

**GROEP T**



**SF**

**SolarFlare, Just The Best!**

## **Engineering Experience 4: SSV**

**Teamleden:**

**Bert Janssens  
Jan Fransen  
Soroush Qanawizian  
Stijn Vrancken  
Vince Vloeberghs  
Yannick De Waelheyns**

## **INHOUDSOPGAVE:**

### **1) CONCEPTUEEL DESIGN**

### **2) MECHANISCHE ANALYSE**

#### **2.1 STURINGSMECHANISME**

#### **2.2 GEAR RATIO**

#### **2.3 REKENVOORBEELD**

#### **2.4 KARAKTERISTIEK ZONNEPANEEL**

### **3) CASE SIMULINK**

### **4) ENERGETISCHE ANALYSE**

#### **4.1 SANKEY DIAGRAM**

### **5) BIBLIOGRAFIE**

## 1) CONCEPTUEEL DESIGN

Het ontwerp van de Solarwagen is essentieel voor het behalen van een goed eindresultaat. Daarom hebben wij in het begin van het project twee leden verantwoordelijk gesteld voor dit aspect. Het ontwerp bepaalt voor een groot deel de efficiëntie, het uitzicht en de prestaties van de zonnewagen.

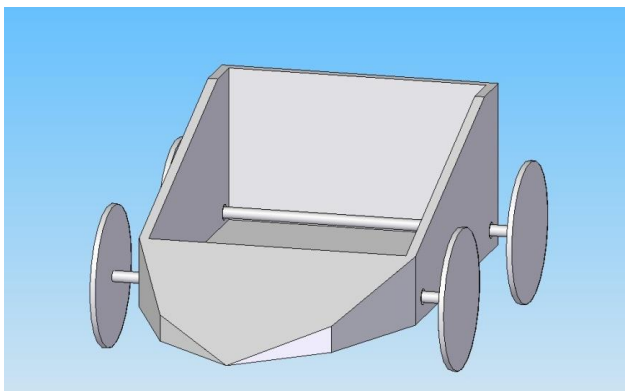
Alle begin is moeilijk. Ook bij dit ontwerp. Vele componenten kunnen we in het begin van het project nog geen plaats geven binnen de zonnewagen. Denk maar aan de DC-motor, het zonnepaneel en de besturing van de wagen, de servomotor voor de besturing van de wagen etc. Bij de aanvang van dit project hadden we nog geen idee hoe groot de servomotor zou zijn. Naarmate het project vorderde, kregen we een beter idee van welke onderdelen we wilden gebruiken en werd het ontwerp aangepast aan deze vereisten.

### De eerste twee weken:

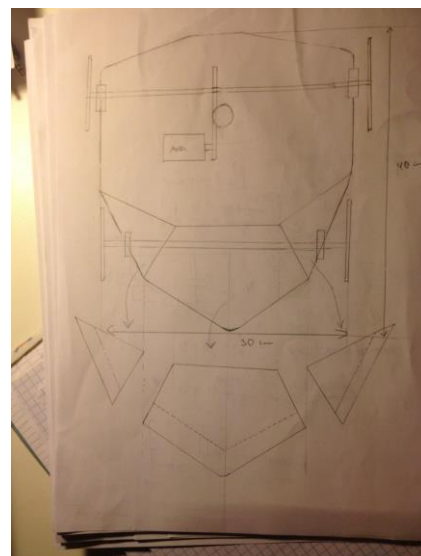
Na een brainstorm werd er duidelijk dat we een zonnewagen willen maken met sturing op de voorwielen. Dit is een grote verandering t.o.v. de vereisten die vorig jaar belangrijk waren. Zo hebben we geen begeleidingsrail die voorkomt dat de wagen van zijn traject afwijkt. Twee leden hadden vorig jaar het project al een keer uitgevoerd. Zij moeten hun visie ten opzichte van de functionaliteiten aanpassen.

De eerste vraag die iedereen zich stelde was met hoeveel wielen we zouden werken. Na een degelijke discussie, zijn we tot de conclusie gekomen dat we gaan werken met vier wielen. Dit leek ons de beste keuze als we willen werken met sturing op de voorwielen.

Vervolgens zijn we aan de tekentafel gaan zitten en hebben we enkele ruwe schetsen uitgewerkt. Dit zijn de twee ontwerpen die uit deze ontwerpfase zijn voortgekomen:



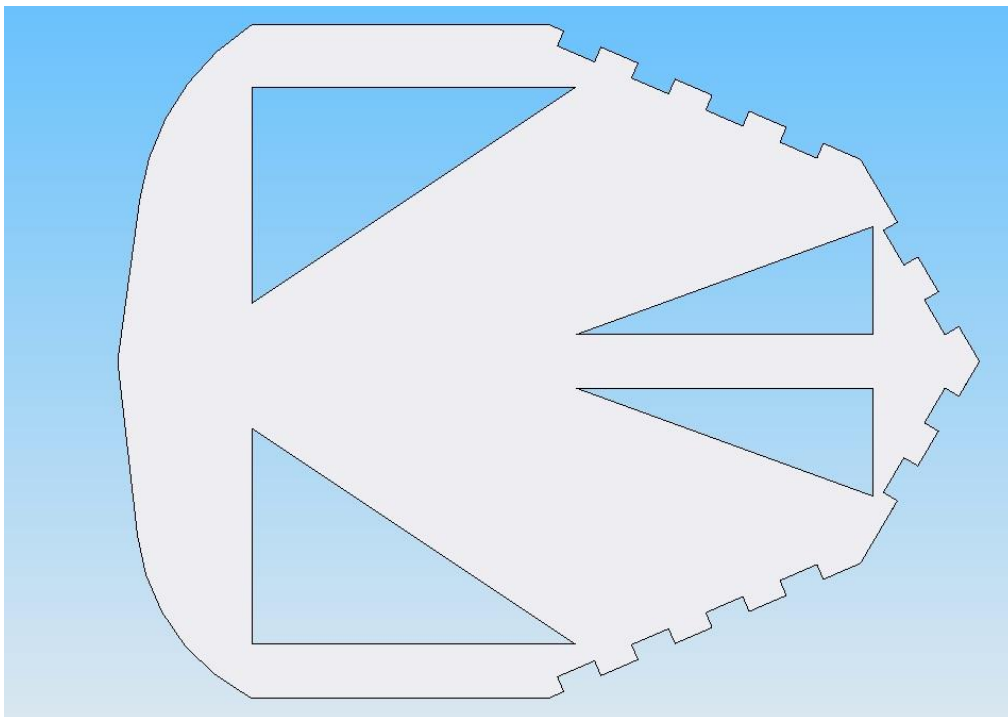
Figuur 1: ontwerp 1 van Jan



Figuur 2: ontwerp van Soroush

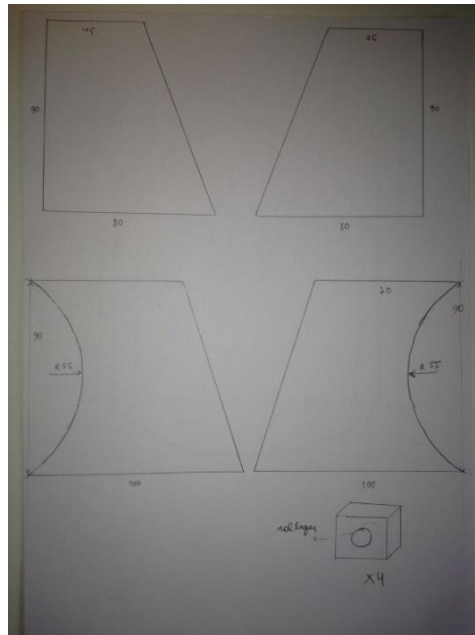
Week 3:

Deze twee ontwerpen werden voorgesteld tijdens de volgende vergadering. We hebben gekozen voor het ontwerp van Soroush als een degelijke basis. Omdat Jan goed met Solid Edge overweg kan, heeft hij deze tekening gedigitaliseerd in Solid Edge. Er zijn echter enkele aanpassingen gebeurd in het ontwerp van Soroush: zo heeft hij de Gulden Snede (een bekende verhouding die veel voorkomt in de natuur ) toegepast op enkele lengtes om deze realistischer en natuurgetrouwer te doen overkomen.

Het resultaat:

Figuur 3: ontwerp in Solid Edge

Zoals u ziet, zouden er in de gekartelde kanten van de bovenstaande tekening, de rest van het framework moeten komen. Deze onderdelen kan u zien in figuur 4. Deze zijanten zullen in een latere fase van het ontwerp verdwijnen.



Figuur 4: zijkanten van framework

#### Week 4:

De ontwerpen werden goedgekeurd door heel het team tijdens de vergadering van week 4. Toen stuitte we op een volgende probleem: uit welk materiaal gaan we het chassis maken? Na onderzoek kwamen we erachter dat we ofwel met MDF konden werken, ofwel met plexiglas. Jan deelde zijn ervaring uit zijn voorgaande projecten: plexiglas is extreem moeilijk om te lijmen. Ook is de massadichtheid van plexiglas, hoger als deze van MDF. (Massadichtheid MDF:  $0,75 \text{ g/cm}^3$ ; massadichtheid van plexiglas:  $1,19 \text{ g/cm}^3$  )

Hierdoor hebben we besloten om voorlopig het prototype te vervaardigen uit MDF.

#### Week 5:

Zoals u kon zien, werken we tot nu toe nog met zijkanten die gemonteerd worden op het chassis. Na week 5 zal dit ontwerp veranderen.

We zijn tot de conclusie gekomen dat het framework niet van MDF of andere stevige materialen moet gemaakt zijn. Het moet geen enorme krachten kunnen opvangen, moet niet waterdicht zijn en moet liefst zo licht mogelijk zijn.

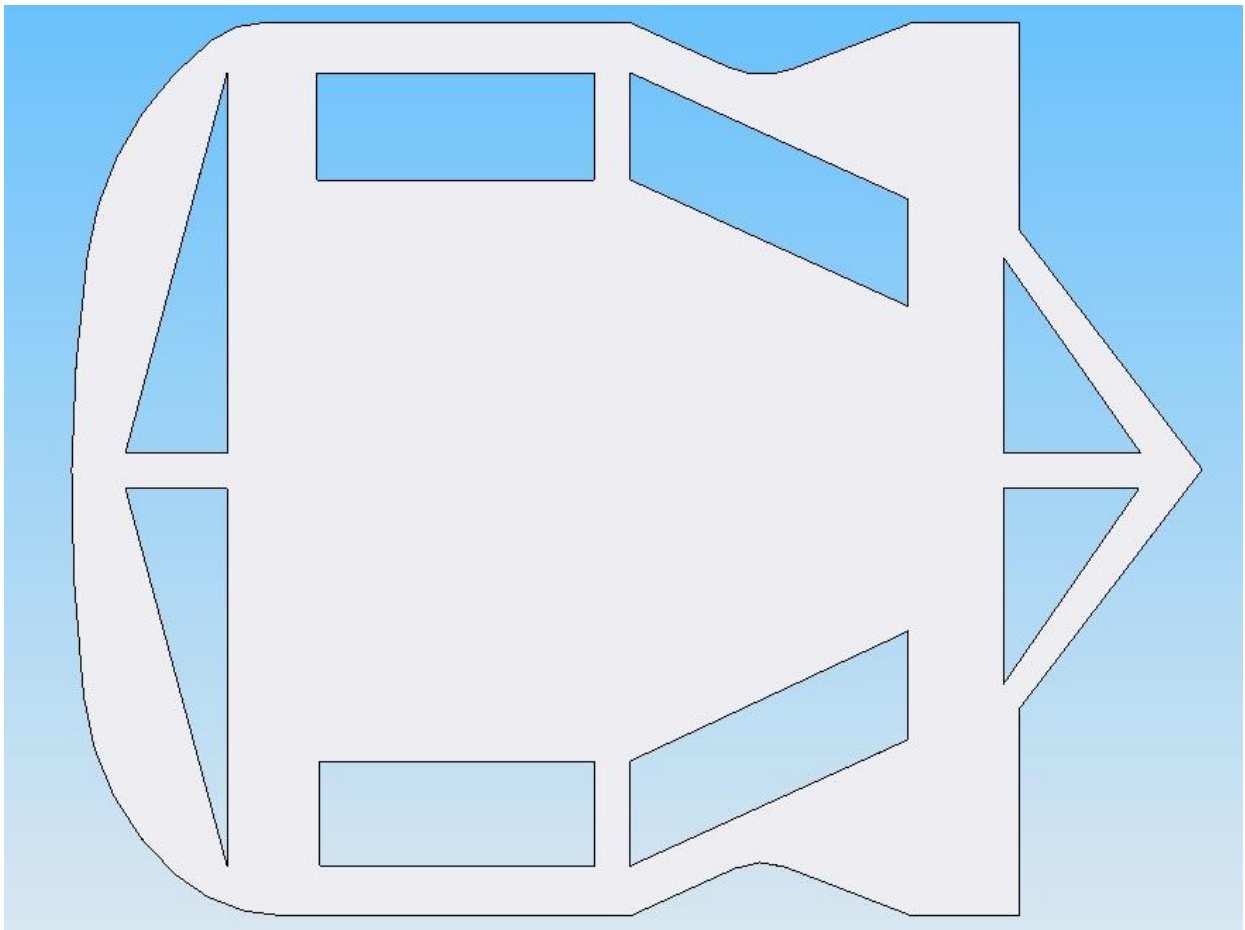
Daardoor gaan we werken met een soort van 'skelet' die de vorm moet weergeven van ons framework. Vervolgens spannen we over dit skelet een materiaal, bv. nylon, kunstleer, latex, ... en het skelet in combinatie met het materiaal over dit skelet gespannen, vormt dan ons uiteindelijke framework. Dit kan verleden worden met de concept car die BMW een aantal jaren geleden op het grote publiek heeft losgelaten: de BMW Gina Light Car Concept.

Uit welke materiaal het framework zullen maken, daar zijn we momenteel nog niet uit.



Figuur 5: BMS Gina Light Car Concept

Zo zal ons definitieve ontwerp van ons chassis er uitzien:



Figuur 6: definitief ontwerp chassis

## 2) MECHANISCHE ANALYSE

### 2.1 STURINGSMECHANISME

De bedoeling is om een zonnewagentje met sturing op afstandsbediening te maken. Het is dit jaar namelijk zo dat op de baan waarop het wagentje moet rijden geen reling voorzien is om het wagentje op een rechte koers te houden. Nu moeten we er zelf voor zorgen dat de wagen rechtdoor rijdt. Daarom dus onze keuze voor sturing. Zo zijn we zeker dat ons wagentje in de juiste rijdt.

De besturing bestaat uit enkele grote elementen. Eerst is er de zender, dit is de afstandsbediening die één van de teamleden zal hanteren. Deze zender zal radiogolven uitzenden die worden opgevangen door de ontvanger. Deze ontvanger is vastgemaakt in/op de zonnewagen en is verbonden met een servomotor. De servomotor gaat een draaiing uitvoeren die dan door middel van een overbrenging in een beweging van de wielen kan omgezet worden.

Aan de sturing op afstandsbediening zijn wel enkele nadelen verbonden. Zo is er eerst en vooral het gewicht dat een probleem kan vormen. Op het wagentje moeten een ontvanger, een servomotor maar ook een batterij voor de servomotor aanwezig zijn.

Een tweede nadeel is dat we niet weten hoe accuraat en/of gevoelig de sturing zal zijn. Dit probleem kan echter wel verholpen worden door uitvoerig testen en verder finetunen van onze wagen.

## 2.2 GEAR RATIO

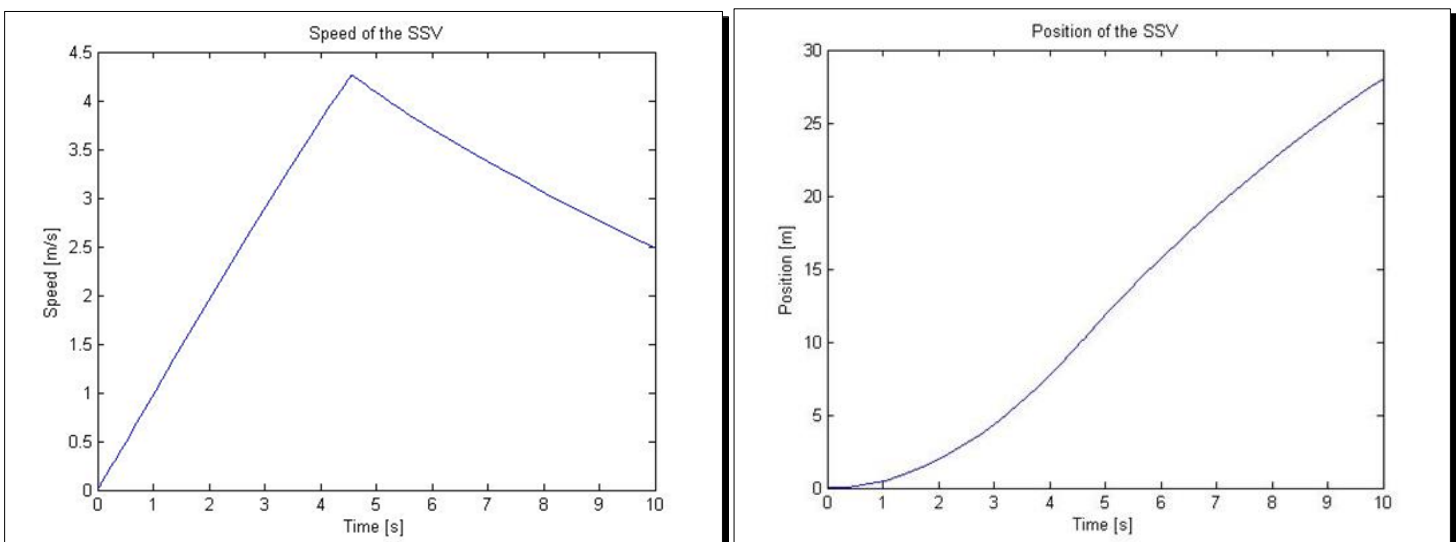
De parameters voor de Matlab-simulatie staan beschreven in onderstaande tabel.

Parameters			
zonnepaneel		SSV	
Isc (A)	1,03	m (kg)	0,9
Is (A)	0,00000001	r (m)	0,04
Ur (V)	0,0257	gear ratio	4,5
m	1,0875		5
N	16		5,5
DC-motor			6
R ( $\Omega$ )	3,32		6,5
Ke (V/rpm)	0,00089286		7
slope			7,5
g	9,81		8
$\alpha$ (rad)	0,1253		8,5
Air resistance		9	
Cw	0,5	rolling resistance	
A (m <sup>2</sup> )	0,0125	Crr	0,012
$\rho$	1,293		

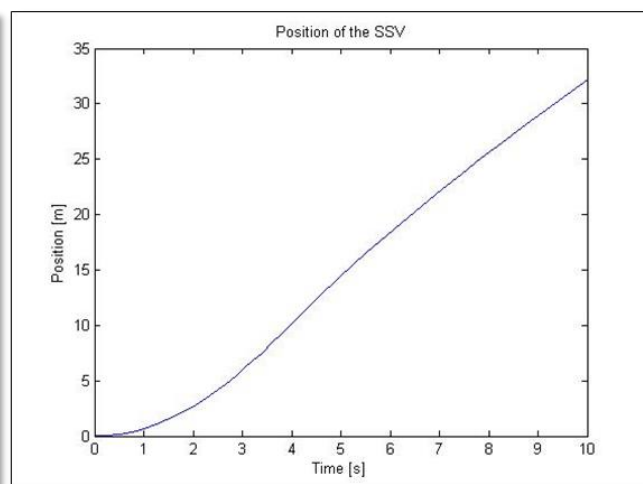
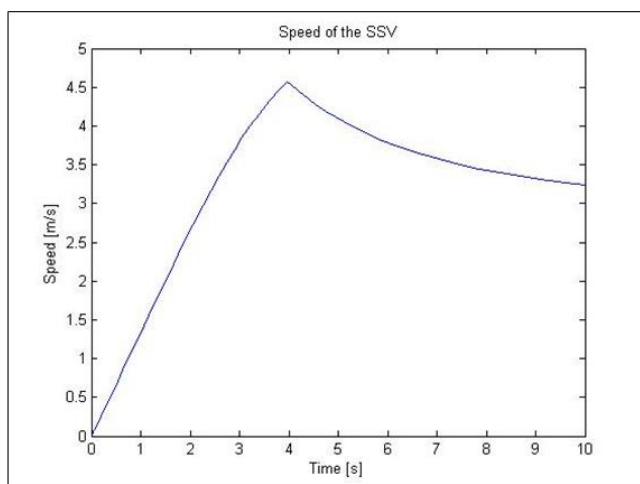
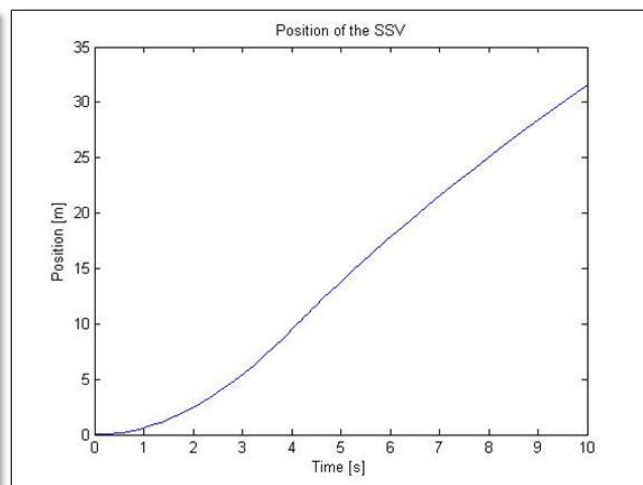
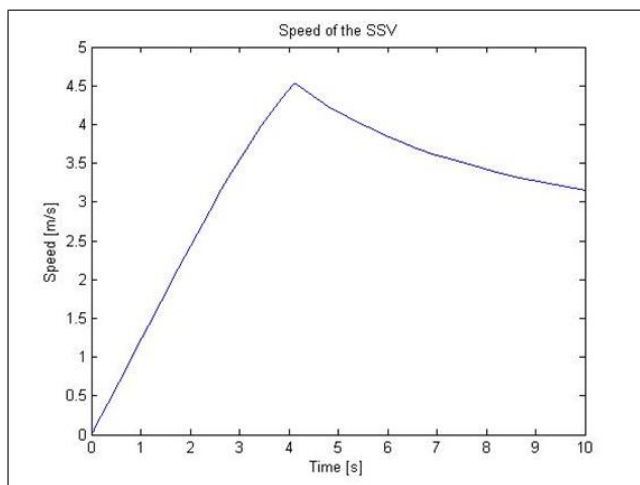
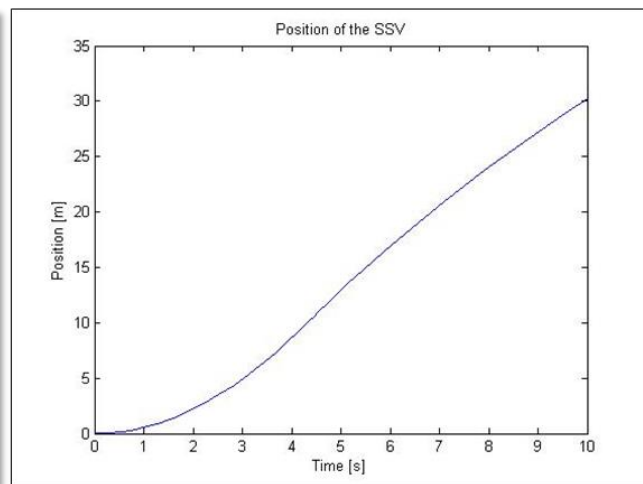
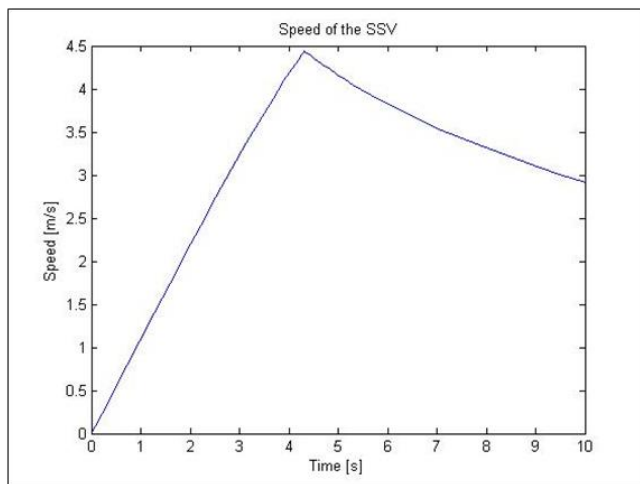
Tabel 1: parameters

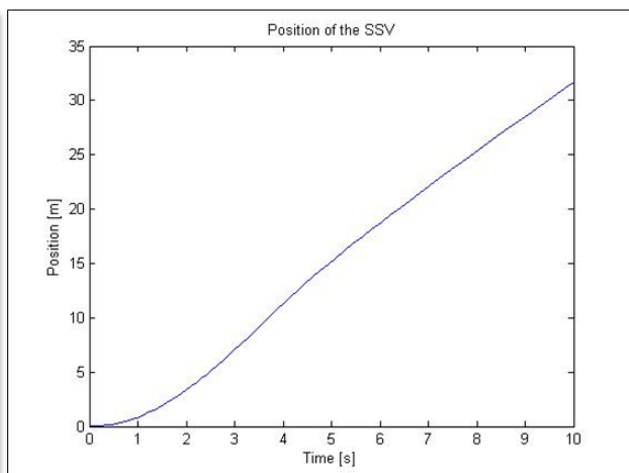
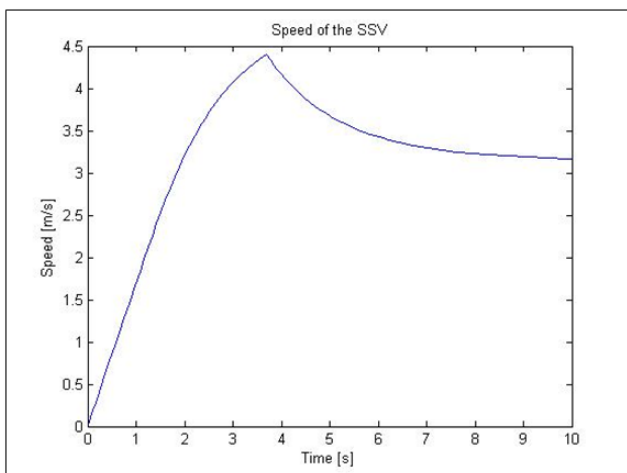
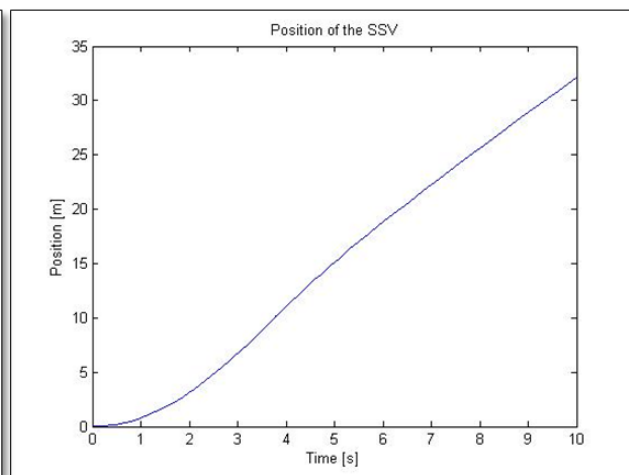
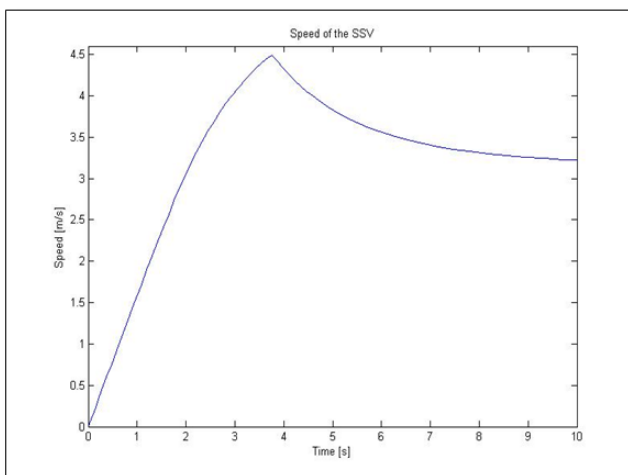
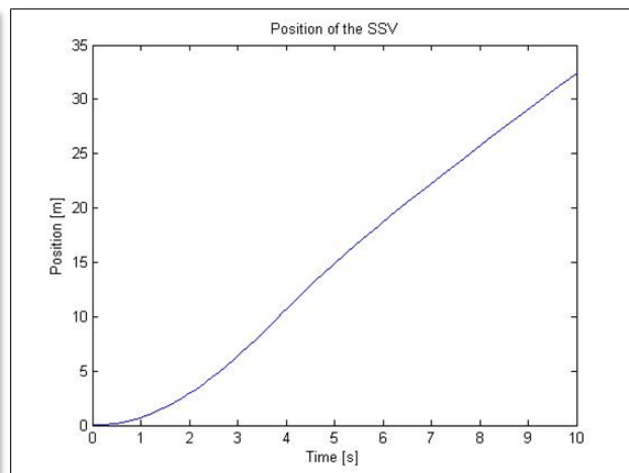
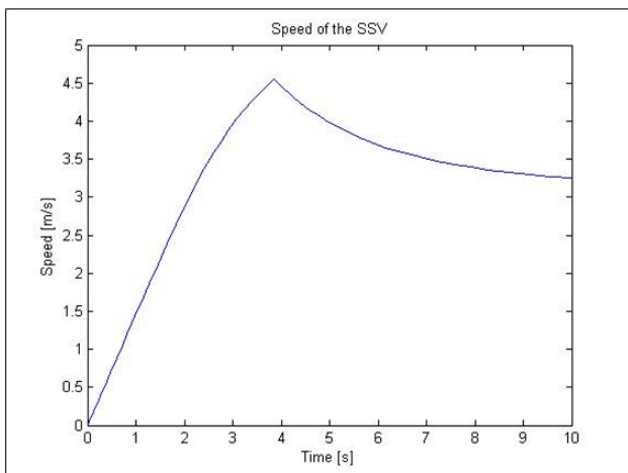
Op basis van de verplaatsing- en snelheidssimulatie concluderen wij dat de beste gear ratio zeven is. Bij een gear ratio van zeven haalt onze wagen de hoogst maximale snelheid namelijk 4,5 m/s. We halen deze snelheid ook in de snelste tijd namelijk in minder dan vier seconden. Als we als gear ratio zeven gebruiken dan zal onze verwachte racetijd ongeveer vijf seconden zijn.

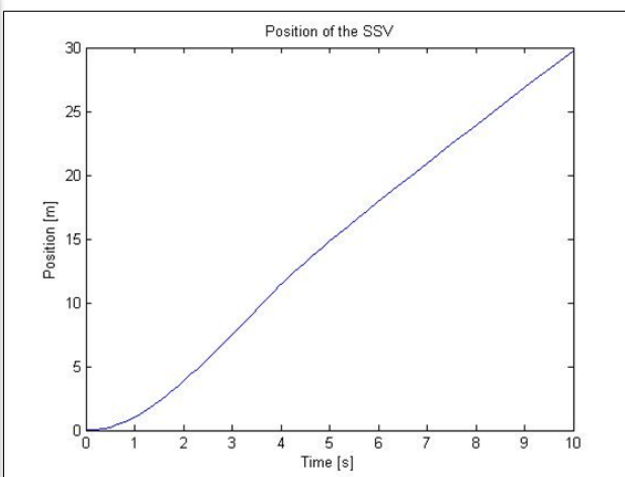
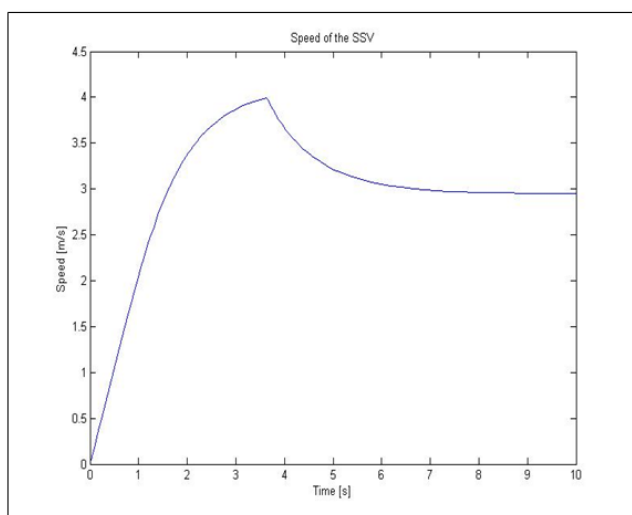
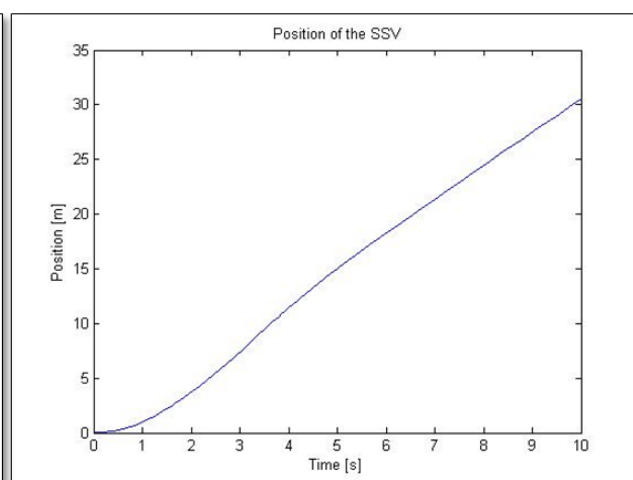
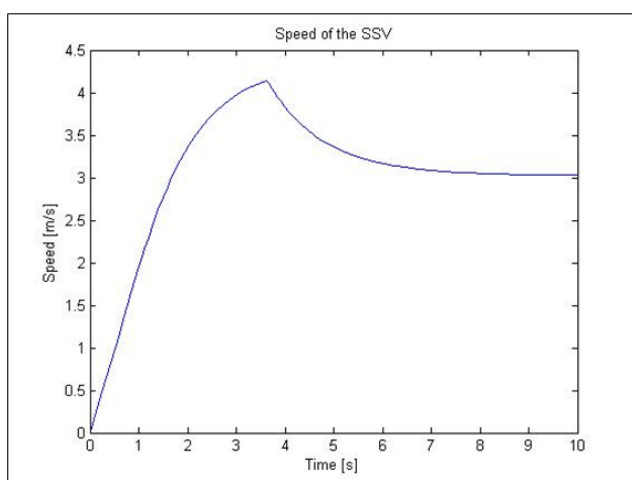
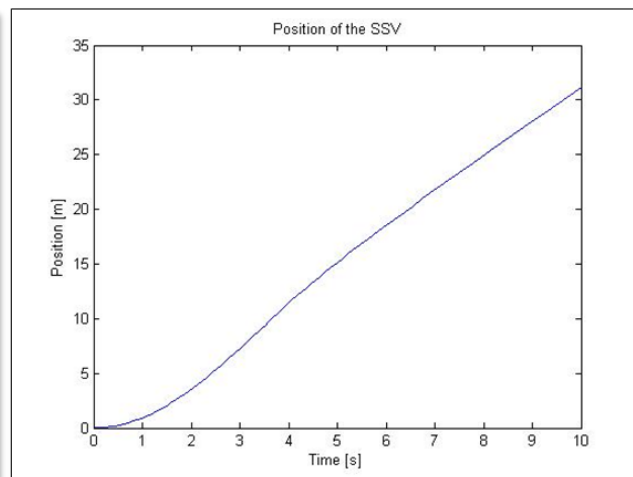
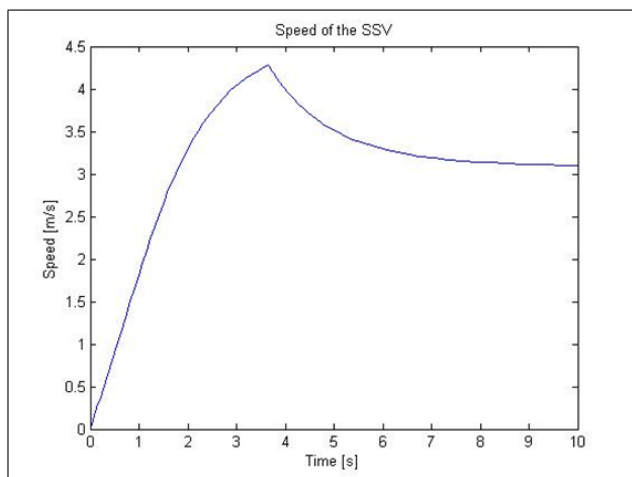
De onderstaande figuren zijn de verplaatsings- en snelheidsgrafieken. De linkse zijn de snelheidsgrafieken en de rechtse zijn de verplaatsingsgrafieken. De eerste grafieken zijn met een gear ratio van 4,5 en de laatste met een gear ratio van 9. We gaan van 4,5 naar 9 met stapjes van 0,5.











## 2.3 REKENVOORBEELD

### A) Zoek het nulpunt van een functie via de bisectiemethode

Om vertrouwd te geraken met de bisectiemethode, moest voor de functie  $y=1/2+\sin(x/2).e^{\sin(x/3)}$ , het nulpunt op deze manier gezocht worden. Hiervoor hebben we code van het internet gehaald en deze aangepast naar onze eigen noden.

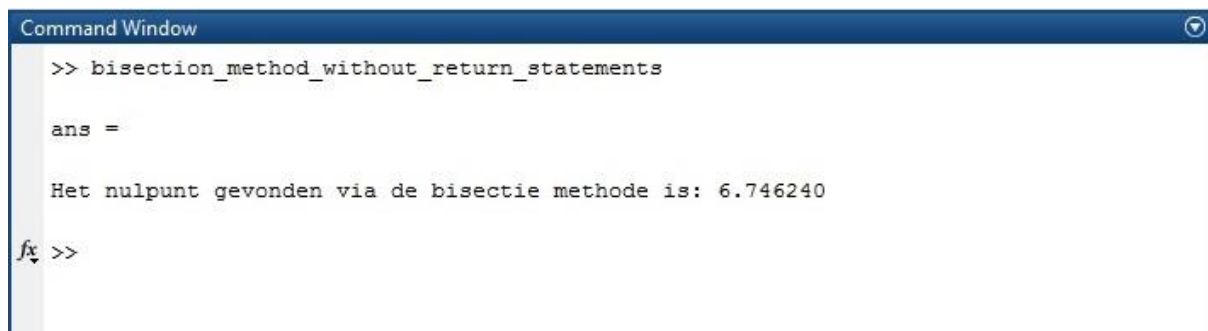
```

1      %BisectionMethod
2      %Dit is aangepaste code van het internet
3      function [] = bisection_method_without_return_statements()
4
5      syms x;
6      func = 1/2+sin(x/2)*exp(sin(x/3)); %Dit is de functie
7      xl = 0;
8      xu = 10;
9      searchingPoint = 0; %Hier zegt je dat hij het nulpunt moet zoeken
10     decimalplaces = 5; %Het aantal getallen na de komma
11     if (decimalplaces>5)
12         decimalplaces = 5;
13     end
14
15     function_value_at_xl=subs(func,x,xl); %vervangt in func x door xl
16     function_value_at_xu=subs(func,x,xu);
17     check_limits=function_value_at_xl*function_value_at_xu;
18
19     i=0;
20     while(true) %deze while loop heeft geen conditie om te stoppen..
21         xr=(xl+xu)/2;
22
23         termination_check=abs(xl-xr);
24         if (termination_check<.5*10^-decimalplaces) %nulpunt in helft interval
25             break % wanneer je hier bent, ga je pas uit de while loop
26         end
27
28         function_value_at_xr=subs(func,x,xr);
29         function_value_at_xl=subs(func,x,xl);
30         sprintf('%f', function_value_at_xr);
31
32         check=function_value_at_xr*function_value_at_xl;
33
34         if(check<searchingPoint)%Hier wordt de bisectie methode echt toegepast
35             xu=xr;
36         elseif (check>searchingPoint)
37             xl=xr;
38         end
39
40         i=i+1;
41     end
42     sprintf('Het nulpunt gevonden via de bisectie methode is: %f', xr)
43 end
44
45

```

Figuur 7: code voor de bisectiemethode

1.



```

Command Window
>> bisection_method_without_return_statements

ans =

Het nulpunt gevonden via de bisectie methode is: 6.746240

fx >>

```

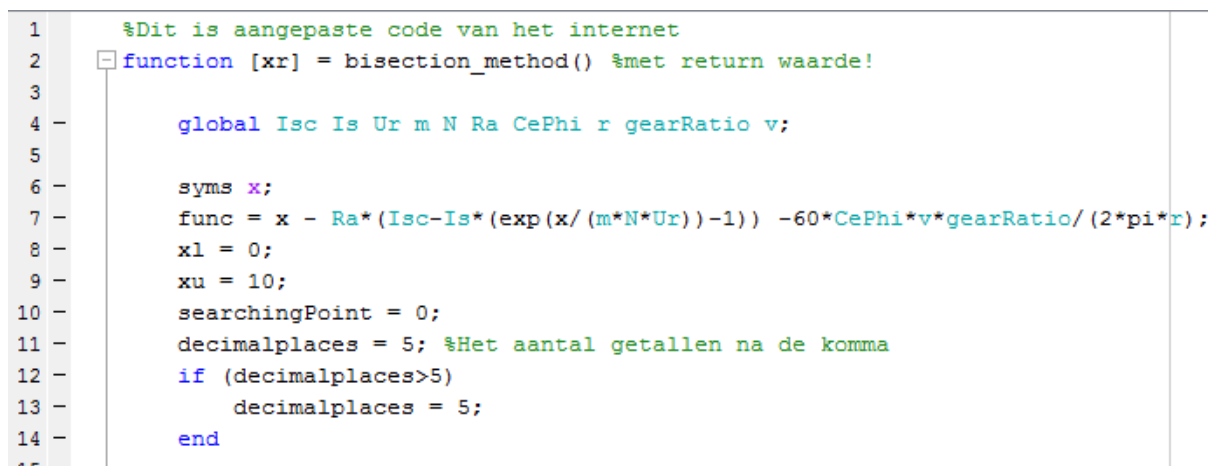
Figuur 8: uitkomst van de code voor de bisectiemethode

### B) Benader de verplaatsings- en snelheidskarakteristiek via de numerieke benaderingstechniek

We moesten de eerste seconde van de verplaatsings- en snelheidskarakteristiek numeriek benaderen met de hulp van de bisectiemethode. Dit voor twee tijdsintervallen: 0,1s en 0,2s. Binnen deze tijdsintervallen nemen we telkens aan dat de versnelling constant is.

Hiervoor hebben we zelf een programma geschreven in matlab dat telkens de spanning berekend via de bisectiemethode. De code voor de bisectiemethode is in essentie dezelfde als hierboven, maar met andere parameters en met een return waarde (zie figuur 9).

Bij de code die we zelf geschreven hebben (figuur 10) wordt er telkens een while loop uitgevoerd die stopt wanneer de tijd gelijk is aan 1s en sprongen maakt van 0,1s of 0,2s (naargelang je zelf instelt). De resultaten worden dan uitgeprint in het command window dewelke we dan in een tabel zetten (tabel 2 en 3).



```

1   %Dit is aangepaste code van het internet
2   function [xr] = bisection_method() %met return waarde!
3
4   global Isc Is Ur m N Ra CePhi r gearRatio v;
5
6   syms x;
7   func = x - Ra*(Isc-Is*(exp(x/(m*N*Ur))-1)) -60*CePhi*v*gearRatio/(2*pi*r);
8   xl = 0;
9   xu = 10;
10  searchingPoint = 0;
11  decimalplaces = 5; %Het aantal getallen na de komma
12  if (decimalplaces>5)
13      decimalplaces = 5;
14  end
15

```

Figuur 9: andere parameters voor bicetiemethode

```

1 function [] = Untitled()
2     %constants
3     global Isc Is Ur m N Ra CePhi r gearRatio v;
4     g = 9.81;
5     Crr = 0.012;
6     CePhi = 1120^-1; %uit datasheet DC motor, inverse van de speedconstante
7     r = 0.04; %diameter wiel
8     M = 0.9;
9     Cw = 0.5;
10    A = 0.0125;
11    rho = 1.293;
12    Isc = 1.03;
13    Is = 1e-8;
14    m = 1.0875;
15    N = 16;
16    Ur = 25.7*(10^-3);
17    Ra = 3.32;
18    gearRatio = 7;
19    T = 2e-1;
20
21    %initial conditions
22    a = 0;
23    s = 0;
24    v = 0;
25    I = Isc;
26    E = CePhi*60*v*gearRatio/(2*pi*r);
27    t = 0;
28
29
30
31
32
33    %calculations
34
35    while(t<1)
36        options=optimset('TolFun',1e-15);
37
38        sol = bisection_method(); %Hier voer je de bisectie methode uit
39        U=sol;
40
41        if U>9
42            I=0;
43        else
44            I=Isc-Is*(exp(U/(m*N*Ur))-1);
45        end
46
47        if(s<10)
48            alpha = 0;
49        else
50            alpha = 7.18;
51        end
52
53        if(v == 0)
54            a = g*(-sind(alpha)-cosd(alpha)*Crr)- Cw*A*rho*v^2/(2*M) + ...
55                (60*CePhi*gearRatio/(2*pi*r))*(I/M);
56        else
57            a = g*(-sind(alpha)-cosd(alpha)*Crr)- Cw*A*rho*v^2/(2*M) + ...
58                (I*E)/(M*v);
59        end
60
61        t = t+T;
62        v = v + a*T;
63        s = s + v*T + a*T^2/2;
64        E = CePhi*60*v*gearRatio/(2*pi*r);
65
66        sprintf('t = %f, U = %f, I = %f, a = %f, v = %f, s = %f, E = %f' ...
67            ,t , U, I, a, v, s, E)
68
69    end

```

Figuur 10: code om verplaatsings- en snelheidskarakteristiek numeriek te bepalen

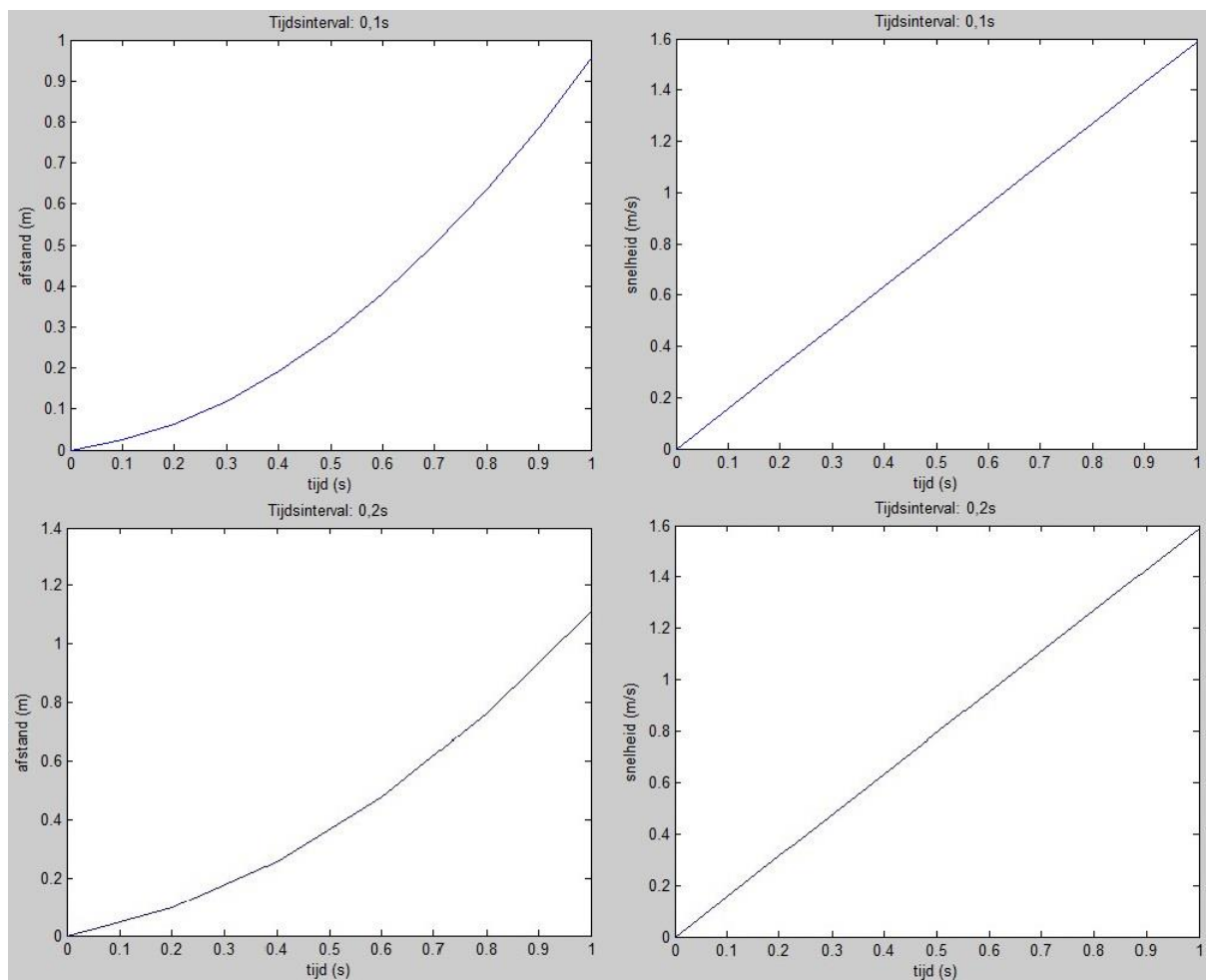
t [s]	U(t) [V]	i(t) [A]	a(t) [m/s <sup>2</sup> ]	v(t) [m/s]	s(t) [m]	E(t) [V]
0	0	1,03	0	0	0	0
0,1	3,419495	1,029979	1,589845	0,158985	0,023848	0,237217
0,2	3,656921	1,029964	1,589707	0,317955	0,063592	0,474414
0,3	3,893738	1,02994	1,589326	0,476888	0,119227	0,711554
0,4	4,130554	1,029897	1,588689	0,635757	0,190746	0,948598
0,5	4,367371	1,029826	1,587776	0,794534	0,278139	1,185507
0,6	4,604187	1,029704	1,586555	0,95319	0,38139	1,422233
0,7	4,840393	1,029498	1,584969	1,111687	0,500484	1,658723
0,8	5,075378	1,02915	1,582923	1,269979	0,635396	1,894907
0,9	5,309753	1,028565	1,58026	1,428005	0,786098	2,130695
1	5,542297	1,027587	1,576724	1,585677	0,95255	2,365954

Tabel 2: resultatentabel met intervallen van 0.1s

t [s]	U(t) [V]	i(t) [A]	a(t) [m/s <sup>2</sup> ]	v(t) [m/s]	s(t) [m]	E(t) [V]
0	0	1,03	0	0	0	0
0,2	3,419495	1,029979	1,589845	0,317969	0,095391	0,474434
0,4	3,893738	1,02994	1,589326	0,635834	0,254344	0,948714
0,6	4,367981	1,029825	1,587776	0,953389	0,476777	1,422531
0,8	4,840393	1,029498	1,584966	1,270383	0,762553	1,895509
1	5,310364	1,028563	1,580253	1,586433	1,111445	2,367081

Tabel 3: resultatentabel met intervallen van 0.2s

We zien bij de resultatentabellen duidelijk een verschil in getalwaarden. Dit valt moeilijker te zien op de snelheids- en verplaatsingskarakteristieken (figuur 11) op de verschillen zeer klein zijn. De oorzaak hiervan is, dat we telkens aannemen dat  $a$  constant is binnen één tijdsinterval en dit in realiteit niet zo is. Hoe groter dit tijdsinterval is, hoe groter de fout gaat zijn. Indien we het tijdsinterval als infinitesimaal klein deeltje nemen, zouden we dus wel exact de juiste waarden uitkomen. Dit is ook wat er gebeurt tijdens de simulatie bij de vorige opdrachten van dit project. Daar nemen we het tijdsinterval zo klein, namelijk  $10^{-5}$ s, dat dit het infinitesimaal deeltje al veel beter nadert dan onze 0,1s en 0,2s.



Figuur 11: verplaatsings- en snelheidskarakteristieken met tijdsintervallen 0.1s en 0.2s



## 2.4 KARAKTERISTIEK ZONNEPANEEL

### A) De metingen

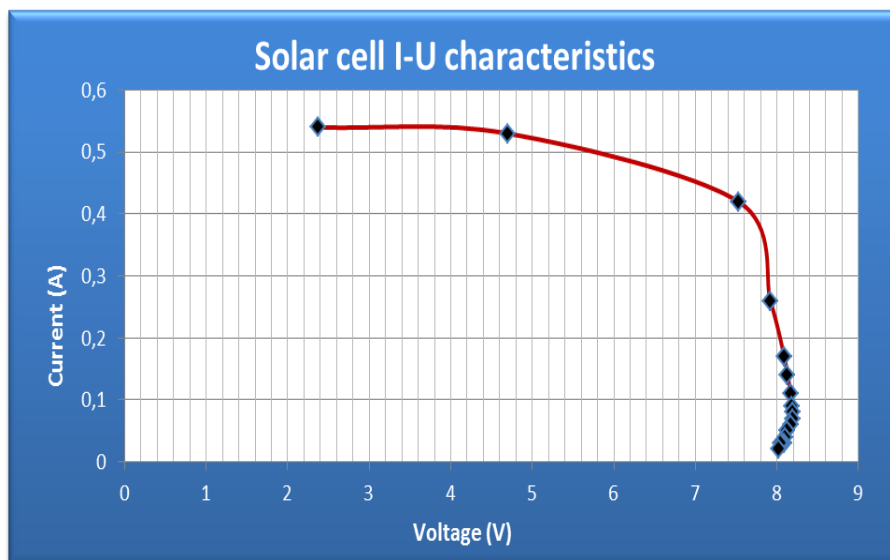
We hebben eerst de openklemspanning en de kortsluit stroom bepaald die zijn respectievelijk 8,51 V en 0,54 A. Daarna hebben we een regelbare weerstand toegevoegd aan de schakeling. Terwijl we de weerstand van 0 naar 300 ohm brengen, meten we de spanning en de stroom. Hiermee kunnen we dan de stroom/spanning grafiek bepalen.

I (A)	Fout I	U (V)	fout U	P(W)	Fout P
0,54	0,01	2,37	0,01	1,2798	0,0291
0,53	0,01	4,7	0,01	2,491	0,0523
0,42	0,01	7,53	0,01	3,1626	0,0795
0,26	0,01	7,92	0,01	2,0592	0,0818
0,17	0,01	8,09	0,01	1,3753	0,0826
0,14	0,01	8,13	0,01	1,1382	0,0827
0,11	0,01	8,17	0,01	0,8987	0,0828
0,09	0,01	8,18	0,01	0,7362	0,0827
0,08	0,01	8,19	0,01	0,6552	0,0827
0,07	0,01	8,19	0,01	0,5733	0,0826
0,06	0,01	8,17	0,01	0,4902	0,0823
0,05	0,01	8,13	0,01	0,4065	0,0818
0,05	0,01	8,12	0,01	0,406	0,0817
0,04	0,01	8,1	0,01	0,324	0,0814
0,03	0,01	8,09	0,01	0,2427	0,0812
0,03	0,01	8,07	0,01	0,2421	0,081
0,03	0,01	8,04	0,01	0,2412	0,0807
0,02	0,01	8,02	0,01	0,1604	0,0804

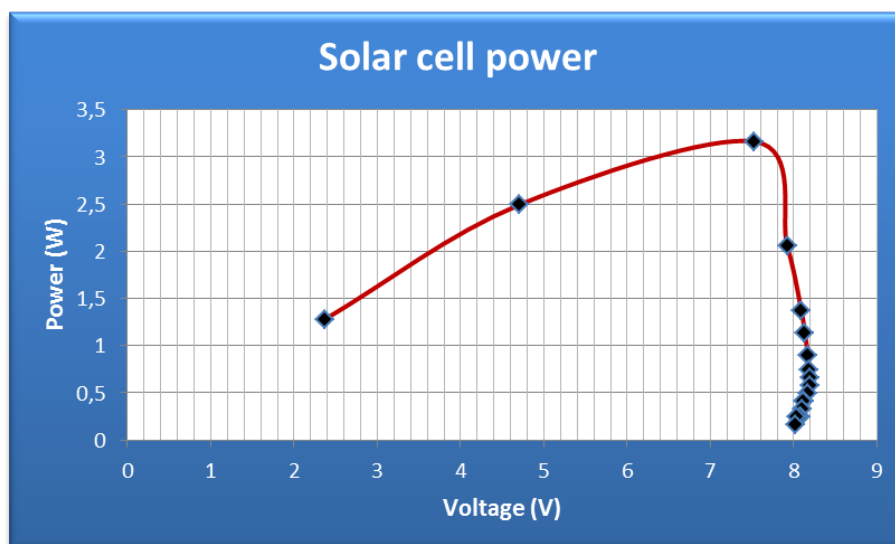
Tabel 4: metingen

De rood gekleurde waarden in de tabel zijn eigenlijk fout want we zien dat de spanning daalt als de stroom daalt terwijl dat we verwachten dat de spanning continu stijgt. Dit komt omdat het zonnepaneel te warm geworden is tijdens de metingen.

De fout op de spanning en de stroom is 0,01 omdat dit de nauwkeurigste waarden is die we kunnen aflezen van de multimeter. De fout op het vermogen is  $\delta(U * I) = \left(\frac{\delta(U)}{U} + \frac{\delta(I)}{I}\right) * (U * I)$ .



Figuur 12: I-U karakteristiek



Figuur 13: P-U karakteristiek

Bij de U-I grafiek en de P-U grafiek zien we dat de spanning stijgt tot iets na 8 volt en daarna daalt. Dit verloop verwachten we niet. Normaal gezien moet de spanning blijven stijgen tot de openklemspanning. In ons geval is dit van 0 volt tot 8,51 volt. Uit de P-U grafiek halen we dat het maximaal vermogen dat het zonnepaneel kan leveren tussen de 3 en 3,5 watt is.

## B) Karakteristiek van de oude zonnepaneel

Om de diode factor te bepalen hebben we eerst een tabel opgesteld van spanningen (van 0 tot de openklemspanning). Dan hebben we deze formule  $I = I_{sc} - I_s * A * (e^{\frac{U}{U_r * N * m}} - 1)$  gebruikt waarbij we verschillende m waarden hebben uitprobeerde. Met de spanningen en de stromen stelden we de U-I grafiek op.

	naam	waarde	fout	eenheid
I <sub>sc</sub>	short circuit current	0,54	0,01	A
I <sub>s</sub>	saturation current	1E-08	/	A/m <sup>2</sup>
U <sub>r</sub>	thermal voltage	0,0257	/	V
N	number of solar cells in serie	15	/	
U	openklemspanning	8,51	0,01	V
A	oppervlakte zonnecellen	0,036	0,0015	m <sup>2</sup>

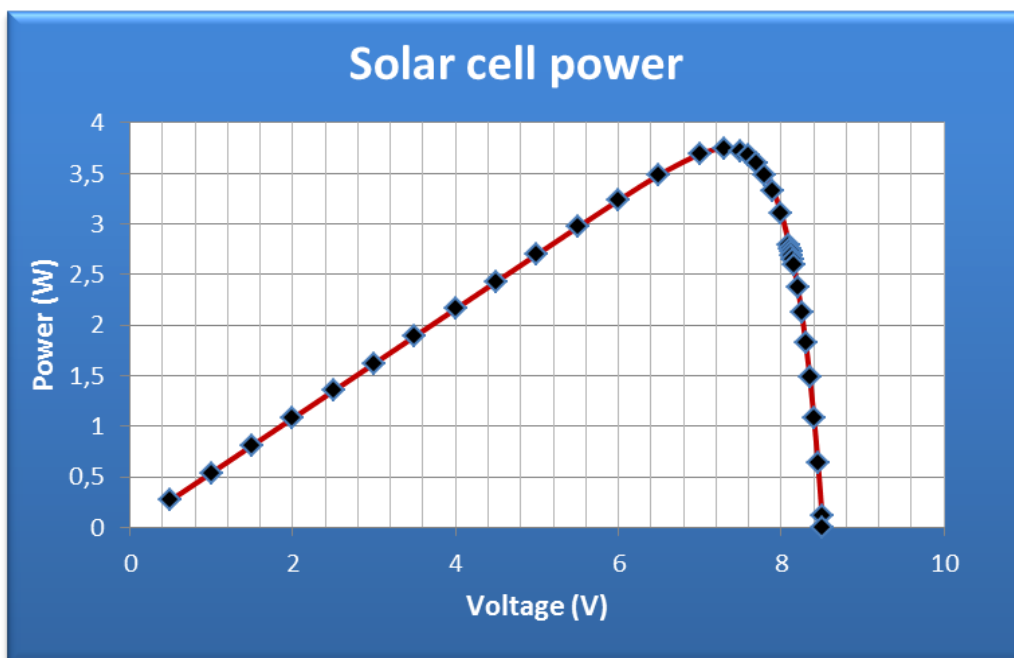
Tabel 5: waarden van het zonnepaneel

Telkens we een andere diode factor gebruiken, kijken we of dat de grafiek van de spanningen en de stromen mooi overeenkomt met die dat in de slides staan op Toledo (zie PowerPoint Semi\_2Solar panel and DC motor).

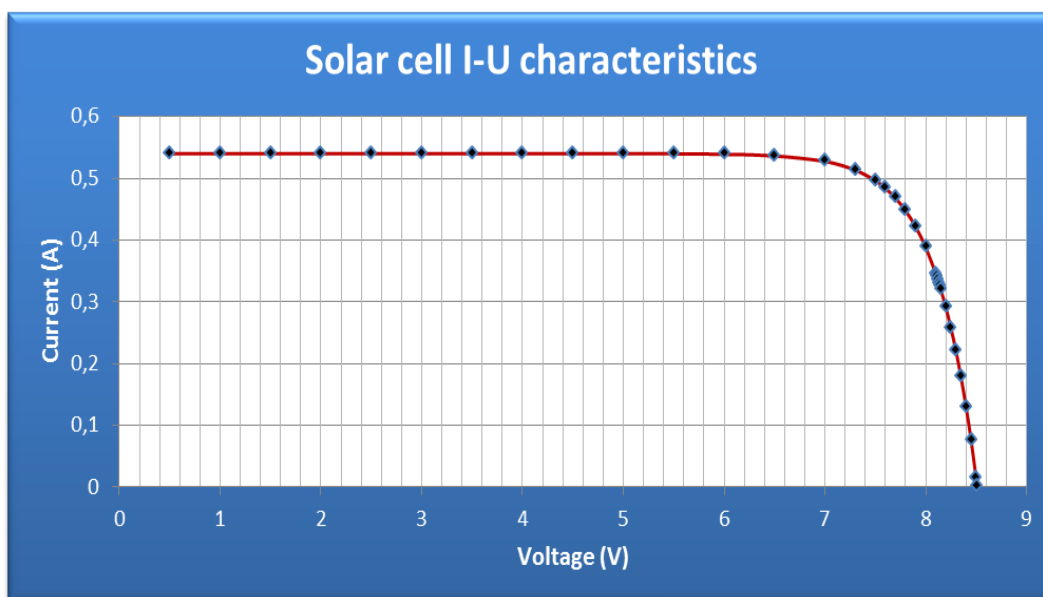
De diode factor die we dan verkrijgen is 1,04485.

U	I	P	U	I	P	U	I	P
0,5	0,54	0,27	6,5	0,53633	3,48614	8,13	0,33000797	2,68296
1	0,54	0,54	7	0,5273	3,6911	8,14	0,32472927	2,6433
1,5	0,54	0,81	7,3	0,513253	3,74674	8,15	0,31931788	2,60244
2	0,54	1,08	7,5	0,496053	3,7204	8,2	0,2901508	2,37924
2,5	0,54	1,35	7,6	0,483669	3,67588	8,25	0,25712876	2,12131
3	0,539999	1,619998	7,7	0,467795	3,60202	8,3	0,21974227	1,82386
3,5	0,539998	1,889993	7,8	0,447447	3,49009	8,35	0,17741449	1,48141
4	0,539993	2,15997	7,9	0,421365	3,32878	8,4	0,12949233	1,08774
4,5	0,539974	2,429885	8	0,387933	3,10346	8,45	0,07523641	0,63575
5	0,539911	2,699557	8,1	0,34508	2,79515	8,5	0,01380959	0,11738
5,5	0,539693	2,968314	8,11	0,34018	2,75886	8,51	0,00058243	0,00496
6	0,538939	3,233636	8,12	0,335157	2,72148			

Tabel 6: U,I en P van het oude zonnepaneel



Figuur 14: P-U grafiek



Figuur 15: U-I grafiek

### C) Karakteristiek van het nieuwe zonnepaneel

De diode factor bekomen we op dezelfde manier als met het oude zonnepaneel.

Om de diode factor te bepalen hebben we eerst een tabel opgesteld van spanningen (van 0 tot de openklemspanning). Dan hebben we deze formule  $I = I_{sc} - I_s * A * (e^{\frac{U}{U_r * N * m}} - 1)$  gebruikt waarbij we verschillende m waarden hebben uitgetoet. Met de spanningen en de stromen stelden we de U-I grafiek op.

U	I	P	U	I	P
0,5	1,03	0,515	7,8	1,011697	7,891237
1	1,03	1,03	8	1,001374	8,010993
1,5	1,03	1,545	8,2	0,985229	8,078879
2	1,03	2,06	8,4	0,959978	8,063818
2,5	1,03	2,575	8,6	0,920486	7,91618
3	1,03	3,089999	8,8	0,85872	7,556736
3,5	1,029999	3,604996	8,9	0,815797	7,260595
4	1,029996	4,119985	9	0,762118	6,859061
4,5	1,029989	4,634949	9,1	0,694987	6,324378
5	1,029965	5,149825	9,2	0,611032	5,621496
5,5	1,029893	5,664412	9,3	0,506039	4,706161
6	1,029673	6,178039	9,4	0,374734	3,5225
6,5	1,029	6,6885	9,45	0,297214	2,808677
7	1,026941	7,188587	9,5	0,210524	1,99998
7,3	1,024017	7,475323	9,55	0,113578	1,084672
7,6	1,018297	7,73906	9,6	0,005163	0,049569

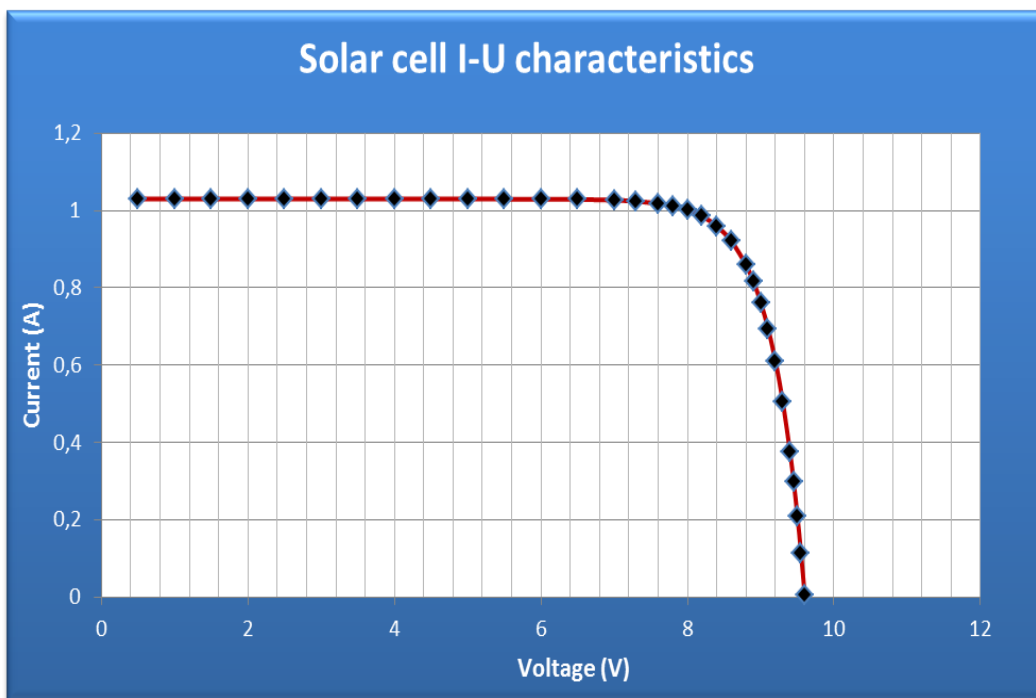
Tabel 7: U, I en P van het zonnepaneel

Telkens we een andere diode factor gebruiken, kijken we of dat de grafiek van de spanningen en de stromen mooi overeenkomt met die dat in de slides staan op Toledo (zie PowerPoint Semi\_2Solar panel and DC motor).

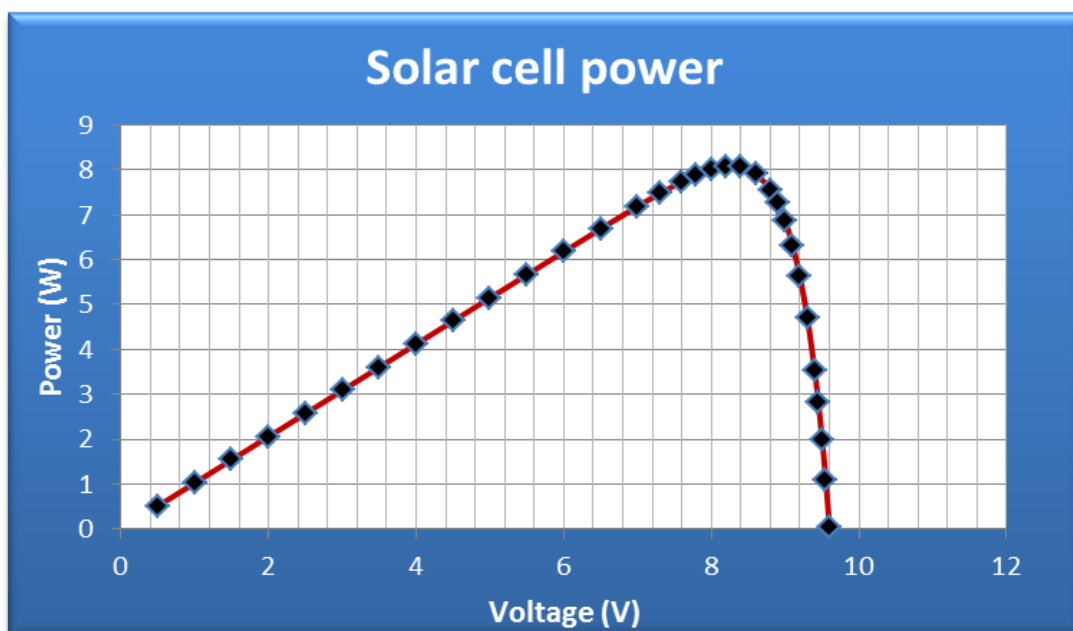
De diode factor die we uiteindelijk verkrijgen is 1,0875.

	naam	waarde	eenheid
Isc	short circuit current	1,03	A
Is	saturation current	0,00000001	A/m <sup>2</sup>
Ur	thermical voltage	0,0257	V
N	number of solar cells in serie	16	
U	openklemspanning	9,6	V
A	oppervlakte zonnecellen	0,048672	m <sup>2</sup>

Tabel 8: waarden van het zonnepaneel



Figuur 16: I-U karakteristiek

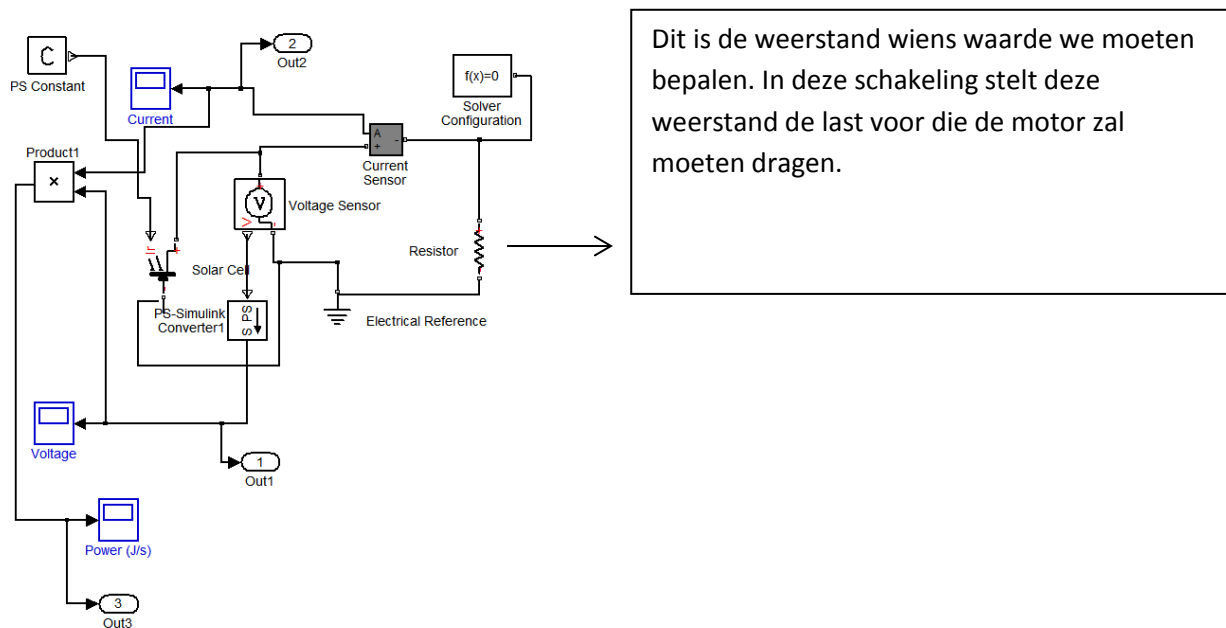


Figuur 17: zonnepaneel P-U

### 3) CASE SIMULINK

#### Vraag1:

Simuleer het gedrag van je zonnepaneel gekoppeld aan een weerstand van tussen 10 Ohm en 100 Ohm met stappen van 10 Ohm. Maak een grafiek van de stroom (x-as) en spanning (y-as) relatie voor deze verschillende weerstandswaarden. Bij welke weerstand is het geleverd vermogen aan de last maximaal?



Deze afbeelding stelt de schakeling voor om de load te bepalen, waarvoor het zonnepaneel maximaal vermogen levert.

## Data Sheet:

```

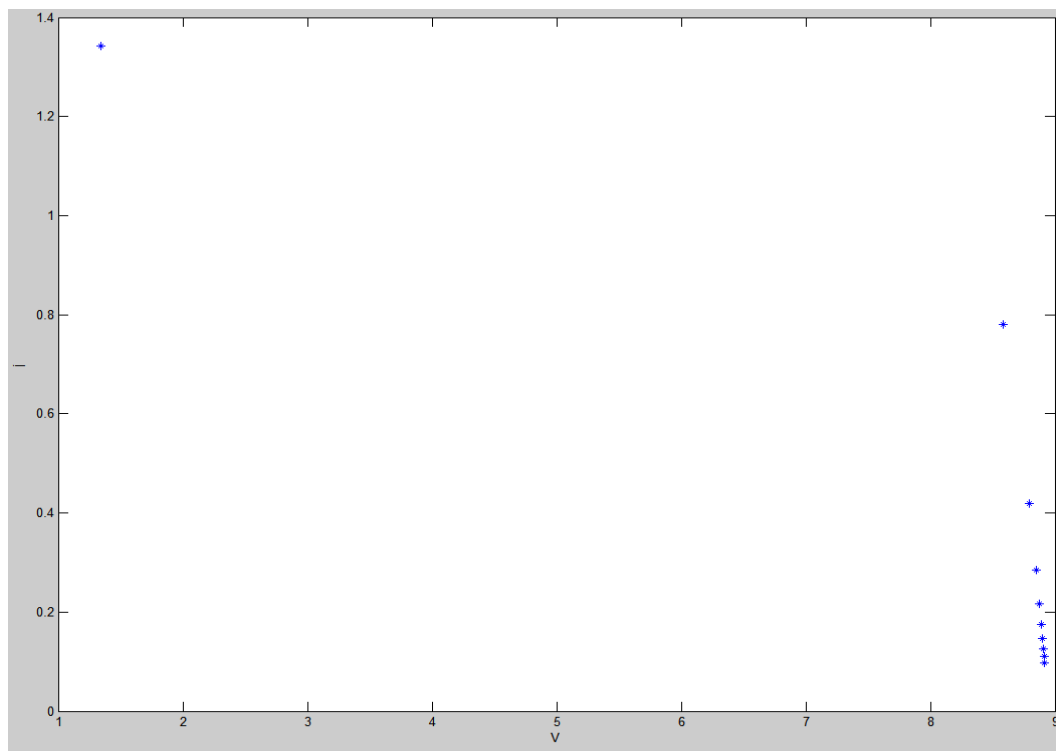
1 - clear all;
2 - close all;
3
4 - %%% Solar Power
5 - Ir = 1000 ; % solar irradiance [W/m^2]
6 - Is= 1e-8 ;% saturation current [ A/m^2]
7 - Isc= 0.94 ; %short circuit current [A]
8 - Voc =8.8/15; %Open circuit voltage [V]
9 - Ir0=700; %irradiance used for measurements [W/m^2]
10 - N = 1.1; %diode quality factor
11
12
13 - V=[];
14 - I=[];
15 - P=[];
16
17 - for R=1:10:100
18
19 -     sim('Case1_a',10); % Simulate Simulink model "Solar_cell.mdl" for 10 sec.
20
21 -     V= [V yout(end,1)];
22 -     I=[I yout(end,2)];
23 -     P=[P yout(end,3)];
24
25 - end
26
27
28 - figure(1)
29 - plot(V,I,'b*');
30 - ylabel('I');
31 - xlabel('V');
32
33 - figure(2)
34 - plot(V,P,'r*');
35 - ylabel('P');
36 - xlabel('V');
37
38
39

```

Parameters voor in de simulink file

Schakeling voorgemaakt op toledo.

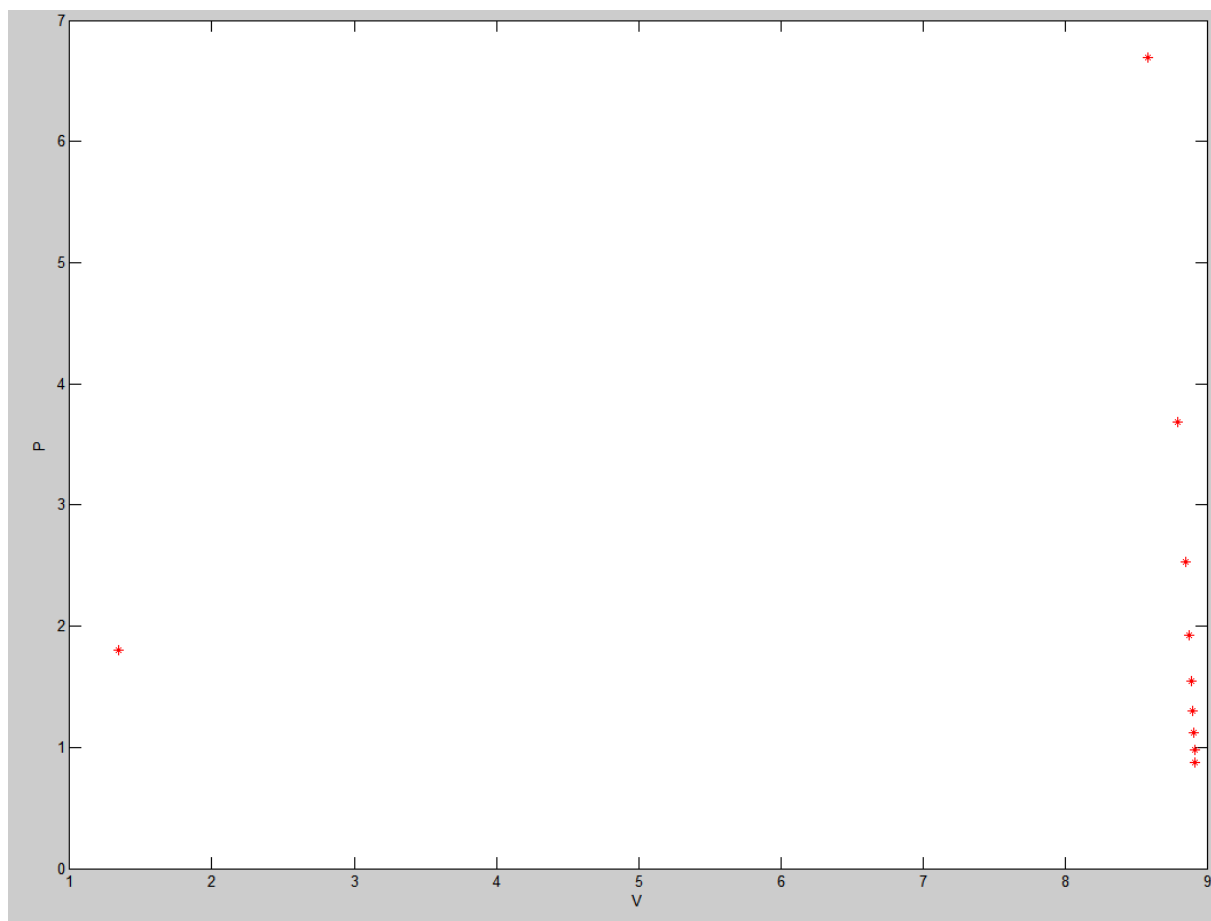
## Resultaten:



Grafiek van de stroom in functie van de spanning.



Gesimuleerd door matlab.



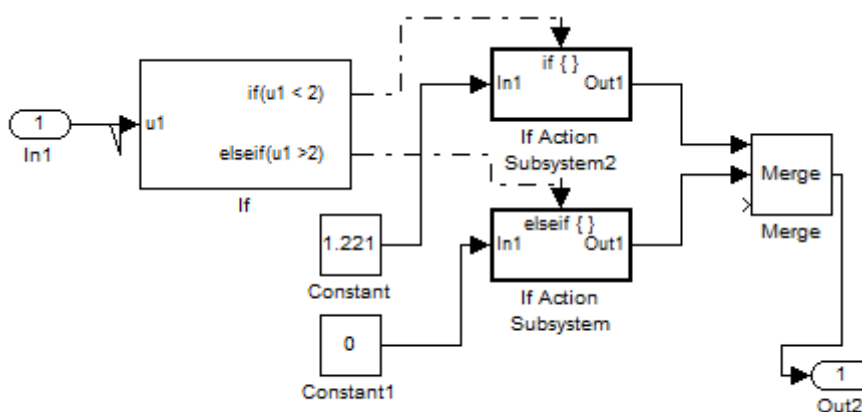
Het vermogen in functie van de spanning.

We zien dat het maximale vermogen 6.2 W is en dat de daar bijhorende spanning 8.58 V is (zie grafiek) nu reken we uit en we vinden een weerstand van: 11.867 Ohm

## Vraag 2

Simuleer het gedrag van het wagentje met DC – motor, maar zonder zonnepaneel. Breid het model uit met verschillende lastkoppel. Bepaal de totale afstand die de SVV in vrijloop aflegt als hij start op een hoogte van 0.25 m en over een afstand van 2 m naar beneden rolt.

Met de gekozen gear ratio van 8 en zonder aandrijving kunnen we tot op 13 m geraken wanneer we van een helling van 2 meter rollen. 14 m halen we net niet. We hebben deze simulatie uitgevoerd door het zonnepaneel uit ons schema te halen en de parameters voor het parcours aan te passen tot dit:

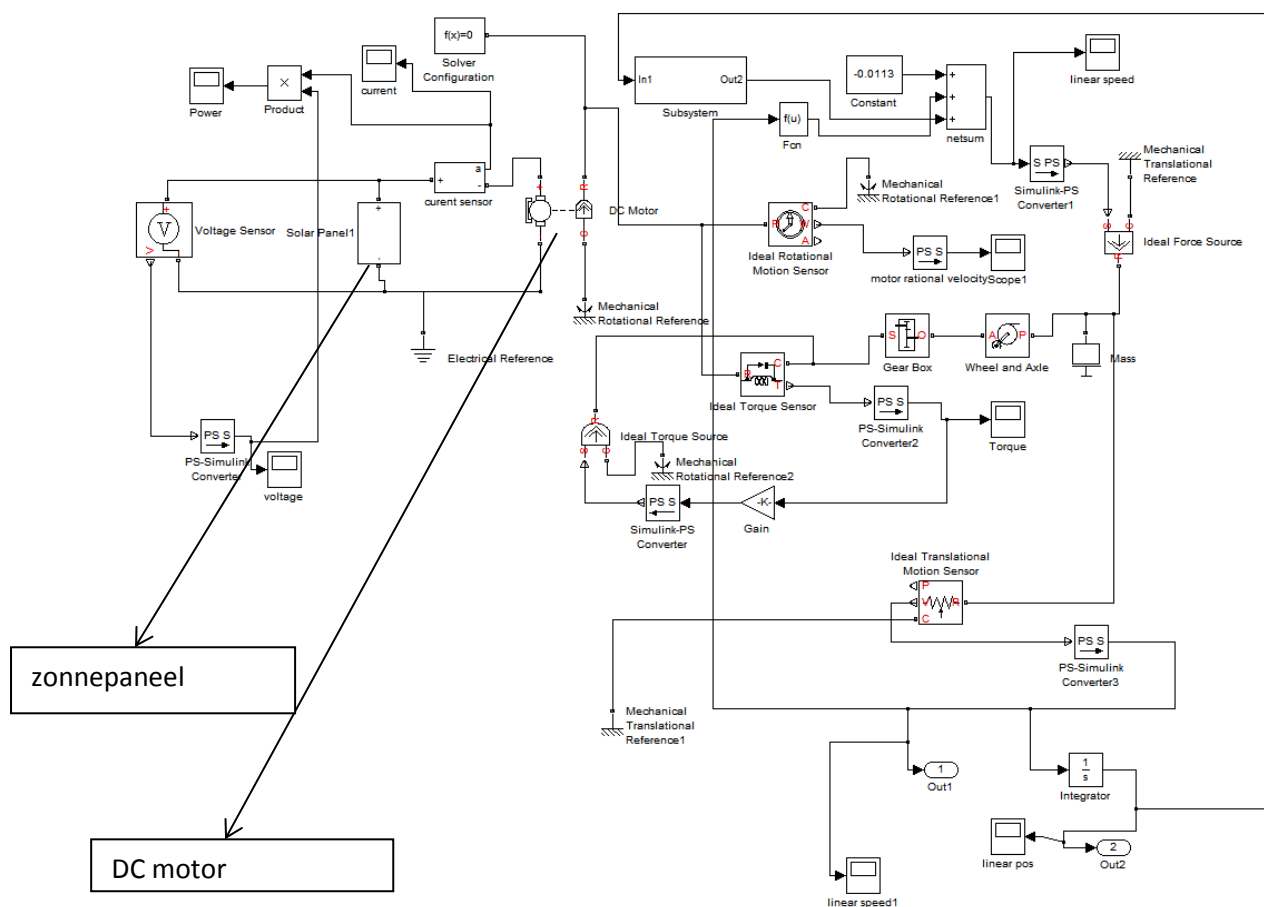


Figuur 18: simulatie

### Vraag 3

Koppel het model van je zonnepaneel met het model van je wagentje en simuleer de race. Wat is de optimale overbrengingsverhouding nu? Wat is je verwachte racetijd? Bespreek aan de hand van enkele grafieken.

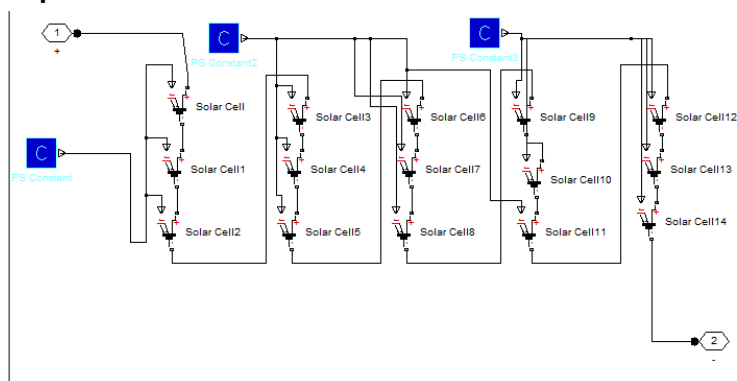
### Hoofdschakeling



Het programma simulink dient om de wekelijkheid zo goed mogelijk na te bootsen, door middel van grafieken kunnen we een optimale wagen ontwerpen. Deze simulink is ook gelinkt aan matlab, door middel van parameters. Zo kunnen we gemakkelijk andere parameters ingeven om de optimale waarde vinden. Het linker deel van de schakeling duidt op het zonnepaneel in het midden vinden we onze DC motor. Heel het rechter deel slaat op de mechanische simulatie, de massa, snelheid, zwaartekracht, rolweerstand,... ook de gear ratio die we eerder hebben berekent is er in verwerkt.

Hieronder vinden we de afbeeldingen van de subsystemen, die niet zichtbaar zijn op de afbeelding hierboven.

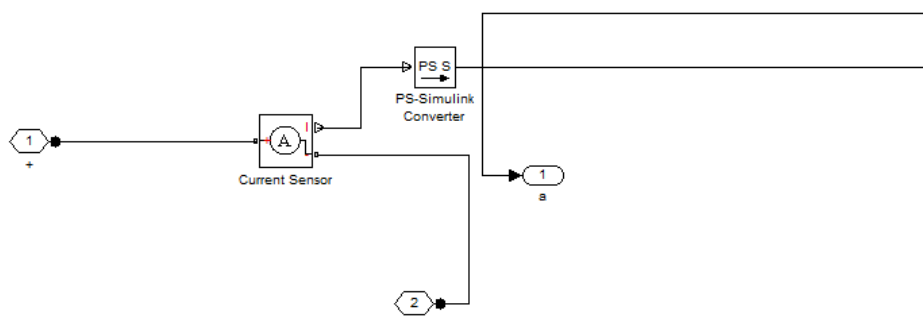
### Subsystem zonnepaneel



Figuur 19: subsystem zonnepaneel

15 zonnecellen in serie, het blauwe blokje stuurt een constante waarde naar de zonnecellen, dit moet de lichtintensiteit voorstellen. Dit is een ingegeven als een parameter, zodat we deze gemakkelijk kunnen aanpassen in ons matlab bestand.

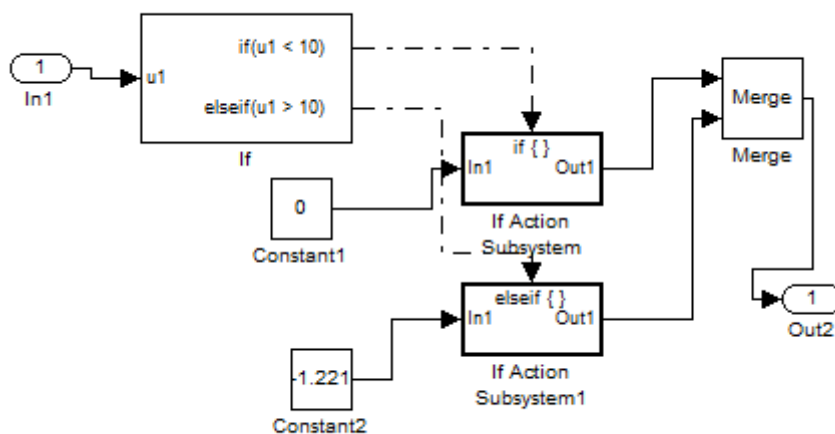
### Subsystem current sensor



Figuur 20: subsystem current sensor

Een simpele schakeling die de stroom door een draad meet.

## Subsysteem parcours



Figuur 21: subsysteem parcours

Dit subsysteem stelt het parcours voor dat onze wagen moet afleggen, onze wagen gaat eerst van een helling, dan een recht stuk en dan op een helling. Als  $U_1 < 4$  dan hebben we een helling van 1.221, dit is een graad die de steilheid van de helling weergeeft. Analoog is dit voor de andere 2 blokken.

### Matlab model

Om de simulink te linken met een matlab model gebruiken we een matlab file. Hierin kunnen we makkelijk de waarden ingeven die we gebruiken en linken met simulink. Met deze matlab file kunnen we ook de 2<sup>e</sup> case oplossen.

Hieronder vinden we onze matlab file.

Deze was te vinden op toledo.

Dit zijn de parameters die we invullen in onze simulink schakeling

```

1  %% Solar Power
2  Ir1 = 0 ; % W/m^2
3  Isc= 0.94 ; %Ampere
4  Voc = 8.8/15; %Volt
5  Is= 1e-8; %Ampere
6  N = 1.1;
7  Ir = 700;
8  %% Motor parameters
9  Ra = 3.32 ; %ohm
10 Kt= 0.00855 ; %Nm/A
11 La= 2.2e-4 ; %H
12 Im = 4.1e-7 ;% kg*m^2
13 Cm = 1e-4 ;% N*m/(rad/s)
14 %% SSV parameter
15 m = 0.75; % kg
16 r = 0.04; % wheel radius [m]
17 n = 8 ; % gear ratio
18
19 tn=[]; %% initialize empty vector
20 result=[];
21
22 for n=8
23     tn=[tn n]; %% Extend vector with gear ratio n
24
25     sim('simulink_case_1a',10); % Simulate Simulink model for 10 sec.
26
27     [i,j]=find(yout(:,2)>3.4); % find when position of 14 m is achieved
28     if isempty(i)
29         result =[result 10]; %% if not achieved take time =10 sec
30     else
31         result=[result tout(i(1))]; %% put travel time in vector
32     end
33 end
34
35 figure(1)
36 plot(tn,result,'*') %% plot gear ratio versus travel time
37 [opt,i]=min(result); %% find minimal travel time
38
39 n=tn(i); %% take gear ratio corresponding with minimal travel time
40 sim('simulink_case_1a',10);
41
42
43

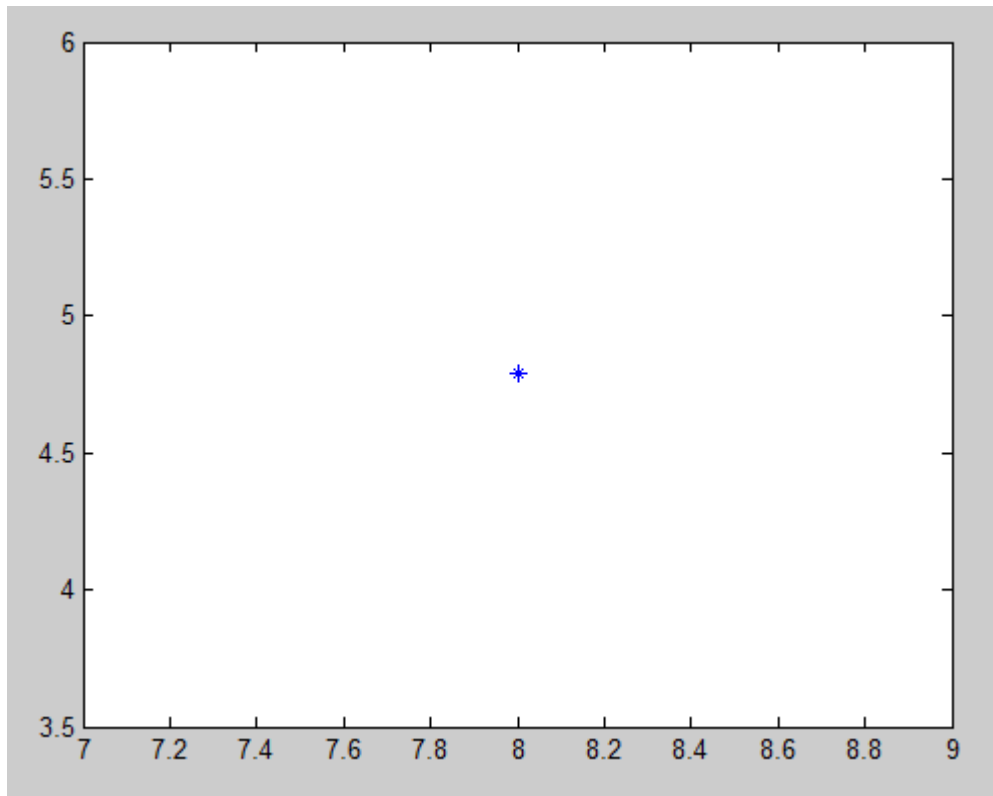
```

Parameters voor het zonnepaneel en de constante.

Gegevens van de motor

Gegevens van de wagen

Schakeling om te testen hoe ver onze wagen zal geraken als het geen aandrijving heeft, m.a.w. wanneer er geen zon schijnt. De wagen zal ergens moeten geraken want hij start van een helling. Deze schakeling was reeds voorgemaakt voor ons.



Op de x as vinden we de gear ratio's en op de y-as het aantal seconden om de 14 meter parcours af te leggen.

Bij een gear ratio van 8 kunnen we het vlugst ons parcours afhandelen. Bij deze gear ratio zouden we er ongeveer 4.8 seconden over doen.

#### **Vraag 4**

Waarom zou je dergelijke simulatie uitvoeren?

Om een idee te hebben hoeveel overbrenging we nodig hebben om deze opdracht tot een goed einde te brengen.

## 4) ENERGETISCHE ANALYSE

### 4.1 SANKEY DIAGRAM

#### A) Energieverdeling

Indien de zonnestrallen loodrecht invallen op het zonnepaneel:

$$\text{Zonneconstante} = 1000 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Oppervlakte van één zonnecel} = 0,039 \text{ m} \cdot 0,078 \text{ m} = 0,003042 \text{ m}^2$$

$$\text{Oppervlakte van het hele zonnepaneel (16 zonnecellen)} = 16 \cdot 0,003042 = 0,048672 \text{ m}^2$$

$$\text{Maximaal vermogen zonnepaneel} = 0,048672 \text{ m}^2 \cdot 1000 \text{ W/m}^2 = 48,762 \text{ W}$$

#### Rendementsverlies van het zonnepaneel

Onder het rendementsverlies rekenen we absorptieverlies, diffuus licht en verlies binnen het zonnepaneel zelf.

Met absorptieverlies wordt het licht dat weerkaatst wordt bedoeld, en met diffuus licht bedoelt men het deel van het lichtspectrum dat niet kan worden opgenomen door het zonnepaneel.

Uit de datasheet blijkt dat het rendement 15% is:  $48,762 \text{ W} \cdot 15\% = 7,31 \text{ W}$

#### B) Verlies van de motor

In de datasheets is te vinden dat het rendementsverlies van de motor 16% bedraagt.

Het resterend vermogen is:  $7,31 \text{ W} - 7,31 \text{ W} \cdot 16\% = 6,14 \text{ W}$

#### C) Verliezen door luchtweerstand

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot C_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \quad \text{met} \quad C_w = 0,5; \quad \rho = 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \quad A = 0,02 \text{ m}^2$$

$$P = F_w \cdot v$$

a) Bij maximale snelheid:  $v = 4,495 \text{ m/s}$

$$F_w = 0,1306 \text{ N}$$

$$P = 0,1306 \text{ N} \cdot 4,495 \text{ m/s} = 0,587 \text{ W}$$

b) Bij de helft van de maximale snelheid:  $v = 2,248 \text{ m/s}$

$$F_w = 0,0327 \text{ N}$$

$$P = 0,0327 \text{ N} \cdot 2,248 \text{ m/s} = 0,0735 \text{ W}$$



### D) Verlies door rolweerstand

$$F_{rr} = M \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot C_{rr} \quad \text{met } M = 0,9\text{kg}; g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}; \alpha = 0^\circ; C_{rr} = 0,012$$

$$P = F_{rr} \cdot v$$

$F_{rr}$  is niet afhankelijk van de snelheid en verschilt dus niet bij maximale snelheid en de helft van de maximale snelheid:  $F_{rr} = 0,106\text{N}$

a) Bij maximale snelheid:  $v = 4,495\text{m/s}$

$$P = 0,476\text{W}$$

b) Bij de helft van de maximale snelheid:  $v = 2,248\text{m/s}$

$$P = 0,238\text{W}$$

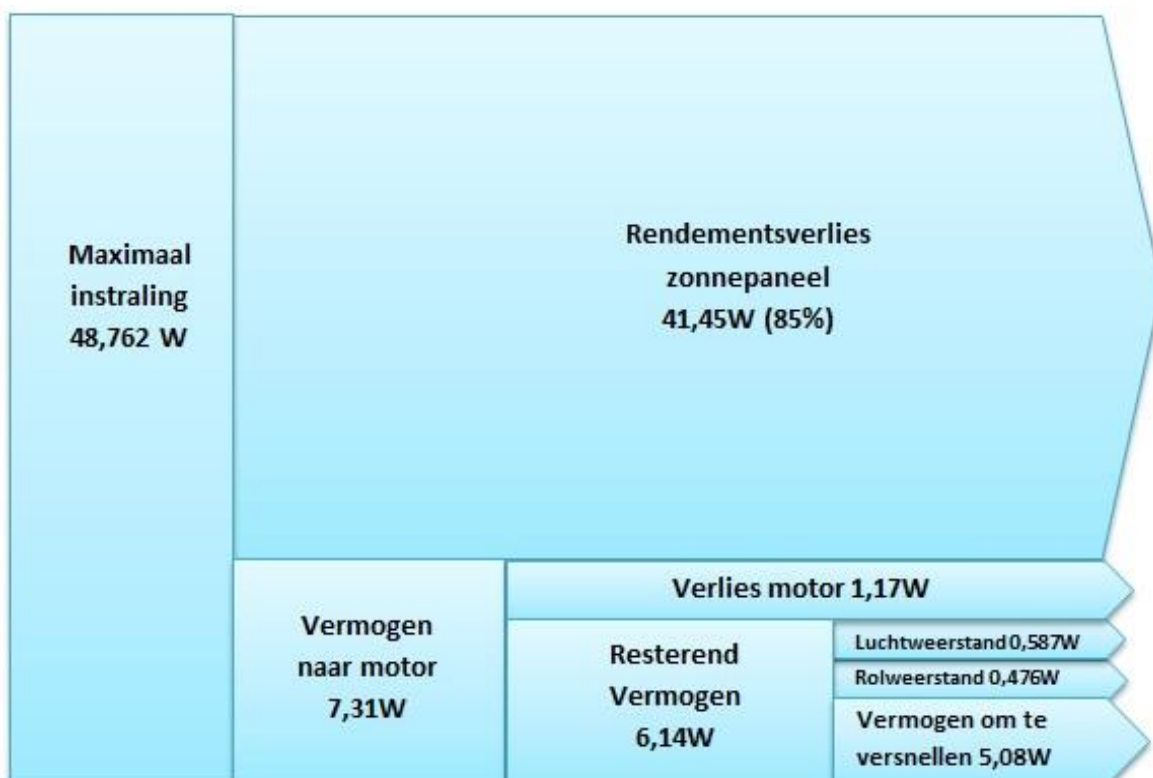
Vermogen dat overblijft om te versnellen bij maximale snelheid:

$$6,14\text{W} - 0,587\text{W} - 0,476\text{W} = 5,08\text{W}$$

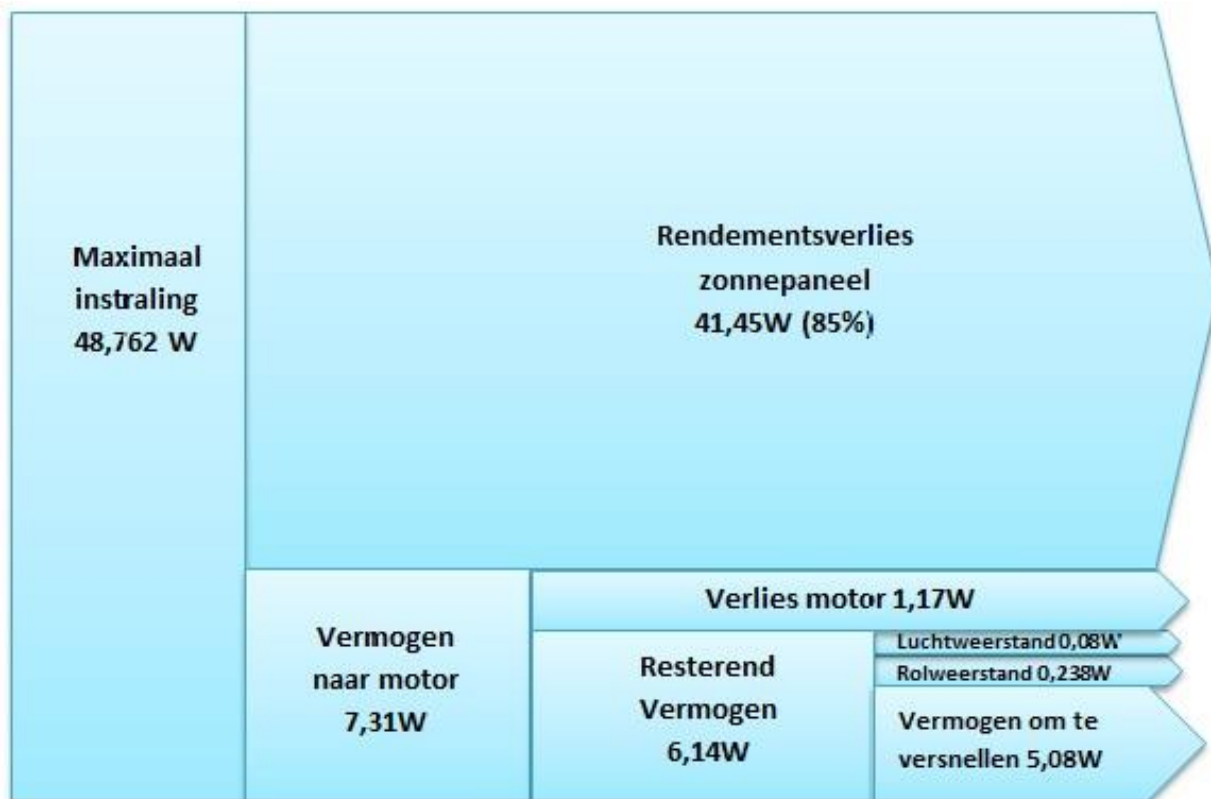
Vermogen dat overblijft om te versnellen bij de helft van de maximale snelheid:

$$6,14\text{W} - 0,0735\text{W} - 0,238\text{W} = 5,83\text{W}$$

### E) Diagrammen



Figuur 22: Sankey diagram bij maximale snelheid



Figuur 23: Sankey diagram bij halve snelheid

## 5) BIBLIOGRAFIE

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Luchtweerstand>

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Rolweerstand44>

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Wrijvingsco%C3%ABffici%C3%ABnt>

[http://nl.wikipedia.org/wiki/Vermogen\\_%28natuurkunde%29](http://nl.wikipedia.org/wiki/Vermogen_%28natuurkunde%29)