

United Mobility

Pro06 - eindverslag

ZES STUDENTEN, NAMEN BEKEND BIJ
ROELAND HOGT

Voorwoord

Wij zijn Automotive studenten aan de Hogeschool Rotterdam. Dit document dient als eindverslag voor het project United Mobility in het zesde semester van het derde leerjaar.

Het doel van het project is het ontwikkelen van een ultra zuinig voertuig voor (inter)stedelijk verbruik.

DISCLAIMER:

- **HET BETREFT HIER EEN STUDENTEN PROJECT**
- **OM DIE REDEN IS DE KWALITEIT VAN DE RESULTATEN NIET GEGARANDEERD**

Rotterdam, July 2016

Samenvatting

United Mobility betreft een project waarbij een ultra zuinig voertuig ontworpen zal worden voor (inter)stedelijk verbruik. De zes leden die aan dit project meedoen zijn onderverdeeld in team chassis, body, multiplex network, accuplaatsing en koelsystemen.

Eén van de eisen aan het chassis was dat deze niet meer dan 50 kg mag wegen. Na een berekening is gebleken dat het chassis 26.2 kg weegt, wat ver onder de eis ligt. De berekende massa is exclusief lasnaden. Bij het bekijken van het spanningsverloop is te zien dat er een hoge spanningsconcentratie in de bodemplaat van het chassis is. Om deze spanningen weg te halen zal de bodemplaat dikker moeten worden. Een dikkere bodemplaat zal niet alleen de spanningen verlagen maar zal de torsiestijfheid van het totale chassis ook positief beïnvloeden.

De minst gevoelige profielen bevinden zich voornamelijk aan de achterkant van het chassis. Dit betekent dat extra verstevigingen aanbrengen aan de achterkant van het chassis weinig tot geen invloed zal hebben op de torsiestijfheid van het chassis. Met een handberekening is gebleken dat de torsiestijfheid van het United Mobility chassis 3854 Nm/graad bedraagt, dit is lager dan de minimale eis in het PVE van 5600 Nm/graad. Om aan deze eis te voldoen zal het chassis verstevigd moeten worden. In het verslag zijn vier mogelijke scenario's behandeld om dit te bereiken.

Om te zorgen dat het voertuig zijn extreem lage verbruik zou bereiken is het van belang dat er een aerodynamische body ontwikkeld wordt. Door het ontwerp van de externe opdrachtgever te analyseren was het mogelijk om de probleem gebieden te bekijken en hier aanpassingen op te doen. Van een body die alleen over de bestuurder heen gevormd is, is de body ontwikkeld naar een ontwerp met sidepods om de luchtstroom rond de wielen zo effectief mogelijk te geleiden. Zo heeft het uiteindelijke ontwerp een C_w waarde van 0,13.

Omdat het voertuig United Mobility een duurzaam voertuig moet gaan worden. Is besloten om voor de verlichting een netwerk te ontwerpen, die een bijdrage levert aan een licht gewicht voertuig.

In dit verslag worden drie concepten behandeld. Het gekozen concept voor de verlichting van het voertuig United Mobility is Can-bus netwerk. Het netwerk bestaat uit drie modules die met elkaar communiceren en de bestuurder informeren welke verlichting ingeschakeld is. De hardware die voor de modules worden gebruikt is de BeagleBone.

Voor de bevestiging van de accu's zijn in dit verslag een aantal concepten bedacht. De gekozen concept voor het bevestigen van de accu's is het concept outthebox. Dit biedt voordelen aan de zwaartepunt en comfort.

Voor de koeling van de aandrijving is een closed loop systeem ontwikkeld waarbij de motorcontroller en de elektromotor apart van de laders gekoeld kunnen worden door middel van kleppen. Er is gekozen voor een watergekoeld systeem zodat er zo min mogelijk gaten in de body hoeven. Het systeem is volledig regelbaar en houdt de temperatuur van de aandrijving in order zodat de aandrijving optimaal kan blijven werken.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	5
Opdrachtschrijving.....	6
Chassis.....	7
Programma van eisen	7
Softwarekeuze	8
Concepten.....	9
Conceptverantwoording.....	13
Handberekeningen.....	14
Profielverantwoording.....	15
Resultaten	16
Conclusies en aanbevelingen.....	19
Body	21
PVE	21
Analyse current state	22
Vorm analyse voertuig.....	23
Concept ontwerpen	24
Concepten voor de sidepods	27
Keuzematrix sidepod concepten.....	29
Optimalisatie concept 3	30
Analyse en optimalisatie middenstuk.....	30
Analyse en optimalisatie sidepods.....	31
Totaal concept	34
Conclusie.....	35
Advies.....	35
Multiplexed Network.....	36
Probleemstelling	36
Programma van eisen	38
Concepten	39
Eindconcept	45
Ontwikkeling	46
Conclusie.....	58
Aanbevelingen	59

Accu bevestiging	60
Probleemstelling	60
Programma van eisen	63
Current state	66
Definitief concept.....	69
Conclusies en aanbevelingen	74
Koelsysteem	75
Probleemstelling	75
Programma van eisen	76
Concepten	77
Uitwerking Koelsystemen	81
Conclusie	88
Bijlagen.....	89
Chassis.....	89
Body	97
Multiplexed Network	106
Accubevestiging	114
Koelsysteem	121
Bronvermelding	129
Chassis.....	129
Body	129
Multiplex Network.....	130
Accuplaatsing	130
Koelsysteem	131

Inleiding

Als onze opleiding Automotive aan de Hogeschool Rotterdam dienen we in semester 6 van het derde studiejaar een project te volgen die op de zelfde wijze wordt beoordeeld zoals deze gehanteerd wordt bij stage en afstuderen. Hierbij komen alle competenties aan bod, namelijk analyseren, onderzoeken, ontwikkelen, realiseren en professioneel handelen. Het breed scala aan projecten biedt de mogelijkheid om een project te kiezen dat gekoppeld is aan mijn persoonlijke ontwikkelingsplan.

Wij hebben met zijn allen gekozen voor het project United Mobility.

Opdrachtomschrijving

United Mobility is een project waarbij 2e en 3e jaarsstudenten in samenwerking met externe partijen een compleet voertuig ontwerpen. De vraagstuk bij United Mobility luidt als volgt;

“Ontwerp een ultra zuinig elektrisch voertuig voor (inter)stedelijk vervoer dat op termijn als autonoom voertuig deel kan uitmaken van een coöperatief mobiliteitssysteem”.

Tweede- en derdejaarsstudenten zullen samenwerken om dit project tot een succes te brengen. Wij als derdejaarsstudenten zullen fungeren als leiders van de tweedejaarsstudenten. Patrick is tevens ook als interne leider van het project aangewezen.

Nadat het compleet ontwerp gereed is zal van het chassis een mockup komen. Nadat de R&D fase helemaal voorbij is zal het chassis gelast worden bij de externe partij die hiervoor verantwoordelijk is, namelijk Alutech.

Het is de bedoeling dat het voertuig de openbare weg op kan, om deze reden moet het chassis ook goedgekeurd worden door de RDW.

Chassis

Programma van eisen

Het chassis dat ontworpen gaat worden zal aan verschillende eisen moeten voldoen. Deze eisen zijn op te splitsen in eisen vanuit de opdrachtgever en de eisen vanuit de RDW. Omdat een externe partij het chassis gaat lassen staat materiaalkeuze vast, namelijk aluminium. Verder is er vanuit de opdrachtgever geen beperking gegeven aan de vorm van het eindproduct. De enige beperking op het chassis is de body, het te ontwerpen chassis moet namelijk binnen de afmetingen van de body passen. Team Chassis is vrij om te bepalen wat de beste vorm is voor het chassis, als deze maar binnen de body past en aan de andere eisen voldoet.

Alle eisen vanuit de opdrachtgever en de RDW waaraan het chassis moet voldoen zijn te vinden in onderstaande tabel.

<i>Eis</i>	<i>Waarde</i>	<i>Vanuit</i>
Aluminium frame	<= 50 kg	Opdrachtgever
Aantal wielen	4	Opdrachtgever
Bestuurder	2 m (1x)	Opdrachtgever
Torsiestijfheid	>= 5600 Nm/graad	Opdrachtgever
Packaging	100%	Opdrachtgever
Zichtveld	34°	RDW
Gordelkrachten	27 kN	RDW

Randvoorwaarden

Bij elk project horen ook randvoorwaardes, de randvoorwaardes waaraan het chassis moet voldoen zijn als volgt:

- De bestuurder mag geen last ondervinden aan de constructie, er moeten geen profielen in de weg zitten. Bestuurder moet dus comfortabel kunnen zitten.
- Het chassis moet door de RDW goed genoeg worden geacht om op de openbare weg te mogen rijden zonder een gevaar te zijn voor de bestuurder en/of derden. Goedkeuring zal zowel digitaal (CAD) als fysiek worden gedaan.
- De realisatie van het chassis zal door een externe party gebeuren.
- Er zal een berekening moeten komen om aan te tonen dat het chassis de gordelkrachten aan kan.
- De body is de beperking, deze bestaat uit een middendeel en de banden vallen er buiten. Om aan de verbruik eisen te voldoen moet het chassis zo smal mogelijk zijn. Alleen vervoeren wat nodig is.

Afbakening

Bij het doorrekenen van het chassis zal de gordel berekening niet meegenomen worden aangezien dit een detailberekening is, ook zal om die zelfde reden geen crashtest uitgevoerd worden. Team Chassis zal zich puur bezig houden met de meest ideale vorm voor het chassis en het valideren van de torsiestijfheid hiervan om vervolgens aan te geven op welke punten deze verbeterd kan worden. Eventuele deuren zullen ook niet meegenomen worden in de torsieberekening aangezien er in deze fase van het project nog niet is nagedacht over goede sluitingsmechanismes.

Softwarekeuze

In dit paragraaf worden de keuzes weergegeven voor de pakketten die tijdens het ontwerpen en doorrekenen van het United Mobility chassis zijn gebruikt. Patrick Naar is als eindverantwoordelijke gesteld voor het ontwerpen en het doorrekenen van het chassis voor United Mobility.

Voor het modelleren kon een keuze gemaakt worden tussen *Solidworks* en *Inventor*. Beide pakketten zijn zeer geschikt voor het modelleren van het chassis. Het grote voordeel van *Inventor* is dat het de functie "Frame Generator" heeft. Met deze functie is het heel eenvoudig om aan een 3D lijn een buis profiel te koppelen. Dit en het feit dat Patrick veel meer ervaring heeft met *Inventor* zijn de beslissende factoren geweest om voor dit pakket te kiezen voor het modelleren van het chassis.

Inventor en *Solidworks* hebben beiden de functie "Stress Analysis". Echter zijn deze pakketten geen rekenpakketten en daarom is de betrouwbaarheid van de resultaten in het geding. Om deze reden is het verstandiger om gebruik te maken van echte rekenpakketten bij het doorrekenen van het chassis.

De twee opties voor het doorrekenen van het chassis zijn *Patran Nastran* en *Abaqus*. Patrick heeft tijdens zijn stage veel ervaring opgedaan met *Abaqus*. *Abaqus* is één van de grote namen als het om simulaties gaat. Als onderdeel de PRK06 leerlijn heeft Patrick ook kennis gemaakt met *Patran Nastran*, dit is een pakket dat ook zeer capabel is om goede simulaties te draaien, echter vond Patrick dit pakket in vergelijking met *Abaqus* minder gebruiksvriendelijk. Om deze reden en het feit dat Patrick veel meer ervaring heeft met *Abaqus* is de keuze gemaakt om met *Abaqus* het chassis door te rekenen.

Concepten

In de R&D fase van het project United Mobility zijn verschillende chassis concepten ontworpen. In dit onderdeel van het verslag zijn de meest uitgewerkte concepten meegenomen en zal bij elk concept een onderbouwing gegeven worden. Bij elk ontwerp is rekening gehouden met het feit dat het chassis een enkele bestuurder moet vervoeren van 2 meter. Team Chassis is vrij om te bepalen wat de beste vorm is voor het chassis, als deze maar binnen de body past en aan de andere eisen in het PVE voldoet.

De enige eisen vanuit de opdrachtgever staan in het PVE, maar met alleen deze eisen konden de concepten moeilijk met elkaar vergeleken worden. Om deze reden is er besloten om de concepten met elkaar te vergelijken door te kijken naar de criterium, packaging, zichtveld, instapgemak en maakbaarheid. Na het communiceren van deze criteriums met de opdrachtgever kon hij geen duidelijkheid bieden in welke zwaarder zou moeten wegen dan de andere. Om deze reden is er voor de eenvoudigheid besloten om elke criterium even zwaar te laten wegen.

Eerst zal bij elk concept een beschrijving geven om vervolgens de voor- en nadelen van elk concept in een keuzematrix te zetten zodat de concepten goed met elkaar vergeleken kunnen worden. Het chassis wat uit de keuzematrix het beste heeft gescoord zal in CAE meegenomen worden om vervolgens een uitspraak te doen over de stijfheid.

Atomic

Atomic is het allereerst chassis wat is ontworpen. Bij dit concept is gekeken naar het chassis van de Ariel Atom, de bedoeling was om de Atom chassis als basis te gebruiken en om deze zodanig aan te passen zodat het een eenpersoons chassis wordt met a-stijlen. De belangrijkste reden dat er voor de Atom is gekozen was om met de lijnen van het chassis meteen de lijnen van de body zichtbaar te maken.

Omdat dit chassis aan het hele begin van het project is ontworpen kon in die fase nog geen rekening worden gehouden met de complete packaging van het voertuig, dit omdat de andere teams nog geen concrete keuzes hadden gemaakt dus was geen extra CAD data om in het ontwerp mee te nemen. Wel was er een voorlopige keuze voor de elektromotoren, deze zijn achter in het voertuig te zien.

Bij dit chassis is geen rekening gehouden met instapgemak en met RDW eisen betreffende het zichtveld. Qua maakbaarheid heeft het chassis aan de achterkant enkele ingewikkelde vormen. In principe is alles maakbaar, maar omdat we met een externe partij werken die nog nooit een buizen frame heeft gebouwd is het handiger om, indien mogelijk, ingewikkelde vormen te vermijden.



Twizoid

Zoals de naam het al aangeeft is bij dit ontwerp het chassis van de twizy als basis gebruikt. De enige aanpassing aan de originele afmetingen van het Twizy chassis is een verlaging van de daklijn, de andere maten zijn vrijwel hetzelfde gebleven. Verlaging van de daklijn is gedaan om het frontaal oppervlak te verkleinen wat tot een zuiniger voertuig zou moeten leiden. Gezien alle radiussen zal het iets ingewikkelder zijn om dit chassis te maken. Omdat dit concept ook in de beginfase van het project is ontworpen is niet genoeg rekening gehouden met de complete packaging van het voertuig.

De elektromotoren die in het vorige ontwerp waren geplaatst zijn hier ook te zien, ook was er een voorlopige keuze voor het accupakket, deze is te zien in het goud in het midden van het voertuig.

De voordelen van het chassis van de twizy is dat er al is nagedacht over de instap en het zichtveld. Aangezien de afstand tussen de a-stijlen overgenomen zijn van de Twizy die al goedgekeurd is mag aangenomen worden dat dit chassis, wat betreft zichtveld de RDW keuring zou moeten halen.



Raptor

Iets later in het project is van de grond af dit chassis ontworpen. Anders dan bij de eerdere concepten is bij dit concept de focus gelegd op maakbaarheid, bij dit chassis was het de bedoeling om zo veel mogelijk gebruik maken van rechte buizen om het voor de externe partner zo eenvoudig mogelijk te maken. Op de afbeelding is meteen te zien dat de packaging bij dit chassis wel compleet is.

Als inspiratie voor dit ontwerp is er gekeken naar het chassis van verschillende racewagens, deze zijn gecombineerd met de Raptor als eindresultaat.

Bij dit chassis had instapgemak geen prioriteit aangezien het chassis geïnspireerd was door racewagens, ook is niet gekeken of het chassis voldoet aan de RDW eisen qua zichtveld.



Optimus

Bij dit ontwerp stond het instappemak centraal. Bij dit concept werd gekeken in hoeverre de instapbalk verlaagt kon worden om het in- en uitstap gemak te faciliteren. Bij dit concept klopt ook de complete packaging.

Een lage instap betekend automatisch dat dit concept van a-stijlen moest worden voorzien, echter is niet vastgelegd of dit ontwerp aan de RDW eisen voldoet betreffende het zichtveld.

Wat ook opvalt, is dat bij dit chassis niet echt is nagedacht over de maakbaarheid, er zitten ingewikkelde vormen in het ontwerp die het voor de externe partner een uitdagend bouwproces zal maken.



Roadster

Bij dit ontwerp is de Raptor als basis gebruikt. Het idee bij dit ontwerp was het verbeteren van de aspecten waar de Raptor het niet goed of minder goed deed. Net zoals bij de Raptor stond bij dit ontwerp ook de maakbaarheid centraal, ook is de packaging bij dit ontwerp compleet.

Het grootste minpunt van de Raptor was het instappemak. Bij het ontwerpen van een deur voor de Roadster zijn de Tiger B6 en de Burton als referentievoertuigen gebruikt (beide in het ACC). Na het vergelijken van de instap bij de twee voertuigen is gekozen om de instap van de Tiger mee te nemen in het ontwerp. De instap bij de Tiger is comfortabel en niet te laag, dit laatste heeft als voordeel dat het niet te veel ten koste gaat van de stijfheid van het chassis.

Bij dit voertuig zijn de a-stijlen weggewerkt, er is bij dit ontwerp hiervoor gekozen omdat deze geen eis waren vanuit de opdrachtgever. Dit heeft als bijkomend voordeel dat het voertuig automatisch door de RDW keuring komt betreffende het zichtveld.

Dit chassis is wat verstevigingen betreft iets meer in detail aangepakt vergeleken met de vorige concepten, hierbij heb is gebruik gemaakt van plaat materiaal van 5 mm om het chassis extra te verstevigen zonder het chassis veel zwaarder te maken. Voor de bodemplaat is 3 mm plaatwerk gebruikt.



Pillared

Pillared is een concept dat gebaseerd is op het Optimus ontwerp. De focus bij Optimus lag bij het instapgemak en de grootste uitdaging was het zichtveld. In een poging het zichtveld te verbeteren is het rechter a-stijl verwijderd, wat tot een voertuig resulteert met een enkele a-stijl. Na het goed doornemen van de RDW eisen bleek dat het weghalen van de rechter a-stijl geen oplossing is voor het zichtveld aangezien juist het linkere a-stijl voor de RDW metingen wordt gebruikt.

Net zoals bij Optimus is de packaging van dit voertuig ook compleet en stond het instapgemak centraal.

Bij dit ontwerp is gekozen om aan de linkerkant van het voertuig de instap te maken en het chassis aan de rechterkant dicht te maken. De gevolgen hiervan is dat het heel lastig zal worden om ervoor te zorgen dat het voertuig aan beide kanten even stijf wordt. Het concept zoals deze nu staat zal in een linkerbocht zich anders gedragen dan in een rechterbocht. Dit voertuiggedrag zal door de bestuurder hoogstwaarschijnlijk als onprettig worden ervaren omdat het voertuiggedrag niet voorspelbaar wordt.



Conceptverantwoording

Om de concepten eenvoudig met elkaar te kunnen vergelijken is gekozen om de voor- en nadelen van elk concept in een keuzematrix te zetten. In de keuzematrix zijn de concepten met elkaar vergeleken aan de hand van de criteriums, packaging, zichtveld, instapgemaak en maakbaarheid. De keuzematrix is te zien op onderstaande afbeelding met ernaast de bijbehorende legenda.

Packaging is groen indien er geverifieerd is dat alle componenten in CAD in chassis passen. Zichtveld is groen als er met zekerheid vastgelegd kan worden dat het chassis door de RDW keuring komt betreffende het zichtveld. Instapgemaak is groen als de bestuurder op de conventionele manier in het voertuig kan instappen. De conventionele manier van instappen wordt door de meeste fabrikanten gebruikt dus mag aangenomen worden dat de bestuurder dit het prettigst vindt, echter is dit geen harde eis in het PVE. Maakbaarheid is groen als het ontworpen chassis gebruik maakt van zo veel mogelijk

	<i>Packaging</i>	<i>Zichtveld</i>	<i>Instap</i>	<i>Maakbaarheid</i>
Atomic				
Twizoid				
Raptor				
Optimus				
Roadster				
Pillared				

Legenda	
	<i>Goed</i>
	<i>Matig / onzeker</i>
	<i>Slecht</i>

rechte buizen.

Het eerste wat opvalt, is dat er drie concepten zijn waar geen rood in voorkomt, het betreft hier de concepten, Optimus, Roadster en Pillared die het meest zijn uitgewerkt.

Als we naar Optimus kijken kunnen we zien dat de onzekerheden bij dit concept het zichtveld zijn en de maakbaarheid. De RDW eisen omtrent het zichtveld zijn een onzekerheid omdat er nog niet is geverifieerd of het chassis met zekerheid aan de RDW eisen voldoet. Het zichtveld blijft een kritisch punt aangezien het voertuig zo smal mogelijk moet zijn wat als gevolg heeft dat de A-stijlen heel dicht op elkaar komen te liggen. Bij dit chassis zijn ook veel bochten gebruikt wat voor de maakbaarheid minder gunstig is.

Bij de beschrijving van de Roadster is aangegeven dat dit ontwerp een optimalisatie was van de Raptor, dit is ook te zien in de keuzematrix. De enige onzekerheid bij de Roadster is nog de instap, deze is gemarkeerd als onzeker omdat er niet met zekerheid vastgelegd kan worden dat iedereen de instap zoals die ontworpen is bij de Roadster prettig zal vinden. De Roadster is ook het concept waar meer over versteviging is nagedacht.

Bij Pillared zijn de onzekerheden het zichtveld en de maakbaarheid. Het zichtveld is als onzekerheid gemarkeerd omdat de linker a-stijl voor de RDW metingen gebruikt wordt dus kan er niet geverifieerd worden of deze aan de RDW eisen zal voldoen. Maakbaarheid is ook als onzekerheid gemarkeerd aangezien het op het eerste gezicht al lastig lijkt om in beide richtingen (bocht links, bocht rechts) hetzelfde voertuiggedrag te verkrijgen.

Omdat het mooi zou zijn om een voertuig te hebben met een makkelijke instap was dit vanuit de opdrachtgever geen eis, om deze reden is gekozen voor de Roadster om mee te nemen naar de volgende fase waarin er een uitspraak zal worden gedaan over de stevigheid van het chassis.

Handberekeningen

Nu er een keuze is gemaakt voor het chassis zal in dit onderdeel van het verslag met behulp van handberekeningen het koker profiel vergeleken worden met een ronde holle buis. De complete berekeningen zijn te vinden in de bijlagen, in dit onderdeel zullen enkel de resultaten behandeld worden. Om de twee profielen goed met elkaar te kunnen vergelijken zijn de buitenafmetingen en de wanddikte voor beide profielen gelijk genomen.

De eerste berekening die is uitgevoerd was het bepalen van het polair traagheidsmoment van de profielen. Uit deze berekeningen komt duidelijk naar voren dat het traagheidsmoment bij koker profielen hoger liggen dan die bij ronde buizen.

Bij een volgende berekening zijn met behulp van enkele aannames de massa's uitgerekend voor de profielen. Uit deze berekeningen kwam naar voren dat koker profielen zwaarder zijn dan ronde buizen met dezelfde buitenafmetingen en wanddikte. Dit verschil is mede te danken aan de grotere oppervlak van de kokers. De grotere oppervlak bij de koker resulteert in een grotere volume wat uiteindelijk een hogere massa als gevolg heeft

Ook is er een berekening gemaakt om de profielen op doorbuiging te belasten. Het resultaat van de berekeningen geeft aan dat koker profielen minder doorbuigen vergeleken met de ronde buizen met dezelfde buitenafmetingen en wanddikte. Bij deze berekening was de doorbuiging van de ronde buis bijna 2x zo groot als dat van de koker.

In een andere berekening is gekeken naar de spanningen in de koker en de ronde buis bij het belasten op trek/druk. Hierbij kwam naar voren dat bij de koker de spanningen lager zijn dan bij de ronde buis, dit natuurlijk bij dezelfde belasting.

Als laatste is een berekening gedaan om te bepalen hoe groot de verlenging is in een koker profiel vergeleken met een ronde buis. Uit deze berekening kwam naar voren dat de verlenging bij de ronde buis groter is dan die van de koker.

Een hoop controle berekeningen maar in principe zegt de eerste berekening al veel. Doordat het traagheidsmoment bij een koker hoger ligt is meer kracht nodig om deze te belasten. Met dit gegeven kon al geconcludeerd worden dat de koker vergeleken met de ronde buis minder zou doorbuigen, minder interne spanningen zou opleveren en minder zou verlengen.

Profielverantwoording

In dit onderdeel van het verslag zullen de resultaten van de handberekeningen meegenomen worden in de onderbouwing voor de profiel keuzes in het chassis.

Met de handberekeningen is aangetoond dat het traagheidsmoment bij een koker profiel hoger ligt dan dat van een rond profiel met dezelfde buitenafmetingen en wanddikte, dit betekent dat een koker stijver is dan een ronde buis. Bij het ontwerpen van een chassis is stijfheid zeer belangrijk, om deze reden lijkt het bijna verleidelijk om overal kokers te gebruiken. Echter hebben koker profielen ook nadelen, namelijk dat ze niet gebogen kunnen worden en dat een verdraaide koker nadelige gevolgen kan hebben voor de stijfheid hiervan. Deze nadelen bij het koker profiel zijn dan juist de voordelen van een rond profiel.

Met deze gedachte is besloten om in het chassis gebruik te maken van zowel koker profielen als ronde profielen. Koker profielen voor een hogere stijfheid en ronde profielen omdat deze gebogen kunnen worden en het niet uitmaakt als deze verdraait zijn.

De koker profielen zullen in de bodem van het chassis geplaatst worden, dit omdat de bodem een plat vlak is waardoor de profielen niet verdraait kunnen worden, ook hoeven de profielen in de bodem ook niet gebogen te worden. Voor alle andere profielen in het chassis zal gebruik worden gemaakt van ronde buizen. Door meer gebruik te maken van ronde buizen kan het gewicht van het chassis lager worden houden.

Volgens het boek "Racing Chassis and Suspension Design" bestaat een basis rol kooi uit profielen met een buitendiameter van 44 mm en een minimale wanddikte van 2.3 mm. Dit zijn tevens ook de afmetingen gebruikt bij de handberekeningen. Na het renderen van het chassis in Inventor met profielen met een buitenafmeting van 44 mm was te zien dat de beschikbare ruimte voor de bestuurder krap werd. Eén van de randvoorwaarden in het PVE was:

"De bestuurder mag geen last ondervinden aan de constructie, er moeten geen profielen in de weg zitten. Bestuurder moet dus comfortabel kunnen zitten."

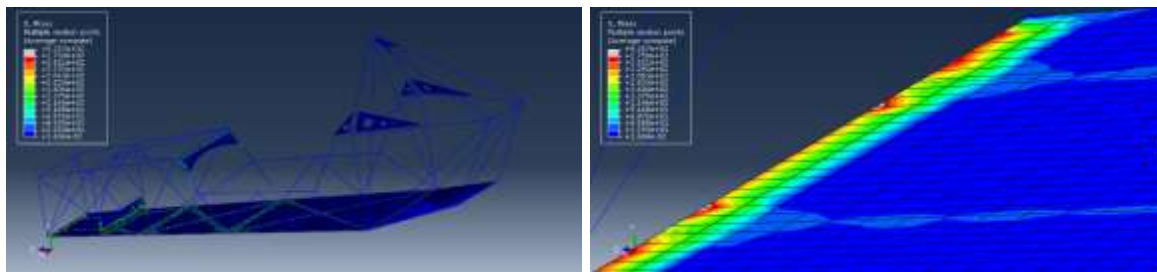
Om deze reden zijn de buitenmaten van de profielen teruggebracht naar 40 mm en is deze verlaging van de buitenafmetingen gecompenseerd door een verhoging van de wanddiktes naar 3 mm. Samengevat zijn in de bodem van het chassis koker profielen gebruikt van 40 bij 40 mm met een wanddikte van 3 mm en alle andere profielen zijn ronde profielen met een buitendiameter van 40 mm met een wanddikte van 3 mm.

Resultaten

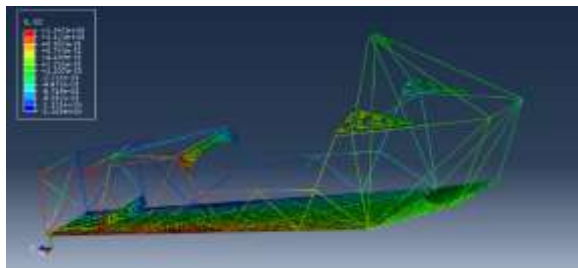
Abaqus resultaten

In dit paragraaf zullen enkel de resultaten van de simulatie getoond worden. De opzet van de simulatie is te vinden in de bijlagen. Voor de materiaalgegevens is een E-modulus gebruikt van 69 GPa, vloeisterkte 276 MPa en dichtheid 2699 kg/m³. Dit zijn de eigenschappen voor aluminium 6061 die uit de framegenerator van Inventor zijn geëxporteerd.

In onderste plaatjes is het spanningsverloop te zien. Bij het plotten van de spanningen is te zien dat er hele hoge spanningen optreden. In de legenda is een limiet aangegeven voor de spanningen boven de vloeigrens. Alle spanningen hoger dan 276 MPa worden in het grijs aangegeven. In het rechter plaatje heb is ingezoomd in het chassis om een beter beeld te krijgen van waar de hoge spanningen zich bevinden, hier is te zien dat de hoge spanningen in de bodemplaat zitten.



Voor de torsiestijfheid zijn echter niet de spanningen van de belang maar de verplaatsingen. In onderstaande plaatje zijn de verplaatsingen in de Y richting te zien. Uit de legenda blijkt dat de maximale verplaatsing 1.347 mm betreft.



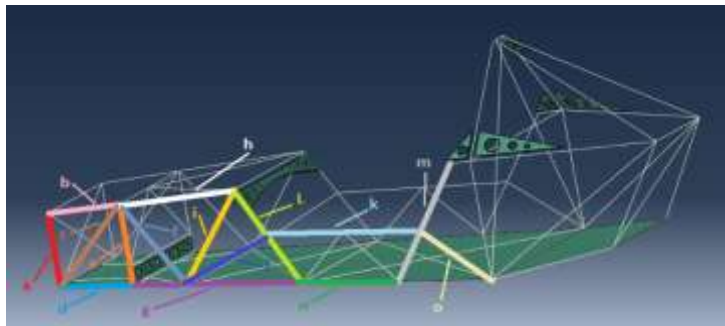
We zijn niet opzoek naar de verplaatsing in een willekeurig punt maar op de punten waarop de krachten zijn aangebracht. Aan de linkerkant van het chassis is een kracht naar boven aangebracht en aan de rechterkant een kracht naar beneden. Bij het oproepen van de verplaatsingen in deze punten is te zien dat er aan de linkerkant van het chassis een verplaatsing naar boven is van 1.34412 mm en aan de rechterkant van het chassis een verplaatsing naar beneden van 1.34243 mm.

Meest gevoelige buizen

Er wordt onderscheidt gemaakt tussen de voorkant en de achterkant van het chassis. De achterkant van het chassis begint bij de rolbeugel.

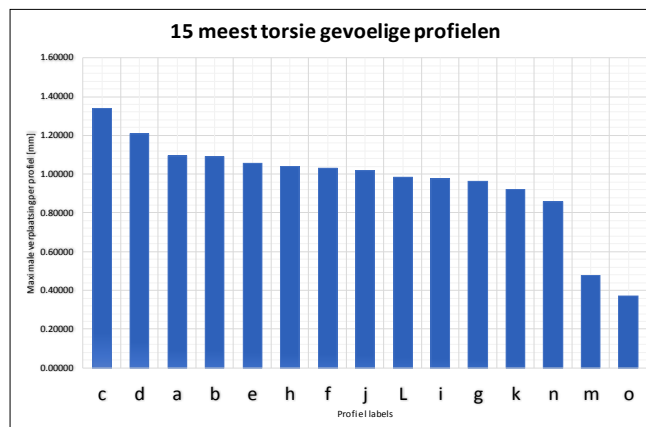
In vorige paragraaf zijn de verplaatsingen in de Y richting weergegeven, hieruit bleek dat de voorkant van het chassis het meeste reageert op de belasting. Met dit gegeven ben ik gaan kijken naar de profielen die het “gevoeligst” zijn, dit zijn de profielen met het grootste invloed op de torsiestijfheid van het chassis. Omdat het een symmetrisch chassis betreft heb ik puur gekeken naar de profielen aan de linkerkant van het chassis.

De 15 gevoeligste profielen aan de linkerkant van het chassis heb ik aangegeven met de letters a t/m o. In Abaqus heb ik elk van de bovengenoemde profielen geïsoleerd om te bepalen wat de maximale verplaatsing in de Y richting is per profiel. De 15 profielen waar het om gaat zijn te zien in onderstaande afbeelding.



In onderstaande tabel en de grafiek ernaast zijn de maximale verplaatsingen voor de 15 profielen weergegeven. Met deze overzichten is het in een oogopslag te zien welke profiel van de 15 het meest gevoelig zijn voor de torsiebelasting en welke het minst.

Tabel gevoeligste profielen	
Label	Waarde [mm]
c	1.34092
d	1.20899
a	1.09454
b	1.09027
e	1.05632
h	1.03730
f	1.03237
j	1.01918
L	0.98321
i	0.97340
g	0.96162
k	0.92019
n	0.85532
m	0.47549
o	0.36982

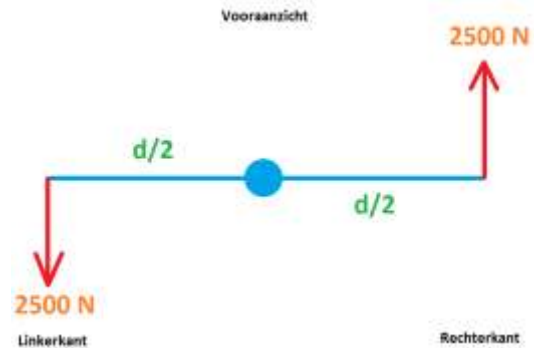


Berekening torsiestijfheid

In dit paragraaf zal met een handberekening de torsiestijfheid van het chassis bepaald worden. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van onderstaande formule:

$$K_c = \frac{T}{\varnothing_{gem}} = \frac{F * d}{0.5(\varnothing_{Links} + \varnothing_{Rechts})} \text{ [Nm/graad]}$$

We hebben vastgesteld dat de verplaatsingen in de aangrijppunten van de belastingen aan de linkerkant van het chassis 1.34412 mm betreft en dat aan de rechterkant 1.34243 mm. De afstand (d) tussen de twee aangrijppunten van de belastingen is 487 mm. Op beide kanten van het chassis zijn tegenovergestelde belastingen aangebracht van 2500 N. Zie plaatje hiernaast voor verduidelijking.



Het eerste wat we moeten uitrekenen is de koppel (T) op het middelpunt.

$$\frac{d}{2} = \frac{487}{2} = 243.5 \text{ mm} = 0.2435 \text{ m} \quad T = 2 * (0.2435 * 2500) = 1218 \text{ Nm}$$

Vervolgens de berekening voor de hoekverdraaiing voor zowel de linker als de rechterkant.

$$\varnothing_{Links} = \tan^{-1} \left[\frac{v_{Links}}{d/2} \right] = \tan^{-1} \left(\frac{1.34412}{243.5} \right) = 0.316 \text{ graden}$$

$$\varnothing_{Rechts} = \tan^{-1} \left[\frac{v_{Rechts}}{d/2} \right] = \tan^{-1} \left(\frac{1.34243}{243.5} \right) = 0.316 \text{ graden}$$

De gemiddelde hoekverdraaiing is dan $(0.316 + 0.316)/2 = 0.316$ graden

De torsiestijfheid (K_c) van het chassis in zijn huidige vorm is dus

$$K_c = \frac{T}{\varnothing_{gem}} = \frac{1218}{0.316} = 3854 \text{ Nm/graad}$$

Conclusies en aanbevelingen

In dit paragraaf zal aan de hand van de resultaten in vorige paragrafen conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gegeven die in de volgende fase van het project meegenomen kunnen worden.

Abaqus simulatie

Omdat in Abaqus de dichtheid van het materiaal ook is ingevoerd kan Abaqus met het volume van de assembly automatisch de massa van het chassis bepalen, dit kwam uit op 26.2 kg wat ver onder de eis van 50 kg ligt. De berekende massa is exclusief lasnaden.

De bodemplaat in het huidige chassis is 3 mm dik. Bij het bekijken van het spanningsverloop in het chassis was te zien dat er in de bodemplaat veel te hoge spanningen optreden, deze spanningen zijn hoger dan de vloeigrens van het materiaal wat uiteindelijk tot permanente vervorming zal leiden. Dit kan opgelost worden door een dikkere bodemplaat te gebruiken. Een dikkere bodemplaat zal niet alleen de spanningen verlagen maar zal de torsiestijfheid van het totale chassis ook positief beïnvloeden.

In de assembly van het chassis is voor extra versteviging plaatwerk aangebracht aan de voorkant, middenin, achterin en bovenin het chassis. Door de hoge spanningsconcentraties aan het voorste deel van het chassis is te zien dat de aangebrachte platen voorin en middenin het voertuig een grote invloed hebben in de torsiestijfheid van het chassis. De platen aan de achterkant van het chassis hebben een lage bijdrage aan de stijfheid en bij de plaat aan de bovenkant is de bijdrage nihil. Wat betreft deze verstevigingsplaten kan het chassis geoptimaliseerd worden door de bovenste plaat weg te laten en te kijken in hoeverre de platen aan de achterkant verkleind kunnen worden.

Gevoelige profielen

De minst gevoelige profielen bevinden zich voornamelijk aan de achterkant van het chassis. Dit betekent dat extra verstevigingen aanbrengen aan de achterkant van het chassis weinig tot geen invloed zal hebben op de torsiestijfheid van het chassis.

Door het gebrek aan a-stijlen moet alle stijfheid vanaf de onderkant en zijkant van het chassis komen. Indien gewenst kan het chassis geoptimaliseerd worden zodat de profielen minder gevoelig reageren met de gegeven belasting. Om dit te bereiken moet het chassis stijver worden. Er zijn vier mogelijke scenario's om extra stijfheid uit het chassis te halen

Scenario 1

De 15 meest gevoelige profielen van het United Mobility chassis bevinden zich allemaal aan de voorkant van het chassis. In dit scenario zal er gebruikt worden gemaakt van profielen met dezelfde buiten afmetingen en wanddikte als de profielen die al in het chassis zijn verwerkt om te kijken waar er extra steunprofielen aan het chassis toegevoegd kunnen worden. Nadelen hiervan zijn dat het chassis zwaarder wordt en dat het aanbrengen van extra steunprofielen ten koste gaat van de beschikbare ruimte voor de bestuurder.

Scenario 2

De hele bodem van het chassis bestaat uit vierkante kokers. Bij dit scenario zal enkel gekeken worden naar de buitenste kokers in het chassis, hier kunnen in plaats van vierkante kokers rechthoekige kokers worden geplaatst. De kokers in de zij frame absorberen grote belastingen en zijn belangrijke structurelementen.

Het is van belang dat de kokers met de hoogte naar boven worden geplaatst aangezien de kokers in deze richting stijver zijn (hoger traagheidsmoment). Het nadeel van rechthoekige kokers is dat deze iets zwaarder zijn dan de vierkante kokers, maar dit gewichtsverschil is te verwaarlozen aangezien een kleine verhoging van de koker grote voordelen kan hebben voor de stijfheid.

Scenario 3

Er is al geconcludeerd dat het geen zin heeft om aan de achterkant van het chassis extra versterking aan te brengen. Bij dit scenario zal gezocht moeten worden naar strategische plekken om aan de voorkant van het chassis extra plaatwerk toe te voegen voor extra versterking. Het voordeel van het gebruiken van plaatwerk voor extra versterking is dat het relatief licht is.

Scenario 4

Dit scenario betreft het combineren van de vorige drie scenario's. Er zal gezocht moeten worden naar een perfecte balans om zodoende de voordelen te pakken van elke scenario.

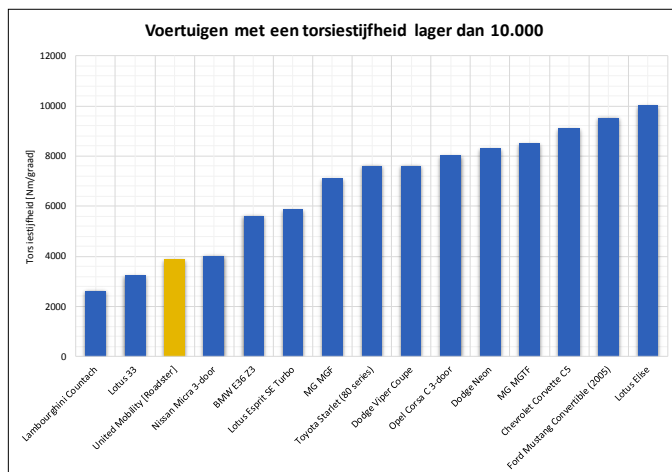
Torsiestijfheid.

Met een handberekening is gebleken dat de torsiestijfheid van het United Mobility chassis 3854 Nm/graad bedraagt, dit is lager dan de minimale eis in het PVE van 5600 Nm/graad. Een lagere torsiestijfheid dan de eis betekent dat er minder kracht nodig is om het chassis één graad te torderen. Hoe hoger de torsiestijfheid hoe meer kracht nodig is om het chassis één graad te torderen dus hoe stijver het chassis.

Om de torsiestijfheid van het chassis te verhogen dient het chassis geoptimaliseerd te worden, hiervoor kan gekozen worden uit één van de vorige vier scenario's.

In onderstaande afbeelding is een overzicht gemaakt van voertuigen met een torsiestijfheid lager dan 10000 Nm/graad. Dit om een gevoel te hebben voor de torsiestijfheid van het United Mobility voertuig.

De grafiek is te zien in de afbeelding hiernaast.



Body

PVE

Aan het begin van de opdracht is de eis gesteld dat het voertuig een maximaal verbruik mag hebben van 35 wh/km. Om deze hoofdeis te stellen zijn er belangrijke deel eisen op gesteld.

De eisen voor de body van het voertuig zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

Eis	Gesteld door:
Cw waarde < 0,20	Opdrachtgever
Frontaal oppervlakte < 1,2 m ²	Opdrachtgever
1 persoons	Opdrachtgever
4 wielen	Opdrachtgever
Geen puntige objecten	RDW

Verder zijn er buiten de bovenstaande eisen ook nog wensen vanuit het team gekomen. Deze wensen zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Wens	Gesteld door:
Appealing uiterlijk ¹	Team
Sidepods over de wielophanging	Team

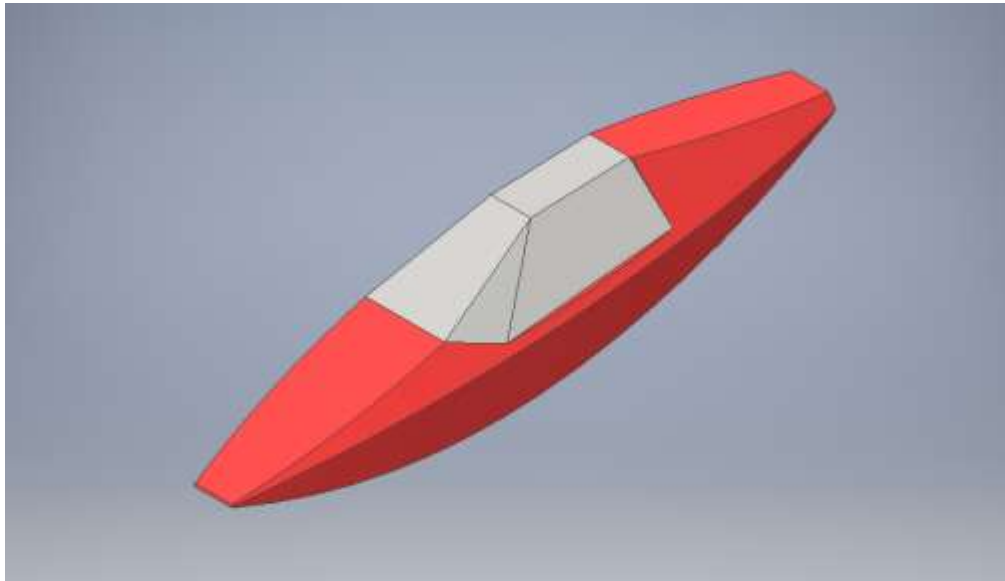
¹ Of de body appealing is zal getest worden aan de hand van een enquête onder tweede jaar studenten van de opleiding automotive.

Analyse current state

Het doel van het united mobility project is om een voertuig te ontwerpen en te bouwen. De vraag vanuit de opdrachtgever was om een zo zuinig mogelijk voertuig te ontwikkelen.

Om te zorgen dat er snel begonnen kon worden aan de realisatie van het project had de externe projectleider al een ontwerp van het voertuig gemaakt.

In dit deel van het verslag wordt er gekeken naar dit ontwerp en er een onderbouwde mening aan toegevoegd.



Figuur 1: Ontwerp van de externe projectleider

In figuur 2 is het ontwerp te zien dat de externe opdrachtgever gemaakt had.

Om tot dit ontwerp te komen heeft hij de aerodynamica leidend gemaakt.

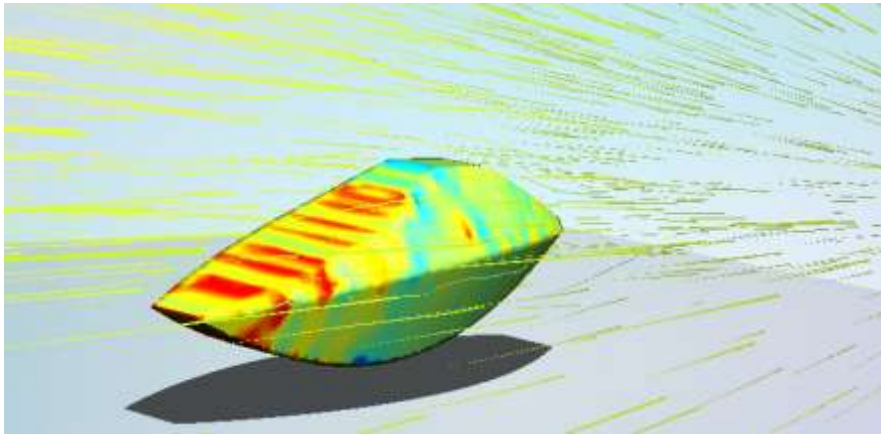
Volgens de simulaties die hij in solidworks gedraaid had zou dit ontwerp zonder wielen een cw waarde moeten hebben van 0,10. Dit soort cw waardes worden gehaald bij voertuigen zoals die van de Shell eco Marathon.

Doordat hij voor zo'n vorm heeft gekozen wordt de ruimte in het voertuig beperkt en zal het lastig worden om comfortabel in het voertuig te zitten. Aangezien dit voertuig voor dagelijks gebruik ontwikkeld wordt, is comfort een belangrijke eis. Er zal ook lastig zijn om in deze vorm de componenten van de aandrijving te kunnen plaatsen. Dus er zullen in dat aspect bepaalde aanpassingen gedaan moeten worden om dit voor elkaar te krijgen.

Buiten de comfort eis is er gekeken naar de vormgeving van het voertuig. Om te testen of dit voertuig daadwerkelijk zo'n lage cw waarde had, is het model in autodesk flow simulation gezet.

Hier kwam uit dat bij een snelheid van 100 km/h (Dit is de snelheid waarop het verbruik berekent wordt) dit model een cw waarde had van 0,19. Dit zou inhouden dat wanneer er wielen op het voertuig geplaatst worden, deze cw waarde nog verder zou gaan stijgen.

Om het gewenste verbruik te halen was er een minimale cw waarde nodig van 0,15. Dit houdt in dat er een analyse op dit model toegepast moet worden om te kijken waar er verbeterpunten zijn.



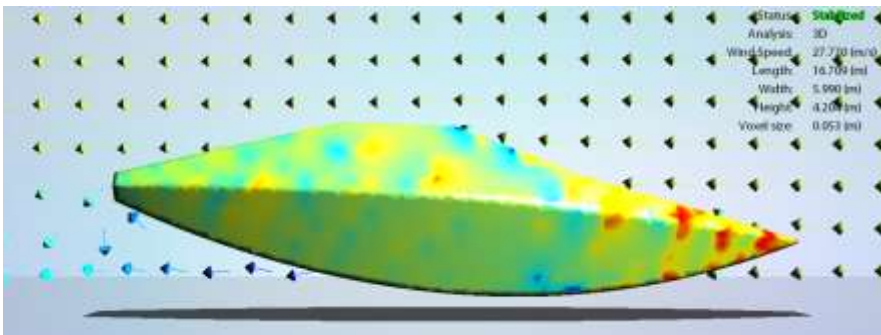
Figuur 2

te voorkomen is door de voorruit platter te leggen of de aanstroom van lucht te geleiden dat die netter over de voorruit stroomt.

Vorm analyse voertuig

In figuur 8 is de flow analyse te zien van het voertuig. Het eerste dat opviel aan deze afbeelding waren de rode strepen die over de voorkant van het voertuig lopen. Deze hoge druk zones ontstaan doordat er lucht niet goed wordt opgevangen op het

oppervlakte van het voertuig. Een manier om dit



Figuur 3

In figuur 9 is het zijaanzicht gegeven. Hier is de luchtstroom weergegeven aan de hand van de pijlen. Hier is het bovengenoemde probleem beter zichtbaar. De luchtstroom komt laminair aanzetten. Wanneer deze luchtstroom het voertuig bereikt wordt deze niet geleid om de

vorm te volgen maar komt tegen de voorruit aan.

Een ander probleem wordt ook zichtbaar vanuit dit beeld. Aan de onderkant van het voertuig laat de luchtstroom los van het oppervlakte. Dit heeft als resultaat dat er een turbulentie ontstaat.

Om dit te voorkomen zijn er twee mogelijkheden. Of de luchtstroom te laten afremmen aan de achterkant van het voertuig. Hierdoor zal de luchtstroom niet zo snel los laten. Het afremmen van de luchtstroom kan gedaan worden met behulp van geleidingsplaten die steeds verder uit elkaar komen te staan. Deze geleidingsplaten zullen niet alleen verder uit elkaar moeten staan, maar ze zullen ook steeds hoger moeten worden. Anders zal de luchtstroom alsnog snel gaan lekken over de platen heen waardoor er vortex-vorming komt.

Een andere manier om dit op te lossen is door de achterkant van het voertuig lager bij de grond te houden. Dan zal de luchtstroom die bolling niet te volgen en zal die ook niet zo snel los laten van het oppervlakte.

Concept ontwerpen

In dit deel van het verslag wordt er gekeken naar verschillende concepten. Er zal gekeken worden naar de voor en nadelen van elk concept. Uit deze voor en nadelen kan er een keuze gemaakt worden.

Concept 1

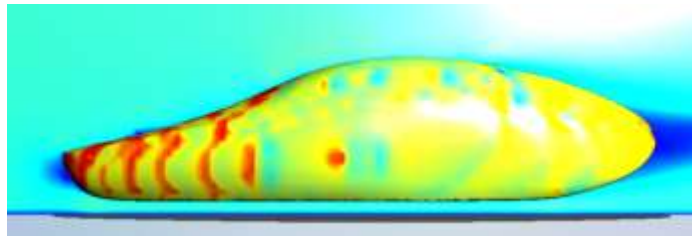
Het eerste concept (Zichtbaar in Figuur 10) is ontworpen aan de hand van het voertuig dat de extern opdrachtgever gemaakt had. Het idee daarvan was dat de body zo strak mogelijk over het chassis zou vallen. Met dit in gedachte is dit ontwerp gemaakt.

Om te zorgen dat er geen hoge druk gebieden ontstaan aan de voorkant van het voertuig is er gewerkt met een vloeiende lijn die van de voorkant naar de achterkant van het voertuig loopt. Hierdoor wordt de luchtstroom geleid over het voertuig zonder extra weerstand te leveren.



Figuur 4

De achterkant van de body is zo ontworpen dat wanneer de luchtstromen het voertuig verlaten ze zo weinig mogelijk zog creëren. Zie Figuur 11. Dit is gedaan door de achterkant van de body zo geleidelijk mogelijk naar elkaar toe te laten bewegen. Aangezien er aan de achterkant van het voertuig een kenteken plaat bevestigd moet worden is het niet mogelijk om de achterkant helemaal naar elkaar toe te laten bewegen. Hierdoor is er nog een kleine zog aan de achterkant van het voertuig.



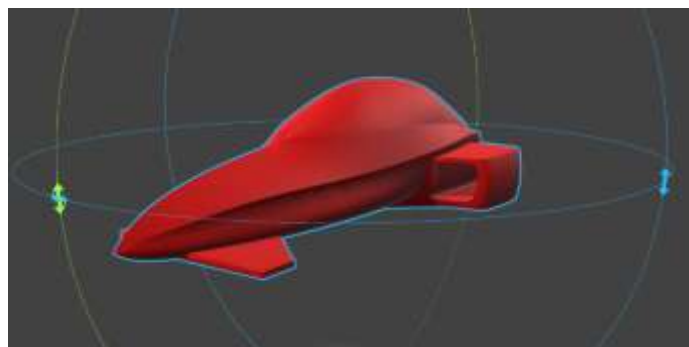
Figuur 5: (druk verdeling van de flow simulatie)

Het nadeel aan dit concept is dat de wielen nog buiten de body vallen. Hierdoor zal de luchtweerstand toenemen wanneer het voertuig in beweging is. Een ander nadeel aan dit concept is dat het heel lastig is om te realiseren. Door de vorm van de body zal er een grote mal gemaakt moeten worden voor het voertuig met daarin een stuk glas die precies aansluit.

Concept 2

Het tweede concept (Zichtbaar in figuur 12) is ontworpen om een zo klein mogelijk frontaal oppervlakte te hebben.

Om te zorgen dat de wielen geen onnodige weerstand leveren is er aan de achterkant van het voertuig zogenoemde sidepods geplaatst. Het achterwiel valt binnen deze sidepod. Om er voor te zorgen dat het

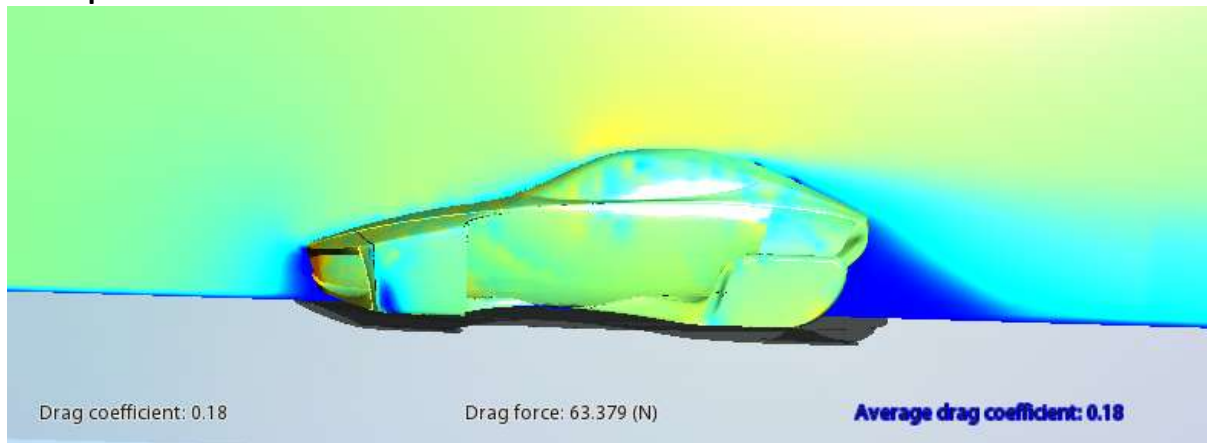


Figuur 6

frontaal oppervlakte niet teveel toeneemt door de sidepods, zijn er luchtkanalen gemaakt. Deze luchtkanalen kunnen gebruikt worden voor koeling van de elektrische componenten. Aan de voorkant is er een aerocover over de onderste draagarm geplaatst. Dit is gedaan om ervoor te zorgen dat de luchtstroom laminair blijft.

Het nadeel aan dit concept is de instap van de bestuurder. Doordat dit concept vooral gefocust was op het verminderen van frontaal oppervlakte is er in het voertuig niet heel veel ruimte. Ook zijn de mogelijkheden voor verschillende soorten deuren verminderd. De meest logische is een instap vanaf boven. Hiervoor zou de koepel naar voren of naar achteren moeten bewegen. Dit is voor het dagelijks gebruik niet heel erg geschikt.

Concept 3



Figuur 7: (Druk verdeling van het voertuig)

Bij concept 3 is er gelet op een vorm die aerodynamisch goed zou zijn en waar toch genoeg ruimte voor de inzittende en de verscheidene componenten is. Dit leverde de basis vorm op. (het gedeelte zonder de wheel arches) Vervolgens is er gekeken naar de mogelijkheid om de ophanging en de wielen weg te werken in de body zonder het een grote impact zou hebben op de aerodynamica. Dit is gedaan om te zorgen dat er een verminderde hoeveelheid karmann wervelingen optreden achter de draagarmen. Door een kap over het wiel te plaatsen wordt de luchtstroom beter rond het wiel geleid waardoor er geen hoog druk gebied voorop de band ontstaat.

Uit de flow simulatie is goed te zien dat er nog veel aspecten verbeterd moeten worden. Zo is er te zien dat er aan de achterzijde van de auto een zog gecreëerd wordt. Deze zog zal gepoogd vermindert te worden. Aan de voorzijde van het voertuig ontstaat een hoge druk gebied dat ook verder vermindert zal moeten worden.

Concept 4

Concept 4 komt oorspronkelijk van het zelfde project van Vorig jaar. Dit concept voldoet niet aan de eisen die voor het huidige project gesteld zijn. Dit voertuig was ontworpen voor 3 wielen en twee inzittende Dit concept had echter een lage CW waarde van 0.19.



Hierdoor is het mogelijk interessant om dit concept aan te passen aan de nieuwe eisen. Zo kan het concept bijvoorbeeld simpel weg aangepast worden voor één persoon. Hierdoor zal het frontaal oppervlak verkleind kunnen worden. Verder is er ook ruimte achterin om de achter as op te splitsen in twee wielen.

Keuze matrix

Om een goede keuze tussen de concepten te kunnen maken is hieronder een keuze matrix weergegeven. De concepten worden op bepaalde onderdelen beoordeeld doormiddel van cijfers. Hoe hoger het cijfer hoe beter het voertuig voor dat onderdeel scores.

Aangezien er bepaalde onderdelen belangrijker zijn voor het behalen van de gestelde eisen zijn er wegingsfactoren toegevoegd. Deze wegingsfactoren zijn te vinden onder de kop: "waarde".

	Waarde	Voertuig opdracht gever	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4
CW waarde	10	7	9	6	8	7
Frontaal oppervlak	10	9	7	7	6	4
maakbaarheid	6	5	5	4	4	5
Vormgeving	6	2	2	4	6	3
Gebruiksvriendelijk	4	1	2	1	2	4
Ruimte voor Componenten	6	2	4	4	4	5
Totaal	42	26	29	26	30	28

Uit de bovenstaande keuze matrix komt dat concept 3 het meest toepasselijke concept is om mee door te werken.

Concepten voor de sidepods

In het vorige hoofdstuk is er een keuze gemaakt voor een concept voor de globale vorm van de body. In een keuze matrix kwam er uit dat de keuze gevallen was op concept 3. Concept 3 maakt gebruik van sidepods om ervoor te zorgen dat de wielophanging geen extra luchtweerstand veroorzaakt.

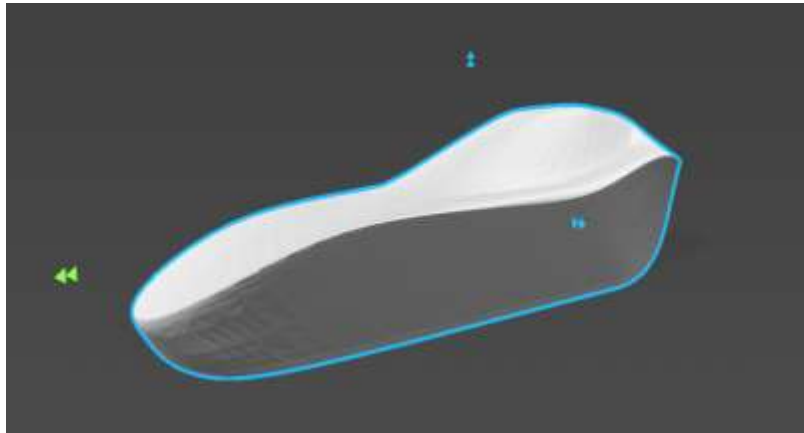
In dit deel van het verslag wordt er gekeken naar verschillende soorten sidepods.

Concept 1

Het eerste concept is het voertuig wanneer er geen sidepods op gemonteerd zijn. Dit voertuig is weergegeven in figuur 14.

Bij dit concept zullen de wielen en draagarmen van het voertuig open lucht zijn wanneer het voertuig zichzelf voortbeweegt. Dit heeft als effect dat de lucht rond de banden in een turbulente werveling komt. Deze turbulente

werveling ontstaat door de rotatie van de banden. Hierdoor zal de luchtstroming van het voertuig onvoorspelbaar worden en kan er geen goed resultaat gegarandeerd worden.



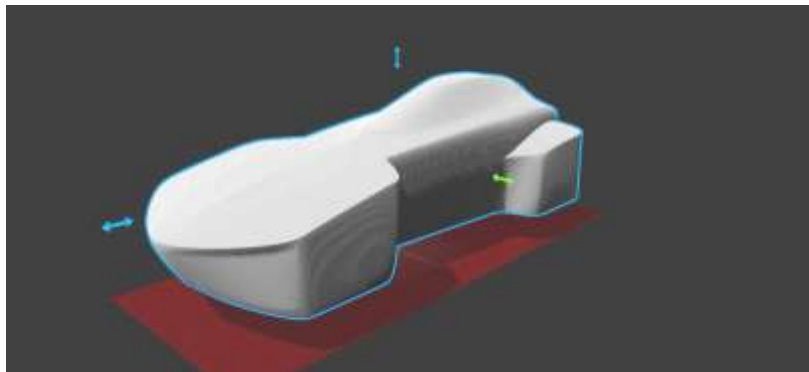
Figuur 8

Concept 2

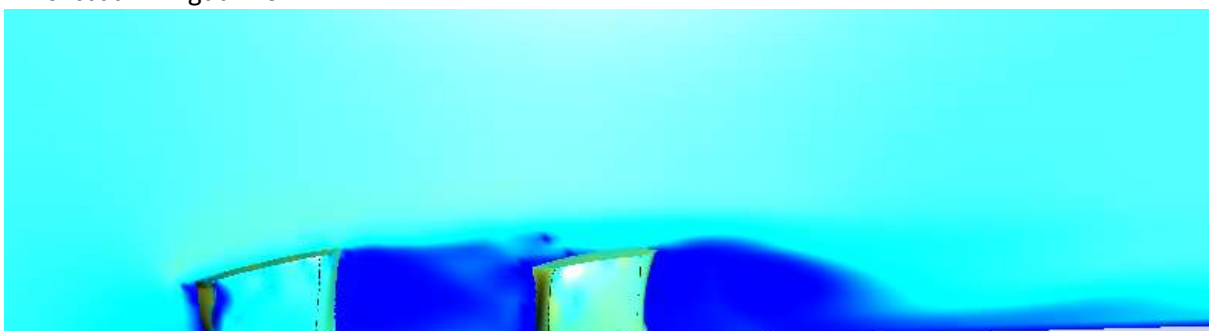
Het tweede concept is het voertuig met dichte sidepods. Dit houdt in dat er geen openingen bevinden tussen de wielen en het middenstuk. Dit concept is weergegeven in figuur 15.

Doordat er geen opening zit tussen de wielen en het middenstuk ontstaat er een gebied met stil staande lucht. Hierdoor zal er extra weerstand ontstaan wanneer het voertuig zich voortbeweegt.

Het gebied van stilstaande lucht is zichtbaar in figuur 16.



Figuur 9

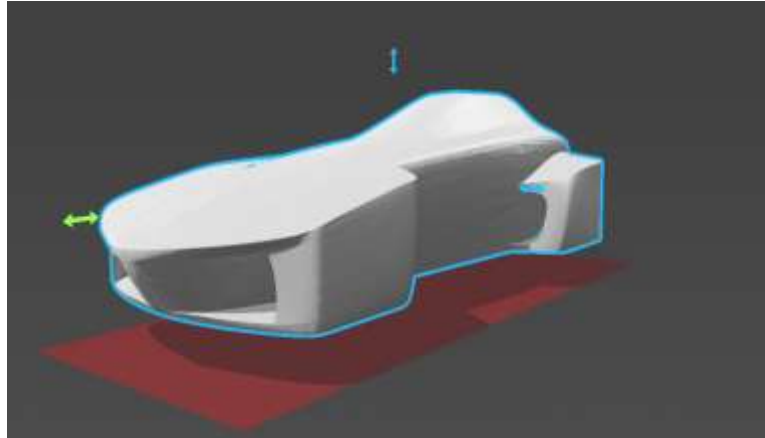


Figuur 10: (druk verdeling van de flow simulatie)

Door dit gebied is de cw waarde van het voertuig 0,35 geworden. Echter heeft dit ook een voordeel voor de wielophanging. Er is binnen deze sidepods genoeg bewegingsruimte voor de draagarmen en er is de mogelijkheid om de veerpoten buiten het chassis te plaatsen. Dit heeft een verbeterd effect op de packaging.

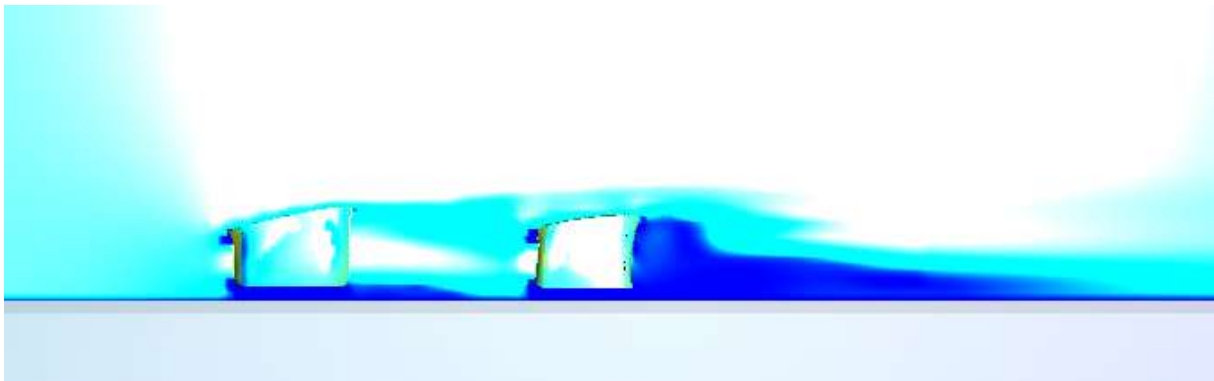
Concept 3

Het derde concept is het voertuig met open sidepods. Dit houdt in dat er openingen tussen de wielen en het middenstuk zitten. Dit concept is weergegeven in figuur 17. Door deze gaten in de sidepods kan de luchtstroom netjes tussen de wielen en het middenstuk door geleid worden zonder dat er een te groot hoogdruk gebied ontstaat op de neus van het voertuig. Hiermee neemt ook het gebied met stilstaande lucht achter de sidepods af. Dit is weergegeven in figuur 18. Achter de voorste sidepod is de verandering goed zichtbaar. De cw waarde van dit concept is 0,28.



Figuur 11

Echter is er door de opening in tussen de wielen en het middenstuk minder bewegingsvrijheid voor de draagarmen. Ook de veerpoten zullen aan de binnenkant van het chassis geplaatst worden. Hierdoor zal wel het onafgeveerde massa verlaagd worden met de prijs dat er binnen het chassis minder plaats is voor de benodigde onderdelen.



Figuur 12: (druk verdeling van de flow simulatie)

Keuzematrix sidepod concepten

Om een goede keuze te kunnen maken tussen de drie verschillende concepten zal er hieronder een keuze matrix weergegeven worden. De concepten zullen op verschillende aspecten beoordeeld worden doormiddel van cijfers.

Aangezien er bepaalde onderdelen belangrijker zijn voor het behalen van de gestelde eisen zijn er wegingsfactoren toegevoegd. Deze wegingsfactoren zijn te vinden onder de kop: "waarde".

	Waarde	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Cw waarde	10	9	5	8
Laminaire stroming ²	10	4	6	9
Frontaal oppervlakte	10	6	5	10
Maakbaarheid	6	5	4	3
Bewegingsruimte wielophanging	6	6	5	2
Ruimte voor componenten	4	4	4	2
Totaal	46	34	29	34

Uit de bovenstaande keuzematrix komen twee concepten als beste naar voren. Beide concepten hebben hun voordelen en nadelen. Voor het verdere onderzoek zal er gewerkt worden aan concept 3. De reden hiervoor is dat het verslag gericht is op aerodynamisch onderzoek, hiervoor bied concept 3 de beste analyse mogelijkheden.

Ook is concept 3 het meeste te vergelijken met het concept wat initieel gekozen was.

² Hiermee wordt er gekeken naar de verloop van de luchtstroom rond het voertuig

Optimalisatie concept 3

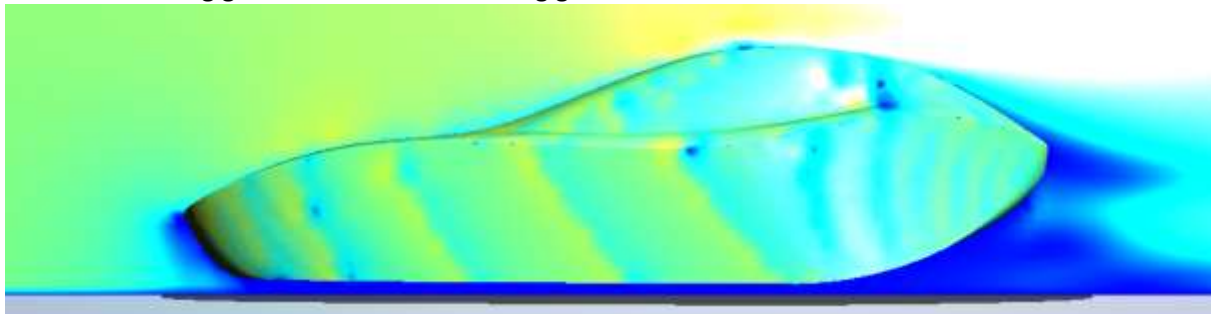
Om er voor te zorgen dat Concept 3 voldoet aan de vooraf gestelde eisen, zal er een optimalisatie proces plaats vinden. Deze zal zich voornamelijk focussen op de optimalisatie van de sidepods. In figuur 18 is te zien dat er een laag druk gebied achter de achterste sidepod ontstaat. Dit lage druk gebied zorgt voor een weerstand wanneer het voertuig beweegt.

Door de vorm van het vleugelprofiel aan te passen is het mogelijk om de manier waarop de luchtstroom de sidepod verlaat te veranderen. Hierdoor kan de luchtstroom effectief gericht worden om het lage druk gebied te verminderen.

Voordat de optimalisatie van de sidepod gedaan kan worden zal er eerst naar het midden stuk gekeken worden.

Analyse en optimalisatie middenstuk

Het doel voor de optimalisatie van het middenstuk is om er voor te zorgen dat de luchtstroom netjes rond het voertuig geleid wordt en dat het zog gebied verkleint word.

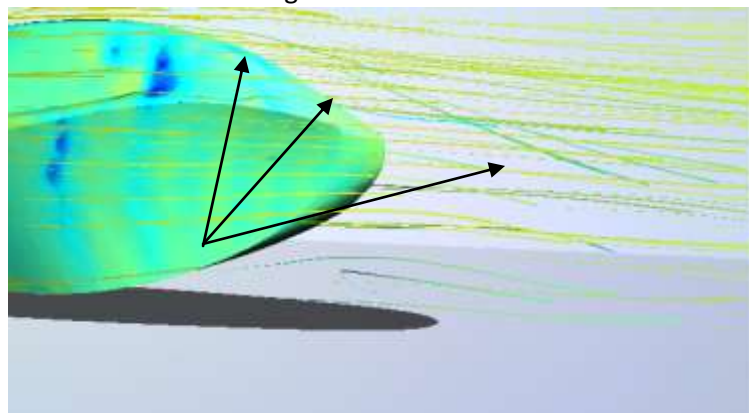


Figuur 13: (druk verdeling rond het middenstuk)

In figuur 19 is de uitkomst van de simulatie van het middenstuk weergegeven. Aan de achterkant van het voertuig is er een laag druk gebied (Donker blauw gekleurd) zichtbaar. Deze ontstaat doordat de luchtstroom van het oppervlakte loskomt. Dit gebeurt doordat de grenslaag te groot word waardoor de luchtstroom zijn hechting aan het oppervlakte verliest. Het lichtblauwe gebied dat rond het lage druk gebied zit, laat zien dat de luchtstroom daar los is gekomen van het oppervlakte en zal hier turbulent verder gaan.

Dit is weergegeven in figuur 20. Hier is een stroombaan aangeduid doormiddel van drie zwarte pijlen. Deze stroombaan is het perfecte voorbeeld van een luchtstroom die het oppervlakte te vroeg verlaat door een te grote grenslaag.

In figuur 19 is ook een laag drukgebied aan de onderkant van het voertuig zichtbaar. Deze is ontstaan doordat de



Figuur 14: (Zog vorming achter het middenstuk)

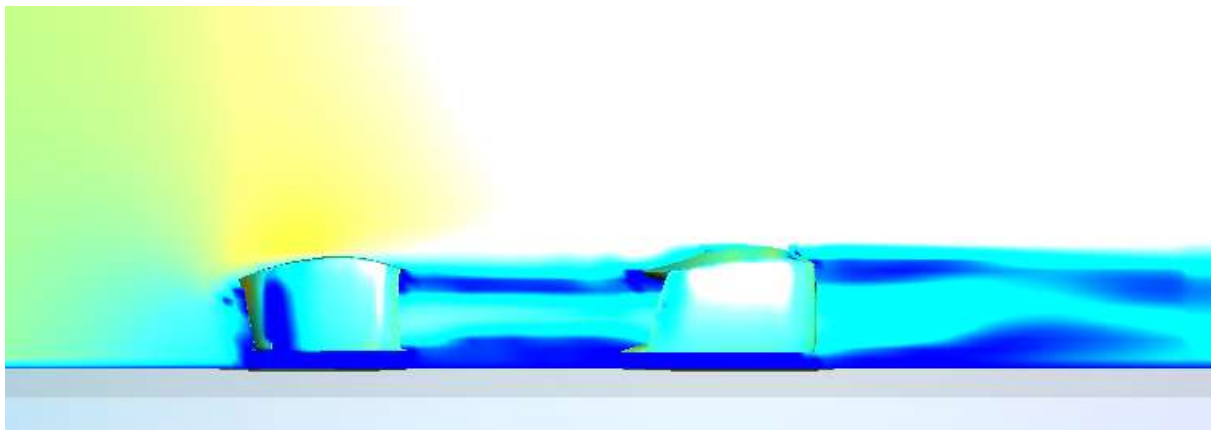
lucht versnelt wordt door het venturi principe. Echter wordt de luchtstroom niet goed genoeg afgeremd aan de achterkant van het voertuig. Dit resulteert in de naloop van het lage druk gebied. Doordat de snelle luchtstroom van onder het voertuig plots onder het voertuig vandaan komt zal deze proberen af te remmen. Echter resulteert dit in vorming van een turbulente stroming.

Ondanks deze aandachtspunten heeft het middenstuk een cw waarde van 0,11. Hierdoor voldoet die aan de vooraf gestelde eisen. Echter zal de ophanging en banden ervoor zorgen dat de cw waarde zal stijgen. Vandaar dat er sidepods op het voertuig komen.

Analyse en optimalisatie sidepods

Het doel van de optimalisatie van de sidepods is om te zorgen dat de luchtstroom rond de ophangingsdelen en de banden geleid word. Hierdoor zal er minder turbulentie ontstaan door het roteren van de wielen en de vorm van de draagarmen.

In figuur 18 is de simulatie weergegeven van de sidepods zoals ze toegepast zijn op concept 3. Wanneer dit vergeleken wordt met de simulatie van de nieuwe sidepods (weergegeven in figuur 21), dan zijn er duidelijke verschillen zichtbaar.



Figuur 15: (Druk verdeling simulatie van de sidepod)

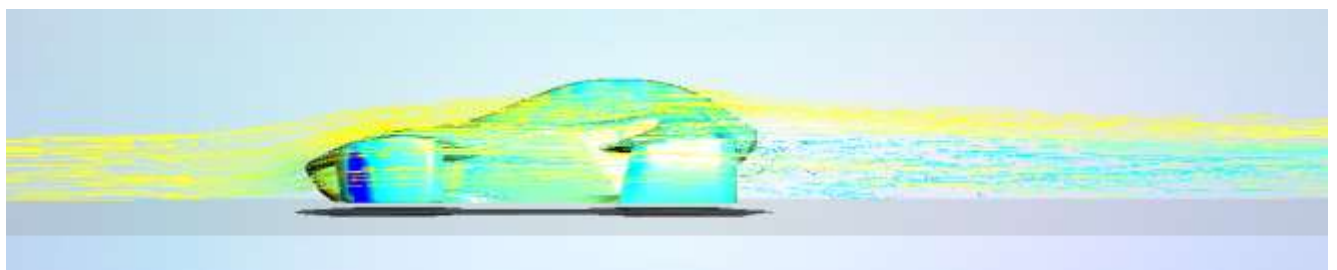
Bij de vorige sidepods ontstond er een groot laag druk gebied achter de achterste sidepod. Bij de nieuwe versie is deze verminderd door de luchtstroom beter door de opening te sturen en de lucht boven de sidepod aan het einde naar beneden te sturen.

Hierdoor neemt het lage druk gebied achter de sidepod heel erg af. Echter is er nog wel een groot stuk licht blauw gekleurd. Net zoals bij het middenstuk komt dit door turbulente luchtstroming.

Echter is de turbulente stroming hier ontstaan door het verschil in snelheid.

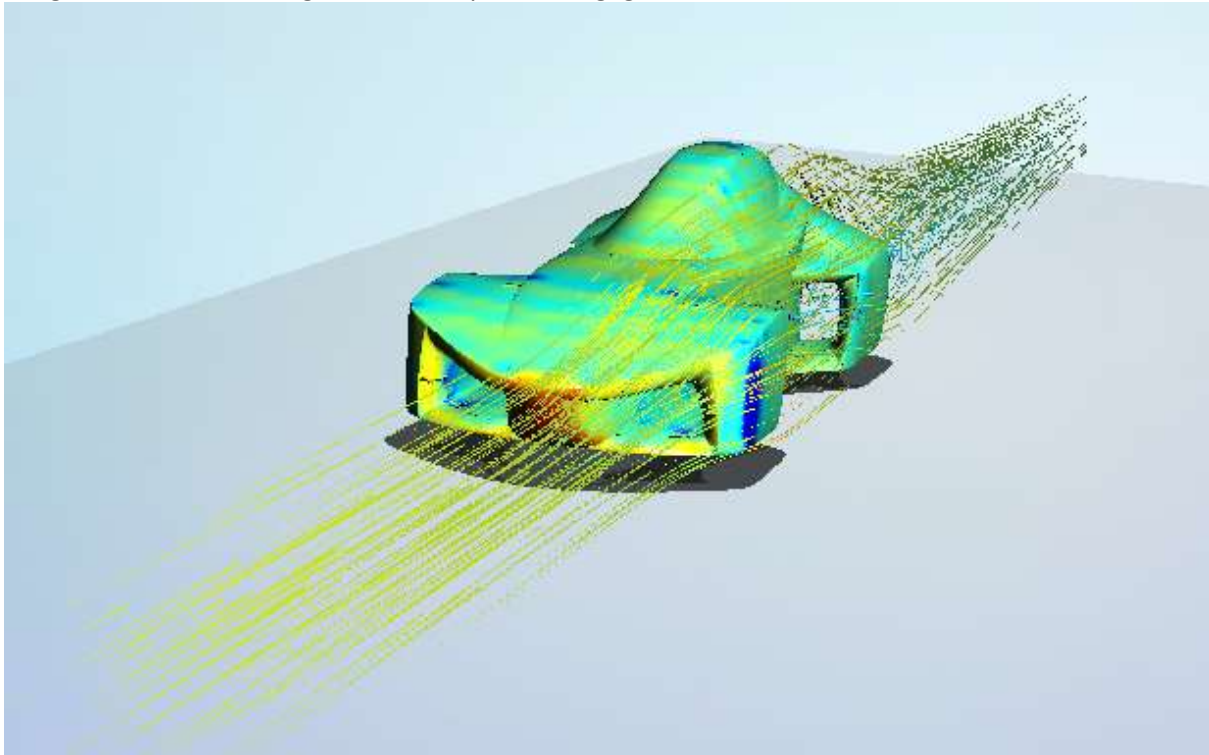
Wanneer de luchtstroom in contact komt met een luchtstroom met een lagere druk, dan zullen de luchtstromen gaan mengen. Door het verschil in snelheid ontstaan er dan golvende bewegingen.

Dit is de turbulente stroming.

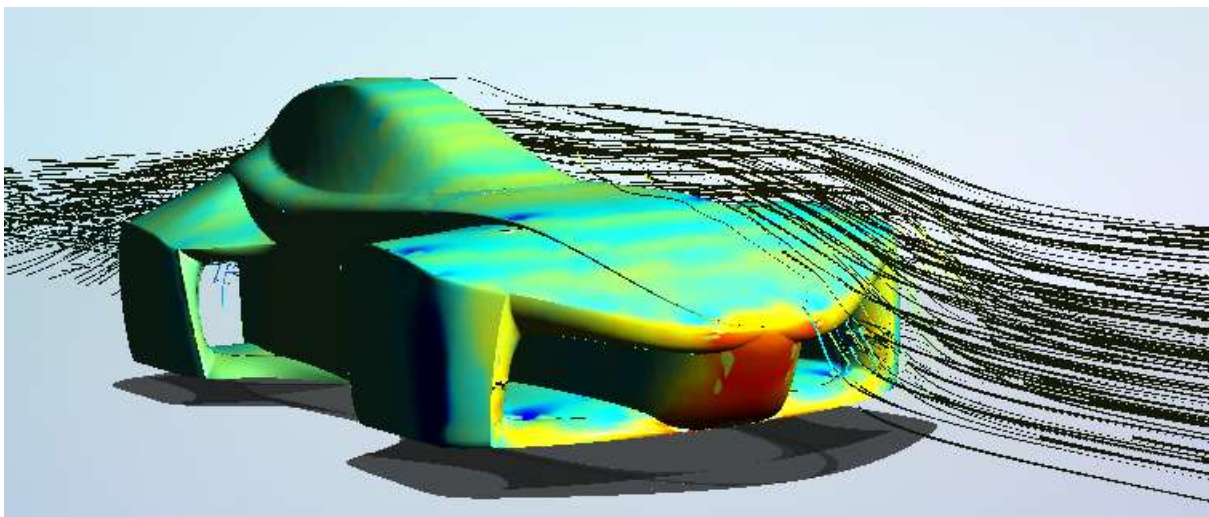


Figuur 16: (stromings analyse van de sidepods)

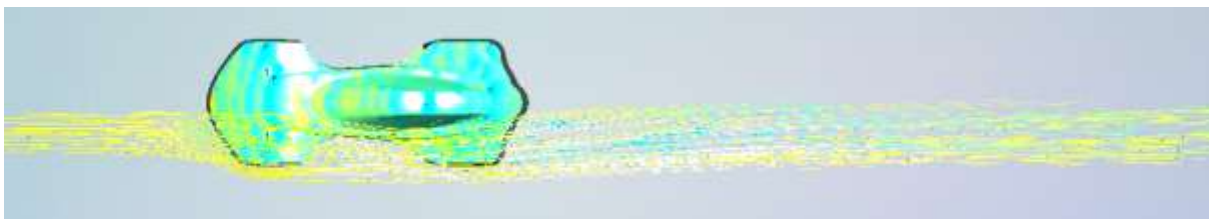
In figuur 22 is de stroming door de sidepods weergegeven.



Figuur 17: (Analyse flow door de sidepods)

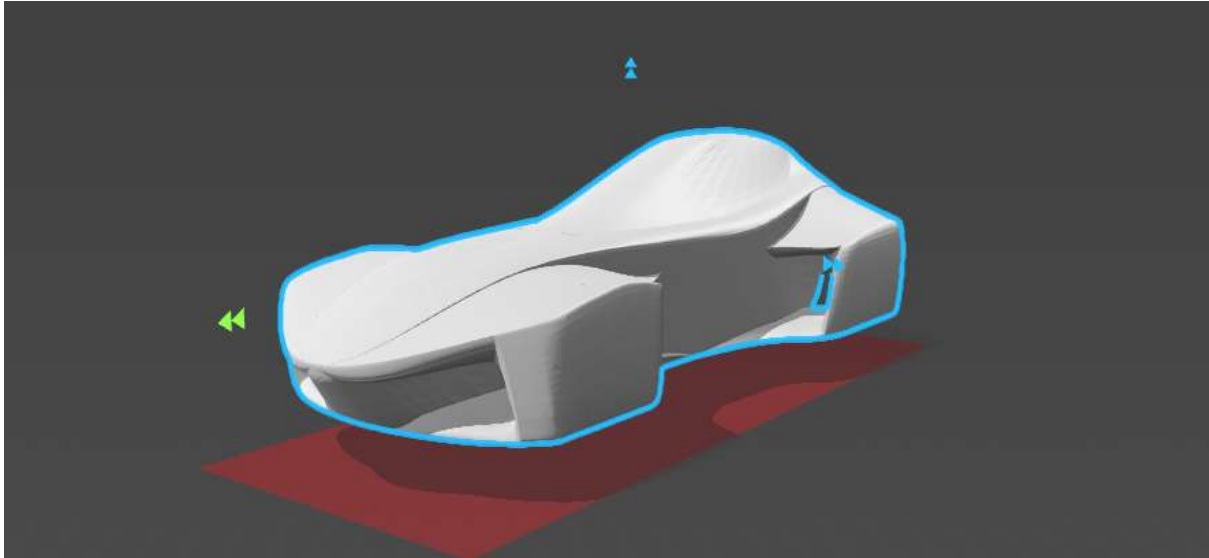


Figuur 18: (Analyse flow door de sidepods)



Figuur 19: (Analyse flow door de sidepods)

Totaal concept



Figuur 20: (uiteindelijk concept voertuig)

In figuur 26 is de gehele body zichtbaar voor het voertuig.

Deze body heeft een uiteindelijk cw waarde van 0,13 met een weerstand van 58,3 N bij een snelheid van 100 km/h.

Dit is terug te berekenen met de volgende formule;

$$A = \frac{58,3 \text{ N}}{0,5 * 1,27 * (27,77)^2 * 0,13}$$

Dit resulteert in een frontaal oppervlakte van 0,911 m².

De body voldoet aan de twee belangrijkste eisen.

De cw waarde is onder 0,2 en het frontaal oppervlakte is kleiner dan 1,2 m².

Conclusie

Het doel van dit project was om een body te ontwikkelen die ervoor zorgt dat de gestelde verbruikseis van 35 wh/km gehaald wordt.

Om dit voor elkaar te krijgen was het van belang dat het een body werd met een klein frontaal oppervlakte met een goede stroomlijn.

Wat is de meeste ideale vorm voor de body om het gewenste verbruik te behalen?

Om dit voor elkaar te krijgen is er gewerkt met verschillende concepten. Deze concepten zijn getest om te kijken welke het meeste voordelen had en welke de meeste optimalisatie mogelijkheden had. Hieruit was gekomen dat een body met sidepods het efficiëntst was voor het bereiken van het doel.

Echter waren de ontworpen concepten uitgegaan van een ideaal voertuig. Hierdoor is het concept aangepast om ervoor te zorgen dat alle onderdelen binnen het voertuig vallen.

Zo zijn er testen uitgevoerd met een open en een dichte sidepod. Uit de analyse bleek dat een open sidepod een lagere cw waarde had.

Het concept is verder geoptimaliseerd om ervoor te zorgen dat hij de vooraf gestelde eisen behaalde.

Na de optimalisatie van voornamelijk de sidepods was de uiteindelijke cw waarde 0,13. Hierdoor is de gestelde eis van een cw waarde van 0,20 gehaald.

Bij de analyse is er de invloed van draaiende wielen niet mee genomen. Zou dit wel mee genomen worden zal de cw waarden nog toe nemen

Helaas is door tijdsgebrek het niet gelukt om het voertuig door de ansys simulatie te halen. Hierdoor is het niet gelukt om te kijken naar het punt van aerodynamische druk en naar de hoeveelheid lift van het voertuig.

Advies

Bij dit concept is er geen rekening gehouden met de luchtinlaten voor de koeling van de elektrische componenten, de inzittende en de wiel kassen. Hier zal dus nog naar gekeken worden.

Ook is het handig om een ansys analyse te draaien van het gehele voertuig. Hiermee kan er bepaald worden of het voertuig goed zal functioneren op de openbare weg.

Multiplexed Network

Probleemstelling

Voor het goed laten keuren van het voertuig United Mobility zijn er aantal lichten verplicht dat het voertuig moet hebben. Om deze verlichting in te kunnen schakelen is voor elk systeem aparte kabel nodig. dit zorgt ervoor dat er veel kabels nodig zijn om de verlichting aan te kunnen sturen, wat bij storing voor veel zoekwerk zorgt. En daarnaast wordt het voertuig heel zwaar. Om de hoeveelheid bedrading te verminderen moet een netwerk ontworpen en gerealiseerd worden die de verlichting aan kan sturen.

Specificatie	Is	Is niet
Wat -object	-Software die de hardware aanstuurt. -verlichting systeem	-Aandrijfsysteem -Wielophanging -Chassis -Body
Waar -plaats	Hogeschool Rotterdam	Bedrijven
Wanneer Voertuig gerealiseerd	Juli 2016	Februari 2016
Omvang -Wat in het proces	-schrijven van een software -software moet de hardware aansturen -verlichting moet via een netwerk ingeschakeld worden - De bestuurder krijgt informatie wat ingeschakeld is	-Aansturen andere systemen in het voertuig -Bouwen van andere systemen
Mensen	Tweede, derde jaar leerlingen Hogeschool Rotterdam	Bussinescase Secondlife

Middelen	Documentatie middelen PvA PVE Projectmonitor Planning literatuur netwerken programma voor het schrijven van software	
Geld	Aandrijflijn €10.000 <€40.000 (kans op verhoging)	>€40.000 (kans op verhoging)

Projectdoel

Aan het einde van het project moet een netwerk ontwikkeld worden waarmee de verlichting van het voertuig United Mobility aangestuurd wordt. Deze verlichting is noodzakelijk om het voertuig goed te laten keuren door de RDW. Het ontwikkelen van een netwerk moet gebeuren door het schrijven van een software die de hardware moet aan sturen.

Onderzoeksvraag

“Ontwerp en realiseer in 10 weken tijd een netwerk en is deze in staat de verlichting in te kunnen schakelen, die nodig is om het voertuig United Mobility goed te laten keuren?”

Deelvragen

Waaruit bestaat een netwerk?

Welke verlichting is van de RDW verplicht om een keurmerk te krijgen?

Programma van eisen

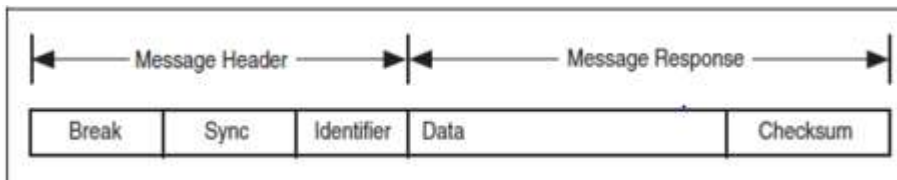
Hieronder zijn de projecteisen te zien. De projecteisen zijn de condities waaraan het projectresultaat moet voldoen. Op die manier wordt er voor gezorgd dat het geleverde resultaat voldoet aan de verwachtingen van de klant. Maar de projecteisen zorgen ook voor helderheid in de werkzaamheden die gedaan moeten worden om het product te kunnen realiseren. De eisen hieronder zijn opgesteld ten aanzien van tijd, geld, risico's, kwaliteit.

Eis	Omschrijving	Vast/variabel
1.	Het netwerk wordt dusdanig opgebouwd dat het modulair van opzet is	vast
2.	Het lichtsysteem wordt in zijn geheel aangestuurd via het netwerk	vast
3.	Het netwerk dient uitbreidbaarheid te zijn met losse modules	vast
4.	De data snelheid van het netwerk moet te minste 10 kb/s bedragen	vast
5.	De bestuurder moet de informatie krijgen wat ingeschakeld is	variabel

Concepten

Local Interconnect Network(LIN)

Doordat Can-bus systeem een duur systeem was en het niet mogelijk was om voor elk component Can te gebruiken. Is door autofabrikanten en Motorola in 2000 LIN systeem ontwikkeld, waarbij eenvoudige componenten aangestuurd worden doormiddel van Network. De LIN werkt volgens master/slave principe. Dat houdt in dat één LIN-master hebt en één of meer slaven. Het master apparaat heeft een meester taak en slaaf taak. Maar elk slaaf apparaat heeft alleen een slaaf taak. De communicatie van een LIN-bus wordt voldeig aangestuurd door een master apparaat. De overdracht van een LIN bestaat uit een frame dat onderverdeeld is in een header en response. De header wordt altijd verzonden door de master apparaat en bestaat uit drie verschillende gebieden: pauze, synchronisatie(Sync), identifier(ID). De response die door een slaaf taak wordt uitgezonden en in de master knooppunt of een slaafknoop kan verblijven bestaat uit een data payload en een controlesom. Hieronder is een LIN frame te zien.



Figuur 21: LIN frame

- Break(pauze)
elke LIN lijst begint met de rust die 13 dominante bits gevolgd door een pauze van één bit. Dit dient als een bericht start-of-frame alle knooppunten op de bus
- Sync
het sync veld het tweede veld uitgezonden door de meester taak in de header. Sync wordt gedefinieerd als het teken x55. Zorgt er voor dat de data herkend wordt.
- Het ID veld het laatste veld uitgezonden door de meester taak in de header. Dit veld bevat identificatie van elk bericht in het netwerk en bepaalt uiteindelijk welke knooppunten in het netwerk ontvangen en reageren op elke transmissie. De maximale snelheid van een LIN netwerk is 20 kbit/s.

Can-bus

Doordat in de lopende jaren de eisen betreft comfort in voertuigen steeds meer toenam. Zijn de elektrische componenten binnen het voertuig ook verdubbeld. Dat houdt in dat de kabelboom van voertuigen steeds dikker en zwaarder werden. Door dit probleem op te lossen is door de auto-industrie een oplossing bedacht. Zo is er een nieuwe moderne communicatiemethode bedacht genaamd Can-bus. De Can-bus datacommunicatie bestaat uit 7 lagen ISO/OSI referentiemodel. Can-bus die in de auto-industrie wordt gebruikt, zijn de lagen 3 tot met 6 leeg. Dat betekend dat alleen de lagen 1, 2, 7 informatie bevatten.

- **Laag 1**
Hier vinden de defensie plaats voor het data-overdrachtsmedium voor de connector, s. Voor de data-overdracht niveaus en de zend ontvangbouwstenen. Zijn de volgende Can-normen: --Low-

Speed-Can

data-overdrachtssnelheden van 5 kbit /s tot 125 kbit/s mogelijk

- High-Speed-Can

data-overdrachtssnelheden tot 1 Mbit/s mogelijk

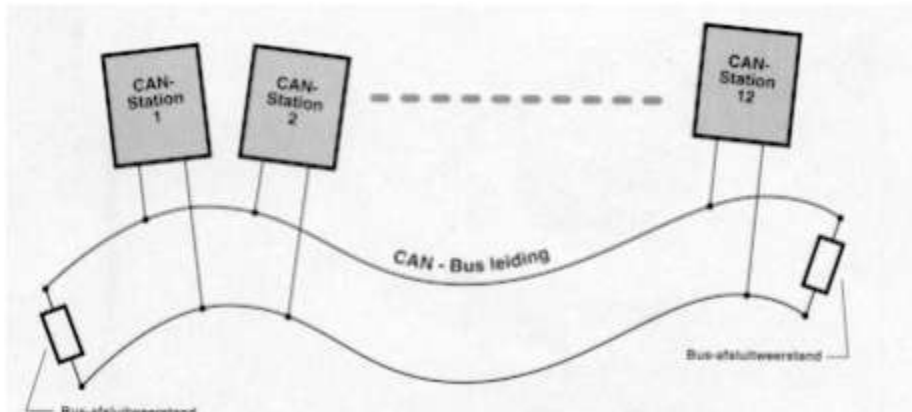
- **Laag 2**

Hier wordt vastgelegd hoe toegang wordt verkregen tot het data-overdracht medium, hoe het bericht is opgebouwd en hoe data-overdracht protocol is gestructureerd.

- **Laag 7**

laag 7 is de applicatie laag

De koppeling aan de bus omvat de netwerk-topologie van de Can-bus en de koppeling aan het bus medium. Netwerk-topologie is de fysieke opbouw van het netwerk. De Can-bus gebruikt de zogenaamde bus-topologie, dat houdt in dat alle deelnemers aan tweedraads leiding(twisted pair kabel) aangesloten zijn. En op het einde zijn aan beide kanten afsluitweerstand geplaatst.



Zo kunnen de stations onbeperkt met elkaar communiceren. De zend en ontvang opdrachten worden via twee aansluitingen Can-High(CanH) en Can-Low(CanL) geregeld. Voor de data overdracht wordt de spanningsverschil gebruikt om voor te zorgen dat het minder storingsgevoelig is. Er worden twee spanning bereiken gebruikt voor de representatie van data op de bus gedefinieerd: de recessieve en de dominante bus toestand. Spanningsverschil van 0,5 v tussen CanH en CanL betekend recessieve en een spanningsverschil van 0,9 v betekend dominante toestand. De zend/ontvangtrap informatie is nodig als zelf een Can-transceiver gebouwd gaat worden. Het uitbreiden van de Can-bus netwerk is afhankelijk van de bus kabel die gebruikt wordt. Als de componenten niet direct op de Can-bus zijn aangesloten moeten de componenten niet langer dan 2 m zijn om een overdrachtssnelheid te krijgen van 250 kbit/s. En samen bij elkaar mogen de componenten niet langer zijn dan 30 m.

Het data-overdracht protocol van de Can-bus werkt als volgt:

Berichtuitwisseling

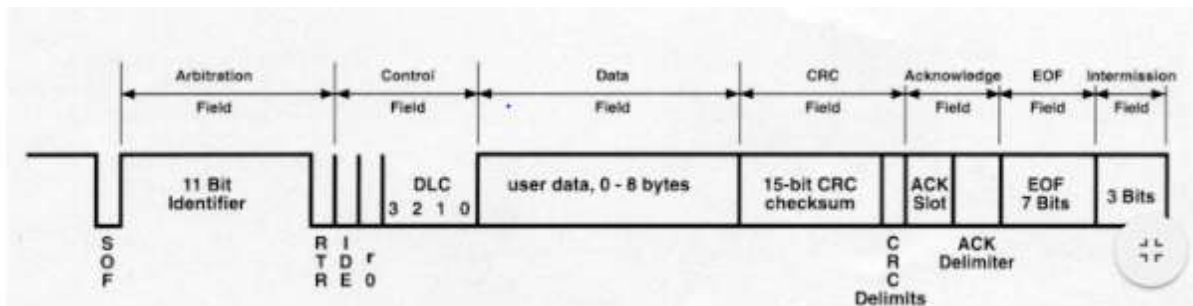
De uitwisseling van bericht bij een Can-bus systeem kan op twee manier gaan. Deze twee manieren zijn³:

³ <http://users.telenet.be/peterna/osp/CAN-bus%20cursus.pdf>

- Deelnemer-georiënteerde berichtuitwisseling
Hier wordt door de zender een specifieke boodschap gezonden, die bestemd is voor een specifieke ontvanger. De rest van de stations negeren deze boodschap.
- Object-georiënteerde berichtuitwisseling
Hier wordt door de zender informatie verstuurd, deze informatie kan elk station gebruiken als het nodig is. De beslissing van de stations of de informatie nuttig is wordt beslist aan de hand van de geprogrammeerde software.

Can gebruikt vier soorten communicatie vormen die frames worden genoemd. De frames zijn:

- Data-frame
- Remote-frame
- Error-frame
- Overload-frame



Figuur 22 Can frame

Hierboven is de Can-bus frame te zien, hiermee wordt door de stations data verzonden.

- SOF dat is de begin van de frame alle bussen resten hun inwendige informatie.
- Arbitration-field dit veld bevat informatie voor de regeling bus toegang
- 11 bit identifier in dit deel staat de identifier van het verzonden communicatie-object. Er zijn 2048 verschillende ID, s mogelijk 16 daarvan worden niet gebruikt, omdat deze voor bijzondere functies gereserveerd. Met ID, s wordt bedoeld meerwaarde, schakelstanden, lampfuncties.
- RTR hier wordt een station direct zonder vertraging zijn data verzonden.
- Control-field Hier staat informatie over de opbouw van de data-frames
- Data-field in dit veld staan de te verzenden gebruiksdatabytes, 0 tot 8 bytes.
- CRC in dit veld staat informatie over de veiligheid.(dat de verzonden data geen storing bevat)
- Acknowledge dit veld dient als een ontvangstbevestiging van de verzonden data
- ACA-slot dit veld dient als controle van de data die uitgaat
- EDF hier wordt het data-frame afgesloten
- Field voor dat een andere frame verzonden kan worden is voor de ontvanger een "rustpauze" op de bus ingelast

Flexray

De Flexray⁴ is een hoge snelheid bussysteem ontwikkeld in samenwerking met verschillende autofabrikanten. Om er voor te zorgen dat de veiligheid van voertuigen verbeterd wordt. En verbetering van comfort. Flexray maakt gebruik van niet afgeschermd twisted pair bekabeling om de bussen met elkaar te verbinden. Tussen een paar bussen wordt aan het uiteinde een weerstand gebruikt. Wat Flexray onderscheid van andere netwerken is de netwerk lay-out. Bij een Flexray netwerk zijn verschillende lay-out mogelijk.⁵ Dat is een belangrijke punt, want hierop kunnen verbeteringen gedaan worden aan kosten, prestaties en betrouwbaarheid.

- Multi-drop



- Star network



- Hybride netwerk



De flexray protocol is in een tijd geactiveerde protocol dat in microseconde en Can-achtige dynamische even gestuurde data levert en een groot aantal frames verwerkt. Dit gebeurt door vooraf ingestelde communicatie cyclus. De prioriteit van de berichten wordt geregeld door Time Division Multiple Access

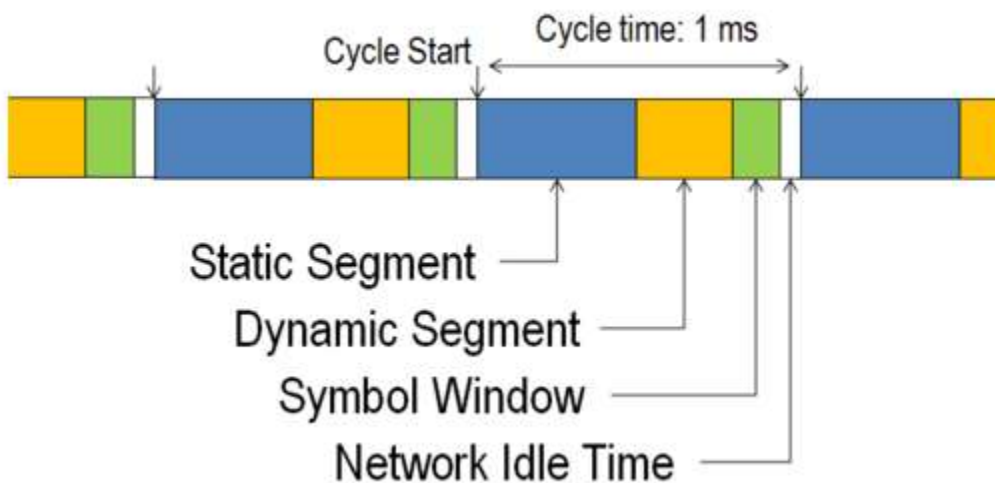
⁴ Boek: Multiplexed Networks for Embedded systems blz 231

⁵ <http://www.ni.com/white-paper/3352/en/>

systeem afkorting hiervan is TDMA-regeling. Elk node is gesynchroniseerd op de zelfde klok dat houd in dat elk node op zijn buurt wacht.

Er zijn vier belangrijke onderdelen in een communicatie cyclus dat zijn:

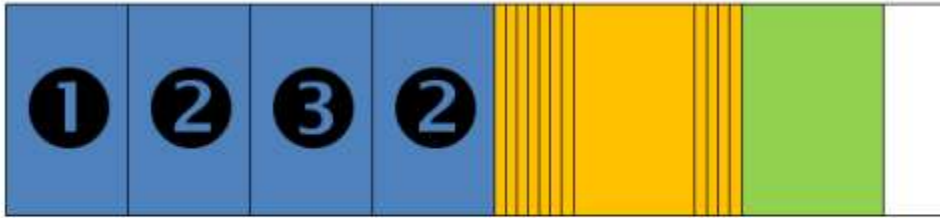
- Static Segment
voorbehouden slots voor deterministische data die aankomt op een vaste periode
- Dynamic Segment
- Symbol Window
kenmerkend voor netwerkkonderhoud en signalering voor het starten van het netwerk
- Network Idle Time
synchronisatie tussen knooppunt klokken re handhaven



Figuur 23: Flexray cyclus

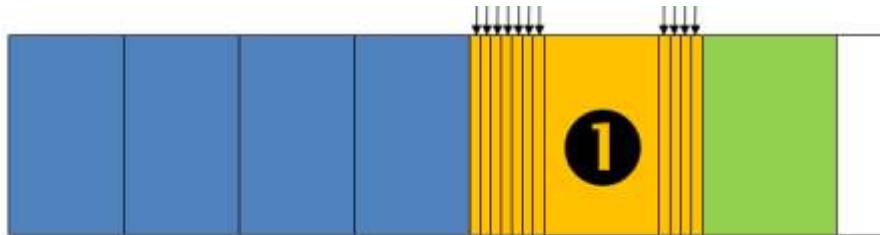
In het blauwe gedeelte is de statische segment weergeven. Deze ruimte in de cyclus is gereserveerd voor het in plannen van veroorzaakte frames. De blauwe gedeelte is verdeeld in sleuven, elke sleuf bevat een dataframe. In elke sleuf heeft de ECU de tijd om zijn gegevens te verzenden wanneer deze tijd is volstreken moet de ECU wachten tot de volgende cyclus om zijn gegevens te zenden. Hier onder

wordt de statische segment afgebeeld met 3 ECU, s en verzenden naar 4 gereserveerde sloten.



Wanneer een van de bovenstaande ECU, s offline gaat blijft zijn sleuf bezit en wordt niet gebruikt door andere ECU, s.

Dynamische segment de meeste berichten in netwerken hebben een lage prioriteit. Klein aantal van deze berichten heeft een grote prioriteit. De berichten die een grote prioriteit hebben worden aan het einde van het frame geplaatst. Hieronder wordt dat goed afgebeeld.



Symbol window wordt voornamelijk gebruikt voor het onderhoud en de identificatie van speciale cyclus zoals koude start.

Network Idle Time hier wordt de lengte van een cyclus bepaald.

Eindconcept

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een netwerk keuze gemaakt doormiddel van de eisen, die aan het begin van het project door de opdrachtgever zijn vastgelegd. Daarnaast worden de eisen meegenomen die door de projectgroep United Mobility zijn vastgelegd. De keuze wordt gemaakt aan de hand van een keuzematrix waarin de eisen zijn verwerkt.

Keuzematrix netwerk

Concepten	Snelheid	Innovativiteit(3)	kosten	Betrouwbaarheid(2)	Foutopsporing	Voorkennis(4)	Ondersteuning	Literatuur(2)	Totaal
Lin	1	3	5	2	1	8	2	6	28
Can-bus	2	12	4	8	3	16	3	8	56
Flexray	4	15	1	8	3	4	1	2	38
Punten deling	1 t/m 5								

Figuur 24: keuzematrix netwerk

Snelheid: het netwerk moet minimaal een snelheid hebben van 125 kbit/s.

Innovativiteit: hiermee worden de functies en mogelijkheden van het product getoetst.

kosten: met kosten wordt bedoeld de aanschafwaarde van het product.

Betrouwbaarheid: met betrouwbaarheid wordt bedoeld hoe minder storing gevoelig het netwerk is.

Foutopsporing: met foutopsporing wordt bedoeld hoe snel de storing gevonden wordt.

Voorkennis: met voorkennis wordt bedoeld de hoeveelheid aandacht die besteed is in de opleiding autotechniek.

Ondersteuning: hulp die gevraagd kan worden aan deskundigen.

literatuur: het gemak van het kunnen verzamelen van leermateriaal.

Hierboven is de keuzematrix te zien van het netwerk, waarmee de verlichting die in het voertuig komt aangestuurd wordt. In de keuzematrix zijn links de concepten uitgezet. Vervolgens zijn de eisen wat de keuze van de eindconcept beïnvloed boven geplaatst, met tussenhaakjes de weegfactor van de desbetreffende eis. Voor de puntendeling is er een keuzemogelijkheid voor 1 t/m 5. Bij het kiezen van 1 dan voldoet het concept het minst aan de desbetreffende eis. Als er 5 gekozen wordt dan voldoet het concept het meest aan de desbetreffende eis. In de keuzematrix is te zien dat de Lin netwerk de laagste score heeft van de 2 netwerken. Dat betekent dat er niet voor deze netwerk gekozen wordt. Omdat het minst voldoet aan de eisen die in de keuzematrix staan. Flexray netwerk met een score van 38 punten is het ook niet geworden. De bepalende factor waarom de Can-bus hoger heeft gescoord dan de Flexray is de voorkennis die opgedaan is in de opleiding autotechniek. En de literatuur die beschikbaar is gemaakt om met dit netwerk te begrijpen en te kunnen toepassen voor de verlichting waarmee het voertuig van United Mobility aangestuurd wordt. Daarnaast is het niet mogelijk om een Flexray netwerk op RDM te realiseren.

Ontwikkeling

Componenten voor het netwerk

De hoofddoel voor het ontwikkelen van een netwerk voor het verlichting systeem. Is dat het voertuig United Mobilty goedgekeurd wordt door de RDW en het verminderen van de elektrische bedrading die een bijdrage moet leveren aan het lichter maken van het voertuig. Voor dat het netwerk gerealiseerd wordt, wordt eerst toegelicht wat voor componenten nodig zijn. En ook wordt onderbouwd hoe het netwerksysteem moet gaan functioneren om de verlichting componenten aan te sturen.

Het voertuig valt onder M categorie. De volgende verlichting zijn nodig om het voertuig goed te laten keuren door de RDW:

- Grootlicht
- Dimlicht
- Achteruitrijlicht
- Richtingaanwijzer
- Waarschuwingsknipperlicht
- Stoplicht (remlicht) S1, S2
- Stoplicht (derde remlicht) S3, S4
- Achterkentekenplaatverlichting
- Achterlicht
- Mistachterlicht
- Dagriflicht (stadslicht)

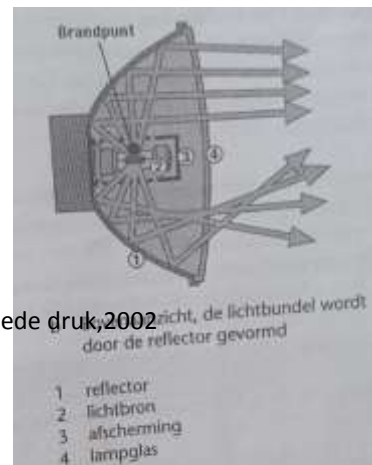
Voor de uitvoering van de koplichten(dim-en grootlicht) zijn twee soorten.

- dim-en grootlicht in één reflector
- dim-en grootlicht ieder met een aparte reflector

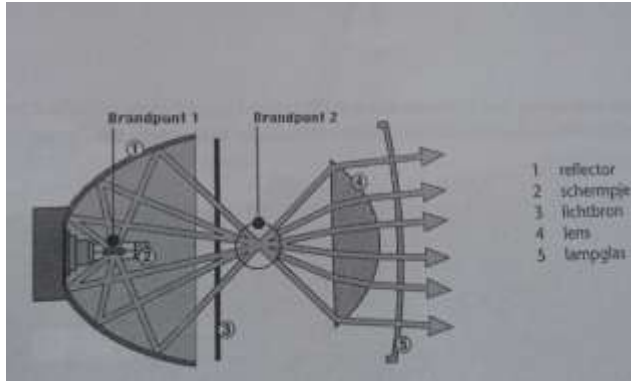
Omdat het voertuig van United Mobility aerodynamische vorm moet hebben. Is voor de uitvoering gekozen dat dim-en grootlicht in een reflector, daarnaast bied het de voordeel dat de dimlicht gebruik maakt van de hele reflector. Op die manier is de lichtopbrengst groter. Voor het type lamp is gekozen voor gasontladingslamp. Deze lamp beidt het voordeel dat de lichtopbrengst 3 keer zo groot is als de halogeen lamp. Daarnaast is de levensduur van de lamp veel langer dan andere type lampen. De type reflectoren dat gebruikt kan worden in combinatie met gasontladingslampen zijn: DE-type FF-type. Met deze type reflectoren wordt een bredere lichtspreading verkregen. Deze samenstelling wordt in één complete koplampunit geleverd met een regeleenheid. Die automatisch ervoor zorgt dat de lamp van hoogte goed versteld wordt. Omdat er een regeleenheid in de koplampunit zit kunnen de functies in de toekomst uitgebreid worden. Het voornaamste doel is eerst zorgen dat het voertuig goed gekeurd wordt door de RDW.

6

⁶ Boek: elektro 6 Basiselektro. J. van de Berg, F. Drenth, D.J. Zuiderbaan. Tweede druk, 2002



Figuur 25:FF reflector



Figuur 26: DE reflector

Omdat het voertuig United Mobility een duurzaam voertuig moet gaan worden. Wordt voor de achterlichten led verlichting gebruikt. Dat biedt veel voordelen ten opzichte van halogeen lampen achter. De voordelen zijn:

- meer branduren
- beter lichtopbrengst
- er komt nauwelijks warmte vrij, dat betekent dat de energie die naar de led toe gaat maximaal benut wordt

Voor de achteruit, kenteken, en knipperlichten worden ook led verlichting toegepast. Om het voertuig zo duurzaam mogelijk te ontwerpen.

Het netwerk wordt zo gemaakt dat het in de toekomst uitgebreid kan worden met andere verlichting. Het hoofddoel voor nu blijft de verlichting aansturen die nodig is om het voertuig te laten keuren door de RDW.

Netwerk

Om een goede keuze te kunnen maken welke Can type gebruikt wordt voor het voertuig United

	CAN 2.0A	CAN 2.0B
Max aantal beschikbare identifiers(boodschappen)per bussysteem	2 ¹¹	2 ²⁹
Aantal stations(knooppunten)per bussysteem	Max 32	Max 32
Data-overdrachtssnelheid	5kbit/s tot 125kbit/s	5kbit/s tot 1Mbit/s
Hoeveelheid gebruiksdata per frame	0 tot 8 byte	0 tot 8 byte
Max lengte van een frame	117bit	136bit

Mobility. Zijn de technische specificaties van Can 2.0A en Can 2.0B naast elkaar gezet.

Het type Can dat gebruikt wordt voor het aansturen van de verlichting van het voertuig United Mobility is van het specificatie versie 2.0B. Dat houdt in dat er mogelijkheid is om Max 2²⁹ identifiers(boodschappen) te sturen per bus systeem. Deze keuze is gemaakt om het mogelijk te maken dat het netwerk in de toekomst uitgebreid kan worden met verschillende sensoren. Per station is er 32 knooppunten mogelijk. En de data-overdrachtssnelheid tussen de stations is 5kbits/s tot 1mbits/s. Voor het opstellen van het netwerk die de verlichting van het voertuig United Mobility moet gaan aansturen zijn er twee soorten opstellingen. Dit zijn:

- Eén module per koplampunit
- Eén module voor beide koplampunits links en rechts

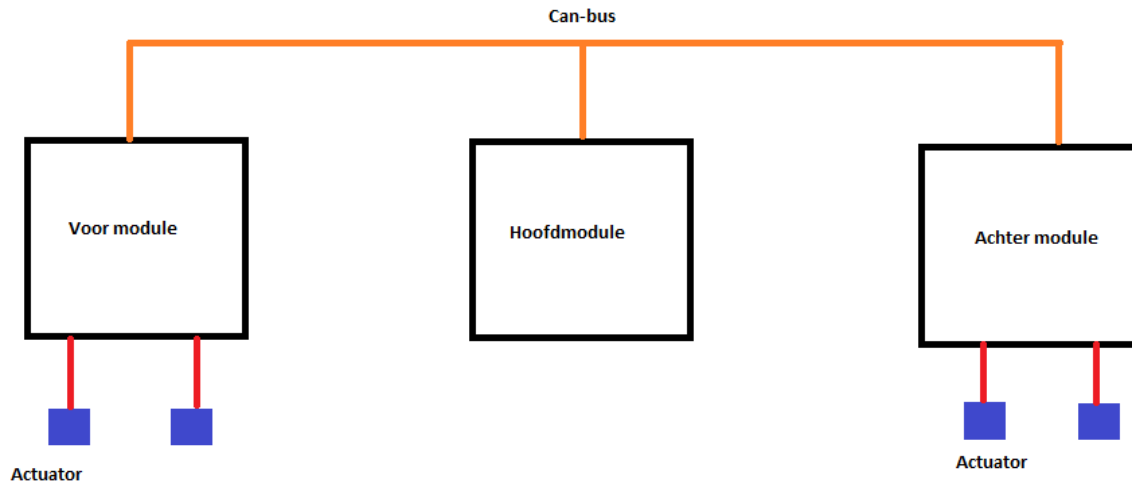
Het voordeel van het gebruiken van één module per koplampunits is dat er een hoge overdrachtssnelheid ontstaat tussen de modules. Er kan snelheid bereikt worden van 1mbits/s. Het nadeel hiervan is dat er per module een programma geschreven moet worden. En heel veel ingewikkelder wordt.

Het voordeel van het gebruiken van één module voor beide koplampunits, is dat er één programma geschreven moet worden voor beide kanten. En de snelheid die bereikt wordt voldoet aan de eis die in begin van het project is vastgelegd. De eis was dat overdracht snelheid 125kbits/s moet hebben.

De opstelling die gekozen is voor het voertuig United Mobility, is het gebruik maken van één module voor beide koplampunits.

Het netwerk moet minimaal bestaan uit drie control units, waarbij het netwerk in de toekomst mogelijk uit te breiden is. Uit de drie control units is er een hoofdmodule, voormodule en een achter module. De hoofmodule bevindt zich in het midden van het voertuig. De voormodule zit voorin in het voertuig en de achter module achter in het voertuig. De hoofdtaak van de hoofdmodule, is bij het krijgen van een commando het bericht doorsturen naar de voor of achter module. En daarnaast de bestuurder

informerend dat bepaalde verlichting is ingeschakeld. De voormodule heeft de taak de verlichting aan de voorzijde aan te sturen. En de achter module moet voor zorgen dat de verlichting van het voertuig aan de achterkant aangestuurd wordt. In figuur 7 is de netwerk schematisch te zien.



Figuur 27: Can-bus netwerk verlichting

In tabellen hieronder zijn de berichten en opdrachten uitgezet, waarmee de modules met elkaar communiceren om bepaalde verlichting aan te kunnen sturen. Dit is noodzakelijk om goed vast te leggen welke berichten nodig zijn. Zodat de communicatie tussen de modules vlekkeloos verloopt. Zodra de berichten en opdrachten vastgelegd zijn. Wordt bij het schrijven van het programma aan deze afspraken gehouden. Zo is dan bekend welke berichten de module moeten zenden of ontvangen.

Ontvangen	Zenden	Opdracht	Uitbreiding
Display/Dimlicht aan	00	<ul style="list-style-type: none"> - Voor module/dimlicht aan - Achter module/achterlichten /kentekenverlichting/aan 	Speaker
Display/Grootlicht aan	01	<ul style="list-style-type: none"> - Voor module/grootlicht aan - Achter module/achterlichten/ kentekenverlichting/ aan 	Speaker
Display/richtingaanwijzer aan	02	<ul style="list-style-type: none"> - Voor module/richtingaanwijzer RV/aan - Achter module/richtingaanwijzer RA/aan 	

Hoofdmodule

Display/richtingaanwijzer aan		<ul style="list-style-type: none"> - Voor module/richtingaanwijzer LV/aan - Achter module/richtingaanwijzer LA/aan 	
Display/Waarschuwingknipperlichten/aan	03	<ul style="list-style-type: none"> - Voor module /richtingaanwijzer RV&LV/ aan - Achter module/richtingaanwijzer RA&LA/ aan 	
Display/Stop	04	<ul style="list-style-type: none"> - Achter module/remlicht/aan 	
Display/misterachterlicht/aan	05	<ul style="list-style-type: none"> - Achter module/mistachterlicht/aan 	
Display/stadslicht/aan	06	<ul style="list-style-type: none"> - Voor module/stadlicht V/kentekenverlichting/aan - Achter module/stadlicht achter/kentekenverlichting/aan 	

Ontvangen	Opdracht	Zenden	Uitbreiden
Dimlicht moet aan	Dimlicht wordt aangestuurd	Dimlicht is aan	lichtsensor
Grootlicht moet aan	Grootlicht wordt aangestuurd	Grootlicht is aan	
Richtingaanwijzer LV moet aan	Richtingaanwijzer LV wordt aangestuurd	Richtingaanwijzer LV is aan	waarschuwingssensoren
Richtingaanwijzer RV moet aan	Richtingaanwijzer RV wordt aangestuurd	Richtingaanwijzer RV is aan	waarschuwingssensoren

	aangestuurd		
Waarschuwingsknipperlicht moet aan	RV & LV knipperlichten worden aangestuurd	Waarschuwingsknipperlicht is aan	
Stadslicht moet aan	Stadslicht voor wordt aangestuurd	Stadslicht voor is aan	

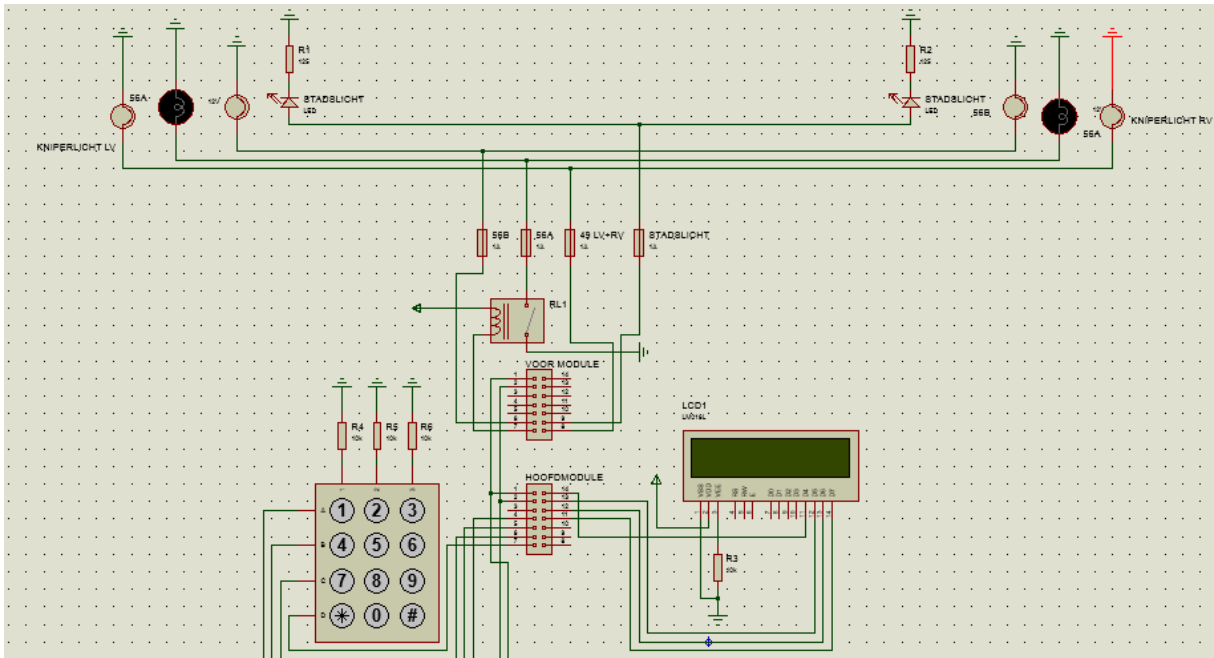
Voor module

Achter module

Ontvangen	Opdracht	Zenden	Uitbreiden
Achter lichten en kentekenverlichting moeten aan	Achter lichten en kentekenverlichting worden aangestuurd	Achterlichten en kentekenverlichting zijn aan	
Richtingaanwijzer RA moet aan	Richtingaanwijzer RA wordt aangestuurd	Richtingaanwijzer RA is aan	waarschuwingssensoren

Richtingaanwijzer LA moet aan	Richtingaanwijzer LA wordt aangestuurd	Richtingaanwijzer RA is aan	waarschuwingssensoren
Waarschuwingknipperlicht moet aan	RA & LA knipperlichten worden aangestuurd	Waarschuwingknipperlicht is aan	
Remlichten moeten aan	Remlichten worden aangestuurd	Remlichten zijn aan	
Mistachterlicht moet aan	Mistachterlicht wordt aangestuurd	Mistachterlicht is aan	

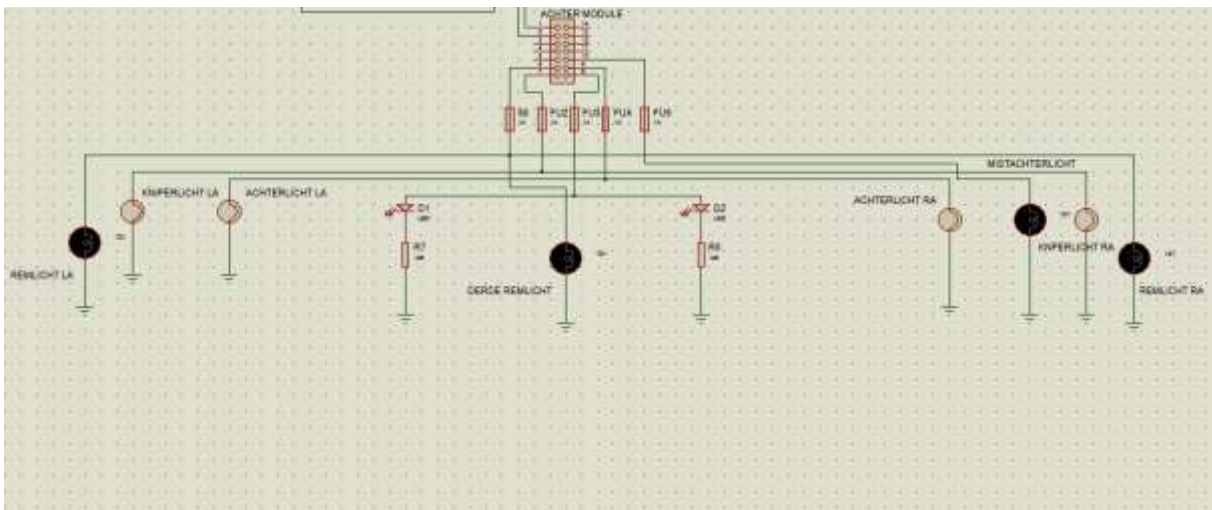
Schema netwerk verlichting



Figuur 28: voor module & hoofdmodule

In figuur 8 is de elektrische schema te zien van de hoofd- en voormodule van het netwerk. Op de voormodule is goed te zien dat de voorverlichting die nodig zijn om het voertuig goed te laten keuren aangesloten zijn. Zoals eerder onderbouwd is, is LV en RV aangesloten op één module.

In figuur 8 is ook te zien dat op de hoofdmodule de keypad en de LCD display aangesloten zijn. De keypad dient er voor om opdrachten te sturen aan de modules om een bepaalde verlichting aan te kunnen sturen. Dat kan in de toekomst een sensor of een schakelaar zijn. De LCD display is nodig om de bestuurder te kunnen informeren welke verlichting ingeschakeld is.



Figuur 29: achter module

In figuur 9 is de achter module te zien. Hier geldt het zelfde er is één module die de verlichting LA en RA moet aansturen.

Keuze hardware

De keuze van hardware voor het voertuig United Mobility wordt gedaan aan de hand van beschikbare borden op de markt en niet op microchips. Voor het kunnen kiezen van een goed technische onderbouwde bord. Is allereerst begonnen met een marktonderzoek naar verschillende borden die beschikbaar zijn. In de bijlage zijn de technische specificaties⁷ van de Arduino borden.






Figuur 30: Mega 2560

Om de Arduino borden te kunnen vergelijken en de beste technische keuze te kunnen maken, zijn de specificaties van de borden opgezocht. Door deze specificaties met elkaar te vergelijken kan geconcludeerd worden dat de Mega 2560 Arduino bord het krachtigste bord van alle borden is die hierboven in figuur 10 te zien is. Het Arduino Mega board beschikt over 54 digitale I/O's(input & output) en 16 analoge ingangen. Daarnaast beschikt de Arduino Mega over een kloksnelheid van 16 MHz voor een nauwkeurige uitgang van een signaal. Ook beschikt de Arduino Mega bord een ICSP-header die het mogelijk maakt om met ander borden te kunnen communiceren. Voordeel hiervan ten opzichte van andere Arduino borden is dat er geen shield nodig is.

Naast Arduino borden zijn ook ander borden op de markt te verkrijgen. Om conclusie te kunnen trekken welke bord er daadwerkelijk gebruikt gaat worden voor het verlichting netwerk. Wordt de Arduino Mega bord die de beste technische specificaties heeft ten opzichte van andere arduino borden, Vergleken met andere borden die op de markt te verkrijgen zijn. De vergelijking gebeurt op de volgende manier. In Exel worden links de specificaties uitgezet en boven de verkrijgbare borden op de markt. Hieronder is in Exel de vergelijking te zien van de borden. Op die manier is er een snelle overzicht gecreëerd wat de borden aan kunnen. En versterkt de onderbouwde keuze van de bord.

⁷ <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Borden					
specificaties					
Kloksnelheid	750 MHz	1024 MHz	1024 MHz	48 MHz	16 MHz
Kosten	€ 41,95	€ 54,95	€ 59,95	€ 100,00	€ 50,00
Werkgeheugen	512 MB	512 MB	1GB	2,048 KB	-
onboard flash	Nee	4 GB	4 GB	256 KB	256 kB
video-output	1080p	720p	1080p	Geen	Geen
Analoge aansluitingen	-	-	6	13	16
Digitale aansluitingen	26	65	14	7	54
Toepassingen	PC	PC en ontwikkeling	PC en ontwikkeling	ontwikkeling	ontwikkeling
Wi-Fi	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee
micro SD kaart	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
USB	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee
SATA	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee
CAN	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee

De hardware keuze wordt gemaakt aan de hand van de bovenstaande specificaties. De keuze mogelijkheid bestaat uit: Raspberry pi, BeagleBone, pcDuino, Dwengo, Arduino Mega 2560. Als de bovenstaande tabel geanalyseerd wordt kan uitspraak gedaan worden welke van de bovenstaande bord de beste specificaties heeft. De Dwengo en Arduino Mega 2560 scoren het laagste op de bovenstaande specificaties. Deze vallen weg en worden niet gekozen als hardware voor het aansturen van het verlichting van het voertuig United Mobility. Op de derde plaats komt de Raspberry pi die op video-output en aantal digitale aansluitingen goed scoort. Maar dat is niet goed genoeg om de Raspberry pi te kiezen voor de hardware waarmee de verlichting aangestuurd gaat worden. Wat over blijft zijn de borden BeagleBone en pcDuino. De BeagleBone verliest het van pcDuino op werkgeheugen en op video-output. Daarnaast heeft de pcDuino WiFi netwerk wat de BeagleBone niet heeft. Conclusie die hier getrokken kan worden is dat de pcDuino de beste specificaties heeft vergeleken met de andere vier bovenstaande borden. Nadeel van de pcDuino is het niet hebben van een Can-bus aansluiting wat de BeagleBone wel heeft. Om een Can-bus netwerk mogelijk te maken met de pcDuino moet er een shield gekocht worden die op de pcDuino aangesloten moet worden. Om die reden is er gekozen voor de BeagleBone om als hardware te gebruiken voor het aansturen van de verlichting van het voertuig United Mobility.

BeagleBone

⁸ <https://learn.sparkfun.com/tutorials/single-board-computer-benchmarks>



BeagleBone Black Rev C is een Android Open-Source Linux-minicomputer op creditcardformaat. Hij is voorzien van een krachtige TI Sitara AM335x ARM Cortex processor van 1 GHz, HDMI-interface, 10/100 Ethernet-aansluiting en een werkgeheugen van 512 MB on board. Dankzij de vele I/O's en een reken capaciteit voor real-time analyses is BeagleBone Black ideaal voor de automatiserings- en besturingstechniek.

Conclusie

Aan het begin van dit onderzoek zijn er deelvragen gesteld die als volgt luiden:

Waaruit bestaat een netwerk?

Welke verlichting is van de RDW verplicht om een keurmerk te krijgen?

In dit hoofdstuk wordt antwoord gegeven op de deelvragen vervolgens op de hoofdvraag. En als laatste wordt een eindconclusie en aanbevelingen gegeven.

Waaruit bestaat een netwerk?

Een netwerk bestaat uit hardware die met elkaar verbonden zijn. Deze hardware communiceert met elkaar door middel van een software. De software wordt gemaakt aan de hand van programmeertaal. In deze programmeertaal zitten opdrachten om de hardware aan te kunnen sturen.

Welke verlichting is van de RDW verplicht om een keurmerk te krijgen?

Om het voertuig goed te laten keuren door de RDW. Zijn bepaalde basis verlichting nodig. Het voertuig United Mobility valt in categorie M dat houdt in dat de volgende verlichting noodzakelijk is:

- Grootlicht
- Dimlicht
- Achteruitrijlicht
- Richtingaanwijzer
- Waarschuwingsknipperlicht
- Stoplicht (remlicht) S1, S2
- Stoplicht (derde remlicht) S3, S4
- Achterkentekenplaatverlichting
- Achterlicht
- Mistachterlicht
- Dagriflicht (stadslicht)

De hoofdvraag van dit onderzoek luid als volgt:

“Ontwerp en realiseer in 10 weken tijd een netwerk en is deze in staat de verlichting in te kunnen schakelen, die nodig is om het voertuig United Mobility goed te laten keuren?”

Na het uitvoeren van dit onderzoek is een netwerk ontwikkeld waarmee de verlichting van het voertuig United Mobility aangestuurd kan worden. Om een goede keuze te maken van een onderbouwde netwerk. Zijn eerst drie netwerken onderzocht en daarvan is een keuzematrix opgesteld met de eisen die door de opdrachtgever gesteld zijn. In de keuzematrix heeft de Can-bus netwerk het beste gescoord. Voor het goed kunnen opstellen van een werkend Can-bus netwerk voor de verlichting. Is Vervolgens een opzet gemaakt uit hoeveel modules het netwerk bestaat en welke opdrachten de modules krijgen en zenden. Daarnaast is voor de hardware de bord Beaglebone gekozen. De Beaglebone ondersteunt de volgende softwares:

- Debian
- Android
- Ubuntu
- Cloud9 IDE on Node.js w/ BoneScript library

Door tijdgebrek was het niet mogelijk om het netwerk te realiseren. Daarnaast hebben aantal zaken zich afgespeeld in dit project wat heel lastig was om componenten te bestellen, zodat het netwerk aangesloten kan. Deze zaken worden beschreven in het reflectieverslag. Omdat er geen componenten waren was het ook moeilijk om een software te schrijven die de hardware moet aansturen.

Aanbevelingen

Zoals eerder aangegeven in de conclusie is het netwerk wat ontwikkeld is niet gerealiseerd. Om het netwerk te implementeren in het voertuig United Mobility moet eerst de componenten besteld gaan worden. Tweede stap die gedaan moet worden is het aansluiten van de Beaglebones met daarop de verlichting. Om de Beaglebones goed te laten functioneren is het genoodzaakt een software te schrijven. De opdrachten die Beaglebons moeten krijgen of zenden is al ontwikkeld. Alleen moeten deze verwerkt worden in de software. Voordat het netwerk geïmplementeerd wordt in het voertuig, is het van belang om het netwerk te testen.

Accu bevestiging

Probleemstelling

Voor dit elektrisch voertuig wordt energie opslag gebruikt in de vorm van tractie accu's. In tegen stelling tot conventionele auto's hebben deze voertuigen een de energie opslag als grootste massa in de packaging. Voor wenselijk rijgedrag is de plaatsing hiervan erg belangrijk. Daarnaast is het van belang naar de temperatuurontwikkeling van de accu's te kijken en de manier van bevestigen en afschermen om veiligheid te garanderen.

Specificatie	Is	Is niet
Wat -object	Realisatie United mobility ontwerp. Behuizing accupakketten	Aansluiting vd accu's Bepaling accu soorten
Waar -plaats	Onderin het voertuig op het chassis Alutec of het ACC of de cleanroom	Verdere nodige plekken in het voertuig
Wanneer Voertuig gerealiseerd	Februari 2016	Juni 2016
Omvang -Wat in het proces	Bevestiging op chassis Bevestiging van de accu's Materiaalkeuze Concepten Homologatie	Accukeuze Noodstop Zekeringen Aansluiting
Mensen	Team Aandrijving Team Chassis Alutec Dhr. R. Hogt Dhr. Uwland Dhr. Tonkens	
Middelen	Documentatie middelen PvA Bronnen Excel	

	Patran Inventor/Solidworks	
--	-------------------------------	--

Projectdoel

Het projectdoel van United Mobility is het realiseren van een draagcomponent voor de bescherming van de tractiebatterijen. Hierbij valt ook het regelen van de nodige zaken voor de bouw van het voertuig. Daarnaast is het verzamelen, onderzoeken en structureren van bestaande kennis, methoden en technieken van totaal belang om dit mogelijk te maken. Kennisdeling op de CoP Future Mobility is nog een doel. Hiermee willen we onderwijs, praktijk en studenten dichter bij elkaar te brengen.

Voor de PRO06 Studenten is het van belang om aan de competenties te voldoen van de Project Automotive Management Module. Hiermee worden 12 studiepunten toegekend en bied het de studenten de mogelijkheid af te studeren. Studenten hebben de kans om op een praktische manier te leren, met verschillende belanghebbende en projectleden op een professionele wijze om te gaan. Een grote voorsprong voor de start van een loopbaan.

Hoofdvraag

“Hoe wordt een accubehuizing voor het United Mobility voertuig ontworpen, zodat het gekeurd en gerealiseerd kan worden, binnen 13 weken.”

Deelvragen

Wat is maakbaar?

- Welke werkzaamheden kunnen op school gedaan worden?
- Wat kan Alutec betekenen?

Hoe komt de behuizing door de keuringen?

- Waar moet het aan voldoen?

Is de behuizing sterk genoeg?

Hoe kunnen de accus geplaatst worden?

- Waar komen de accus in het voertuig?
- Hoe stel je de pakketten efficiënt samen?

Welk systeem zorgt dat de accu's toegankelijk zijn?

- Hoe kom je bij de accus?
- Hoe worden ze bevestigd?

Programma van eisen

Het pakket van eisen is een lijst waar je duidelijk maakt waar je afbakening zit. Hoe specifieker de eisen geformuleerd wordt hoe duidelijker de richtlijnen en minder kans op fouten achteraf.

De grootste factor in de het pakket van eisen voor het voertuig zit in de homologatie. De RDW richtlijnen zijn de afbakening in voertuig mogelijkheden aangezien het voertuig de weg op moet kunnen.

Andere bepalende eisfactoren zijn de beslissingen van de investeerder. De investeerder Auke Hoekstra heeft een belangrijke rol in dit project en werkt nou samen met de project leden. Zijn expertise op technisch gebied en wekelijkse samenwerking zal de eisen geleidelijk aanscherpen.

	Eis	meetbaar	Status	
2	De energieopslagsystemen worden niet in het passagierscompartiment geplaatst, tenzij deze goed zijn afgeschermd.	Naast behuizing nog een scheiding.	Body	VN/ECE reglement nr. 100
4	De onderdelen van de elektrische aandrijflijn en de bekabeling vormen niet het laagste punt van het voertuig, waarbij de wielen buiten beschouwing worden gelaten.	Steken niet uit onder het frame	Variabel	VN/ECE reglement nr. 100
5	De tractiebatterij moet deugdelijk bevestigd zijn.	Geen verplaatsing	Vast	VN/ECE reglement nr. 100
6	de tractiebatterij is bevestigd overeenkomstig de aanwijzingen van de fabrikant van de tractiebatterij	Li-Ion building block Li30P26F	Vast	VN/ECE reglement nr. 100
7	de tractiebatterij is bevestigd met de daartoe bestemde vaste bevestigingspunten	RVS bouten, gaten in de blocks	Vast	VN/ECE reglement nr. 100
8	de tractiebatterij is niet bevestigd ter plaatse van samendrukbare stoffen	X	Vast	VN/ECE reglement nr. 100
9	er moet een minimale vrije ruimte zijn van 100 mm tussen de tractiebatterij en achterzijde voertuig, waarbij de kortste afstand bepalend is	Tussen de wielen	Vast	VN/ECE reglement nr. 100
10	Batterijruimten met batterijmodules die gevaarlijke gassen kunnen produceren, moeten veilig worden geventileerd	Niet van toepassing	Vast	VN/ECE reglement nr. 100
11	De installatie van de tractiebatterij in het voertuig mag geen potentieel gevaarlijke accumulatie van gasbellen mogelijk maken.	Naast behuizing nog een scheiding.	Vast	VN/ECE reglement nr. 100
13	3d dimensies waar het in moeten vallen.	Zie theoretisch kader	Variabel	United Mobility
14	De batterijen hoeven niet gekoeld te worden.	Temperatuur blijft laag genoeg.	Variabel	Aandrijving, Heijnsdijk, Hogt
15	Beschikbare materialen Alutech (door sponsoring)	Verschillende soorten aluminium	Variabel	(Alcotec, n.d.)
16	De plaatsing van de batterijen moet zo symmetrisch mogelijk.	longituaal	Vast	United Mobility
17	Er wordt rekening gehouden met een efficiënte manier van verbinden van de accu's	Korte verbinding	Vast	United Mobility
18	De batterij moet de gepaste schok absorptie hebben.	Rubberen mat onder de accu's	vast	INR18650-25R Specificatieblad
19	De pakketten moet zowel met 52 als met 26 accu's compatibel zijn.			United Mobility
20	Maximale temperatuur oppervlakte cel bij opladen	50 graden (< 45 graden aangeraden)	vast	INR18650-25R Specificatieblad
21	Maximale temperatuur oppervlakte cel bij ontladen	75 graden (< 60 graden aangeraden)	vast	INR18650-25R Specificatieblad

22	De componenten zijn van hetzelfde materiaal als het chassis.		vast	
----	--	--	------	--

Tabel 1 PvE

<http://wetten.overheid.nl/BWBR0025798/2016-03-02>

EMC L:2010:116:TOC

Current state

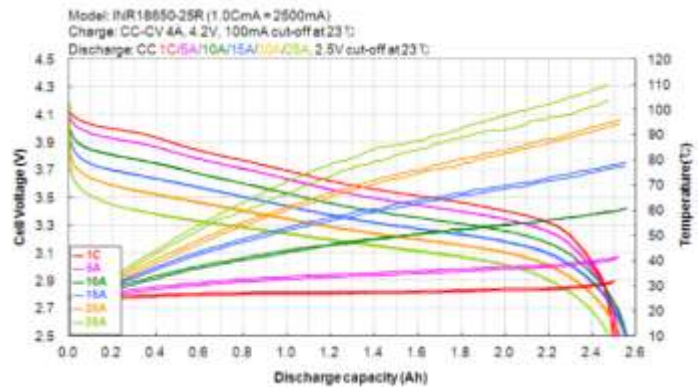
In de Current state wordt nuttige informatie verzameld. Informatie over praktische zaken. Nadat alle informatie is verzameld moet het verwerkt worden in overzichtelijke resultaten zodat er een conclusie uit getrokken kan worden. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar Current state v1.0.docx.

Temperatuur ontwikkeling

Voor de veiligheid van de bestuurder speelt temperatuur van de accu's een grote rol. Om een indicatie te krijgen, wat voor temperaturen er kunnen oplopen, wordt gekeken naar, wat er maximaal van de accu's kan worden geëist. Door hiermee terug te rekenen naar de stroom per cel kan een schatting gedaan worden van de temperatuur van een cel.

Worst case scenario is dat het maximale vermogen werd gevraagd op een warme dag en vervolgens het voertuig stil staat op asfalt. Dit wil zeggen dat de een cel een maximale temperatuur van 37 graden bereikt aan de hand van de benodigde stroom. (Samsung SDI Co., Ltd. , 2013) De gemiddelde temperatuur van asfalt in Nederland op een gemiddelde zomerdag is 34 graden. Te temperatuur die een cel zou

bereiken is 49 graden. Dit is binnen de eisen van de fabrikant van maximaal 60 graden. (Energypower Solutions Ltd. , 2015)



Figuur 31 Temperatuurontwikkeling

Volgens de fabrikant van de blocks is er geen koeling nodig tot een stroom van 120 ampère. Als we uitgaan van dat bij de maximale aangegeven stroom ook het maximale temperatuur wordt bereikt van 60 graden kunnen we van het volgende uitgaan. een cel bereikt bij die stroom een temperatuur van circa 40 graden. Dit wil zeggen dat de overige 20 graden zich ontwikkelen uit de warmte van de naastgelegen cellen in de block. Omdat de test van de cel is gedaan bij een temperatuur van 23 graden en niet bij 34 graden, zou de temperatuur in een blok, als we dezelfde warmteverhouding aanhouden, oplopen tot 77 graden. Dit is 17 graden te veel.

De beschreven temperaturen zijn tot zover zonder warmte verlies of luchtstromen van de voertuig snelheid. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar Temperatuur calculaties.xlsx.

Concepten

De volgende concepten zijn in Inventor gemaakt voor de visualisatie en de meetbaarheid van de eigenschappen.

Concept 1

In het eerste concept is zijn zoveel mogelijk accu's verticaal aan de zijkanten van de bestuurder geplaatst. De rest van de nodige accu's bevinden zich achter de bestuurder. In dit concept is rekening gehouden met een compact en toegankelijk ontwerp. De pakketten zijn vanuit het interieur

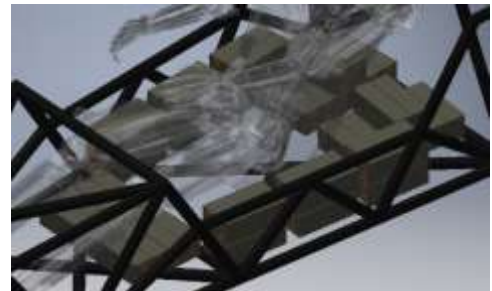
toegankelijk en vragen om weinig verdere bedrading.



Figuur 32 Concept 1

Concept 2

Het tweede concept is vooral gericht in het zo laag mogelijk houden van het zwaartepunt. De accu's zijn allemaal horizontaal geplaatst. Dit is ten koste gegaan van de toegankelijkheid.



Figuur 33 Concept 2

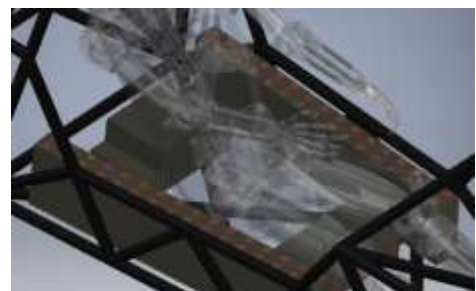


Figuur 34 Concept 3

Concept Combo 1

Dit concept is een combinatie van de 2 uiterste concepten. Het gemak van het eerste concept is ten koste gegaan van het verplaatsten van het zwaartepunt. De verticaal geplaatste accu's aan de zijkanten bieden

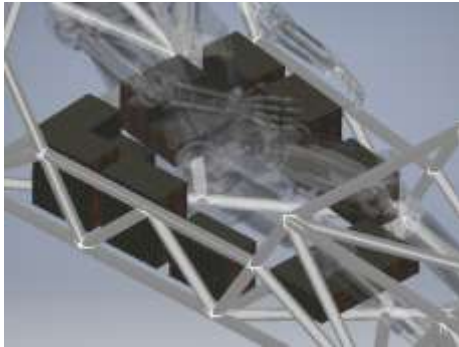
meer gewicht voor de stoel.



Figuur 35 Concept 4

Concept Combo 2

Dit concept is vrijwel identiek aan die van combo 1, met uitzondering aan de voorste verticale accu's. Dit is gedaan, om de beenruimte te vergroten aangezien deze accu's erg dicht bij de knieën kwamen.



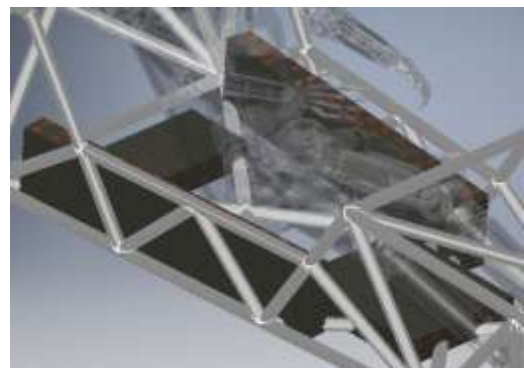
Figuur 36 Concept 5

Combo 3

In dit concept is een combinatie van onder andere concept 2. Hierin is meer rekening gehouden met de beenruimte. Ook zijn er meer accu's naar gestapeld.

Out of the box concept

Dit concept is gemaakt om de hardpoints in overweging te nemen. De dimensies waar binnen gewerkt moest worden zijn aan de onderkant verlaagd om meer ruimte mogelijk te maken voorin. De accu's zullen niet kunnen rusten op de buizen van het frame, maar het frame zal om de accu's heen gemaakt moeten worden. De accu's kunnen met aluminium platen tussen de buizen hangen. Het is ook mogelijk alleen het vooste accupakket te verlagen omdat vooral hiermee het gewicht naar voren wordt verplaatst.



Figuur 37 Concept 6

Keuze Plaatsing

De meest logische en veilige keuze uit de keuzematrix is concept Combinatie 2. Dit concept scoort op de hoogte van het zwaartepunt goed wat de hoogste weegfactor heeft. Daarnaast is het vrij toegankelijk en biedt het wat vrijheid naast de knieën. De plaatsing is ook niet gecompliceerd, wat het verder uitwerken van de bakken vereenvoudigt en dus de realisatie van het ontwerp.

Na voorstel aan het team over het outthebox concept is er een sterke overweging geweest om toch buiten de hardpoints te werken. De voordelen aan het zwaartepunt en comfort zijn groter dan het nadeel dat een verandering moet komen aan het frame. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar Keuzematrix plaatsing.xlsx

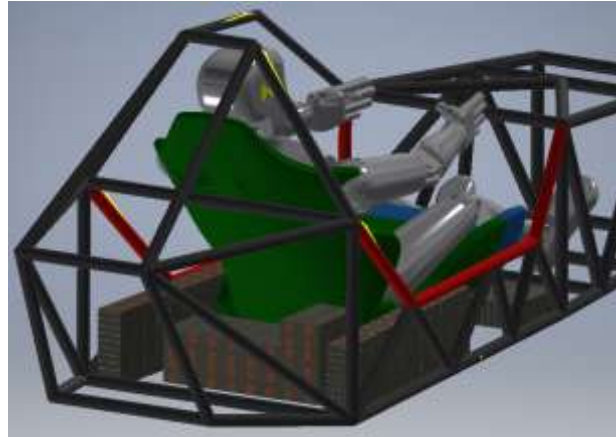
		totaal		Concept 1		Concept 2		Combo 1		Combo 2		Combo 3		Outthebox	
		Punten	Score	Punten	Score	Punten	Score	Punten	Score	Punten	Score	Punten	Score	Punten	Score
Comfort zijkanten	17%	4	0.666667	2	0.333333	2	0.333333	2	0.333333	3	0.5	3	0.5	4	0.666667
Comfort onder	17%	4	0.666667	4	0.666667	2	0.333333	2	0.333333	2	0.333333	2	0.333333	2	0.333333
Zwaartepunt verticaal	17%	4	0.666667	0	0.166667	3	0.5	2	0.333333	2	0.333333	2	0.333333	4	0.666667
Zwaartepunt horizontaal	33%	4	1.333333	0	0.333333	2	0.666667	3	1	3	1	2	0.666667	4	1.333333
Toegankelijkheid	17%	4	0.666667	4	0.666667	1	0.166667	3	0.5	3	0.5	1	0.166667	2	0.333333
Som		20	4	12	2.166667	10	2	12	2.5	13	2.666667	10	2	16	3.333333
100%		100%	100%	60%	54%	50%	50%	60%	63%	65%	67%	50%	50%	80%	83%

Tabel 2 Keuzematrix plaatsing

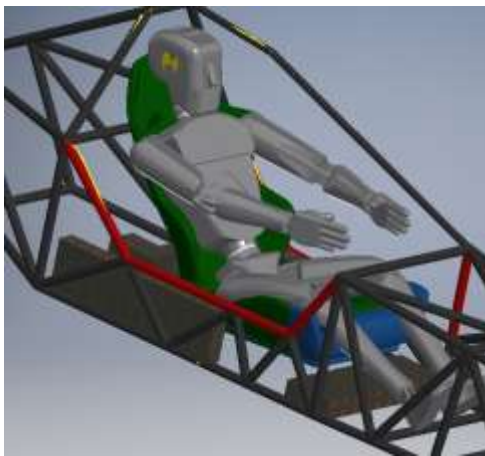
Definitief concept

Nadat het concept aan de opdrachtgever is geadviseerd is, is duidelijk gemaakt dat de ligging van het zwaartepunt minder relevant is. Ook is de stoel en de plaatsing ervan aangepast waardoor het concept niet meer voorin past. Ook is het aan de zijkant niet meer mogelijk accu's te plaatsen, omdat de stoel breder is dan het voorgaand concept.

De compensatie is, dat enkel de zijpakketten en het voorpakket worden verlaagd in het frame zodat er recht buizen naar achter verbonden kunnen worden, aangezien de stoel nog wel op het buizenframe gezet moet worden. Bij de zijpakketten zijn ook 4 blocks weg gehaald aan de voorkant, omdat deze door de stoel niet meer passen. Onder de benen moeten de accu's nu enkel naast elkaar geplaatst worden. De overige accu's zijn achter de stoel geplaatst.



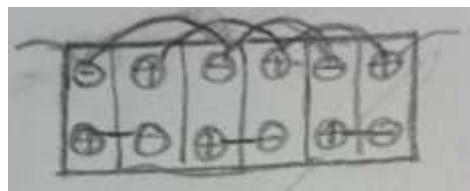
Figuur 38 Eindconcept 2



Figuur 39 Eind concept

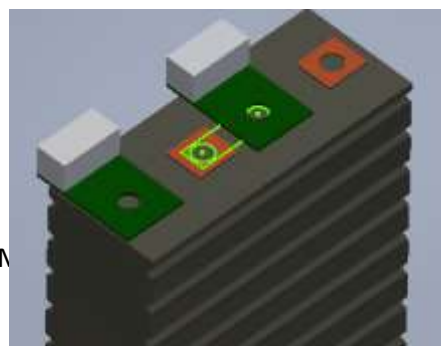
Accuaansluiting

Hoe dichter de blocks bij elkaar geplaatst worden, hoe meer ruimte en gewicht kan worden bespaard. Daarnaast heeft het ook invloed op de kosten en spanningsverlies. Hoewel niet aangegeven is hoe groot de bouten op de accu's zullen zijn, wordt er een aanname gedaan om 40 mm ruimte bij de accu aansluiting vrij te laten. Er is rekening gehouden bet de verbinding tussen naastgelegen accu's en de Emus modules. Ook is er aangenomen dat de naastliggende verbinding met koperen plaatjes wordt gedaan. De blocks worden steeds parallel aangesloten. . Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar Aansluiting calculaties.xlsx

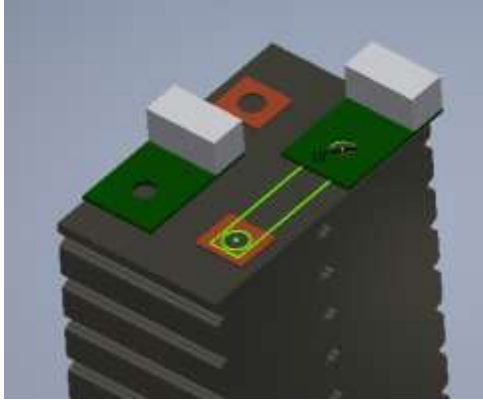


Figuur 40 Schematische aansluiting

2



Figuur 41 Aansluitingsconcept 2



Figuur 42 Aansluitingsconcept1

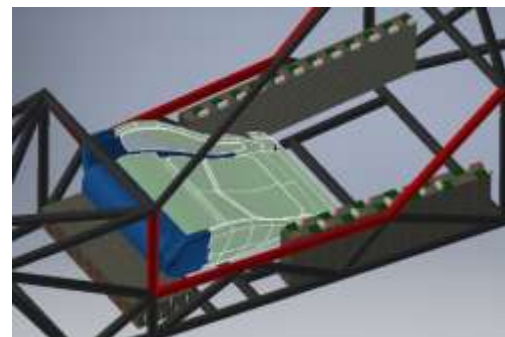
Ruimte tov Aansluiting

Er zijn 2 mogelijke logische manieren om elke 2 parallel blocks te verbinden. In de eerste versie worden de parallel aangesloten blocks dwars naast elkaar geplaatst. In de tweede versie worden ze in de lengte geplaatst met als voordeel dat het de koper verbinding korter is vanwege de hoge prijs van koper prijs van koper. Het probleem zit in de grootte van de cel modules. Zoals in beide versies te zien is, moet de module aan een kant uitsteken.

	per 2 blocks				totaal			
	Oppervlakte		lengte koper		Oppervlakte		lengte koper	
	mm2		mm		mm2		mm	
Versie 1	8444.1	100%	75.6	100%	210254	100%	1965.6	100%
Versie 2	8904	105%	50.7	67%	221984	106%	1318.2	67%

Tabel 3 Berekening Aansluiting

Er moet een overweging gedaan worden voor de verloren ruimte en de besparing van de koperen plaatjes. De oppervlakte van boven, inclusief de hele breedte waarmee de module uitsteekt is berekend voor beide versies, zowel per 2 blocks als totaal in het plaatsingsconcept. Hierbij is rekening gehouden dat bij naast elkaar liggende parallel aangesloten blocks, de module de blocks kan overlappen. Kijkend naar de koper besparing verandert er weinig in het



Figuur 43 Implementatie mogelijkheden

totaal beeld. Kijkend naar de ruimte is er wel een verschil, omdat het achterste pakket zelfs een besparing heeft van 4% ten opzichte van versie 1. Daarnaast wanneer versie 2 van de aansluiting voorin wordt toegepast, past hetzelfde aantal accu's niet meer voorin de pakketten 1, 2 en 3 wat ten nadelen is van de gewichtsverdeling.

De aansluiting zal in pakketten 1,2 en 3 parallel aangesloten worden volgens versie 1 en pakket 4 zal parallel worden aangesloten volgens versie 2 om een 11% voordeel aan koper te realiseren.

Morfologisch schema

Incompleet. Voor verdere informatie wordt verwezen naar het document UM Current State v1.0.docx

Krachten

De gemiddelde overbrenging van een band is 0.8 bij alledaagse omstandigheden. Dit wordt gezien als de maximale zijwaartse kracht die nodig is om het voertuig op de rij lijn te houden. Deze zelfde verhouding wordt gebruikt om de maximale reactie kracht van accu's op de bakken te berekenen.

Bij de maximale voorwaartse of achterwaartse maximale reactie kracht wordt uitsluitend gekeken naar de maximale remvertraging, omdat deze groter is dan de

maximale versnelling. De maximale vertraging van dit voertuig 1 G zijn, of $9,81 \text{ m/s}^2$.

	Mu	Voertuig massa	Fz	Fmpz	
	/	kg	N	N	
	0.8	430	4218.3	3374.64	
	Blocks	Massa	Fz	Frem	Fzij
		kg	N	N	N
Pakket 1	10	17	166.77	166.77	133.416
Pakket 2	12	20.4	200.1	200.1	160.1
Pakket 3	12	20.4	200.1	200.1	160.1
Pakket 4	18	30.6	300.2	300.2	240.1

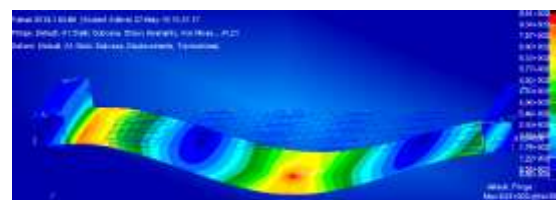
Tabel 4 Krachtberekening

De bakbevestigingen worden gesimuleerd in Patran. Hierin is een vereenvoudigde versie genomen van pakket 4. Pakket 4 is het grootste en dus zwaarste pakket met de langste afstand tussen de ondersteuning. Dit is het extreemste geval en dat wil zeggen dat de resultaten van de andere bakken voordeliger zouden moeten zijn.

Voor de simulatie wordt de standaard aluminium 6063 T6 eigenschappen. De elementen hebben in alle concepten een dikte van 1 mm.

Bevestiging bak

Bij de resultaten wordt er gekeken naar de Von Mises spanningen die bij de bevestigingen ontstaan. Dit betekent dat gekeken wordt naar de 25% van de lengte aan elke kant van de bevestiging. En vervolgens de grootste spanning in de middelste 50%. De meeste legeringen volgen de Von Mises stress criteria. (WELLEMAN, 2013)



Figuur 44 Patran simulatie

Resultaten	Max Spanning bij bevestiging			
	Fzij		Frem	
	buitenste 25%	Midden 50%	buitenste 25%	Midden 50%
	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
Concept 1	67	164	56	164
Concept 2	68	91	65	73
Concept 3	157	96	134	93
Concept 4	80	86	69	86

Tabel 5 Resultaten

Voor verdere informatie wordt verwezen naar [Calculatie krachten bakbevestiging.xlsx](#)

...

Conclusies en aanbevelingen

De conclusie die tot dusver getrokken kan worden is door veranderende omstandigheden en miscommunicatie het ontwerp van de accubevestigingen incompleet is. Zoals, dat er voor de veiligheid er een koelsysteem ontworpen moet worden voor de accu's. Met de momentele plaatsing van de accu's is er een kans dat dit niet gaat passen en er geschoven moet worden. De hoeveelheid accu's zou er ook aan kunnen leiden.

Daarbij moet er in verband met de koeling een manier van bevestigen van de accu's uitgedacht moeten worden die ook moet dempen tegen trillingen. Verder moet het behuisd worden en met het worden uitgewerkt in tekeningen.

Koelsysteem

Probleemstelling

De aandrijflijn van het United Mobility voertuig bestaat uit een accupakket, 3 acculaders, motorcontroller en elektromotor. Deze componenten zijn door de tweedejaars studenten gekozen op basis van keuzematrixen, aanbeveling van de externe specialist Vincent Heijnsdijk en het eindverslag van de studenten van de Hogeschool Arnhem Nijmegen die vorig semester aan het project hebben gewerkt. Deze componenten staan in de onderstaande tabel (tabel 6).

component	Merk en type
lader	Eltek (Valeo) EV Power Charger 110/3000 HE IP20
Accu cellen	Samsung 18650 25R
motorcontroller	Curtis 1238E
elektromotor	Motenergy 1304

Tabel 6

Deze componenten zijn zo gekozen dat ze maximaal binnen de specificaties belast zullen worden om het voertuig aan de eisen van het project te laten voldoen (zie tabel 7). Om de levensduur en de prestaties van de componenten te waarborgen zullen de componenten niet warmer mogen worden dan opgegeven in de specificatiebladen. Daarom is besloten met de projectbegeleiders (zie titelblad) dat Dennis van den Driesche de taak heeft te onderzoeken hoe de aandrijflijn het best gekoeld kan worden.

De onderstaande vraag is de hoofdvraag in dit onderzoek. De deelvragen helpen de hoofdvraag te beantwoorden. Door het stellen van deze vragen krijgt het onderzoek een richting en kan er een conclusie worden opgesteld.

Hoe gaat het koelsysteem, dat nodig is om de aandrijving van het UM voertuig optimaal te laten werken, er uit zien begin juli 2016 als het voldoet aan het PVE?

De deelvragen zijn:

Welke vormen van koelen zijn geschikt voor de aandrijving?

Welke vorm van koelen kan de meeste warmte afvoeren?

Hoe warm mag de aandrijving worden?

Hoeveel warmte produceert de aandrijving?

Veder geldt als afbakening dat er geen onderdelen worden uitgezocht, er wordt onderzocht wat er nodig is en waar eventuele onderdelen aan moeten voldoen.

Programma van eisen

Om te kunnen bepalen of het koelsysteem goed is moeten er eisen zijn waaraan het systeem getoetst kan worden. De eisen zijn opgedeeld in eisen vanuit de fabrikant, eisen en wensen vanuit het project en wensen van externe begeleiding. Tabel 7 is een overzicht van alle eisen.

Eisen fabrikant	
Maximale temperatuur Controller	85 graden Celsius
Maximale temperatuur lader	60 graden Celsius
Maximale temperatuur elektromotor	150 graden Celsius
Maximale temperatuur cellen accupakket	60 graden Celsius bij ontladen 45 graden Celsius bij opladen
Eisen project	
Zo efficiënt mogelijk systeem	Zo min mogelijk energie gebruiken om te koelen
- zo min mogelijk verstoringen in de body	Aerodynamica zo min mogelijk beïnvloeden
- componenten moeten maximaal gebruikt kunnen worden	Aandrijving moet maximaal binnen de specificaties gebruikt kunnen worden
Wensen project	
Volledig vloeistof koelsysteem	Omdat de motor al vloeistof gekoeld is
Systeem moet niet beïnvloedbaar zijn door mensen buiten het project	Mensen die gaan 'knutselen' met het systeem waardoor het voertuig niet meer reageert zoals bedoeld
Wensen externe begeleiding	
Regelbaar systeem (Closed loop)	Aanstuurbare pomp, controle over temperatuur aandrijving, geen koeling als dit niet nodig is bij bepaald gebruik aandrijving

Tabel 7

Concepten

Er zijn verschillende manieren om de aandrijving te koelen. Daarom zijn er verschillende concepten bedacht die allemaal mogelijke voordelen bieden. De concepten staan in dit hoofdstuk uitgelegd.

Concept 1

Ongeregeld systeem voor de waterkoeling van de motor. De laders en controller worden luchtgekoeld doormiddel van rijwind en een ongeregelde fan.

Concept 2

Variatie op concept 1, de motor wordt watergekoeld maar met behulp van temperatuursensoren en een microcontroller kan de pomp aangestuurd worden wanneer dat nodig is. De laders en controller blijven luchtgekoeld met rijwind en een ongeregelde fan.

Concept 3

Variatie op concept 1, de motor wordt watergekoeld door een ongeregeld systeem. De laders en controller worden luchtgekoeld met rijwind en een geregelde fan op basis van een microcontroller met CANbus aansturing aangezien de laders en de controller ingebouwde temperatuursensoren hebben die uitgelezen kunnen worden via CANbus.

Concept 4

Variatie op concept 1, de motor wordt watergekoeld met een geregeld systeem met sensoren en een microcontroller. Ook de laders en controller krijgen een systeem met luchtkoeling waarbij de fan geregeld wordt via een microcontroller en sensoren vanuit CANbus.

Concept 5

Alleen de motor wordt geforceerd gekoeld door middel van waterkoeling. De laders en controller krijgen geen koeling en kunnen hun warmte alleen kwijt door middel van ongedwongen convectie.

Concept 6

De motor, laders en controller worden watergekoeld via een ongeregeld systeem.

Concept 7

De motor, laders en controller worden watergekoeld via een geregeld systeem op basis van sensoren en een microcontroller die de CANbus van de laders en controller kan uitlezen.

Voor en nadelen van de concepten

concept	voordelen	nadelen
1	Eenvoudig systeem, kan door de rijwind efficiënter zijn dan waterkoeling voor de laders en controller	Extra verstoringen in de body, en niet closed loop, onnodig draaien van de fan en pomp
2	Geregeld systeem voor de motor, maximale controle over motortemperatuur. kan door de rijwind efficiënter zijn dan waterkoeling voor de laders en controller.	Extra verstoringen in de body, en niet closed loop, onnodig draaien van de fan.
3	Geregeld systeem voor de laders en controller. kan door de rijwind efficiënter zijn dan waterkoeling voor de laders en controller.	Extra verstoringen in de body, en niet closed loop, onnodig draaien van de pomp.
4	Volledig geregeld closed loop systeem. kan door de rijwind efficiënter zijn dan waterkoeling voor de laders en controller.	Extra verstoringen in de body.
5	Eenvoudig systeem, geen extra verstoringen in de body.	Niet genoeg koeling voor de laders en controller
6	Eenvoudig systeem, geen extra verstoringen in de body. Meer mogelijkheden plaatsing laders en controller.	Niet closed loop, onnodig draaien van de pomp. Kan minder efficiënt zijn dan als er gebruik wordt gemaakt van rijwind
7	Geen extra verstoringen in de body. Meer mogelijkheden plaatsing laders en controller.	Kan minder efficiënt zijn dan als er gebruik wordt gemaakt van rijwind

Tabel 8

Keuze concept

Om te een concept te kunnen kiezen is gekeken welke concepten het beste aan het PVE voldoen. Als eerste is hiervan een keuzematrix opgesteld waaruit snel conclusies getrokken kunnen worden welke concepten in theorie het beste aan het PVE voldoen. De matrix heeft een waardering van 1 tot 10 waarbij 10 het beste is. Alle criteria hebben dezelfde weging. Daarna is er van de beste 3 concepten een uitleg waarom dat concept wel of niet het beste voldoet.

concept	1	2	3	4	5	6	7
Minste energieverbruik	6	7	7	10	8	5	8
Meeste koelvermogen	7	7	7	7	4	10	10
Packaging mogelijkheden	6	6	6	6	10	10	10
Minste verstoring body	5	5	5	5	10	8	8
Voldoen aan PVE	7	8	8	10	5	6	9
Totaal score	31	33	33	38	37	39	45

Tabel 9

Vanuit de keuzematrix zijn de concepten 4, 6 en 7 degene die het best zijn. Deze concepten worden verder onderbouwd.

Concept 4

Dit concept is volledig closed loop. Door de pomp en fan te regelen op basis van een microcontroller die zijn input krijgt van temperatuur sensoren kan het systeem efficiënter worden gemaakt. Ook kan hierdoor informatie naar de bestuurder worden gegeven over de status van de aandrijving. Doordat de CANbus uitgelezen moet worden voor de temperatuur van de laders en controller kan dit ook gebruikt worden om andere informatie zoals het verbruik door te geven aan de bestuurden. Al deze informatie kan ook worden gebruikt om de aandrijving te beveiligen tegen oververhitting. Verder kost het minder energie om de laders en controller te koelen omdat er gebruik wordt gemaakt van de al aanwezige rijwind. Echter koelt lucht minder goed dan water, en veroorzaken de extra gaten voor de luchtkoeling in de body vermoedelijk meer aerodynamische verstoringen waardoor het meer energie kost de auto aan te drijven.

Concept 6

Dit concept is de 'domme' versie van concept 7. Omdat de motor al watergekoeld is, is het een kleine stap om ook de laders en controller met water te koelen. Een grotere pomp en radiator zijn nodig maar extra gaten in de body voor luchtkoeling zijn er niet. Dit zorgt voor minder aerodynamische verstoringen. Echter omdat dit systeem ongeregeld is, wordt bij lagere belasting van de aandrijving energie weggegooid door het onnodig werken van de pomp. Een voordeel van dit 'domme' systeem is dat het goedkoper is en er minder snel fouten kunnen optreden door bijvoorbeeld defecte sensoren.

Concept 7

Ook dit concept is volledig closed loop waardoor er gebruik gemaakt kan worden van extra mogelijkheden van informatie versturen naar de bestuurder en beveiliging van de aandrijving zoals bij concept 4. Ook kan de pomp variabel aangestuurd worden zodat deze alleen draait als deze nodig is. Omdat het systeem alleen watergekoeld is zijn geen gaten in de body nodig voor luchtkoeling, maar gebruikt het ook de rijwind niet voor koeling, wat mogelijk efficiënter kan zijn.

Uiteindelijk is gekozen voor concept 7 omdat er toch al een waterkoeling systeem aanwezig is voor de motor en deze het eenvoudigst is te regelen, omdat dit een wens is. Dit geeft de mogelijkheid de componenten op meerder plaatsen in het voertuig te monteren omdat er geen directe luchtstroom langs hoeft. Ook is overlegd met degene die de body ontwerpen, zij gaven ook de voorkeur aan een body met zo min mogelijk gaten voor de koeling. Dit concept voldoet het best aan de wensen en eisen en ook de projectbegeleiders gaven de voorkeur aan dit concept. Het concept biedt de meeste mogelijkheden, ook voor niet koeling gerelateerde onderwerpen, en heeft eigenlijk als enige nadeel dat er geen gebruik wordt gemaakt van de rijwind voor de koeling. Het aantonen van de mogelijk hogere efficiëntie op het gebied van energiegebruik door de rijwind voor de koeling kost tijd. Het aantonen zou betekenen dat team body extra concepten moet doorrekenen en dat voor dit onderzoek 2 koel scenario's volledig berekend moeten worden. Hier is aan het begin van het project geen rekening gehouden en concept 7 komt als beste uit de keuzematrix.

Uitwerking Koelsystemen

Het gekozen concept bestaat uit meerdere onderdelen. De pomp, de radiator, de sensoren en de microcontroller. Er moet gekeken worden waar de pomp en sensoren geplaatst worden in het systeem en hoe het totale systeem eruit gaat zien. Doordat er nieuwe, concept specifieke eisen worden gesteld is het nodig een nieuw PVE te maken voor het gekozen concept. Dit PVE staat hieronder in tabel 10.

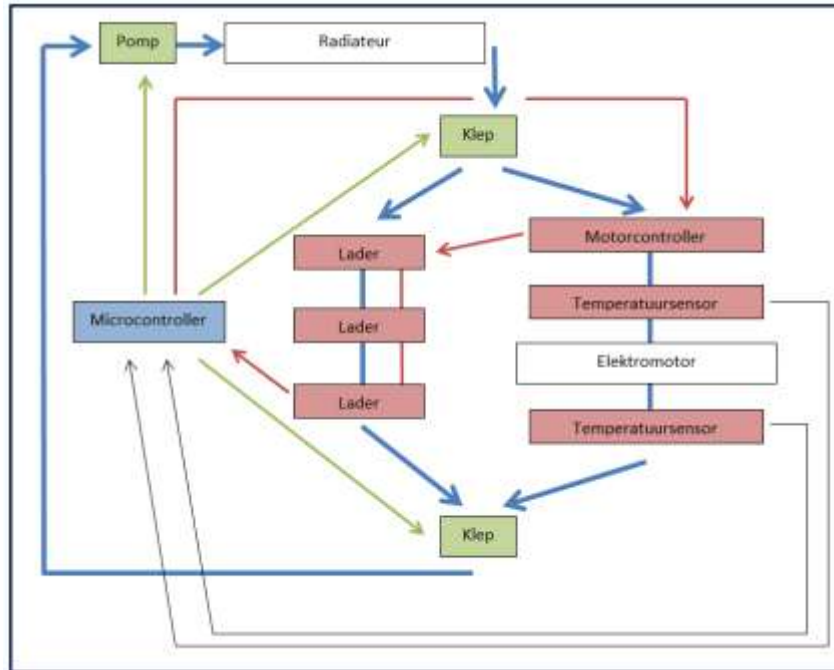
Concept PVE

eis	uitleg
Microcontroller moet via CANbus kunnen communiceren en voldoende in en uitgangen hebben.	De controller moet de pomp en kleppen kunnen aansturen en de sensoren kunnen uitlezen.
De pomp moet aangestuurd kunnen worden wanneer dat nodig is.	
De pomp moet op verschillende snelheden kunnen draaien.	Zodat de minst mogelijke energie wordt gebruikt voor de koeling.
De temperatuur sensoren moeten minimaal op een graad nauwkeurig zijn.	De sensoren hoeven niet heel nauwkeurig, maar wel snel en nauwkeurig genoeg zijn om optijd door te geven dat de aandrijving (te) warm wordt.
De microcontroller moet beveiligd zijn tegen ongewenste herprogrammering.	Zodat er niet mee 'geknutseld' kan worden door onbevoegden. (RDW keuring en veiligheid)
De microcontroller, pomp en sensoren moeten automotive geschikt zijn en tegen glycol kunnen.	Zodat de RDW hier niet moeilijk over kan doen en dat de onderdelen tegen de omstandigheden kunnen (denk aan schokken)
De wens is dat de microcontroller ook andere taken op zich kan nemen naast de koeling zodat er voor meerdere toepassingen gebruik gemaakt kan worden van de CANbus.	Als de microcontroller door meerdere systemen gebruikt kan worden, kan deze geavanceerder zijn en hoeven er niet meerdere microcontrollers gebruikt te worden in het voertuig die onderling met elkaar communiceren.

Tabel 10

Totale systeem

De opzet voor het systeem kan op meerder manieren. In de bijlage staan meerder mogelijkheden en een korte



Figuur 45

onderbouwing. Het systeem om de volgende pagina is het beste, zie figuur 45.

De bovenstaande afbeelding geeft de opzet van het totale systeem weer. De blauwe lijnen zijn de leidingen met water. De rode lijn is de CANbus, de groene lijnen de aansturing van de pomp en kleppen en de zwarte lijnen de signalen van de temperatuursensoren. De rode blokken geven informatie aan de microcontroller, de groene blokken worden aangestuurd door de microcontroller en de witte blokken hebben geen directe invloed op de regeling.

De kleppen scheiden de laders van de motorcontroller en elektromotor omdat deze maximaal 60 graden Celsius mogen worden en niet gekoeld hoeven worden tijdens het rijden. De motorcontroller is de bepalende component in het andere circuit van de koeling omdat deze minder warm mag worden dan de motor namelijk 85 graden Celsius. Via de CANbus communiceren de laders en de motorcontroller met de microcontroller en geven zo de temperatuur door. De temperatuur van de motor wordt niet gemeten omdat de motor geen temperatuur sensor heeft. Dit is ook niet nodig er wordt een sensor voor en een sensor na de motor gezet zodat de effectiviteit van de koeling gemeten kan worden. In het koelcircuit van de laders zijn geen extra sensoren nodig omdat elke lader een eigen sensor via CANbus heeft en zo ook de effectiviteit van de koeling gemeten kan worden.

De microcontroller regelt het hele systeem, als de laders via CANbus laten weten dat ze actief zijn worden de kleppen omgezet. En op basis van de temperatuur kan de microcontroller de pomp harder of zachter laten draaien. Als beveiliging kan de microcontroller de laders en motorcontrollers uitzetten via CANbus mocht de ingebouwde beveiliging van de componenten niet werken.

Radiator

Om een radiator te kunnen kiezen moet bekend zijn wat het effectieve oppervlak van de radiator moet zijn om genoeg te kunnen koelen. Er is gekozen voor een systeem met waterkoeling, echter zal water bevriezen dus zal er een antivriesmiddel gebruikt moeten worden. In de automotive wordt gebruik gemaakt van glycol. Ook kan er gebruik worden gemaakt van koelvloeistof. Koelvloeistof voor voertuigen heeft ook vaak smerende eigenschappen en dat is niet nodig. Normale antivries voor auto's dat verkrijgbaar is voor consumenten is ook gebaseerd op glycol. Gemiddeld koelt water met glycol 77% minder dan normaal water. Er moet dus rekening gehouden worden met de keuze van een radiator dat deze niet wordt aangetast door glycol.

In het vooronderzoek zijn formules gevonden die gebruikt kunnen worden om het benodigde effectieve oppervlak van de radiator te berekenen (zie bijlage). Er wordt aangenomen dat alle warmte van de controller en elektromotor volledig wordt overgebracht via het water met glycol naar de radiator om er zeker van te zijn dat de radiator voldoet. In de werkelijkheid zal niet alle warmte worden overgebracht maar zal er ook warmte via ongedwongen convectie direct naar de lucht om de leidingen worden verplaatst.

Er wordt uitgegaan van de maximale belasting van de aandrijving zodat de radiator altijd voldoet. De radiator moet dus 12.359kW aan warmte overbrengen aan de lucht (zie tabel 14 in de bijlage).

Met de benadering van Jurgess kan de gedwongen warmteoverdracht coëfficiënt metaal-lucht worden berekend. Deze benadering is afhankelijk van de snelheid. Stel dat het voertuig maximaal accelereert tot 100km/h en meteen afremt tot stilstand en dit continue doet. Dit is de meest realistische situatie waarbij het koelsysteem het meest belast wordt. Alle warmte moet dus worden afgevoerd met een gemiddelde snelheid van 50km/h. De gedwongen warmteoverdracht coëfficiënt metaal-lucht is bij 50km/h dus $55.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{dT})$.

De motocontroller mag niet warmer dan 85 graden Celsius worden, stel dat het koelsysteem in werking gaat bij een temperatuur van de controller en koelwater van 70 graden Celsius. Stel dat in het ergste geval de buitentemperatuur 45 graden Celsius is. Dit is een realistische maar uiterste situatie. Er is een temperatuur verschil van 25 graden. Wat betekent dat er 1387.5W per m² afgevoerd kan worden. Het benodigde effectieve oppervlak is dus 8.9 m².

In de realistisch meest uiterste situatie waarbij het koelsysteem maximaal belast wordt moet het effectieve oppervlak van de radiator dus 8.9 m² zijn.

$12.359 / (7.12 * (50/3.6)^{0.78} * 25) = 8.9$ gedissipeerd vermogen/Jurgess*dT = effectief oppervlak

Pomp

Binnen dit onderzoek worden geen onderdelen uitgekozen. Wel moet de pomp krachtig genoeg zijn het koelwater rond te pompen, mag de pomp niet aangetast worden door glycol en moet de pomp aanstuurbaar zijn op verschillende snelheden door een microcontroller. Om een pomp te kunnen kiezen moet bekend zijn hoe snel het koelwater moet stromen om 12.359kW te verplaatsen. Dit kan berekend worden met de gedwongen warmteoverdracht coëfficiënt metaal-water en het effectieve oppervlak van de koelelementen van de laders en controller. Ook moet de leiding diameter en lengte bekend zijn zodat onder andere het debiet berekend kan worden. Aan de hand van de onderstaande formules kan dan het effectieve pompvermogen worden berekend.

$$P_{eff} = Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times \Delta p \text{ (kPa)}$$

$$\Delta p = k_w \times 1/2 \times \rho \times v^2$$

Q = debiet (m³/s)

Δp = drukval

k_w = weerstandscoefficiënt

V = snelheid

ρ = dichtheid koelwater

Echter is de drukval en het debiet afhankelijk van de leidinglengte die niet bekend is, en van de leiding diameter die weer afhankelijk is van de keuze van de radiator en pomp. De leiding diameter is niet bekend omdat de packaging van de aandrijving niet nauwkeurig genoeg bekend is.

De drukval kan berekend worden, maar dan is het Reynoldsgetal en het getal van Prandtl nodig.

Door het grote aantal ontbrekende gegevens is het benodigde pompvermogen niet berekend en kan er geen advies worden gegeven voor de pompkeuze.

Sensoren, kleppen, pomp aansturing en microcontroller

In dit onderdeel van de uitwerking van het concept wordt er verder ingegaan op het regel systeem. Als eerste wordt is tabel 11 een overzicht gegeven waar de sensoren, kleppen en pompaansturing aan moeten voldoen als deze gekozen worden. Daarna wordt verder ingegaan op de microcontroller. Hoe deze het systeem moet aansturen en welke controllers eventueel geschikt zouden zijn.

onderdeel	eisen
sensoren	<ul style="list-style-type: none">- 1 graden nauwkeurig- moet in leiding geplaatst kunnen worden- moet niet aangetast worden door glycol
kleppen	<ul style="list-style-type: none">- 3 weg kleppen- aanstuurbaar door microcontroller- moet niet aangetast worden door glycol- moet de druk van het systeem aankunnen (bekend na pomp keuze)
Pompaansturing Afhankelijk van pompkeuze, sommige pompen kunnen direct met een stuursignaal worden aangestuurd.	<p>In het geval van een pomp die geen eigen regelcircuit heeft:</p> <ul style="list-style-type: none">- motor driver, aanstuurbaar door microcontroller- motor driver geschikt voor de te kiezen pomp

Tabel 11

Microcontroller

De microcontroller is het brein van het koelsysteem. Deze moet via de CANbus kunnen communiceren, de kleppen en pomp kunnen aansturen en de sensoren kunnen uitlezen. Uit de specificatiebladen van de lader en de motorcontroller kan de informatie gehaald worden welk type CANbus wordt gebruikt. De lader ondersteunt CAN 2.0A en CAN 2.0B op 125, 250 en 500kbits/s en heeft een 11-bit CAN identifier. De motorcontroller ondersteunt CANopen en andere apparaten met 11-bit CAN identifiers. Dit betekent dat de lader en de controller op dezelfde CANbus kunnen communiceren en dat de microcontroller minimaal één CANBus nodig heeft.

Verder moeten de pomp en de kleppen aangestuurd worden. De microcontroller heeft dus een digitale uitgang nodig voor de pomp en 2 digitale uitgangen voor de kleppen. Ook moeten de temperatuursensoren worden uitgelezen, afhankelijk van het type sensor kan deze analoog of digitaal worden uitgelezen. Er zijn dus minimaal 2 analoge of digitale ingangen nodig.

Er zijn meerdere microcontroller opties mogelijk. In tabel 12 staan de beste opties.

Microcontroller	voordelen	nadelen
Arduino met CANshield	Makkelijk te programmeren, genoeg in en uitgangen.	Niet automotive geschikt en niet beveiligd tegen herprogrammering.
Raspberry Pi met CANshield	Makkelijk te programmeren via meerdere talen, genoeg in en uitgangen.	Niet automotive geschikt en niet beveiligd tegen herprogrammering. Minder snel dan een echte microcontroller door benodigd OS.
Olimex AVR CAN Developmentboard	Automotive chip, door benodigde programmer minder makkelijk te herprogrammeren. Genoeg in en uitgangen.	Niet bekend of board zelf automotive geschikt is. C-programmeren is minder eenvoudig.
MotoHawk ecu	Volledig automotive geschikt met bijhorende certificaten. Programmeerbaar via simulink. Genoeg in en uitgangen. Genoeg rekenkracht en poorten om als hoofd ecu te gebruiken ook voor andere systemen dan koelsysteem. Programmeren blijft overzichtelijk door simulink.	Duur en mogelijk overbemeten systeem.

Tabel 12

Conclusie.

Nu het onderzoek is afgerond kunnen de hoofd en deelvragen beantwoord worden.

De antwoorden op de deelvragen zijn:

Welke vormen van koelen zijn geschikt voor de aandrijving?

Gedwongen convectie via lucht of water

Welke vorm van koelen kan de meeste warmte afvoeren?

Gedwongen convectie via water

Hoe warm mag de aandrijving worden?

Maximaal 85 graden voor de motor en controller. Maximaal 60 graden voor de laders.

Hoeveel warmte produceert de aandrijving?

Totaal wordt er 12.734kW aan warmte geproduceerd.

Het antwoord op de hoofdvraag is:

Hoe gaat het koelsysteem, dat nodig is om de aandrijving van het UM voertuig optimaal te laten werken, er uit zien begin juli 2016 als het voldoet aan het PVE?

figuur 45 geeft het totale koelsysteem weer. Het systeem is closed loop en geeft volledige controle over de temperatuur van de aandrijving. De vloeistof waarmee gekoeld gaat worden is water met glycol tegen bevriezing. Het effectieve oppervlak van de radiator moet 8.9 m² zijn. Als er gebruik wordt gemaakt van een Motohawk ecu is deze automotive geschikt en niet herprogrammeerbaar. Ook kan de ecu dan gebruikt worden door meerdere systemen. De ecu kan met de laders en motorcontroller communiceren via CANbus zodat de temperatuur doorgegeven kan worden aan de ecu. De elektromotor heeft een temperatuursensor, daarom worden er losse temperatuur sensoren gebruikt voor en na de motor zodat de temperatuur van het koelwater gemeten kan worden.

Het koelsysteem voldoet aan de eisen en de wensen. Door gebruik te maken van alleen waterkoeling zijn er een minimaal aantal gaten in de body nodig voor de koeling. Het is een regelbaar systeem dat de aandrijving nooit te warm kan laten worden.

Bijlagen

Chassis

Theoretisch kader

Spanning is de opgeslagen mechanische energie die ontstaat als er een belasting op zit. Als gevolg van deze spanning zal het object willen vervormen. **Stijfheid** is de weerstand tegen vormverandering in het elastisch gebied. **Sterkte** is de weerstand tegen blijvende vervorming.

Een voertuig frame wordt belast op **vier verschillende manieren**, namelijk;

- Longitudinale torsie
- Verticale buiging
- Laterale buiging
- Horizontale lozenging

Longitudinale torsie → Torsie belastingen zijn het gevolg van toegepaste belastingen die op een of twee tegengesteld tegenoverliggende hoeken van het voertuig. Het chassis kan in zo'n geval worden gezien als een torsie veer tussen de twee uiteinden waarbij de ophangbelastingen optreden. De weerstand tegen vervorming wordt vaak aangegeven in Nm/graad. Over het algemeen is de torsie stijfheid van het frame bepalen of the constructie zich naar tevredenheid zal gedragen. Een lage torsiestijfheid heeft gevolgen voor het algehele voertuiggedrag. Bij een lage torsiestijfheid zullen de deuren ook niet open kunnen als het voertuig op oneven wegdek staat.

Verticale buiging → Dit is buiging dat veroorzaakt wordt door het gewicht van de bestuurder en alle andere componenten die in het voertuig zijn gemonteerd, hierbij worden de reactie krachten op de assen opgenomen. Verticale versnellingen kunnen de omvang van deze belasting verhogen of verlagen

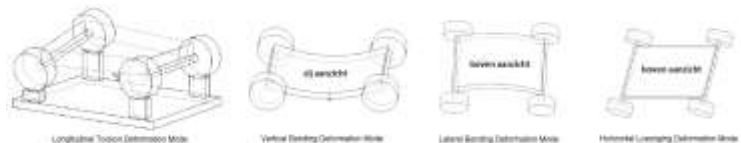
Laterale buiging → Deze zijwaartse belastingen kunnen door verschillende redenen in het chassis worden geïntroduceerd, voorbeelden hiervan zijn zijwindbelastingen en centrifugale krachten als gevolg van bochten. De zijwaartse belastingen zullen over de hele lengte van het voertuig optreden en worden weerstaan in de banden, het gevolg hiervan is buiging van het chassis.

Horizontale lozenging → Deze vervorming wordt veroorzaakt door voorwaartse en achterwaartse krachten aan tegenovergestelde wielen, deze krachten worden veroorzaakt door oneffenheden in het wegdek. De horizontale lozenging heeft de neiging om het chassis in een parallellogram vorm te vervormen.

Massa compleet voertuig → 500 kg

Materiaal eigenschappen aluminium
6061 [Export Inventor]:

- E-modulus 69 GPa
- Vloeisterkte 276 MPa
- Dichtheid 2699 kg/m³



Een voorspelbaar voertuiggedrag is het beste te bereiken indien het chassis stijf genoeg is, verhoging van de torsiestijfheid van het chassis van een voertuig verbeterd het rijgedrag door ervoor te zorgen dat de ophanging een groter percentage van de voertuig kinematica kan regelen.

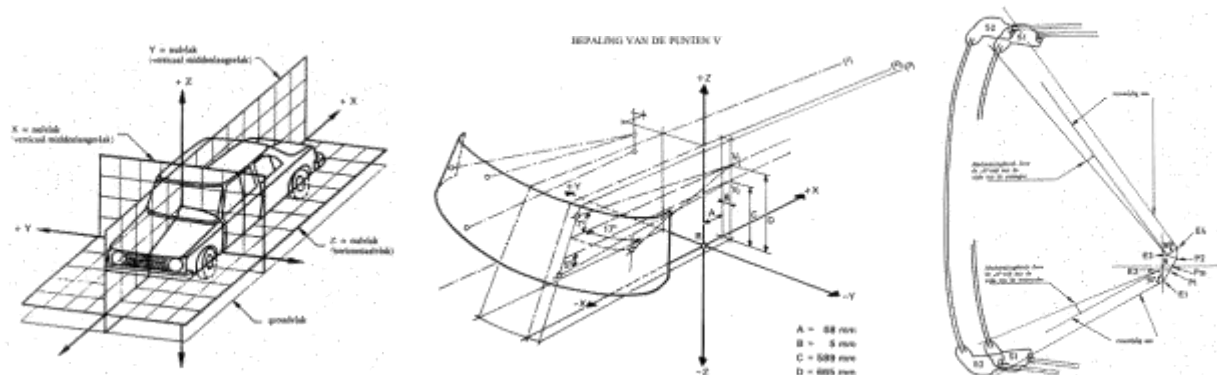
Volgens het boek “Racing Chassis and Suspension Design” bestaat een basis rol kooi uit ronde buizen met een buitendiameter van 44 mm en een minimale wanddikte van 2.3 mm. Voor de zijrails in de bodem van het chassis worden vaak kokerprofielen gebruikt aangezien deze een hoger traagheidsmoment hebben.

Setup **proefopstelling** CAE → Aan de voorkant van het chassis wordt een koppel aangebracht door het toepassen van gelijke en tegengestelde verticale krachten bij de aangrijppunten van de voorwielophanging aan beide kanten van het chassis. De grootte van dit koppel is niet bepalend voor de berekening van de torsiestijfheid. Een lage koppel resulteert in een kleine hoekverdraaiing en een hoge koppel respectievelijk in een grotere hoekverdraaiing. Aan de achterkant van het chassis wordt bij de aangrijppunten van de achterwielophanging het chassis vastgezet in alle zes richtingen.

Zichtveld

Aan de RDW eisen omtrent het zichtveld is voldaan indien het zichtveld van de bestuurder voldoet aan richtlijn 77/649/EEG, bijlage 1, met uitzondering van de eisen volgens de punten 5.1.1 t/m 5.1.1.4. Een seriematig geproduceerd voertuig wordt geacht hieraan te voldoen. Bij een niet-seriematig geproduceerd voertuig volstaat een visuele controle. Indien noodzakelijk moet er worden gemeten volgens de richtlijn.

In richtlijn 77/649/EEG worden eisen gesteld aan het zichtveld van de bestuurder van een voertuig. Deze richtlijn schrijft voor op welke wijze het voertuig moet worden gemeten. Op het RDW testcentrum kunnen de vereiste metingen worden uitgevoerd. Samengevat beschrijft de richtlijn een drietal metingen met betrekking tot het minimale formaat van de voorruit, de afscherming door de A-stijlen en het zichtveld over 180 graden naar voren dat slechts door bepaalde zaken mag zijn afgeschermd. De specifieke meetvoorwaarden zijn terug te vinden in richtlijn 77/649/EEG onder de beproevingsprocedure, hoofdstuk 6. Deze zijn gericht op een driedimensionaal referentiesysteem. Zie onderstaande illustraties voor verdere toelichting:



Formules

Koker

Voor het bepalen van het traagheidsmoment van een koker is de breedte (b) van de koker nodig, de hoogte (h) en de dikte (p).

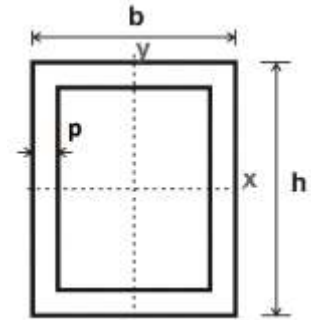
Met deze parameter kan het oppervlak (A) bepaald worden en het polair traagheidsmoment (J).

$$A = bh - (b - 2p)(h - 2p) \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$J = \frac{bh^3 - (b-2p)(h-2p)^3}{6} \text{ [mm}^4\text{]}$$

De torsiehoek (φ) wordt bepaald met behulp van het aangebrachte moment (T), de lengte van de buis (L), het polair traagheidsmoment (J) en de glijdingsmodulus (G).

$$\varphi = \frac{TL}{JG} \text{ [rad]}$$



Ronde buis

Voor het bepalen van het traagheidsmoment van een ronde buis is de buitendiameter (d) van de buis nodig, de binnendiameter (di) en de dikte (p).

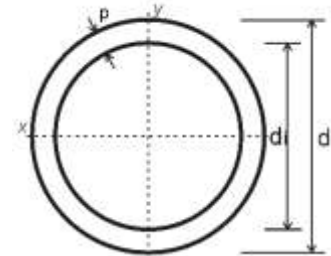
Met deze parameter kan het oppervlak (A) bepaald worden en het polair traagheidsmoment (J).

$$A = \frac{\pi(d^2 - di^2)}{4} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$J = \frac{\pi(d^4 - di^4)}{32} \text{ [mm}^4\text{]}$$

De torsiehoek (φ) wordt bepaald met behulp van het aangebrachte moment (T), de lengte van de buis (L), het polair traagheidsmoment (J) en de glijdingsmodulus (G).

$$\varphi = \frac{TL}{JG} \text{ [rad]}$$



Formule voor enkelvoudige **trek** en/of **druk**:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

waarbij:

- σ : normaalspanning (trek of druk) [N/mm²]
- F : trek- of drukkracht [N]
- E : elasticiteitsmodulus [N/mm²]
- δ : Verlenging [mm]
- ϵ : Langsrek (verlenging per lengteëenheid)
- A : oppervlakte van de dwarsdoorsnede [mm²]
- L : lengte [mm]

Formule voor **rek**:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{EA}$$

Formule voor **verlenging**:

$$\delta = \frac{FL}{EA}$$

Formule torsiestijfheid:

$$K_c = \frac{T}{\phi_{gem}} = \frac{F * d}{0.5(\phi_{Links} + \phi_{Rechts})} \text{ [Nm/graad]}$$

ϕ_{gem} is de gemiddelde hoekverdraaiing als gevolg van het uitgeoefende koppel [T]. ϕ_{Links} is de hoekverdraaiing berekend op basis van de verticale buiging v_{Links} van het onderste framerail aan de bestuurders kant (linkerkant) van het chassis. ϕ_{Rechts} is de hoekverdraaiing berekend op basis van de verticale buiging v_{Rechts} van het onderste framerail aan de passagiers kant (rechterkant) van het chassis. De afstand tussen de twee aangrijppunten van de voorwielophanging aan het chassis wordt aangegeven met [d].

$$\phi_{Links} = \tan^{-1} \left[\frac{v_{Links}}{d/2} \right] \text{ [graden]}$$

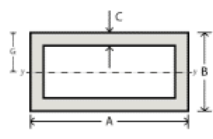
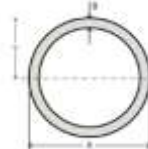
$$\phi_{Rechts} = \tan^{-1} \left[\frac{v_{Rechts}}{d/2} \right] \text{ [graden]}$$

Handberekeningen

Volgens het boek "Racing Chassis and Suspension Design" bestaat een basis rol kooi uit ronde buizen met een buitendiameter van 44 mm en een minimale wanddikte van 2.3 mm. Deze aanbevolen afmetingen zullen meegenomen worden in alle berekeningen. Alle berekeningen zijn gemaakt in een rekensheet in Excel.

Polair traagheidsmomenten

In onderstaande afbeelding is de berekeningen te zien voor het polair traagheidsmoment van een koker- en een buis profiel, hierbij geldt $I_p = J$. Het resultaat van de berekeningen geeft aan dat de koker een

Koker [vierkant]		Holle buis		Legenda	
	A 44 [mm] B 44 [mm] C 2.3 [mm]		A 44 [mm] B 2.3 [mm]	J 131385 [mm ⁴] 1.31385E-07 [m ⁴]	Invullen
$I_p = \frac{AB^3 - (A - 2C)(B - 2C)^3}{6}$	J 223046 [mm ⁴] 2.23046E-07 [m ⁴]	$I_p = \frac{\pi(A^4 - (A - 2B)^4)}{32}$			Antwoord

hogere traagheidsmoment heeft.

Massa's

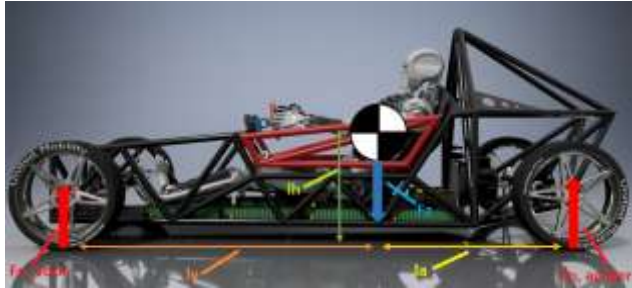
In de onderstaande afbeelding zijn met bovenstaande afmetingen de oppervlaktes voor elk profiel berekend. In combinatie met de dichtheid van aluminium en enkele andere aannames is het volume voor de profielen bepaald om vervolgens de massa's voor de profielen uit te rekenen. Hier is te zien dat koker profielen zwaarder zijn dan ronde buizen.

De grotere oppervlak bij de koker resulteert in een grotere volume wat uiteindelijk een hogere massa als gevolg heeft.

Aantal balken	5	Dichtheid aluminium	2699 kg/m ³
Aantal meter per balk	3 m		
Lengte totaal	15 m		
Koker		Hollebuis	
Oppervlakte	0.000384 m ²	Oppervlakte	0.000301 m ²
Volume	0.005755 m ³	Volume	0.004520 m ³
Massa	16 kg	Massa	12 kg

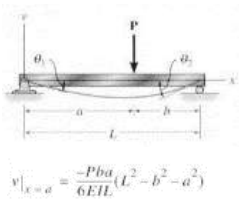
Doorbuiging

Bij het bepalen van de doorbuigingen is gebruik gemaakt van onderstaande afmetingen voor de locatie van het zwaartepunt.



Voertuig parameters		
m_voertuig	500.00	kg
gravitatie	9.81	m/s ²
lh	0.40	m
la	0.90	m
lv	1.30	m
wb	2.20	m
Fz	4905.00	N
Fn_v	2006.59	N
Fn_a	2898.41	N

Onderstaande berekeningen zijn een vereenvoudigde versie van bovenstaand plaatje van het chassis met zwaartepunt, hierbij geldt $F_z = P$ en. Traagheidsmomenten zijn meegenomen uit vorige berekeningen. Het resultaat van de berekeningen geeft aan dat koker profielen minder doorbuigen



Doorbuiging koker		
m_voertuig	500	kg
gravitatie	9.81	m/s ²
E-mod	69	GPa
a = lv	1.30	m
b = la	0.90	m
L = wb	2.2	m
I = J	2.23046E-07	m ⁴
P	4905	N
v_max	0.07	m
	66.10	mm

Doorbuiging holle buis		
m_voertuig	500	kg
gravitatie	9.81	m/s ²
E-mod	69	GPa
a = lv	1.30	m
b = la	0.90	m
L = wb	2.2	m
I = J	1.31385E-07	m ⁴
P	4905	N
v_max	0.11	m
	112.22	mm

vergeleken met de ronde buizen, het verschil is bijna 2x zo groot.

Trek/druk

Met dezelfde gegevens is ook een berekening gemaakt om de spanningen te bepalen bij het belasten van de profielen op trek/druk. Het resultaat van de berekening is te zien in onderstaande afbeelding.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$F = P$

Trek/druk spanning koker		
F	4905	N
A	0.000384	m ²
σ	12785423.83	Pa
	12.79	Mpa

Trek/druk spanning holle buis		
P	4905	N
A	0.000301	m ²
σ	16278920.97	Pa
	16.28	Mpa

Hierbij is te zien dat bij het koker profiel bij dezelfde

belasting de spanningen lager zijn.

Verlenging

Ook is een berekening uitgevoerd om te kijken wat bij een gegeven belasting de verlenging is bij de twee

profielen. Het resultaat is te zien op onderstaande afbeelding, hieruit blijkt dat de verlenging bij de ronde buis groter is dan die van de koker.

$$\delta = \frac{FL}{EA}$$

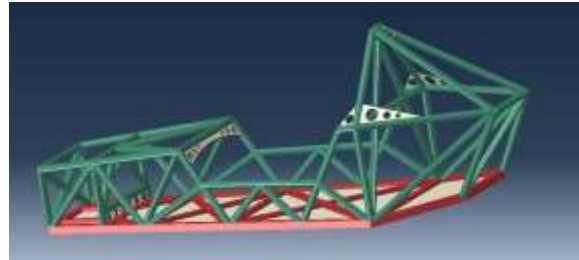
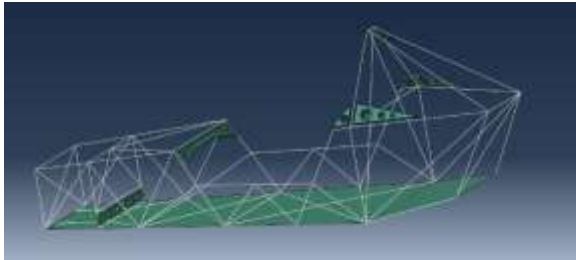
$$F = P$$

Verlenging bij koker		
F	4905	N
L	2.2	m
E	69000000000	Pa
A	0.000384	m ²
δ	0.000408	m
	0.41	mm

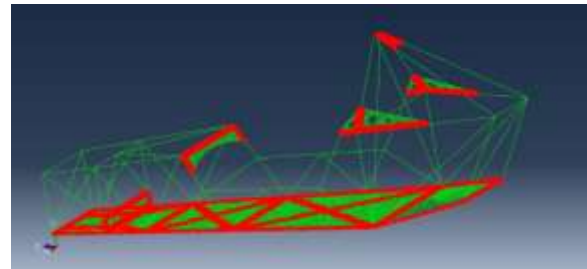
Verlenging bij holle buis		
P	4905	N
L	2.2	m
E	69000000000	Pa
A	0.000301	m ²
δ	0.000519	m
	0.52	mm

Simulatie opzet [Abaqus]

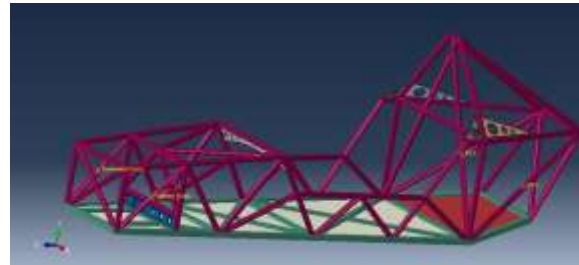
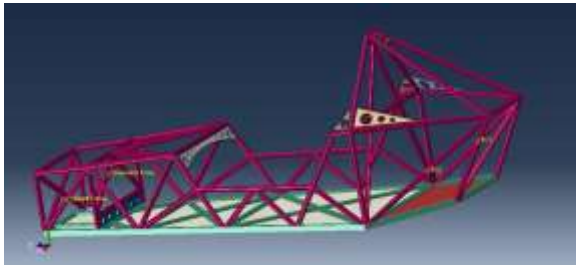
Eerst is het chassis in Abaqus geïmporteerd. Het chassis bestaat uit koker profielen, ronde profielen en plaatwerk. Op onderstaande afbeelding (links) is het complete chassis te zien voor het aangeven van de profielen. Plaatwerk is aangegeven in het groen. In het rechter plaatje is een rendering te zien van het chassis te zien met alle profielen en plaatwerk.



Alle ronde buizen zijn 1 part, de kokers ook 1 part en het plaatwerk (9 stuks) zijn losse parts, in totaal bestaat de assembly uit 11 parts. De ronde buizen zijn met een constraint aan de kokers vastgezet, hierna is ook al het plaatwerk met constraints aan het chassis vastgemaakt. Alle constraints zijn te zien op de afbeelding hiernaast.



In onderstaande afbeeldingen zijn de aangrijppunten te zien van de krachten en de Boundary Conditions. Aan de voorkant van het chassis zijn er twee krachten aangebracht op de aangrijppunten van de voorwielophanging, aan de linker kant een kracht naar boven van 2500 N en aan de rechterkant een kracht naar beneden van 2500 N. Aan de achterkant is het chassis in alle 6 richtingen vastgeklemd aan de aangrijppunten van de achterwielophanging.



Body

Theoretisch kader

Hydrodynamica

Om de aerodynamica goed te begrijpen is er veel gekeken naar de stromingen in vloeistoffen. Dit is gedaan omdat effecten makkelijker visueel worden in water als dat het is in een luchtstroom.

In de hydrodynamica zijn er vijf factoren waar mee er rekening gehouden wordt. Deze factoren zijn: temperatuur, druk, dichtheid, viscositeit en de samendrukbaarheid van een medium.

Om de hydrodynamica en de aerodynamica begrijpelijk te houden, wordt er gerekend met een ideale vloeistof of luchtstroom. Dit houdt in dat er alleen rekening gehouden wordt met de temperatuur, de druk en de dichtheid van het medium. Bij het gebruik van simulatie pakketten kunnen de viscositeit en de samendrukbaarheid wel meegenomen worden. Dit zorgt ervoor dat de simulatie een accurate uitkomst krijgt.

Samendrukbaarheid

De samendrukbaarheid van een medium is de mate waarin het volume vermindert wanneer er druk op toegepast wordt. Dit heeft pas grote impact op de uitkomsten van een flow simulation wanneer de lucht of vloeistof snelheid in de buurt van $0,3 * \text{mach } 1$ komt. Omdat de meeste auto's niet in de buurt komen van deze snelheid, wordt deze variabele meestal buiten berekening gehouden.

Viscositeit

Viscositeit wordt uitgelegd als de plakkerigheid van een vloeistof of gas. Hiermee wordt bedoeld dat de viscositeit effect heeft op de manier waarop de stroming rond een object zal gaan bewegen. Hoe hoger de viscositeit, hoe beter de stroming de vorm van het object zal volgen.

De viscositeit is echter afhankelijk van de temperatuur. Een voorbeeld hiervan is motorolie. Wanneer de motorolie warm wordt, zal de viscositeit lager worden.

Er worden twee verschillende soorten viscositeit onderscheiden. De dynamische viscositeit en de kinematische viscositeit. De dynamische viscositeit wordt gebruikt om de schuifspanning in een medium te bepalen. De formule hiervoor is:

$$\tau = \eta * \frac{dv}{dy}$$

De kinematische viscositeit gebruikt de dynamische viscositeit om het reynoldsgetal te bepalen van een object. De formule hiervoor is:

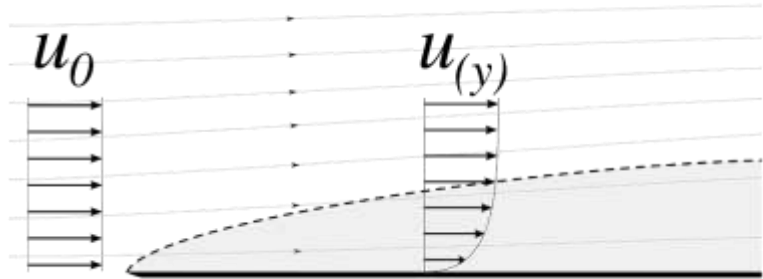
$$v = \frac{\eta}{\rho}$$

Grenslaag

Wanneer er een vloeistof of luchtstroming over een object beweegt zal er een zogenoemde grenslaag ontstaan aan het oppervlakte van het object. De grenslaag ontstaat door interne weerstand tussen de stromingslagen. Door de interne weerstand ontstaat er een snelheidsverschil tussen de lagen. Dit verschil in snelheid wordt groter des te dichter de stroming bij het object komt.

De snelheid van de stroming aan het oppervlakte is gelijk aan 0. Dit effect wordt het zero slip principe genoemd.

De vorming van de grenslaag is zichtbaar in figuur 1.



Figuur 46

Reynoldsgetal

Dit dimensie loos getal bepaald hoe de stroming rond een object beweegt. De stroming kan drie verschillende vormen aannemen. Laminair, half laminair/half turbulent en volledig turbulent. Een laminaire stroom is wanneer de stromingslijnen evenwijdig aan elkaar lopen. Dit komt voor wanneer het reynoldsgetal onder de 2300 is. Dit zorgt ervoor dat er eenvoudig met de luchtstroom gerekend kan worden.

De half laminair/ half turbulent is een soort stroming waar op een punt de stroming gezien kan worden als laminair en een ander punt is de stroming turbulent. Dit word ook wel het overgangsgebied genoemd. Dit komt voor bij een reynoldsgetal tussen de 2300 en de 12000. Doordat deze stroming zo onvoorspelbaar is, is het rekenen met deze stroming lastig.

Een volledig turbulente stroming houdt in dat de stromingslijnen een wervelend karakteristiek hebben. Dit komt voor bij een reynoldsgetal die groter is dan 12000.

De formule voor het berekenen van het reynoldsgetal is:

$$Re = \frac{\rho * vx * L}{\nu}$$

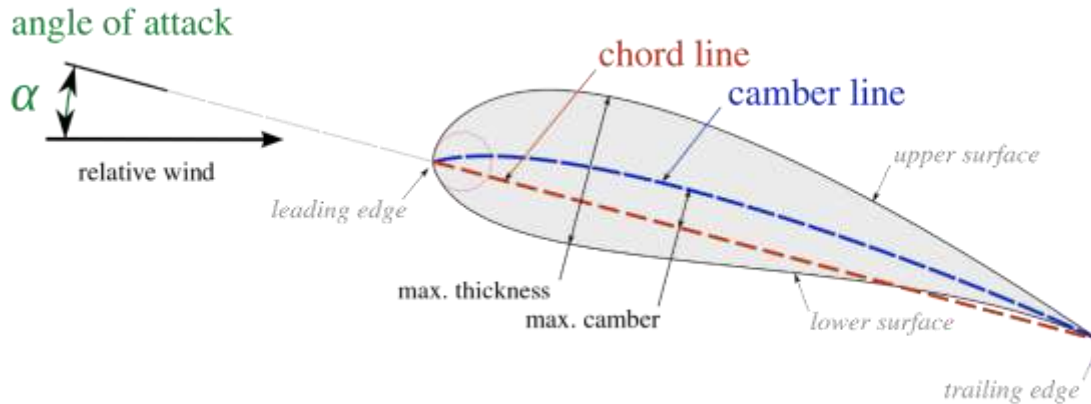
Het reynoldsgetal wordt ook toegepast wanneer er gewerkt word met schaalmodellen. Aangezien het reynoldsgetal de manier bepaald waarop de luchtstroom zicht rond een object beweegt is het van belang dat deze waarde voor een schaalmodel gelijk is.

Wanneer er bijvoorbeeld gewerkt word met een schaalmodel van 1:10, dan zal de snelheid van het medium waarin het model getest word 10 keer zo hoog moeten zijn als het origineel.

Vleugel profiel

In dit deel van het verslag wordt er gekeken naar het vleugelprofiel. In dit verslag zal de term vleugel profiel vervangen worden door airfoil.

Omdat er tijdens dit project gewerkt wordt met deze airfoils zal er eerst de benodigde benamingen uitgelegd worden.



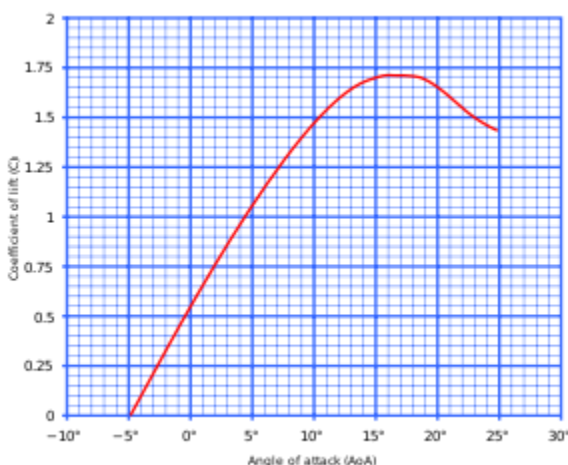
Figuur 47

In figuur 2 is een doorsnede van een airfoil weergegeven. Hierbij zijn er benamingen bijgeplaatst, deze benamingen zullen hieronder in het kort uitgelegd worden.

- Angle of attack: Dit is de hoek waarmee airfoil op de luchtstroom staat.
- Leading edge: De voorkant van de airfoil
- Chordlength: Dit is de lengte van de airfoil
- Camber line: Dit is een lijn die te allen tijde in het midden van de airfoil loopt
- Max. Thickness: Dit is de maximale dikte die de airfoil heeft
- Max. Camber: Dit is de maximale afstand die tussen de chord length lijn en de camber line zit
- Trailing edge: Dit is de achterkant van de airfoil

Angle of attack

Zoals hierboven al genoemd is houdt de angle of attack in met hoeveel graden de airfoil op de luchtstroom staat. Hiermee kan de hoeveelheid lift en drag bepaald worden door de stand van de airfoil te variëren. Dit wordt toegepast in flaps op vliegtuig vleugels.



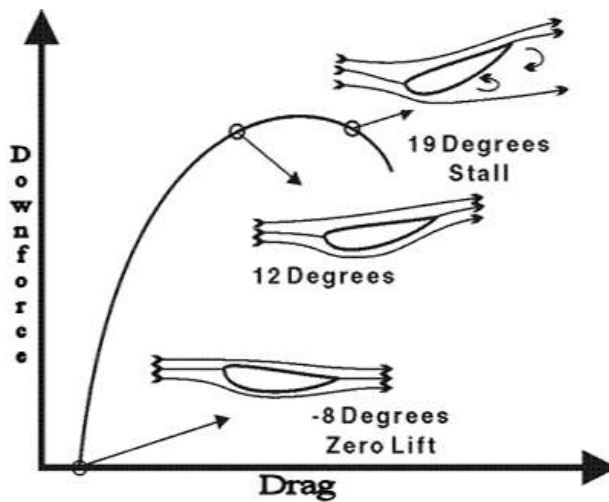
Figuur 48

Echter kan een airfoil niet oneindig veel lift behalen door zijn angle of attack aan te passen. Er zit hier een maximale waarde aan.

In figuur 3 is een grafiek weergegeven die het verloop van de C_L waarde tegenover de angle of attack.

Bij een angle of attack van ongeveer 16 graden vlakt de grafiek uit waarna hij begint te dalen.

Dit komt doordat de luchtstroom de airfoil niet goed meer kan volgen. Hierdoor ontstaat er airflow separation⁹.



Figuur 49

Zoals zojuist al vermeld is kan de hoeveelheid drag ook variëren door de angle of attack aan te passen. In figuur 4 is het verloop weergegeven van de negatieve lift tegenover de drag.

Hieruit kan er afgelezen worden dat wanneer de angle of attack toeneemt de drag ook toe zal nemen. Ook hier is het punt van airflow separation zichtbaar. De negatieve lift loopt terug terwijl de drag nog steeds blijft toenemen. Dit komt doordat een loslatende luchtstroom extra weerstand veroorzaakt. Hier zal in het hoofdstuk "Drag" op terug gekomen worden.

⁹ Airflow separation is de engelse benaming voor een los latende luchtstroom.

Voertuig aerodynamica

In dit deel van het verslag wordt dieper in gegaan op de aerodynamische wetten die van belang zijn voor het ontwerpen van een voertuig. Er zal gekeken worden naar verschillende krachten die ontstaan wanneer een voertuig door een medium beweegt. Er is een kracht die het voertuig naar achter probeert te drukken genaamd Drag. Er is ook een kracht die het voertuig op de verticale as probeert te bewegen genaamd Lift.

Om deze twee krachten goed te begrijpen wordt er eerst gekeken naar de wet van Bernoulli.

Wet van Bernoulli

Aan de hand van de wet van Bernoulli is te bewijzen dat de luchtdruk verandert wanneer er een verandering van snelheid plaatsvindt in de stroming.

De wet van Bernoulli bestaat uit drie verschillende delen.

- Statische deel
- Gravitatie deel
- Dynamisch deel

Het statische deel van de formule is de basisdruk die rond het object in

Het gravitatie drukverschil ontstaat door de hoogteverschillen.

Het dynamische drukverschil ontstaat door snelheidsverschillen in de stroming.

Wanneer deze drie delen samen komen in een formule zal het er zo uit zien:

$$p + \frac{1}{2} * \rho * v^2 + \rho * g * h = \text{constante}$$

De constante waarde die uit deze formule komt geldt voor een stromingsbaan. Hierdoor kan het verschil in druk aangetoond worden wanneer bijvoorbeeld de snelheid van de medium stroom stijgt.

Het nadeel aan deze formule is dat de constante niet overeenkomt met de constante van de luchtstroom die er 1 mm naast ligt.

Voor de toepassing van het ontwerpen van een voertuig wordt het gravitatie deel uit de formule gehaald. Dit wordt gedaan omdat de hoogteverschillen meestal verwaarloosbare waarden zijn.

De formule die dan overblijft is:

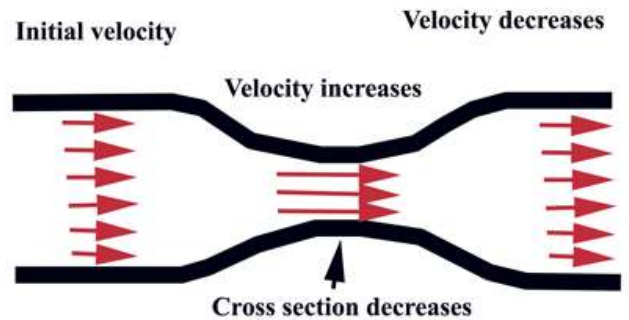
$$p + \frac{1}{2} * \rho * v^2 = \text{constante}$$

Met de bovenstaande formule zijn krachten zoals Drag en Lift te bewijzen.

Venturi principe

Het venturi principe heeft effect op de snelheid van een stroming wanneer deze door een kleine opening geperst wordt. Dit principe wordt bewezen door een luchtstroom door een buis te laten stromen. In deze buis is een vernauwing geplaatst. Deze situatie is weergegeven in figuur 3.

Wanneer de luchtstroom door de vernauwing beweegt zal de snelheid van de stroming omhoog gaan. Deze versnelling wordt bewezen door de wet van behoud van massa.



Figuur 50

De wet van behoud van massa

Wanneer de luchtstroom door de buis van figuur 2 stroomt, is er geen manier dat er massa ontstaat of verloren kan gaan. Dit betekent dat er evenveel lucht in gaat als dat er uit stroomt.

De formule die gesteld wordt bij de wet van behoud van massa is:

$$v_1 * A_1 * \rho = v_2 * A_2 * \rho$$

We nemen voor deze situatie dat de snelheid van de vloeistof niet in de buurt komt van 0,3 * mach 1.

Dit houdt in dat de dichtheid van de vloeistof niet veranderd. Hierdoor kan de ρ weg gestreept worden.

Voor A_1 nemen we het oppervlakte van de inlaat van de buis.

Voor A_2 nemen we het oppervlakte van de vernauwing.

Doordat $A_2 < A_1$ zal de snelheid van de stroming door de vernauwing omhoog moeten gaan.

Drag

Drag is het fenomeen wat ontstaat als een voorwerp door de lucht of vloeistof heen beweegt. In de aerodynamica wordt dit ook vaak de luchtweerstand genoemd. Drag ontstaat door het druk verschil tussen de voor en de achterkant van het voertuig. In Figuur 3 is te zien waar vaak drag voor komt bij een auto. Zo is er goed te zien dat er in het lage druk gebied bij de achterraut en achter de auto drag ontstaat. Dit lage druk gebieden ontstaan omdat de luchtstroom los laat van het oppervlakte en een zog gebied vormt.

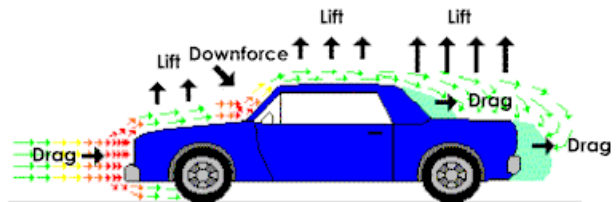


Figure 1

Figuur 51

Zog is een gebied waarin langzame lucht circuleert. Hoe kleiner deze gebieden zijn hoe minder groot het drukverschil zal zijn.

De andere kant van het druk verschil is de voorkant van het voertuig. Er ontstaat hier een hoog druk gebied doordat de lucht tegen een object aan stroomt. Hoe groter het frontaal oppervlakte van het object is, hoe groter de weerstand zal zijn die het object ondervindt.

De manier om de hoeveelheid weerstand te berekenen die een voertuig ondervindt is met de volgende formule:

$$F_D = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * A * c_W$$

Hierbij is:

F_D = de lucht weerstandskracht.

ρ = De dichtheid van de stof waar het voorwerp door heen beweegt.

V = De relatieve snelheid van het voorwerp ten opzichten van de stof waar het voorwerp door heen beweegt.

A = Het frontaal oppervlak van het voorwerp in de bewegingsrichting.

C_w = de lucht weerstanden coëfficiënt

Lift

Lift is het fenomeen dat ontstaat door een drukverschil tussen het boven en onder oppervlakte van het voertuig. Wanneer de druk onder het object hoger is als de druk boven het object zal er een resulterende kracht ontstaan die kracht naar boven uitoefent. Hoe groter het drukverschil, Hoe groter de kracht zal worden.

Aan de hand van de wet van Bernoulli kan bewezen worden dat wanneer een luchtstroom versnelt, dat de druk omlaag gaat. In het geval van een vleugelprofiel wordt de luchtstroom versnelt door de manier waarop de vleugel ontworpen is. Doordat het vleugelprofiel aan de bovenkant een bolling heeft zal de luchtstromen samengedrukt worden.

Eerder in dit verslag is er gekeken naar het Venturi principe. Hieruit bleek dat wanneer een lucht of vloeistof stroom samengedrukt wordt, dan zal de snelheid van de stroming stijgen. Hierdoor ontstaat bij een vleugel profiel het lage druk gebied aan de bovenkant.

Bij een voertuig werkt het ook zo. Doordat de lucht over de voorruit stroomt, zal de luchtstroom samengedrukt worden. Hierdoor ontstaat er een laag drukgebied boven het voertuig.

De lift is te berekenen met de volgende formule:

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

Hierbij is:

F_L = de lift kracht

ρ = De dichtheid van de stof waar het voorwerp door heen beweegt.

v = De relatieve snelheid van het voorwerp ten opzichten van de stof waar het voorwerp door heen beweegt.

A = Het frontaal oppervlak van het voorwerp in de bewegingsrichting.

c_L = lift coëfficiënt

Downforce

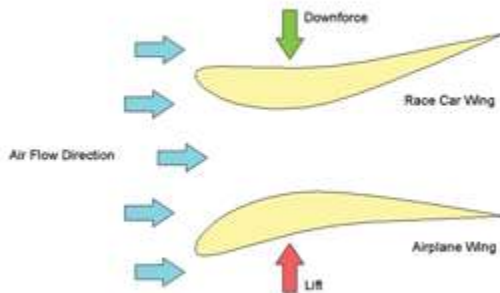
Hierboven is de gehele tijd gesproken over het ontstaan van lift.

Voor de toepassing op een voertuig is dit niet geschikt. om te zorgen dat er altijd het maximale vermogen overgebracht wordt op het wegdek, is er Downforce nodig

De principes voor het genereren van downforce zijn hetzelfde als die voor het genereren van Lift.

Door de druk verschillen onder en boven het object zal deze downforce kunnen leveren. Alleen in tegenstelling tot lift kracht zal er voor downforce een laag drukgebied onder het object aanwezig moeten zijn en een hoogdruk gebied boven het object.

In figuur 4 is dit verschil te zien. De bolling in de airfoil is ook beneden geplaatst waardoor de luchtstroom die de oppervlakte verlaat, in een hoek naar boven beweegt.



Om downforce te berekenen wordt gebruik gemaakt van dezelfde formule als die voor het berekenen van Lift. Alleen de kracht die dan ontstaat, zal naar beneden gericht zijn.

De reden waarom de kracht naar beneden gericht is in plaats van naar boven is doordat de Cl waarde negatief is.

Groundeffect

Volgens Venturi gaat lucht in een nauwere opening sneller. Door deze luchtversnelling zal de luchtdruk afnemen. Wanneer de luchtdruk onder de auto afneemt zal het druk verschil tussen boven en onder groter worden.

Door het vergroten van dit drukverschil zal de downforce toenemen.

Hoe lager de grondspelling, hoe lager de luchtdruk.

Maar wanneer deze lucht snel onder de auto vandaan komt dan ontstaat er juist een laag druk gebied achter het voertuig. Door het groter worden van het drukverschil tussen de voor en de achterkant zal het voertuig een grotere Drag onder vinden.

Hiervoor worden diffuser toegepast. Het doel van de diffuser is om de lucht geleidelijk af te remmen zonder dat de luchtstroom het oppervlakte verlaat. Dat zou er namelijk voor zorgen dat het voertuig een extra drag force ondervindt. Door de doorsnede van de kanalen langzamer breder te laten worden zal de luchtstroom snelheid afnemen.

Door aan de achterkant van de diffuser een airfoil profiel te plaatsen kan er een laag druk gebied ontstaat waardoor er meer downforce ontstaat.

Multiplexed Network

Theoretisch kader

Netwerk

Een netwerk is een groep computers die met elkaar verbonden zijn en met elkaar communiceren. Het communiceren gebeurt doormiddel van een software.

Software

¹⁰Software is een algemene term voor de georganiseerde verzameling van computergegevens en instructies. Er zijn twee soorten systeemsoftware die de basis vormen. Een software die nodig is voor het kunnen bedienen van een computer en een software die wordt gebruikt door de gebruikers om specifieke taken uit te voeren. Systeemsoftware is verantwoordelijk voor de controle, integreren en het beheren van de verschillende hardwarecomponenten. Een software wordt gemaakt met programmeertalen.¹¹ Een software is iets wat niet aangeraakt kan worden en bestaat uit enen en nullen. Het begrijpen van de theorie "software" is cruciaal voor het oplossen van de probleemstelling van dit project. Voor het aansturen van de verlichting moet er een software geschreven worden.

Hardware

De hardware zijn onderdelen die gezien en fysiek aangeraakt kunnen worden. Voorbeeld van hardware zijn: lampen, sensoren, Actuatoren. De hardware wordt door een software aangestuurd. Voor het in kunnen schakelen van de verlichting, wordt de hardware aangestuurd door de software die geschreven wordt.¹²

Sensoren

Sensoren zetten een fysische of chemische grootheid (ϕ) om in een elektrische grootheid (E). De taken van sensoren zijn:

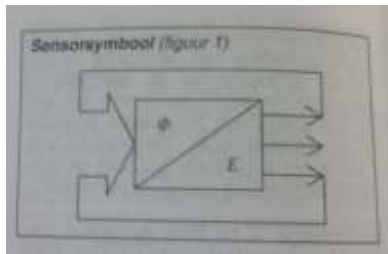
- Aansturen/ regelen
- Veiligheid en beveiligen
- Controle en informeren

In figuur 6 is de gebruikelijke symbool van de sensor te zien.

¹⁰10 Boek: De programmeertaal c. AL Kelley, Ira Pohl. Vierde druk, 2009

¹¹ <http://www.openprojects.org/software-definition.htm>

¹² <http://study.com/academy/lesson/what-is-computer-hardware-components-definition-examples.html>



Actuatoren

Actuatoren vormen de verbinding tussen de elektrisch signaal verwerking en het proces. De actuatoren zetten de signalen met een klein capaciteit die stuur informatie hebben, om in signalen met voldoende capaciteit en die voldoende energie bevatten om het proces te beïnvloeden^[13]

Verlichting

¹⁴Auto's worden uitgevoerd met verlichtingssystemen om goed te kunnen zien en gezien worden. De verlichting is door het wegverkeersreglement(WVR) verplicht gesteld om het voertuig goed te kunnen keuren. Zodra het voertuig goed keurt is mag het voertuig op de Nederlandse wegen. De volgende verlichting is noodzaak om het voertuig goed te kunnen keuren:

- Grootlicht
- Dimlicht
- Achteruitrijlicht
- Richtingaanwijzer
- Waarschuwingsknipperlicht
- Stoplicht (remlicht) S1, S2
- Stoplicht (derde remlicht) S3, S4
- Achterkentekenplaatverlichting
- Breedtelicht (stadslicht)
- Achterlicht
- Mistachterlicht
- Niet-driehoekige achter-retro-reflector
- Dagriflicht

¹³ boek: autotechnisch zakboek/ bosch 5^e editie ISBN 9789066748262

¹⁴ Boek: Elektro 6 Basiselektro J. van den Berg, F. Drenth, D.J. Zuiderbaan tweede druk,2002

Programmeertaal

Programmeertaal is een taal die ervoor zorgt dat mensen met computers kunnen communiceren. Dat houdt in dat mensen de computer niet zomaar een opdracht kunnen geven. Bijvoorbeeld zoals mensen onderling elkaar opdracht geven, “wil jij koffie voor mij schenken”. Op deze wijze zal de computer het niet gaan begrijpen. Om toch de computer te laten begrijpen wat er gedaan moet worden, moet de opdracht in programmeertaal geschreven worden. De programmeertaal bestaat uit verschillende termen. Die termen zijn:

- *Variabelen*
Dat zijn gegevens die door de gebruiker ingevoerd worden. Deze gegevens kunnen constant gaan veranderen. Om ervoor te zorgen dat de computer informatie kan gaan verwerken zijn variabelen genoodzaakt.
- *Functies*
Om de computer te laten weten dat bepaalde handelingen vaak gedaan moeten worden zijn functies aangemaakt. Deze functies worden meestal onderaan in de programmeertaal geplaatst. De functies bestaan uit commando's om de computer handeling te laten uitvoeren. De ze functies worden meestal ergens ander in de programmataal aangeroepen.
- *Voorwaardes*
In sommige gevallen zijn er voorwaardes of het programma gerund wordt of niet. Bijvoorbeeld “wil de gebruiker kopje koffie” in de programmataal wordt een functie aangemaakt. Het kopje koffie wordt aangemaakt als functie X. Als de gebruiker kopje koffie wilt dan is het J voor ja en N voor nee. Ja wordt de functie uitgevoerd en krijgt de gebruiker kopje koffie.
- *Lussen*
Bij het willen herhalen van een programma moet een lus aangebracht worden. Door een lus aan te brengen herhaald de programma zich constant door totdat het niet meer voldoet aan de voorwaarde.¹⁵
- *Booleaanse logica*
Booleaanse logica is een belangrijk onderdeel binnen programmeren. De logica werkt met vergelijkingen en begrippen waar of niet waar. Deze zijn nodig om ervoor te zorgen dat de computer beslissingen gaat nemen. Waar wordt aangegeven met 1 en niet waar met een 0. Een voorbeeld van een booleaanse logica is: $5 < 512$ dat betekent 5 is kleiner dan 512.

¹⁵ <http://www.pc-tutorials.nl/tutorials/programmeren/basisbeginselen.php>

Specificaties



Figuur 52: Arduino UNO

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

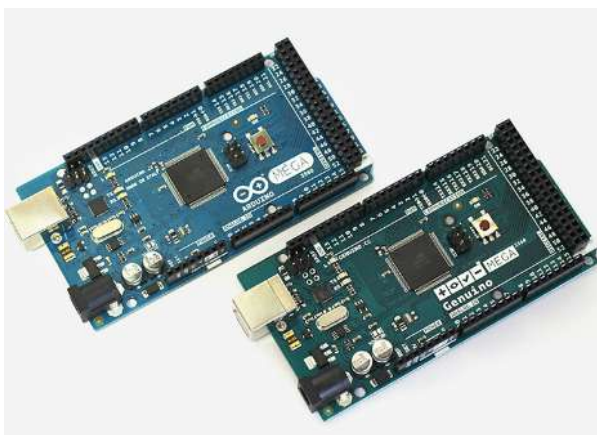
16

¹⁶ <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>



Figuur 53: Genuino 101

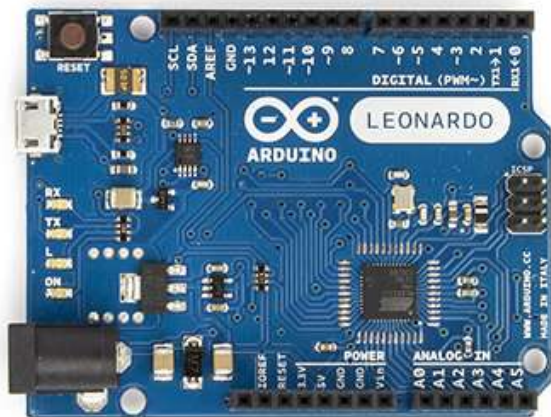
Microcontroller	Intel Curie
Operating Voltage	3.3V (5V tolerant I/O)
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	7-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 4 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	4
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
Flash Memory	196 kB
SRAM	24 kB
Clock Speed	32MHz
Features	Bluetooth LE, 6-axis accelerometer/gyro
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm



Figuur 54: Mega 2560

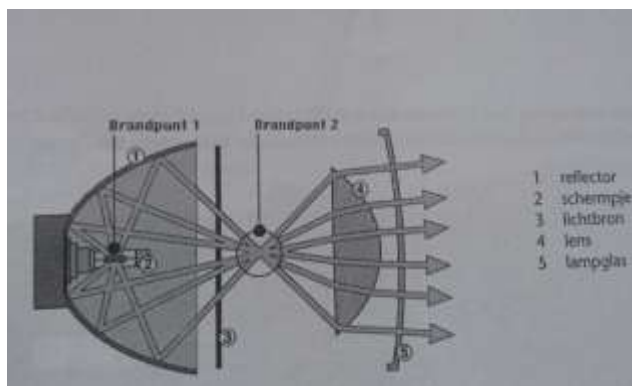
ited Mobility

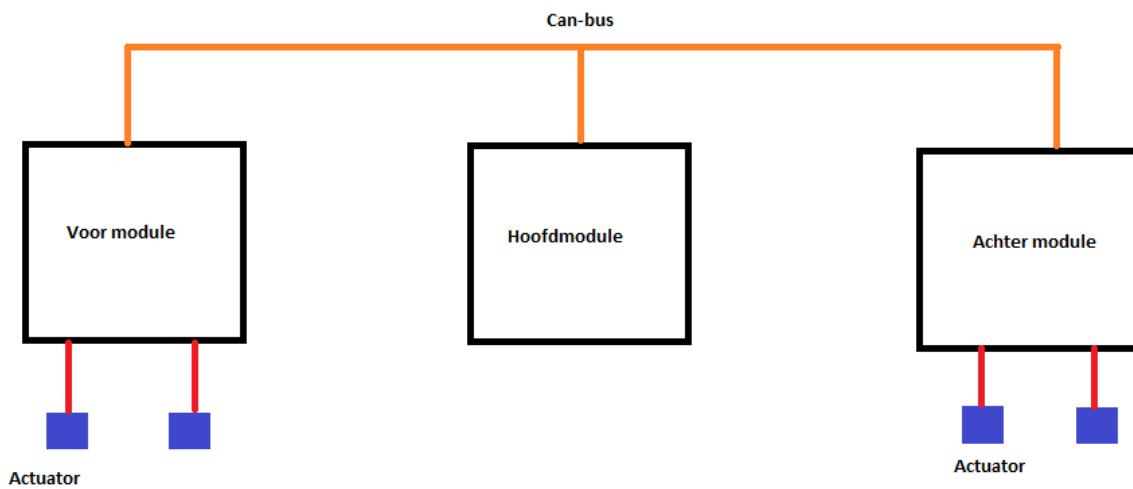
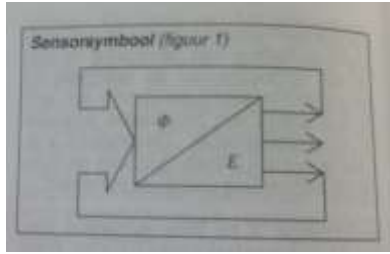
Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g



Figuur 55: Leonardo

Microcontroller	ATmega32u4
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	20
PWM Channels	7
Analog Input Channels	12
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega32u4) of which 4 KB used by bootloader
SRAM	2.5 KB (ATmega32u4)
EEPROM	1 KB (ATmega32u4)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.3 mm
Weight	20g





Accubevestiging

Theoretisch kader

In het theoretisch kader vindt u de nodige informatie die is onderzocht om een concept te ontwerpen. Voor uitgebreidere informatie wordt verwezen naar Theoretisch Kader v1.2.docx.

Design Proces

Het ontwerp proces van een origineel ontwerp bestaat uit een aantal deel processen. In deze processen is het van belang de PDCA-cirkel telkens te doorlopen. De hoofd lijnen zien er als volgt uit.

1. Identificeer wat de ontwerpeisen zijn.
2. Ontwikkel concepten en ideeën om waarmee de eisen gehaald zouden kunnen worden.
3. Een voorlopig concept om bruikbaarheid en maakbaarheid te verifiëren
4. Een gedetailleerd ontwerp om verdere spanningen te analyseren en te optimaliseren tot werktekeningen.
5. Het maken van een prototype

Dit is vertaald naar de toepassing van het project.

- In dit proces worden hoofdconcepten gemaakt. Hiervan zijn bij een concept batterijen vervangbaar.
- De concepten zullen ontstaan vanuit een morfologisch schema. Waarbij component mogelijkheden worden uitgelicht en gekozen zoals, inklemmingen, bevestigingen en materialen.
- Vanuit de gekozen concepten worden deze getoetst aan cruciale kenmerken in een keuze matrix. Hierin wordt getoetst op kenmerken als, ventilatie, bereikbaar, sterkte/spanning, afsluiting, gewichtsverdeling, gewicht en kosten.
- Nadat de keuze is gemaakt volgt een detaillering van het concept zodat het in werktekeningen kan worden verwerkt.

Baterijen

De cellen die worden toegepast zijn Samsung INR18650-25R in de Li30P26F blokken. De blokken zijn er voor het gebruiksgemak van de klant. Om aan de homologatie te voldoen moeten de blokken worden vastgemaakt op de manier van de fabrikant. Deze informatie is niet aanwezig. De blocks beschikken over ventilatie gaten om vrijgegeven gassen te kunnen ventileren. In totaal gaat het om 52 blocks. (Ltd., 2015)



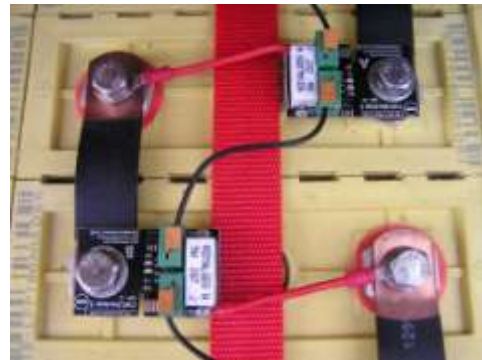
Figuur 56 Li30P26F

Verder kijkend naar de specificaties van cellen is te

zien dat de dat de oppervlakte van een cel onder een temperatuur van 50 graden Celsius moeten blijven bij het opladen om gasvorming te voorkomen. Voor het ontladen geldt 75 graden Celsius. Uit onderzoek naar de soortelijke warmte van 18650 cellen is gebleken dat de waarde ongeveer 830 J/kgK is. (Thermal Hazard Technology, n.d.).

Emus Cell Module

De cell module moet per cel geïnstalleerd worden. Het leest voor de BMS de temperatuur en voltage van de cell. Het is zaak dat de modules bij elke block op dezelfde pool word bevestigd. (Electric Protege, 2011). Mogelijk wordt ook de Emus current sensor bij de accu's geïnstalleerd. (Heijnsdijk Electric Cars, n.d.)



Figuur 57 verbinding modules

Maakbaar

Alutech

De sponsor van het frame en ook de bevestiging van een aantal componenten waaronder ook de accubakken is Alutech. Alutech is deel van de Salzburg Aluminium Group (SAG). SAG is leverancier van aluminium componenten zoals brandstoftanks en frames voor onder andere de automotive industrie.

Voor dit onderzoek is contact van de student met Alutech erg beperkt. Vandaar dat aannames van mogelijkheden gedaan worden aan de hand van de internetpagina. De meest aannemelijke manier van bouwen van het frame is het knippen of zagen van platen en buizen.

RDM

Het frame bestaat uit buizen. Het onderzoek is gericht op een aluminium legering. Om het risico te beperken dat de sponsor interesse verliest in het project of niet meer mogelijk is het te sponsoren wordt de maakbaarheid beperkt met wat op school mogelijk is. Omdat het over ontwerp uit aluminium bestaat is de apparatuur op school competent aluminium te bewerken. De apparaten zijn gericht op het bewerken van ijzer. Het gaat om bewerkingen als:

Hogeschool Rotterdam / Automotive / Project United M



Figuur 58 RDM zagen



Figuur 59 RDM zetbank

- Zagen
- Boren
- Draaien
- Zetten
- Knippen

Lassen

Aangezien de kwaliteit van de las belangrijk is voor de sterkte van het frame moeten MIG-lassen gebruikt worden. Een MIG las is van betere kwaliteit, omdat het een betere zuurstof bescherming heeft. Voor MIG lassen is een deskundige nodig. TIG lassen wordt gebruikt voor materiaal diktes kleiner dan 6 mm¹⁷

Materiaal

Het ontwerp wordt uitgevoerd door het bedrijf Alutech die gespecialiseerd in aluminium bewerkingen. Hierdoor is de materiaal keuze afgebakend in alleen aluminium. In het bijzonder de 7xxx serie met de toevoeging van zink, de 6xxx serie met toevoeging van silicium en magnesium en de 5xxx met de toevoeging van magnesium. Een aantal voorbeelden van toegepaste aluminiumlegeringen in de automotive industrie (Wikipedia, 2016):

Plaatwerk:	Frame:
6111	6061
6016	6063
5083	5754
5456	5182

Tabel 13 Auto industrie Al



Figuur 60 Motor beugel

In het volgende voorbeeld is een subframe voor de motor bevestiging zien wat vergelijkbaar is met de bevestiging van de accu's aan het frame. Hierin zijn ENG AW-6061 T4 en T6 gebruikt naast EN AW 6063 T4. De T-aanduiding geeft aan wat voor warmte behandeling deze heeft gehad. Over het algemeen heeft T6 een hogere spannings-tolerantie.

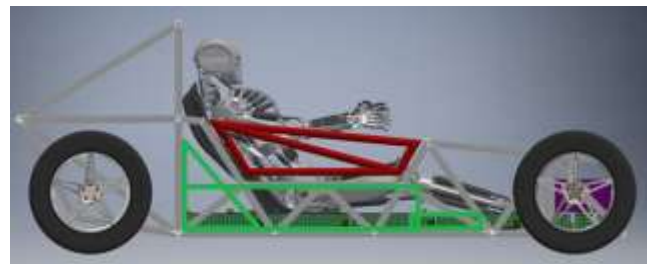
Het frame wordt gemaakt van aluminium 6061 T6. De eis is dat de Accuback van hetzelfde materiaal wordt gemaakt, Het materiaal is in standaard buis en plaatwerk verkrijgbaar en wordt ook op deze manier ook toegepast op het frame.

¹⁷

<https://confluence.hro.nl/pages/viewpage.action?pageId=37817714&preview=/37817714/39356927/PRO07%20Plan%20van%20aanpak%20v1.2.docx>

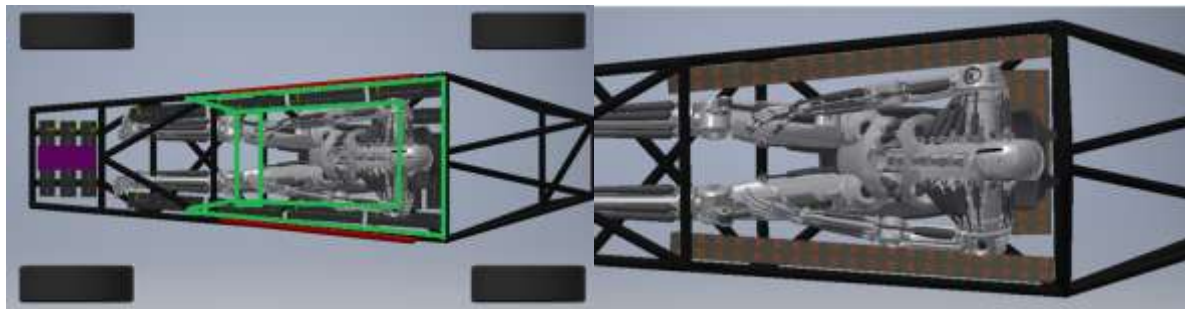
Dimensies

De beschikbare ruimtes is het voertuig zijn constant verandert door verschillende concept mogelijkheden. Het volgende concept wordt als definitief gezien en de beschikbare ruimte is erin weergegeven om de batterijen en bevestiging in te maken. De specifieke maten zijn nog niet duidelijk ten opzichte van de stoel. De grootte van de stoel kan variëren. Hierdoor is na overleg afgesproken dat er 10 cm



Figuur 61 Dimensies zij

verschuiving mogelijk moet zijn van de stoel omdat deze verstelbaar zal zijn. Ten tweede is er een kans dat de instap van de zijkanten verhoogd of verlaagd kunnen worden aangezien de instap nog niet bepaald is. De huidige hoogte is aangehouden omdat de instap ook nog asymmetrisch zou kunnen zijn. De pakketten worden van beide zijdes symmetrisch gehouden omdat dit een eis is.



Figuur 62 Dimensies boven

Na wat experimenteren, is gebleken dat het mogelijk moet zijn alle 52 blocks in de beschikbare ruimte te plaatsen.

Verbindingen

We onderscheiden twee soorten verbindingen:

Permanente verbinding

Non-permanente verbindingen

De aannemelijke permanente verbinding van Alutech is lassen en de non-permanente verbinding is bouten.

Las

Verder zijn er nog aantal verschillen tussen lassen en bouten. De voordelen van lassen zijn:

- Minder arbeid
- Minder materiaal
- Boren niet nodig
- Overlap niet nodig
- Geen spleetcorrosie

De nadelen van lassen is de sterkte reductie in de heat affected zone (HAZ). De factor waarmee de verzwakking van de ultimate strength wordt aangeduid is ρ_{HAZ} . In de volgende tabel zijn een aantal factoren te zien. Daarnaast is het belangrijk te weten hoe groot deze HAZ is.

Alloy series	Condition	ρ_{HAZ} (MIG)	ρ_{HAZ} (TIG)
6xxxx	T5	0,65	0,60
	T6	0,65	0,50
7xxx	T6	0,80	0,60

Figuur 64 Ultimate strength verzwakking

Thickness t in mm	b_{HAZ} in mm	
	MIG	TIG
$0 < t \leq 6$	20	30
$6 < t \leq 12$	30	-
$12 < t \leq 25$	35	-
$t > 25$	40	-

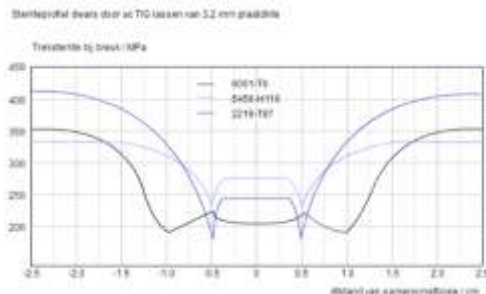
Figuur 63 HAZ

Het vulstof heeft ook effect op de sterkte van het materiaal. Zo is in vergelijking te zien wat het verschil betekend en kan overwogen worden welke vulstof nodig is.

Characteristic strength f_t [N/mm ²]	Filler metal	Alloy								
		5103	5052	5083	5454	6060	6005A	6061	6082	7020
	3356	-	170	240	220	160	180	190	210	260
	4043A	95	-	-	-	150	160	170	180	210

1 For alloys EN AW-3754 and EN AW-5049 the values of alloy 5454 can be used.
 for EN AW-6063, EN AW-5005 and EN AW-5003 the values of alloy 6060 can be used.
 for EN AW-6106 the values of alloy 6005A can be used.
 for EN AW-3004 the values of alloy 6082 can be used.
 for EN AW-8011 a value of 100 N/mm² for filler metal Type 4 and Type 5 can be used.
 2 If filler metals 5056 A, 5556A, or 5183 are used then the values for 5356 have to be applied.
 3 If filler metals 4047A or 3103 are used then the values of 4043A have to be applied.
 4 For combinations of different alloys the lowest characteristic strength of the weld metal has to be used.

Figuur 65 Vulmateriaal



Figuur 66 HAZ 2

Non-permanente Bevestiging

Het voordeel van een boutbevestiging is dat er geen verzwakking van het materiaal door hitte. Naast conventionele bouten

Omdat een eis is dat het een bout/ moer bevestiging wordt, moet uitgezocht worden welke bout/moer hiervoor nodig zal zijn. Het gaat hier om de conventionele metrische bouten en moeren.

Om te onderzoeken welke en/of hoeveel bouten en moeren nodig zijn zal dit met een berekening uit te zoeken zijn.

Om de diameter te bepalen op de afschuif gebruiken we de formule:

$$\tau D = \frac{F}{A}$$

Met:

F = De afschuifkracht in Newton (N)

τD = De optredende afschuifspanning (N/mm²)

A = De op afschuiving belaste doorsnede (mm²)

De gemiddelde afschuifspanning gemiddeld 0,7 a 0,8 maal de treksterkte van de boutmateriaal. Dit is met een coëfficiënt verschil van 0.576, omdat de struik druk verschilt van het gat.

Daarmee kan een rekenwaarde van 0.85* vloeispanning genomen worden voor de bezwijkwaarde van de afschuifspanning. (Pitte, 1980)

Reactiekrachten

Bij het dynamisch gedrag van een voertuig ontstaan ook reactie krachten op de accu's binnen het voertuig zoals bij het remmen of het nemen van een bocht. Door uit te rekenen wat deze krachten zijn, kan uitgerekend worden welke krachten het concept moet doorstaan.

Om de krachten te benaderen bij een remvertraging, kan een eenvoudige formule worden toegepast.

$$F = m * a$$

Hierin is:

F = de maximale reactiekracht van het remmen of versnellen (N)

M = de massa van de accu of accu's (kg)

a = de maximale versnelling of vertraging van het voertuig (m/s)

De laterale versnelling is de centripetale versnelling in een bocht in de richting van het draaipunt. Hiermee kan de kracht van de accu's in de laterale richting worden uitgerekend.

$$a_y = vx^2/R$$

Vx = de snelheid in tangentiële richting [m/s]

R = de bochtstraal [m]

Koelsysteem

Theoretisch kader

Koeling is het verplaatsen van warmte, waardoor er geen warmte blijft hangen op één plaats en de temperatuur niet zal oplopen. Verplaatsing van warmte vindt plaats op drie manieren: convectie, conductie en straling. Conductie en straling zijn ongedwongen overdrachten, convectie kan ongedwongen of gedwongen plaats vinden. De formules zijn te vinden in de bijlage.

Straling:

Verplaatsing van warmte door straling wordt veroorzaakt door moleculen die sneller gaan trillen als een stof opwarmt. Dit zorgt voor elektromagnetische straling die warmte verplaatst. De formule die dit proces beschrijft is de wet van Stefan-Boltzmann.

Conductie:

Conductie is verplaatsing van warmte binnen het materiaal. Door temperatuurverschillen in het materiaal zullen de warmere plekken de koudere plekken opwarmen. Hierdoor zal het materiaal overal dezelfde temperatuur krijgen als er geen warmte meer wordt toegevoegd of afgevoerd. Dit wordt beschreven in de wet van Fourier.

Convectie:

Convectie is warmteverplaatsing door beweging. Dit kan op 2 manieren gebeuren, gedwongen en ongedwongen. Als een gas of vloeistof warmer wordt verandert de dichtheid. Als gevolg gaat de stof bewegen en de warmte wordt verplaatst. Als een gas of vloeistof wordt verplaatst via een pomp of fan is er sprake van gedwongen convectie. Ook bij convectie geldt de wet van Fourier, maar in een iets andere vorm.

Alleen convectie en geen straling of conductie

Conductie en straling zijn vergeleken bij convectie maar een klein deel van de warmte overdracht. Ook zijn beide niet of onnauwkeurig te berekenen omdat de situatie te complex is. Conductie is alleen maar verplaatsing in het materiaal zelf en voert dus geen warmte weg van de aandrijving. Verplaatsing van warmte door straling zorgt wel voor een koelere aandrijving maar is te complex om te berekenen omdat elk materiaal van de aandrijving hier een rol in speelt en elke plaatselijke temperatuur. Hierdoor zullen deze manieren van warmte overdracht niet mee worden genomen in de berekeningen. Dit houdt in dat wordt berekend dat alle warmte afgevoerd moet worden door convectie. Straling is alleen maar extra bovenop de convectie dus dit heeft geen negatief effect op het koelvermogen.

Vershil in effectiviteit convectie

In het geval van het koelen van de aandrijving is de elektromotor watergekoeld, dit is gedwongen convectie via water en van het water naar lucht via een radiator. De controller en de laders kunnen worden gekoeld met lucht of met water. De vraag is hoeveel het verschil tussen gedwongen en ongedwongen koeling is. Maar ook hoeveel het verschil is tussen lucht en water.

Het verschil tussen ongedwongen en gedwongen convectie kan worden afgeleid aan de overdracht coëfficiënten van ongedwongen convectie metaal-lucht en gedwongen convectie metaal-lucht.

- warmteoverdracht coëfficiënt metaal-lucht ongedwongen: $5-20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{dT})$ (afhankelijk van de snelheid)

- warmteoverdracht coëfficiënt metaal-lucht gedwongen: $25-250 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{dT})$ (afhankelijk van de snelheid)

Het verschil tussen lucht en water koeling is te zien aan de overdracht coëfficiënten van lucht en water.

- warmteoverdracht coëfficiënt metaal-lucht gedwongen: $25-250 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{dT})$ (afhankelijk van de snelheid)

- warmteoverdracht coëfficiënt metaal-water gedwongen: $580-2300 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{dT})$ (afhankelijk van de snelheid)

Uit deze coëfficiënten is af te leiden dat gedwongen convectie veel meer warmte verplaatst dan ongedwongen convectie en dat water veel meer warmte verplaatst bij gedwongen convectie dan lucht.

Vooronderzoek benodigde koeling

Om te kunnen bepalen hoeveel warmte er verplaatst moet worden door de koeling moet bekend zijn hoeveel warmte er wordt toegevoerd door de aandrijving. Deze toevoer is afhankelijk van welk vermogen de aandrijving moet leveren. Dit vermogen is weer afhankelijk van de rijstijl van de bestuurder van het voertuig, als het voertuig vaak maximaal accelereert en maximaal regeneratief remt zal er veel meer warmte ontwikkeling plaats vinden dan als het voertuig langzaam accelereert en uitrolt in plaats van remt. Daarom is gekozen om de warmte ontwikkeling te berekenen bij continu maximaal vermogen omdat het systeem nooit meer warmte kan ontwikkelen dan bij maximaal vermogen. Dit zorgt ervoor dat als een koelsysteem bij maximaal vermogen genoeg warmte verplaatst de aandrijving nooit te warm zal worden.

Het accupakket hoeft niet gekoeld te worden. De stroom die de aandrijving nodig heeft bij maximaal vermogen is lager dan dat het accupakket nominaal kan leveren zonder koeling. Het accupakket hoeft dus ook nooit in het piek-bereik vermogen te leveren terwijl dit ongekoeld wel mogelijk is. Dat het accupakket niet gekoeld hoeft te worden wordt uitgebreid onderbouwd in het gedeelte over de accubak, zie hoofdstuk current state van de accu bevestiging.

De ontwikkelde warmte van de aandrijving is een gevolg van het rendement. Alle niet nuttig gebruikte energy wordt omgezet in warmte. In tabel 14 staan de rendementen en de vermogens van de componenten van de aandrijving.

component	rendement	vermogen
lader	95%	3kW
controller	90%	62.4kW
motor	92%	18,5kW nominaal 62.4kW piek

Tabel 14

Dit resulteert in een totaal vermogen dat wordt omgezet in warmte. In de onderstaande tabel (tabel 15) staat een overzicht van het gedissipeerd vermogen per onderdeel en totaal.

component	Gedissipeerd vermogen maximaal
lader	0.125kW (x3)
controller	6.933kW
motor	5.426kW
totaal	12.734kW

Tabel 15

Formules koelsysteem

Wet van Fourier bij conductie

De wet van Fourier beschrijft de geleiding van warmte. In de onderstaande formule staat de warmteoverdracht als een stof stilstaat beschreven in 1-dimensionale vorm.

$$\frac{\Phi}{A} = -k \frac{dT}{dx} \text{ en } \Phi = \frac{dQ}{dt}$$

Φ = warmtestroom [W]

dt = tijd waarin de warmteverplaatsing plaatsvindt [s]

dQ = verplaatste warmte [J]

A = oppervlak warmtetransport [m²]

k = warmtegeleidingscoëfficiënt voorwerp [W/ m* K]

dT/dx = temperatuurgradiënt [K/m]

wet van Stefan-Boltzmann

De wet van Stefan-Boltzmann beschrijft de straling van warmte. In de onderstaande formule staat de warmteoverdracht door straling beschreven.

$$\Phi = \varepsilon \sigma A dT^4 \text{ en } \Phi = \frac{dQ}{dt}$$

Φ = warmtestroom [W]

dt = tijd waarin de warmteverplaatsing plaatsvindt [s]

dQ = verplaatste warmte [J]

A = stralings oppervlak [m²]

σ = constante van Stefan-Boltzmann; [W/m²*K⁴]

ε = emissiviteit

dT = temperatuurverschil

De wet van Stefan-Boltzmann is verwaarloosbaar als er gedwongen convectie plaatsvindt. Dit is het geval bij waterkoeling dat zal worden toegepast dus zal deze wet niet gebruikt worden.

Wet van Fourier bij convectie

De wet van Fourier beschrijft de geleiding van warmte. In de onderstaande formule staat de warmteoverdracht tussen stoffen als deze langs elkaar bewegen beschreven in 1-dimensionale vorm.

$$\frac{\Phi}{A} = U \cdot dT \text{ en } \Phi = \frac{dQ}{dt}$$
$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + R_{f1} + R_w + \frac{1}{h_2} + R_{f2}}$$
$$Re = \frac{v \cdot L \cdot \rho}{\mu} = \frac{v \cdot L}{\nu}$$
$$Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{k}$$
$$Nu = \frac{hL}{k_f}$$

Φ = warmtestroom [W]

dt = tijd waarin de warmteverplaatsing plaatsvindt [s]

dQ = verplaatste warmte [J]

A = convectie oppervlak [m²]

U = totale warmteoverdracht coëfficiënt voorwerp [W/m²*K]

h(L) = partiële warmtedoorgangcoëfficiënt [W / m²* K]

R_w = thermische weerstand van de wand [m²* K / W]

R_f = aangroeiing factoren [m²* K / W]

dT = temperatuurverschil [K]

Re = Reynoldsgetal

v = snelheid van de stof

L = lengte van de buis [m]

μ = dynamische viscositeit [Pa*s]

ρ = dichtheid [kg/m³]

ν = kinematische viscositeit [m²/s]

Pr = getal van Prandtl

Nu = getal van Nusselt¹⁸

c_p = Warmtecapaciteit bij constante druk [J/K*kg]

k = warmtegeleidingscoëfficiënt voorwerp [W/ m* K]

¹⁸ Hoe het getal van Nusselt berekend wordt is van veel factoren afhankelijk en niet relevant genoeg aangezien er een bestaande waterkoelingselement wordt gebruikt en geen zelf ontworpen. De formules op deze pagina dienen alleen als theoretische achtergrond.

Benadering van Jurgess

De benadering van Jurgess geeft de warmteoverdracht coëfficiënt van metaal naar lucht bij een bepaalde snelheid.

Luchtsnelheid onder 18km/h:

$$h = 5.6 + 4 \cdot v$$

Luchtsnelheid boven 18km/h:

$$h = 7.12 \cdot v^{0.78}$$

h = warmteoverdracht coëfficiënt [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{dT}$]

v = snelheid van de lucht [m/s]

Pompvermogen

Voor het berekenen van het pompvermogen kan de onderstaande formule gebruikt worden.

$$P_{\text{eff}} = Q \cdot \Delta p$$

$$\Delta p = k_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2$$

Q = debiet [m^3/s]

Δp = drukval [kPa]

k_w = weerstandscoefficiënt

v = snelheid [m/s]

ρ = dichtheid koelwater

Concepten totale koelsysteem

Voor het totale koelsysteem zijn meerder concepten mogelijk. Deze concepten worden in deze bijlage uitgelegd.

Concept 1

Motorcontroller, elektromotor en laders parallel. Na elk parallel gedeelte een klep en een sensor. Een extra sensor voor de motor. De pomp vlak voor de radiator met een sensor voor en een sensor na de radiator. In dit concept is op elke plek de temperatuur van het koelwater bekend en kan elk onderdeel worden uitgesloten van het koelcircuit.

Concept 2

Motorcontroller en elektromotor in serie en laders ins serie maar parallel met de motor en controller. Voor en na elk parallel gedeelte een klep en een sensor. Een extra sensor voor de motor. De pomp vlak voor de radiator. In dit concept is op elke plek de temperatuur van het koelwater bekend en kunnen de laders of de motor en controller worden uitgesloten van het koelcircuit.

Concept 3

Motorcontroller en elektromotor in serie en laders in serie maar parallel met de motor en controller. Voor en na elk parallel gedeelte een klep. Een sensor voor en na de motor. De pomp vlak voor de radiator. In dit concept is alleen om de motor de temperatuur van het koelwater bekend, verder zijn de temperaturen van de laders en controller bekend. Ook kunnen de laders of de motor en controller worden uitgesloten van het koelcircuit.

Concept 4

Motorcontroller, elektromotor en laders in serie. Geen kleppen. Een sensor voor en na de motor. De pomp vlak voor de radiator. In dit concept is alleen om de motor de temperatuur van het koelwater bekend, verder zijn de temperaturen van de laders en controller bekend. Er kunnen geen onderdelen worden uitgesloten van het koelsysteem. De laders bepalen de maximale temperatuur van het koelwater.

Uit deze 4 concepten moet een keuze gemaakt worden. Deze keuze zal uitgelegd worden op basis van voor en nadelen zie tabel 16.

concept	voordelen	nadelen
1	Alle temperaturen zijn bekend, alle onderdelen kunnen uitgesloten worden. Zo kan het koelvermogen verdeeld worden waardoor onderdelen sneller gekoeld kunnen worden als dit nodig is.	Meer onderdelen, complexere programmering van de microcontroller.
2	Alle temperaturen zijn bekend, laders of controller en motor kunnen uitgesloten worden. Zo kan het koelvermogen verdeeld worden waardoor onderdelen sneller gekoeld kunnen worden als dit nodig is.	Meer onderdelen. Als niet alle onderdelen los gekoeld kunnen worden is het weten van elke temperatuur op elke plaats niet nodig.
3	laders of controller en motor kunnen uitgesloten worden. Zo kan het koelvermogen verdeeld worden waardoor onderdelen sneller gekoeld kunnen worden als dit nodig is. En er een hogere maximale koelwatertemperatuur is.	Niet op elke plek bekend welke temperatuur er is. Dit kan er voor zorgen dat het systeem minder nauwkeurig en minder snel reageert op temperatuur veranderingen.
4	Meest eenvoudige systeem, microcontroller programmering is eenvoudig.	Lagere maximale koelwatertemperatuur. Niet op elke plek bekend welke temperatuur er is. Dit kan er voor zorgen dat het systeem minder nauwkeurig en minder snel reageert op temperatuur veranderingen.

Tabel 16

Na overleg met de begeleiders is voor concept 3 gekozen om verder uit te werken. Deze keuze is gemaakt omdat concept 1 en 2 onnodig veel sensoren hebben en het niet nodig is om elk onderdeel uit te sluiten van het systeem. Wel moeten de laders apart van de motorcontroller en elektromotor gekoeld kunnen worden omdat deze niet tegelijkertijd werken en de laders een lagere maximale temperatuur hebben. Verder is het belangrijk om te weten wat de temperatuur van het koelwater is over de componenten en niet over de radiator. De temperatuur van de componenten bepaald de snelheid van de pomp. Concept 4 geeft de minste vrijheid van koelen. Het koelwater mag niet warmer worden dan 60 graden terwijl de motorcontroller 85 graden mag worden. De laders staan uit als de motorcontroller aan staat dus deze worden dan onnodig gekoeld.

Bronvermelding

Chassis

Internetsites

<http://what-when-how.com/automobile/chassis-operating-conditions-automobile/>

http://www.designerdata.nl/tools/traagheidsmoment_van_de_doorsnede.php

Boeken

Titel: Racing Chassis and Suspension Design (2004)

Auteur: Carroll Smith

Uitgever:

Titel: Sterkteleer 8e editie

Auteur: R. C. Hibbeler

Uitgever:

Verslag(en)

Titel: Gordelframe (2012)

Auteurs:

Instelling: Hogeschool Rotterdam

Documenten

Abaqus Manual

Richtlijn 77/649/EEG

Body

Internetsites

https://en.wikipedia.org/wiki/Flap_%28aeronautics%29

https://en.wikipedia.org/wiki/Lift_%28force%29#Airfoil_shape

<http://www.aviation-history.com/theory/lift.htm>

http://www.supercoolprops.com/articles/camber_and_zero_lift_angle.php

Boeken

Titel: Eng 03 Aerodynamica reader

Auteur: Roeland Hogt

Uitgever: Hogeschool Rotterdam

Titel: Aerodynamica of road vehicles

Auteur: Wolf Heinrich Hucho

Titel: Race Car Design

Auteur: Derek Seward

Titel: *Fundamentals of Aerodynamics 1^e druk*

Auteur: John D. Anderson Jr.

Uitgever:

Titel: *Race Car Aerodynamics 1^e druk*

Auteur: Gregor Seljak

Titel: *Aerodynamics for engineers*

Auteur: E.L. Houghton

Multiplex Network

<http://users.telenet.be/peterna/osp/CAN-bus%20cursus.pdf>

<http://www.ni.com/white-paper/3352/en/>

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/single-board-computer-benchmarks>

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

Boek: Multiplexed Networks for Embedded systems blz 231

Boek: elektro 6 Basiselektro. J. van de Berg, F. Drenth, D.J. Zuiderbaan. Tweede druk, 2002

Boek: De programmeertaal c. AL Kelley, Ira Pohl. Vierde druk, 2009

boek: autotechnisch zakboek/ bosch 5^e editie ISBN 9789066748262

Accuplaatsing

Alcotec, n.d. *Understanding The Alloys Of Aluminum*. [Online]

Available at: <http://www.alcotec.com/us/en/education/knowledge/techknowledge/understanding-the-alloys-of-aluminum.cfm>

Electric Protege, 2011. [Online]

Available at: <http://eprrotege.blogspot.nl/2011/07/improvements-part-2.html>

Energus Power Solutions Ltd. , 2015. *Li-Ion building block Li30P26F*. [Online].

Heijnsdijk Electric Cars, n.d. [Online]

Available at: <https://lithiumpower.nl/product/emus-cell-module/#prettyPhoto>

Ltd., E. P. S., 2015. *Li-Ion building block Li30P26F*. [Online].

Nieuwenhuis, D. M., 2010. *The Art of Management*. [Online]

Available at: <http://www.ewc-adviesgroep.nl/pdf/theartofmanagement.pdf>

Pitte, D. v. d., 1980. Berekening van Constructies - Bouwkunde en Civiele Techniek. In: Gent:

http://www.berekeningvanconstructies.be/2_76.htm, p. 76 77.

Riepma, R., 2013. *Projectmanagement voor het HBO op basis van IPMA-D*. s.l.:Van Haren.

Samsung SDI Co., Ltd. , 2013. *Introduction of INR18650-25R*. [Online].

Thermal Hazard Technology, n.d. *Determining the Specific Heat Capacity of a Battery Pack*. [Online]
Available at: http://www.inforlab-chimie.fr/doc/document_fichier_279.pdf

WELLEMAN, C. H. H., 2013. *MODULE : SPANNINGSLEER EN BEZWIJKMODELLEN*. [Online]
Available at: http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/CT3109/collegestof/elasticiteitsleer/files/CT4145Dictaat-versie8.pdf
[Accessed 27 5 2016].

Wikipedia, 2016. *Aluminium alloy - Wikipedia, the free encyclopedia*. [Online]
Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_alloy

Koelsysteem

websites:

https://nl.wikipedia.org/wiki/Getal_van_Nusselt

<http://www.wetenschapsforum.nl/index.php/topic/98458-natuurkunde-warmtegeleidingscoefficient-en-warmteoverdrachtcoefficient/>

<http://www.hrs-heatexchangers.com/nl/resources/warmte-overdracht-fundamenten-01-05.aspx>

<https://www.olimex.com/Products/AVR/Development/AVR-CAN/>

<http://www.atmel.com/devices/AT90CAN128.aspx>

<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

<https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/can-bus-module-shield-tutorial-for-arduino-raspberry-pi-intel-galileo/>

<http://www.woodward.com/ControlCoreECM.aspx>

Specificatie bladen van:

Eltek (Valeo) EV Power Charger 110/3000 HE IP20

Samsung 18650 25R

Curtis 1238E

Motenergy 1304

Boek:

Polytechnisch zakboek, P.H.H. Leijendeckers, 2010