H.....	123
Bijlage I.....	124
Bijlage J.....	126
Bijlage K.....	127

Inleiding

Al sinds de uitvinding van het wiel is sport een drijvende factor geweest bij het ontwikkelen en perfectioneren van nieuwe technieken. Een goed voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van de auto. In iets meer dan een eeuw is de auto veranderd van een paardenkar met een motor in snelheidsmonsters die ondersteboven door een tunnel zouden kunnen rijden. Veel innovaties die dit mogelijk hebben gemaakt vinden hun oorsprong in de autosport. Zonder deze ontwikkelingen zouden de auto's van nu nog steeds rondrijden met houten velgen en aangedreven worden door een stoomketel.

In deze bacheloreindopdracht staat geen auto centraal maar een boot. Een boot die is ontworpen om mee te kunnen doen aan een relatief nieuwe tak van sport. In lijn met het streven om de samenleving duurzamer te maken bestaat deze sport uit vaartuigen die voor hun aandrijving volledig op de zon vertrouwen. Deze boten varen in een race waarin de winnaar het snelste een bepaald parcours kan afleggen. Ook deze sport moet er uiteindelijk voor zorgen dat innovaties op het gebied van duurzaamheid doordringen in het ontwerp van nieuwe boten en jachten.

Om er voor te zorgen dat meer mensen kunnen deelnemen aan de zonneraces heeft het bedrijf Vripack een concept ontwikkeld dat nieuw is in de sport. Geïnteresseerden kunnen speciaal voor de races ontwikkelde boten kopen zodat ze niet zelf al het ontwikkelingswerk hoeven te doen.

Voor de hierboven beschreven boot is in deze bacheloreindopdracht een cockpit ontworpen die de bestuurder in staat moet stellen de boot op een goede manier te bedienen. Dit verslag beschrijft de werkzaamheden die hiervoor zijn verricht.

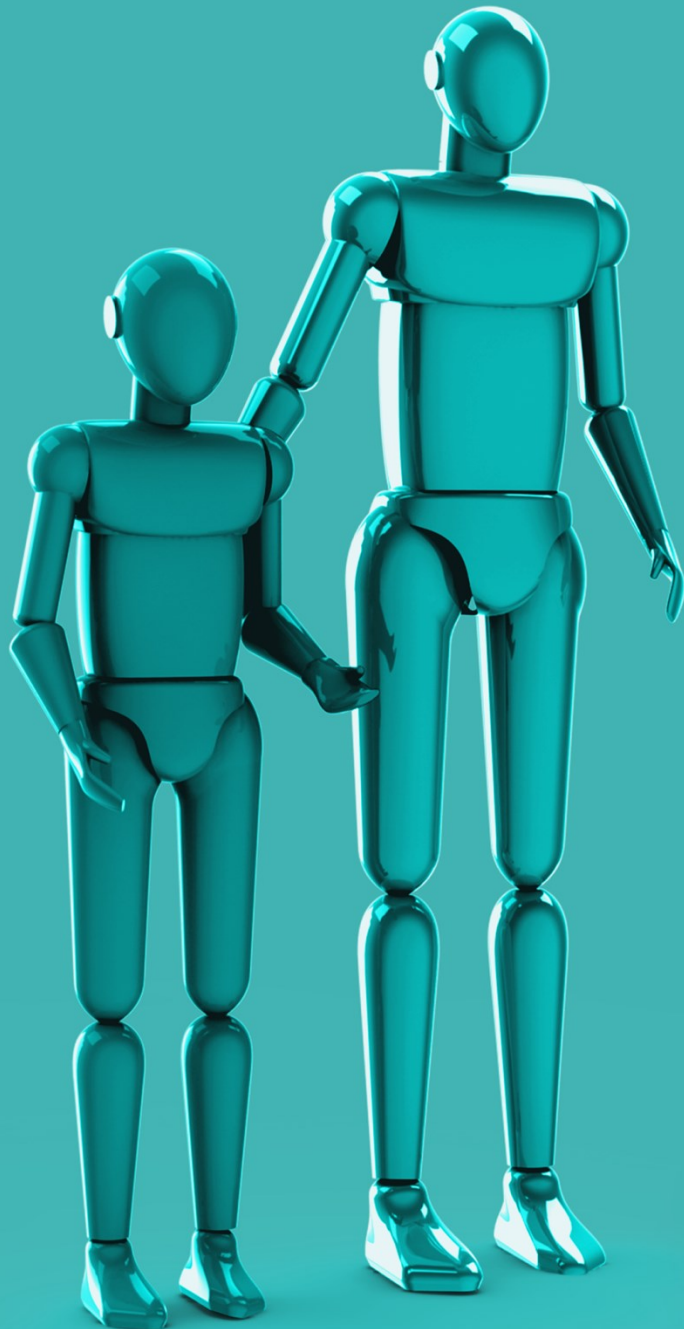
Het verslag is verdeeld in 8 hoofdstukken die ingedeeld zijn in 3 fases. In hoofdstuk 1 tot en met 4 worden analyses uitgevoerd die gezamenlijk bijdragen aan een programma van eisen dat de leidraad vormt voor de ontwerpfase die in hoofdstuk 5 is beschreven. Na de ontwerpfase volgt de evaluatiefase. In dit onderdeel is onderzocht of het ontwerp dat gemaakt is voldoet aan de gestelde eisen. Dit onderdeel beslaat hoofdstuk 6 en 7. De indeling van de hoofdstukken en de subhoofdstukken is bepaald aan de hand van onderzoeksvragen uit het plan van aanpak. De volledige lijst met onderzoeksvragen is te vinden in Bijlage A.

Om het navigeren in het verslag eenvoudiger te maken zijn een aantal grafische hulpmiddelen toegevoegd. Zo is aan elke fase een kleur toegekend waardoor in één oogopslag te zien is bij welke fase de desbetreffende pagina hoort. Dit is gedaan door een gekleurd blok naast het paginanummer toe te voegen. De kleuren die horen bij elke fase zijn:

- Analysefase
- Ontwerpfase
- Evaluatiefase

Het kan voorkomen dat een alinea onderbroken wordt en doorgaat op een volgende pagina. Om verwarring te voorkomen is dit aangegeven met een dunne streep boven de kolommen. In het geval van een doorlopende tekst zal de lijn doorlopen tot de zijkant van de pagina. Houdt de tekst na de pagina op dan zal de lijn de breedte van de kolom hebben. Hetzelfde principe is toegepast bij afbeeldingen. Wanneer afbeeldingen op verschillende pagina's staan maar toch bij elkaar horen dan is dit aangegeven met een lichtgrijs vlak om de afbeeldingen heen.

In de tekst wordt veelvuldig verwezen naar afbeeldingen en bronnen. In de digitale versie van dit verslag zijn afbeeldingen eenvoudig te vinden door te klikken op de figuurnummers. Daarnaast is na hoofdstuk 8 een Bronnenlijst en een Afbeeldingenlijst toegevoegd.



ANALYSEFASE

De analyse die gebruikt is voor het ontwerp van de cockpit van de V20 solarracer bestaat uit drie hoofdstukken. In hoofdstuk 1 is onderzocht wat de kenmerken van het ontwerp van de V20 zijn. In hoofdstuk 2 is bepaald waar het ontwerp van de cockpit aan moet voldoen. Ten slotte is in hoofdstuk 3 een gebruiksanalyse gemaakt van de V20 en de cockpit. De bevindingen van al deze analyses zijn aan het einde van elk hoofdstuk omgezet in eisen die met elkaar het programma van eisen vormen.

1. Kenmerken van de V20

In hoofdstuk 1 zal door het ontwerp van de V20 vanuit uit meerdere perspectieven te bekijken een volledig beeld worden geschept van de context waarin de cockpit zal moeten functioneren. Daarvoor is ten eerste gekeken naar de filosofie die achter het ontwerp schuilt. Vervolgens is onderzocht hoe de boot is opgebouwd en welke systemen er voor zorgen dat de V20 functioneert. Deze analyse bevat daarnaast een deel waarin de uiterlijke kenmerken van het ontwerp onder de loep worden genomen.

1.1 De designfilosofie van de V20

In het eerste onderdeel van de analyse is onderzocht welke designfilosofie er achter het ontwerp van de V20 schuilt. Dit is aan het begin van de opdracht gedaan zodat direct duidelijk is wat Vripack met het product wil bereiken. De designfilosofie van de V20 bestaat uit drie onderdelen. Allereerst is bepaald welke intenties Vripack met de V20 heeft. Het tweede onderdeel bestaat uit het analyseren van de ontwerpstijl van Vripack. Ten slotte zullen de inspiratiebronnen die gebruikt zijn voor het ontwerp van de V20 worden besproken. Al deze onderwerpen bij elkaar leveren eisen voor de cockpit op die aan het eind van hoofdstuk 1 zijn samengevat.

1.1.1 De intenties van Vripack met de V20

Vripack is in 1961 opgericht door ontwerper Dick Boon. Door de jaren heen is het bedrijf (Figuur 1) verantwoordelijk geweest voor een aantal toonaangevende jachtontwerpen zoals de aquanaut- en doggersbankseries (Vripack).

Vripack levert full-service jachtontwerpen aan klanten over de hele wereld. Met de term full-service wordt bedoeld dat Vripack niet alleen het jachtontwerp aanlevert maar ook aspecten als de engineering voor zijn rekening neemt. Deze unieke manier waarop Vripack het jachtbouwproces benaderd vloeit voort uit de grote hoeveelheid kennis die Vripack in huis heeft en wordt de Holistic Design

Approach genoemd. Hierdoor is het bedrijf in staat om een jachtbouwer van het ontwerp tot en met de verkoop van het jacht te begeleiden.

Omdat duurzaamheid ook in de jachtbouw een steeds grotere rol gaat spelen doet Vripack sinds 6 jaar mee met de DONG Energy Solar Challenge. Een race voor boten die volledig worden aangedreven door zonne-energie en kan worden omschreven als de World Solar Challenge op het water. Door aan deze evenementen mee te doen doet het bedrijf kennis op die later toegepast kan worden in andere jachtontwerpen.



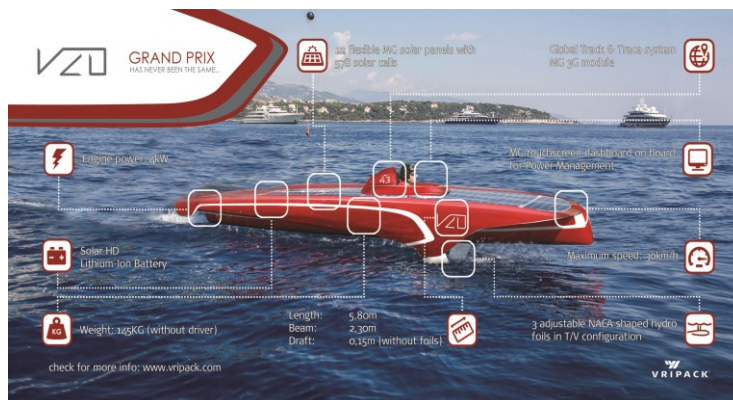
Figuur 1 - Het kantoor en de medewerkers van Vripack

Voor de 5^e editie van de DONG energy challenge is Vripack van plan om een grote stap voorwaarts te zetten op het gebied van solarracers met de ontwikkeling van de V20. De V20 is een betaalbare kant-en-klare oplossing voor organisaties die met een zonneboot mee willen doen aan een solarrace. Dit soort zonneboten zijn door zonne-energie aangedreven ultralichte constructies waarbij normaal gesproken alleen gelet wordt op functionaliteit.

Het ontwerp wordt vooral bepaald door het minimaliseren van de lucht en waterweerstand en de lay-out van de zonnepanelen. Met de V20 (Figuur 2) wil Vripack echter aantonen dat design en functionaliteit elkaar niet uitsluiten. Deze nieuwe generatie zonneboot wordt gekenmerkt door een gestroomlijnd ontwerp dat doet denken aan de zonnewagens die in Australië elk jaar de World-solar-challenge verrijden.

In de voorgaande races werden de zonneboten van Vripack bestuurd door een team van eigen werknemers. Dit had tot gevolg dat de afwerking en detaillering van het interieur niet belangrijk waren. De binnenkant werd bijvoorbeeld niet geverfd en de stuurstoel bestond uit niet meer dan een hergebruikte eetkamerstoel of zelfs alleen een tuinstoelkussen.

Het grote verschil met voorgaande boten is dat de V20 niet door Vripack zelf zal worden gebruikt maar kan worden gekocht door andere solarraceteams. Dit betekent dat het interieur deze keer wel degelijk belangrijk is. Zowel de functionaliteit als het uiterlijk moet voldoen aan de eisen van de solarraceteams en daarnaast ook als visitekaartje voor Vripack kunnen dienen.



Figuur 2 - Een overzicht van de V20

De raceteams die de V20 aanschaffen zullen in hun eigen internationale raceklasse tegen elkaar racen. Zo is er dit jaar naast de Dong Energy Solar Challenge ook een solarrace in Monaco: de Solar1 Monte Carlo Cup. De afnemers zijn organisaties die doormiddel van het meedoen aan deze wedstrijden hun bedrijf of organisatie willen promoten door geassocieerd te worden met het innovatieve en duurzame imago van de V20. Daarnaast wil ook Vripack laten zien dat het bewust bezig is met duurzame innovaties binnen de jachtbouw-sector.

Om te zorgen dat de kopers van de V20 direct aan de slag kunnen met de zonneboot kan deze geleverd worden als een 'full package product'. Dit betekent dat de boot in combinatie met een zeecontainer kan worden gekocht (Figuur 3). Deze doet dienst als mobiele werkplaats en kan daarnaast gebruikt worden om de zonneboot mee te vervoeren. De V20 zelf zal echter als bouw pakket worden aangeleverd. De teams zijn verantwoordelijk voor de plaatsing van de geleverde componenten. Hierdoor kunnen teams, als ze maar binnen de klasse-eisen van de V20 blijven, hun eigen draai geven aan zowel het uiterlijk als het functioneren van de boot. Voor de cockpit heeft dit tot gevolg dat de teams de vrijheid wordt gegeven een aantal bedieningscomponenten zelf te ontwikkelen.



Figuur 3 - De optionele zeecontainer van de V20

1.1.2 De ontwerpstyl van Vripack

Het ontwerp van de V20 zal een visitekaartje zijn van Vripack. Dit betekent dat bij de vormgeving goed nagedacht moet worden over wat het bedrijf wil uitstralen. De ontwerpstyl van Vripack is bepaald door twee onderdelen te analyseren. Als eerste is gezocht naar overeenkomsten in de ontwerpen van Vripack die gezien kunnen worden als vormgevingsstyl. Om dit te bepalen zijn een aantal ontwerpen uit het uitgebreide portfolio van Vripack geanalyseerd. Deze zijn zo gekozen dat ze een goed beeld geven van de vormgevingsstyl van het bedrijf. Vervolgens is gekeken welke ontwerpmethodieken het bedrijf gebruikt om tot zijn ontwerpen te komen.

In tegenstelling tot veel andere bedrijven wil Vripack qua vormgeving juist niet een vaststaande styl hebben zodat het bedrijf een ontwerp kan aanleveren dat past bij de eisen en wensen van iedere klant. Echter zal iedere ontwerper en ontwerpafdeling na verloop van tijd toch een eigen styl hebben ontwikkeld. Overeenkomsten in de geanalyseerde ontwerpen zullen daarom worden gezien als vormgevingsstyl van Vripack. Het meenemen van deze informatie is belangrijk omdat de V20 herkenbaar moet zijn als een ontwerp van Vripack.

NED 70

De NED 70 (Figuur 5, Figuur 4) is een krachtige ranke verschijning met een slim romp ontwerp volgens het Low Displacement Length principe (Vripack, 2012). Dit betekent dat de boot een kleine hoeveelheid water verplaatst voor zijn lengte. Het resultaat is dat deze boot zowel stabiel en zeewaardig is als een kleine diepgang heeft. Dit betekent dat hij bijvoorbeeld op de Waddenzee kan droogvallen.

Het ontwerp wordt gekarakteriseerd door strakke en scherpe lijnen en een overstekend dak. Het kleurgebruik onderstreept het robuuste karakter van de boot.



Figuur 4 - Vooraanzicht van de NED 70



Figuur 5 - Zijaanzicht van de NED 70

De Texelstroom

De Texelstroom (Figuur 9, Figuur 8, Figuur 7) is de nieuwe veerboot van TESO die vanaf 2016 van en naar Texel gaat varen. Bij het ontwerp is geprobeerd om de emoties die vrijkomen bij een bezoek aan het eiland Texel te verwerken in het design van de veerboot (De telegraaf, 2013). Dit is gedaan door elementen uit de natuur van het eiland terug te laten komen in de stylingelementen. Zo zijn de raampartijen geïnspireerd door de vleugels van de dwergstern die op het eiland voorkomt. De schubbenstructuur die hier op aangebracht is afgeleid van de dennenappels die overal op Texel zijn te vinden. Daarnaast zullen er in de Texelstroom een grote hoeveelheid duurzame technieken worden toegepast. Zo worden er 750 m² zonnepanelen op de boot geplaatst, zodat 50% van de elektriciteit die nodig is voor onder andere de verlichting op een groene manier kan worden opgewekt.

Gamma 20

De Gamma 20 (Figuur 10, Figuur 6) is een mini-superjacht waarbij alle luxe van een superjacht ondergebracht is in een compacte romp. Het ontwerp maakt gebruik van de Smart Kit Construction Method (Vripack, 2010) waardoor het maken van het schip slechts 7 maanden duurt. Bij de methode worden de spanten bijvoorbeeld CNC gesneden zodat het construeren van de romp veel minder tijd kost. Het ontwerp zorgt ervoor dat de boot ondanks het compacte formaat nog steeds een elegante uitstraling heeft. De strakke en scherpe lijnen zorgen hierbij voor een dynamisch profiel. De opbouw wordt gekarakteriseerd door een uitstekend dak dat volledig van de onderkant wordt gescheiden door een doorlopende raampartij.



Figuur 6 - Zijaanzicht Gamma 20



Figuur 7 - Zijaanzicht van Texelstroom



Figuur 8 - Interieur-render van de Texelstroom



Figuur 9 - Extérieur-render van de Texelstroom



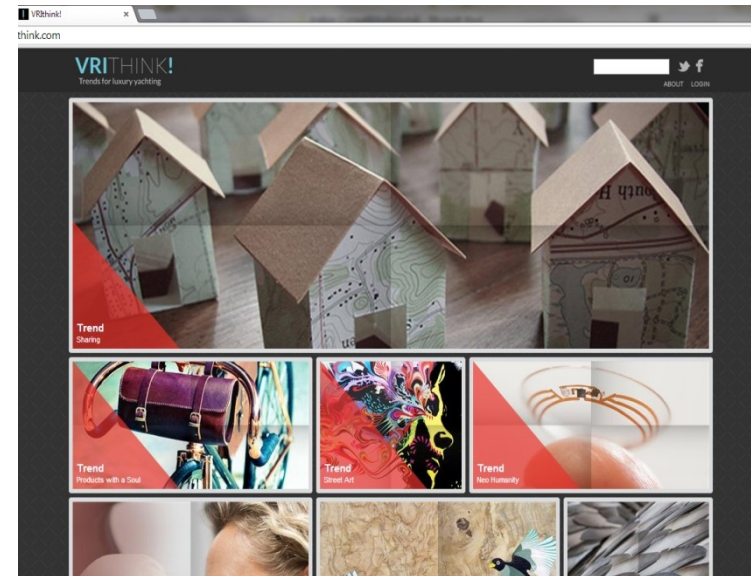
Figuur 10 - 3D-aanzicht Gamma 20

Conclusie

Hoewel Vripack een grote verscheidenheid aan boten ontwerpt zijn er toch een aantal overeenkomsten te vinden die kunnen worden aangeduid als de vormgevingsstijl van het bedrijf. De eerste is de verwerking van duurzame en innovatieve technieken in het scheepsonwerp. Daarnaast worden vooral de nieuwere schepen gekarakteriseerd door een beeldbepalend uitstekend dak dat onderbroken wordt door strak gelijnde raampartijen die over de gehele lengte van de boot doorlopen. Ook wordt er veel aandacht besteed aan de proporties van de schepen zodat de boten in evenwicht zijn. Ten slotte heeft elk ontwerp vaak een achterliggende gedachte zoals de eilandervaring bij de TESO boot.

Ontwerpmethode

Hoewel er geen vaststaande vormgevingsstijl bestaat is binnen het bedrijf wel een duidelijk gedefinieerde ontwerpmethode aanwezig. Dit proces (de Holistic Design Approach) wordt gekarakteriseerd door een constante wisselwerking tussen de ontwerp-, engineering- en marketingafdeling. Doordat bij het ontwerpproces de afdelingen tegelijkertijd bezig zijn wordt de doorlooptijd enorm verkort en kan Vripack flexibeler reageren op mogelijke ontwikkelingen rondom het project. Deze ontwikkelingen kunnen veranderende eisen zijn van de klant maar ook trends. Vripack is hier actief naar op zoek zodat ze een stap voor kunnen zijn op deze ontwikkelingen in de samenleving. Bij buitenlandse bezoeken wordt bijvoorbeeld naast een zakelijk deel ook tijd vrijgehouden om trends in het desbetreffende land te ontdekken. Dit worden trendwalks genoemd en de conclusies hiervan worden samen met andere ontdekte trends samengevoegd op een online platform genaamd Vrithink (Figuur 11). Dit is op dit moment nog in ontwikkeling, maar het doel is dat partners en klanten uiteindelijk ook trends hierop kunnen delen zodat er een trendwatcher-netwerk ontstaat waar alle partijen van kunnen profiteren. De informatie van deze site zou als inspiratiebron kunnen worden gebruikt voor de cockpit van de V20.



Figuur 11 - De trendwatcherwebsite Vrithink

1.1.3 De inspiratiebronnen voor de V20

Hoewel de V20 wordt aangeduid als boot is het ontwerp verre van conventioneel. Niet alleen tijdens het varen worden er principes uit de luchtvaart en racewagens toegepast, ook het ontwerp zelf leent vormgevingskenmerken uit andere disciplines. De lijst met inspiratiebronnen die gebruikt is voor het ontwerp van de V20 is opgesteld doormiddel van een interview met de ontwerper van de V20. Door bij het ontwerp van de cockpit dezelfde inspiratiebronnen te gebruiken zal het ontwerp beter passen bij de originele uitgangspunten van het V20-ontwerp (Figuur 12).

Bij het ontwerp van de romp zijn een aantal inspiratiebronnen gebruikt. De bovenste helft zorgt er voor dat zonne-energie wordt opgevangen en is daarvoor bedekt met zo veel mogelijk zonnecellen. Dit resulteert in een afgeronde vierhoekige vorm die ook terug te vinden is bij veel zonnewagens, zoals de zonnewagen van Universiteit Twente (Figuur 14). Ook het gekromde dek en de uitstulpingen voor de wielen zijn terug te vinden in het ontwerp van de V20.

Het andere karakteriserende onderdeel van de V20 zijn de draagvleugels. Deze worden gebruikt omdat ze tijdens het varen de waterweerstand enorm te kunnen verminderen door de boot uit het water te tillen.

Hoewel er binnen de scheepsbouw veel varianten zijn lijken de vleugels van de V20 het meest op de draagvleugels van de Moth-zeilboten (Figuur 15). Dit draagvleugelsysteem bestaat uit een vaste vleugel aan de voorkant en een verstelbare aan de achterkant. Deze configuratie zorgt er voor dat de boot stabiel over het water kan vliegen.

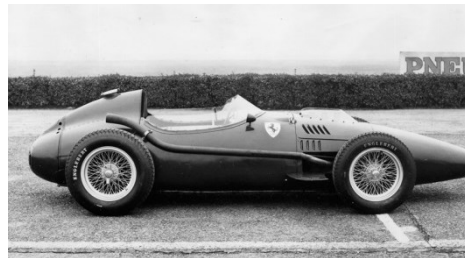
De cockpit in de ontwerptekeningen is afgeleid van de styling van de Formule-1 wagens uit de jaren 60 (Figuur 13). De cockpit van deze wagens bestaat uit een laag plexiglazen voorruitje en een gestroomlijnde hoofdsteun die naar beneden afloopt.



Figuur 12 - Ontwerptekening van de V20



Figuur 14 - Zonnewagen van de Universiteit Twente



Figuur 13 - Jaren 60 Ferrari Formule-1 wagen



Figuur 15 - Onderkant van een Moth-zeilboot

1.2 De karakteristieken van het ontwerp van de V20

In tegenstelling tot een normaal ontwerpproces zal de te ontwerpen cockpit deel uitmaken van een al bestaand ontwerp. Om de cockpit goed in te kunnen passen zijn verschillende analyses van het ontwerp gemaakt. Het eerste onderdeel dat is belicht is de werking van de V20. Dit is daarna verder uitgewerkt door de componenten te specificeren en aan te geven hoe zij hun werk verrichten. Van deze componenten zijn vervolgens de materiaalkenmerken bepaald zodat hier bij het ontwerp van de cockpit rekening mee kan worden gehouden. Ten slotte zijn de vorm, kleurkenmerken en de afmetingen van de V20 onderzocht. Bij het analyseren van de afmetingen is extra aandacht besteed aan de zitpositie van de bestuurder en het in- en uitstappen.

1.2.1 De werking van de V20

Om een goede cockpit te kunnen ontwerpen zal eerst begrepen moeten worden in welke context de cockpit geplaatst wordt. Daarvoor is geanalyseerd welke functies de V20 precies vervult zodat de werking van de boot bekend is. Hiervoor zijn eerst alle hoofdfuncties bepaald. Dit zijn functies die op zichzelf staan en niet onder een andere functie geschaard kunnen worden. Vervolgens is per hoofdfunctie bepaald welke stappen nodig zijn om deze uit te kunnen voeren. Deze stappen zijn de deelfuncties van de V20. De deelfuncties zijn te vinden in Figuur 16.

Stuwkracht leveren

Om de V20 door het water te kunnen duwen moet de boot stuwkracht kunnen leveren. Omdat de V20 volledig door zonne-energie wordt voortgedreven moet de boot zonne-energie om kunnen zetten in stuwkracht.

Varen

De V20 kan op twee manieren varen. Wanneer de snelheid van de boot laag is ligt hij met zijn romp in het water en vaart hij als een normale boot. Bij hoge snelheden zal de boot echter uit het water komen en over het water vliegen.

Sturen

Het sturen van de V20 gebeurt niet met behulp van een roer maar door de stuwkracht van de boot te draaien.

Communiceren

Om de bestuurder met zijn teamgenoten in contact te kunnen houden is het noodzakelijk dat de V20 een communicatiesysteem heeft waarmee de bestuurder met zijn team kan overleggen.

Status weergeven

Tijdens de race moet de bestuurder weten wat de status van de boot is zodat hij zijn tactiek aan kan passen aan gegevens zoals de acculading. Andere informatie die nodig is om een goede tactiek te bepalen zijn de positie, de snelheid, de inkomende zonne-energie en het energieverbruik van de boot. De V20 moet deze informatie vervolgens op een duidelijke manier aan de bestuurder weergeven. Om ook het team mee te kunnen laten beslissen over de tactiek moet de informatie gedeeld worden.

Romp leegpompen

Mocht er tijdens de race water in de romp van de V20 lekken dan moet dit door de boot weer overboord worden gepompt.

Ventileren

Bij het opslaan en leveren van energie gaat altijd een kleine hoeveelheid energie verloren doordat de efficiëntie hiervan niet 100% is. Bij de V20 wordt de verloren energie afgegeven als warmte. Deze warmte moet worden afgevoerd. De V20 beschikt daarom over een ventilatiesysteem.

Bestuurder ondersteunen

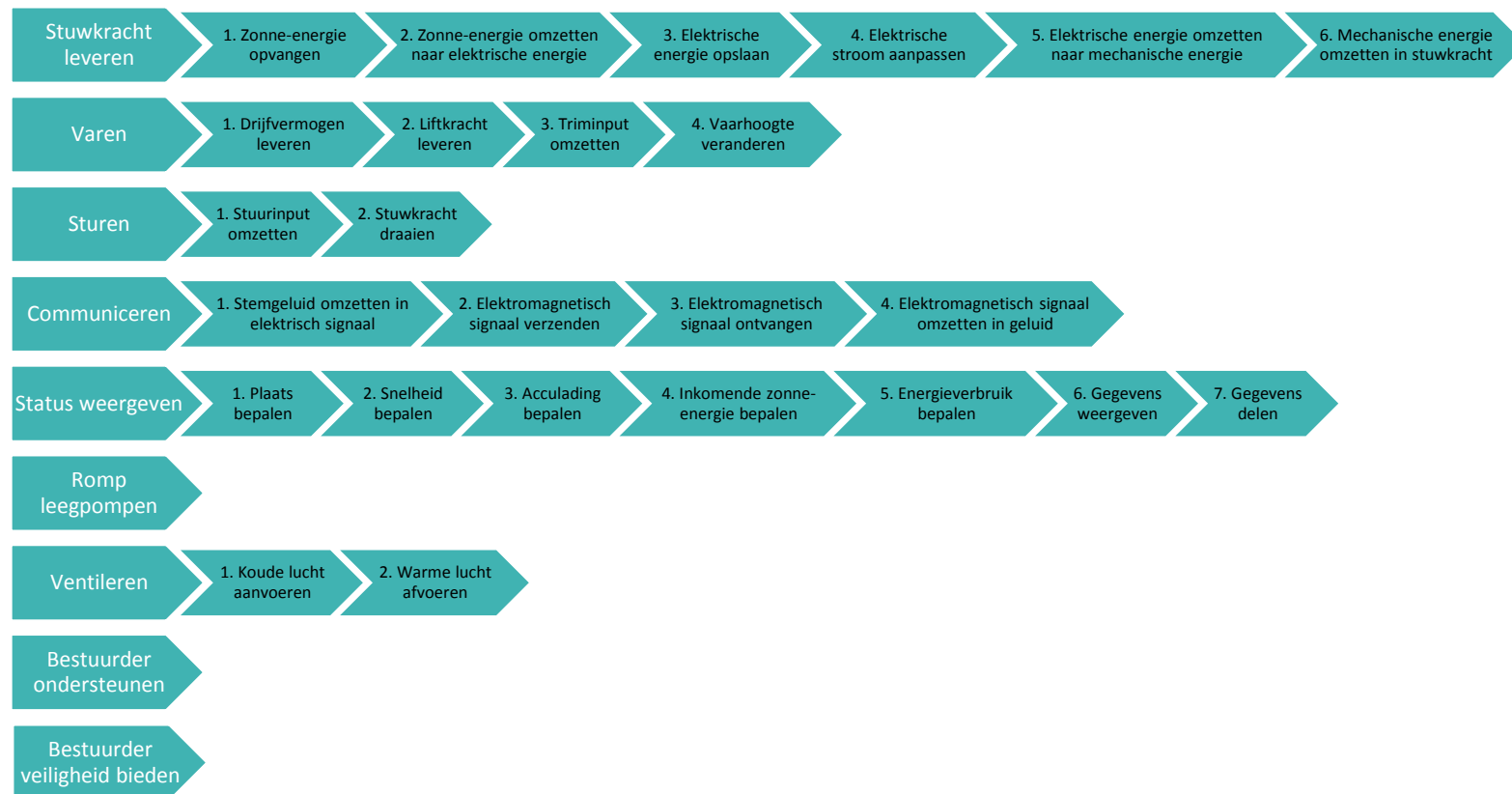
Omdat de V20 een bestuurder nodig heeft moet de V20 geschikt zijn om een persoon aan boord te hebben. Deze persoon moet op de juiste manier worden ondersteund tijdens zijn interactie met de boot.

Bestuurder veiligheid bieden

De cockpit van de V20 moet de bestuurder tijdens zijn interactie met de boot voldoende veiligheid bieden.

1.2.2 De componenten van de V20

In 1.2.1 is bepaald welke functies de V20 uitvoert om zijn werk te kunnen doen. Het overzicht van functies geeft echter nog niet een compleet beeld van het systeem van de boot. Daarom is per deelfunctie bepaald welke componenten de functie uitvoeren. Voor veel functies is bekend welke componenten er in de V20 gebruikt gaan worden. Van de bekende componenten zijn de specificaties daarom gegeven.



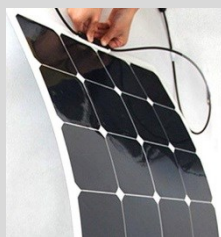
Figuur 16 - Functieoverzicht

Stuwkracht leveren

De eerste hoofdfunctie van de V20 zorgt ervoor dat zonne-energie kan worden opgevangen en via een reeks van omzettingen kan worden vertaald in stuwkracht. Voor het elektrische deel van het systeem wordt gebruik gemaakt van een pakket van onderdelen van MG electronics dat speciaal ontwikkeld is voor zonneracers. Een schematische weergave van dit systeem is te zien in Bijlage B.

1. Zonne-energie opvangen: Om de zonne-energie op te vangen maakt de V20 gebruik van zonnepanelen (Figuur 19). Dit gebeurt met panelen die voorzien zijn van semi-buigbare monokristallijne zonnecellen. Doordat de panelen buigbaar zijn kunnen ze over het gekromde dek van de V20 worden gebogen. Dit zorgt ervoor dat de stroomlijn van de boot niet onderbroken wordt. De panelen leveren een variërende elektrische spanning aan de solarboot.
2. Zonne-energie omzetten naar elektrische energie: De V20 heeft een MG Solar MPPT (Maximum power point tracking) (Figuur 18) die de variërende spanning van de zonnepanelen zo optimaal mogelijk omzet in een constante spanning die kan worden gebruikt om de accu's en de elektromotor van energie te voorzien. De MG solar MPPT is speciaal ontwikkeld voor het gebruik in zonneboten en wagens. Dit systeem wordt onder andere ook gebruikt door het Solar Team Twente (MG electronics).

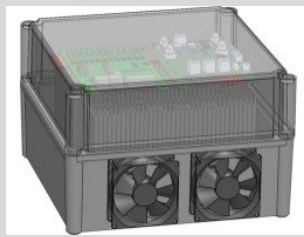
3. Elektrische energie opslaan: De opslag van elektrische energie wordt in de V20 verzorgd door een accupakket van MG electronic (Figuur 17). Het MG-Solar-Battery 1500 pakket bestaat uit lithium-ion accu's met een capaciteit van 1465 Wh (MG electronics). Dit pakket heeft zijn eigen accumanagementsysteem en weegt maar 10 kg. Dit is veel lichter dan vergelijkbare lood-accu's.
4. Elektrische stroom aanpassen: Doormiddel van een gashendel (Figuur 21) die hoort bij een Torqueedo elektrische buitenboordmotor kan de bestuurder het vermogen richting de aandrijflijn van de V20 aanpassen. Het signaal van de gashendel wordt verwerkt door een motorcontroller (Figuur 20) die eveneens bij de Torqueedo-kit hoort. Deze staat op zijn beurt in contact met het managementsysteem van het accupakket. De bestuurder kan de stroom helemaal onderbreken door een aan- en uitknop om te zetten. Dit systeem schakelt het accumanagementsysteem van de accu's uit.
5. Elektrische energie omzetten naar mechanische energie: De elektromotor van de buitenboordmotor van Torqueedo zorgt ervoor dat het elektrisch vermogen, dat door de motorcontroller naar de aandrijving (Figuur 24) wordt gedirigeerd, wordt omgezet in mechanische energie. Het maximale vermogen van deze motor is 6Kw.
6. Mechanische energie omzetten in stuwkracht: Een naar achter gerichte schroef (Figuur 25) duwt de boot door het water.



Figuur 19 - Zonnepaneel



Figuur 18 - MPPT



Figuur 17 - Accupakket



Figuur 21 - Gashendel



Figuur 20 - Motorcontrol-unit

Varen

De hoofdfunctie 'varen' zorgt ervoor dat de V20 zich over het water kan verplaatsen. Omdat de V20 hier twee manieren voor heeft zijn er meerdere componenten bij betrokken.

1. Drijfvermogen leveren: De romp (Figuur 22) van de V20 heeft vele functies. De belangrijkste is dat het de componenten bij elkaar houdt en over het water laat varen bij lage snelheden.
2. Liftkracht leveren: Wanneer de boot een bepaalde snelheid heeft bereikt zorgt het water dat over de draagvleugels (Figuur 23) stroomt ervoor dat de V20 zichzelf uit het water tilt. De romp draagt hieraan bij door extra liftkracht te leveren. De reden hiervoor zal verder toegelicht worden in 1.2.4.
3. Triminput omzetten: Om de V20 stabiel over het water te laten vliegen moet zo nu en dan de liftkracht die de draagvleugels leveren worden aangepast. Bij de V20 zal dit handmatig gebeuren en dus zal de cockpit een hendel of pedaal moeten herbergen waarmee de bestuurder de gewenste liftkracht kan instellen. Deze triminstelling wordt vervolgens overgebracht naar de achterste draagvleugel. Het trimmen van de liftkracht is een voorbeeld van een bedieningscomponent dat de teams zelf mogen ontwerpen.



Figuur 24 - Aandrijflijn

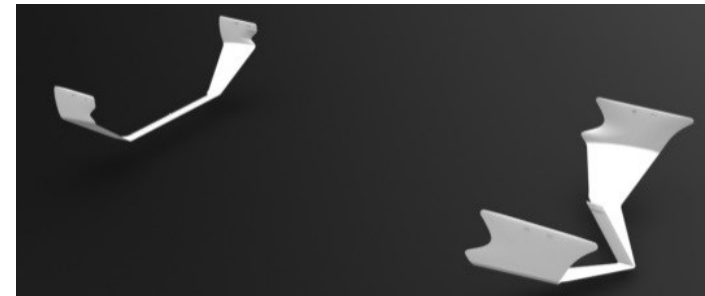


Figuur 25 - De schroef

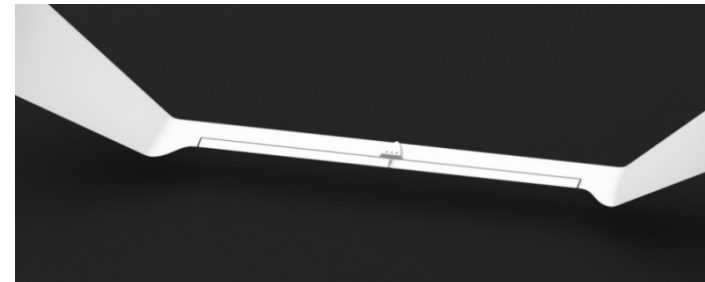
4. Vaarhoogte veranderen: Een trimvlak (Figuur 26) op de achterste draagvleugel zorgt ervoor dat de achterste vleugel meer of minder liftkracht kan leveren. Dit werkt volgens hetzelfde principe als bij een rolroer van een vliegtuig. Als het vlak naar beneden beweegt levert de vleugel meer liftkracht.



Figuur 22 - De romp van de V20



Figuur 23 - De draagvleugels van de V20



Figuur 26 - Het trimvlak op de achterste draagvleugel

Sturen

Het stuursysteem van de V20 zorgt ervoor dat boot van richting kan veranderen. In de meeste boten wordt dit gedaan door de stuwkracht langs een beweegbaar roer te leiden. De V20 stuurt echter door de stuwkracht zelf te draaien. Dit concept is efficiënter en eenvoudig toe te passen in combinatie met een elektrische aandrijving omdat de elektromotor compact is en onder water zijn werk kan verrichten. Dit in tegenstelling tot een verbrandingsmotor.



Figuur 27 – De stuurpod

1. Stuurinput omzetten: Om te sturen moet de bestuurder via een stuursysteem de boot opdracht geven om te draaien. Daarnaast moet deze input vertaald worden in een draairichting van de stuwkracht. Ook bij deze bedieningscomponenten zijn de teams vrij om zelf een systeem te bedenken. De input door dit systeem moet via een kabel worden overgebracht op een stuurpolie die bovenop de stuurpod (Figuur 27) is gemonteerd.
2. Stuwkracht draaien: De elektromotor die de stuwkracht voor de V20 verzorgt zit onderaan een stuurpod die doormiddel van de stuurpoelie wordt gedraaid. Het vleugelprofiel van de pod zorgt ervoor dat hij zonder veel weerstand door het water kan glijden en helpt daarnaast bij het sturen.

Communiceren

Het communicatiesysteem zit ingebouwd in de display van de MG Electronics-kit. Hiermee kan de bestuurder overleggen met zijn teamgenoten.

1. Stemgeluid omzetten in elektrisch signaal: Voor het opvangen van de stem van de bestuurder en het omzetten naar een elektrisch signaal bevat de display een microfoon.
2. Elektromagnetisch signaal verzenden: Het opgevangen geluid van de stem van de bestuurder wordt door een 3g-module doorgegeven aan de rest van het team. Hierbij moet de antenne van de module zo geplaatst zijn dat het signaal zonder verstoringen kan worden verzonden.
3. Elektromagnetisch signaal ontvangen: De 3g-module wordt eveneens gebruikt om instructies van het team over te brengen naar de V20.
4. Elektrisch signaal omzetten in geluid: Om de instructies kenbaar te maken aan de bestuurder bevat de display van de V20 een luidspreker.

Status weergeven

Om een goede wedstrijdstrategie te kunnen bepalen is het cruciaal dat zowel de teams als de bestuurders beschikken over real-time informatie van de status van de V20.

1. Plaats bepalen: Eén van de belangrijkste gegevens om een strategie te kunnen bepalen is de exacte positie van de boot. De V20 bevat hiervoor een GPS-ontvanger die verwerkt is in de display-module.
2. Snelheid bepalen: Naast het bepalen van de positie van de boot wordt de GPS-ontvanger ook gebruikt om de snelheid van de boot te bepalen.
3. Acculading bepalen: de MPPT van het accupakket meet tijdens het varen hoeveel energie er nog in de accu's zit.
4. Inkomende zonne-energie bepalen: Naast het bepalen van de resterende energie in de accu's houdt de MPPT ook bij hoeveel energie er via de zonnepanelen het accupakket instroomt.

5. Energieverbruik bepalen: Ook het energieverbruik van de systemen wordt bepaald door de MPPT. Dit doet het systeem door bij te houden hoeveel energie er van het accupakket wordt gevraagd.
6. Gegevens weergeven: Om de bestuurder op de hoogte te houden van de status van de V20 bevat de cockpit een kleurendisplay (Figuur 28) die hoort bij de MG Electronics-kit.
7. Gegevens delen: MG Electronics geeft de teams via een online portal toegang tot real-time gegevens van de V20. Hierdoor kan het team tijdens de race goed geïnformeerde beslissingen maken over de te volgen strategie. Het versturen van de gegevens gebeurt via de 3G-module. Naast de mogelijkheid om de informatie real-time in te zien kan het team er ook voor kiezen de gegevens op te slaan op een op een USB-stick. Daarvoor bevat de module een USB-drive. Deze functie geeft de teams de mogelijkheid om data achteraf te analyseren.



Figuur 28 - De kleurendisplay

Romp leegpompen

In het geval dat er water in de romp van de V20 lekt kan een lenspomp worden aangezet. Deze pompt het water uit de boot. De bestuurder kan de pomp aanzetten doormiddel van een aan- en uitknop die in de cockpit gemonteerd wordt.

Accu's ventileren

De accu's van de V20 zullen tijdens het opladen en ontladen warm worden. Om oververhitting te voorkomen zijn de zonneboten daarom voorzien van een ventilatiesysteem dat warme lucht wegzuigt en koude lucht aantrekt.

1. Koude lucht aanvoeren: De aanvoer van koele buitenlucht verloopt via luchthoppers op de bovenkant van de V20. De lucht wordt vervolgens doormiddel van ventilatieslangen naar het accucompartiment geleid.
2. Warme lucht afvoeren: De warme lucht uit het accucompartiment wordt weggezogen door een ventilator. De ventilator pompt de warme lucht via ventilatieslangen en een ventilatierooster naar buiten.

Bestuurder ondersteunen

De bestuurder van de V20 wordt tijdens de race ondersteund door een stuurstoel. Deze zit gemonteerd in de romp van de boot. Tijdens het in- en uitstappen moet de bestuurder worden ondersteund door de cockpit.

Bestuurder veiligheid bieden

De V20 moet de veiligheid van de bestuurder tijdens het gebruik te allen tijde waarborgen. Daarvoor beschikt de boot over een groot aantal veiligheid gerelateerde onderdelen. Ten eerste moeten de stuurstoel en de cockpit de bestuurder fysiek beschermen tegen noodsituaties die tijdens het gebruik plaats kunnen vinden. Dit zijn bijvoorbeeld aanvaringen of extreme weersomstandigheden. Daarnaast zal de V20 voorzien worden van een dodemansknop en een nood-knop. De dodemansknop, die bestaat uit een polsbandje en hoort bij de gashendel van de Torqueedo-kit, zorgt ervoor dat wanneer de bestuurder uit de boot valt de stroomtoevoer naar de elektromotor

wordt afgesloten. De nood-knop is bedoeld om tijdens noodsituaties het hele elektrische systeem van de V20 uit te schakelen. Dit wordt gedaan door zowel de stroomtoevoer naar de elektromotor als van de zonnepanelen naar de MPPT te onderbreken. De laatste groep veiligheid gerelateerde onderdelen bestaat uit de uitrusting van de cockpit. Hieronder vallen een brandblusser, bootshaak, nood-boei, waarschuwingsvlag, peddel en hoorn.

Nu per functie bepaald is welke onderdelen gebruikt worden kan een lijst worden opgesteld met de componenten die een plek moeten krijgen in de cockpit van de V20. De bestuurder wordt hierbij ook als component gezien.

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| ▪ Gashendel | ▪ Ventilatioorosters |
| ▪ Bestuurder | ▪ Stuurstoel |
| ▪ Aan/uit knop | ▪ Cockpit |
| ▪ Trimpedalen of hendels | ▪ Dodemansknop |
| ▪ Stuursysteem | ▪ nood-knop |
| ▪ Microfoon | ▪ Brandblusser |
| ▪ 3g module | ▪ Bootshaak |
| ▪ Luidspreker | ▪ Boei |
| ▪ GPS module | ▪ Waarschuwingsvlag |
| ▪ MG color display | ▪ Peddel |
| ▪ aan/uit knop | ▪ hoorn |
| ▪ lenspomp, | |

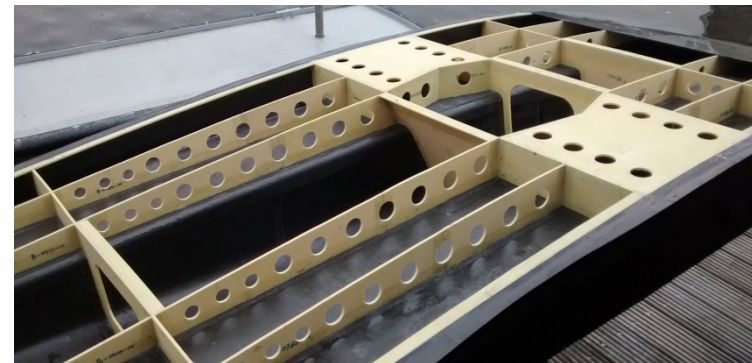
Voor zowel de trimpedalen/hendels als het stuursysteem geldt dat de teams ze naar eigen inzicht mogen ontwerpen en plaatsen. Ook het plaatsen van de gashendel wordt aan de teams overgelaten.

1.2.3 De materiaalkenmerken van de V20

De gebruikte materialen van de cockpit moeten qua uitstraling passen bij de materialen die in de rest van de boot gebruikt gaan worden. Van de onderdelen van de V20 zijn daarom de materiaalkenmerken bepaald. Daarbij is alleen gekeken naar componenten die zichtbaar zijn. De onderdelen die verborgen zijn

in de romp van de boot zijn niet meegenomen omdat ze geen invloed hebben op de materiaaluitstraling.

- Zonnecellen: De zonnecellen (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) op het dek van de V20 zijn buigbaar en monokristallijn. Dit betekent dat ze uit één rond silicium kristal zijn gezaagd en gefreesd. In tegenstelling tot zonnepanelen die veel op daken van huizen te vinden zijn heeft dit soort zonnepanelen niet de karakteristieke kristalstructuur. Het oppervlak van deze cellen is effen reflecterend zwart, omrand met wit plastic
- Romp: De gehele romp zal gemaakt worden van een hoogwaardig composiet. Het composiet bestaat uit een geweven vezelmat van koolstofvezel en een vinylester. Om de romp stijver te maken is het composiet verstevigd met schotten van polymeerschium (Figuur 29). Het grootste gedeelte van de composietdelen zal tijdens de afwerking bedekt worden met een vinyl-wrap of worden gespoten. De delen van de constructie die zichtbaar zijn in het interieur worden waarschijnlijk ook gespoten. Dit zal echter per boot verschillen omdat de teams zelf mogen kiezen hoe ze hun boot afwerken.



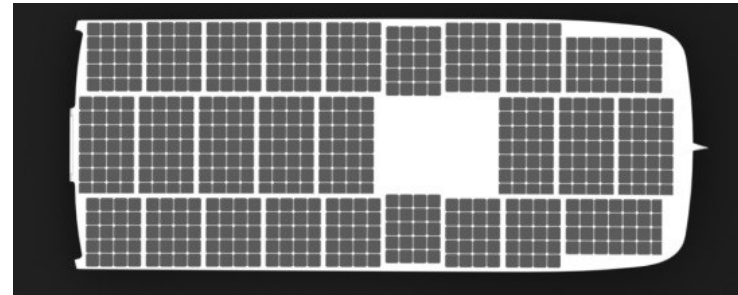
Figuur 29 - Romp met schotten

- Draagvleugels: De draagvleugels worden gemaakt van hetzelfde composiet als de romp. De vleugels zullen net als de romp gewrapt worden of gespoten.
- Torqueedo gashendel: De gashendel (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**) die hoort bij de Torqueedo elektromotor zal ook gebruikt worden in de V20. De unit bestaat uit een behuizing van matzwart plastic dat voorzien is van een gashendel van hetzelfde materiaal. Daarnaast bevat de behuizing een klein zwart-wit schermje en een aantal knoppen om de display in te stellen. Dit geheel is omrand met een matte oranje rand van plastic (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).
- MG color display: Om de bestuurder van realtime informatie te voorzien over gegevens zoals de acculading en de vaarsnelheid wordt het interieur voorzien van een kleurenscherm (Figuur 28). De behuizing hiervan is gemaakt van mat zwart plastic en het scherm is omrand met een matte zilveren rand. Daarnaast is het scherm, net als bij veel andere navigatieschermen, mat om hinderlijke reflecties tegen te gaan.

1.2.4 De vormkenmerken van de V20

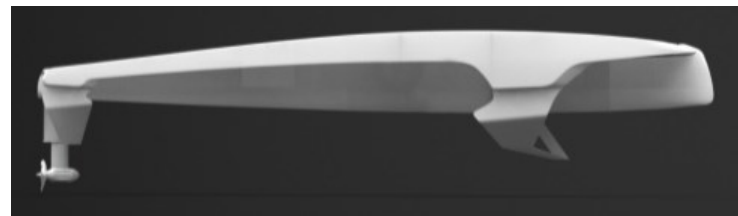
Eén van de sterke punten van de V20 is de vormgeving van de romp. Hiermee onderscheidt de boot zich van de andere zonneboten. Daarom is geanalyseerd hoe de vorm van de V20 is opgebouwd en hoe hij tot stand is gekomen. Door vormkenmerken van de romp terug te laten komen in het ontwerp van de cockpit kan worden gezorgd dat de twee delen beter bij elkaar passen.

De vormkenmerken van de V20 zijn ingedeeld in twee categorieën. De primaire vormkenmerken bepalen de hoofdvorm van de V20. Deze vormen zijn in de meeste gevallen ingegeven door functionele eisen. Zo moet het dek bijvoorbeeld vlak en vierkant zijn om de zonnecellen te kunnen herbergen (Figuur 30). De tweede categorie bestaan uit de secundaire vormkenmerken. Dit zijn ontwerpdetails die geen directe functie hebben maar wel bijdragen aan het ontwerp van de boot.



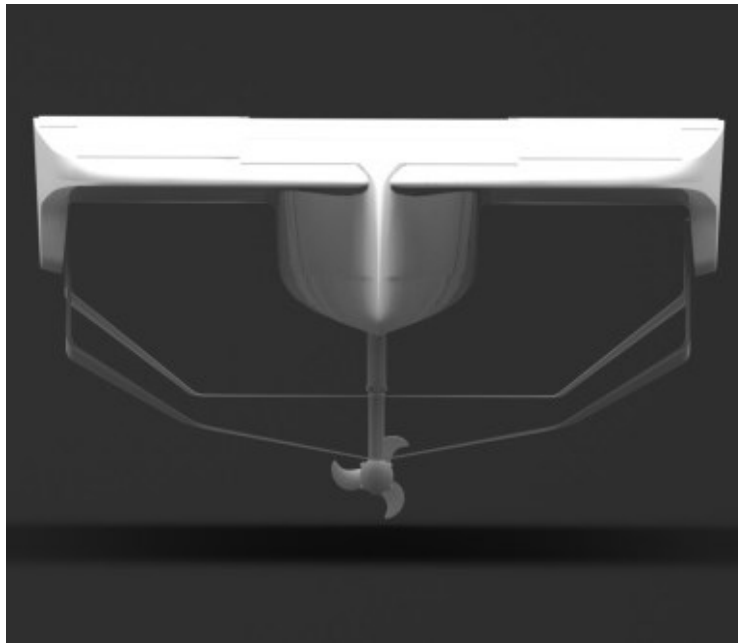
Figuur 30 - Bovenaanzicht van de V20

Een uniek kenmerk van de vorm van de romp is te vinden in het zijprofiel (Figuur 31) van de boot. Daar vormen het dek en de onderkant van de romp een vleugelvorm. Dit zorgt ervoor dat de boot, als deze uit het water komt, zich gedraagt als een vleugel. Deze vleugel maakt gebruik van het Wing In Ground (WIG) effect. Door de wisselwerking tussen de vleugel en het wateroppervlak genereert de romp 30 kilogram extra liftkracht waardoor de V20 minder snel hoeft te varen om over het water te vliegen. Daarnaast zorgt de extra liftkracht voor een stabielere vlucht. Het gebruik van de vleugelvorm heeft ook tot gevolg dat de romp van de V20 een stuk hoger is dan bij andere solarboten. Mede hierdoor lijkt de boot een stuk robuuster dan zijn concurrenten.



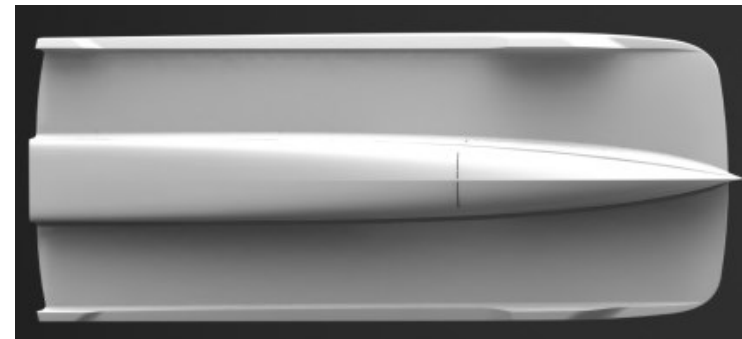
Figuur 31 - Zij aanzicht van de V20

Aan de linker en rechterkant van de romp bevinden zich de montagepunten voor de draagvleugels. Deze uitstulpingen doen daarnaast dienst als drijvers. Bij lage snelheden en wanneer de V20 een bocht maakt zorgen de drijvers ervoor dat de boot niet kan kapseizen. In het verlengde van de drijvers zijn de draagvleugels gemonteerd. De continuïteit tussen de vormen zorgt ervoor dat de onderdelen één geheel vormen. In het voor- en achteraanzicht (Figuur 31) is te zien dat de helften van draagvleugels doormiddel van twee knikken elkaar tegen komen bij de middellijn van de romp. Op dit punt zijn verstevigingen aangebracht door bij de voorste vleugel een naar voren gerichte vleugelvorm te plaatsen. De achterste vleugel wordt ondersteund met de stuurpod.



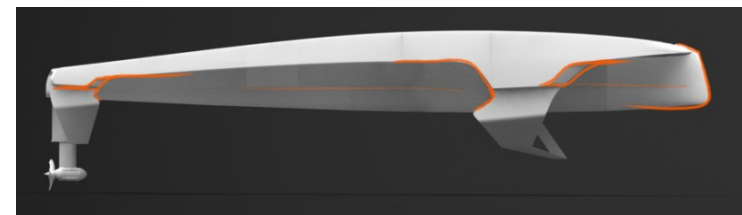
Figuur 32 - Vooraanzicht van de V20

In het onderaanzicht (Figuur 33) is te zien hoe het onderste gedeelte van de romp is opgedeeld in drie stukken. In het midden bevindt zich een gestroomlijnde kano-vorm waar de bestuurder en de rest van de apparatuur in zit. Aan weerszijden hiervan bevinden zich de drijvers waar aan de voorkant en de achterkant de draagvleugels zitten. Deze trimaranvorm zorgt voor stabiliteit en een lage weerstand wanneer de boot in het water ligt.



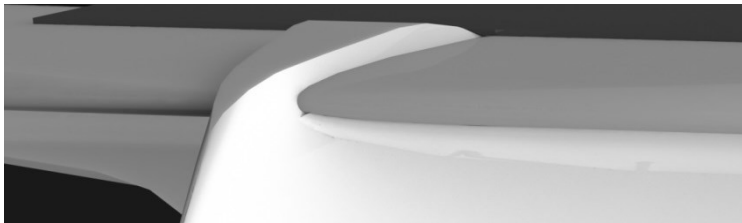
Figuur 33 - Onderaanzicht V20

De verschillende hoofdvormen van de V20 zijn met elkaar verbonden door vloeiende lijnen die doormiddel van afgeronde hoeken in elkaar over lopen (Figuur 34). Een goed voorbeeld hiervan is de overgang tussen de montagepunten van de draagvleugels en de rest van de romp.



Figuur 34 - Vloeiende lijnen met afgeronde hoeken

Secundaire vormkenmerken bestaan uit ontwerpdetails die zijn toegevoegd om de romp spannender of interessanter te laten ogen. Hoewel de romp van de V20 niet veel tierelantijnen heeft zijn er toch een aantal secundaire vormkenmerken te benoemen. Het eerste en meest opvallende ontwerpdetail van de V20 is het neusje op de voorkant van de romp (Figuur 35). Hier steekt de middelste drijver aan de voorzijde een stukje uit. Het neusje zorgt er naast zijn esthetische functie ook voor dat het dek aan de voorkant op de romp kan worden vastgeklemd.



Figuur 35 - Het neusje van de romp

Het tweede secundaire vormkenmerk van de romp wordt gevormd door een verdiept vlak op de achtersteven (Figuur 36). Door dit te doen wordt het vlak opgebroken waardoor het geheel dynamischer oogt.



Figuur 36 - Verdiept vlak achtersteven

1.2.5 De kleurkenmerken van de V20

Iedere organisatie die de V20 aanschaf zal zijn eigen stempel op de boot willen drukken. Dit kan onder andere door verschillende kleurstellingen (Figuur 37, Figuur 38) voor de romp te gebruiken en deze te bestickeren met sponsorlogo's. Om de boten te kunnen onderscheiden tijdens de race zullen er waarschijnlijk felle kleuren worden gekozen die goed passen bij het imago van de desbetreffende organisatie. Deze felle kleuren worden onderbroken door lijnen in een contrasterende kleur die het ontwerp van de romp versterken.



Figuur 37 - Kleurstelling 1



Figuur 38 - Kleurstelling 2

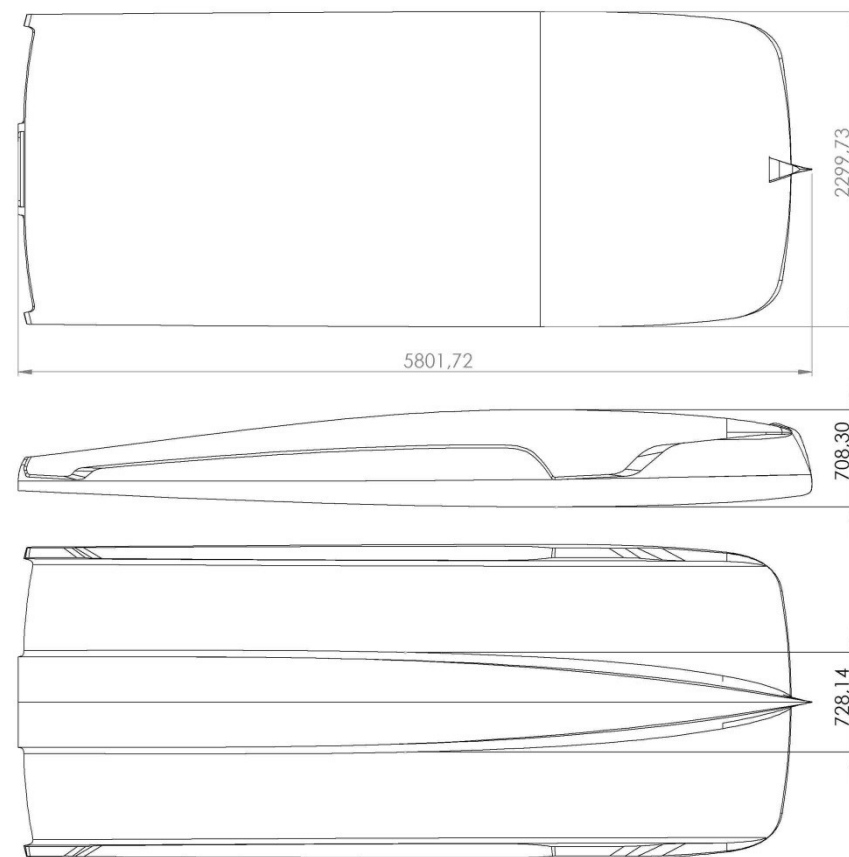
1.2.6 De afmetingen van de V20

Om een goed gevoel te krijgen van de dimensies van de boot is een analyse gemaakt van de afmetingen van de V20. Daarvoor zijn als eerste de hoofdafmetingen van de boot bepaald. Daarna is onderzocht hoeveel ruimte er nodig is voor de cockpit. Hiervoor is een uitgebreide analyse gemaakt van de zitpositie van de bestuurder. Vervolgens is gekeken hoe het instappen en uitstappen invloed hebben op de benodigde ruimte van de cockpit en de zitpositie. Als laatste is een analyse gemaakt van de maximale afmetingen van de cockpit bovendecks. Het formaat hiervan wordt namelijk begrensd door schaduwwerking.

De V20 heeft een lengte van 580 cm en is 300 cm breed. Deze afmetingen zijn zo gekozen dat de boot precies in de 20-voet scheepscontainer past die in combinatie met de V20 kan worden aangeschaft. Het gedeelte van de romp waar het interieur in geplaatst wordt heeft een hoogte van maximaal 71 cm en een maximale breedte van 77 cm (Figuur 39).

Voor de voortgang van het V20-project was het belangrijk dat de zitpositie in een vroeg stadium werd vastgelegd. Dit omdat de plaatsing van de cockpit invloed heeft op de plaatsing van de rest van de componenten. De precieze layout van de zonnepanelen kan bijvoorbeeld niet worden bepaald zonder dat de plek die de cockpit op het dek inneemt bekend is.

Om te zorgen dat de zitpositie ergonomisch en realistisch is zijn in het CAD-model van de romp twee 3D-modellen van mogelijke bestuurders geplaatst. Het model van deze bestuurders is gebaseerd op gegevens van de DINED Anthropometric Database (Figuur 41). Deze database bevat informatie over ongeveer 70 kenmerkende maten van het menselijk lichaam. Voor het model van de bestuurders zijn de maten gebruikt van Nederlandse mannen en vrouwen tussen de 20 en 60 jaar. Deze groep wordt gezien als de potentiële gebruikersgroep. Door de ruime definitie die gehanteerd is van de gebruikersgroep zal de zitpositie van de cockpit voor een groot gedeelte van de Nederlandse bevolking geschikt zijn.



Figuur 39 - Hoofdafmetingen van de romp

De twee 3D-modellen van de bestuurders vertegenwoordigen de meest extreme maten waarvoor de zitpositie moet voldoen. Dit betekent dat de bestuurder goed ondersteund wordt en dat de hoek tussen de lichaamssegmenten zo is dat er geen oncomfortabele lichaamshoudingen ontstaan.

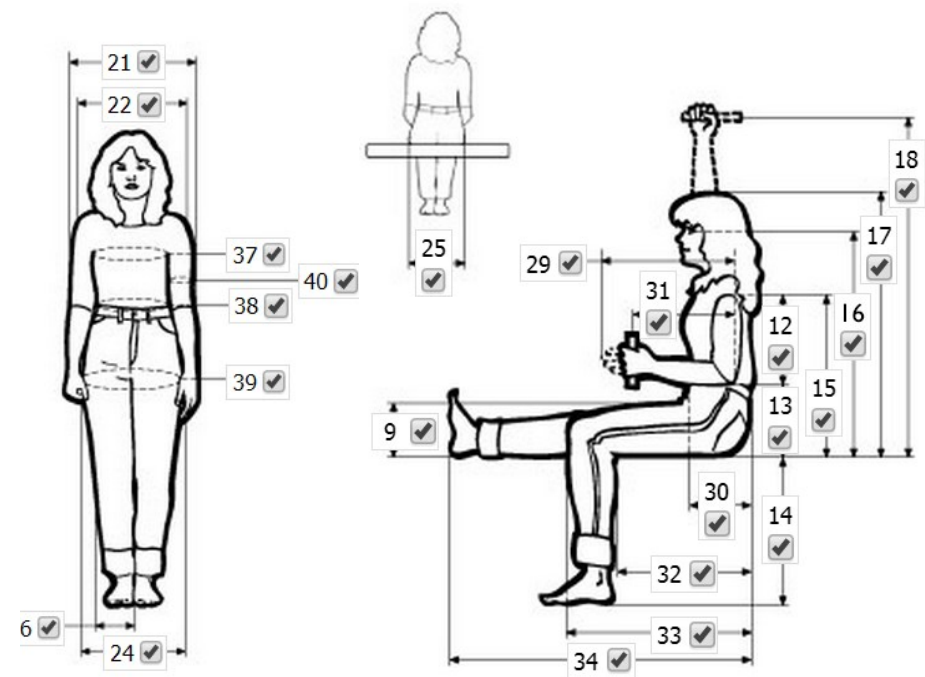
Er is gekozen om te zorgen dat 90% procent van de potentiële gebruikers geen aanpassingen hoeven te doen om comfortabel in het interieur te kunnen zitten. Daarnaast is besloten dat het interieur geen instelbare gedeeltes zal hebben. Dit is gedaan omdat de instelbaarheid ten koste gaat van het gewicht van de cockpit en niet past bij het streven om de bestuurderstoel in de rompconstructie te integreren.



Figuur 42 - Bestuurder met minimale afmetingen



Figuur 40 - Bestuurder met maximale afmetingen



Figuur 41 - Lichaamsafmeting van DINED

Met behulp van een voorlopige indicatie van de plek van de cockpit en de bestuurder is een poging gedaan om de zitpositie te bepalen door de bestuurder-modellen in de romp te plaatsen. Omdat er tijdens de solarrace voortdurend zal moeten worden gestuurd is gekozen om de zitpositie te combineren met de stuurhouding. Hiervoor is een voorlopig stuur toegevoegd aan het 3d-model van de V20. Nadat een zitpositie is bepaald die in eerste instantie voor beide modellen comfortabel leek is van het model een zijaanzicht op werkelijke grootte uitgeprint. Deze tekening is vervolgens opgehangen (Figuur 43) zodat de houding kon worden nagebootst door naast de tekening te gaan zitten. Met deze snelle test is bepaald of de modellen kloppen met de werkelijkheid en welke aanpassingen er nodig zijn van de zitpositie.

Maat (zie Figuur 41)	Min (P5) mm	Max (P95) mm
33. bil knie lengte	566	692
32. bil-knieholte lengte	455	561
17. kruin –zitvlak hoogte	821	1004
16. ooghoogte zittend	720	885
15. schouder hoogte zittend	524	664
14. knieholtehoogte	395	533
13. elleboog-zitvlak hoogte	188	302
9. dijbeenhoogte	124	178
31. elleboog-grip lengte	296	389
25. heupbreedte zittend	348	455
30. buikdiepte	186	356
21. breedte over de ellebogen	393	557
41. voetlengte	220	286

Tabel 1 - De afmetingen van de bestuurder-modellen (bron: DINED)



Figuur 43 - De opstelling van de zit-test

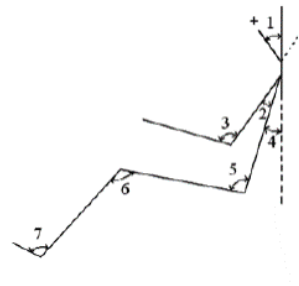
De conclusie van de deze zit-test was dat de bestuurder-modellen een realistisch beeld scheppen van de werkelijkheid maar dat de zitpositie nog niet optimaal was. Zo werd duidelijk dat de positie van de voeten hoger lag dan wenselijk was. Ook de hoek waaronder het stuur was geplaatst werd niet comfortabel gevonden. Daarnaast stond het stuur te ver van het lichaam af.

Om met meer zekerheid een uitspraak te kunnen doen over het comfort van een voorgestelde zitpositie is gezocht naar een methode waarmee het comfort van een houding kan worden bepaald. Deze methode is gevonden in de vorm van een tabel die oorspronkelijk gebruikt is in een onderzoek naar het comfort van vliegtuigcockpits (Rune S., 2008).

De tabel (Tabel 2) geeft informatie over de hoeken van lichaamssegmenten die als comfortabel worden ervaren. Doordat er zowel een minimumhoek als een maximumhoek wordt gegeven is de tabel een goed hulpmiddel om het comfort van een zittende houding te bepalen zonder dat de houding al te veel wordt vastgelegd. Nadat de conclusies uit de eerste zit-test zijn doorgevoerd in de

houding van de bestuurder-modellen is bepaald of de hoeken tussen de lichaamssegmenten voldoen aan waarden van de tabel.

number	minimum /°	maximum /°	Most comfort value /°
1	-30	13	5
2	-15	35	10
3	80	120	100
4	10	25	13
5	65	120	100
6	120	160	140
7	85	120	100



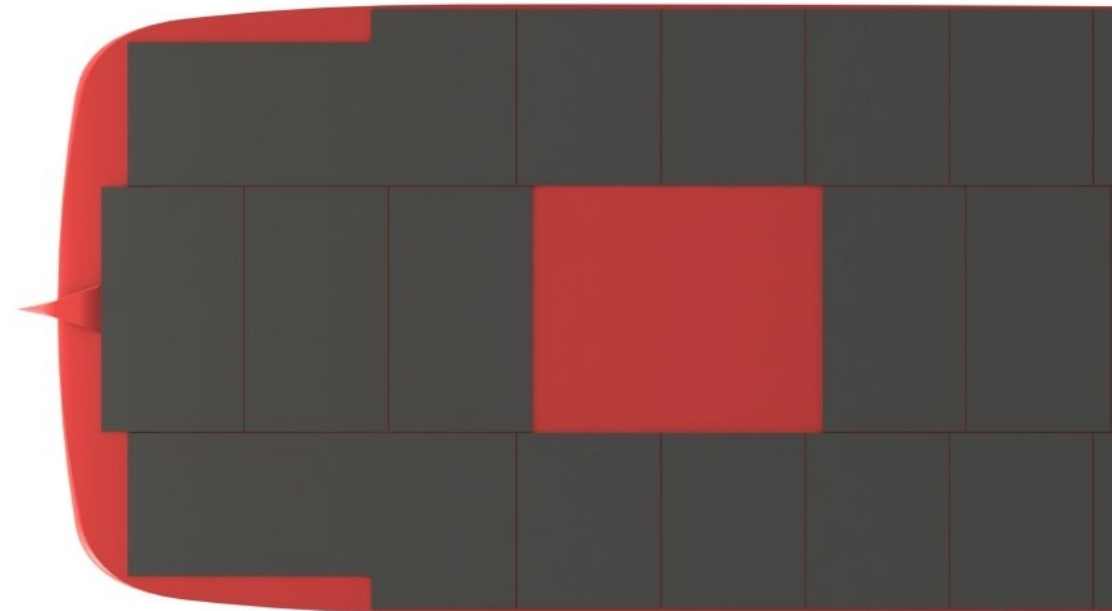
Tabel 2 - Comfortzone en meest comfortabele stand van 7 scharnieren

Uit de waarden van Tabel 3 kan geconcludeerd worden dat alle gewrichtshoeken binnen de comfortzone vallen. Doordat de lichaamsmaten van Mini Man (MM) en Big Man (BM) 90% van de doelgroep afbakenen kan dus worden gesteld dat 90% van de potentiële gebruikers qua gewrichtshoeken comfortabel in de gekozen zitpositie kan zitten.

Scharniernummer (MM)	Hoek	Scharniernummer (BM)	Hoek
1	10°	1	10°
2	33,5°	2	3°
3	93°	3	85°
4	16°	4	16°
5	90°	5	90°
6	132°	6	126°
7	100°	7	100°

Tabel 3 - Scharnierhoeken van de bestuurder-modellen

Een comfortabele zitpositie is erg belangrijk maar zal weinig meerwaarde bieden als blijkt dat onmogelijk is om vanuit deze houding in en uit de V20 te stappen. Daarom is naast het bepalen van een zitpositie ook gekeken naar de manier waarop er in en uit de boot gestapt gaat worden. Daarvoor is een stappenplan opgesteld waarin het proces van in en uitstappen wordt geanalyseerd. Deze stappen zijn vervolgens nagebootst met de bestuurder-modellen. De bevindingen van de analyse zijn per stap aangegeven. Bij het bepalen van de in- en uitstapprocedure moet zo veel mogelijk worden voorkomen dat de bestuurder op de zonnepanelen gaat staan omdat dit beschadigingen kan veroorzaken. Voordat begonnen is met de analyse is daarom eerst de definitieve lay-out van de zonnepanelen bepaald (Figuur 44). Ook is vast een inschatting gemaakt van het gat in de romp (Figuur 45) waar de cockpit op komt te zitten. Dit gat wordt namelijk gebruikt om in en uit de cockpit te kunnen stappen.



Figuur 44 - Definitieve lay-out van de zonnepanelen

Instappen

Het instappen in de V20 bestaat uit zeven stappen. Deze stappen zijn nagebootst met de bestuurder-modellen.

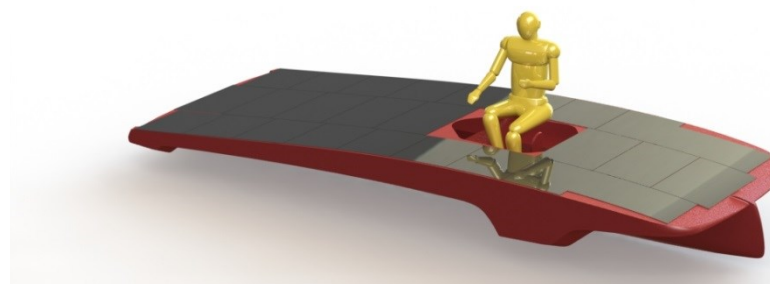
- 1) Met één been op het dek stappen/ kruipen (Figuur 48, Figuur 51): Omdat gekozen is om de V20 precies in een scheepscontainer te laten passen is de boot relatief breed. Dit heeft als voordeel dat er langs de cockpit aan beide kanten een rij zonnepanelen kan worden geplaatst. Het nadeel van deze keuze is dat het hierdoor lastiger wordt om over de zonnepanelen te stappen. Daarvoor moet namelijk vanaf de waterkant een stap van ongeveer een meter worden gezet op een onstabiel object. Daar komt bij dat sommige mensen waarschijnlijk de voorkeur geven om over het dek te kruipen of te hurken waardoor een afstand van een meter onmogelijk in één keer kan worden overbrugd.
- 2) Met het tweede been op het dek stappen (Figuur 47, Figuur 50): Bij de tweede stap zal de andere voet in de buurt van de cockpit neer worden gezet.
- 3) Op de cockpitrand gaan zitten (Figuur 46, Figuur 49): Wanneer de bestuurder in de buurt van de cockpit is moet hij op de cockpitrand gaan zitten. Hierbij is het handig dat de bestuurder met ten minste één hand op de cockpit kan steunen.
- 4) De voeten in de cockpit zetten (Figuur 54, Figuur 57): Als de bestuurder zijn onderbenen in het cockpitgat hangt raken zijn voeten niet direct het zitvlak van de stoel. Dus moeten de benen over de binnenrand van de cockpit glijden. Deze cockpitrand moet dus afgerond zijn. Om gecontroleerd naar binnen te kunnen glijden moeten beide armen steun hebben.
- 5) Het lichaam draaien (Figuur 54, Figuur 57): Beide armen moeten steun bieden omdat het zwaartepunt van de bestuurder niet boven het steunpunt van de voeten ligt.
- 6) Gaan zitten (Figuur 52, Figuur 55): Tijdens het zitten gaan hebben de armen van de bestuurder steun nodig om het lichaam gecontroleerd in de cockpit te kunnen laten zakken.

- 7) Armen naar binnen brengen (Figuur 60, Figuur 63): Tijdens de laatste stap wordt de uiteindelijke zitpositie bereikt zoals bepaald in Tabel 3.

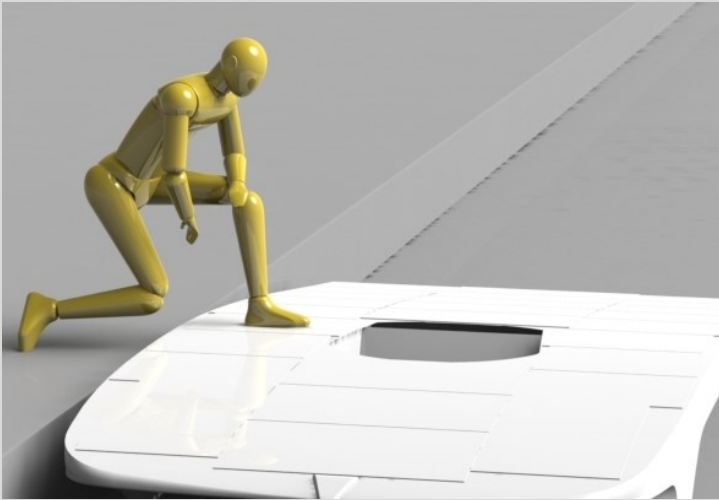
Uitstappen

Het uitstappen verloopt in grote lijnen hetzelfde als het instappen maar dan in omgekeerde volgorde. Het verschil zit vooral in de ondersteuning die de bestuurder nodig heeft op het moment dat hij zijn lichaam uit de cockpit duwt.

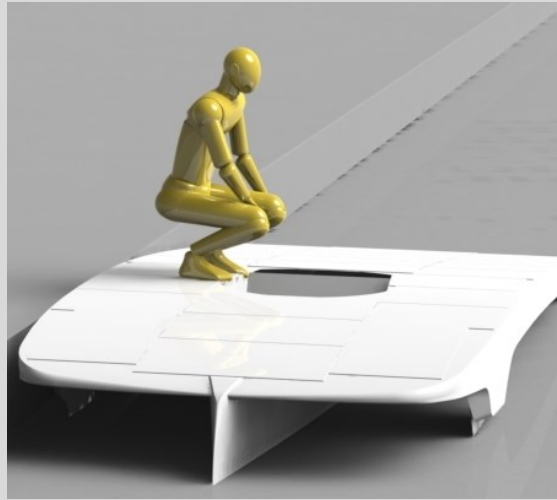
- 1) Het lichaam omhoog duwen met armen en voeten (Figuur 59, Figuur 62): Terwijl de bestuurder zijn lichaam omhoog duwt uit de zitpositie moet de cockpit zowel de armen als de voeten steun bieden.
- 2) Het lichaam draaien (Figuur 58, Figuur 61): Beide armen moeten steun kunnen bieden omdat de benen niet rechtop staan.
- 3) Op de cockpitrand gaan zitten (Figuur 69, Figuur 66): De bestuurder heeft bij deze handeling steun nodig bij ten minste één arm.
- 4) Omdraaien of op het dek schuiven (Figuur 68, Figuur 65): Bij het draaien van het lichaam moeten beide armen gebruikt kunnen worden om het lichaam te steunen. Ook wanneer de bestuurder er voor kiest op het dek te schuiven gebruikt hij zijn handen om zich af te zetten.
- 5) Van de boot stappen of glijden (Figuur 67, Figuur 64): Bij de laatste stap kan op verschillende manieren van de boot worden gestapt afhankelijk van of de bestuurder is gaan staan, hurken, of is blijven zitten. Ook zal het per persoon verschillen of hij of zij het lichaam draait of achterwaarts van de boot afstapt/glijdt.



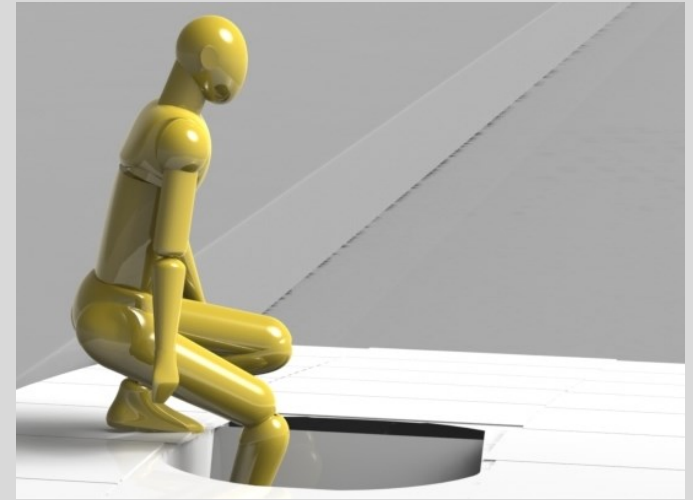
Figuur 45 – Cockpitgat met bestuurder-model



Figuur 48 - Instappen Big Man (1)



Figuur 47 - Instappen Big Man (2)



Figuur 46 - Instappen Big Man (3)



Figuur 51 - Instappen Mini Man (1)

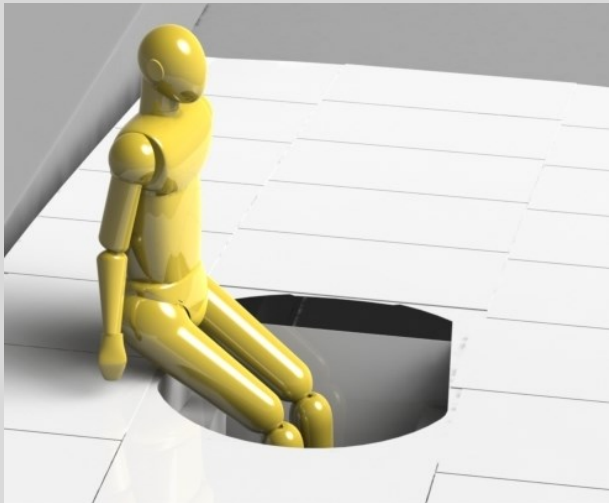


Figuur 50 - Instappen Mini Man (2)

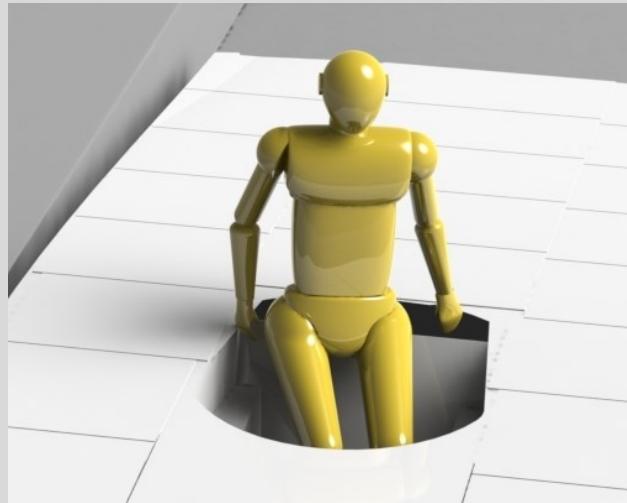


Figuur 49 - Instappen Mini Man (3)

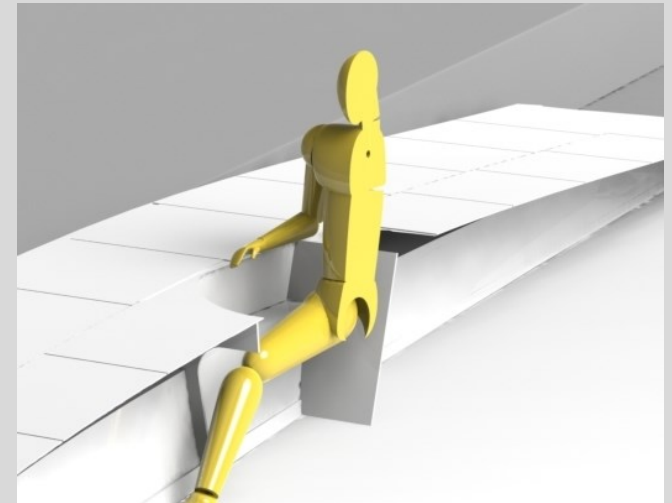




Figuur 54 - Instappen Big Man (4)



Figuur 53 - Instappen Big Man (5)



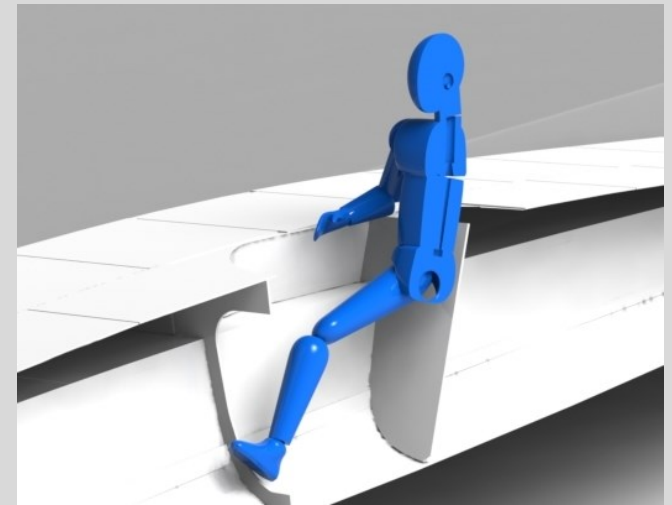
Figuur 52 - Instappen Big Man (6)



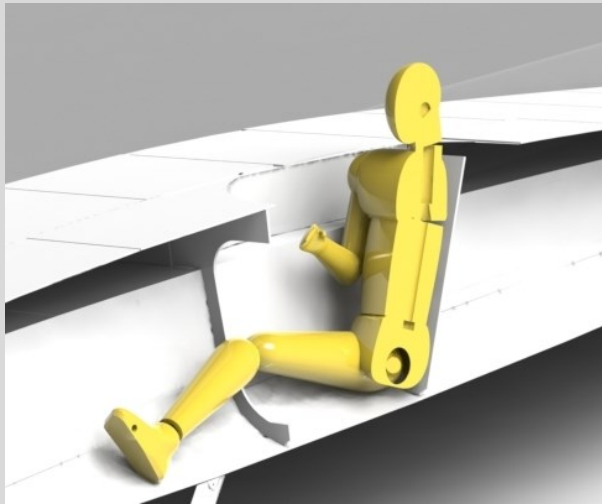
Figuur 57 - Instappen Mini Man (4)



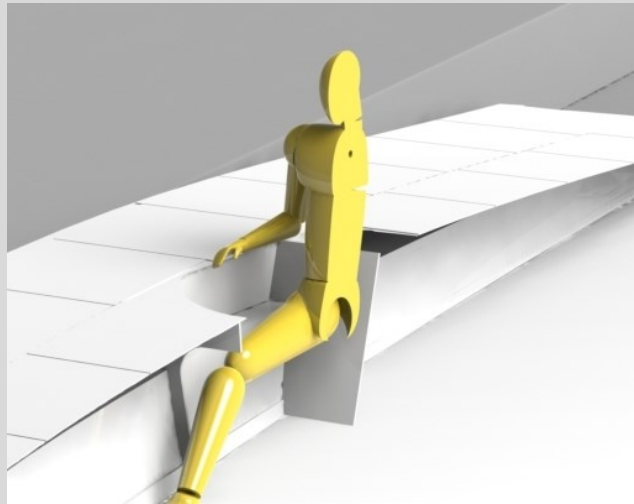
Figuur 56 - Instappen Mini Man (5)



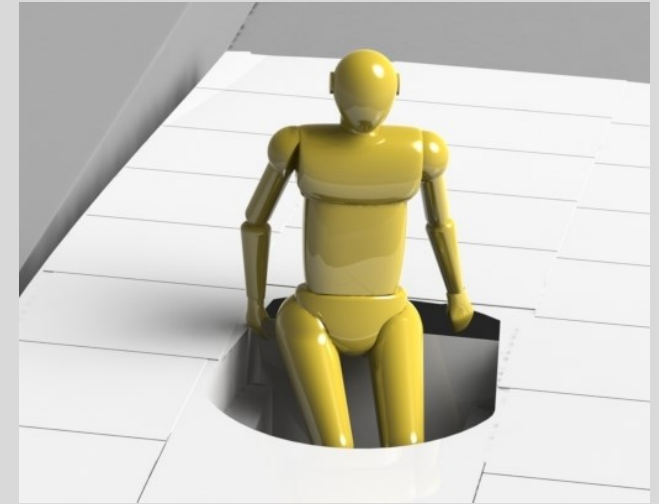
Figuur 55 - Instappen Mini Man (6)



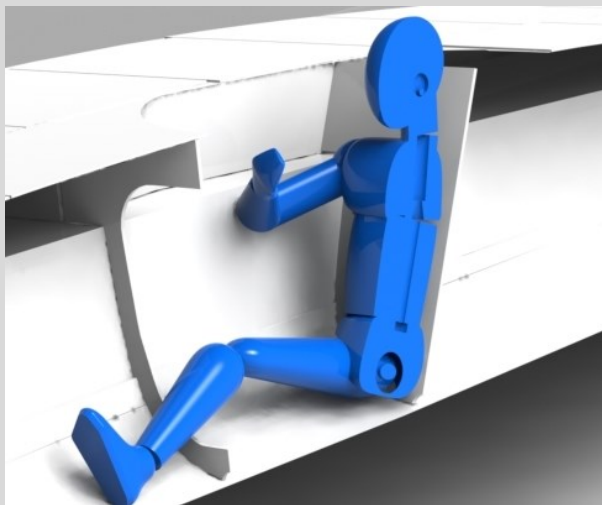
Figuur 60 - Instappen Big Man (7)



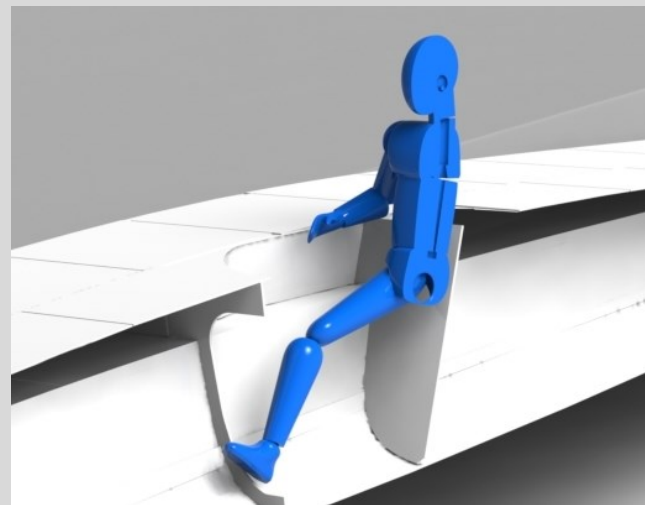
Figuur 59 - Uitstappen Big Man (1)



Figuur 58 - Uitstappen Big Man (2)



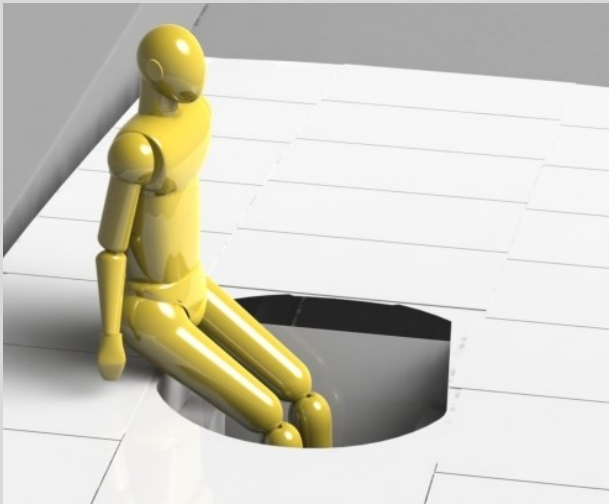
Figuur 63 - Instappen Mini Man (7)



Figuur 62 - Uitstappen Mini Man (1)



Figuur 61 - Uitstappen Mini Man (2)



Figuur 69 - Uitstappen Big Man (3)



Figuur 68 - Uitstappen Big Man (4)



Figuur 67 - Uitstappen Big Man (5)



Figuur 66 - Uitstappen Mini Man (3)



Figuur 65 - Uitstappen Mini Man (4)



Figuur 64 - Uitstappen Mini Man (5)

Omdat tijdens het uitvoeren van de in- en uitstapanalyse de ruimte voor de cockpit in eerste instantie aan de krappe kant leek is het gat in het dek op werkelijke grootte uitgeprint (Figuur 71). De tekening is vervolgens zo opgehangen dat er door het plaatsen van een stoeltje een goed idee kan worden gekregen van de zitpositie en de bewegingsvrijheid van de bestuurder. Het bleek dat voor alle geteste bestuurders de cockpitgrootte en zitpositie ruim voldoende waren. De bevindingen van deze tweede zit-test zijn samen met de conclusies van de instap- en uitstapprocedure verwerkt in de zitpositie van de V20. De aanpassing bestaat uit het rechtop plaatsen van de rugsteun, zodat het in- en uitstappen vergemakkelijkt wordt. Deze aanpassing heeft als bijkomend voordeel dat de benen van de bestuurder minder snel klem komen te zitten tussen het stuur en de stuurstoel.

Van de aangepaste zitpositie is wederom bepaald of de hoeken tussen de ledematen nog voldoen (Tabel 4) aan de waarden van Tabel 2. Dit blijkt zo te zijn.

Scharniernummer (MM)	Hoek	Scharniernummer (BM)	Hoek
1	10°	1	10°
2	29°	2	2°
3	90°	3	87°
4	15°	4	15°
5	89°	5	89°
6	148°	6	151°
7	100°	7	100°

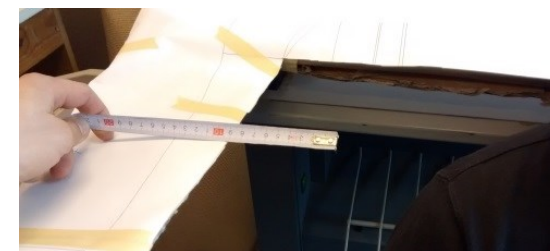
Tabel 4 – Aanpassing scharnierhoeken van de bestuurder-modellen



Figuur 71- Het cockpitgat



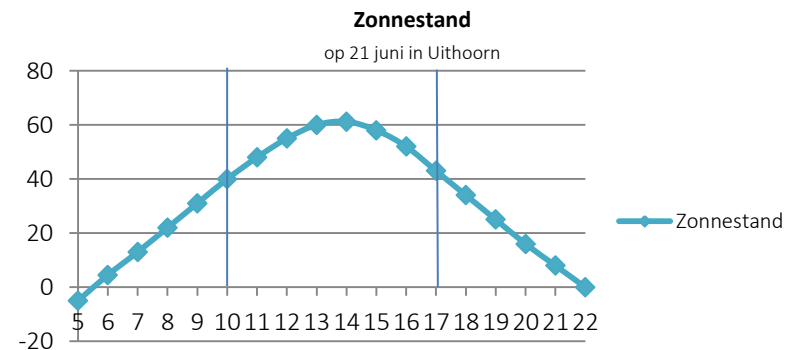
Figuur 72 - Het uitgeprinte cockpitgat met proefpersoon



Figuur 73- Afstand van rand tot schouder

Schaduwwerking

In het ontwerp van de V20 is de cockpit het enige deel dat uitsteekt boven het dek. Daarom moet rekening gehouden worden met het feit dat dit gedeelte van de cockpit geen schaduw mag werpen op de zonnepanelen. Om te bepalen aan welke voorwaarden de cockpit moet voldoen is gebruik gemaakt van een grafiek die gemaakt is door Weerstation Uithoorn. In deze grafiek is de zonnestand gekoppeld aan de tijd. Om de zonnestand te bepalen zijn twee voorwaarden gebruikt. Ten eerste de datum waarop de Dong Solar Energy Challenge begint en ten tweede de tijd waarop de race van start gaat. Met deze gegevens is bepaald dat de zonnestand op het moment van de start van de race ongeveer 40 graden is. Om schaduwwerking tegen te gaan zal de cockpit daarom niet buiten het gebied mogen komen dat afgebakend wordt een trapezium met hoeken van 40 graden bij de zonnepanelen.



Figuur 70 - Zonnestand gebruikt voor de bepaling van de zonnehoek

1.3 De eisen uit hoofdstuk 1

De eisen die volgen uit de analyse van de kenmerken van de V20 zijn per onderdeel bepaald.

	Eis	Specificatie
1.1.1	De cockpit moet betaalbaar zijn	Aanschafprijs totale boot < €50.000
	De cockpit moet representatief zijn	Goede afwerking/ design
1.1.2	Het cockpitontwerp moet passen bij de ontwerpstijl van Vripack	Doorbroken strakke en scherpe lijnen. Contrasterend kleurgebruik
1.1.3	De cockpit moet passen bij de inspiratiebronnen die gebruikt zijn bij het ontwerp van de V20	Zonnewagens, vintage Formule-1 wagens, Moth zeilboten
1.2.1	De gebruiker moet de stuwkracht kunnen aanpassen	Cockpit bevat: gashendel, aan/uitknop
1.2.2	De gebruiker moet de vaarhoogte kunnen aanpassen	Cockpit bevat: trimpedalen/hendels
	De gebruiker moet kunnen sturen	Cockpit bevat: stuursysteem
	De gebruiker moet kunnen communiceren met mensen op de wal	Cockpit bevat: microfoon, 3g-module, luidspreker
	De gebruiker moet de status van de V20 kunnen zien	Cockpit bevat: GPS module, MG color display
	De gebruiker moet de romp kunnen leegpompen	Cockpit bevat: aan/uit knop lenspomp
	De accu's van de V20 moeten geventileerd worden	Cockpit bevat: ventilatieroosters die 0,3 m ² /minuut aan- afvoeren
	De gebruiker moet worden ondersteund	Cockpit bevat: stuurstoel, cockpit
	De gebruiker moet de V20 veilig kunnen gebruiken	Cockpit bevat: Stuurstoel, cockpit, dodemansknop, nood-knop, brandblusser, boothoek, boei, waarschuwingsslag, peddel, hoorn
1.2.3	De cockpit moet passen bij de al vaststaande materialen van de V20	Moet passen bij: zonnecellen, romp, draagvleugels, Torqueedo gashendel, MG color display
1.2.4	De cockpit moet passen bij de vormkenmerken van de V20	De vormgeving van de cockpit moet vloeiende lijnen met afgeronde hoeken bevatten
1.2.5	De cockpit moet qua kleurstelling passen bij de rest van de V20	Geen vloekende felle kleuren. Contrasterende kleuren om ontwerp te versterken
1.2.6	De gebruiker moet comfortabel in de gekozen zitpositie kunnen zitten	Zitpositie gebruiken zoals bepaald d.m.v. van 90%-CAD-modellen
	De gebruiker moet in en uit de cockpit kunnen stappen	Volgens de analyse van het instappen en uitstappen
	Het gedeelte van de cockpit dat boven het dek uitsteekt mag geen schaduw werpen op de zonnepanelen	Zonnehoeck van 40°

Tabel 5 - Eisen uit hoofdstuk 1

2. Waar moet het cockpitontwerp aan voldoen

Naast het feit dat het cockpitontwerp goed bij het ontwerp van de romp moet passen, moet het ontwerp nog aan een groot aantal andere eisen voldoen. Hierbij kan gedacht worden aan veiligheidseisen maar ook eisen aan het gewicht en de produceerbaarheid. In hoofdstuk 2 is daarom onderzocht welke reglementen van toepassing zijn op de cockpit. Vervolgens is bepaald welke eisen er aan de cockpit worden gesteld met betrekking tot het gewicht. Het laatste onderdeel van dit hoofdstuk kijkt naar de eisen die gesteld worden aan de produceerbaarheid van de onderdelen.

2.1 De veiligheidseisen

Om te garanderen dat er veilig met de zonneboot kan worden gevaren is een analyse gemaakt van de veiligheidseisen die van toepassing zijn op de cockpit van de V20. Deze veiligheidseisen zijn te verdelen in twee categorieën. De eerste categorie bestaat uit de veiligheidseisen die komen uit de reglementen die van kracht zijn bij de wedstrijden waar de V20 aan gaat deelnemen. Daarnaast zijn een aantal algemene veiligheidseisen opgesteld.

Algemene veiligheidseisen

- De gebruikte materialen mogen niet brandgevaarlijk zijn.
- De gebruiker mag zich niet kunnen bezeren.
 1. De onderdelen mogen geen scherpe randen of uitstekende delen hebben.
 2. De onderdelen mogen niet te warm worden.
- De bestuurder moet voldoende worden afgeschermd van de weerslementen.
- De bestuurder moet tegen het water beschermd worden
- De bestuurder moet in geval van nood snel uit de boot kunnen komen.
- De bestuurder moet op een goede manier worden ondersteund.

Wedstrijdreglementen

De V20 gaat aan twee verschillende solarraces meedoen. Dit zijn de Dong Energy Solar Challenge en de Solar 1 Monte Carlo cup. Voor beide races gelden bijna identieke reglementen. De eisen die specifiek op de cockpit zijn gericht zijn uit de reglementen gehaald en vertaald naar het Nederlands. Deze eisen zijn te vinden in Bijlage .



Figuur 75 - Logo DONG Energy Solar Challenge



Figuur 74 - Solar 1 Monte-Carlo Cup Challenge

2.2 Het gewicht

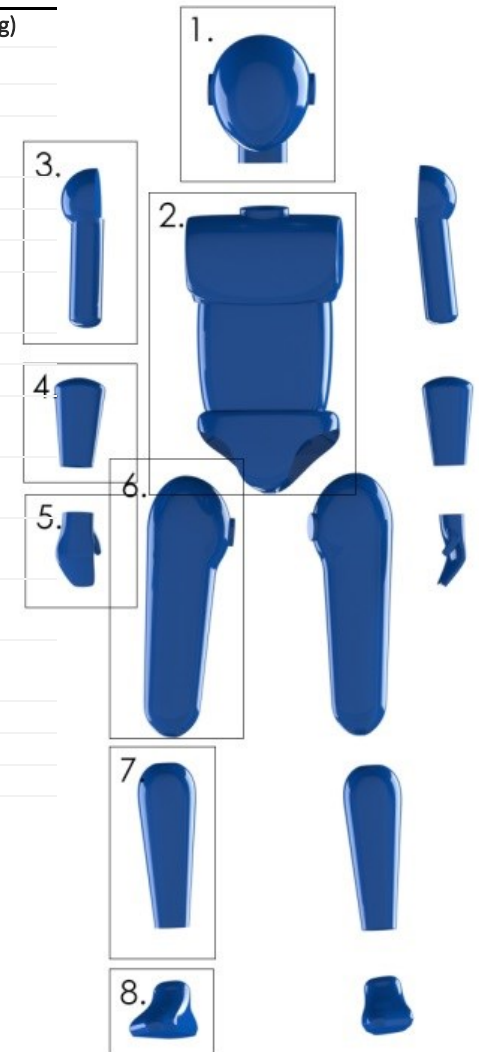
Het gewicht en de daarbij behorende gewichtsverdeling spelen een cruciale rol bij het functioneren van een zonne-aangedreven draagvleugelboot. Dit komt omdat tijdens het vliegen de krachtenverdeling op de draagvleugels perfect moet overeenkomen met de lift die ze generen. Om tot een goed draagvleugelontwerp te komen is daarom door Vripack van elk onderdeel de voorlopige positie en het gewicht bepaald (Bijlage D). Naarmate het V20 project vordert is deze tabel steeds bijgewerkt zodat de informatie een realistisch beeld geeft over het totale gewicht en de verdeling ervan. Hierbij is uitgegaan van een 2D-situatie. Er wordt dus aangenomen dat de gewichtsverdeling tussen de bakboord- en stuurboordzijde van de boot hetzelfde is.

In de gewichtscalculatie is te zien dat bij het ontwerp van de romp al rekening is gehouden met het gewicht van de cockpitdelen. Het maximale gewicht van de cockpitdelen kan dus pas worden bepaald nadat het gewicht van de rest van de romp bekend is. Naast een geschat gewicht zijn met de gewichtscalculatie ook de posities van de onderdelen vastgelegd. Een punt onder de boeg dient als nulpunt. De afstanden naar dit nulpunt tot het zwaartepunt van de onderdelen is gegeven in de vijfde en zesde kolom van de tabel in Bijlage . Door de afstanden te combineren met het geschatte gewicht is bepaald hoe groot het moment om het nulpunt is.

Uit de gewichtsberekening van Vripack kan worden gehaald dat de bestuurder verreweg de zwaarste component aan boord van de V20 is. Daarom is het belangrijk dat het zwaartepunt van de bestuurder wordt aangepast aan de zitpositie zoals die bij 1.2.6 is bepaald. Dit is gedaan door elk lichaamssegment van de bestuurder-modellen (Figuur 76) een gedeelte van het totale gewicht van 80 kg toe te wijzen. De verdeling hiervan is gebaseerd op een onderzoek van Charles E. Clauser voor de Amerikaanse luchtmacht uit 1969. Om de lichaamsverdeling te kunnen toepassen op de CAD-modellen is aangenomen dat bepaalde onderdelen van het model bij elkaar horen en dus dezelfde dichtheid hebben. Met deze aannames kan nog steeds een goede indicatie worden gegeven van de positie van het zwaartepunt van de bestuurder.

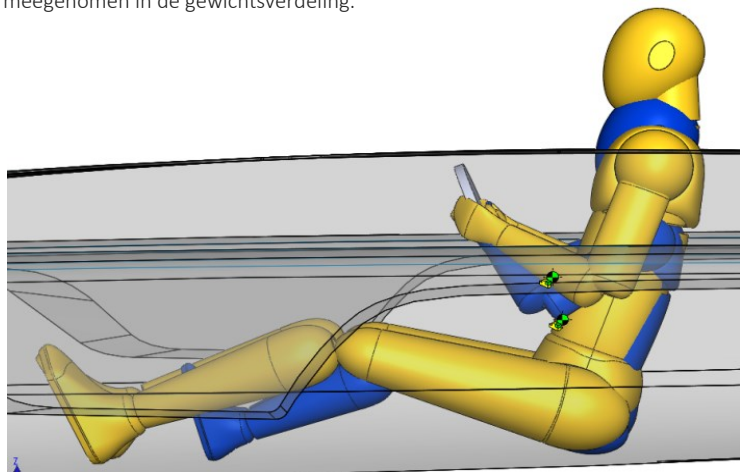
Lichaamsdeel	Gewicht %	gewicht (kg)
1. Hoofd + nek	7,3	5,84
Hoofd		4,81
Nek		1,03
2. Borst + buik + heupen	50,7	40,56
Borst		16,48
Buik		19,12
Heupen		4,96
3. Boven arm	2,6	2,08
Schouder		0,89
Boven arm - schouder		1,19
4. Onderarm	1,6	1,28
5. Hand	0,7	0,56
6. Dij	10,3	8,24
7. Kuit	4,3	3,44
8. Voet	1,5	1,20
Hiel		1,10
Tenen		0,10

Tabel 6 - Gewicht per lichaamssegment



Figuur 76 - Opdeling van het bestuurder-model

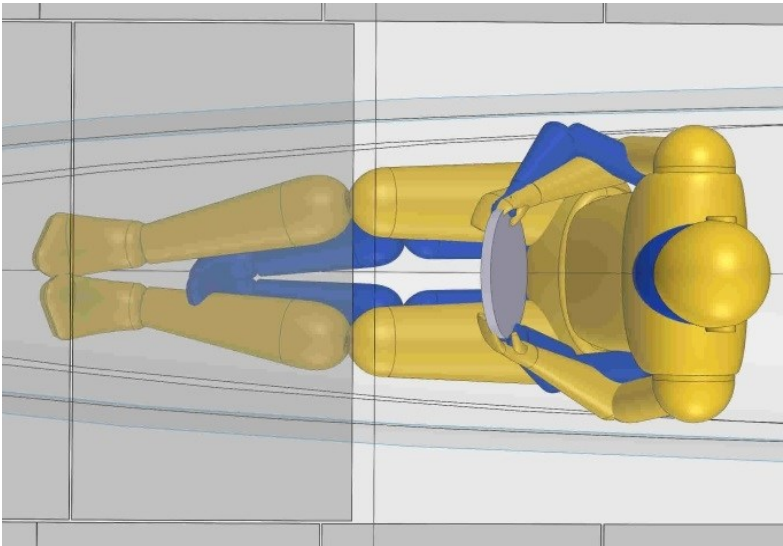
Door de gegevens uit Tabel 6 te combineren met de eerder vastgestelde zitpositie is bepaald waar het nieuwe zwaartepunt van de bestuurder komt te liggen. Hierbij is de aanname gemaakt dat het gemiddelde zwaartepunt van de 90%-groep gelijk is aan het gemiddelde van de zwaartepunten van Mini Man en Big Man (Figuur 77). Het opnieuw berekende zwaartepunt is door Vripack meegenomen in de gewichtsverdeling.



Figuur 77 - Zwaartepunten van de bestuurder-modellen en definitieve zitpositie

Stabiliteit

Na het doorvoeren van het berekende zwaartepunt in de gewichtscalculatie van Vripack werd duidelijk dat het zwaartepunt van de gehele boot te hoog lag en te ver naar voren. Daarom is een derde aanpassing van de zitpositie gemaakt waarbij geprobeerd is het zwaartepunt van de bestuurder zo ver naar achter en naar onder te verplaatsen als mogelijk. Na een aantal iteraties is de meest optimale positie bepaald. Van deze positie is gecontroleerd of de lichaamshouding nog comfortabel is (Tabel 7). Deze laatste aanpassing van de zitpositie is de definitieve houding (Figuur 77, Figuur 78) die gebruikt zal worden om het cockpitontwerp op te baseren.



Figuur 78 - Bovenaanzicht definitieve zitpositie

Scharniernummer (MM)	Hoek	Scharniernummer (BM)	Hoek
1	10°	1	10°
2	35°	2	2°
3	90°	3	87°
4	15°	4	15°
5	89°	5	89°
6	148°	6	151°
7	100°	7	100°

Tabel 7 - Scharnierhoeken definitieve zitpositie

2.3 De produceerbaarheid

De produceerbaarheid van de onderdelen wordt bepaald door twee variabelen, namelijk het gebruikte materiaal en het gekozen productieproces. Daarnaast zijn er onderdelen die op een specifieke manier gemonteerd worden in de zonneboot waardoor de materiaalkeus beperkt wordt. Het streven om de bestuurderstoel in de constructie van de boot te lamineren zorgt er bijvoorbeeld voor dat de stoel van hetzelfde materiaal moet worden gemaakt als de romp.

Materiaalkeuze

De materiaalkeuze wordt voornamelijk op drie manieren begrensd (Figuur 80). Namelijk door de kosten, het gewicht en de werkbaarheid. Daarnaast moet voor componenten die in het zicht worden geplaatst rekening gehouden worden met de uitstraling die het materiaal heeft.

Kosten

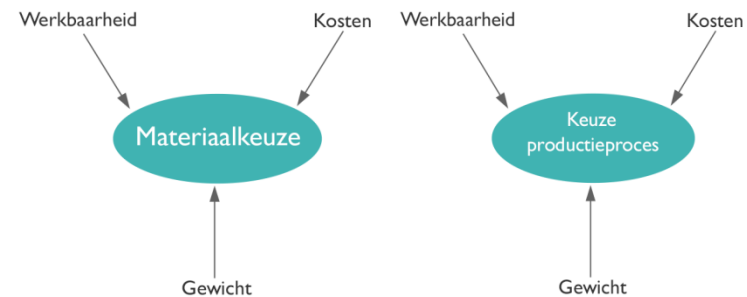
De V20 is ontworpen als een betaalbare kant-en-klare oplossing te bieden voor organisaties die mee willen doen aan solarraces. Dit heeft als consequentie dat de kosten van de V20 niet te hoog mogen zijn. Het toepassen van dure materialen moet dan ook zoveel mogelijk worden voorkomen zonder dat dit ten koste gaat van de kwaliteitsbeleving of prestaties.

Gewicht

Gewicht speelt een belangrijke rol in de keuze van de materialen voor de V20 omdat dit grote invloed heeft op de prestaties van de boot. Het gebruik van zware materialen moet daarom zoveel mogelijk beperkt worden. Daarnaast moet het gebruikte materiaal niet alleen licht zijn maar ook lichtheid uitstralen. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door op strategische posities koolstofvezel te laten zien.

Werkbaarheid

Bij het ontwerpen van de cockpitdelen moet rekening gehouden worden met de mogelijkheden die de producent van de V20 heeft op het gebied van materiaalgebruik. Daarnaast mag het verwerken van de materialen niet te lang duren omdat de V20 zo snel mogelijk moet kunnen worden getest.



Figuur 80 - Materiaalkeuze

Figuur 79 - Keuze productieproces

Productieproces

Het gekozen productieproces moet aan dezelfde criteria voldoen als het gekozen materiaal. Dit betekent dat het productieproces niet te duur mag zijn. Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat de V20 slechts in kleine series gebouwd gaat worden. Een productieproces zoals spuitgieten is hierdoor bijvoorbeeld niet mogelijk, omdat het te duur is bij een kleine productiehoeveelheid. Daarnaast moet het productieproces onderdelen produceren die licht zijn en mag het proces niet te ingewikkeld zijn of te veel tijd in beslag nemen.

Waar ook aan gedacht moet worden tijdens het ontwerpen van de cockpit is dat de cockpitdelen uit zo weinig mogelijk mallen moeten kunnen worden gemaakt. Dit in verband met kosten en productietijd. Daarnaast moeten de panelen zo ontworpen zijn dat ze lossend zijn.

2.4 De eisen uit hoofdstuk 2

De eisen die volgen uit de analyse van het gewicht en produceerbaarheid zijn per onderdeel bepaald. Hierbij zijn de eisen uit de wedstrijdreglementen weggelaten om het schema overzichtelijk te houden.

	Eis	Specificatie
2.1	De cockpit moet aan de solarrace reglementen voldoen.	Zie reglementen
	De gekozen materialen voor de cockpit mogen niet brandgevaarlijk zijn	Volgens ISO 9772
	De gebruiker mag zich niet aan de cockpit kunnen bezeren	Geen scherpe randen of uitstekende delen. Lichaamsdelen mogen niet bekneld raken tijdens het gebruik
	De cockpit moet de gebruiker beschermen tegen weersinvloeden	Cockpit bevat windschermje van tenminste 10 cm hoog
	De cockpit beschermd de gebruiker tegen spatwater	Cockpit bevat een cockpitrand die tenminste 6 cm hoog is
	De gebruiker moet in het geval van nood snel uit de cockpit kunnen ontsnappen	<5 seconden
2.2	De cockpitdelen (stuurstoel + cockpit) mogen niet te zwaar zijn	Totaal romp en cockpitdelen < 40 kg
	Het stuursysteem mag niet te zwaar zijn	Totaal stuursysteem < 1,5 kg
	Het zwaartepunt van de boot moet in het juiste punt komen te liggen	In overleg met de afdeling small-craft engineering
2.3	De cockpitdelen mogen niet gemaakt worden met behulp van te dure materialen of productieprocessen	Aanschafprijs totale boot < €50.000
	De cockpitdelen mogen niet te zwaar zijn	Zie 2.2
	De cockpitdelen moeten niet gemaakt worden m.b.v langdurige of ingewikkelde productieprocessen	De V20-boten moeten ruim voor 5 juli klaar zijn
	De cockpitdelen moeten uit zo weinig mogelijk mallen worden gehaald	Maximaal vier afzonderlijke mallen
	Het ontwerp van de cockpitdelen moet zo zijn dat ze eenvoudig uit de productiemal kunnen worden gehaald	De geometrie van de cockpitdelen moet lossend zijn

Tabel 8 - Eisen uit hoofdstuk 2

3. De gebruiksanalyse van de V20

Naast de werking van de V20 is ook gekeken naar het gebruik van de cockpit. Doormiddel van een scenario is gekeken naar de gebruiksomstandigheden van de cockpit. Vervolgens is een lijst opgesteld waarin de kenmerken van de plaatsing van elke component wordt gespecificeerd. Ook worden de kenmerken van de gebruikers bepaald en de behoeftes die zij hebben ten aanzien van de cockpit. Ten slotte is bepaald welke componenten op kracht worden belast en hoe groot deze krachten ongeveer zijn.

3.1 Het gebruiksscenario

Doormiddel van een gebruiksscenario is onderzocht in welke omstandigheden en op welke manier de V20 gebruikt wordt. Daarnaast is bepaald waar de componenten, die bij 1.2.2 zijn bepaald, kunnen worden geplaatst en bediend. Ook is gekeken naar de behoeftes die de belanghebbenden hebben bij de V20.

Scenario 1

Een paar maanden na het besluit om de V20 te kopen is het dan eindelijk zover. Na een paar succesvolle tests is het team van het Graafschapcollege klaar om mee te doen aan de Dong Energy Solar Challenge. Samen met zijn teamgenoten gaat Erik als teamleider proberen de eerste prijs binnen te slepen in de nieuwe V20-klasse. Daarvoor hebben ze onder andere een website opgericht om sponsors te werven en is er een programma ontwikkeld waarmee ze hun strategie kunnen aanpassen aan de wedstrijdstandigheden. Hun directe concurrenten hebben bijna dezelfde boot dus het zal vooral aankomen op tactiek en strategie.

Ze hebben besloten om Els als bestuurder te kiezen omdat zij met haar 55 kg het lichtste is van alle teamleden. Hoewel in de regels staat dat een bestuurder minimaal 70 kg moet wegen mogen ze dit compenseren door ballast mee te nemen. Deze ballast hebben ze zo laag mogelijk in de boot geplaatst zodat hun boot perfect in het water ligt. Wel hebben ze een extra kussen in de

bestuurderstoel moeten plaatsen zodat Els met haar hoofd hoog genoeg boven de cockpitrand uitkomt.

Voordat de race begon hebben ze ook geoefend om zo snel mogelijk uit de boot te klimmen. Dit omdat ze er niet gerust op waren dat ze binnen 5 seconden, zoals in de regels staat, uit de boot konden ontsnappen. Na een uurtje oefenen bleek dit echter geen probleem meer te zijn. Door zich op de armleuningen af te zetten kon Els haar lichaam razendsnel uit de cockpit wurmen.

Ook de andere verplichte tests van de solarrace organisatie waren eerder die dag al eenvoudig gehaald. Het viel Erik op dat zelfs de duurste boten die meedoen er in vergelijking met de V20 een stuk minder goed uitzagen. Hun boot trok dan ook veel bekijks en Erik werd al de hele dag bestookt met vragen. In overleg met Vripack hadden ze de wrap van de romp ontworpen in de kleuren van het logo van het Graafschapcollege en waren de sponsorstickers er niet simpelweg overheen geplakt maar mooi verwerkt in het ontwerp.

Om halfelf is het dan zover. Het startschot voor de 5^{de} Dong Energy Challenge wordt gelost. De eerste dag zal bestaan uit een proloog en een sprint in het Groningse Blauwestad. Het waterige zonnetje staat nog laag maar het ontwerp van de cockpit is gelukkig zo dat er geen schaduw op de panelen wordt geworpen. Met de zonnepanelen die optimaal presteren en een volle acculading kan worden begonnen aan de race. Langs de waterkant hebben zich een paar duizend mensen verzameld. De afgelopen jaren trekt het evenement elke keer meer bezoekers. Daarom is het meedoen aan de race een goede manier om publiciteit te maken voor de scholengemeenschap.

De weersvoorspellingen zijn goed en Erik hoopt dat ze met hun strategie de dag overwinning kunnen binnenhalen. Terwijl de zonneboten één voor één vertrekken controleert Erik nog een keer de verbinding met de V20. Via de 3g-module krijgt hij realtime gegevens binnen over de status van de V20. De gegevens bestaan onder andere uit de acculading, de snelheid en de positie van de V20, deze heeft hij nodig om met zijn programma de beste strategie te

kunnen bepalen. Ook kan hij via het ingebouwde communicatiesysteem overleggen met Els.

Na nog een paar minuten wachten vertrekt de boot van het Graafschapscollege. Omdat dit een relatief korte race is kan het vermogen van de batterijen direct worden ingezet. Terwijl Els het vermogen langzaam opvoert begint de romp van de V20 uit het water te komen totdat deze volledig over het water vliegt.

Ondertussen zijn Erik en zijn team in een auto gestapt en volgen ze de V20 vanaf de wal. Door de constante aanwijzingen van het team blijft de zonneboot zoveel mogelijk over het water vliegen zonder dat de accu's leeg raken. Door hun goede strategie blijven ze zelfs redelijk in de buurt van de boten uit de topklasse.

Na dik een halfuur komt de boot van het Graafschap college tot blijdschap van Erik als eerste van de V20-klasse over de streep en staan ze zelfs in de top vijf van het algemeen klassement. Na een goede start zullen de komende spannende dagen uit gaan maken wie van de teams zich als eerste kampioen in de V20-klasse mag noemen....

Plaatsing en bediening van de componenten

Het gebruiksscenario geeft een goed beeld van de gebruiksomstandigheden van de V20. Het geeft echter weinig informatie over het gebruik zelf. Daarom is bepaald hoe de componenten uit 1.2.2, die een interactie aangaan met de gebruiker, kunnen worden geplaatst (Tabel 9). Vervolgens is voor alle componenten die bediend kunnen worden bepaald op welke manier dit kan gebeuren (Tabel 10).

Component	Plaatsing
Gashendel	comfortabel te bereiken t.o.v. de zitpositie
Bestuurder	zo laag mogelijk, comfortabele zitpositie
Trimpedalen of hendels	comfortabel te bereiken t.o.v. de zitpositie
Stuursysteem	comfortabel te bereiken t.o.v. de zitpositie
Microfoon	zo dicht mogelijk bij de mond van de bestuurder
3G module	voor optimaal bereik
Luidspreker	zo dicht mogelijk bij het oor van de bestuurder
GPS module	voor optimaal bereik
MG color display	comfortabel te bereiken t.o.v. de zitpositie, goed zichtbaar
Aan/uit knop lenspomp	comfortabel te bereiken t.o.v. de zitpositie, goed zichtbaar
Ventilatioeroosters	zo hoog mogelijk (i.v.m. met spatwater), uitlaat achter de bestuurder en naar achter gericht.
Stuurstoel	zo laag mogelijk, comfortabele zitpositie
Cockpit	zo laag mogelijk i.v.m. luchtweerstand
Dodemanskноп	op juiste afstand van de pols
Aan/uit knop	comfortabel te bereiken t.o.v. van de zitpositie, goed zichtbaar
Nood-knop	niet per ongeluk in te drukken, eenvoudig bereikbaar voor bestuurder en hulpverlener, goed zichtbaar
Brandblusser	eenvoudig bereikbaar voor bestuurder en hulpverlener, goed zichtbaar. Mag niet overboord kunnen vallen.
Boothaak	eenvoudig bereikbaar voor bestuurder
Boei	moet bij zinken loskomen van de boot
Waarschuingsvlag	eenvoudig bereikbaar voor bestuurder
Peddel	eenvoudig bereikbaar voor bestuurder
Hoorn	eenvoudig bereikbaar voor bestuurder

Tabel 9 - Plaatsing van de componenten

Component	Bediening
Gashendel	Verschuiven (met de hand)
Aan/uit-knop	Drukken (met de vinger)
Trimpedalen of hendels	Induwen (met de voet) of induwen met de hand
Stuursysteem	Sturen (met de handen)
MG color display	Aanraken (met de vingers)
Aan/uit knop lenspomp	Drukken (met de vinger)
Dodemansknop	Trekken (met de pols)
Nood-knop	Drukken (met de vinger of hand)
Brandblusser	Pakken, knijpen (met de hand)
Boothaak	Pakken, duwen, trekken (met de hand)
Waarschuwingvlag	Pakken, zwaaien (met de hand)
Peddel	Pakken, peddelen (met de hand)
Hoorn	Pakken, blazen, indrukken (met de hand, mond)

Tabel 10 - Bediening van de componenten

3.2 De gebruikers

Doormiddel van interviews met de belanghebbenden en het gebruiksscenario zijn de behoeftes van de gebruikers van de V20 bepaald (Tabel 11). Omdat Vripack meerdere keren zelf heeft deelgenomen aan solarraces heeft het bedrijf veel kennis van de behoeftes van de gebruikers. Hier is gebruik van gemaakt tijdens het opstellen van de behoeftes. De gebruikers zijn verdeeld in 5 categorieën die elk hun eigen behoeftes hebben.

Vripack

De behoeftes van Vripack zijn al gedeeltelijk beschreven in 1.1.1 Vripack wil met de V20 een aantrekkelijke optie aanbieden aan organisaties die willen meedoen aan solarraces maar daar niet de juiste kennis voor in huis hebben. Om organisaties voor de V20 te laten kiezen is het voor Vripack belangrijk dat de V20 een aantrekkelijke combinatie van design, prijs en prestatie biedt.

Solarraceteam

Voor een solarraceteam is het belangrijk dat zij hun organisatie kunnen promoten door het meedoen aan solarraces. Een scholengemeenschap kan bijvoorbeeld extra scholieren aantrekken doordat deelname aan een solarrace laat zien dat de school tijd en geld investeert in interessante buitenschoolse projecten voor hun studenten. Meedoen zorgt er ook voor dat studenten kennis op kunnen doen over de nieuwste duurzame technieken in de scheepsbouw. Daarnaast kan een organisatie profiteren van het duurzame karakter van een solarrace doordat deelname laat zien dat zij bewust met duurzaamheid bezig zijn. Ook is het meedoen aan een solarrace goed voor de naamsbekendheid van de organisatie aangezien er veel publiek en media afkomt op dit soort evenementen. Om de maximale voordelen uit hun deelname te kunnen halen zal de V20 goed moeten passen bij het imago dat de organisaties nastreven. De V20 zal daarom representatief moeten zijn. Daarnaast wil elk solarraceteam, ook al is de V20 een aparte klasse binnen de solarrace, mee kunnen dingen naar de prijzen. De V20 moet dus competitief zijn.

Bestuurder

De bestuurder van de V20 heeft dezelfde behoeftes als het solarraceteam maar heeft daarnaast nog een aantal behoeftes ten opzichte van de V20. Omdat de bestuurder diegene is die gedurende de race in de V20 zit is het belangrijk dat de cockpit van de V20 tijdens de comfortabel is. Daarnaast heeft de bestuurder er een groot belang bij dat de cockpit veilig is. Ook zal hij of zij het belangrijk vinden dat de cockpit overzichtelijk is zodat de functies van de V20 tijdens de race op een intuïtieve manier bediend kunnen worden.

Organisatie solarrace

Voor de organisatie van een solarrace is het belangrijk dat de race een succes wordt. Het succes van de race hangt onder andere af van het aantal bezoekers. Hoe leuker en spannender de race des te meer mensen op het evenement af zullen komen. De V20 moet er dus voor zorgen dat de race aantrekkelijk is om naar te kijken. Dit betekent dat de V20 competitief moet zijn en aantrekkelijk

om naar te kijken. Daarnaast is het voor de organisatie natuurlijk erg belangrijk dat de race veilig verloopt en dat er geen ongelukken gebeuren.

Technicus

De technicus is vaak onderdeel van het solarraceteam maar heeft toch een aantal extra behoeftes ten opzichte van de V20. Om de systemen van de V20 in goede staat te houden zal hij of zij regelmatig onderhoud moeten verrichten aan de boot. Daarvoor is het belangrijk dat de componenten van de V20 eenvoudig bereikbaar zijn zodat het onderhoud eenvoudig kan worden verricht. Daarnaast vindt een technicus het belangrijk dat de componenten overzichtelijk zijn geordend zodat duidelijk is hoe het systeem werkt.

Vripack	Solarraceteam	Bestuurder	Organisatie Solarrace	Technicus
Aantrekkelijk (design, prijs, prestaties)	Competitief	Comfortabel	Veilig	Componenten eenvoudig bereikbaar
	representatief	Veilig	Competitief	Overzichtelijk
		Overzichtelijk	Aantrekkelijk (design, prestaties)	

Tabel 11 - Behoeftes belanghebbenden

3.3 De krachtenanalyse

Om in het ontwerp alvast rekening te kunnen houden met de manier waarop elk onderdeel wordt belast is een krachtenanalyse gemaakt. Hierbij is gekeken welke krachten er bij het gebruik van de V20 vrijkomen. Bij het gebruik van de V20 zullen zowel statische als dynamische krachten vrijkomen. Bij een statische kracht kan gedacht worden aan het gewicht van de bestuurder dat een kracht uitoefent op de stuurstoel. Dynamische krachten komen voor wanneer de V20 bijvoorbeeld op een golf botst. Bij deze krachtenanalyse zal voornamelijk worden gekeken naar de statische krachten omdat dynamische krachten erg moeilijk te bepalen zijn. Doormiddel van een veiligheidsmarge zal de sterkte die de onderdelen moeten hebben worden bepaald. Deze marge moet groot genoeg zijn zodat ook dynamische krachten kunnen worden weerstaan.

- Stuurstoel: De stuurstoel wordt op een aantal manieren belast. De belangrijkste belasting wordt gecreëerd door de statische belasting die het gewicht van de bestuurder uitoefent op de bestuurderstoel volgens de formule $F_z = m_{\text{bestuurder}} \cdot g$. In de gewichtscalculaties van Vripack is rekening gehouden met een bestuurdersgewicht van 80 kg. Een groot gedeelte hiervan leunt op het zitvlak van de stoel. De dynamische belasting die de bestuurder uitoefent op de stoel, bijvoorbeeld bij het gaan zitten, kan worden bepaald met de formule $F_d = m_{\text{bestuurder}} \cdot a_{\text{bestuurder}}$. Daarnaast zullen er, als de stuurstoel wordt opgenomen in de draagconstructie van de boot krachten worden overgebracht van de romp op de stoel. De spanningen die dit oplevert zijn lastig te bepalen. Daarom is besloten dat de romp van de V20 op een dusdanige manier wordt ontworpen dat deze zonder de stuurstoel al sterk genoeg is. Het opnemen van de stuurstoel in de constructie levert dus alleen extra stijfheid op.

- Cockpit: De grootste belastingen waarbij rekening moet worden gehouden bij het cockpitontwerp zijn de krachten die vrijkomen bij het in- en uitstappen van de bestuurder. Hierbij wordt op een aantal momenten op de onderdelen van de cockpit geleund. De grootste statische kracht die op de dit onderdeel komt te staan is te berekenen met $F_z = m_{\text{bestuurder}} \cdot g$.
- Stuur: Het stuur van de V20 staat via een overbrengingssysteem direct in contact met het roer. De weerstand (F_w) die opgewekt wordt door het roer wordt omgezet in een krachtmoment op de stuurinrichting. Hoe kleiner de overbrenging is des te groter wordt het krachtmoment dat op het stuur komt te staan.

3.4 De eisen uit hoofdstuk 3

De eisen die volgen uit de gebruiksanalyse van de V20 zijn per onderdeel bepaald.

	Eis	Specificatie
3.1	De V20 moet inclusief cockpit in de ontworpen scheepcontainer passen	Max. afmetingen V20= lxbxh: 5,8 m x 2,3 m x 2,3 m
	De cockpit moet bestand zijn tegen de weersinvloeden	Gebruikte materialen bestand tegen zonlicht (UV-licht), tegen temperaturen van 0°C tot 60°C en tegen water
	De V20 moet onder alle bruggen van de DONG energy challenge door kunnen	Max. vaarhoogte = 0,7 m
3.2	De cockpit moet aan de behoeftes van Vripack voldoen	De V20 moet een aantrekkelijke combinatie van design, prijs en prestatie bieden
	De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceteams voldoen	De V20 moet competitief en representatief zijn
	De cockpit moet aan de behoeftes van de bestuurder voldoen	De V20 moet comfortabel veilig en overzichtelijk zijn
	De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceorganisatie voldoen	De V20 moet veilig, competitief en aantrekkelijk zijn
	De cockpit moet aan de behoeftes van de technicus voldoen	De V20 moet eenvoudig te bereiken componenten hebben en overzichtelijk zijn.
3.3	De plaatsing van de componenten moet zo zijn dat ze comfortabel zijn te bedienen	Binnen reikwijdte handen, voeten en vingers bij de bepaalde zitpositie
	De V20 moet een duidelijke interface hebben	De knoppen en het kleurenscherm moeten goed zichtbaar zijn en ordelijk geplaatst zijn

Tabel 13 - Eisen uit hoofdstuk 3

Onderdeel	Fmax/ Mmax	Fmax/Mmax (N, Nm)
Stuurstoel	$F_{\text{max}} = F_z \times \text{maximale g-kracht}^*$	$80 \times 9,81 \times 5 = 3924 \text{ N}$
Cockpit	$F_{\text{max}} = F_z$	$80 \times 9,81 = 784,8 \text{ N}$
Stuursysteem	$M_{\text{max}} = \text{overbrengingsratio} \times \text{krachtarm} \times F_w$	Niet bekend

Tabel 12 - Geschatte krachten op de onderdelen

* De maximale g-kracht is geschat op 5g. Dit is de maximale verticale versnelling die bij achtbaanritje voorkomt. Deze versnelling zou zich voor kunnen doen wanneer de V20 op topsnelheid tegen een hoge golf vaart.

4. Het programma van eisen

Het programma van eisen (PvE) is een onmisbaar hulpmiddel om het ontwerp van de cockpit te kunnen toetsen aan de analyses die verricht zijn in hoofdstuk 1 tot en met 3. De lijst met eisen waaruit het programma van eisen bestaat is opgesteld door de eisen uit de conclusies van elk hoofdstuk samen te voegen. Het volledige programma van eisen is terug te vinden in Bijlage .



ONTWERPFASE

De fase waarin het ontwerp van de cockpit tot stand is gekomen bestaat uit één hoofdstuk dat is opgedeeld in zeven onderdelen. In de eerste twee onderdelen is naar inspiratie gezocht door doormiddel van het maken van moodboards en door het zoeken naar deeloplossingen die gebruikt kunnen worden in het cockpitontwerp. In onderdeel 3 zijn vervolgens drie conceptringingen bedacht. Hier is, in onderdeel 4 tot en met 7, één conceptringing van gekozen en uitgewerkt tot het eindontwerp.

5. Concepten

Om een cockpit te kunnen ontwerpen die voldoet aan het programma van eisen zijn in de conceptfase zijn drie conceptenrichtingen gegenereerd. Deze conceptrichtingen zijn ontstaan door het maken van moodboards en vormstudies. De uitgangspunten hiervoor komen vanuit een zelfbedachte methodiek waarbij gezocht is naar snijpunten tussen behoeftes van belanghebbenden en kenmerken van het product. Daarnaast is gericht onderzoek gedaan naar het vinden van deeloplossingen. Hierbij is dezelfde methode toegepast die bij de moodboards gebruikt is.

De conceptrichtingen zijn vervolgens getoetst aan het Programma van Eisen dat bepaald is in hoofdstuk 1 t/m 4. Ook zijn richtingen beoordeeld door het bedrijf. De uitkomsten van deze twee beoordelingen zijn gebruikt om de conceptrichting te kiezen waarop het eindontwerp is gebaseerd. Verder is gekeken of de positieve punten uit andere conceptrichtingen kunnen worden gecombineerd met het gekozen concept. Deze ideeën zijn vervolgens verder uitgewerkt door het maken van ontwerptekeningen. Van deze tekeningen zijn een aantal kleimodellen gemaakt. De ontwerptekeningen zijn in combinatie met de kleimodellen gebruikt als basis voor het 3D-model van de cockpit.

5.1 Moodboards

Om gericht te kunnen zoeken naar ideeën voor de vormgeving van de cockpit zijn vier moodboards gemaakt. Het uitgangspunt van deze moodboards is het zoeken naar vormgeving die zowel past bij de behoeftes van de belanghebbenden als bij de kenmerken van de V20. De behoeftes van de belanghebbenden zijn al bepaald in 3.2. De gebruikers kenmerken van de V20 volgen indirect uit de analysefase. Bij elk kenmerk zal daarom nog een korte uitleg worden gegeven.

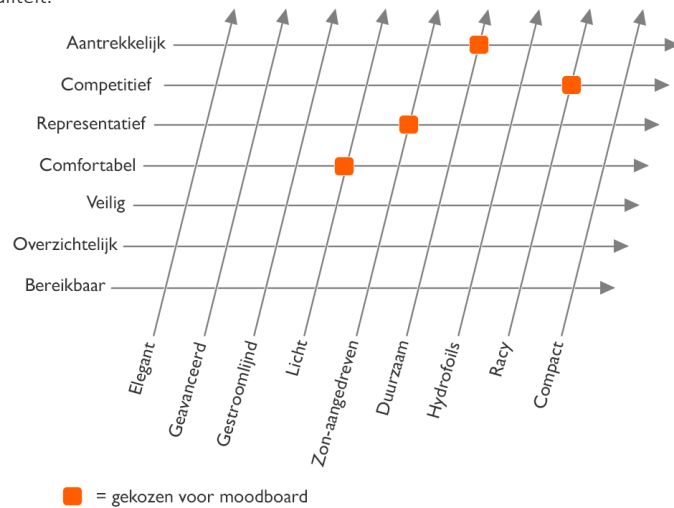
Kenmerken

- **Elegant:** Dit kenmerk volgt uit de vormanalyse van de V20. De elegantie in het ontwerp wordt vooral gecreëerd door de vloeiende continue lijnen in het zijaanzicht die extra versterkt wordt door de belijning in de grafische afwerking van de boot.
- **Geavanceerd:** De V20 is een geavanceerd product. Dit komt tot uiting in de techniek die wordt gebruikt om de boot voort te stuw, maar ook door het draagvleugelsysteem en de gebruikte materialen zoals het koolstofvezelcomposiet.
- **Gestroomlijnd:** Omdat de V20 maar een beperkt motorvermogen heeft moet alles gedaan worden om de boot zo gestroomlijnd mogelijk te maken. Dit is terug te zien in de gebruikte vormen zoals de slanke kano en de het vleugelprofiel van de boot.
- **Licht:** Hoe lichter de boot is des te minder vermogen er nodig is om de boot te laten vliegen. Daarnaast zorgt een lager gewicht voor minder waterverplaatsing en dus minder weerstand tijdens het varen. De lichtheid is daarnaast terug te zien in de keuze voor lichte en sterke materialen zoals koolstofvezel en aluminium.
- **Zon-aangedreven:** Dit kenmerk is vanzelfsprekend maar bepaald wel een groot deel van de vormgeving van de V20.
- **Duurzaam:** De V20 is een duurzaam product omdat de boot tijdens het varen geen uitstoot produceert. Daarnaast promoot de boot doormiddel van zijn groene karakter duurzaamheid in de watersport.
- **Hydrofoils:** Eén van de meest karakteriserende elementen van de V20 zijn de draagvleugels (hydrofoils) om de V20 tijdens het varen te kunnen laten vliegen.
- **'Racy':** Met racy wordt bedoeld dat het product er uit ziet alsof het gemaakt is om mee te racen. Dit kenmerk komt vanuit de inspiratiebronnen die gebruikt zijn voor het ontwerp, namelijk vintage formule-1 wagens.
- **Compact:** Om de V20 optimaal te laten presteren moet zoveel mogelijk van de bovenkant van de boot bedekt zijn met zonnepanelen. Dit betekent dat de rest van de componenten erg compact moet zijn.

De kenmerken van de V20 worden op de manier die in Figuur 81 wordt gevisualiseerd gecombineerd. Deze methode is gebruikt om de generatie van moodboards beter te structureren. De methode is losjes gebaseerd op de TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) omdat ook hier gezocht wordt naar tegenstellingen in het product. Hoewel de kenmerken en de behoeftes van de gebruiker van de V20 niet per se tegenstellingen vormen zijn er wel combinaties te maken die niet vanzelfsprekend samengaan. Een goed voorbeeld hiervan is de combinatie van het kenmerk licht en de behoefte comfortabel. Door producten en vormgeving te zoeken die te maken hebben met hetzelfde snijpunt van behoefte en kenmerk kan gericht gezocht worden naar passende vormgeving voor de V20. Deze methode vindt ook weerklank in de definitie die de Internationale Organisatie voor Normalisatie (ISO) geeft voor kwaliteit:

“Kwaliteit: Het geheel van eigenschappen en kenmerken van een product of dienst dat van belang is voor het voldoen aan vastgestelde of vanzelfsprekende behoeften.”

Wanneer de eigenschappen en kenmerken van een product voldoen aan de behoeften resulteert dit volgens deze definitie in producten van hogere kwaliteit.



Figuur 81 - Visualisatie moodboardkeuze

Moodboard 1: Comfortabel – Licht

Het uitgangspunt van moodboard 1 (Figuur 82) is gekozen omdat comfortabele producten vaak erg zwaar zijn. Denk hierbij aan banken of bedden. Dit komt omdat voor comfort een goede ondersteuning van het lichaam noodzakelijk is. Al deze ondersteuning zorgt bij dit soort producten voor veel gewicht. Echter zijn er ook veel producten waarbij comfort en een laag gewicht nodig zijn.

Zoals te zien is in moodboard 1 wordt dit vaak opgelost door het gebruik van een harde schaal die zoveel mogelijk de contouren van het lichaam volgt. Daarbij wordt op de punten waar het lichaam het product raakt in sommige gevallen een dunne laag schuim gebruikt om de krachten van het product gelijkmatig op het lichaam over te brengen. Materialen die vaak gebruikt worden zijn lichte kunststoffen, schuimen en composieten.

Moodboard 2: Aantrekkelijk – Duurzaam

Duurzame producten zijn in veel gevallen niet aantrekkelijk. Dit zowel qua prijs, prestaties als vormgeving. Hierbij kan gedacht worden aan sommige hybride auto's.

Er zijn ook echter duurzame producten die wel aantrekkelijk zijn. Moodboard 2 (Figuur 83) laat zien dat door de duurzame kwaliteiten van een product te combineren met organische en futuristische vormgeving, producten zowel aantrekkelijk om te zien zijn als duurzaam. Vaak worden hiervoor matte lichtgekleurde materialen gebruikt die onderbroken worden met felle kleuraccenten.



Comfortabel

Licht

Aantrekkelijk

Duurzaam

Moodboard 3: Representatief – Zon-aangedreven

Hoewel zon-aangedreven voer- en vaartuigen in de loop van de jaren steeds beter en mooier zijn geworden zien veel ontwerpen er qua afwerking en uitstraling nog uit als hobbyprojecten. Omdat de V20 als product wordt verkocht zal moeten worden gekeken hoe dit beter kan. Uit moodboard 3 (Figuur 84) blijkt vooral dat het mooi verwerken van de zonnepanelen in het ontwerp en het gebruik van hoogwaardige materialen zorgt voor een goede kwaliteitsbeleving. Het gebouw in de achtergrond is het nieuwe onderkomen van de Monaco Yacht Club. Om een idee te geven in welke omgeving de V20 moet passen.

Moodboard 4: Competitief – Hydrofoils

Hydrofoils worden vaak toegepast om grote schepen zuiniger te laten varen. De techniek is bijvoorbeeld gebruikt bij de draagvleugelboot die vervoersbedrijf Conexxion gebruikt om passagiers tussen IJmuiden en Amsterdam te vervoeren. Dit soort boten ziet er meestal zwaar en log uit. Om dat bij de V20 te voorkomen is onderzocht hoe een boot met hydrofoils er competitief uit kan zien (Figuur 85). Hiervoor is gekeken naar boten die de draagvleugels voor een ander doeleinde gebruiken. Namelijk om met weinig vermogen erg snel te kunnen varen. Door de eisen die dit doel aan de boot stelt zien dit soort ontwerpen er vaak erg competitief uit. Door het gebruik van agressieve en slanke vormen die uit de romp van de boot steken kan een competitief lijkende cockpit ontworpen worden.



Representatief

Zon-aangedreven

Figuur 84 - Moodboard 3



5.2 Deeloplossingen

Voordat begonnen is met het genereren van concepten is onderzoek gedaan naar deeloplossingen die bruikbaar kunnen zijn voor de cockpit van de V20. Deze deeloplossingen bestaan uit ideeën die toegepast zijn bij andere producten waarbij vergelijkbare problemen zijn opgelost. Het zoeken naar deze oplossingen is op dezelfde manier gestructureerd als bij de methode die gebruikt is bij het maken van de moodboards. De methode is hierbij verder uitgebreid om meerdere oplossingsrichtingen mogelijk te maken. Dit is gedaan door niet alleen snijpunten tussen kenmerken en behoeftes te onderzoeken maar ook tussen kenmerken en behoeftes onderling. Hier is voor gekozen omdat ook tussen twee kenmerken en twee behoeftes tegenstellingen kunnen bestaan. Een voorbeeld hiervan zijn de kenmerken gestroomlijnd en compact. Maar ook de behoefte competitief en aantrekkelijk (lage prijs) gaan niet altijd samen. Een beter presterende boot zal duurder zijn maar daardoor ook minder aantrekkelijk. Een selectie van een aantal interessante deeloplossingen die met deze methode zijn gevonden is hieronder weergegeven.

1. Compact en gestroomlijnd

Doordat het grootste gedeelte van het dek van de V20 bedekt is met zonnepanelen is de ruimte voor de cockpit beperkt. Daarnaast moet het ontwerp van de cockpit net als de rest van de boot zo weinig mogelijk luchtweerstand opwekken. Ditzelfde dilemma komt ook vaak voor in de auto-industrie omdat een gestroomlijnde vorm vaak ten koste gaat van de binnenruimte. In 2005 kwam Mercedes-Benz daarom met een concept-auto die sterk geïnspireerd was door de *Ostracion cubicus*, een vis uit de familie van de koffervissen (Figuur 86). Deze vissen zijn, zoals de naam als doet vermoeden, erg compact gevormd maar desondanks toch erg gestroomlijnd. Door de vorm van de vis te analyseren is in een aantal stappen de hoofdvorm van de auto bepaald (Figuur 87). Door deze vormen ook te gebruiken in het ontwerp van de cockpit zou op eenzelfde manier de luchtweerstand kunnen worden verminderd.



Figuur 86 - Koffervis



Figuur 87 - Mercedes-Benz Bionic concept

2.Compact en overzichtelijk

Tijdens een solarrace is het belangrijk dat alle belangrijke functies en gegevens eenvoudig zijn te overzien. In het meest ideale geval hoeft de bestuurder voor het bedienen van de belangrijkste functies en voor het zien van de belangrijkste gegevens zijn hoofd niet te bewegen of zijn handen van het stuur te halen. Het zou daarom een idee kunnen zijn om alle componenten die hier voor verantwoordelijk zijn op het stuur te plaatsen zoals dit ook gebeurt bij moderne formule-1 wagens. Een probleem hierbij is dat het kleurenscherm dat alle gegevens over de solarboot weer gaat geven niet met het stuur mee rond mag draaien omdat het scherm anders onleesbaar wordt. Om dit te voorkomen zou een techniek kunnen worden toegepast die het automerk Citroën ook in een aantal van zijn auto's heeft gebruikt. Hierbij blijft het centrale deel van het stuur stilstaan terwijl de buitenkant er om heen draait (Figuur 89). Een technische oplossing die dit effect zou kunnen bereiken is het planeettandwielmechanisme. Hierbij wordt een draaibeweging aan de buitenkant van het mechanisme via een aantal stilstaande tandwielen overgebracht op een tandwiel in het midden van het mechanisme.

3. Comfortabel en licht

Wanneer de solarboot niet optimaal presteert kan een solarrace wel enkele uren duren. Dit betekent dat de bestuurder al die tijd comfortabel moet kunnen zitten. Dit is tegenstrijdig met het streven om de stoel zo licht en sterk mogelijk te houden want hij zal door het gebruik van kussens al snel te zwaar worden. Een product waarbij deze tegenstelling ook speelt zijn de autostoelen die in racewagens gebruikt worden. Dit wordt daar opgelost door de stoel zoveel mogelijk om het lichaam heen te vormen zodat de bestuurder goed ondersteund wordt. Door op strategische plekken kussens te plaatsen kan de druk op de plekken waar het meeste gewicht op leunt nog eens extra verdeeld worden (Figuur 88).



Figuur 89 - Stuur van de Citroën C4



Figuur 88 - Stoel van de Lamborghini J

4. Zon aangedreven en comfortabel

Doordat bij de meeste zonnewagens bijna alle beschikbare ruimte wordt opgeëist door de zonnepanelen blijft er meestal maar erg weinig ruimte over voor een cockpit. Dit heeft tot gevolg dat deze erg krap en laag wordt. De zonnewagen van Technische Universiteit Eindhoven (Figuur 90) probeert hier een middenweg in te vinden. Door het dak in zijn geheel naar boven te schuiven ontstaat er genoeg ruimte om vier personen comfortabel in de wagen te laten zitten. Daarnaast kan de voorruit nu voorop de wagen worden geplaatst in plaats van boven op het dak. Daardoor kunnen er extra zonnepanelen worden gemonteerd en heeft de bestuurder een beter overzicht op de weg.

5.3 Conceptrichtingen

Met behulp van de moodboards en deeloplossingen zijn drie conceptrichtingen gemaakt. Daarvoor zijn meerdere vormstudies gemaakt waarvan er één in Bijlage F te vinden is. De meest geslaagde schetsen zijn samengevoegd en uitgewerkt tot een conceptrichting. Deze zijn in combinatie met de gebruikte inspiratiebronnen aan de ontwerper van de V20 en directeur van Vripack gepresenteerd. Daarnaast zijn er bij elk concept een aantal design-parameters toegevoegd. Deze parameters komen overeen met de kenmerken van de V20. Door elk kenmerk een weging te geven wordt duidelijk gemaakt op welk aspect de nadruk komt te liggen bij het desbetreffende concept. De combinatie van inspiratiebronnen, materialen en schetsen is afgeleid van de manier waarop het autoproducent Cadillac zijn concepten presenteert.

Luxury & Performance concept

De achterliggende gedachte bij het Luxury & Performance concept is dat de V20 in de toekomst niet alleen aan solarraces mee zal doen maar dat de boot ook recreatief gebruikt gaat worden. Door de hoge aanschafprijs zal dit echter alleen



Figuur 90 - Zonnewagen Stella van de Technische Universiteit Eindhoven

voor de allerrijksten zijn weggelegd. Om te zorgen dat de V20 ook aantrekkelijk is voor deze doelgroep is gekeken hoe de cockpit zonder concessies te doen aan de prestaties een luxegevoel kan creëren. Om dit te bereiken is gebruik gemaakt van moodboard 3 en zijn aanvullende inspiratiebronnen gezocht die passen bij de beoogde stijl.

Eén van de deeloplossingen die verwerkt is in dit concept is het 'stilstaande' stuur. Waarbij gekeken is of het kleurenscherm of de knoppen verwerkt kunnen worden in het stuur zodat de rest van de cockpit zo strak mogelijk kan blijven. Daarnaast is met het gebruik van strategisch geplaatste hoogwaardige materialen geprobeerd het gevoel van luxe te versterken. In de vormgeving is gebruik gemaakt van elegante vormen die in elkaar overlopen. Hierbij is de cockpit als een soort jasje om de bestuurder heen geplooid. Daarbij wordt gebruik gemaakt van het contrast van carbon fiber en gekleurde vlakken.

Futuristic & Ecologic concept

Het uitgangspunt voor het Futuristic & Ecologic concept is dat de cockpit zoveel mogelijk moet bijdragen aan de duurzaamheid van de V20. Daarnaast draagt elk element van de cockpit op zijn eigen manier bij aan het functioneren van de V20. Het meest kenmerkende deel van de cockpit is het zonnedakje boven de bestuurder. Hierop is een zonnepaneel bevestigd zodat de cockpit zijn eigen subsystemen van energie kan voorzien. Het vleugelprofiel van het dakje zorgt er daarnaast voor dat de cockpit bijdraagt aan het lifteffect. Mocht deze half-open cockpit constructie niet toegestaan zijn tijdens een solarrace dan kan het dakje eenvoudig worden verwijderd. De boog die het dakje ondersteund kan door de bestuurder worden gebruikt om zich in en uit de stuurstoel te hijsen.

De vormgeving van dit concept is gebaseerd op futuristisch ogende superjachten. Waarbij het dakje is vormgegeven zodat het lijkt op de overhangende dekken van de jachten die ter inspiratie zijn gebruikt. Door wit en lichtblauwe vlakken te combineren wordt het futuristische gevoel verder versterkt.

Dynamic & Sporty

Omdat zonne-aangedreven voer- en vaartuigen vaak als saai en langzaam worden ervaren is bij dit concept gekeken hoe de cockpit ervoor kan zorgen dat de V20 er juist snel en sportief uitziet. Hierbij is inspiratie geput uit producten uit de extreme-sports wereld en circuitauto's zoals de KTM X-bow. De cockpit bestaat uit een hoofdsteen en twee 'vleugels' die naar voren lopen. De ruimte tussen de vleugels en het dek is opgevuld met een doorzichtig windscherm zodat de vleugels los van de cockpit lijken te staan. Dit geeft het geheel een dynamisch aanzicht.

Het dynamische van dit concept is niet alleen terug te zien in de vormgeving maar ook in de functionaliteit. Bij het concept is namelijk extra aandacht besteed aan de manier waarop de bestuurder in en uit de cockpit klimt. Daarbij zijn alle stappen bekeken die de bestuurder moet doorlopen om van de waterkant tot in de stuurstoel te komen zoals bepaald in 1.2.6.

De conclusies van dit onderzoek zijn vertaald in de functies van de cockpit. Eén van de belangrijkste bevindingen is dat de bestuurder niet met één stap vanaf de waterkant op de cockpit kan stappen. Hierbij moet namelijk een stap van meer dan een meter worden gezet op een bewegende boot. Voor dit probleem is een oplossing bedacht die geïntegreerd kan worden in de cockpit. De twee vleugeltjes veranderen daarbij in draaibare loopplankjes die bij het in- en uitstappen de afstand tussen de rand van de boot en de cockpit overbruggen. Dit zorgt ervoor dat het in- en uitstappen een stuk eenvoudiger wordt. De constructie zorgt namelijk voor een plek boven de zonnepanelen waar de eerste stap op gezet kan worden. Vanaf daar kan de cockpit met een tweede stap gemakkelijk worden bereikt. Ook bij het uitstappen kan gebruik gemaakt worden van deze 'loopvleugels' om van de boot te klimmen. Om aan te tonen dat de loopvleugels een realistische oplossing is een 3D-model gemaakt die de beweging van de vleugels nabootst (Figuur 94, Figuur 95)

DESIGN PARAMETERS

Desirable (5/5)

Competative (4/5)

Representable (5/5)

Comfortable (4/5)

Safe (3/5)

Clear (3/5)

Accessible (3/5)

Elegant (4/5)

Advanced (2/5)

Streamlined (4/5)

Lightness (3/5)

Green (2/5)

Hydrofoils (1/5)

Racy (3/5)

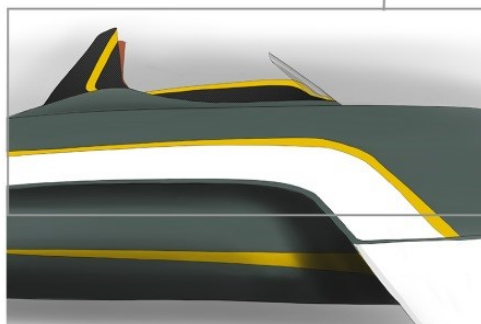
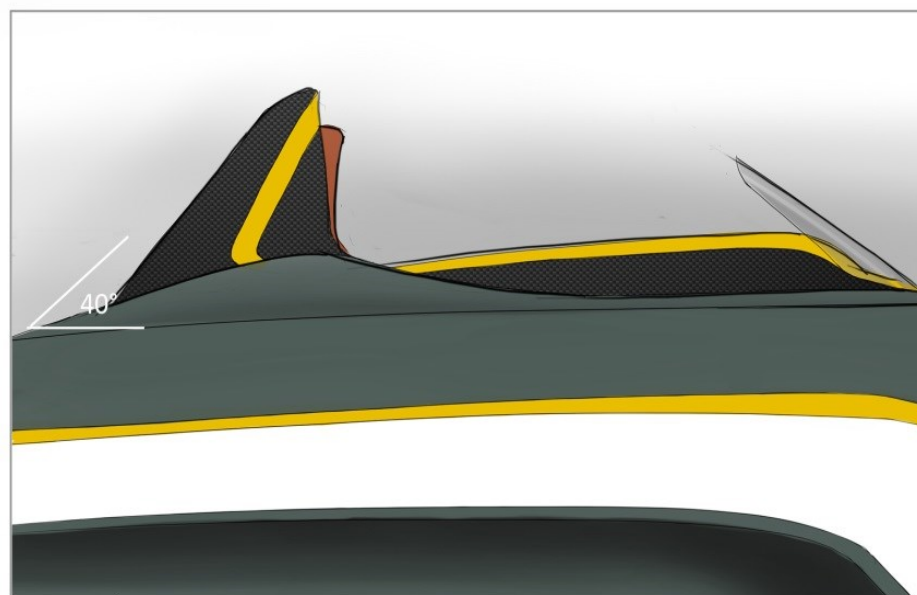
Compact (4/5)

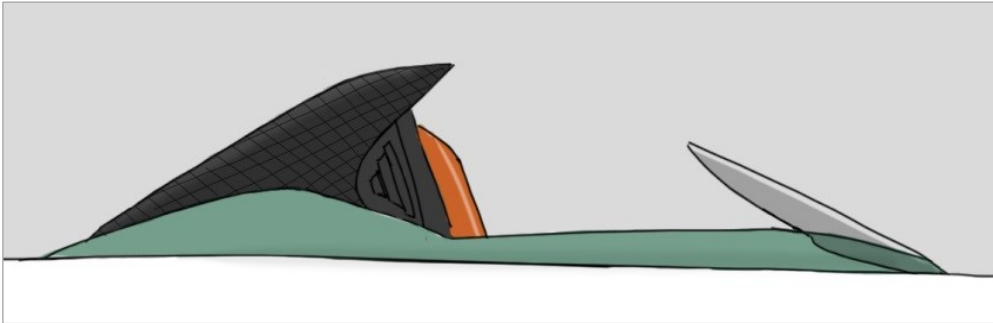
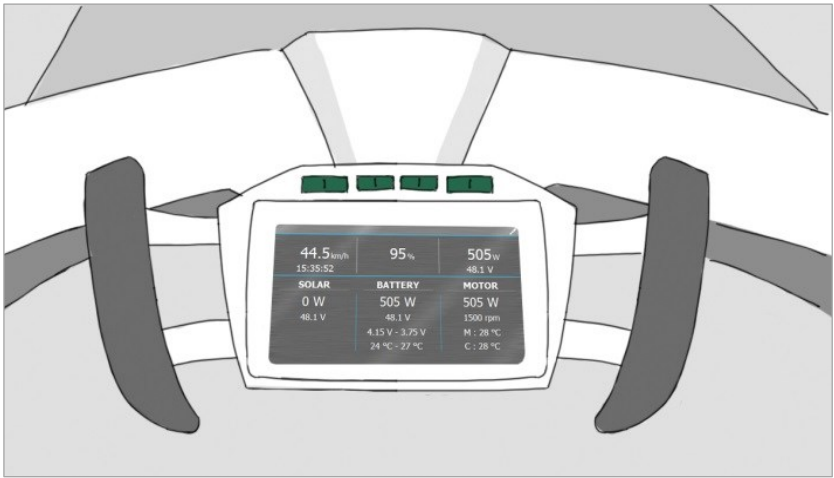
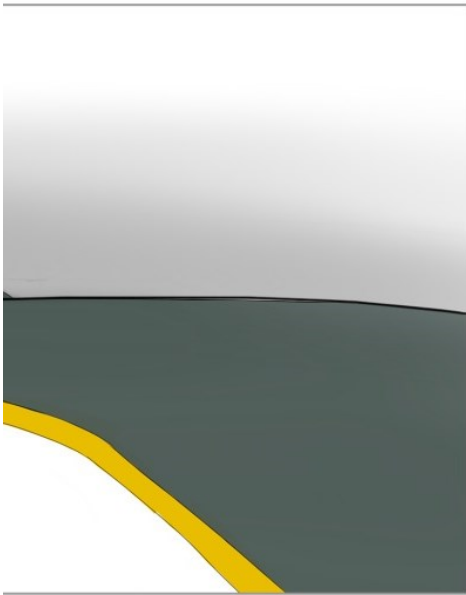
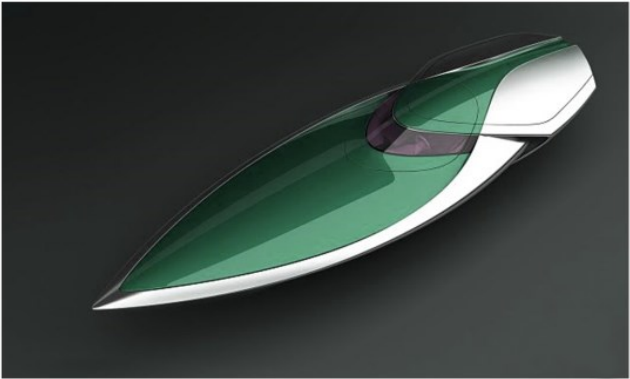


INTERIOR DESIGN

Luxury & Performance

The cockpit is wrapped around the driver like a tuxedo collar around a men's neck.





DESIGN PARAMETERS

Desirable (4/5)

Competative (5/5)

Representable (4/5)

Comfortable (2/5)

Safe (4/5)

Clear (3/5)

Accessible (2/5)

Elegant (3/5)

Advanced (4/5)

Streamlined (5/5)

Lightness (3/5)

Green (5/5)

Hydrofoils (3/5)

Racy (2/5)

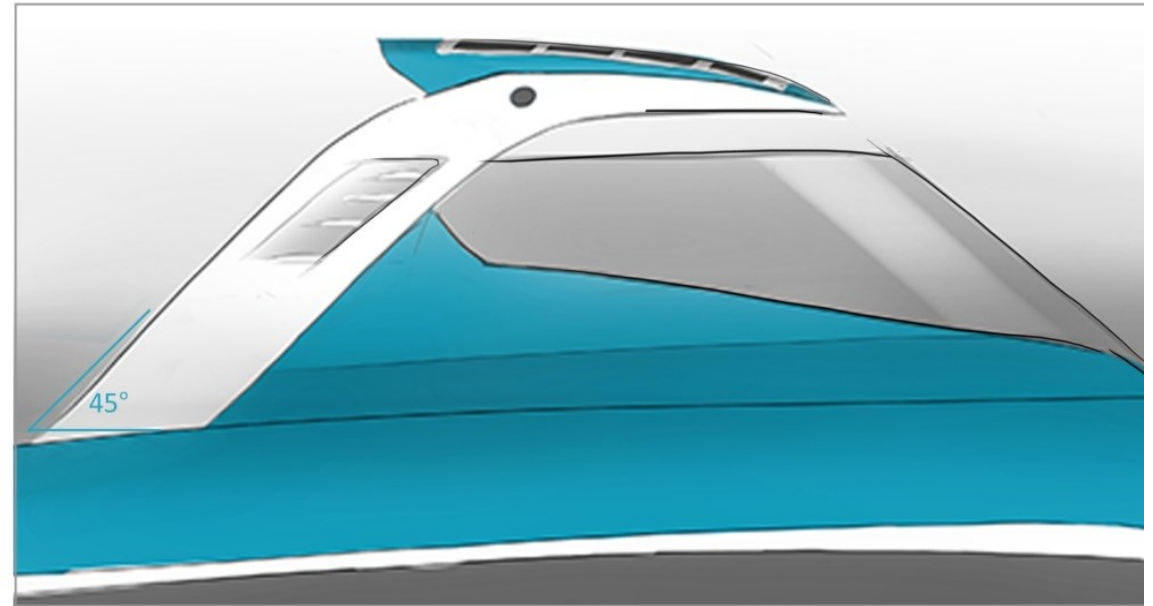
Compact (3/5)

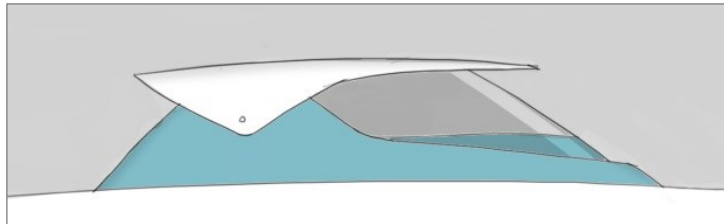
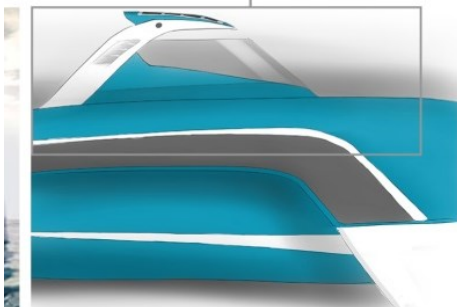
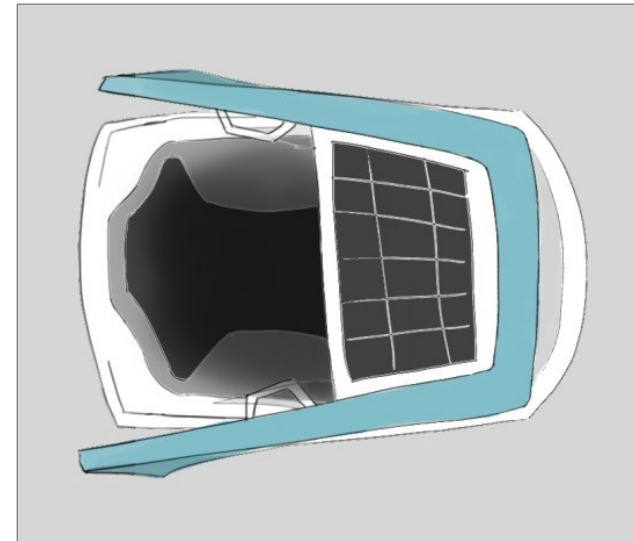
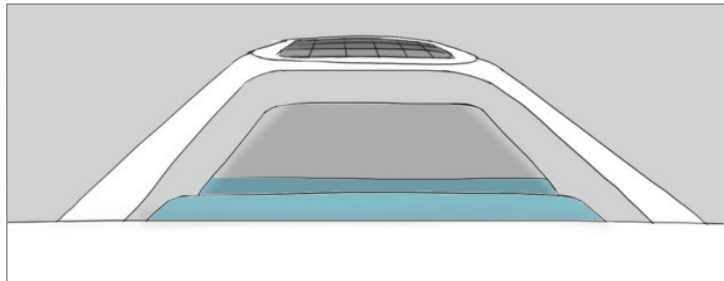
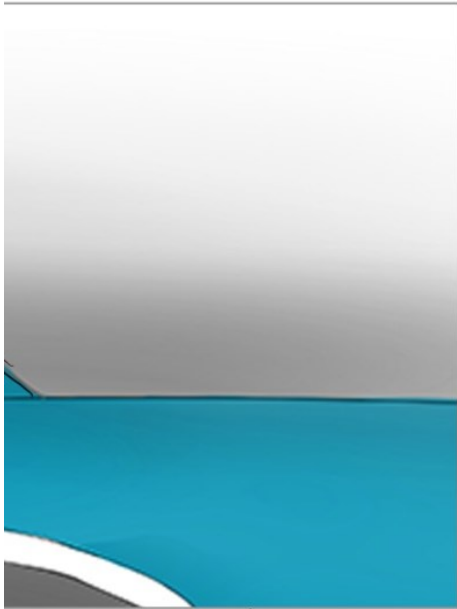
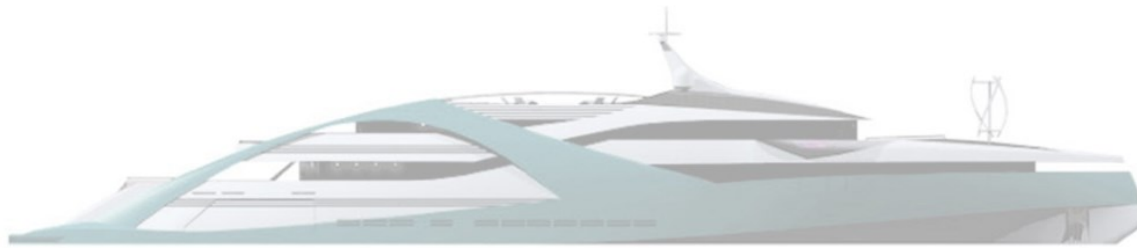


INTERIOR DESIGN

Futuristic & Ecologic

The driver is shielded by a streamlined cockpit which has extra solarpanels on it's roof.





DESIGN PARAMETERS

Desirable (4/5)

Competative (5/5)

Representable (3/5)

Comfortable (4/5)

Safe (4/5)

Clear (3/5)

Accessible (2/5)

Elegant (4/5)

Advanced (3/5)

Streamlined (4/5)

Lightness (4/5)

Green (2/5)

Hydrofoils (4/5)

Racy (5/5)

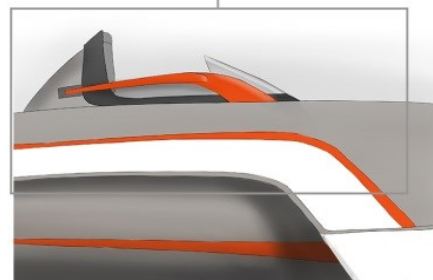
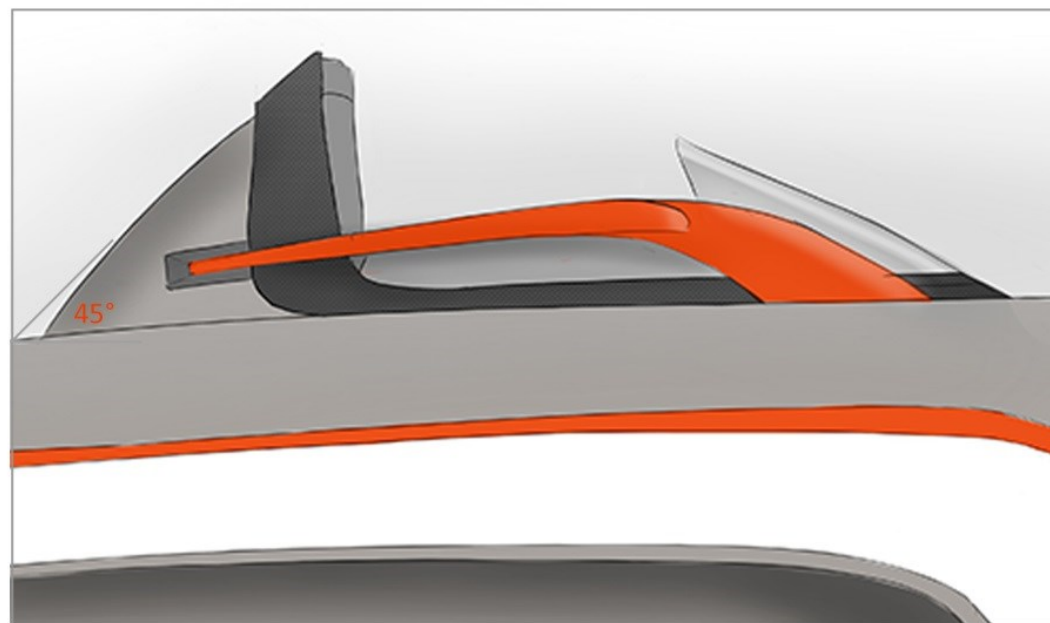
Compact (3/5)

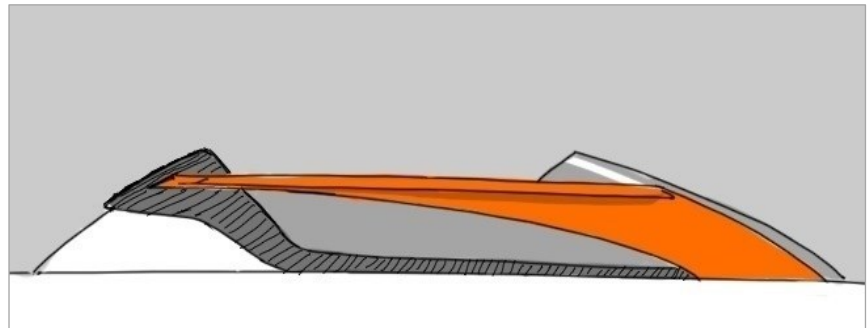
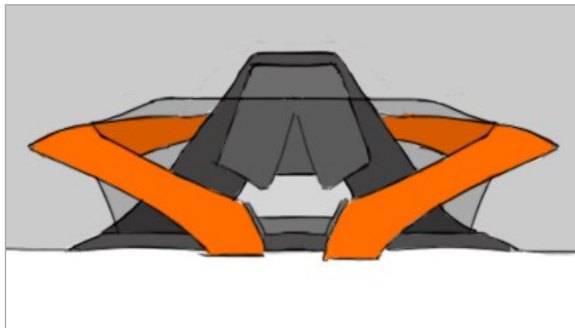
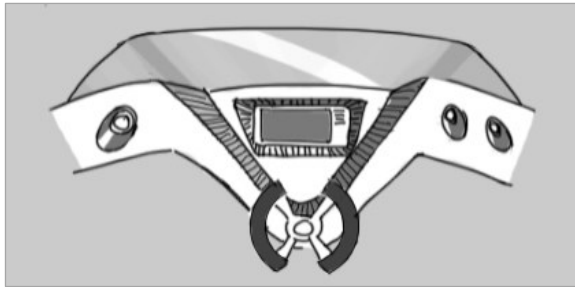
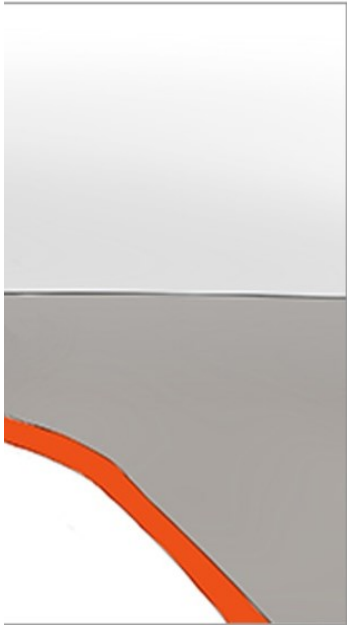


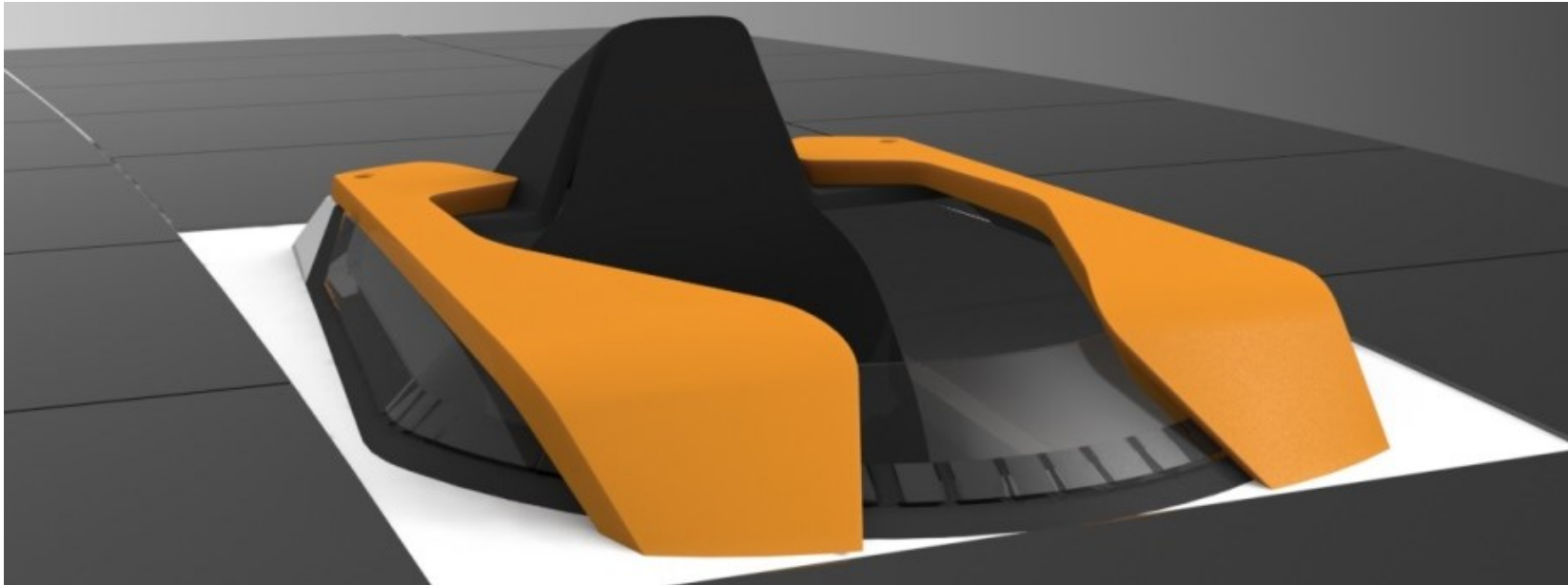
INTERIOR DESIGN

Dynamic & Sporty

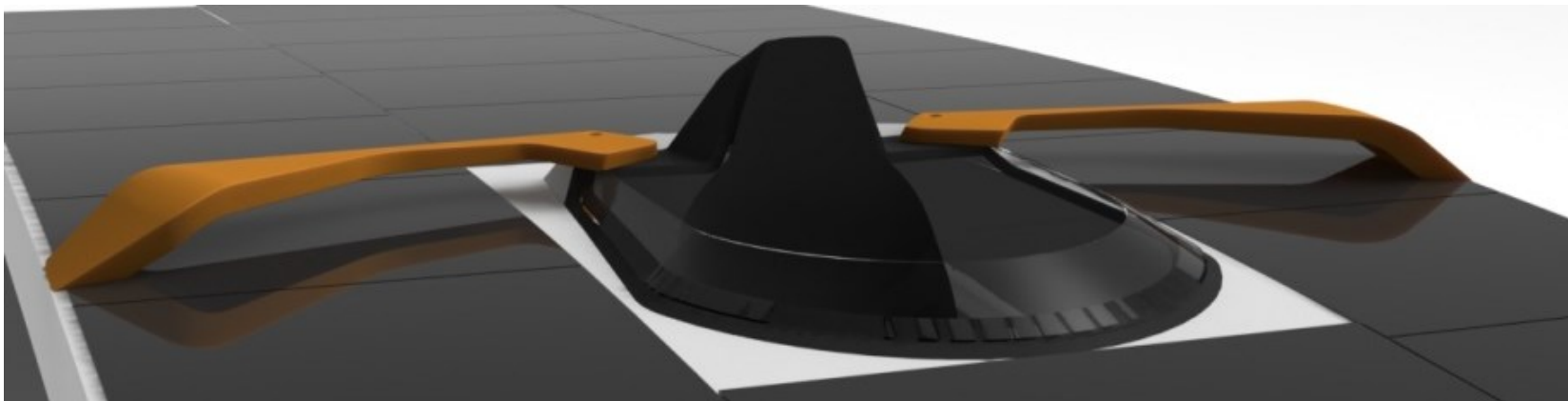
The driver is encapsulated in a sleek cockpit which helps generating lift.







Figuur 94 - Cockpit met ingeklapte loopvleugels



Figuur 95 - Cockpit met uitgeklapte loopvleugels

5.4 Conceptkeuze 1

Uit de conceptringingen is één richting gekozen die als basis gaat dienen voor het eindontwerp van de cockpit. Deze keuze is gemaakt door te bepalen in hoeverre de concepten voldoen aan het programma van eisen. Omdat de concepten nog niet gedetailleerd genoeg zijn om dit voor alle eisen te bepalen is een selectie gemaakt. Van deze selectie is voor elke eis bepaald hoe belangrijk deze is ten opzichte van andere eisen door een weging toe te kennen. De weging varieert van 0 tot 5 waarbij 5 het belangrijkste is.

Ook de scores voor de concepten varieert tussen 0 en 5. Hierbij betekent een 5 dat het concept perfect voldoet aan de gestelde eis. Deze score is vermenigvuldigd met de weging om tot de scores te komen die in de tabel te vinden zijn. Door de scores voor alle eisen op te tellen kan bepaald worden welk concept op basis van de geselecteerde eisen uit het P.v.E. het beste is (Tabel 14).

Eis	Specificatie	Weging	L&P	F&E	D&S
De cockpit moet representatief zijn	Goede afwerking/ design	3	15	12	9
Het cockpitontwerp moet passen bij de ontwerpstyl van Vripack	Doorbroken strakke en scherpe lijnen. Contrasterend kleurgebruik	2	8	8	6
De cockpit moet passen bij de inspiratiebronnen die gebruikt zijn bij het ontwerp van de V20	Zonnewagen, vintage Formule-1 wagens, Moth zeilboten	2	6	4	6
De cockpit moet passen bij de al vaststaande materialen van de V20	Moet passen bij: zonnecellen, romp, draagvleugels, Torquedo gashendel, MG color display	2	8	6	8
De cockpit moet passen bij de vormkenmerken van de V20	De vormgeving van het cockpit moet vloeiende lijnen met afgeronde hoeken bevatten	3	12	9	12
De cockpit moet qua kleurstelling passen bij de rest van de V20	Geen vloekende felle kleuren. Contrasterende kleuren om ontwerp te versterken	1	4	4	5
De gebruiker moeten op een goede manier in en uit de V20 kunnen stappen	Posities gebruiken zoals bepaald m.b.v. de 90%-CAD model. Uitstappen in minder dan 5 seconden	4	8	12	20
De cockpit moet de gebruiker beschermen tegen weersinvloeden	Cockpit bevat windschermje van tenminste 10 cm hoog	2	6	10	6
De cockpit beschermd de gebruiker tegen spatwater	Cockpit bevat een cockpitrand die tenminste 6 cm hoog is	2	6	10	8
De gebruiker moet in het geval van nood snel uit de cockpit kunnen ontsnappen	<5 seconden	3	9	9	9
De cockpitdelen moeten uit zo weinig mogelijk malen worden gehaald	Maximaal vier afzonderlijke malen	3	15	9	9
De cockpit moet aan de behoeftes van Vripack voldoen	De V20 moet een aantrekkelijke combinatie van design, prijs en prestatie bieden	4	16	12	16
De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceteams voldoen	De V20 moet competitief en representatief zijn	4	16	16	16
De cockpit moet aan de behoeftes van de bestuurder voldoen	De V20 moet comfortabel veilig en overzichtelijk zijn	4	16	16	16
De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceorganisatie voldoen	De V20 moet veilig, competitief en aantrekkelijk zijn	2	8	2	8
De cockpit moet aan de behoeftes van de technicus voldoen	De V20 moet eenvoudig te bereiken componenten hebben en overzichtelijk zijn.	2	8	2	8
Totaalscore			161	149	162

Tabel 14 - Conceptscores

5.5 Conceptkeuze 2

Uit de vergelijking van Tabel 14 blijkt dat de scores van de concepten niet ver uit elkaar zitten. Daarom zijn de concepten ook aan Vripack gepresenteerd om de voorkeur van het bedrijf mee te nemen in de conceptkeuze. Bij deze presentatie waren zowel de directeur van het bedrijf als de ontwerper van de V20 aanwezig. Van elk concept is in het kort beschreven wat de reacties waren.

Luxury & Performance concept

Het Luxury & Performance concept is als eerste gepresenteerd. Het idee van de V20 als recreatiemiddel werd leuk gevonden. Het ontwerp zelf maakte echter weinig enthousiasme los. Het idee van de stuurconsole werd interessant gevonden maar over de haalbaarheid werd getwijfeld.

Futuristic & Ecologic concept

Het Futuristic & Ecologic concept is gepresenteerd als out-of-the box concept. Om te laten zien dat het ontwerp van de cockpit ook totaal anders kan. Het toevoegen van het zonnedakje werd interessant gevonden en is iets dat misschien in de toekomst meegenomen kan worden. De haalbaarheid van het concept werd als negatief punt genoemd.

Dynamic & Sport

Het laatste concept werd het beste ontvangen. De mening was dat dit concept qua vormgeving en functionaliteit boven de andere twee concepten uitstak. Om de mening van Vripack mee te kunnen wegen in de conceptkeuze is besloten om de keuze van de ontwerper van de V20 en de directeur samen 14 punten te geven. Dit is de hoogste score min de laagste score plus 1 punt. Dit betekent dat als zowel de ontwerper als de directeur voor het concept met de minste aantal punten kiest alsnog dit concept wordt uitgewerkt.

Uiteindelijk kozen beide voor het Dynamic & Sport concept waardoor deze met 176 punten een ruime voorsprong op de andere concepten heeft. Het resultaat van de presentatie bevestigt dus de beoordeling van de concepten volgens het P.v.E. Als basis voor de conceptuitwerking zal daarom het D&S concept gebruikt worden.

5.6 Conceptcombinatie

Om te bepalen of het D&S concept voldoet aan het volledige P.v.E zal het verder uitgewerkt moeten worden. Als eerste is gekeken of de positieve aspecten uit andere concepten kunnen worden gecombineerd met het gekozen concept. Deze positieve elementen zijn:

Luxury & Performance concept

- Het strategisch toepassen van hoogwaardige materialen voor een betere kwaliteitservaring.
- De carbonfiberstructuur van het cockpitmateriaal benutten om een hogere kwaliteitservaring te creëren.
- Het zoveel mogelijk concentreren van de bedieningselementen op één plek.
- Het gebruik van elegante lijnvoering om de cockpit bij de rest van de V20 te laten passen.

Futuristic & Ecologic concept

- Het zonnedakje waarmee de bestuurder afgeschermd wordt van de weersomstandigheden.
- Het integreren van een zonnepaneel in de cockpit.
- Het integreren van hingsels/ handgrepen of steunvlakken in de cockpit die de bestuurder helpen om in en uit de cockpit te komen.

Van deze positieve aspecten kunnen een aantal niet worden meegenomen.

- Het zonnedakje past niet binnen het ontwerp van het D&S concept.
- Er is weinig tot geen vlakke ruimte beschikbaar op de cockpit waar een zonnepaneel kan worden bevestigd.

De rest van de genoemde pluspunten kan wel verwerkt worden in het eindontwerp.

5.7 Conceptuitwerking

Het eindontwerp is bepaald door van elk 2D-aanzicht een gedetailleerde ontwerptekening te maken. Hier kan naast de vormgeving ook informatie over de opbouw van de cockpit worden gehaald. Dit is gedaan door op de belangrijkste posities doorsneden van de cockpit te tekenen. De ontwerptekeningen zijn gepresenteerd aan Vripack. Het commentaar op de tekeningen is meegenomen bij het maken van het CAD-model van het eindconcept. Omdat de ontwerptekeningen alleen uit 2D aanzichten bestaan is voordat begonnen is met het uitwerken van het eindconcept tot een CAD-model een 3D-vormstudie gemaakt. Hierbij is gebruik gemaakt van klei (Figuur 96) om de 2D aanzichten op een snelle manier om te zetten tot 3D vorm. Het voordeel van deze methode is dat de geometrie tastbaar is en dat de vormen eenvoudig en op een intuïtieve manier kunnen worden aangepast. Na de uitleg van het eindontwerp volgt een deel waarin het functioneren van de loopvleugels verder is uitgewerkt.



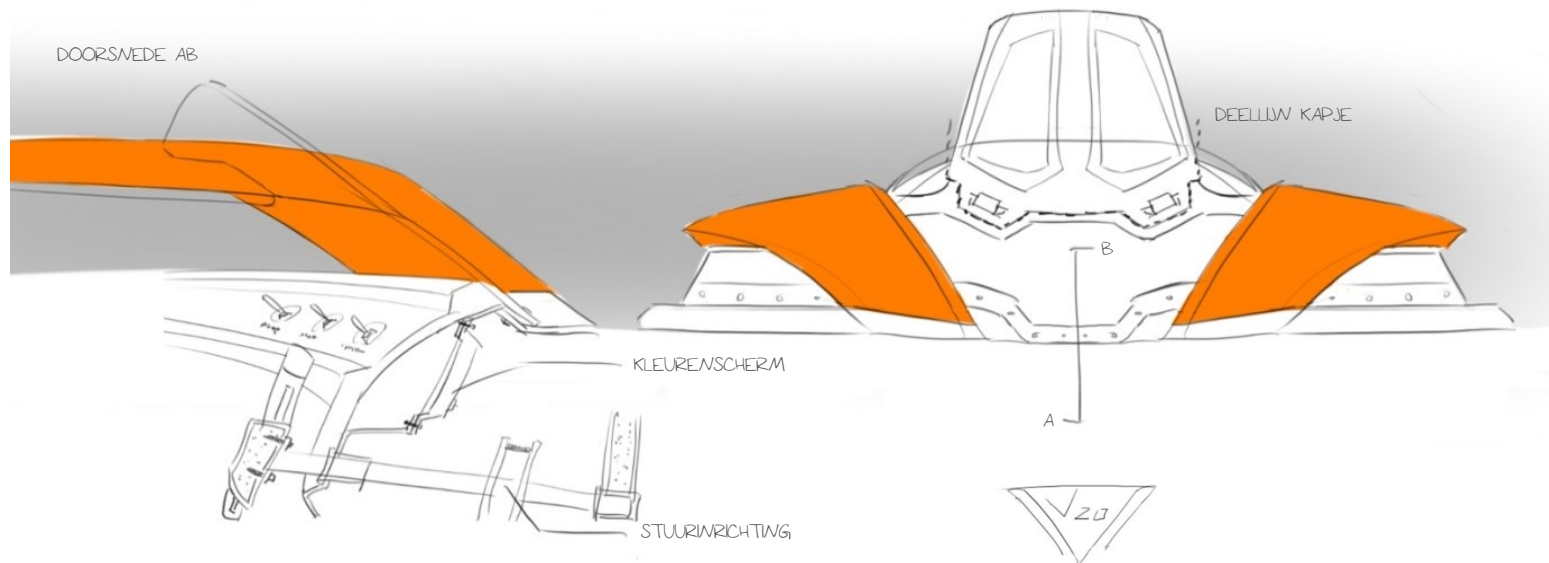
Figuur 96 - Kleimodellen

Vooraanzicht

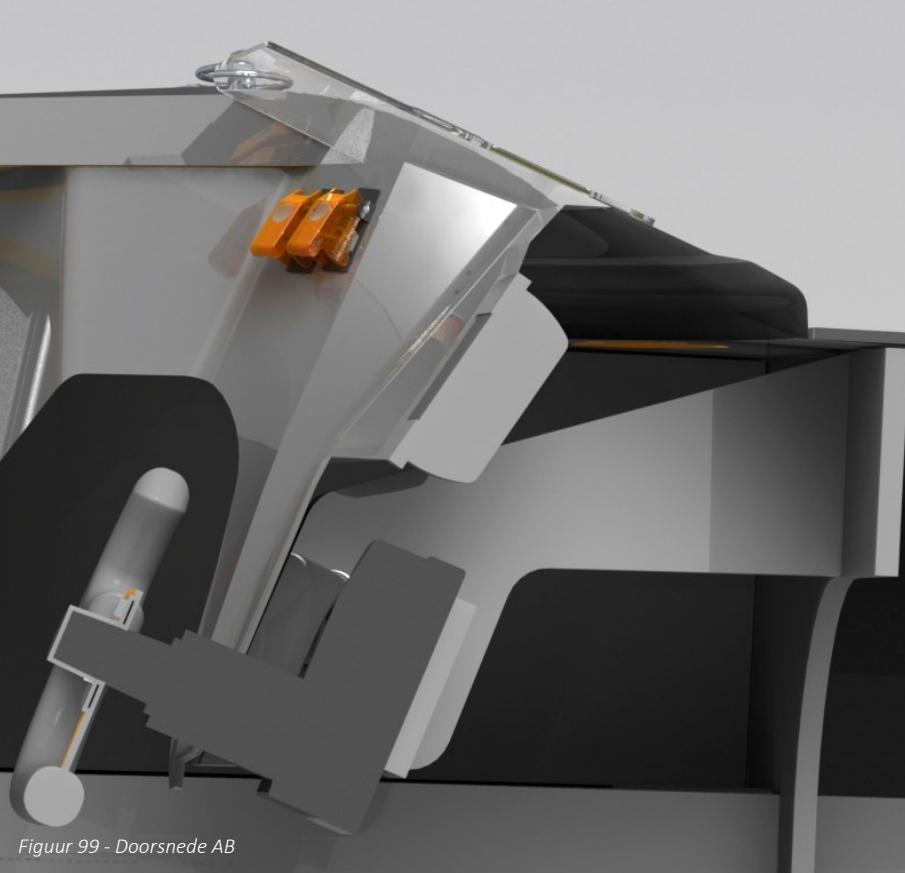
Het vooraanzicht van de cockpit wordt vooral bepaald door de twee loopvleugels aan beide zijanten. Deze lopen als gordels van een veiligheidsvest langs de schouders van de bestuurder waarna ze naar beneden afbuigen en op het dek eindigen. Daarbij is geprobeerd om de vorm van de vleugels aan te laten sluiten bij de neus zoals te zien is in Figuur 97. In het CAD-model is dit uiteindelijk niet gedaan omdat de basis van de vleugel daardoor te dun wordt. Het zorgt er namelijk voor dat de krachten die ontstaan wanneer de bestuurder op de vleugel staat maar door een klein oppervlak worden overgebracht op het dek. Daarnaast kan de vleugel in de ontwerptekening veel minder dwarskrachten verwerken dan met de vleugel in het CAD-model. In het midden van de cockpit zit de hoofdsteun waarop een hoofdkussentje is bevestigd. Ten opzichte van de ontwerptekeningen is besloten om het bovenste gedeelte van de hoofdsteun niet losneembaar te maken. Dit was bedacht omdat de doorvaarhoogte van de V20 anders te groot zou zijn voor de Dong Energy Solar Challenge. Op het moment van deze beslissing was de route van de race nog niet bekend en wilde Vripack eerst controleren of de doorvaarhoogte inderdaad maar 70 cm is zoals aangegeven door de solarrace organisatie.

Het hoofdkussentje is in het CAD-model gecombineerd met de verplichte boei die alle solarracers aan boord moeten hebben. Dit ontwerp is door de technische commissie van de Dong Energy Solar Challenge goedgekeurd zodat de solarraceteams dit kunnen toepassen bij hun boot. De boei is bevestigd doormiddel van een haak die op de cockpit gemonteerd is. Deze haak zorgt ervoor dat het kussen op zijn plek blijft tijdens het varen. Wanneer de V20 echter zinkt, kan het kussen ongehinderd naar boven drijven zodat de positie van de V20 wordt gemarkeerd. De 5 meter lange draad die de organisatie van de solarrace verplicht stelt is weggewerkt in een holte tussen het kussen en de cockpit. De draad is aan één kant bevestigd aan de haak en met de andere kant aan het hoofdkussen zodat deze niet wegdrijft. Op de ontwerptekening van het vooraanzicht is een doorsnede te zien die weergeeft hoe het dashboard van de cockpit is opgebouwd. Hier is bij de uitwerking in het CAD-model weinig aan veranderd. Het kleurenscherm is boven de stuurinrichting geplaatst voor optimale zichtbaarheid en bedienbaarheid.

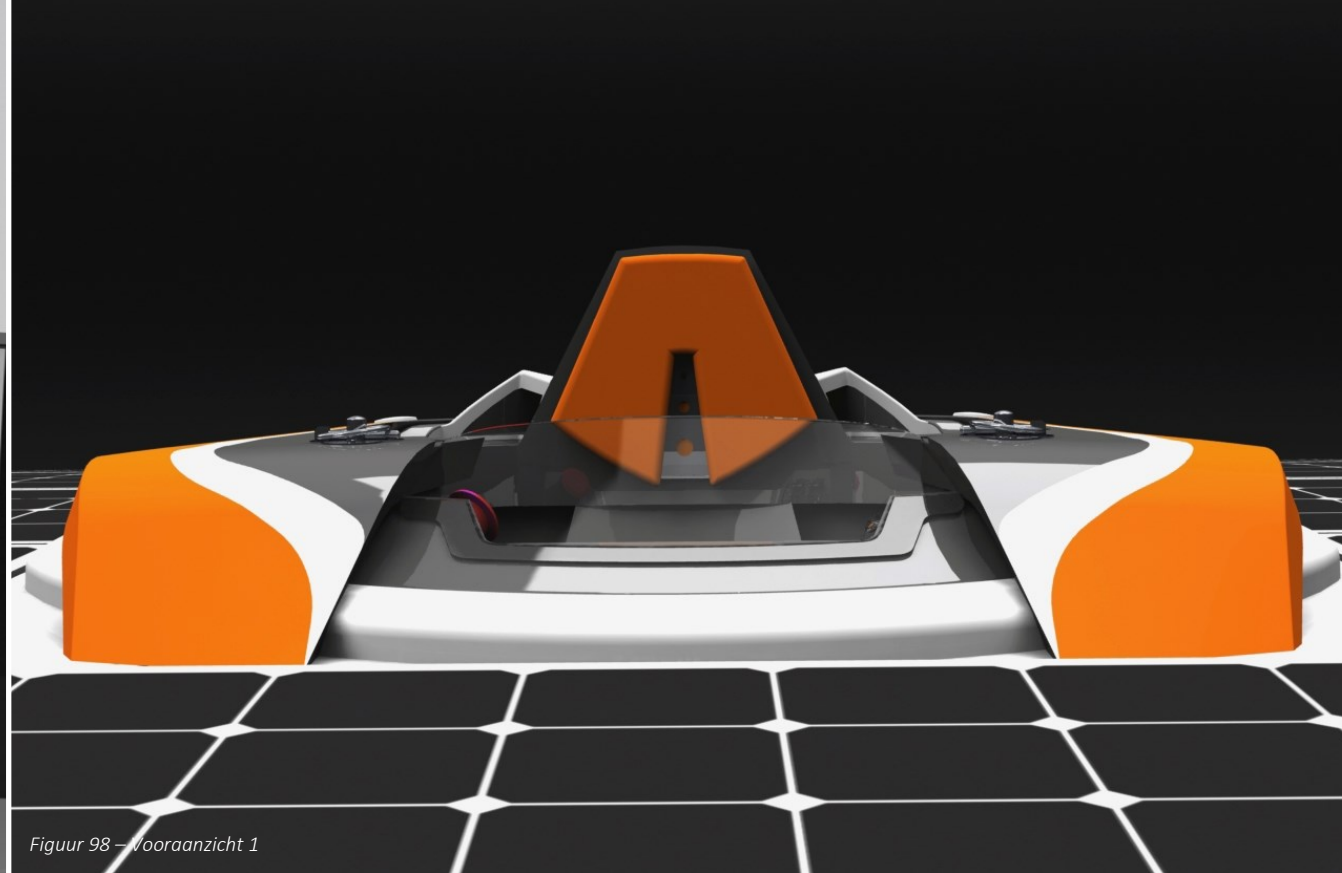
De hoek waaronder het scherm staat is bepaald door het scherm haaks op de gemiddelde zichtlijn van de bestuurder-modellen te plaatsen. De knoppen van de bediening zijn zo dicht mogelijk bij het stuur geplaatst zodat deze met minimale handbewegingen kunnen worden bediend en goed zichtbaar zijn. Het idee om de knoppen in het stuur te verwerken is niet doorgezet omdat dit moeilijk te realiseren is. Daarnaast zijn de solarraceteams vrij om hun eigen stuur te kiezen. Mochten ze niet voor het stuur met geïntegreerde knoppen gaan dan moet er ruimte beschikbaar zijn om de knoppen op een andere manier te plaatsen. De knoppen die zijn gebruikt zijn voorzien van een beschermkapje die voorkomt dat de knop per ongeluk wordt ingedrukt. Daarnaast zorgt het kapje ervoor dat de kans op kortsluiting door spatwater wordt verkleind. Alle componenten die in het dashboard zitten zijn gebaseerd op bestaande producten en zijn zo nauwkeurig mogelijk omgezet in CAD-modellen. Hierdoor kan worden gegarandeerd dat de afmetingen en de plaatsing van de componenten realistisch zijn.



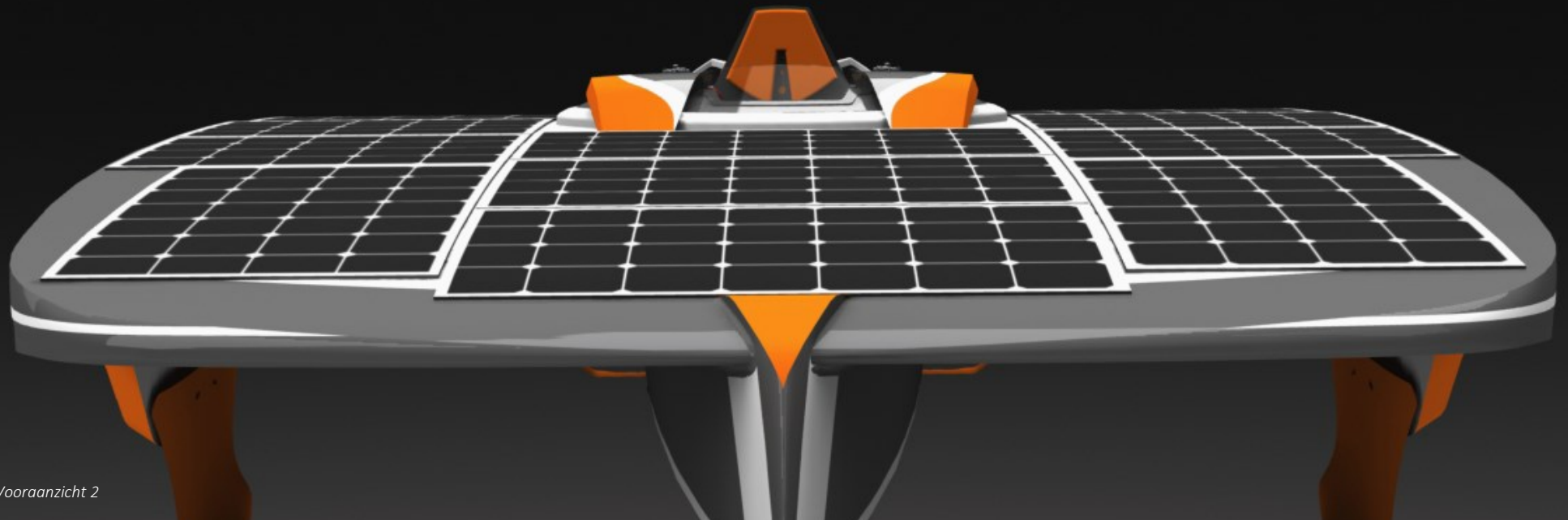
Figuur 97 - Ontwerpschets vooraanzicht



Figuur 99 - Doorsnede AB



Figuur 98 - Vooraanzicht 1

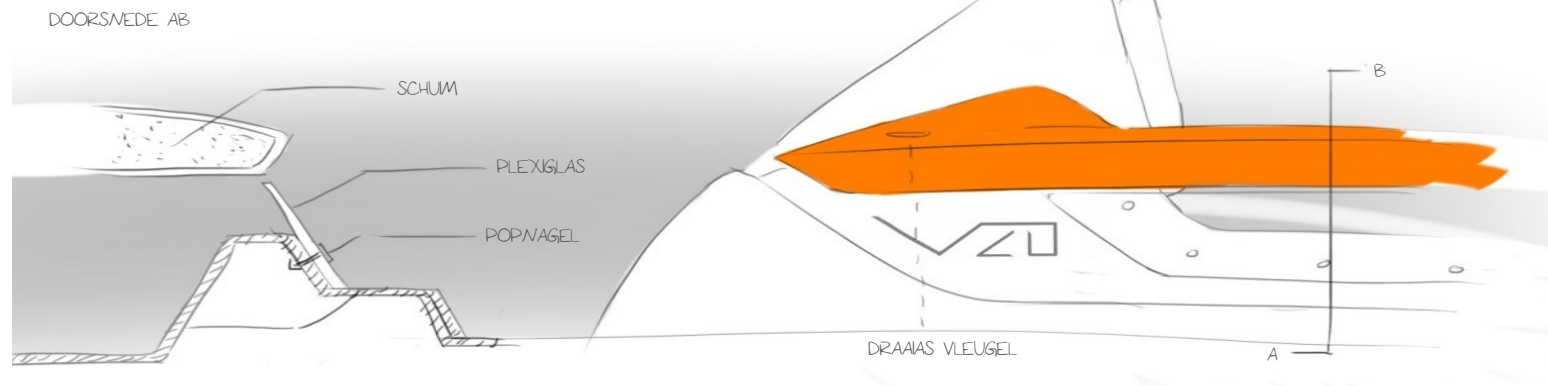


Figuur 100 - Vooraanzicht 2

Zijaanzicht

Het zijaanzicht van het eindontwerp is voor het grootste gedeelte overgenomen uit het zijaanzicht van het D&S concept. Aan de achterkant zijn echter een aantal wijzigingen doorgevoerd die zijn weergegeven in het detailaanzicht van het zijaanzicht (Figuur 101). De aanpassingen zitten vooral in de lijnvoering. Deze is veranderd omdat de lijnvoering van het conceptaanzicht niet op een goede manier was te combineren met de andere aanzichten tot een 3D model. Dit kwam naar voren bij het maken van de kleimodellen. In het nieuwe aanzicht wordt de onderste helft van de cockpitrand visueel gescheiden van de loopvleugel door een donkere vlak van kaal carbon. Naar het einde toe lopen deze elementen naar elkaar toe maar raken elkaar niet waardoor het geheel spannend oogt. Door dit element te combineren met bestickering zoals in Figuur 101 wordt het effect versterkt.

Bij de uitwerking naar het CAD-model is het doorlopende plexiglas komen te vervallen doordat er te weinig ruimte was om dit op een goede manier te monteren. Daarnaast zou de bovenrand van het plexiglas in de weg kunnen zitten bij het in- en uitstappen. De ruimte die het weglaten van het plexiglas overlaat is opgevuld door de cockpitrand te verhogen tot aan de vleugel.



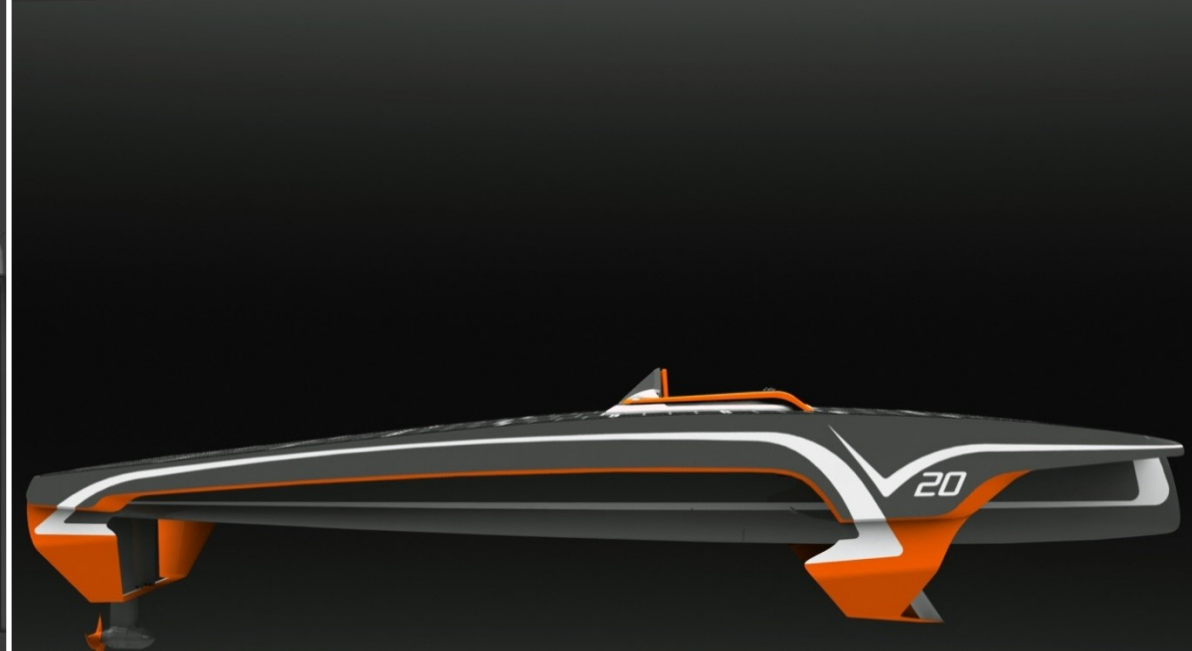
Figuur 101 - Ontwerpschets zijaanzicht

De laatste wijziging in het CAD-model t.o.v. de ontwerptekeningen is dat de loopvleugel verder doorloopt dan op de ontwerptekening. Deze overhang is geïnspireerd door de overstekende dekken die op moderne jachten vaak worden toegepast. (Figuur 6). Boven de vleugels en aan de zijkant van de hoofdsteun zijn aan beide kanten twee luchthappers geplaatst. Hierdoor wordt koele lucht naar binnen gezogen om de accu's te koelen. Doordat de openingen naar voren gericht zijn wordt de lucht, wanneer de V20 vaart, naar binnen geduwd zodat de ventilator minder werk hoeft te verrichten.

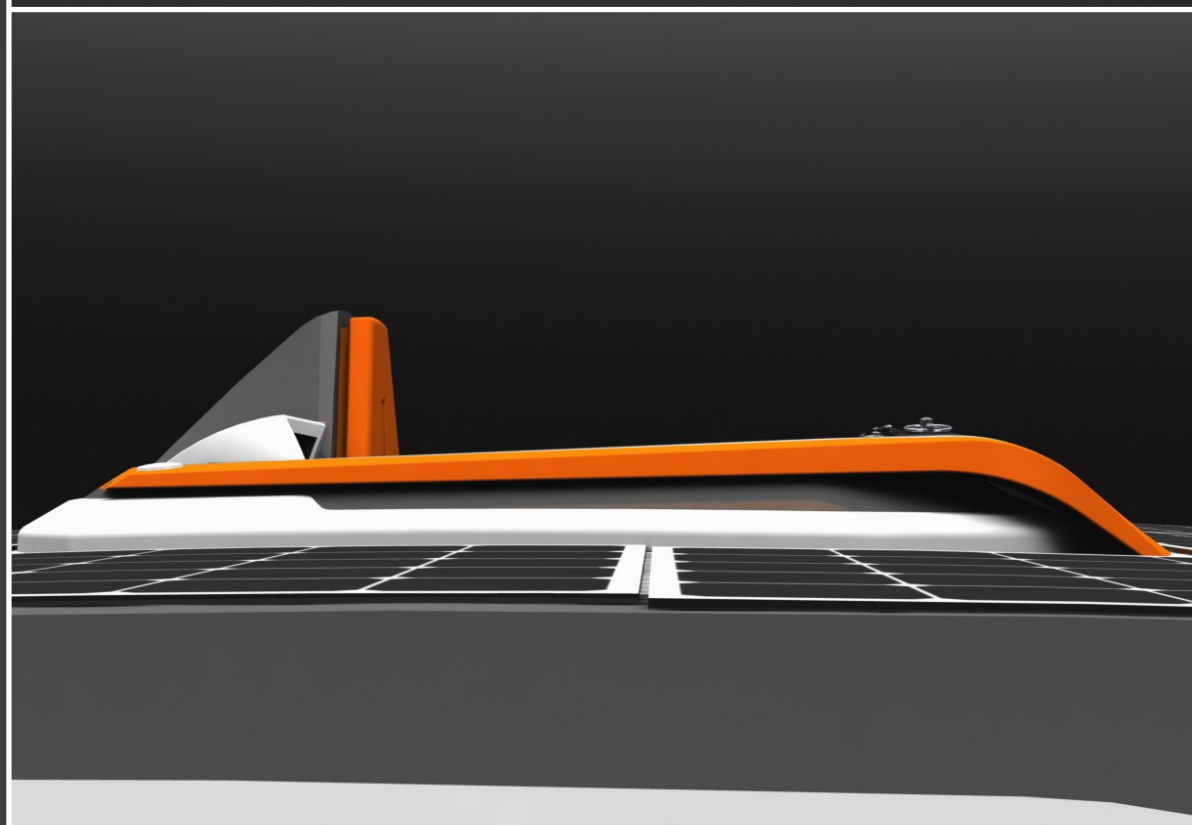
Door de manier waarop het onderste cockpitdeel naar de vleugel toeloopt subtiel te veranderen is een spiegeling gecreëerd met de montageplek voor de achterste draagvleugel (Figuur 103). Het doorvoeren van lijnvoering van de romp in de cockpit is ook toegepast in de boog die de loopvleugel naar beneden maakt. De hoek en de radius die de vleugel maakt komt overeen met de vorm van de montageplek van de voorste draagvleugel. Door vormgeving van de romp over te nemen is ervoor gezorgd dat de cockpit één geheel vormt met de rest van de V20.



Figuur 102 - Doorsnede AB



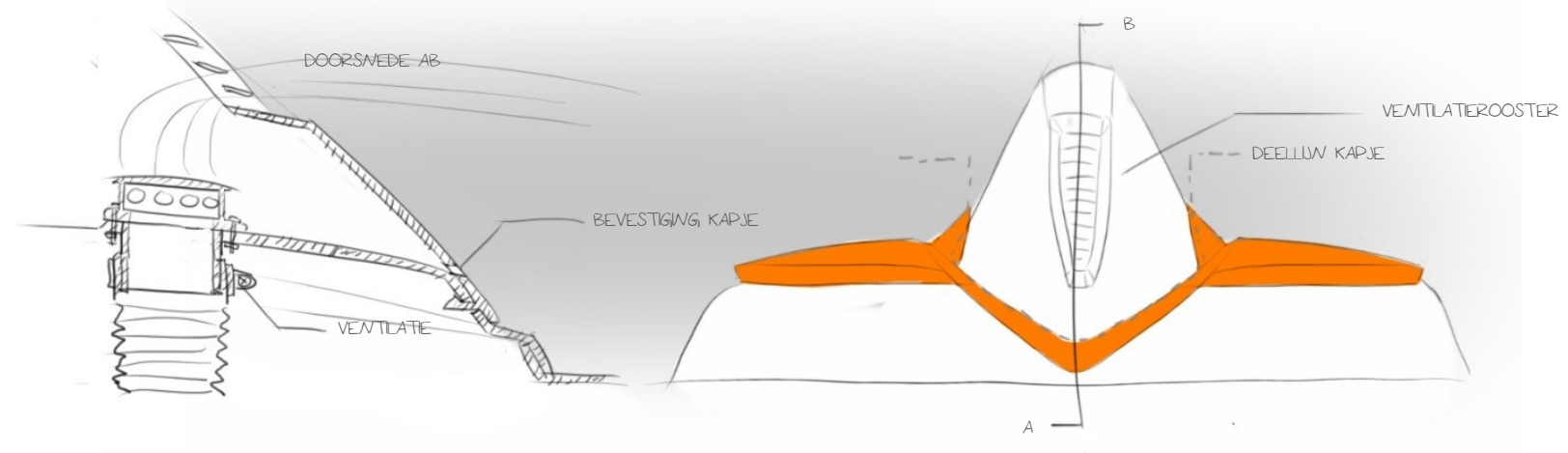
Figuur 103 – Zijaanzicht 1



Figuur 104 - Zijaanzicht 2

Achteraanzicht

De vormgeving van de achterkant van de cockpit wordt bepaald door de hoofdsteun waar de luchthappers en de loopvleugels omheen zijn gevormd. In een verdieping in de hoofdsteun is een uitlaat voor het ventilatiesysteem geplaatst. Deze loopt niet zoals op de ontwerptekening van boven naar onder maar bestaat in het CAD-model uit een smalle sleuf die boven in het vlak uitkomt.

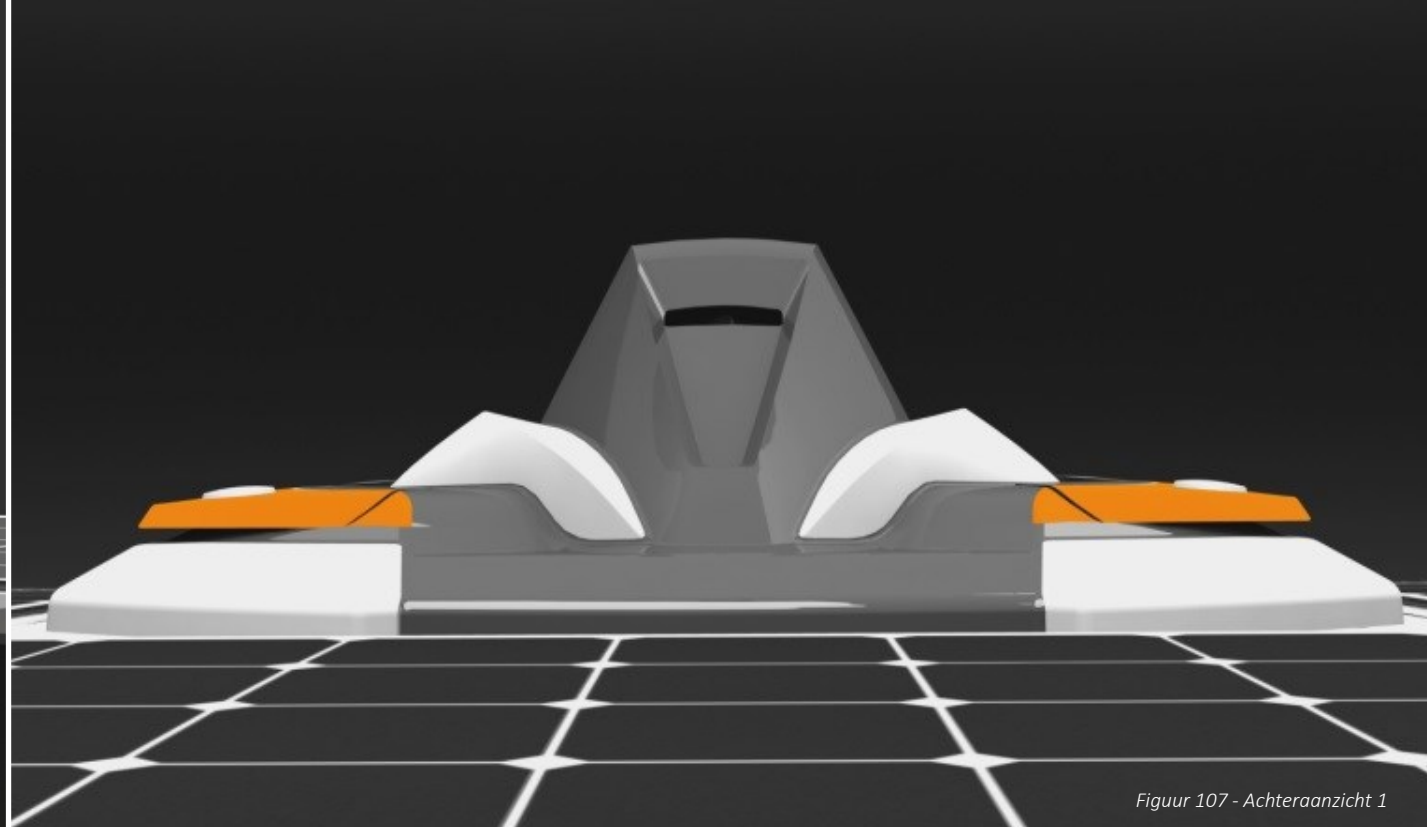


Figuur 105 - Ontwerpschets achteraanzicht

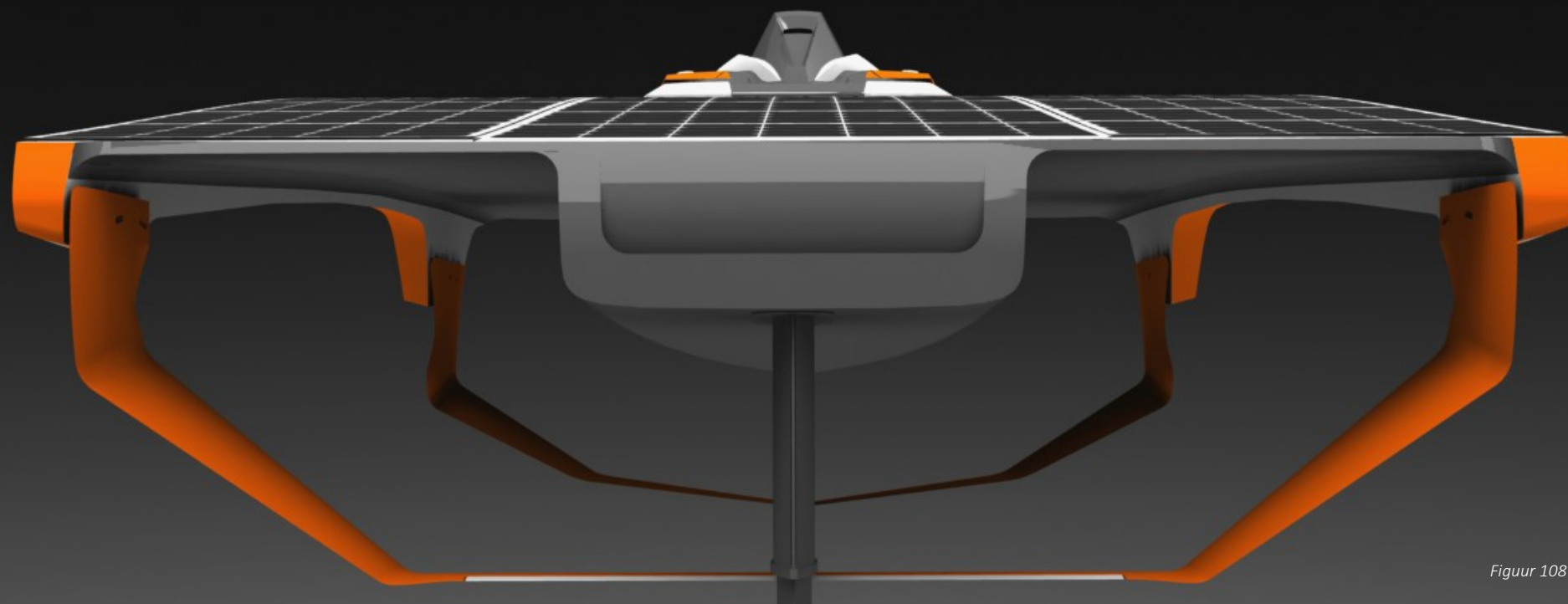
Het verticale rooster is geschrapt omdat deze niet functioneel is en te veel moeite zou kosten om te produceren. Ook de manier waarop de ventilatieslangen zijn aangesloten is veranderd. Dit komt omdat het losneembare kapje geschrapt is waardoor er geen vlak is om de ventilatietorentjes op te plaatsen (Figuur 105). In plaats daarvan zijn de slangen direct op de ventilatieopeningen aangesloten. Door deze slim te plaatsen kan worden voorkomen dat water in het ventilatiesysteem terecht komt Figuur 106.



Figuur 106 - Doorsnede AB



Figuur 107 - Achteraanzicht 1



Figuur 108 - Achteraanzicht 2

Bovenaanzicht

In het bovenaanzicht (Figuur 109) is te zien hoe de loopvleugels, hoofdsteun en cockpit zich tot elkaar verhouden. De omtrek van de cockpit loopt naar elkaar toe zodat de cockpit dynamischer en minder vierkant aandoet. Deze vorm is daarnaast nodig om de zonnepanelen in het midden van de cockpit een paar centimeter naar binnen te kunnen plaatsen. Dit is nodig om de loopvleugels in uitgeklapte stand een plek te geven om op te steunen

Verder naar binnen toe bevinden zich de loopvleugels. De vorm van deze onderdelen is voor het grootste gedeelte bepaald door functionele eisen. De plaats van het scharnierpunt is bijvoorbeeld zo bepaald dat de vleugel precies uitkomt op de rand van de romp wanneer deze 75° gedraaid wordt. Dit is cruciaal om de vleugels op een goede manier te laten functioneren. De rest van de vorm van de loopvleugel wordt bepaald door onder andere de schouderbreedte van de bestuurder, de grootte van de vlakken voor en achterop de vleugel waarop gestapt kan worden en de positie voor de handgreep. Omdat deze vorm in het bovenaanzicht niet erg past bij de rest van de V20 is gebruik gemaakt van bestickering om de vorm te maskeren en te zorgen dat de vleugel wel in te passen is. De vleugels kunnen tijdens het varen worden vergrendeld door twee pinnen door de vleugel aan de voorkant van de cockpit.

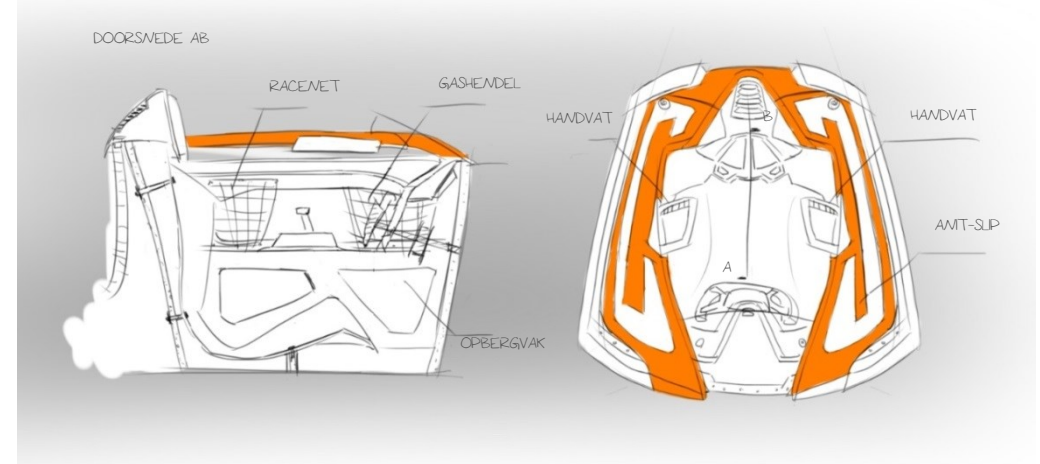
In de lengtedoorsnede van de cockpit is te zien hoe de binnenruimte van de cockpit eruitziet. Zo is te zien dat besloten is om de stuurstoel niet te integreren met het stoelschot. Dit is gedaan na overleg met de producent omdat het samenvoegen van deze delen een te complex onderdeel op zou leveren. De stuurstoel is in het huidige ontwerp een los deel dat op het stoelschot wordt gemonteerd doormiddel van een aantal schroefdraad-inserts die in het stoelschot zijn verwerkt. Dit systeem heeft als bijkomend voordeel dat solarteams eventueel een andere stoel in de V20 kunnen monteren of de stoel op een andere hoogte kunnen zetten.

Bij het ontwerp van de binnenruimte is geprobeerd zoveel mogelijk opbergruimte te creëren om de uitrusting van de solarracer een plek te geven. Zo is op de ontwerp-tekening te zien dat de ruimte tussen de cockpit en de romp kan worden benut door het ophangen van opbergnetten (Figuur 109). Deze netten zorgen ervoor dat de losse onderdelen niet gaan schuiven tijdens het varen en eenvoudig kunnen worden gepakt wanneer dat nodig is.

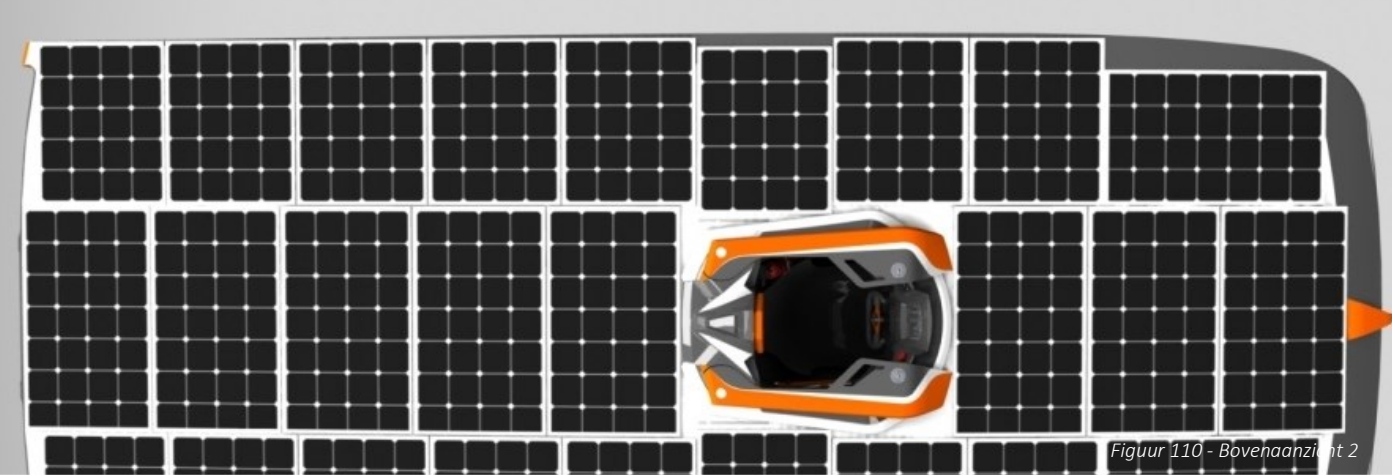
Binnen in de cockpit zijn aan de zijkant handvaten gecreëerd die kunnen worden gebruikt om het in en uitstappen gemakkelijker te maken. De teams kunnen zelf bepalen of ze deze nodig hebben. Mocht dit niet het geval zijn dan kan de cockpit eenvoudig worden aangepast door de cockpit zoals in Figuur 113 in te korten. Dit heeft als voordeel dat de opbergvakken eenvoudiger kunnen worden bereikt.

3D-aanzicht

Hoewel het ontwerp van de cockpit uitgelegd is aan de hand van de 2D-aanzichten zijn er om een goed beeld te krijgen van het ontwerp ook een aantal 3D-renderingen gemaakt. Deze afbeeldingen zijn te vinden in Bijlage G.



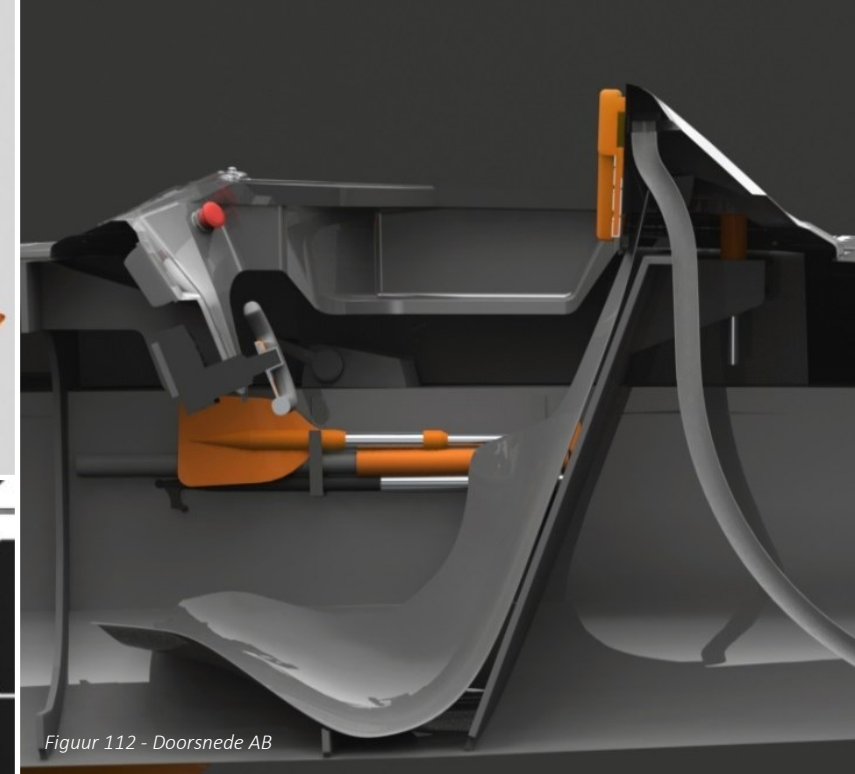
Figuur 109 - Ontwerpschets Bovenaanzicht



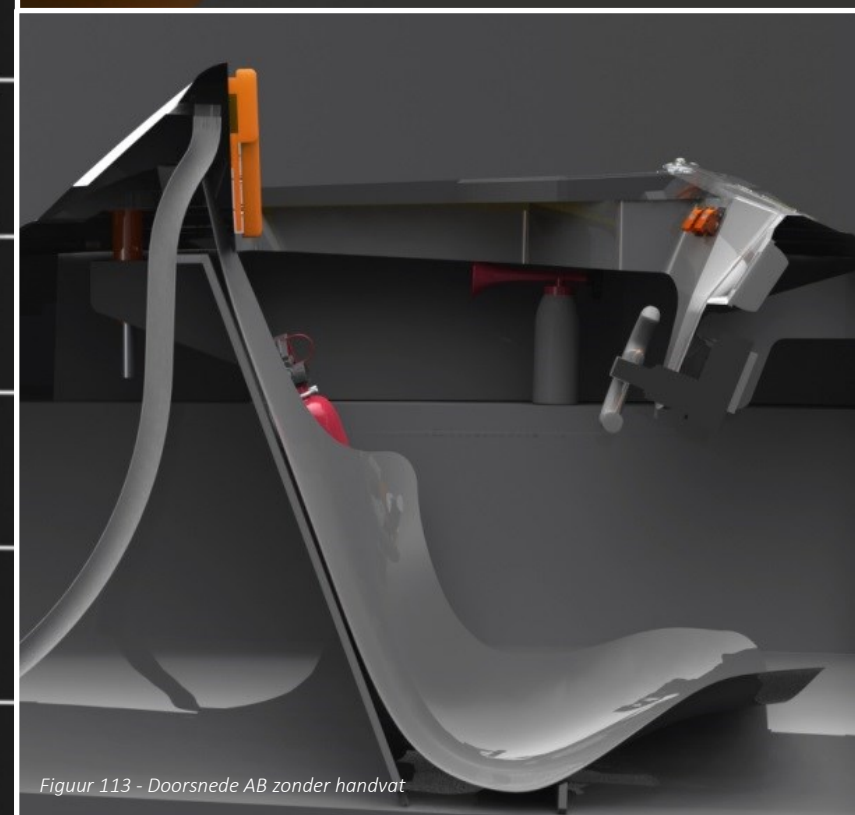
Figuur 110 - Bovenaanzicht 2



Figuur 111 - Bovenaanzicht 1



Figuur 112 - Doorsnede AB



Figuur 113 - Doorsnede AB zonder handvat

Werking loopvleugels

Een onderdeel dat niet in de ontwerptekeningen is uitgewerkt is de werking van de loopvleugels. Om dit wel te kunnen doen is eerst bepaald hoe het in- en uitklappen van de vleugels verloopt. Met deze informatie is vervolgens een mechanisme ontwikkeld dat deze stappen kan uitvoeren.

Uitklappen

Stap 1: Ontgrendelen

Tijdens het varen zullen de loopvleugels vergrendeld zijn m.b.v. de pinnen zoals beschreven in het bovenaanzicht. Tijdens het ontgrendelen (Figuur 122, Figuur 121) zullen de vleugels daarom naar boven moeten worden geschoven zodat ze van de pinnen glijden. De hoogte van deze pinnen is 50 mm. Het mechanisme zal daarom zo moeten worden ontworpen dat de loopvleugel tenminste 60 mm omhoog kan worden geschoven.

Stap 2: Draaien

Het draaien van de loopvleugels zorgt ervoor dat een loopbrug ontstaat vanaf de romp van de V20 naar de cockpit. De hoek die gedraaid moet worden om precies op de zijkant van de romp uit te komen is 75° . Tijdens het draaien (Figuur 120) moet daarnaast worden voorkomen dat de vleugel op de zonnepanelen kan vallen.

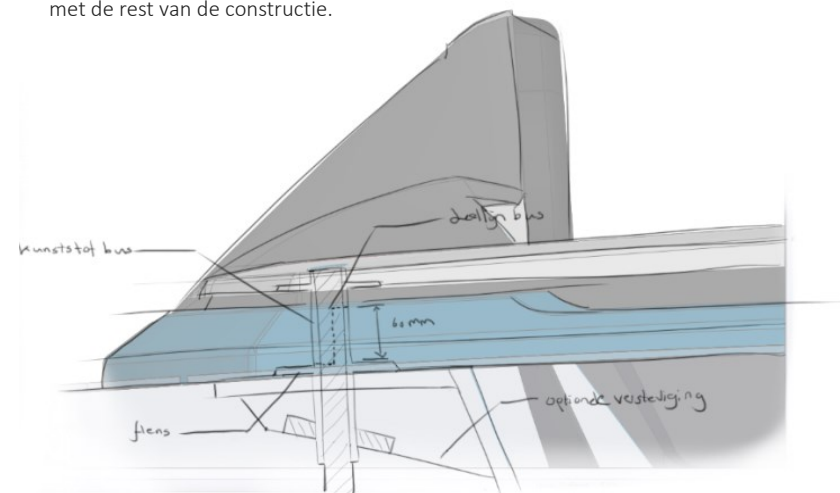
Stap 3: Vergrendelen

Het mechanisme van de loopvleugels moet ervoor zorgen dat de vleugels niet kunnen bewegen nadat ze opengeklapt zijn.

Inklappen

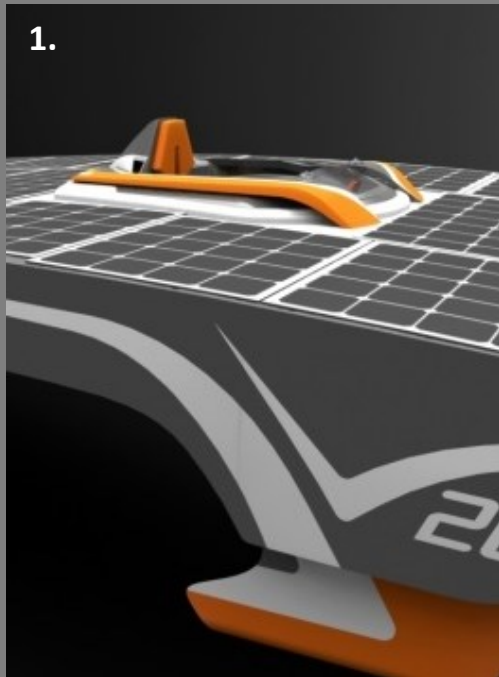
Het inklappen van de vleugel verloopt op dezelfde manier als het uitklappen maar dan in omgekeerde volgorde.

Het mechanisme dat op basis van de analyse van het in- en uitklappen is gemaakt bestaat uit vier onderdelen. Daarnaast is een bevestiging ontworpen die gemonteerd wordt op het stoelschot. De bevestiging wordt gemonteerd op het stoelschot omdat de dunne laag composiet van de cockpitrand niet sterk genoeg zal zijn om alle krachten die bij het in- en uitstappen vrijkomen te weerstaan. Het stoelschot is gekozen omdat het één van de sterkste onderdelen van de V20 is en dicht in de buurt zit van de positie waar het vleugelmechanisme moet komen. In Figuur 114 is uitgewerkt hoe de bevestiging er uit komt te zien en hoe het gemonteerd wordt in de cockpit. Deze tekening is vervolgens uitgewerkt tot een CAD-model (Figuur 123). De bevestiging is zo ontworpen dat het alle krachten die op de draagvleugel komen te staan kan verwerken. Voor de bevestiging wordt hetzelfde materiaal gebruikt als voor het stoelschot, namelijk een PVC schuim dat verstevigd is met een epoxyhars. De keuze van het materiaal is gemaakt omdat het sterk en licht is. Daarnaast is het schuim goed te verlijmen met de rest van de constructie.

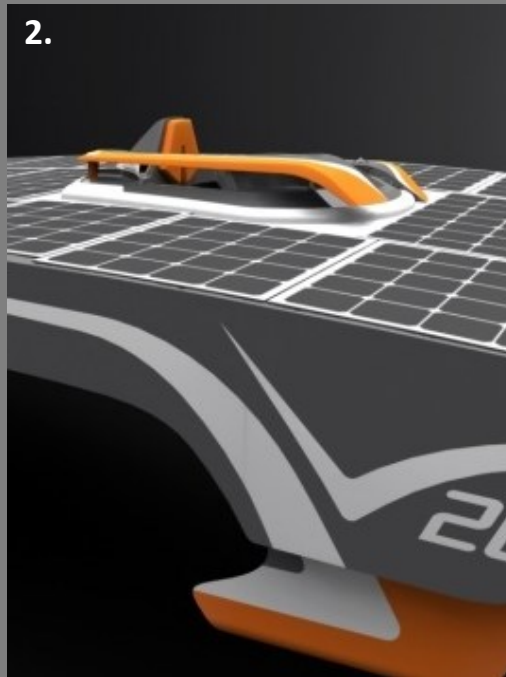


Figuur 114 - Ontwerpschets van het loopvleugelmechanisme

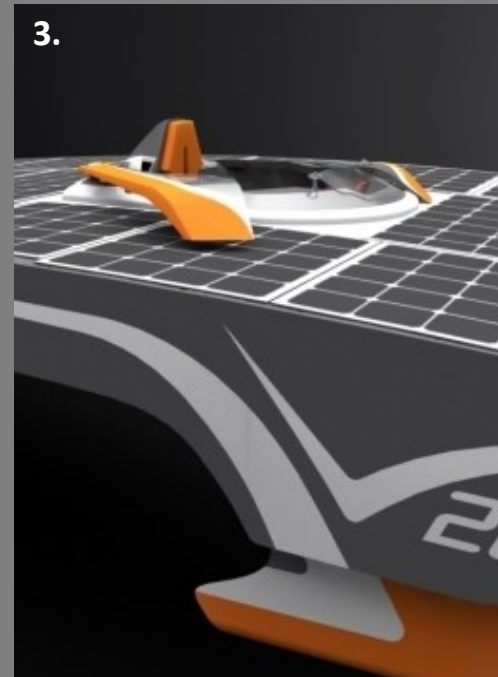
Figuur 122 - Stap 1: Ontgrendelen (1)



Figuur 121 - Stap 1: Ontgrendelen (2)



Figuur 120 - Stap 2: Draaien



Figuur 119 - Stap 3: Vergrendelen



Figuur 118 - Mechanisme stap 1
(1)



Figuur 117 - Mechanisme stap 1 (2)

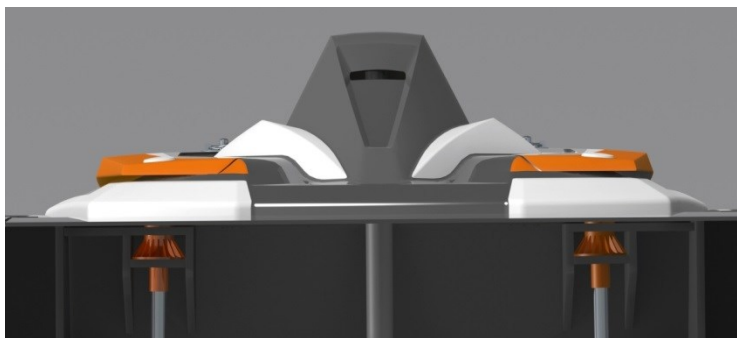


Figuur 116 - Mechanisme stap 2



Figuur 115 - Mechanisme stap 3





Figuur 123 - Bevestiging draaimechanisme

De vier andere onderdelen van het mechanisme zijn te verdelen in twee helften. De bovenste helft van het mechanisme zit gemonteerd aan de draagvleugel. Deze helft bestaat uit drie onderdelen.

Bovenste helft

Buis: Door de bovenste helft van het mechanisme zit een buis van 20 mm gemaakt van aluminium die ervoor zorgt dat de helften van het mechanisme over elkaar kunnen schuiven en draaien. Daarnaast geeft de buis stevigheid aan het geheel. Aan de onderkant van de buis kan een vergrendeling worden gemaakt die ervoor zorgt dat de vleugel niet uit de onderste helft van worden geschoven. Mocht een teams zonder vleugels willen varen of de vleugels eenvoudig van de cockpit kunnen halen, dan kan er voor gekozen worden om geen vergrendeling te gebruiken. De vleugels zijn dan te demonteren door ze volledig uit het mechanisme te schuiven.

Bovenste helft mechanisme: De bovenste helft van het mechanisme zorgt er in combinatie met de onderste helft voor dat het mechanisme automatisch een draai van 75° maakt wanneer deze in ontgrendelde toestand wordt losgelaten. Daarnaast zorgen de uitsparingen in de zijkant van het mechanisme ervoor dat de vleugel tijdens het draaien niet op de zonnepanelen kan vallen. Ook kan de

vleugel in uitgeklapte toestand alleen bewegen in opwaartse beweging waardoor het mechanisme vergrendeld is bij het instappen door de kracht die de bestuurder op de vleugel uitoefent.

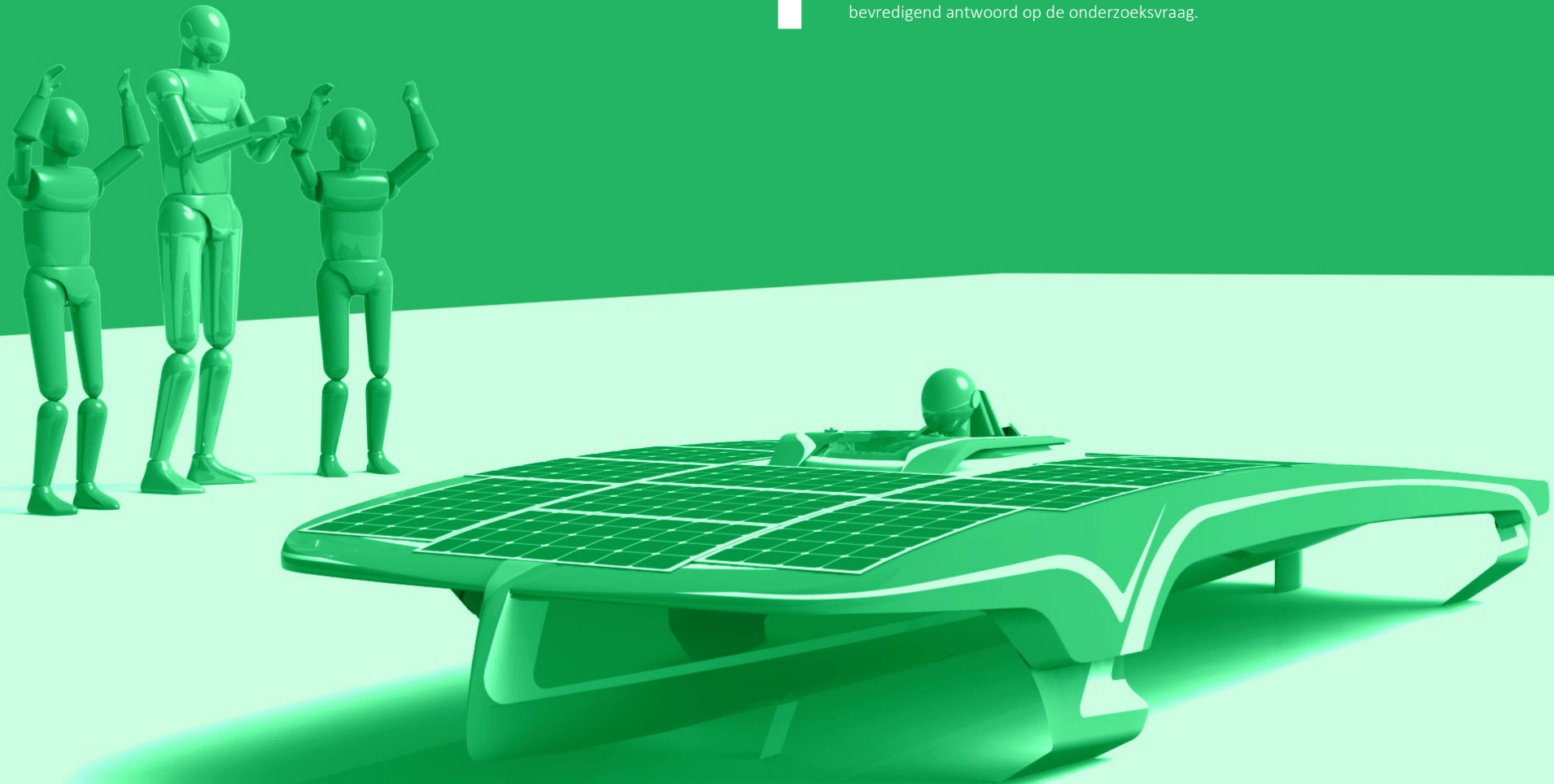
Dop: Bovenop het mechanisme zit een afsluitdop die voorkomt dat er water door de buis in de romp van de V20 kan lekken. Daarnaast zorgt de dop ervoor dat het mechanisme stevig verankerd zit in de draagvleugel.

Onderste helft

De onderste helft van het mechanisme heeft zorgt er samen met de bovenste helft voor dat het mechanisme functioneert zoals bedoeld. Daarnaast zorgt dit onderdeel ervoor dat de krachten op het mechanisme worden doorgegeven aan de stoelbevestiging. De ribben die aan de onderkant helpen het mechanisme om eventuele dwarskrachten die vrijkomen bij het instappen te weerstaan en door te geven aan het stoelschot. De bovenkant van de onderste helft van het mechanisme sluit aan op de cockpit zodat er geen water in de romp kan lekken wanneer de vleugels opengeklaapt zijn. Daarnaast zorgt het ervoor dat de sterkte van de cockpit wordt benut om krachten tijdens het instappen te weerstaan.

EVALUATIEFASE

De evaluatiefase bestaat uit drie hoofdstukken. In hoofdstuk 6 is het ontwerp van de cockpit naast de overgebleven eisen uit het programma van eisen gelegd om te bepalen of de cockpit hieraan voldoet. In hoofdstuk 7 zijn vervolgens aanbevelingen gedaan voor de eisen waaraan de cockpit niet voldoet of waarbij niet kan worden bepaald of het ontwerp voldoet. Hoofdstuk 8 bestaat uit een eindconclusie waarin bepaald wordt of de opdracht geleid heeft tot een bevredigend antwoord op de onderzoeksvraag.



6. Evaluatie

In de evaluatie is bepaald of het eindconcept voldoet aan het programma van eisen. Hiervoor zijn verschillende analyses gemaakt. Eerst is gekeken of de ergonomie van het ontwerp voldoet. Het tweede aspect dat is onderzocht is de sterkte van de cockpit. In de derde analyse van het ontwerp is gekeken of de onderdelen qua gewicht voldoen aan de gestelde eisen. Ten slotte is bepaald of de ontworpen onderdelen goed te produceren zijn.

6.1 Ergonomie

Hoewel in de analysefase al een analyse gemaakt is van het in- en uitstappen en de zitpositie van de bestuurder kan nog niet geconcludeerd worden dat de ergonomie van het ontwerp voldoet. Om dit wel te kunnen bepalen is gekeken of alle functies van de cockpit naar behoren kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast is een analyse gemaakt van het comfort van de zitpositie. Tenslotte is bepaald of het ontwerp van de cockpit veilig is.

6.1.1 Functionaliteit

Net als in eerdere analyses zijn de CAD-modellen van Big Man en Mini Man gebruikt om te bepalen of de handelingen, die verricht moeten worden om de functies van de V20 te bedienen, goed uitgevoerd kunnen worden. Deze handelingen zijn bepaald met behulp van een gebruiksscenario waarin alle functies van de V20 aan bod komen. De handelingen zijn zowel met Big Man als Mini Man gesimuleerd. Dit betekent dat als de handeling met beide modellen kan worden uitgevoerd dat 90% van de doelgroep dit ook kan. Naast het testen van het gebruik is extra aandacht besteed aan de functionaliteit van het draaimechanisme van de loopvleugels.

Scenario 2

Els controleert nog één keer of ze alles wat ze tijdens de race nodig kan hebben bij zich heeft. Naast een waterkaart en een flesje water heeft ze een klein opblaasbaar zwemvest bij zich en een noodtelefoon. De V20 is die ochtend al in

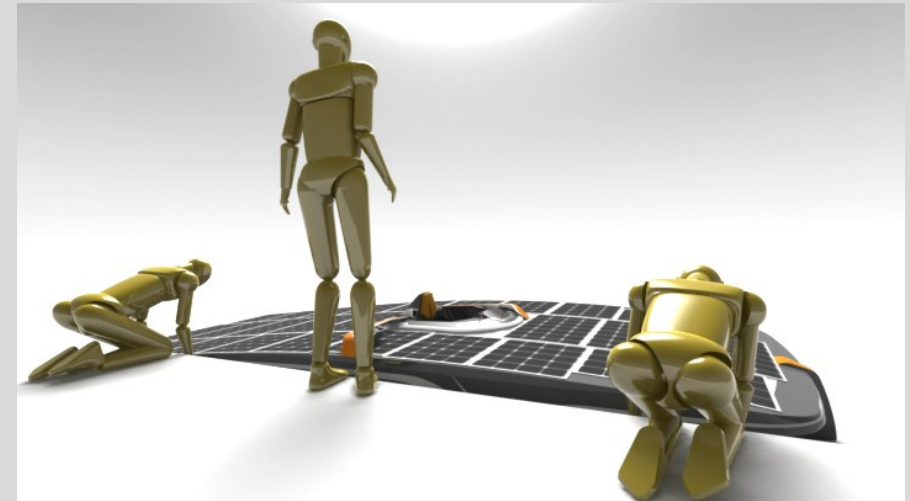
het water gehesen en ligt langs de kade op haar te wachten. Voordat de boot te water is gelaten is één loopvleugel uitgeklappt zodat ze aan boord kan komen. Twee van haar teamgenoten houden de boot vast zodat hij niet kan wegdrijven. (Figuur 124, Figuur 125) Voorzichtig zet ze haar rechterschoen op de vleugel waardoor de V20 lichtjes begint te deinen. (Figuur 127, Figuur 129) Gelukkig biedt de vleugel genoeg steun zodat ze niet uit balans raakt. Daarna stapt ze met haar linkschoen ook op de vleugel. (Figuur 126, Figuur 128) Even lijkt ze haar evenwicht te verliezen doordat de boot wegzakt in het water. Door snel haar linkerhand op de cockpitrand te zetten (Figuur 130, Figuur 131) kan ze gelukkig voorkomen dat ze op de zonnepanelen stapt. Dit zou een grote tegenslag zijn omdat ze dan de panelen kan beschadigen en zelfs door het dek heen kan zakken.

Nadat de boot gestopt is met deinen gaat Els voorzichtig op de loopvleugel zitten, vervolgens laat ze haar onderbenen in de cockpit zakken (Figuur 133, Figuur 135) Door zich met haar handen af te zetten op de vleugel glijdt ze langzaam de cockpit in totdat haar voeten steun vinden op het zitvlak van de stuurstoel (Figuur 132, Figuur 134). Daarna gaat ze zitten door haar benen naar voren in de romp te schuiven terwijl ze met haar handen eerst op de vleugels leunt. (Figuur 136, Figuur 137, Figuur 139, Figuur 140)

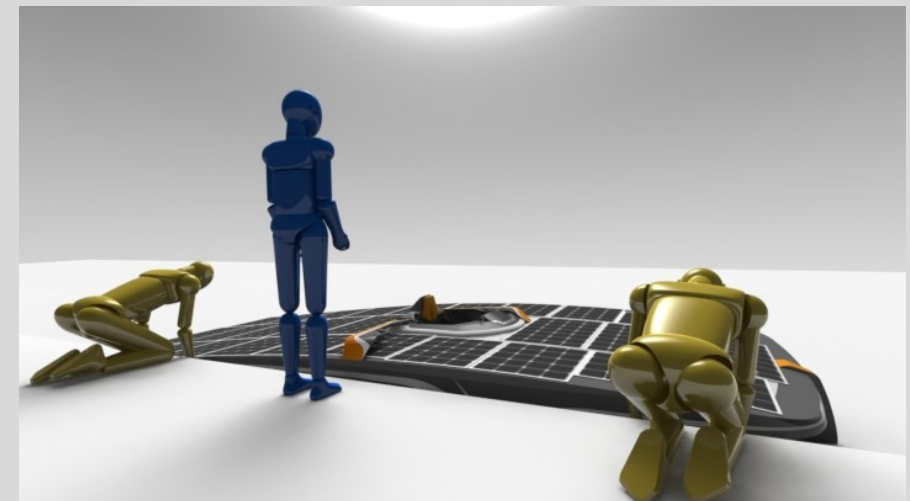
Na een tijdje heeft ze een comfortabele zitpositie gevonden en is ze klaar om weg te varen (Figuur 138, Figuur 143). Na wat snelle systeemchecks start ze het systeem door de aan- en uitknop naast het kleurenschermje in te drukken (Figuur 141, Figuur 142). Bijna direct gaat het schermje aan en begint de boot verbinding te maken met het team op de wal. Ook het ventilatiesysteem van de accu's komt zoemend tot leven en Els voelt hoe de ventilator lucht door de luchthoppers naar binnen zuigt. De loopvleugel klapt ze in door hem aan het handvat naar binnen te trekken (Figuur 144, Figuur 147, Figuur 146, Figuur 149), tot dat deze vanzelf over de vergrendeling naar beneden schuift. Om te voorkomen dat de vleugel naar boven schiet tijdens het varen zet ze de vleugels vast met een vergrendelingspin (Figuur 145, Figuur 148).

Wanneer ze van de teamcaptain bericht krijgt om te vertrekken brengt ze de boot in beweging door de gashendel naar voren te duwen (Figuur 152, Figuur 155). De boot vaart rustig naar de startlijn. Voor vandaag staat er een sprint op het programma van Sneek naar Franeker. Met wat geluk kunnen ze met hun V20 in de top drie blijven meedoen. Wanneer de V20 over de startlijn glijdt, verhoogt ze de snelheid van de boot tot deze uit het water komt. Eenmaal uit het water stelt ze de trimvlakken van de draagvleugels in met een schuif die haar team aan de linkerkant van de cockpit heeft geplaatst. Nu de V20 stabiel over het water vliegt kijkt Els op het kleurenschermje naar het gedetailleerde overzicht van haar energieverbruik. Dit overzicht vertelt haar precies hoeveel energie er in en uit de accu's stroomt. Ook kan ze haar locatie en snelheid tevoorschijn halen. Na een lang recht stuk op de Franekervaart moeten de solarracers afslaan naar links bij het Van Harinxmakanaal. Els draait het stuur van V20 tegen de klok in en de V20 draait het kanaal in (Figuur 150, Figuur 153). In Franeker aangekomen haalt ze de boot voor haar in en vaart door het centrum naar de finishlijn. Als ze tweede wordt zal het team een plek stijgen op de ranglijst. Daarom perst ze het laatste restje energie uit de accu's door de gashendel volledig naar voren te duwen. Na een laatste bocht op de Noordervaart schiet de V20 over de finish. Om af te remmen trekt Els de gashendel naar zich toe (Figuur 151, Figuur 154) waardoor de elektromotor achteruit begint te draaien.

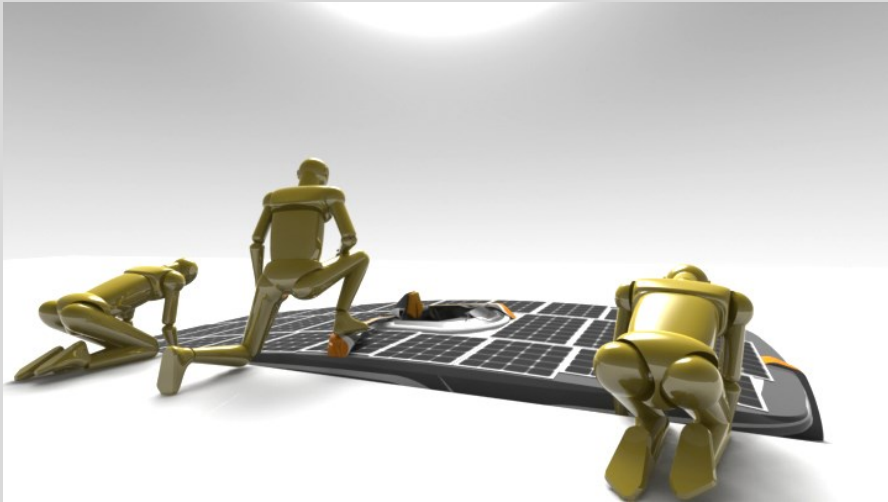
Op de kade staan haar teamgenoten haar al op te wachten. Voorzichtig vaart ze de V20 naar de kant. Eenmaal bij de kade pakken twee van haar teamgenoten de V20 vast zodat deze niet wegdrijft. Om uit te stappen haalt Els de ontgrendelingspinnen weg en stopt ze in haar jaszak. Daarna duwt ze de rechter loopvleugel omhoog en een klein stukje naar de zijkant, waarna de vleugel uit zichzelf naar buiten draait en terecht komt op de zijkant van de romp. Daarna klautert ze uit de cockpit en draait haar lichaam richting de kade. Door met haar handen op de cockpit te steunen kan ze zichzelf uit de cockpit trekken (Figuur 158, Figuur 161, Figuur 157, Figuur 160). Zodat ze op de vleugel komt te zitten (Figuur 156, Figuur 159). Door haar voeten een kwartslag te draaien kan ze nu eenvoudig richting de kade klimmen (afb 20, 21). Waar haar teamgenoten op haar staan te wachten....



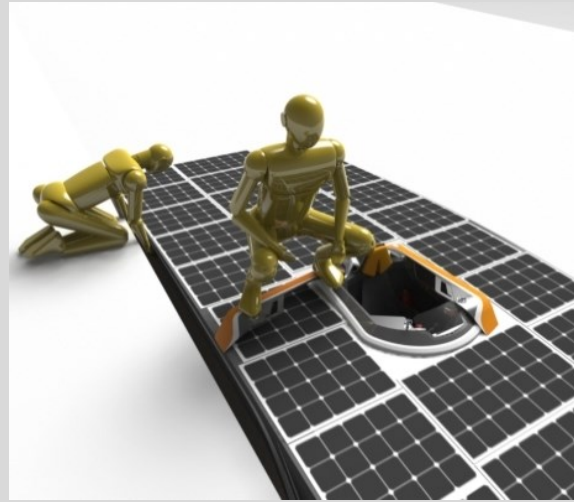
Figuur 124 - Scenario 2 Big Man (1)



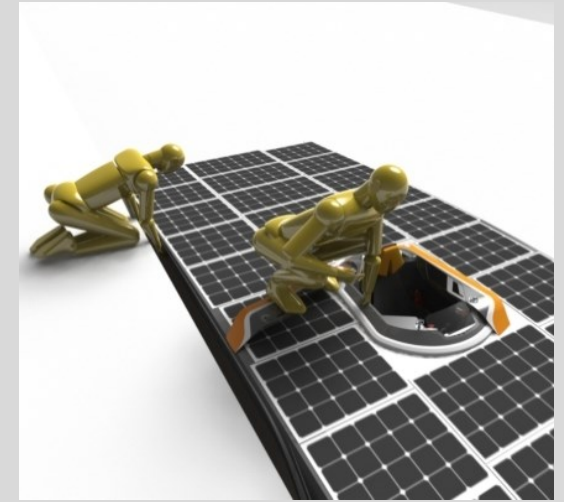
Figuur 125 - Scenario 2 Mini Man (1)



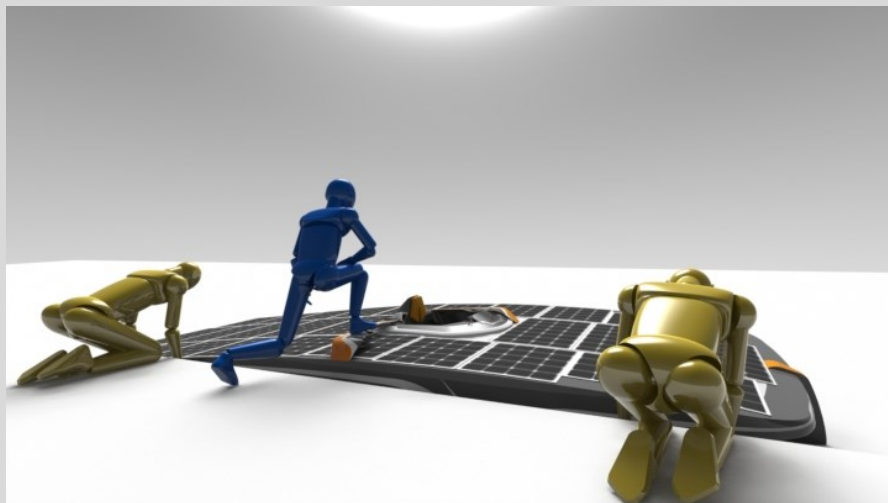
Figuur 127 - Scenario 2 Big Man (2)



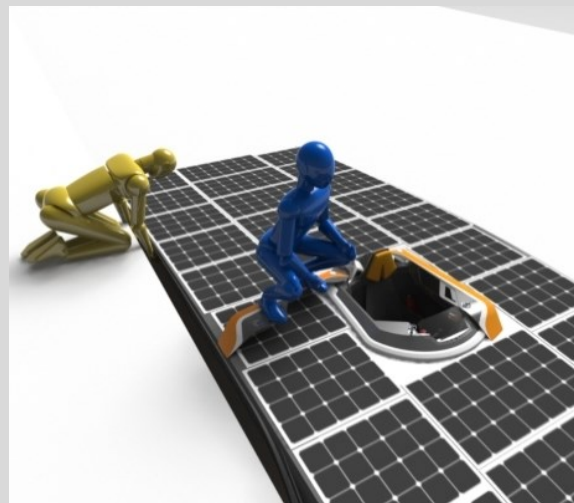
Figuur 126 - Scenario 2 Big Man (3)



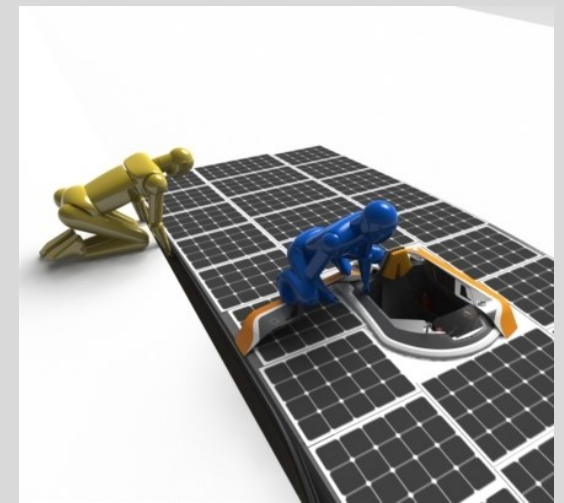
Figuur 130 - Scenario 2 Big Man (4)



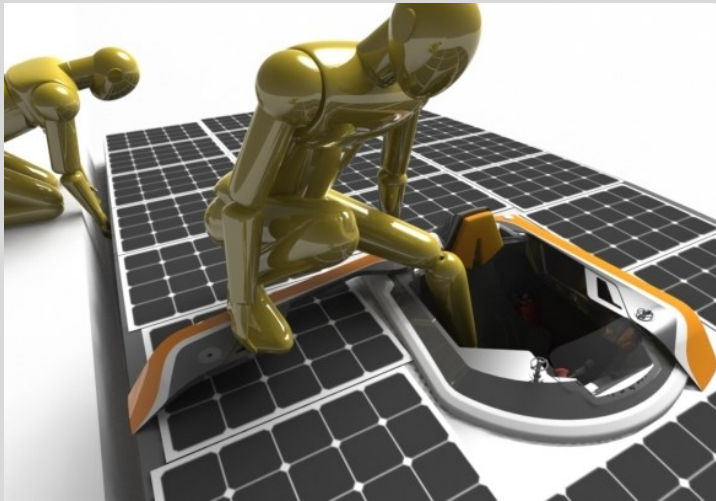
Figuur 129 - Scenario 2 Mini Man (2)



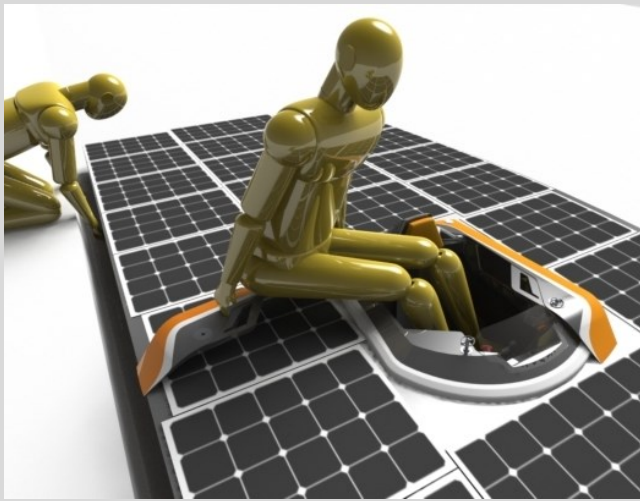
Figuur 128 - Scenario 2 Mini Man (3)



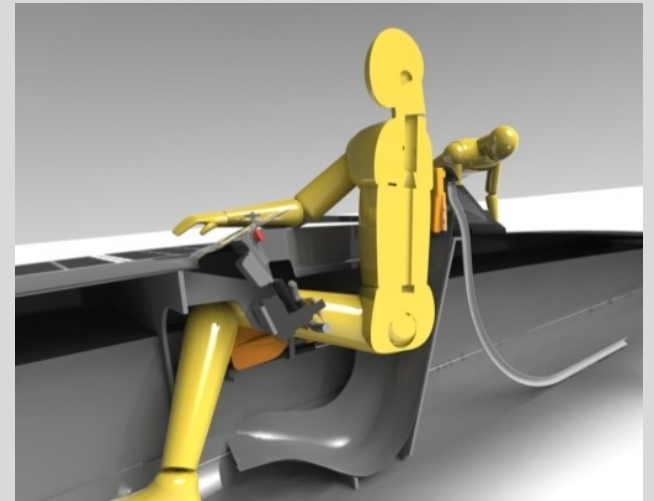
Figuur 131 - Scenario 2 Mini Man (4)



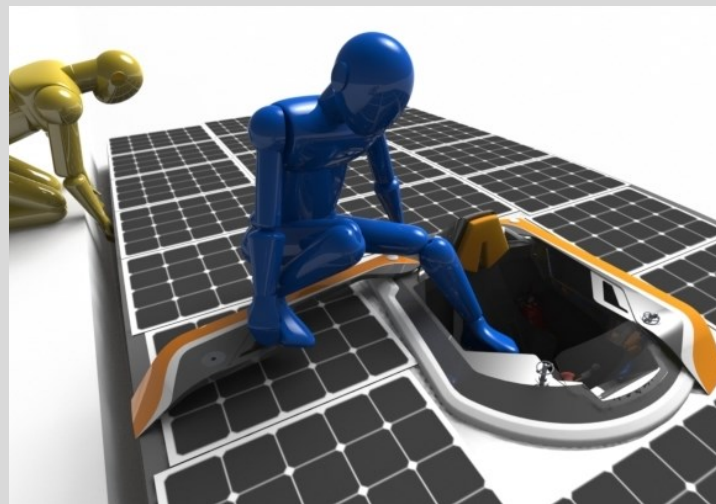
Figuur 133 - Scenario 2 Big Man (5)



Figuur 132 - Scenario 2 Big Man (6)



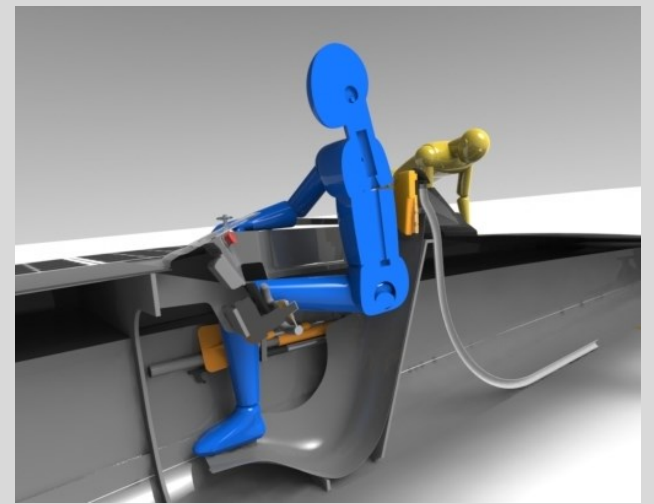
Figuur 136 - Scenario 2 Big Man (7)



Figuur 135 - Scenario 2 Mini Man (5)

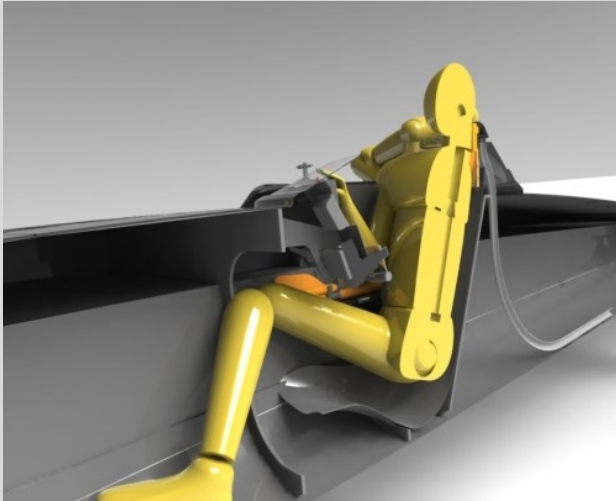


Figuur 134 - Scenario 2 Mini Man (6)

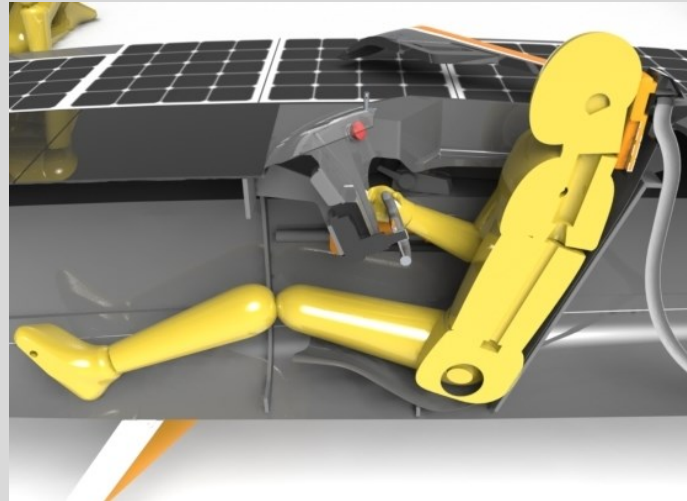


Figuur 137 - Scenario 2 Mini Man (7)





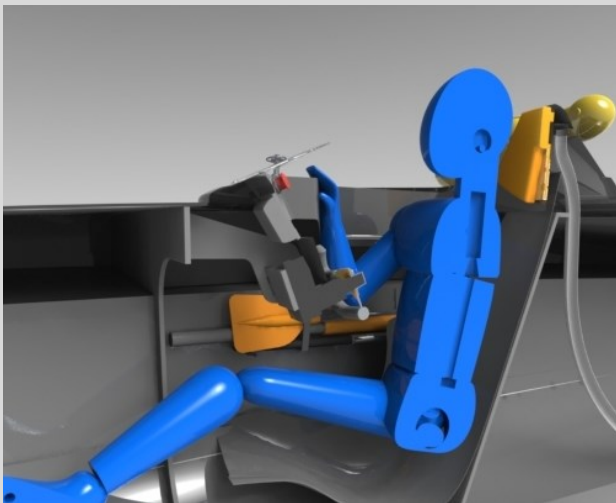
Figuur 139 - Scenario 2 Big Man (8)



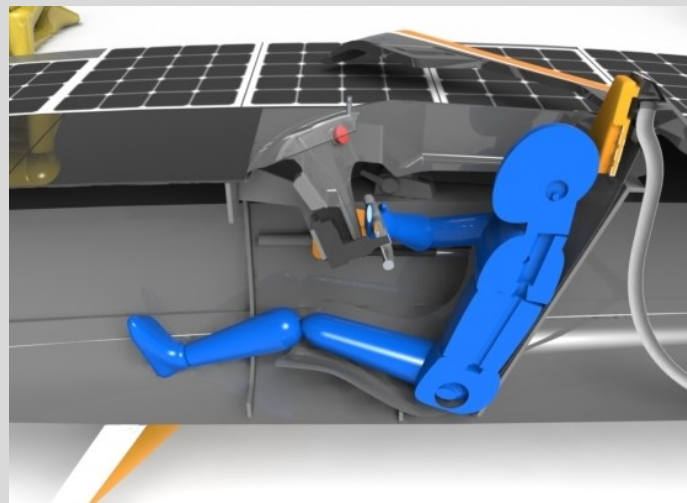
Figuur 138 - Scenario 2 Big Man (9)



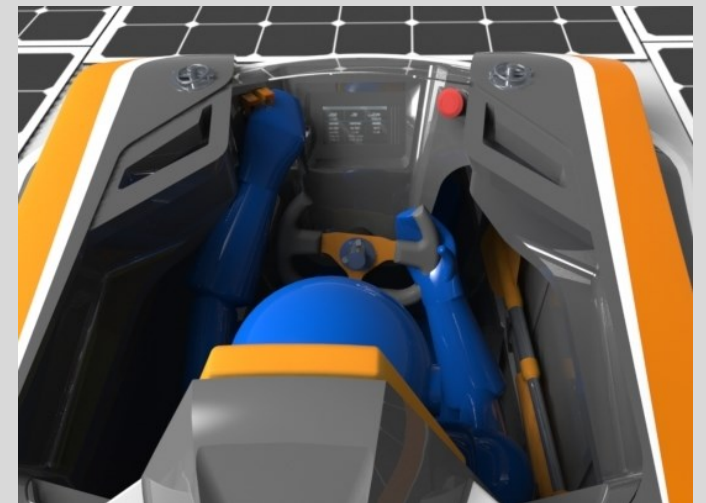
Figuur 141 - Scenario 2 Big Man (10)



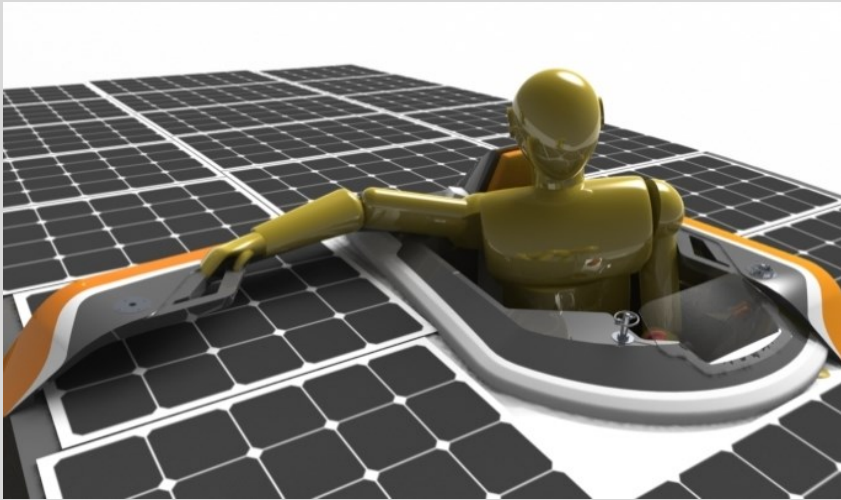
Figuur 140 - Scenario 2 Mini Man (8)



Figuur 143 - Scenario 2 Mini Man (9)



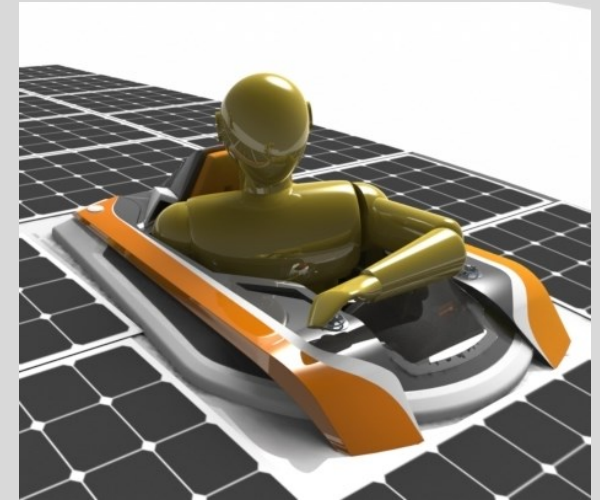
Figuur 142 - Scenario 2 Mini Man (10)



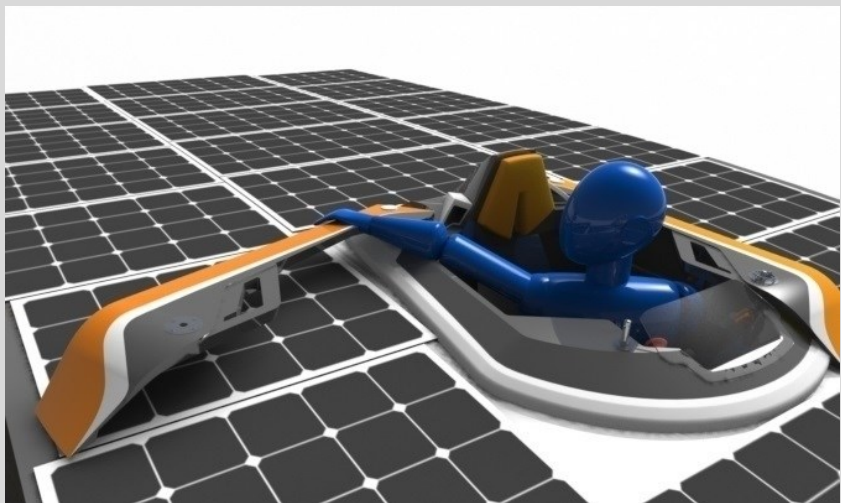
Figuur 144 - Scenario 2 Big Man (11)



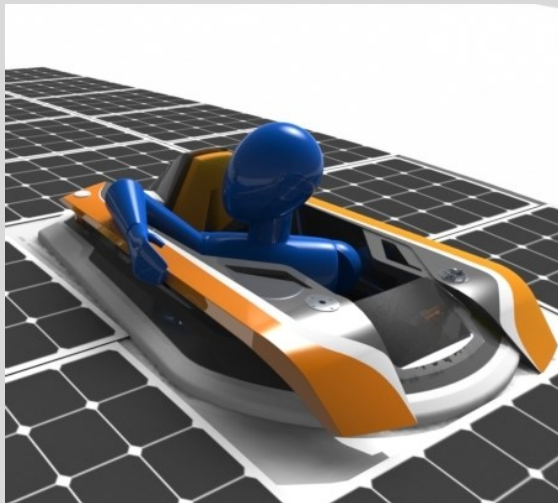
Figuur 146 - Scenario 2 Big Man (12)



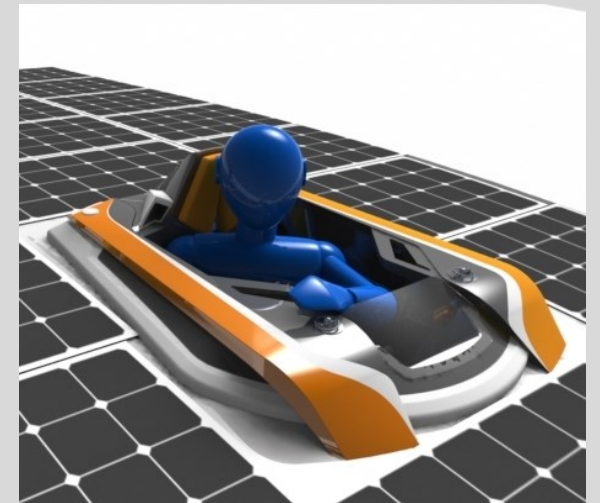
Figuur 145 - Scenario 2 Big Man (13)



Figuur 147 - Scenario 2 Mini Man (11)

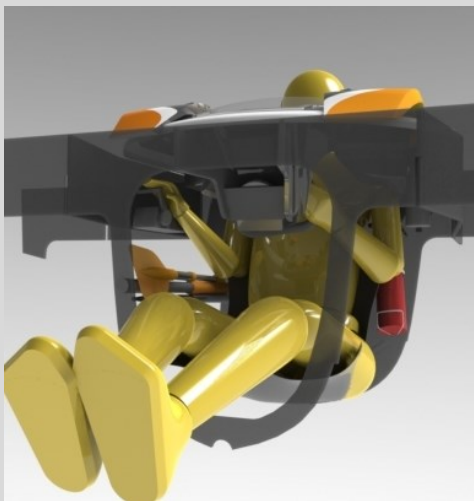


Figuur 149 - Scenario 2 Mini Man (12)

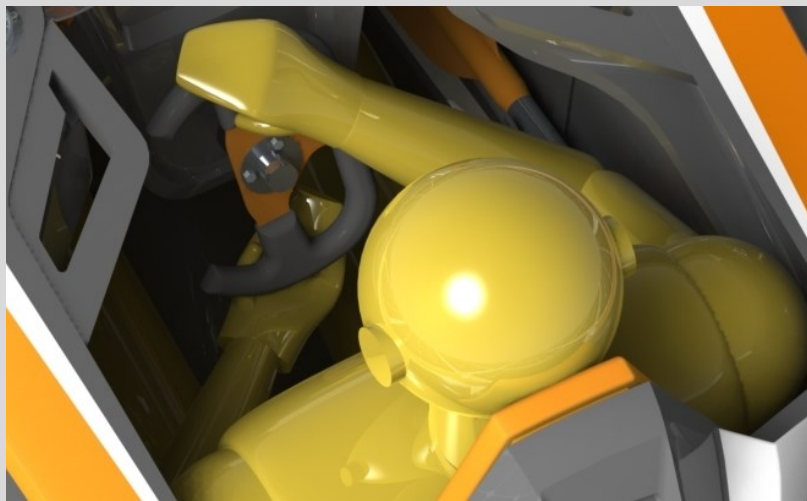


Figuur 148 - Scenario 2 Mini Man (13)

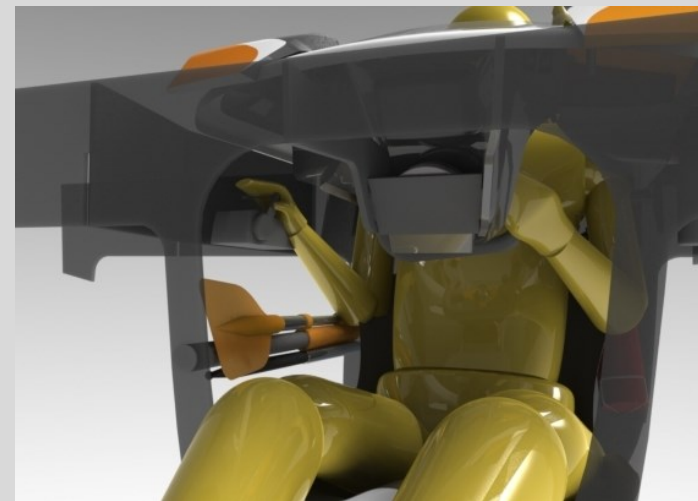




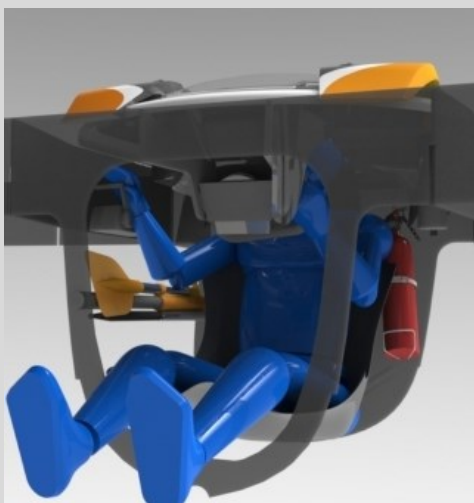
Figuur 152 - Scenario 2 Big Man (14)



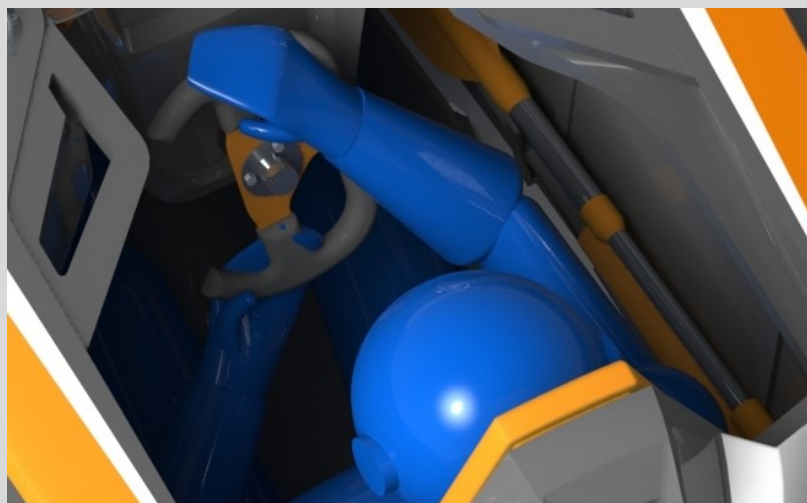
Figuur 150 - Scenario 2 Big Man (15)



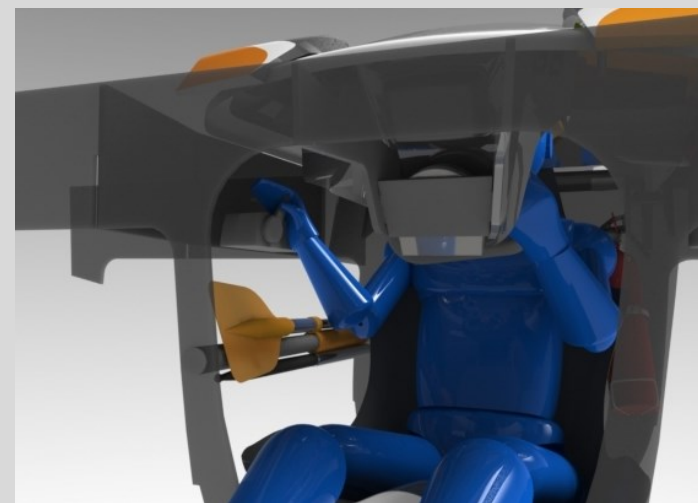
Figuur 151- Scenario 2 Big Man (16)



Figuur 155 - Scenario 2 Mini Man (14)



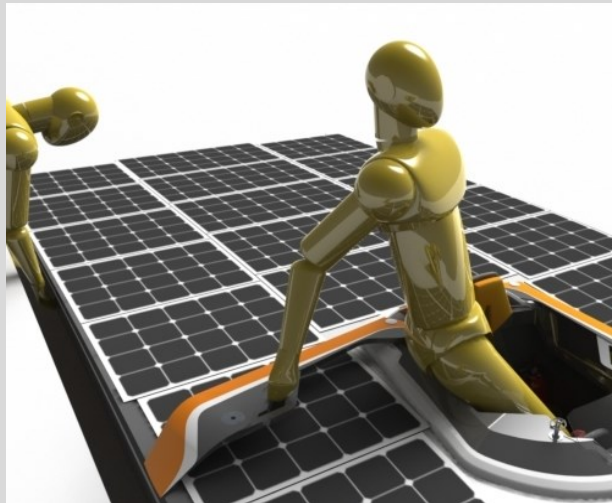
Figuur 153 - Scenario 2 Mini Man (15)



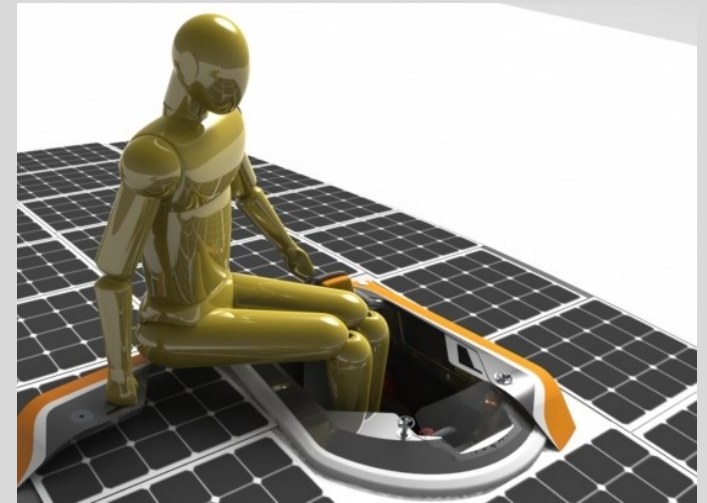
Figuur 154 - Scenario 2 Mini Man (16)



Figuur 158 - Scenario 2 Big Man (17)



Figuur 157 - Scenario 2 Big Man (18)



Figuur 156 - Scenario 2 Big Man (19)



Figuur 161 - Scenario 2 Mini Man (17)

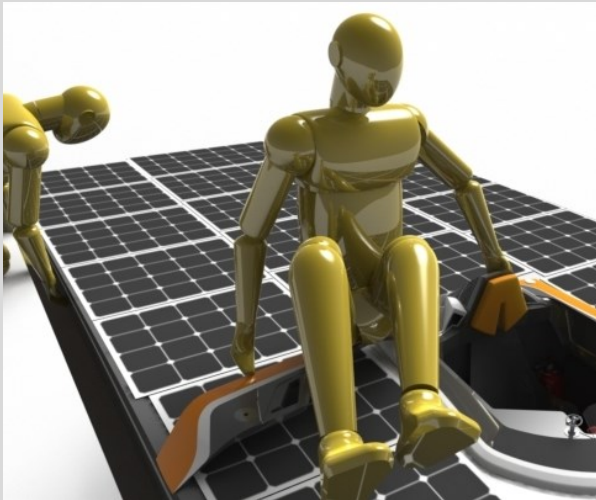


Figuur 160 - Scenario 2 Mini Man (18)

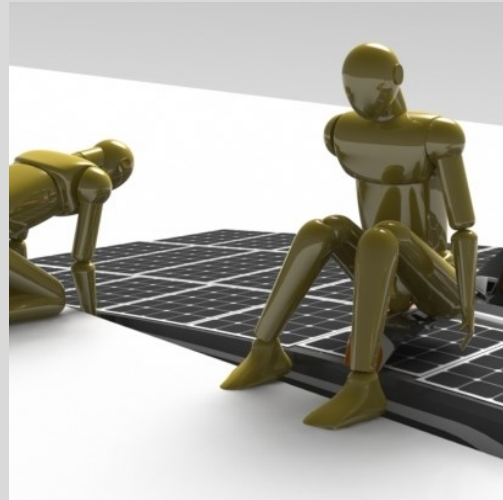


Figuur 159 - Scenario 2 Mini Man (19)

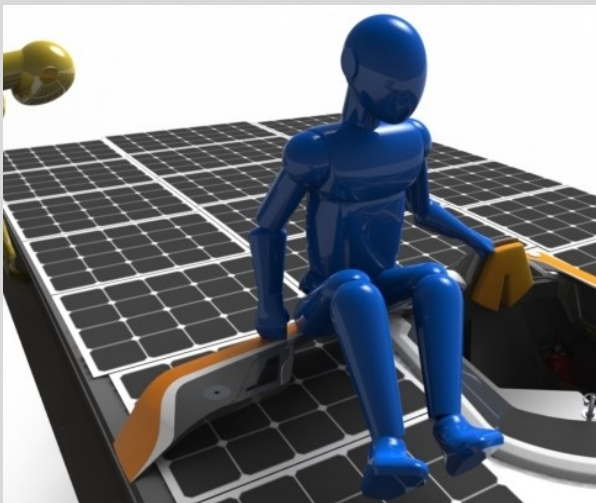




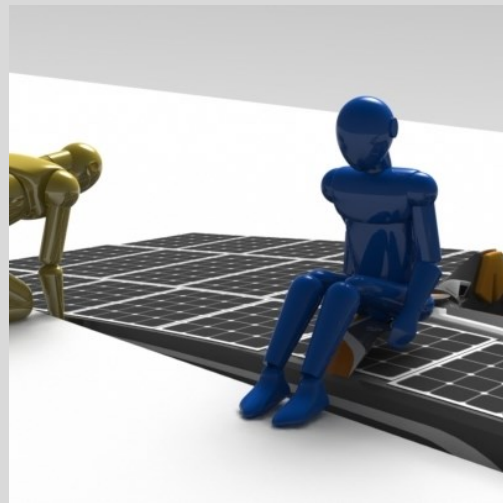
Figuur 163 - Scenario 2 Big Man (20)



Figuur 162 - Scenario 2 Big Man (21)



Figuur 166 - Scenario 2 Mini Man (20)



Figuur 165 - Scenario 2 Mini Man (21)

Zoals te zien is in afbeelding 122 tot en met 163 zijn alle handelingen die horen bij scenario 2 uitvoerbaar. Daarmee is aangetoond dat de handelingen die nodig zijn voor het bedienen van de functies van de cockpit uitvoerbaar zijn. Het functioneren van de onderdelen zelf is echter niet getest. Dit komt omdat bijna alle gebruikte componenten zoals de knoppen en het schermje bestaande onderdelen zijn waarvan al bewezen is dat ze functioneren. Het enige onderdeel waarvoor dit niet kan worden gezegd is het draaimechanisme van de loopvleugels.

Om de werking van dit onderdeel toch te kunnen controleren zijn meerdere prototypes gemaakt. Deze verschillen van eenvoudige modellen om het concept van het mechanisme te demonstreren tot 3D-geprinte onderdelen waarmee de volledige werking van het onderdeel kan worden getest.

Prototype 1:

Het eerste prototype (Figuur 164) is gemaakt tijdens het ontwerp van het mechanisme om als proof of concept. Het bestaat uit een pvc buis waarover twee pvc koppelstukken schuiven. Dit mechanisme kan niet automatisch draaien en ook de draaihoek tussen vergrendelen en ontgrendelen is te groot. Het demonstreert echter wel goed dat een dergelijk mechanisme stevig genoeg gemaakt kan worden en de stappen kan uitvoeren zoals bepaald in 5.7.



Figuur 164 - Prototype 1

Prototype 2:

Het tweede prototype (Figuur 169) is gemaakt door de onderdelen van het mechanisme te laten 3D-printen in PLA-plastic. Dit mechanisme geeft goed weer hoe de onderdelen die in 5.7 zijn ontworpen er uit komen te zien. Doordat er in het ontwerp geen rekening is gehouden met passingen en onnauwkeurigheden van de 3D printer kunnen de bovenste helft en onderste helft van het mechanisme niet goed in elkaar schuiven.

Prototype 3:

Bij het derde prototype (Figuur 167, Figuur 168, Figuur 170) is het mechanisme nog een keer uitgeprint. Dit keer in ABS omdat het en gladder is dan PLA. Bij het ontwerp is de onderste helft van het mechanisme ruimer gemaakt zodat de twee helften van het mechanisme in elkaar kunnen schuiven. Daarnaast is de geometrie aangepast zodat de onderdelen beter geprint kunnen worden. Dit is gedaan door het toevoegen van afrondingen en het weglaten van kleine details die geen invloed hebben op de werking van het mechanisme. Met het derde prototype is aangetoond dat een dergelijk mechanisme goed functioneert. De bevindingen van dit prototype zijn verwerkt in het productiemodel dat Vripack kan gebruiken om de onderdelen te laten produceren.

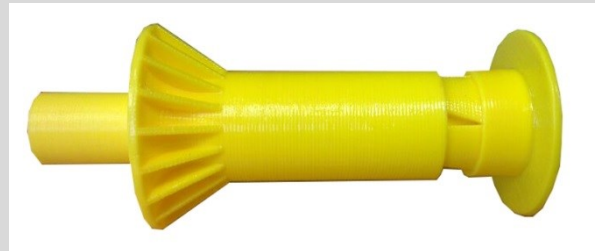
Uit de analyse van het gebruik van de cockpit en het functioneren van de onderdelen kan worden geconcludeerd dat de functionaliteit van de cockpit voldoet aan de gestelde eisen.



Figuur 169 - Prototype 2



Figuur 167 - Prototype 3 (1)



Figuur 168 - Prototype (2)



Figuur 170 - Prototype 3 (3)

6.1.2 Comfort

Om te bepalen of de V20 genoeg comfort biedt aan de bestuurder is in hoofdstuk 1 al een analyse gemaakt waarin bepaald is of de zitpositie van de bestuurder en de daar bijbehorende lichaamshouding comfortabel is. Om de V20 daadwerkelijk comfortabel te kunnen noemen zal echter ook moeten worden bepaald of de bestuurder in deze houding goed wordt ondersteund. Hiervoor zijn twee methodes bedacht. De methodes zijn besproken met het Vripack en uiteindelijk is gekozen welke van de twee wordt uitgewerkt.

1. Bij de eerste methode wordt gebruik gemaakt van de geometrie van een bestaande stuurstoel. Door deze aan te passen aan de V20 kan een mal worden gemaakt waarmee de stuurstoelen kunnen worden geproduceerd. Om te bepalen of de geometrie van de gebruikte stoel voldoet aan de zitpositie van de bestuurder moet de stoel echter nauwkeurig worden ingemeten. Als de stoel niet past bij de zitpositie van de bestuurder moet deze worden aangepast.

2. De tweede methode bestaat uit het zelf ontwerpen van een stuurstoel. Om te bepalen of de stoel genoeg ondersteuning biedt moet een prototype worden gemaakt. Het uiteindelijke ontwerp zal met behulp van de bevindingen van het prototype worden verbeterd. Van het verbeterde ontwerp wordt vervolgens een mal gemaakt.

Om te bepalen welke methode het beste is zijn alle voor- en nadelen van de methodes bepaald (Tabel 15).

In overleg met Vripack en de producent van de V20 is besloten om voor methode 1 te kiezen. De doorslaggevende factoren waren dat het maken van een eigen stoel te veel tijd zou kosten en daarnaast veel duurder is dan het gebruiken van een bestaande stoel.

1. Voordelen	1. Nadelen	2. Voordelen	2. Nadelen
Mal is snel te produceren	geen ontwerp vrijheid	grote ontwerp vrijheid	Mal kost meer tijd om te maken
Mal is goedkoop te produceren	bestaande stoel moet aangepast worden		Mal is duurder om te maken
	bestaande stoel moet nauwkeurig worden ingemeten		Prototype kost geld om te maken
	bestaande stoel moet worden aangeschaft		Prototype kost tijd om te maken

Tabel 15 - Voordelen en nadelen van methode 1 en 2

Bij de uitwerking van methode 1 is gekeken of de nadelen van kunnen worden omzeild. Het gebrek aan ontwerpvrijheid is niet meegenomen in deze uitwerking omdat het overgrote deel van de stoel niet zichtbaar is vanaf de buitenkant van de V20. Het gebrek aan ontwerpvrijheid is daardoor geen groot probleem.

De stoel die als basis is gebruikt voor de stuurstoel is een kuipstoel van fiberglas die normaal gesproken gebruikt wordt in de autocross. De stoel is gekozen omdat de geometrie ervan het beste overeenkomt met de geometrie van de stuurstoel in het eindontwerp. Het comfort van de stoel is getest door de kuipstoel in een bureaustoel te plaatsen en er meerdere uren achtereen in te zitten in een houding die overeenkomt met die van de V20. De conclusie van deze zit-test was dat de stoel zelfs zonder kussens comfortabel genoeg is om meerdere uren achtereen in te zitten zonder ergens last van te krijgen. Dit betekent dat de stoel genoeg comfort biedt om als stuurstoel in de V20 te gebruiken.

Aanpassingen

In overleg met de producent is gekeken hoe de bestaande stuurstoel kan worden aangepast mocht deze niet voldoen aan de zitpositie voor de bestuurder. Naast het inkorten van de stoel of het wegzagen van delen die niet passen in de romp kan de stoel worden aangepast door hem doormidden te zagen en de ontstane ruimte op te vullen met fiberglas. Met deze methode kunnen ook delen van de stoel worden verlengd of onder een andere hoek worden gezet.

Inmeten

Omdat de stoel een complexe vorm heeft met veel dubbel gekromde vlakken kan deze niet nauwkeurig worden ingemeten met normale meetapparatuur. Daarom is besloten de stoel door een gespecialiseerd bedrijf (Brandsma Digitaal Meten) te laten 3D-laserscannen. Hierdoor is oppervlak van de stoel tot op 0.3 mm nauwkeurig in te meten (Figuur 171). Het meten gebeurt door met een laser de vorm van de stoel af te tasten. Dit resulteert in miljoenen gemeten punten die kunnen worden omgezet in een CAD-model.

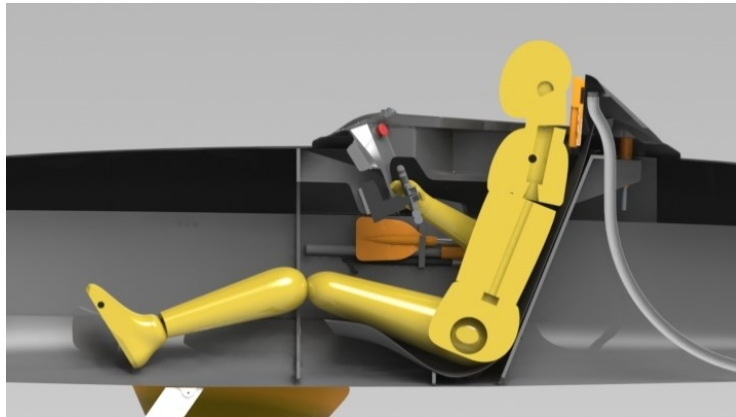


Figuur 171 - v.l.n.r. De gekochte bestuurderstoel; de 3D-laserscanner dat gebruikt is voor het inmeten; het resulterende CAD-model

Dit CAD-model is vervolgens virtueel in de romp van de V20 geplaatst (Figuur 172). Hieruit blijkt dat de gekozen stoel erg goed past bij de bepaalde zitpositie. Er is dan ook voor gekozen om de stoel niet aan te passen. De minimale afwijkingen van de zitpositie zijn namelijk eenvoudig op te lossen door het plaatsen van een kussen op het zitvlak. De afmetingen van de kussens verschillen per bestuurder. Het gebruik en het bepalen van de grootte van de kussens wordt daarom aan de solarteams overgelaten. Nadat de stuurstoel is ingemeten is de precieze positie van het stoelschot aangepast zodat de stuurstoel zodanig is geplaatst dat er genoeg ruimte is om de stuurstoel te monteren. Deze positie is doorgegeven aan Vripack en de producent van de V20.

Aanschaf

Doordat de bestaande stoel van fiberglas is gemaakt is de stoel relatief goedkoop. De aanschafprijs is daarom geen probleem. Daarnaast kan de mal voor de stuurstoel voor alle V20 boten worden gebruikt waardoor de aanschafkosten van de stoel over de boten kan worden verdeeld.



Figuur 172 - Het CAD-model van de stuurstoel in de romp van de V20

6.1.3 Veiligheid

Het bepalen van de veiligheid van het ontwerp is gedaan door een veiligheidsanalyse te maken. Deze is uitgevoerd aan de hand van een scenario waarin een noodsituatie wordt beschreven. Alle handelingen die hierin voorkomen zijn nagebootst met behulp van de bestuurder-modellen.

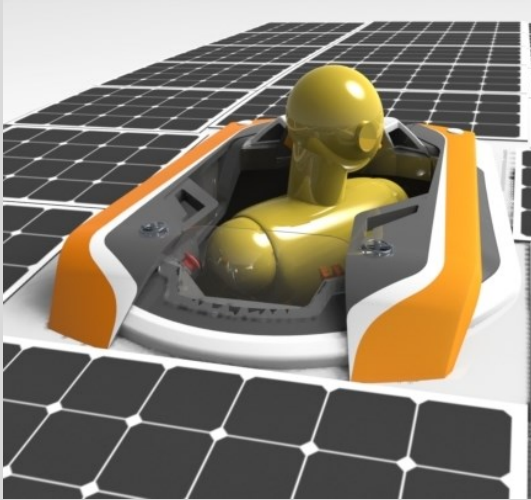
Scenario 3

Na het succesvolle week kan het team van het Graafschapcollege hun inzet verzilveren met een eerste plaats in de V20-klasse. Dit zal moeten gebeuren in de allerlaatste race van Harlingen naar Leeuwarden. Het team heeft momenteel een achterstand van 5 minuten op de koploper: het team van de Marine. Na een goede start heeft de V20 van Els al 2 minuten goed gemaakt op de Marine. Het was die ochtend nog spannend geweest of ze de boot op tijd klaar konden krijgen. Kortsluiting in de bedrading van het ventilatiesysteem zorgde ervoor dat ze tot het begin van de race moesten doorwerken om alles weer in orde te krijgen. Gelukkig was het gelukt en konden ze alles op tijd vervangen.

De weersvoorspellingen voor die dag waren goed, het zou echter gedurende de race wel harder gaan waaien. Els merkt dan ook dat de golven op het van Harinxmakanaal hoger worden. Om de V20 goed over de golven te laten vliegen moet ze steeds haar trim steeds aanpassen. Geconcentreerd kijkt ze naar de golven voor haar. Hopelijk trekt de wind niet verder aan. Door haar concentratie merkt ze echter niet dat het zoemende geluid van het ventilatiesysteem al een aantal minuten gestopt is. Pas als ze de Ballensvaart is gepasseerd ruikt ze plotseling een doordringende brandgeur die vanuit de romp van de V20 lijkt te komen. Ze draait snel haar hoofd (Figuur 175, Figuur 177) om te zien waar de geur vandaan komt. Op dat moment zakt de romp van de V20 langzaam terug in het water. Wanneer Els zich weer naar voren draait om te kijken wat er aan de hand is ziet ze dat het kleurenscherf niet meer aanstaat. Binnen een fractie realiseert ze zich wat er aan de hand is: kortsluiting! Snel drukt ze op de rode nood-knop op het dashboard (Figuur 174, Figuur 176). Gespannen wacht ze af wat er gaat gebeuren. Ze kijkt nog een keer naar achter en ziet een dun kringeltje rook onder één van de zonnepanelen vandaan komen. Het lijkt haar

beter om alvast uit de cockpit te klimmen zodat ze snel in het water kan springen mocht de V20 in brand vliegen. Zonder de loopvleugels te openen tilt ze haar armen uit de cockpit (Figuur 173, Figuur 178) en zet zich met haar ellebogen af op de loopvleugels (Figuur 184, Figuur 181) zodat ze zichzelf uit de cockpit tilt. Door haar lichaam te draaien kan ze op de draagvleugels gaan zitten (Figuur 183, Figuur 180). Omdat de brand zich in de romp van de V20 bevindt zal het lastig worden om te blussen omdat Els er niet bij kan met een brandblusser. Dan bedenkt ze zich dat de ventilatieslangen rechtstreeks naar het accucompartiment lopen. Misschien kan ze de brand uitkrijgen door de brandblusser leeg te spuiten in de luchthappers. Veel keuze heeft ze niet. Els pakt de brandblusser uit de houder (Figuur 182, Figuur 179), trekt de vergrendelpin eruit en richt de spuitmond in de opening van de luchthappers. Wanneer ze de brandblusser indrukt ontstaat er een grote wolk van bluspoeder. Gelukkig verdwijnt het grootste gedeelte van het poeder door de slangen naar binnen. Na tien seconden is de blusser echter leeg. Gespannen wacht Els af of de brand geblust is. Na een minuut waarin ze geen rook meer langs de zonnepanelen naar boven ziet komen kan ze opgelucht ademen. Hoewel de elektronica van de boot waarschijnlijk onherstelbaar beschadigd is drijft de boot nog. Het is echter de vraag hoe lang dit het geval blijft. De vlammen zouden zich zonder veel moeite een weg door de dunne romp hebben kunnen vreten. Hopelijk heeft ze de brand geblust voordat dit is gebeurd. Ze moet er in ieder geval voor zorgen dat ze zo snel mogelijk de kant bereikt met haar boot. Daar kunnen de toeschouwers haar misschien helpen de boot uit het water te tillen. Om te laten weten dat ze in nood is pakt ze de luchthoorn (Figuur 186, Figuur 188) en drukt daar drie keer kort op. Daarna stuurt ze snel een sms naar haar team met de noodtelefoon die ze heeft meegenomen voor het geval dat het communicatiesysteem van de V20 niet meer werkt. Om naar de kant te kunnen komen zal ze de boot op eigen kracht de goede kant op moeten varen. Daarvoor pakt ze de peddel die bij haar voeten in de cockpit hangt. Door hem helemaal uit te schuiven kan ze zittend op de rand net met het blad in het water komen (Figuur 185, Figuur 187). Na een paar slagen begint de V20 langzaam richting de kant te draaien. De wind helpt haar gelukkig een handje en de boot drijft rustig richting de kant. Daar staan al een paar omstanders klaar om haar te helpen. Om

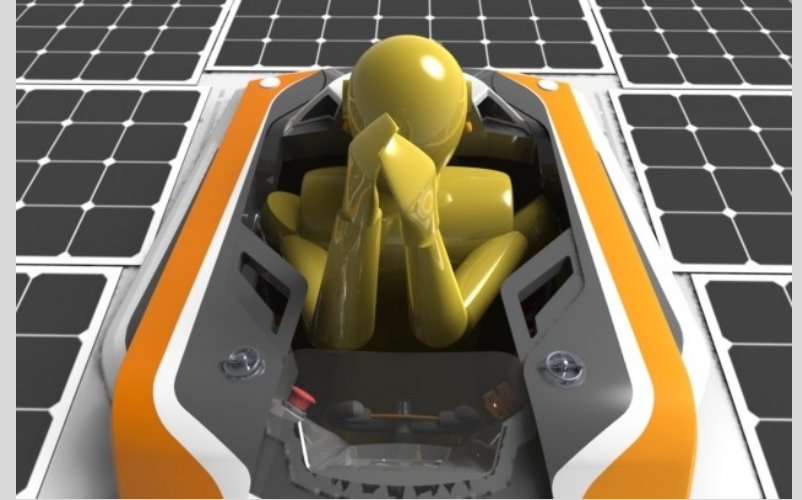
de romp niet te beschadigen zal ze er voor moeten zorgen dat de romp niet te hard tegen de wal aan komt. 'Kunnen jullie hem afhouden' schreeuwt ze tegen de mensen die op de wal staan. Na een halve minuut bereikt haar boot eindelijk de kant. De drie jongens die op de kant zitten op hun knieën op de wal en lukt het om de boot tegen te houden en vast te pakken. Snel draait Els naar de andere kant van de cockpit. En zet zichzelf af op de cockpitvleugel (Figuur 189, Figuur 190). Het heeft geen nut meer om voorzichtig te zijn met de zonnepanelen, dus in plaats van de cockpitvleugel uit te klappen gaat ze op het dek zitten. Onder een zacht gekraak schuift ze van de V20 op de wal (Figuur 191, Figuur 192). Ze heeft het gered. Helaas is de wedstrijd voor het voor het team afgelopen. Hopelijk valt de schade mee....



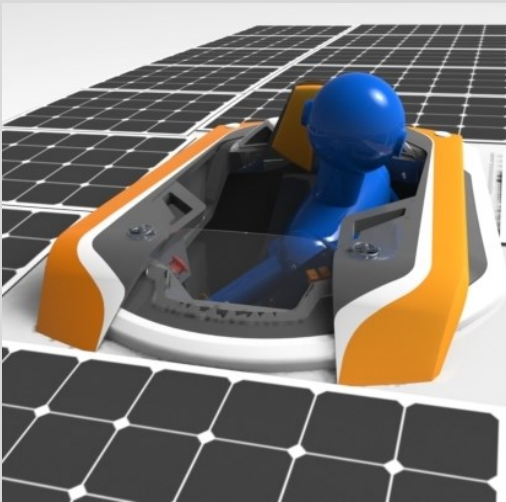
Figuur 175 - Scenario 3 Big Man (1)



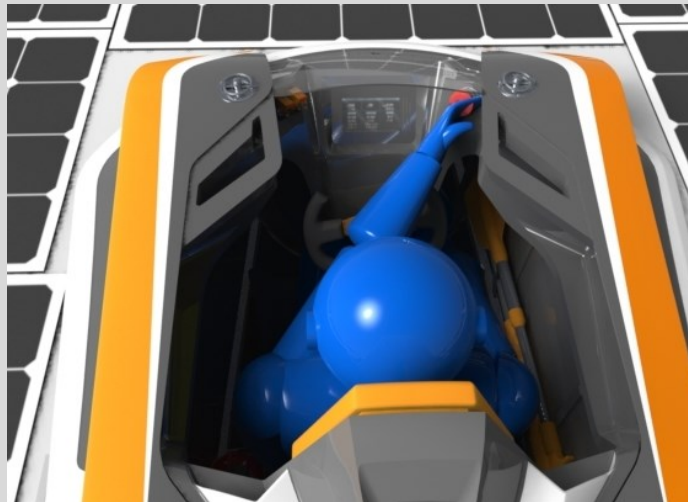
Figuur 174 - Scenario 3 Big Man (2)



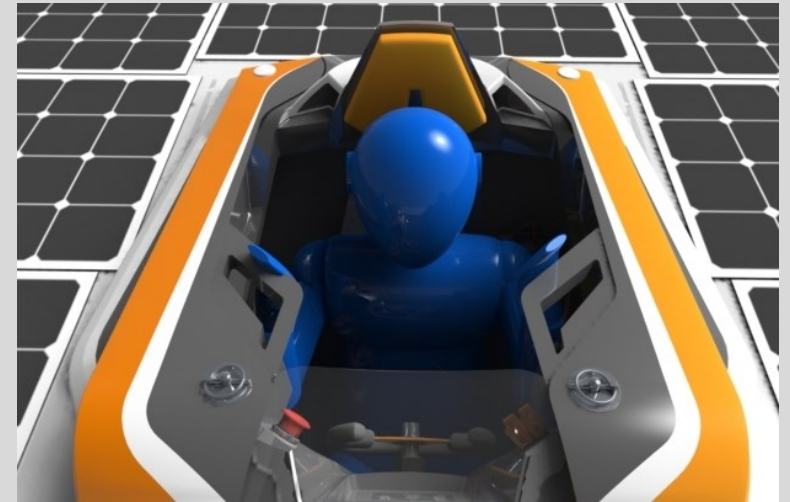
Figuur 173 - Scenario 3 Big Man (3)



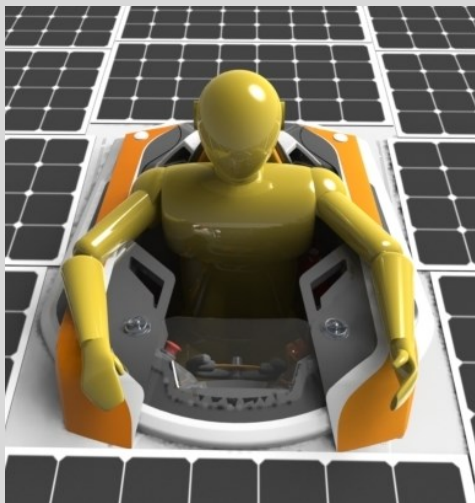
Figuur 177 - Scenario 3 Mini Man (1)



Figuur 176 Scenario 3 Mini Man (2)



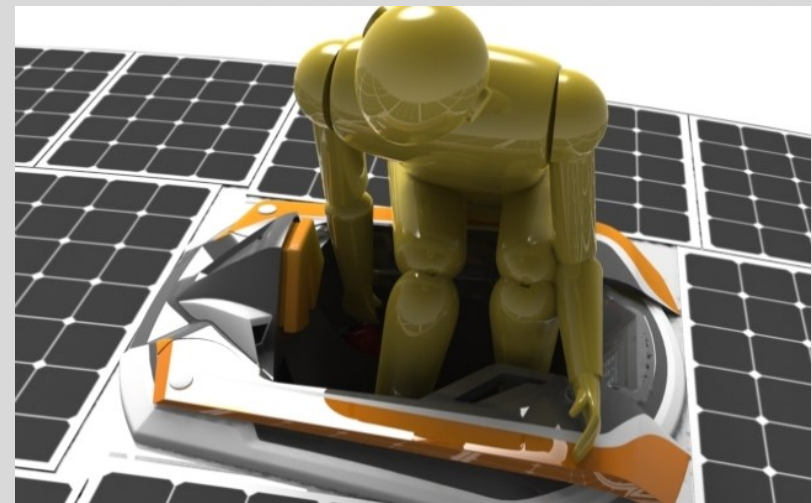
Figuur 178 - Scenario 3 Big Man (3)



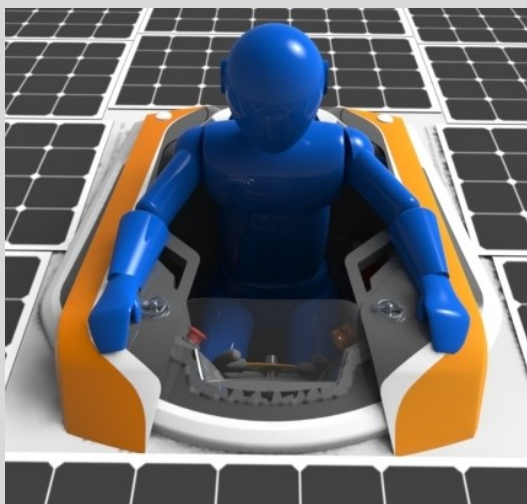
Figuur 184 - Scenario 3 Big Man (4)



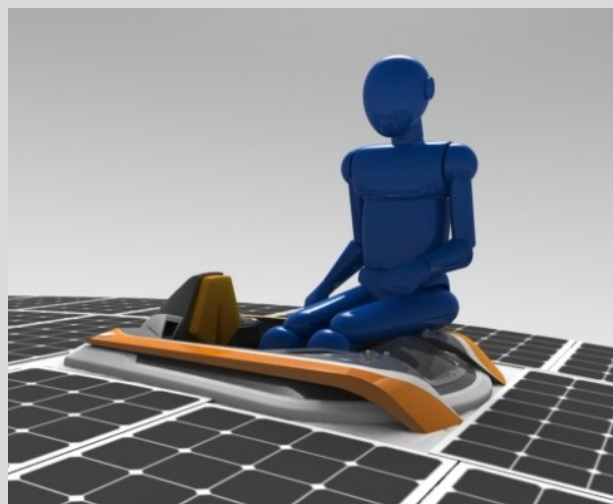
Figuur 183 - Scenario 3 Big Man (5)



Figuur 182 - Scenario 3 Big Man (6)



Figuur 181 - Scenario 3 Mini Man (4)

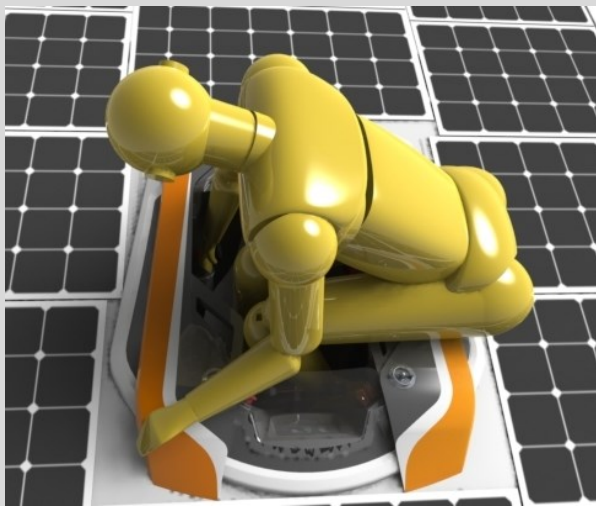


Figuur 180 - Scenario 3 Mini Man (5)

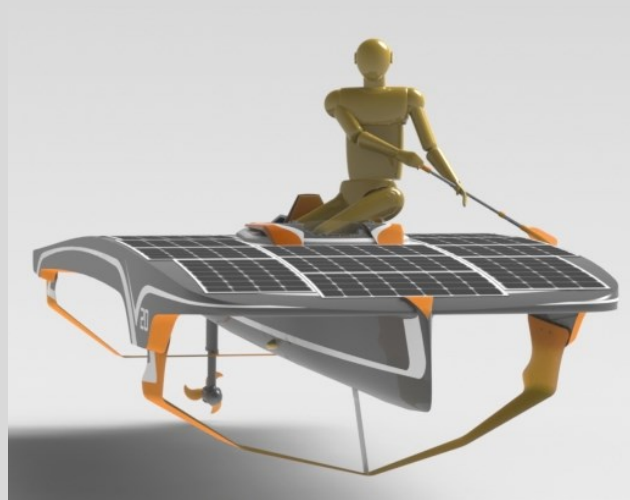


Figuur 179 - Scenario 3 Mini Man (6)

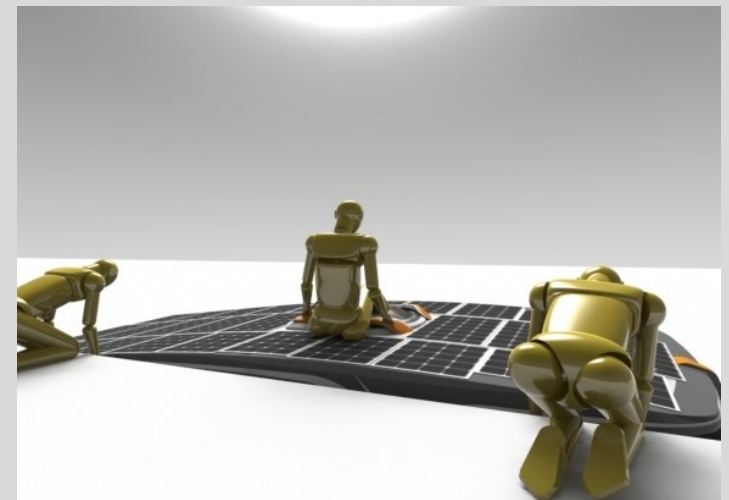




Figuur 186 - Scenario 3 Big Man (7)



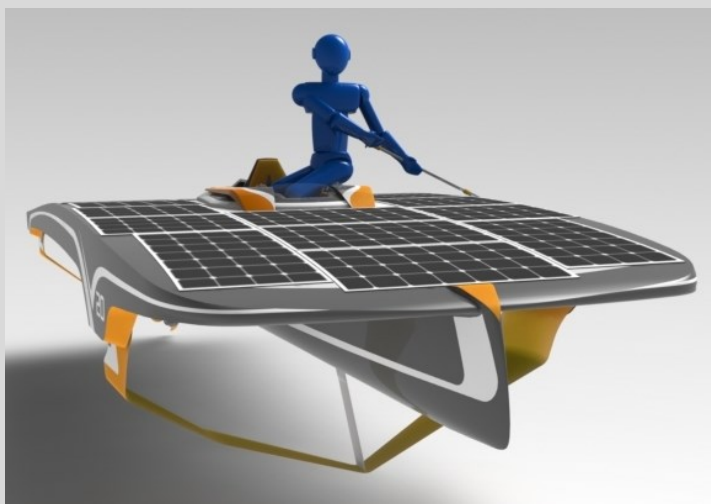
Figuur 185 - Scenario 3 Big Man (8)



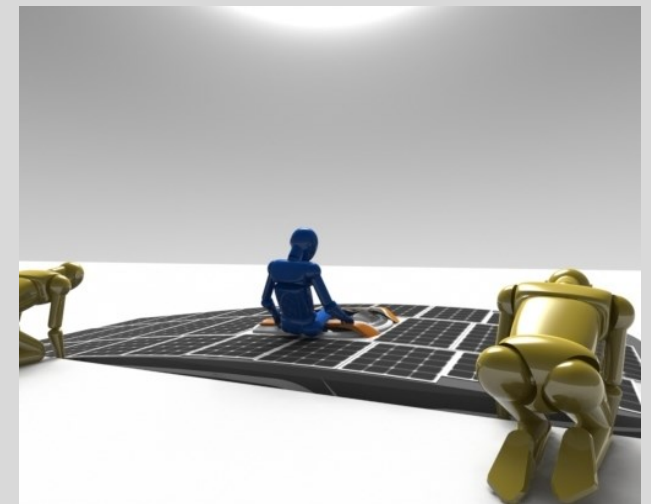
Figuur 189 - Scenario 3 Big Man (9)



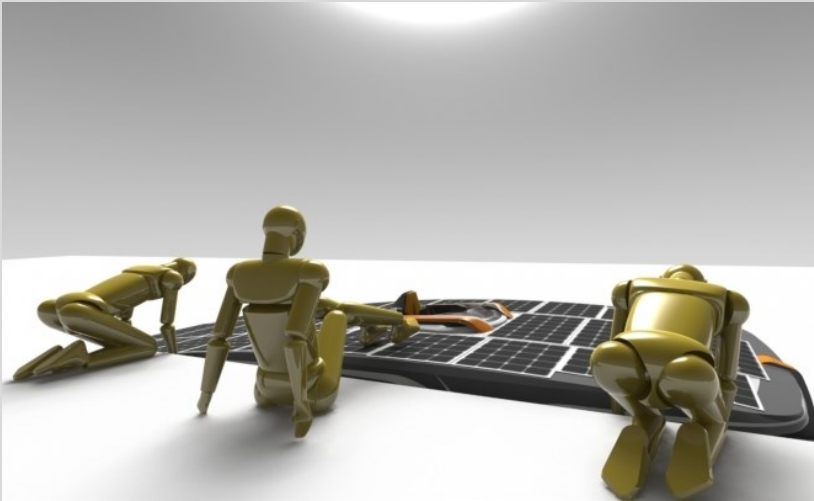
Figuur 188 - Scenario 3 Mini Man (7)



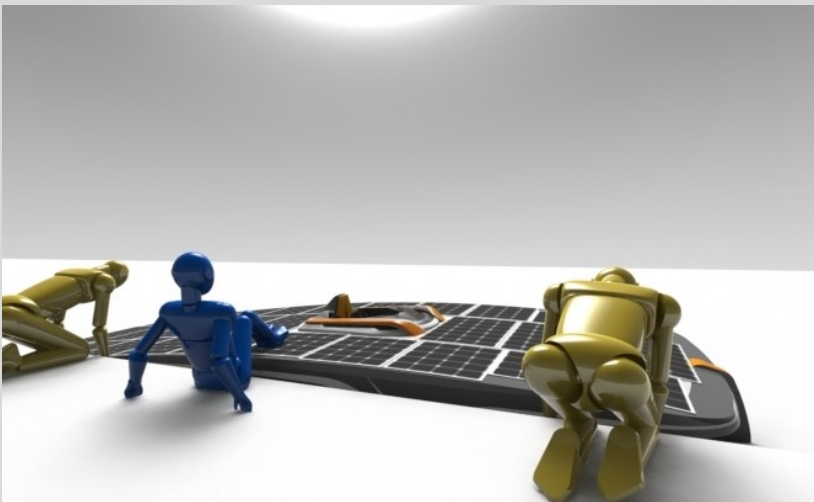
Figuur 187 - Scenario 3 Mini Man (8)



Figuur 190 - Scenario 3 Mini Man (9)



Figuur 191 - Scenario 3 Big Man (10)



Figuur 192 - Scenario 3 Mini Man (10)

Zoals te zien is in afbeelding 175 t/m 192 zijn alle handelingen die horen bij een noodsituatie uitvoerbaar met beide bestuurder-modellen. Er zijn wel enkele aanpassingen gedaan naar aanleiding van deze analyse. Zo zijn de haken waar de peddel, waarschuingsvlag en bootshaak in liggen enkele centimeters omlaag geschoven om meer ruimte te krijgen voor de onderarmen. Daarnaast is de waarschuingshoorn net als de brandblusser aan het stoelschot vastgemaakt zodat de hoorn ook van buiten de cockpit kan worden gepakt.

6.2 Sterkte

In overleg met Vripack is besloten dat de materiaalkeuze voor de onderdelen van de cockpit wordt overgelaten aan de producent. Daarnaast is ook bepaald dat het berekenen van de sterkte van de componenten van de cockpit niet hoeft te worden meegenomen in de opdracht. Dit komt omdat maken van een goede sterkteberekening van een composietmateriaal te complex is om zonder ervaring uit te voeren.

Om toch iets te kunnen zeggen over de sterkte van de ontworpen onderdelen is gekozen om één gedeelte van de cockpit door te rekenen op sterkte. Omdat de gekozen laminaatschema's van de gebruikte composieten waarschijnlijk niet realistisch zijn kan met de berekening niet worden geconcludeerd of de onderdelen voldoen aan de gestelde sterkte-eisen. Wel geven de berekeningen een indicatie van de sterkte en kan met behulp van de berekeningen bepaald worden waar de zwakke punten van de onderdelen zitten zodat deze wanneer nodig kunnen worden versterkt.

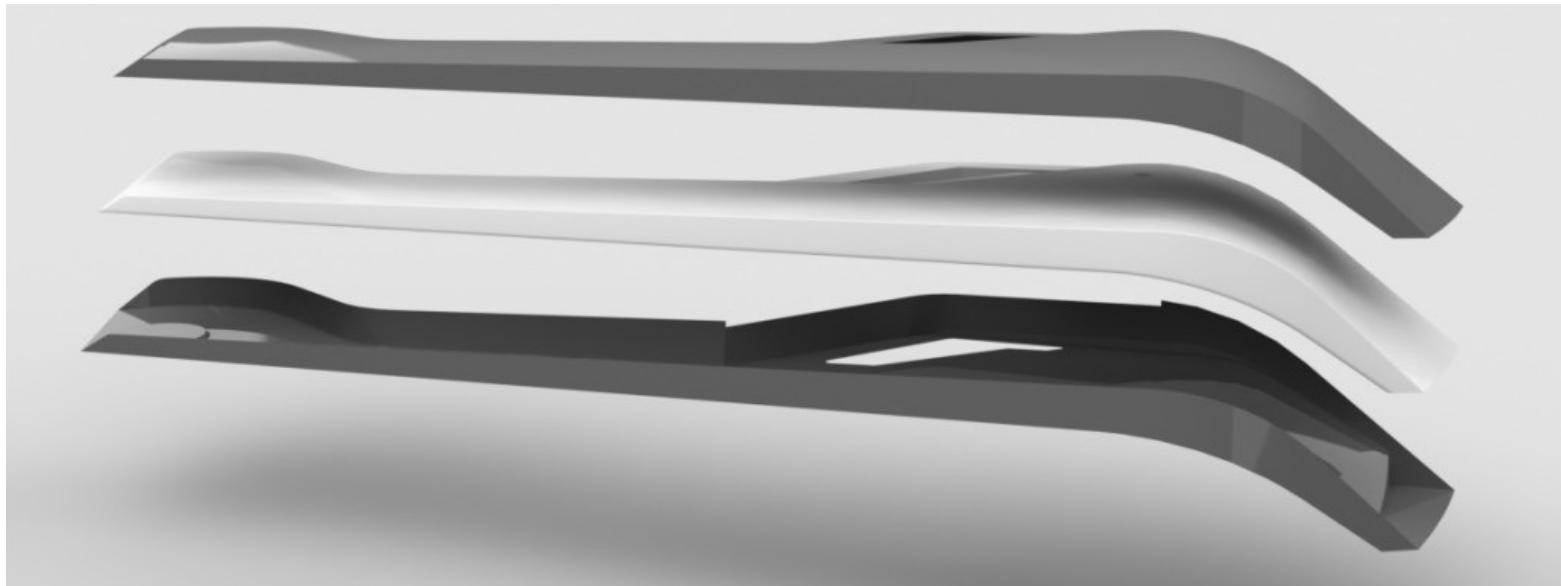
Het gedeelte van de cockpit dat het meest interessant is om een sterkteberekening van te maken is de cockpitvleugel en het draaimechanisme. Dit komt omdat de bestuurder hier tijdens het instappen met zijn volle gewicht op komt te staan. Daarnaast is de vleugel een beweegbaar onderdeel dat maar op twee punten wordt ondersteund.

De situatie die is geanalyseerd doet zich voor wanneer de bestuurder tijdens het instappen op de vleugel stapt zoals in Figuur 130 in hoofdstuk 6.1.1. Deze situatie is gekozen omdat op dit moment het volledige gewicht van de bestuurder op de vleugel rust en omdat de kracht in het midden van de vleugel aangrijpt, waardoor de momentkrachten in de vleugel het grootst zijn. Dit scenario is dus het moment waarop de sterkte van de vleugel het meest beproefd wordt.

Voor de sterkteberekening is gebruik gemaakt van het CAD-model van de cockpit. De geometrie hiervan dient als basis voor een eindige elementenberekening. Om ervoor te zorgen dat de berekening niet te ingewikkeld wordt is het model op enkele plekken vereenvoudigd en zijn de vleugel en het draaimechanisme apart doorgerekend.

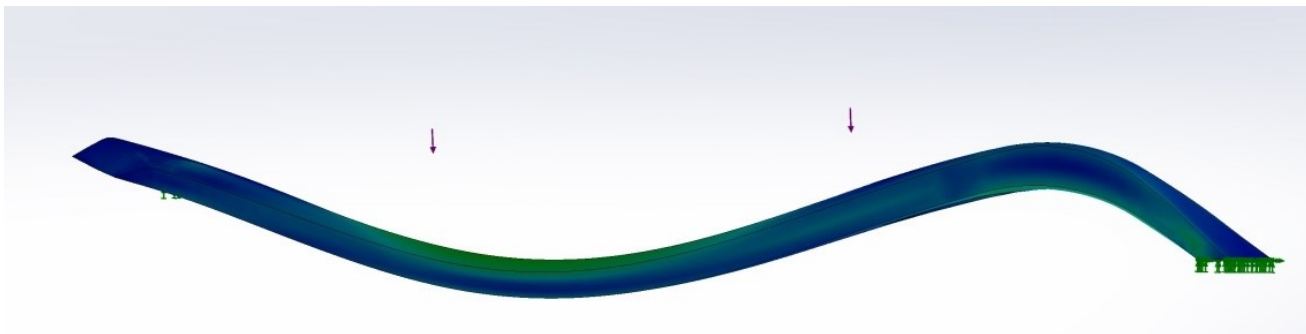
Vleugel

Met Vripack is besproken hoe de vleugel gemaakt kan worden omdat dit invloed heeft op de sterkte. De vleugel bestaat uit twee helften (Figuur 193) die als een doosje in elkaar schuiven de ruimte hiertussen wordt opgevuld met schuim om de vleugel extra stevigheid te geven. Door de doosconstructie is de vleugel bij beide zijanten dubbelwandig, waardoor hij meer krachten in de verticale richting kan opvangen.



Figuur 193 - Opbouw vleugel

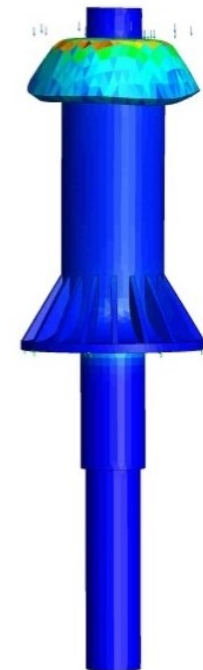
Door met behulp van CES Selector aan de bovenkant en onderkant van de vleugel een composiet (Bijlage : 1) toe te kennen en voor de tussenruimte een schuim (Bijlage : 2) te kiezen kan een realistisch model van de vleugel worden gemaakt. Vervolgens is bepaald waar de vleugel wordt ondersteund en zijn de krachten gespecificeerd. De ondersteuning van de vleugel zitten aan de voorkant en bij het draaimechanisme. De extra ondersteuning door de cockpit wordt in dit model niet meegenomen. Het stappen op de vleugel wordt gesimuleerd door het gebied te bepalen waarop de voet van de bestuurder komt te staan. Hierbij is aangenomen dat de bestuurder zijn eerste stap precies in het midden van de vleugel zet. Op het bepaalde gebied is vervolgens een kracht van 784,8N ($80 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$) geplaatst. De resultaten van de berekening zijn te zien in Figuur 194. De doorbuigingen in de afbeelding is vergroot zodat duidelijk kan worden gezien hoe de vleugel vervormd onder een belasting. Uit de sterkteberekening blijkt dat de grootste doorbuiging zich bevindt in het midden van het horizontale gedeelte van de loopvleugel. Mocht de vleugel niet sterk genoeg zijn dan kan de vleugel verstevigd worden door in het schuim verstevigingen aan te brengen.



Figuur 194 - Doorbuiging van de vleugel

Draaimechanisme

Het model van het draaimechanisme is vereenvoudigd door de bovenste en onderste helft te vervangen door een holle cilinder. Dit kan omdat de geometrie van beide gelijk is wanneer het mechanisme is vergrendeld. Op het gebied waar de vleugel het mechanisme raakt is een kracht van 393 N gezet. Er is dus aangenomen dat de kracht van het gewicht van de bestuurder evenredig over de te twee ondersteuningspunten wordt verdeeld. Het mechanisme wordt ondersteund op de plek waar het mechanisme aansluit op de constructieschotten van de boot. Het mechanisme is net als bij prototype 3 gemaakt van ABS (Bijlage : 3). De kern van het mechanisme is gemaakt van aluminium (Bijlage :4). De manier waarop dit onderdeel doorbuigt is te zien in Figuur 195. De grootste vervorming treedt op bij de flens aan de bovenkant van het mechanisme. Mocht dit gedeelte van het mechanisme niet sterk genoeg zijn dan kan het verstevigd worden op dezelfde manier als de onderste flens.



Figuur 195 - Doorbuiging vleugelmechanisme

6.3 Gewicht

Het gewicht van de componenten kan doordat de materiaalkeuze door de producent is bepaald niet op voorhand worden geschat. Daarnaast zijn de teams vrij om de cockpit aan te passen waardoor het totale gewicht per team zal verschillen. Ook valt het gewicht van sommige componenten onder een verzameling van andere onderdelen. Zo vallen de composietdelen van de cockpit bijvoorbeeld onder de romp. Dit leidt er toe dat er op het moment van schrijven niet kan worden geconcludeerd of het gewicht van de cockpit voldoet aan de gestelde eisen.



Figuur 196 - De productieplug voor de mal van de cockpitrand

6.4 Produceerbaarheid

Bij het ontwerp van de cockpit is zo veel mogelijk rekening gehouden met de produceerbaarheid van de onderdelen. Zo is bijvoorbeeld steeds nagegaan of geometrie van de ontworpen composietdelen lossend is. Het maken van de CAD-modellen voor de productiepluggen (Figuur 196) is echter overgelaten aan de small-craft engineeringafdeling. In deze laatste stap van het ontwerpproces zijn onder andere scherpe hoeken afgerond en te kleine details weggelaten zodat de geometrie geschikt is om composietonderdelen (Figuur 197) van te maken.



Figuur 197 - Twee van de geproduceerde cockpitranden

7. Aanbevelingen

In hoofdstuk 6 is al veel aandacht besteed aan het evalueren van het cockpitontwerp. Om definitief te kunnen concluderen of het ontwerp aan het volledige programma van eisen voldoet is per eis nagegaan in hoeverre het ontwerp van de cockpit volstaat (Bijlage , Bijlage L). Op basis van de tekortkomingen zijn aanbevelingen gemaakt die ervoor kunnen zorgen dat het ontwerp wel aan alle eisen voldoet.

De tekortkomingen van de cockpit zijn in te delen in twee categorieën. De eerste categorie bestaat uit eisen waarvan onbekend is of de cockpit voldoet. De tweede categorie bestaat uit eisen waarvan zeker is dat de cockpit niet voldoet.

Bij de eisen die als onbekend zijn bestempeld is in Bijlage is in het kort aangegeven waardoor de eis niet kan worden afgevinkt. Deze redenen kunnen grofweg verdeeld worden in drie categorieën.

De eerste reden is het feit dat de cockpit deel uitmaakt van de V20. Daardoor zijn sommige eisen gespecificeerd voor het de hele boot. Omdat op het moment van schrijven niet alle informatie over de V20 beschikbaar is kan ook de eis voor de cockpit niet als voldaan worden beschouwd. De aanbeveling voor dit soort eisen is om, wanneer de informatie over de gehele V20 wel beschikbaar is, alsnog te bepalen of de cockpit voldoet. Dit moet voor de volgende eisen worden beslist:

- 1.1.1 De cockpit moet betaalbaar zijn
- 2.2 De cockpitdelen mogen niet te zwaar zijn

De tweede reden is dat enkele eisen afhangen van de manier waarop de solarteams de boten afwerken. De controle van deze eisen kan dus pas plaatsvinden wanneer de boten gereed zijn en de technische keuring van de Dong Energy Solar Challenge hebben doorstaan. De eisen die na de voltooiing van de boten nog moeten worden gecontroleerd zijn:

- 1.2.2 De gebruiker moet de vaarhoogte kunnen aanpassen
- 2.1 De cockpit moet aan de solarrace reglementen voldoen
- 2.2 Het stuursysteem mag niet te zwaar zijn
- 3.3 Het stuursysteem moet sterk genoeg zijn
- 3.3 Alle componenten van de cockpit moeten bestand zijn tegen trillingen die bij normaal gebruik voorkomen

De derde reden voor het niet kunnen controleren van bepaalde eisen komt doordat de materiaalkeuze en de keuze van het productieproces niet zelf gemaakt zijn. Van deze keuzes hangen een groot aantal eisen af. De aanbeveling is om, na dat deze keuzes zijn gemaakt, te controleren of de eigenschappen van de ontworpen cockpitdelen voldoen aan de gestelde eisen. De eisen die van de materiaalkeuze en productieproceskeuze afhangen zijn:

- 2.1 De gekozen materialen voor de cockpit mogen niet brandgevaarlijk zijn
- 2.2 De cockpitpanelen mogen niet te zwaar zijn
- 2.2 Het zwaartepunt van de boot moet in het juiste punt komen te liggen
- 2.3 De cockpitdelen mogen niet gemaakt worden met behulp van te dure materialen of productieprocessen
- 2.3 De cockpitdelen mogen niet te zwaar zijn
- 3.1 De cockpit moet bestand zijn tegen de weersinvloeden
- 3.3 De stuurstoel moet sterk genoeg zijn
- 3.3 Het stuursysteem moet sterk genoeg zijn

De tweede categorie die bestaat uit drie eisen waaraan geheel of gedeeltelijk niet wordt voldaan. Bij elke eis is aangegeven hoe ervoor gezorgd kan worden dat het cockpitontwerp toch voldoet.

- 2.3 De cockpitdelen moeten niet gemaakt worden m.b.v. langdurige of ingewikkelde productieprocessen

Op het moment van schrijven lijkt het erop dat de cockpits niet voorzien zullen worden van de loopvleugels. Dit komt door tijdgebrek en het feit dat de vleugels een lagere prioriteit hebben dan onderdelen die cruciaal zijn voor het functioneren van de V20. Hoewel dus niet kan worden gezegd dat de loopvleugels te ingewikkeld of te veel tijd kosten om te produceren zal er waarschijnlijk gezocht moeten worden naar een andere manier om in en uit de cockpit te stappen die eenvoudiger te realiseren is.

2.3 De cockpitdelen moeten uit zo weinig mogelijk malen worden gehaald

Hoewel de cockpitrand uit maar één mal kan worden gehaald wordt het gestelde maximum van vier malen toch overschreden doordat de cockpitvleugels ieder twee malen nodig hebben. Dit komt omdat de vleugels gespiegeld zijn en ieder een bovenkant en een onderkant heeft. Om het totale aantal benodigde malen omlaag te brengen kan gekozen worden om de cockpitvleugels op een andere manier te produceren waarbij minder malen nodig zijn. Zo zou de kern van schuim bijvoorbeeld kunnen worden uitgefreesd en daarna omhuld met composiet.

3.1 De V20 moet onder alle bruggen van de DONG energy challenge door kunnen

Deze eis is in overleg met Vripack komen te vervallen. De cockpit is hierdoor 8cm hoger dan de door de DONG Energy Solar Challenge doorgegeven doorvaarhoogte. Omdat hier waarschijnlijk nog een niet gegeven veiligheidsmarge bij is aangehouden is aangenomen dat de V20 toch onder alle bruggen daar komt. Het wordt echter aanbevolen dit te controleren voor de race. Mocht de V20 toch te hoog zijn dan kan de cockpit aangepast worden zoals aangegeven in Figuur 97.

Hoewel het cockpitontwerp voor de rest voldoet aan de eisen uit het P.v.E. wordt het aanbevolen te controleren of de solarteams tevreden zijn over het ontwerp en het functioneren van de cockpit. Dit kan gedaan worden aan de

hand van een vragenlijst of interview. Omdat de V20 boten op het moment van schrijven nog niet af zijn zal dit op een later moment plaats moeten vinden.

8. Conclusie

Omdat het verslag opgebouwd is aan de hand van de onderzoeksvragen uit Bijlage A kan gesteld worden dat wanneer de opdracht goed uitgevoerd is de hoofdonderzoeksvraag kan worden beantwoord. Deze vraag luidt: Wat voor cockpit past qua vormgeving en constructie in het huidige ontwerp van de V20 solarracer en is daarnaast licht, ergonomisch en goed produceerbaar? Uit de vraag zelf blijkt al dat veel aspecten een rol spelen in het ontwerp van de cockpit. Om de vraag te kunnen beantwoorden is daarom per aspect gekeken of de uitgevoerde opdracht een bevredigend antwoord biedt.

Past de cockpit qua vormgeving bij het huidige ontwerp van de V20?

Om op deze vraag een goed antwoord kunnen geven is in meerdere fases van de opdracht aandacht besteed aan de manier waarop de cockpit aansluit op de rest van de V20. Zo zijn in de analysefase meerdere analyses uitgevoerd om een goed beeld te krijgen van het ontwerp van de V20. In de ontwerpfase is daarnaast bij het maken van de vormstudies niet alleen ingezoomd op de cockpit maar is er ook gekeken naar de V20 als geheel (Bijlage F). Tenslotte is bij het maken van de cockpit actief gezocht naar manieren om de onderdelen van de cockpit goed in te passen in het ontwerp. Helaas is het onderdeel dat het meest zorgt voor de connectie tussen de twee ontwerpen, de loopvleugels, waarschijnlijk niet op tijd klaar om op de boten te worden gebruikt. Hoewel dit erg jammer is oogt de V20 zonder de loopvleugels nog steeds als een compleet ontwerp, ook al is door de vorm van de cockpitrand duidelijk dat er onderdelen van de cockpit missen. Het was beter geweest als tijdens de opdracht rekening gehouden was met het feit dat niet alle onderdelen op tijd klaar zouden kunnen zijn.

Past de cockpit qua constructie bij het huidige ontwerp van de V20?

Om te zorgen voor een goede aansluiting van de onderdelen van de cockpit op de constructie van de V20 is tijdens de opdracht geprobeerd een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de constructie en productie van de boot. Dit was belangrijk omdat de ontwikkeling van de boot nog in volle gang was. Daardoor moesten de aanpassingen in het ontwerp van de boot worden meegenomen in het ontwerp van de cockpit. Ook andersom moesten de ontwerpkeuzes zoals de zitpositie van de bestuurder worden doorgevoerd in de rest van de V20. Daarvoor was een goede communicatie met de small-craft en engineeringafdeling noodzakelijk. Ook is tijdens de opdracht over productie gerelateerde zaken overleg gepleegd met de producent van de V20. Een groot voordeel hierbij was dat de productie van de boten naast het kantoor van Vripack plaats vond. Hierdoor was het mogelijk het productieproces van de boot goed te volgen. Daarnaast konden eventuele vragen direct worden beantwoord door de producent. Al deze communicatie over en weer heeft er toe geleid dat de constructie van de cockpit goed past bij de rest van de V20. Daarnaast hebben de analyses in de analyse- en evaluatiefase bijgedragen aan de afstemming van de cockpit op de boot.

Is de cockpit licht genoeg?

Zoals al aangegeven in de aanbevelingen kan niet worden geconcludeerd of de cockpit licht genoeg is. Wel is in het ontwerp geprobeerd zoveel mogelijk overbodigheden weg te laten zonder dat dit ten koste gaat van de functionaliteit. Het evenwicht tussen gewicht en functionaliteit van de cockpit ligt dicht bij functionaliteit dan bij sommige andere solarboten. Een goede stuurstoel weegt nu eenmaal meer dan een tuinkussen. Het aanbieden van meer functionaliteit zorgt er voor dat de V20 de uitstraling heeft van een compleet product waarbij goed is nagedacht over zaken zoals het gebruik. Mocht de koper echter geen behoefte hebben aan deze functionaliteit dan kan hij er voor kiezen deze weg te laten. De koper kan dus zelf bepalen in hoeverre hij bereid is een compromis te sluiten tussen gewicht en functionaliteit. Daarnaast zijn er

manieren om te zorgen dat de V20 niet zwaarder wordt door het toevoegen van functionaliteit. Zo biedt het gebruik van de loopvleugels bijvoorbeeld de mogelijkheid om gewicht te besparen door het dek minder te versterken.

Voldoet de ergonomie van de cockpit?

De ergonomie van de cockpit is het verst uitgewerkte onderdeel van de opdracht. Er is veel tijd gestoken in de uitwerking van het gebruik en het garanderen van het comfort voor de bestuurder. Door elke stap van het gebruik na te bootsen met de 3D-modellen kan met zekerheid gezegd worden dat de ergonomie van de cockpit voldoet. Ook het comfort van de bestuurder kan gegarandeerd worden door de bestuurderstoel te laten 3D-laserscannen.

Is de cockpit goed te produceren?

De uitwerking van het ontwerpmodel tot een productiemodel is zoals in 6.4 al aangegeven overgelaten aan Vripack. Door gebruik te maken van de kennis van het bedrijf kan gegarandeerd worden dat de cockpitonderdelen ook daadwerkelijk produceerbaar zijn. Deze taakverdeling tussen de ontwerper en de ingenieurs wordt ook bij andere projecten toegepast door Vripack. Een onderdeel dat wel zelf is uitgewerkt tot een productiemodel is het mechanisme voor de loopvleugels. Daarvoor is gebruik gemaakt van 3D-print techniek om een werkend prototype te maken. Dit prototype garandeert dat een dergelijk mechanisme werkt en produceerbaar is.

Hoewel niet alle vragen volledig bevredigend zijn beantwoord kan toch geconcludeerd worden dat de ontworpen cockpit een goed antwoord biedt op de hoofdvraag. Door de grootte van de opdracht en de hoeveelheid tijd die beschikbaar was zijn niet alle aspecten volledig uitgewerkt. Desondanks biedt de uitgevoerde opdracht genoeg zekerheid om te kunnen stellen dat de ontworpen cockpit voldoet.

Bronnenlijst

- Clauser, C. E. (1969). *WEIGHT, VOLUME, AND CENTER OF MASS OF*. Ohio: Air Force Systems Command.
- De telegraaf. (2013, December 27). *Vripack creëert de 'Texelstroom'*. Opgeroepen op Februari 25, 2014, van [www.telegraaf.nl: http://www.telegraaf.nl/vaarkrant/22170280/___Vripack_creeert_de_ _Texelstroom___](http://www.telegraaf.nl/vaarkrant/22170280/___Vripack_creeert_de_ _Texelstroom___).html
- DINED anthropometric database. (sd). *DINED*. Opgeroepen op Maart 10, 2014, van [www.dined.io.tudelft.nl: http://dined.io.tudelft.nl/dined/full](http://dined.io.tudelft.nl/dined/full)
- MG electronics. (sd). *MG Solar Battery 1500*. Opgeroepen op Maart 6, 2014, van [www.mgelectronics.nl: http://www.mgelectronics.nl/index.php/products/batteries/item/23-mg-solar-battery-1500](http://www.mgelectronics.nl/index.php/products/batteries/item/23-mg-solar-battery-1500)
- MG electronics. (sd). *MG Solar MPPT*. Opgeroepen op Maart 8, 2014, van [www.mgelectronics.nl: http://www.mgelectronics.nl/index.php/solar](http://www.mgelectronics.nl/index.php/solar)
- Pastino, B. d. (2005, Juni 15). *Photo in the News: "Bionic" Car Fueled by Fishy Ideas*. Opgeroepen op Maart 15, 2014, van [www.news.nationalgeographic.com: http://news.nationalgeographic.com/news/2005/06/0615_050615_fishcar.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2005/06/0615_050615_fishcar.html)
- Rune S., H. X. (2008). *ERGONOMIC ASSESSMENT METHOD FOR COCKPIT LAYOUT OF CIVIL AIRCRAFT X BASED ON VIRTUAL DESIGN*. (p. 4). Xi'an, China: Northwestern Polytechnical University.
- Stella. (sd). Opgeroepen op Maart 7, 2014, van [www.tue.nl: https://www.tue.nl/onderzoek/strategic-area-energy/over-energy/energy-events/2014-solar-plus/stella/](https://www.tue.nl/onderzoek/strategic-area-energy/over-energy/energy-events/2014-solar-plus/stella/)
- Vinson, D. (2013, Januari 4). *Figure Model*. Opgeroepen op Maart 12, 2014, van [www.grabcad.com: https://grabcad.com/library/figure-model](https://grabcad.com/library/figure-model)
- Vripack . (2012, Juni). *NED 70, rank met een krachtige uitstraling*. Opgeroepen op februari 28, 2014, van [www.Vripack.nl: http://www.vripack.nl/ned70?steID=3&itmID=6920](http://www.vripack.nl/ned70?steID=3&itmID=6920)
- Vripack. (2010, Januari). *Gamma 20 & Smart Kit®: Gereed voor succes!* Opgeroepen op Maart 4, 2014, van [www.Vripack.nl: http://www.vripack.nl/public-relations/nieuws/gamma-20---smart-kit---gereed-voor-succes-.htm?steID=3&itmID=2691](http://www.vripack.nl/public-relations/nieuws/gamma-20---smart-kit---gereed-voor-succes-.htm?steID=3&itmID=2691)
- Vripack. (sd). *Geschiedenis van Vripack*. Opgeroepen op Februari 20, 2014, van [www.Vripack.nl: http://www.vripack.nl/vripack-s-world/geschiedenis?steID=3&catID=277](http://www.vripack.nl/world/geschiedenis?steID=3&catID=277)
- Zonnestand. (sd). Opgeroepen op Maart 25, 2014, van [www.weerstationuithoorn.nl: http://www.weerstationuithoorn.nl/weer/zonnestand.htm](http://www.weerstationuithoorn.nl/weer/zonnestand.htm)

Afbeeldingenlijst

Figuur 1 - Het kantoor en de medewerkers van Vripack	9
Figuur 2 - Een overzicht van de V20.....	10
Figuur 3 - De optionele zeecontainer van de V20	10
Figuur 4 - Vooraanzicht van de NED 70	11
Figuur 5 - Zijaanzicht van de NED 70.....	11
Figuur 6 - Zijaanzicht Gamma 20.....	12
Figuur 7 - Zijaanzicht van Texelstroom	12
Figuur 8 - Interieur-render van de Texelstroom	12
Figuur 9 - Exterieur-render van de Texelstroom	12
Figuur 10 - 3D-aanzicht Gamma 20.....	12
Figuur 11 - De trendwatcherwebsite Vrithink	13
Figuur 12 - Ontwerptekening van de V20.....	14
Figuur 13 - Jaren 60 Ferrari Formule-1 wagen	14
Figuur 14 - Zonnewagen van de Universiteit Twente	14
Figuur 15 - Onderkant van een Moth-zeilboot.....	14
Figuur 16 - Functieoverzicht.....	16
Figuur 17 - Accupakket	17
Figuur 18 - MPPT.....	17
Figuur 19 - Zonnepaneel.....	17
Figuur 20 - Motorcontrol-unit	17
Figuur 21 - Gashendel	17
Figuur 22 - De romp van de V20.....	18
Figuur 23 - De draagvleugels van de V20.....	18
Figuur 24 - Aandrijflijn	18
Figuur 25 - De schroef.....	18
Figuur 26 - Het trimvlak op de achterste draagvleugel.....	18
Figuur 27 - De stuurpod	19
Figuur 28 - De kleurendisplay	20
Figuur 29 - Romp met schotten.....	21
Figuur 30 - Bovenaanzicht van de V20.....	22
Figuur 31 - Zijaanzicht van de V20	22
Figuur 32 - Vooraanzicht van de V20.....	23
Figuur 33 - Onderaanzicht V20	23
Figuur 34 - Vloeiende lijnen met afgeronde hoeken	23
Figuur 35 - Het neusje van de romp	24
Figuur 36 - Verdiept vlak achterstevan	24
Figuur 37 - Kleurstelling 1.....	24
Figuur 38 - Kleurstelling 2.....	24
Figuur 39 - Hoofdafmetingen van de romp.....	25
Figuur 40 - Bestuurder met maximale afmetingen.....	26
Figuur 41 - Lichaamsafmeting van DINED	26
Figuur 42 - Bestuurder met minimale afmetingen	26
Figuur 43 - De opstelling van de zit-test.....	27
Figuur 44 - Definitieve lay-out van de zonnepanelen.....	28
Figuur 45 - Cockpitgat met bestuurder-model.....	29
Figuur 46 - Instappen Big Man (3)	30
Figuur 47 - Instappen Big Man (2)	30
Figuur 48 - Instappen Big Man (1)	30
Figuur 49 - Instappen Mini Man (3).....	30
Figuur 50 - Instappen Mini Man (2).....	30
Figuur 51 - Instappen Mini Man (1).....	30
Figuur 52 - Instappen Big Man (6)	31
Figuur 53 - Instappen Big Man (5)	31
Figuur 54 - Instappen Big Man (4)	31
Figuur 55 - Instappen Mini Man (6).....	31
Figuur 56 - Instappen Mini Man (5).....	31
Figuur 57 - Instappen Mini Man (4).....	31
Figuur 58 - Uitstappen Big Man (2).....	32
Figuur 59 - Uitstappen Big Man (1).....	32
Figuur 60 - Instappen Big Man (7)	32
Figuur 61 - Uitstappen Mini Man (2).....	32
Figuur 62 - Uitstappen Mini Man (1).....	32
Figuur 63 - Instappen Mini Man (7)	32
Figuur 64 - Uitstappen Mini Man (5)	33

Figuur 65 - Uitstappen Mini Man (4).....	33
Figuur 66 - Uitstappen Mini Man (3).....	33
Figuur 67 - Uitstappen Big Man (5).....	33
Figuur 68 - Uitstappen Big Man (4).....	33
Figuur 69 - Uitstappen Big Man (3).....	33
Figuur 70 - Zonnestand gebruikt voor de bepaling van de zonnehoek.....	34
Figuur 71- Het cockpitgat	34
Figuur 72 - Het uitgeprinte cockpitgat met proefpersoon	34
Figuur 73- Afstand van rand tot schouder.....	34
Figuur 74 - Solar 1 Monte-Carlo Cup Challenge	36
Figuur 75 - Logo DONG Energy Solar Challenge	36
Figuur 76 - Opdeling van het bestuurder-model.....	37
Figuur 77 - Zwaartepunten van de bestuurder-modellen en definitieve zitpositie	38
Figuur 78 - Bovenaanzicht definitieve zitpositie	38
Figuur 79 - Keuze productieproces	39
Figuur 80 - Materiaalkeuze.....	39
Figuur 81 - Visualisatie moodboardkeuze	49
Figuur 82 - Moodboard 1.....	50
Figuur 83 - Moodboard 2.....	51
Figuur 84 - Moodboard 3.....	53
Figuur 85 - Moodboard 4.....	54
Figuur 86 - Koffervis	55
Figuur 87 - Mercedes-Benz Bionic concept	55
Figuur 88 - Stoel van de Lamborghini J	56
Figuur 89 - Stuur van de Citroen C4	56
Figuur 90 - Zonnewagen Stella van de Technische Universiteit Eindhoven	57
Figuur 91 - Concept 1.....	59
Figuur 92 - Concept 2.....	61
Figuur 93 - Concept 3.....	63
Figuur 94 - Cockpit met ingeklapte loopvleugels	65
Figuur 95 - Cockpit met uitgeklapte loopvleugels.....	65
Figuur 96 - Kleimodellen.....	68

Figuur 97 - Ontwerpschets vooraanzicht	69
Figuur 98 – Vooraanzicht 1	70
Figuur 99 - Doorsnede AB	70
Figuur 100 - Vooraanzicht 2	70
Figuur 101 - Ontwerpschets zijaanzicht	71
Figuur 102 - Doorsnede AB	72
Figuur 103 – Zijaanzicht 1.....	72
Figuur 104 - Zijaanzicht 2	72
Figuur 105 - Ontwerpschets achteraanzicht	73
Figuur 106 - Doorsnede AB	74
Figuur 107 - Achteraanzicht 1	74
Figuur 108 - Achteraanzicht 2	74
Figuur 109 - Ontwerpschets Bovenaanzicht	75
Figuur 110 - Bovenaanzicht 2.....	76
Figuur 111 - Bovenaanzicht 1.....	76
Figuur 112 - Doorsnede AB	76
Figuur 113 - Doorsnede AB zonder handvat.....	76
Figuur 114 - Ontwerpschets van het loopvleugelmechanisme.....	77
Figuur 115 - Mechanisme stap 3	78
Figuur 116 - Mechanisme stap 2	78
Figuur 117 - Mechanisme stap 1 (2).....	78
Figuur 118 - Mechanisme stap 1 (1).....	78
Figuur 119 - Stap 3: Vergrendelen.....	78
Figuur 120 - Stap 2: Draaien.....	78
Figuur 121 - Stap 1: Ontgrendelen (2).....	78
Figuur 122 - Stap 1: Ontgrendelen (1).....	78
Figuur 123 - Bevestiging draaimechanisme	79
Figuur 124 - Scenario 2 Big Man (1).....	82
Figuur 125 - Scenario 2 Mini Man (1)	82
Figuur 126 - Scenario 2 Big Man (3).....	83
Figuur 127 - Scenario 2 Big Man (2).....	83
Figuur 128 - Scenario 2 Mini Man (3)	83
Figuur 129 - Scenario 2 Mini Man (2)	83

Figuur 130 - Scenario 2 Big Man (4).....	83
Figuur 131 - Scenario 2 Mini Man (4).....	83
Figuur 132 - Scenario 2 Big Man (6).....	84
Figuur 133 - Scenario 2 Big Man (5).....	84
Figuur 134 - Scenario 2 Mini Man (6).....	84
Figuur 135 - Scenario 2 Mini Man (5).....	84
Figuur 136 - Scenario 2 Big Man (7).....	84
Figuur 137 - Scenario 2 Mini Man (7).....	84
Figuur 138 - Scenario 2 Big Man (9).....	85
Figuur 139 - Scenario 2 Big Man (8).....	85
Figuur 140 - Scenario 2 Mini Man (8).....	85
Figuur 141 - Scenario 2 Big Man (10).....	85
Figuur 142 - Scenario 2 Mini Man (10).....	85
Figuur 143 - Scenario 2 Mini Man (9).....	85
Figuur 144 - Scenario 2 Big Man (11).....	86
Figuur 145 - Scenario 2 Big Man (13).....	86
Figuur 146 - Scenario 2 Big Man (12).....	86
Figuur 147 - Scenario 2 Mini Man (11).....	86
Figuur 148 - Scenario 2 Mini Man (13).....	86
Figuur 149 - Scenario 2 Mini Man (12).....	86
Figuur 150 - Scenario 2 Big Man (15).....	87
Figuur 151 - Scenario 2 Big Man (16).....	87
Figuur 152 - Scenario 2 Big Man (14).....	87
Figuur 153 - Scenario 2 Mini Man (15).....	87
Figuur 154 - Scenario 2 Mini Man (16).....	87
Figuur 155 - Scenario 2 Mini Man (14).....	87
Figuur 156 - Scenario 2 Big Man (19).....	88
Figuur 157 - Scenario 2 Big Man (18).....	88
Figuur 158 - Scenario 2 Big Man (17).....	88
Figuur 159 - Scenario 2 Mini Man (19).....	88
Figuur 160 - Scenario 2 Mini Man (18).....	88
Figuur 161 - Scenario 2 Mini Man (17).....	88
Figuur 162 - Scenario 2 Big Man (21).....	89

Figuur 163 - Scenario 2 Big Man (20).....	89
Figuur 164 - Prototype 1.....	89
Figuur 165 - Scenario 2 Mini Man (21).....	89
Figuur 166 - Scenario 2 Mini Man (20).....	89
Figuur 167 - Prototype 3 (1).....	90
Figuur 168 - Prototype (2).....	90
Figuur 169 - Prototype 2.....	90
Figuur 170 - Prototype 3 (3).....	90
Figuur 171 - v.l.n.r. De gekochte bestuurderstoel; de 3D-laserscanner dat gebruikt is voor het inmeten; het resulterende CAD-model.....	92
Figuur 172 - Het CAD-model van de stoel in de romp van de V20.....	93
Figuur 173 - Scenario 3 Big Man (3).....	95
Figuur 174 - Scenario 3 Big Man (2).....	95
Figuur 175 - Scenario 3 Big Man (1).....	95
Figuur 176 Scenario 3 Mini Man (2).....	95
Figuur 177 - Scenario 3 Mini Man (1).....	95
Figuur 178 - Scenario 3 Big Man (3).....	95
Figuur 179 - Scenario 3 Mini Man (6).....	96
Figuur 180 - Scenario 3 Mini Man (5).....	96
Figuur 181 - Scenario 3 Mini Man (4).....	96
Figuur 182 - Scenario 3 Big Man (6).....	96
Figuur 183 - Scenario 3 Big Man (5).....	96
Figuur 184 - Scenario 3 Big Man (4).....	96
Figuur 185 - Scenario 3 Big Man (8).....	97
Figuur 186 - Scenario 3 Big Man (7).....	97
Figuur 187 - Scenario 3 Mini Man (8).....	97
Figuur 188 - Scenario 3 Mini Man (7).....	97
Figuur 189 - Scenario 3 Big Man (9).....	97
Figuur 190 - Scenario 3 Mini Man (9).....	97
Figuur 191 - Scenario 3 Big Man (10).....	98
Figuur 192 - Scenario 3 Mini Man (10).....	98
Figuur 193 - Opbouw vleugel.....	99
Figuur 194 - Doorbuiging van de vleugel.....	100

Figuur 195 - Doorbuiging vleugelmechanisme.....	100	Figuur 197 - Twee van de geproduceerde cockpitranden	101
Figuur 196 - De productieplug voor de mal van de cockpitrand	101		

Bijlage A

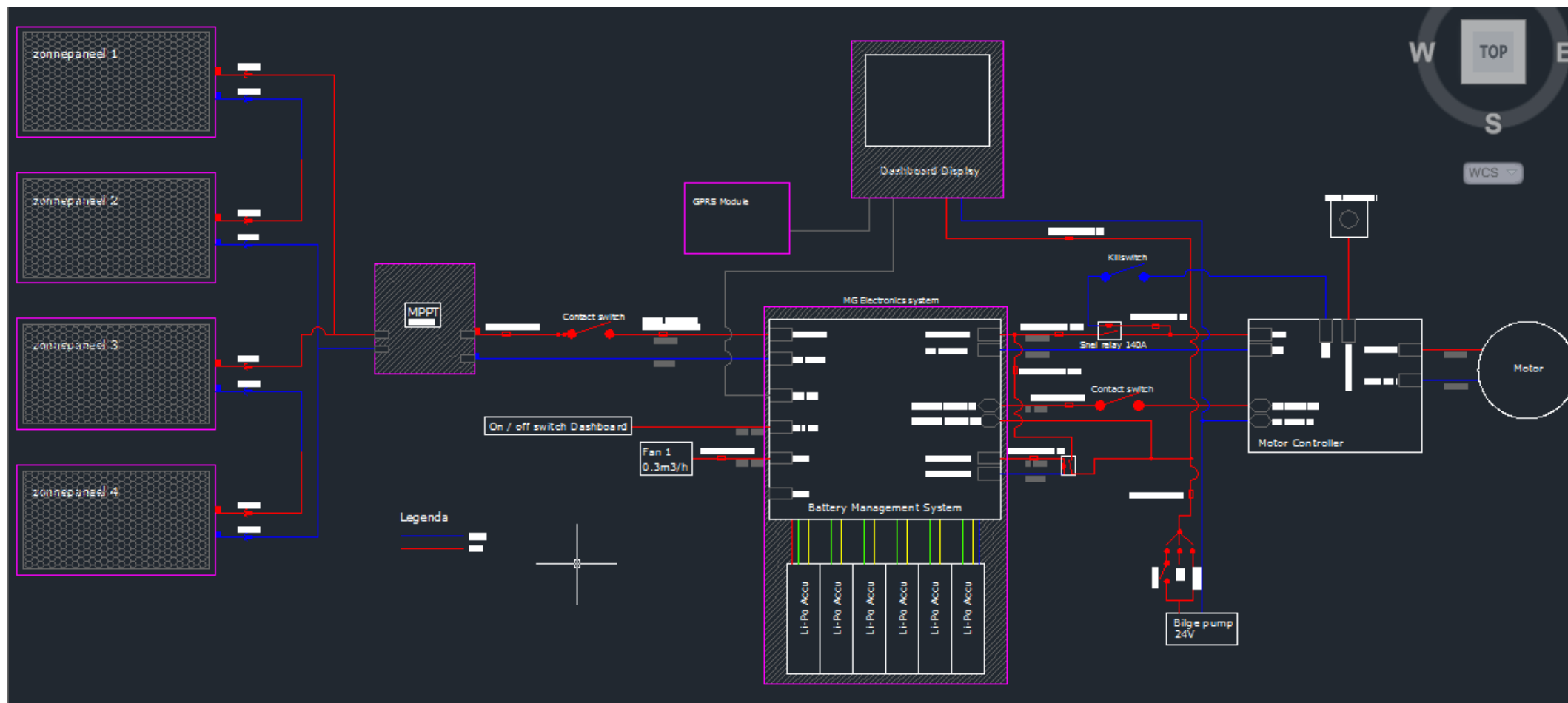
De vraagstelling geeft weer hoe de opdracht gestructureerd gaat worden aan de hand van onderzoeksvragen. Alle deelvragen zullen uiteindelijk de hoofdvraag beantwoorden. De analysefase loopt van deelvraag 1 t/m 4. De ontwerpfase vindt plaats in deelvraag 5. De evaluatiefase begint bij deelvraag 6 en eindigt na deelvraag 7. In deelvraag 8 wordt geconcludeerd of hoofdvraag kan worden beantwoord.

1. Wat zijn de kenmerken van de V20?
 - 1.1 Wat is de achterliggende ontwerpfilosofie van de V20?
 - 1.1.1 Wat zijn de intenties van Vripack met de V20?
 - 1.1.2 Wat is de huisstijl van Vripack?
 - 1.1.3 Welke inspiratiebronnen zijn gebruikt voor de V20?
 - 1.2 Wat karakteriseert het ontwerp van de V20?
 - 1.2.1 Welke functies vervult de V20?
 - 1.2.2 Welke componenten bevat de V20?
 - 1.2.3 Wat zijn de materiaalkenmerken van de V20?
 - 1.2.4 Wat zijn de vormkenmerken van de V20?
 - 1.2.5 Wat zijn de kleurkenmerken van de V20?
 - 1.2.6 Wat zijn de afmetingen van de V20?
 - 1.3 Welke invloed heeft het ontwerp van de V20 op het ontwerp van de cockpit?
2. Waar moet de cockpit van de V20 aan voldoen?
 - 2.1 Aan welke veiligheidseisen moet de cockpit van de V20 voldoen?
 - 2.2 Hoe groot mag het gewicht van de cockpit van de V20 zijn?
 - 2.3 Welke eisen worden gesteld aan de produceerbaarheid van de cockpit?
 - 2.4 Welke eisen volgen er uit de gewicht, veiligheid en produceerbaarheid-analyse
3. Hoe zal de cockpit van de V20 worden gebruikt?
 - 3.1 In welke gebruikssituaties zal de cockpit van de V20 terecht komen?
 - 3.2 Wat verlangen de gebruikers van de cockpit van de V20?
 - 3.3 Welke krachten komen er vrij bij het gebruik van de cockpit van de V20?
 - 3.4 Welke invloed heeft het gebruik van de cockpit van de V20 op het ontwerp van de cockpit?
4. Wat is het programma van eisen voor de cockpit van de V20? (gebaseerd op 1 t/m 4 en...)

- 5. Wat zijn mogelijke concepten voor de cockpit van de V20?
 - 5.1 Welke bestaande producten kunnen als inspiratiebron dienen voor de cockpit van de V20?
 - 5.2 Welke mogelijke deeloplossingen zijn er om aan de afzonderlijke eisen te voldoen?
 - 5.3 Welke concepten zijn mogelijk die voldoen aan het programma van eisen?
 - 5.4 Welk concept voldoet het beste aan het programma van eisen?
 - 5.5 Welk concept heeft de voorkeur van de opdrachtgever?
 - 5.6 Kunnen de goede aspecten van meerdere concepten worden gecombineerd?
 - 5.7 Welk ontwerp wordt aangeraden?
 - 6. Voldoet het ontwerp van de cockpit aan het programma van eisen?
 - 6.1 Voldoet de ergonomie van het ontwerp?*
 - 6.1.1 Kunnen alle functies van de cockpit naar behoren worden gebruikt?
 - 6.1.2 Is het comfort van de cockpit voldoende?
 - 6.1.3 Bevordert de ergonomie van het ontwerp de veiligheid van de bestuurder?
 - 6.2 Voldoet het ontwerp aan de eisen die gesteld zijn aan de sterkte?
 - 6.3 Voldoet het ontwerp aan de eisen die gesteld zijn aan het gewicht?
 - 6.4 Zijn de onderdelen van het ontwerp goed te produceren?
 - 7. Welke aanbevelingen van het ontwerp van de cockpit zijn er nodig om te voldoen aan de gestelde eisen?
- 8. Wat voor cockpit past qua vormgeving en constructie in het huidige ontwerp van de V20 solarracer en is daarnaast licht, ergonomisch en goed produceerbaar?**
(hoofdvraag)

Bijlage B

Elektrisch schema V20



Bijlage C

Eisen uit de wedstrijdreglementen m.b.t. de cockpit

- De schipper moet een vrij blikveld hebben en te allen tijde onbelemmerd kunnen horen. Het vaartuig mag niet voorzien zijn van een gesloten cabine.
- Alle vaartuigen moeten ontworpen zijn zodat verzekerd kan worden dat alle bemanningsleden in staat zijn om binnen 5 seconden uit het vaartuig te ontsnappen.
 1. Dit moet gedemonstreerd worden met een evacuatie-test.
 2. De dodemansknop moet gelijktijdig geactiveerd worden tijdens de evacuatie zonder dat dit enig vertragend effect heeft op de evacuatie.
 3. Luiken die moeten worden geopend voor dat de bemanningsleden kunnen ontsnappen zijn niet toegestaan.
 4. De minimale breedte van de cabine is 50 cm.
 5. De cabine moet een passend zitje hebben.
- Het gebruik van veiligheidsgordels aan boord van de vaartuigen is niet toegestaan.
- De cabine mag geen potentiële gevaren voor de bemanningen bevatten.
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn met een commercieel verkrijgbare dodemansknop die altijd volledig functioneel blijft wanneer de bemanning aan boord is.
 1. Dit wordt getest tijdens de evacuatie-test.
 2. Dit moet zo functioneren dat wanneer de dodemansknop wordt verwijderd de motor stopt met draaien en dat wanneer hij wordt teruggeplaatst er minimaal één extra handeling nodig is om de motor te herstarten.
- Het is verplicht voor alle vaartuigen om uitgerust te zijn met één of meer elektrische en automatische lens-pomp.
 1. De pomp moet ontworpen worden zodat alle compartimenten die passagiers of elektrische componenten bevatten geleegd worden.
 2. Het systeem moet ontworpen worden zodat verzekerd wordt dat elk van de bovenstaande compartimenten automatisch en onafhankelijk leeg kan worden gepompt.
 3. De pomp moet een minimaal pompcapaciteit van 1500 liter per uur hebben.
 4. De leidingen en/of slangen die gemonteerd zijn op de pomp moeten een interne diameter hebben die minimaal even groot zijn dan de uitlaat van de pomp.
 5. De leidingen en/of slangen moeten geïnstalleerd zijn zodat het buiswater overboord wordt gepompt.
- Alle montagesystemen die aan boord worden gebruikt moeten mechanisch gezekeerd zijn.
 1. Alle verbindingen die kunnen draaien tijdens gebruik moeten gezekeerd zijn met een splitpen. Het gebruik van zekeringen zoals 'loctite' is niet toegestaan, alleen met speciale toestemming van de organisatie.
 2. Toestemming wordt alleen gegeven gebaseerd op een van te voren een geschreven aanvraag aan de organisatie met de bijbehorende motivatie.
 3. Bij een bout en moer verbinding moet de schroefdraad van de bout minimaal twee volledige draaiingen uitsteken. Hetzelfde geldt voor draadeinden.

4. Wanneer zelf borgende moeren worden gebruikt moet de schroefdraad uit de plastic borgring steken met een minimum van twee volledige draaiingen. Het gebruik van borgringen wordt geadviseerd. Het gebruik van borgringen bij bout-moer verbindingen is verplicht.
 5. Het gebruik van klittenband is toegestaan onder voorwaarde dat dit duidelijk aangegeven wordt in het ontwerp en goedgekeurd is door het technisch comité voor de technische inspectie.
 6. Het technisch comité mag te allen tijde vragen om het installeren van extra verbindingen, in het bijzonder wanneer het om de zonnepanelen gaat of componenten die invloed hebben op de veiligheid van de bemanningsleden of de werking.
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van minimaal twee signaleringssystemen.
 1. Een uniform gekleurde oranje of rode waarschuwingsvlag met een minimale grootte van 30 x 30 cm die bevestigd is aan stok of vergelijkbare constructie met een minimale lengte van 100 cm. De waarschuwingsvlag mag niet gecombineerd worden met de verplichte bootshaak.
 2. Een hoorbaar waarschuwingssysteem zoals een scheepshoorn die hoorbaar is op een redelijke afstand. Bijvoorbeeld:
 1. Een hoorn waarop kan worden geblazen
 2. Een hoorn die werkt m.b.v. van luchtdruk
 3. Een elektrische hoorn
 - Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van een duidelijk zichtbare gele of oranje boei met een diameter van ten minste 12 centimeter die permanent bevestigd is aan het vaartuig met een drijvend touw van ten minste 5 m.
 1. De verbinding en opslag van deze boei moet zo zijn dat wanneer het vaartuig onder het wateroppervlak verdwijnt de boei begint te drijven op het wateroppervlak en zo aangeeft waar het vaartuig gezonken is.
 - Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van ten minste één peddel per bemanningslid.
 1. De peddel moet zo functioneren dat het mogelijk is voor de schipper om het vaartuig te peddelen vanuit de normale zitpositie in de cockpit.
 2. De peddel moet een minimale lengte hebben van 60 cm, een minimale bladlengte van 30 cm en een minimale bladbreedte van 13 cm. De peddel moet bevestigd zijn in een eenvoudig bereikbare locatie aan boord van het vaartuig.
 - Alle voertuigen moeten voorzien zijn van een goedgekeurde brandblusser met een minimale capaciteit van 1 kg blussend materiaal geschikt voor het blussen van vast materiaal (category A).
 1. Alleen brandblussers met een geldige goedkeuring zijn toegestaan.
 2. De brandblusser moet in een zodanige positie bevestigd worden dat deze eenvoudig kan worden gepakt door ieder bemanningslid vanaf een normale zitpositie in de cockpit en niet in het water kan vallen wanneer deze uit zijn bevestiging wordt gepakt.
 - Alle vaartuigen moeten voorzien worden met een bootshaak met een minimale lengte van 1 en een niet-metalen haak.
 - Alle scherpe randen van het vaartuig moeten adequaat worden afgeschermd.
 - Het stuurmechanisme van het vaartuig moet:
 1. een formaat hebben zodat het vaartuig adequaat kan worden bestuurd,
 2. moet ongehinderd kunnen worden gebruikt,
 3. vrij van speling zijn in zowel belaste als onbelaste situaties.

- Alle energie geleidende onderdelen moeten volledig geïsoleerd zijn zodat gevaarlijke situaties in het geval van contact en blootstelling aan water worden voorkomen.
 1. (voor instructies over hoe dit gedaan moet worden, kan bijvoorbeeld gekeken worden naar NEN/DIN standaarden) hier moet speciaal op gelet worden wanneer de voertuigen van geleidende materialen zijn gemaakt zoals aluminium, carbon fibre, etc.
- Het ontwerp van de elektrische bedrading en circuits moeten volledig gebaseerd zijn op standaard kleurcodes (NEN/DIN standards)
 1. Een plus-kabel moet rood gekleurd of gemarkeerd zijn.
 2. Een min-kabel moet zwart of blauw gekleurd of gemarkeerd zijn.
 3. Alle kabels moeten voorzien zijn van een geschikt strainrelief.
- De minimale afstand tussen de batterijen en de bemanning is één meter.
 1. De uitlaat van het ventilatiesysteem moet gepositioneerd worden achter de bemanning of in een alternatieve positie die op een redelijke afstand van de bemanning is; dit alles wordt beslist door het technisch comité.
 2. Het batterij ventilatiesysteem moet ontworpen worden zodat opwaarts spatwater en regenwater niet in direct contact kunnen komen met de elektrische contacten van de batterij.
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van een hoofd-noodknop die gelijktijdig de vermogen toevoer naar de motor en de vermogen toevoer van de zonnepanelen naar de MPPT verbreekt in een noodsituatie. Deze knop is niet hetzelfde als de dodemanskop
 1. De knop moet in staat zijn de elektrische stroomvoorziening onder volledige belasting te verbreken.
 2. De knop moet eenvoudig te bereiken zijn voor hulpdiensten van buiten de cockpit. De positie van de noodknop moet duidelijk gemarkeerd worden aan de buitenkant van het vaartuig zodat de knop eenvoudig kan worden gevonden.
- 3. De knop moet duidelijk gemarkeerd zijn als noodknop.
- 4. De 'aan' en 'uit' posities moeten duidelijk aangegeven zijn.
- 5. De belettering moet een minimale hoogte hebben van 20 mm.
- 6. Het is toegestaan om één of meer relays in het schakelsysteem te gebruiken.
- 7. In het geval van het gebruik van een relay, moet deze relay geschikt zijn voor de toepassing. Een systeem dat de zonnepanelen kort sluit is toegestaan voor het onderbreken van de stroom naar de MPPTs.
- Van alle schippers en bemanningsleden wordt verwacht dat ze tijdens de race minimaal 70 kg wegen.
 1. Daarvoor worden alle schippers gewogen
 2. Het wegen vindt plaats terwijl de bemanningsleden hun zwemkleding en zwemvesten aan hebben.
 3. In het geval dat de schipper of bemanningslid minder dan 70 kg weegt wordt de ballast bepaald die hij of zij mee moet nemen tijdens de race.
 4. De ballast wordt gemarkeerd met een uniek teken voor de bijbehorende schipper of bemanningslid.

Bijlage D

Vripack V20 gewichtsberekening

	Aantal	Gewicht per unit	Totaal	vcg	lcg	Vcg moment	Lcg moment	
Romp	1	40,00	40,00	0,235	-3,000	9,40	-120,0	Romp
Nummerbord + transponder + lijn	1	1,00	1,00	0,750	-3,150	0,75	-3,2	
Draagvleugelsysteem voorkant	1	5,00	5,00	-0,300	-1,600	-1,50	-8,0	Folis
Draagvleugelsysteem achterkant	1	4,00	4,00	-0,350	-5,500	-1,40	-22,0	
Stuurwiel en kabel	1	1,50	1,50	0,450	-2,350	0,68	-3,5	Aandri jving
Pod	1	11,00	11,00	-0,300	-5,600	-3,30	-61,6	
Zonnepanelen	1	34,50	34,50	0,450	-3,135	15,53	-108,2	Elektrisch systeem
Accu's: MG Solar Battery 1500	1	18,00	18,00	0,080	-4,960	1,44	-89,3	
Ventilator voor accu's	2	0,20	0,40	0,080	-4,100	0,03	-1,6	
MPPT	2	4,14	8,28	0,135	-4,275	1,12	-35,4	
DC/DC convertor	1	0,30	0,30	0,150	-5,000	0,05	-1,5	
Display	1	0,30	0,30	0,550	-2,100	0,17	-0,6	
Contactoor	2	0,30	0,60	0,750	-2,950	0,45	-1,8	
GPS	1	0,05	0,05	0,750	-3,000	0,04	-0,2	
3G module	1	0,05	0,05	0,750	-3,050	0,04	-0,2	
Smeltveiligheid	2	0,40	0,80	0,400	-2,650	0,32	-2,1	
Elektrische bekabeling	1	4,00	4,00	-0,100	-4,850	-0,40	-19,4	Uitrusting
Brandblusser	1	1,50	1,50	0,150	-2,650	0,23	-4,0	
Boei	1	0,50	0,50	0,350	-2,600	0,18	-1,3	
Peddel	1	0,50	0,50	0,400	-2,300	0,20	-1,2	
Hoorn	1	0,10	0,10	0,400	-2,300	0,04	-0,2	
Lenspomp	1	0,20	0,20	-0,100	-2,300	-0,02	-0,5	
Totaal Light Ship			132,58	0,181	-3,663	24,0	-485,6	
Marge (4%)			5,30	0,181	-3,663	0,96	-19,4	
Bestuurder	1	80	80,00	0,223	-2,312	17,84	-185,0	
Totaal Loaded Weight			217,9	0,197	-3,167	42,8	-690,0	

Bijlage E

Programma van Eisen

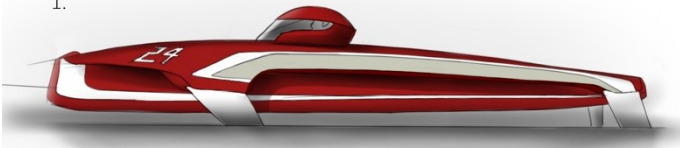
	Eis	Specificatie
1.1.1	De cockpit moet betaalbaar zijn	Aanschafprijs totale boot < €50.000
	De cockpit moet representatief zijn	Goede afwerking/ design
1.1.2	Het cockpitontwerp moet passen bij de ontwerpstyl van Vripack	Doorbroken strakke en scherpe lijnen. Contrasterend kleurgebruik
1.1.3	De cockpit moet passen bij de inspiratiebronnen die gebruikt zijn bij het ontwerp van de V20	Zonnewagen, vintage Formule-1 wagens, Moth zeilboten
1.2.1	De gebruiker moet de stuwkracht kunnen aanpassen	Cockpit bevat: gashendel, aan/uitknop
1.2.2	De gebruiker moet de vaarhoogte kunnen aanpassen	Cockpit bevat: trimpedalen/hendels
	De gebruiker moet kunnen sturen	Cockpit bevat: stuursysteem
	De gebruiker moet kunnen communiceren met mensen op de wal	Cockpit bevat: microfoon, 3g-module, luidspreker
	De gebruiker moet de status van de V20 kunnen zien	Cockpit bevat: GPS module, MG color display
	De gebruiker moet de romp kunnen leegpompen	Cockpit bevat: aan/uit knop lenspomp
	De accu's van de V20 moeten geventileerd worden	Cockpit bevat: ventilatieroosters die 0,3 m ² /minuut aan- uitvoeren
	De gebruiker moet worden ondersteund	Cockpit bevat: stuurstoel, cockpit
	De gebruiker moet de V20 veilig kunnen gebruiken	Cockpit bevat: Stuurstoel, cockpit, dodemansknop, nood-knop, brandblusser, boothoek, boei, waarschuwingsslag, peddel, hoorn
1.2.3	De cockpit moet passen bij de al vaststaande materialen van de V20	Moet passen bij: zonnecellen, romp, draagvleugels, Torqueedo gashendel, MG color display
1.2.4	De cockpit moet passen bij de vormkenmerken van de V20	De vormgeving van de cockpit moet vloeiende lijnen met afgeronde hoeken bevatten
1.2.5	De cockpit moet qua kleurstelling passen bij de rest van de V20	Geen vloekende felle kleuren. Contrasterende kleuren om ontwerp te versterken
1.2.6	De gebruiker moet comfortabel in de gekozen zitpositie kunnen zitten	Zitpositie gebruiken zoals bepaald d.m.v. van 90%-CAD-modellen
	De gebruiker moet in en uit de cockpit kunnen stappen	Volgens de analyse van het instappen en uitstappen
	Het gedeelte van de cockpit dat boven het dek uitsteekt mag geen schaduw werpen op de zonnepanelen	Zonnehoek van 40°

2.1	De cockpit moet aan de solarrace reglementen voldoen	Zie reglementen
	De gekozen materialen voor de cockpit mogen niet brandgevaarlijk zijn	Volgens ISO 9772
	De gebruiker mag zich niet aan de cockpit kunnen bezeren	Geen scherpe randen of uitstekende delen. Lichaamsdelen mogen niet bekneld raken tijdens het gebruik
	De cockpit moet de gebruiker beschermen tegen weersinvloeden	Cockpit bevat windscherm van tenminste 10 cm hoog
	De cockpit beschermd de gebruiker tegen spatwater	Cockpit bevat een cockpitrand die tenminste 6 cm hoog is
	De gebruiker moet in het geval van nood snel uit de cockpit kunnen ontsnappen	<5 seconden
2.2	De cockpitdelen (stuurstoel + cockpit) mogen niet te zwaar zijn	Totaal romp en cockpitdelen < 40 kg
	Het stuursysteem mag niet te zwaar zijn	Totaal stuursysteem < 1,5 kg
	Het zwaartepunt van de boot moet in het juiste punt komen te liggen	In overleg met de afdeling small-craft engineering
2.3	De cockpitdelen mogen niet gemaakt worden met behulp van te dure materialen of productieprocessen	Aanschafprijs totale boot < €50.000
	De cockpitdelen mogen niet te zwaar zijn	Zie 2.2
	De cockpitdelen moeten niet gemaakt worden m.b.v langdurige of ingewikkelde productieprocessen	De V20-boten moeten ruim voor 5 juli klaar zijn
	De cockpitdelen moeten uit zo weinig mogelijk malen worden gehaald	Maximaal vier afzonderlijke malen
	Het ontwerp van de cockpitdelen moet zo zijn dat ze eenvoudig uit de productiemal kunnen worden gehaald	De geometrie van de cockpitdelen moet lossend zijn
3.1	De V20 moet inclusief cockpit in de ontworpen scheepcontainer passen	Max. afmetingen V20= lxbxh: 5,8 m x 2,3 m x 2,3 m
	De cockpit moet bestand zijn tegen de weersinvloeden	Gebruikte materialen bestand tegen zonlicht (UV-licht), tegen temperaturen van 0°C tot 60°C en tegen water
	De V20 moet onder alle bruggen van de DONG energy challenge door kunnen	Max. vaarhoogte = 0,7 m
3.2	De cockpit moet aan de behoeftes van Vripack voldoen	De V20 moet een aantrekkelijke combinatie van design, prijs en prestatie bieden
	De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceteams voldoen	De V20 moet competitief en representatief zijn
	De cockpit moet aan de behoeftes van de bestuurder voldoen	De V20 moet comfortabel veilig en overzichtelijk zijn
	De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceorganisatie voldoen	De V20 moet veilig, competitief en aantrekkelijk zijn
	De cockpit moet aan de behoeftes van de technicus voldoen	De V20 moet eenvoudig te bereiken componenten hebben en overzichtelijk zijn.
3.3	De plaatsing van de componenten moet zo zijn dat ze comfortabel zijn te bedienen	Binnen reikwijdte handen, voeten en vingers bij de bepaalde zitpositie
	De V20 moet een duidelijke interface hebben	De knoppen en het kleurenscherm moeten goed zichtbaar zijn en ordelijk geplaatst zijn
3.3	De stuurstoel moet sterk genoeg zijn	Moet een kracht van 3924 N kunnen weerstaan
	De cockpit moet sterk genoeg zijn	Moet een kracht van 784,8 N kunnen weerstaan
	Het stuursysteem moet sterk genoeg zijn	Het stuursysteem moet een moment van Nm kunnen weerstaan
	Alle componenten van de cockpit moeten bestand zijn tegen trillingen die bij normaal gebruik voorkomen	Componenten moeten zo worden vastgezet dat lostrillen onmogelijk is.

Bijlage F

Vormstudie zijaanzicht

1.



4.



7.



2.



5.



8.



3.



6.



9.



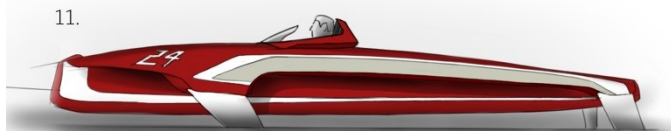
10.



13.



11.



14.



12.

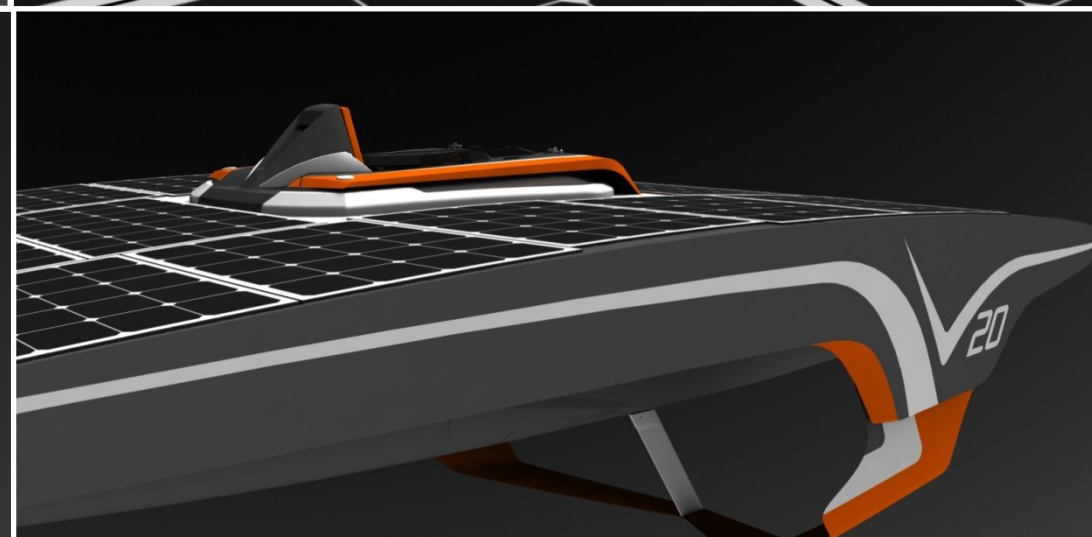
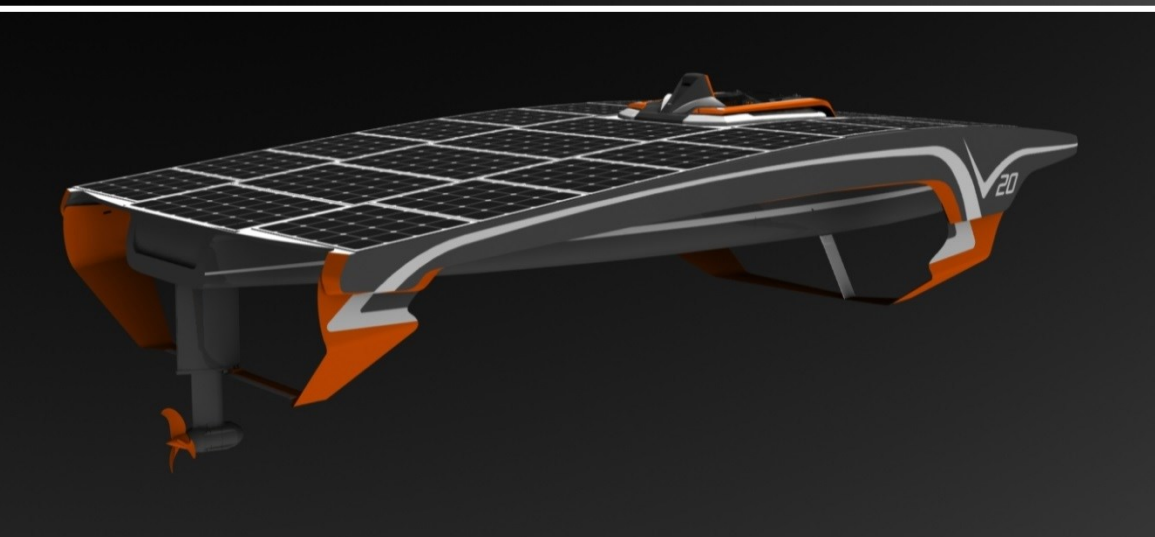
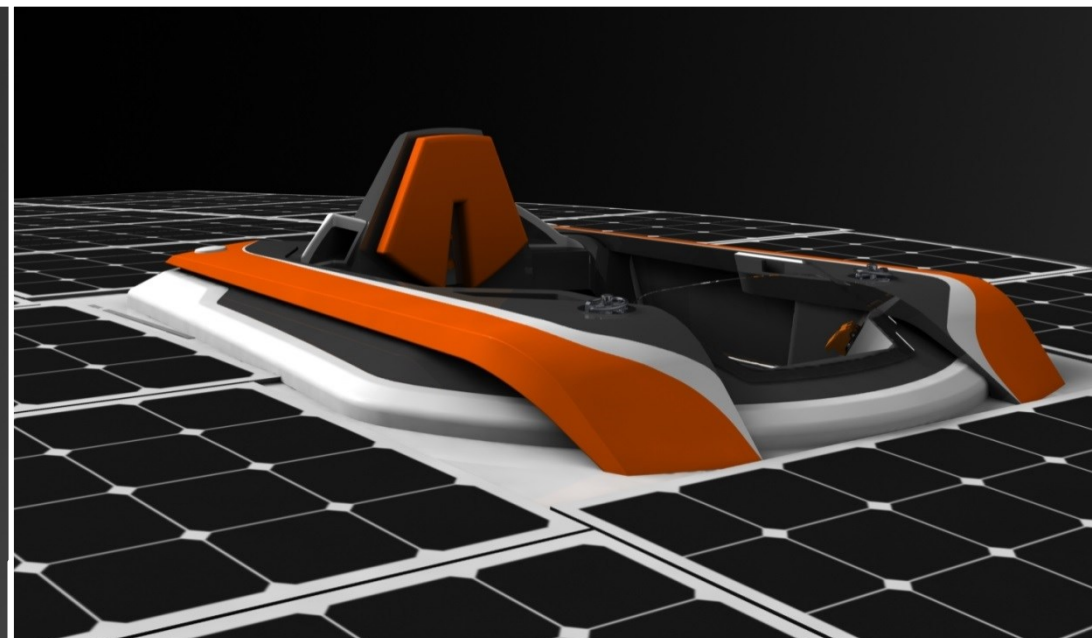
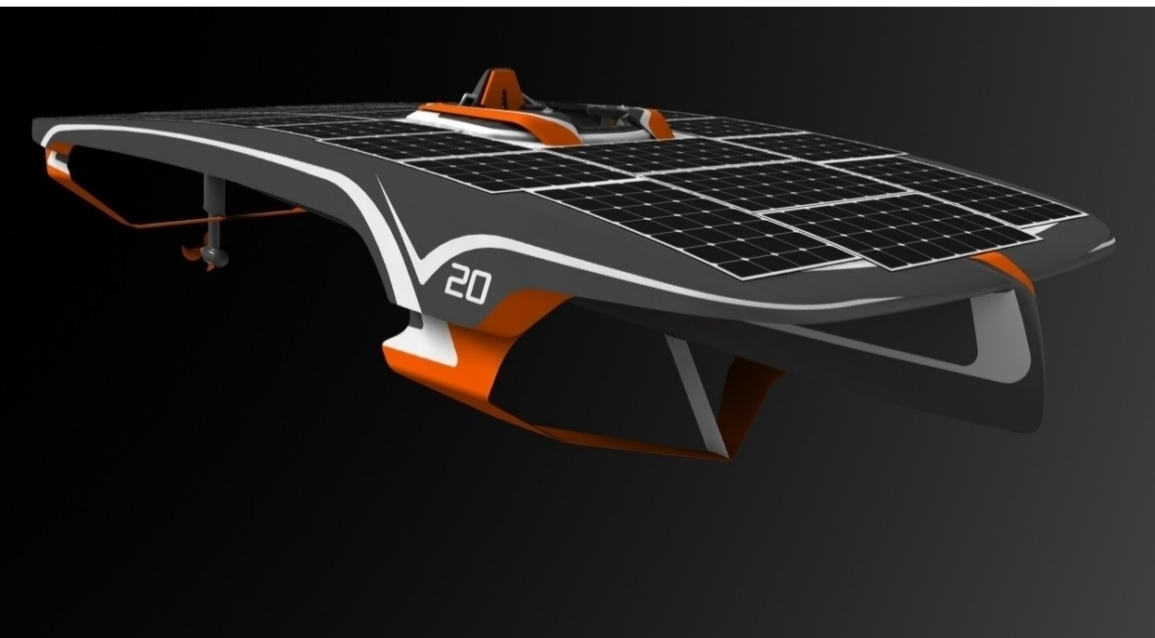


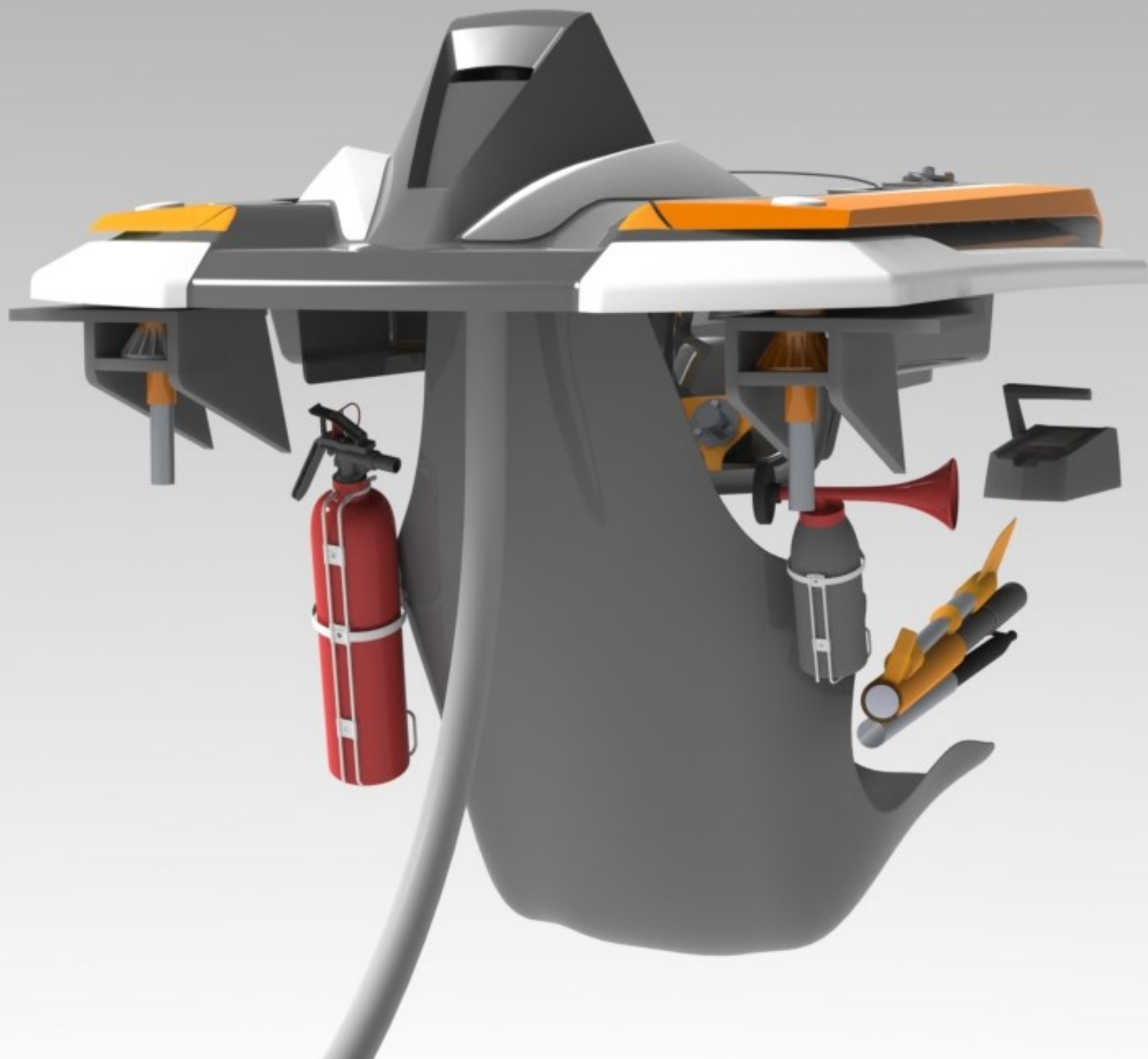
15.



Bijlage G

Renders 3D-aanzicht







Bijlage H

Materiaaleigenschappen

1. Carbon fiber reinforced carbon matrix composite (Vf:40%)*	
Dichtheid	1700 kg/m ³
Vloeigrens (X,Y,Z)	75 GPa
Poisson-factor (XY, YZ, XZ)	0.32
Schuifmodulus (XY, YZ, XZ)	28.4 GPa
Treksterkte (X, Y)	14.6 MPa
Druksterkte (X, Y)	147 MPa

* Dit composiet is een orthotroop materiaal dat in de sterkteberekening is vereenvoudigd tot een isotroop materiaal.

3. ABS	
Dichtheid	1020 kg/m ³
Vloeigrens	2 GPa
Poisson-factor	0.394
Schuifmodulus	0.3189 GPa
Treksterkte	30 MPa
Druksterkte	50 MPa

2. PVC cross-linked foam (rigid, closed cell, KR 0.100)	
Dichtheid	80 kg/m ³
Vloeigrens	92.5 MPa
Poisson-factor	0.31
Schuifmodulus	39 MPa
Treksterkte	2.56 MPa
Druksterkte	1.94 MPa

4. Aluminium 6061 Alloy	
Dichtheid	2700 kg/m ³
Vloeigrens	69 GPa
Poisson-factor	0.33
Schuifmodulus	26 GPa
Treksterkte	255 MPa
Druksterkte	235 MPa

Bijlage I

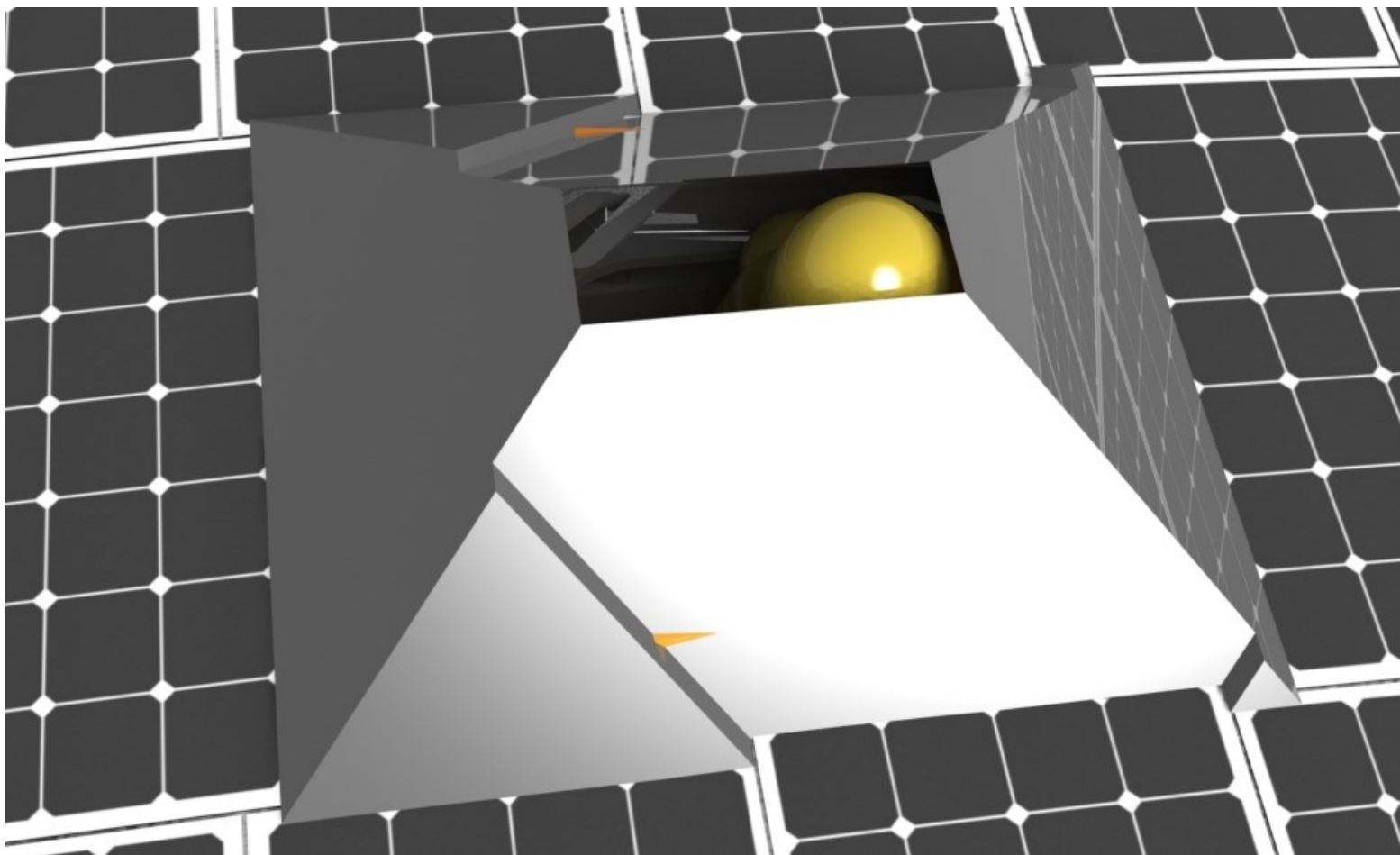
Programma van Eisen check

	Eis	Voldaan?
1.1.1	De cockpit moet betaalbaar zijn	Onbekend, de totaalprijs van de rest van de V20 is niet bekend
	De cockpit moet representatief zijn	Ja, waardering in 5.4 is 3/5
1.1.2	Het cockpitontwerp moet passen bij de ontwerpstyl van Vripack	Ja, waardering in 5.4 is 3/5
1.1.3	De cockpit moet passen bij de inspiratiebronnen die gebruikt zijn bij het ontwerp van de V20	Ja, waardering in 5.4 is 3/5
1.2.1	De gebruiker moet de stuwkracht kunnen aanpassen	Ja, de cockpit bevat een gashendel en een aan/uitknop
1.2.2	De gebruiker moet de vaarhoogte kunnen aanpassen	Onbekend, het trimsysteem verschilt per solarteam
	De gebruiker moet kunnen sturen	Ja, de cockpit bevat een stuur (het precieze stuursysteem verschilt per solarteam)
	De gebruiker moet kunnen communiceren met mensen op de wal	Ja, de cockpit bevat een gashendel en een aan/uitknop
	De gebruiker moet de status van de V20 kunnen zien	Ja, de cockpit bevat een kleurenscherm
	De gebruiker moet de romp kunnen leegpompen	Ja, de cockpit bevat een aan/uitknop voor de lenspomp
	De accu's van de V20 moeten geventileerd worden	Ja, de cockpit bevat ventilatieopeningen voor het ventilatiesysteem
	De gebruiker moet worden ondersteund	Ja, de cockpit bevat een bestuurderstoel
	De gebruiker moet de V20 veilig kunnen gebruiken	Ja, de cockpit bevat
1.2.3	De cockpit moet passen bij de al vaststaande materialen van de V20	Ja, waardering in 5.4 is 4/5
1.2.4	De cockpit moet passen bij de vormkenmerken van de V20	Ja, waardering in 5.4 is 4/5
1.2.5	De cockpit moet qua kleurstelling passen bij de rest van de V20	Ja, waardering in 5.4 is 5/5 (de uiteindelijke kleurstelling verschilt echter per team)
1.2.6	De gebruiker moet comfortabel in de gekozen zitpositie kunnen zitten	Ja, volgens Tabel 7 en analyse 6.1.2 Comfort
	De gebruiker moet in en uit de cockpit kunnen stappen	Ja, volgens analyse 6.1.1 Functionaliteit
	Het gedeelte van de cockpit dat boven het dek uitsteekt mag geen schaduw werpen op de zonnepanelen	Ja, volgens Bijlage

2.1	De cockpit moet aan de solarrace reglementen voldoen	Gedeeltelijk onbekend, zie Bijlage I. Of de cockpit voldoet hangt af van de solarteams
	De gekozen materialen voor de cockpit mogen niet brandgevaarlijk zijn	Onbekend, materiaalkeuze is gedaan door de producent
	De gebruiker mag zich niet aan de cockpit kunnen bezeren	Ja, het ontwerp bevat geen uitstekende scherpe randen en lichaamsdelen worden niet beklemd bij normaal gebruik (zie 6.1.1 Functionaliteit en 6.1.3 Veiligheid)
	De cockpit moet de gebruiker beschermen tegen weersinvloeden	Ja, het windscherm is 11,6 cm hoog
	De cockpit beschermd de gebruiker tegen spatwater	Ja, de cockpitrand is 6,4 cm hoog
	De gebruiker moet in het geval van nood snel uit de cockpit kunnen ontsnappen	Ja, dit is een inschatting n.a.v. de veiligheidsanalyse in 6.1.3 Veiligheid. Bevestiging zal plaats moeten vinden door een evacuatie test
2.2	De cockpitdelen (stuurstoel + cockpit) mogen niet te zwaar zijn	Onbekend, hangt af van het rompgewicht
	Het stuursysteem mag niet te zwaar zijn	Onbekend, hangt af van de keuze van de solarteams
	Het zwaartepunt van de boot moet in het juiste punt komen te liggen	Gedeeltelijk onbekend, van de bestuurder wel (zie Figuur 77). Van de cockpitdelen niet.
2.3	De cockpitdelen mogen niet gemaakt worden met behulp van te dure materialen of productieprocessen	Onbekend, het precieze productieproces is gekozen door de producent
	De cockpitdelen mogen niet te zwaar zijn	Onbekend, hangt af van de materiaalkeuze en productieproces
	De cockpitdelen moeten niet gemaakt worden m.b.v. langdurige of ingewikkelde productieprocessen	Gedeeltelijk niet. De cockpitranden zijn af voor de DONG Energy Solar Challenge. De loopvleugels niet.
	De cockpitdelen moeten uit zo weinig mogelijk malen worden gehaald	Nee, de cockpit wordt uit één mal gehaald. De loopvleugels uit vier.
	Het ontwerp van de cockpitdelen moet zo zijn dat ze eenvoudig uit de productiemal kunnen worden gehaald	Ja, alle composietonderdelen zijn lossend
3.1	De V20 moet inclusief cockpit in de ontworpen scheepcontainer passen	Ja, de afmetingen van de V20 zijn 5,8 m x 2,3m x 1,63m
	De cockpit moet bestand zijn tegen de weersinvloeden	Onbekend, hangt af van de materiaalkeuze
	De V20 moet onder alle bruggen van de DONG energy challenge door kunnen	Nee, de doorvaarhoogte is 78 cm maar in overleg met Vripack is besloten deze eis te negeren
3.2	De cockpit moet aan de behoeftes van Vripack voldoen	Ja, waardering in 5.4 is 4/5
	De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceteams voldoen	Ja, waardering in 5.4 is 4/5
	De cockpit moet aan de behoeftes van de bestuurder voldoen	Ja, waardering in 5.4 is 4/5
	De cockpit moet aan de behoeftes van de solarraceorganisatie voldoen	Ja, waardering in 5.4 is 4/5
	De cockpit moet aan de behoeftes van de technicus voldoen	Ja, waardering in 5.4 is 4/5
3.3	De plaatsing van de componenten moet zo zijn dat ze comfortabel zijn te bedienen	Ja, volgens de gebruiksanalyse van 6.1.1 Functionaliteit
	De V20 moet een duidelijke interface hebben	Ja, alle bedieningselementen zijn logisch geplaatst en goed zichtbaar
3.3	De stuurstoel moet sterk genoeg zijn	Onbekend, hangt af van de materiaalkeuze
	De cockpit moet sterk genoeg zijn	Onbekend, hangt af van de materiaalkeuze
	Het stuursysteem moet sterk genoeg zijn	Onbekend, hangt af van de keuze van de solarteams
	Alle componenten van de cockpit moeten bestand zijn tegen trillingen die bij normaal gebruik voorkomen	Onbekend, hangt af van de manier waarop de componenten zijn gemonteerd

Bijlage J

Schaduwwerking



Bijlage K

Reglement check

Voldaan, Onbekend, niet voldaan

- De schipper moet een vrij blikveld hebben en te allen tijde onbelemmerd kunnen horen. Het vaartuig mag niet voorzien zijn van een gesloten cabine.
- Alle vaartuigen moeten ontworpen zijn zodat verzekerd kan worden dat alle bemanningsleden in staat zijn om binnen 5 seconden uit het vaartuig te ontsnappen.
 1. Dit moet gedemonstreerd worden met een evacuatie-test.
 2. De dodemansknop moet gelijktijdig geactiveerd worden tijdens de evacuatie zonder dat dit enig vertragend effect heeft op de evacuatie.
 3. Luiken die moeten worden geopend voor dat de bemanningsleden kunnen ontsnappen zijn niet toegestaan.
 4. De minimale breedte van de cabine is 50 cm.
 5. De cabine moet een passend zitje hebben.
- Het gebruik van veiligheidsgordels aan boord van de vaartuigen is niet toegestaan.
- De cabine mag geen potentiële gevaren voor de bemanningen bevatten.
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn met een commercieel verkrijgbare dodemansknop die altijd volledig functioneel blijft wanneer de bemanning aan boord is.
 1. Dit wordt getest tijdens de evacuatie-test.
 2. Dit moet zo functioneren dat wanneer de dodemansknop wordt verwijderd de motor stopt met draaien en dat wanneer hij wordt

teruggeplaatst er minimaal één extra handeling nodig is om de motor te herstarten

- Het is verplicht voor alle vaartuigen om uitgerust te zijn met één of meer elektrische en automatische lens-pomp.
 1. De pomp moet ontworpen worden zodat alle compartimenten die passagiers of elektrische componenten bevatten geleegd worden.
 2. Het systeem moet ontworpen worden zodat verzekerd wordt dat elk van de bovenstaande compartimenten automatisch en onafhankelijk leeg kan worden gepompt.
 3. De pomp moet een minimaal pompcapaciteit van 1500 liter per uur hebben.
 4. De leidingen en/of slangen die gemonteerd zijn op de pomp moeten een interne diameter hebben die minimaal even groot zijn dan de uitlaat van de pomp.
 5. De leidingen en/of slangen moeten geïnstalleerd zijn zodat het buiswater overboord wordt gepompt.
- Alle montagesystemen die aan boord worden gebruikt moeten mechanisch gezekeerd zijn.
 1. Alle verbindingen die kunnen draaien tijdens gebruik moeten gezekeerd zijn met een splitpen. Het gebruik van zekeringen zoals 'loctite' is niet toegestaan, alleen met speciale toestemming van de organisatie.
 2. Toestemming wordt alleen gegeven gebaseerd op een van te voren een geschreven aanvraag aan de organisatie met de bijbehorende motivatie.
 3. Bij een bout en moer verbinding moet de schroefdraad van de bout minimaal twee volledige draaiingen uitsteken. Hetzelfde geldt voor draadeinden.
 4. Wanneer zelf borgende moeren worden gebruikt moet de schroefdraad uit de plastic borging steken met een minimum

- van twee volledige draaiingen. Het gebruik van borgringen wordt geadviseerd. Het gebruik van borgringen bij bout-moer verbindingen is verplicht.
 - 5. Het gebruik van klittenband is toegestaan onder voorwaarde dat dit duidelijk aangegeven wordt in het ontwerp en goedgekeurd is door het technisch comité voor de technische inspectie.
 - 6. Het technisch comité mag te allen tijde vragen om het installeren van extra verbindingen, in het bijzonder wanneer het om de zonnepanelen gaat of componenten die invloed hebben op de veiligheid van de bemanningsleden of de werking.
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van minimaal twee signaleringssystemen.
 - 1. Een uniform gekleurde oranje of rode waarschuwingsvlag met een minimale grootte van 30 x 30 cm die bevestigd is aan stok of vergelijkbare constructie met een minimale lengte van 100 cm. De waarschuwingsvlag mag niet gecombineerd worden met de verplichte bootshaak.
 - 2. Een hoorbaar waarschuwingssysteem zoals een scheepshoorn die hoorbaar is op een redelijke afstand. Bijvoorbeeld:
 - 1. Een hoorn waarop kan worden geblazen
 - 2. Een hoorn die werkt m.b.v. van luchtdruk
 - 3. Een elektrische hoorn
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van een duidelijk zichtbare gele of oranje boei met een diameter van ten minste 12 centimeter die permanent bevestigd is aan het vaartuig met een drijvend touw van ten minste 5 m.
 - 1. De verbinding en opslag van deze boei moet zo zijn dat wanneer het vaartuig onder het wateroppervlak verdwijnt de boei begint te drijven op het wateroppervlak en zo aangeeft waar het vaartuig gezonken is.
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van ten minste één peddel per bemanningslid.
 - 1. De peddel moet zo functioneren dat het mogelijk is voor de schipper om het vaartuig te peddelen vanuit de normale zitpositie in de cockpit.
 - 2. De peddel moet een minimale lengte hebben van 60 cm, een minimale bladlengte van 30 cm en een minimale bladbreedte van 13 cm. De peddel moet bevestigd zijn in een eenvoudig bereikbare locatie aan boord van het vaartuig.
- Alle voertuigen moeten voorzien zijn van een goedgekeurde brandblusser met een minimale capaciteit van 1 kg blussend materiaal geschikt voor het blussen van vast materiaal (category A).
 - 1. Alleen brandblussers met een geldige goedkeuring zijn toegestaan.
 - 2. De brandblusser moet in een zodanige positie bevestigd worden dat deze eenvoudig kan worden gepakt door ieder bemanningslid vanaf een normale zitpositie in de cockpit en niet in het water kan vallen wanneer deze uit zijn bevestiging wordt gepakt.
- Alle vaartuigen moeten voorzien worden met een bootshaak met een minimale lengte van 1 en een niet-metalen haak.
- Alle scherpe randen van het vaartuig moeten adequaat worden afgeschermd.
- Het stuurmechanisme van het vaartuig moet:
 - 1. een formaat hebben zodat het vaartuig adequaat kan worden bestuurd,
 - 2. moet ongehinderd kunnen worden gebruikt,
 - 3. vrij van speling zijn in zowel belaste als onbelaste situaties.

- Alle energie geleidende onderdelen moeten volledig geïsoleerd zijn zodat gevaarlijke situaties in het geval van contact en blootstelling aan water worden voorkomen.
 1. (voor instructies over hoe dit gedaan moet worden, kan bijvoorbeeld gekeken worden naar NEN/DIN standaarden) hier moet speciaal op gelet worden wanneer de voertuigen van geleidende materialen zijn gemaakt zoals aluminium, carbon fibre, etc.
- Het ontwerp van de elektrische bedrading en circuits moeten volledig gebaseerd zijn op standaard kleurcodes (NEN/DIN standards)
 1. Een plus-kabel moet rood gekleurd of gemarkeerd zijn.
 2. Een min-kabel moet zwart of blauw gekleurd of gemarkeerd zijn.
 3. Alle kabels moeten voorzien zijn van een geschikt strainrelief.
- De minimale afstand tussen de batterijen en de bemanning is één meter.
 1. De uitlaat van het ventilatiesysteem moet gepositioneerd worden achter de bemanning of in een alternatieve positie die op een redelijke afstand van de bemanning is; dit alles wordt beslist door het technisch comité.
 2. Het batterij ventilatiesysteem moet ontworpen worden zodat opwaarts spatwater en regenwater niet in direct contact kunnen komen met de elektrische contacten van de batterij.
- Alle vaartuigen moeten voorzien zijn van een hoofd-noodknop die gelijktijdig de vermogen toevoer naar de motor en de vermogen toevoer van de zonnepanelen naar de MPPT verbreekt in een noodsituatie. Deze knop is niet hetzelfde als de dodemansknoop
 1. De knop moet in staat zijn de elektrische stroomvoorziening onder volledige belasting te verbreken.
 2. De knop moet eenvoudig te bereiken zijn voor hulpdiensten van buiten de cockpit. De positie van de noodknop moet duidelijk gemarkeerd worden aan de buitenkant van het vaartuig zodat de knop eenvoudig kan worden gevonden.
 3. De knop moet duidelijk gemarkeerd zijn als noodknop.
 4. De 'aan' en 'uit' posities moeten duidelijk aangegeven zijn.
 5. De belettering moet een minimale hoogte hebben van 20 mm.
 6. Het is toegestaan om één of meer relays in het schakelsysteem te gebruiken.
 7. In het geval van het gebruik van een relay, moet deze relay geschikt zijn voor de toepassing. Een systeem dat de zonnepanelen kort sluit is toegestaan voor het onderbreken van de stroom naar de MPPTs.
- Van alle schippers en bemanningsleden wordt verwacht dat ze tijdens de race minimaal 70 kg wegen.
 1. Daarvoor worden alle schippers gewogen
 2. Het wegen vindt plaats terwijl de bemanningsleden hun zwemkleding en zwemvesten aan hebben.
 3. In het geval dat de schipper of bemanningslid minder dan 70 kg weegt wordt de ballast bepaald die hij of zij mee moet nemen tijdens de race.
 4. De ballast wordt gemarkeerd met een uniek teken voor de bijbehorende schipper of bemanningslid.