

## EE4: 'Make stuff work'



**Team Heliodoro:**

Jef Boogaerts  
Stef Carlens  
Jan Deblaere  
Sven Jacobs  
Maxime Kerckhove  
Niels Ooms  
Wouter Tits  
Maurits Vandeputte

Coach: Peter Slaets

11-5-2012



# Eindverslag

## Inhoudstabel

1. Inleiding .....	6
2. Case SSV: Deel 1 .....	7
2.1. Optimale overbrengingsverhouding + snelheids- en verplaatsingskarakteristiek .....	7
2.1.1. Werkwijze .....	7
2.1.2. Parameters .....	7
2.1.3. Matlab simulatie .....	8
2.1.4. Resultaten .....	8
2.2. Sankey-diagram SSV .....	11
2.2.1. Geval 1: Op het moment dat de SSV 4m heeft afgelegd .....	12
2.2.2. Geval 2: Wanneer de SSV zijn maximale snelheid heeft bereikt .....	14
2.2.3. Bijlage .....	16
Bijlage 1 .....	16
Bijlage 2 .....	16
2.3. Case Simulink .....	17
2.3.1. Simulink deel 1 .....	17
2.3.2. Simulink deel 2 .....	18
3. Case SSV: Deel 2 .....	19
3.1. Correcter sankey-diagram .....	19
3.2. Sterkteleer .....	20
3.3. Sankey-diagram Umicar .....	20
3.3.1. Geval 1: Op volle snelheid .....	20
3.3.2. Geval 2: Op de helft van de volle snelheid .....	21
3.4. Technische tekeningen .....	22
4. Budgetbeheer & onkosten .....	23
4.1. Tabel met kosten .....	23
5. Rapporten .....	24
6. Besluit .....	25
7. Bronnen .....	26
8. Bijlages .....	27
8.1. Kasticketjes .....	27



Figuur 1.....	13
Figuur 2.....	15
Figuur 3.....	16
Figuur 4.....	16
Figuur 5.....	17
Figuur 6.....	17
Figuur 7.....	18
Figuur 8.....	18
Figuur 9.....	19
Figuur 10.....	21
Figuur 11.....	22

## 1. Inleiding

De doelstelling van het vak EE4 was het maken van een small solar vehicle (SSV) rekening houdend met een budget van €200.

Het is de bedoeling dit te realiseren met behulp van een gekregen zonnepaneel en DC-motor.

Achteraf wordt er een race gehouden waarbij een quotering wordt gegeven op bereikte afstand en snelheid. Ook zijn er 2 nevenklassementen: meest innovatieve en mooiste wagentje. Wij hebben als doelstelling voorop gesteld het nevenklassement meest innovatieve wagentje te winnen. Dit willen we bereiken door ondermeer een gyroscoop op het wagentje te installeren (om het zonnepaneel continu perfect naar de zon te richten) en gebruik te maken van een continu variabele overbrenging, waarover later meer. In dit eindrapport zal het resultaat hiervan te zien zijn.

# Engineering

---

## 2. Case SSV: Deel 1

### 2.1. Optimale overbrengingsverhouding + snelheids- en verplaatsingskarakteristiek

#### 2.1.1. Werkwijze

De SSV beantwoordt niet aan de wet op behoud van energie omdat de verspeelde en de ingevoerde krachten niet in balans zijn. Op zulke systemen kan Lagrange toegepast worden. Zo bekomt men volgende energie vergelijking:

$$a(t) = g(\sin(\alpha) - \cos(\alpha) \times C_{rr}) + I(t) \times E(t) / (M \times v(t)) - 3C_w A \rho \times v^2(t) / 2M$$

met

$$E(t) = K_e \times \omega = C_E \cdot \Phi \times 60 \times v(t) \times \text{gear ratio} / (2\pi r)$$
$$I(t) = I_{sc} - I_s \left( e^{U(t)/(mNUR)} - 1 \right) = I_{sc} - I_s \left( e^{(E(t)+I(t)R)/(mNUR)} - 1 \right)$$

$E(t)$  is de energie in de motor in functie van de tijd en  $I(t)$  is de stroom die in het zonnepaneel geproduceerd wordt in functie van de tijd. Deze vergelijking is een differentiaalvergelijking van de 2<sup>e</sup> orde want  $a(t) = d^2s(t)/dt$  en  $v(t) = ds(t)/dt$ .

Bovenstaande vergelijking wordt benaderd aan de hand van een numerieke methode. Daarbij wordt de tijdspanne, namelijk 1 seconde, opgedeeld in kleine intervallen. We voeren hier twee berekeningen uit, bij de eerste wordt de eerste seconde opgedeeld in intervallen van 0,1 seconde en bij de tweede berekening in intervallen van 0,2 seconden. Tijdens die intervallen blijft de versnelling  $a(t)$  constant. Eerst worden de beginwaarden bepaald en vervolgens wordt de vergelijking opgelost met behulp van deze waarden. Die oplossing ( $a(t)$ ) wordt dan gebruikt om de beginwaarden van het volgende interval te bepalen, immers:

$$v(0.1) = a(0) \times T$$
$$s(0.1) = v(0) \times T + a(0) \times T^2 / 2$$
$$E(0.1) = C_E \cdot \Phi \times 60 \times v(0.1) \times \text{gear ratio} / (2\pi r)$$
$$I(0.1) = I_{sc} - I_s \left( e^{(E(0.1)+I(0)R)/(mNUR)} - 1 \right)$$

Daarna wordt de vergelijking opnieuw opgelost met de nieuwe waarden waardoor er opnieuw beginwaarden voor het volgende interval bekomen worden.

#### 2.1.2. Parameters

$\alpha$	0,1253 rad	$C_{rr}$	0,02
$C_e \cdot \Phi$	$8,9285 \cdot 10^{-4}$ V/rpm	$C_w$	0,5
$\rho$	1,293 kg/m <sup>3</sup>	A	0,03 m <sup>2</sup>
r	0,04 m	m	0,8 kg
g	9,81 kgm/s <sup>2</sup>	Isc	0,88 A



Is	1e-8	Ur	0,0257 V
N	1,15	# cellen	15

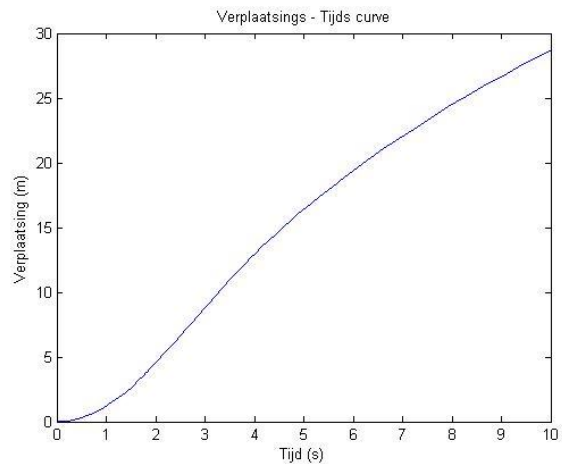
Tabel 1

### 2.1.3. Matlab simulatie

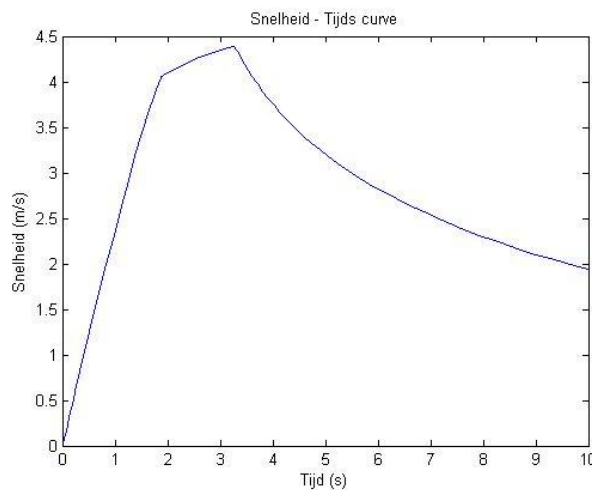
Wanneer deze formules worden toegepast op het volledige traject, merken we dat de wagen het traject het snelste aflegt bij een ratio van 6. In onderstaande tabel staan 10 geteste ratio's. Bij ratio 6 zien we dat de wagen het snelste is en een tijd van 4,286 seconden nodig heeft om de 14 meter af te leggen. In grafiek 1 ziet men dan de afgelegde weg in functie van de tijd bij het gekozen ratio.

Ratio	Tijd om 14 m af te leggen (s)
3	5,289
4	4,775
5	4,533
6	4,286
7	4,309
8	4,318
9	4,408
10	4,616
11	4,907
12	5,161

Tabel 2



Grafiek 1



Grafiek 2

In grafiek 2 is het snelheidsverloop in functie van de tijd af te lezen bij ratio 6. Na bijna 2 en na 4 meter te hebben afgelegd, dus onderaan de dalende helling, heeft de wagen een snelheid van ongeveer 4 m/s. Op het vlakke stuk daalt de versnelling, maar blijft de snelheid nog steeds stijgen. De maximum snelheid, ongeveer 4,5 m/s, wordt net voor de stijgende helling bereikt. Dit is op 10 meter. Op de stijgende helling is er een negatieve versnelling en daalt dus de snelheid.

### 2.1.4. Resultaten

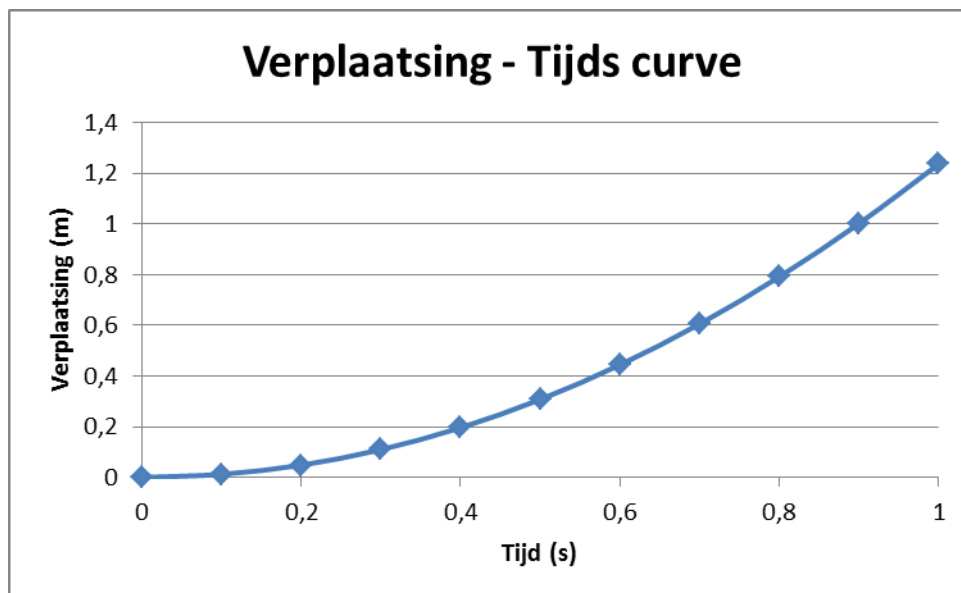
De verplaatsing en de snelheid werden dus berekend voor intervallen van 0,1s en 0,2s. Deze zijn te vinden respectievelijk in tabel 2 en tabel 3. Zoals te zien is, bestaat er een klein verschil tussen de waarden voor de 2 verschillende intervallen. Dit komt omdat de gebruikte

methode een benaderende methode is en dus niet volledig nauwkeurig. Hierbij geldt dat het kleinste interval het dichtst bij de werkelijkheid aanleunt en dus ook het meest nauwkeurig is. De verschillende verplaatsings- en snelheidscurves voor de 2 intervallen zijn terug te vinden in grafiek 1,2,3 en 4.

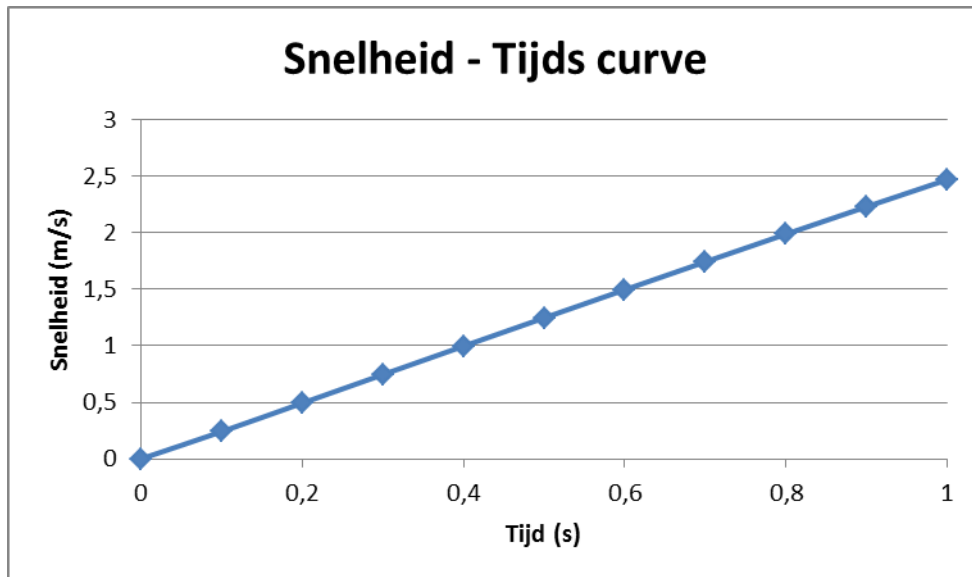
#### 2.1.4.1. Interval: 0,1s

t (s)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)	E (V)	I (A)
0,000	2,408	0,000	0,000	0,000	0,880
0,100	2,407	0,241	0,012	0,308	0,880
0,200	2,403	0,494	0,048	0,632	0,880
0,300	2,395	0,746	0,110	0,954	0,880
0,400	2,385	0,997	0,196	1,276	0,880
0,500	2,372	1,248	0,308	1,597	0,880
0,600	2,355	1,497	0,444	1,915	0,879
0,700	2,336	1,744	0,606	2,232	0,879
0,800	2,313	1,989	0,792	2,545	0,878
0,900	2,285	2,232	1,002	2,856	0,876
1,000	2,252	2,472	1,237	3,163	0,871

Tabel 3



Grafiek 3

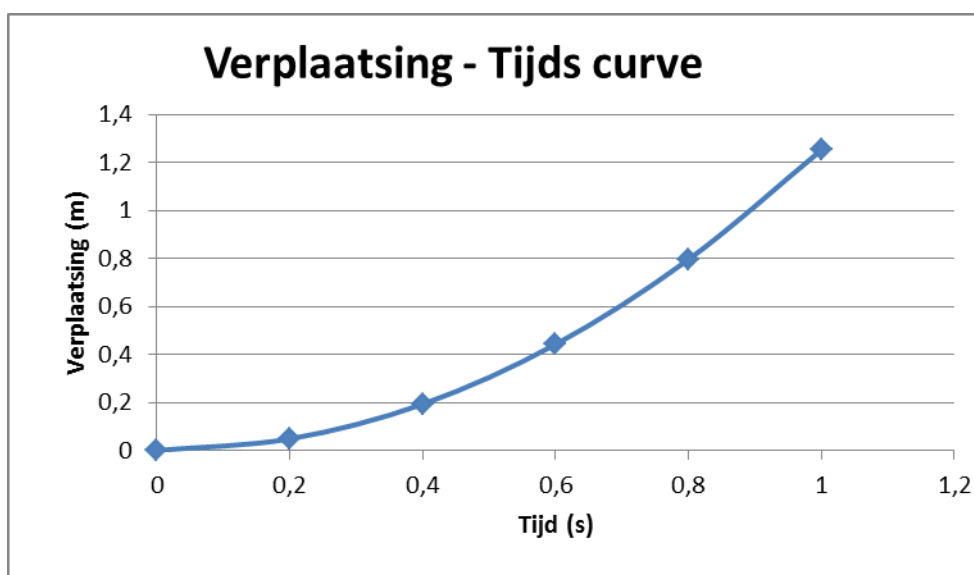


Grafiek 4

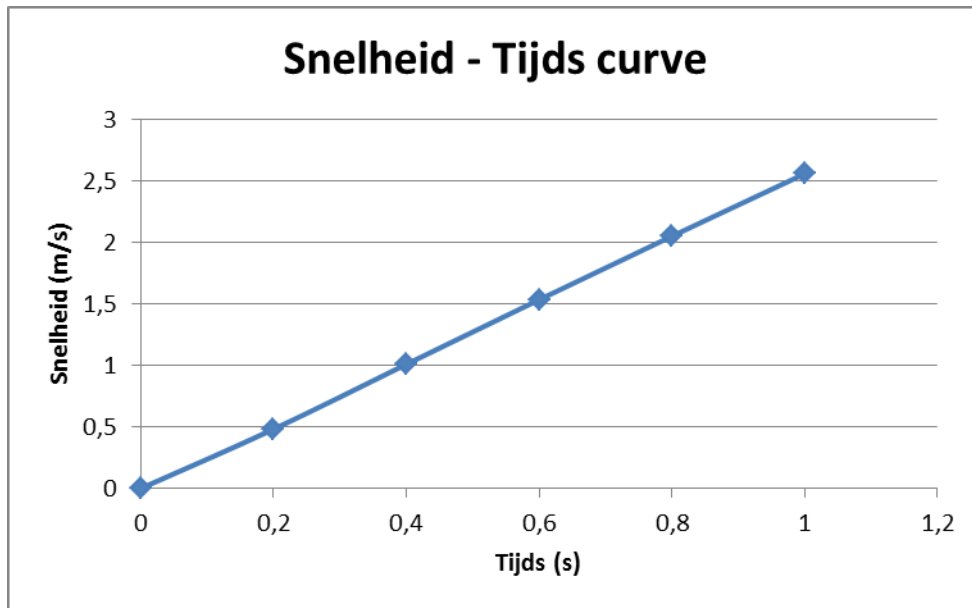
**2.1.4.2. Interval: 0,2s**

t (s)	a (m/s <sup>2</sup> )	v (m/s)	s (m)	E (V)	I (A)
0	2,408	0,000	0,000	0,000	0,880
0,2	2,403	0,482	0,048	0,616	0,880
0,4	2,384	1,010	0,193	1,293	0,880
0,6	2,352	1,535	0,442	1,964	0,879
0,8	2,306	2,052	0,796	2,626	0,877
1	2,237	2,560	1,253	3,275	0,868

Tabel 4



Grafiek 5



Grafiek 6

## 2.2. Sankey-diagram SSV

Een Sankey-diagram is een diagram van het type stroomdiagram. Het wordt met name gebruikt in de procestechnologie en voor het weergeven van energiestromen. Typisch voor een dergelijk diagram is dat de breedte van de pijl, dat de energie- of materiaalstroom aangeeft, proportioneel is met de grootte van de stroming. Een Sankey-diagram is een prima middel om de energie- of materiaalstromen te visualiseren en daarmee het spaarpotential te bepalen of de inefficiënte positie(s) in het proces vast te stellen. (Bron: Wikipedia)

We nemen aan dat er geen wrijvingsverliezen optreden bij de overbrenging en dat in België het zonlicht een energiewaarde heeft van  $700 \text{ Watt/m}^2$ . We nemen 6 kogellagers, 1 vanvoor (vaste as) en 4 vanachter zoals aangegeven in bijlage 2 en 1 op de as van de motor.

Ons zonnepaneel heeft een oppervlakte van  $0,0608 \text{ m}^3$ . Hiervan is 64% of  $0,0390 \text{ m}^3$  bedekt met zonnecellen. Dit betekent dat we 27,22 Watt aan zonne-energie hebben.

Volgens de simulatie gebruiken we slechts 6,6 Watt, er gaat dus 20,62 Watt verloren. Slechts eens klein deel hiervan is te wijten aan reflectie (wij schatten hier 5% of 1,03 Watt). De rest zijn dus omzettingsverliezen, voornamelijk in warmte, deze bedragen 19,59 Watt. Onze motor zal een efficiëntie van 55% kunnen halen, dwz dat er 2,97 Watt verloren gaat aan de elektrische omzetting en we 3,63 Watt overhouden.

Het rendement van de overbrenging is ongeveer 70%, zo blijft er dus nog een mechanisch vermogen van 2,54 Watt over.

### 2.2.1. Geval 1: Op het moment dat de SSV 4m heeft afgelegd

We rijden op dit moment aan een snelheid van 4 m/s en zijn 1,862 seconden onderweg.

**Rolweerstand:** Zie ook bijlage 1.

Rolweerstandscoefficiënt voorwiel:  $Crr_{\text{voor}} = 0,01$

Rolweerstandscoefficiënt achterwiel:  $Crr_{\text{achter}} = 0,02$

Normaalkracht voorwiel:  $N_{\text{voor}} = 2,616 \text{ N}$

Normaalkracht achterwiel:  $N_{\text{achter}} = 2,616 \text{ N} \rightarrow N_{\text{totaal,achter}} = 5,232 \text{ N}$

Massa:  $m = 0,8 \text{ kg}$

Valversnelling:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Snelheid:  $v = 4 \text{ m/s}$

$$Fr, \text{voor} = Crr * N = 0,02616 \text{ N} \quad Fr, \text{achter} = Crr * N = 0,105 \text{ N}$$

$$P = Fr * v = 0,105 \text{ Watt} \quad P = Fr * v = 0,42 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{totaal}} = 0,52 \text{ Watt}$$

**Lagerweerstand:** Zie ook bijlage 2.

Wrijvingscoefficient:  $\mu = 0,0015$  (Bron: <http://www.tribologie.nl/abc/cof.htm>)

Normaalkracht lager voor:  $N_1 = N_{\text{voor}} = 2,616 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 1:  $F_2 = -2,714 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 2:  $F_3 = 0,098 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 3:  $F_4 = F_3 = 0,098 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 4:  $F_5 = F_2 = -2,714 \text{ N}$

$$Fb1 = \mu * N = 0,0039 \text{ N}$$

$$Fb2 = Fb5 = \mu * N = 0,0041 \text{ N}$$

$$Fb3 = Fb4 = \mu * N = 0,00015 \text{ N}$$

$$P1 = Fb1 * v = 0,0156 \text{ Watt}$$

$$P2 = P5 = Fb2 * v = 0,0164 \text{ Watt}$$

$$P3 = P4 = Fb3 * v = 0,0006 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{tot}} = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 = 0,0496 \text{ Watt}$$

**Luchtweerstand:**

Dichtheid:  $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$

Frontale oppervlakte:  $A = 0,03\text{m}^2$

Drag coëfficiënt:  $C_d = 0,5$

Snelheid:  $v = 4\text{m/s}$

$$F_d = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d * v^2 = 0,155 \text{ N}$$

$$P = F_d * v = 0,62 \text{ Watt}$$



Figuur 1

## 2.2.2. Geval 2: Wanneer de SSV zijn maximale snelheid heeft bereikt.

Dit is na 3,269 seconden, net voor we aan de helling beginnen aan een snelheid van 4,39 m/s.

**Rolweerstand:** Zie ook bijlage 1.

Rolweerstandscoefficiënt voorwiel:  $Crr_{voor} = 0,01$

Rolweerstandscoefficiënt achterwiel:  $Crr_{achter} = 0,02$

Normaalkracht voorwiel:  $N_{voor} = 2,616 \text{ N}$

Normaalkracht achterwiel:  $N_{achter} = 2,616 \text{ N} \rightarrow N_{totaal,achter} = 5,232 \text{ N}$

Massa:  $m = 0,8 \text{ kg}$

Valversnelling:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Snelheid:  $v = 4,39 \text{ m/s}$

$$Fr, voor = Crr * N = 0,02616 \text{ N} \quad Fr, achter = Crr * N = 0,105 \text{ N}$$

$$P = Fr * v = 0,11 \text{ Watt} \quad P = Fr * v = 0,46 \text{ Watt}$$

$$P_{totaal} = 0,57 \text{ Watt}$$

**Lagerweerstand:** Zie ook bijlage 2.

Wrijvingscoëfficiënt:  $\mu = 0,0015$  (Bron: <http://www.tribologie.nl/abc/cof.htm>)

Normaalkracht lager voor:  $N_1 = N_{voor} = 2,616 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 1:  $F_2 = -2,714 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 2:  $F_3 = 0,098 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 3:  $F_4 = F_3 = 0,098 \text{ N}$

Normaalkracht lager achter 4:  $F_5 = F_2 = -2,714 \text{ N}$

$$Fb1 = \mu * N = 0,0039 \text{ N}$$

$$Fb2 = Fb5 = \mu * N = 0,0041 \text{ N}$$

$$Fb3 = Fb4 = \mu * N = 0,00015 \text{ N}$$

$$P1 = Fb1 * v = 0,0170 \text{ Watt}$$

$$P2 = P5 = Fb2 * v = 0,0180 \text{ Watt}$$

$$P3 = P4 = Fb3 * v = 0,0007 \text{ Watt}$$

$$P_{tot} = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 = 0,0544 \text{ Watt}$$

**Luchtweerstand:**

Dichtheid:  $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$

Frontale oppervlakte:  $A = 0,03 \text{ m}^2$

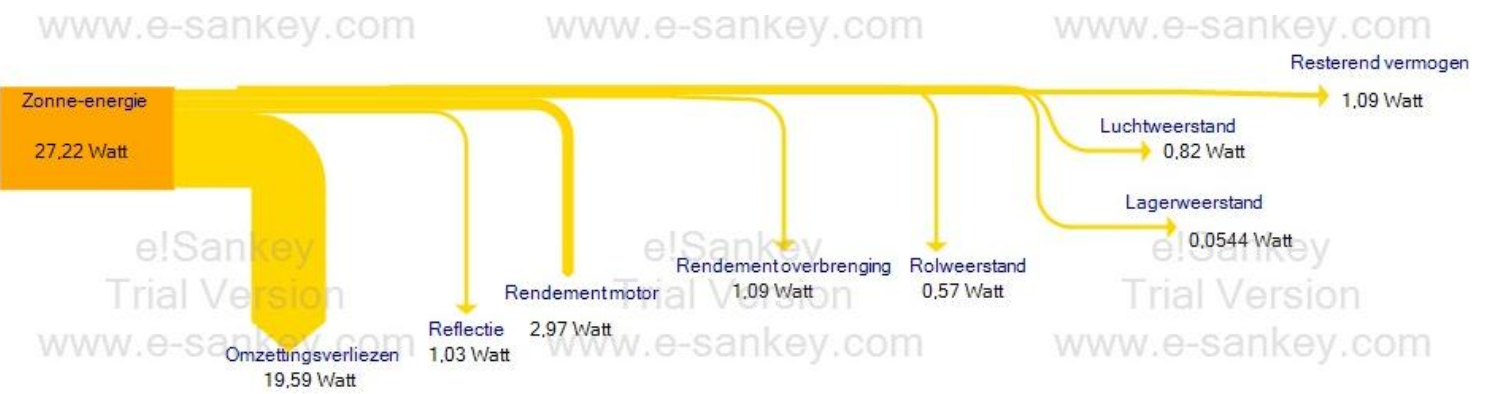
Drag coëfficiënt:  $Cd = 0,5$

Snelheid:  $v = 4,39 \text{ m/s}$

$$Fd = \frac{1}{2} * \rho * A * Cd * v^2 = 0,187 N$$

$$P = Fd * v = 0,82 Watt$$

**Normaalkracht:** Omwille van de helling zal op dit ogenblik de normaalkracht ook beginnen tegen te werken. Deze bedraagt hier:  $m * g * \sin 7^\circ = 0,956 N$ . Dit betekent 4,19 Watt.

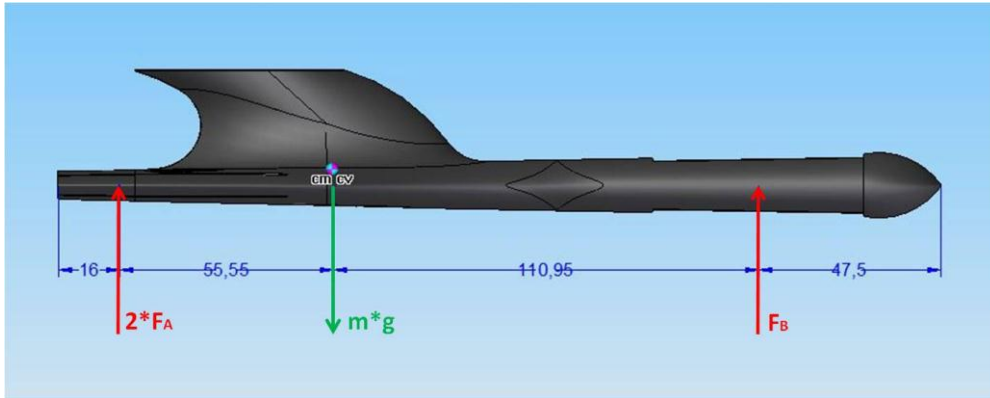


Figuur 2



## 2.2.3. Bijlage

### Bijlage 1



Figuur 3

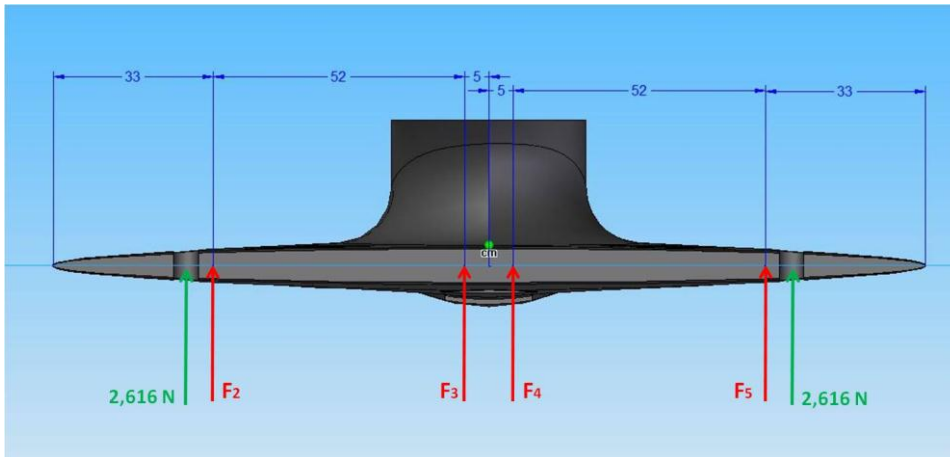
Volgens de statica is onze wagen in rust, wat betekent dat de momenten in elk punt nul zijn net zoals de som van de krachten in de Y-richting.

$$M_A: 0,8 * 9,81 * 0,05555 - F_b * 0,1665 = 0$$

$$\sum F_Y: 2 * F_a + F_b - m * g = 0$$

$F_b = 2,616$  N waaruit volgt dat  $F_a = 2,616$ .

### Bijlage 2



Figuur 4

Omwille van symmetrie snijden we de tekening middendoor.

We berekenen het moment rond het aangrijpingspunt van  $F_3$  en het krachtenevenwicht in de Y-richting.

$$M_{F_3}: -F_2 * 0,053 - 2,616 * 0,055 = 0$$

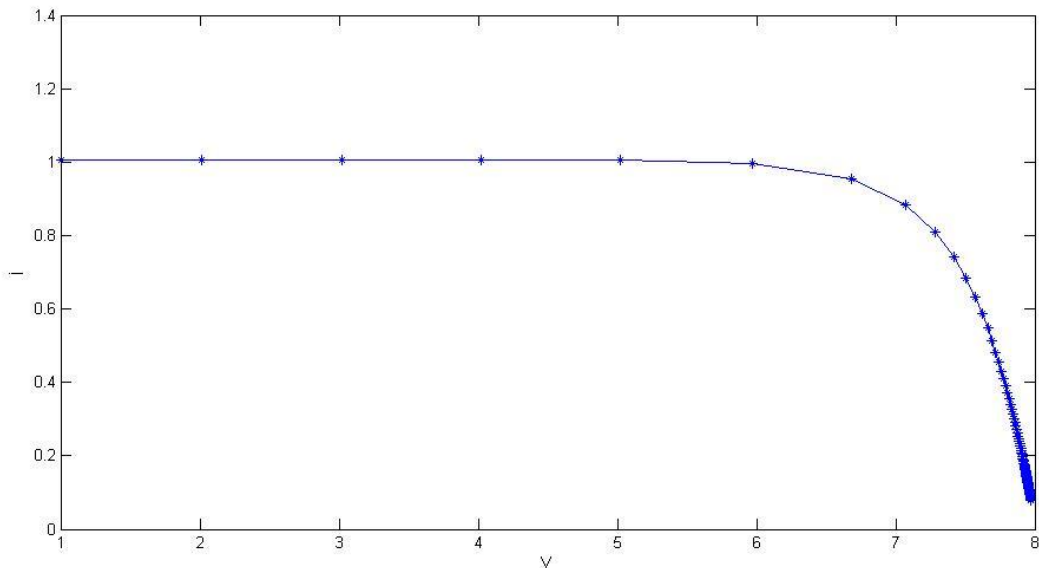
$$\sum F_Y: 2,616 - 2,714 + F_3 = 0$$

$F_2 = -2,714$  N en  $F_3 = 0,098$  N

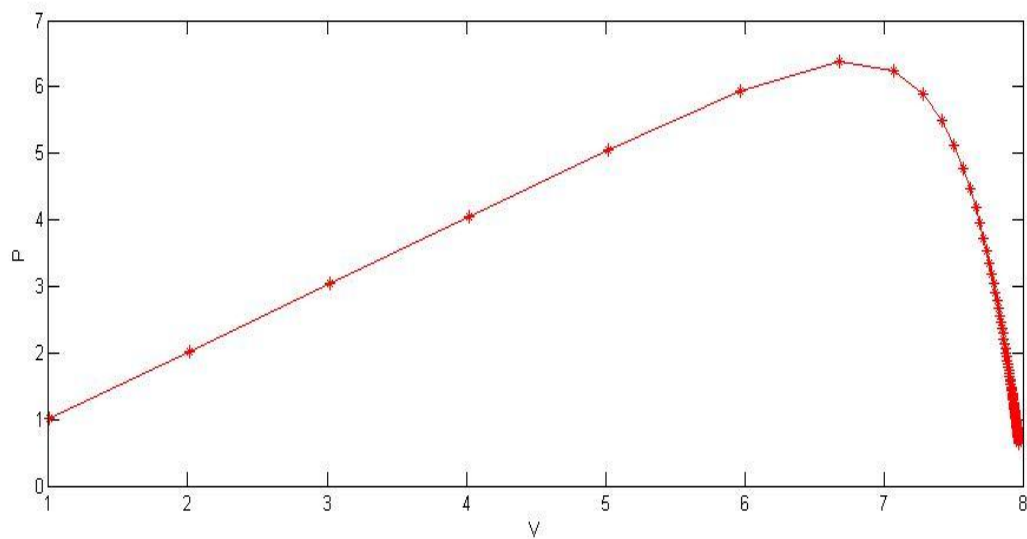
## 2.3. Case Simulink

### 2.3.1. Simulink deel 1

#### Weerstand voor maximum vermogen



Figuur 5



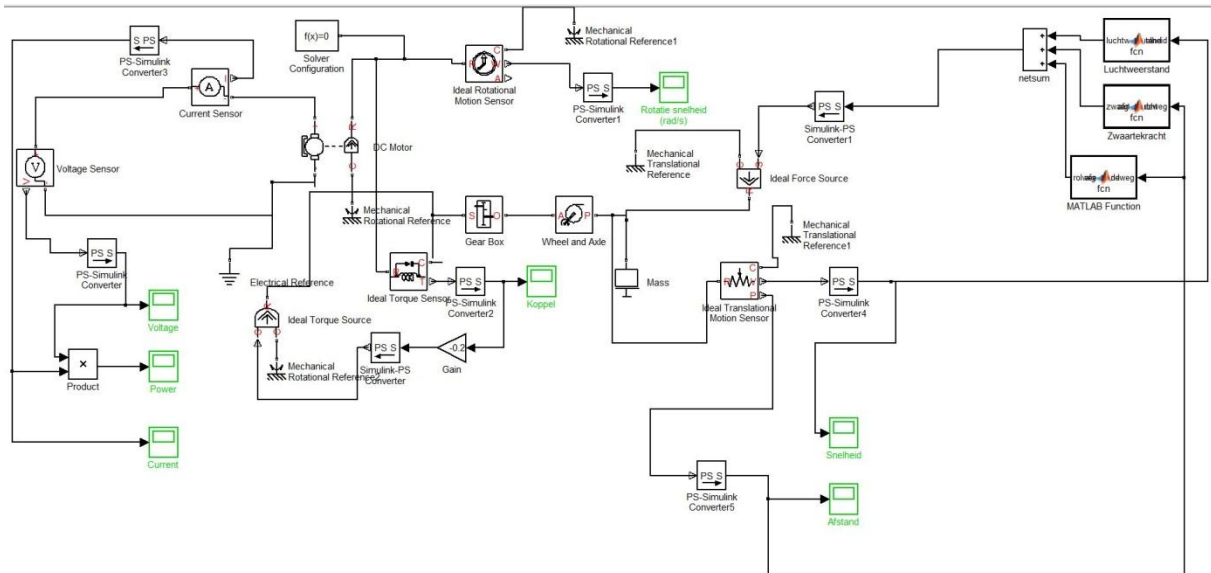
Figuur 6

Door het zonnepaneel aan te sluiten op een regelbare weerstand tussen 1 en 100 Ohm, kunnen we het maximum vermogen bekomen. Uit bovenstaande grafieken, met de gesimuleerde waarden, is af te leiden dat het maximum vermogen dat het zonnepaneel kan leveren ongeveer gelijk is aan 6,2 Watt. Dit vermogen wordt behaald bij een spanning van ongeveer 6,7 Volt. Bij dit vermogen en deze spanning hoort een stroom van ongeveer 0,92 A. Uit de formule  $R=U/I$ , kan dan de weerstand

worden afgeleid. Deze weerstand waar het maximum vermogen dan wordt behaald, is gelijk aan 7,24 Ohm.

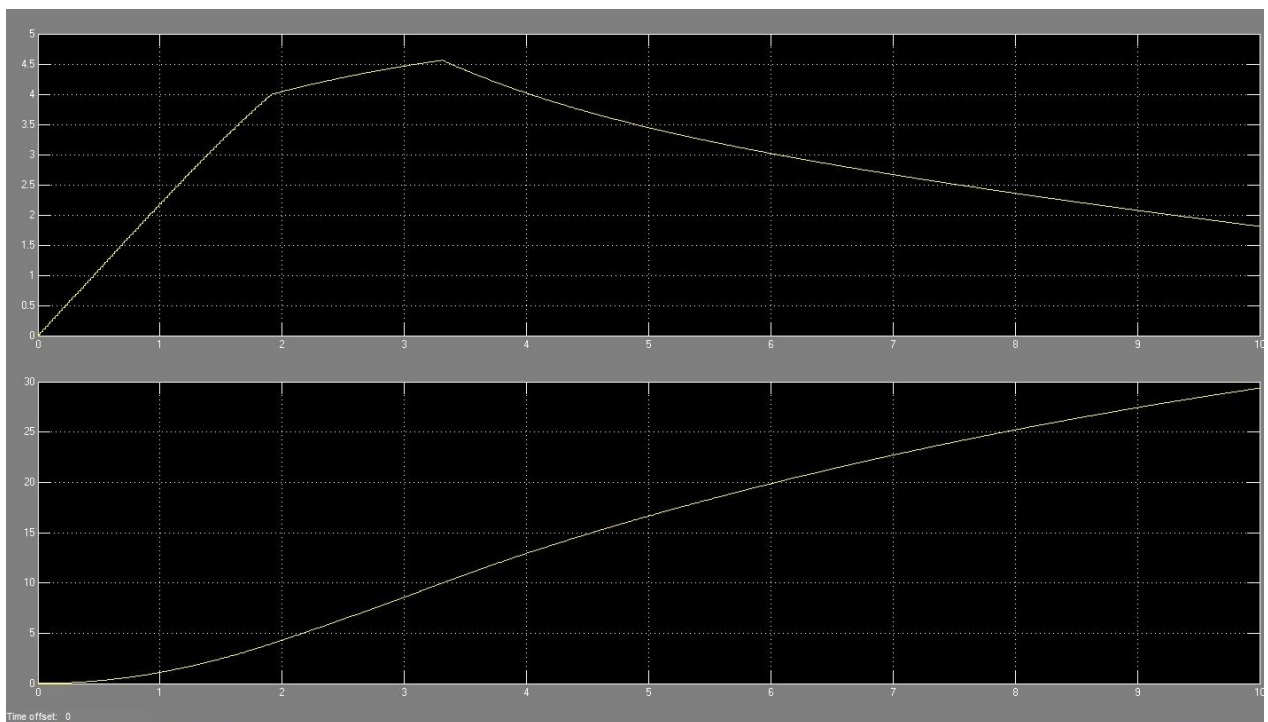
### 2.3.2. Simulink deel 2

In onderstaande afbeelding is te zien hoe we de niet aangedreven zonnewagen in simulink simuleren.



Figuur 7

### Bekrachtigde motor bij ratio 6



Figuur 8

Uit de bovenste grafiek kan de snelheid in meter per seconde in functie van de tijd in seconden worden afgeleid. De onderste functie geeft de verplaatsing in weer in meter in functie van de tijd.

Deze functies zijn bekomen nadat we bovenstaande simulink onderdeel hebben uitgevoerd. Uit de grafieken kan dan afgeleid worden dat we na ongeveer 3,3 seconden onze topsnelheid behalen, deze is ongeveer 4,5 meter per seconde ofwel 16,2 kilometer per uur. De topsnelheid wordt behaald vlak voor de opwaartse helling, na een afgelegde weg van 10 meter. De snelheid op het einde van het traject, dus na 14 meter, is ongeveer gelijk aan 3,8 meter per seconde ofwel 13,68 kilometer per uur. Dit einde bereiken we op ongeveer 4,2 seconden. Als we verder de helling zouden oprijden zou onze wagen steeds trager beginnen rijden en zouden we uiteindelijk tot stilstand komen en terug de helling af blijven rollen.

### 3. Case SSV: Deel 2

#### 3.1. Correcter sankey-diagram

Indien we het wagentje 4m van de helling laten rollen, geraakt het tot op 10,8 meter (0,8 meter op de 2e helling).

$$E1 - E2 = \text{Unc met } E = m \cdot g \cdot h$$

$$E1 = 0,760 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 3,73 \text{ J}$$

$$E2 = 0,760 \cdot 9,81 \cdot \sin(7,181^\circ) \cdot 0,8 = 0,75 \text{ J}$$

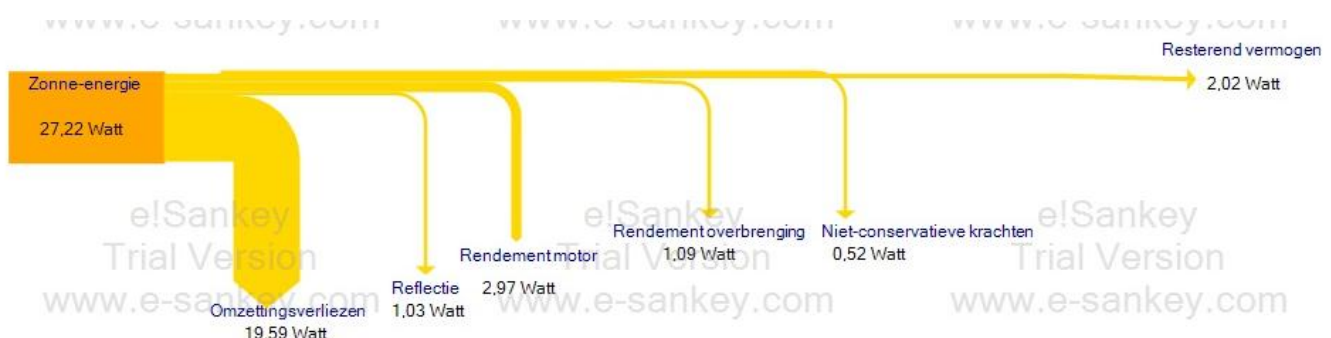
$$\text{Unc} = 2,98 \text{ J}$$

$$F_{nc} = 2,98 \text{ J} / 10,8 \text{ m} = 0,28 \text{ N}$$

Het wagentje reed 5,81 seconden over deze 10,8 meter, dwz dat het een gemiddelde snelheid had van 1,86 m/s.

$$P = 0,28 \cdot 1,86 = 0,52 \text{ Watt}$$

Dit ligt een heel stuk lager als de berekende 1,44 Watt (op volle snelheid, net voor de helling). Dit kan ondermeer omdat we de veronderstelde snelheid (4,39 m/s) overschat hebben.



Figuur 9

## 3.2. Sterkteleer

### 3.3. Sankey-diagram Umicar

De Umicar bestaat uit 280 RWE zonnecellen (30% gemiddelde efficiëntie) en 2578 Emcore zonnecellen (24,5% gemiddelde efficiëntie).

RWE zonnecel: 30,18 cm<sup>2</sup> (zie datasheet).

Emcore zonnecel: 2827,88 mm<sup>2</sup> - 72,25 mm<sup>2</sup> = 2755,63 mm<sup>2</sup> = 27,56 cm<sup>2</sup> (zie datasheet).

We nemen aan dat het zonlicht in Australië een energiewaarde heeft van 900 Watt/m<sup>2</sup>.

Hieruit volgt het totale vermogen van het invallend zonlicht:

$$P_{tot} = \frac{(280 * 30,18) + (2578 * 27,56)}{10000} * 900 = 7155,01 \text{ Watt}$$

Indien we rekening houden met het rendement van de zonnecellen:

$$P_{tot} = \frac{(280 * 30,18 * 0,300) + (2578 * 27,56 * 0,245)}{10000} * 900 = 1794,81 \text{ Watt}$$

We nemen aan dat er geen verliezen optreden tussen de zonnecellen en de motor, hierdoor krijgt de motor dus een vermogen van 1794,81 Watt.

De Umicar bevat geen overbrenging, er wordt namelijk gebruik gemaakt van een inwheelmotor, er kan een efficiëntie van 95% gehaald worden (Bron: technische fiche energie, Toledo).

De motor levert dus een vermogen van:

$$P_{mot} = 1794,81 * 0,95 = 1705,07 \text{ Watt}$$

#### 3.3.1. Geval 1: Op volle snelheid

De snelheid bedraagt 75mph of 120,70km/u (= 33,53m/s).

##### Rolweerstand:

Rolweerstandscoefficiënt:  $C_{rr} = 0,0056$  (Bron: umicardata, Toledo)

Massa:  $m = 225\text{kg} + 80\text{kg} = 305\text{kg}$

Valversnelling:  $g = 9,81\text{m/s}^2$

Normaalkracht voorwiel:  $N_{voor} = 105\text{kg} * 9,81\text{N/kg} = 1030,05\text{N}$

Normaalkracht achterwiel:  $N_{achter} = 60\text{kg} * 9,81\text{N/kg} = 588,6\text{N} \rightarrow N_{totaal,achter} = 1177,2\text{N}$

$$F_{r, voor} = C_{rr} * N = 5,77\text{N}$$

$$F_{r, achter} = C_{rr} * N = 6,59\text{N}$$

$$P_{voor} = F_{r, voor} * v = 193,47 \text{ Watt}$$

$$P_{achter} = F_{r, achter} * v = 220,96 \text{ Watt}$$

$$P_{tot} = P_{voor} + P_{achter} = 414,43 \text{ Watt}$$

### Luchtweerstand:

Deze kunnen we berekenen uit de metingen op het schaalmodel (schaal 1:3).

Densiteit (kg/m <sup>3</sup> )	Snelheid (m/s)	Kracht (piek) (N)	Kracht (gecorrigeerd) (N)
1,2043	29,9811	7,7033	7,15822
1,2002	35,2239	9,9755	9,86818

Tabel 1: Metingen schaalmodel

Via interpolatie verkrijgen we de kracht bij een snelheid van 33,53m/s:

$$Fd = 7,15822 + \frac{9,86818 - 7,15822}{35,2239 - 29,9811} * (33,53 - 29,9811) = 8,99262 = 8,99N$$

$$Pschaal = Fd * v = 301,43 \text{ Watt}$$

$$P = Pschaal * 3 = 904,29 \text{ Watt}$$

Deze verliezen trekken we af van P<sub>mot</sub> om het resterende vermogen te bekomen:

$$P = 1705,07 - (414,43 + 904,29) = 386,35 \text{ Watt}$$



Figuur 10

### 3.3.2. Geval 2: Op de helft van de volle snelheid

De snelheid bedraagt dan 16,77 m/s.

#### Rolweerstand:

Rolweerstandscoefficiënt:  $C_{rr} = 0,0056$  (Bron: umicardata, Toledo)

Massa:  $m = 225\text{kg} + 80\text{kg} = 305\text{kg}$

Valversnelling:  $g = 9,81\text{m/s}^2$

Normaalkracht voorwiel:  $N_{\text{voor}} = 105\text{kg} * 9,81\text{N/kg} = 1030,05\text{N}$

Normaalkracht achterwiel:  $N_{\text{achter}} = 60\text{kg} * 9,81\text{N/kg} = 588,6\text{N} \rightarrow N_{\text{totaal,achter}} = 1177,2\text{N}$

$$Fr, voor = Crr * N = 5,77N$$

$$Fr, achter = Crr * N = 6,59 N$$

$$Pvoor = Fr, voor * v = 96,76 Watt$$

$$Pachter = Fr, voor * v = 110,51 Watt$$

$$Ptotaal = Pvoor + Pachter = 207,27 Watt$$

#### Luchtweerstand:

Zie geval 1.

Densiteit (kg/m <sup>3</sup> )	Snelheid (m/s)	Kracht (piek) (N)	Kracht (gecorrigeerd) (N)
1,2085	15,0360	2,1456	1,76504
1,2043	20,1307	3,6062	3,14677

Tabel 2: Metingen schaalmodel

Via interpolatie verkrijgen we de kracht bij een snelheid van 16,77m/s:

$$Fd = 1,76504 + \frac{3,14677 - 1,76504}{20,1307 - 15,0360} * (16,77 - 15,0360) = 2,23531 = 2,24N$$

$$Pschaal = Fd * v = 37,56 Watt$$

$$P = Pschaal * 3 = 112,68 Watt$$

Deze verliezen trekken we af van Pmot om het resterende vermogen te bekomen:

$$P = 1705,07 - (207,27 + 112,68) = 1385,12 Watt$$



Figuur 11

### 3.4. Technische tekeningen

# Enterprising

## 4. Budgetbeheer & onkosten

### 4.1. Tabel met kosten

In onderstaande tabel bevinden zich alle kosten die het team tijdens het project heeft gehad voor verschillende onderdelen. In Bijlage "kasticketjes" bevinden zich de rekeningen.

Uitgegeven kosten aan de productie van de SSV							
Nr	Toepassin g	Aankoop	Betaald door	Datum	Aantal	Kostprijs per stuk	Kostprijs
1	Gyroscoop	KAP22P/100V	Sven Jacobs	27/03/201 2	2	€ 0,15	€ 0,30
2	Gyroscoop	ATMEGA 168-20PU	Sven Jacobs	27/03/201 2	1	€ 3,95	€ 3,95
3	Gyroscoop	KSB10N/100V	Sven Jacobs	27/03/201 2	1	€ 0,60	€ 0,60
4	Gyroscoop	ER22U/35V	Sven Jacobs	27/03/201 2	1	€ 0,47	€ 0,47
5	Gyroscoop	P232T	Sven Jacobs	27/03/201 2	1	€ 3,95	€ 3,95
6	Gyroscoop	ICV28TUS	Sven Jacobs	27/03/201 2	1	€ 1,39	€ 1,39
7	Gyroscoop	T000060	Sven Jacobs	27/03/201 2	1	€ 24,08	€ 24,08
8	Gyroscoop	T010050	Sven Jacobs	27/03/201 2	1	€ 10,77	€ 10,77
9	Gyroscoop	XT16MHZ	Sven Jacobs	28/03/201 2	1	€ 0,98	€ 0,98
10	Assen	ANO 1M Ronde buis o6MM	Sven Jacobs	19/04/201 2	1	€ 2,80	€ 2,80
11	Lagers	Kogellagers Chrome (4x)	Sven Jacobs	19/04/201 2	2	€ 6,00	€ 12,00
12	Frame	3D-printen bij "Lessius"	Jan Deblaere	3/05/2012	1	€ 100,00	€ 100,00
						<b>Totaal Betaald:</b>	<b>€ 161,29</b>



# Educating

---

## 5. Rapporten

Tijdens het project werd er een website gemaakt. Hierop bevindt zich een blog, alle documenten van de oriënteringsfase, een tussentijdse beschrijving van de SSV, een uiteindelijke beschrijving SSV, een afsluitend procesverslag en enkele foto's en afbeeldingen.

## **6. Besluit**

Ondanks het feit dat niemand ervaring had met het bouwen van een SSV, het werken met een zonnepaneel en nog heel wat andere dingen, hebben we dit project volgens ons tot een goed einde gebracht. We hebben op enkele kleinigheden na bereikt wat we vooropgesteld hadden. Hoe de race verlopen is kunnen we op dit moment nog niet zeggen aangezien deze door het slechte weer uitgesteld is. Wij hopen natuurlijk op een goede afloop.

## **7. Bronnen**

Alle geraadpleegde bronnen bevinden zich in het afsluitend procesverslag.

## 8. Bijlages

### 8.1. Kasticketjes

V  
A I T E C bvba  
Naamssesteenweg 380  
3001 Heverlee  
Tel:016/40.40.90  
Mail: info@aitec.be  
27/03/2012 201203544 17:16:57

2,00	KAP22P/100V	0,15	0,30
1,00	ATMEGA 168-20PU	3,95	3,95
1,00	KSB10N/100V	0,60	0,60
1,00	ER22U/35V	0,47	0,47
1,00	P232T	3,95	3,95
1,00	ICV28TUS	1,39	1,39
→ 1,00	A000066	24,20	24,20
1,00	T000060	24,08	24,08
1,00	T010050	10,77	10,77

TE BETALEN : 69,70 Euro  
Gegeven : 69,70 Euro  
Terug : 0,00 Euro

Bedankt voor uw aankoop en tot ziens!

V  
**RC-Design**

2 Kogellager chrome	12,00
Subtotaal:	9,92
Btw:	2,08
<b>Totaal INCL.</b>	<b>12,00</b>
Betaald met:	15,00
Wisselgeld:	3,00

**BEDANKT EN TOT ZIENS**

Verkoper: Wouter Goyens  
Datum: 19-04-2012 Tijd: 10:48 AM

V  
A I T E C bvba  
Naamssesteenweg 380  
3001 Heverlee  
Tel:016/40.40.90  
Mail: info@aitec.be  
28/03/2012 201203584 16:11:09

1,00 XT16MHZ 0,98 0,98

TE BETALEN : 0,98 Euro  
Gegeven : 2,00 Euro  
Terug : 1,02 Euro

Bedankt voor uw aankoop en tot ziens!

V  
Brico stock  
Steenstraat 4b  
3450 GEETBETS  
Telefoon : 011 58 62 01  
Fax : 011 58 86 18  
Ond.nr. : BE 0433.517.643  
RPR : Leuven

19-04-2012 \* 09u06m49s

Kastiket : 226130/(240846)  
Verkoper: Mariette

Omschrijving	Tot.Prs
ANO 1M RONDE BUIS 06MM 2.80	2.80

Basis	%	BTW	Totaal
2.31	21%	0.49	2.80

-< Betaling >-  
Bankcontact 2.80