VRIJ TECHNISCH
INSTITUUT St. ALOYSIUS
PAPEBRUGSTRAAT 8A
8820 TORHOUT

Zonnewagen

Geïntegreerde proef

Decloedt Michiel
Demuynck Simon
Dieryck Karel
Leenknegt Tibo
Neyens Arne
WostynJovanni

Studierichting Industriële wetenschappen
614

Schooljaar: 2015-2016

VRIJ TECHNISCH
INSTITUUT St. ALOYSIUS
PAPEBRUGSTRAAT 8A
8820 TORHOUT

Zonnewagen

Geïntegreerde proef

Studenten:

Decloedt Michiel
Leenknegt Tibo
Demuynck Simon
Neyens Arne
Dieryck Karel
WostynJovanni

Studierichting Industriële wetenschappen

614

Begeleidende leerkrachten:

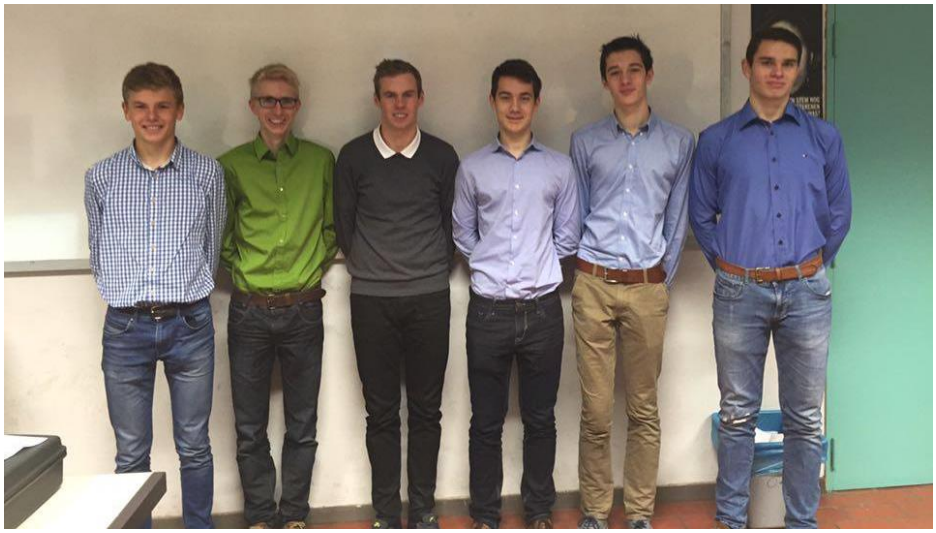
Miranda Delaere
AugustynKindt
Paul Hemeryck
Dave Vansteenlandt

Schooljaar: 2015-2016

1 Voorwoord

De toekomst wordt geschreven door onderzoeken en de innovaties die we vandaag ondernemen. We hebben voor onze Geïntegreerde proef gekozen voor een veelzijdig en instructief onderwerp. Wij hebben ons dit jaar toegelegd op het onderwerp "Zonnewagen". We zijn gegaan van zonnestraling tot thermovorming, van aluminium profielen tot Lithium-ion batterijen, ook hebben we onderzoek gedaan naar aerodynamische eigenschappen, gelijkstroommotoren enzovoort. Groene energie bestaat in verschillende vormen: zonne-energie, waterkracht-energie, windenergie, aardwarmte-energie enzovoort, de fossiele brandstoffen zijn eindig dus zullen we onze samenleving moeten aanpassen op het vlak van energievoorziening. Om de verschillende onderzoeken en proeven te kunnen doen hebben we samen gewerkt met onze eigen school "Het technisch instituut Sint-Aloysius" te Torhout en ook enkele bedrijven in Torhout en omstreken die ons technisch en wetenschappelijk hebben ondersteund. Ook hebben wij met enkel universiteiten samengewerkt op het vlak van onderzoeken ,trillingen , aerodynamica…. We hebben dit project met een groep van 6 studenten tot een goed einde gebracht. Ons geëngageerde team bestaat uit: Decloedt Michiel, Demuynck Simon, Dieryck Karel, Leenknegt Tibo, Neyens Arne, WostynJovanni. Met dit team hebben we dit jaar de verschillende studies en onderzoeken gedaan naar de verschillende aspecten van de wagen. We hebben verschillende beslissingen moeten maken voor het gebruik van verschillende onderdelen waarbij we meestal op financieel aspect moesten letten. Het samenwerken in groep liep niet altijd van een leien dakje maar het is ons toch elke keer gelukt om samen de beslissing te nemen.

Het belangrijkste aspect van onze geïntegreerde proef is volgens ons het leren samen werken in groep, zoals op de werkvloer in bedrijven.
Onze geïntegreerde proef heeft hoofdzakelijk bestaan uit de theoretische uitwerking van een schaalmodel van een racewagen op zonne-energie. Een tweede onderdeel was de praktische uitwerking van een rijdende zonnewagen waarin wij ook geslaagd zijn. We zullen deze wagen na dit schooljaar gebruiken om hiermee zonne-energie te promoten.



Figuur 1: Ons team: Karel, Simon, Arne, Michiel, Tibo, Jovanni

2 Dankwoord

Wij zouden in dit project nooit geslaagd zijn zonder de hulp van een hele groep aan geïnteresseerde en hulpvolle mensen.
Wij willen dan ook iedereen bedanken voor zijn of haar bijdrage voor onze geïntegreerde proef.
Specifiek willen wij onze ouders bedanken voor de “taxidienst” en ook om in ons te blijven geloven. Natuurlijk willen wij ook de begeleidende leerkrachten met zeer veel geduld bedanken:

Hemeryck Paul en Geeraerd Koen voor zijn bijdrage en expertise op elektrisch vlak
Kindt Augustijn voor zijn bijdrage en expertise op mechanisch vlak
Vansteenlandt Dave voor zijn bijdrage en expertise op chemisch en fysisch vlak
Miranda Delaere voor haar bijdrage en expertise op wiskundig vlak en ook om ons algemeen te ondersteunen in het gebeuren van de geïntegreerde proef. En dat we tijdens de lessen technisch tekenen aan ons Zonnewagen konden tekenen.

Ook onze verschillende sponsors / partners: Alinso nv, Ecopuur, Granville bikes - LUDO N.V; Aerobertics, Vanhooren Polyester.

3 Inhoud

Inhoud

1 Voorwoord ... 3
2 Dankwoord ... 4
3 Inhoud ... 5
4 Inleiding ... 12
5 De zonnewagen ... 12
6 De banden ... 13
6.1 Fietsband ... 13
6.1.1 Algemeen ... 13
6.2 Eigenschappen ... 13
6.2.1 Grip ... 13
6.2.2 Bandprofiel ... 14
6.2.3 De Bandbreedte ... 14
6.2.4 Wrijving ... 14
6.2.5 Levensduur ... 15
6.2.6 Anti-lek eigenschap ... 15
6.2.7 Prijs ... 16
6.2.8 Lucht of stikstof ... 16
6.3 Samenstelling ... 17
6.3.1 Algemeen ... 17
6.3.2 Onderdelen ... 17
6.3.3 Tube ... 18
6.3.4 Tube-loos ... 18
6.4 Energie verliezen ... 19
6.5 Bandenspanning ... 19
6.5.1 Algemeen ... 19
6.5.2 Temperatuurverschillen ... 19
6.5.3 Vervorming ... 20
6.5.4 Omrekening ... 20
6.5.5 Bandendruk aanpassen ... 20
6.6 Rolweerstandcoëfficiënt ... 20
6.7 Ondergrond ... 21
6.8 Type fietsbanden ... 22

6.8.1 Challenge baby limus 22
6.8.2 Challengechcicane33 22
6.8.3 Challenge rifoxs 33 22
6.8.4 Continental grand prix 4000 SII 25MM 23
6.8.5 Michelin pro 4 endurance geel 2016 23
6.8.6 Besluit 24
6.9 Besluit 24
7 Materiaal 25
7.1 Materiaal romp 25
7.1.1 Inleiding materiaalkeuze 25
7.1.2 Materiaalonderzoek Romp 25
7.1.2.1.3 Eigenschappen van carbon 27
7.1.2.1.4 Kenmerken carbon composiet stof 27
7.1.2.2.6 Polyester spuitvezelprocedure 30
7.1.3 Onze keuze 31
7.2 Materiaalonderzoek Chassis 32
7.2.1 Inleiding 32
7.2.2 Aluminium 32
8 Schokdempers 37
8.1 Inleiding 37
8.2 Types 37
8.2.1 Hydraulische schokdempers 37
8.2.2 Gasschokdempers 38
8.3 Keuze 38
8.4 Uit welke onderdelen bestaat een schokdemper 38
8.5 Opbouw 38
8.6 Werking van een schokdemper 39
8.7 Wat gebeurt er als de schokdempers zijn versleten? 39
8.8 Hoe is een kapotte schokdemper te herkennen 40
8.9 Het verschil tussen de schokdemper en de vering 40
8.10 De omgekeerde werking van een schokdemper 40
8.11 Besluit 40
9 De remmen 41
9.1 Inleiding 41
9.2 De schijfrem 41
9.2.1 Werking 41

9.2.2 Schijfrem bij een fiets ... 42
9.3 Trommelrem ... 42
9.3.1 werking ... 42
9.3.2 nadeel ... 43
9.3.3 Voordeel ... 43
9.4 Magneetrem ... 43
9.5 Besluit ... 43
10 Stuurgeometrie van een driewieler ... 44
10.1 Molenbesturing ... 44
10.2 Fuseebesturing ... 45
10.3 Ontwerpkeuze ... 46
10.4 Wielgeometrie ... 47
10.5 Camber ... 47
10.5.1 Camber thrust ... 48
10.5.2 Caster/ balhoofdhoek ... 50
10.5.3 Toe en uitspoor ... 52
10.6 Onze keuze ... 53
11 Berekening draaikoppel ... 55
12 Beschrijving en evolutie ontwerp ... 60
13 Sterkteberekeningen. ... 68
14 Zonnepaneel ... 80
14.1 definitie ... 80
14.2 Geschiedenis ... 80
14.2.1 Toepassingen in de ruimte ... 81
14.2.2 Prijsreductie ... 81
14.3 Werking van zonnecellen ... 82
14.3.1 Nullastspanning ... 83
14.3.2 Kortsluitstroom ... 83
14.3.3 Zin van de stroom ... 83
14.4 Schakelen van zonnecellen ... 84
14.5 Stroom en spanningsverloop ... 85
14.6 Soorten zonnecellen ... 85
14.7 Ons zonnepaneel ... 86
14.8 Constructie ... 86
14.9 Productieproces zonnepaneel ... 87
14.10 Recycleren zonnepaneel ... 88

14.10.1 Inleiding ... 88
14.10.2 proces ... 88
15 Batterijen ... 89
15.1 Definitie ... 89
15.2 Geschiedenis ... 89
15.3 Ideale batterij ... 89
15.4 Terminologie ... 90
15.4.1 Energiedichtheid ... 90
15.4.2 Ampère-uur of Ah capaciteit ... 90
15.4.3 Wattuur of Wh capaciteit ... 90
15.4.4 Laadefficiëntie ... 90
15.4.5 Energie-efficiëntie ... 91
15.5 Chemie achter de batterij ... 91
15.5.1 Spanningsreeks van metalen ... 91
15.5.2 Spanningsreeks van niet-metalen ... 92
15.5.3 Redoxkoppels ... 92
15.5.4 Normpotentiaal van een redoxkoppel ... 93
15.5.5 De chemische cel ... 95
15.5.6 Soorten batterijen ... 98
15.6 Brandstofcel ... 98
15.6.1 Labo Waterbrandstofcel ... 99
15.7 Loodaccu ... 100
15.7.1 Constructie ... 100
15.7.2 Elektrochemie bij loodaccu ... 101
15.8 Lithium-ion batterij ... 102
15.8.1 Constructie ... 102
15.8.2 Electrochemie bij Li-ion ... 102
15.9 Keuze batterij ... 104
15.10 Lithium ... 104
15.10.1 Eigenschappen ... 104
15.10.2 Ontdekking van Lithium ... 104
15.10.3 Toepassing ... 105
15.11 Interne weerstand van een batterij ... 105
15.12 Warmteontwikkeling ... 106
15.13 Batterijen opladen ... 107
15.13.1 Constante stroom ... 107

15.13.2 Uitbalanceren 107
15.13.3 Constante spanning 107
15.13.4 Top laden 107
15.14 Batterijen laden aan de hand van zonnepanelen 108
15.14.1 MPPT laadregelaar 108
15.14.2 PWM laadregelaar 110
15.14.3 Systeem zonder laadregelaar 111
15.15 Ons laadsysteem 111
15.16 Recyclage van batterijen 111
15.16.1 Inzamelen 112
15.16.2 Sorteren 112
15.16.3 Proces 112
15.16.4 Doel 112
16 Motor 113
16.1 Type 113
16.2 Geschiedenis van de BLDC 113
16.3 Werking BLDC 114
16.3.1 Basis 114
16.3.2 Verdere uitwerking 116
16.3.3 Sensoren 117
16.4 Types BLDC 118
17 Praktische Elektriciteit 119
17.1 Elektrisch schema 119
17.2 Zender en ontvanger 120
17.3 DC/DC omvormer 122
17.3.1 principe 122
17.3.2 Werking van de LM7805 en LM7812 122
17.3.3 berekeningen aan de hand van LM317 123
17.3.4 Weerstandswaarden bepalen 123
17.4 Pulsgenerator 124
17.4.1 Werking LM 555 125
17.4.2 Schakelen LM 555 125
17.4.3 Elektrisch schema pulsgenerator 127
17.4.4 berekeningen 127
17.5 Signaal omzetter 127
18 De aerodynamica 129

18.1 De geschiedenis 129
18.2 Algemeen 129
18.3 Wanneer spreken we van stroming ? 129
18.4 Stromingen 130
18.4.1 Algemeen 130
18.4.2 Venturi-effect 130
18.5 De soorten stromingen 131
18.6 Viscositeit 131
18.7 Reynoldsgetal 132
18.8 Bewegingswetten van Newton: 132
18.9 Krachten op een zonnewagen 133
18.9.1 Zwaartekracht 133
18.9.2 Liftkracht 134
18.9.3 De weerstand 135
18.9.3.1 De weerstandscoëfficient 136
18.9.4 De stuwkracht of de trekkracht 136
18.10 Invalshoek 137
18.11 Omgekeerde vliegtuigvleugel 138
18.12 De effecten 138
18.12.1 Coandaeffect 138
18.13 Stall 139
18.14 Besluit 139
19 Aanpassingen aan het ontwerp bij de praktische realisatie 140
20 Risico analyse 142
20.1 Inleiding 142
20.2 De risicoanalyse 142
20.3 Risicoanalyse : Rijden met zonnewagen 142
20.4 Besluit 145
21 De website 146
22 Kostenraming 147
23 Bezoeken 148
23.1 bezoek 1 : school van de toekomst 148
23.2 bezoek 2 : Delft 149
23.3 bezoek 3 : Vives Oostende 150
23.4 bezoek 4 : granville 151
24 Lijst met technische termen 152

25 Algemeen Besluit 154
26 Bijlagen 155
26.1 Technische tekeningen 159
27 figuren 179
28 Logboek 183
28.1 MichielDecloedt 183
28.2 Simon Demunck 186
28.3 Karel Dieryck 193
28.4 Tibo Leenknegt 197
28.5 Arne Neyens 199
28.6 Jovanni Wostyn 201
29 Bronnen 203
29.1 Banden 203
29.2 Materiaal romp 203
29.3 Materiaal chassis 203
29.4 Remmen 203
29.5 Geometrie 204
29.6 Koppel 204
29.7 zonnepanelen 204
29.8 batterij 204
29.9 motor 204
29.10 Praktische elektriciteit. 204

4 Inleiding

Met onze beperkte kennis over het onderwerp en veel enthousiasme zijn we begonnen aan onze geïntegreerde proef, “De zonnewagen”.

Onze expertise over de verschillende aspecten is gaan derwijze aangegroeid, door de verschillende studies en gesprekken die we gevoerd hebben. We hebben veel algemene informatie kunnen vinden in het boek “the winning solarcar” en natuurlijk ook op het worldwide web.

Een zonnewagen is een voertuig dat niet aangedreven wordt door de klassieke brandstoffen zoals diesel en benzine maar doorde zon als hernieuwbare energiebron. Door de uitvinding van de fotovoltaïsche cellen kunnen we sinds een paar jaar ook de zon als energie bron gebruiken. Wij hebben ons vooral gericht op het theoretisch aspect van de zonnewagen. Omdat ons budget en ons tijdsbestek beiden nogal krap zijn zullen we helaas de perfectie praktisch niet kunnen realiseren tot op het detailniveau van de grote en professionele zonnewagens.
We zullen ons theoretisch onderzoek een beetje moeten aanpassen aan onze tijd en mogelijkheden.

In dit document zult u onze verschillende onderzoeken, studies en bevindingen kunnen raadplegen. We hebben onderzocht welke soort motoren het hoogste rendement behalen, welke batterijen we het best kunnen gebruiken, welke zonnepanelen (flexibel, Mono kristallijne, Polykristallijne, Dunne film ...) we best gebruiken bij onze specifieke toepassing, wat de beste aerodynamische vorm is, welke bandprofielen en bandendruk we zouden gebruiken.

Dit document is een door ons genoteerde interpretatie van wat wij opgezocht en ondervonden hebben. Wij kunnen dan ook op geen enkele manier aansprakelijk gesteld worden van hierop gebaseerde werken of reproducties.

5 De zonnewagen

Zoals het woord zelf al prijsgeeft is het een wagen die zijn energie haalt uit de zon door gebruik van fotovoltaïsche cellen.

Hoe groter de oppervlakte de fotovoltaïsche cellen innemen hoe meer energie we kunnen genereren. Hoe groter de hoeveelheid aan gegeneerde energie hoe verder en sneller we kunnen rijden. Om onze energie op te slaan maken we gebruik van lithium-ion batterijen om een constante vermogen beschikbaar te houden voor de motor. Om het zonnepaneel zo rendementsvol te gebruiken maken we gebruik van een laadregelaar.

Om de energie verliezen zo laag mogelijk te houden moeten rekening houden met enkele aspecten. We moeten onze wagen een zo aerodynamisch mogelijk vorm geven, de rolverliezen zo laag mogelijk houden en de wagen zo weinig mogelijk ballast mee geven.

Ook de keuze voor achterwiel aandrijving, drie wielen in plaats van vier wielen en vanop afstand bestuurd zullen in dit document toegelicht worden.

6 De banden

6.1 Fietsband

6.1.1 Algemeen

De banden vormen het contact tussen de wagen en de ondergrond. Het is daarom belangrijk, dat de banden in goede staat verkeert en dat deze de correcte bandenspanning heeft. Wij kiezen voor fietsbanden omdat onze wagen een beperkte massa zal hebben en het vermogen ook beperkt is.

Voor een zonnewagen worden kleinere wielen gebruikt om de hoogt van de wagen te beperken. Dit is nodig om zo weinig mogelijk energie te verliezen. Wij zullen gebruik maken van drie wielen in plaats van vier om nog meer energie te besparen. De banden die voor ons in aanmerking komen zijn fietsenbanden. Een fietsband bestaat uit een binnen- en buitenband die om het voor- en achterwiel zijn aangebracht. De binnenband waarin samengeperste lucht is aangebracht, zorgt voor het rijcomfort door de oneffenheden in het wegdek op te vangen. De buitenband zorgt voor bescherming van de binnenband en voor grip op de weg.

De buitenband bestaat uit een karkas van koordlagen van langvezelige katoen. Daaromheen is een rubberlaag aangebracht met op het loopvlak een profiel. Op de zijkanten is meestal een witte reflecterende streep aangebracht. De binnenband is een luchtband met een fietsventiel, die in 1888 werd uitgevonden door John Dunlop en toen ook voor het eerst toegepast op de fiets. Daarvoor waren de massieve wielen van ijzer gemaakt. De eerste afneembare luchtbanden werden in 1890 door de gebroeders Michelin in Frankrijk gemaakt. Een band is zo geconstrueerd dat de band helemaal is afgesloten, waardoor er in de binnenkant een constante volume aan lucht aanwezig is.

Een goede band is een band die aan jouw eisen voldoet. Bij de ene toepassing is bijvoorbeeld anti-lek eigenschappen belangrijk, de ander rolweerstand of levensduur. De ideale band bestaat (nog) niet, dus wordt het een compromis. In dit hoofdstuk zullen wij de belangrijkste eigenschappen van de fietsband toelichten.

6.2 Eigenschappen

6.2.1 Grip

Grip is een benaming voor de kracht die tussen 2 voorwerpen kan uitgeoefend worden voordat deze voorwerpen gaan schuiven. Deze eigenschap is nauw verwant aan de eigenschap wrijving. Om meer grip te creëren tussen de banden en de ondergrond hebben we verschillende mogelijkheden:

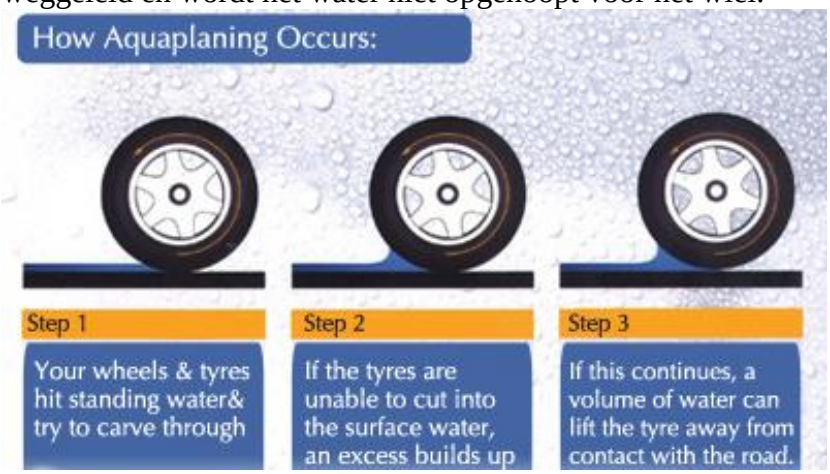
1. De bandendruk verlagen om meer raakoppervlak te creëren tussen de band en de weg.
2. Het profiel aanpassen aan de soort ondergrond waarop men zich bevind.
3. De chemische samenstelling van de buitenband aanpassen.

6.2.2 Bandprofiel

Figuur 2: profielen

Het profiel bepaalt de grip en een gedeelte van de rolweerstand. Hoe gladder het profiel, hoe gemakkelijker de band rolt.
Ook hier moet de gulden middenweg gevonden worden. Voor elke toepassing bestaat er wel een specifiek profiel. Verder in dit hoofdstuk bespreken we nog de verschillende ondergronden.

Bij een fietsband is geen profiel nodig om het water af te voeren wat bij een autoband wel nodig is. Het zogenaamde aquaplaning bij wagens ontstaat bij een fietsband pas bij ca 200 km/u. Dit komt door de smalle en ronde vorm van een fietsband. Hierdoor wordt het water veel beter weggeleid en wordt het water niet opgehoopt voor het wiel.



Figuur 3: aquaplanning

6.2.3 De Bandbreedte

Een brede band loopt beter dan een smalle band. Om dit goed te kunnen vergelijken gebruiken we twee banden met exact de zelfde structuur, opgeblazen tot de zelfde druk en de zelfde wieldiameter. Bij identieke belasting hebben ze dan even grote contactoppervlakken. Bij de smalle band is de bandafdruk langer en smaller, in het centrum van de contactzone zal de band dus dieper ingedrukt worden. Hierdoor zal de band minder goed rollen en meer warmte creëren.

6.2.4 Wrijving

Wrijving is de negatieve kant aan grip. Hoe meer wrijving er is tussen de band en de ondergrond hoe meer energie er verloren gaat aan het vervormen van de band. Hoe meer wrijving er is hoe meer grip er zal zijn en hoe minder groot de mogelijkheid is om weg te glijden of te slippen.
Bijvoorbeeld: Wanneer je over het ijs fietst is er minder wrijving tussen de band en het ijs en heb je dus zeer weinig grip.
Een groot draagvlak leidt tot meer wrijving want dan op zijn beurt leid tot warmteproductie en dus verlies van energie. Door de warmte die vrijkomt kan bij extreme situaties het rubber dusdanig worden vervormd dat de band niet meer goed op de velg past.

6.2.5 Levensduur

De levensduur van een band wordt bepaald door:

- slijtage van het oppervlak
- sterkte van de zijwanden
- verminderen van de lekbestendigheid
- Gebruik op de juiste bandenspanning

Figuur 4: levensduur fietsband

Bij normale slijtage wordt het loopvlak van de band afgesleten. Het profiel wordt minder en de lekbestendigheid wordt door het dunnere rubber ook minder. Op ten duur zal de band moeten worden vervangen. De gekozen buitenband bepaald hoe snel dit gaat.
Door uitdroging en door zware belasting slijten de zijwanden. Deze kunnen het begeven lang voordat het profiel op is. Fietsen op banden met te lage bandenspanning versnelt dit proces.
Na verloop van tijd verzamelen zich steentjes en dergelijke in het loopoppervlak van de band. Deze veroorzaken gaatjes en scheurtjes in de toplaag. De band wordt poreus. De band is versleten op het moment dat je vind dat hij te vaak lek gaat. Het profiel kan dan nog intact zijn.

6.2.6 Anti-lek eigenschap

De antilekband heeft een extra laag onder het loopvlak, waardoor scherpe voorwerpen minder makkelijk in de band kunnen dringen. Voor deze laag heeft een bandenfabrikant keuze uit een groot aantal materialen. Voor toerbanden wordt vaak een zeer taaie elastomeer gebruikt. Het gaat dan om een massieve laag. Voor racefietsen is dit soort een uitzondering. Voor alle typen fietsbanden wordt veel gebruikgemaakt van weefsels van speciale vezels, zoals kevlar en carbon. Deze kunnen als een smalle, soms karkas brede, laag worden meegenomen in de vulkanisatie. Soms wordt het karkasmateriaal in extra lagen ingevoegd om tot een grotere lekbestendigheid te komen.
Hieronder enkele verschillende anti-lek lagen met hun eigenschappen:

- Dikke caoutchouc (natuurrubber) van ca 5 mm.
  Deze laag biedt de beste lekbescherming. De dikke laag voorkomt dat doornen, glas of rubber doordringen en de binnenband kunnen raken. De band wordt wel veel zwaarder en rijeigenschappen worden sterk beïnvloed.
- Kevlar weefsel (dicht geweven)
  Hierin hebben we nog hey tussen dicht en zeer dicht geweven weefsel. Het laatste is beter. Rijeigenschappen en gewicht worden nauwelijks beïnvloed. Zorgt voor een goede lekbestendigheid.

6.2.7 Prijs

De prijs van banden varieert tussen de 10 euro tot 50 euro en meer. Het is heel goed mogelijk om een paar duizend kilometer te kunnen fietsen met een band van tien euro. Dit levert ongetwijfeld de laagste prijs per kilometer op. Maar de lekbestendigheid, sterkte van de band of rolweerstand zullen niet te vergelijken zijn met duurdere varianten.

6.2.8 Lucht of stikstof

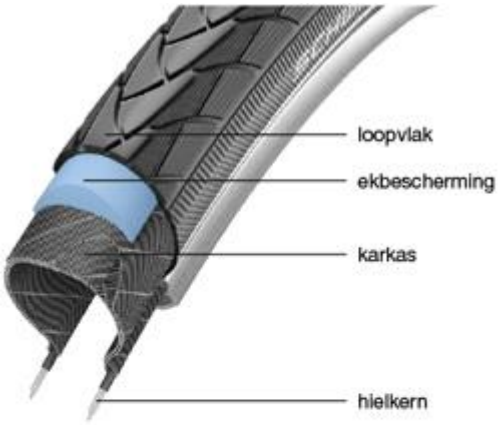
Wanneer we de banden oppompen komen we tot de vraag met welk gas we dit willen doen. In het algemeen wordt gekozen tussen lucht en stikstof. Hoewel de meeste banden gevuld zijn met lucht, zijn er enkele voordelen meer aan stikstof waarom we zeker het eens moeten overwegen. Ten eerste raakt de band minder snel verhit, omdat stikstof een hogere warmtecapaciteit heeft (730 J/kgK-710J/kgK). Bovendien is stikstof veiliger dan lucht: in het geval van brand voed de stikstof het vuur niet. Een ander voordeel is tevens dat de correcte druk met stikstof langer behouden wordt, waardoor de correcte bandenspanning behouden word ook na langere tijd.

6.3 Samenstelling

6.3.1 Algemeen

Bij de samenstelling van de fietsband zijn een lage rolweerstand, hoge slijtweerstand, lange duurzaamheid en een stabiel profiel van belang. Hierbij zijn een lage rolweerstand en een lage slipgevoeligheid moeilijk met elkaar te combineren. Door toevoeging van silicium of het gebruik van meerdere rubbermengsels zijn deze eigenschappen beter met elkaar te combineren.

6.3.2 Onderdelen



Een fietsband bestaat uit drie basiselementen: karkas, hielkern en een rubber loopvlak. Bijna alle mountainbike banden beschikken daarbij ook nog over een anti-lek laag.

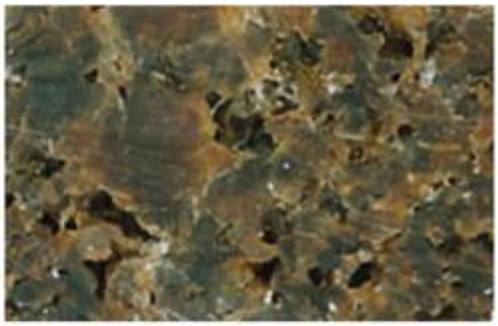
De hiel van de band bepaalt de banddiameter en zorgt voor een juiste en veilige passing op de velg. Meestal bestaat de hiel van de band uit staaldraad. Bij vouwbanden wordt in plaats van staaldraad een hiel van aramidevezels gebruikt.

Het karkas is het “skelet“ van de band. Veel karkassen bestaan uit polyamide (nylon). Een dichter geweven karkas betekent meer kwaliteit.

Het loopvlak bestaat uit een rubbersamenstelling deze kan bestaan uit meerdere bestanddelen:

- Natuurlijk- en synthetisch caoutchouc
- Vulstoffen, bv. Roet of krijt/silica
- Weekmakers, bv. olie en vet
- Bescherming tegen veroudering
- Vulkanisatiemiddel, bv. zwavel
- Vulkanisatieversneller, bv. zinkoxide
- Pigment, kleurstoffen

Daarbij heeft caoutchouc, afhankelijk van de samenstelling, een aandeel van 40-60% dat is dus het hoofdbestandsdeel, de vulstoffen 15-30% en de resterende bestanddelen ca. 20-35%.



natuurlijk caoutchouc

synthetisch caoutchouc

Figuur 5: samenstelling fietsband

Vrijwel alle mountainbike banden beschikken over een anti-lek laag. De anti-lek laag bestaat uit natuurlijk rubber dat is versterkt met Kevlar vezels. Deze laag zorgt ervoor dat scherpe voorwerpen niet zo rap in de binnenband kunnen binnendringen.

6.3.3 Tube

De tubes waarop wielrenners rijden zijn banden met een ingenaaide binnenband. Bij de tube is de buitenband om de binnenband heen aan de binnenzijde dichtgenaaid. De tube wordt met lijm of met een tweezijdig plakband op een zogenoemde tubevelg geplakt. Doordat een tube geheel rond is en op de velg wordt geplakt, geeft deze een soepeler gevoel qua vering en in de bochten een betere controle.

Vooral bij snelheden van 70 kilometer per uur en hoger wordt er gereden op tubes. Wanneer immers de ingenaaide binnenband lek raakt, blijft eerst nog lucht tussen de buiten- en de binnenband zitten, zodat de band niet in een keer leeg loopt.

6.3.4 Tube-loos

Pas sinds enige jaren zijn er voor fietsen ook tube loze velgen met de daarbij behorende buitenband ontwikkeld. Deze ontwikkeling heeft zijn oorsprong in de mountainbikesport. Omdat bij het naar benden rijden van een rotsige bergwand de achterband nog wel eens tegen een rotspunt of een ander hard obstakel kan aanslaan en de binnenband daardoor tussen de velg en de buitenband knel kan komen te zitten, wat men met de term ‘een snake-bite’ omschrijft, voor deze discipline is een dergelijke velg met tube loze band ontwikkeld. Vanuit deze ontwikkeling heeft men nu ook voor de racefiets een dergelijke luchtdichte velg met een binnenband loze buitenband gefabriceerd.

Figuur 6: tube-loos

6.4 Energie verliezen

Fietsen moeten rollen, liefst zonder slippen. Dit rollen veroorzaakt energieverlies voornamelijk op 4 manieren die hier in volgorde van belangrijkheid worden gegeven:

1. De vervorming van de banden
2. De grip van de banden op het wegdek
3. De vervorming van het wegdek
4. Het rollen van de naven

Het vermogen dat verloren gaat door al deze oorzaken samen is het rolvermogen. Dit vermogen gaat verloren door de rolweerstand. evenredig met de snelheid en het gewicht, en wordt gekenmerkt door een algemene rolcoëfficiënt Crol

Vereenvoudigd kunnen we het vermogensverlies dus uitdrukken als:
Prol = Crol x gewicht x snelheid of Prol = Crol G v

6.5 Bandenspanning

6.5.1 Algemeen

Een juiste bandenspanning is cruciaal voor verschillende redenen: veiligheid, ecologisch energieverbruik, lange levensduur en grip. Om voornoemde redenen is het belang van een juiste bandenspanning moeilijk te overschatten.
Is de bandenspanning te laag, dan heeft uw band een groter draagvlak , hetgeen resulteert in meer grip wat goed is. Echter, een te groot draagvlak leidt ook tot meer wrijving want dan op zijn beurt leid tot warmteproductie en dus verlies van energie.
Wanneer de bandenspanning te hoog is, is het draagvlak met het asfalt kleiner, waardoor u juist minder grip op de weg ervaart. Tevens kan de band door een te hoge druk scheuren.
We zullen dus een afweging moeten maken tussen wrijvingsverliezen en grip. Niet alleen schaadt een onjuiste bandendruk de kwaliteit van uw band, het schaadt ook het milieu.
Wanneer de bandenspanning niet correct is afgestemd, verbruikt u meer energie. Des te meer een reden om de bandenspanning regelmatig op te meten.
In dit onderdeel zullen volgende aspecten over bandenspanning aanbod komen:

- Bepalen correcte bandenspanning
- Temperatuurschommelingen
- Rijgedrag

6.5.2 Temperatuurverschillen

Een band is zo geconstrueerd dat deze helemaal is afgesloten, waardoor er in de binnenkant een constante volume aan een bepaald gas aanwezig is. Deze eigenschap wijst op een isochoor. Er bestaat dus een directe relatie tussen temperatuur en druk.
De wet van Boyle en Gay-Lussac genoemd beschrijft het gedrag van ideale gassen onder invloed van druk, volume, temperatuur. Bij onze toepassing zal het volume zeer weinig veranderen. En kunnen we dus volgende formule aannemen:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

Het quotiënt van de druk en temperatuur is dus een constante, als de druk toeneemt zal de temperatuur dus ook recht evenredig toenemen.
Een hogere temperatuur betekent dus hogere druk, terwijl een lagere temperatuur leidt tot een lagere druk. Aangezien de buitentemperatuur een groot effect heeft op de bandenspanning, is de druk in de winter lager dan in de zomer. Een temperatuursverandering van 10 °C resulteert, in het algemeen, in een drukverschil van 0,07 bar.

6.5.3 Vervorming

Een band is flexibel voorwerp dat gemakkelijk vervormt. Hoe meer druk we zetten op het wiel hoe groter de vervorming. De vervorming zal plaatsvinden op het contact punt van de band en de weg. Hoe groter de hoeveelheid aan gas in de band dus hoe hoger de druk minder de band zal vervormen.
De oppervlakte van de band met de weg is recht evenredig met de last op het wiel.

6.5.4 Omrekening

De maximale en minimale spanning wordt op de zijkant van de buitenband aangegeven, meestal in bar, maar deels ook in psi.

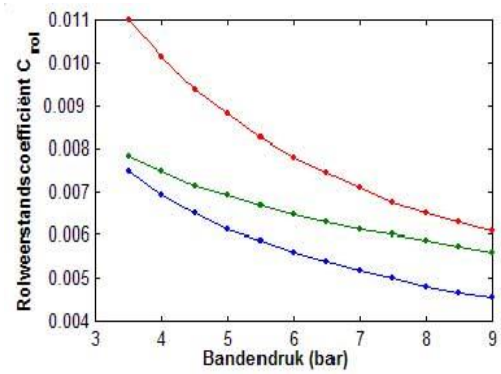
Ter omrekening: 1 bar = 14,5 psi of 1 psi = 0,06895 bar.

6.5.5 Bandendruk aanpassen

Hoewel u de raad van de fabrikant als leidraad kan nemen, moet de druk worden aangepast aan uw rijgedrag. Dit is bijvoorbeeld het geval als u langere afstanden aflegt. Gaat u op vakantie en neemt u veel bagage mee, dan zal de spanning ook moeten worden veranderd. Het wordt tevens geadviseerd om de druk te controleren voor aanvang van langere ritten. Met onze wagen zullen wij geen lange ritten maken, deze zal ook niet extra belast worden met extra gewicht. We zullen dus de aangegeven bandenspanning gebruiken.

6.6 Rolweerstandcoëfficiënt

Metingen van de rolweerstand gebeuren in het laboratorium waarbij men een wiel laat rollen over een perfect oppervlak, bijvoorbeeld een stalen cilinder. De rolweerstandcoëfficiënt Crol die op deze manier gemeten wordt is altijd kleiner dan in het werkelijke fietsen omdat het wegdek niet vlak is. Het wegdek heeft een bepaalde textuur d.w.z. grove of fijne putjes en bultjes. De band ondergaat dus extra kleine vervormingen. Een band met een zachte buitenste rubberlaag volgt beter deze lokale textuur en daardoor krijgt hij een grotere grip maar ook meer rolverliezen. Een band met harde rubberlaag ondergaat minder lokale vervorming en loopt dus beter maar heeft ook minder grip. In de auto industrie en het F1 circuit wordt enorm veel aandacht besteed aan dit compromis tussen grip en weerstand, en dit in functie van de aard en de toestand van het wegdek.



Figuur 7: bandendruk

Het is evident dat de rolweerstand coëfficiënt kleiner wordt bij grotere bandendruk, want hoe groter de bandendruk, hoe kleiner de vervorming van de band. In de figuur hiernaast zien we de evolutie van de coëfficiënt Crol in functie van de bandendruk voor drie banden. De rode en de blauwe krommen stellen twee gewone banden voor, terwijl de groene kromme een gelijmde tube is. De kromme voor de gelijmde tube verloopt veel vlakker waardoor de rolweerstand bij hoge bandendruk groter is dan bij de niet-gelijmde.
De minder goede band (rood) heeft bij 9 bar een Crol = 0.0061. De beter band (blauw) heeft bij 9 bar een Crol = 0.0045.
Met volgend voorbeeld geven we een praktische voorstelling.
Een renner van 70 kg moet aan 45 km/h een rolvermogen leveren gelijk aan 52.3 W bij de rode band. Gebruikt hij echter de betere band (blauw) dat bij dezelfde 9 bar een rolweerstandcoëfficiënt heeft van 0.0045 dan zal hij slechts een rolvermogen 38.6 W moeten leveren. Dit is een verschil van 13.7 W of een verschil van 26%.

6.7 Ondergrond

Er bestaan zeer veel verschillende ondergronden, elke ondergrond heeft verschillende eigenschappen zoals: nat, droog, grof, vlak, zacht. Door het kiezen van het juiste profiel en bandenspanning kun je de energieverliezen en grip op elkaar afstellen.
Hieronder enkele mogelijke ondergronden:

- Los zand

Fietsen door het los zand is een beweging die zeer veel energie verijst. Omdat het wiel zeer diep in het los zand weg zakt zal er veel energie nodig zijn om te blijven rijden in het zand, ook de losse structuur van het zand zal ervoor zorgen dat je veel grip verliest en je best geen abrupte versnelling zou maken omdat je dan gemakkelijk zou kunnen dooslippen. Om een zo goed mogelijk rendement te behouden rijd men het best aan een trage snelheid door het zand.
Bandenkeuze
Weinig profiel met een druk van 2 à 3 bar.

- Kleigrond

Rijden over klei grond is helemaal afhankelijk van de weersomstandigheden. Bij droog weer zak dit geen probleem vormen. Je hebt voldoende grip en je kan er met hoge snelheid overrijden. Bij regen wordt het een heel ander verhaal. Je hebt dan veel grip nodig om niet te gaan doorslippen. Ook kun je vaak beter met smalle tubes rijden om beter te sturen.

- Asfalt

Bij droog koel weer is asfalt een van de beste ondergronden om op te rijden, het zal dan zeer weinig energie kosten om in beweging te blijven. Bij warm weer kan het asfalt wat gaan kleven aan de rubber van de band. Wij nat weer moet men opletten bij het draaien om dat de wagen dan sneller kan doorslippen, het voordeel bij fietsbanden is dat het effect van waterboarding pas bij een snelheid van 200km/h en sneller optreed.
Bandenkeuze
Zeer weinig tot geen profiel met een hoge bandenspanning.

6.8 Type fietsbanden

Er bestaan zeer veel verschillende buitenbanden met allemaal verschillende eigenschappen en toepassingen. Hieronder geven we een beknopte opsomming van enkele types er bestaan.

6.8.1 Challenge baby limus

- Gebruik: bij veel modder
- Maat: 700 x 33 mm
- Gewicht: 405 gr
- Bandendruk: 2-6 Bar, 30-90 PSI

Doordat in het midden van de band meer ruimte tussen de noppen zit kan de het modder makkelijker van de band aflopen, zodat de grip beter blijft. Kortom een buitenband voor een parcours met modder, maar ook een stuk harder wegdek.

6.8.2 Challengechcicane33

- Maat: 700 x 33 mm
- Gewicht: 355 gram
- Gebruik: harde ondergrond
- Bandendruk: 2-6 bar , 30-90 PSI

Vouwband uitvoering van de Chicane Cyclocross, de Chicane Open Cyclocross is zeer geschikt voor gebruik onder droge harde ondergrond en sneeuw ondergrond. Extra informatie Product Challenge Chicane 33 Open Cyclocross

Figuur 8: fietsband 1

6.8.3 Challenge rifoxs 33

- Afmetingen: 700 x 33
- Bandendruk: 2-6 bar (30-90 psi)
- Gewicht: 340 gram
- Gebruik: droge en snelle ondergronden specifiek zand

Figuur 9: fietsband 2

De Challenge Grifo XS Open is een vouwband voor snelle en droge omstandigheden. De vouwbanden van Challenge zijn van zeer hoge kwaliteit en het merk wordt niet voor niets veel gebruikt door professionals. Daarnaast zorgt het soepele karkas van deze band voor een uitstekende demping wanneer u rijd met een lage bandenspanning. Profieltype is specifiek geschikt voor zand ondergronden.

6.8.4 Continental grand prix 4000 SII 25MM

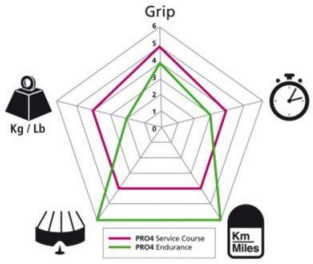
- High performance band
- Uitermate geschikt voor: Race, Tour en Tijdrit
- Afmeting: 700x25 mm
- Gewicht: 205 gram
- Aanbevolen bandenspanning: 6.0 bar
- Maximale bandenspanning: 8.5 bar

Figuur 10: fietsband 3

Deze Continental Grand Prix 4000 S II Race Vouwband is uitgerust met de geavanceerde BlackChili compound voor een lage rolweerstand, hoge kilometrage en maximale grip op (nat) wegdek. Een bewezen band die verder is ontwikkeld met een nieuw design, nieuwe kleuren en een uitzonderlijke techniek. Deze Continental Grand Prix 4000 S II Race Vouwband is de verbeterde versie van de veelvoudige testwinnaar; Grand prix 4000S. En de reeks wordt voortgezet! De Continental Grand Prix 4000 S II is de snelste en tegelijk de band met de meeste grip in het peloton. Of je nu een beginnend fietser bent, enthousiaste liefhebber of je wilt jouw nieuwe carbonfiets een upgrade geven met de beste kwaliteit, dan zal de GP 4000 S II je niet teleurstellen. De speciale techniek biedt een onovertroffen bescherming tegen lekrijden!

6.8.5 Michelin pro 4 endurance geel 2016

- Breedte : 700x23 mm
- Gewicht: 225gr
- Bandendruk (bar): 6/8



Figuur 11: grip

De MICHELIN Pro4 ENDURANCE is de beste band voor sportief gebruik dankzij de beste anti-lekbescherming, lange levensduur en uitstekende grip met bovendien een lage rolweerstand dankzij de Bi-Compound technologie. Laatstgenoemde draagt bij aan een verhoogde stijfheid in het midden van het loopvlak en met meer grip op de schouders. De allerbeste lekbescherming dankzij de HD Protectielaag van hieldraad tot hieldraad. -HDProtection anti-leklaag van hieldraad tot hieldraad: +40% minder kans op lekrijden.

Figuur 12: fietsband 4

6.8.6 Besluit

Wij zullen dus de afweging moeten maken voor onze banden tussen grip en energie verliezen.

6.9 Besluit

Voor onze zonnewagen zullen wij gebruik maken van fietsbanden van 20 inch.
Dit zullen banden zijn zonder anti-lek laag met een vlak profiel.
Wij zullen voor elke testrit de bandenspanning nakijken.

7 Materiaal

7.1 Materiaal romp

7.1.1 Inleiding materiaalkeuze

Er bestaan heel veel soorten materialen, elk materiaal heeft zijn specifieke eigenschappen en samenstelling. Om het juiste materiaal te kiezen voor een bepaald doeleind moet je rekening houden met de constructie, de toepassing van je voorwerp en de omstandigheden waarin het werkzaam is.
Tevens spelen duurzaamheid en kostprijs ook een belangrijke rol.

7.1.2 Materiaalonderzoek Romp

De romp van onze zonnewagen heeft een complexe, driedimensionale vorm om zo aerodynamisch mogelijk te zijn, en moet ook zeer licht zijn om de wagen zo weinig mogelijk te belasten. Hiervoor kunnen we dus materialen zoals aluminium en staal niet gebruiken omdat deze beide te zwaar zijn en niet in zo'n specifieke vorm te verkrijgen zijn.

Daarom begonnen we onderzoek te doen naar andere mogelijkheden en zo kwamen we uiteindelijk tot het gebruik van composiet kunststoffen.
Met een specifiek productieproces zouden we met dit materiaal die aerodynamische vorm wel kunnen verkrijgen. Die vorm is het gemakkelijkst te bekomen met composiet kunststoffen zoals carbon of polyester. We zullen dan ook deze 2 composieten wat verder uitdiepen.

Een composiet is een materiaal dat is opgebouwd uit verschillende componenten. Vaak worden hiermee vezel versterkte kunststoffen bedoeld.
Composieten zijn oorspronkelijk ontwikkeld om zowel lichte als stijve constructies te maken voor de vliegtuigbouw.

Composiet producten worden overwegend geproduceerd in mallen, waardoor de vormvrijheid enorm verruimt. Zonder noemenswaardige meerkosten kunnen complexe, dubbel-gekromde vormen worden gemaakt. Composieten hebben hierdoor, in vergelijking tot metaal en andere materialen, een belangrijk voordeel.

Voorbeelden van toepassingsmogelijkheden waarin composieten worden gebruikt zijn de lucht- en ruimtevaart, de chemische industrie, de medische industrie, hoogwaardige machinebouw en corrosieve omgevingen. Omdat deze specifieke eigenschappen ook bij ons model van groot belang zijn, zullen we dus verder werken met composieten.
Kunststof composieten zijn een samenstelling uit vezels gecombineerd met hars. De vezels en harsen komen in veel verschillende soorten voor, waardoor met composieten een tal van combinaties mogelijk zijn. De meest bekende combinaties zijn carbonvezels en glasvezels, in combinatie met epoxy en polyester als hars .

7.1.2.1 Materiaalonderzoek carbon vezel in een epoxyhars

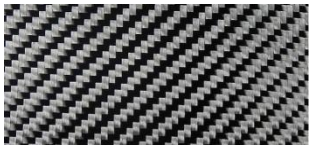
7.1.2.1.1 Inleiding

Carbon fiber of anders genaamd koolstofvezel is een materiaal dat bestaat uit extreem dunne vezels van koolstof. De vezels hebben een dikte van ca. 5 - 10 micrometer in vergelijking met een mensen haar dat ca. 50 micrometer dik is.

De vezels bestaan uit langgerekte koolstofkristallen die min of meer evenwijdig zijn met de vezel-as. De koolstofvezel of carbonvezel kenmerkt zich door een zeer kleine rek voordat de vezel breekt. Duizenden carbonvezels worden samengevoegd tot garen welke geweven worden. Deze carbonvezels worden gebruikt als versterking in kunsthars voor de fabricage van zeer sterke en lichte composieten. Hiermee wordt composiet materiaal, in de volksmond voornamelijk carbon onderdelen, gefabriceerd.

7.1.2.1.2 Samenstelling vezel

Carbon zoals wij het kennen is een samenstelling van kunsthars (een epoxy) met carbonvezels versterkt. Carbon bestaat uit koolstofvezels die door zuurstof arme verhitting tot wel 3000 graden extra verkoold zijn. Geweven carbon is een composiet met carbon vezels die in verschillende richtingen zijn gelegd, dit om het materiaal wel bepaalde eigenschappen te laten aannemen. Zo kunnen we door de structuur van de vezels aan te passen, extra weerstand tegen spanningen verkrijgen.

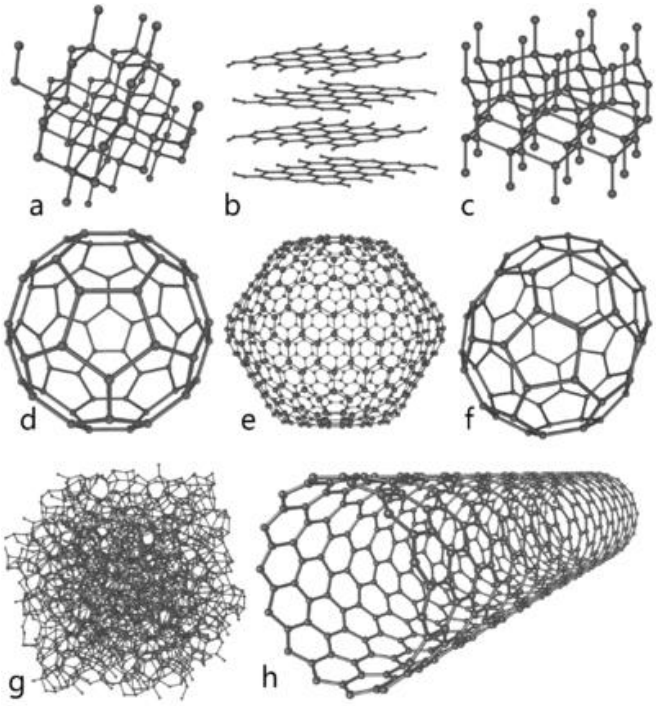


Figuur 14: geweven carbon

Koolstoffen kunnen op verschillende manieren gebonden zijn met elkaar. Op de figuur hieronder ziet u de meest voorkomende.

Allotrope vormen van koolstof : a) diamant, b) grafiet. c) Lonsdaleïet, d) fullereen (C60), e) fullereen C540, f) fullereen C70, g) amorf, h) nanobuis

Carbon vezel is opgebouwd zoals in figuur b waarbij alle deeltjes ongeveer in evenwijdige vlakken liggen.



Figuur 13: soorten geweven

7.1.2.1.3 Eigenschappen van carbon

Niet enkel de sterkte en stijfheid maken composiet kunststoffen als materiaal bijzonder. Ook het feit dat composiet kunststoffen een anisotroop materiaal is, maakt het uniek. Een materiaal wordt anisotroop genoemd als de materiaaleigenschappen van de richting afhangen, dus niet in alle richtingen gelijk zijn. In tegenstelling tot metalen, variëren de mechanische eigenschappen van composiet in verschillende richtingen. De mechanische eigenschappen van metalen zijn daarentegen in alle richtingen gelijk. Hierdoor kunnen composieten voor een groot scala aan toepassingen worden gebruikt, met opvallende resultaten.

Naast de mechanische voordelen kennen composieten ook andere opmerkelijke eigenschappen. Zo zijn de materialen chemisch resistent en blijft de temperatuur bij composieten stabiel, door de geringe warmtegeleiding. Carbon heeft als eigenschap dat het niet oxideert onder invloed van water en zuurstof. Het heeft een lagere dichtheid dan staal, een grote treksterkte en een lage uitzettingscoëfficiënt. Deze eigenschappen maken carbon geschikt voor toepassingen, waar een laag gewicht, grote sterkte en grote stijfheid nodig zijn.

De grote maatvastheid van composieten is van groot belang. Carbon composiet producten zijn nagenoeg temperatuurstabiel en krimpen niet. Een interessante eigenschap voor componenten waarbij een zeer kleine tolerantie ten aanzien van krimp toegelaten is.

Samengevat worden door het gebruik van composiet materialen specifieke producten ontworpen, met gerichte toepassingsmogelijkheden. Door deze specifieke eigenschappen biedt het gebruik van carbon composiet tal van mogelijkheden.

7.1.2.1.4 Kenmerken carbon composiet stof

Composieten hebben over het algemeen de volgende kenmerken:

• Een relatief laag soortelijk gewicht.
• Specifiek hoge sterkte en draagkracht.
• Lange levensduur.
• Lage onderhoudskosten .
• Door een grote ontwerpvrijheid zijn veel productvormen mogelijk.
• Diverse elektrische eigenschappen: isolatie, maar ook thermische en elektrische geleiding zijn mogelijk.
• Hoge chemische resistentie tegen zuren en chemicaliën.
• Weer- en waterbestendig: het materiaal corrodeert bijna niet en neemt weinig vocht op.
• RAM-eigenschappen (Radar AbsorbingMaterials). Dit is de eigenschap om radargolven te absorberen en om te zetten in warmte. Dit is hier sterk aanwezig.
• Goede röntgenabsorptie, waardoor materiaal nagenoeg onzichtbaar is op röntgen apparatuur.
• Goede mogelijkheden voor zowel kleine aantallen als serieproductie.

7.1.2.1.5 Het productieproces

Figuur 15: het productieproces

Het productie proces voor composiet kunststoffen blijft gelijk voor alle composieten. Ze worden immers bijna allemaal op ongeveer dezelfde manier geproduceerd. Het algemeen productieproces van carbon en polyester is dus het zelfde en heet pultrusie.
Pultrusie is een seriematig productieproces waarmee profielen van vezel versterkte kunststoffen worden gefabriceerd. Het pultrusieproces vertoont grote overeenkomsten met de extractie van bijvoorbeeld aluminium en thermoplastische kunststoffen. Echter, in plaats van een plastisch materiaal door een matrijs te persen worden bij pultrusie continue vezels van rollen getrokken en voorzien van een matrixmateriaal (meestal een thermo hardende hars zoals epoxyhars bij carbon). Vervolgens worden ze door een verwarmde matrijs getrokken, die de vorm van het profiel bepaalt. In de matrijs vindt polymerisatie van de hars plaats dit is het samenvoegen van kleine koolwaterstoffen tot een lange keten, waardoor een stijf profiel ontstaat met een overeenkomstige doorsnede als de matrijsholte en een theoretisch oneindige lengte.
Het pultrusieproces waarborgt een nauwkeurige vormgeving en maatbeheersing, perfect uitgelijnde vezels en een glad oppervlak. De techniek is geschikt voor alle soorten vezels of een combinatie van vezelsoorten. Er is een hoog vezelvolumegehalte haalbaar, waardoor een hoge specifieke stijfheid en sterkte van de profielen kan worden bereikt. Het seriematige karakter alsmede de controleerbaarheid van het proces zorgen voor een goede prijs/kwaliteitverhouding.

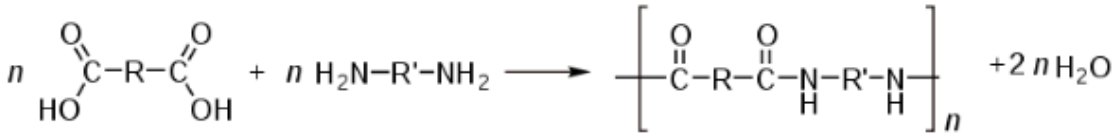
7.1.2.2 Materiaalonderzoek glasvezelversterkte Polyester

7.1.2.2.1 Inleiding

Chemisch gezien is polyester een polymeer, dat wil zeggen dat verschillende identieke delen aan elkaar gekoppeld zijn. De meest bekende toepassing is de PET (polyethyleentereftalaat) fles. Polyester wordt ook verwerkt tot synthetische vezels en vindt zijn toepassing in de textielindustrie. De polyester vezel is een van 's werelds meest populaire synthetische vezels, die al sinds 1947 voor kleding gebruikt wordt. In 2011 werd er bijvoorbeeld 198 000 ton polyester vezels gemaakt in Duitsland. Merk wel op dat in onze toepassing het polyester dienst doet als hars en met glasvezel nog verder versterkt wordt.

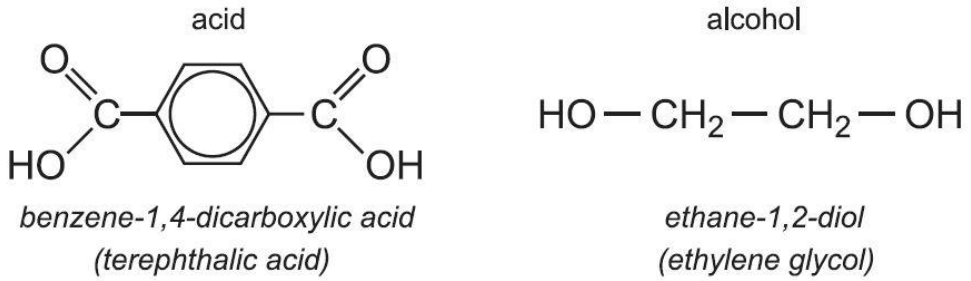
7.1.2.2.2 Samenstelling

Polyester is een polymeer[1] dat bestaat uit een keten van esterbindingen[2].
Polyesters worden gevormd door een polycondensatiereactie van dicarbonzuur en een diol of door een polycondensatiereactie van een groot aantal moleculen met zowel een carbonzuur als een alcoholgroep. Er kan ook polycondensatie plaatsvinden onder andere functionele groepen, zoals de -NH2 (amino) groep en een carbonzure groep, zoals hieronder weergegeven:

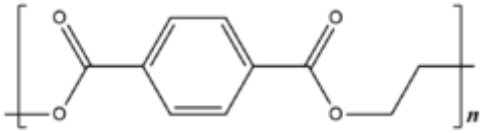


Figuur 16: vorming polyester

Wanneer bijvoorbeeld een polyester wordt geproduceerd uit glycol (ethaandiol) en tereftaalzuur(benzeen-1,4-dicarbonzuur) ontstaat de kunststof polyethyleentereftalaat of PET. Deze drie bovenvermelde stoffen worden hieronder afgebeeld. PET wordt gebruikt voor de productie van frisdrankflessen en voor kleding.



Figuur 17: vorming polyester uit glycol



Figuur 18: polyester

Het uitharden van de polyester als hars kan op 2 verschillende manieren.
1. Op thermoplastische manier door de vorm te verhitten om zo een vaste vorm te verkrijgen.
2.Op thermo hardende manier, door een chemische reactie te laten plaatsgrijpen kunnen we de vorm ook laten uitharden.
Een thermo hardende polyester is meestal een liquide mengsel van niet-verzadigde polyester waarbij men een verharder aan toe voegt. Door de toevoeging van peroxide als verharder zal er een chemische reactie ontstaan waardoor de vorm zal uitharden.

[1]Polymeer: molecuul dat bestaat uit een reeks van opeenvolgende identieke delen
[2] Esterbindingen: Een ester is een organische verbinding die ontstaat door reactie van een zuur met een alcohol of sacharide en vormt een klasse van organische verbindingen.

7.1.2.2.3 Eigenschappen

Onverzadigde polyesterhars heeft de eigenschap, met behulp van een harder (methyletylketonperoxyde) bij kamertemperatuur in elke laagdikte uit te harden. De harder bevat, zoals de naam al zegt, zeer veel zuurstof, die aan de hars wordt afgestaan. Hierdoor wordt de hars stijf onder geringe warmteontwikkeling en hardt dan in ca. 24 uur volledig uit. De eindhardheid wordt na ca. 8 dagen bereikt.
Uitgeharde zuivere polyesterhars is wat betreft sterkte niet erg interessant. Pas door de wapening met alkalivrije glasvezelmat worden de prachtige eigenschappen bereikt, waardoor dit materiaal dagelijks meer en meer geliefd wordt in de techniek. De verbazingwekkende resultaten in het gewicht en de sterkte zullen voor dit materiaal ook in de toekomst nog verdere toepassingsgebieden openen. De glasmat geeft de sterkte en moet de krachten opnemen. (Ongeveer zoals het stalen netwerk in de betonbouw).

We moeten er wel rekening mee houden dat harsrijke plaatsen soms schadelijk zijn, omdat deze tot scheurvorming kunnen leiden. Men moet er dus naar streven bij de verwerking slechts zoveel hars op te brengen dat alle glasvezels gelijkmatig bevochtigd zijn, zodat bij belasting de krachten door alle vezels worden opgenomen. Overmatig hars aan brengen op de glasvezels is daarom niet gewenst, maar eerder schadelijk.
Polyesterharsen hebben de eigenschap zeewaterbestendig te zijn, ze zijn zuurbestendig en elektrisch niet-geleidend. Deze grote voordelen maken de grondstof tot het ideale materiaal voor de boot- en scheepsbouw, voor de carrosseriebouw en voor alle technische producten, waarbij gering gewicht, grote sterkte en weinig onderhoud geëist worden.

7.1.2.2.4 Kenmerken

- Hoge licht- en weersbestendigheid
- Zeer fijn (drie keer fijner dan zijde)
- Lage wateropname
- Zeer maatvast
- Zeer slijtvast
- Het deukt niet in, maar scheurt of versplintert.
- De oppervlakte ruwheid is veel groter dan bij een metaal.

7.1.2.2.5 Het productieproces

Zoals we reeds opmerkten blijft het productie proces voor composiet kunststoffen gelijk voor alle composieten. Ze worden bijna ongeveer op de zelfde manier geproduceerd. Het algemeen productieproces van carbon en polyester is dus het zelfde. (zie3.1.5 productieproces bij carbon).

7.1.2.2.6 Polyester spuitvezelprocedure

De spuitvezelprocedure houdt in dat de polyester verwerkt wordt door middel van vezelspuiten. Om te beginnen voorzien wordt de mal van een lossingsmiddel en gelcoat. Dit zorgt voor een sterke beschermlaag tegen beschadigingen en een mooi glad oppervlak. Vervolgens wordt met een spuitpistool hars en vezels op de mal gespoten. Deze vezels kunnen precies op lengte gemaakt worden door ze van een rol te trekken en door te hakken met het pistool.

Wanneer dit gedaan is, kan men beginnen met het spuiten van de gehakte vezels samen met de hars op de mal. Door het pistool handmatig te bedienen kan men op bepaalde plekken de dikte van het product vergroten. Wanneer er een groot aantal van dezelfde producten gemaakt moet worden gebruiken ze voor het bedienen van het pistool een robot.

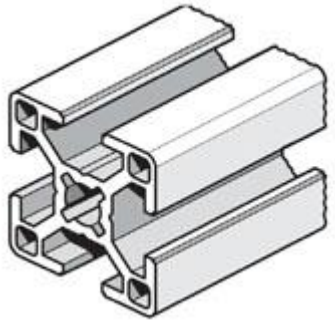
Figuur 19: mal polyester

7.1.3 Onze keuze

Na de verschillende mogelijkheden te hebben onderzocht en de verschillende aspecten van alle mogelijkheden goed te hebben bestudeerd, komen we tot de conclusie dat wij geen van boven genoemde mogelijkheden zullen gebruiken omdat ons budget te klein is en het een zeer moeilijk en tijdrovend proces is. Om onze aerodynamische vorm toch wat te benaderen zullen we bij onze praktische realisatie gebruik maken van houten wielkuipen en een in schuim gevormde romp.

7.2 Materiaalonderzoek Chassis

7.2.1 Inleiding



Figuur 20: rexorth profiel

Voor de praktische uitwerking van onze zonnewagen zullen we gebruik maken van rexrothprofielen. Die profielen zijn gemaakt van aluminium. Er zijn verschillende soorten aluminiumlegeringen. Hieronder vind je de verschillende soorten legeringen terug. Elke legering heeft zijn eigen specificaties. Het zal dus belangrijk zijn dat we deze factoren overlopen en vergelijken. Deze keuze zal ook afhangen van de krachten die op het profiel inwerken, het milieu …

7.2.2 Aluminium

Figuur 21 onverwerkt aluminium

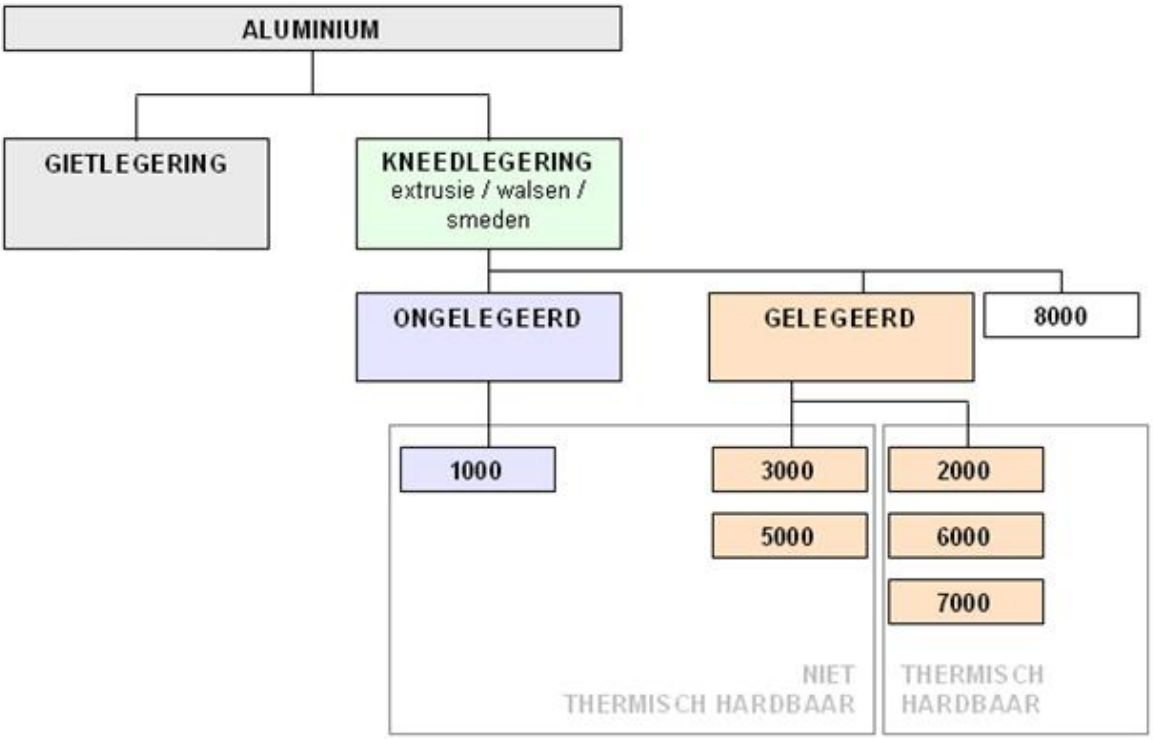
Hoewel aluminium het meest voorkomende metaal in de aardkorst is, komt het nooit als vrij metaal voor in de natuur. Alle aanwezige aluminium heeft zich verbonden aan andere elementen om moleculen te vormen. Twee van de meest voorkomende verbindingen op aarde zijn de volgende aluminiumverbindingen: kalium aluminium sulfaat ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) en dialuminiumtrioxide (Al_2O_3). Aluminium wordt ontgonnen uit mijnen wereldwijd. De 3 grootste mijnen zijn Australië, Brazilië en Jamaica.
Ongeveer 8,2% van de aardkorst bestaat uit aluminium. Het is een niet ferromagnetisch materiaal dat sinds ongeveer een eeuw beschikbaar is en in die tijd heeft het de wereld veroverd. Aluminium vinden we in het periodiek systeem onder de naam Al en heeft een atoomnummer 13. Het is economisch bijzonder belangrijk omwille van de volgende eigenschappen:

- Licht ,soortelijke massa licht tussen 2,6 en 2.8 kg/dm³ wat 3 keer lichter is dan staal.
- Sterk ,voor verschillende toepassingen varieert de treksterkte tussen 30 en 520 N/mm² ook rekening houdend met andere eigenschappen.)
- Slijtvast.
- Bestendig tegen corrosie ,zuiver aluminium en de kopervrije legeringen zijn tegen veel milieus bestand. Kopervrije aluminiumlegeringen worden daarom op grote schaal toegepast in de bouw, de chemische industrie… Ze worden ook gebruikt als hoogspanninggeleider en als dakbedekking, dit bewijst de goede weerstand tegen atmosferische aantasting.
- Vonkt niet.
- Laat zich relatief gemakkelijk vervormen ,we kunnen hierdoor extrusie profielen en buizen met iedere gewenste doorsnede fabriceren.)
- Laag smeltpunt 660°C ,van staal is dit drie maal groter. Bij aluminiumlegeringen spreekt men van een smelttraject.

- Uitstekende elektrische geleidbaarheid vergeleken met andere metalen.
- Oneindig recycleerbaar zonder eigenschappen te verliezen.

Er bestaan 2 soorten legeringen , kneedlegering (waaronder 400 soorten legeringen) en gietlegering (onderverdeeld in 200 soorten legeringen.) We zien binnen de kneedlegeringen twee groepen:

- Thermische hardbare legering:
  Waarbij de mechanische eigenschappen verbeteren bij warmtebehandeling. De warmtebehandeling wordt aangegeven met de toestand T bv. T6
- Thermisch niet hardbare legering:
  Hebben hun mechanische eigenschappen enkel te danken aan de legeringsamenstelling en kunnen echter wel verharden door koud vervormen, aangegeven met toestand H bv. H1



Figuur 22 voorstelling van aluminiumlegeringen

Zoals je kan zien is aluminium onderverdeeld in verschillende series. Elke serie heeft bovendien nog zijn eigen kenmerken.
Een **kneedlegering** (volgens het AA- systeem) wordt gekenmerkt door een 4 cijferaanduiding. Het eerste cijfer geeft de voornaamste legeringselementen aan. Het 2de decimaal (indien niet 0) geeft aan dat het gaat om een modificatie van de specifieke legering. Het 3de en 4de identificeren een specifieke legering in de serie. kneedlegering wordt verkregen door extrusie of walsen.
De enige uitzondering op dit systeem geldt voor de 1xxx reeks (zuiver aluminium), waarvan de laatste twee cijfers het minimum aluminiumgehalte boven 99% opgeven. Legering 1050 bevat dus minstens 99,50% aluminium.

Kneedlegering (volgens het AA-systeem)		
Legeringreeks		
1***	99% aluminium	1000-serie: hoog reflectievermogen en uiterst roestbestendig
2***	Koper	
3***	Mangaan	uiterst roestbestendig makkelijk mechanisch verwerkbaar
4***	Silicium	makkelijk modeleerbaar en makkelijk verwerkbaar
5***	Magnesium	makkelijk lasbaar en verwerkbaar
6***	Magnesium en silicium	makkelijk verwerkbaar
7***	Zink	goede roestbestendigheid en grote treksterkte
8***	Andere elementen	

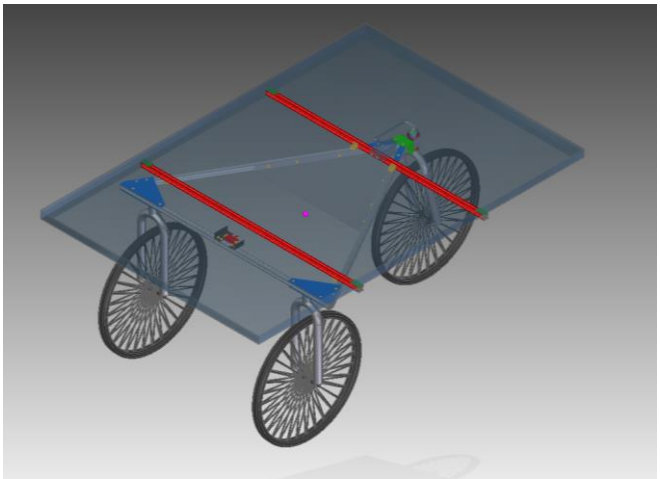
Een **gietlegering** kan volgens verschillende cijferaanduidingen gekenmerkt worden. Ofwel:

- 5 cijferaanduiding (europese systeem)
    - Gietlegeringen volgens EN 1780. Deel 1 duidt legeringen aan volgens een numeriek systeem en deel 2 volgens de chemische samenstelling. De notatie van een legering is EN AC-XXXXX, de vierde letter beschrijft de productvorm: C voor gietstuk, B voor blokken (secundair), M voor moederlegering (primair), C voor gietstukken, dan een (-) streepje gevolgd door vijf cijfers (XXXXX) die de details van de legering beschrijven.
    - Uitzondering: Wanneer de samenstelling voor meer dan 99% uit aluminium bestaat dan komt de aanduiding overeen met die van aluminium kneedlegeringen. Het eerste cijfer van vijf (XXXXX) is dan 1, tweede cijfer een 0, derde en het vierde cijfer geven het minimale percentage aluminium aan achter de komma in honderdsten. Voorbeeld: Aluminium blokken met 99,50% zuiverheid is EN AB-10500.
    - EN AC-44200-T6 dus met verwijzing naar Europese Norm, Aluminium Cast, en een legering van het type 44xxx dus AlSi.
    - Voor details van samenstellingen zie EN 1706.
- 3 cijferaanduiding (Amerikaanse AA systeem)
    - 3 cijferaanduiding gevolgd door een decimaal dat aanduidt of het om een gietlegering of een ingot (=is een halffabricaat, een standaardhoeveelheid metaal, gegoten in een standaardvorm zoals een staaf of een blok, om verder verwerkt te worden). Het systeem van een gietlegering bestaat uit 3 cijfers en een decimaal. (de aanduiding hangt af van de norm die gebruikt wordt.)
    - Het eerste cijfer geeft de voornaamste legeringselementen aan.
      Het 2de en 3de decimaal identificeren de specifieke legering in de serie.
      Het cijfer na het punt geeft aan of het zoals al gezegd over een gietlegering gaat of een ingot.

Figuur 23: voorbeeld ingot

Gietlegeringen volgens Amerikaanse systeem	
Legeringreeks	
1**.*	99% aluminium
2**.*	Koper
3**.*	Silicium plus koper en of magnesium
4**.*	Silicium
5**.*	Magnesium
6**.*	Wordt niet gebuikt
7**.*	Zink
8**.*	Tin
9**.*	Andere elementen

Aluminiumlegeringen kunnen nog eens ingedeeld worden op basis van hun verschillende eigenschappen van de verschillende reeksen. Zo bestaan er nog 2 totaal verschillende groepen legeringen binnen de vroeger vermelde reeksen. De thermische behandelbare legering die we kunnen verstevigen na een gloeibehandeling en de aluminiumlegering die niet thermisch behandeld kan worden. Dit is van enorm belang wanneer men het aluminium wil lassen. De 1000, 3000 en 5000 reeksen zijn niet thermisch behandelbaar en zijn enkel hardbaar door koudvervorming. De legeringen van de 2000, 6000 en 7000 reeksen kunnen thermisch behandeld worden. De 4000 kan beide types bevatten. De gietlegeringen van de 200, 300, 400 en de 700 reeks kunnen thermisch behandeld worden. Verharding door koudvervorming wordt meestal niet toegepast op gietlegeringen. Legeringen die thermisch behandeld kunnen worden bekomen hun optimale mechanische eigenschappen door thermische behandelingen. De meest toegepaste is oplosgloeien gevolgd door kunstmatig verouderen.

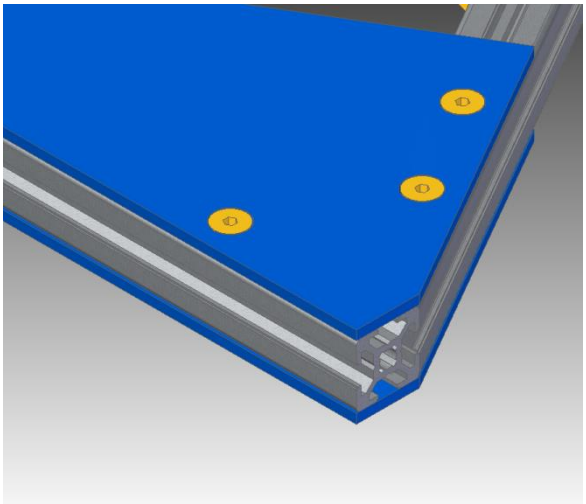


Figuur 24: chassis

Bij oplosgloeien wordt het opgewarmd tot ±280°C. Daarna wordt het metaal afgeschrikt (meestal met water). Na een gloeibehandeling kunnen we de legeringen nog verstevigen. Deze behandeling kunnen we aanduiden met een F, O, H, W of T.

F	Zoals geproduceerd. - Wanneer geen speciale controle werd gedaan wat betreft de thermische of hardingcondities.
O	Zachtgegloeid - Bij hoge temperatuur gegloeid en langzaam afgekoeld. - Warmtebehandeling tijdens mechanische bewerking. →Met als doel de ductiliteit en de dimensionele stabiliteit te verbeteren. - Ductiliteitof vervormbaarheid is de mate waarin een materiaal plastische vervorming toelaat. Men noemt een materiaal ductiel als het zich goed leent tot bewerkingen als walsen, dieptrekken en smeden. - Met dimensionele stabiliteit wordt bedoeld dat het materiaal zijn oorspronkelijke formaat en dikte in de loop van de tijd behoudt.
H	Koudvervormd - Koudvervorming kan gevolgd worden door een thermische behandeling, waardoor de sterkte voor een deel afneemt. De H wordt altijd gevolgd door nog twee cijfers.
W	Oplosgegloeid - Kenmerken zoals mechanische sterkte en corrosiebestendigheid bij kamertemperatuur en/of bij verhoogde temperatuur, worden meestal verhoogd door dergelijke warmtebehandelingen.
T	Thermisch behandeld - Is van toepassing op producten die thermisch behandeld werden, soms met een supplementaire koudvervorming, om een stabiel gegloeid product te bekomen. De T wordt altijd gevolgd door een of meerdere cijfers.

Elke legering heeft zo zijn eigen voordelen en nadelen. Het is dus belangrijk dat je de verschillende eigenschappen overloopt om zo een materiaal te gebruiken dat ideaal is voor de toepassing. Voor de praktische uitwerking van onze zonnewagen zullen we rekening moeten houden met het gewicht, kostprijs sterkte en ofdat het recycleerbaar is. Met de smelttemperaturen zullen wij ons dus niet moeten bezig houden. De keuze zal dus afhangen van welk soort aluminium legering er voorkomt in de rexrothprofielen die we kunnen verkrijgen.



Figuur 25: hoekbevestiging chassis

De reden waarom wij rexrothprofielen gebruiken voor onze zonnewagen, wordt als volgt verklaard. Onze keuze was snel gemaakt omdat deze profielen veel voordelen hebben. Ze zijn van aluminium gemaakt dus zijn ze tamelijk licht, ze zijn sterk, roestbestendig en kunnen na gebruik terug gerecycleerd worden, wat ook belangrijk is bij het maken van een duurzame wagen. Wat bij onze keuze ook heeft meegespeeld is dat we de profielen en verbindingselementen op school kunnen verkrijgen. We hebben profielen nodig die sterk zijn en die roestbestendig zijn. Andere eigenschappen, die van minder belang zijn voor onze toepassing : zijn lasbaarheid, geleidbaarheid en laag smeltpunt.

8 Schokdempers

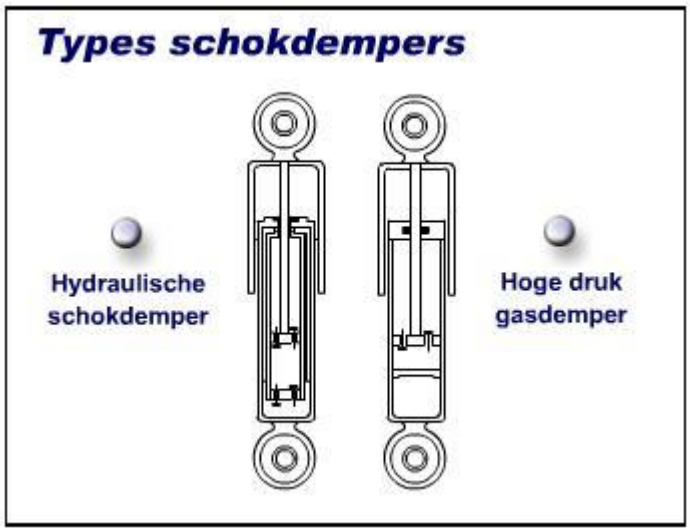
8.1 Inleiding

Schokdempers zijn een belangrijk deel van de zonnewagen dus onmisbaar. Ze verhogen niet alleen het comfort van de inzittenden (bij ons is daar geen sprake van), maar zorgen ook voor een veiliger weggedrag. Het wiel houdt dankzij de schokdemper contact met het wegdek. Een schokdemper of een schokbreker is een mechanisch of hydraulisch apparaat, om schokken te absorberen en de vering te dempen. Dit gebeurt door het omzetten van de kinetische energie van de schok in een andere vorm van energie, meestal in warmte dat vervolgens wordt afgevoerd. Dit onderdeel bevindt zich onder meer in de wielophanging van het voertuig. Iedereen praat over een schokdemper, maar die naam is eigenlijk niet correct. Beter zou zijn om te spreken van een veerdemper of veertrillingdemper.

Figuur 26: de schokdemper

8.2 Types

Hoewel alle schokdempers hetzelfde werk doen, vereisen verschillende soorten voertuigen, andere soorten schokdempers die kunnen afwijken van elkaar. Ongeacht de toepassing kunnen we alle schokdempers opdelen



Figuur 27: types schokdempers

8.2.1 Hydraulische schokdempers

Het belangrijkste verschil tussen de verschillende schokdempers is de gebruikte techniek: hydraulisch of gas. Gas schokdempers en hydraulische schokdempers werken beide met olie. Deklassieke schokdempers zijn hydraulisch. Deze zijn aanwezig op een groot aantal auto's van alle merken en modellen. Het belangrijkste voordeel is de flexibiliteit, door het reservoir die aanwezig is in de schokdemper, kunnen zij de druk controleren en wijzigen aan de omstandigheden.
Hoewel alle schokdempers olie gebruiken, zijn er verschillende soorten die voornamelijk gebaseerd zijn op de snelheid waarmee zij de olie verhitten. Die zijn telescopisch zoals de twintube, of de monotube. Deze laatste soort schokdempers maken gebruik van hoge druk en zijn niet uitgerust met de bekende reservoirbuis.
Over het algemeen zijn deze schokdempers comfortabeler. Sommige schokken zijn opblaasbaar en bieden daarom een meer verfijnde aanpassing aan de weg. Er zijn ook regelbare hydraulische schokdempers voor sportwagens, waarvan de drukcoëfficiënt gewijzigd kan worden.

8.2.2 Gasschokdempers

Gasschokdempers hebben belangrijke voordelen voor alle soorten auto's. Ze beïnvloeden de veiligheid van de wagen, omdat de remweg korter is en hun prestaties op de weg als meer betrouwbaar beschouwd worden. Vergeleken met olie, biedt gas een hoger reactieniveau, omdat de zuigers sneller werken en een constante efficiëntie.
Men zegt dat ze droger of stijver zijn, wat inhoudt dat ze minder comfort op de weg bieden. Schokdempers met gas worden beschouwd als een meer uitdagende optie waarmee u beter in sportauto's kunt rijden. Maar de sportiviteit hangt ook af van de as en de veerkracht van de schokdempers, die beide korter zijn. Dit zijn vooral progressieve schokdempers die ontworpen zijn voor het sportonderstel.

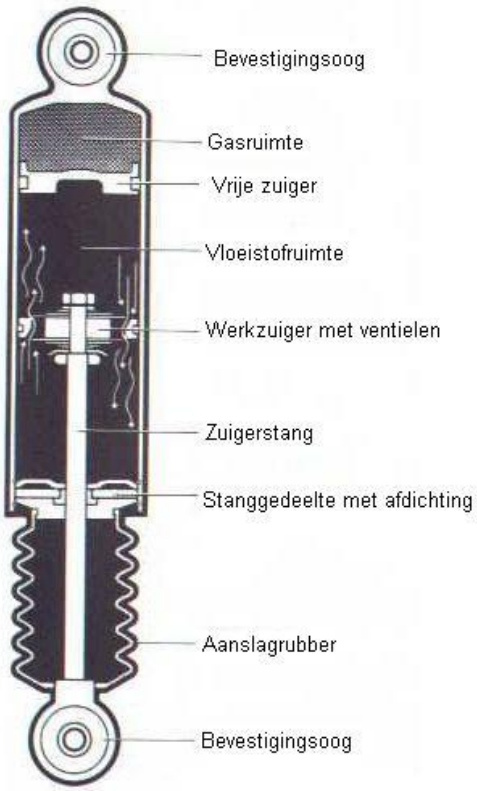
8.3 Keuze

In werkelijkheid is de keuze tussen gas of olie en hydraulisch of olie ook afhankelijk van je rijgedrag. Schokdempers met gas bijvoorbeeld worden minder vaak aanbevolen voor grote of zwaarbeladen voertuigen, zoals personenwagens die een caravan trekken. Dat gezegd hebbende zijn grote gasschokdempers soepeler en komen ze vaker voor. Ze zijn te vinden op de grote 4x4's en de auto's die deelnemen aan woestijnrally's.

8.4 Uit welke onderdelen bestaat een schokdemper

De schokdemper bestaat uit talloze onderdelen, we vermelden de belangrijkste:

- Zuigerstang
- Zuiger (s)
- Keerringen
- Bodemklep
- Huis
- Bevestigingsogen
- Stofhoes / stofkap



Figuur 28: onderdelen schokdemper

8.5 Opbouw

De bovenkant van de schokdemper bestaat uit een cilinder die gedeeltelijk gevuld is met lucht en gedeeltelijk olie of gas. Onderaan deze cilinder steekt in het midden een staaf uit die naar binnen kan bewegen, meestal is deze staaf verborgen onder een beschermkapje. Deze staaf, ook wel rod genoemd, kan op en neer gaan. Door de weerstand van de stof (olie of gas) in de cilinder worden de veerbewegingen gedempt. De kracht waarmee er gedempt wordt is afhankelijk van de stof in de cilinder. Een minder poreuze stof zal meer dempen dan een poreuze. Het is zeer belangrijk dat de rod van onberispelijke kwaliteit is en 100% vlak. Het kleinste scheurtje kan leiden tot lekkages van de schokdemper of dergelijke waardoor de volledige werking van de schokdemper de mist in gaat. Iets wat catastrofaal kan zijn in het verkeer.

8.6 Werking van een schokdemper

Het bovenstaande plaatje is een voorbeeld van een achterschokdemper met een los stikstof reservoir. Als de motor over een hobbel rijd zal de veer samengedrukt worden om de schok op te vangen . De zuiger in de schokdemper moet ervoor zorgen dat dit gecontroleerd gebeurd . Op het moment dat de veer samengeperst wordt zal de zuigerstang met zuiger naar boven geduwd worden en de olie in de schokbreker verplaatsen . In de zuiger zitten kleine gaatjes welke olie doorlaten , de dempingplaatjes zorgen ervoor dat de olie niet te snel door de gaatjes gaat en dat dus de zuiger hierdoor geremd word .

Deze plaatjes kunnen vervangen worden door zwaarder of lichter verende plaatjes welke dus de doorstroomsnelheid van de olie bepalen en dus de mate waarin de zuiger word afgeremd bepalen . Ook is er een buffer gevuld met gas dat samengeperst kan worden .

Dit zorgt voor een progressief veer effect , dit wil zeggen dat de motor naar mate hij verder inveert hij steeds moeilijker zal veren omdat het gas in de buffer steeds verder samengeperst word . Door de verplaatsing van de zuiger zal de olie via een kanaal naar de buffer geperst worden en het gas word dan samengeperst . In dit kanaal zitten twee afstel schroeven , waarmee de snelheid van de olie verplaatsing ingesteld kan worden en dus de mate van demping . Door de kracht van de veer zal de schokbreker weer terug naar zijn ruststand willen en word de olie die verplaats is weer terug naar de cilinder gezogen .

Ook nu zorgen de dempingplaatjes op de zuiger voor remming van de zuiger en zal de schokdemper gecontroleerd terug in zijn rust positie komen .

De afgebeelde schokbreker word bijna altijd gebruikt als achtervering van een motorfiets . Het veer en dempingsprincipe van een voorvork werkt het zelfde als deze schokbreker . Echter het verschil is dat de schroefveer bij een voorvork in de vork zit en er geen losse gasbuffer is , maar een luchtkamer in de vorkpoot , dit heeft hetzelfde effect als de stikstof buffer.

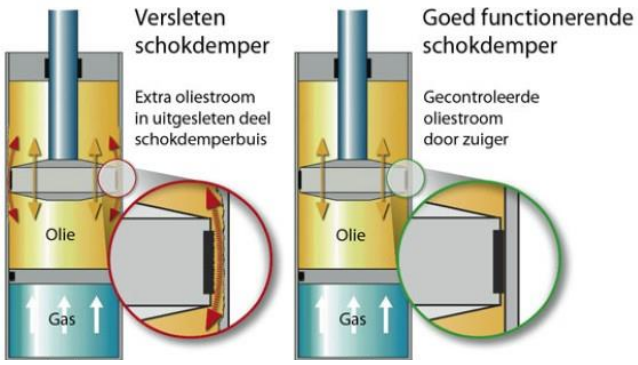
Sommige voorvorken kunnen met lucht op druk gezet worden zodat er een iets “hardere” voorkant verkregen word .

8.7 Wat gebeurt er als de schokdempers zijn versleten?

Ook versleten schokdempers vormen een gevaar voor uw veiligheid en die van andere weggebruikers zoals:

- langere remweg
- controleverlies in bochten
- meer kans op aquaplaning
- bandenslijtage
- slijtage van dragende chassisdelen;
- hogere rolweerstand = hoger brandstofverbruik
- verminderd rijcomfort: door de onrustige bewegingen

8.8 Hoe is een kapotte schokdemper te herkennen



Figuur 29: kapotte schokdemper

Een kapotte schokdemper is te herkennen aan lekkage, rammelende geluiden en of een onstabiel weggedrag. Heeft u een vermoeden van versleten schokdempers dan kan je de schokdempers laten testen zoals:

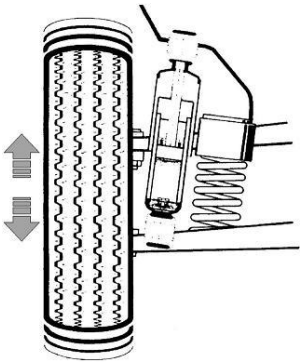
- Opveertest, na indrukken mag de carrosserie niet na deinen. Dit blijft een test die niet erg "wetenschappelijk" is maar echt slechte schokdempers zijn hiermee wel te herkennen.
- Schokdemper testbank, dit is eigenlijk de enige juiste test om schokbrekers te testen op een professionele manier

Figuur 30: testen schokdemper

- Visuele inspectie van de schokdempers op lekkage en bevestiging

8.9 Het verschil tussen de schokdemper en de vering.

De schokdemper is een onderdeel van het veersysteem en dient om de kracht van het terugveren van de veren op te vangen.


Figuur 31: schokdemper met vering

8.10 De omgekeerde werking van een schokdemper

De meeste moderne schokdempers hebben een dubbelpijpconstructie. Ze werken alleen goed wanneer de binnenste van de twee buizen (de werkkamer) volledig met olie gevuld blijft. De buitenste buis (reserve) bevat een oliereserve plus lucht of een onder druk staand gas. Als de eenheid omgekeerd wordt aangebracht de stang naar beneden, kan de lucht of het gas vanuit de buitenste kamer de binnenste kamer in stromen, waardoor de demping niet effectief is. Daarom moeten dubbelpijpsdempers niet op de kop of op de zijkant worden gemonteerd. Uitzondering hierop vormen speciaal ontworpen eenheden die een gascel bevatten, waardoor het gas in de buitenste, reservebuis blijft.

8.11 Besluit

Wegens te hoge kosten en omdat we geen te grote schokken moeten opvangen zullen we geen schokdempers in onze zonnewagen steken.

9 De remmen

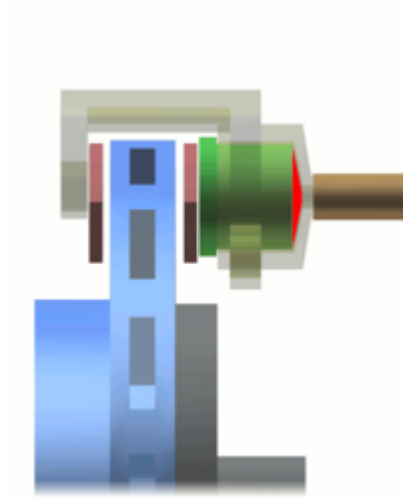
9.1 Inleiding

Onze zonnewagen moet ook kunnen remmen. Maar omdat we niet kunnen remmen op de motor omdat er geen vrijloop inzit zijn we verplicht om er remmen in te steken. Maar er zijn veel verschillende soorten remmen. Daardoor moeten we een studie doen om te bekijken welke remmen we het best kunnen gebruiken. We moeten rekening houden dat de remmen niet te groot mogen zijn, dat ze gemakkelijk te instaleren zijn …. Hieronder zullen we enkele remmen bespreken zodat we tot een goed besluit kunnen komen. De verschillende remmen zijn

- Schijfrem
- Trommelrem
- Magneetrem

9.2 De schijfrem

Een schijfrem is een rem waarbij een schijf vast gemonteerd wordt aan de bewegende constructie en meedraait met de constructie. De bekendste voorbeelden van de schijfrem zijn die aan een wiel van een voertuig, die de snelheid kunnen verminderen of waarmee je kunt stoppen. Maar de schijfremmen worden vooral veel in de techniek gebruikt. Afhankelijk van de energie die nodig is om te remmen worden er één of meerdere schijven toegepast in één rem.



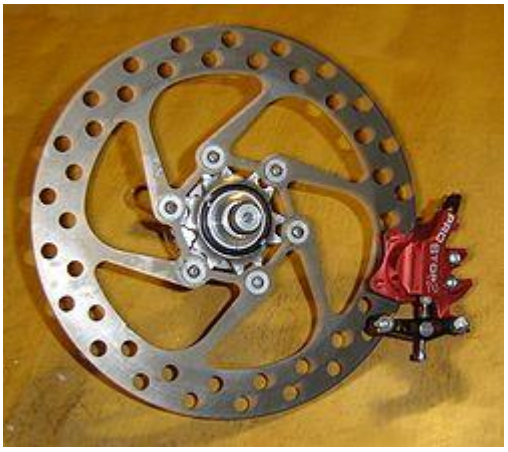
Figuur 32: schijfrem

9.2.1 Werking

Het werkingsprincipe van de schijfrem is het aan drukken van de remblokken tegen de remschijf waardoor er wrijving ontstaat. De schijf en war er aan bevestigd is wordt hierdoor afgeremd. De bewegingsenergie van het voertuig waarop de schrijfrem gemonteerd is wordt in warmte opgezet. Als de remschijf veel gebruikt wordt of er wordt krachtig geremd dan kan de remschijf roodgloeiend worden. Om de remeffectiviteit zo groot mogelijk te maken zijn de remblokken gemaakt van materiaal met een hoge wrijvingscoëfficiënt.
Voordeel van de schrijfrem is dat de remkracht evenredig is met de drukkracht van de blokken. Een nadeel van de schijfrem is dat de drukkrachten vrij groot moeten zijn om enige vertraging te verkrijgen, zodat in auto's een rembekrachtiger moet steken. Een ander voordeel van de schijfrem is dat de rubber afdichtingen van de zuiger die de blokken bedienen ervoor zorgen dat na het gebruik van de rem de remblokken juist voldoende worde teruggetrokken om de rem weer vrij te laten lopen. Daardoor is er geen veer nodig om de remblokken terug in rustpositie te drukken. Bij het slijten van de remblokken kunnen de zuiger steeds dichter naar de schijf komen te zitten. Zodanig dat de slag van de zuiger tussen ruststand en aangrijping altijd hetzelfde is.
Door de diameter van de hoofdrem- en wielcilinder en de hefboomwerking van het rempedaal juist te kiezen en ook rekening te houden met het aantal te bedienen remklauwen kan voor een groot deel de remdynamiek bepaald worden. Een remsysteem zonder rembekrachtiging vereisen meer bedieningskracht maar hebben het voordeel dat deze beter te doseren zijn en meet gevoel geven aan de bestuurder. De bediening van de schijfrem kan pneumatisch, hydraulisch, mechanisch of elektrisch/elektromagnetisch zijn.

9.2.2 Schijfrem bij een fiets

Het eenvoudigste voorbeeld is de velgrem van een fiets, door het aantrekken van het remhandel worden de blokjes tegen de velgrand aangedrukt en remt de fiets. Bij zwaardere voertuigen en bij sommige fietsen wordt er een aparte schijf op de naaf gemonteerd waartegen de remblokjes drukken. De schijfrem bij de fiets wordt hydraulisch of mechanisch bediend vanaf het stuur. Een hydraulische schijfrem berust op het feit dat de meeste vloeistoffen een zeer lage compressibiliteit hebben. Lucht is wel te comprimeren, daarom is het ook gevaarlijk als er lucht in de leiding van een schijfrem zit.
Enkele voordelen van een schijfrem



Figuur 33: schijfrem bij fiets

- een schijfrem levert een grotere remkracht ook bij nat weer.
- Een schijfrem aan de as is minder gevoelig voor vuiligheid.
- Je kunt beter doseren bij het remmen.

Er zijn ook enkele nadelen

- Er is een speciale naaf en vork nodig.
- Een schijfrem is kwetsbaar, bij een val kan de schrijf krom worden.

9.3 Trommelrem

9.3.1 werking

Een trommelrem bestaat uit 2 halvemaanvormige remschoenen (remsegmenten) die zijn gemonteerd op een vaste remankerplaat die niet kan meedraaien met het wiel. Daaromheen zit de remtrommel die bevestigd is aan het wiel en dus meedraait. Wanneer je het rempedaal intrapt wordt de remschoenen naar buiten geduwd zodat ze te de remtrommel komen te zitten. Door de wrijving wordt het wiel afgeremd de remschoenen zijn gemaakt uit een materiaal met een hoge wrijvingsweerstand. Als je het rempedaal loslaat worden de remschoenen door de veren terug naar binnen getrokken. De rem kan worden bediend door een mechanisch of hydraulisch systeem. Als het rempedaal wordt ingetrapt perst de zuiger in de hoofdremcilinder de remvloeistof door de leidingen naar de wielremcilinders. De wielremcilinder is geplaatst tussen de 2 remschoenen en duwt deze uiteen.

Figuur 34: trommelrem

9.3.2 nadeel

Trommelremmen hebben een groot nadeel dat ze snel remkracht verliezen als ze warm worden. Dit is onder meer het geval als er lang geremd wordt of er krachtig wordt geremd. Dit is de reden dat ze bij auto's en motorfietsen in onbruik zijn geraakt en verdrongen zijn door de schijfremmen. Een ander nadeel van trommelremmen op de fiets is dat ze zwaarder zijn dan schijfremmen en velgremmen daarom worden niet gebruikt voor sportieve fietsen.

Figuur 34: remschoenen

9.3.3 Voordeel

Het voordeel van trommelremmen is dat de kracht die uitgeoefend moet worden op het rempedaal veel kleiner is. Maar door de rembekrachtiging is het nut daarvan sterk verminderd. Voor fietsen is een bijkomend voordeel dat trommelremmen weinig onderhoud vergen dit komt omdat er geen vocht en vuil in de trommelrem kan komen.

9.4 Magneetrem

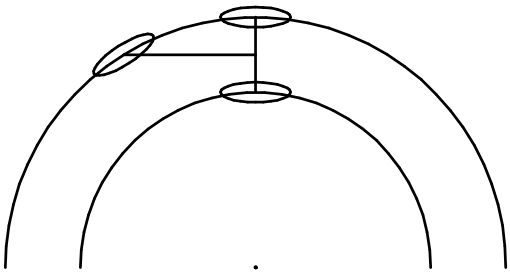
De magneetrem is een rem die toegepast wordt bij spoorvoertuigen. Er bestaan twee varianten: de magneetrem die door mechanische wrijving op het spoor remt en de wervelstroomrem die door middel van wervelstromen de remkracht opwekken.
Bij de mechanische wrijving zakt er vanuit de trein een blok met permanente of elektromagneten op het spoor, waardoor de magneetrem zichzelf krachtig tegen de spoorstaaf trekt. Door de wrijving die dit veroorzaakt remt de trein af. Omdat een magneetrem de rails kan beschadigen, wordt de magneetrem alleen gebruikt als noodrem of parkeerrem. Trams zijn altijd voorzien van magneetremmen.
Bij de wervelstroommagneetrem hangen de magneten op enige millimeters boven de spoorkop en zorgen voor een magnetisch veld in de spoorstaaf. Door de tegenwerking van het magnetisch veld ten opzichte van de rijrichting van de trein, remt de trein af. Deze rem is slijtagevrij, maar warmt de spoorstaven wel erg op.
Wervelstroommagneetremmen mogen in Nederland niet gebruikt worden omdat ze de gecodeerdespoorstroomlopen van treinbeheersingssysteem ATB-EG kunnen beïnvloeden.

9.5 Besluit

Wij zullen op onze zonnewagen gebruik maken van een soort schijfremmen. De velg doet zich voor als remschijf. En door aan de kabel te trekken zullen de remblokjes aanspannen. We zullen de kabel doen aanspannen door middel van de servo. We maken de gebruik van de 2 voorste wielen om te remmen. De schijfremmen zijn ook het gemakkelijkst om te monteren, ze zijn ook redelijk licht vergeleken met andere soorten remmen.

10 Stuurgeometrie van een driewieler

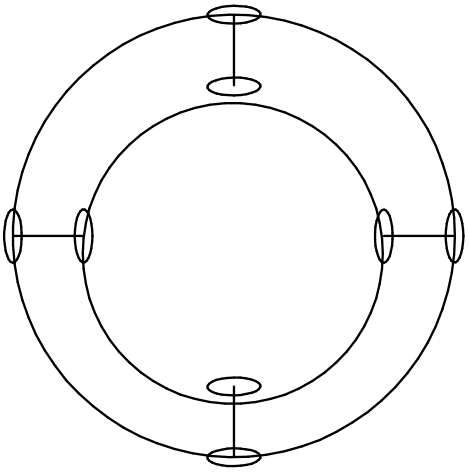
Een driewieler is niet zomaar een tweewieler waar een extra wiel bijgeplaatst wordt. Het stuurprincipe van een driewieler verschilt enorm ten opzichte van een tweewieler. Volgens verschillende principes (Mom, van de Walle en Lesbrief Ackermann) zien we dat wanneer een driewieler met 2 voorwielen 2 cirkels beschrijft bij het nemen van een bocht.



Figuur 35: draaicirkel driewieler

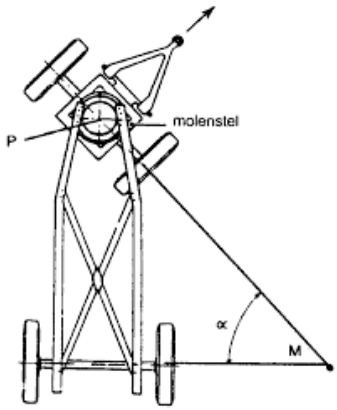
Elk wiel heeft een aparte draaicirkel, het buitenste wiel heeft de grootste draaicirkel het binnenste wiel heeft de kleinste. De cirkels hebben een verschillende straal maar wel een gemeenschappelijk middelpunt. Zie figuur

Het gemeenschappelijk middelpunt zorgt ervoor dat de wielen niet zullen schuiven bij het nemen van de bochten. Figuur hiernaast toont wat er gebeurt wanneer de 2 middelpunten niet gelijk liggen. De wielen zullen schuiven waardoor extra bandenslijtage ontstaat. De oorzaak dat de draaicirkels een verschillend draaimiddelpunt kunnen hebben is wanneer de wielen niet in de juiste verhouding draaien. Om er voor te zorgen dat de draaicirkels gelijk blijven kunnen we gebruik maken van 2 bekende stuurprincipes.



Figuur 36: verschillend draaicirkels

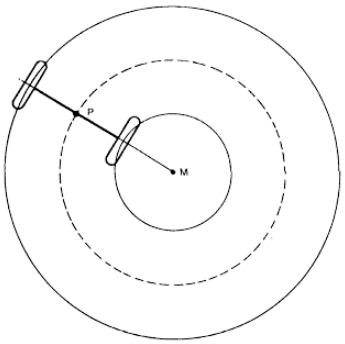
10.1 Molenbesturing



Figuur 37: molenbesturing

Bij deze besturing zijn de naven van de beide voorwielen op één as bevestigd. Deze as is draaibaar om zijn middelpunt P. Wanneer een bocht genomen wordt zullen de wielen verdraaien rond het middelpunt p van de as en dus dezelfde hoek α maken, terwijl de straal van beide hoeken niet gelijk zijn en de middelpunten samenvallen.

Daarom wordt er ook bij aanhangwagens gebruik gemaakt van dit systeem. Het voordeel hiervan is dat de wielen niet schuiven over de baan waardoor slijtage beperkt wordt. Een molenbesturing zal niet kunnen gebruikt worden voor onze driewieler omdat deze te veel ruimte inneemt.

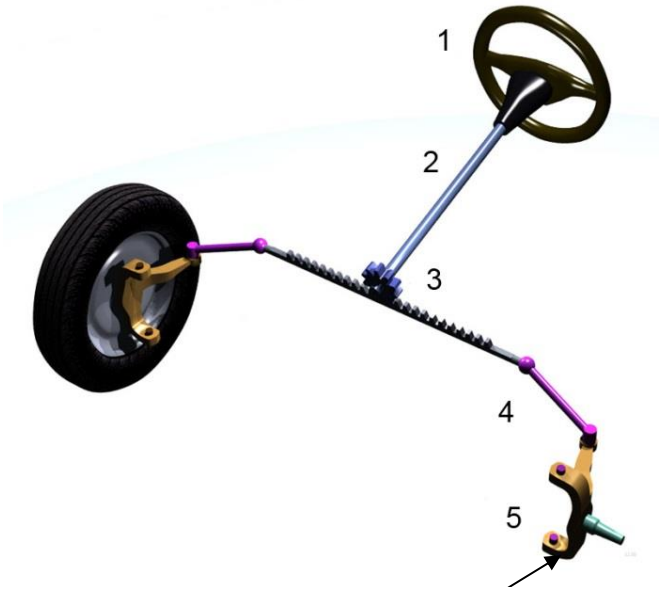


Figuur 38: draaicirkel

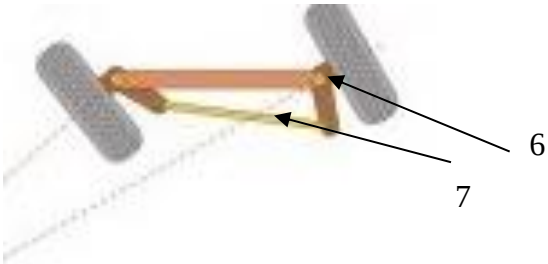
Doordat dit systeem tamelijk groot is weegt het ook meer wat met zich meebrengt dat het sturen een stuk zwaarder is. Voor onze wagen is het de bedoeling dat het achterwiel zo soepel mogelijk draait.

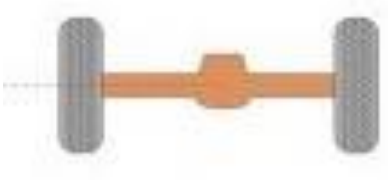
10.2 Fuseebesturing

Bij fuseebesturing sturen de wielen rond de fuseepen, de fuseepen is vervolgens verbonden met een fusee arm. Tussen de fuseearmen van beide wielen zit een stuurstang.
Stuurinrichting.
1 Stuurwiel
2 Stuurkolom
3 Pignon (rondsel) met tandheugel
4 Stuurarm
5 Fusee-armen
6 fuseepen
7 stuurstang



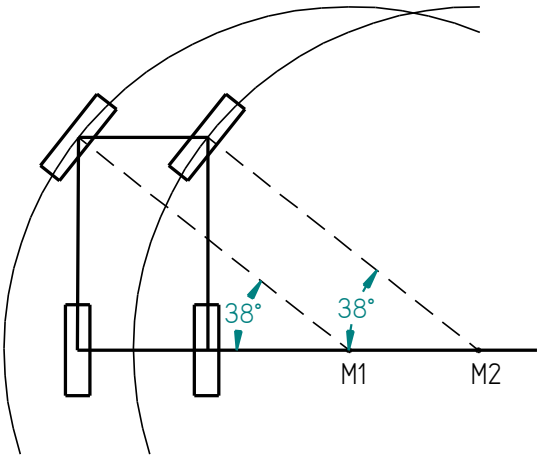
Figuur 39: fuseebesturing



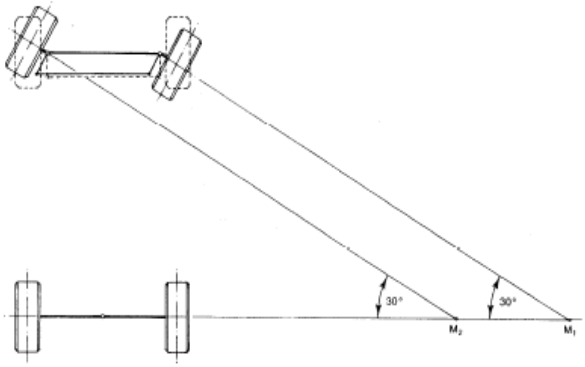


Figuur 40: fuseebesturing

Wanneer bij het nemen van een bocht beide fuseearmen parallel lopen ten opzichte van elkaar dan zal het volgende waarneembaar zijn. (figuur hieronder)

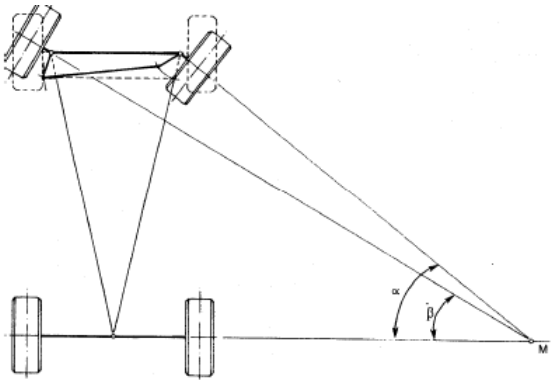


Figuur 41: fuseebesturing



Figuur 42: fuseebesturing

We zien dat bij het nemen van de bocht beide wielen dezelfde hoek zullen maken. Wanneer het verlengde van de assen van de voorwielen het verlengde van de as van het achterwiel snijden, zien we dat de voorwielen geen gemeenschappelijk middelpunt hebben. De wielen gaan min of meer schuivend in plaats van rollend door de bocht. Om dit te voorkomen zal het Principe van Ackermann worden toegepast. Bij dit principe trekt men vanuit het hart van de fuseepennen een denkbeeldige lijn naar het midden van de achteras (figuur hieronder). De fusee-armen moeten in dezelfde richting komen te liggen als deze twee lijnen.

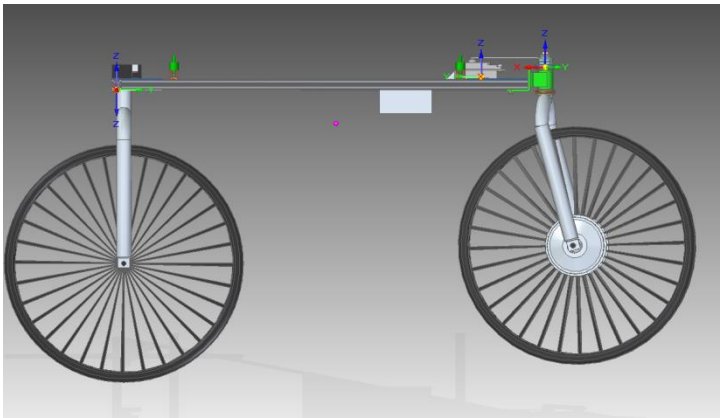


Figuur 43: fuseebesturing

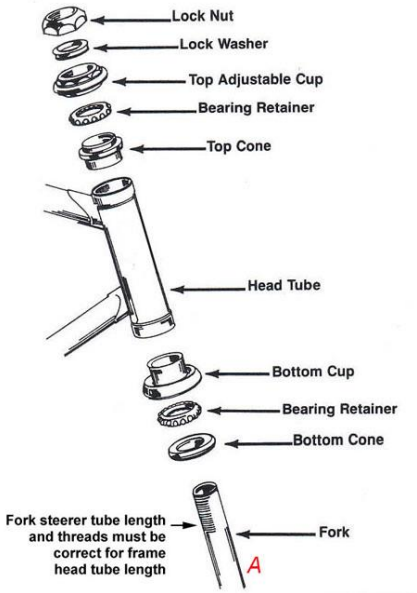
Hierdoor zal het binnenste wiel bij het nemen van een bocht onder een grotere hoek verdraaien dan het buitenste wiel. Het verlengde van de as van het linker wiel en het verlengde van as van het rechter wiel snijden het verlengde van de achteras in M. De schuine stand van de fusee armen wordt bepaald door de wielbasis en spoorbreedte van het voertuig. De wielen beschrijven nu cirkels met één gemeenschappelijk middelpunt (figuur hierboven). Hierdoor schuiven de wielen niet meer over het wegdek bij het nemen van bochten, maar rollen ze, waardoor de bandenslijtage minder en de besturing lichter zal zijn.

10.3 Ontwerpkeuze

Voor het ontwerpen van onze zonnewagen zullen we geen gebruik maken van een fuseebesturing volgens het Ackermann principe of een molenbesturing. Deze principes voor besturing zijn te complex en te duur voor onze zonnewagen.
Voor het besturen van onze zonnewagen zullen we gebruik maken van een stuurmechanisme dat gelijkaardig is aan dat van een fiets. Omdat de wagen zo dicht mogelijk bij de grond moet liggen zullen we gebruik maken van een fietsvork, lagers en lagerbus van een kinderfiets. Deze zullen we achteraan het chassis bevestigen.



Figuur 45: voorstelling bevestiging fietsvork aan chassis



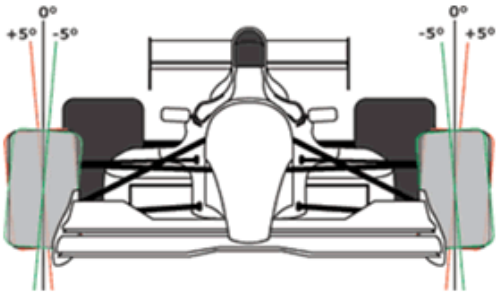
Figuur 44: onderdelen fietsvork

10.4 Wielgeometrie

Om een goede wegligging en rijgedrag van een voertuig te hebben bestaat er camber, caster, toe-en uitspoor. Deze ‘fenomenen’ zorgen ervoor dat het voertuig stabieler rijdt, directer stuurt enz. We beginnen met een uitleg van de termen en vervolgens het weggedrag van de auto.

10.5 Camber

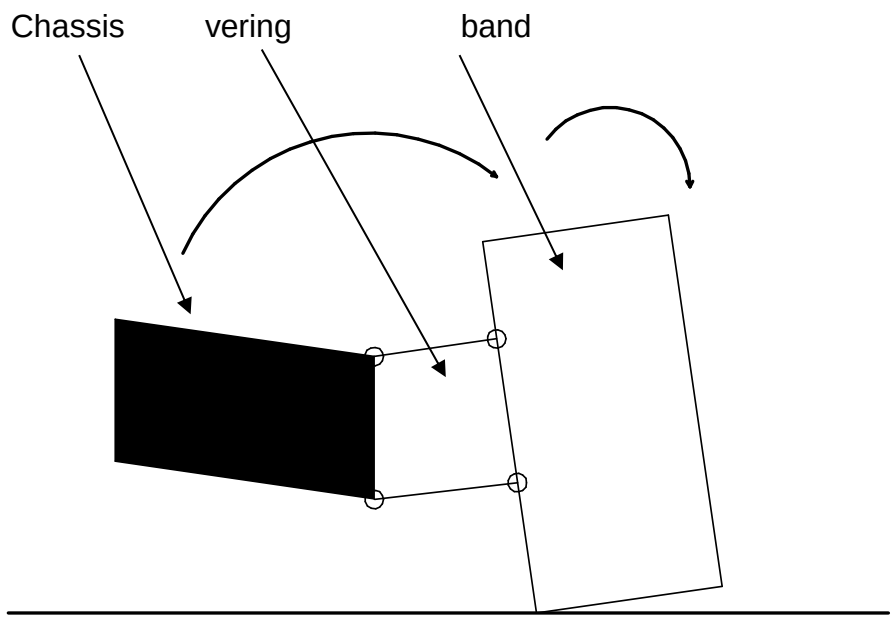
Camber is de hoek gemeten tussen de middellijn van de band frontaal gezien en het wegoppervlak. Om dit te kunnen voorstellen tekenen we een lijn door het midden van het loopvlak van de band. Bij 0° zal deze lijn loodrecht op het wegoppervlak staan. Als deze ‘middenlijnen’ een ‘v’ vormen dan spreekt men van een positief camber. Wanneer de lijnen in de vorm van een A staan spreekt men van negatief camber. Tijdens het nemen van een bocht zal het chassis van de auto gaan rollen/ hellen (figuur hieronder). Dit zorgt ervoor dat er positief camber op de wielen ontstaat. Negatief camber zal dit effect compenseren, met als resultaat:



Figuur 46: camber

- Meer grip en stabiliteit in de bochten
- Zorgt voor een kracht op de wielen (camber thrust)

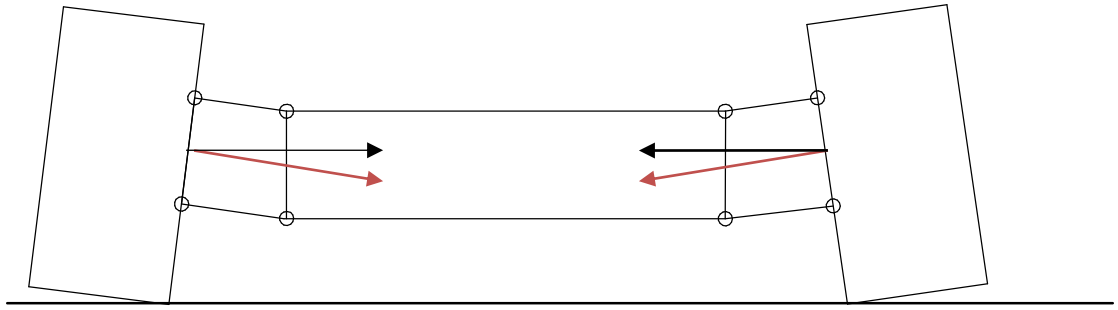
We zien hetzelfde bij een moto die met grote snelheid door een bocht gaat. De moto ‘legt’ zichzelf bijna tegen de grond om niet uit de bocht te gaan.
De krachten die op een wagen werken kunnen we voorstellen door bijvoorbeeld ‘de rups’ of de ‘vliegende stoeltjes’ in een pretpark. Wanneer de attractie begint te draaien wordt je door de snelheid naar buiten ‘geslingerd’ dit is de middelpuntsvliedende kracht. Dit is gelijkaardig aan de krachten die ontstaan op een wagen die een bocht neemt. Door de snelheid waarmee je de bocht neemt ‘kantelt’ de wagen wat naar buiten, hij heeft de nijging de baan langs de buitenzijde van de bocht te verlaten . Daarom zorgen ze ervoor dat een wagen negatief camber heeft om de middelpuntsvliedende krachten op te vangen om zo een optimale grip te hebben in de bocht.



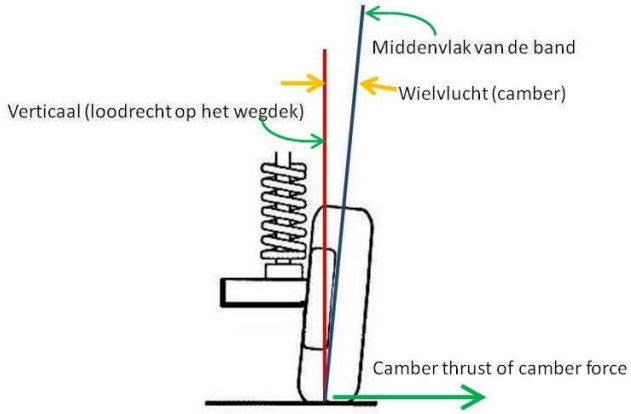
Figuur 47: voorstelling inwerkende krachten

De figuur hierboven stelt een wagen voor met negatief camber. De gebogen pijlen tonen wat er gebeurt wanneer de wagen een bocht neemt.
Camber trust is een kracht die ontstaat op de wielen door negatief camber. Deze zal de wielen naar het midden van de auto willen drukken. Als het voertuig rechtdoor gaat zullen de camber-thrust krachten van het linker- en rechterwiel elkaar opheffen. Dit zorgt voor meer rechtuitstabiliteit. De figuur hieronder toont wat er gebeurt als er een wagen een bocht neemt. Het wiel dat hier voorgesteld wordt is het buitenste wiel. Door de middelpuntsvliegende kracht zal de wagen uit de bocht neigen te vliegen.

10.5.1 Camber thrust

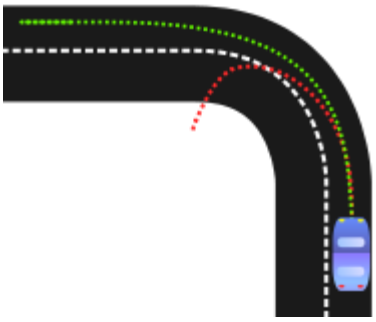


Figuur 48: camber thrust



Figuur 49: camber thrust

Negatief camber zorgt ervoor dat een wagen niet uit de bocht 'vliegt', dat er geen onderstuur ontstaat. Overstuur is het omgekeerde effect. Wanneer een auto zijn bocht heel kort neemt door bijvoorbeeld te driften. De groene lijn stelt onderstuur voor de rode overstuur.

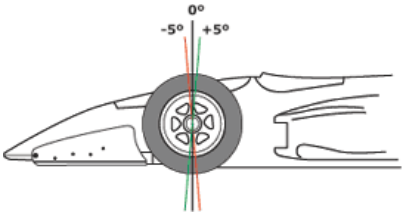


Figuur 50: voorstelling overstuur

Bij bijvoorbeeld een linkerbocht zal het linkerwiel willen gaan "liften", (omhoog komen) van een beetje tot helemaal los van de ondergrond. Dan zorgt de camber-thrust van het rechterwiel ervoor dat de bocht nog scherper genomen wordt waardoor "overstuur" ontstaat. Daarom proberen ingenieurs er voor te zorgen dat bij het nemen van een bocht altijd nog een halve graad negatief camber overblijft in ingeveerde toestand. Om zo een goeie wegligging te hebben.

Ideaal zou zijn als de banden altijd loodrecht op de op de weg zouden staan onder alle omstandigheden. Zo is de grip altijd optimaal en is de bandenslijtage minder en gelijkmatiger. De grootte van de hoek van negatief camber hangt ook af van de omstandigheden. Voor een personenwagen is het van belang dat de bandenslijtage zo miniem mogelijk is. Maarbij bijvoorbeeld raceauto's zal men niet kijken naar wat extra slijtage. Hier is enkel de finishvlag halen belangrijk.

10.5.2 Caster/ balhoofdhoek



Figuur 51: caster

Caster is de hoek gemeten tussen de wielvorken en de loodlijn op het wegdek. Positie caster ontstaat wanneer je de stuurvork onder een kleinere hoek plaatst, in de richting van de beweging. Caster is alleen van toepassing voor c.q. (betekent in geval van) sturende wielen dus niet op achterwielen die niet kunnen draaien.

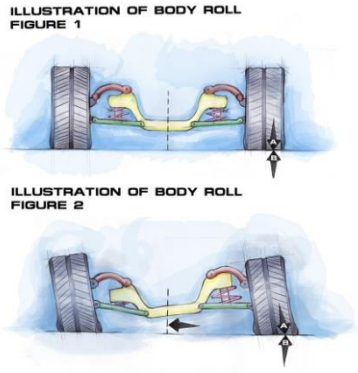
Posiefcaster zorgt voor:

- rechtuitstabiliteit, zorgt voor een grotere stabiliteit bij grote snelheden, een 'zelfsturend effect'. Met zelfsturend effect wordt bedoeld :wanneer je aan een stuur draait in en bepaalde richting dat het wiel terug naar zijn oorspronkelijke positie terug draait zonder kracht toe te voegen.

Voorbeeld:

- Als voorbeeld van caster kunnen we de sturende wielen van een winkelwagentje bekijken.
  Deze wielen zijn voorzien van positief caster en daardoor zullen zij die kant opgaan waarin het karretje geduwd wordt. Zou je deze wielen 180 graden draaien dan zouden ze negatief caster krijgen. Het karretje is nu een stuk moeilijker te duwen en is nu ook ineens onvoorspelbaar en instabiel geworden.

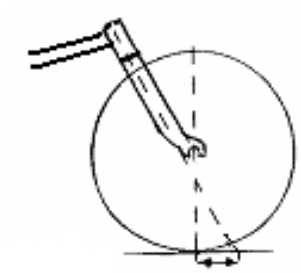
Meer positief caster zorgt voor een groter zelfsturend effect. Het lijkt logisch dat hoe meer positief caster je hebt hoe beter. Dit is niet juist. Hoe meer positief caster je gebruikt hoe zwaarder het sturen wordt omdat het zelfsturend effect groot is.
Er is nog een nadeel,tijdens het insturen van een bocht zorgt positief-caster voor het volgende ongewenste neveneffect:

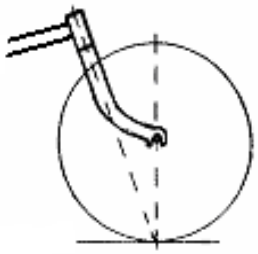


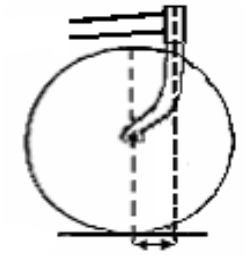
Figuur 52: caster

- Het binnenste wiel zal omhoog komen terwijl het buitenste wiel zal zakken.
  Dit zorgt ervoor dat er meer gewicht gaat rusten op het buitenste wiel en veroorzaakt daarmee een "los" gevoel in de auto. (dit wel bij grotere snelheden)
  De buitenste voorband slijt nu extra hard en deze had het al zwaar door de extra belasting ten gevolge van de body-roll, camber-thrust en camber belasting op binnenzijde van de band.

De oorzaak van de rechtuitstabiliteit van de wagen is de naloop, naloop ontstaat door positief caster en zorgt ervoor dat de wagen een stabiel rijgedrag vertoont.


Figuur 54: naloop


Figuur 53: geen naloop



Figuur 55: naloop

Eigenschappen van naloop:

- Als de naloop nul is, heeft het voertuig geen eigen stabiliteit meer.
- Bij voorloop wil het wiel alle kanten op behalve rechtdoor, dit is heel gevaarlijk en ook zwaar.
- Steile balhoofdhoeken en een grote vorkdoorbuiging maken het stuurkarakter directer. Minder steile balhoofdhoeken en weinig gebogen vorken maken het stuurkarakter stabieler.

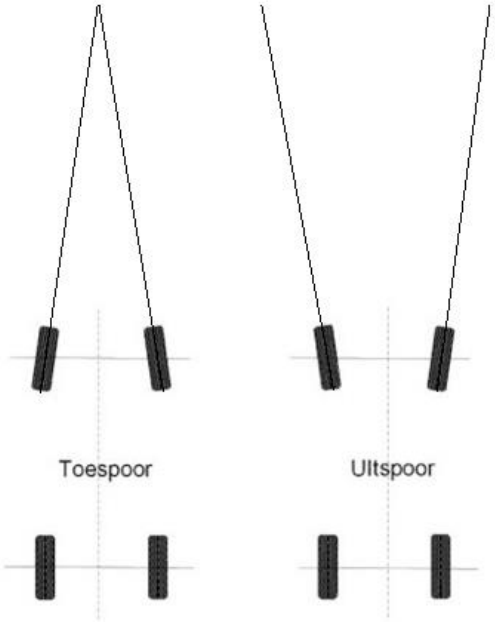
Bij motoren en brommers is er geen vorkdoorbuiging, maar staan de poten van de voorvork gewoon een aantal centimeters voor het balhoofd. Als een voorvork voor een gewone fiets recht wordt uitgevoerd, maakt het balhoofd een hoek met de voorvork.

10.5.3 Toe en uitspoor

Om dit voor te stellen tekenen we lijnen in de rijrichting die door het midden van het loopvlak lopen. De linkse figuur stelt toespoor voor, de kruisende lijnen vormen een “A-vorm”. De rechtse figuur stellen uitspoor voor. De kruisende lijnen vormen een V-vorm. Dit zie je wanneer we het bovenaanzicht van de wagen bekijken.
Toe en uitspoor zal belangrijk zijn op 3 rijeigenschappen:

- bandenslijtage
- rechtuitstabiliteit
- bocht-instuur-moment

Bandenslijtage:
Voor minimale bandenslijtage zou het ideaal zijn als de banden tijdens het rijden parallel ten opzichte van elkaar zouden staan, geen toe- of uitspoor. Bij voorwielaandrijving is dit te bereiken door in statische toestand een beetje uitspoor te hebben. Een achterwielaandrijver zou dan juist een beetje toespoor moeten hebben. Een voorwielaandrijver heeft de neiging om te “ondersturen”, toespoor zal zorgen voor wat “overstuur” effect wat er voor zal zorgen dat het zichzelf compenseert.



Figuur 56: toe- en uitspoor

Er is wel een verschil tussen “statische- en dynamische- sporing”,(de afstellingen van de wielen bij stilstand en in beweging) vooral bij een voorwielaandrijving kunnen we dit constateren maar ook bij een achterwielaandrijver met onafhankelijke wielophanging is dit van belang.
Effecten van uitspoor:

- hoge uitspoorwaardes zullen ervoor zorgen dat de binnenste rand van de banden gaan slijten, veel toepoort zorgt er dan weer voor dat de buitenzijde van de band gaat slijten door extra belasting.

Eigenschappen:

- uitspoor→beter stuurrespons = goed kunnen draaien, slalommen
- toespoor→rechtuitstabiliteit verbeteren= vork keert terug naar zijn oorspronkelijke positie, zelfsturend effect

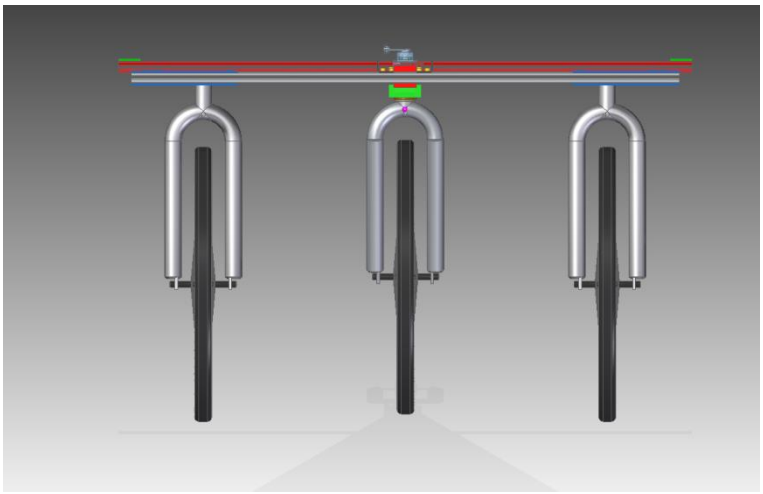
Soms wordt toe-of uitspoor ook gebruikt voor een ander effect: ‘bandentemperatuur’. Voor racewagens is het zeer belangrijk dat ze een juiste temperatuur van de banden halen om zo een optimale grip te bekomen. Een goede temperatuur zorgt voor meer grip in de bochten en hierdoor kan ook harder geremd worden.
Voorbeelden:

- personenauto’s (toespoor) zorgt voor een goed stuurgedrag.
- racewagens (uitspoor) goed zelfsturend effect.

Al de eigenschappen die we hierboven besproken hebben, zijn van groot belang op de wegligging en bandenslijtage en ook zeker niet te vergeten, het rijplezier van de bestuurder.

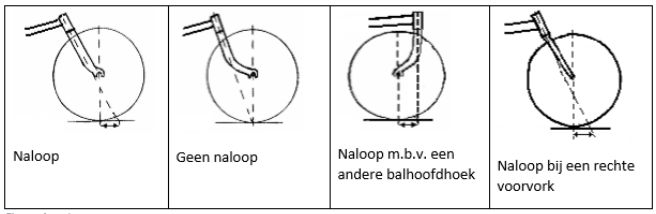
10.6 Onze keuze

Camber: wij zullen onze wielen en wielvorken niet onder een hoek plaatsen omdat bij een lage snelheid dit niet veel effect zal hebben. Het is niet de bedoeling dat we een racewagen maken die aan hoge snelheden door de bocht raast. Moesten we grotere snelheden halen zouden we hier wel rekeningen moeten mee houden omdat camber zorgt voor stabiliteit.



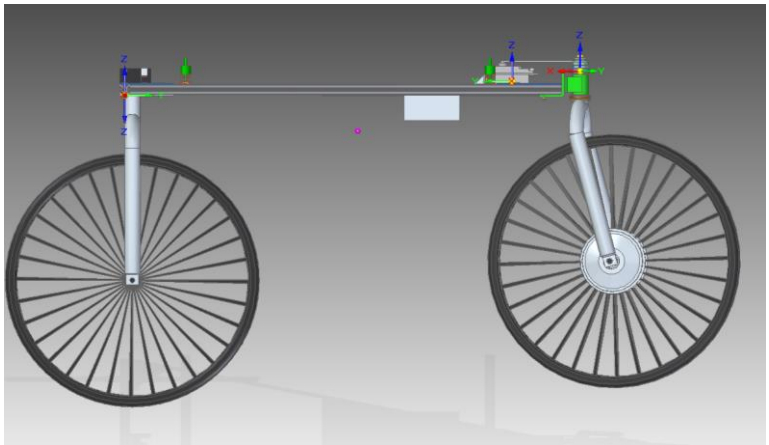
Figuur 57: camber in onze wagen

Caster: omdat caster alleen van belang is op sturende wielen moeten we alleen rekeningen houden met het achterwiel. Er zijn 2 mogelijkheden om dit principe toe te passen.



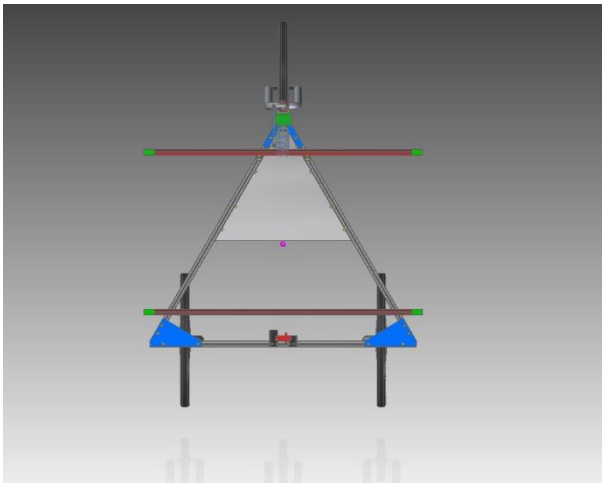
Figuur 1: naloop

- De beste mogelijkheid is het achterwiel onder een hoek plaatsen en ook gebogen fietsvorken gebruiken waardoor we een grote naloop creëren die er voor zorgt dat we een goede stabiliteit hebben bij hogere snelheden.
- We kunnen ook gebruik maken van rechte fietsvorken en deze onder een hoek plaatsen, een andere optie is de stuurvork recht plaatsen en gebogen fietsvorken gebruiken. Wijzelf zullen gebruik maken van een fietsvork die recht geplaatst wordt waarvan de hoofdas wat voor de balhoofd geplaatst wordt. De reden hiervoor is als we de fietsvork onder een hoek plaatsen we ook de servo en servo-arm onder deze hoek moeten plaatsen. Dit maakt het mechanisme veel ingewikkelder. Net als hierboven al vermeld is het niet de bedoeling dat we hoge snelheden halen. Waardoor caster ook minder van belang is.



Figuur 58 voorstelling caster

Toespoor/uitspoor: we zullen onze wielen en wielvorken niet naar binnen of naar buiten plaatsen. Dit effect zal een heel kleine rol spelen omdat de snelheid ook beperkt is. Het zorgt ook voor extra slijtage aan de banden.



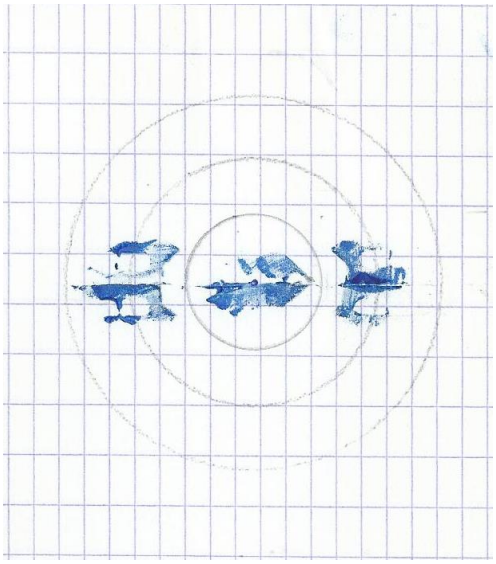
Figuur 59: toe- en uitspoor

11 Berekening draaikoppel

Figuur 60: contactoppervlak

Wanneer we een band plaatsen op de weg ontstaat er een contactoppervlak. Dit contactoppervlak is afhankelijk van de band (dikte, druk en het profiel). Voor onze berekeningen gaan we dit contact-oppervlak vereenvoudigd voorstellen door een cirkel. Dit omdat berekeningen met ellipsen complexer zijn. Deze berekeningen zijn er om ons een idee te geven hoeveel koppel we werkelijk nodig hebben om het stuur te kunnen draaien. Omdat de berekeningen bijna onmogelijk zijn om het contactoppervlak van een band met profiel te bepalen hebben wij geprobeerd om dit proefondervindelijk te weten te gekomen. De nodige stappen die we gedaan hebben zijn:

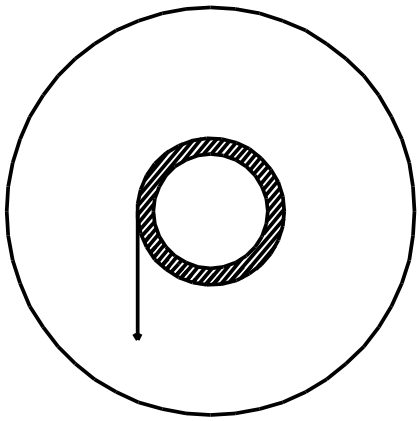
- Vlak van het bandprofiel ingekleurd met stift of krijt
- We leggen een blaadje papier op de weegschaal
- We plaatsen de band met het gekleurde vlak op het blad papier dat op de weegschaal ligt.
- We drukken de band tegen de weegschaal tot we een bepaalde massa bekomen, wij drukken tot 30 kg
- De bekomen figuur op het blad is het raakoppervlak van de band



De kleinste cirkel heeft en diameter van 2 cm de middelste 4 cm en de buitenste 6 cm.

Figuur 61: oppervlak onze banden

Door deze proef kunnen we afleiden welk raakoppervlak we ongeveer gebruiken waaruit we het koppel kunnen berekenen met de volgende berekening. We gaan er vanuit dat wanneer een wagen kan draaien wanneer hij stilstaat, dat hij ook kan draaien wanneer hij aan het rijden is omdat de statische wrijving groter is dan de dynamische wrijving.



Voor de berekening verdelen we de cirkel in heel veel kleinere cirkels, op de figuur is zijn er 2 getekend. Daarvan gaan we de oppervlakte berekenen.

$$oppervlak = 2 * \pi * r * dr$$

$$\int_0^r dM = \int_0^r r * F_W$$

$$\int_0^r dM = \int_0^r r * \mu * F_G$$

$$\int_0^r dM = \int_0^r r * \mu * \sigma * A$$

$$\int_0^r dM = \int_0^r 2 * \pi * r^2 * \mu * \sigma$$

$$M = \frac{[2 * \pi * r^3 * \mu * \sigma]_0^r}{3}$$

$$F_W = \mu * F_G$$

Met μ is de wrijvingscoëfficiënt van het contactoppervlak.

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

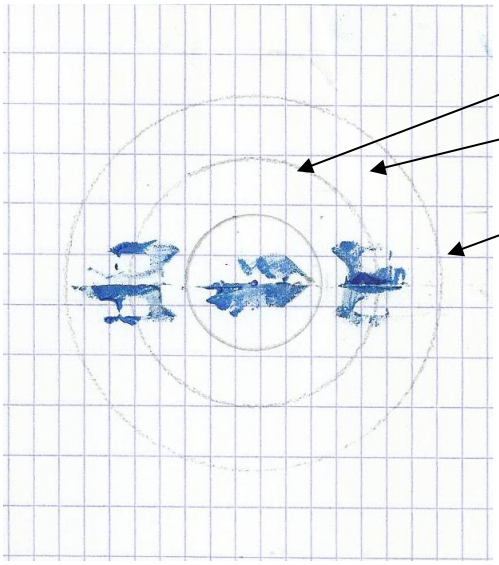
Met Excel voegen we in de parameters R(straal van het contactoppervlak) en F (massa op het achterwiel) verschillen waardes waardoor we kunnen zien wat er verandert als we het gewicht laten toenemen en het contactoppervlak vergroten. Een parameter die we ook kunnen veranderen is de statische wrijvingscoëfficiënt, deze coëfficiënt is op elk wegdek verschillend (bij beton-rubber is dit 1 bij afvalt-rubber is dit 0,8) en deze zal er ook voor zorgen dat we verschillende draaikoppels bekomen. Voor onze berekening hebben wij gekozen voor een statische wrijvingscoëfficiënt van 1.

massa	statische Wrijving	F	A	A2	A3	straal	straal 2	straal 3
5	1	49,05	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
6	1	58,86	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
7	1	68,67	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
8	1	78,48	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
9	1	88,29	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
10	1	98,1	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
11	1	107,91	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
12	1	117,72	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
13	1	127,53	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
14	1	137,34	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
15	1	147,15	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
16	1	156,96	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
17	1	166,77	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
18	1	176,58	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
19	1	186,39	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
20	1	196,2	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
21	1	206,01	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
22	1	215,82	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
23	1	225,63	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
24	1	235,44	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
25	1	245,25	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
26	1	255,06	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
27	1	264,87	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
28	1	274,68	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
29	1	284,49	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03
30	1	294,3	0,000314159	0,001256637	0,002827433	0,01	0,02	0,03

vaste spanning	vaste spanning	vaste spanning	koppel	koppel	koppel

156130,9992	39032,74979	17347,8888	0,327	0,654	0,981
187357,199	46839,29975	20817,46656	0,3924	0,7848	1,1772
218583,3988	54645,84971	24287,04432	0,4578	0,9156	1,3734
249809,5987	62452,39967	27756,62208	0,5232	1,0464	1,5696
281035,7985	70258,94963	31226,19983	0,5886	1,1772	1,7658
312261,9983	78065,49959	34695,77759	0,654	1,308	1,962
343488,1982	85872,04955	38165,35535	0,7194	1,4388	2,1582
374714,398	93678,5995	41634,93311	0,7848	1,5696	2,3544
405940,5979	101485,1495	45104,51087	0,8502	1,7004	2,5506
437166,7977	109291,6994	48574,08863	0,9156	1,8312	2,7468
468392,9975	117098,2494	52043,66639	0,981	1,962	2,943
499619,1974	124904,7993	55513,24415	1,0464	2,0928	3,1392
530845,3972	132711,3493	58982,82191	1,1118	2,2236	3,3354
562071,597	140517,8993	62452,39967	1,1772	2,3544	3,5316
593297,7969	148324,4492	65921,97743	1,2426	2,4852	3,7278
624523,9967	156130,9992	69391,55519	1,308	2,616	3,924
655750,1965	163937,5491	72861,13295	1,3734	2,7468	4,1202
686976,3964	171744,0991	76330,71071	1,4388	2,8776	4,3164
718202,5962	179550,649	79800,28847	1,5042	3,0084	4,5126
749428,796	187357,199	83269,86623	1,5696	3,1392	4,7088
780654,9959	195163,749	86739,44399	1,635	3,27	4,905
811881,1957	202970,2989	90209,02174	1,7004	3,4008	5,1012
843107,3955	210776,8489	93678,5995	1,7658	3,5316	5,2974
874333,5954	218583,3988	97148,17726	1,8312	3,6624	5,4936
905559,7952	226389,9488	100617,755	1,8966	3,7932	5,6898
936785,995	234196,4988	104087,3328	1,962	3,924	5,886

De rijen die in het blauw en rood gekleurd zijn, zijn van belang voor onze wagen. Omdat de massa nog wat kan veranderen hebben we hierin nog een marge genomen. Als we kijken bij de grootste massa en grootste contactoppervlak hebben we een koppel nodig van 2,5 Nm. Dit koppel is voor ons te groot, de grootste cirkel op de figuur hieronder komt overeen met het grootste contactoppervlak, we zien dus dat niet heel de cirkel gevuld is. Ons contactoppervlak zal tussen de 2en 4 cm diameter liggen. Maar we moeten uiteraard een veiligheidsmarge nemen.



Figuur 63: contactoppervlak

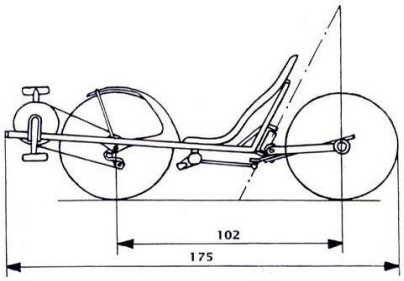
De servo die we zullen gebruiken voor de zonnewagen zal een koppel van min 2 Nm moeten hebben om het stuur te kunnen verdraaien in stilstand. Daarom hebben we gekozen voor deze servo. Deze servo heeft een koppel van 2-2,4 Nm(hangt af van de spanning). Omdat deze servo wat grotere afmetingen heeft is de servo goedkoper dan bijvoorbeeld een servo die wat kleiner gemaakt is. Voor ons speelt de grootte niet van belang. Het gewicht schilt ook maar enkele grammen met een servo van kleiner formaat.

Figuur 62: draaiservo

Werkspanning	4,8-6V
Instelkoppel 4,8 V	27.4kg.cm
Instelkoppel 6 V	34.3kg.cm
Insteltijdbij 4,8 V	0.19sec/60°
Insteltijdbij 6 V	0.14sec/60°
draaihoek	45°
lagertype	Dubbelgelagerd
afmeting	66 x 30 x 57.6 mm
gewicht	152 g)
Lengte connector	300mm
Stekkerssysteem	JR

12 Beschrijving en evolutie ontwerp

Doorheen het schooljaar hebben we enkele ontwerpen gemaakt voor onze zonnewagen. Onze zonnewagen heeft 2 voorwielen en 1 achterwiel. We hebben voor een driewieler gekozen omdat de luchtweerstand kleiner is en het draaimechanisme een stuk eenvoudiger is als we sturen op 1 wiel, wat ook zal zorgen voor een kostvermindering.
Er zijn verschillende soorten driewielers: driewielers met 1voorwiel of met 2 voorwielen. Hierbij kunnen ook verschillende wielen aangedreven worden en er zijn ook verschillende draaimechanismen.
Hier enkele soorten:
Een kantelknik besturing met voorwielaandrijving.



Figuur 64: kantelknik besturing

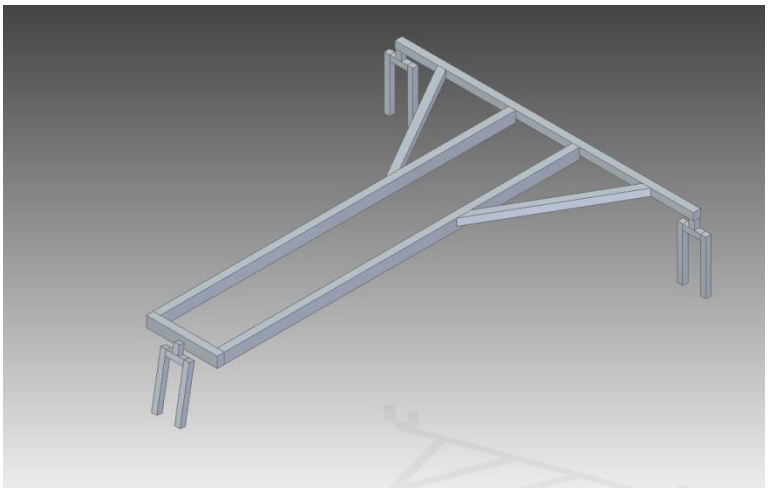
Voorwielbesturing op 1 wiel +achterwielaandrijving op 2 wielen.

Figuur 65: voorwielbesturing

Kniksysteem in het midden+ achterwielaandrijving

Figuur 66: kniksysteem in het midden

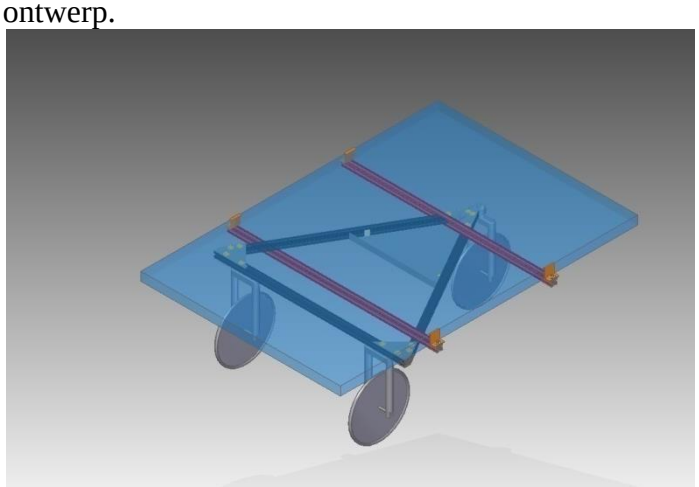
Naast deze principes zijn er nog een aantal mogelijkheden maar we kunnen deze niet allemaal opsommen. We kiezen zelf voor een principe gelijkaardig aan het laatste systeem, het "kniksysteem +achterwielaandrijving". Wij hebben hiervoor gekozen omdat op 2 wielen sturen een stuk ingewikkelder is dan een kniksysteem, ook de motor plaatsen wij in 1 wiel, het achterwiel.
Een voordeel van 1 aangedreven achterwiel is dat we geen gebruik moeten maken van een differentieel. Het differentieel is een constructie om het verschil in wielomwentelingen bij het nemen van een bocht op te vangen**.** Technisch is het mogelijk om slechts één van beide voorwielen aan te drijven, dit is goedkoper maar niet zo elegant (op invalidenfietsen zien we deze oplossing nogal eens maar dan wel met 2 achterwielen en 1 voorwiel). Een differentieel is moeilijk te construeren en de verliezen in de overbrenging zijn vaak hoog en deze moeten voor ons zo laag mogelijk zijn. Daarom hebben we ook gekozen om de zonnewagen aan te drijven op 1 wiel. Dit zal het fabriceren volgens ons een stuk gemakkelijker maken en het zal ook een gewicht- en kostbesparing zijn.
Onze wagen is in de loop van het schooljaar ook veel veranderd. We zijn begonnen met het idee om een grote wagen te maken, deze volledig theoretisch uit te werken en dan achteraf een kleinere versie te maken. Maar van dit idee zijn we snel afgestapt omdat dit moeilijker was voor onze praktische realisatie die wij wel belangrijk vonden. Ons eerste ontwerp was een grote wagen met afmetingen van 6meter op 2,5 meter maar na wat overleg met de groep en leerkrachten zijn we veranderd naar een wagen met afmetingen van 1,5meter op 1 meter. Dit omdat we enerzijds een zonnepaneel geschonken kregen en het leek ons wel een goeie afmeting voor een 'schaalmodel' van een echte wagen. Het eerste ontwerp was gemaakt van 'balken' van aluminium of staal en dit zorgde voor een enorm gewicht. Te veel gewicht zorgt voor een grote rolweerstand wat als gevolg zou hebben dat we veel energieverlies hebben, wat bij een zonnewagen zo laag mogelijk moet zijn. In het ontwerp werd er ook nog geen rekening gehouden met sterkte van het chassis, opberging van materialen enz. Het was enkel een schets om mogelijke problemen al te vermijden.



Figuur 67 ontwerp 1

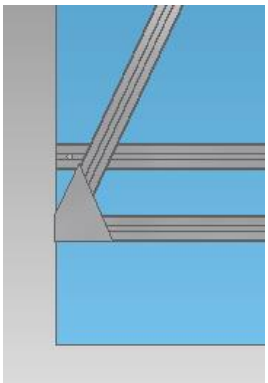
Na overleg met enkele teamleden zijn we overgestapt naar rexrothprofielen. Rexrothprofielen zijn profielen die gemaakt zijn van aluminium wat als gevolg heeft dat ze sterk, licht en ook goed bevestigbaar zijn aan elkaar en bovendien konden we deze profielen ook op school verkrijgen wat dan weer heel gemakkelijk was. Voor ons volgende ontwerp (ontwerp 2) kozen we voor profielen van 40*40. Op dit ontwerp hadden we toen nog geen sterkteberekeningen gedaan omdat het ontwerp nog in zijn ontwerpfase zat. Het leek voor ons ook de beste keuze.

Bij ontwerp 2 zijn we gestart met een driehoek als basis, een driehoek zorgt voor sterkte in ons ontwerp, in een brug en andere constructies komen vaak driehoeken terug omdat ze zorgen voorstabiliteit en sterkte wat in ons geval ook een belangrijke rol speelt. Voor de bevestiging van ons zonnepaneel aan ons chassis hebben we 2 rexrothprofielen als dwarsliggers gebruikt, dit omdat de driehoek van het chassis kleiner was dan de uiteinden van het zonnepaneel wat ervoor zorgde dat we ze niet aan elkaar konden bevestigen.
Dit ontwerp was al een aantal kg gedaald in massa vergeleken met het vorige ontwerp omdat het een stuk verkleind was. Daarna hebben wij sterkteberekeningen op de profielen toegepast. Deze berekeningen hebben wij pas achteraf gedaan na dat we de grootste deel van het ontwerpwerk hadden afgewerkt. Na deze berekeningen zagen we dat de profielen van 40*40 zeker sterk genoeg waren en kozen we voor profielen van 30*30. We kozen voor deze profielen omdat ze zorgden voor een gewichtsvermindering. Dit zorgde voor een nieuw ontwerp.

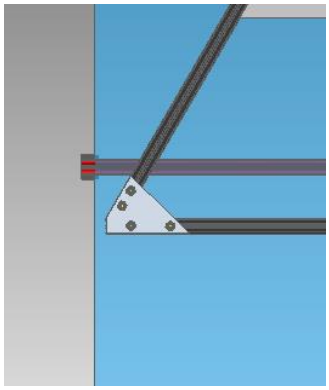


Figuur 68 ontwerp 3

Bij ontwerp 3 werd de driehoek die zorgt voor de stabiliteit wat kleiner gemaakt ook de hoeken tussen de zijden werden veranderd. We kozen voor een gelijkzijdige driehoek met zijden van 1 meter. Dit hebben we veranderd omdat we alles onder het zonnepaneel wilden plaatsen zodat we nog een mogelijke omkasting zouden kunnen bijplaatsen.
In dit ontwerp werd al rekening gehouden met de afwerking en mogelijke fabricage.



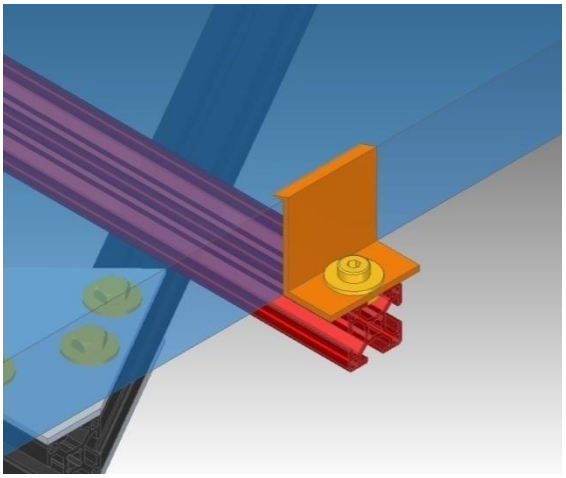
Figuur 69: ontwerp 2



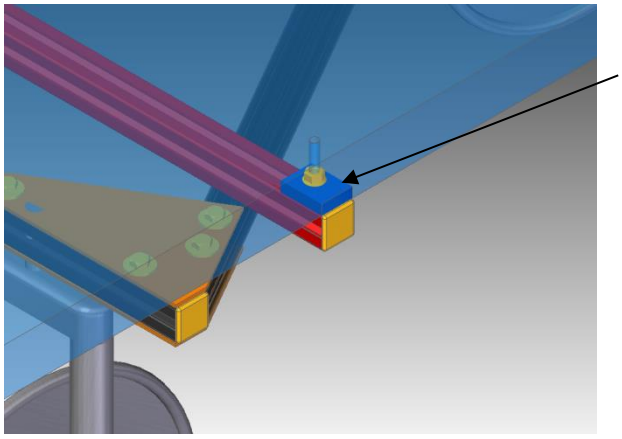
Figuur 70: ontwerp 3

Er werden mogelijkheden overlopen om het zonnepaneel aan het onderstel te bevestigen. We hadden plannen om scharnieren te plaatsen aan 1 zijde, om het zonnepaneel naar 1 kant open te ‘plooien’ en zo in de opbergbak te kunnen omdat we toen nog gekozen hadden voor een gesloten onderkant. In dit ontwerphadden we ervoor gekozen om de onderkant te sluiten om er zo voor te zorgen dat er geen water en stof in onze opbergbak terecht kon komen. We

moesten dus een manier vinden om er van bovenaan in te kunnen om alles in de opbergbak te bekijken. We hadden ook gedacht om beugels te maken om deze van boven los te maken en ook zo het zonnepaneel van het chassis te nemen.
Na wat overleg hebben wij deze ideeën ook verworpen en hebben we gekozen om de wagen vanonder niet volledig te sluiten en zo nog van langs onder aan de electronica te kunnen werken. Wat ook als gevolg had dat we geen speciale bevestiging voor het zonnepaneel nodig hadden. We zullen nu enkel gebruik maken van 4 bouten en moeren om het zonnepaneel te bevestigen. Tussen het zonnepaneel en de dwarsliggers zullen we rubber blokjes plaatsen om ongewenste trillingen op het zonnepaneel te vermijden. Dit ook omdat we geen gebruik maken van schokdempers.
Ons ontwerp begon al wat te lijken op wat we voor ogen hadden maar toch zijn we nog



Figuur 71: ontwerp 3: bevestiging met beugel



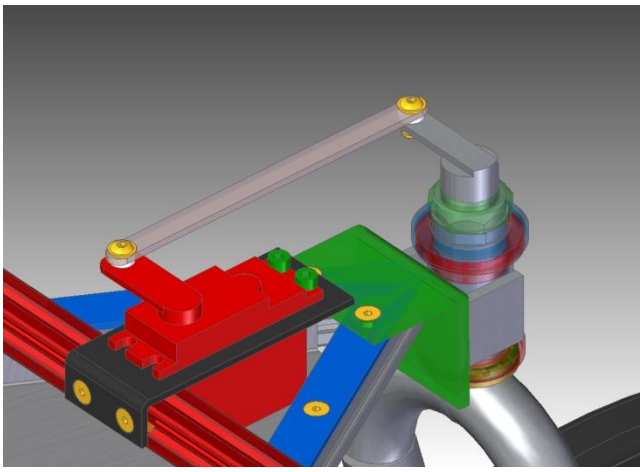
Figuur 72 ontwerp 3: voorstelling rubberblokje

veranderd van profielen, om de reden dat we profielen van 30*30 moeilijk konden bestellen, daarom zijn we veranderd naar profiel van 20*20, deze profielen waren aanwezig op school maar de bevestig ervoor waren daardoor wel terug een stuk kleiner. Dit had als gevolg dat we terug een nieuw ontwerp moesten tekenen met profielen van 20*20, ook de bevestigingen moesten wat kleiner gemaakt worden.

Huidige ontwerp:

Omdat dit volgens ons het laatste ontwerp was hielden we al rekening met afwerkingen, dit hield in dat we gebruik maakten van bijvoorbeeld verzonken bouten. Ook alle andere onderdelen bijvoorbeeld: inschuifbouten, bestuurssystemen, remsysteem… werden al in het chassis ingewerkt. Fietsvorken en fietswielen die we besteld hadden tekenden we na op ware grote en plaatsten we in het ontwerp. Na samenvoeging van alle materialen en onderdelen zagen we dat de wagen visueel tamelijk hoog van de grond stond maar dit konden we niet verlagen omdat we gebruik maken van een naafmotor die moet gespaakt worden in een fietswielen dit brengt met zich mee dat we rekening moesten houden met de motor die nog moest gespaakt worden in het wiel. Dit was voor ons een wiel met diameter van 50 cm. Als we voor een kleinere diameter hadden gekozen dan zouden de spaken te kort zijn waardoor de motor niet kon bevestigd worden.

Draaimechanisme:

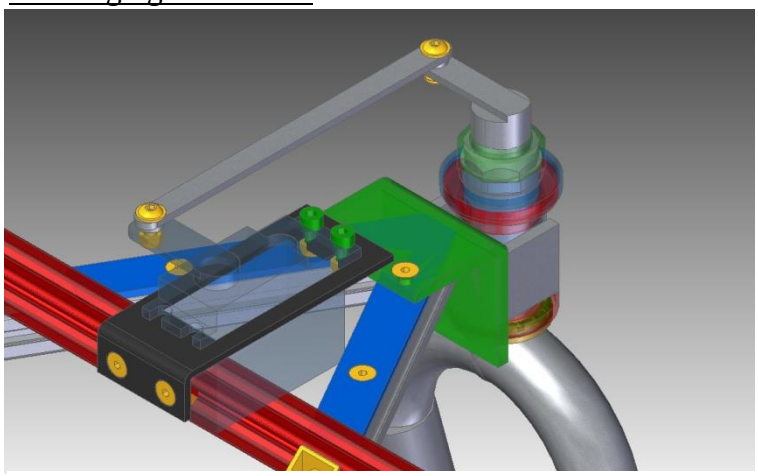


Figuur 73 voorstelling servobesturing

Wijzelf kiezen voor een principe gelijkaardig aan het “kniksteem +achterwielaandrijving”. Wij hebben hiervoor gekozen omdat op 2 wielen sturen een stuk ingewikkelder is dan een kniksysteem, ook de motor plaatsen wij in 1 wiel, het achterwiel. Omdat het een onbemande zonnewagen is zullen we gebruik maken van een telegeleide besturing. Deze besturing zal ervoor zorgen dat we van op afstand de wagen kunnen besturen. De besturing zal een commando geven aan een servo die wij hier gebruiken om het achterwiel te laten draaien.

Voor de overbrenging van de servoarm naar het achterwiel maken we gebruik van een staafje vervaardigd uit staal. Deze servoarm moet ervoor zorgen dat wanneer de servo verdraait het achterwiel ook verdraait. Om de servoarm en de staaf aan elkaar te bevestigen maken we gebruik van een bout, een borgmoer en een rondsel vervaardigd uit nylon. De reden waarom wij een rondsel uit nylon gebruiken is omdat het een goed geleideigenschap heeft en dat het sterk is. De reden waarom wij een borgmoer gebruiken en geen gewone moer is omdat de moer door trilling kan loskomen en dit is een probleem dat er voor kan zorgen dat de wagen crasht.

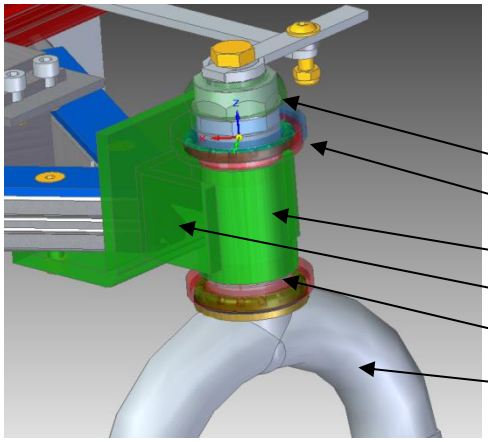
Bevestiging stuurservo:



Figuur 74 bevestiging servo

Voor de bevestiging van de stuurservo aan het chassis hebben wij gebruik gemaakt van een beugel. Deze beugel bevestigen we d.m.v 2 verzonken binnenzeskantbouten aan het profiel. De servo kunnen we in de beugel plaatsen en indien nodig wat naar voor of naar achteren schuiven om een goede positie te verkrijgen. De servo wordt vastgezet door middel van 2 binnenzeskantbouten.

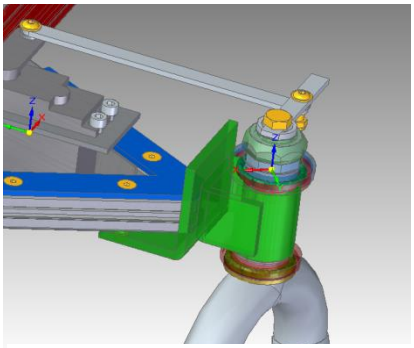
Bevestiging van stuurbus aan chassis:



Deze lagers en fietsvorken gebruiken wij van een kinderfiets omdat onze wagen zo laag mogelijk van de grond moet liggen. En het leek voor ons makkelijk en net te fabriceren.

bevestigingsmoer
lager+ 2 omhulsels
buitenbus
bevestiging buitenbus aan chassis
lager + 2 omhulsels
wielvork

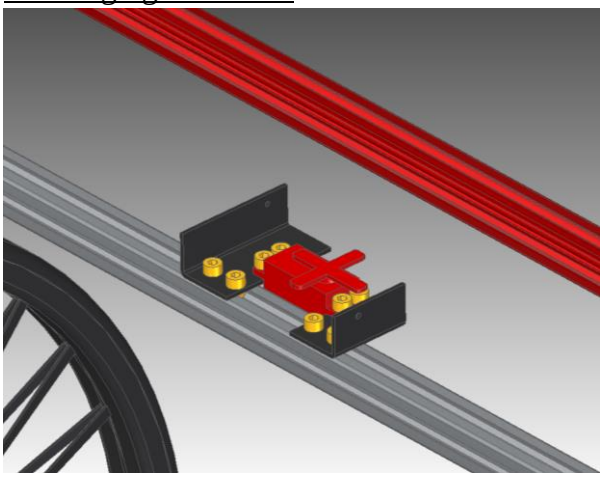
Figuur 75 bevestiging stuurbus aan chassis



Om de buitenbus (waar de fietsvork in draait) aan het chassis te bevestigen maken we gebruik van een U-profiel en een hoekprofiel die aan elkaar gelast worden. De buitenbus wordt daarna in het U-profiel gelast en het hoekprofiel wordt daarna door middel van 4 verzonken bouten aan de profielen van het chassis bevestigd.

Figuur 76 bevestiging stuurbus aan chassis

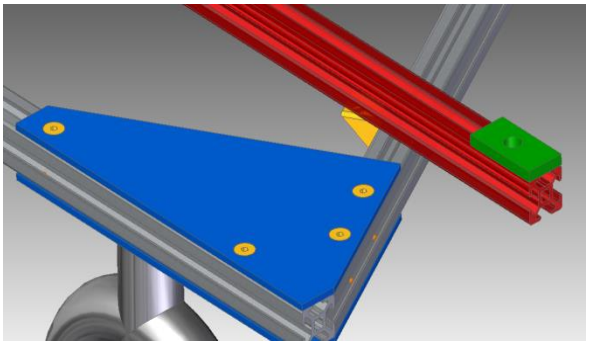
Bevestiging remservo:



Figuur 77remsysteem

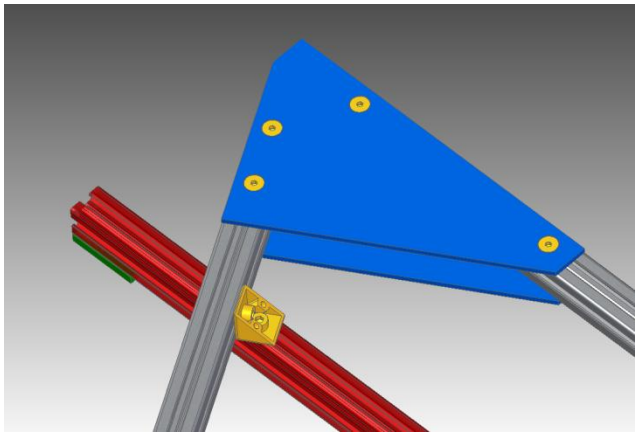
Omdat we met onze motor niet kunnen remmen, hebben we gebruik gemaakt van een systeem met remblokken, remkabels en een servomotor. Als wij onze wagen dus willen afremmen of volledig tot stilstand willen brengen sturen we via onze besturingseenheid een signaal naar onze servomotor die dan zorgt dat de remblokken aangetrokken worden en zo de wagen doet afremmen.

Bevestiging hoekplaatjes en stuurvork:



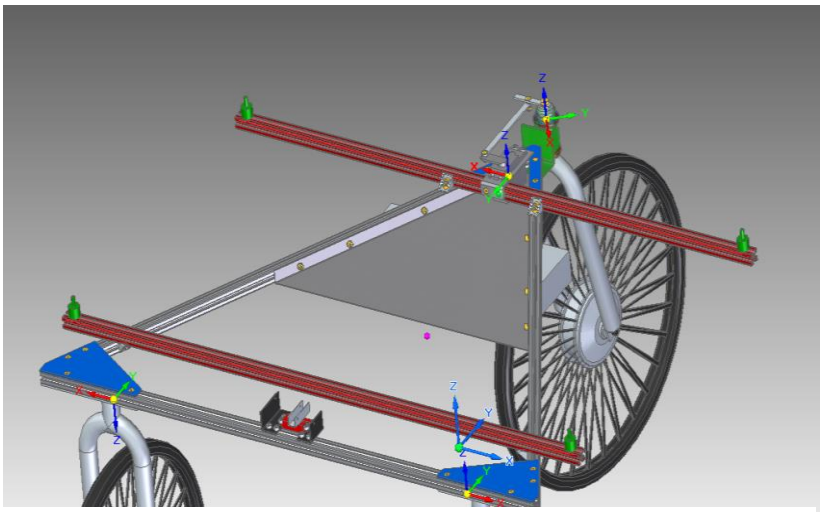
Figuur 78 hoekplaatjes

Om de profielen aan elkaar te bevestigen maken we gebruik van hoekplaatjes. Deze plaatjes zijn vervaardigd uit staal omdat we de fietsvorken hier nog moeten op lassen. Voor de afwerking maakten we gebruik van verzonken bouten, deze bouten kunnen we door middel van inschuifbouten aan de profielen bevestigen. Zo moet we niet in de profielen boren. Om een sterke bevestiging te maken tussen de fietsvorken en 2 hoekplaatjes laten we deze 2 materialen aan elkaar lassen. Dit zorgt voor een goede en stevige verbinding.



Figuur 79hoekstuk bevestiging

Voor de bevestiging van de dwarsligger aan het chassis maken we gebruik van hoekstukjes. We hebben voor deze hoekjes gekozen omdat ze ook speciaal voor rexrothprofielen gemaakt zijn en we konden deze ook in school verkrijgen, dit zorgde ervoor dat we ook niet in de profielen moesten boren en zo behouden we ook de sterkte in de profielen.



Figuur 80 opbergbak

Voor de opbergbak maken wij gebruik van een aluminium plaat van 1,5 mm omdat deze plaat niet zo dik is zullen we 2 zijden van de plaat laten plooien om wat stevigheid te hebben zodat de plaat niet te veel doorbuigt. In de opbergbak zullen wij verschillende onderdelen bevestigen zoals : batterij, omvormers, servo's…
De opbergbak zullen wij door middel van 8 bouten en inschuifbouten aan de profielen bevestigen.

<u>Evolutie van de massa van het ontwerp:</u>

Massa ontwerp 1(enkel chassis) staal: ongeveer 139 kg
Massa ontwerp 1(enkel chassis) aluminium: ongeveer 56 kg
Massa ontwerp 2(chassis +wielen): ongeveer 46 kg
Massa ontwerp 3(chassis +bevestiging+wielen): ongeveer 33 kg
Massa ontwerp 4(chassis +bevestiging+wielen): ongeveer 32 kg
Massa ontwerp 5(volledige chassis): ongeveer 53 kg

We zien dat de massa van het laatste chassis terug gestegen is. Dit omdat we in het vorige chassis geen rekening hielen met de batterij, motor, stuurmechanismen… en we tekenden ook fietsvorken en wielen op ware grootte en gewicht. Dit zorgt voor een gewichtstoename. We zien dat de theoretische massa die we bekomen heel dicht bij de gemeten massa is. De massa die we gemeten hebben was 52,5 kg.

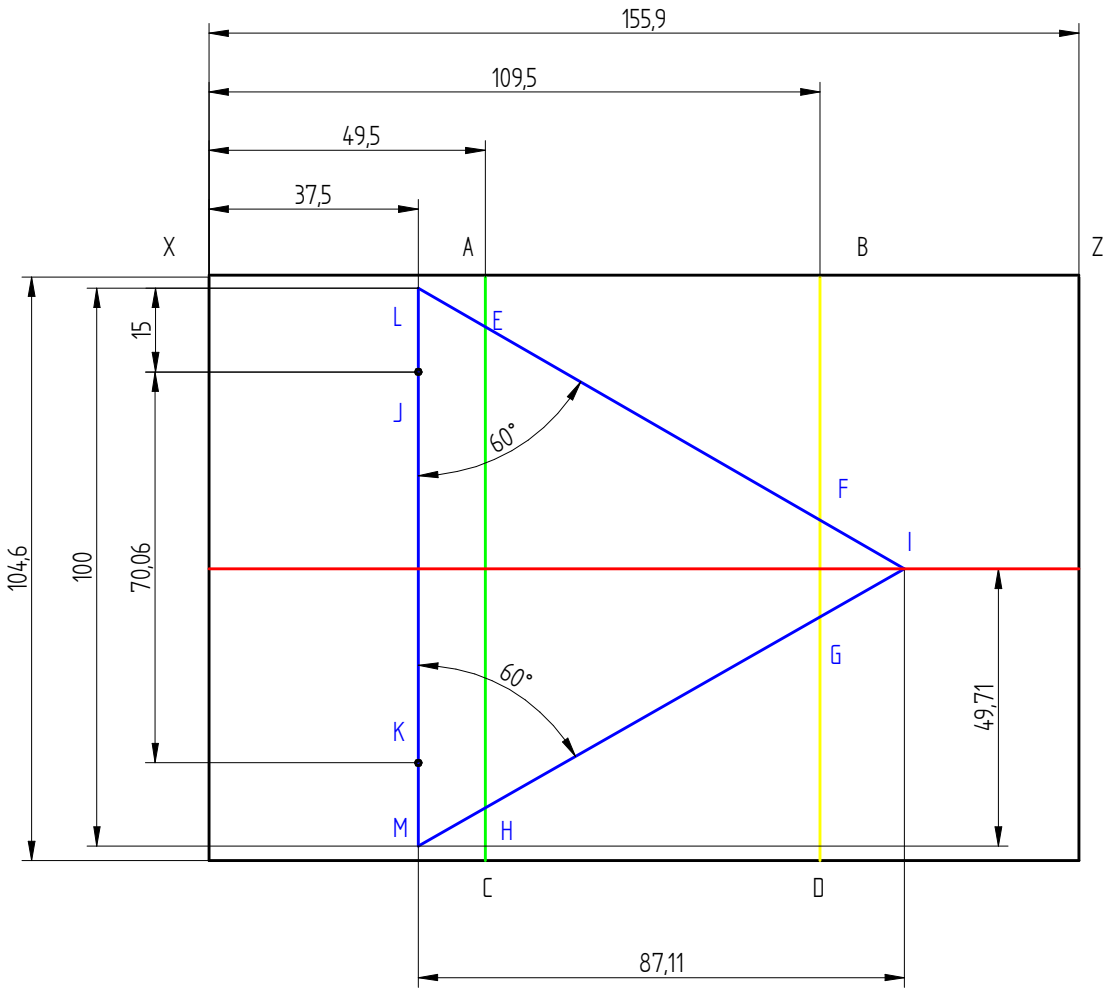
13 Sterkteberekeningen.

Gegevens:

- Zonnepaneel 18 Kg
- Gelijkmatig verdeelde belasting rexroth0,01 N/mm

Afstand	In mm
L_{TOT}	1559
X-L	375
X-A	495
A-B	600
X-B	1095
X-I	1260
E-F	692,82
E-L	103,92
L-I	1021,91
$L\text{-}B_1$	631
$L\text{-}B_2$	951
L-M	1000
A-C	1100
A-E	115
B-F	460
I-J	150

De afmetingen op de tekeningen zijn uitgedrukt in cm. Berekeningen zijn uitgevoerd in mm.



Figuur 81: voorstelling bovenaanzicht chassis

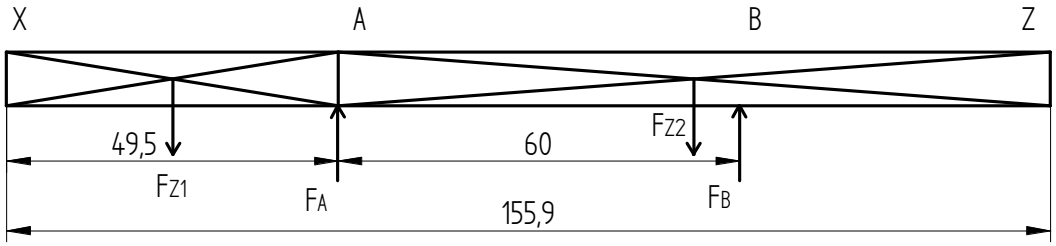
Gevraagd:

- Kracht op het achterwiel
- Kijken of de profielen aan de toegelaten spanning voldoen

Berekening:

Voor de eerste stap verdelen we het zonnepaneel in 2 delen (volgens de rode lijn). Daarna kijken we in de doorsnede en bepalen we de reactiekrachten in A en B. Omdat het zonnepaneel symmetrisch verdeeld is zullen de krachten in A en C en in B en D dezelfde zijn. We nemen aan dat het zonnepaneel een gelijkmatig verdeelde belasting is.

<u>Profiel XZ</u>



Figuur 82: zijaanzicht zonnepaneel

Eerst berekenen we de gelijkmatig verdeelde belasting die het zonnepaneel voorstelt.We zetten eerst de massa van het zonnepaneel om. (F=m*g met g is de valversnelling en is gelijk aan 10 m/s²)

$$Q_Z = \frac{halve\ massa\ zonnepaneel}{totale\ afstand} = \frac{18 * 10}{1559 * 2} = 0{,}057729 \frac{N}{mm}$$

Berekenen krachten in A,B,C,D:
Eerst stellen we een krachtenvergelijking op, we maken de afspraak dat alle krachten die naar beneden inwerken negatief voorgesteld worden en krachten die naar boven inwerken positief voorgesteld worden.

$$\sum F = 0$$

$F_A + F_B - F_{Z1} - F_{Z2} = 0$ (1)

Omdat we 2 onbekenden hebben maken we gebruik van de momentenstelling om de reactiekracht in B te kunnen bepalen. We berekenen eerst de kracht (ten gevolge van de gelijkmatig verdeelde belasting) in deel X'A die aangrijpt in het midden van het blokje dit verminderen we met de kracht die ingrijpt in stuk A'Z

$$\sum M_X = 0$$

$$0 = (F_A * 0) + (F_B * A'B) - (Q_Z * X'A * \frac{X'A}{2}) - (Q_Z * A'Z * \frac{A'Z}{2})$$

$$F_B = \frac{\left(-\left(\frac{(X'A)^2}{2}\right) * Q_Z + \left(\left(\frac{A'Z}{2}\right)^2 * Q_Z\right)\right)}{A'B}$$

$$F_B = \frac{\left(-\left(\frac{(495)^2}{2}\right) * 0{,}057729 + \left(\frac{(1559-495)^2}{2} * 0{,}057729\right)\right)}{600} = 42{,}67\ N$$

$$F_A = \frac{massa\ zonnepaneel}{2} - F_B \text{ (1)}$$

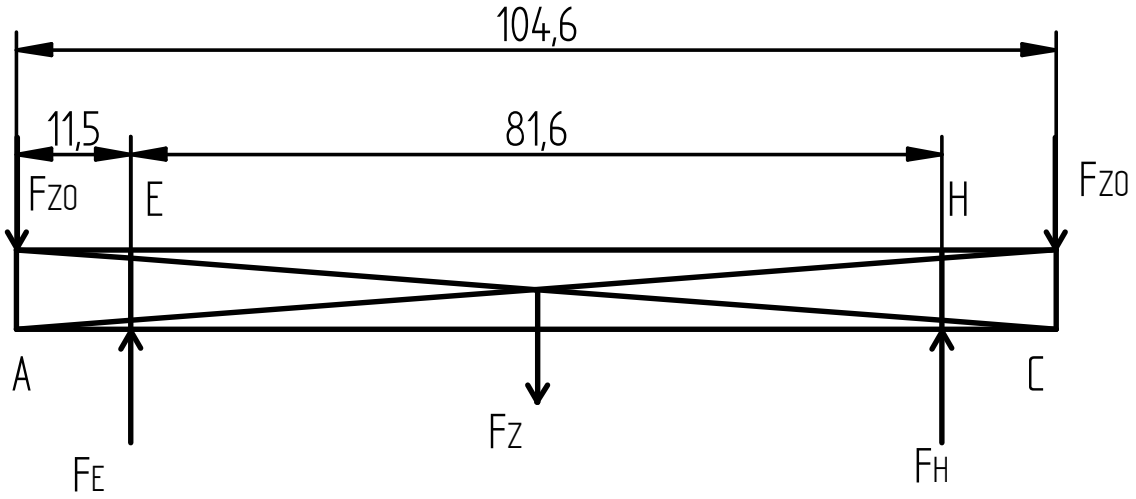
$$F_A = \frac{180}{2} - 42{,}67 = 47{,}32\ N$$

$$F_A = F_C = 47{,}32\ N$$

$$F_B = F_D = 42{,}67\ N$$

<u>Profiel AC</u>

De volgende stap is de reactiekrachten in punten E en C te bepalen. De dwarsligger die hieronder voorgesteld wordt kunt u terugvinden op het bovenaanzicht van het volledige chassis, deze is groen gekleurd.



Figuur 83: dwarsligger voor

Bereken krachten in E,H:

Ook hier stellen we een krachtenvergelijking op van alle krachten die op het profiel inwerken. Hier brengen we ook de massa van de rexrothprofielen in rekeningen (Q_r*l).

$$\sum F = 0$$

$$-F_A + F_E + F_Z - F_C - (Q_R * A'C) = 0 \quad (1)$$

Met $F_E = F_H$

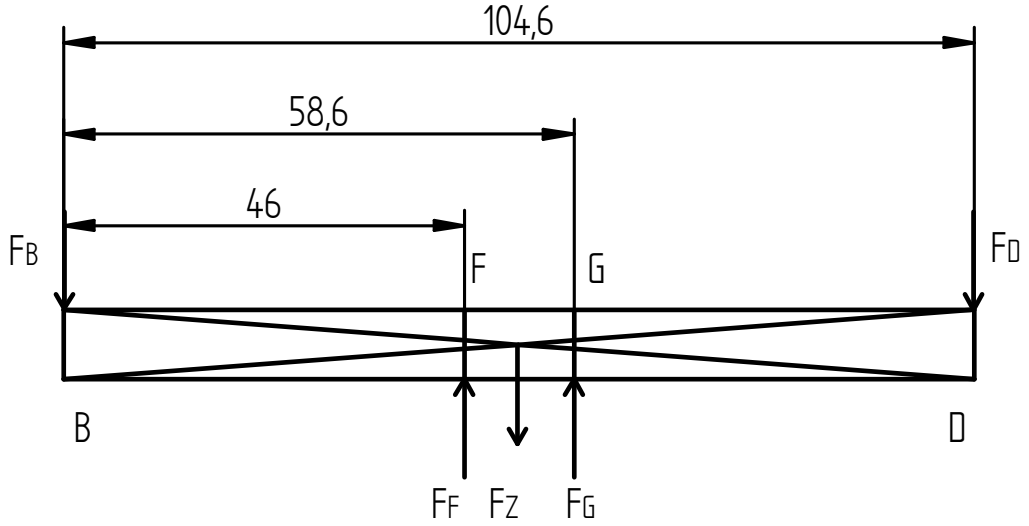
$$F_A = F_C$$

$$F_E = F_A + Q_R * \frac{A'C}{2} \quad (1)$$

$$F_E = 47{,}32 + 0{,}01 * \frac{1100}{2} = 52{,}82\ N$$

$$F_E = F_H = 52{,}82\ N$$

De volgende dwarsligger die hieronder voorgesteld wordt kunt u terugvinden op het bovenaanzicht van het volledige chassis. Deze is geel gekleurd. Hier gaan we de reactiekrachten F en G bepalen.

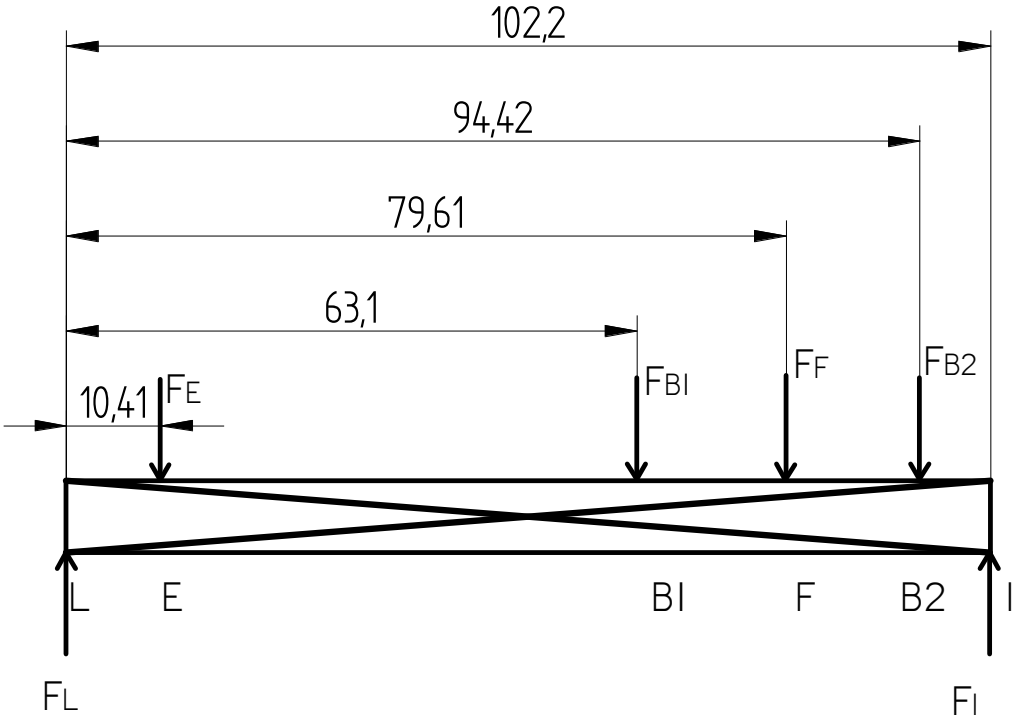


Figuur 84: dwarsligger achter

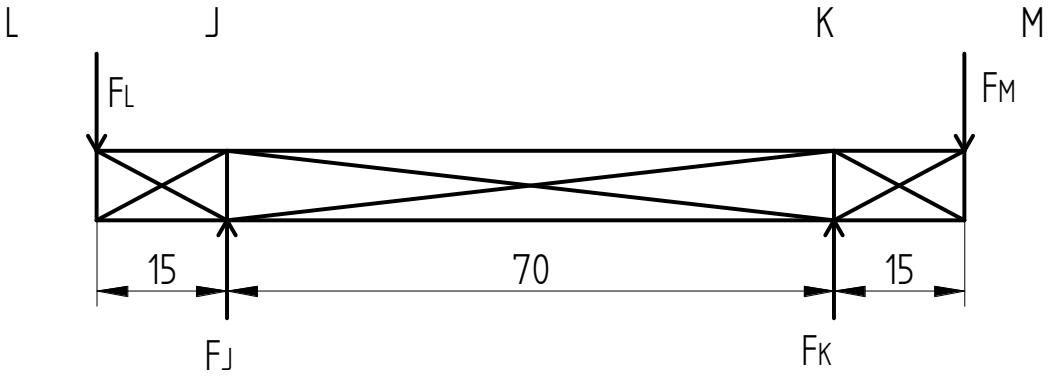
<u>Bereken krachten in F,G:</u>
Ook hier stellen we een krachtenvergelijking op van alle krachten die op het profiel inwerken.

$$\sum F = 0$$
$$-F_B + F_F + F_G - F_D - (Q_R * B'D) = 0 \ \ (1)$$
$$F_B = F_D$$
$$F_F = F_G$$
$$F_F = F_B + Q_R * \frac{B'D}{2} \ \ (1)$$
$$F_F = 42{,}67 + 0{,}01 * \frac{1100}{2} = 48{,}17\ N$$
$$F_E = F_H = 52{,}82\ N$$
$$F_F = F_G = 48{,}17\ N$$

Nu zullen we de reactiekrachten die op het onderste deel van het chassis inwerken berekenen. De profielen waarop we nu berekeningen zullen doen vindt u terug hierboven bij het bovenaanzicht van de zonnewagen. Deze zijn blauw gekleurd.
<u>Bereken krachten M,L,I, I_{tot}</u>



Figuur 85: schuine zijde driehoek



Figuur 86: driehoek vooraanzicht

Ook hier stellen we eerst een krachtenvergelijking op en we hebben terug 2 onbekenden waardoor we de momentenstelling ook moeten toepassen.

$$\sum F = 0$$

$$-F_E + F_F - (L'I) * Q_R + F_I - \frac{massa\ batterij}{2} + F_L \ (1)$$

We brengen de massa van de rexrothprofielen in rekeningen en ook de massa van het zonnepaneel. De reden omdat we de halve massa van de batterij gebruiken is omdat de massa verdeeld wordt over 2 delen omdat die symmetrisch is. Nu passen we de momentenstelling ook toe om de 2de onbekende te weten te komen. We werken rond punt L, het moment in dit punt is 0 waardoor we nog maar 1 onbekende hebben na uitwerking. Hierdoor kunnen we F_I berekenen.

$$\sum M_L = 0$$

$$F_E * (E'L) + F_F * (E'L + E'F) + \frac{(L'I)^2}{2} * Q_R + (L'B_1) * \frac{massa\ batterij}{4} + (L'B_2) * \frac{massa\ batterij}{4} - F_I * L'I = 0 \ (2)$$

$$F_I = \frac{\left(F_E * (E'L) + F_F * (E'L + E'F) + \frac{(L'I)^2}{2} * Q_R + (L'B_1) * \frac{massa\ batterij}{4} + (L'B_2) * \frac{massa\ batterij}{4}\right)}{L'I}$$

$$F_I = \frac{\left(52{,}82 * (104{,}1) + 48{,}17 * (104{,}1 + 692) + \frac{(1022)^2}{2} * 0.01 + (631) * \frac{massa\ batterij}{4} + (951) * \frac{massa\ batterij}{4}\right)}{1022}$$

$$F_I = 55{,}78\ N$$

$$F_M = F_E + F_F + (L'I) * Q_R - F_I + \frac{massa\ batterij}{2} (1)$$

$$F_M = 52{,}82 + 48{,}17 + (1022) * 0{,}01 - 55{,}78 + \frac{massa\ batterij}{2}$$

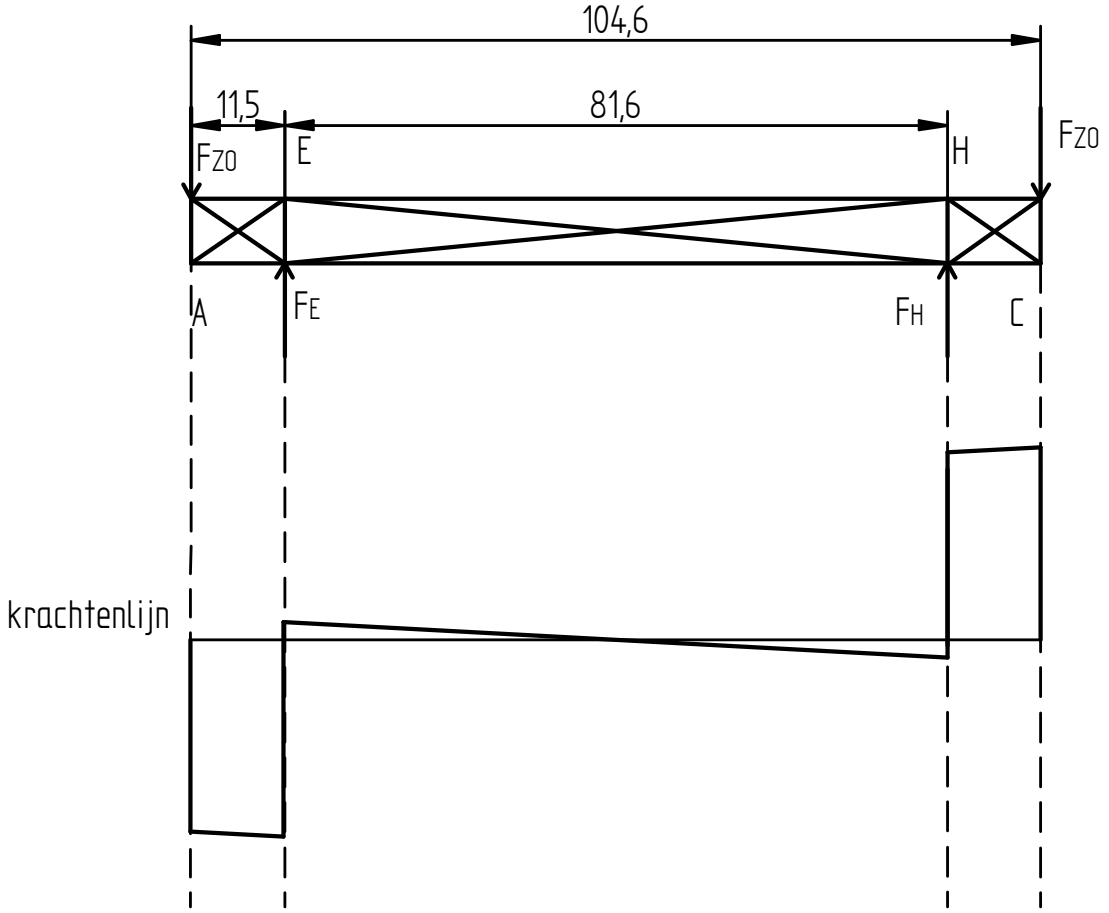
$$F_M = 65{,}44\ N$$

$$F_M = F_L = 65{,}44\ N$$

$$F_{Itot} = F_I * 2 = 55{,}78 * 2 = 111{,}6\ N$$

De kracht op het achterwiel zal 11,16 kg zijn.

Maximaal moment berekenen.

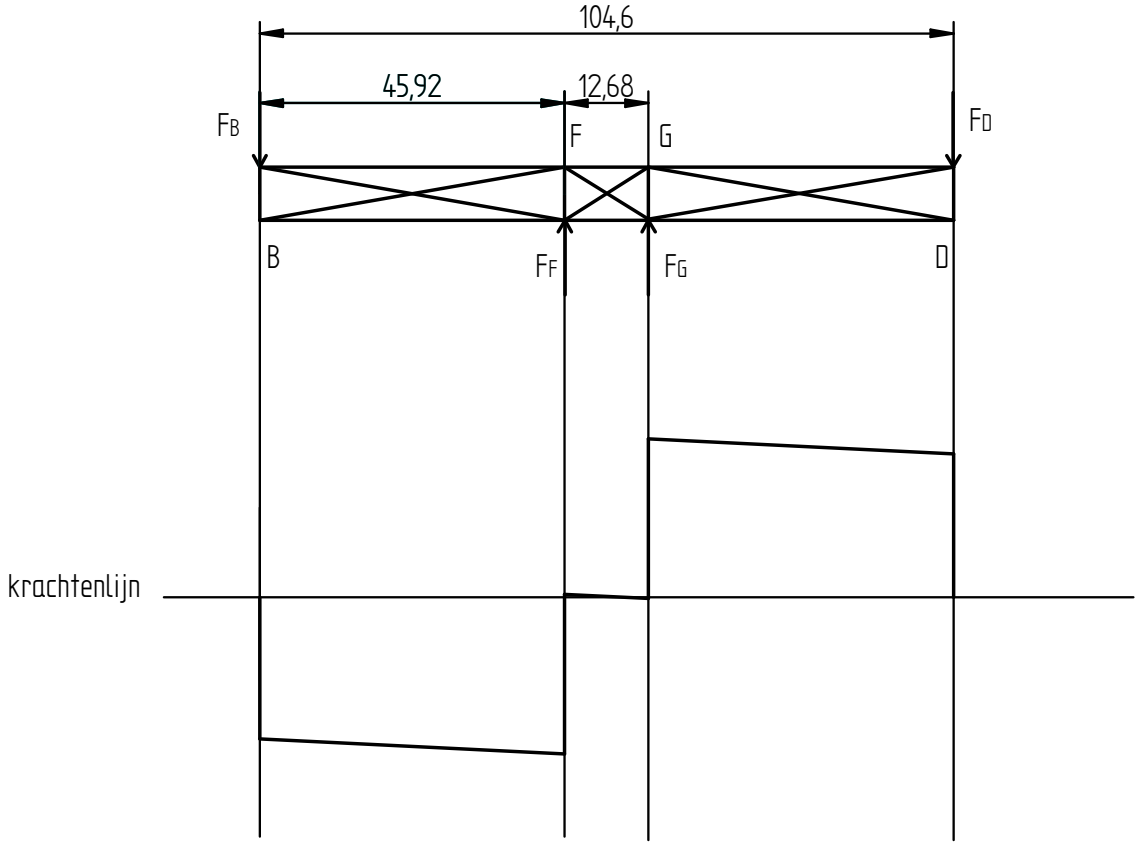


Om het maximaal moment te weten berekenen we de oppervlakte onder de 0-lijn. Deze waarde is het maximaal moment.

AC: $M_{AC} = -F_A * |AE|$

$$M_{AC} = -47{,}32 * 115 - \frac{(115 * 0{,}01) * 115}{2} = -5441{,}8 - 66{,}125 = -5507.9\ Nmm$$

BD: $M_{BD} = F_B * l_{B'F} + \frac{|BF| * Q_R) * |BF|}{2} = 42{,}67 * 460 + \frac{(460 * 0{,}01) * 460}{2} = 20686{,}2\ Nmm$

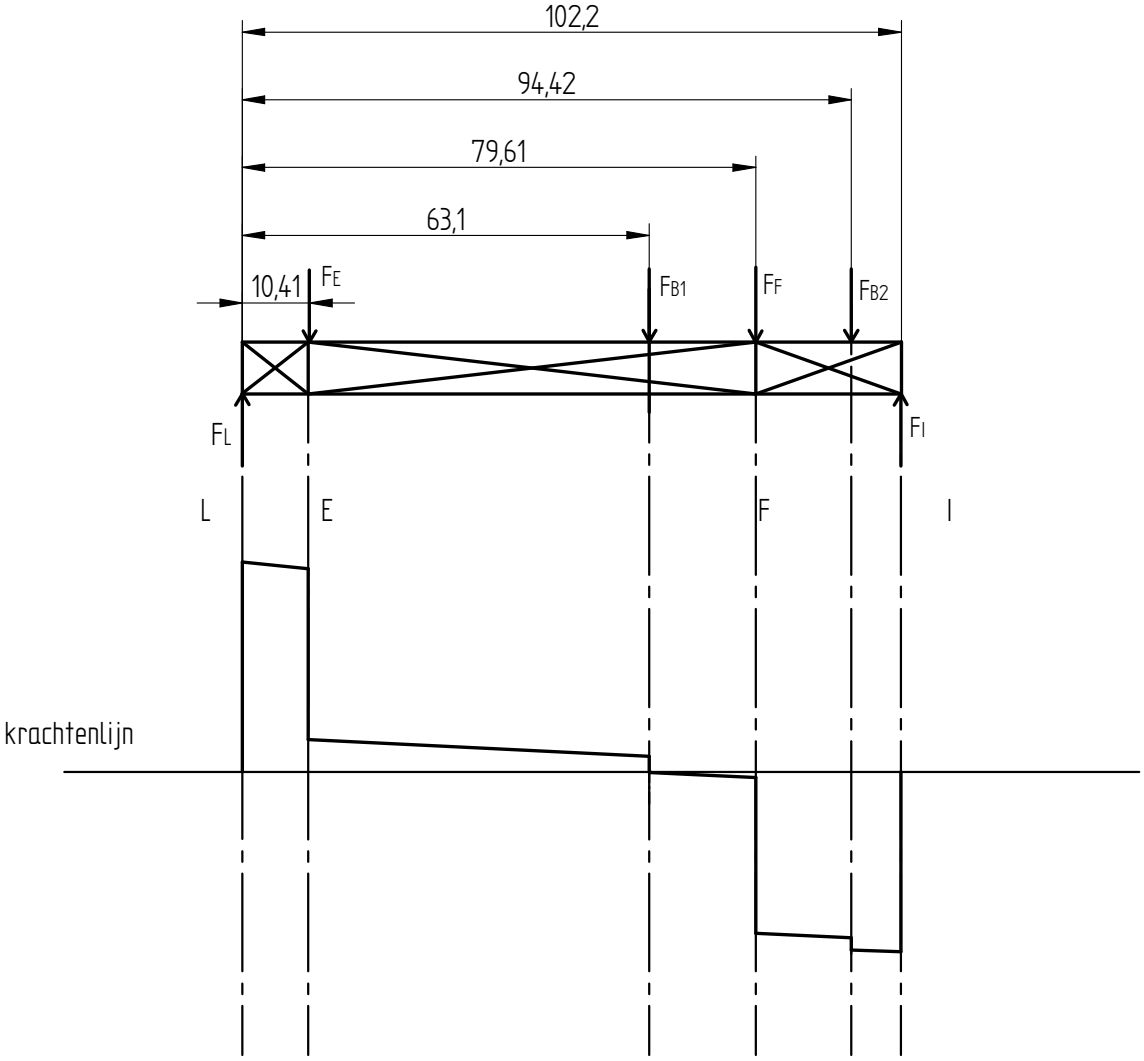

104,6
45,92
12,68
FB
F
G
FD
B
FF
FG
D
krachtenlijn

LI: $M_{LI} = F_L * |LE| - \frac{Q_R * |LE|^2}{2} + ((F_L - Q_R * |LE|) - F_E) * |EB1| - \frac{Q_R * |EB1|^2}{2} =$
$47{,}325 * 115 = 5442{,}37\ Nmm$

Berekenen x

$$(F_{L-}Q_R * |LE| - F_E) = Q_R * l_x => l_x = \frac{(F_{L-}Q_R * |LE| - F_E)}{Q_R} =$$

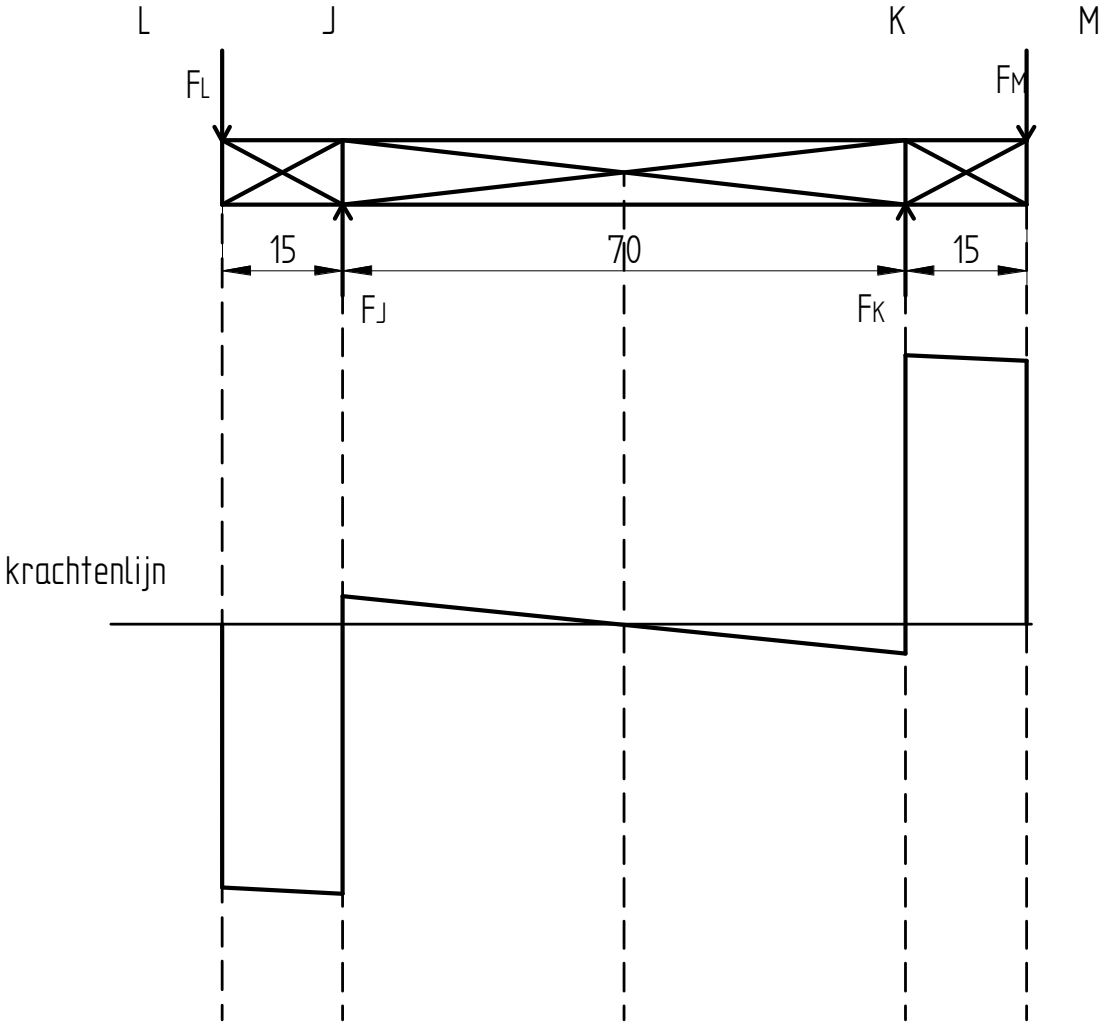
$$\frac{(65{,}44 - 0{,}01 * 104{,}1 - 52{,}8)}{0{,}01}$$



LM: $M_{LM} = F_a * |AE| = 47{,}325 * 115 = 5442{,}37\ Nmm$

$$M_{LM} = F_L * |LJ| - \frac{Q_R * |LJ|^2}{2} + (F_{L-}Q_R * |LJ| - F_J)$$

$$65{,}44 * 150 - \frac{0{,}01 * 150^2}{2} = 9703.5$$



Nu zullen we kijken of deze profielen aan de toelaatbare spanning voldoen. Met de formule:
$\sigma = \frac{M_b}{W_B}$
Om werk te besparen zullen we enkel deze berekening toepassen op de profielen met het grootste moment. Want wanneer een profiel sterkt genoeg is bij een groot moment zal het ook sterk genoeg zijn bij een kleiner moment.

$$\sigma = \frac{M_b}{W_B} = \frac{M_{BD}}{W_B} = \frac{20686{,}2}{700} = 29{,}5517\ N/mm^2$$

Normaal gezien zouden we deze waarde moeten vergelijken met de toelaatbare buigspanning van de aangekochte profielen maar dit is ons niet gelukt omdat we de fabrikant niet konden bereiken. Wij hebben op allerlei manieren contact proberen op te nemen maar telkens zonder resultaat. Volgens de leerkrachten die ons ondersteunden met ons project zouden de profielen sterk genoeg zijn. Wanneer we de wagen assembleerden zagen we dat de profielen sterk genoeg waren om aan de belasting te voldoen.

14 Zonnepaneel

14.1 definitie

Bovenop onze zonnewagen ligt een zonnepaneel om de auto van elektriciteit te voorzien. Een zonnepaneel of fotovoltaïsch paneel, kortweg PV-paneel zet zonne-energie om naar elektrische energie. Om dit te bereiken, monteert men meerdere fotovoltaïsche cellen op een paneel.
Een zonnepaneel mag niet verward worden met een zonnecollector. In een zonnecollector wordt een vloeistof gebruikt om water op te warmen. Dit warme water kan daarna gebruikt worden voor verschillende toepassingen. Een zonnepaneel wordt enkel en alleen gebruikt om elektriciteit op te wekken.

Figuur 87: zonnepanelen

14.2 Geschiedenis

Het fotovoltaïsch effect werd voor het eerst ontdekt door de Franse fysicus Edmond Becquerel. In 1839 bouwde hij, op 19 jarige leeftijd, de eerste fotovoltaïsche cel in het laboratorium van zijn vader.
Willoughby Smith was de eerste die dit effect beschreef in een wetenschappelijk artikel. Het was getiteld “het effect van licht op selenium tijdens het passeren van elektrische stroom” en verscheen in 1873.
In 1883 bouwde CharlesFritts de eerste zonnecel die volledig uit vaste materialen bestond. Zijn cel bestond uit een halfgeleider van selenium met een dun laagje goud en had een efficiëntie van ongeveer 1 %.
Albert Einstein bracht in 1905 zijn nieuwe kwantumtheorie voor licht uit. Deze theorie verklaarde het fotovoltaïsch effect dat al eerder beschreven werd maar nooit verklaard werd. In 1921 kreeg Einstein voor deze theorie de Nobelprijs voor de fysica.
De eerste “moderne” zonnecel werd gepatenteerd door Russell Ohl in 1946 en in 1954 werd de eerste praktische cel uitgevonden door DarylChapin, CalvinSoutherFuller en Gerald Pearson.
De prijs van zonnecellen was in het begin torenhoog en onbetaalbaar voor gewone consumenten.

Figuur 88: eerste zonnepaneel

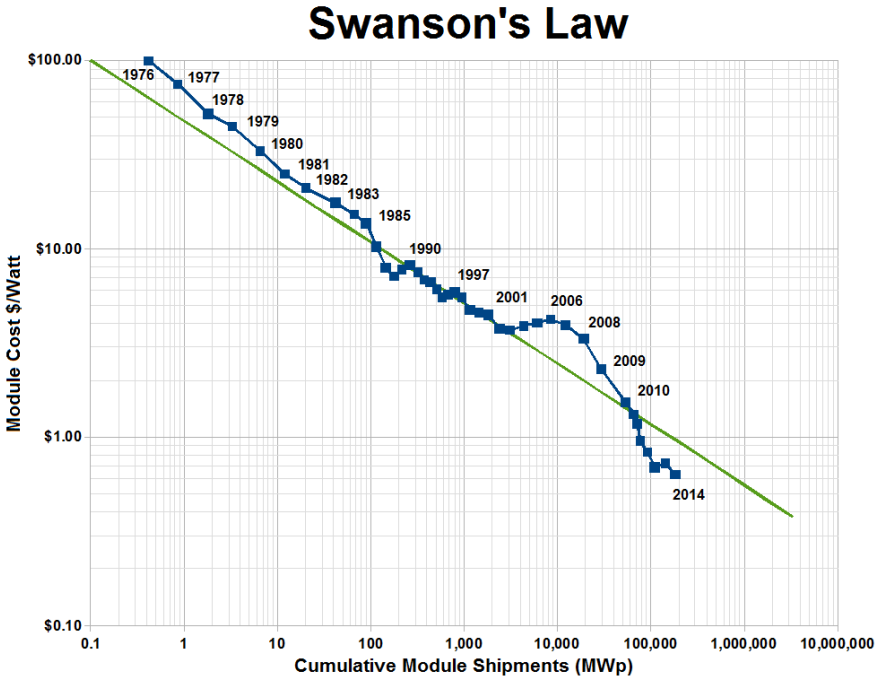
14.2.1 Toepassingen in de ruimte

Figuur 89: eerste satelliet met zonnecellen

De eerste keer dat de onbetaalbare zonnecellen een echte functie kregen, was toen ze in 1958 werden gebruikt als alternatief voor batterijen op de Vanguard satelliet. (De foto hiernaast toont de Vanguard satelliet op ware grootte). Hierdoor konden ze de levensduur van de satelliet aanzienlijk verlengen zonder grote aanpassingen te doen aan de verdere elektrische componenten van de satelliet. Sinds de jaren 60 is zonne-energie de belangrijkste energiebron voor de satellieten die rond onze aarde cirkelen. Omdat zonnepanelen de enige optie waren/zijn om een voorwerp langdurig van elektriciteit te voorzien, werden zonnecellen, ondanks de hoge kostprijs, in de ruimtevaart toch al snel veel gebruikt.
Omdat men in de ruimtevaart veel uitgaf voor de beste cellen werd er veel onderzoek gedaan naar betere materialen en productieprocessen om zonnecellen te verbeteren.

14.2.2 Prijsreductie

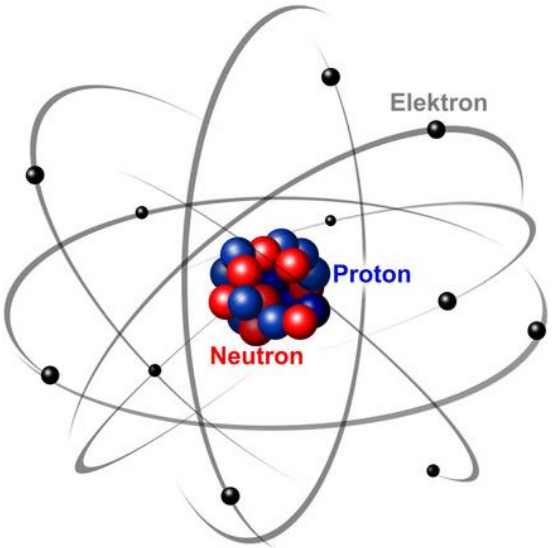
In de 20 jaar sinds de uitvinding van de eerste zonnecel, zijn de cellen vele malen verbeterd. De prijs was echter veel te hoog om betaalbaar en op grote schaal inzetbaar te zijn hier op aarde. In het midden van de jaren 70 kostten zonnepanelen nog steeds (aangepast aan de inflatie) $ 100 per Watt.
Door verder onderzoek naar goedkope zonnepanelen om ook buiten de ruimtevaart te gebruiken, is de prijs ondertussen meer dan 99 % gezakt. Op dit moment (2016) kosten de goedkoopste panelen $ 0,68 per Watt. Volgens Bloomberg New Energy Finance geldt voor de prijs van zonnecellen de wet van Swanson. Deze wet zegt dat wanneer de productie van zonnepanelen verdubbelt, de prijs daalt met 20 %.



Figuur 90: prijsreductie

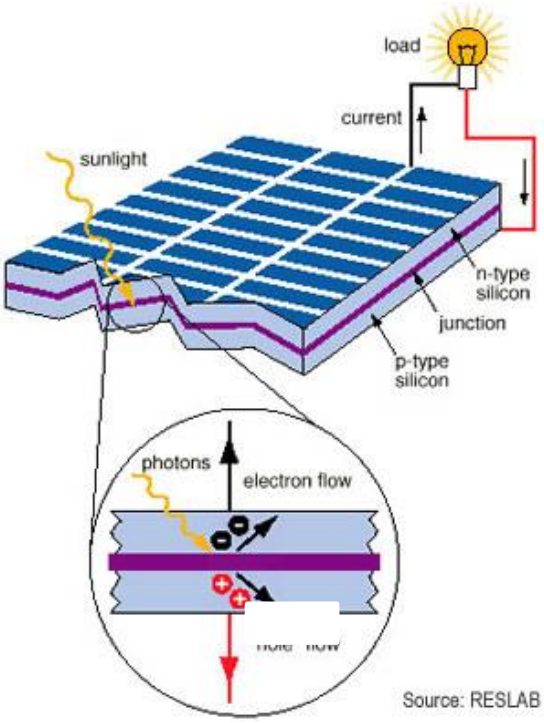
14.3 Werking van zonnecellen

Wanneer een zonnepaneel in het zonlicht is geplaatst, zullen er fotonen van de zon op het paneel terechtkomen. Sommige fotonen zullen voldoende energie bezitten om valentie-elektronen in de zonnecel uit hun baan rond hun kern te stoten. Hierdoor zal er een tekort aan elektronen ontstaan in de atomen waarop de fotonen invallen. Het vrijgekomen elektron zal op een willekeurige manier veranderen van plaats en zich vasthechten aan een atoom in de buurt. Het atoom met een elektronentekort zal een elektron wegnemen van één van zijn buren. Waardoor de buur op zijn beurt een elektronentekort heeft. Het elektronentekort zal dus zonder vast patroon door het materiaal bewegen. Het bombardement van fotonen op het materiaal zal voortgaan en elektronentekorten blijven creëren. Als er meer atomen een tekort aan elektronen hebben, verhoogt dat de kans op het opnieuw binden van een atoom en een elektron. Zo zal een evenwichtige dichtheid van atomen die een elektron te kort hebben bereikt worden. De dichtheid van deze positieve ionen (atomen met een elektronentekort) is afhankelijk van de intensiteit van het zonlicht. Iedere keer als er een elektron vrijkomt, is er in theorie een mogelijkheid om elektrische stroom op te wekken. Het enige probleem in dit geval is dat de elektronen op willekeurige plaatsen in het materiaal vrijkomen en recombineren met het dichtstbijzijnde atoom. De oplossing voor dit probleem is om de elektronen in het materiaal te organiseren, te ordenen.



Figuur 91: atoom

Veel materialen (meestal gebruikt men silicium) kunnen worden behandeld met onzuiverheden om een n-type en een p-type van het materiaal te bekomen. Het n-type materiaal stoot elektronen af, het p-type trekt elektronen aan. Als een foton een elektron vrijmaakt in het n-materiaal, dan wil het elektron verplaatsen naar het p-materiaal.



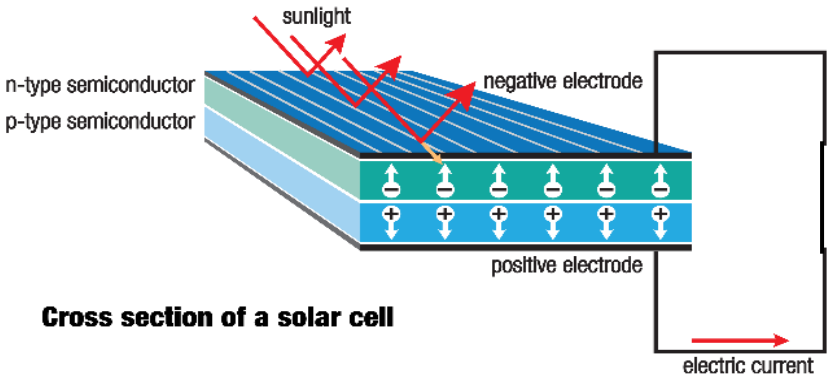
Figuur 92: werking zonnepaneel

14.3.1 Nullastspanning

Als we een zonnecel in de zon leggen en we zorgen ervoor dat er geen stroom kan vloeien, zal er een tekort zijn aan elektronen in de n-laag van het materiaal ontstaan. Er ontstaat dus een ladingsverschil. Dit ladingsverschil tussen n-laag en p-laag veroorzaakt een elektrische spanning. Deze spanning kan men meten door een voltmeter tegen de n-laag en p-laag van een cel te houden. De grootte van deze spanning hangt af van het materiaal waaruit de cel is gemaakt en de intensiteit van het zonlicht. Meer zonlicht betekent een hogere nullastspanning.

14.3.2 Kortsluitstroom

Als één geleider tegen de bovenkant en onderkant van een cel wordt geplaatst, dan zullen er elektronen vloeien. De spanning over de cel zal zakken tot nul. De stroom door de geleider is de kortsluitstroom. De grootte van de kortsluitstroom hangt af van het materiaal van de cel en de intensiteit van het zonlicht. De elektronen moeten hun weg vinden door de geleiders.



Figuur 93: kortsluitstroom

De stroom zal echter niet oneindig groot zijn zoals bij een theoretische spanningsbron, omdat de elektronen weerstand ondervinden tussen het n-type en p-type materiaal. Dit is de inwendige weerstand van de cel. De kortsluitstroom is lineair afhankelijk van de grootte van de cel en de intensiteit van het zonlicht. De snelheid waarmee fotonen vrije elektronen kunnen creëren, komt overeen met de snelheid waaraan de elektronen kunnen vloeien door de geleider.

14.3.3 Zin van de stroom

Een zonnecel is een p n-junctie, een diode. Als de zonnecel geen zonlicht krijgt, dan gedraagt de cel zich zoals men van een normale diode verwacht. De batterij zal stroom door het zonnepaneel sturen, waardoor deze ontlaadt (zoals in fig.1).
Als er zonlicht op de cel valt, dan gedraagt de cel zich als een omgekeerde diode, waardoor er stroom kan vloeien in de omgekeerde zin, de zin waarin de diode normaal in sper staat.

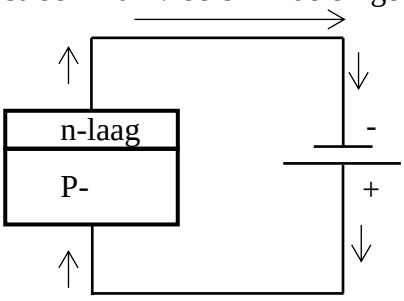


Fig.1

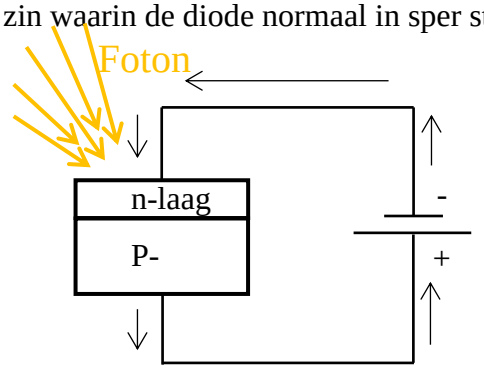
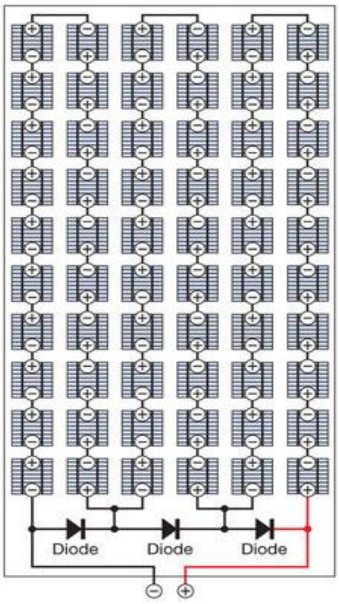


Fig.2

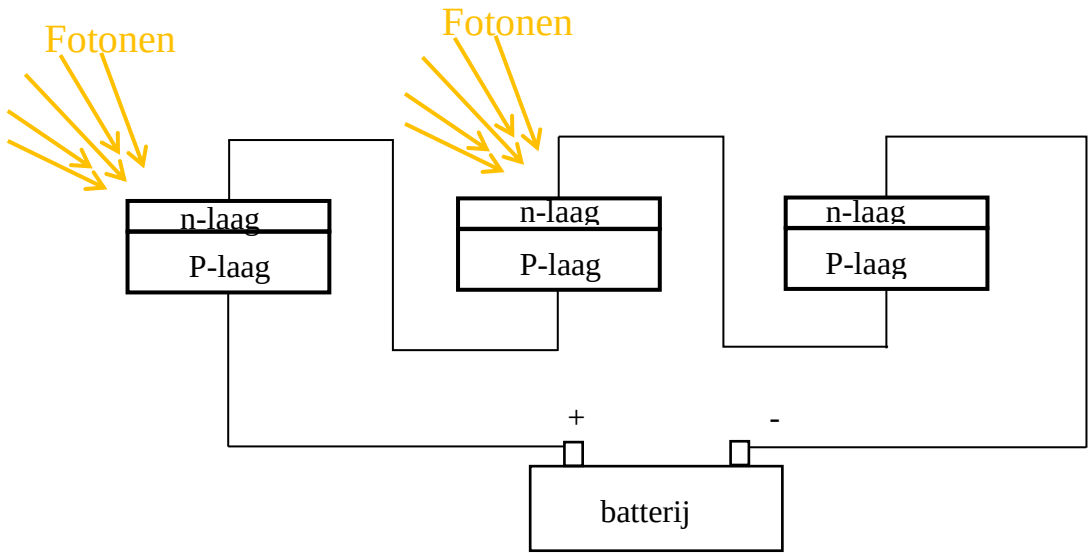
Als de zonnecel dus geen zonlicht krijgt, dan gedraagt de cel zich als een diode waardoor de batterij ontlaadt. Een zonnecel met zonlicht veroorzaakt een stroom en laadt de batterij op.

14.4 Schakelen van zonnecellen

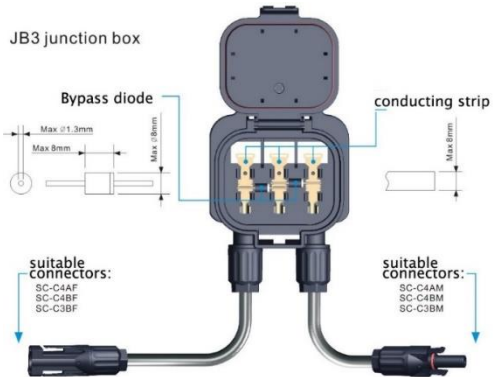
In een zonnepaneel worden verschillende cellen aan elkaar geschakeld. Of men de cellen volledig parallel, volledig serie of een combinatie van beide schakelt, hangt volledig af van de uitgangsstroom en de uitgangsspanning die de producent wil bekomen. Hoe meer cellen men in serie schakelt, hoe hoger de spanning. Hoe meer cellen parallel, hoe hoger de stroom.
In het voorbeeld hiernaast bevat het zonnepaneel 60 cellen. Deze cellen zijn in drie groepen van 20 cellen verdeeld. Deze drie groepen van 20 cellen staan onderling in parallel.
Het parallel schakelen van zonnecellen geeft meestal geen problemen maar het serie schakelen heeft gevolgen waar rekening mee moet gehouden worden Wanneer één zonnecel in de serieschakeling geen zonlicht krijgt, kan er in de volledige kring geen stroom meer vloeien omdat die ene cel in sper staat. Door drie dioden aan te brengen in de schakeling kan men ervoor zorgen dat wanneer één cel beschaduwd wordt (of defect is), slechts 1/3 van het zonnepaneel uitvalt in plaats van het volledige paneel.



Figuur 94: schakelen zonnecellen



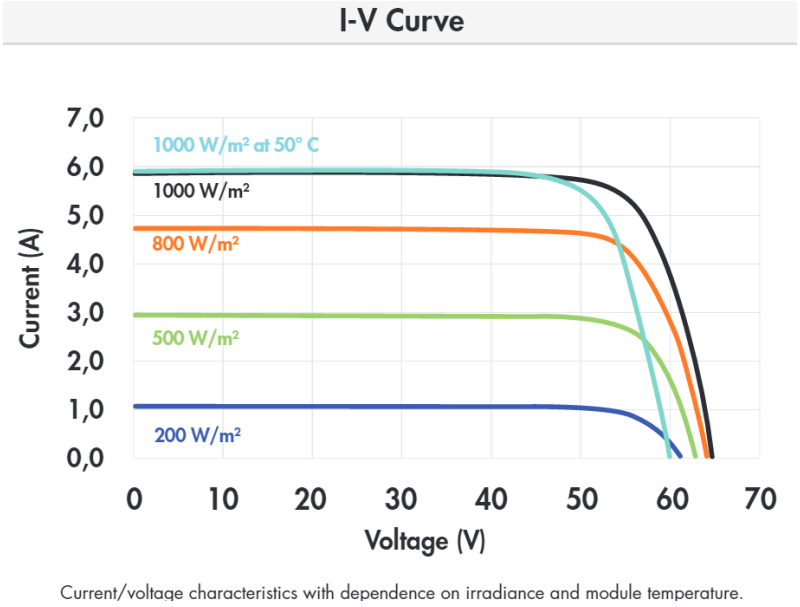
De besproken dioden bevinden zich in de junctionbox aan de achterkant van het paneel.
Om te vermijden dat, wanneer het zonnepaneel geen licht krijgt, de batterij stroom door het zonnepaneel stuurt, moet er in de schakeling tussen de batterij en het zonnepaneel een diode aanwezig zijn. Die diode moet apart voorzien worden, of zich in de laadregelaar (hier later meer over) bevinden.



Figuur 95: juctionbox

14.5 Stroom en spanningsverloop

Een zonnepaneel heeft een typische stroom-spanningskarakteristiek. Als we het zonnepaneel kortsluiten is er, zoals eerder gezegd werd, een stroom die afhangt van de intensiteit van bestraling en is de spanning 0 V. Wanneer er echter geen stroom kan vloeien door het zonnepaneel, is er wel een spanning aanwezig. Deze waarden moeten experimenteel bepaald worden Het uiteindelijke resultaat van een zonnepaneel kan niet theoretisch berekend worden.

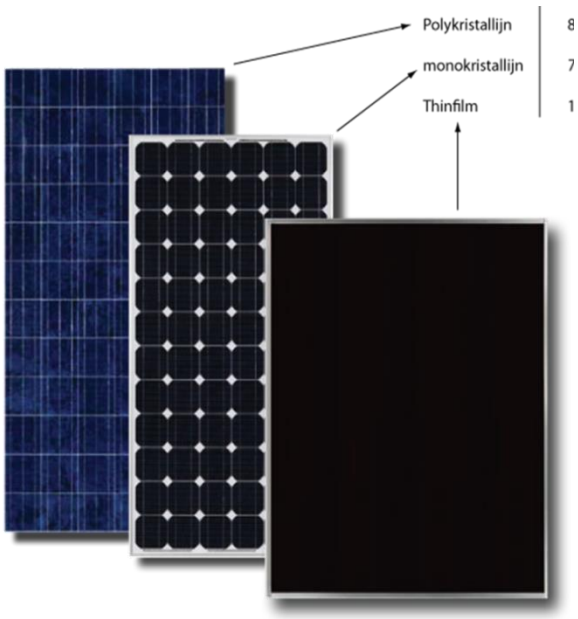


Figuur 96: I-V curve

Deze karakteristieken worden verder behandeld in het hoofdstuk over het opladen van batterijen met behulp van zonnepanelen.
De bovenstaande figuur geeft de stroom-spanningskarakteristiek die we vonden op de technische fiche van ons zonnepaneel.

14.6 Soorten zonnecellen

De meest voorkomende zonnepanelen zijn polykristallijne siliciumpanelen. De polykristallijne panelen hebben een wereldwijd marktaandeel van om en bij de 65%. De monokristallijne panelen zijn duurder en hebben een wereldwijd marktaandeel van ongeveer 25%. Verder zijn er nog dunne-film panelen, die goed zijn voor ongeveer 9% van de markt. Verder zijn er nog galliumarsenide (GaAs) panelen en wat andere soorten experimentele panelen die samen 1% van het marktaandeel bezitten.
De dunne-film panelen hebben het laagste rendement (6 - 10 %) en zijn dus niet rendabel genoeg voor onze zonnewagen. De poly kristallijne zonnepanelen zijn relatief goedkoop te verkrijgen en hebben rendementen van 12 tot 17 %. De monokristallijne panelen zijn relatief duur, maar ze hebben ook het hoogste rendement (tot 22 %). Galliumarsenide (GaAs) panelen hebben een rendement tot over de 30%. Voor particulieren zijn deze panelen echter moeilijk verkrijgbaar en financieel onhaalbaar. Deze panelen worden vooral in de ruimtevaart gebruikt.



Figuur 97: soorten zonnepanelen

14.7 Ons zonnepaneel

Vanwege de beperkte oppervlakte op onze zonnewagen kozen wij voor een monokristallijn zonnepaneel.
Ecopuur stelde ons een hoog rendement zonnepaneel van Sunpower ter beschikking met een piekvermogen van 300 W en een efficiëntie van 18,4 %. hieronder is de technische fiche van ons zonnepaneel te zien. (NOCT betekent Normal Operating CellTemperature.)

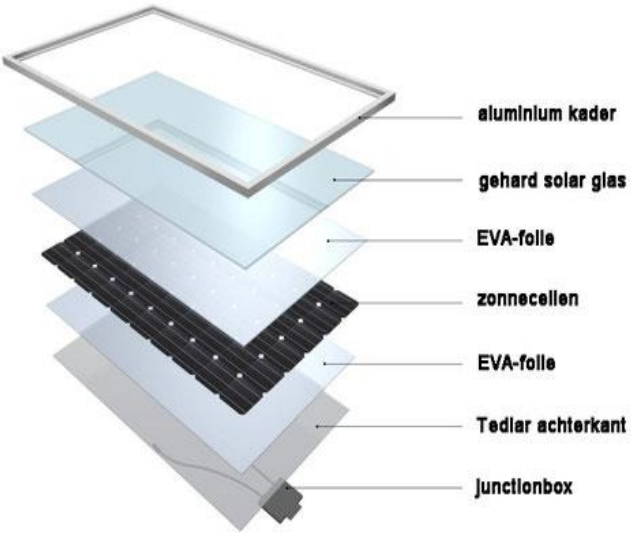
Figuur 98: ecopuur

Electrical Data Measured at Standard Test Conditions (STC): Irradiance 1000W/m², AM 1.5, and cell temperature 25° C		
Nominal Power (+5/-3%)	P_{nom}	300 W
Efficiency	η	18.4 %
Rated Voltage	V_{mpp}	54.7 V
Rated Current	I_{mpp}	5.49 A
Open Circuit Voltage	V_{oc}	64.0 V
Short Circuit Current	I_{sc}	5.87 A
Maximum System Voltage	IEC	1000 V
Temperature Coefficients	Power (P)	-0.38% / K
	Voltage (V_{oc})	-176.6mV / K
	Current (I_{sc})	3.5mA / K
NOCT		46° C +/-2° C
Series Fuse Rating		15 A
Limiting Reverse Current (3-strings)	I_R	14.7 A

Figuur 99: ons zonnepaneel

14.8 Constructie

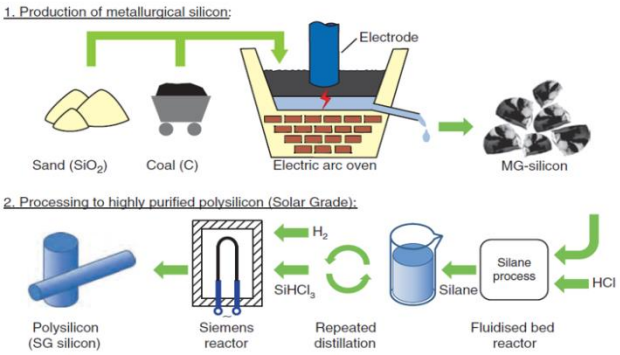
Een zonnepaneel bestaat uit meer dan alleen siliciumcellen. Als we een zonnepaneel zouden doorsnijden, komen we eerst een aluminium frame tegen. Dit frame zorgt voor de algemene stevigheid van het paneel en beschermt het tegen zijdelingse impact.
Op het oppervlak met de cellen vinden we een glazen plaat om de cellen tegen regen, hagel en krassen te beschermen.
Vervolgens komt de laag met de zonnecellen die langs beide kanten beschermd wordt met een EVA folie.
EVA staat voor Ethyleenvinylacetaat.
Door deze folie vormen de cellen een



Figuur 100: constructie zonnepaneel

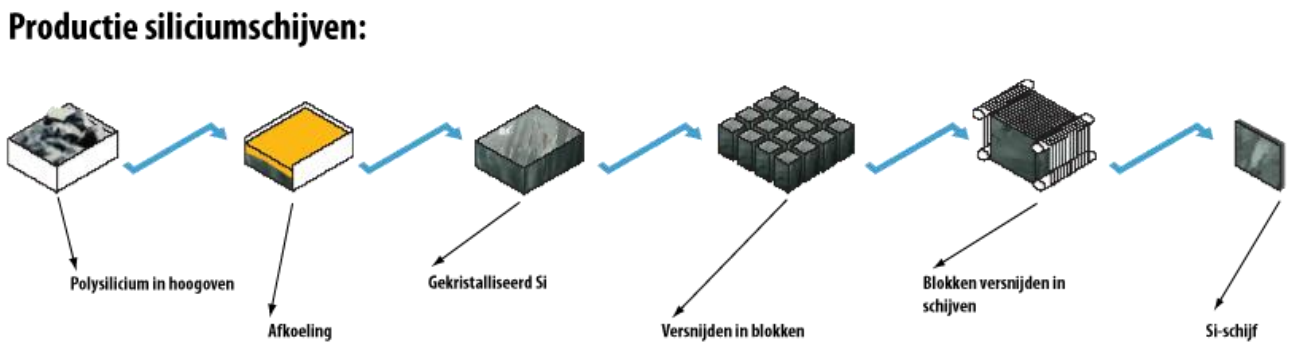
gelamineerd geheel.
Tenslotte wordt alles op een tedlar plaat bevestigd. Dit is een versterkende plaat die zorgt dat het paneel niet zal doorbuigen.

14.9 Productieproces zonnepaneel

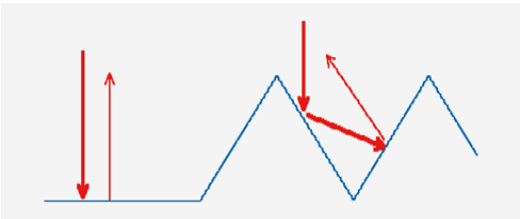


Figuur 101: productieproces zonnepaneel

Tijdens het proces wordt het heel fijn kwartszand omgezet naar zuiver silicium. Zand is trouwens de op een na meest voorkomende grondstof op onze planeet (na zuurstof).
Het kwartszand wordt verhit in een elektrische oven tot een temperatuur van 1700 °C. Na het verhitten bekomt men één groot silicium kristal met een zuiverheidsgraad van 96-99%.
Nadien zal men het kristal terug verhitten en er boor aan toevoegen. Terwijl deze massa ronddraait, giet men deze in een langwerpige vorm. De draaibeweging is noodzakelijk voor de kristalvorming van het silicium. Na het afkoelen wordt de mal verwijderd. Het siliciumstuk wordt aan de hoeken afgerond en gepolijst. Vervolgens worden er heel dunne schijfjes afgesneden. Zo'n dun schijfje wordt een "wafer" genoemd.



Figuur 102: productie siliciumschijven


Figuur 103: oppervlak zonnepaneel

De stukjes kunnen nog geen stroom opwekken. Ze worden nogmaals verhit met de hulp van chemicaliën. Vervolgens wordt het oppervlak ruwer gemaakt, hierdoor kan het licht meerdere keren worden weerkaatst. Zo is de totale oppervlakte van de cel groter en heeft de cel een hoger rendement.
Nu wordt de PN junctie gegeven aan de cel. Dit wil zeggen dat de cel zowel positief als nu ook negatief geladen zal zijn. Dit gebeurt door de cel te voorzien van dunne metalen strips (tin, koper, zilver). Nu is de cel af en kan men elektrische stroom opwekken.

14.10 Recycleren zonnepaneel

14.10.1Inleiding

De meeste zonnepanelen hebben ongeveer een levensduur van 25 jaar. Dit wil zeggen dat de meeste zonnepanelen die op dit moment in gebruik zijn, nog lang niet aan het einde van hun tijdperk zijn. Van de zonnepanelen die toch al zouden defect zijn, kan maar liefst 90 % van de materialen gerecycleerd worden. Het voordeel aan het recycleren van panelen is dat niet alle onderdelen voor nieuwe zonnepanelen opnieuw vervaardigd moet worden. Hierdoor kan voor de productie van nieuwe zonnepanelen tot 70 % minder energie nodig zijn. Een defect zonnepaneel kan opgehaald of binnengebracht worden op bepaalde inzamelpunten.

14.10.2proces

Het proces bestaat de volgende stappen.

1. De aansluitdoos en het frame worden verwijderd.
2. Het glas wordt verwijderd en kan verder gerecycleerd worden door de glasverwerkende industrie.
3. De kunststoffen plaat wordt verwijderd en gaat naar de kunststofverwerkende industrie.
4. De resterende materialen worden fijngemalen en gesorteerd, na wat zuiveringsprocessen zijn deze materialen klaar voor hergebruik.

15 Batterijen

15.1 Definitie

Een batterij is een voorwerp dat gemaakt is om elektrische energie op te slaan. Het bestaat uit één of meerdere elektrochemische cellen. Die cellen worden gebruikt voor de uiteindelijke omzetting van opgeslagen chemische energie naar elektrische energie.
De woorden “accu” en “batterij” worden vaak door elkaar gebruikt. Deze twee woorden hebben echter niet dezelfde betekenis. Een accu is een oplaadbare batterij.

Figuur 104: batterijen

15.2 Geschiedenis

Figuur 105: eerste batterij

De eerste batterij werd gebouwd door Alessandro Volta in 1800. Het was een stapel van koper- en zinkplaatjes, gescheiden door in pekel geweekte papierschijfjes. Zijn batterij kon een behoorlijk constante stroom leveren voor een redelijke tijdsduur. Volta wist echter niet dat een chemische reactie de oorzaak van de spanning. Hij dacht dat zijn uitvinding een onuitputtelijke bron van energie was die enkel nog wat geoptimaliseerd moest worden.
De eerste batterijen werden gebruikt voor experimenten, maar hadden verder geen functie, omdat de productieve periode ervan niet lang genoeg duurde.
De eerste batterij die werd gebruikt in het dagelijkse leven, werd uitgevonden in 1836 door John Frederic Daniëll. Zijn uitvinding werd als bron gebruikt voor elektrische telegraafnetwerken.
De batterij van Daniëll bestond uit een koperen pot gevuld met een koper-zwaveloplossing waarin een aardwerken kan (aardewerk is een poreus materiaal waar ionen door kunnen) met zwavelzuur en een zinken elektrode werden ondergedompeld.
Omdat deze cellen vloeibare elementen gebruikten, had men vaak last van lekkende batterijen. Deze batterijen waren niet geschikt voor draagbare toepassingen. Op het einde van de negentiende eeuw werden de “droge cellen” uitgevonden. Het vloeibare elektrolyt werd vervangen door een pasta waardoor draagbare toepassingen mogelijk werden.

15.3 Ideale batterij

De ideale batterij is een lichte batterij die energie opslaat aan een bepaalde snelheid, en dezelfde energie later terug kan vrijgeven aan een snelheid naar behoefte. De ideale batterij is ook 100% efficiënt. Dit wil zeggen dat alle energie die erin gestoken werd, volledig kan teruggekregen worden zonder verliezen. Helaas bestaan er in de werkelijkheid geen dergelijke batterijen. Batterijen zijn in het algemeen relatief zwaar en zijn zeker niet 100% efficiënt.

15.4 Terminologie

Vooraleer we verder spreken over batterijen volgen enkele belangrijke termen, zodat de verdere uitleg beter kan begrepen en geïnterpreteerd worden.

15.4.1 Energiedichtheid

De energiedichtheid van een batterij is de totale energie die de batterij kan opslaan ten opzichte van het totale gewicht van de batterij (wattuur per kilogram). Een batterij moet een zo hoog mogelijke energiedichtheid hebben. Een Li-ion batterij (of accu) heeft een gemiddelde energiedichtheid van ongeveer 140 Wh/kg. Een loodaccu doet het veel minder goed, die haalt maar een energiedichtheid van 30 Wh/kg

15.4.2 Ampère-uur of Ah capaciteit

Een ampère-uur is een eenheid voor de elektrische lading die de batterij kan “opnemen” of “opslaan” (1 Ah = 1 A x 3600 s = 3600 Coulomb). Het is de totale hoeveelheid lading die bij 1 ampère in 1 uur heeft verplaatst. Hoewel ampère-uur geen SI-eenheid is, is het een praktische eenheid die gebruikt wordt bij elektrochemische processen. Het is geen maat voor de energie in een batterij maar een gebruikelijke aanduiding voor de capaciteit van (oplaadbare) batterijen.
De Ah capaciteit van een batterij wordt bepaald door deze te ontladen met een constante stroom bij een constante temperatuur (meestal 20 °C) en is het product van de stroom en de duur van de ontlading. Een batterij die 20 uur lang kan ontladen worden met een stroom van 5 A heeft dus een Ah capaciteit van 100 Ah. (20 u x 5 A = 100 Ah)

15.4.3 Wattuur of Wh capaciteit

Wattuur is een eenheid voor de hoeveelheid opgenomen lading die de batterij kan leveren per tijdseenheid. Als men een machine met een vermogen van 1 W één uur laat werken, heeft men een energie van 1Wh "verbruikt". Wh is geen SI-eenheid, de eenheid voor energie is namelijk Joule. Een wattuur is gelijk aan 3 600J. De Wh capaciteit van een batterij is afhankelijk van de snelheid waarmee de batterij ontladen wordt. Laden en ontladen met grote stromen vermindert de Wattuur capaciteit van een batterij, omdat een hoger percentage van de energie wordt omgezet naar warmte.

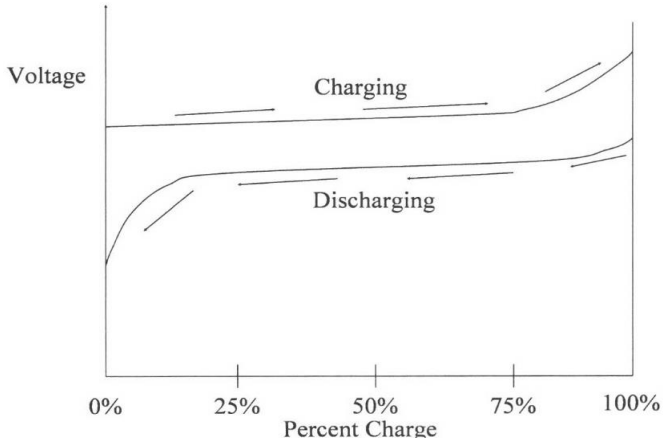
15.4.4 Laadefficiëntie

De laadefficiëntie van een batterij is het deel van de binnengekomen stroom dat terug kan afgegeven worden en dit in procent uitgedrukt. Voor een zonnewagen die zo efficiënt mogelijk moet zijn, is er een batterij nodig die een zo hoog mogelijke laad efficiëntie heeft. Als men in een batterij met een laad efficiëntie van 95 %, 100 Ah steekt kan men er achteraf nog 95 Ah uithalen.

15.4.5 Energie-efficiëntie

Batterijen worden opgeladen langs charge curven en worden ontladen langs de (lagere) dischargecurve.
Wanneer de batterij een laadefficiëntie van 100% zou hebben, dan zou de energie-efficiënte gelijk zijn aan de gemiddelde ontlaad (discharge) spanning op de gemiddelde laadspanning. (charge)

$$energie\ efficiëntie = \frac{V_{Ontlaad}}{V_{Laad}} * Laadefficientie$$



Figuur 106: energie-efficiëntie

Batterijen hebben een mindere efficiëntie in een lage energietoestand (0% tot 25%), omdat op dat moment de ontlaadspanning laag is. Op een hoge energietoestand (75% tot 100%) zijn batterijen niet op hun efficiëntst omdat hun ontlaadspanning te hoog is. Als vuistregel kunnen we aannemen dat batterijen het efficiëntst zijn tussen 25 en 75% van hun opslagcapaciteit.
De ideale batterij voor onze zonnewagen is een batterij met een hoge energiedichtheid (om het gewicht van de auto te verminderen) en een hoge efficiëntie (zodat slechts een klein deel van de opgewekte energie verloren gaat). In de eerste echte zonnewagens (voor 2000) was de meest efficiënte batterij, de zilver-zink batterij. Sinds de jaren 2000 gebruikt bijna iedereen lithium-ion of lithium-polymeer batterijen en op dit moment zijn deze batterijen nog steeds de beste keuze.

15.5 Chemie achter de batterij

15.5.1 Spanningsreeks van metalen

Om de reacties in een batterij volledig te begrijpen, moeten we beginnen bij de spanningsreeks van metalen. In de spanningsreeks (of spanningsladder) van metalen worden de metalen gerangschikt volgens hoe gemakkelijk ze zelf oxideren. Oxideren is het chemisch proces waarbij een stof (reductor) elektronen afgeeft aan een andere stof en positieve ionen vormt. De reeks ziet er als volgt uit.

Li > K > Sr > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Cr > Fe > Cd > Co > Ni > Sn > Pb > H > Cu > Ag > Hg > Pt > Au

Aan de linker kant staan de sterke reductoren of metalen die gemakkelijk elektronen afstaan (=oxideren) en dus gemakkelijk positieve ionen vormen. Deze metalen noemt men de onedele metalen.

Aan de andere kant van de reeks staan zwakke reductoren, de metalen die moeilijk geoxideerd worden, de metalen die moeilijk elektronen afstaan en moeilijk positieve ionen vormen. Deze metalen noemt men de “zwakke” of “edele” metalen.

In principe ontstaat er altijd een spontane redoxreactie (redox = reductie en oxidatie) tussen atomen in het begin van de reeks en atomen aan het einde van de reeks. Dit is de reden waarom men nooit koper op een dak mag leggen met zinken dakgoten. Ook als we als we Alpex buizen (met aluminium) willen koppelen aan koperen kranen en koppelstukken, moeten we een kunststoffen ring gebruiken.

15.5.2 Spanningsreeks van niet-metalen

Er bestaat ook een gelijkaardige reeks voor de niet metalen. In die reeks worden de niet-metalen gesorteerd volgens hun dalende "neiging" of "drang" om elektronen op te nemen = negatieve ionen vormen. De reeks bestaat uit.

S > O > Cl > H > Br > N > H

Dit wil zeggen dat het eerste niet metaal meer neiging heeft tot het opnemen van elektronen dan het laatste uit de rij.

15.5.3 Redoxkoppels

Om de redenering verder te kunnen zetten moeten we het begrip "redoxkoppel" kennen. Een redoxkoppel is een combinatie van een oxidator en een reductor die door het opnemen of afstaan van één of meerdere elektronen in elkaar overgaan.
dus
Cu^{2+}/Cu is een redoxkoppel want $Cu^{2+} + 2e^- \rightleftarrows Cu$
en
Li^{+}/Li is een redoxkoppel want $Li^+ + e^- \rightleftarrows Li$
Een redoxreactie bestaat altijd uit twee redoxkoppels.

Koppel 1

$$reductor1 + \ oxidator2 \ \rightleftarrows geconjugeerde\ oxidator1 + geconjugeerde\ reductor2$$

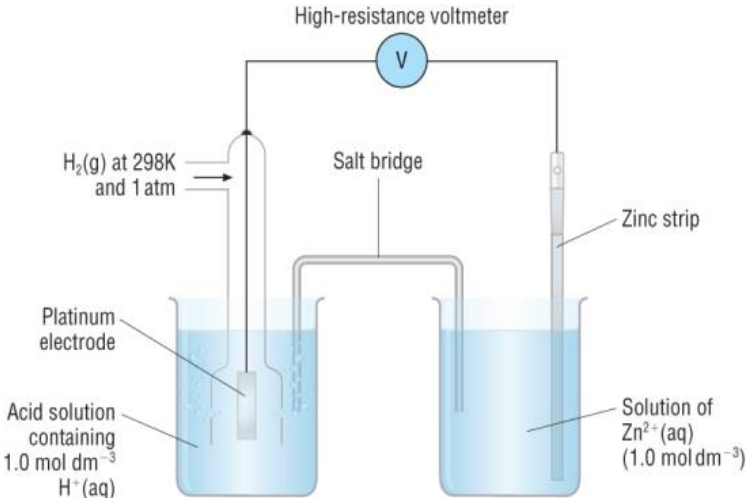
Koppel 2

Bijvoorbeeld:

$$RED_1 + OX_1 \rightleftarrows OX_1 + RED_2$$
$$Cu + Hg^{2+} \rightleftarrows Cu^{2+} + Hg$$

15.5.4 Normpotentiaal van een redoxkoppel

We kunnen metalen en niet-metalen rangschikken in een spanningsreeks. Dit is de tabel met normpotentialen. De normpotentiaal E^0 is een kwantitatieve maat voor de sterkte van oxidatoren en reductoren. De normpotentiaal is de gemeten spanning tussen een redoxkoppel en de referentie-elektrode (beide in standaardomstandigheden), zoals geïllustreerd in de figuur. Als referentie-elektrode gebruikt men altijd het standaard waterstofpotentiaal.



Figuur 107: normpotentiaal

Redoxkoppels met een positieve E^0-waarde bezitten een zwakkere reductor dan H_2 en een sterkere oxidator dan H_3O^{1+}.
Redoxkoppels met een negatieve E^0-waarde bezitten een sterkere reductor dan H_2 en een zwakkere oxidator dan H_3O^{1+}.

Beknopte Tabel met normpotentialen van enkelvoudige redoxstelsels (298 K) E^0 (V)

			E^0 (V)
$Li^{1+} + 1\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Li	-3,02
$Ca^{2+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Ca	-2,76
$Mg^{2+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Mg	-2,38
$Zn(OH)_4^{2-} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$Zn + 4\ OH^-$	-1,22
$HSO_4^{1-} + H_3O^{1+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$SO_3^{2-} + 2\ H_2O$	-0,92
$2\ H_2O + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$H_2 + 2\ OH^{1-}$	-0,83
$Zn^{2+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Zn	-0,76
$Fe^{2+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Fe	-0,41
$Co^{2+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Co	-0,28
$Pb^{2+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Pb	-0,13
$2\ H_3O^{1+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	**$H_2 + 2\ H_2O$**	**0,00**
$HCOOH + 2\ H_3O^{1+} + 2\ e^-$ +0,06	$\rightleftharpoons$	$H_2CO + 3\ H_2O$	
$AgCl + 1\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$Ag + Cl^{1-}$	+0,22
$Cu^{2+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Cu	+0,34
$Cu^{1+} + 1\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Cu	+0,52
$O_2 + 2\ H_3O^{1+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$H_2O_2 + 2\ H_2O$	+0,68
$Ag^{1+} + 1\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Ag	+0,80
$HNO_2 + H_3O^{1+} + 1\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$NO + 2\ H_2O$	+0,99
$IO_3^{1-} + 6\ H_3O^{1+} + 6\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$I^{1-} + 9\ H_2O$	+1,09
$O_2 + 4\ H_3O^{1+} + 4\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$6\ H_2O$	+1,23
$Cl_2 + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\ Cl^{1-}$	+1,36
$Au^{3+} + 3\ e^-$	$\rightleftharpoons$	Au	+1,42
$MnO_4^{1-} + 8\ H_3O^{1+} + 5\ e^-$ +1,49	$\rightleftharpoons$	$Mn^{2+} + 12\ H_2O$	
$H_2O_2 + 2\ H_3O^{1+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$4\ H_2O$	+1,78
$O_3 + 2\ H_3O^{1+} + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$O_2 + 3\ H_2O$	+2,07
$F_2 + 2\ e^-$	$\rightleftharpoons$	$2\ F^{1-}$	+2,87

15.5.4.1 verloop

De kennis van normpotentialen laat ons toe het verloop van de reactie tussen redoxkoppels te voorspellen.
Een redoxreactie wordt in het algemeen geschreven als:

$$\begin{array}{ccccccc} RED_1 & + & OX_2 & \rightleftarrows & OX_1 & + & RED_2 \\ reductor1 & & oxidator2 & & oxidator1 & & reductor2 \end{array}$$

Met

$$aA + bB \rightleftarrows cC + dD$$

waarin a, b, c en d de mol equivalenten zijn van de stoffen A, B, C en D.
Bij een redoxevenwicht verschuift het evenwicht in de richting van de zwakste oxidator en de zwakste reductor.
Redoxreacties tussen een sterke reductor en een sterke oxidator verlopen spontaan en aflopend. Tijdens de reactie zullen de bijhorende zwakke oxidator en zwakke reductor van de koppels gevormd worden.
Wanneer de reductor en de oxidator beiden zwak zijn, zal er geen spontane reactie voorkomen, er zal zich een evenwicht instellen.

15.5.4.2 Oplossen metalen

Uit de kennis van de redoxpotentialen kunnen we voorspellen welke metalen spontaan zullen oplossen of reageren met zuren.

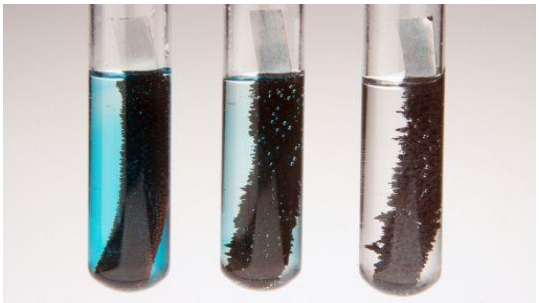
$$\begin{array}{ccccccc} metaal & + H_30^+ + Z^- & \rightarrow & metaalion + & H_2 + Z^- \\ RED_1 & + \quad OX_2 & \rightarrow & OX_1 \quad + & RED_2 \end{array}$$

Met Z als willekeurig zuur
Metalen met een negatief normpotentiaal hebben een sterke neiging om te oxideren waardoor ze als positief-ion in oplossing gaan.
Algemeen geldt dat als er in een reactiemengsel gelijktijdig meerdere oxidatoren en/of reductoren aanwezig zijn (zoals hier het geval is), de sterkste oxidator of reductor zal reageren. Als er weinig sterkteverschil is tussen de reductor en de oxidator in competitie, zal de concentratie mee bepalend zijn. De oxidator of reductor in de hoogste concentratie zal dan reageren.

15.5.5 De chemische cel

15.5.5.1 principe

Uit het hoofdstuk “spanningsreeks van metalen” weten we dat wanneer we een zinkstaafje onderdompelen in een $CuSO_4^-$-oplossing, het zink zal oplossen en het koper zal afzetten op het zinken staafje. In de praktijk is dit duidelijk waar te nemen omdat de blauwe kleur van $CuSO_4$ verdwijnt.



Figuur 108: zink in kopersulfaatoplossing

Dit is de reactie die zal ontstaan.

$$Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$$

De reactie komt op deze manier op gang omdat het zink een sterkere neiging heeft tot oxideren dan koper. Er worden dus in de buurt van het zinken staafje elektronen uitgewisseld. Als we deze eigenschap van zink om makkelijk elektronen af te staan optimaal benutten door

de elektronen door een elektrische geleider te laten lopen, kunnen we de stroom benutten. In dat geval hebben we een chemische stroombron.
Het principe van een chemische cel is dus een spontane redoxreactie tussen een sterke reductor (bijvoorbeeld Zn) en een sterke oxidator (bijvoorbeeld Cu^{2+}) waarbij de bijhorende zwakke oxidator (Zn^{2+}) en bijhorende zwakke reductor (Cu) gevormd worden. De elektronen die uitgewisseld worden tijdens dit proces, vloeien door een uitwendig circuit waar ze benut worden.
Redoxreacties kunnen dus worden aangewend als productiebron van elektrische stroom waarbij chemische energie wordt omgezet in elektrische energie. Deze stroombronnen noemt men galvanische elementen, in het dagelijks leven wordt het meest gesproken over batterijen.

15.5.5.2 Bronspanning van de chemische cel

De bronspanning van een chemische cel is het meetbaar potentiaalverschil tussen de 2 elektroden van een chemische cel bij nullast. Deze spanning staat meestal aangegeven op de batterij maar kan ook theoretisch afgeleid worden aan de hand van de tabel met normpotentialen.
Algemeen (bij normomstandigheden)

$$U_b = E^0{}_{kathode} - E^0{}_{anode}$$

+ pool - pool
Reductie Oxidatie

Voorbeeld voor koper-zinkbatterij

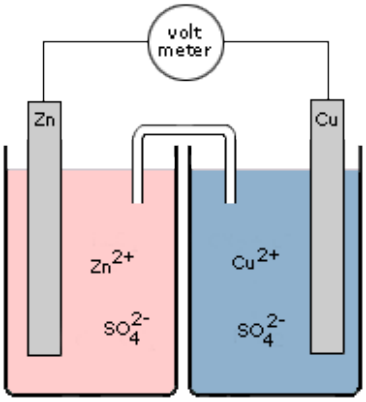
$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

$$U_b = E^0{}_{kathode} - E^0{}_{anode} = E^0{}_{oxidator} - E^0{}_{reductor}$$

$$U_b = E^0(Cu^{2+}/Cu) - E^0(Zn/Zn^{2+})$$

met
Koper $\rightarrow E^0 = 0{,}337$
Zink $\rightarrow E^0 = -0{,}763$

$$E^0 = 0{,}337 - (-0{,}763) = 1{,}10V$$



Figuur 109: bronspanning

Deze manier van werken is een goede manier om een inschatting te maken van de nullast bronspanning van een batterij. De uitkomst is een goede theoretisch benadering van de werkelijkheid. Omdat de bronspanning ook afhangt van de temperatuur en hoeveel de batterij is opgeladen, zal deze uitkomst in de praktijk niet exact zijn.

Om een nauwkeuriger beeld te krijgen over de reële bronspanning V_r, hebben we de wet van Nernst nodig. Deze wet zegt dat voor de reactie $aA + bB \leftrightarrow cC + dD$ met concentratiebreuk $Q = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ geldt:

$$V_r = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

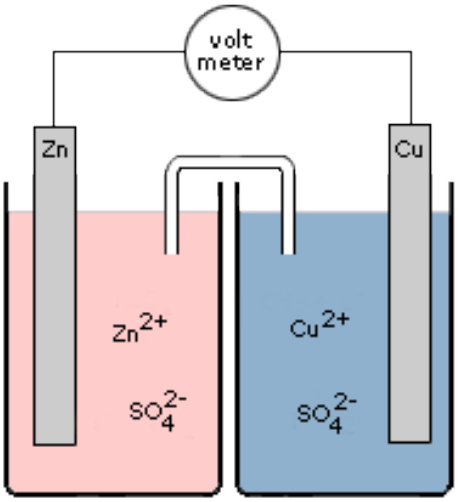
Met
R = de gasconstante = 8,314570 J/K mol
T = de temperatuur in kelvin.
n = aantal elektronen die tijdens de reactie overgedragen worden
F = de Faradayconstante: 96485,3 C/mol

De wet van Nernst zegt dat de reële bronspanning onder andere afhankelijk is van de temperatuur. In het algemeen daalt de spanning als de temperatuur stijgt, maar omdat de temperatuur ook invloed heeft op de Q is het effect van de temperatuur niet lineair te beschrijven.

Wanneer stroom uit de batterij vloeit, daalt de klemspanning. De klemspanning van de cel is nu niet meer dezelfde als de bronspanning. Wanneer de cel wordt opgeladen, zal de klemspanning van de cel stijgen en hoger zijn dan de bronspanning. Die verandering in spanning (bij het laden stijgt de klemspanning, bij het ontladen daalt de klemspanning, zie later) noemen we het celoverpotentiaal. Het overpotentiaal van een chemische cel is dus de afwijking van de spanning ten opzichte van de berekende bronspanning.
Op 23 februari gingen we met de hele klas naar Howest in Kortrijk, om zelf eens een galvanische cel te fabriceren en wat metingen te doen op potentiaal in functie van de concentratie.

15.5.5.3 Proef met de galvanische cel

Omschrijving van de proef:
We hadden 2 maatbekers, 1 met een oplossing van zinksulfaat samen met een zinkplaatje, dit was de anode van de cel. In de andere beker hadden we een kopersulfaat oplossing en in deze oplossing was een koperplaatje aangebracht. De 2 bekers stonden in verbinding met elkaar via een zoutbrug.



Figuur 110: galvanische cel

Voorspelling van de meting aan de hand van berekeningen met formule van Nernst

Anode (oxidatie): $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^{-}$ -076V
Kathode (reductie): $Cu^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Cu$ 0,34V

$$V = V_0 + \frac{0{,}059}{n} \times log\frac{[ox]}{[red]}$$

met:
V= elektrodepotentiaal
V_0 = standaardelektrodepotentiaal
n = aantal elektronen in halfreacties
[ox] = concentratie v/d oxidator
[red] = concentratie v/d reductor
Veronderstel dat we zowel oxidator als reductor 10 maal verdunnen, kunnen we het poentiaalverschil theoretisch berekenen met deze formule van Nernst:
Halfreactie oxidatie:

$$V_{ox} = V_0 + \frac{0{,}059}{n} \times log\frac{[ox]}{[red]} = -0{,}76 + \frac{0{,}059}{2} \times log\frac{0{,}1}{1} = -0{,}79$$

Halfreactie reductie:

$$V_{red} = V_0 + \frac{0{,}059}{n} \times log\frac{[ox]}{[red]} = 0{,}34 + \frac{0{,}059}{2} \times log\frac{1}{0{,}1} = 0{,}31$$

totaal:

$$E_{cel} = E_{red} - E_{ox} = 0{,}31 - (-0{,}79) = 1{,}1\ V$$

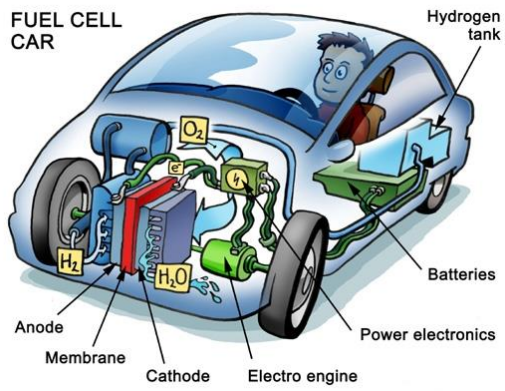
Meting
Als we de plaatjes met een voltmeter verbonden kregen we een spanning van 1,07 V. Dit wijkt dus een beetje af van de theoretische waarde in de berekeningen hierboven. Theoretisch kan er 1,1V geproduceerd worden, maar men mag niet zomaar gebruik maken van de standaardpotentialen. Dit komt omdat de concentratie van de oplossingen niet precies gelijk is aan 1M. Het verschil met de theoretische waarde is te wijten aan het aanmaken van foutieve mengpotentialen. Hierbij worden er tevens andere redoxkoppels gevormd, opgelost zuur en oxidevorming op de elektrode.

15.5.6 Soorten batterijen

Batterijen kunnen we opdelen in twee categorieën: de elektrische cellen en de galvanisch cellen. een galvanische cel is een batterij waarbij de interne redoxreactie slechts in één zin mogelijk is, de cel kan niet opgeladen worden. Het meest gekende voorbeeld hiervan is de alkalinebatterij.
Bij een elektrische cel kan de reactie in beide zinnen gebeuren, waarvan één spontaan en één geforceerd door een buitenstaande spanningbron. Deze batterijen zijn gekend als de oplaadbare batterijen. De gekendste en meest gebruikte voorbeelden hiervan, zijn de Li-ion batterijen en de loodbatterijen.

15.6 Brandstofcel

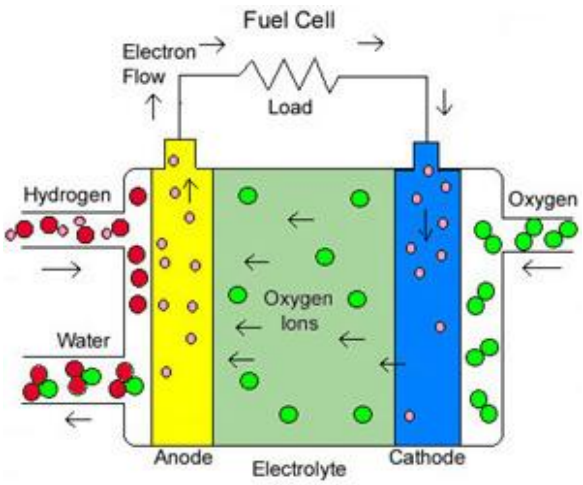
Een brandstofcel is een voorwerp dat de chemische energie van een brandstof omzet in elektriciteit door middel van de chemische reactie van waterstofionen met zuurstof. Brandstofcellen zijn verschillend van batterijen omdat batterijen belast kunnen worden zolang de batterij niet “plat” is, terwijl een brandstofcel belast kan worden zolang hij beschikt over waterstof en zuurstof.



Figuur 111: brandstofcel

De eerste brandstofcel werd uitgevonden in 1838, het eerste commerciële gebruik dateert echter pas van meer dan een eeuw later, toen NASA verschillende mogelijkheden zocht om elektriciteit op te slaan in satellieten. Sindsdien worden ze gebruikt als alternatief voor batterijen in elektrische installaties. Op dit moment worden ze nog steeds vaak gebruikt in vorkliften, auto’s, boten, bussen, duikboten en in afgelegen gebouwen die niet zijn aangesloten met het elektriciteitsnet.

Er zijn veel types brandstofcellen, maar ze bestaan allemaal uit een anode, een kathode en een elektrolyt. Aan de anode wordt diwaterstof aangebracht. Aan de kathode voegen we dizuurstof toe. Hier op aarde wordt dizuurstof uit de lucht ontnomen en diwaterstof wordt bewaard in een tank.
In de brandstofcel worden van deze inkomende stoffen water, warmte en elektriciteit geproduceerd. Die elektriciteit kan gebruikt worden voor elektrische installaties.



Figuur 112: werking brandstofcel

De reactie in de anode

$$2H_2 + 2O^{2-} \rightarrow 2H_2O + 4e^-$$

De reactie in de kathode

$$O_2 + 4e^- \rightarrow 2O^{2-}$$

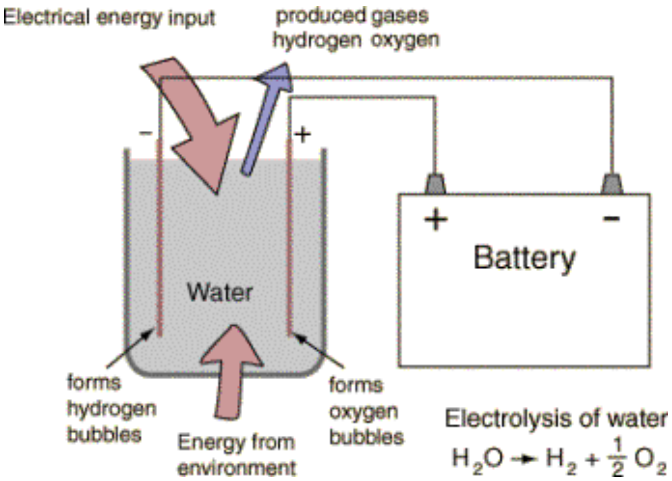
Totale reactie

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

In de anode wordt diwaterstof geoxideerd waardoor er elektronen vrijkomen. Het elektrolyt is speciaal ontworpen om ionen te laten passeren en elektronen tegen te houden. De elektronen zullen door de verbruiker vloeien en een stroom teweeg brengen. Aan de kathode zal dizuurstof de vrijgekomen elektronen opnemen en ionen vormen. Deze zuurstofionen passeren door het elektrolyt om aan de anode water (H_2O) te vormen.
Individuele brandstofcellen produceren slechts kleine spanningen van ongeveer 0,7 volt. Om de nodige spanning te bereiken, worden ze (zoals bij batterijen) in serie geplaatst. Een waterstof-brandstofcel produceert naast elektriciteit ook water, warmte en in sommige gevallen ook beperkte hoeveelheden stikstofdioxide (NO_2). De efficiëntie van een brandstofcel is meestal tussen de 40 en 60 %, maar kan in grotere installaties oplopen tot 85 %. De markt in brandstofcellen is aan het groeien en er zijn installaties van 50 GW gepland tegen 2020.
Tijdens het bezoek aan de howest maakten we zelf ook een brandstofcel aan…

15.6.1 Labo Waterbrandstofcel

Proef:
We vulden een maatbeker met water. In de maatbeker deden we 2 koolstofstaafjes. We verbonden de 2 staafjes met een 9 V batterij. Na 5 min sloten we de bron af. We konden waarnemen dat als we een LED-lichtje koppelden met de meetopstelling, dat het LED-lichtje brandde.
reactie: $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

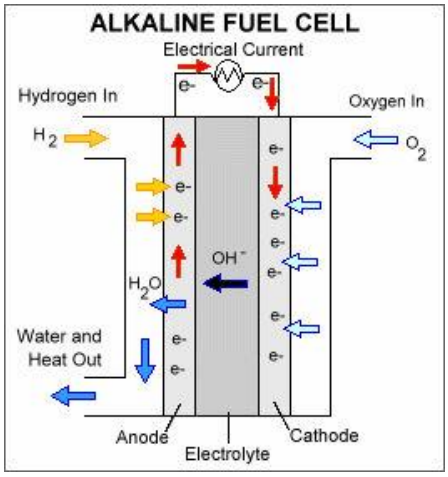


Figuur 113: proefopstelling waterbrandstofcel

Er is ook nog een andere manier. Eerst splits je waterstof in H_2 en O. Als je daarna de H_2 door het membraan laat vloeien zal hij zijn elektronen afstaan. Daardoor krijg je elektriciteit, waarbij de elektronen komen dan weer bij O en maken daarbij terug water.

halfreacties: Anode: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

Kathode: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$



Figuur 114: membraan

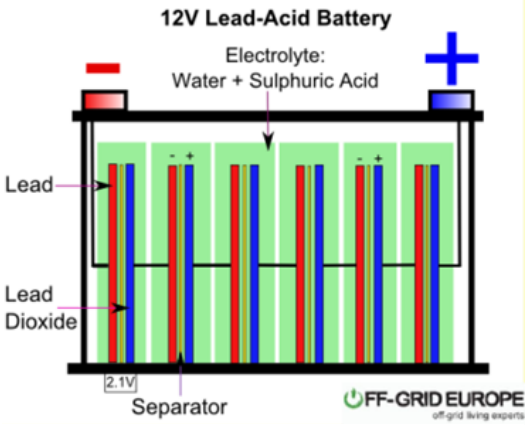
15.7 Loodaccu

De loodaccu was de eerste herlaadbare batterij die uitgevonden werd. De eerste versie werd gemaakt door GastonPlanté in 1859. De loodaccu wordt op dit moment het meest gebruikt om startmotoren van verbrandingsmotoren aan te drijven.

De voordelen van deze batterijen zijn dat ze een hoge elektrische stroom kunnen leveren. De batterijen zijn niet duur en zijn makkelijk te recycleren. Dit type batterij heeft wel als nadeel dat ze een lage energie per massa-eenheid hebben. Een ander nadeel is dat bij het overladen van de batterij, het elektrolyt zuurstofgas en waterstofgas zal uitstoten. Op die manier ontstaat er knalgas. Knalgas is een mengsel van zuurstofgas en waterstofgas en kan een explosie veroorzaken bij ontsteking.

Figuur 115: loodaccu

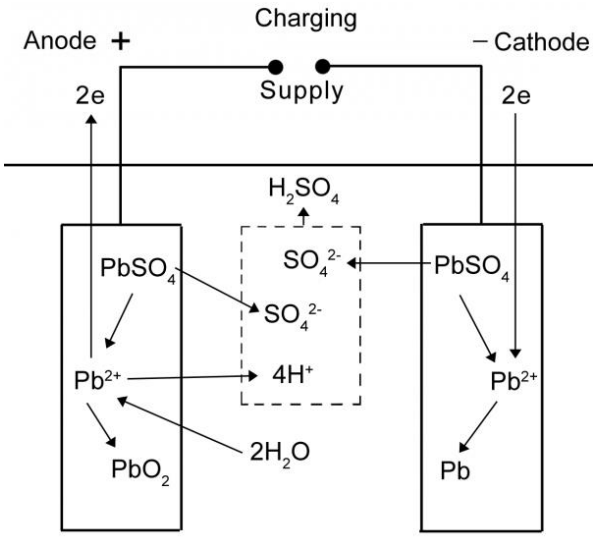
15.7.1 Constructie

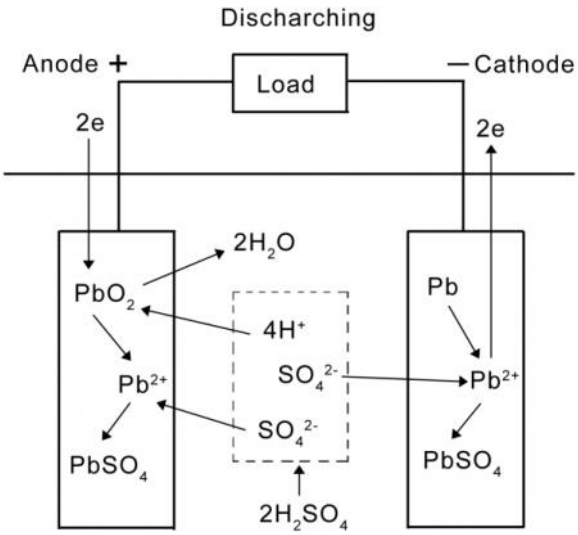


Figuur 116: constructie loodaccu

De belangrijkste componenten van de loodbatterij zijn de positieve elektrode, de negatieve elektrode, de scheidingslaag en het elektrolyt. De anode (in figuur blauw)bestaat uit looddioxide (PbO_2) en de kathode(in figuur rood) bestaat uit lood (Pb). Deze elektroden zitten in een elektrolyt. In een loodbatterij wordt voor het elektrolyt zwavelzuur (H_2SO_4) gebruikt. Tussen de anode en de kathode bevindt zich een scheidingslaag. De scheidingslaag is van rubber gemaakt. Men kiest voor rubber omdat rubber stabiel is in accuzuur. De scheidingslaag moet iets groter zijn dan de twee andere platen om kortsluiting te voorkomen.

15.7.2 Elektrochemie bij loodaccu





Als we de reacties bekijken tijdens het ontladen.
Reactie op de negatieve plaat (kathode (-)).

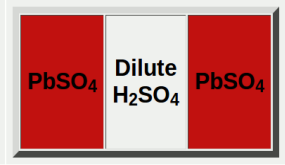
$$Pb + HSO_4^- \rightarrow PbSO_4 + H^+ + 2e^-$$

Reactie op de positieve plaat (anode (+)).

$$PbO_2 + HSO_4^- + 3H^+ + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

De totale reactie

$$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$



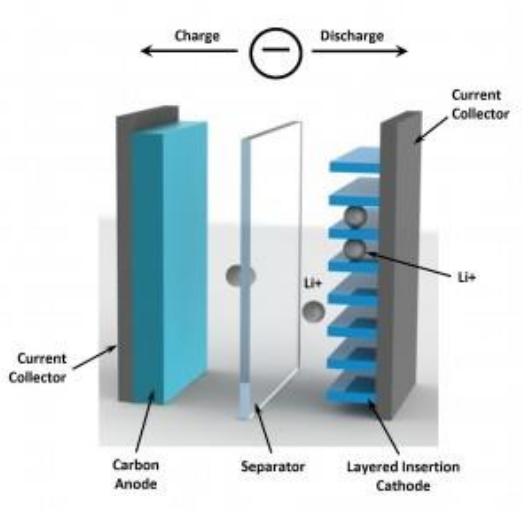
Tijdens het ontladen van de batterij, worden de beide elektrodes, de anode en de kathode loodsulfaat ($PbSO_4$). Tijdens het proces verliest het elektrolyt veel van zijn opgelost zwavelzuur, waardoor het elektrolyt sterk verdund wordt. De losgekomen elektronen in de negatieve elektrode gaan naar de positieve elektrode door het externe circuit.
Tijdens het opladen van een loodbatterij gebeurt de bovenstaande reactie in omgekeerde zin. Energetisch is dit een geforceerde reactie. De elektronen gaan van de positieve elektrode naar de negatieve elektrode.
Als de batterij helemaal opgeladen is dan bestaat de Anode (+) uit lood dioxide (PbO2) en de kathode (-) bestaat uit lood (Pb).
Als de batterij bij hoge spanning overladen wordt, dan wordt er zuurstofgas en waterstofgas gevormd door elektrolyse van water, wat kan leiden tot explosiegevaar zoals reeds eerder vermeld. Door deze elektrolyse van water vermindert het waterniveau. Bij sommige soorten batterijen kan het elektrolytniveau gecontroleerd worden om dit explosiegevaar op te volgen.

15.8 Lithium-ion batterij

Figuur 117: lithium-ion batterij

Lithium-ion batterijen zijn een van de meest populaire herlaadbare batterijen en worden voor heel wat toepassingen gebruikt. Ze hebben een hoge energiedichtheid en hebben een klein geheugeneffect. Dit betekent dat er weinig ladingsverliezen zijn wanneer de batterij lang niet gebruikt wordt. Daarom zijn ze ook de meest gebruikte batterijen in zonnewagens.
De eerste batterij die werkte met lithium werd gemaakt in de jaren 70. Deze batterijen waren niet optimaal, kostten fortuinen en waren extreem explosief. De eerste commerciële batterij met lithium werden ontwikkeld in 1991 en zijn op dit moment nog heel betrouwbaar. In onze zonnewagen zullen we ook van een dergelijke batterij gebruik maken.

15.8.1 Constructie

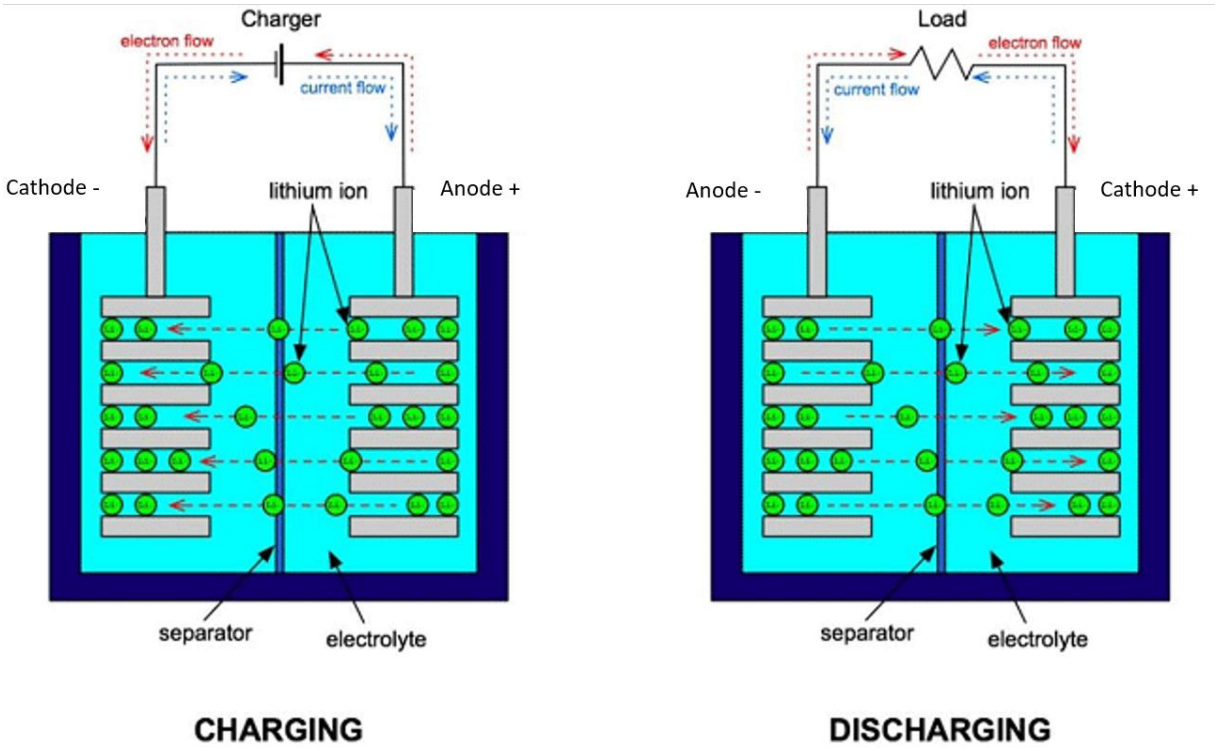


Figuur 118: constructie lithium-ion batterij

De drie belangrijkste componenten van de Li-ion batterij zijn de positieve elektrode, de negatieve elektrode ,elektrolyt en de scheidingslaag. In het algemeen is de negatieve elektrode gemaakt van koolstof (grafiet C_6). De positieve elektrode is meestal gemaakt van oxide (lithium kobalt oxide). Het elektrolyt is lithiumzout in een organisch oplosmiddel. In het elektrolyt tussen de twee elektrodes bevindt zich de scheidingslaag, dit is een diafragma dat ionen doorlaat en kortsluiting vermijdt. Afhankelijk van de spanning, de energiedichtheid, de levensduur en de veiligheid van de batterij, kunnen verschillende materialen gebruikt worden.
Puur lithium is heel reactief. In water zal het krachtig reageren en lithiumhydroxiden en waterstofgas vormen. Het elektrolyt bevat dus nooit water en is altijd beschermd met een stevige beschermingslaag om vocht in de batterij te vermijden.

15.8.2 Electrochemie bij Li-ion

De deelnemers aan de chemische reactie zijn, zoals hiervoor besproken, de negatieve elektrode en de positieve elektrode met een elektrolyt als geleidend medium om de Li ionen te laten bewegen tussen de twee elektrodes.
Beide elektrodes maken het mogelijk om Li ionen “bij zich te nemen”.
Tijdens het laden bewegen de ionen van de positieve elektrode naar de negatieve elektrode.
Tijdens het ontladen laten de ionen de negatieve elektrode los en bewegen ze naar de positieve elektrode.
Om van de ene pool naar de andere pool te “lopen” moeten de vrijgekomen elektronen door een gesloten elektrisch circuit passeren.



Figuur 119: elektrochemie bij lithium-ion batterij

Charging = laden
Discharging = ontladen
De volgende reactie is een voorbeeld van de chemische reactie die gebeurt in de lithium ion batterij die ontladen wordt.
Alles word uitgedrukt in mol en we gebruiken de coëfficiënt x.
Dit is het deel van de reactie die in de kathode (+) plaatsvindt wanneer de batterij ontladen wordt. Energetisch is dit een spontane reactie.

$$Li_{1-x}CoO_2 + xLi^+ + xe^- \rightarrow LiCoO_2$$

De kathode zal dus Li^+ ionen opnemen

Dit is het deel van de reactie die in de anode (-) plaatsvindt wanneer de batterij ontladen wordt.

$$xLiC_6 \rightarrow xLi^+ + xe^- + xC_6$$

Hier komen de Li^+ ionen vrij uit de elektrode.
Tijdens het opladen van een lithium-ion batterij gebeurt de bovenstaande reactie in omgekeerde zin. Energetisch is dit een geforceerde reactie.
In een Li-ion batterij worden de Li ionen getransporteerd van en naar de positieve of negatieve elektrodes, door kobalt (Co) te oxideren in $Li_{1-x}CoO_2$van (+III) naar (+IV) tijdens het laden en omgekeerd tijdens het ontladen.
Deze reactie is omkeerbaar zolang de coëfficiënt x < 0,5 mol. De batterij mag dus niet verder dan een bepaald punt opgeladen of ontladen worden. Als dit toch gebeurt, zal de batterij beschadigd worden en niet meer goed kunnen functioneren. Om te voorkomen dat dit gebeurd zijn in de meeste batterijpakketten elektronische systemen ingebouwd.

15.9 Keuze batterij

Voor onze zonnewagen gaan we voor het gebruik van een batterij en niet voor een waterstof-brandstofcel, omdat batterijen veel gemakkelijker te verkrijgen zijn. Omdat we voor de brandstofcel altijd een tank met waterstof onder druk moeten meenemen, zijn er hier ook veiligheidsrisico's aan verbonden. Voor onze installatie zal een batterij tevens efficiënter zijn dan een brandstofcel.

We wensen bij de keuze van onze batterij om zo dicht mogelijk bij de ideale batterij te komen. Op dit moment is de meest ideale batterij, de lithium-ion batterij. De prijs van lithium-ionbatterijen is hoger dan de prijs van loodbatterijen, maar het prijsverschil is de laatste jaren sterk gereduceerd. In ons model gebruiken we een 36 V lithium-ion batterij van 6,6 Ah van een elektrische fiets geleverd door Granville bikes.

Figuur 120: onze batterij

15.10 Lithium

15.10.1Eigenschappen

Lithium is een van de stoffen (naast waterstof en helium) die zich bij de big bang hebben gevormd en is het lichtste alkalimetaal (uit de eerste groep van het periodiek systeem). In vaste vorm heeft lithium slechts een dichtheid van 534 kg/m3 (water: 998 kg/m3) wat dus heel licht is. In zuivere vorm heeft het een zilverachtig voorkomen. Die zilverachtige kleur zal in open lucht snel vervagen door de reactie met lucht. Het zal heftig reageren met water en heeft een sterke drang tot oxideren. Lithium komt in de natuur niet in zuivere vorm voor.

Lithium is zoals daarnet vermeld een alkalimetaal. Dit zijn goede thermische en elektrische geleiders, ze hebben een lage elektronegatieve waarde. Zo vormen ze makkelijk positieve ionen, waaruit een edelgasconfiguratie ontstaat.

Figuur 121: lithium

Lithium

Protonen/elektronen	3
Isotopen	6Li, 7Li
Elektronenconfiguratie	[He] 2s1
Elektronegativiteit	1,0
Relatieve atoommassa	6,94

15.10.2Ontdekking van Lithium

Lithium werd ontdekt in 1817, door Johan Arfwedson. Hij ontdekte lithium door het onderzoeken van mineralen uit de Utö-mijnen op het Zweeds eiland Utö. In 1818 zag Christian Gmelin dat lithiumzouten in een vlam een rode kleur gaven. Uiteindelijk was het Humphry Davy die er voor het eerst in slaagde om zuiver lithium te bekomen via elektrolyse. (samengestelde stoffen worden door elektrische stroom gescheiden).

15.10.3Toepassing

15.10.3.1 batterijen

In mobiele telefoons, camera's en andere elektronische toestellen wordt een lithium-ion batterij gebruikt, omwille van de hoge energiedichtheid en de andere eerder besproken eigenschappen. Op dit moment zijn wetenschappers volop onderzoek aan het doen naar betaalbare, duurzame, lichte en snel oplaadbare batterijen met een hoge energiedichtheid voor in de autoindustrie.

15.10.3.2 glasindustrie

In de glassector wordt lithium gebruikt omdat het bestand is tegen hoge temperaturen. In vuurvast glaskeramiek zit tot 90% lithiumaluminiumsilicaat. Het wordt onder andere gebruikt voor laboratoriumtoepassingen, uurwerken en verrekijkers.

15.10.3.3 Farmaceutische industrie

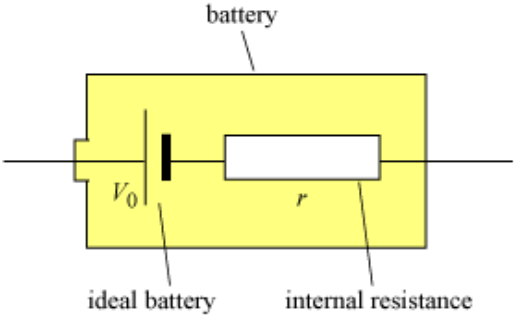
Voor manische en bipolaire stoornissen (depressie afwisselen met euforische perioden) worden geneesmiddelen gebruikt met lithiumzouten, zoals lithiumcarbonaat (Li_2CO_3) en lithiumcitraat ($Li_3C_6H_5O_7$)

15.10.3.4 Brandstof

Een mengsel van waterstof en een zeer fijn verdeeld lithium wordt gebruikt als brandstof voor de militaire luchtvaart en ruimtevaart. Er bestaan systemen met lithiumhydride (LiH) als brandstof en lithiumnitraat ($LiNO_3$) als zuurstofbron.

15.11 Interne weerstand van een batterij

Omdat de hoeveelheid overpotentiaal ongeveer recht evenredig is met de stroomdichtheid (stroom per oppervlakte eenheid) kunnen we zeggen dat een batterij een inwendige weerstand R heeft. De grootte van R is afhankelijk van de mate waarin de batterij geladen is, omdat de hoeveelheid overpotentiaal afhankelijk is van de mate waarin de batterij geladen is. Ook de temperatuur speelt een rol. De interne weerstand is op zijn hoogst wanneer de batterij ontladen wordt in een lage laadtoestand, of wanneer de batterij wordt opgeladen in een hoge laadtoestand. De interne weerstand van de batterij is ongeveer constant wanneer de batterij geladen is tussen de 25 en 75%.



Figuur 122: interne weerstand batterij

Wanneer een producent de interne weerstand van de batterij meedeelt, is die waarde meestal geldend voor een batterij die voor 50% geladen is, op kamertemperatuur is en met een matige stroom belast wordt. Er is niet echt een “normale” manier waarop de interne weerstand gemeten wordt.

Rekening houdende met de wet van Nernst en de beperkingen in het gebruik van de interne weerstand, kunnen we de laad- en ontlaadspanning op de volgende manier schrijven.

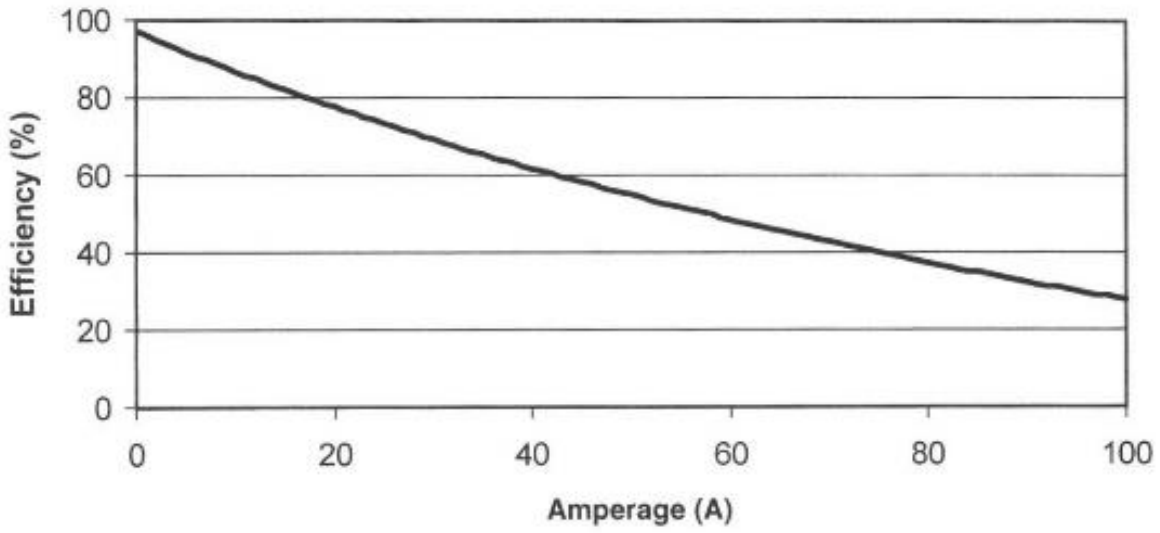
$$V_{Ontlaad} = V_0 - IR$$
$$V_{laad} = V_0 + IR$$

Met
I: de laad en ontlaadstroom
R: de interne weerstand van de batterij
Deze berekening is behoorlijk correct voor batterijen die 25 tot 75% geladen zijn en wanneer de stroom niet te hoog is. Wanneer deze berekening gebruikt wordt, is het belangrijk om te weten dat het een ruwe schatting is van de spanning. Omdat de temperatuur van de batterij niet wordt meegerekend in deze formule, kan deze voorspelling niet kloppen wanneer de batterij aan "extreme" en/of variërende temperaturen wordt blootgesteld.
De waarde van de energie-efficiëntie kunnen we nu omschrijven met de volgende formule.

$$Energie\ efficientie = (laad\ efficientie)\left(\frac{V^O - IR}{V^0 + IR}\right) * 100\%$$

Aan de hand van deze formule kunnen we zeggen dat de efficiëntie van de batterij daalt als de stroomsterkte stijgt.

Voorbeeld:
Als we een 60 Ah loodzuurbatterij met een interne weerstand van 0,07 Ω, een nullastspanning van 12,6 V en een laadefficiëntie van 97 % beschouwen en we gebruiken de vorige formule om de efficiëntie van de batterij te bepalen, bekomen we de volgende grafiek.
Deze grafiek zal het dichtst bij de werkelijkheid liggen wanneer de batterij voor 50% geladen is.



Figuur 123: efficiëntie batterij

15.12 Warmteontwikkeling

De chemische reactie in om het even welke batterij is altijd endotherm in de ene zin en exotherm in de andere zin. De endotherme reactie absorbeert warmte en zal de batterij afkoelen. De exotherme reactie zal de batterij opwarmen. De interne weerstand van de batterij zal uiteindelijk altijd warmte toevoegen aan de batterij. Dit effect zal altijd dat van de endotherme reactie overstemmen, waardoor de batterij in beide zinnen (opladen en ontladen) zal opwarmen.
De chemische reactie in een loodzuurbatterij is endotherm wanneer de batterij ontladen wordt en exotherm bij het opladen. Voor een laadstroom die gelijk is aan de ontlaadstroom, zal de batterij meer warmte afgeven bij het laden. We moeten dus bij het laden meer opletten voor oververhitting dan bij het ontladen van de batterij.

De chemische reactie in een Li-ion batterij is exotherm bij het ontladen en endotherm bij het laden. Deze batterijen zijn dus bij het ontladen gevoeligst voor oververhitting.

15.13 Batterijen opladen

Tijdens het ontladen van een Li-ion batterij stromen lithium ionen van de negatieve elektrode door het elektrolyt en door het diafragma naar de positieve elektrode.
Tijdens het laden wordt er een hogere spanning aangebracht tussen de klemmen dan de spanning in de batterij op ditzelfde moment. Die externe spanningbron (het laadcircuit) zorgt ervoor dat er een stroom door de batterij gaat in de omgekeerde zin. Hierdoor gaan de lithium ionen van de positieve elektrode naar de negatieve elektrode, waar ze worden vastgehecht in het poreuze elektrodemateriaal.
De laadprocedure van een Li- batterijen kan opgedeeld worden in verschillende fasen.

a. Constante stroom
b. Uitbalanceren
c. Constante spanning
d. Top laden

15.13.1 Constante stroom

Tijdens de constante stroom fase vloeit een constante stroom door de cel(len) terwijl de spanning geleidelijk stijgt. De spanning blijft stijgen tot de maximale spanning per cel is bereikt.

15.13.2 Uitbalanceren

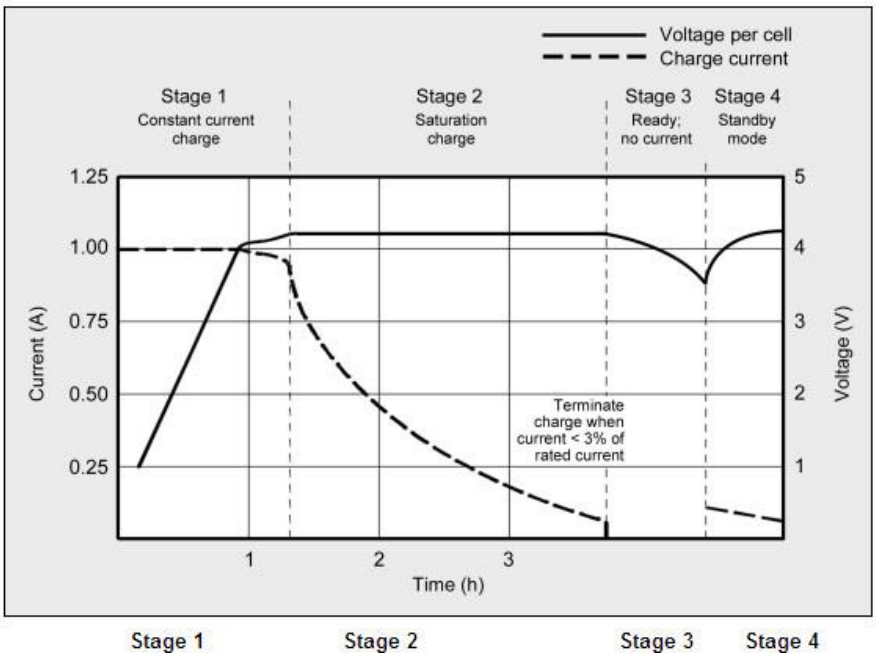
Tijdens het uitbalanceren zal de lader de stroom door de batterij verminderen. In deze fase van het laadproces zal iedere cel naar dezelfde laadtoestand gebracht worden (niet alle cellen hebben exact dezelfde capaciteit). Deze stap wordt door sommige laders overgeslagen om tijd te besparen. Als er maar één cel is die geladen moet worden, wordt deze stap natuurlijk overgeslagen.

15.13.3 Constante spanning

Tijdens de constante spanningsfase zal de lader de maximale spanning per cel (vermenigvuldigd met het aantal in serie geschakelde cellen) aan de batterij schakelen. De stroomsterkte door de batterij zal nu langzaam dalen. Als de stroomsterkte door de batterij gezakt is tot een bepaalde waarde (meestal 3% van de nominale stroom) stopt het laadproces. Na deze stap is de batterij geladen.

15.13.4 Top laden

Deze stap wordt soms uitgevoerd wanneer de batterij lange tijd (bijvoorbeeld 500 uur) is aangesloten aan de oplader terwijl de batterij niet gebruikt wordt en de spanning in de cellen is gezakt. De batterij wordt voor een korte tijd bijgeladen tot de batterij weer 100% opgeladen is.
In de volgende karakteristiek wordt het laadproces van een batterij beschreven.



Stage 1: De spanning stijgt met constante stroomsterkte.
Stage 2: De spanning blijft constant met dalende stroom.
Stage 3: Het laden stopt en de batterij blijft ongebruikt.
Stage 4: Topladen wanneer de spanning gedaald is.
De stap uitbalanceren wordt hier niet weergegeven.

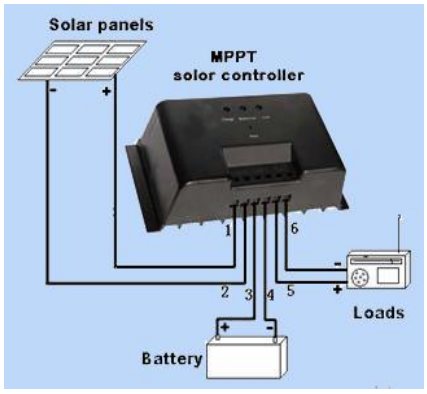
Figuur 124: batterijen opladen

15.14 Batterijen laden aan de hand van zonnepanelen

Om een batterij te laden met een zonnepaneel gebruiken we best een laadcontroller. Die controller neemt de energie van het zonnepaneel en zet de spanning om naar een spanning die bruikbaar is voor het laden van de batterijen. Om batterijen op te laden aan de hand van zonnepanelen bestaan er 2 soorten laadregelaars: PWM laadregelaars en MPPT laadregelaars. De PWM laadregelaar is een schakelsysteem dat de batterij aan het zonnepaneel schakelt en het contact weer verbreekt. Hierdoor zal de spanning uit het zonnepaneel naar beneden "getrokken" worden tot aan de nodige laadspanning voor de batterij.
Een MPPT laadregelaar is een ingewikkelder (en duurder) systeem. Een MPPT laadregelaar zal de input spanning afkomstig van het zonnepaneel aanpassen zodat het maximaal vermogen kan gebruikt worden en die spanning daarna transformeren naar de spanning die nodig is om de batterij op te laden.

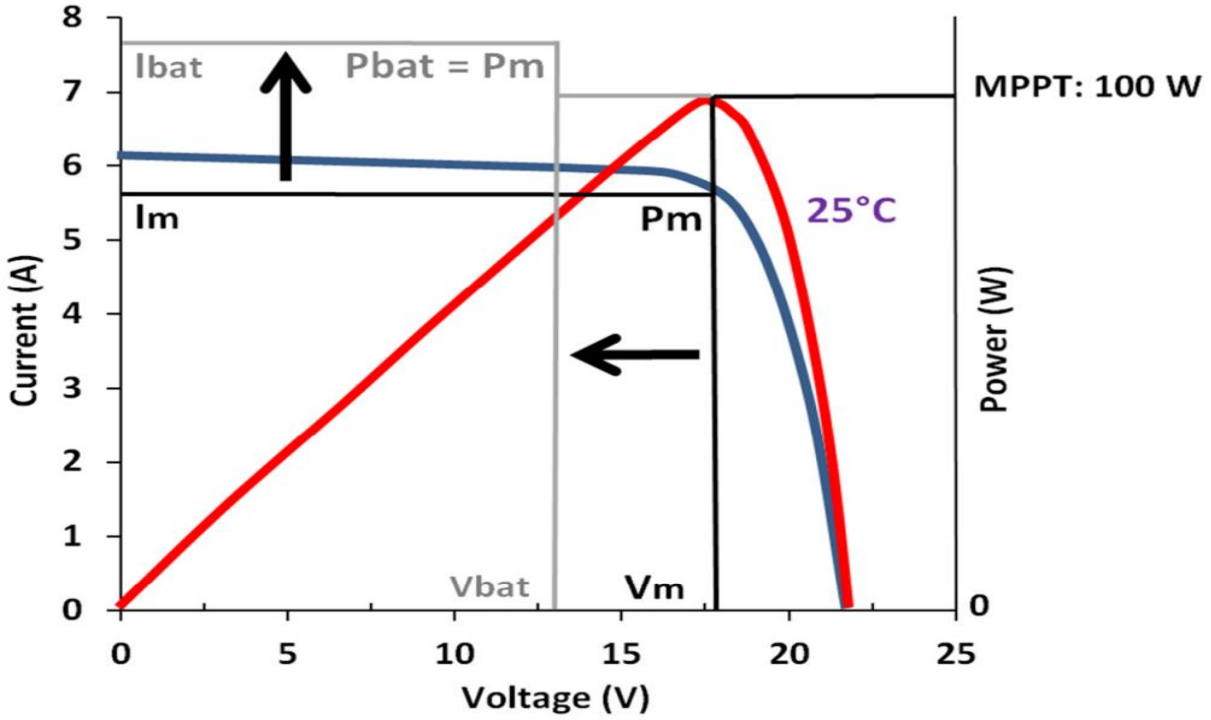
15.14.1MPPT laadregelaar

De term MPPT staatvoor: maximum power point tracking. Als we dit vertalen naar het Nederlands krijgen we "maximum vermogen punt detecteren". Deze Nederlandse versie wordt echter nooit gebruikt.
De figuur hiernaast toont het schakelschema van een MPPT laadcontroller.
We kunnen (zoals in het hoofdstuk over zonnepanelen al vermeld werd) de spanning waarop het zonnepaneel het meeste vermogen kan leveren, vinden door een verticale lijn te tekenen vanuit het topje van de vermogen-spanning curve. Het punt waar de verticale lijn de stroom-spanning curve snijdt, is het punt met maximaal vermogen.



Figuur 125: mppt

In het volgende voorbeeld ligt het punt met het maximale vermogen op een spanning van 18 V. Bij die spanning zal er een stroom vloeien van 5,56 A wat ons een vermogen van 100 W oplevert.



Figuur 126: mppt curve

De MPPT laadcontroller zal het zal het punt met het maximale vermogen uit ons voorbeeld detecteren en het zonnepaneel laten werken op 18 V met een stroom van 5,56 A.
Hierna zal de laadregelaar met een DC/DC omvormer de spanning omvormen naar een lagere spanning (of indien nodig omgekeerd). Wanneer de spanning verlaagd wordt, zal het vermogen hetzelfde blijven en de stroom zal vergroten ($P = U * I$).
Wanneer bijvoorbeeld een batterij moet geladen worden op 13 V, zal de uitgangsstroom 7,7 A bedragen. Dit wordt voorgesteld in de vorige grafiek.
Om het punt met maximaal vermogen te bepalen zijn er drie manieren die een laadregelaar kan gebruiken. De laadregelaar zal in sommige gevallen veranderen van methode naargelang de omstandigheden.

15.14.1.1 Verschillende MPPT methodes

a. Perturb and observe (P&O)
   Een veelgebruikte MPPT methode is “perturbandobserve” (P&O) ofwel “verstoor en observeer”. Een controller die deze methode gebruikt, zal de spanning verhogen met een kleine hoeveelheid en het vermogen meten. Als het vermogen stijgt, zal de controller de spanning nog wat opvoeren tot het vermogen niet meer stijgt en de ideale spanning is bereikt. De P&O methode is behoorlijk efficiënt maar kan traag zijn. Deze methode is de meest gebruikte MPPT methode omdat zij makkelijk uit te voeren is.
b. Stapsgewijze geleiding.
   Wanneer deze MPPT methode wordt toegepast, zal de computer in de laadregelaar de stroom- en spanningsverschillen vergelijken en hiermee het effect van spanningsveranderingen voorspellen. De laadregelaar behoudt het berekende punt tot er veranderingen in de stroom voorkomen. Deze manier vereist behoorlijk wat rekenvermogen van de computer maar is sneller dan de P&O methode.

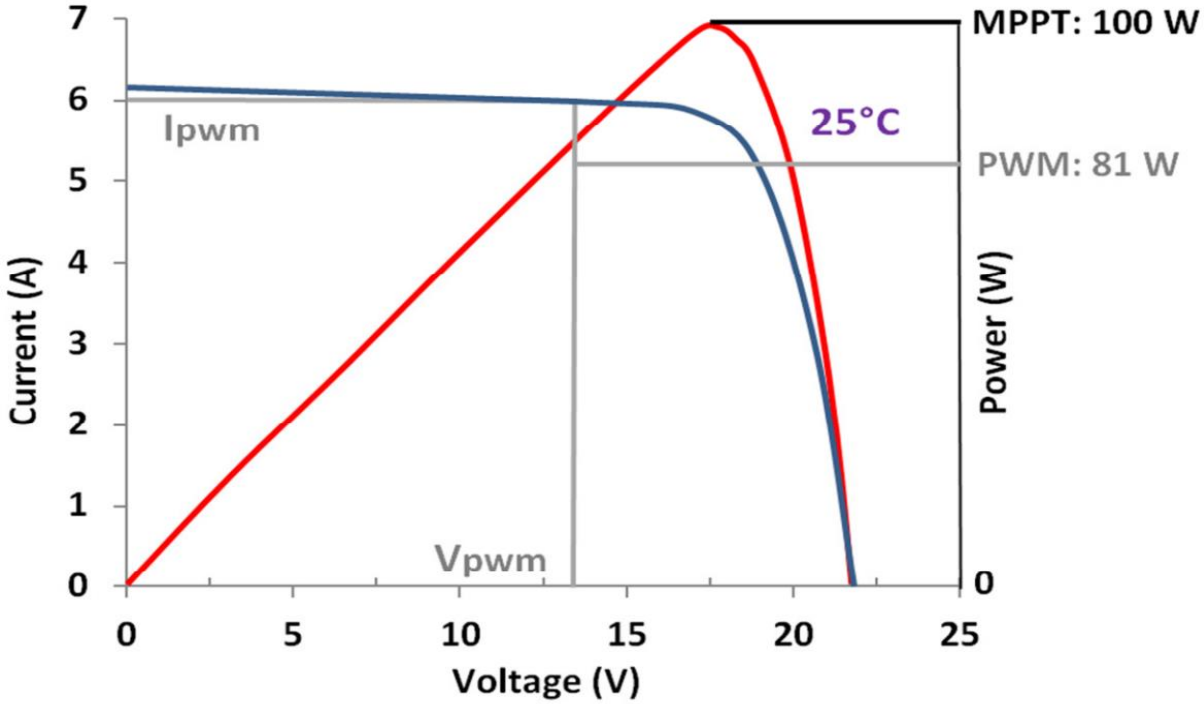
c. Currentsweep
Een andere MPPT methode is “currentsweep” wat letterlijk vertaald “stroom slag” betekent. Deze methode werkt hetzelfde als de “stapsgewijze geleiding” methode. Het verschil is dat de controller op vaste tijdsintervallen de ideale spanning berekent. Deze manier vereist minder rekenvermogen van de computer dan de vorige methode, maar is niet ideaal voor snel veranderende omstandigheden.

15.14.1.2 Vergelijking MPPT methodes

De “P&O” methode kan het punt met het maximale vermogen vinden maar heeft als nadeel dat de methode voor oscillaties kan zorgen (ook bij constante instraling).
Stapsgewijze geleiding heeft als voordeel tegenover P&O methode dat men het maximale vermogen punt kan bepalen zonder oscillaties. Deze methode kan het beste punt vinden onder snel veranderende omstandigheden met een hogere precisie dan de P&O methode.
Het nadeel van de “stapsgewijze geleiding” is dat de methode een stuk meer rekenvermogen vereist dan de “P&O” methode omdat de algoritmes een stuk complexer zijn.
Met een MPPT systeem kan er een efficiëntie tot meer dan 95 % bereikt worden. Dit wil zeggen dat 95 % van de maximaal opwekbare energie effectief in de batterij zal opgeslagen worden.

15.14.2PWM laadregelaar

De goedkoopste oplossing voor het laden van een batterij aan de hand van een zonnepaneel is de PWM laadregelaar. PWM staat voor “pulse-widthmodulation” of pulsbreedtemodulatie.
In dit geval is de spanning waarop het zonnepaneel zal werken gelijk aan de laadspanning van de batterij (plus ongeveer 0,5 V om verliezen in de controller en bekabeling te compenseren).
Wanneer een verticale lijn getrokken wordt uit het werkpunt van de stroom-spanning karakteristiek, geeft het snijpunt van deze lijn met de vermogen-spanning karakteristiek het vermogen dat het zonnepaneel zal leveren weer.
Een PWM laadregelaar is geen DC/DC omvormer maar een schakelsysteem dat het zonnepaneel verbindt met de batterij. Wanneer de schakelaar gesloten is, hebben het



Figuur 127: mppt curve

zonnepaneel en de batterij ongeveer dezelfde spanning.
Wanneer we een batterij willen opladen met een spanning van 13 V, zal de PWM laadregelaar het punt met een spanning van 13,5 V van de stroom-spanning karakteristiek gebruiken. Wanneer de batterij bijna volledig opgeladen is, zal de laadregelaar de spanning loskoppelen om overladen te vermijden.
In het volgende voorbeeld wordt een batterij opgeladen met een nominale spanning van 13 V. De laadregelaar werkt dus in op het punt in de stroom-spanning curve met een spanning van 13,5 V en een stroom van 6 A. Dit levert ons een vermogen van ($P = U * I$) 81 W (in plaats van 100 W). Als we in deze situatie een MPPT laadregelaar zouden gebruiken, zou ons dat 19 % meer vermogen opleveren.

15.14.3Systeem zonder laadregelaar

Een manier om een batterij op te laden zou kunnen inhouden dat het zonnepaneel gewoon aan de batterij wordt bevestigd zonder enige tussenschakeling. Deze manier zou in principe werken, maar is niet aan te raden wanneer het systeem niet goed is nagerekend.
De laadcontroller transformeert de DC spanning van het zonnepaneel naar een DC spanning die gepast is voor het laden van de batterij. Wanneer de spanning van het zonnepaneel niet overeenkomt met de spanning van de batterij kan dit de batterij beschadigen. Met een laadregelaar kan dit nooit gebeuren.
Zonder laadregelaar zal het zonnepaneel nooit op de ideale spanning worden opgeladen.
Wanneer het om de een of andere reden niet mogelijk is om een laadregelaar te gebruiken, moet men ervoor zorgen dat de laadstroom niet te hoog is (zie maximumwaarde op kenplaat of handleiding). Wanneer de batterij vol is, moet het laadproces onderbroken worden. De batterij wordt ook beter niet belast wanneer die volledig ontladen is. Wanneer een batterij niet correct gebruikt wordt, zal deze snel de nodige prestaties niet meer kunnen leveren. In dit geval kunnen batterijen uitzetten en zelfs ontploffingen en brand veroorzaken.

Figuur 128: batterij gsm

15.15 Ons laadsysteem

De combinatie van een 64 V zonnepaneel met een 36 V batterij is nogal ongewoon. Hierdoor is er slechts een zeer beperk aanbod met geschikte laadregelaars. Na lang zoeken en twijfelen hebben we besloten om een PWM laadregelaar te gebruiken.

Figuur 129: onze laadregelaar

15.16 Recyclage van batterijen

Nu er steeds meer elektrische auto's in gebruik zijn, zal het recycleren van batterijen dus ook meer en meer noodzakelijk zijn. In Europa werken Telsa en Umicore samen aan een beter recyclageproces voor batterijen.

15.16.1 Inzamelen

De lege batterijen kunnen binnen gebracht worden bij 24 000 inzamelpunten van Bebat in supermarkten, containerparken en elektrowinkels.

15.16.2 Sorteren

Na het inzamelen van de batterijen ondergaan ze een heel recyclageproces. Op de foto hiernaast is duidelijk welke stappen de batterijen ondergaan om gesorteerd te worden.

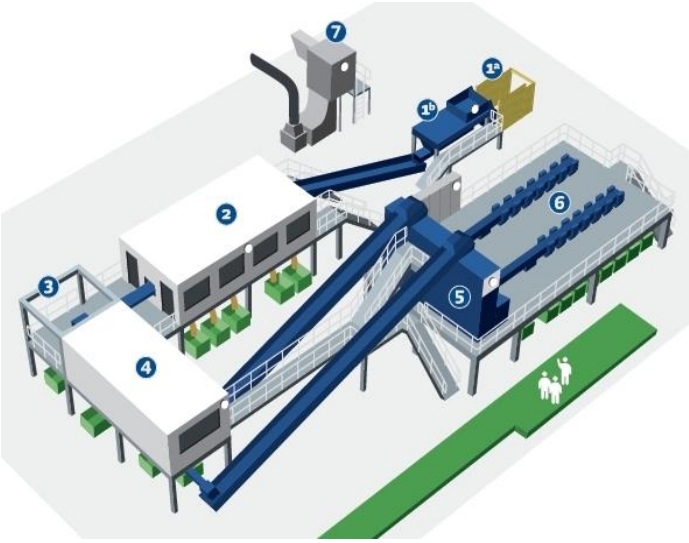
1a De batterijen komen toe.

1b De batterijen worden op de transportband gelegd en zijn nu klaar om het proces te doorlopen.

2 De batterijen worden manueel gesorteerd. De grote batterijen gaan er uit

3 Scheiden van magnetische en niet magnetische batterijen. Dit gebeurt door een magnetische band over de batterijen te laten passeren. De magnetische batterijen worden zo aangetrokken door de band.

4 Sorteren van de batterijen op grootte. De gebeurt aan de hand van een schudzeef.



Figuur 130: sorteren van batterijen

5 Tussenopslag van de gesorteerde batterijen.

6 Automatische scheiding van batterijen volgens recyclage proces

7 Luchtfilters

15.16.3 Proces

Voor iedere batterij is er een andere recyclageprocedure. Alkaline- en zink-koolstofcellen worden vermalen. Bij knoopcellen wordt via distillatie (stoffen in een oplossing uit elkaar halen door verdamping) het kwik en de resterende massa van elkaar gescheiden. Nikkel-cadmium-, nikkelmetaalhydride- en lithiumbatterijen worden eerst vermalen en dan aan de hand van pyrolyse (uit elkaar halen met vuur, ook wel droge destillatie genoemd) gerecupereerd. Bij loodbatterijen wordt het accuzuur van de vaste bestanddelen gescheiden. De vaste delen worden dan eerst vermalen, daarna wordt alles gesmolten en ten slotte wordt alles gezuiverd.

Figuur 131: knoopcel

15.16.4 Doel

Men recycleert batterijen vooral om grondstoffen te herwinnen. In de tabel hieronder staan verschillende soorten batterijen met telkens de te recupereren stof.

Soort batterij	**Recuperatie van:**
Alkaline & zinkkoolbatterijen	ijzer, zink, metaal, mangaan
knoopcellen	kwik, metaal
Nikkel cadmium & nikkel metaalhydride	cadium, nikkel, metaal
Loodbatterijen	lood, plastic
Lithium batterijen	cobalt, nikkel, lithium

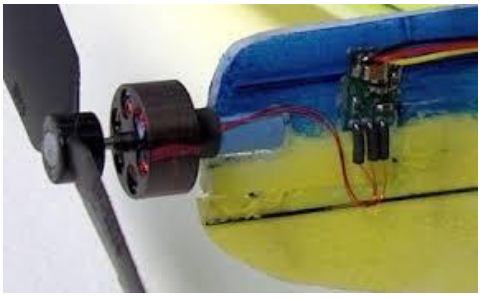
16 Motor

16.1 Type

Als motor voor onze zonnewagen zijn er verschillende opties. Het belangrijkste aandachtspunt bij de motor is de efficiëntie. Het vermogen van de batterijen en de zonnecellen moet zo efficiënt mogelijk worden overgebracht naar de grond. De motor die het best aan deze voorwaarden voldoet, is de borstelloze gelijkstroommotor (BLDC). Deze motor kan in de naaf gemonteerd worden (zoals bij elektrische fietsen). Op die manier moeten we geen overbrenging voorzien en wordt het efficiëntieverlies door kettingen en riemen geëlimineerd.

Figuur 132: naafmotor

16.2 Geschiedenis van de BLDC



Figuur 133: BLDC

Voor de eerste borstelloze gelijkstroommotoren waren er de gewone gelijkstroommotoren. Deze werden ontwikkeld om de toen minder efficiënte wisselstroom-inductiemotoren te vervangen. De “geborstelde” DC motor werd al in 1856 uitgevonden door de Duitser Ernst Werner von Siemens. Op het einde van de 19de eeuw ontwikkelde Harry Ward de eerste motorcontroller. Met deze controller kon hij controle houden over het toerental van de motor. Dit systeem van motor en controller bleef veel gebruikt tot het bedrijf Electronic Regulator Company’sThyristorDevices begin jaren 60 controllers die AC omzetten naar DC begon te produceren.
De eerste DLDC motor werd uitgevonden doorT.G. Wilson en P.H. Trickey en kwam op de markt in 1962. Toen de motor steeds verfijnder werd, kreeg hij een steeds belangrijkere rol in de robotica, vliegtuigjes en cd spelers. De BLDC werd vooral gekozen omwille van het feit dat er nooit koolborsteltjes moesten vervangen worden. De eerste BLDC motoren waren heel betrouwbaar maar ze waren niet in staat om grote vermogens te leveren. Uiteindelijk slaagde Robert E. Lordo er als eerste in om een sterke BLDC motor te maken. Zijn motor was minstens 10 keer sterker dan de vroegere BLDC motoren.

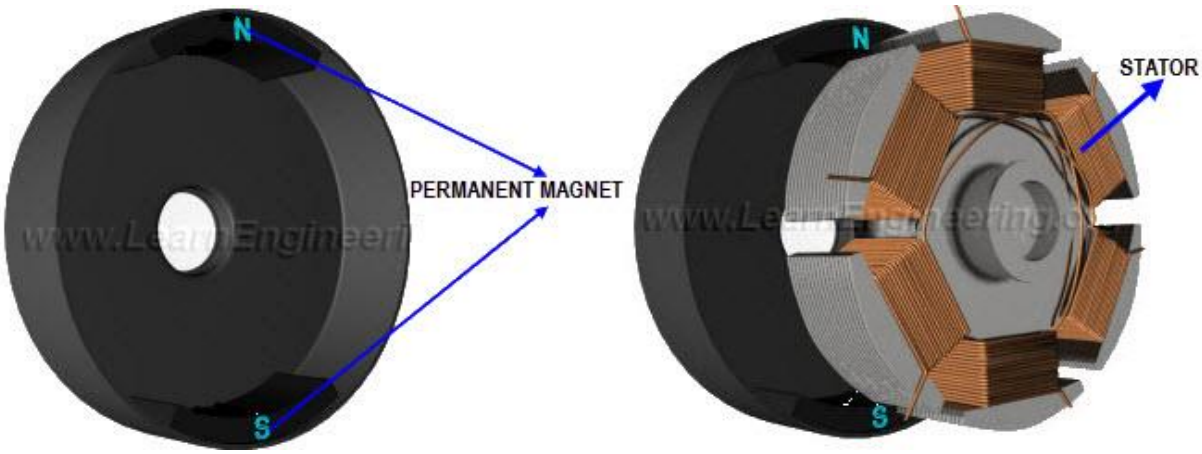
Figuur 134: binnenkant BLDC

Op dit moment wordt de BLDC motor voor steeds meer toepassingen gebruikt. Er zijn heel wat mogelijkheden op vlak van vermogen, asdikte en vorm.Op dit moment worden er grote BLDC motoren gebruikt in elektrische wagens, scooter en fietsen, maar men gebruikt ook BLDC’s voor kleine koelventilatoren in computers en andere elektronica. Ook in de modelbouw worden deze motoren vaak gebruikt.

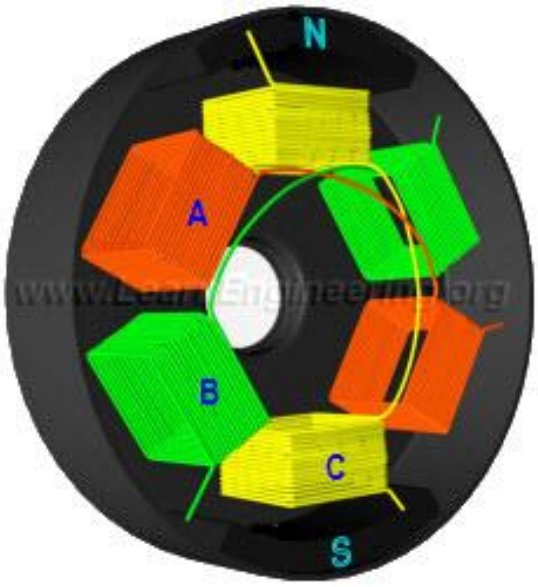
16.3 Werking BLDC

16.3.1 Basis

De BLDC motor bestaat uit een rotor en een stator. De rotor bestaat uit permanente magneten en de stator beschikt over een kern en verschillende spoelen zoals op figuur 128.



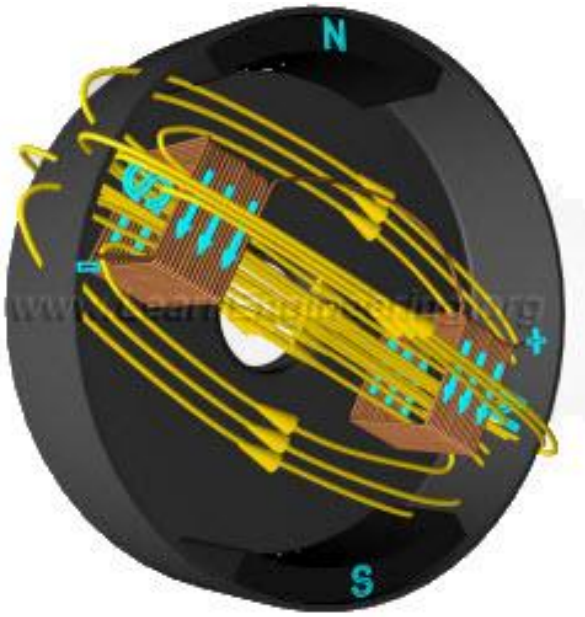
Figuur 135: stator en rotor



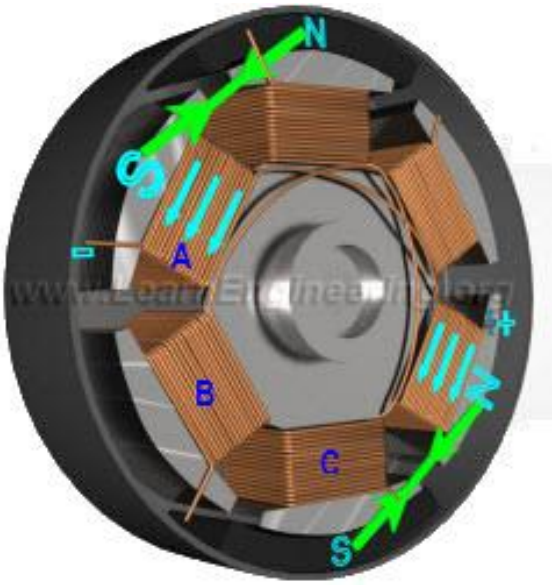
Figuur 136: spoelen stator

De spoelen zijn geordend zoals op figuur 129. In ons voorbeeld heeft de rotor 3 spoelen, genaamd A, B en C.

Om de motor te doen draaien, wordt telkens 1 van de spoelen bekrachtigd met een gelijkstroom. De bekrachtigde spoel ontwikkelt een elektromagnetisch veld zoals voorgesteld op figuur 130.



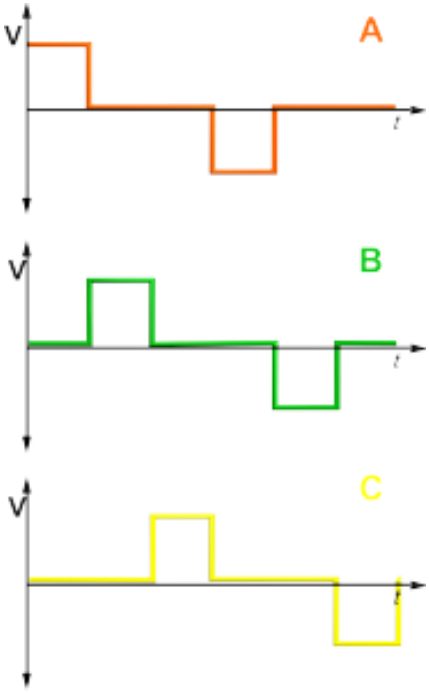
Figuur 137: bekrachtiging spoelen



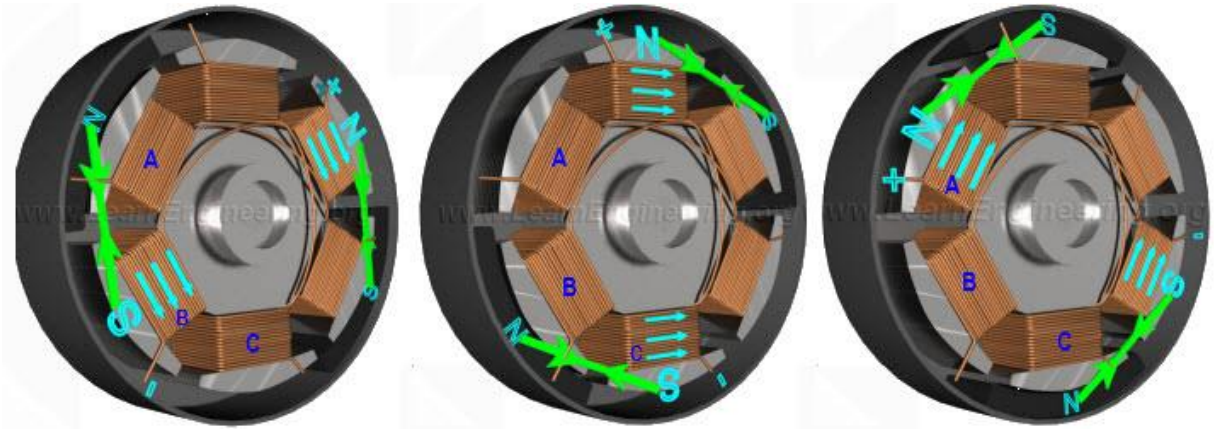
Figuur 138: aantrekking spoel met permanente magneet

De bekrachtigde spoel en de permanente magneet van de rotor worden aangetrokken door elkaar zoals getoond op figuur 131.

Als de magneet van de rotor aankomt bij spoel A, dan wordt spoel B bekrachtigd. Als de magneet bij spoel B aankomt, wordt spoel C bekrachtigd. De rotor heeft nu een halve omwenteling achter de rug. Om de rotor verder te doen draaien, wordt spoel A nogmaals bekrachtigd maar nu met een omgekeerde polariteit. Daarna worden ook spoel B en C omgekeerd bekrachtigd zoals op figuur 132 en 133 word getoond. Dit proces wordtiedere omwenteling van de motor herhaald.

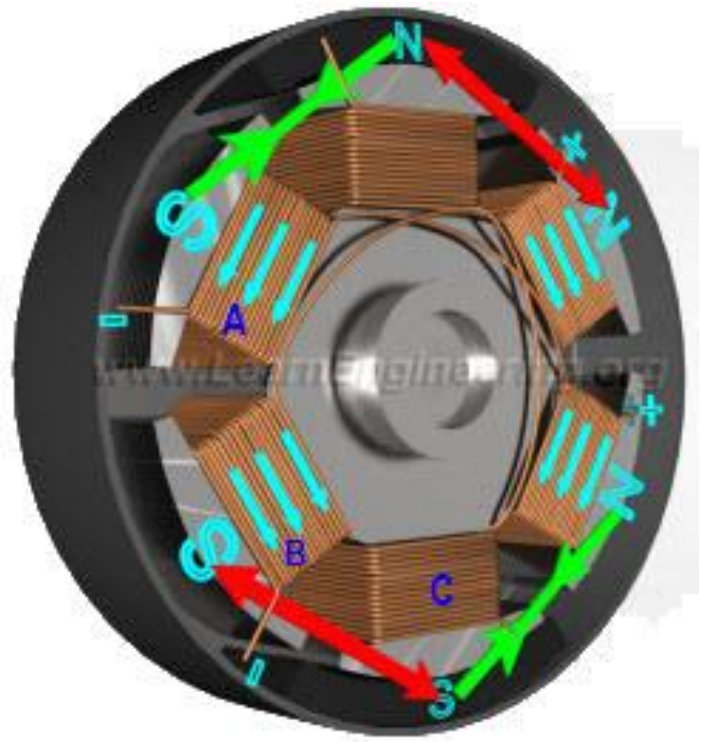


Figuur 139: curve bekrachtiging spoelen



Figuur 140: bekrachtiging spoelen

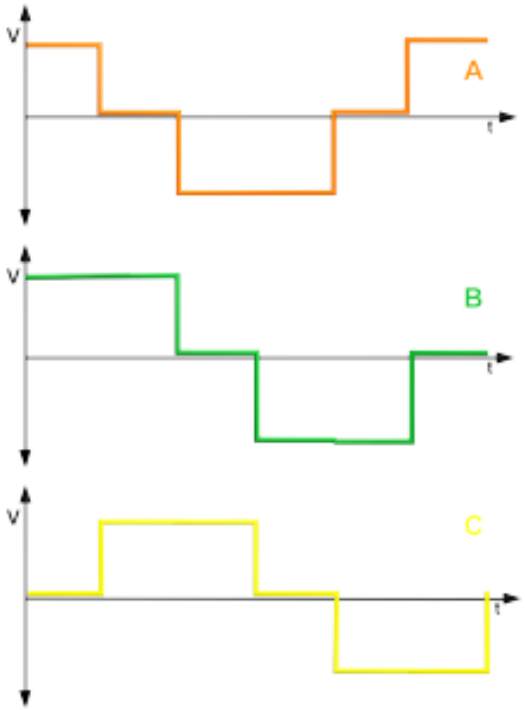
16.3.2 Verdere uitwerking



Figuur 141

De motor, zoals hierboven besproken, werkt, maar kan verbeterd worden. Op elk ogenblik is er slechts één spoel bekrachtigd. De twee andere spoelen die niet bekrachtigd zijn, hebben op dat moment geen enkele functie. Om de efficiëntie van de motor te verbeteren, kan men de spoel achter de magneet bekrachtigen zodat die de magneet van de rotor wegduwt zoals in figuur 134.

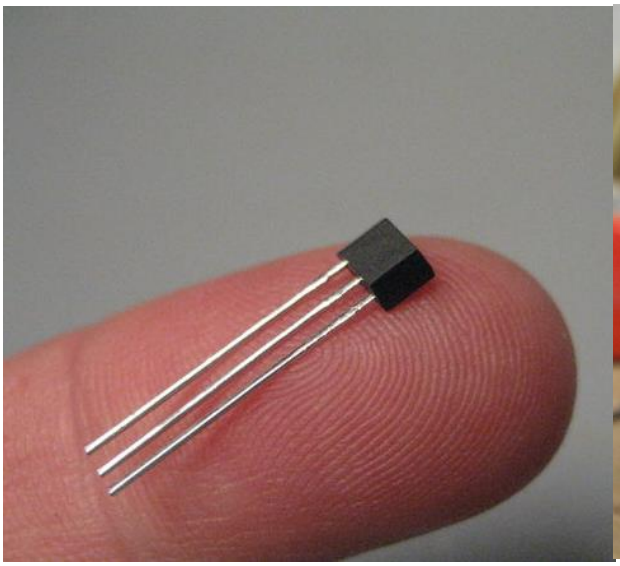
Met deze gecombineerde bekrachtiging kan de motor meer en constanter koppel en vermogen genereren.
Wanneer we twee spoelen tegelijkertijd willen bekrachtigen, geeft figuur 135 de te sturen spanning weer.



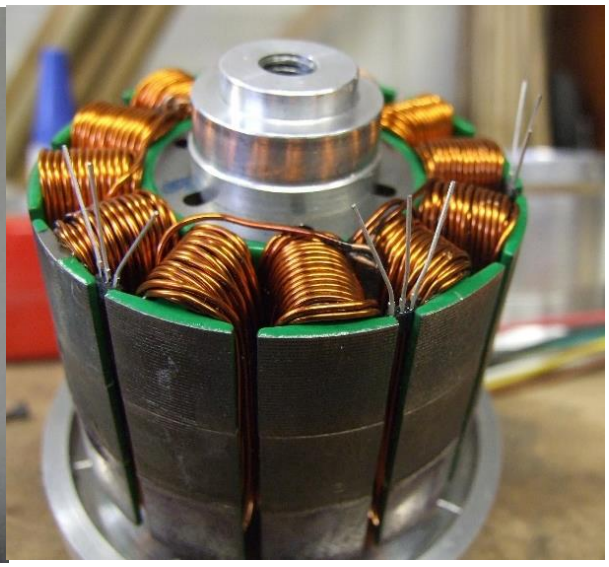
Figuur 142

16.3.3 Sensoren

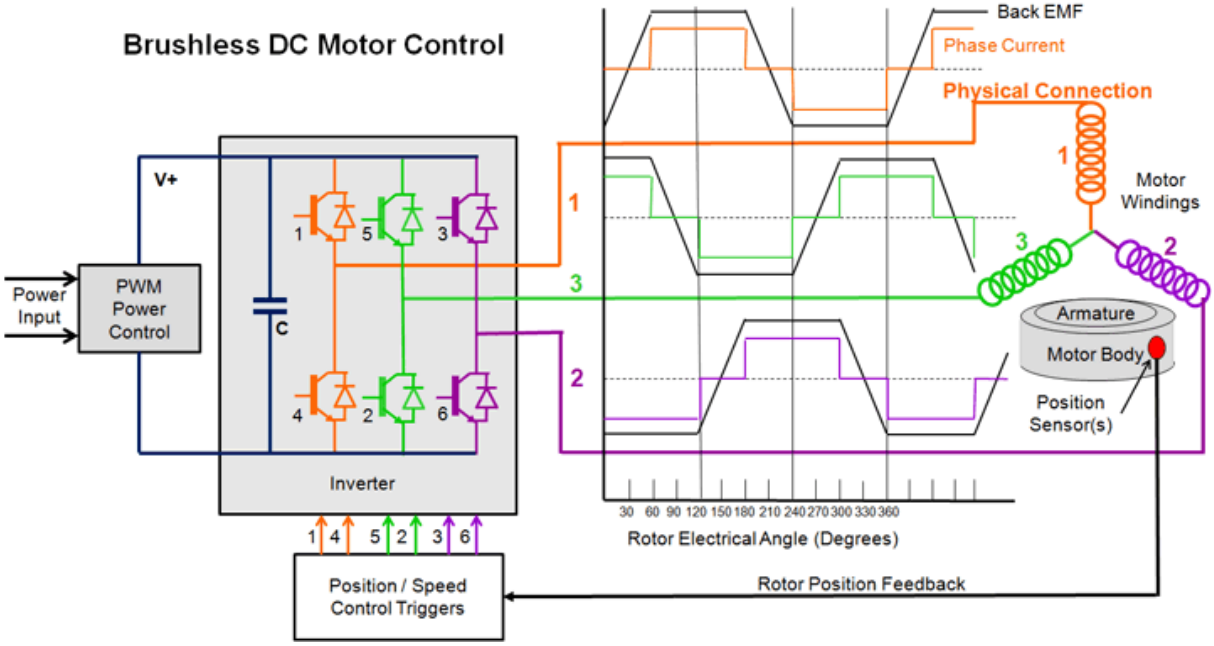
Het enige probleem dat nu nog niet is opgelost, is wanneer welke spoel te bekrachtigen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een electronic controller unit (ECU). Die kan op basis van eenhallsensor de plaats van de rotor ten opzichte van de statordetecteren. Met deze informatie kan de controller op het juiste moment de nodige spoelen bekrachtigen. Op figuur



Figuur 145: hall senor



Figuur 144: stator met 3 hall senoren

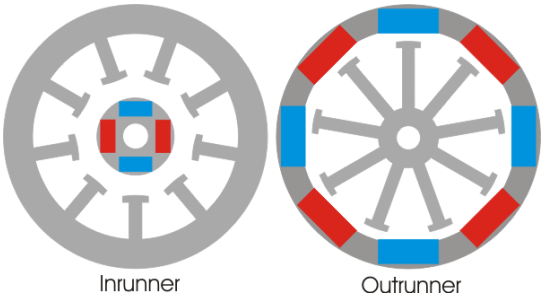


Figuur 143: elektrisch schema BLDC

138 is een hall sensor weergegeven. Op figuur 137 is een stator met 3 hall sensoren te zien. Figuur 136 geeft het elektrisch schema van een BLDC motor met controller en sensoren weer. (EMF staat voor elektro motorische kracht)

16.4 Types BLDC

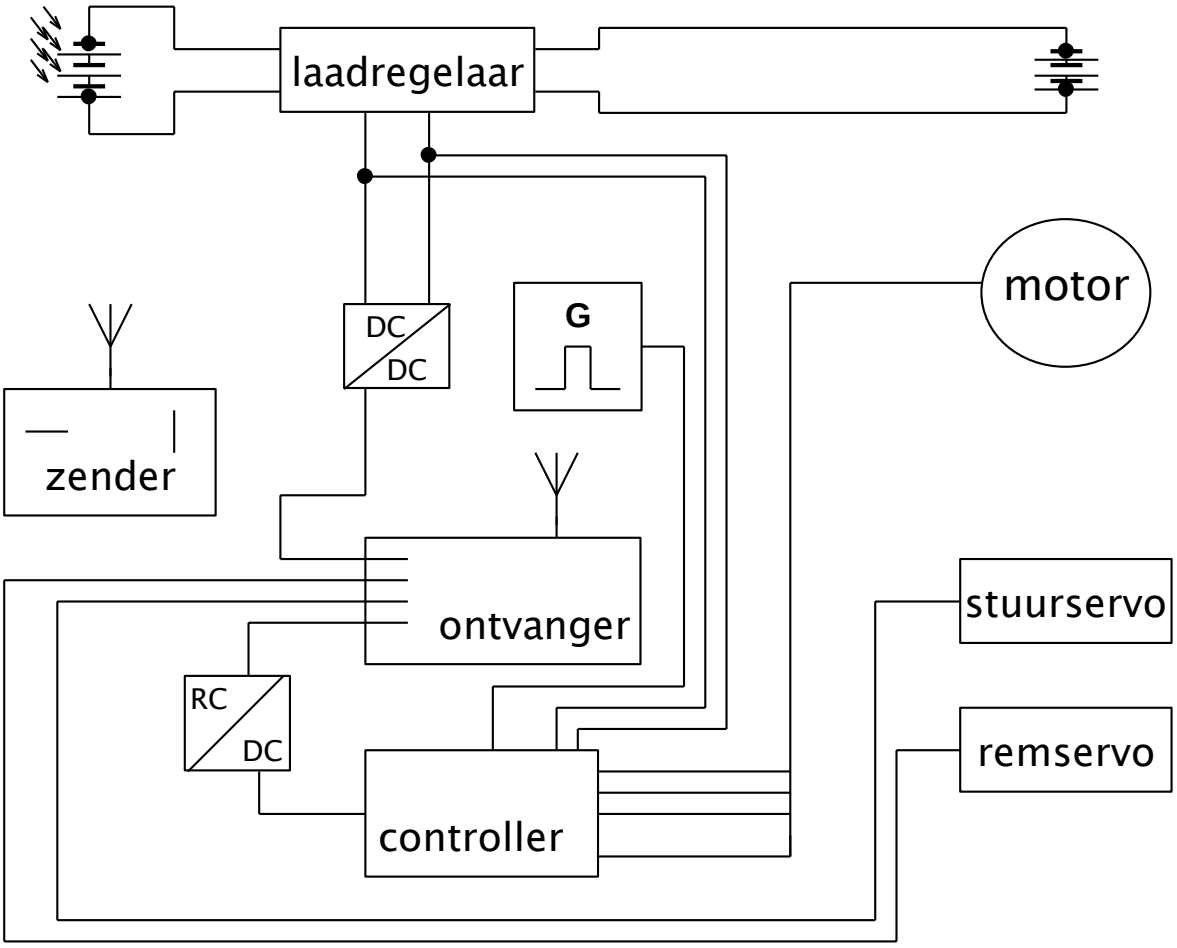
In dit voorbeeld hebben we een motor besproken waarvan de rotor aan de buitenkant zit zoals wij die gaan gebruiken. Er bestaan ook motoren waarvan de rotor binnenin zit.



Figuur 146: inrunner en outrunner

17 Praktische Elektriciteit

17.1 Elektrisch schema



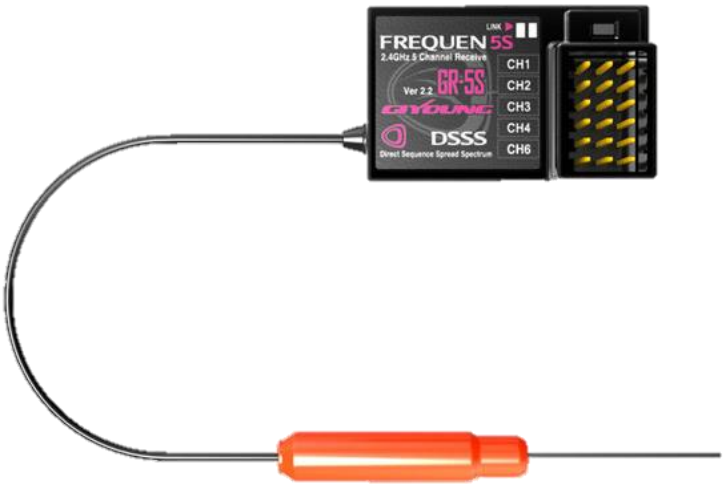
Het schema hierboven is het algemeen elektrisch schema van onze zonnewagen. Linksboven vinden we het zonnepaneel. Met de twee kabels van het zonnepaneel gaan we naar de laadregelaar. Ook de kabels van de batterij (rechts boven) gaan naar de laadregelaar.
Uit de laadregelaar vertrekken we met twee kabels (36 V) naar de motorcontroller en naar de ingang van DC/DC omvormer. Aan de uitgang van de omvormer krijgen we een DC spanning van 6V. Deze spanning gebruiken we om de RC ontvanger te voeden, de ontvanger voedt en stuurt op zijn beurt de twee servomotoren.
Aan de motorcontroller verbinden we een pulsgenerator (hier later meer over) en de motor.

17.2 Zender en ontvanger

We willen onze zonnewagen vanop afstand kunnen besturen. Om dit mogelijk te maken zullen wij gebruik maken van de radiobesturing voor een telegeleide auto. Radiobesturing is een vorm van afstandsbediening, ook afgekort als RC (radio control). De meest uiteenlopende machines en toestellen kunnen met dit systeem dus op afstand bestuurd worden. De componenten die we nodig hebben om deze besturing tot stand te brengen zijn: een zender(afstandsbediening) en een bijhorende ontvanger.
Via de zender kunnen we een 2,4 Ghz radiogolf signaal sturen naar de ontvanger. De ontvanger bestuurt de aangesloten servomotoren die op hun beurt verschillende functies in het model aansturen. Zo wordt bijvoorbeeld de gasstand van een modelbouw brandstofmotor, of elektronische motorregelaar geregeld.

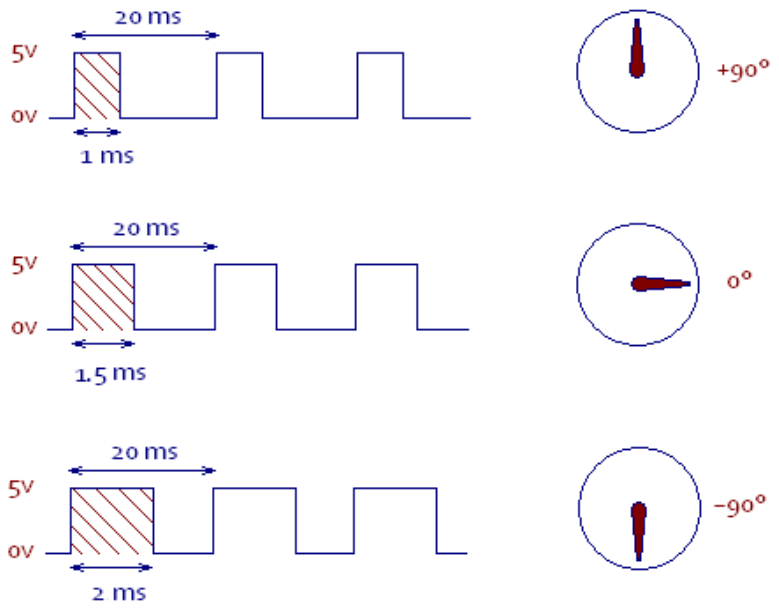
Figuur 147: zender

Servo's worden verder gebruikt om roeren, wielen en zeilwinches te bewegen waardoor het model van rij, hoogte of vliegrichting verandert. Een modelbouwzender beschikt over 2 tot 18 verschillende kanalen waardoor bijvoorbeeld ook andere functies zoals lampjes, luikjes en deurtjes bediend kunnen worden.
Door gebruik te maken van radiobesturing kunnen we vanop een grote afstand ons voertuig bedienen zonder er met een kabel achter aan te moeten lopen.
Wij zullen gebruik maken van de hiernaast afgebeelde Hype ST6DF. Dit is een 6-kanaals systeem dat werkt op een frequentie van 2,4 Ghz.



Figuur 148: ontvanger

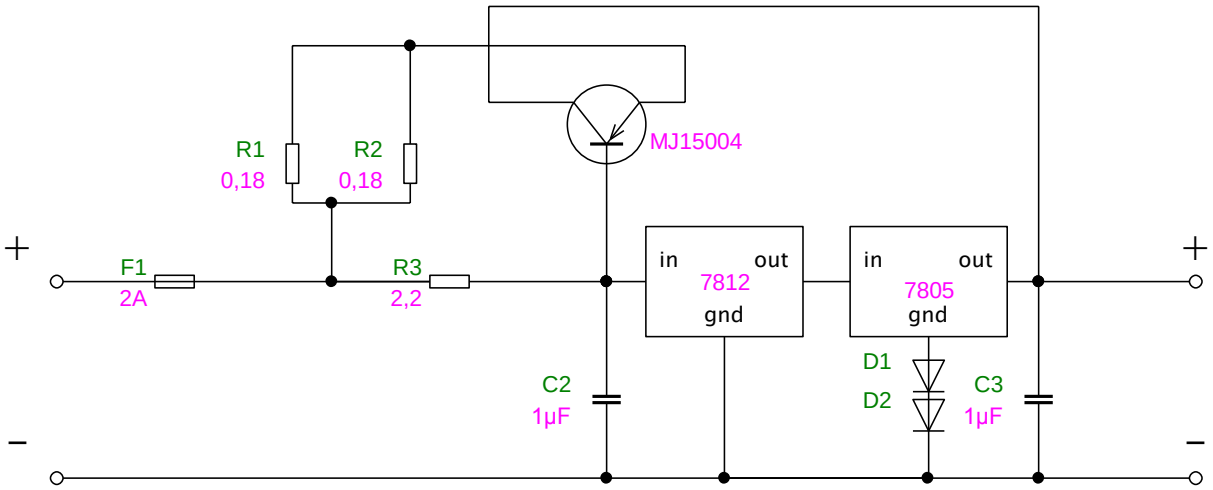
Zoals hiernaast te zien hangt er aan de ontvanger een antenne (hier met oranje huls), deze wordt best zo bloot mogelijk gepositioneerd voor een optimale ontvangst. Ook zijn de aansluitingen voor de verschillende kanalen te zien. Elk kanaal heeft drie pinnetjes. (van links naar rechts: signaal, + en massa). De spanning over de + en de massa is afhankelijk van de spanning waarmee de ontvanger gevoed wordt en dient als voedingspanning voor de gestuurde elementen.



Figuur 149: signaal servo

Over de signaalpin staat er ten opzichte van de massa een PWM signaal (puls widthmodulation) met een constante frequentie van 50 Hz. Afhankelijk van de lengte van de duty time (tijd waarin signaal hoog is) van het signaal, zal de servo zich anders positioneren. Wanneer we bijvoorbeeld de servo volledig naar links willen laten draaien, duwen we de hendel van het juiste kanaal volledig naar de ene kant. De ontvanger zal dan een signaal met een frequentie van 50 Hz en een duty time van 1 ms geven aan de servo. De hoogte van dit signaal is niet echt van belang en is afhankelijk van de voedingsspanning van de ontvanger.
In onze zonnewagen zullen we twee servomotoren gebruiken. Een om te remmen en een om te sturen.

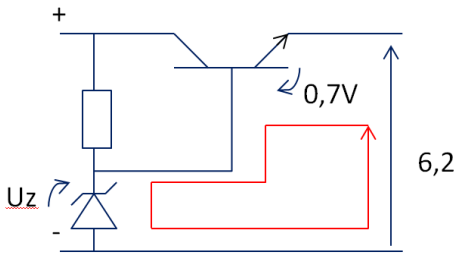
17.3 DC/DC omvormer



Figuur 150: elektrisch schema DC/DC omvormer

In ons elektrisch schema bevindt zich een DC/DC omvormer. Deze wordt gebruikt om een gelijkspanning van 36 V om te zetten naar een gelijkspanning van 6,2 V. Deze spanning gebruiken we als voedingsspanning voor de ontvanger en de servomotoren.

17.3.1 principe

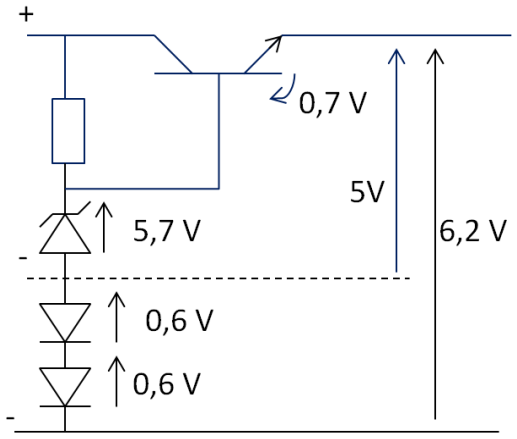


Figuur 151: priciope schakeling DC/DC

Op het schema hiernaast is het principe van een DC/DC omvormer eenvoudig voorgesteld. Het schema bestaat uit een weerstand, zener diode en een NPN transistor. Door de spanningswet van Kirchhoff, vindt men een waarde van 6,p V voor de spanning over de zener diode

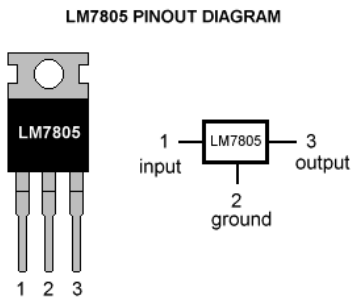
$$6{,}2 + 0{,}7 - Uz = 0$$
$$Uz = 6{,}2 + 0{,}7 = 6{,}9\ V$$

17.3.2 Werking van de LM7805 en LM7812



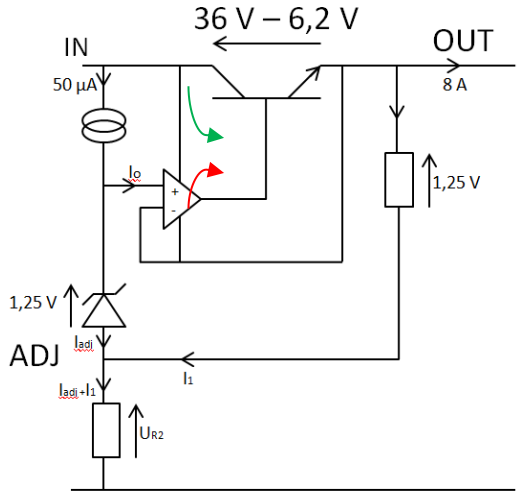
Figuur 153: werking DC/DC

Een LM7805 is een spanningsregelaar die ons de gewenste spanning bezorgt. Dit klopt niet helemaal. We hadden een spanning van 6,2 V gewenst. Maar zo'n component bestaat niet. Dus hebben we gekozen voor een LM7805 die ons een spanning van 5 V bezorgt en aan de hand van 2 diodes in serie naar de massa te plaatsen kunnen we een spanning van 6,2 V bekomen omdat er over de diode ongeveer een spanning van 0,6 à 0,7 V staat. Maar eerst wordt de spanning verlaagd door een LM7812 naar een spanning van 12 V. Dit gebeurt omdat tussen de IN en OUT van de LM7805 slechts een beperkt spanningsverschil mag zijn.



Figuur 152: transitor

17.3.3 berekeningen aan de hand van LM317



Als U+ > U- --> +
Als U+ < U- --> -

$$I_1 = \frac{1{,}25\ V}{R_1} > 5\ mA \rightarrow R_1 < 250\Omega$$

$$I_2 = I_{adj} + I_1$$

$$U_{R2} = (I_{adj} + I_{R1}) \times R_2$$

Figuur 154: berekeningen

17.3.4 Weerstandswaarden bepalen

$$U_{R2} = U_{uit} - U_{R1}$$

$$\rightarrow U_{uit} = U_{R2} + U_{R1}$$

$$U_{uit} = (I_{ADJ} + I_{R1}) \times R_2 + \text{''}$$

met

$$U_{R2} = (I_{ADJ} + I_{R1}) \times R_2$$

$$U_{R1} = 1{,}25\ V$$

$$I_{adj} \times R_2 \approx 0$$

$$U_{uit} = 6{,}2\ V$$

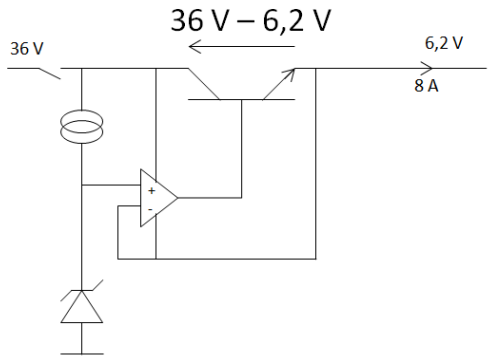
$$U_{uit} = (I_{ADJ} + I_{R1}) \times R_2 + 1$$

$$U_{uit} = I_{adj} \times R_2 + \frac{1{,}25\ V}{R_1} \times R_2$$

$$U_{uit} = I_{adj} \times R_2 + \frac{1{,}125\ V}{R_1} \times R_2$$

$$U_{uit} = 1{,}25\ V\ (\frac{R_2}{R_1} + 1)$$

<u>Vermogen</u>



Figuur 155: vermogen

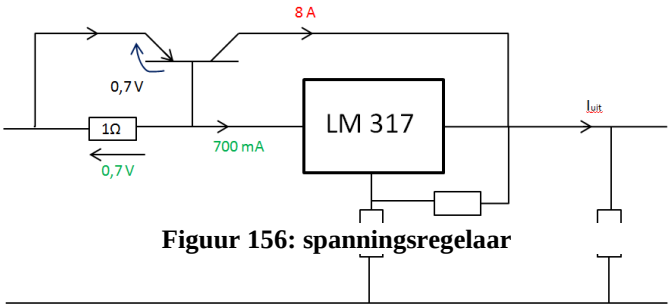
$$P = U \times I$$

$$P = 8\ A\ \times 30\ V = 240\ W$$

Dit is de maximale vermogen die de spanningsregelaar aankan. Bij het overschrijden van deze waarde, door een toename van de stroom, gaat de transistor hevig opwarmen. Hierbij gaat de regelaar in thermische beveiliging. De stoom zal terug dalen, waardoor de temperatuur van de regelaar terug zal dalen.

Transistor

Door het hoge vermogen, die de spanningsregelaar doet opwarmen, moet men de stroom bypassen. Dit gebeurt door een transistor parallel over de schakeling te plaatsen. Door de spanningsval over R3 gaat de transistor in geleiding. Zo vloeit de hoge stroom van 8 A door de transistor naar de uitgang, waardoor de spanningsregelaar niet nog meer verhit wordt.



Figuur 156: spanningsregelaar

17.4 Pulsgenerator

Onze motorcontroller is gemaakt om op een fiets te installeren. Op de fiets mag de motor enkel regelbaar zijn wanneer er getrapt wordt. De controller kan dit detecteren aan de hand van een trapsensor (zoals hiernaast wordt afgebeeld). Deze sensor bestaat uit een plaatje met magneten dat op de trapas wordt geïnstalleerd en een hallsensor. Het plaatje op de trapas zal draaien wanneer er getrapt wordt en op deze manier zullen de magneetjes langs de hallsensor passeren. Wanneer de hallsensor een magneet detecteert zal deze een puls geven. Wanneer de motorcontroller een blokgolf detecteert weet deze dat er iemand aan het trappen is.

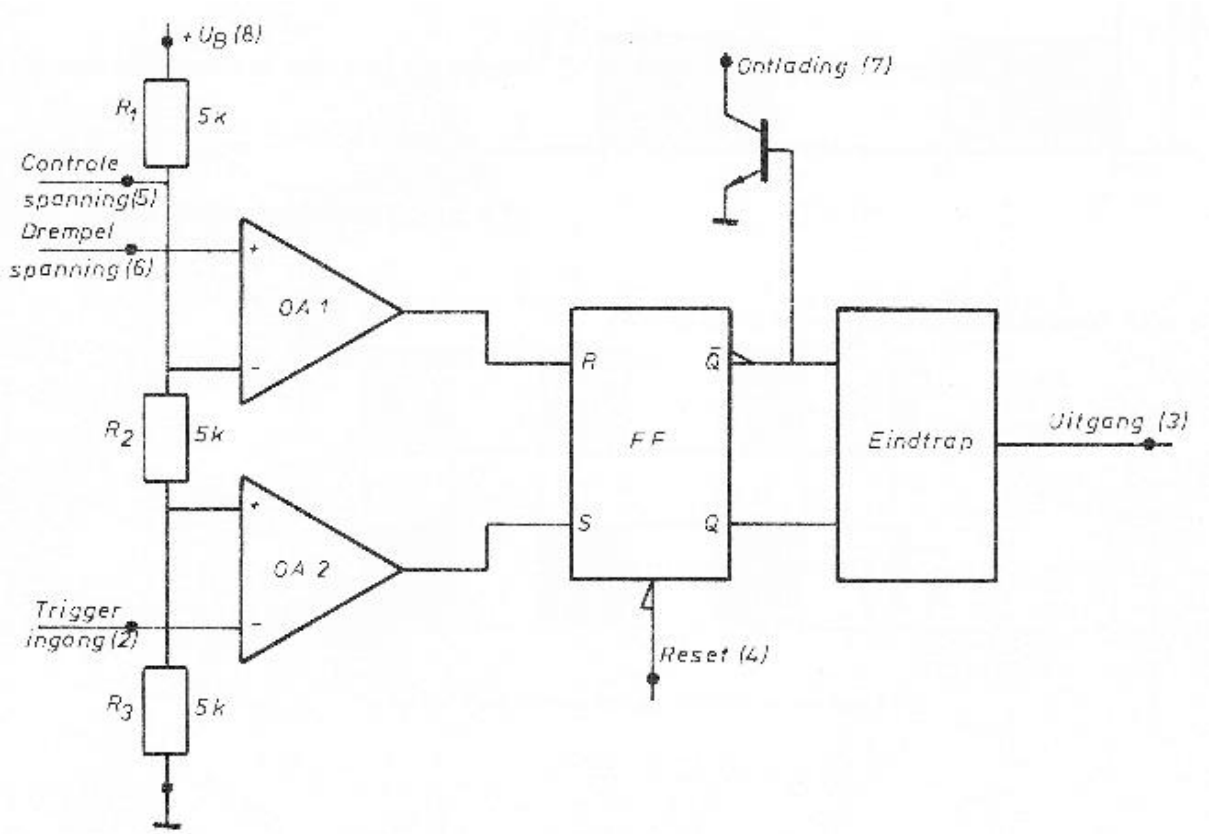
Figuur 157: pulsgenerator

In onze schakeling gebruiken we een pulsgenerator om het signaal van de trapsensor na te bootsen, omdat de controller ons de snelheid pas laat regelen wanneer hij een signaal van de trapsensor ontvangt. We gebruiken dus een pulsgenerator om de motorcontroller te doen denken dat we trappen.

De pulsgenerator van onze zonnewagen moet een blokgolf met een frequentie van 20 Hz genereren waarbij het hoog signaal even lang duurt als het laag signaal. Hiervoor zullen wij gebruik maken van een LM 555 IC.

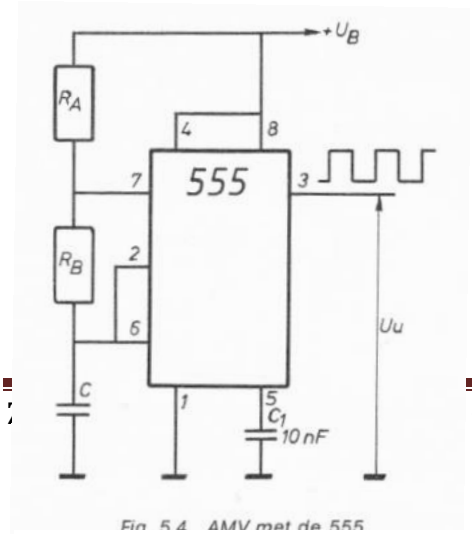
Figuur 158: LM 555 IC

17.4.1 Werking LM 555



Figuur 159: schema pulsgenerator

De interne schakeling van de LM 555 is gemaakt rond twee comparatoren. De uitgangen van deze twee comporatoren sturen een SR flipflop. Deze stuurt op zijn beurt de eindtrap van de schakeling en is geschakeld aan een ontlaadtransistor.
Als klem 2 “trigger” een spanning lager dan 1/3 van de bronspanning krijgt, dan zal de tweede operationele versterker naar een hoog niveau schakelen. Met gevolg dat de flipflopgeset wordt (Q=1). Door de geheugen werking van de flipflop, blijf Q gelijk aan 1, waardoor de ontlaadt transistor open staat. Het omgekeerde gebeurt als er op klem 6 “Drempel spanning” een spanning groter dan 2/3 van de bronspanning staat. Zo schakelt de eerste OPAMP naar een hoog niveau en wordt de flipflop gereset. Hierdoor schakelt of sluit de ontlaadt transistor. Dit blijft ook zo na het wegvallen van de drempelspanning. Als op klem 4 “reset” een actief laag signaal gegeven wordt, kan de schakeling een welbepaalde tijd onderbroken worden. Dit komt omdat signaal 4 voorrang (prioriteit) heeft op de drie andere ingangen. Met klem 5 “controle spanning” kan men het gewenste spanningsniveau instellen

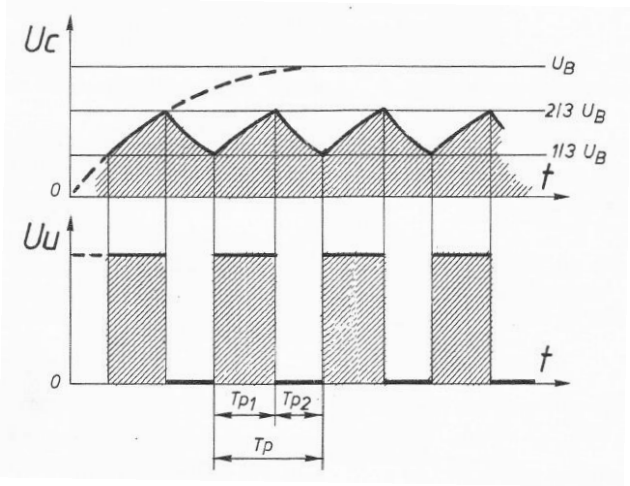


Figuur 160: schakeling LM 555

17.4.2 Schakelen LM 555

Bij inschakelen van de schakeling is de condensator (C) ontladen. Zo staat de trigger ingang op een laag niveau, zodat de flipflop gereset wordt. De condensator laadt zich op naar de bronspanning toe via de weerstanden Ra en Rb. Als Uc groter is dan 2/3 van Ub is, wordt de flipflop gereset. Zo ontlaadt de condensator over Rb en via klem 7 (discharge) en via de ontlaadtransistor naar de massa. Het ontladingsproces stopt wanneer Uc lager

is dan 1/3 Ub. Als dit bereikt wordt, wordt de flipflopgeset en begint de condensator opnieuw te laden.



Hiernaast is het spanningsverloop over de condensator en de uitgang te zien.
Met:

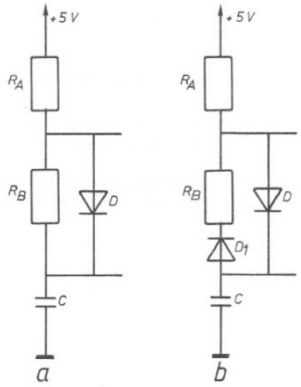
$$T_{p1} = 0{,}693 \times (R_a + R_b) \times C = 0{,}05 \quad (1)$$

Figuur 161: spanningsverloop condensator

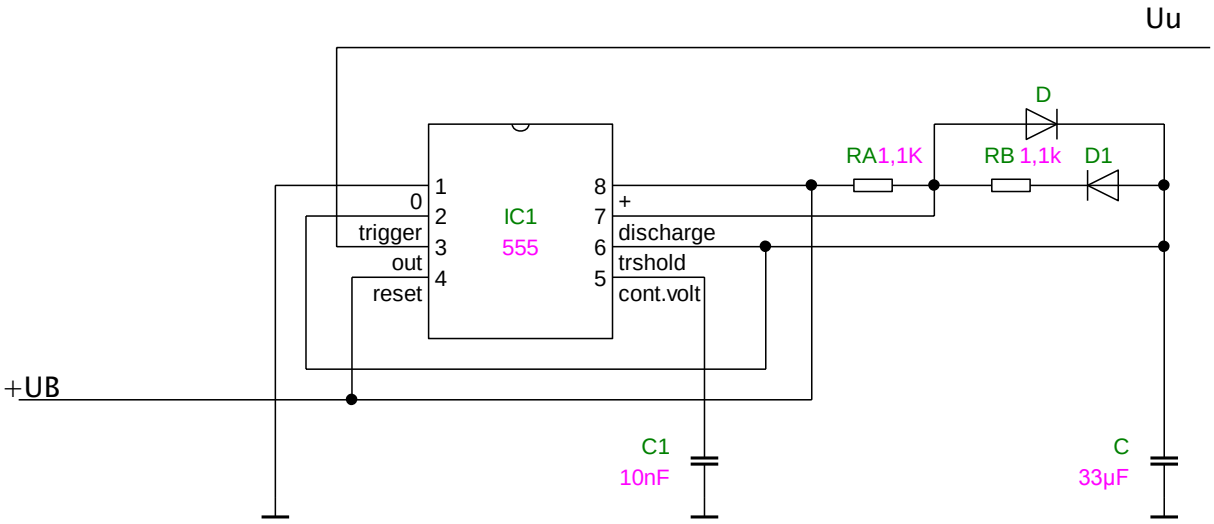
$$T_{p2} = 0{,}693 \times R_b \times C = 0{,}05 \quad (2)$$

$$uit\ (1)\ en\ (2) \rightarrow T_p = 0{,}693 \times (R_a + 2R_b) \times C = 0{,}1$$

Deze schakeling is asymmetrisch. Dit wil zeggen dat we geen duty-cycle van 50% hebben (laadtijd ≠ ontlaadtijd). Dit komt doordat tijdens het laden R_A en R_B in serie staan. Dus Rb zouden we moeten overbruggen. Dit kan opgelost worden door een diode over de weerstanden te plaatsen. De laadstroom vloeit nu alleen door Ra en de diode D. Om de schakeling nog te verbeteren kan men de invloed van de diode elimineren door nog een diode D1 te plaatsen. Als Ra = Rb dan gebeurt het laden even snel als het ontladen.



17.4.3 Elektrisch schema pulsgenerator



17.4.4 berekeningen

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20\ Hz} = 0{,}05\ s$$

$T_{p1}=T_{p2} \rightarrow R_A=R_B$

$$T_p = 0{,}693 \times 2 \times R \times C$$

$$\rightarrow C = \frac{T_p}{2 \times 0{,}693 \times R}$$

met: T_p=0,05 s en stel: R= 1 kΩ

$$C = \frac{0{,}05}{2 \times 0{,}6936 \times 1000} = 36{,}075\ \mu F$$

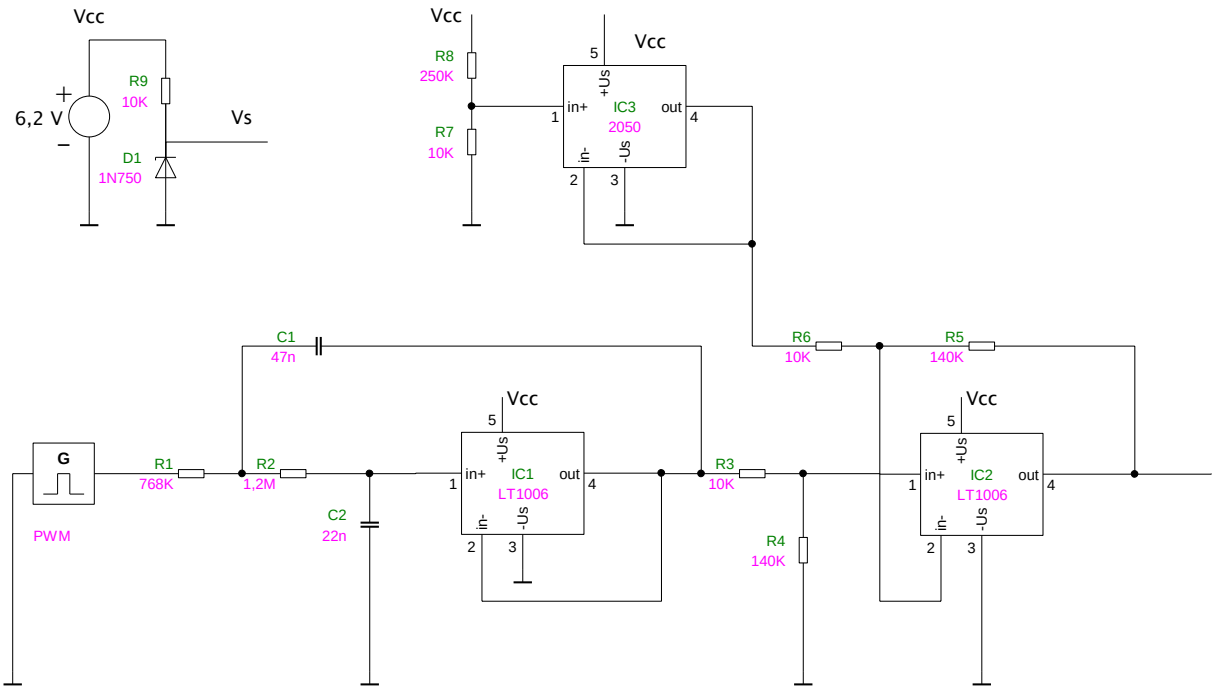
→33 µF → 1090,9 Ω→1,1 kΩ

Als we een weerstand van 1 kΩ nemen, hebben we een capaciteit van 36,075 µF nodig voor de condensator. Deze condensatoren bestaan echter niet, dus kiezen we een condensator met een capaciteit in de buurt van de bekomen waarde en berekenen we de bijhorende weerstand opnieuw.

17.5 Signaal omzetter

In het pakket voor de elektrische fiets wordt het vermogen dat naar de motor gaat geregeld door een potentiometer. Als de potentiometer in rustpositie staat zal de motorcontroller over de signaallijn een spanning van 1 volt krijgen. Wanneer de potentiometer volledig is opengedraaid is krijgt de motorcontroller een spanning van 4,5 V.

Dit wil zeggen dat, als we het motorvermogen vanop afstand willen regelen, hebben we een omvormer nodig die het pwm signaal van de ontvanger kan omzetten in een DC signaal met een spanning van 1 tot 4,5 V.



Het eerste deel van de schakeling (van R1 tot en met IC1)gebruiken we als afvlakker. We zetten het pwm signaal om naar een de variabele DC spanning. deze DC spanning is te laag om te gebruiken op de motorcontroller.
Met IC3 genereren we een DC spanning die afhankelijk is van de waarde van de spanning uit IC1. Met IC2 nemen we de som van de spanningen uit IC1 en IC3.
De exacte werking van deze schakeling valt buiten de scope van onze GIP en komt daarom gaan we hier verder niet op in.

18 De aerodynamica

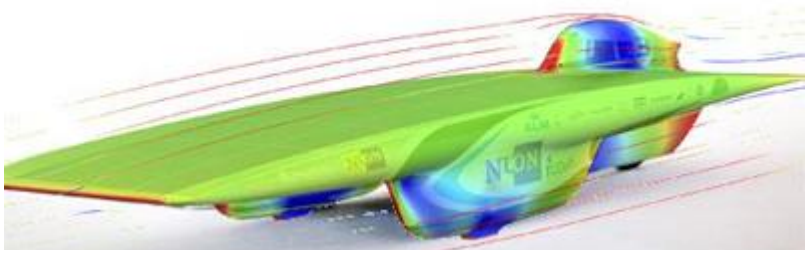
18.1 De geschiedenis

De geschiedenis van de aerodynamica wordt verdeeld in vier verschillende perioden.

- De primitieve periode van Aristoteles (384-322 v.C.) tot het verschijnen van NewtonsPrincipia in 1687.
- De periode van de klassieke mechanica van 1687 tot de verwezenlijking van de eerste vliegtuigen.
- De periode van de subsone aerodynamica van 1900 tot 1935.
- De periode van de supersone aerodynamica van 1935 tot heden.

Wij zullen ons bezig houden met de subsone aerodynamica. Want onze zonnewagen zal niet sneller gaan dan de geluidssnelheid maar ongeveer een 25 km/u.

18.2 Algemeen

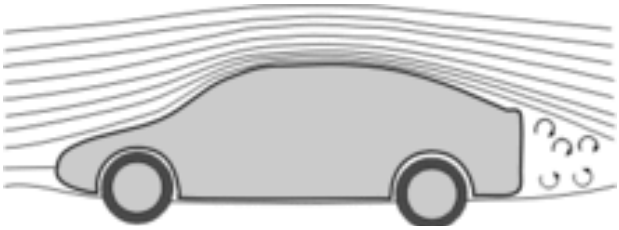


Figuur 162: stroming rond een zonnewagen

Het woord aerodynamica komt uit het Grieks. Het is afgeleid van het woord aèr, dat staat voor lucht, en van dunamis, dat betekent kracht. In het Nederlands hebben we het ook wel over stromingsleer. Deze wetenschap houdt zich bezig met de stroming van allerlei gassen rond objecten. Vaak gaat het om de lucht die voor weerstand zorgt bij bijvoorbeeld auto's en vliegtuigen.

Aerodynamica zorgt voor twee belangrijke effecten: het creëren van voldoende downforce, om banden van de zonnewagen op het asfalt te duwen om zo betere bochten te kunnen nemen, en ervoor te zorgen dat de zonnewagen niet teveel turbulentie krijgt waardoor de snelheid van de zonnewagen zal afnemen. De race vleugels werkten volgens het zelfde principe als de vleugels van een vliegtuig. Luchtstromingen met verschillende snelheden over de twee zijden van de vleugel creëerden een verschil in druk, ook wel bekend als het Bernoulli principe. Er wordt deze druk te balanceren voor de zonnewagen.

18.3 Wanneer spreken we van stroming ?



Figuur 163: stroming

Als we een vloeistof of een gas hebben en alle deeltjes dezelfde richting op bewegen spreken we van een stroming. Bij een vloeistof zitten de deeltjes relatief dichter bij elkaar dan bij een gasvormige. Ze beïnvloeden elkaar doordat ze elkaar aantrekken door de cohesie kracht (is de onderlinge aantrekkingskracht tussen gelijke moleculen zonder een chemische binding door de intermoleculaire krachten). Een vloeistof heeft de eigenschap om in zijn eenheid te willen gaan stromen, de deeltjes nemen elkaar dus mee.

18.4 Stromingen

18.4.1 Algemeen

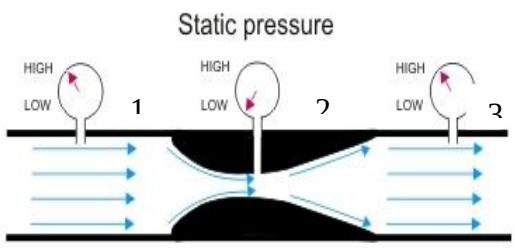
De vele stromingen die te pas komen bij de zonnewagen zijn voornamelijk luchtstromingen, want de zonnewagen wordt bestuurd in een omgeving van lucht. Binnen de stromingsleer zien we de lucht als gasvormige. Bij een ideaal gas gaan we er vanuit dat de moleculen klein zijn ten opzichte van de afstand tussen de moleculen. Een ideaal gas in rust heeft een drietal belangrijke eigenschappen:

- De dichtheid ρ van een gas is de totale massa van moleculen per volume eenheid (kg/m^3). Voor lucht is dit ongeveer 1,2250kg/m^3.
- De druk p van een gas is de kracht per oppervlakte eenheid op een oppervlak. De druk wordt meestal gegeven in bar of Pa. Voor lucht in rust geldt een druk van p = 1,013 bar of 101300 Pa.
- De temperatuur, hangt af van de kinetische energie (bewegingsenergie) van de moleculen. Voor een ideaal gas geldt de gaswet $p = \rho RT$, met R de gasconstante en T de absolute temperatuur in K.

Een ander belangrijk punt bij de stromingen bij auto's is de samendrukbaarheid van lucht. Deze samendrukbaarheid is sterk afhankelijk van de veranderingen van de druk en de temperatuur, wat zorgt voor de verandering van de dichtheid. Als auto's met een bepaalde snelheid rijden is de samendrukbaarheid van lucht een zeer belangrijk element. Bij de meeste wagens is de maximale snelheid echter maar een derde van deze nodige snelheid. Hierdoor zijn de veranderingen van de druk en de temperatuur in het stromingsveld zeer klein, dus kunnen we veranderingen van de dichtheid buiten beschouwing laten. Het medium waar de stroming in plaatsvindt kunnen we dus als niet samendrukbaar beschouwen. Voor de lucht kunnen we nu een constante dichtheid nemen. De algemene waardes zijn gelijk aan $\rho = 1,2250$ kg/m^3bij p = 1,013 bar en T = 288 K.

18.4.2 Venturi-effect

Voor aleer we over bepaalde soorten stromingen kunnen spreken, zullen we eerst de stroming door een buis met vernauwing van naderbij bekijken.

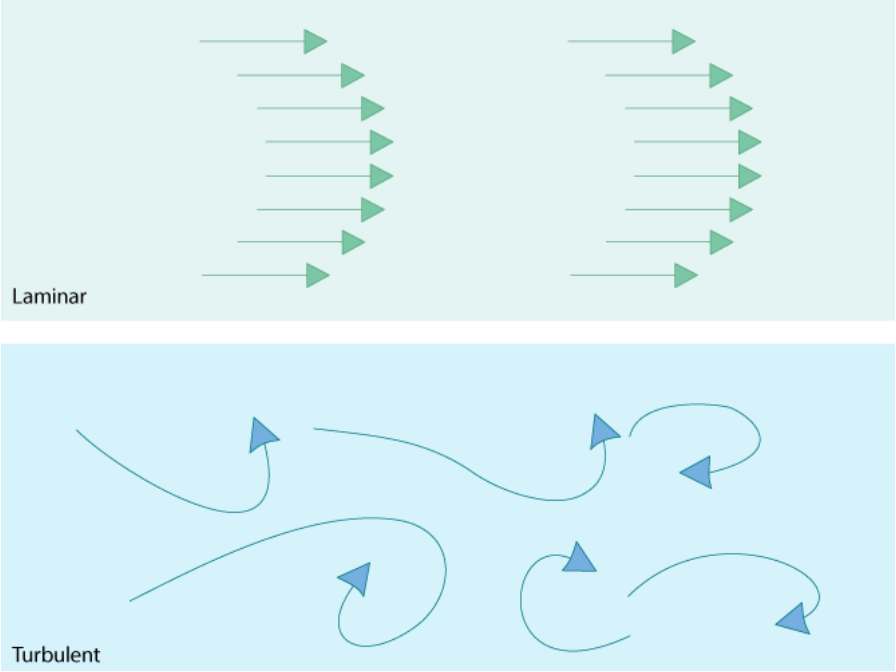


Figuur 164: venturi-effect

Men noemt Venturi een buis met een vernauwing dus de lucht stroomt door deze buis met een vernauwing. We stellen de druk voor door p en de snelheid voor door v, dan meten we in punt 1 de druk p1 en de snelheid v1. In punt 2 meten we de druk p2 en de snelheid v2. We zien dat v2 > v1 en p2 < p1, de snelheid is verhoogd, de druk is verminderd. In punt 3 is het terug v3 = v1 en p3 = p1, punt 1 is gelijk aan punt 3.

Brengen we de wanden van de Venturi buis verder van elkaar weg dan zien we dat de vernauwing blijft bestaan. De stroomlijnen bij de wand blijven dichter bij elkaar, verder van de wand gaan ze gewoon afvloeien. Het maakt zelfs geen verschil uit of de boven wand helemaal weggenomen wordt. Wat overblijft heeft ongeveer de vorm van een vleugelprofiel. De luchtstroming erboven versnelt en er heerst een onderdruk boven het profiel.

18.5 De soorten stromingen



Figuur 165: soorten stromingen

Als de vloeistof rustig beweegt dan 'rollen' de deeltjes over elkaar heen zonder dat ze elkaar loslaten, we noemen dit een laminaire stroming. Laminair omdat we te maken hebben met deeltjes en deze kunnen beschouwd worden als laagjes omdat ze allemaal met dezelfde snelheid bewegen.
Als de vloeistof sneller gaat stromen dan willen ook de laagjes ten opzichte van elkaar sneller gaan stromen. Wordt dit verschil te groot dan laten de deeltjes in de ene laag de deeltjes in de andere laag elkaar los, nu kunnen de deeltjes veel sneller gaan bewegen maar helaas besluiten niet alle deeltjes in zo'n laag tegelijk hun onderste buren los te laten en botsen ze bovenop hun voorganger. Tevens ontstaat er door de grotere snelheid van de losgelaten laag een sterkere gebondenheid met de laag boven hen omdat het snelheidsverschil afneemt. Door het botsen met hun voorganger komen de deeltjes even tot stilstand of bewegen zelfs even terug wat de laag boven hen ook probeert te doen omdat ze juist zo'n goede binding hadden. Deze beweging van de minuscule deeltjes noemen we een turbulente stroming of een turbulent gedrag. We kunnen dit ook een niet lineair stromingsgedrag, oftewel een chaotisch stromingsbeeld noemen. Door deze verschijning van de deeltjes van de vloeistof, neemt de weerstand van de stroming toe en daaruit volgt dus dat de snelheid van de vloeistofstroom zal afnemen.
Ook een combinatie is mogelijk, eerst een stuk laminair daarna turbulent.

18.6 Viscositeit

De viscositeit ν is de stroperigheid van het medium. Viscositeit zegt iets over de schuifkrachten tussen laagjes van het medium. Als je het medium, in dit geval de lucht voorstelt als laagjes die langs elkaar heen bewegen dan is de mate van interactie tussen die laagjes de viscositeit. Hoe stroperiger het medium, hoe groter de viscositeit ν. De viscositeit van vloeistoffen neemt meestal af wanneer de temperatuur toeneemt. Bij gassen is dit andersom, bij hogere temperatuur wordt viscositeit ook hoger.

18.7 Reynoldsgetal

Het Reynoldsgetal geeft de verhouding aan tussen viceuze krachten en traagheidskrachten in een stroming. Het geeft aan hoe 'stroperig' de stroming is. Die stroperigheid (viscositeit) is afhankelijk van een aantal factoren en is van grote invloed op het gedrag van de luchtstroming.

Om te kunnen bepalen wanneer een vloeistof turbulent wordt en wanneer deze rustig laminair stroomt gebruiken we het getal van Reynolds.
Reynolds ging uit van een proefondervindelijk vastgestelde in beweging zijnde viscositeit. Hij vond het volgende verband:

$$R_e = \frac{\rho * v * d}{\eta}$$

Betekenis van de gebruikte symbolen:
ρ = dichtheid van de vloeistof in kilogram per kubieke meter.
v = snelheid van de vloeistof in meter per seconde.
d = diameter van de buis in meter.
η = viscositeit in pascal maal seconde.
Afhankelijk van de gebruikte eenheden en het soort experiment is een getal te berekenen dat we het getal van Reynolds (R_e) noemen. Is het getal groter dan de waarde 4000 dan is de stroming turbulent. Is deze kleiner dan de waarde 2000 dan spreken we van laminaire stroming.

Tussen deze 2 waarden in zijn het de kleine invloeden die de stroming behoorlijk zullen beïnvloeden. De kleine invloeden zouden hierbij de verontreinigingen in de vloeistof zijn, bodemgesteldheid, wandoneffenheden, materiaalkeuze, temperatuur of nog andere invloeden. Soms maken we juist gebruik van zo'n invloed door aan een vloeistof kleine deeltjes toe te voegen om de snelheid te kunnen verhogen zonder het gevaar van turbulentie te krijgen. Door proefondervindelijk vast te stellen zien we dus dat bij gelijkblijvende omstandigheden alleen de dichtheid en de viscositeit een rol spelen. Daarom worden deze twee waarden wel samengevoegd tot een nieuwe waarde die we de kinetische viscositeit noemen, volgt uit:

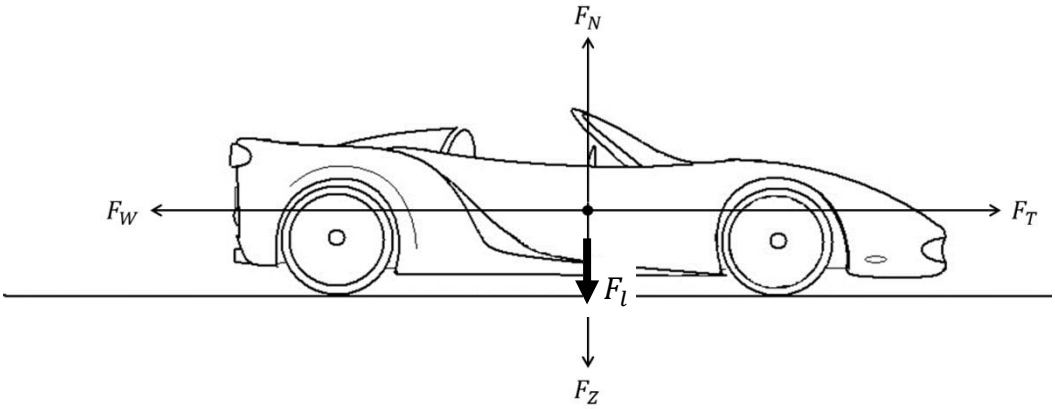
$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

18.8 Bewegingswetten van Newton:

- *Eerste wet van Newton*
  Traagheidswet: Een voorwerp waarop geen (resulterende) kracht werkt blijft in rust of behoudt haar snelheid en richting.
- *Tweede wet van Newton*
  Bewegingswet: $F = m * a$ Het product van massa en versnelling is gelijk aan de resulterende kracht, oftewel: als er geen resulterende kracht werkt is de versnelling nul.
- *Derde wet van Newton*
  Reactiewet: Wanneer een lichaam A een kracht uitoefent op een lichaam B, dan zal het lichaam B eenzelfde, tegengestelde kracht uitoefenen op lichaam A.

$$F_{actie} = -F_{reactie}$$

18.9 Krachten op een zonnewagen



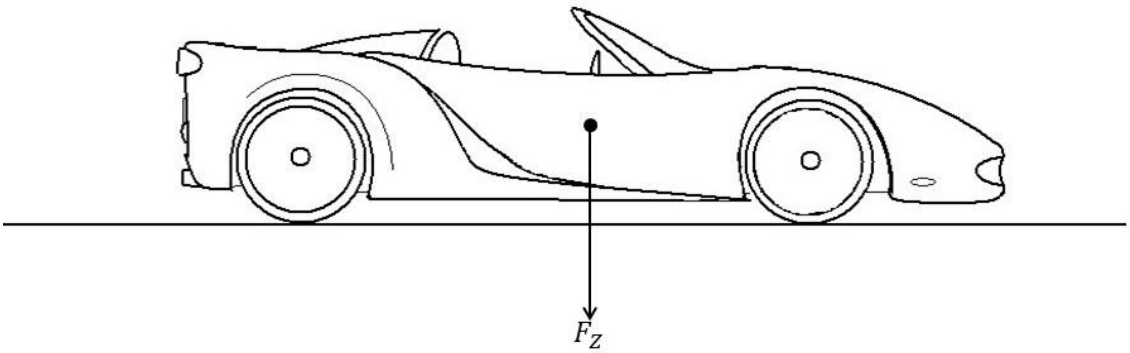
Figuur 166: krachten op de zonnewagen

Krachten en beweging zijn sterk met elkaar verbonden.
Op een zonnewagen werken vier verschillende hoofdkrachten namelijk:

- Zwaartekracht (F_Z)
- Lift (F_l)
- Weerstand (F_w)
- Stuwkracht (F_T)
- Normaalkracht (F_N)

Om een zonnewagen een vooruitgaande beweging te laten uitvoeren, hebben we een kracht naar voren nodig. Bij de zonnewagen is dit de stuwkracht. We verdelen de krachten in twee groepen: de verticale krachten, met andere woorden de lift. De zwaartekracht, en de horizontale krachten met andere woorden de weerstand en de stuwkracht.
Stuwkracht en weerstand, deze twee krachten zijn de belangrijkste krachten bij een vooruitgaande beweging.

18.9.1 Zwaartekracht



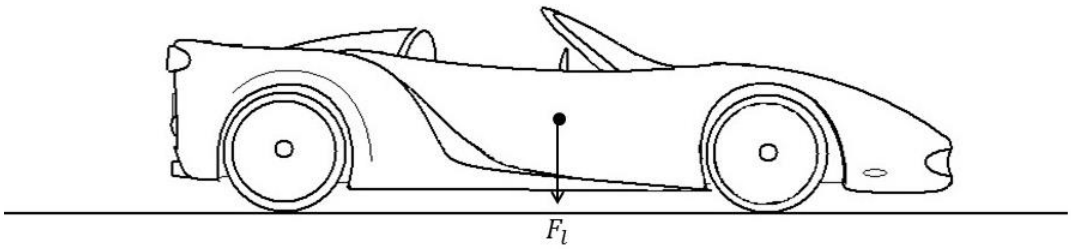
Figuur 167: zwaartekracht

We zullen eerst de zwaartekracht behandelen. Dit is een kracht die loodrecht op de aarde staat. Deze kracht zorgt ervoor dat we op de grond staan. Zwaartekracht kunnen we met de volgende formule aanduiden:

$$F_z = m * g \text{ in Newton (N)}$$

Op aarde geldt de veldsterkte van het zwaarteveld of zwaartekrachtversnelling (g) van ongeveer9,81 $\frac{N}{kg}$. Dit is niet overal op aarde hetzelfde doordat het aardoppervlak niet overal dezelfde afstand tot het middelpunt heeft van de aarde. In de formule staat m voor de massa waarop de zwaartekracht werkt. De richting van deze kracht is dus loodrecht naar beneden. De eenheid voor de massa wordt uitgedrukt in kg.

18.9.2 Liftkracht



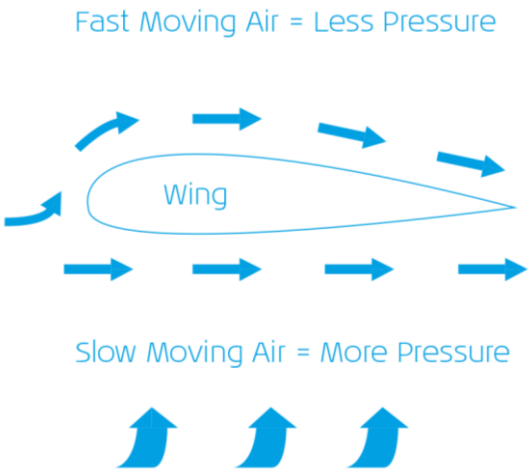
Figuur 168: liftkracht

Omdat er een zwaartekracht naar beneden werkt, hebben we een kracht naar boven nodig: de liftkracht. De formule voor het opstellen van de kracht:

$$F_l = P * A \text{in Newton (N)}$$

We kunnen de liftkracht bereken door het verschil in statische druk te vermenigvuldigen met het oppervlak. Om dit te kunnen uitrekenen maken we gebruik van de Wet van Bernoulli. Hiervoor zullen we eerst een kijkje nemen bij de druk. Er zijn twee soorten: de statische druk en dedynamische druk.

- *Statische druk*
  Dit is de druk die loodrecht op de oppervlak staat. Deze druk zorgt voor de liftkracht.
- *Dynamische druk*
  Dit is de druk die veroorzaakt werd door een beweging van de luchtstroom.
- *Totaaldruk*
  Dit is de som van de statische en dynamische druk, met als formule:
  $p_t = p_s + p_d$

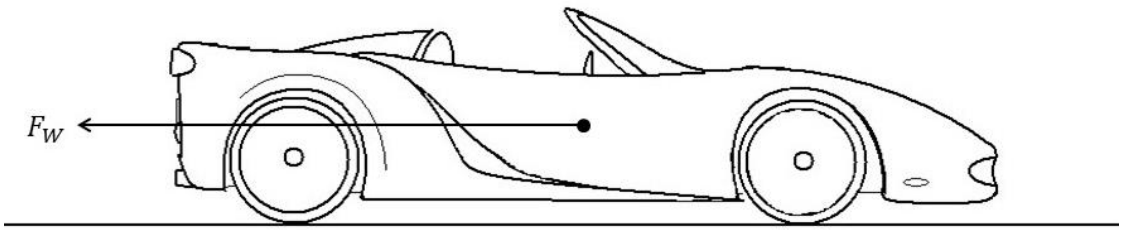


Figuur 169: ontstaan liftkracht

18.9.2.1 Wet van Bernoull

Deze wet zegt dat een versnellende vloeistof of gas gepaard gaat met een lagere druk. Die versnelling van de luchtstroom vindt ook plaats onder een zonnewagen, omdat de langsrazende lucht zich door een smalle spleet tussen wagen en grond moet wurmen. Er ontstaat tijdens het rijden dus een onderdruk onder de zonnewagen, die hem als het ware tegen het asfalt zuigt. Om dit effect te vergroten, splitst men letterlijk de lucht in een versnellende stroom onderaan de zonnewagen en een vertragende ophoping erboven. Resultaat: een nog groter drukverschil en dus meer downforce op de voorwielen.

18.9.3 De weerstand



Figuur 170: weerstand

De weerstand is een kracht die de beweging van object tegenwerkt. Deze kracht wordt ook wel de wrijving genoemd. Wrijvingskrachten ontstaan wanneer 2 voorwerpen over elkaar wrijven. Het oppervlak van het ene medium wordt gedrukt tegen het oppervlak van het andere, beide oppervlakken gaan op elkaar druk- en schuifspanningen uitoefenen.

Met F als totale wrijvingskracht uitgedrukt in N en A als de totale oppervlakte.
Er zijn drie soorten wrijvingen:

- Luchtwrijving
- Rolwrijving
- Schuifwrijving

Bij het maken van een vooruitgaande beweging hebben we te maken met luchtwrijving en rolwrijving. De luchtwrijving is een van de belangrijkste weerstanden, zeker bij hogere snelheden. De luchtweerstand oefent druk uit op de zonnewagen in tegengestelde richting aan de rijrichting. Deze druk op het frontale oppervalk wordt omgezet in een kracht die probeert de zonnewagen tegen te houden. Deze kracht die voortkomt uit de luchtweerstand moet tijdens het rijden worden overwonnen. Als we de luchtweerstand willen verminderen zullen we de vorm moeten verbeteren. De luchtwrijving werkt ongeveer hetzelfde als de liftkracht. Want de lucht wordt samengedrukt waardoor er voor de zonnewagen een hogere druk ontstaat en na de zonnewagen een lagere druk. Dit komt omdat de lucht moeilijker omheen kan komen. Daaruit volgt dat er een kracht gaat werken tegen de beweging in van de zonnewagen. De formule is dan:

$$F_W = C_w * 0{,}5 * A * v^2 * \rho$$

Bepalende factoren luchtweerstand:

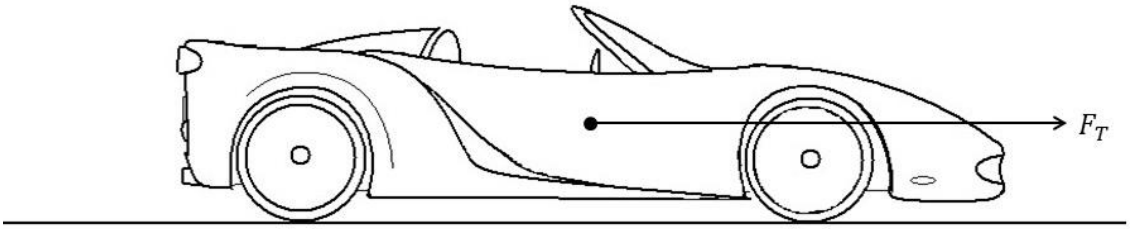
- dichtheid van de lucht
- snelheid
- de oppervlakte van het front
- de vorm

De schuifwrijving zal niet aanwezig zijn op de zonnewagen omdat hij niet schuift maar rolt.

18.9.3.1 De weerstandscoëfficient

De zogenaamde weerstandscoëfficient (Cw) is een meeteenheid die bepaalt hoe makkelijk of moeilijk een wagen doorheen de lucht glijdt. Een baksteen bijvoorbeeld heeft een Cw van 1, ongeveer dezelfde coëfficiënt hebben een blokvormige vrachtwagen of een oude hoekige mobilhome. De meeste moderne wagens dan weer hebben een Cw die rond de 0,30 schommel. Zowel de vorm en het design van de wagen als het verluchtingssysteem kunnen een invloed op de Cw hebben. Zo kan bijvoorbeeld een grotere luchtstroom via de radiator van uw wagen een negatieve invloed op de Cw hebben. Het verminderen van de Cd met 0,01 is vaak al voldoende om enkele kilometers verder te rijden. Bij de solarcars die meededen aan de solarchallenge hadden een Cw tussen de 0,05 en 0,07. De weerstandscoëfficient wordt proefondervindelijk bepaald, door middel van luchttunnels.

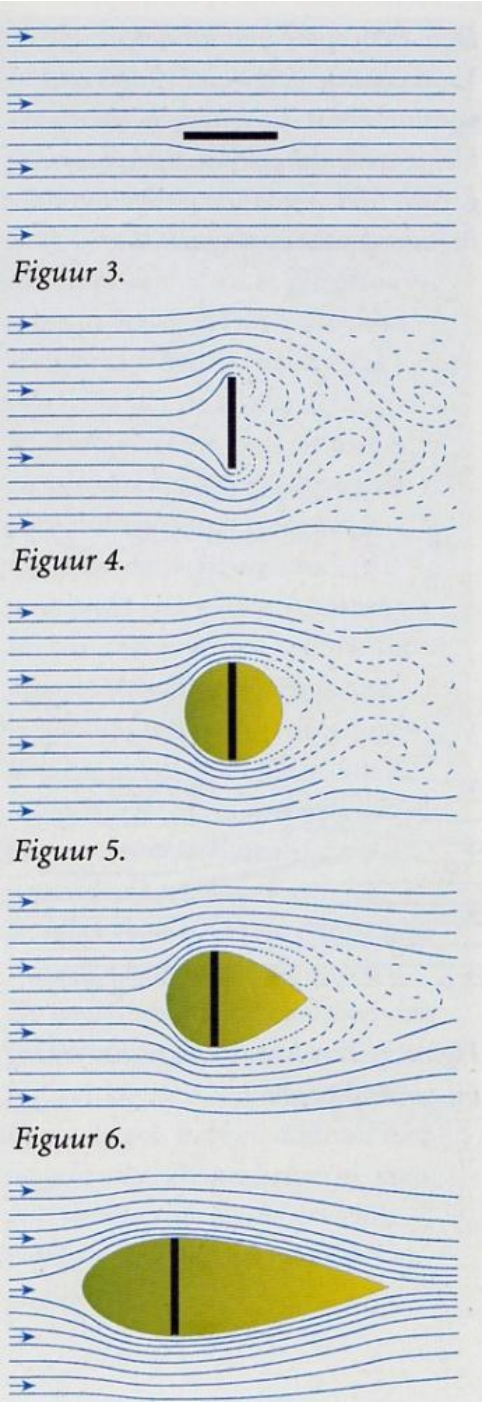
18.9.4 De stuwkracht of de trekkracht



Figuur 171: stuwkracht

Bij zonnewagen wordt deze stuwkracht veroorzaakt door de motoren. Bij onze zonnewagen zal dit een BLDC motor zijn (zie hoofdstukken elektriciteit).De derde wet van Newton zegt dat actie gelijk is aan reactie. De motoren leveren een kracht naar achteren waardoor het zonnewagen voorwaarts wordt gestuwd. Dit wil zeggen dat de voortstuwing gebeurt door middel van de wielen.

18.10 Invalshoek



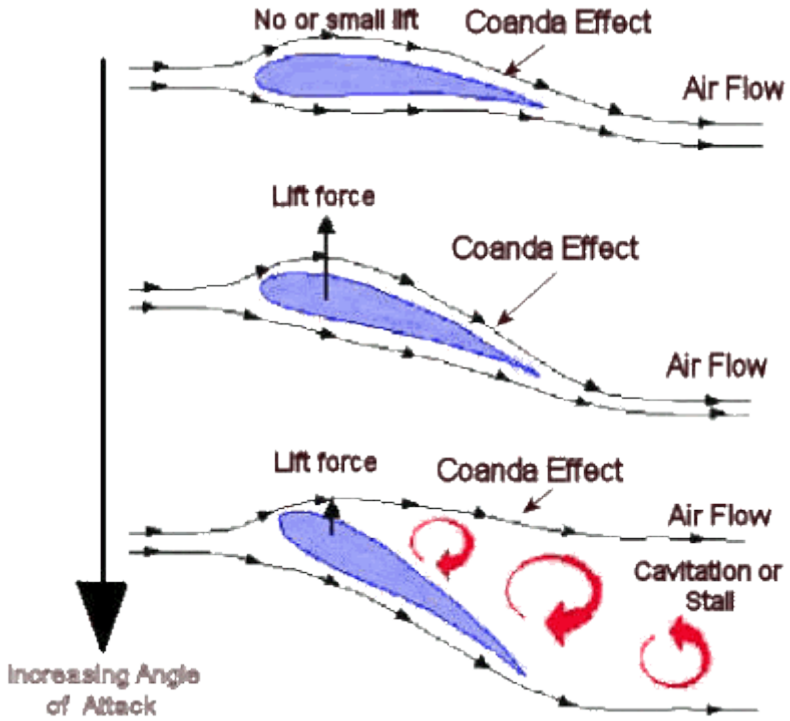
Figuur 172: luchtstromen

Als een obstakel evenwijdig ligt met de luchtstroom ondervindt deze bijna geen weerstand van de lucht (zie figuur 3). Wanneer deze echter loodrecht staat ontstaat er een kolkende chaos dit is het fenomeen stall (zie figuur 4). Dit veroorzaakt echter een grote weerstand. We kunnen deze weerstand drastisch verkleinen door de plaat te stroomlijnen. We geven de voorzijde een meer spitse en rondere vorm en vullen de turbulente ruimte achter de plaat op (zie figuur 5). De lucht volgt het oppervlakten ten gevolge van het Coandaeffect. De weerstand wordt hierdoor wel zo'n 95% kleiner. Ook heeft het opvullen van de achterzijde meer effect dan het afronden van de voorzijde. De verhouding tussen lengte en breedte van een lichaam noemen we de slankheid. Hoe groter de slankheid hoe kleiner de weerstand. Net als lift is de weerstand ook afhankelijk van de snelheid, vleugeloppervlak, luchtdichtheid en vorm van het oppervlak. Hoe dunner het oppervlak hoe kleiner de weerstand is. Bij supersone vliegtuigen speelt dit een zeer grote rol, net als de ruwheid van het oppervlak. Ook van groot belang is de hoek waarin het voorwerp de luchtstroom raakt, de aanvalshoek αA. Deze hoek is niet gerelateerd aan de stand van het lichaam tegen over van de aarde, alleen de hoek waaronder de luchtstroom het voorwerp treft is van belang. We nemen een vlakke plaat. Als de richting van de plaat evenwijdig is, is de weerstand minimaal, en bij een loodrechte stand maximaal. Maar wat gebeurt er als we de plaat een kleine aanvalshoek geven? Aan de onderkant is de druk nu iets hoger dan aan de bovenkant. Dit levert een liftkracht die loodrecht op de ongestoorde stromingsrichting staat. Maar het opwekken van liftkracht zorgt voor weerstand tegen de bewegingsrichting in. Het resultaat is een totale kracht die zowel naar boven als naar achteren werkt. Lift maakt het mogelijk dat voorwerpen die zwaarder zijn dan lucht kunnen vliegen, terwijl de weerstand dit tegenwerkt. Beide zijn componenten van een dezelfde kracht, maar zij hebben een verschillend effect. Het is daarom van belang dat we deze apart van elkaar beschouwen. Bij horizontale vlucht met constante snelheid en op een constante hoogte moet de lift gelijk zijn aan het gewicht en moet de weerstand gelijk zijn aan de stuwkracht. Het ideale vliegtuig of de ideale vogel zou niet meer zijn dan een vliegende vleugel, vrij van uitsteeksels zodat er geen weerstand optreedt die niet afkomstig is van de lift. Deze weerstand wordt parasitair of schadelijk genoemd. Bij een vliegtuig is deze weerstand zo klein mogelijk. Maar zelfs het meest ideale vliegtuig heeft een vorm van weerstand die direct gekoppeld is met het opwekken van lift. Dit is de geïnduceerde weerstand.

18.11 Omgekeerde vliegtuigvleugel

Een vleugel op een auto doet precies het tegenovergestelde van een vliegtuigvleugel. Een vliegtuig moet opstijgen en bij een auto wil je dat nou net niet. Dus er moet downforce gecreëerd worden door het drukverschil tussen de bovenkant en de onderkant van de vleugel. De luchtstroom wordt gespleten, waardoor het onder de vleugel en boven de vleugel verder raast. Door de vorm zal de lucht aan de bovenkant langzamer gaan bewegen dan de lucht eronder. Dit is dus de Wet van Bernoulli. De wet van Bernoulli stelt dat langzamere voortbewegende lucht meer statische druk genereert. Het gevolg is dan de snellere voortbewegende lucht aan de bovenkant van de vleugel meer druk uitoefent dan de langzame lucht naar boven drukt. Dit drukverschil veroorzaakt downforce.

18.12 De effecten



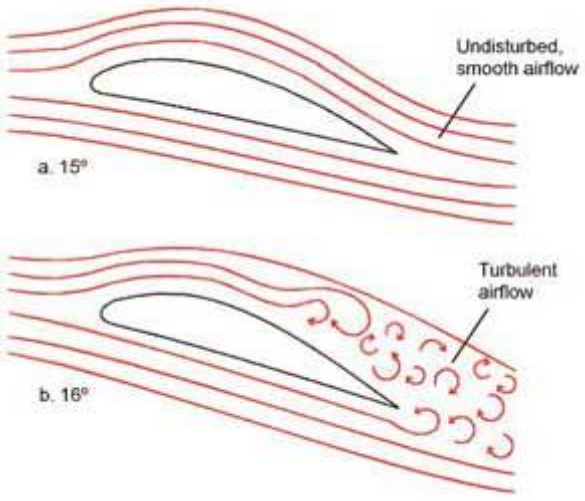
Figuur 173: effecten

18.12.1 Coandaeffect

Het Coanda-effect, ook wel plafond-effect genoemd, is het verschijnsel dat een vloeistofstroom of gasstroom de neiging heeft een bolvormig oppervlak te volgen, in plaats van een rechte lijn in de oorspronkelijke richting.

Het coanda-effect heeft belangrijke toepassingen in diverse gebieden, onder andere in de luchtvaart en bij de voortstuwende werking van zeilen in de zeilsport. Sinds 2012 wordt het coanda-effect ook gebruikt in Formule 1 om de aerodynamica te verbeteren. En dit is ook van toepassing op de zonnewagen.

18.13 Stall



Overtrek of stall is een effect waarbij, de invalshoek van de vleugel vergroot wordt, daardoor kan de luchtstroom het profiel van de vleugel niet meer volgen. Dus de vleugel verliest dan een groot deel van zijn liftkracht.

Figuur 174: stall

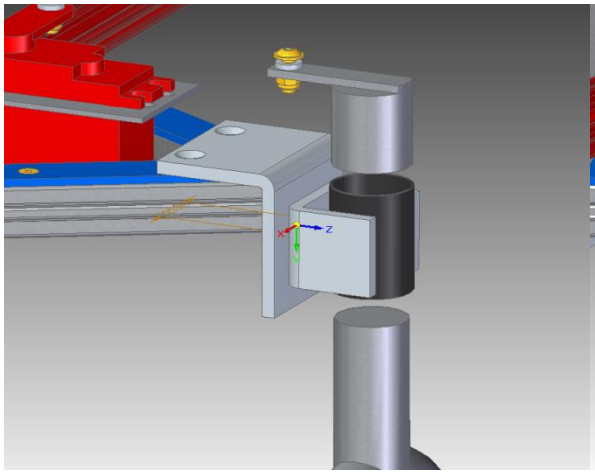
18.14 Besluit

Wij zullen de aerodynamische vormen niet toepassen op onze eigen zonnewagen, omdat er maar een bepaald budget aanwezig is voor de constructie. Die vormen zijn ook redelijk duur om te maken en wij bezitten niet van voldoende kennis om dit te kunnen optimaliseren. Om de ideale vorm te bekomen, hebben we ook niet het ideale materiaal gebruikt als omkasting. De school bezit ook geen luchttunnel om alles proefondervindelijk te kunnen testen.

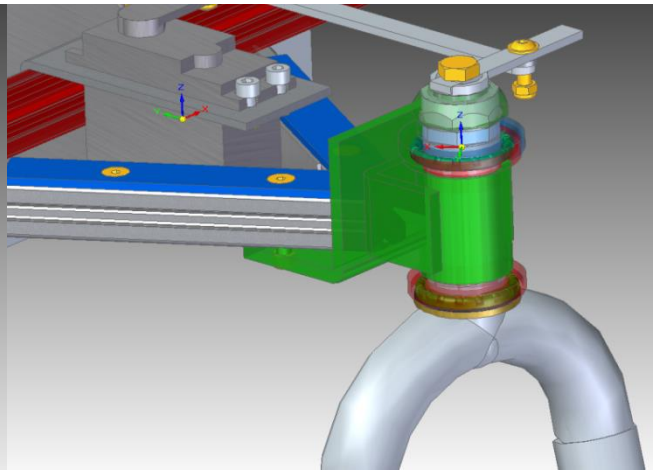
19 Aanpassingen aan het ontwerp bij de praktische realisatie

Tijdens de praktische realisatie zijn we op enkele problemen gestoten die wij hebben aangepast, er zijn enkele onderdelen die wij hebben verandert aan ons ontwerp.

1. De profielen die ervoor zorgden dat het zonnepaneel kon bevestigd worden aan het chassis bogen naar onze mening te veel door. Wanneer we in een oneffenheid reden veerde het zonnepaneel na, het bewoog op en neer en dit zou een probleem veroorzaken voor ons stuurmechanisme dat meteen onder het zonnepaneel bevestigd was. Het stuurmechanisme zou er voor kunnen zorgen dat het zonnepaneel beschadigingen kon oplopen en dit was een probleem. Daarom hebben we op deze 2 profielen nog een extra profiel bevestigd, dit extra profiel zorgt ervoor dat de profielen minder doorbuigen en dat ze ook minder op en neer bewegen als we in een oneffenheid rijden. Na het plaatsen van deze 2 profielen en het testen ervan zagen we dat het probleem opgelost was.
2. Wij hebben ook enkele aanpassingen gedaan aan het stuurmechanisme. Als we de wagen voor het eerste testen zagen we dat het achterwiel niet stabiel was, het stond niet helemaal vast, er zat wat speling op. Het probleem lag bij de verbinding tussen de profielen en het hoekstuk van het stuurmechanisme. We hadden deze verbinding gemaakt door middel van 6 inschuifmoeren en verzonken bouten maar het probleem hiervan is is dat de inschuifbouten op 2 kleine randjes rusten en wanneer we de bouten aanspannen verbuigen we deze 2 randen omdat aluminium een zacht metaal is. Het contactoppervlak tussen deze 2 metalen was tamelijk klein en zorgde ervoor dat het ook niet zo goed bevestigd was. Dit hebben wij opgelost door 4 gaten in het profiel te boren en met 4 lange bouten en 4 moeren het stuurmechanisme aan de profielen te bevestigen. Het voordeel hiervan is is dat we trekken op een groter draagvlak wat ervoor zorgt dat de profielen niet vervormd worden en dat de verbinden toch sterker is. Na het realiseren van dit was de bevestiging achteraan al een stuk beter.



Figuur 175: oud stuurmechanisme



Figuur 176 nieuw stuurmechanisme

3. Bij het ontwerpen van onze wagen hadden we ervoor gekozen om een wagen te ontwerpen met 2 voorwielen en 1 achterwiel. Dit leek voor ons een goede keuze maar wanneer we de wagen testen zagen we dat de wagen niet zo stabiel was toen hij reed. Toen hebben we de motor van richting verandert en in de andere richting gereden en

zagen we dat de wagen ook een stuk stabieler was. De voorkant werd nu de achterkant en omgekeerd dit was voor ons een betere keuze.

Figuur 177 chassis met 2 voorwielen

Figuur 178 chassis met 1 voorwiel

20 Risico analyse

20.1 Inleiding

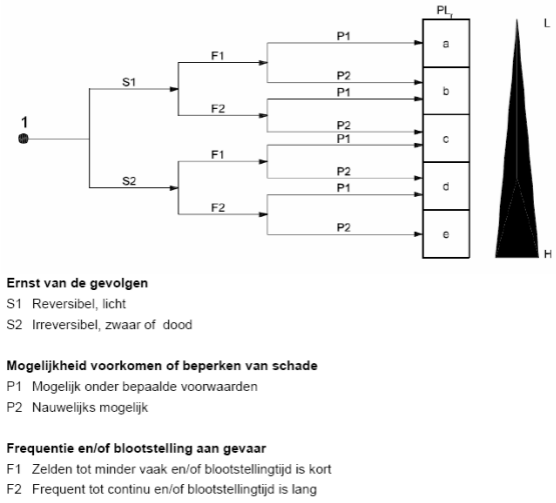
Elke fabrikant heeft de plicht om een risicoanalyse te verrichten. Ze moeten nagaan welke risico's de machine mee brengt. Risicoanalyse moet worden gemaakt in de ontwerpfase, zodat je de uitkomsten kan verwerken in het ontwerp.

20.2 De risicoanalyse

Een risicoanalyse bestaat uit de volgende stappen:

- Het bepalen van de gebruikslimieten van de machine. Hieronder verstaan we de afbakening van de normale en voorziene abnormale gebruiksomstandigheden.
- Het identificeren van de risico's. Hiervoor bestaan verschillende methoden, gaande van checklists met mogelijke gevaren tot zeer gedetailleerde onderzoeksmiddelen.
- Het bepalen van de grootte van het risico. De grootte wordt bepaald door twee factoren, nl. de waarschijnlijkheid (Ws) dat letsels veroorzaakt worden enerzijds en de ernst (E) van de mogelijke letsels anderzijds. De eerste factor kan op zijn beurt onderverdeeld worden in de waarschijnlijkheid dat een gevaarlijke gebeurtenis plaatsvindt (Wi), de blootstelling van mensen aan de potentiële gevaarlijke situatie (Wp) en de mogelijkheden tot afwenden (A) van het gevaar.
  R = Ws x E = Wi x Wp x A x E
- Het evalueren van de risico's. Nu moet men deze waarden afwegen. Welke risico's zijn aanvaardbaar en welke moeten geëlimineerd, of minstens gereduceerd worden. Het zal niet mogelijk zijn onder alle omstandigheden alle risico's volledig uit te sluiten. Daarom moeten de gebruikershandelingen en instructies op de machine worden gezien als noodzakelijke aanvulling op veiligheidsmatregelen. De gebruiker moet altijd op de hoogte worden gebracht van latent gevaar.
- Het analyseren van de maatregel tot risicobeperking.

20.3 Risicoanalyse : Rijden met zonnewagen



Figuur 179: analyse risico's

ACTIVITEIT	ARBEIDS-MIDDELEN	CATEGORIE PERSONEEL	RISICO'S	RISICO-EVALUATIE (ISO 13849-1)					PREVENTIEMAATREGELEN
				A	B	C	D	E	
Rijden met zonnewagen	Zonnewagen bestuur console	Student	Bereik verlies tussen zender en ontvanger(wagen rijdt door). S2 → F1 → P1			x			Zorgen dat er geen obstakels tussen zender en ontvanger geplaatst worden. Volgeladen batterij van zender en ontvanger. Niet buiten het bereik rijden.
			Bereik verlies tussen zender en ontvanger door overname andere zender. Met gevaar tot doorrijden. S2 → F1 → P1			x			Een brug schakelen op de ontvanger.
			Overbelasting van de motor, waardoor oververhitting optreedt. S1 → F1 →P1	x					Beveiliging op regelaar t.o.v stroom, beperk de belasting.
			Overbelasting van de motor, waardoor kortsluiting optreedt. S1 → F1 → P1	x					We kunnen nog remmen via de remblokken omdat we niet kunnen remmen op de motor. Daardoor zit dit op een apart circuit.
			Mechanisch/elektrisch gebrek in de motor. S1 → F1 → P2	x					Onderhouden van de wagen.
			Batterij wordt overbelast, waardoor er een explosie kan plaatsvinden. S2 → F1 → P1			x			Veiligheidssensoren voor overstroom, spanning en temperatuur.
			Batterij wordt kortgesloten waardoor er vonken worden getrokken. S2→F1→P1			x			Ervan afblijven, afstand houden.

			Zonnepaneel wordt kortgesloten waardoor de cellen zullen verbranden. S1→ F1→ P1	x					Overstroomdiodes.
			Zonnepaneel wordt overbelast door te veel spanning. S1→ F1→ P1	x					Laadregelaar plaatsen.
			Snel rond draaiende wielen. S2 → F2 → P1				x		Afschermingskappen, volle wielen.
			Klapband. S1 → F1 → P2		x				Minder druk steken.
			Spaken loskomen. S1 → F1 → P2		x				Onderhouden van de wielen.
			Te hoge snelheid. S2 → F1 → P1			x			Snelheidsbegrenzer.
			Stuurservo defect, stuurloosheid. S2 → F1 → P2				x		Zorgen voor betere stuurmechanisme, gelijkmatig besturen.
			Remservo defect, remloosheid. S2 → F1 → P1			x			Niet te snel rijden, onderhoud en controle van remservo
			Remkabel defect (slijtage, oxidatie) S2 → F1 → P1			x			Niet te snel rijden, onderhoud en controle van remkabel. Gebruik van inox kabels om oxidatie tegen te gaan.
			Gevaarlijke weersomstandig heden S2 → F2 → P1				x		Rekening houden met weersomstandigheden en indien nodig niet rijden met de wagen.
			Regen/water onder normale omstandigheden S2 → F2 → P1				x		Waterdichte kast voorzien, niet rijden bij nat weer.

20.4 Besluit

Het is veilig om met de zonnewagen te rijden als je de voorschriften volgt zoals niet te snel rijden, niet rijden bij regen, wagen controleren… We zullen nooit grootte ongevallen tegen komen.

21 De website

Figuur 180: Gip website

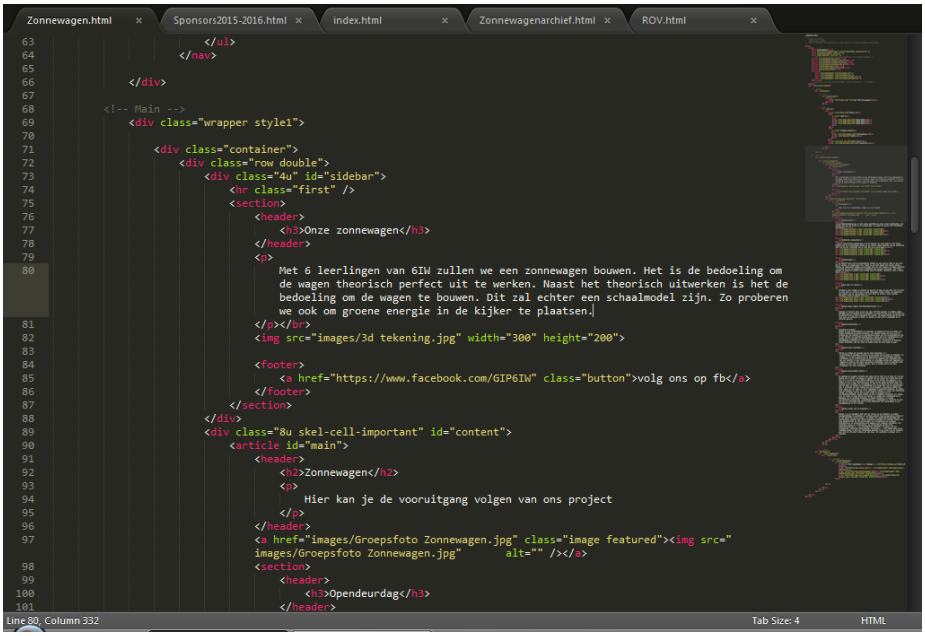
In het begin van het jaar kregen kreeg ik de opdracht om de GIP website te onderhouden. Omdat het helemaal nieuw was voor mij moest ik eerst de programmeer taal leren. De taal was HTML 5. Na wat pruts en oefen werk kon ik beginnen met de website aan te passen naar de GIP's van dit schooljaar. Gelukkig bestond de website al, dus moest ik zelf niet de hele website typen. Het was ongeveer het zelfde of wat er de vorige jaren op de website stond dus moest ik eigenlijk zelf overtypen.

Op de afbeelding zie je hoe de website eruit ziet in code taal. Bv. hier komt de tekst die tevoorschijn komt op de website.

Je kunt kiezen welk lettertype je wilt gebruiken door een ander lettter te gebruiken. Je programmeert dat eerst in 'style'. Ik zelf moest daar niks meer programmeren want het was al geschreven.

<a href hier komt een link>

Zo programmeer je naar je eigen zin. Je kunt hiermee alles doen. Maar ik zelf heb te weinig kennis om dit te doen. Over het algemeen was dit zeker de moeite waard om te doen.



Figuur 181: code website

22 Kostenraming

Om onze zonnewagen te kunnen realiseren hebben we onze verschillende componenten moeten aankopen bij verschillende leveranciers. Om dit alles te bekostigen hebben we verschillende sponsors aangesproken, we hebben een bedrag van 1110 euro bij elkaar gebracht. Samen met 700 euro korting van onze leveranciers konden we onze wagen financieren.

Kostprijs						Sponsoring
		Korting	bepaald	totaal	GiovanniDenolf	100
	motor+ besturing	50	280		Alinso	400
	batterij	50	280		Anonieme sponsors	330
	stuurservo		40		Brynooghe	100
	remservo+kabel		40		Jonarid	180
	profielen		28,42			
	Wielkap		35			
	zonnepaneel	500	500			
	laadregelaar		150			
	wielen	25	82,5			
	remmen	25	82,5			
	velgen	25	82,5			
	wielvorken	25	82,5			
	besturings console		100			
	Batterijen besturings console		10,64			
	Electronische componenten		25			
	Bevetigingsmaterialen		20			
totaal		700	1839,06	1139,06		1110

23 Bezoeken

23.1 bezoek 1 : school van de toekomst

Nederlands :

Bezoek 1 op 26 september 2015 naar “de school van de toekomst”.
Op maandag 26 september hadden we een uitstap gepland rond hernieuwbare energie, specifiek rond zonne-energie. We hebben een uiteenzetting gevolgd over zonnepanelen, gegeven door Wouter Vermeersch, manager van Cleantec Trade. Het bedrijf is vooral gespecialiseerd in het doorverkopen van zonnepanelen aan Europese distributeurs. De uiteenzetting werd gegeven over volgende onderdelen: het productieproces van zonnepanelen, de verschillende soorten mono- en polykristallijne panelen, de verschillende vermogens, de opbouw van een zonnepaneel, chemische samenstelling, lichtinval… . Het tweede deel van de namiddag hebben we ook een rondleiding gekregen in de school van de toekomst waar bij het off-grid systeem, het ventilatiesysteem en de domotica aanbod kwamen.

Engels:

Visit on 26 September 2015 to “school of the future”
Monday afternoon we had an excursion about renewable energy, specific about solar energy. WouterVermeersch manager of Cleantec Trade gave us an performance about solar panels. They are specialized in the import and export of panels to European distributors. Parts of the performance were: the production process of the solar panels, the difference between monocrystalline and polycrystalline panels, the different electric power, the build-up of the panel, the chemical composition. The second part of the afternoon we had a guided tour in the school where the off-grid system, the ventilation and the domotica were a part of the guid tour.

Frans :

La visite du 26 septembre 2015 à l’école du futur.
Le lundi après-midi, nous avons fait une excursion sur le thème de l’énergie renouvelable, plus spécifiquement sur l’énergie solaire. Nous avons suivi un exposé sur des panneaux solaires. L'orateur était Wouter Vermeersch, le manager de CleantecTradel. Cette firme est spécialisée dans l'achat et la vente des panneaux solaires aux distributeurs européens. Le locuteur a parlé des composants suivants : le processus de fabrication des panneaux solaires, la composition chimique, la différence entre mono-et polycrystalline … et ensuite on a vu la composition des panneaux solaires… . Après la présentation on a eu une visite guidée dans l’école du futur. Là, on nous a expliqué le système off-grid, un système de ventilation et la domotique.

23.2 bezoek 2 : Delft

Nederlands:

Bezoek op Maandag 16 november aan Delft
Op maandag 16 november brachten wij samen met de rest van de klas en 5 IW een bezoek aan TU Delft. We kwamen in contact met de school via Frieke die vorig jaar in 6 IW zat en nu in Delft studeert.
Na een busrit van ongeveer 3 uur kwamen we aan in het stadcentrum van Delft. Na een korte wandeling door het centrum en een snelle hap vertrokken we naar de TU Delft die even buiten het centrum ligt. We kregen een rondleiding in de Dream Hall van de universiteit door 2 studenten die meewerkten aan de zonnewagen van de universiteit. Onze gidsen hadden dit jaar, samen met hun team, de Solar challnge in Australië gewonnen. We kregen drie zonnewagens te zien die in de werkplaats stonden en kregen wat technische uitleg. We kregen ook de kans om wat vragen te stellen aan de ervaringsdeskundigen.
Daarna kregen we door 2 Belgische studenten een uitleg over de school en haar manier van werken. Er volgde een rondleiding in de gebouwen van de richting Aerospace en Flight mechanics. We kregen verschillende windtunnels, vliegsimulatoren, vliegtuigen en raketten te zien.
Het was een leerrijke dag waar we veel bijleerden over zonnewagens en het schoolgebeuren in De TU Delft.

Frans :

Le 16 novembre 2015 nous avons visité l'université de Delft avec la classe 614 et 514. C'est grâce à Frieke, qui a terminé ses études en sciences industrielles l'année passée, qu'on est entré en contact avec cette université technique.
Après un voyage de 3 heures, nous sommes arrivés au centre de Delft. Là, on a fait un petit tour à pied et puis nous avons mangé quelque chose. Apres le repas on est parti à l'université, c'est situé un petit peu en dehors du centre-ville. Deux étudiants nous ont guidés à travers le Dream Hall. Ces 2 personnes ont collaboré à la voiture solaire de l'université et ont gagné cette année le Sonar Challenge en Australie. On a vu 3 voitures solaires dans l'atelier et nous avons reçu une explication technique. Nous avions aussi un peu de temps pour poser quelques questions. Puis, nous allions à une autre partie de l'université. Nous recevions une visite guidée dans les bâtiments de « Aerospace » et « Flight mechanics ». On a vu des exemples de souffleries, de simulateurs de vol, d'avions et de fusées.

Engels:

On Monday we visited the university of Delft with the class 614 and 514. We came in contact with the school via Frieke.
After a journey of 3 hours we arrived in the centre of Delft. After a short walk and a quick bite we departed to the university of Delft. We received a guided tour in the Dream hall of the university by 2 students of the team "nuon solar team". Nuon solar team won the race "solar challenge in Australia. In the garage we could see 3 solar cars. We also got some technical information. After the explanation we got the chance to ask some questions.
In the afternoon, 2 Belgian students gave us an explanation about the school and her way of working. We got a guided tour in the buildings from the Aerospace and Flight mechanics. We saw different wind tunnels, flight simulators, airplanes and missiles.
It was an instructive day.

23.3 bezoek 3 : Vives Oostende

Nederlands:

Bezoek op vrijdag 20 november aan de Vives Oostende
Op donderdag 20 november brachten we een bezoek aan de Vives in Oostende. We kregen er een korte uitleg over de aerodynamica en verschillende soorten stromingen. Na de uitleg konden we zelf op de computer een simulatie doen met een cilinder in een luchtstroming. De volledige uitleg werd opgenomen en opgestuurd zodat we die later nog kunnen herbekijken. Door de beperkte tijd konden we niet echt in detail treden. Maar we konden gerust nog eens terugkomen voor meer informatie.

Engels:

Visit on 20 Noverber 2015 to VisesOostende.
On Thursday 20 November we had an excursion to Vives Oostende. We got a short explanation about aerodynamic and the different types of streamlet. After the short explanation, we tried is ourselves on the computer. On the computer we learned the basics with the example of a cylinder. The explanation got accorded and we toke it with us. If we want we can review that. Because of the limited time we had we couldn't finish the exercise. But if we want we can come back to Vives in Oostende.

Frans:

La visite du 20 novembre 2015 à Vives Ostende.
Le jeudi 20 novembre, nous avons visité Vives à Ostende. On nous a expliqué brièvement l'aérodynamique et les différents types des courants. Après l'explication, nous pouvions effectuer des simulations. L'explication complète a été enregistrée et envoyée de sorte que nous puissions la consulter encore plus tard. A cause du temps limité, nous ne pouvions pas vraiment entrer en détail. Mais si nous voulons, nous pouvons toujours revenir pour plus d'informations.

23.4 bezoek 4 : granville

Nederlands:

Woensdag 16 december gingen we naar Granville bikes in Zaventem. We kwamen met hen in contact via meneer Baekelandt en meneer Hemeryck. Ter plaatse kregen wat info over de werking van het bedrijf en de verschillende delen van het productieproces die in het filiaal in Zaventem plaatsvinden. Daarna gaf onze contactpersoon wat uitleg over de werking van het elektrisch gedeelte van hun fietsen. Uiteindelijk beslisten we dat we bij hen een motor, controller en batterij zullen bestellen.
Het was zeker de moeite waard om eens langs te gaan.

Engels:

Visit on 16 November 2015 to Granville bikes.
On Wednesday 16 December we went to Granville bikes in Zaventem. We came into contact with them by mister Baekelandt and mister Hemeryck. First we got information about the action of the business and the different production of the business. After this information, our guide gave explanation about the electric part of their bikes. At the end of the afternoon we decided which motor, controller and battery we should order.
It was certainly worth the visit.

Frans:

Le mercredi 16 décembre 2015, nous sommes allés à Granvillebikes à Zaventem. Nous sommes entrés en contact avec cette entreprise grâce à Mr Baekelandt et Mr Hemeryck. Sur place nous avons reçu des informations sur le fonctionnement de la firme et les différentes parties du processus de production dans la branche à Zaventem. Puis, notre guide a donné quelques explications sur le fonctionnement de la partie électrique de leurs vélos. Finalement, nous avons décidé de commander le moteur, le contrôleur et la batterie chez eux. Ça valait bien la peine d'y aller.

24 Lijst met technische termen

Nederlands	Engels	Frans
aerodynamisch	aerodynamically	aérodynamiquement
anode	anode	anode
atomen	atoms	atomes
Autonomie	Autonomy	Autonomie
Batterij	Battery	Batteries
elektrische belasting	electrical load	charge électronique
borstellozeDCmotor	brushless DC motor	moteur à courant continu sans balai
brandgevaar	fire hazard	feudanger
Brandstof	Fuel	Carburant
capaciteit	capacity	capacitance
chemisch evenwicht	chemical equilibrium	équilibrechimique
chemische reactie	chemicalreaction	réactionchimique
concentratie	concentration	concentration
De cockpit (glazen koepel)	The cockpit	L'habitacle
destilatie	distillation	distillation
driedimesionale	three-dimensional	tridimensionnel
edele metalen	preciousmetals	métauxprécieux
edelgasconfiguratie	noble gas configuration	configuration de gaznoble
electrochemisch	electrochemically	électrochimiquement
electrolyt	electrolyte	électrolyte
Elektriciteitsnet	Power lines	réseau
Elektrisch vermogen	Electric power	Puissance électrique
Elektrische stroom	Electric current	Courant électrique
elektrode	electrode	électrode
energie	energy	énergie
energiedichtheid	energy density	densitéd'énergie
explosie	explosion	explosion
Fotovoltaïsche cel	Photovoltaiccell	Cellulephotovoltaïque
Fotovoltaïsche cellen	Photovoltaiccells	Cellulesphotovoltaïques
Fotovoltaïsche modules	Photovoltaic modules	Modules photovoltaïques
galvanische cel	galvaniccell	pilegalvanique
grondstoffen	rawmaterials	matières premières
hall sensor	hall sensor	capteur Hall
handleiding	instructions	instructions
herlaadbaar	rechargeable	rechargeable
Herladen	Recharge	recharger
Hernieuwbare	Renewable	Renouvelables
interne weerstand	internalresistance	internalresistance
ionen	ions	ions
isochoor	isochoric	isochore
kathode	cathode	cathode
laadefficiëntie	charging efficiency	efficacité de la charge
laadregelaar	charge controller	contrôleur de charge
laadtoestand	state of charge	état de charge

laden	load	charge
loodaccu	lead Acid battery	batterie au plombacide
magneet	magnet	aimant
mengsel	blend	mélange
metaal	metal	métal
Monokristallijn	Monocrystalline/single-…	Monocristallins
Motor	Moto	moteur
Motorisering	Motorization	Motorisation
naaf	hub	moyeu
normpotentiaal	standard potential	potentiel standard
ontladen	discharge	décharge
Ontworpen (ontwerpen)	Designed (design)	Conçu (concevoir)
oplosmiddel	diluent	diluant
opwekken	excite	exciter
oscilator	oscillator	oscillateur
oververhitten	overheat	surchauffer
oxideren	oxidize	oxyder
Polymeer Li-Ion	Polymer Li-Ion	Polymère Li-Ion
reageren	react	réagir
recycleren	recycle	recycler
redoxkoppels	redox couples	couples redox
reduceren	reduce	réduire
Rendement	Efficiency	Rendement
rolweerstand	rolling resistance	résistance au roulement
rotor	rotor	rotor
Schadelijk	Harmful	Nocives
Siliciumatoom	Siliconatom	Atome de silicium
sorteren	sort	sorte
Spanning	Voltage	Tension
spanningsreeks	voltage series	série de tension
spoel	coil	bobine
stator	stator	stator
temperatuur	temperature	température
Uitstoot	Releases	Emission de gaz
Voorschriften	Regulations	Exigences
Voorziening	Supply	Disposition
warmte	heat	chaleur
warmtecapaciteit	heat capacty	capacitécalorifique
Wind gestuurd	Wind driven	Eoliennesfixées
zink	zinc	zinc
Zonne-energie	Solar energy	L’énergie solaire
Zonnepanelen	Solar panels	Panneauxsolaires
Zonnewagen	Solar Car	unevoiture solaire

25 Algemeen Besluit

We hebben ons praktisch doel behaald. We hebben een wagen die rijdt op zonne-energie. De taken die we in het begin van het jaar kregen van de leerkrachten hebben we ook tot een goed einde kunnen brengen. Een volledige theoretische uitwerking van een zonnewagen in een dossier. We hebben als 1 team samen gewerkt en dit project tot een goed einde gebracht. We hadden de taken goed verdeeld en iedereen heeft zijn deel op tijd en mooi verzorgd ingediend. Tijdens dit project hebben we veel bijgeleerd, problemen leren oplossen, leren samen werken als een team en over de werking van zonnepanelen, batterijen…

26 Bijlagen

LM 7805

Electrical Characteristics (LM7805)

Refer to the test circuits. -40°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 10V, C_I = 0.1µF, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	T_J = +25°C		4.8	5.0	5.2	V
		5mA ≤ I_O ≤ 1A, P_O ≤ 15W, V_I = 7V to 20V		4.75	5.0	5.25	
Regline	Line Regulation(1)	T_J = +25°C	V_O = 7V to 25V	–	4.0	100	mV
			V_I = 8V to 12V	–	1.6	50.0	
Regload	Load Regulation(1)	T_J = +25°C	I_O = 5mA to 1.5A	–	9.0	100	mV
			I_O = 250mA to 750mA	–	4.0	50.0	
I_Q	Quiescent Current	T_J = +25°C		–	5.0	8.0	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	I_O = 5mA to 1A		–	0.03	0.5	mA
		V_I = 7V to 25V		–	0.3	1.3	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift(2)	I_O = 5mA		–	-0.8	–	mV/°C
V_N	Output Noise Voltage	f = 10Hz to 100kHz, T_A = +25°C		–	42.0	–	µV/V_O
RR	Ripple Rejection(2)	f = 120Hz, V_O = 8V to 18V		62.0	73.0	–	dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	I_O = 1A, T_J = +25°C		–	2.0	–	V
r_O	Output Resistance(2)	f = 1kHz		–	15.0	–	mΩ
I_{SC}	Short Circuit Current	V_I = 35V, T_A = +25°C		–	230	–	mA
I_{PK}	Peak Current(2)	T_J = +25°C		–	2.2	–	A

LM 7812

Electrical Characteristics (LM7812) (Continued)

Refer to the test circuits. -40°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 19V, C_I = 0.33µF, C_O = 0.1µF, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	T_J = +25°C		11.5	12.0	12.5	V
		5mA ≤ I_O ≤ 1A, P_O ≤ 15W, V_I = 14.5V to 27V		11.4	12.0	12.6	
Regline	Line Regulation(11)	T_J = +25°C	V_I = 14.5V to 30V	–	10.0	240	mV
			V_I = 16V to 22V	–	3.0	120	
Regload	Load Regulation(11)	T_J = +25°C	I_O = 5mA to 1.5A	–	11.0	240	mV
			I_O = 250mA to 750mA	–	5.0	120	
I_Q	Quiescent Current	T_J = +25°C		–	5.1	8.0	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	I_O = 5mA to 1A		–	0.1	0.5	mA
		V_I = 14.5V to 30V		–	0.5	1.0	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift(12)	I_O = 5mA		–	-1.0	–	mV/°C
V_N	Output Noise Voltage	f = 10Hz to 100kHz, T_A = +25°C		–	76.0	–	µV/V_O
RR	Ripple Rejection(12)	f = 120Hz, V_I = 15V to 25V		55.0	71.0	–	dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	I_O = 1A, T_J = +25°C		–	2.0	–	V
r_O	Output Resistance(12)	f = 1kHz		–	18.0	–	mΩ
I_{SC}	Short Circuit Current	V_I = 35V, T_A = +25°C		–	230	–	mA
I_{PK}	Peak Current(12)	T_J = +25°C		–	2.2	–	A

IC NE 555

NE555 LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta=25 C)

PARAMETER	SYMBOL	VALUE	UNIT
Supply Voltage	Vcc	16	V
Power Dissipation	Pd	600	mW
Lead Temperature	Tlead	300	C
Operating Temperature	Topr	0 to 70	C
Storage Temperature	Tstg	-65 to 150	C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25 C ,Vcc=5 ~ 15V)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Supply voltage	Vcc		4.5		16	V
Supply Current	Icc	Vcc=5V,RL=		3	6	mA
(Note 1)		Vcc=15V,RL=		7.5	15	mA
Timing Error(monostable)						
Initial Accurary(Note 2)	ACCUR	RA=1k to 100kμΩ		1.0	3.0	%
Drift with Temperature	Δt/ΔT	C=0.1μF		50		ppm/ C
Drift with Supply Voltage	Δt/ΔVcc			0.1	0.5	%/V
Timing Error(astable)						
Initial Accurary(Note 2)	ACCUR	RA=1k to 100kμΩ		2.25		%
Drift with Temperature	Δt/ΔT	C=0.1μF		150		ppm/ C
Drift with Supply Voltage	Δt/ΔVcc			0.3		%/V
Control Voltage	Vc	Vcc=15V	9.0	10.0	11.0	V
		Vcc=5V	2.6	3.33	4.0	V
Threshold Voltage	VTH	Vcc=15V		10.0		V
		Vcc=5V		3.33		V
Threshold Current(Note 3)	ITH			0.1	0.25	μA
Trigger Voltage	Vtr	Vcc=5V	1.1	1.67	2.2	V
		Vcc=15V	4.5	5	5.6	V
Trigger Current	Itr	Vtr=0		0.01	2.0	μA
Reset Voltage	Vrst		0.4	0.7	1.0	V
Reset Current	Irst			0.1	0.4	mA
Low Output Voltage	VOL	Vcc=15V				
		Isink=10mA		0.06	0.25	V
		Isink=50mA		0.3	0.75	V
		Vcc=5V				
		Isink=5mA		0.05	0.35	V
High Output Voltage	VOH	Vcc=15V				
		Isource=200mA		12.5		V
		Isource=100mA	12.75	13.3		V
		Vcc=5V				
		Isource=100mA	2.75	3.3		V
Rise Time of Output	tR			100		nSec
Fall Time of Output	tF			100		nSec
Dischage Leakage Current	ILKG			20	100	nA

Note 1:Supply current when output is high is typically 1mA less at Vcc 5V.
Note 2:Tested at Vcc=5.0V and Vcc=15V.
Note 3:this will determine the maximum value of RA+RB for 15V operation, The maximum total is R=20M Ω, and for 5V operation the maximum total is R=6.7M Ω.

CONTEK

Contek Microelectronics Co.,Ltd. 2

http://www.contek-ic.com E-mail:sales@contek-ic.com

MJ15003 (NPN), MJ15004 (PNP)

Complementary Silicon Power Transistors

The MJ15003 and MJ15004 are power transistors designed for high power audio, disk head positioners and other linear applications.

Features

- High Safe Operating Area
- For Low Distortion Complementary Designs
- High DC Current Gain
- These Devices are Pb−Free and are RoHS Compliant*

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector−Emitter Voltage	V_{CEO}	140	Vdc
Collector−Base Voltage	V_{CBO}	140	Vdc
Emitter−Base Voltage	V_{EBO}	5	Vdc
Collector Current − Continuous	I_C	20	Adc
Base Current − Continuous	I_B	5	Adc
Emitter Current − Continuous	I_E	25	Adc
Total Power Dissipation @ T_C = 25°C Derate above 25°C	P_D	250 1.43	W W/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	−65 to +200	°C

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction−to−Case	$R_{\theta JC}$	0.70	°C/W
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes 1/16" from Case for ≤ 10 secs	T_L	265	°C

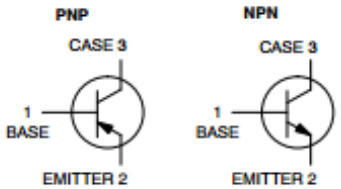
*For additional information on our Pb−Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

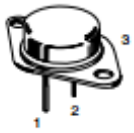
ON Semiconductor®

http://onsemi.com

20 AMPERE POWER TRANSISTORS COMPLEMENTARY SILICON 140 VOLTS, 250 WATTS

SCHEMATIC





TO−204AA (TO−3)
CASE 1−07
STYLE 1

MARKING DIAGRAM

MJ1500x − Device Code x = 3 or 4
G − Pb−Free Package
A − Location Code
YY − Year
WW − Work Week
MEX − Country of Orgin

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MJ15003G	TO−204AA (Pb−Free)	100 Units/Tray
MJ15004G	TO−204AA (Pb−Free)	100 Units/Tray

MJ15003 (NPN), MJ15004 (PNP)

TYPICAL CHARACTERISTICS MJ15003G (NPN)

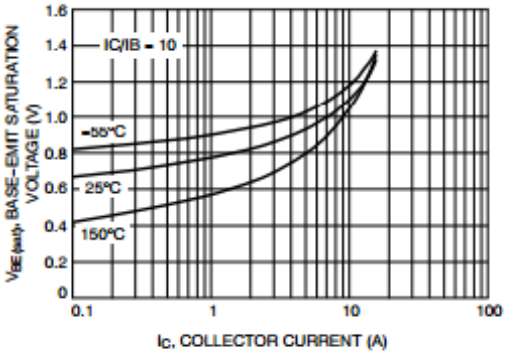


Figure 3. Base-Emitter Saturation Voltage

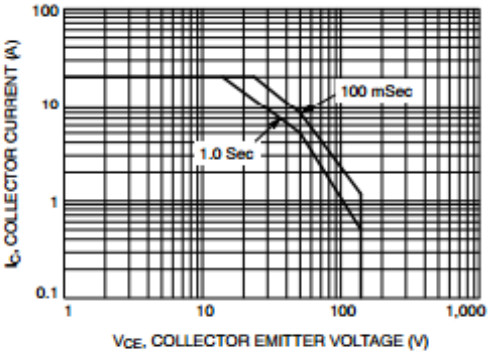


Figure 4. Safe Operating Area

TYPICAL CHARACTERISTICS MJ15004G (PNP)

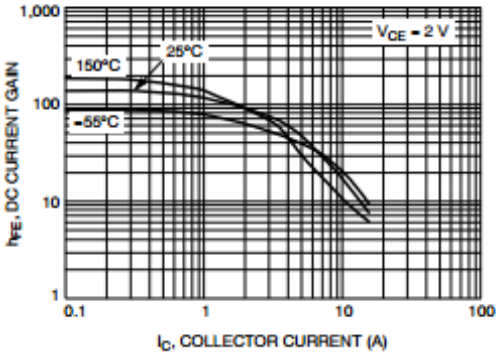


Figure 5. DC Current Gain

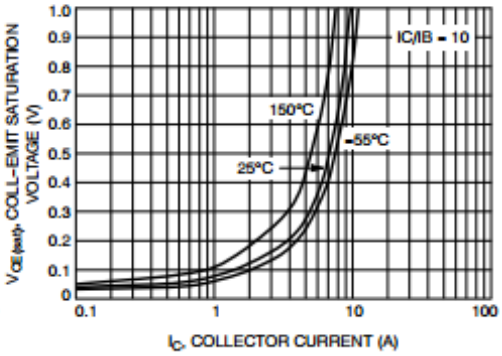


Figure 6. Collector-Emitter Saturation Voltage

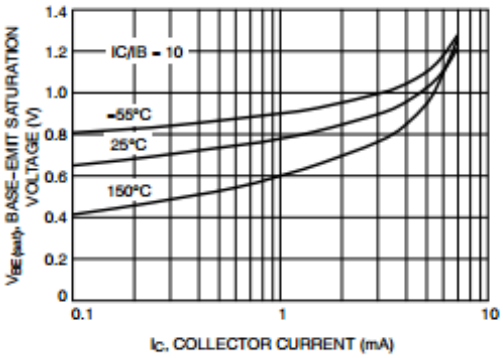


Figure 7. Base-Emitter Saturation Voltage

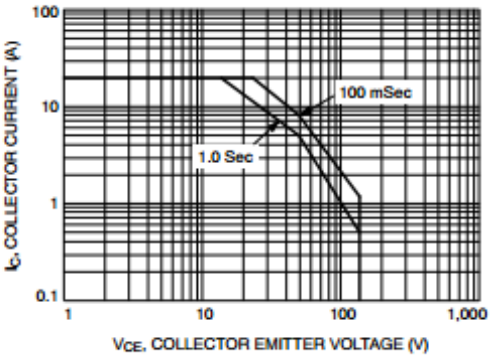
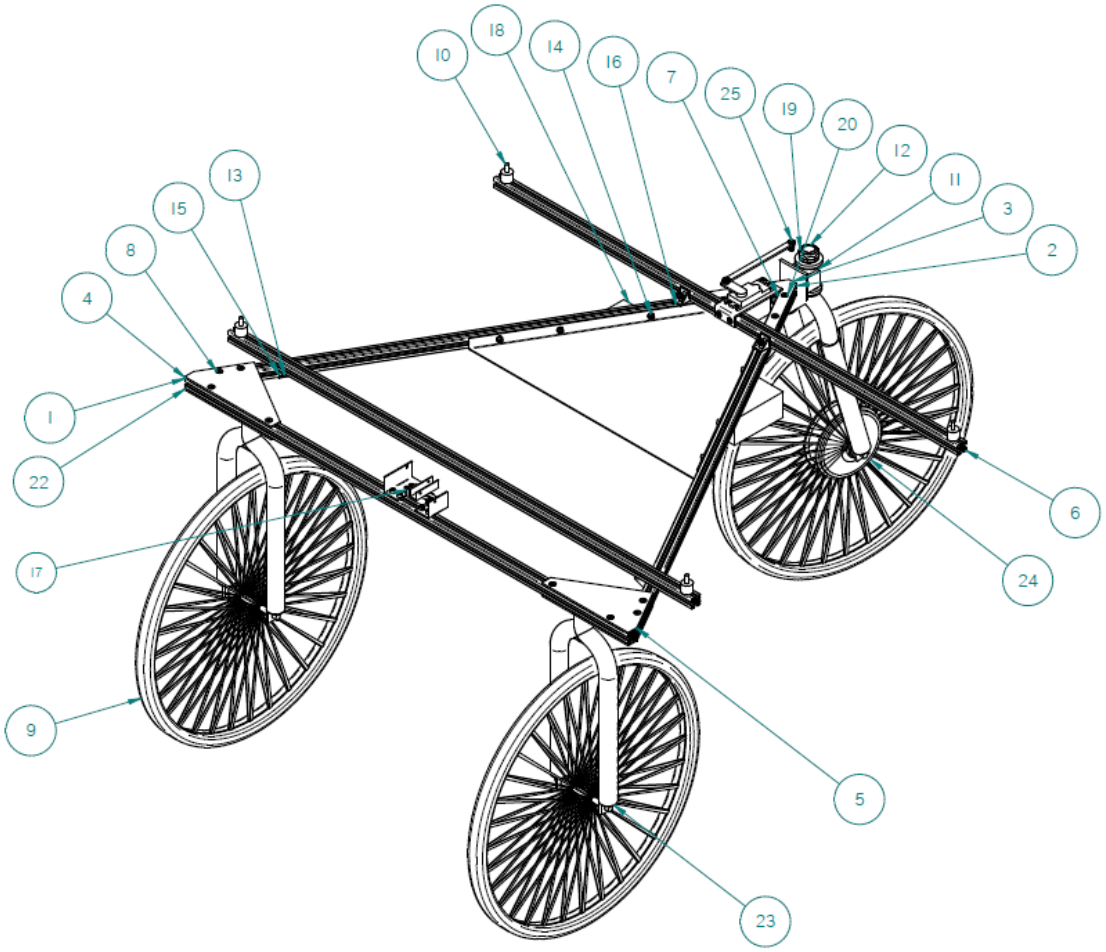


Figure 8. Safe Operating Area

26.1 Technische tekeningen

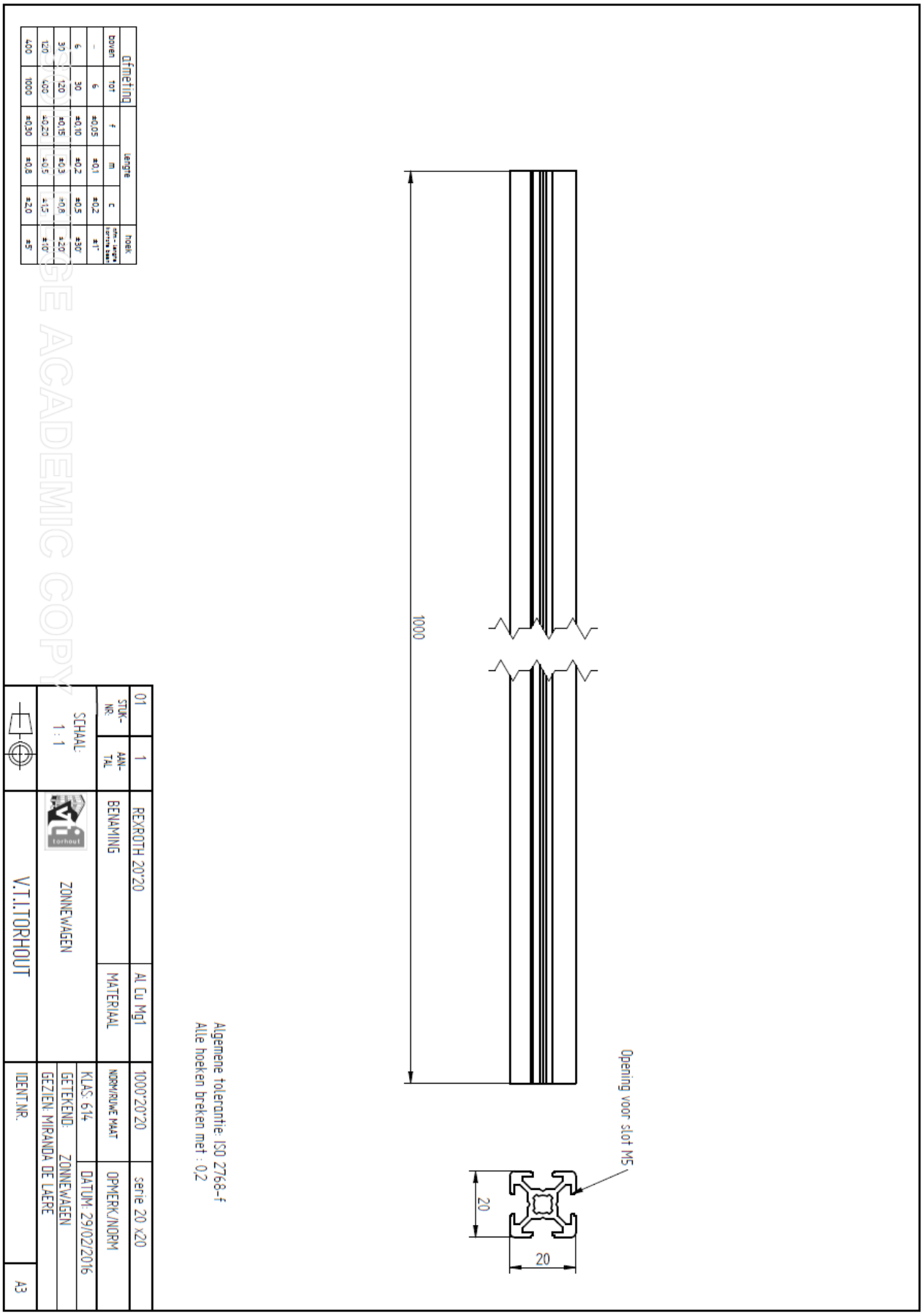
Tijdens het schooljaar hebben we ook onze zonnewagen in 3d getekend op de computer. We moeten ook de stukken die in de werkplaats moesten gemaakt worden in 2d getekend zodat ze onze stukken konden maken. Hieronder vind u alle tekeningen.

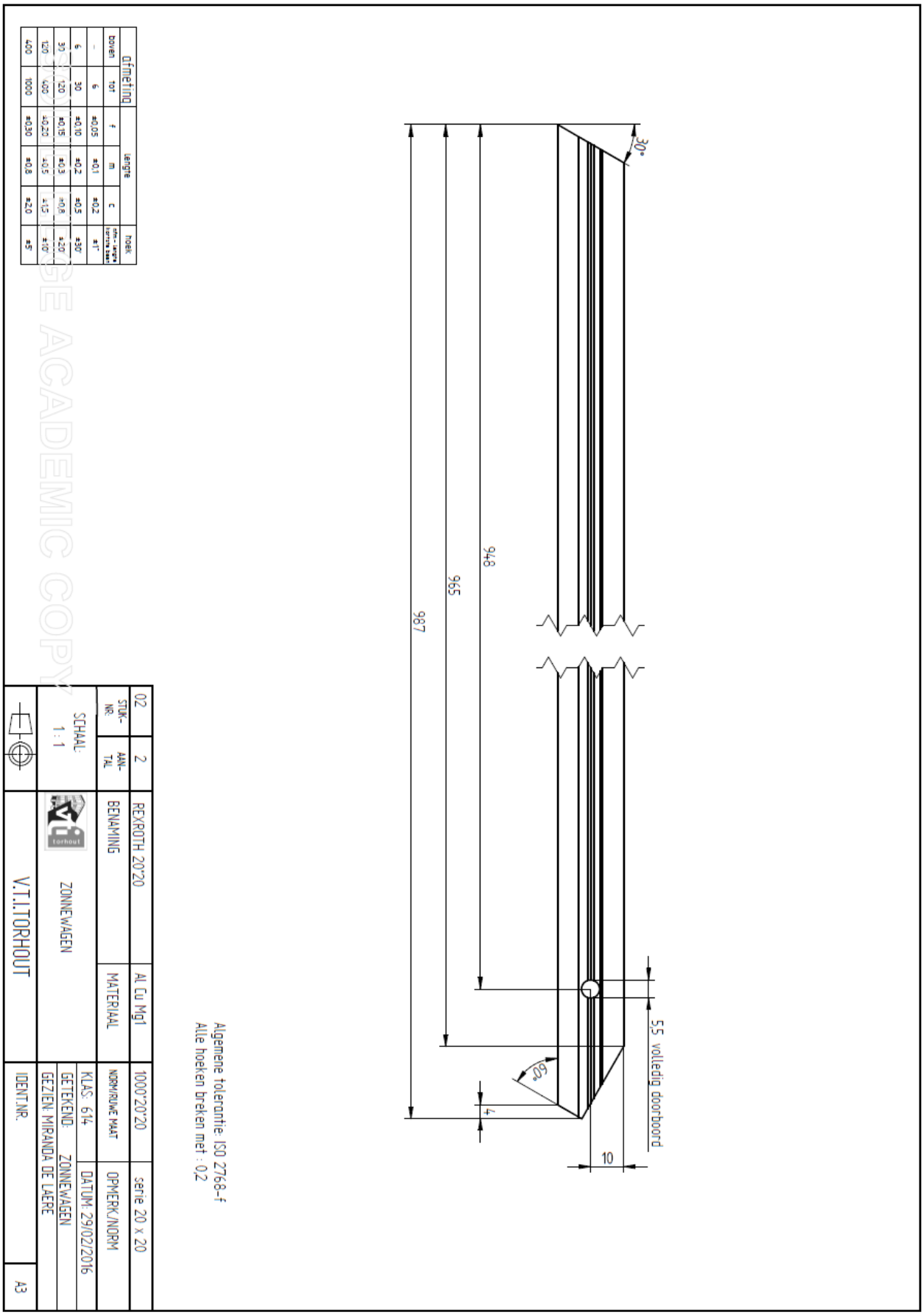


STUKNR	AANTAL	TITEL	MATERIAAL	RUWE MAAT	OPMERKINGEN
1	1	REXROTH 20*20	AL Cu Mg1	1000*20*20	serie 20 x20
2	2	REXROTH 20*20	AL Cu Mg1	1000*20*20	serie 20 x 20
3	1	BEVESTIGING ACHTER	S235JR	155x130x3	
4	1	BEVESTIGING 2	S235JR	195x110x3	
5	1	BEVESTIGING 1	S235JR	195x110*3	
6	2	REXROTHPROFIEL DWARSLIGGER	AL Cu Mg1	1050 x 20 x 20	SERIE 20 x 20
7	1	OPBERGBAK	AL Cu Mg1	525*476*1,5	
8	20	VERZ-BINNENZESKANTBOUT			DIN 7991
9	3	FIETSWIEL			AANKOOP
10	4	RUBBERSTUK			AANKOOP
11	1	BEVESTIGING BUS ACHTER			
12	1	FIETSBUS+LAGERS			AANKOOP
13	16	BINNENZESKANT M5*10			DIN 912
14	8	RONDSEL			DIN 125
15	4	BEVESTIGING REXROTH	AL Cu Mg1		AANKOOP
16	38	INSCHUIFTUKJE PROFIELEN			AANKOOP
17*	1	REMSERVO ASSEMBLY			
18	1	BATTERIJ			AANKOPEN
19	1	FIETSVORK ACHTER SCHUIN	AL Cu Mg1		AANKOOP
20	2	BINNENZESKANTBOUT M5*30			DIN 7991
21*	2	BORGMOER			DIN 985
22	1	BEVESTIGINGSHOEK 1			
23	1	BEVESTIGINGSHOEK 2			
24	1	MOTOR			
25	1	SAMENSTELLING STUURSERVO			

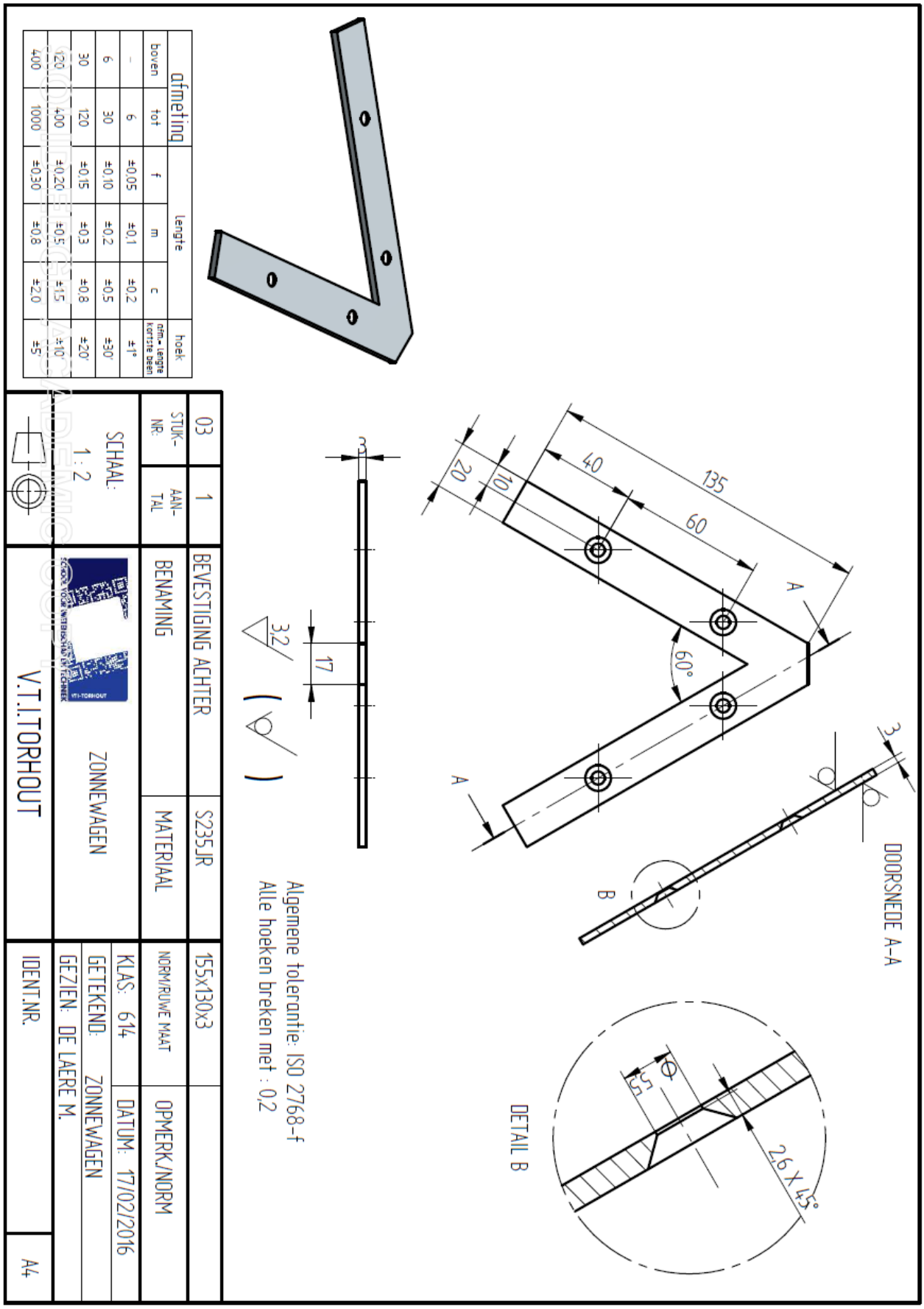
SCHAAL: 1:5	SAMENSTELLING ZONNEWAGEN	KLAS:	DATUM:
		GETEKEND:	
		GEZIEN: MIRANDA DE LAERE	
	V.T.I.TORHOUT	IDENT.NR.	A2

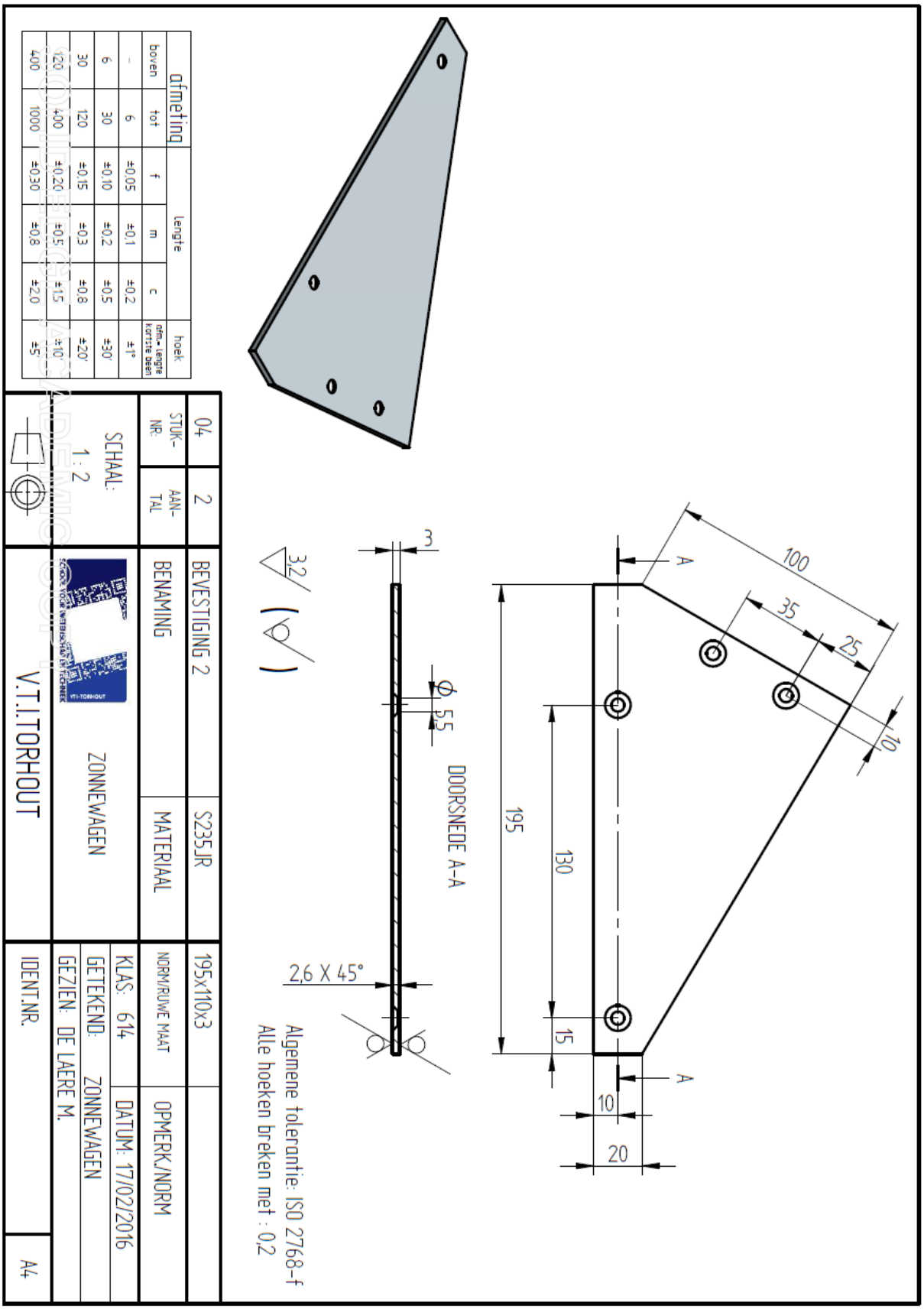
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

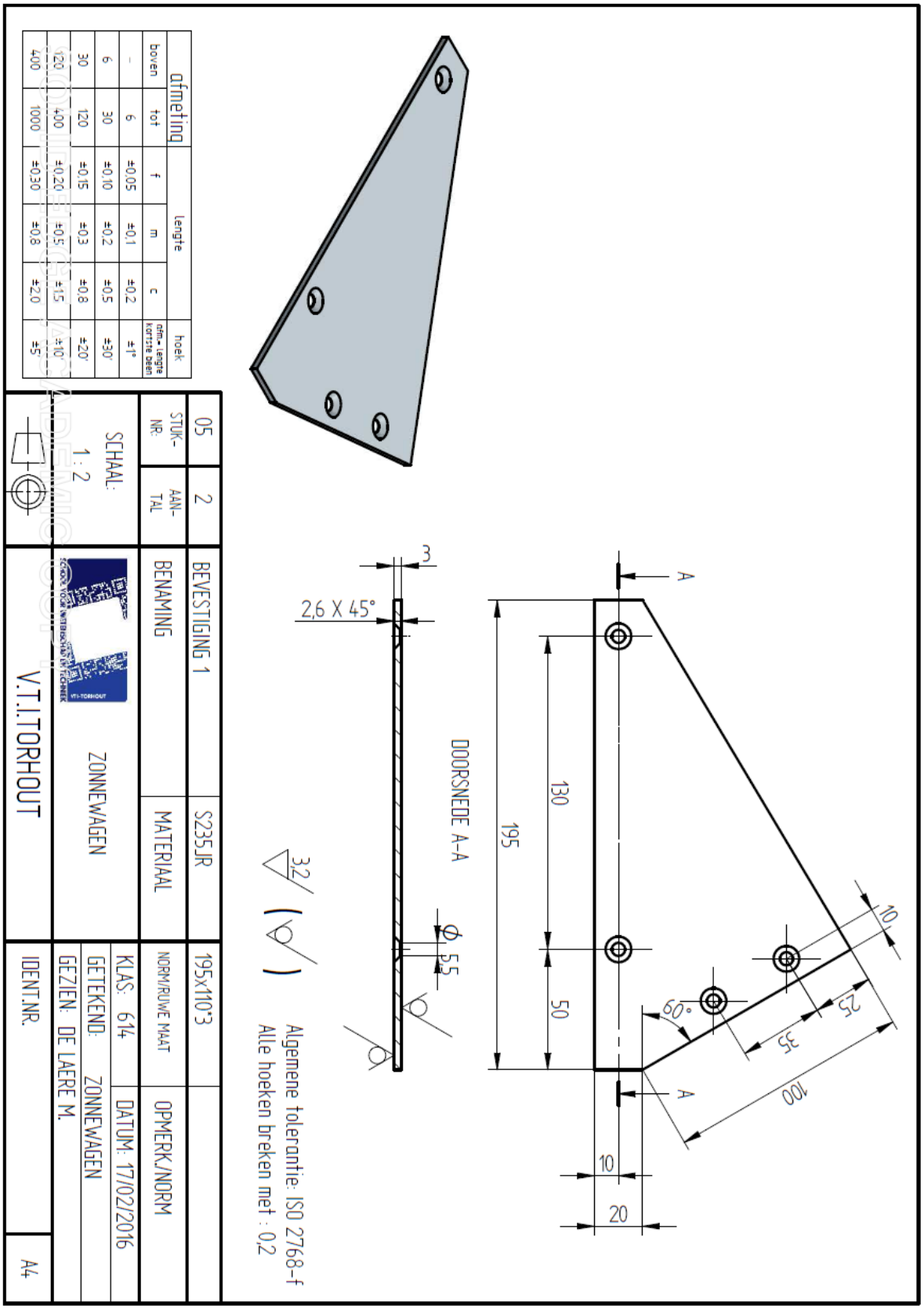

Opening voor slot M5
1000
20
20
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
01
STUK-NR.
1
AAN-TAL
REXROTH 20*20
BENAMING
Al Cu Mg1
MATERIAAL
1000*20*20
NORM/RUWE MAAT
serie 20 x20
OPMERK./NORM
SCHAAL:
1 : 1
torhout
ZONNEWAGEN
KLAS: 614
DATUM: 29/02/2016
GETEKEND: ZONNEWAGEN
GEZIEN: MIRANDA DE LAERE
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A3
lengte
boven
tot
f
m
c
hoek
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
-
6
30
120
400
1000
afmeting
SCHOOLSE ACADEMIC COPY

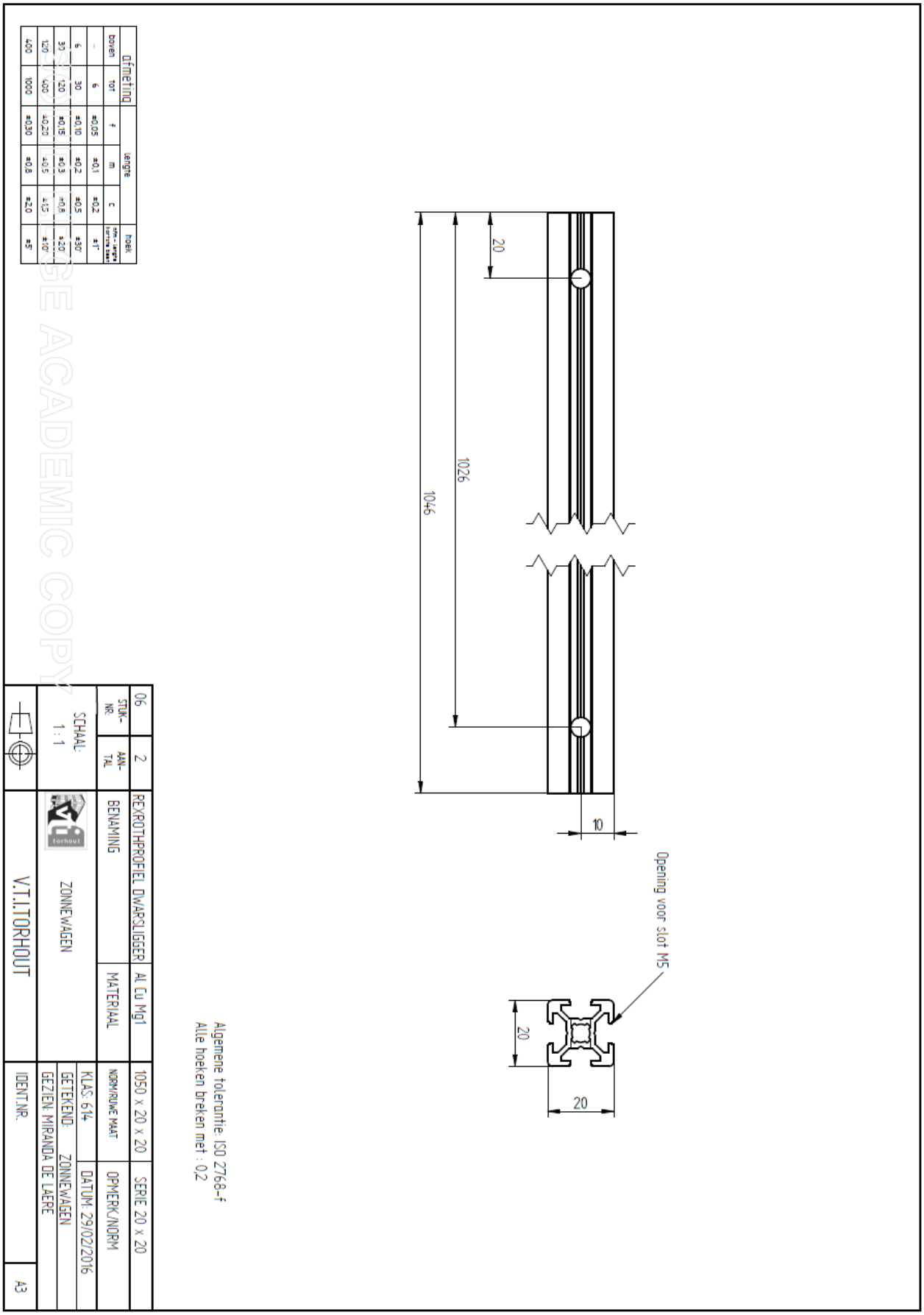


ACADEMIC COPY

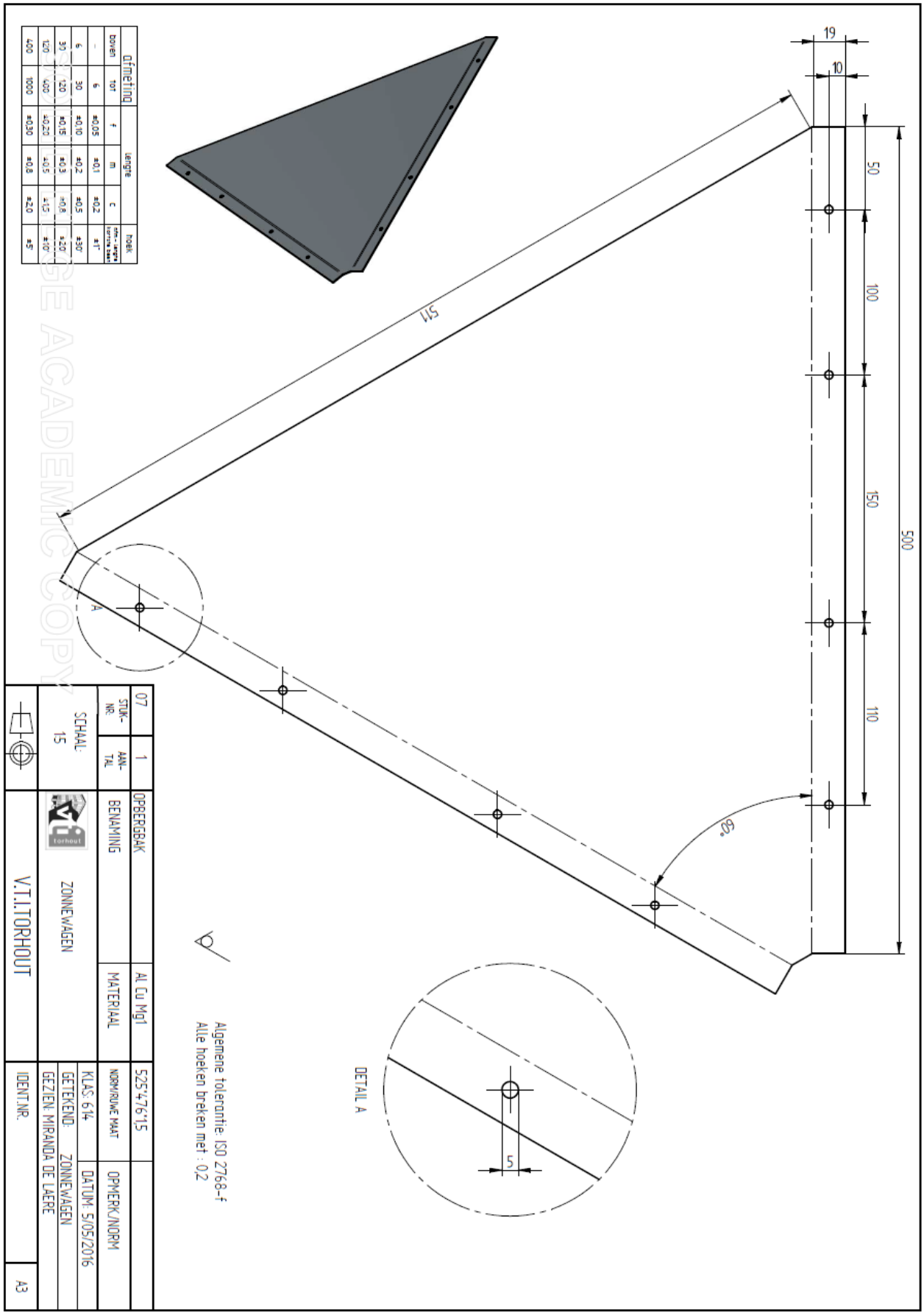

DOORSNEDE A-A
DETAIL B
2,6 X 45°
5
3
135
60
40
10
20
60°
A
B
17
3,2
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm. lengte korte zijden
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
03
STUK-NR:
1
AAN-TAL
BEVESTIGING ACHTER
BENAMING
S235JR
MATERIAAL
155x130x3
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
SCHAAL:
1 : 2
ZONNEWAGEN
KLAS: 614
DATUM: 17/02/2016
GETEKEND: ZONNEWAGEN
GEZIEN: DE LAERE M.
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4


100
35
25
10
195
130
15
10
20
A
A
3
Ø 5,5
DOORSNEDE A-A
2,6 X 45°
3,2
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm. lengte korste deel
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
04
STUK-NR:
2
AAN-TAL
BEVESTIGING 2
BENAMING
S235JR
MATERIAAL
195x110x3
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
SCHAAL:
1 : 2
ZONNEWAGEN
KLAS: 614
DATUM: 17/02/2016
GETEKEND: ZONNEWAGEN
GEZIEN: DE LAERE M.
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4

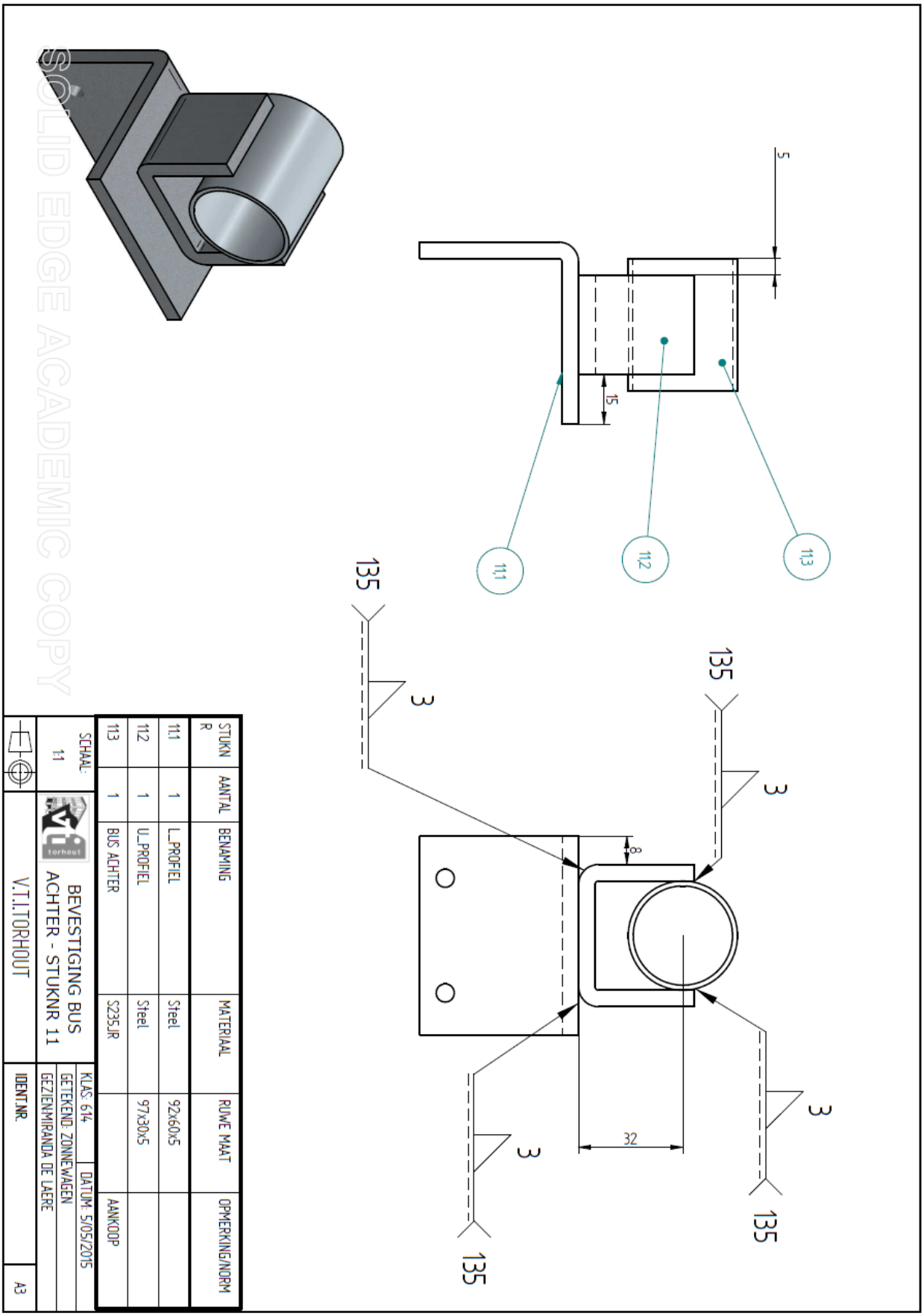

A
A
195
130
50
10
20
10
25
35
100
60°
DOORSNEDE A-A
3
2,6 X 45°
5,5
3,2
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
05
STUK-NR:
2
AAN-TAL
BEVESTIGING 1
BENAMING
S235JR
MATERIAAL
195x110*3
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
SCHAAL: 1 : 2
ZONNEWAGEN
KLAS: 614
DATUM: 17/02/2016
GETEKEND: ZONNEWAGEN
GEZIEN: DE LAERE M.
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm. lengte korte zaag
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'

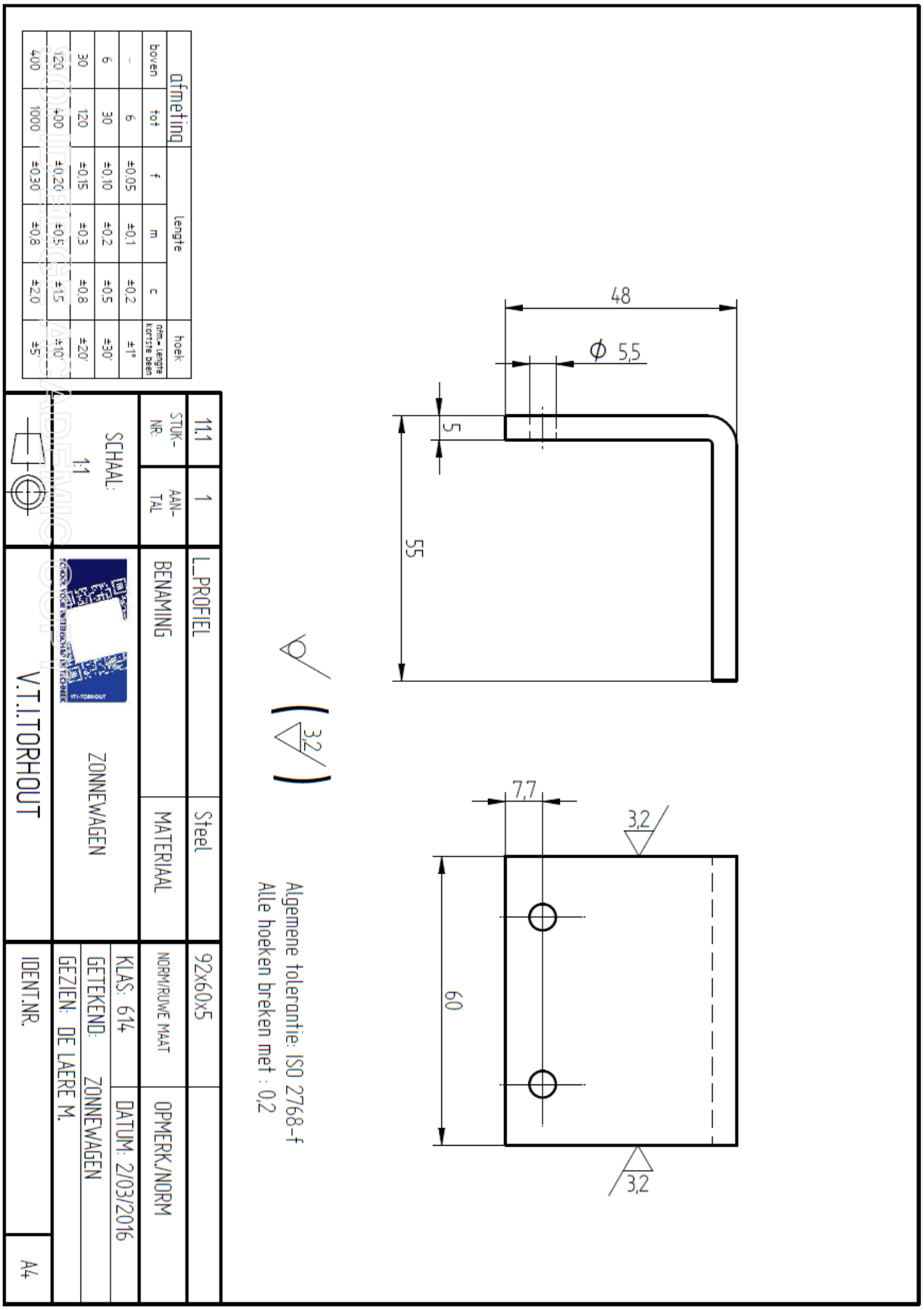


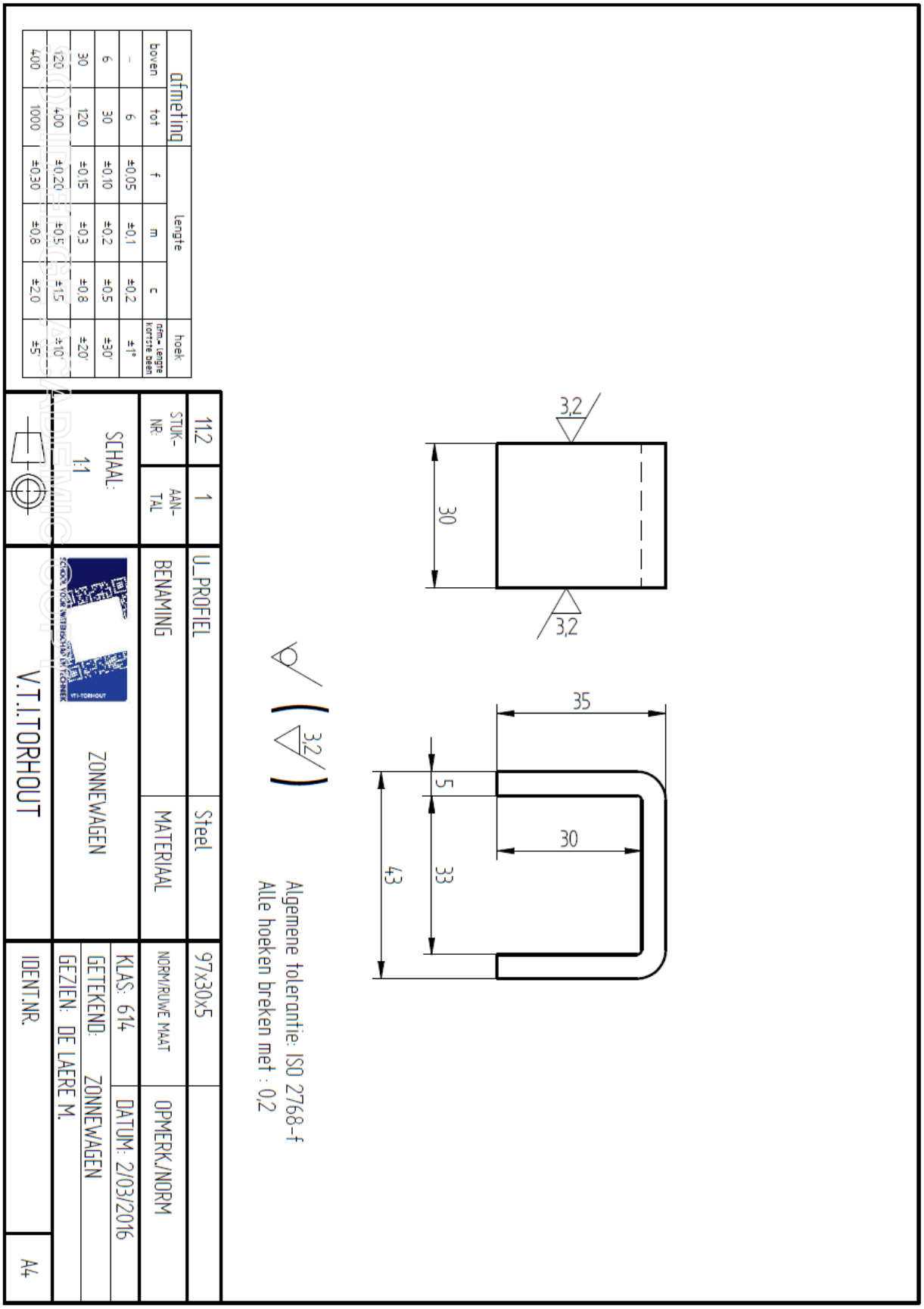
ACADEMIC COPY

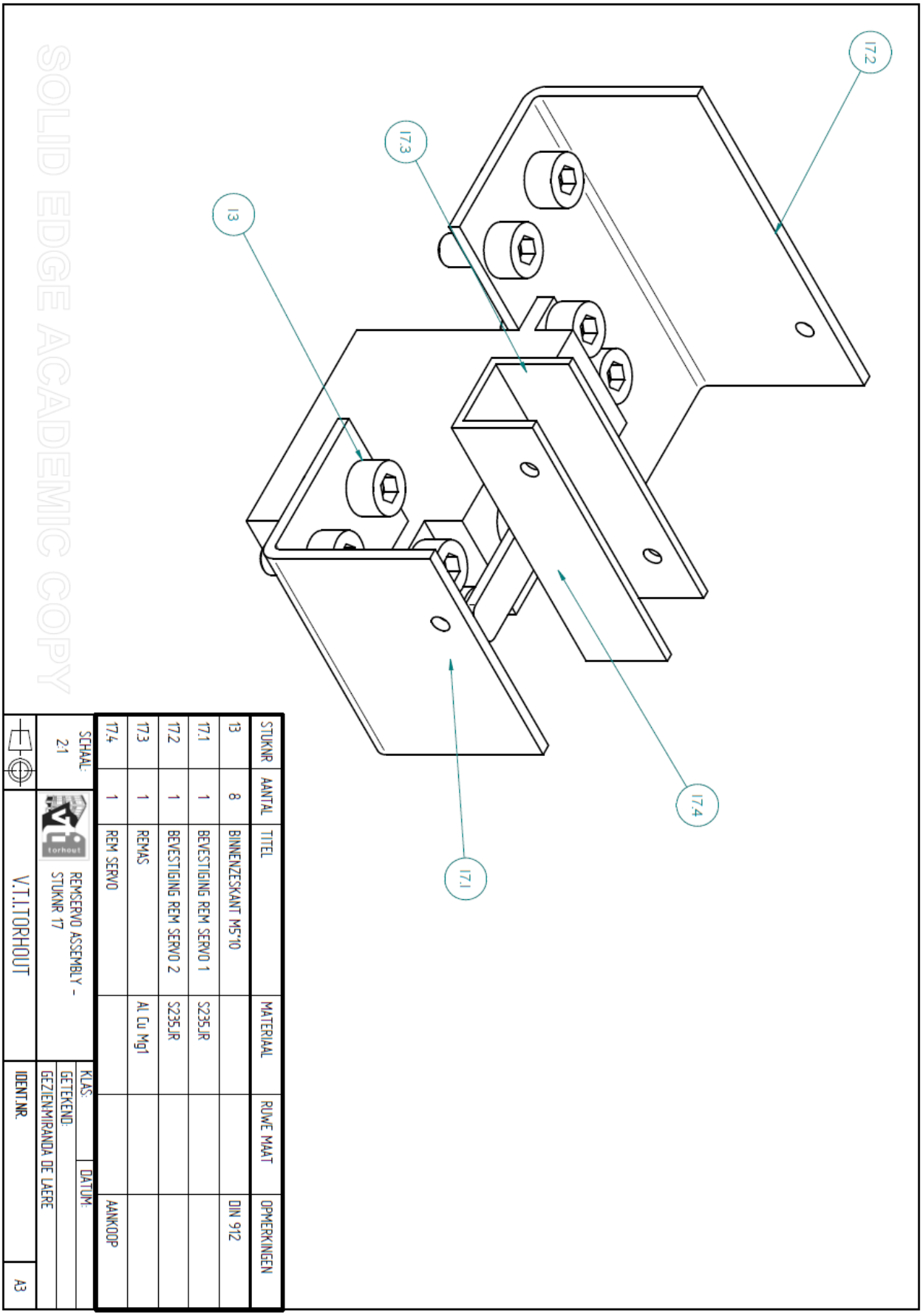


SE ACADEMIC COPY


5
15
11.3
11.2
11.1
135
3
8
32
SOLID EDGE ACADEMIC COPY
STUKNR | AANTAL | BENAMING | MATERIAAL | RUWE MAAT | OPMERKING/NORM
11.1 | 1 | L_PROFIEL | Steel | 92x60x5
11.2 | 1 | U_PROFIEL | Steel | 97x30x5
11.3 | 1 | BUS ACHTER | S235JR | AANKOOP
SCHAAL 1:1
BEVESTIGING BUS ACHTER - STUKNR 11
KLAS: 614
DATUM: 5/05/2015
GETEKEND: ZONNEWAGEN
GEZIENMIRANDA DE LAERE
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A3


48
Ø 5,5
5
55
7,7
3,2
60
3,2
3,2
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm. lengte korte been
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
11.1
STUK-NR.
1
AAN-TAL
L_PROFIEL
BENAMING
Steel
MATERIAAL
92x60x5
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
SCHAAL:
1:1
ZONNEWAGEN
KLAS: 614
DATUM: 2/03/2016
GETEKEND: ZONNEWAGEN
GEZIEN: DE LAERE M.
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4


3,2
30
3,2
35
5
30
33
43
3,2
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm+ lengte kortste deeln
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
11.2
STUK-NR:
1
AAN-TAL
U_PROFIEL
BENAMING
Steel
MATERIAAL
97x30x5
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
SCHAAL:
1:1
ZONNEWAGEN
V.T.I.TORHOUT
KLAS: 614
DATUM: 2/03/2016
GETEKEND: ZONNEWAGEN
GEZIEN: DE LAERE M.
IDENT.NR.
A4



STUKNR	AANTAL	TITEL	MATERIAAL	RUWE MAAT	OPMERKINGEN
13	8	BINNENZESKANT M5*10			DIN 912
17.1	1	BEVESTIGING REM SERVO 1	S235JR		
17.2	1	BEVESTIGING REM SERVO 2	S235JR		
17.3	1	REMAS	Al Cu Mg1		
17.4	1	REM SERVO			AANKOOP

SCHAAL: 2:1

REMSERVO ASSEMBLY - STUKNR 17

KLAS:

DATUM:

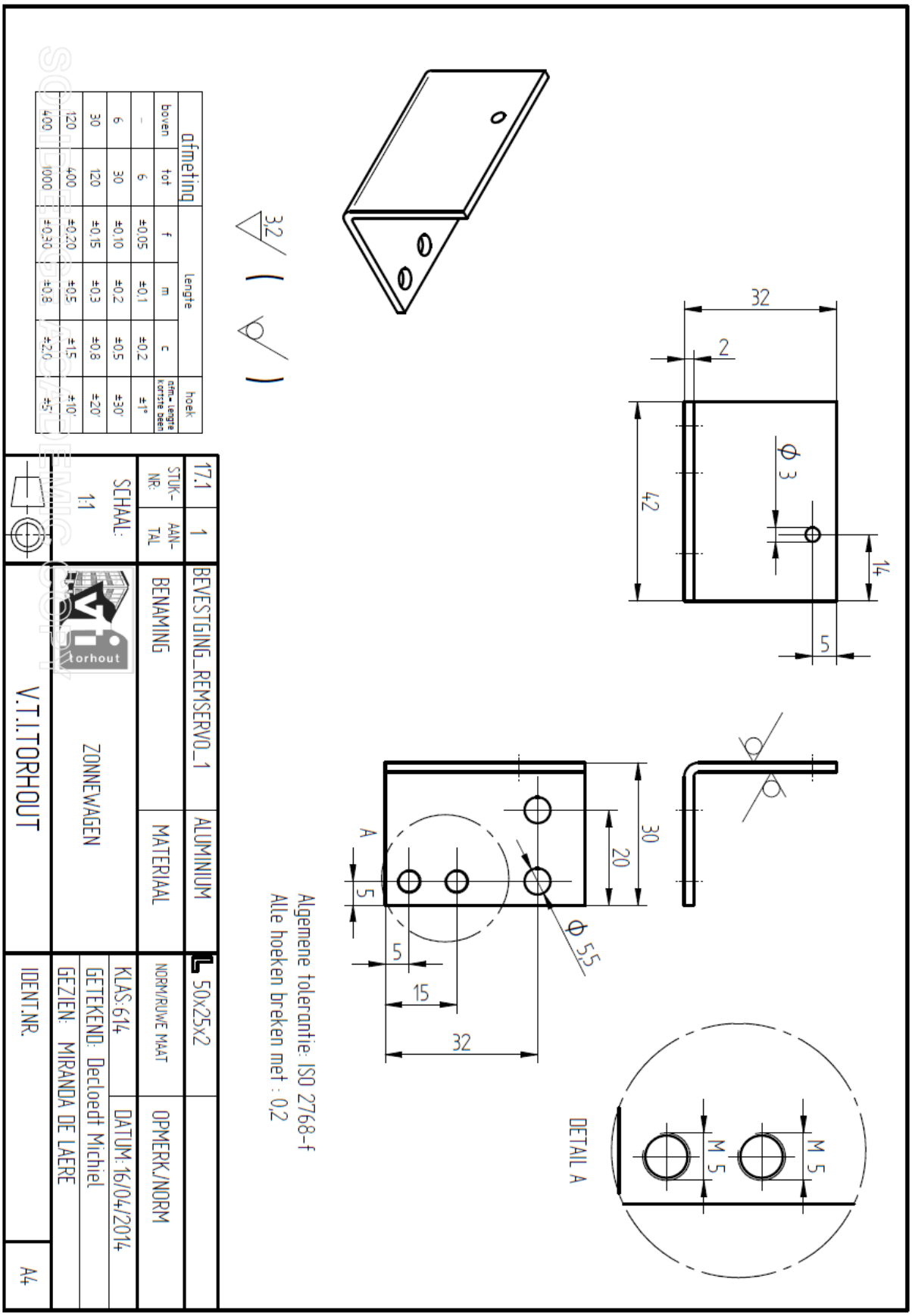
GETEKEND:

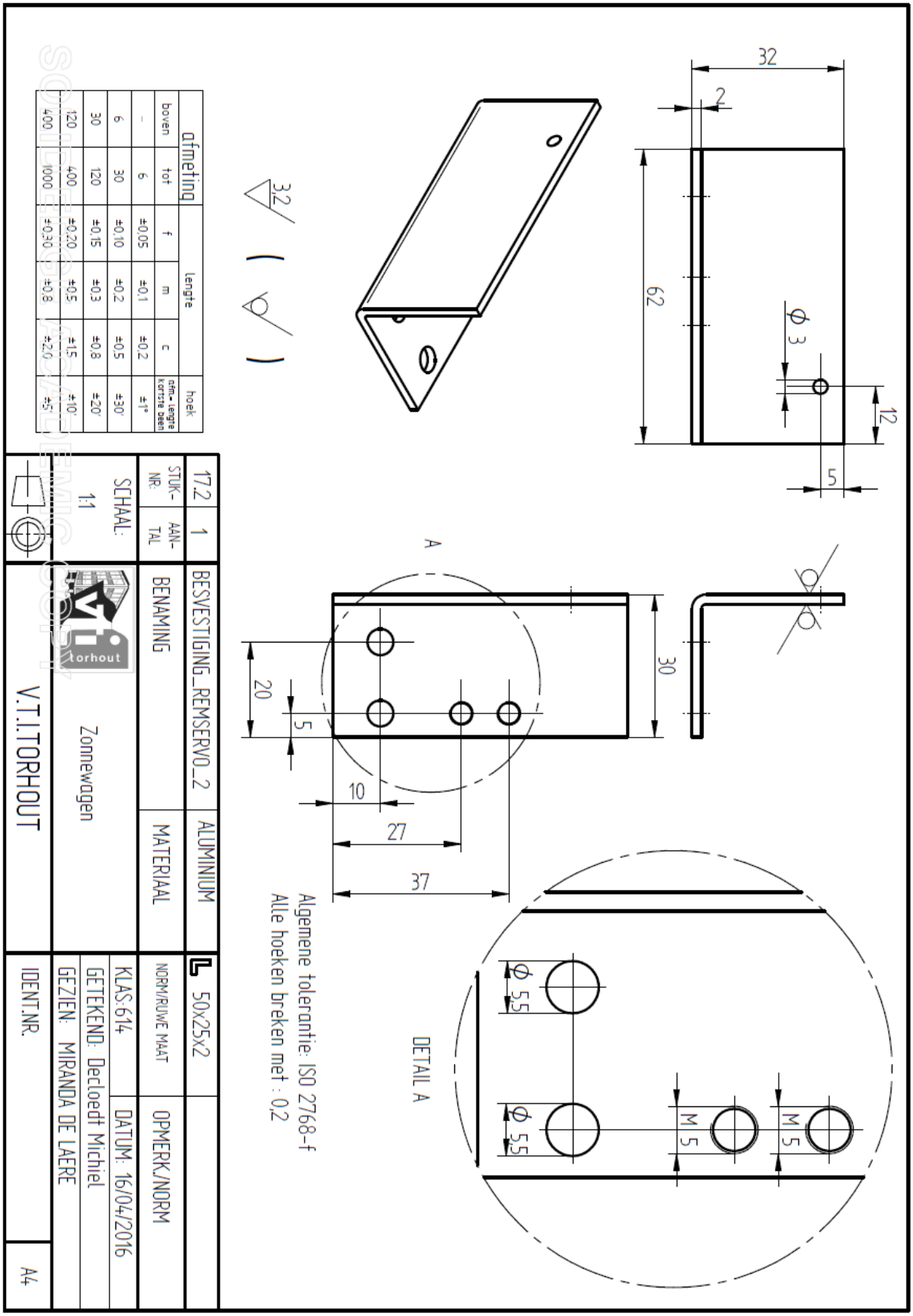
GEZIEN:MIRANDA DE LAERE

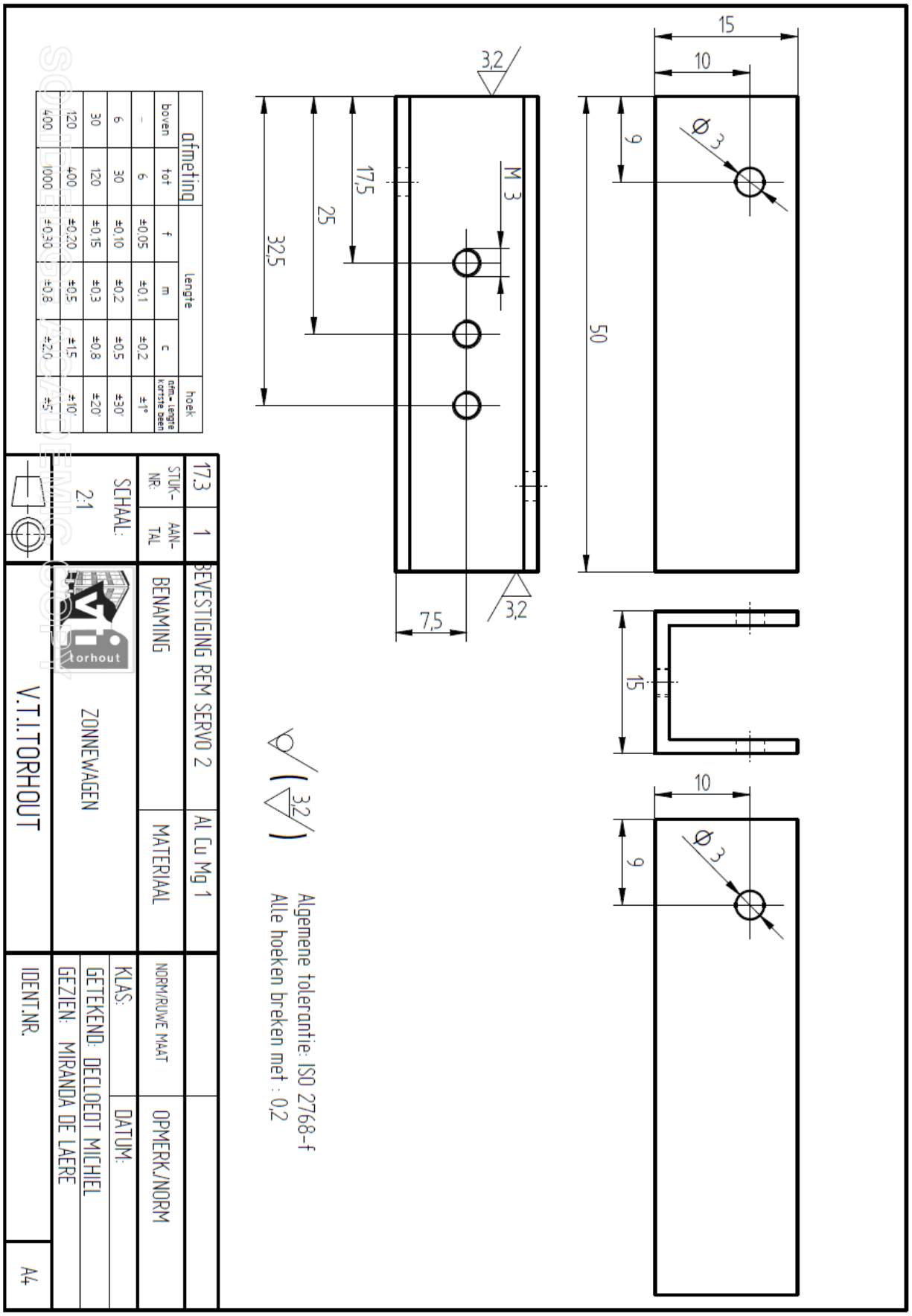
V.T.I.TORHOUT

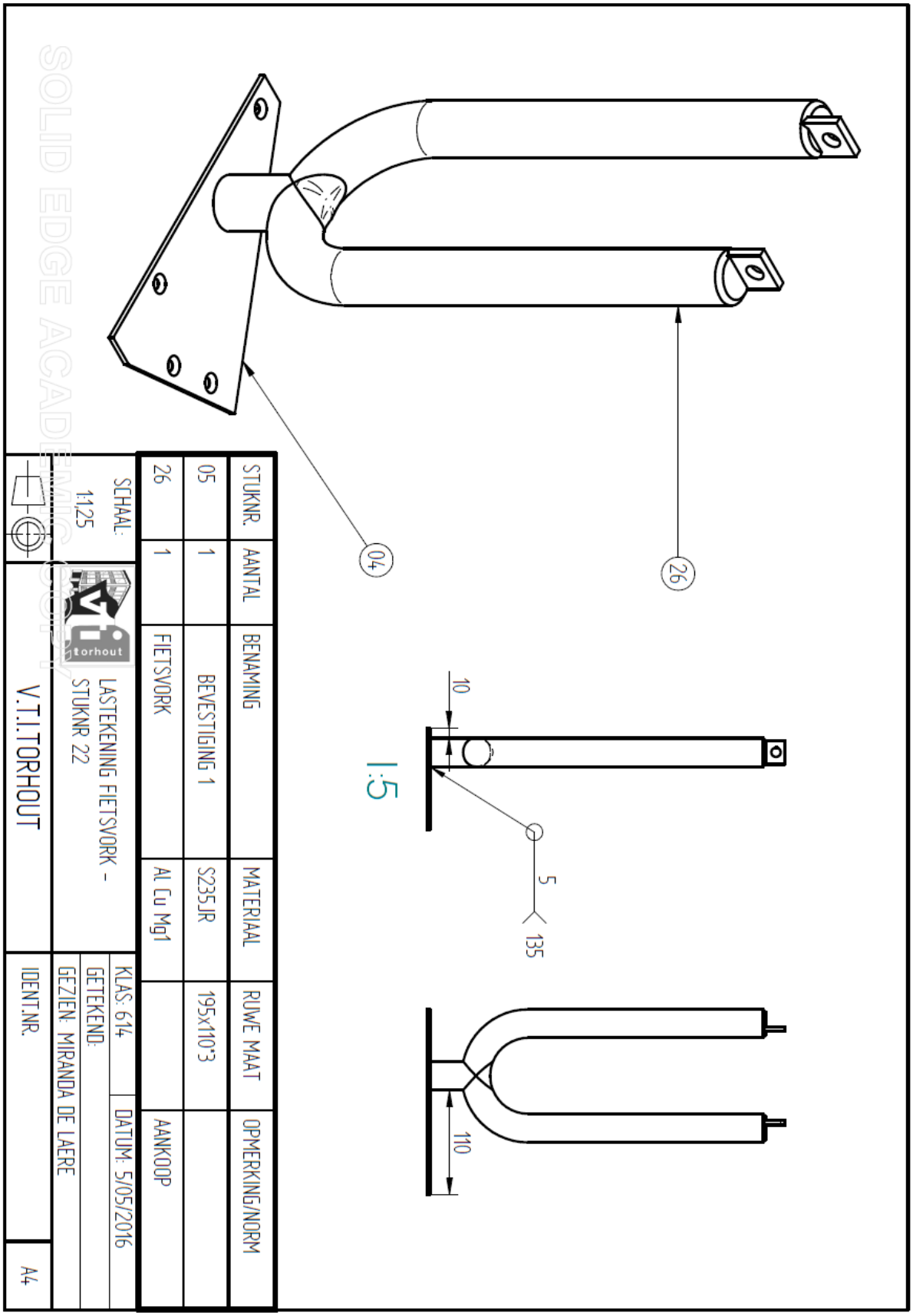
IDENT.NR.

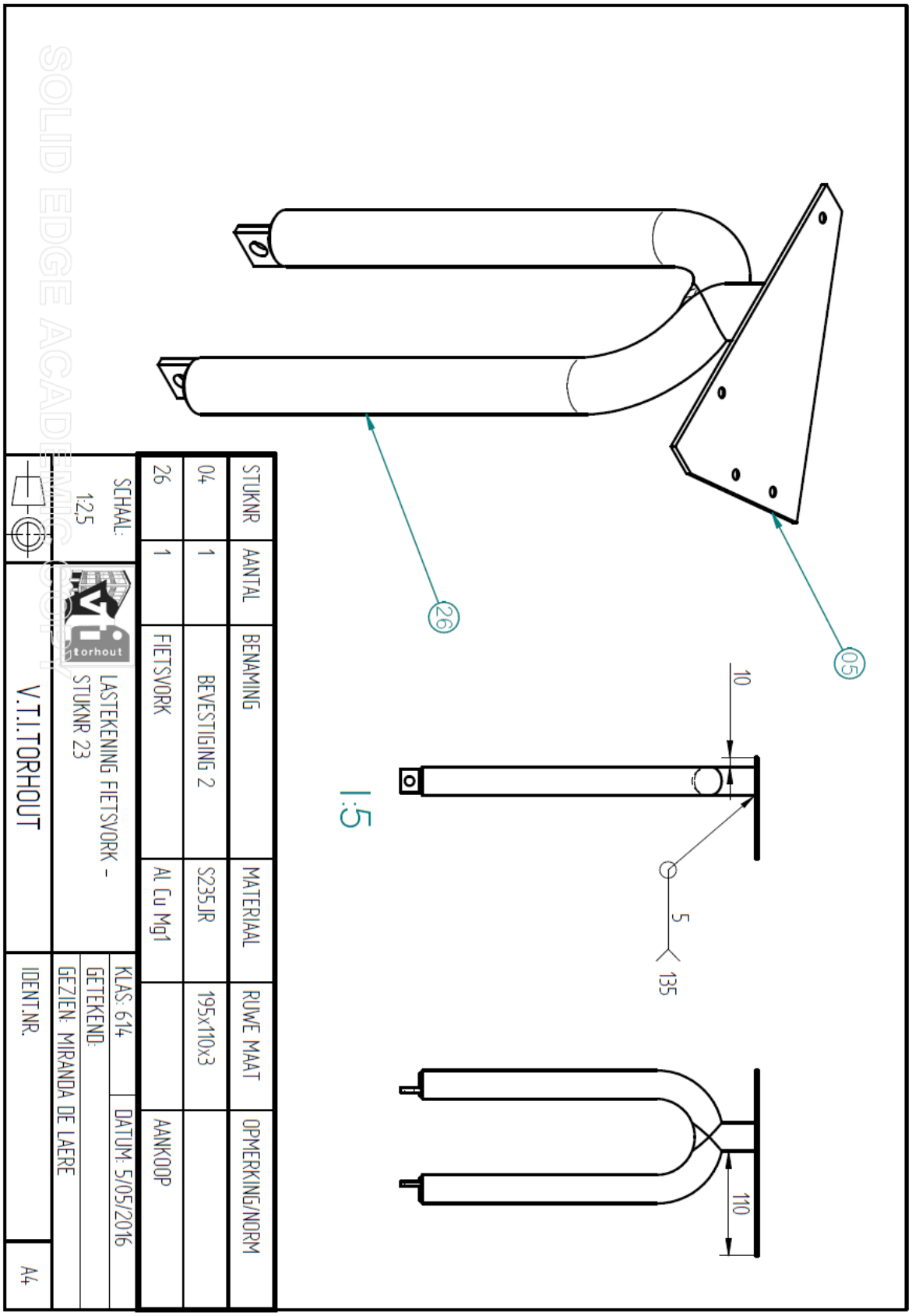
A3

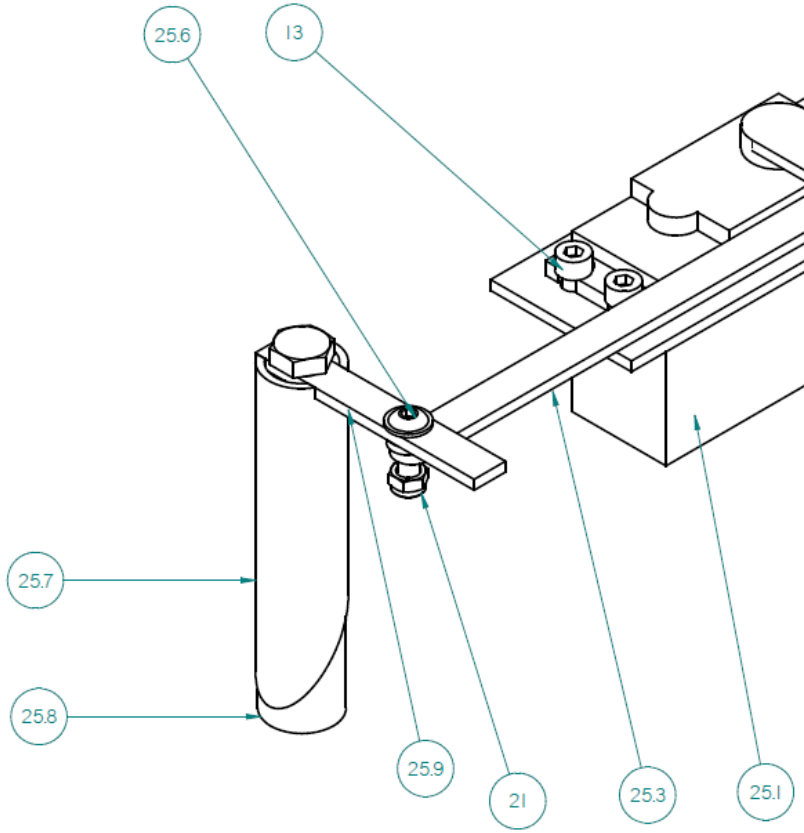

32
2
42
14
5
Φ 3
30
20
Φ 55
A
5
5
15
32
DETAIL A
M 5
M 5
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
3,2
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm. lengte kortste been
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
17.1
1
BEVESTIGING_REMSERVO_1
ALUMINIUM
50x25x2
STUK-NR:
AAN-TAL
BENAMING
MATERIAAL
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
SCHAAL:
1:1
ZONNEWAGEN
KLAS:614
DATUM:16/04/2014
GETEKEND: Decloedt Michiel
GEZIEN: MIRANDA DE LAERE
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4


32
2
62
12
5
Ø 3
3,2
A
30
20
5
10
27
37
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
DETAIL A
Ø 5,5
Ø 5,5
M 5
M 5
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm. lengte korte been
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
17,2
1
BESVESTIGING_REMSERVO_2
ALUMINIUM
50x25x2
STUK-NR.
AAN-TAL
BENAMING
MATERIAAL
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
SCHAAL:
1:1
Zonnewagen
KLAS:614
DATUM: 16/04/2016
GETEKEND: Oeclaedt Michiel
GEZIEN: MIRANDA DE LAERE
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4


15
10
Ø 3
9
50
3,2
M 3
17,5
25
32,5
7,5
3,2
15
10
Ø 3
9
Algemene tolerantie: ISO 2768-f
Alle hoeken breken met : 0,2
afmeting
lengte
hoek
boven
tot
f
m
c
afm. lengte kortste been
–
6
±0,05
±0,1
±0,2
±1°
6
30
±0,10
±0,2
±0,5
±30'
30
120
±0,15
±0,3
±0,8
±20'
120
400
±0,20
±0,5
±1,5
±10'
400
1000
±0,30
±0,8
±2,0
±5'
17,3
1
BEVESTIGING REM SERVO 2
AL Cu Mg 1
STUK-NR.
AAN-TAL
BENAMING
MATERIAAL
SCHAAL:
2:1
ZONNEWAGEN
V.T.I.TORHOUT
NORM/RUWE MAAT
OPMERK./NORM
KLAS:
DATUM:
GETEKEND: DECLOEDT MICHIEL
GEZIEN: MIRANDA DE LAERE
IDENT.NR.
A4


26
04
1:5
10
5
135
110
STUKNR.
AANTAL
BENAMING
MATERIAAL
RUWE MAAT
OPMERKING/NORM
05
1
BEVESTIGING 1
S235JR
195x110*3
26
1
FIETSVORK
Al Cu Mg1
AANKOOP
SCHAAL:
1:1,25
LASTEKENING FIETSVORK -
STUKNR 22
KLAS: 614
DATUM: 5/05/2016
GETEKEND:
GEZIEN: MIRANDA DE LAERE
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4
SOLID EDGE ACADEMIC

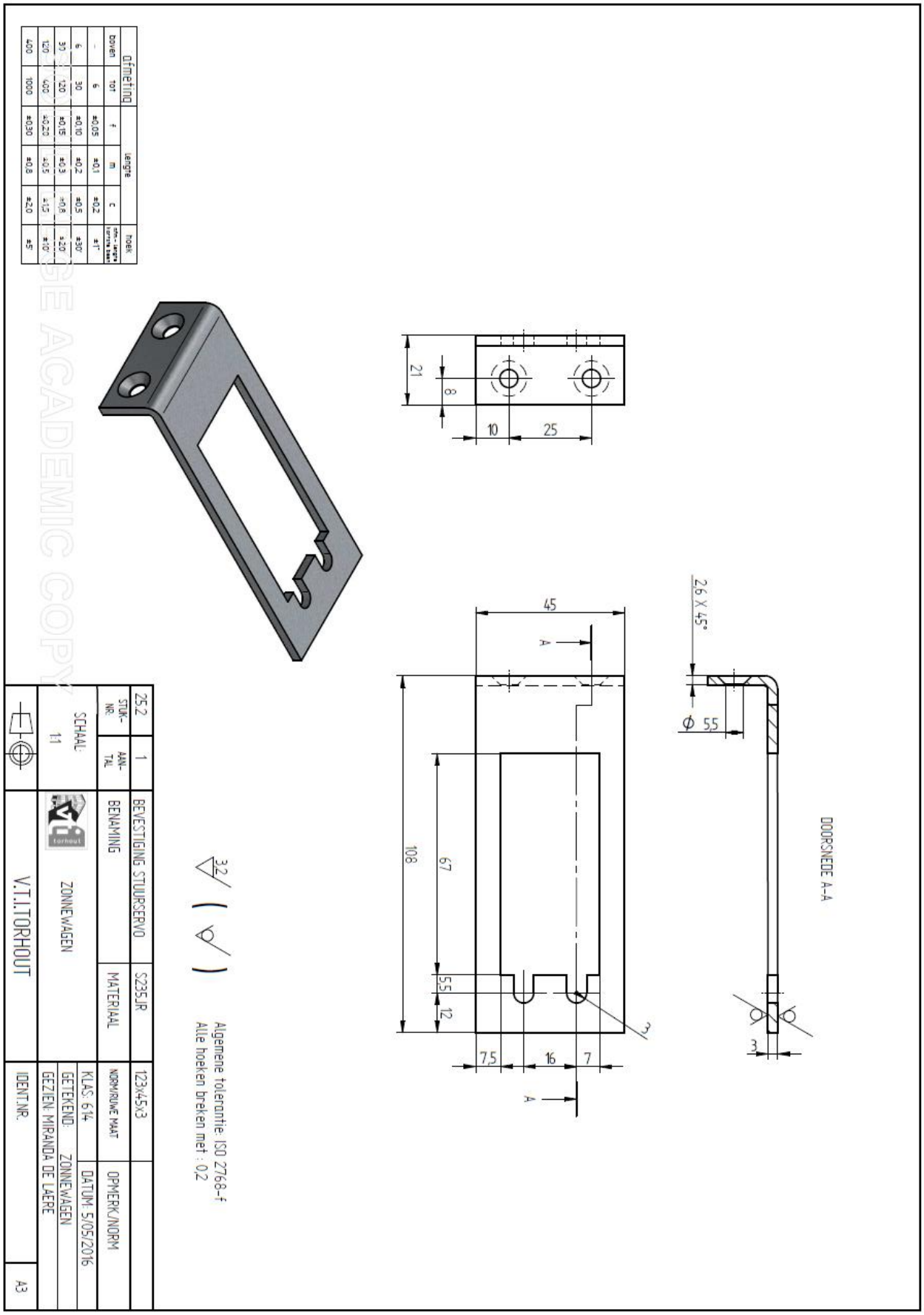

05
26
10
5
135
110
1:5
STUKNR
AANTAL
BENAMING
MATERIAAL
RUWE MAAT
OPMERKING/NORM
04
1
BEVESTIGING 2
S235JR
195x110x3
26
1
FIETSVORK
AL Cu Mg1
AANKOOP
SCHAAL:
1:2,5
LASTEKENING FIETSVORK -
STUKNR 23
KLAS: 614
DATUM: 5/05/2016
GETEKEND:
GEZIEN: MIRANDA DE LAERE
V.T.I.TORHOUT
IDENT.NR.
A4
torhout
SOLID EDGE ACADEMIC



STUKNR	AANTAL	BENAMING	MATERIAAL	RUWE MAAT	OPMERKING/NORM
	1	BOUT M8*10	Acier		DIN 125
13	2	BINNENZESKANT M5*10			DIN 912
21	4	BORGMOER			DIN 985
25.1	1	GROTE SERVO			AANKOOP
25.2	1	BEVESTIGING SERVO	S235JR	123x45x3	
25.3	1	SERVOARM	S235JR		
25.4	2	RONDSEL SERVO			DIN 125
25.6	2	BINNENZESKANT M5*14			DIN 912
25.7	1	STUURMECHANISME 1			
25.8	1	STUURMECHANISME 2			
25.9	1	SERVOARM 2			

SCHAAL: 2:1	SAMENSTELLING STUURSERVO - STUKNR 25	KLAS:	DATUM:
		GETEKEND:	
		GEZIEN:MIRANDA DE LAERE	
	V.T.I.TORHOUT	IDENT.NR.	A3

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



ACADEMIC COPY

27 figuren

Figuur 1: Ons team: Karel, Simon, Arne, Michiel, Tibo, Jovanni 3
Figuur 2: profielen 14
Figuur 3: aquaplanning 14
Figuur 4: levensduur fietsband 15
Figuur 5: samenstelling fietsband 17
Figuur 6: tube-loos 18
Figuur 7: bandendruk 20
Figuur 8: fietsband 1 22
Figuur 9: fietsband 2 22
Figuur 10: fietsband 3 23
Figuur 11: grip 23
Figuur 12: fietsband 4 23
Figuur 13: soorten geweven 26
Figuur 14: geweven carbon 26
Figuur 15: het productieproces 28
Figuur 16: vorming polyester 29
Figuur 17: vorming polyester uit glycol 29
Figuur 18: polyester 29
Figuur 19: mal polyester 31
Figuur 20: rexorth profiel 32
Figuur 21 onverwerkt aluminium 32
Figuur 22 voorstelling van aluminiumlegeringen 33
Figuur 23: voorbeeld ingot 34
Figuur 24: chassis 35
Figuur 25: hoekbevestiging chassis 36
Figuur 26: de schokdemper 37
Figuur 27: types schokdempers 37
Figuur 28: onderdelen schokdemper 38
Figuur 29: kapotte schokdemper 40
Figuur 30: testen schokdemper 40
Figuur 31: schokdemper met vering 40
Figuur 32: schijfrem 41
Figuur 33: schijfrem bij fiets 42
Figuur 34: trommelrem 42
Figuur 35: draaicirkel driewieler 44
Figuur 36: verschillend draaicirkels 44
Figuur 37: molenbesturing 44
Figuur 38: draaicirkel 44
Figuur 39: fuseebesturing 45
Figuur 40: fuseebesturing 45
Figuur 41: fuseebesturing 45
Figuur 42: fuseebesturing 45
Figuur 43: fuseebesturing 46
Figuur 44: onderdelen fietsvork 46
Figuur 45: voorstelling bevestiging fietsvork aan chassis 46
Figuur 46: camber 47
Figuur 47: voorstelling inwerkende krachten 48
Figuur 48: camber thrust 48
Figuur 49: camber thrust 49

Figuur 50: voorstelling overstuur 49
Figuur 51: caster 50
Figuur 52: caster 50
Figuur 53: geen naloop 50
Figuur 54: naloop 50
Figuur 55: naloop 51
Figuur 56: toe- en uitspoor 52
Figuur 57: camber in onze wagen 53
Figuur 58 voorstelling caster 53
Figuur 59: toe- en uitspoor 54
Figuur 60: contactoppervlak 55
Figuur 61: oppervlak onze banden 55
Figuur 62: draaiservo 59
Figuur 63: contactoppervlak 59
Figuur 64: kantelknik besturing 60
Figuur 65: voorwielbesturing 60
Figuur 66: kniksysteem in het midden 60
Figuur 67 ontwerp 1 61
Figuur 68 ontwerp 3 62
Figuur 69: ontwerp 2 62
Figuur 70: ontwerp 3 62
Figuur 71: ontwerp 3: bevestiging met beugel 63
Figuur 72 ontwerp 3: voorstelling rubberblokje 63
Figuur 73 voorstelling servobesturing 64
Figuur 74 bevestiging servo 64
Figuur 75 bevestiging stuurbus aan chassis 65
Figuur 76 bevestiging stuurbus aan chassis 65
Figuur 77remsysteem 66
Figuur 78 hoekplaatjes 66
Figuur 79hoekstuk bevestiging 66
Figuur 80 opbergbak 67
Figuur 81: voorstelling bovenaanzicht chassis 69
Figuur 82: zijaanzicht zonnepaneel 69
Figuur 83: dwarsligger voor 71
Figuur 84: dwarsligger achter 72
Figuur 85: schuine zijde driehoek 73
Figuur 86: driehoek vooraanzicht 73
Figuur 87: zonnepanelen 80
Figuur 88: eerste zonnepaneel 80
Figuur 89: eerste satelliet met zonnecellen 81
Figuur 90: prijsreductie 81
Figuur 91: atoom 82
Figuur 92: werking zonnepaneel 82
Figuur 93: kortsluitstroom 83
Figuur 94: schakelen zonnecellen 84
Figuur 95: juctionbox 84
Figuur 96: I-V curve 85
Figuur 97: soorten zonnepanelen 85
Figuur 98: ecopuur 86
Figuur 99: ons zonnepaneel 86

Figuur 100: constructie zonnepaneel 86
Figuur 101: productieproces zonnepaneel 87
Figuur 102: productie siliciumschijven 87
Figuur 103: oppervlak zonnepaneel 87
Figuur 104: batterijen 89
Figuur 105: eerste batterij 89
Figuur 106: energie-efficiëntie 91
Figuur 107: normpotentiaal 93
Figuur 108: zink in kopersulfaatoplossing 95
Figuur 109: bronspanning 96
Figuur 110: galvanische cel 97
Figuur 111: brandstofcel 98
Figuur 112: werking brandstofcel 99
Figuur 113: proefopstelling waterbrandstofcel 99
Figuur 114: membraan 100
Figuur 115: loodaccu 100
Figuur 116: constructie loodaccu 100
Figuur 117: lithium-ion batterij 102
Figuur 118: constructie lithium-ion batterij 102
Figuur 119: elektrochemie bij lithium-ion batterij 103
Figuur 120: onze batterij 104
Figuur 121: lithium 104
Figuur 122: interne weerstand batterij 105
Figuur 123: efficiëntie batterij 106
Figuur 124: batterijen opladen 108
Figuur 125: mppt 108
Figuur 126: mppt curve 109
Figuur 127: mppt curve 110
Figuur 128: batterij gsm 111
Figuur 129: onze laadregelaar 111
Figuur 130: sorteren van batterijen 112
Figuur 131: knoopcel 112
Figuur 132: naafmotor 113
Figuur 133: BLDC 113
Figuur 134: binnenkant BLDC 113
Figuur 135: stator en rotor 114
Figuur 136: spoelen stator 114
Figuur 137: bekrachtiging spoelen 114
Figuur 138: aantrekking spoel met permanente magneet 115
Figuur 139: curve bekrachtiging spoelen 115
Figuur 140: bekrachtiging spoelen 115
Figuur 141 116
Figuur 142 116
Figuur 143: elektrisch schema BLDC 117
Figuur 144: stator met 3 hall senoren 117
Figuur 145: hall senor 117
Figuur 146: inrunner en outrunner 118
Figuur 147: zender 120
Figuur 148: ontvanger 120
Figuur 149: signaal servo 121

Figuur 150: elektrisch schema DC/DC omvormer 122
Figuur 151: priciope schakeling DC/DC 122
Figuur 152: transitor 122
Figuur 153: werking DC/DC 122
Figuur 154: berekeningen 123
Figuur 155: vermogen 123
Figuur 156: spanningsregelaar 124
Figuur 157: pulsgenerator 124
Figuur 158: LM 555 IC 124
Figuur 159: schema pulsgenerator 125
Figuur 160: schakeling LM 555 125
Figuur 161: spanningsverloop condensator 126
Figuur 162: stroming rond een zonnewagen 129
Figuur 163: stroming 129
Figuur 164: venturi-effect 130
Figuur 165: soorten stromingen 131
Figuur 166: krachten op de zonnewagen 133
Figuur 167: zwaartekracht 133
Figuur 168: liftkracht 134
Figuur 169: ontstaan liftkracht 134
Figuur 170: weerstand 135
Figuur 171: stuwkracht 136
Figuur 172: luchtstromen 137
Figuur 173: effecten 138
Figuur 174: stall 139
Figuur 175: oud stuurmechanisme 140
Figuur 176 nieuw stuurmechanisme 140
Figuur 177 chassis met 2 voorwielen 141
Figuur 178 chassis met 1 voorwiel 141
Figuur 179: analyse risico's 142
Figuur 180: Gip website 146
Figuur 181: code website 146

28 Logboek

28.1 MichielDecloedt

NAAM: Decloedt Michiel		
Datum	Beschrijving	Tijd
1/09/15	Overleg+ Informatie motor (Electro cycles)	1u00
2/09/15	Informatie zonnepaneel+ Alinso en andere bedrijven aanschrijven+ universiteiten aanschrijven	1u30
5/09/15	Onderzoek naar bestaande zonnewagens+ voorstel opmaken+ eerste vergadering (4u00)	5u00
6/09/15	Voorstel bijwerken	1u00
12/09/15	Presentatie maken+ E-mails	1u00
16/09/15	Vergadering+ afwerking+ E-mails	4u30
17/09/15	E-mails	30min
18/09/15	Vergadering+ Facebook pagina	2u15
19/09/15	Presentatie bijwerken	1u00
20/09/15	Tekst presentatie nalezen en aanpassen	2u00
21/09/15	Presentatie voorbereiding	1u00
22/09/15	Eerste voorstelling Gip voor interne en externe jury	2u00
23/09/15	Evaluatie vergadering en planning+ nieuwe contacten	2u00
24/09/15	2e bezoek electro cycles + e-mails	1u00
25/09/15	E-Mails naar nieuwe contacten en opzoeken naafmotoren	1u15
27/09/15	Theoretische benadering aerodynamica	1u00
30/09/15	Vergadering over de motor keuze en controller keuze…	4u00
01/10/15	Aerodynamische vormen leren tekenen (youtube).	1u00
03/10/15	Aerodynamische eigenschap bestuderen.	1u30
04/10/15	Contacten Email	1u00
07/10/15	Aerodynamische perfectie begin onderzoek.	3u00
08/10/15	Aerodynamisch onderzoek	1u30
11/10/15	Vergadering: Voorwoord en Aerodynamica	4u00
14/10/15	Overleg met Rick Baeckeland en vergadering rond zonnepanelen en motor	4u00
15/10/15	Gevonden motor proberen testen bij verschillende fietsenmakers + onderzoek aerodynamica	1u00
17/10/15	E-mails kunsttoffen sector	30min
21/10/15	Zoeken naar beurzen+aerodynamice	1u00
25/10/15	Aerodynamica+ communicatie kunstofsector+emails	3u00
26/10/15	Uitstap school van de toekomst	4u00
27/10/15	Zonnepanelen testen en berekeningen aerodynamica	1u50
28/10/15	Zonnepanelen buiten testen, areodynamica	4u00
29/10/15	Uittesten Simscale' online simuleren	4u30
30/10/15	Einde projectweek, literatuur bijwerken	5u00
3/11/15	Overleg globaal project	1u00
2-8/11/15	Teksten, berekeningen aerodynima 3D model (herfst vakantie)	9u00
12/11/15	Uittesten programma simscale	3u00
13/11/15	Bespreking presentatie 24/11	1u00

14/11/15	Vergadering presentatie 24/11	4u00
15/11/15	Romp auto	1u30
21/11/15	3D vorm wagen	2u00
24/11/15	Presentatie voor jury	2u00
16/12/15	Bedrijfsbezoek granville	5u00
17/12/15	E-mails: octocopter, polyester, rexroth	2u00
21/12/15	Algemene vergadering	3u15
26/12/15	Nieuw 3D-ontwerp, mail sponsors	3u00
29/12/15	Materiaalonderzoek carbon, polyester	4u00
31/12/15	Overleg en presentatie met sponsor, Document materiaal	4u00
01/01/16	Materiaalonderzoek polyester	2u00
03/01/16	Gipboek onderdeel materiaalonderzoek afwerken en bundelen	4u00
04/01/16	Vergadering en nabespreking	2u00
05/01/16	Email sponsering	30min
06/01/16	Bedrijfsbezoek Brugge + vergadering	5u00
09/01/16	Uitbreiden romp praktische uitwerking	1u30
10/01/16	Mail granville denemarken	1u00
13/01/16	Bedrijfsbezoek aerobertics (4u)+onderzoek bandenprofiel	6u00
16/01/16	Banden onderzoek	1u00
17/01/16	Bandenprofiel onderzoek	2u00
20/01/16	Bezoek fietswinkel lichtervelde, onderzoek bandendruk	2u00
22/01/16	Studie bandenspanning	1u00
23/01/16	Type buitenbanden studie	2u00
24/01/16	Fietsbanden spanning + soorten + algemeen	4u00
27/01/16	Fietsbanden onderzoek+ mailen sponsors	5u00
03/02/16	Fietsbanden spanning	3u00
07/02/16	Fietsbanden ondergrond	1u00
10/02/16	Fietsbanden bandenspanning en samenstelling	2u00
13/02/16	Controle document fietsbanden	2u00
17/02/16	Bestelling fietsonderdelen	30 min
18/02/16	Samenstellen gipboek	2u00
25/02/16	Vergadering + sponsor	2u00
01/03/16	Verwerking bezoek Howest kortrijk + algemene tekst	2u00
04/03/16	Ophaling bestelling Ampe en op meten fietsonderdelen	2u00
05/03/16	Finale verbetering document materiaalonderzoek	1u00
07/03/16	Assembleren fietswielen en motorpakket	1u50
08/03/16	Labo 1 servo’s	1u40
11/03/16	Bandenafdruk en school nocturne	4u00
14/03/16	Voorbereiding presentatie	1u50
15/03/16	Gip-presentatie	2u30
18/03/16	Start ProjectWeek driehoek chassis assembleren	1u40
21/03/16	PW: chassis samenstellen + tekenen bestigingstukken	7u00
22/03/16	PW: Wielvorken bewerken en theorie chemie	4u00
23/03/16	PW: Wielkappen theoretisch uitwerken	4u00
24/03/16	PW: chassis voorzien van wielen, inschrijven Focus Aarde	7u00
30/03/16	Onderzoek aerodynamica	1u00
02/04/16	Contact onderzoeksbureau aerodynamica	1u00
04/04/16	Arduino onderzoek	3u00

06/04/16	Contact onderzoeksbureau aerodynamica	1u00
09/04/16	Ontwerpen remsysteem	2u00
13/04/16	Ontwerpen remsysteem, mail sponsors	2u00
15/04/16	Electronica omzetting stuursignaal pwm naar constant spanning met behulp van simulatieprogramma.	3u00
16/04/16	Electronica omzetting, mail sponsors, remsysteem	6u00
18/04/16	Electronica, remsysteem	4u00
20/04/16	Connectoren, laseren plaat, bezoek ampe	3u00
22/04/16	Ophalen draaivork Ampe, remsysteem	1u00
24/04/16	Signaalomzetting simuleren	2u00
27/04/16	Assembleren signaalomzetting	2u00
28/04/16	Assembleren remsysteem, eind assemblage signaalomzetting	3u00
30/04/16	Elektronica fouten onderzoek	1u00
03/05/16	Test signaalomzetting, assemblage wagen, aanpassing remsysteem	4u00
04/05/16	Assemblage wagen, eerste rij test	2u00
05/05/16	Verwerking “prijs focus aarde”, theoretische teksten afwerken	2u00
07/05/16	Onderhoudsgesprekken sponsors	1u30
10/05/16	Pracktisch afwerken wagen	1u30
11/05/16	Pracktisch afwerken wagen foutenonderzoek electronia	2u00
13/05/16	Klaarzetten opendeurdag+ assembleren zonnepaneel op wagen	4u00
16/05/16	Opendeurdag oplossen snelheids probleem	5u30
17/05/16	Oplossen kapotte laadregelaar	1u00
20/05/16	Wedstrijd GP metal awards te kortrijk	9u00
23/05/16	Inschrijving focus aarde wedstrijd	2u00

28.2 Simon Demunck

NAAM: Simon Demuynck		
Datum	Beschrijving	Tijd
01/09 →15/09	Algemeen opzoekwerk en voorbereiding presentatie	17u
16/09	Algemeen opzoekwerk	1u
18/09	Opzoekwerk + voorbereiding presentatie	2u
20/09	Tekst schrijven voor presentatie	2u
21/09	Opzoekwerk + laatste aanpassingen aan presentatie	2u
22/09	Presentatie aan jury + gesprek Wannes Wyllin	4u
23/09	Opzoekwerk + plannen volgende weken	3u
24/09	Bezoek Cool Electro Cycles	1u
25/09	Berekeningen i.v.m. motorvermogen	1u
26/09	Berekeningen + opzoekwerk motor	1u
28/09	Opzoeken i.v.m. motorcontroller	1u
30/09	Info opzoeken i.v.m. motor en controller + bestelfiches opmaken	4u
11/10	Schrijven tekst motor	4u
12/10	Herstellen motor	2u
14/10	Kiezen zonnepaneel + schrijven tekst motor + opzoeken controller	4u
17/10	Lezen The Winning solarcar	4u
24/10	Schrijven tekst zonnepanelen	4u
26/10	Bespreking en schrijven moeilijke woorden + school van de toekomst	5u
27/10	Herstellen zonnepaneel	2u
28/10	Herstellen zonnepaneel + tekst zonnepanelen	4u
29/10	Testen zonnepanelen in zonnekiosk + verwerken resultaten	5u
30/10	Testen zonnepanelen + verwerken resultaten + tekst	6u
05/11	Verwerken resultaten +verbeteren tekst	2u
08/11	Tekst zonepanelen afwerken	3u

11/11	Aanpassingen tekst	2u
13/11	Testen zonnepanelen + bespreking planning	3u
14/11	Aanpassen tekst + voorbereiding presentatie + digitaliseren logboek	5u
16/11	Bezoek TU delft + tekst + verslag + Presentatie	8u
18/11	Tekst presentatie + ppt	3u
20/11	Ppt presentatie + tekst presentatie + bezoek Vives Oostende	6u
21/11	Tekst presentatie	2u
22/11	presentatie	2u
24/11	Presentatie	4u
16/12	Bezoek Granvillebikes	3u
21/12	Vergadering en bespreken toekomstplannen.	3u
23/12	Tekst batterijen	3u
02/01	Tekst batterijen	8u
03/01	Tekst batterijen	4u
04/01	Bespreking bestelling motor	2u
05/01	Tekst batterijen	3u
06/01	Bespreken toekomst + Bezoek polyester + tekst batterijen	5u
07/01	Info opzoeken +tekst batterijen	1u

08/01	Tekst batterijen	2u
09/01	Tekst zonnepanelen + tekst batterijen	4u
12/01	Tekst batterijen + bespreking in klas	3u
13/01	Bezoek Aerobertics + tekst batterijen	3u
14/01	Tekst batterijen	1u
15/01	Bespreking en schrijven tekst batterijen	2u
16/01	Tekst batterijen	2u
18/01	Tekst batterijen	3u
19/01	Tekst batterijen	1u
19/01	Tekst batterijen	1u
20/01	Tekst batterijen	5u
21/01	Tekst batterijen + bespreken laadmogelijkheden	2u
22/01	Tekst batterijen	4u
25/01	Bespreking laadmogelijkheden	4u
01/02	Bespreking tekst batterijen	1u
03/02	Tekst batterijen	2u
08/02	Tekst batterijen	3u

09/02	Tekst zonnepanelen + batterijen	5u
10/02	Tekst zonnepanelen + batterijen + motor	6u
11/02	Tekst zonnepanelen + batterijen + motor	3u
23/02	Batterijen in Howest Kortrijk	4u
25/02	Bespreking plannen	2u
28/02	Tekst elektriciteit	2u
29/02	Risicoanalyse+ DC/DC omvormer	2u
01/03	Tekst + eli schema	1u
02/03	Eli schema + tekst	1u
03/03	DC/DC omvormer	1u
04/03	Presentatie + tekst elektriciteit	4u
07/03	Testen motor	2u
08/03	Testen motor	2u
10/03	Voorbereiding presentatie	2u
11/03	Testen motor + puls generator + voorbereiden presentatie	4u
12/03	Schrijver tekst presentatie	2u
13/03	Voorbereiden presentatie	4u

14/03	Voorbereiding presentatie + verbeteren gipboek	3u
15/03	Voorbereiding presentatie + presentatie	4u
18/03	pulsgenerator	4u
21/03	Puls generator + DC/DC omvormer + tekst batterijen	8u
22/03	DC/DC omvormer + pulsgenerator	4u
23/03	Pulsgenerator + DC/DC omvormer Koelplaat berekenen	4u
24/03	DC/DC omvormer + testen pulsgenerator	7u
28/03	Solderen DC/DC omvormer	2u
29/03	Opzoekwerk rc/DC regelaar	2u
11/04	Rc/DC omvormer opzoeken	1u
14/04	DC/DC omvormer solderen	2u
15/04	DC/DC omvormer solderen	2u
17/04	Tekst eli verbeteren	2u
18/04	DC/DC omvormer testen Tekst eli verbeteren	4u
20/04	Tekst eli verbeteren	3u
22/04	Uitleg gip aan Mr. Geerart	1u
25/04	RC/DC omzetting + DC/DC omzetter + Eli schema's	2u

27/04	Tekst eli	2u
28/04	Tekst eli + monteren onderdelen	2u
01/03	Tekst eli + Tekst eli schema's	5u
03/05	Tekst elektrische schema's + monteren	2u
04/05	Monteren	1u
06/05	Schema signaalomzetting tekenen	2u
10/05	Monteren	3u
11/05	Monteren + voorbereiding opendeurdag	3u
13/05	Voorbereiding opendeurdag	5u
16/05	Opendeurdag	7u
17/05	Verbeteren tekst	1u
18/05	Schrijven tekst eli schema's	1u
20/05	GP award	4u
21/05	Schrijven tekst signaalomzetting	1u
23/05	Verbeteren tekst signaalomzetting	1u
28/05	Bijwerken tekst elektrisch schema	2u
01/06	Voorbereiden presentatie	2u

03/06	Afwerken teksten	1u
04/06	Voorbereiden presentatie	1u

28.3 Karel Dieryck

NAAM: Karel dieryck		
Datum	Beschrijving	Tijd
01/09/2015	Keuze gip tijdens les	2u
02/09/2015	Algemeen opzoekwerk	3u
4/09/2015	Opzoekwerk + voorbereiding presentatie	1u
5/09/2015	Tekst schrijven voor presentatie	3u
16/09/2015	Opzoekwerk + laatste aanpassingen aan presentatie	2u
16/09/2015	Informatie opzoeken	2u
21/09/2015	Opzoekwerk	2u
22/09/2015	Voorstelling gip jury	2u
24/09/2015	Informatie bij fietsenmaker vragen	1/2u
4/10/2015	Opzoeken informatie	1u
6/10/2015	Opzoeken servo+ berekeningen koppel	2u
12/10/2015	Werken aan de naafmotor + bestelfiches opmaken	2u
14/10/2015	Vergadering + berekeningen koppel	4u
26/10/2015	Bespreking en schrijven moeilijke woorden + school van de toekomst	5u
27/10/2015	Herstellen zonnepaneel	2u
28/10/2015	Tekenen chassis	4u
29/10/2015	Testen zonnepanelen in zonnekiosk + tekenen chassis	5u
30/10/2015	Testen zonnepanelen + tekenen chassis	6u
04/11/2015	Tekst schrijven gip bestand	2u

05/11/2015	Tekst schrijven gip bestand	1u 1/2
09/11/2015	Aanpassingen tekst chassis	1 u
10/11/2015	Tekst chassis	1/2 u
14/11/2015	Tekenen chassis + begin berekeningen	3u
16/11/2015	Bezoek TU delft + tekst + verslag + Presentatie+ tekenen chassis	8u
18/11/2015	Chassis+ berekeningen+ logboek	3u
20/11/2015	Bezoek Vives(luchtweerstand)	3u
21/12/2015	Algemene vergadering	3u
29/12/2015	Aanpassing tekening	6u
30/12/2015	Schrijven tekst aluminium+ aanpassen tekening	7u
31/12/2015	Aanpassing tekening	5u
04/01/2016	Vergadering en nabespreking	2u
10/01/2016	Bedrijf zoeken die ons kan helpen met servo+ zoeken naar goede, sterke servo	1u
13/01/2016	Bedrijfsbezoek aerobertics	3u
17/01/2016	Opzoeken informatie in verband met camber, caster	1u 1/2
23/01/2016	Kleine aanpassingen doen aan tekeningen chassis	2u
27/01/2016	Informatie opzoeken ivm soorten driewielers	3u
03/02/2016	Kleine veranderingen doen aan tekenen + info opzoeken over verschillende stuurgeometriën	3u 1/2
08/02/2016	Tekenen van schetsen voor berekeningen	4u
09/02/2016	Uittypen van berekeningen	3u
14/02/2016	Typen tekst chassis	3u 1/2
21/02/2016	Uitypen van berekeningen	4u

19/02/2016	Begin tekeningen nieuw ontwerp	4u
21/02/2016	Verder tekenen aan nieuw ontwerp	3u
25/02/2016	Vergadering met besprekingen van nodige materialen	2u
27/02/2016	Werken aan tekeningen (bouten afhalen+ samensteken)	2u
02/03/2016	Afwerken teksten camber caster	3u
07/03/2016	Berekeningen uittypen	2u
08/03/2016	Schakeling van servo's maken	2u
09/03/2016	Tekenen van 2d+ aanpassen tekeningen	7u
10/03/2016	Tekst camber aanpassen	3u
11/03/2016	Opendeur + maken tekeningen + maken van schakeling in klas	5u
12/03/2016	Aanpassen tekening+ maken tekst camber +draaimechanisme	5u
13/03/2016	Draaimechanisme verder uitwerken + tekst typen +ppt aanpassen	4u 1/2
14/03/2016	Tijdens de les ppt afwerken + tekst inoefenen + extra info opzoeken	4u
15/03/2016	Afwerken ppt + extra info opzoeken + voorstelling voor jurry	5u
18/03/2016	Pw : materiaal bijhalen voor samenstellen chassis	2u
21/03/2016	Pw: chassis samenstellen+ onderdelen bijhalen + tekenen achterbus	7u
22/03/2016	Pw: schrijven tekst wielgeometrie	4u
23/03/2016	Pw:sterktebrekingen volgens andere methode proberen	2u
24/03/2016	Pw:zonnepaneel op chassis plaatsen+ wielen+tekenen onderdelen voor draaimechanisme en doorgeven aan de plaatbewerking	6u
6/04/2016	Invoegen van inschuifmoeren in tekening	1u
8/04/2016	Wat aan de tekeningen werken	1/2u

13/04/2016	Schrijven van beschrijving chassis	5u
15/02/2016	Teksten bij werken	1u
20/04 /2016	Tekst schrijven voor de beschrijving van het chassis+ sterkteberekeningen aanpassen.	3u
21/04/2016	Tekenen van opbergbak en bevestigingsstuk voor servo+ werken aan teksten chassis	3u
23/04/2016	Teksten schrijven over chassis	2u1/2
24/04/2016	Teksten schrijven over chassis + wielgeometrie	2u
28/04/2016	Logboek aanvullen+ tekst aluminium verbeteren + materiaal op het chassis plaatsen	3u
30/04/2016	Afwerken van teksten aluminium en beschrijving chassis	3u
03/05/2016	Materiaal op het chassis bevestigen	3u
04/05/2016	Materiaal op chassis bevestigen + bekijken hoe we zullen sturen	2u
05/05/2016	Tekeningen ordenen en 2d tekeningen maken	3u1/2
06/05/2016	Logboek aanvullen en teksten bekijken	1/2u
24/05/2016	Tekst schrijven over praktische realisatie zonnewagen	1u
27/05/2016	Schrijven Engelse tekst	2u
28/05/2016	Verbeteren van teksten over camber caster	2u
31/05/2016	Tekst chassis afwerken	1/2u
2/06/2016	Tekst chassis afwerken	1/2 u
5/05/2016	Logboek in orde brengen+ aanpassingen chassis afwerken en doorsturen	1u

28.4 Tibo Leenknegt

NAAM: Leenknegt Tibo		
Datum	Beschrijving	Tijd
01/09/15	Keuze GIP maken tijdens les	1u
02/09/15	Opzoeken informatie	2u
04/06/15	Informatie bij de fietsenmaker	1u
05/09/15	Vergaderen bij Simon	3u
16/09/15	Vergaderen bij Simon	3u
18/09/15	Vergaderen (voorbereiden presentatie)	2u
21/09/15	Vergaderen (voorbereiden presentatie)	2u
22/09/15	Gip voorstellen aan jury	2u
23/09/15	Vergaderen (plannen)	3u
30/09/15	Vergaderen(maken van fisches, overleg chassis)	2u30
05/10/15	Informatie opzoeken servo	2u
07/10/15	Informatie opzoeken koppel	2u30
26/10/15	Uitstap school van de toekomst	4u
27/10/15	Zonnepanelen testen en berekeningen aerodynamica	1u50
28/10/15	Zonnepanelen buiten testen, areodynamica	4u
03/11/15	Overleg globaal project	1u
04/11/15	HTML 5 leren	3u
06/11/15	HTML 5 leren	4u
07/11/15	Eerst aanpassingen website	5u
13/11/15	Bespreking presentatie 24/11	1u
14/11/15	Vergadering presentatie 24/11	4u
24/11/15	Presentatie voor jury	2u
16/12/15	Bedrijfsbezoek granville	5u
21/12/15	Algemene vergadering	3u15
23/12/15	Werken aan website	5u
04/01/16	Vergadering en nabespreking	2u
06/01/16	Bedrijfsbezoek Brugge + vergadering	5u
15/01/16	Tekst schrijven remmen	2u
13/01/16	Bedrijfsbezoek aerobertics (4u)+onderzoek bandenprofiel	6u
25/02/16	Vergadering + sponsor	2u
27/02/16	Werken website	3u
02/03/16	Afwerken tekst	2u
11/03/16	Opendeurdag werken aan tekst	4u
14/03/16	Tijdens les werken aan voorstelling	4u
15/03/16	Voorbereiden voorstelling + voorstelling	5u
16/03/16	Werken aan website	2u
21/04/16	Werken aan website	2u
28/04/16	Werken aan website	2u
13/05/16	Klaarzetten opendeurdag	3u
14/05/16	2d tekeningen afwerken	3u
16/05/16	Opendeurdag	2u
20/05/16	GP AWARDS	5u
21/05/16	Werken aan website	3u

22/05/16	Gipboek afwerken	4u
23/05/16	Gipboek afwerken	2u
24/05/16	Gipboek afwerken	3u
28/05/16	Gipboek afwerken	5u
05/06/16	Gipboek afwerken	4u

28.5 Arne Neyens

NAAM: Arne Neyens		
Datum	Beschrijving	Tijd
2/09	In de les: Wat doen we nu precies?	2u
2/09	Eerste keer samen komen bij simon Brainstormen en contacten leggen	3u
4/09	Winkel bezoeken in Torhout	30 min
5/09	2De samenkomst	2u15
10/09	Aan het dossier werken	1u
16/09	3De samen komst karel: ppt maken info opzoeken, teksen opstellen	4u
17/09	Aan ppt werken + eigen tekst afwerken	1u
18/09	Papieren beetje in orde maken	30min
20/09	Samen met Simon laatste puntjes van ppt en tekst afwerken	2u
21/09	Paar veranderingen nog aan brengen aan tekst en ppt en voorstelling inoefenen	1u
23/09	Vergadering: info opzoeken	2u15
30/09	Technische fiches maken, bibliografie	2u30
6/10	GIP	2u
14/10	Zonnepaneel kiezen, batterij opzoeken	2u45
13/10	Herstellen motor	2u
18/10	Tekst zonnepanelen maken	1u45
24/10	Tekst zonnepanelen	2u
26/10	Lijst maken + school v/d toekomst	5u
27/10	Zonnepaneel herstellen	2u
28/10	Gip in klas + verder herstellen zonnepaneel	4u
29/10	Teksten zonnepanelen + resultaten	5u
30/10	Teksten zonnepanelen + resultaten	6u
5/11	Verwerken resultaten + tekst maken	2u
8/11	Besluit zonnepaneel	2u
13/11	Tekst zonnepaneel + plannen	3u
14/11	Tekst opstellen presentatie + voorbereiden	3u
16/11	Bezoek Delft + bespreken	8u
18/11	Tekst presentatie + PPT	2u
20/11	Bezoek Vives	4u
21/11	Oef tekst	1u
22/11	presentatie	2u
kerstvakantie	GIP	5u

4/01	vergadering	1u30
6/01	Bezoek Brugge + tekst opbouw & recycleren zonnepaneel	5u
15/01	Verbeteren tekst	1u
20/01	Tekst verbeteren (van bezoeken)	2u
21/01	Lithium	1u
23/01	Recycleren bat. + lithium	2u30
04/02	Tekst zonnepanelen + batterij	30 min
krokusvakantie	GIP	7u
17/02	loodaccu	1u
20/02	loodaccu	2u30
27/02	loodaccu	2u
2/03	Labo Kortrijk verslag + tekst verbeteren	2u30
9/03	Tekst voorstelling maken	2u
12/03	PPT + tekst	2u
13/03	Verbeteren tekst + oefenen	1u30
14/03	Tekst oefenen	1u
15/03	voorstelling	1u
Projectweek	GIP	21u
Paasvakantie	GIP	3u
11/04	Labo Kortrijk	1u
13/04	Woordenlijst	1u30
14/04	Labo Kortijk + pulsgenerator	1u30min
17/04	gip	3u
20/04	Pulsgenerator	2u
25/04	Bespreking, DC/DC omvormer, schema	2u
27/04	Praktische tekst	1u
3/05	Gip	3u
5/05	solderen	3u
6/05	Solderen	2u
10/05	Solderen, samenstellen, tekst	2u30
12/05	Samenstellen, verbeteren praktische tekst	1u30
13/05	Samenstellen, opendeurdag , DC/DC	4u
16/05	opendeurdag	5u
20/05	GP-awards	8u
25/05	Datasheet+ verbeteren tekst	30 min
28/05	Transistor beschrijuven + verbeteren tekst	1u
5/06	Laatste verbeteringen tekst	1u

28.6 Jovanni Wostyn

NAAM: Wostyn Jovanni		
Datum	Beschrijving	Tijd
02/09	In de les: Wat doen we nu precies?	2u
02/09	Eerste keer samen komen bij Simon Brainstormen	3u
04/09	Winkel bezoeken in Torhout	30min
05/09	2de samenkomst	2u
09/09	Aan het dossier werken	1u
16/09	3De samen komst Karel: ppt maken info opzoeken, teksten opstellen	4u
16/09	Aan werken tekst werken	1u30
20/09	Ppt en tekst afwerken	3u
21/09	Aanpassingen nog aan brengen aan tekst en ppt en presentatie inoefenen	1u
23/09	Vergadering	2u30
30/09	Technische fiches maken, bibliografie	2u30
06/10	GIP	2u
14/10	Aerodynamica opzoeken	3u
15/10	Aerodynamica opzoeken	2u
17/10	Aerodynamica opzoeken	2u
24/10	Tekst maken	2u
26/10	Lijst maken + school v/d toekomst	5u
27/10	Tekst maken	1u
28/10	GIP	4u
30/10	Tekst	4u
04/11	Tekst maken	1u30
07/11	Opzoek werk	3u
11/11	Aerodynamica tekst	3u
14/11	Opstellen presentatie	3u
16/11	Bezoek Delft	8u
18/11	Tekst presentatie maken	2u
20/11	Bezoek Vives	4u
21/11	Tekst afwerken presentatie	2u
24/11	Presentatie	2u
Kerstvakantie	GIP	8u
04/01	Vergadering school	1u30
06/01	Bezoek Brugge	5u

13/01	Tekst afwerken	1u30
20/01	Tekst bezoeken vertalen	2u30
23/01	Aerodynamica opzoeken	2u
03/02	Aerodynamica opzoeken	1u
Krokusvakantie	GIP	8u
17/02	Verbeteren tekst	2u
20/02	Verbeteren tekst	2u
27/02	Verbeteren tekst	2u
02/03	Schokdempers	1u30
09/03	Tekst schokdempers	2u
12/03	Ppt	2u
14/03	Tekst oefenen	1u30
15/03	Voorstelling	2u
Projectweek	GIP	21u
Paasvakantie	GIP	6u
13/04	Verbeteren	2u
16/04	Verbeteren	2u
20/04	Afwerken	2u
25/04	Bespreking	2u
27/04	Tekst	1u30
03/05	GIP	3u
04/05	Tekst	3u
11/05	Tekst afwerken	2u
12/05	Samenstellen	1u30
13/05	Samenstellen	4u
16/05	Opendeurdag	5u
20/05	GP-awards	4u
25/05	Verbeteren tekst	30 min

29 Bronnen

29.1 Banden

http://www.tirendo.be/bandenspanning/
http://www.fietsica.be/rollenweerstand.htm
http://www.schwalbe.com/nl/reifenaufbau.html
http://www.vaneyckstore.be/nl/t/buitenbanden-cyclocross
http://cvdduikclub.be/?mc=fysinlle&pg=fysigay

29.2 Materiaal romp

Composiet materialen(n.d). Geraadpleegd op 29 December 2015 op het World Wide Web: http://www.refitech.nl/composieten/
Wikipedia koolstofvezel(n.d). Geraadpleegd op 29 December 2015 op het World Wide Web: https://nl.wikipedia.org/wiki/Koolstofvezel
(December 10, 2007) Moleculaire mechanica. Geraadpleegd op 29 December 2015 op het World Wide Web: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-14392008000300016&script=sci_arttext
vDijkPultrusion Products(2010), productieproces carbon. Geraadpleegd op 29 December 2015 op het World Wide Web: http://www.dpp-pultrusion.com/het-proces/
Composiet eigenschappen(n.d). Geraadpleegd op 29 December 2015 op het World Wide Web: http://www.velofilie.nl/composieten.htm
Carbon bij fietsen(n.d). Geraadpleegd op 29 December 2015 op het World Wide Web: http://www.carbon-reparatie.nl/index.php/component/content/article/8-carbon-reparatie/13-carbon-jargon
Eigenschappen carbon(n.d). Geraadpleegd op 29 December 2015 op het World Wide Web: http://www.globalspec.com/learnmore/materials_chemicals_adhesives/electrical_optical_specialty_materials/radar_absorbing_materials_structures_ram_ras
Polyester gebruik(n.d). Geraadpleegd op 2 januari 2016 op het World Wide Web: http://users.telenet.be/jurgensweb/Botenbouw-glasmat.pdf

29.3 Materiaal chassis

http://www.aluminiumcenter.be/Download/Voordracht%20KULeuven%20-%20Marc%20De%20Bonte.pdf
http://european-aluminium.eu/media/1295/aluminium-in-commercial-vehicle_en.pdf
http://wetenschap.infonu.nl/techniek/106183-aluminium-gietlegeringen.html

29.4 Remmen

https://nl.wikipedia.org/wiki/Schijfrem
https://nl.wikipedia.org/wiki/Rem
https://nl.wikipedia.org/wiki/Trommelrem
https://nl.wikipedia.org/wiki/Magneetrem

29.5 Geometrie

http://yospeed.com/wheel-alignment-explained-camber-caster-toe/
http://essay.utwente.nl/57917/1/Bsc._Thesis_IO,_Kraaijvanger_H_M,_Ontwerp_van_een_trike.pdf
http://www.intraxracing.nl/techniek/camber,-caster,-toe-intoe-out/
http://www.velofilie.nl/besturing.htm

29.6 Koppel

https://www.sparkfun.com/products/11881

29.7 zonnepanelen

The Winning Solar Car 2003 p299 – 327
https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell 09/02/16
http://www.vmx.be/zonnepanelen-recycleren 09/01/16
http://www.intersolution.be/gallery/documents/infosessies2014/pv-cycle-intersolutions-jan-clyncke-final-2014-nl.pdf 09/01/16

29.8 batterij

The Winning Solar Car 2003 p299 – 327
VademecumChemie SOHO –KULeuven – DepartementChemie – ALO Chemie
BundelHowest
https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_(electricity) 15/01/16
https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium-ion_battery 08/01/16
http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries 08/01/16
http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_with_solar_and_turbine 09/01/16
https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking 09/01/16
http://www.encyclo.nl/begrip/redoxkoppel 12/01/16
https://www.victronenergy.com/upload/documents/White-paper-Which-solar-charge-controller-PWM-or-MPPT.pdf 21/01/16
https://nl.wikipedia.org/wiki/Lithium_(element) 02/02/16
http://www.bebat.be/recyclage-wie-wat-waar 03/02/16
https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell 04/03/16
https://en.wikipedia.org/wiki/Lead%E2%80%93acid_battery 02/03/16

29.9 motor

http://www.learnengineering.org/2014/10/Brushless-DC-motor.html 11/10/15
http://www.nmbtc.com/brushless-dc-motors/brushless-dc-motors/ 10/02/15

29.10 Praktische elektriciteit.

https://nl.wikipedia.org/wiki/Radiografische_besturing 01/05/16