

Sustainable Urban Vehicle 2016

Bijlage



Thomas Hjortnaes

Haagse Hogeschool te Delft

Afstudeerproject

01/06/2012

Inhoudsopgave

A.	Brainstorm	4
B.	RDW veiligheid categorien.....	8
C.	Aygo auto karakteristieken	9
a)	Basic (general) data.....	9
b)	Bodywork	9
c)	Dimensions & Weight	9
d)	Aerodynamics	9
e)	Engine.....	10
f)	Transmission	10
g)	Performance	10
h)	Chassis.....	11
D.	EVA _m per materiaaltype	12
E.	EVA per energievorm	14
a)	EVA _b inclusief fabriek	14
b)	EVA _b WTW excl. fabriek	15
c)	EVA _b WTW.....	16
F.	EVA _a per accutype.....	17
G.	Vermogen berekening van het voertuig	18
H.	Capaciteit berekening van de accu	19
I.	Verschillende Lithium batterijen op de markt	20
J.	Morfologische kaart.....	21
K.	Eigenschappen brandstofceltypen.....	24
L.	Varianten elektromotoren	25
M.	Kesselring resultaten.....	26
a)	Constructie.....	26
b)	Aandrijflijn.....	29
N.	Invloed van belasting op verschillende materialen	32
a)	Methode	33
b)	Resultaten	34
c)	Conclusie.....	39
d)	Aanbeveling.....	39
O.	Reflectierapport.....	40
a)	Originele opdrachtomschrijving.....	40
b)	Nieuwe opdrachtomschrijving.....	41
c)	Competenties.....	42
d)	Oorspronkelijke Risico Analyse	46
e)	Commentaar op SWOT analyse	47
f)	Persoonlijke ervaringen	48
g)	Nieuwe competentielijst.....	49
h)	Niveau bepaling competentieset.....	50
i)	Risico analyse	51

Figurenlijst

Figuur A-1 Brainstorm voertuig algemeen.....	4
Figuur A-2 Brainstorm doelgroep	4
Figuur A-3 Brainstorm Concept Kar	5
Figuur A-4 Brainstorm Materialen	5
Figuur A-5 Brainstorm energievorm	6
Figuur A-6 Brainstorm energieopslag	6
Figuur H-1 verandering benodigd vermogen (in W) bij verandering massa tussen 500 en 880 kg.....	19
Figuur N-1 Vrijlichaamsdiagram van staal en aluminium ronde buis	32
Figuur N-2 Percentueel verandering aluminium ten opzichte van staal bij belasting door buigkracht	35
Figuur N-3 Percentueel verschil van aluminium ten opzichte van staal bij belasting door torsie.....	36
Figuur N-4 Slenderness ratio tegenover kritieke spanning om mate van buckling zo goed mogelijk uit te rekenen	37
Figuur N-5 Percentueel verschil van aluminium ten opzichte van staal bij belasting door druk- of trekkkracht.....	38
Figuur N-6 Resultaten van Aluminium ten opzichte van staal bij verschillende belasting	39

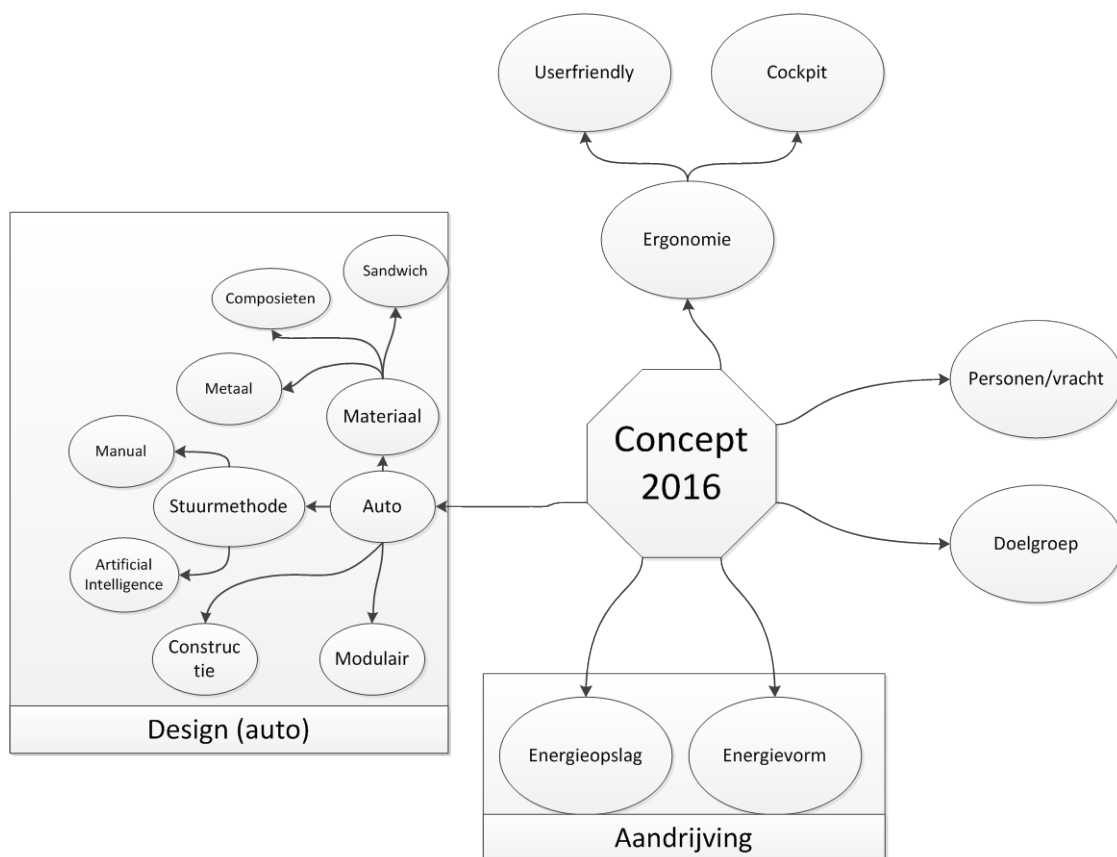
Lijst van formules

1.1 Doorbuiging door massa	34
1.2 Doorbuiging door externe belasting.....	34
1.3 Totale doorbuiging.....	34
1.4 Torsiespanning	35
1.5 Uittrekking door axiale kracht.....	37
1.6 Kritieke spanning ten behoeve van buckling effect.....	37

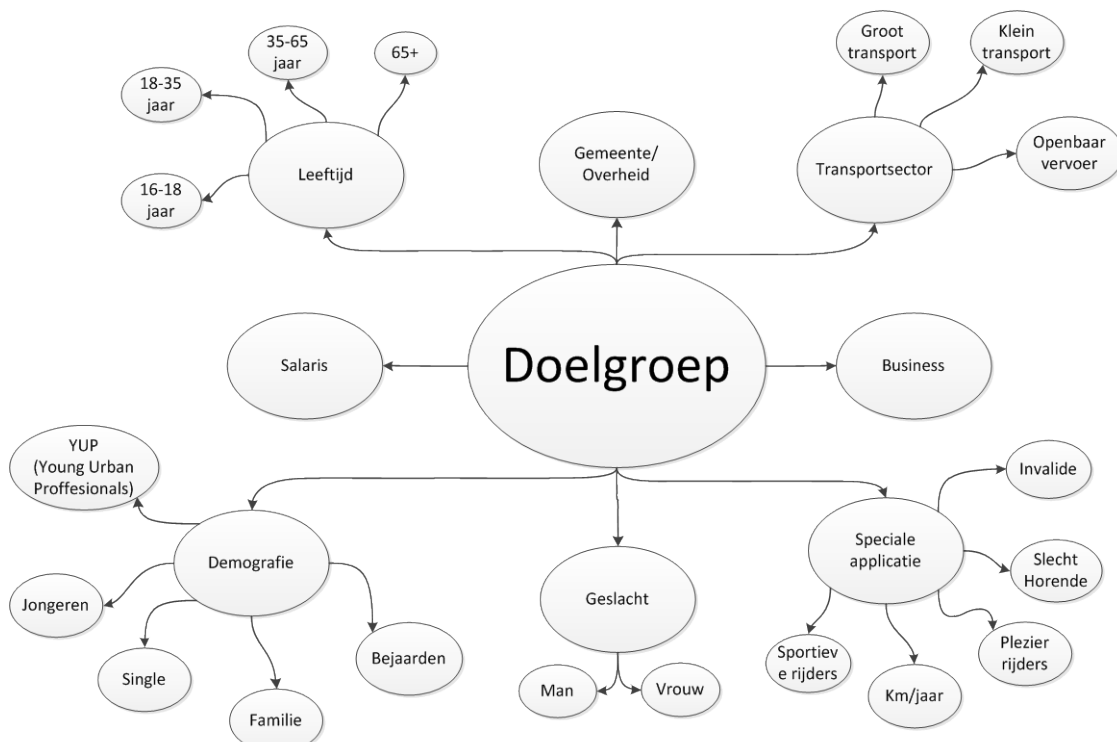
Tabellenlijst

Tabel D-1 EVA _m per materiaaltype (CES edupack, 2011)	12
Tabel D-2 EVA _m van materiaaltype (vervolg)	13
Tabel E-1 EVA _b per energievorm inclusief fabriek	14
Tabel E-2 WTW energievorm in combinatie met verschillende voertuigen excl. fabriek	15
Tabel E-3 EVA _b WTW = TTW + WTT	16
Tabel F-1 EVA _a per accutype (Lysen, van Egmond, & Hagedoorn, 2006)	17
Tabel F-2 EVA _a per accutype (vervolgd)	17
Tabel G-1 Berekening van motor vermogen	18
Tabel H-1 Accu capaciteit berekening	19
Tabel I-1 Verschillende accu's passend bij berekende eis	20
Tabel J-1 Morfologische kaart categorie 1 (Constructie)	21
Tabel J-2 Morfologische kaart categorie 2 (Aandrijflijn)	22
Tabel K-1 Verschillende soorten Fuelcell types	24
Tabel L-1 verschillende elektromotoren	25
Tabel M-1 Kesselringresultaten van materialen	26
Tabel M-2 Kesselring resultaten van de Cockpit	26
Tabel M-3 Kesselring resultaten van het dak	26
Tabel M-4 Kesselring resultaten van de koplampen	27
Tabel M-5 Kesselring resultaten van de achterlichten	27
Tabel M-6 Kesselring resultaten van de vering	28
Tabel M-7 Kesselring resultaten van de brandstof	29
Tabel M-8 Kesselring resultaten van de accu	29
Tabel M-9 Kesselring resultaten van de brandstofcel	30
Tabel M-10 Kesselring resultaten van de aandrijving	30
Tabel M-11 Kesselring resultaten van de gashendel	30
Tabel M-12 Kesselring resultaten van het remsysteem	31
Tabel M-13 Kesselring resultaten van de stuurkolom	31
Tabel N-1 karakteristieke eigenschappen van staal en aluminium	33
Tabel N-2 Afmetingen van de stalen ronde buis met berekende traagheidsmoment en oppervlakte	33
Tabel N-3 Doorbuiging van staal en aluminium ronde buis bij belasting door buigkracht	34
Tabel N-4 Berekende diameter aluminium buis bij belasting door buigkracht	34
Tabel N-5 Prijs, EVA, Massa en Volume van staal en aluminium bij belasting door buigkracht	34
Tabel N-6 Berekende verdraaiingshoek van staal en aluminium bij belasting door torsie	35
Tabel N-7 Berekende diameter van aluminium buis bij belasting door torsie	35
Tabel N-8 Volume, Prijs, EVA en massa van staal en aluminium buis	35
Tabel N-9 Uitrekking staal en aluminium bij belasting door trek- of drukkracht.	37
Tabel N-10 Berekende diameter van staal en aluminium bij belasting door trek- of drukbelasting ...	37
Tabel N-11 Vergelijking kritieke spanning met vloeigrens spanning ter bevestiging gebruik van Euler formule	38
Tabel N-12 Kosten, EVA, massa en Volume van staal en aluminium bij belasting van trek- of drukkracht	38

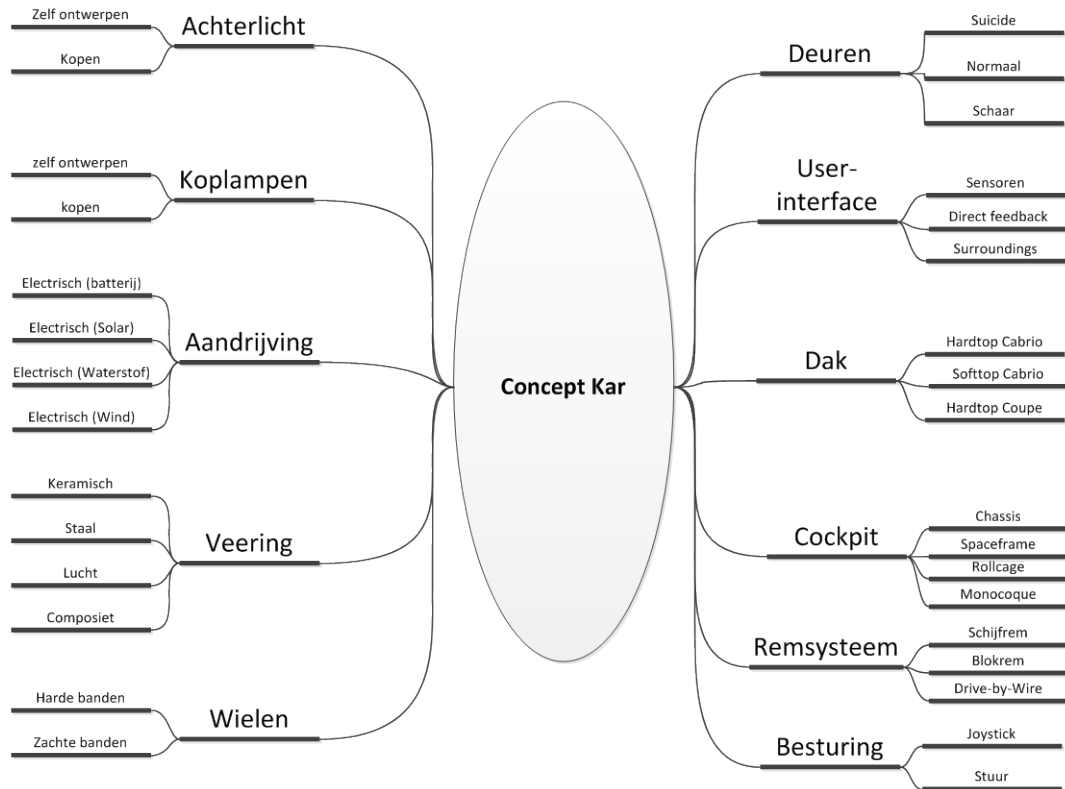
A. Brainstorm



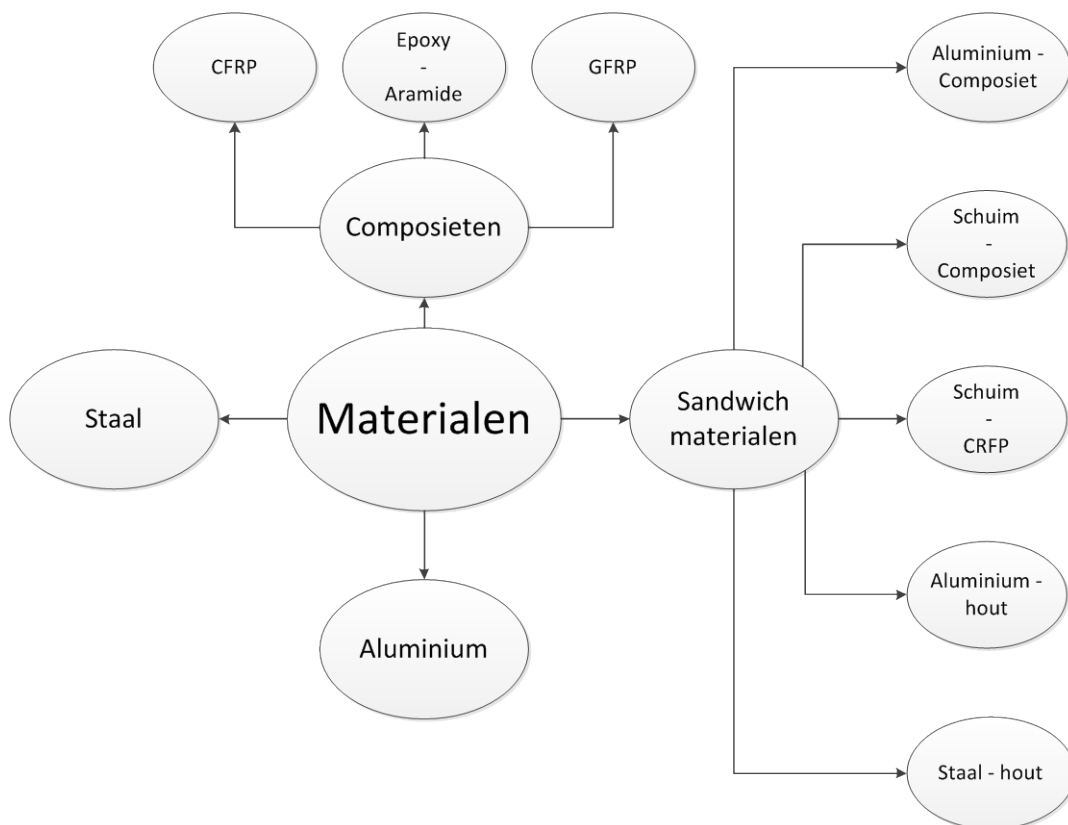
Figuur A-1 Brainstorm voertuig algemeen



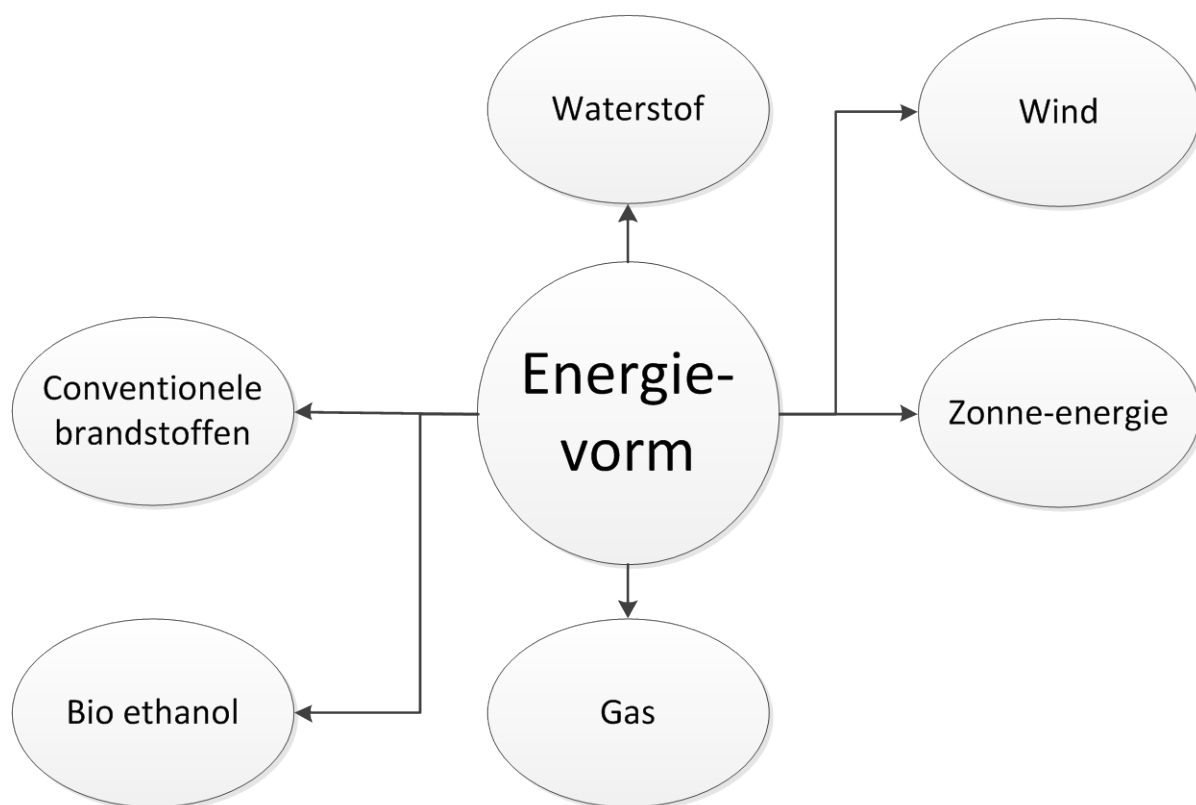
Figuur A-2 Brainstorm doelgroep



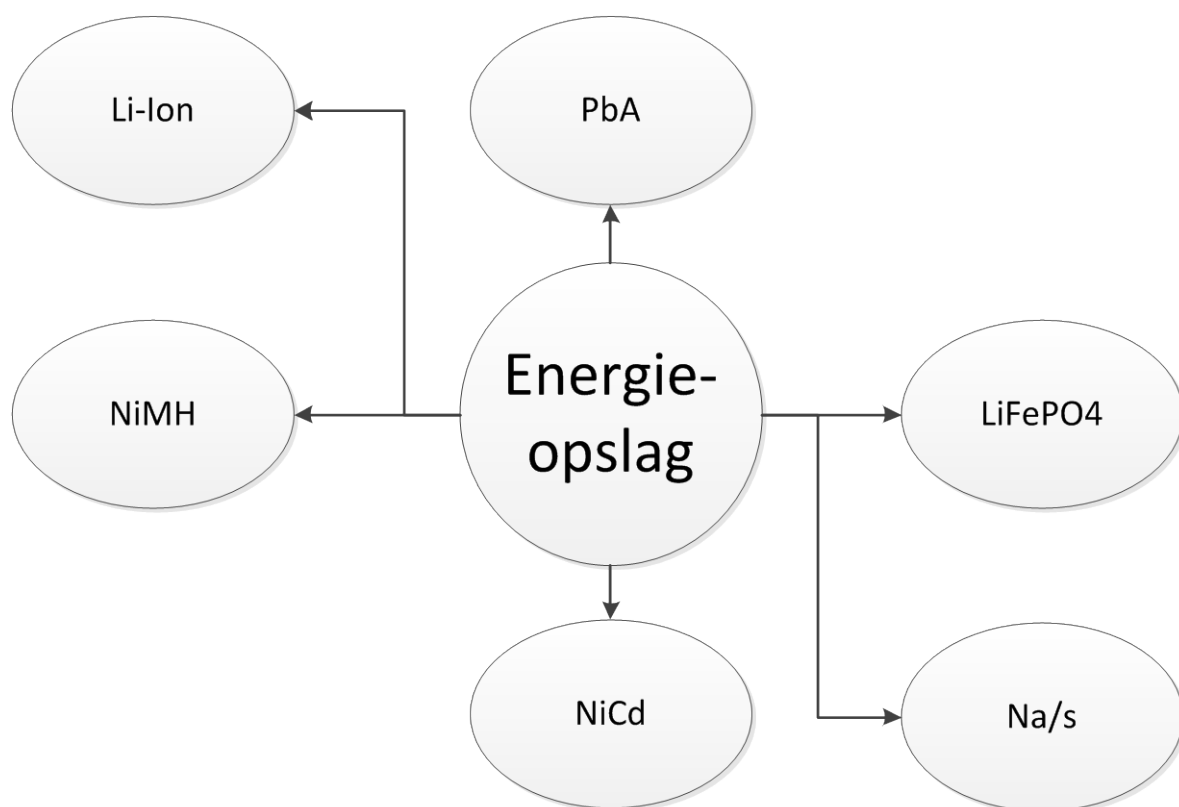
Figuur A-3 Brainstorm Concept Kar



Figuur A-4 Brainstorm Materialen



Figuur A-5 Brainstorm energievorm



Figuur A-6 Brainstorm energieopslag

ACTIVE SAFETY

1	Braking	71/320	R13H
			R90
2	Steering Equipm.	70/311	R79
3	Audible Warning	70/388	R28
4	Tyres	92/23	R30
5	Forward Vision	77/649	R125
6	Defrost / Demist	78/317	-
7	Rear View Dev.	2003/97	R46
8	Speedometers	75/443	R39
9	Wipers / Washers	78/318	-

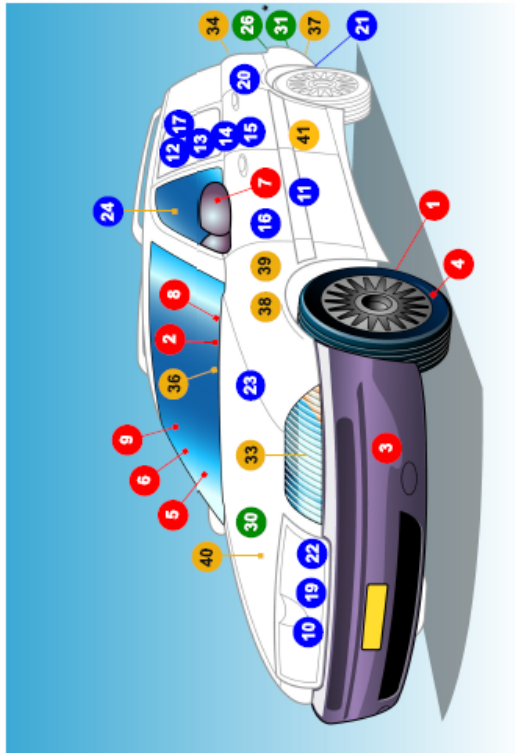
PASSIVE SAFETY

10	Front Impact	96/79	R94
11	Side Impact	96/27	R95
12	Seat Belt Anchor.	76/115	R14
13	Seat Belt Instal.	77/541	R16
14	Seat Strength	74/408	R17
15	Interior	74/60	R21
16	Latches-Hinges	70/387	R11
17	Head Restraints	78/932	R25
18	Ext. Projections	74/483	R26
19	Pedestrian Prot.	2003/102	-
20	Wheel guards	78/549	-

TYPE APPROVAL OF PASSENGER CARS

Topics with Base EC / ECE numbers

general topics: 18 25 27 28 29 32* 35



For more information about all directives and regulations: visit www.rdw.nl and choose International visitor

Framework directive: 70/156, 2007/46 from 29 April 2009 onward

Category M₁

PASSIVE SAFETY (cont.)

21	Tank	122/01	R34
	Rear Underrun		R58
22	Front Protection	2005/66	-
23	Protect. Steering	74/297	R12
24	Safety Glazing	92/22	R43

ENVIRONMENT

25	Emissions future requirement / recommended now	70/220 715/2007	R83 R103
26	Sound Levels	70/157	R51
27	Recyclability	2005/64	-
28	CO ₂ / Fuel Cons.	80/1268	R101
29	EMC	72/245	R10
30	Aircondit. systems	2006/40	-
31	Diesel smoke	72/306	R24
32	Diesel Emissions	2005/55	R49

*: If applicable

OTHER

33	Light Installation	76/756	R48
34	Registration plate	70/222	-
35	Masses-Dim.	92/21	-
36	ID of Controls	78/316	R121
37	Towing Device	77/389	-
38	Anti-theft	74/61	R116
39	Heating Systems	2001/56	R122
40	Engine Power	80/1269	R85
41	Plates (statutory)	76/114	-

2.9.10000

C. Aygo auto karakteristieken

a) Basic (general) data

Marque (make)	Toyota	Issued from	2005
Model	Aygo	Issued until	
Serie	Aygo	Number made	
Model family		Body construction	
Model code		Body designation	
Manufacturer	Toyota Motor Corp.	Country	JP

b) Bodywork

Base platform		Number of doors	5
Bodywork type	hatchback (liftback) sedan	Number of seats	5
Bodywork designer		Cargo capacity (volume)	139 l
Passenger space (volume)		Max. cargo capacity (volume)	

c) Dimensions & Weight

Length	3405 mm	Total (curb) weight	790 kg
Width	1615 mm	Dry weight	
Height	1465 mm	Load capacity	
Wheelbase	2340 mm	Gross (max.) weight	
Track front	1420 mm	Towing weight	
Track rear	1410 mm	Weight distribution (front)	
Ground clearance		Fuel capacity	35 l
Length/wheelbase ratio	1.46		

d) Aerodynamics

Drag coefficient (Cd, Cx, Cw)		Frontal area (A)	2.01 m ²
Aerodynamic coefficient (Cd×A)		Aerodynamic resistance (Aero horse power) at 100 km/h (62 mph)	

e) Engine

Engine Code	1KR-FE	Total number of cylinders	3
Engine Type	straight (inline) (Inline, 3 cylinder)	Total number of valves	12
Engine Manufacturer	Toyota	Valves per cylinder	4
Engine construction		Bore	71.0 mm
Fuel	petrol (gasoline)	Stroke	84.0 mm
Fuel details		Bore/Stroke ratio	0.85
Fuel supply	EFI	Engine displacement	998 cm ³
Engine Main bearings		Unitary capacity	332.67 cm ³ /cylinder
Cam Design	DOHC (double overhead camshafts, twin cam)	Compression ratio	10.5 : 1
Sump	wet	Max. output power	50.0 kW
Aspiration	natural	Max. torque	93.0 N·m
Compressor type	N/A	Maximum rpm	
Intercooler	no	Max. net output (power at the wheels)	19.0 kW
Coolant	water	Specific output	50.1 kW/l
Catalytic converter	yes	Specific torque	93.2 N·m/l

f) Transmission

Transmission type	manual	Number of gears	5
Wheel drive	front wheel drive	Top gear (drive) ratio	0.85

g) Performance

Acceleration 0-50 mph (80 km/h)		Top (maximal) speed	157 km/h
Acceleration 0-60 mph (97 km/h)		Power-to-weight ratio	84.8 kW/ton
Acceleration 0-100 km/h	14.20 s	Fuel consumption, City (urban)	5.5 l/100km
Acceleration 0-100 mph (160 km/h)		Fuel consumption, Road (extra-urban)	4.1 l/100km
Acceleration 80-120 km/h (50-70 mph) in top		Fuel consumption, Mixed (combined)	4.6 l/100km
Standing ¼mile time		Fuel consumption, Euro	
Standing kilometer time		CO₂ emissions	109 g/km
		Range	761 km

h) Chassis

Engine location	front	Engine alignment	transverse
Steering	rack & pinion PAS	Steering details	
Turns lock-to-lock	3.3	Turning circle	
Suspension front	Independent, MacPherson strut	Suspension rear	Torsion bar axle
Wheels front	4.5J x 14	Wheels rear	4.5J x 14
Tyres front	155/65 R 14	Tyres rear	155/65 R 14
Brakes front	ventilated disc	Brakes rear	drum
Brake diameter front	247 mm	Brake diameter rear	200 mm
Brakes details	servo-assisted, ABS (anti-lock braking system)	Braked area	

D. EVA_m per materiaaltipe

Tabel D-1 EVA_m per materiaaltipe (CES edupack, 2011)

Materiaal			CO2 emissie (Ruwe productie) [g/kg]	CO2 emissie (vervaardiging) [g/kg]	CO2 emissie (verbranding) [g/kg]	Prijs / kg [€] ¹	Dichtheid [kg/dm ³]
Metaal	Staal RVS (martensiet, AISI 410S, wrought, annealed)	St235	4850 - 5360	325-360 ² 173-192 ³ 58.4-64.6 ⁴ 264-291 ⁵ 492-543 ⁶ 8150-9000 ⁷	1360-1500	2,06-2,86	7850
	Staal (High alloy, Maraging)	High Alloy Staal 250	6340 - 7000	801-885 ⁸ 2000-2210 ² 1010-1120 ³ 184-204 ⁴ 1520-1680 ⁵ 3010-3320 ⁶ 7150-7910 ⁷	1770-1960	6,85-7,54	7900
	Aluminium (6061, wrought, T4)	Al6061	11400 - 12600	473-523 ² 247-273 ³ 69.5-76.8 ⁴ 375-414 ⁵ 714-789 ⁶ 11600-12800 ⁷	958-1210	1,75-1,93	2730
Composieten	Natuurlijk composieten	Balsalite (0,095)	405 - 494	79,4-87,7 ⁴ 473-523 ⁵ 910-1010 ⁶	1560-1910	5,24-7,08	109
	Polymeer	HS Carbon vezels (Biaxiaal)	2460 - 2720	1670-1840 ⁹ 266-294 ¹⁰ 975-1080 ¹¹ 777-857 ¹²	3230-3390	35,00-57,60	1380
		Aramide Epoxy (unidirectionaal)	18100 - 20100	1670-1840 ⁹ 266-294 ¹⁰ 206-227 ¹³ 236-261 ¹⁴	2470-2600	35,00-57,60	1380

¹ De prijzen zijn geschatte koersprijzen In werkelijkheid zijn materialen als staal, aluminium en composieten een stuk duurder vanwege de hoge be-/verwerkingskosten.

² Extrusie, foil rolling

³ Rough rolling, forging

⁴ Grove bewerking (per eenheid gewicht verwijderd materiaal);

⁵ Fijne bewerking (per eenheid gewicht verwijderd materiaal*al);

⁶ Schuren (per eenheid gewicht verwijderd materiaal);

⁷ Niet conventioneel produceren

⁸ Gieten

⁹ Autoclave molding;

¹⁰ Compression molding;

¹¹ RTM (Resin Transfer molding);

¹² VARI (vacuum assisted resin infusion);

¹³ Filament winding;

¹⁴ Pultrusie

Tabel D-2 EVA_m van materiaaltype (vervolg)

Materiaal			CO2 emissie (Ruwe productie) [g/kg]	CO2 emissie (vervaardiging) [g/kg]	CO2 emissie (verbranding) [g/kg]	Prijs / kg [€] ¹⁵	Dichtheid [kg/dm3]
		CFRP	16400 -18100	266-294 ¹⁰	2590-2720	15,10-16,60	1700
		CFRP (Biaxiaal)	16400 -18100	1670-1840 ⁹ 266-294 ¹⁰ 770-849 ¹⁶ 975-1080 ¹¹ 777-857 ¹²	3110-3270	39,60-43,60	1610
		GFRP	7460 -8250	266-294	3170-3330	3,03-3,33	1800
		GFRP (Biaxiaal)	7460 -8250	1670-1840 ⁹ 266-294 ¹⁰ 770-849 ¹⁶ 975-1080 ¹¹ 777-857 ¹²	3110-3280	23,20-25,50	1970
Schuim	Polycarbonaat (rigid; closed cell; specific gravity: 0,65)	Forex EPC	3550 -3930	1790-1980 ¹⁷ 693-764 ¹⁸ 49.8-55.1 ⁴ 178-197 ⁵ 320-354 ⁶	2700-2840	7,59-9,11	680
	Polyurethaan (rigid; closed cell; specific gravity: 0,062)	Airex; Last-A- Foam; NidaFoam	3820 -4220	40.2-44.5 ⁴ 81.9-90.5 ⁵ 128-142 ⁶	1950-2150	6,62-11,00	64
	Polystyreen (rigid; closed cell; specific gravity: 0,020)	LACQUIRENE; EPS; STYRODUR	3550 -3930	1590-1760 ¹⁷ 618-681 ¹⁸ 40.2-44.4 ⁴ 80.9-89.4 ⁵ 126-139 ⁶	3300-3470	1,82-2,13	22
	Polyethyleen (cross-linked; closed cell; specific gravity: 0,030)	Neopolen E	3550 -3930	1090-1210 ¹⁷ 431-476 ¹⁸ 36.2-40 ⁴ 41-45.3 ⁵ 46.3-51.2 ⁶	1120-1190	7,29-8,66	33

¹⁵ De prijzen zijn geschatte koersprijzen In werkelijkheid zijn materialen als staal, aluminium en composieten een stuk duurder vanwege de hoge be-/verwerkingskosten.

¹⁶ Match die (preform) molding

¹⁷ Polymeer gieten

¹⁸ Extruderen

E. EVA per energievorm

a) EVA_b inclusief fabriek

Tabel E-1 EVA_b per energievorm inclusief fabriek

	CO2 emissie	eenheid	Verbruik ²⁰	eenheid	Energiegehalte (LHV) [MJ/kg] ¹⁹	dichtheid [kg/dm3] ¹⁹	MJ per 1L brandstof ¹⁹	g CO2 emissie/MJ	Prijs [€/MJ] ²⁰
Electriciteit (klein windpark)	38 ²¹	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	10,56	€ 0,06
Electriciteit (groot windpark)	9,6 ²¹	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	2,67	€ 0,06
Electriciteit (zonne-energie)	88,00 ²¹	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	24,44	€ 0,06
Elektriciteit (Eneco) ²²	409,7	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	113,8	€ 0,06
Elektriciteit (Eon) ²²	494,3	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	137,3	€ 0,06
Elektriciteit (Essent) ²²	305,8	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	85,0	€ 0,06
Elektriciteit (Nuon) ²²	522,6	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	145,2	€ 0,06
Elektriciteit (Greenchoice) ²²	26,6	g/kWh	5,70	km/kWh	-	-	-	7,4	€ 0,06
LPG	185,00 ²⁰	g/km	10,20	km/l	43,15	0,54	23,30	80,99	€ 0,04
CNG	160,00 ²⁰	g/km	13,90	km/kg	50,00	0,19	9,25	240,43	€ 0,02
E85 (Tamoil)	205,00 ²⁰	g/km	9,40	km/l	26,90	0,79	21,22	90,79	€ 0,07
Benzine	228,00 ²⁰	g/km	13,00	km/l	43,10	0,75	32,11	92,31	€ 0,06
Diesel	214,00 ²⁰	g/km	17,20	km/l	42,80	0,84	35,82	102,75	€ 0,04
Waterstof (Windenergie)	950,00 ²³	g/kg	199,00	km/kg	120,00	0,03	-	8,08	€ 0,07
Waterstof (Zonne-energie)	2412,00 ²⁴	g/kg	199,00	km/kg	120,00	0,03	-	20,10	€ 0,07
Waterstof (NG)	10621,00 ²⁵	g/kg	199,00	km/kg	120,00	0,03	-	88,51	€ 0,07
Waterstof (kolen)	11299,00 ²⁵	g/kg	199,00	km/kg	120,00	0,03	-	94,16	€ 0,07

¹⁹ LHV energiedichtheid waarde (Supple, D., 2007)
²⁰ (Milieu Centraal, 2012)
²¹ (Houses of parliament; , 2011)
²² Emissiedata gebaseerd op het energieetiket
²³ (Spath & K., Life cycle assessment of Renewable Hydrogen Production via Wind/Electrolysis, 2004)
²⁴ (Cettinkaya, Dincer, & Naterer, 2012)
²⁵ (Spath & Mann, Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via Natural Gas Steam Reforming, 2001)

b) EVA_b WTW excl. fabriek

Tabel E-2 WTW energievorm in combinatie met verschillende voertuigen excl. fabriek

	TTW	WTT	WTW	TTW	WTT	WTW
Energievorm	MJf/100km	MJf/100km	MJf/100km	gCO2 eq./km	gCO2 eq./km	gCO2 eq./km
OWCG3 CBG: dry manure	188	164	353	109	-103	5
OWCG3 CBG: dry manure	227	198	425	133	-125	8
NUEL1/CH1 C-H2: Elec nuclear, O/S Ely	168	842	1010	0	12	12
NUEL1/CH1 C-H2: Elec nuclear, O/S Ely	180	905	1085	0	13	13
WDEL1/CH2 C-H2: Wind, Cen Ely, Pipe	180	142	332	0	16	16
WDEL1/CH2 C-H2: Wind, Cen Ely, Pipe	168	132	299	0	15	16
EMEL1 Elec: EU-mix (@467 g CO2/kWh)	-	-	-	0	0	68,0
EMEL1 Elec: EU-mix (@467 g CO2/kWh)	-	-	-	0	0	109,0
EMEL1 Elec: EU-mix (@467 g CO2/kWh)	-	-	-	0	0	86,5
GMCG1 CNG: EU-mix	187	17	156	109	16	125
GRSD2C Syn-diesel: Rem GTL, Sea, Rail/Road, CCS	161	37	198	116	21	137
COD1 Conventional diesel	161	32	193	120	26	145
GRME1 MeOH: Rem Syn, Sea, Rail/Road	148	90	238	109	36	145
GMCG1 CNG: EU-mix	227	27	254	133	20	153
GRSD2C Syn-diesel: Rem GTL, Sea, Rail/Road, CCS	183	42	226	133	24	157
COD1 Conventional diesel	183	36	219	138	29	167
SBET1a EtOH: Sugar beet, pulp to fodder, slops not used	209	45	254	157	26	183
COG1 Conventional gasoline	209	36	245	157	30	187
SBET1a EtOH: Sugar beet, pulp to fodder, slops not used	224	48	272	168	28	196
COG1 Conventional gasoline	224	39	263	168	32	200
GPCH1a C-H2, NG 7000 km, O/S Ref	168	185	353	0	206	207
GPLH1b L-H2: NG 4000 km, Cen Ref, Liq, Road	168	190	357	0	212	212
GPCH1a C-H2, NG 7000 km, O/S Ref	180	199	379	0	222	222
GPLCHb C-H2: NG 4000 km, Cen Ref, Liq, Road, Vap/comp.	180	230	410	0	224	224
GPLH1b L-H2: NG 4000 km, Cen Ref, Liq, Road	180	204	384	0	227	227
GPLCHb C-H2: NG 4000 km, Cen Ref, Liq, Road, Vap/comp.	168	214	382	0	241	241
KODE1 DME: Coal EU-mix, Cen, Rail/Road	183	170	353	126	237	364
KOEL1/CH2 C-H2: Elec coal EU-mix, Cen ely, Pipe	168	531	699	0	709	710
KOEL1/CH2 C-H2: Elec coal EU-mix, Cen ely, Pipe	180	571	751	0	763	763

c) EVA_b WTW

Tabel E-3 EVA_b WTW = TTW + WTT

brandstoftype	TTW	WTT	WTW [g CO ₂ eq/km]
Conventional Diesel	116.2	24.7	140.8
Conventional Gasoline	136.9	26.3	163.1
LPG	118	18	153.5
CNG	137	16.5	140.1
CBG	94.4	-72.8	21.4
Ethanol (95%)	143.6	24.2	167.6
Ethanol (100%)	139.6	-72.7176	66.9
Biodiesel	115.8	19.8	135.6
Biodiesel (100%)	119.6	-57.6	62.0
Syn-diesel (95%)	115.2	21.7	136.9
Syn-diesel (100%)	111.4	13	124.4
Methanol	109	7.1	116.1
CH ₂	0	146	146.0
LH ₂	0	248.8	248.8
Electricity	0	78.5	87.5

F. EVA_a per accutype

Tabel F-1 EVA_a per accutype (Lysen, van Egmond, & Hagedoorn, 2006)

Accu				
Naam	Scientific name	CO2 emissie [kg/kg]	Oplaad-tijd [h]	Capaciteit [kWh/kg]
Lead-acid	PbA	3.2	7	0.035
Nickel Cadmium	NiCd	7.7	15	0.075
Nickel Metal Hydride	NiMH	13.6	15	0.08
Natrium Sulfide	Na/S	14.3	8	0.15
Lithium-Ion	Li-Ion	12.5	5	0.25
Lithium Iron Phosphate	LiFePO4	11.7	??	0.225

Tabel F-2 EVA_a per accutype (vervolgd)

Accu					Emissie
Naam	prijs [€/kWh]	prijs [€/kg]	prijs [€/MJ]	CO2 emissie kg/MJ	Percentueel tov Benzine
Lead-acid	200	31.5	55.6	25.40	100%
Nickel Cadmium	1000	67.5	277.8	28.52	112%
Nickel Metal Hydride	2000	72	555.6	47.22	186%
Natrium Sulfide	315	135	87.5	26.48	104%
Lithium-Ion	900	225	250	13.89	55%
Lithium Iron Phosphate	675.756	152	187.71	15.74	62%

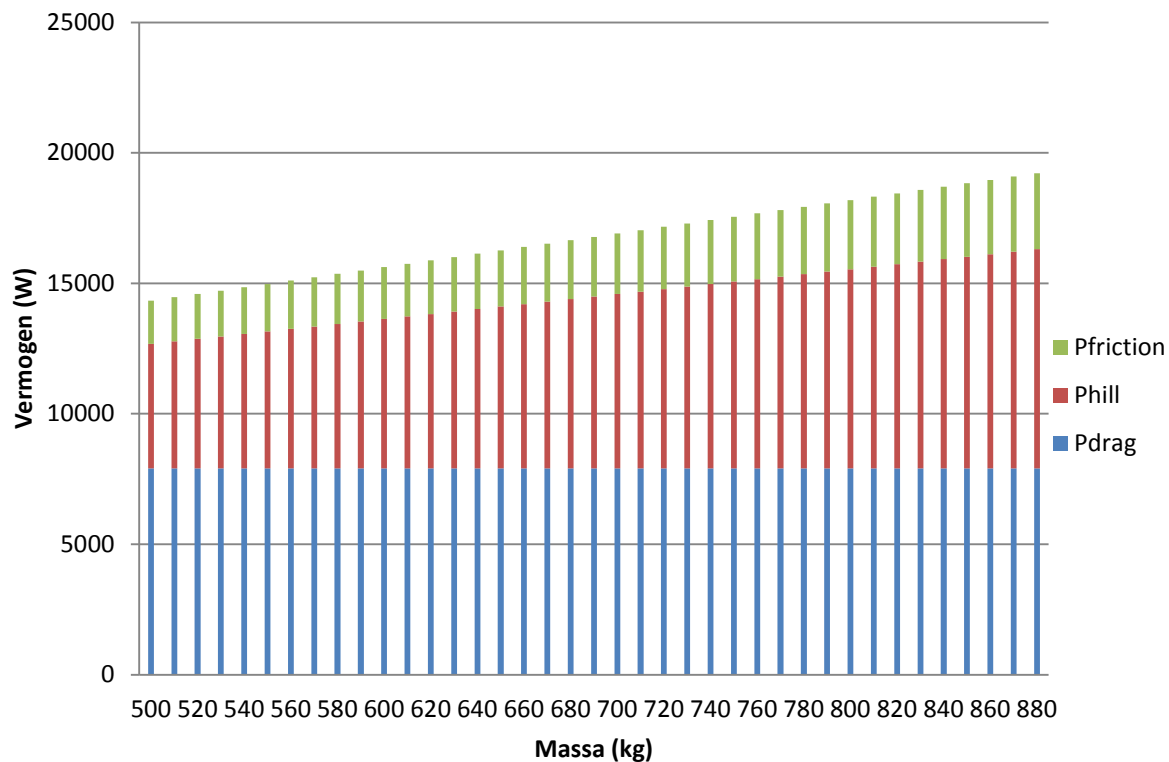
G. Vermogen berekening van het voertuig

Tabel G-1 Berekening van motor vermogen

type	waarde	unit	grootheid	beschrijving
rolweerstand $F_{friction} = \mu_{roll} M a_{gravity}$	107,91	N	$F_{friction}$	Kracht van rolweerstand
	0,0125		$\mu_{friction}$	rolweerstand
	880,00	kg	m	Massa
	9,81	m/s ²	$a_{gravity}$	gravitatieconstante
Lucht weerstand $F_{drag} = 1/2 C_d A \rho v^2$	284,72	N	F_{drag}	luchtweerstand
	0,30		C_d	Drag coefficient (Aygo)
	2,05	m ³	A	oppervlakte voertuig
	1,2	kg/m ³	ρ	luchtdichtheid
	27,77	m/s	v	snelheid van de auto
Force required to go uphill $F_{hill} = (\% \text{ grade of hill}) M a_{gravity}$	2015,29	N	F_{hill}	hellingweerstand
	0,23		%hill	Hellinghoek
	880,00	kg	m	massa
	9,81	m/s ²	$a_{gravity}$	gravitatieconstante
Power required for Forward motion $P = (F_{roll} + F_{air}) v_n + (F_{hill}) v_h$	19303,48	W	P	Capaciteit
	107,91	N	$F_{friction}$	Rol kracht
	284,72	N	F_{drag}	Luchtweerstand
	2015,29	N	F_{hill}	Hellingweerstand
	27,78	m/s	v_n	snelheid normaal
	4,17	m/s	v_h	snelheid hill
Power required for acceleration $P = E_k/t$	19303,48	W	P	Capaciteit
	339506,17	J	E_k	Kinetische energie
	17,59	s	t	tijd
$E_k = 1/2 M v^2$	339506,17	J	E_k	Kinetische energie
	880,00	kg	m	massa
	27,78	m/s	v_h	snelheid

De kracht benodigd om een heuvel op te komen is gebaseerd op de hellingshoek in een parkeergarage verondersteld dat dit de grootste helling in NL is. De hellingshoek is 15%. Onderstaande grafiek geeft de vermogen verandering weer bij verandering van massa per 10 kg.

H. Capaciteit berekening van de accu



Figuur H-1 verandering benodigd vermogen (in W) bij verandering massa tussen 500 en 880 kg

Tabel H-1 Accu capaciteit berekening

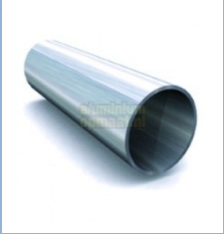
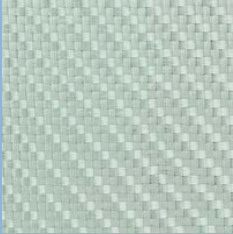
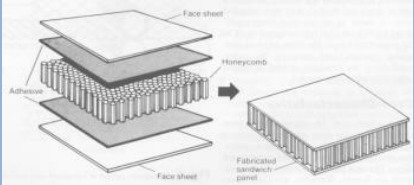
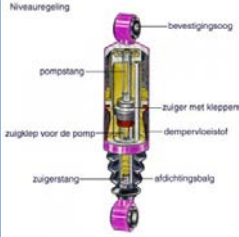
Total energy used	21739,13	Wh	E_{tot}
$E_{tot} = (d * E_c)$	100	km	d
	217,39	Wh/km	E_c
Battery C (Ah) benodigd 100% Depth of Discharge (DOD)			
$C = E_{tot} / V_{pack}$	150,97	Ah	C
	21739,13	Wh	E_{tot}
	144	V	V_{pack}
Depth of Discharge 80%			
$C_{desired} = C * 1.25$	188,71	Ah	$C_{desired}$
	150,97	Ah	C

I. Verschillende Lithium batterijen op de markt

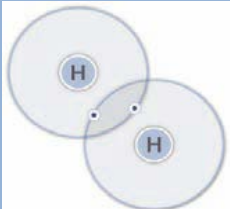
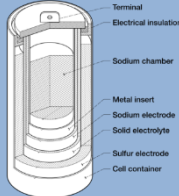
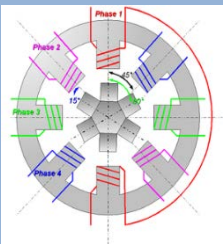
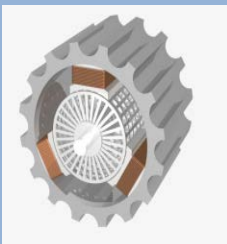
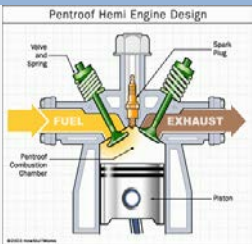
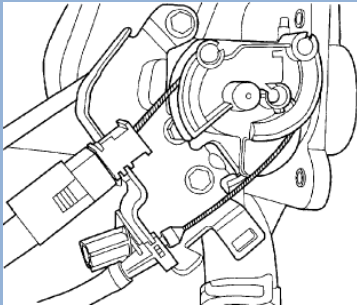
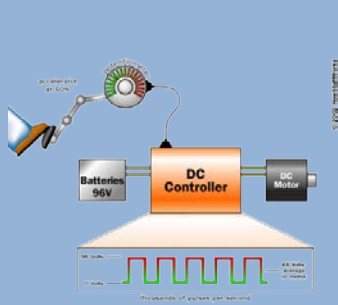
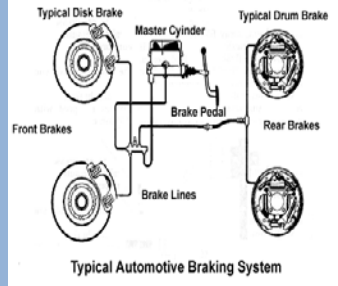
Tabel I-1 Verschillende accu’s passend bij berekende eis

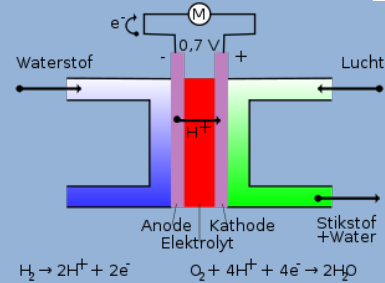
	auto accushop	EV-power.eu					All-battery.com			electricmotorsports.com			
	PbA	LP6V4AHP battery with PCM	LFP040AH – WB-LYP40AHA	LP12V20AHB	LFP260AHA	LFP100AHA	30211	30586	30209	GBS LFMP100AH	GBS LFMP200AH	GBS LFMP60AH	GBS 36V Package
Voltage [V]	12	12	3.2	12	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	12.8	12.8	12.8	36
Capaciteit [Ah]	40	12	40	20	1000	100	200	120	20	110	200	60	60
gewicht per stuk [kg]	15	0.4	1.6	3.4	9.5	1.6	6.26	4.77	0.545	15	24.9	9.2	27.2
prijs [\$ of €]	€ 74.94	\$ 86.00	\$ 277.20	\$ 110.40	\$ 1,265.60	\$ 129.94	\$ 603.00	\$ 214.80	\$ 43.99	\$ 1,100.00	\$ 1,480.00	\$ 365.00	\$ 1,265.00
packsize	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	12
Vermogen [Wh]	480	144	128	240	3200	320	640	384	64	1408	2560	768	2160
Aantal cellen	45.29	150.97	169.84	90.58	6.79	67.93	33.96	56.61	339.67	15.44	8.49	28.30	10.06
gewicht [kg]	690	60.4	272	309.4	66.5	108.8	212.84	271.89	185.3	60	74.7	73.6	27.2
aantal nodig	46	151	170	91	7	68	34	57	340	4	3	8	1
Totale prijs [\$ of €]	€ 3,447.24	\$ 12,986.00	\$ 47,124.00	\$ 10,046.40	\$ 8,859.20	\$ 8,835.92	\$ 20,502.00	\$ 12,243.60	\$ 14,956.60	\$ 4,400.00	\$ 4,440.00	\$ 2,920.00	\$ 1,265.00
koers (\$ -> €)	€ 3,447.24	€ 9,989.23	€ 36,249.23	€ 7,728.00	€ 6,814.77	€ 6,796.86	€ 15,770.77	€ 9,418.15	€ 11,505.08	€ 3,384.62	€ 3,415.38	€ 2,246.15	€ 973.08

J. Morfologische kaart
Tabel J-1 Morfologische kaart categorie 1 (Constructie)

Materialen	Conventioneel Staal	Conventioneel Aluminium	CFRP (biaxiaal)	GFRP (biaxiaal)	CFRP (biaxiaal) Sandwich
					
Cockpit	Monocoque	Space frame	Chassis/Carrosserie		
					
Dak	Convertible	Cabrio Coupe	Coupe		
					
Koplampen	LED	conventioneel			
					
Achterlichten	LED	conventioneel			
					
Vering	McPhersons	hydraulisch	Lucht		
					

Tabel J-2 Morfologische kaart categorie 2 (Aandrijflijn)

Brandstof	Benzine	Diesel	Waterstof	Elektrisch	LPG	Ethanol	CNG	CBG	Methano l	BioDiesel
										
Accu	PbA	NiCd	NiMH	NaS	Li-Ion	LiFePO4				
										
Aandrijving	In-Wheel	Asynchrone elektromotor	Synchrone elektromotor	gelijkstroommotor	ICE					
										
gashendel	Mechanisch	Hydraulisch systeem	drive by wire							
										
Remsysteem	Mechanisch	Hydraulisch	Brake by wire							
										

Stuurkolom	Mechanisch stuurkolom	steer by wire
		
Fuel cell	PEM	Geen
	 Waterstof Lucht Stikstof + Water Anode Kathode Elektrolyt $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	

K. Eigenschappen brandstofceltypen

Tabel K-1 Verschillende soorten Fuelcell types

Fuel Cell Type	Operating temperature	System output	Efficiency	Applications	EVA [g/MJ]	type	Price
Alkaline (AFC)	90–100°C 194–212°F	10kW–100kW	60–70% electric	Military; Space;		Niet voor auto industrie	Onbekend
Phosphoric Acid (PAFC)	150–200°C 302–392°F	50kW–1MW (250kW module typical)	80–85% overall with combined heat and power (CHP) (36–42% electric)	Distributed generation;	142	Niet voor auto industrie	Onbekend
Polymer Electrolyte Membrane or Proton Exchange Membrane (PEM)*	50–100°C 122–212°F	<250kW	50–60% electric	Back-up power; Portable power; Small distributed generation; Transportation ;	170	Ballard 9SSL 4-19 kW	Onbekend
Molten Carbonate (MCFC)	600–700°C 1112–1292°F	<1MW (250kW module typical)	85% overall with CHP (60% electric)	Electric utility; Large distributed generation;	117	Niet voor auto industrie	Onbekend
Solid Oxide (SOFC)	650–1000°C 1202–1832°F	5kW–3MW	85% overall with CHP (60% electric)	Auxiliary power; Electric utility; Large distributed generation;	114	Niet voor auto industrie	Onbekend

L. Varianten elektromotoren

Tabel L-1 verschillende elektromotoren

Type	DC Brushless Permanent Magnetic			3-phase AC induction motor	DC Brush Series wound 15 kW	DC Brushless permanent magnet
Price	?	?	?	€ 1,990.00	\$ 2,035.00	\$ 750.00
Item	BL15-1	BL15-2	BL15-3	M2-AC15/4-AS	FB1-4001A	D&D ES-15C-6 Motor
Rated Power	15 kW	15 kW	15 kW	15 kW	15kW	15kW
Battery Voltage	320 V	144 V	144 V	484 VDC	96VDC	72VDC
Rated Speed	3200 rpm	3500 rpm	4500 rpm	5200 rpm	-	-
Max Speed	3500 rpm	4000 rpm	5000 rpm	9000 rpm	-	-
Rated Torque	44.8 N·m	40.1 N·m	31.8 N·m	-	20 HP	9 HP
Max Torque	89.6 N·m	90 N·m	65 N·m	140 Nm	70 HP	65 Ft /Lbs Torque Peak
Max Power	30.0 kW	40.0 kW	30.0 kW	20kW	17,3 kW	25 HP Peak
Rated Current	55A	114.4 A	114.4 A	180 A	-	-
	-	-	-	360 A	-	-
EFF%	96.6%	96.6%	93.8%	-	-	-
Insulation	F	F	F	-	-	-
Cooling	water	water	water	Air	-	-
Net Weight	47 kg	48 kg	48 kg	58 kg	68,5 kg	
Voordeelen:				goede Koppel; betere actieradius; beter in heuvel landschap; Minder belastend op de auto; kan een zwaarder voertuig verplaatsen;	Directe koppel vanaf stilstand	
Nadelen:				Duur; DC/AC converter nodig tussen accu en motor;	Slecht in heuvel landschappen; Moet een massa te verzetten hebben anders kan het zichzelf kapot maken;	Maakt veel geluid; voornamelijk voor kleine EV's zoals motors, scooters, fietsen etc.;

M. Kesselring resultaten

a) Constructie

Tabel M-1 Kesselringresultaten van materialen

Materialen																			
Criteria	Concept 1	Conventioneel Staal	Conventioneel Aluminium	CFRP (biaxiaal)	GFRP (biaxiaal)	CFRP (biaxiaal) Sandwich	Concept 2	Conventioneel Staal	Conventioneel Aluminium	CFRP (biaxiaal)	GFRP (biaxiaal)	CFRP (biaxiaal) Sandwich	Concept 3	Conventioneel Staal	Conventioneel Aluminium	CFRP (biaxiaal)	GFRP (biaxiaal)	CFRP (biaxiaal) Sandwich	
	Prijs (€/kg)	1	5	4	2	3	1	3.5	5	4	2	3	1	4	5	4	2	3	1
	EVA	4	5	3	2	4	1	3.5	5	3	2	4	1	1	5	3	2	4	1
	Stijfheid	2	5	4	3	1	2	1	5	4	3	1	2	2	5	4	3	1	2
	Gewicht	3	1	3	5	3	5	2	1	3	5	3	5	3	1	3	5	3	5
	Totale score	50	38	33	31	30	24	50	42	34.5	27	31.5	19	50	38	36	31	27	24

Tabel M-2 Kesselring resultaten van de Cockpit

Cockpit												
Criteria	Concept 1	Monocoque	Space frame	Chassis/Carrosserie	Concept 2	Monocoque	Space frame	Chassis/Carrosserie	Concept 3	Monocoque	Space frame	Chassis/Carrosserie
Complexiteit	2	5	3	2	2	5	3	2	2	5	3	2
Prijs	3	1	3	5	3	1	3	5	3	1	3	5
Gewicht	1	3	5	1	1	3	5	1	1	3	5	1
Totale score	30	16	20	20	30	16	20	20	30	16	20	20

Tabel M-3 Kesselring resultaten van het dak

Dak												
Criteria	Concept 1	Convertible	Cabrio Coupe	Coupe	Concept 2	Convertible	Cabrio Coupe	Coupe	Concept 3	Convertible	Cabrio Coupe	Coupe
Complexiteit	2	5	5	3	2	5	5	3	2	5	5	3
Prijs	3	3	1	5	3	3	1	5	3	3	1	5
Gewicht	1	5	1	3	1	5	1	3	1	5	1	3
Totale score	30	24	14	24	30	24	14	24	30	24	14	24

Tabel M-4 Kesselring resultaten van de koplampen

Koplampen									
Criteria	Concept 1	LED	conventioneel	Concept 2	LED	conventioneel	Concept 3	LED	conventioneel
Complexiteit	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Prijs	4	1	5	4	1	5	4	1	5
Gewicht	2	3	2	2	3	2	2	3	2
Energie efficiëntie	1	4	2	1	4	2	1	4	2
Totale score	50	23	35	50	23	35	50	23	35

Tabel M-5 Kesselring resultaten van de achterlichten

Achterlichten									
Criteria	Concept 1			Concept 2			Concept 3		
		LED	conventioneel		LED	conventioneel		LED	conventioneel
Complexiteit	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Prijs	4	1	5	4	1	5	4	1	5
Gewicht	2	3	2	2	3	2	2	3	2
Energie efficiëntie	1	4	2	1	4	2	1	4	2
Totale score	50	23	35	50	23	35	50	23	35

Tabel M-6 Kesselring resultaten van de vering

Vering												
Criteria	Concept 1	McPhersons	hydraulisch	Lucht	Concept 2	McPhersons	hydraulisch	Lucht	Concept 3	McPhersons	hydraulisch	Lucht
Complexiteit	2	2	4	4	2	2	4	4	2	2	4	4
Prijs	3	5	3	3	3	5	3	3	3	5	3	3
Gewicht	1	2	3	1	1	2	3	1	1	2	3	1
Totale score	30	21	20	18	30	21	20	18	30	21	20	18

b) Aandrijflijn

Tabel M-7 Kesseling resultaten van de brandstof

Criteria	Brandstof																																	
	Concept 1	Benzine	Diesel	Compressed Waterstof (CH2)	Vloeibaar Waterstof (LH2)	Elektrisch	LPG	Ethanol	CNG	CBG	BioDiesel	Concept 2	Benzine	Diesel	Compressed Waterstof (CH2)	Vloeibaar Waterstof (LH2)	Elektrisch	LPG	Ethanol	CNG	CBG	BioDiesel	Concept 3	Benzine	Diesel	Compressed Waterstof (CH2)	Vloeibaar Waterstof (LH2)	Elektrisch	LPG	Ethanol	CNG	CBG	BioDiesel	
Prijs	1	4	3	1	1	2	4	1	5	4	3	2.5	4	3	1	1	2	4	1	5	4	3	3	4	3	1	1	2	4	1	5	4	3	
EVA	3	2	3	3	1	4	2	2	3	5	4	2.5	2	3	3	1	4	2	2	3	5	4	1	2	3	3	1	4	2	2	3	5	4	
Capaciteit	2	3	3	5	5	2	3	2	3	2	3	1	3	3	5	5	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	5	5	2	3	2	3	2	3
Totale score	30	16	18	20	14	18	16	11	20	23	21	30	18	18	15	10	17	18	9.5	23	24.5	20.5	30	20	18	16	14	14	20	9	24	21	19	

Tabel M-8 Kesseling resultaten van de accu

Accu																					
Criteria	Concept 1							Concept 2							Concept 3						
		PbA	NiCd	NiMH	NaS	Li-Ion	LiFePO4		PbA	NiCd	NiMH	NaS	Li-Ion	LiFePO4		PbA	NiCd	NiMH	NaS	Li-Ion	LiFePO4
Prijs	1	5	3	1	4	2	3	3.5	5	3	1	4	2	3	4	5	3	1	4	2	3
EVA	4	3	3	1	3	5	4	3.5	3	3	1	3	5	4	1	3	3	1	3	5	4
Gewicht	2	1	3	3	3	5	4	2	1	3	3	3	5	4	2	1	3	3	3	5	4
Capaciteit	3	1	2	2	3	5	5	1	1	2	2	3	5	5	3	1	2	2	3	5	5
Totale score	50	22	27	17	31	47	42	50	31	29	15	33.5	39.5	37.5	50	28	27	17	34	38	39

Tabel M-9 Kesselring resultaten van de brandstofcel

Brandstofcel									
Criteria	Concept 1	PEMFC	Geen	Concept 2	PEMFC	Geen	Concept 3	PEMFC	Geen
Complexiteit	2	5	1	2	5	1	2	5	1
Prijs	3	1	5	3	1	5	3	1	5
EVA	4	1	5	4	1	5	4	1	5
Capaciteit	1	5	1	1	5	1	1	5	1
Totale score	40	22	38	40	22	38	40	22	38

Tabel M-10 Kesselring resultaten van de aandrijving

Aandrijving																		
Criteria	Concept 1	In-Wheel	Asynchrone elektromotor	Synchrone elektromotor	gelijkstroommotor	ICE	Concept 2	In-Wheel	Asynchrone elektromotor	Synchrone elektromotor	gelijkstroommotor	ICE	Concept 3	In-Wheel	Asynchrone elektromotor	Synchrone elektromotor	gelijkstroommotor	ICE
Complexiteit	2	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5
Prijs	4	2	3	3	3	2	4	2	3	3	3	2	4	2	3	3	3	2
Gewicht	1	5	4	3	2	1	1	5	4	3	2	1	1	5	4	3	2	1
Energie efficiëntie	3	5	4	4	4	3	3	5	4	4	4	3	3	5	4	4	4	3
Totale score	50	38	38	37	36	28	50	38	38	37	36	28	50	38	38	37	36	28

Tabel M-11 Kesselring resultaten van de gashendel

Gas-hendel									
Criteria	Concept 1	Mechanisch Hydraulisch systeem	drive by wire	Concept 2	Mechanisch Hydraulisch systeem	drive by wire	Concept 3	Mechanisch Hydraulisch systeem	drive by wire
Complexiteit	2	4	4	2	4	4	2	4	4
Prijs	3	1	1	3	1	1	3	1	1
Gewicht	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Totale score	30	12	13	30	12	13	30	12	13

Tabel M-12 Kesselring resultaten van het remsysteem

Rem systeem									
Criteria	Concept 1	Mechanisch/ Hydraulisch		Concept 2	Mechanisch/ Hydraulisch		Concept 3	Mechanisch/ Hydraulisch	
			Brake by wire			Brake by wire			Brake by wire
Complexiteit	2	4	4	2	4	4	2	4	4
Prijs	3	1	1	3	1	1	3	1	1
Gewicht	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Totale score	30	12	13	30	12	13	30	12	13

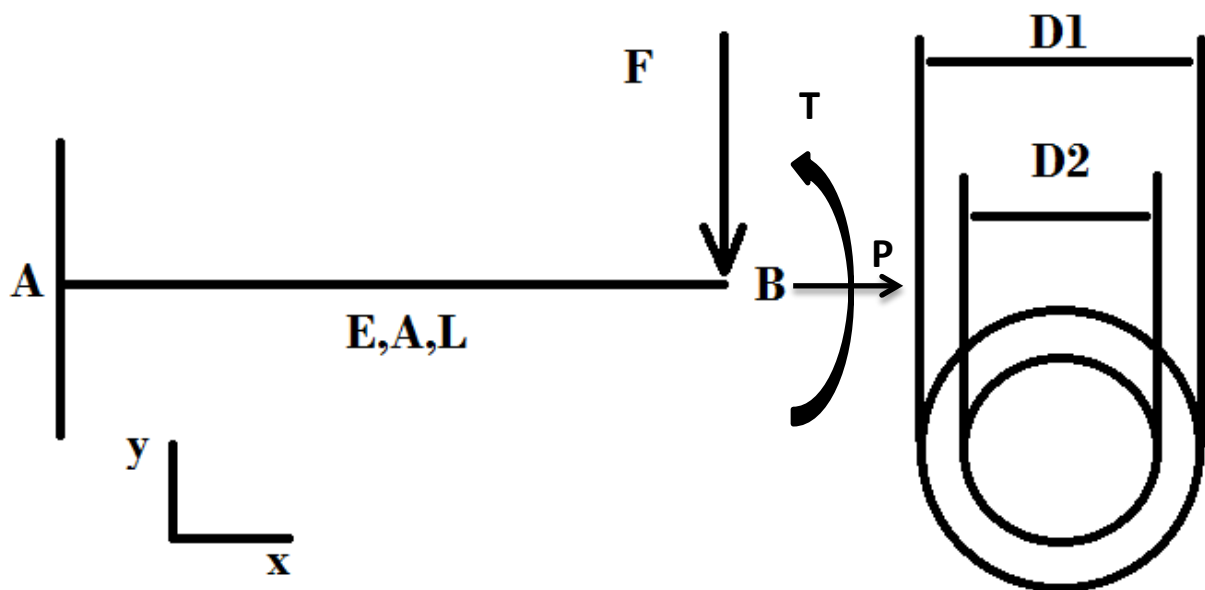
Tabel M-13 Kesselring resultaten van de stuurkolom

Stuurkolom									
Criteria	Concept 1	Mechanisch/ Hydraulisch		Concept 2	Mechanisch/ Hydraulisch		Concept 3	Mechanisch/ Hydraulisch	
			Steer-by-wire			Steer-by-wire			Steer-by-wire
Complexiteit	2	4	4	2	4	4	2	4	4
Prijs	3	1	1	3	1	1	3	1	1
Gewicht	1	1	2	1	1	2	1	1	2
Totale score	30	12	13	30	12	13	30	12	13

N. Invloed van belasting op verschillende materialen

Gedurende het LCA onderzoek van materialen is er onderzocht wat de uitstoot per kg materiaal zal zijn van verschillende soorten materialen. Dit geeft een goed beeld hoe de materialen aan elkaar gerelateerd uitstoten in de atmosfeer. Het grootste probleem van de resultaten is dat ieder materiaal onder eenzelfde belasting anders reageert. Om een betere vergelijking tussen materialen te maken is het dus van belang om de doorbuiging van een staaf voor ieder materiaal gelijk te houden. Om een gelijke doorbuiging te realiseren zal er voor iedere situatie bepaald moeten worden hoe groot de diameter van een staaf aluminium is ten opzichte van een staaf staal. Met behulp van de resultaten zal vervolgens berekend worden wat de totale uitstoot van deze staaf is en hoe hoog de kosten zijn. Drie verschillende belastingen zullen beschouwd worden, namelijk een kracht, een torsie en een axiale belasting (trekkracht).

In onderstaande vrijlichaamsdiagram is de belasting weergegeven.



Figuur N-1 Vrijlichaamsdiagram van staal en aluminium ronde buis

a) Methode

Voor iedere dimensie bepaling bij de verschillende belastingen wordt op een vergelijkbare methode te werk gegaan. Er is eerst berekend wat de doorbuiging (buigkracht), hoekverdraaiing (torsie) en uitrekking (trek- of drukbelasting) van een stalen ronde buis van 21,3mmx2,5mm is. Om een gelijke stijfheid als resultaat te krijgen is bepaald dat de doorbuiging, hoekverdraaiing en uitrekking van de aluminium buis even groot moet zijn. Door terug te rekenen is vastgesteld hoe de buitendiameter moet veranderen om aan de stijfheidseis te voldoen. De nieuwe dimensies zijn gebruikt om het volume, de massa, de EVA en de prijs te bepalen. Iedere belasting heeft naast de standaard methode ook extra berekeningen.

- Buigkracht: Massa van de as is meegenomen als verdeelde belasting over de gehele balk. De maximale doorbuiging ligt in punt A en is een combinatie van de externe kracht en de massa.
- Torsie: Hoekverdraaiing is alleen afhankelijk van het draaiende moment op de as
- Trek- of Drukbelasting: Er is eerst gekeken of bij de gegeven belasting 'buckling' optreedt. Euler's formule is toepasbaar wanneer de interne spanning bij de belasting onder de 190 MPa (aluminium) of 250MPa (staal) ligt.

Er is in iedere situatie gebruik gemaakt van onderstaande gegevens;

Tabel N-1 karakteristieke eigenschappen van staal en aluminium

		staal	aluminium
ρ	Dichtheid [kg/m ³]	7,85E+03	2,71E+03
E	E-modulus [N/m ²]	1,93E+11	6,89E+10
ν	poisson's ratio	0,21	0,33
G	shear-modulus [N/m ²]	8,00E+10	2,59E+10
L	Lengte [m]	1	1
EVA_m	EVA per kg [kgCO ₂ eq]	5,105	12
Prijs	Prijs per kg [€]	€ 8,63	€ 15,64

Onderstaande tabel geeft van staal de dimensies van de ronde buis en enkele benodigde constanten.

Tabel N-2 Afmetingen van de stalen ronde buis met berekende traagheidsmoment en oppervlakte

	Staal	formule
t [m]	2,5E-03	NVT
D1 [m]	16,3E-03	NVT
D2 [m]	21,3E-03	NVT
I [mm⁴]	6,64E-09	$I = \frac{\pi}{4}(r_2^4 - r_1^4)$
A [mm²]	0,147E-03	$A = \pi(r_2^2 - r_1^2)$
V [mm³]	0,147E-03	$V = A * L$

b) Resultaten

Buigkracht

De doorbuiging door gewicht is gelijk aan de volgende formule:

$$\delta_m = \frac{wL^4}{8EI} \quad \text{N.1}$$

Hiervoor is de zwaartekracht van de ronde buis nodig

$$m = \rho AL$$

$$w = \frac{F_z}{L} = \frac{m * g}{L}$$

De doorbuiging door de externe kracht P is gelijk aan de formule:

$$\delta_F = \frac{PL^3}{3EI} \quad \text{N.2}$$

De totale doorbuiging is gelijk aan;

$$\delta_{\text{totaal}} = \delta_m + \delta_F \quad \text{N.3}$$

Onderstaande tabel geeft de berekende doorbuiging van de stalen. De totale doorbuiging van de aluminium buis is gelijkgesteld aan die van staal, waarmee uiteindelijk de buitendiameter van de aluminium buis berekend wordt. Er is niet rekening gehouden met de beschikbare afmetingen op de markt. Dit is een theoretische benadering van de werkelijkheid.

Tabel N-3 Doorbuiging van staal en aluminium ronde buis bij belasting door buigkracht

		staal	aluminium
δ_m [m]	doorbuiging massa	1,1E-03	0,5E-03
δ_F [m]	doorbuiging kracht	26,0E-03	26,6E-03
δ_{totaal} [m]	doorbuiging totaal	27,1E-03	27,1E-03

Voor deze doorbuiging gelden de volgende diameters.

Tabel N-4 Berekende diameter aluminium buis bij belasting door buigkracht

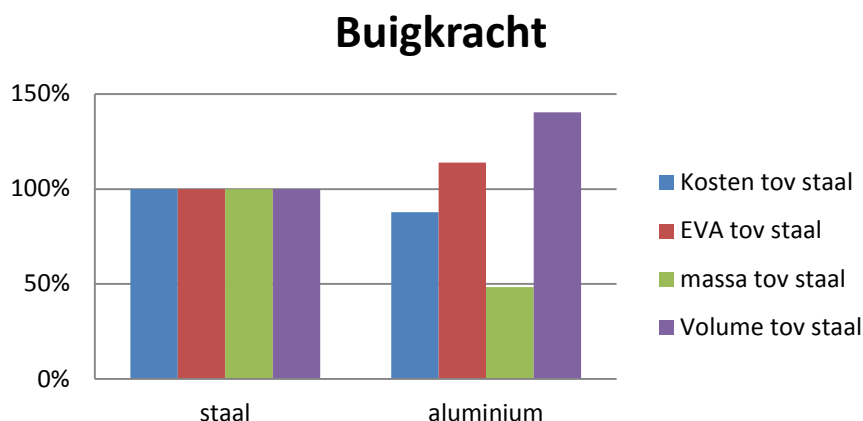
		staal	aluminium
D [m]	Diameter	21,3E-03	28,9E-03
t [m]	dikte	2,5E-03	2,5E-03

Nu de dimensies van de ronde buizen zijn gedefinieerd kan de prijs, de Eva, de massa en Volume van iedere ronde buis bepaald worden. Onderstaande tabel geeft deze waarden afhankelijk van de data in het eindrapport.

Tabel N-5 Prijs, EVA, Massa en Volume van staal en aluminium bij belasting door buigkracht

	staal	aluminium
Prijs [€]	10,00	8,78
EVA [kg CO2eq]	5,92	6,74
Massa [kg]	1,16	0,56
Volume [m3]	0,148E-03	0,207E-03

In onderstaande grafiek zijn de veranderingen ten opzichte van staal in procenten weergegeven.



Figuur N-2 Percentueel verandering aluminium ten opzichte van staal bij belasting door buigkracht

Torsiemoment

De berekeningsmethode is vergelijkbaar met die van de buigkracht. Het grootste verschil is dat bij deze berekening niet de doorbuiging maar de verdraaiingshoek constant gehouden is. Om de verdraaiingshoek te berekenen is gebruik gemaakt van de volgende formule:

$$\varphi = \frac{TL}{JG} \quad \text{N.4}$$

Tabel N-6 Berekende verdraaiingshoek van staal en aluminium bij belasting door torsie

		staal	aluminium
φ	Verdraaiingshoek (°)	9,42E-02	9,42E-02

Door terug te rekenen is de buitendiameter te berekenen.

Tabel N-7 Berekende diameter van aluminium buis bij belasting door torsie

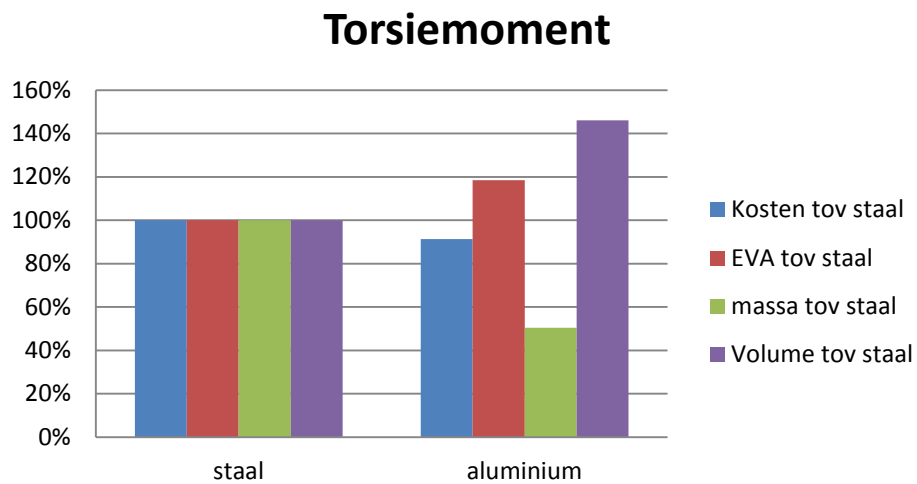
		staal	aluminium
D [m]	Diameter	21,3E-03	29,96E-03
t [m]	dikte	2,5E-03	2,5E-03

Met deze buitendiameter kan het volume, de prijs, de EVA_m en het gewicht bepaald worden. Deze zijn terug te vinden in onderstaande tabel.

Tabel N-8 Volume, Prijs, EVA en massa van staal en aluminium buis

	staal	aluminium
Volume [m3]	0,15E-03	0,22E-03
Prijs [€]	10,00	9,14
EVA [kg CO2eq]	5,92	7,01
Massa [kg]	1,16	0,58

Onderstaande grafiek geeft de veranderingen ten opzichte van staal percentueel weer.



Figuur N-3 Percentueel verschil van aluminium ten opzichte van staal bij belasting door torsie.

Axiale kracht (druk- of trekkracht)

Ten slotte wordt gekeken naar hoe het materiaal reageert bij de belasting van een axiale kracht. Om uitrekking te berekenen is hiervoor een andere formule nodig. Namelijk onderstaande formule;

$$\delta = \frac{PL}{EA} \quad \text{N.5}$$

De ronde buis wordt belast met een trekkracht van 100N. Er is geen onderscheid gemaakt in trek of drukbelasting omdat dit slechts de richting van uitrekking vastlegt. De uitrekking is als volgt;

Tabel N-9 Uitrekking staal en aluminium bij belasting door trek- of drukkracht.

	staal	aluminium
uitrekking	3,5E-06	3,5E-06

De berekende uitrekking levert de volgende diameters op.

Tabel N-10 Berekende diameter van staal en aluminium bij belasting door trek- of drukbelasting

		staal	aluminium
D [m]	Diameter	21,3E-03	55,2E-03
t [m]	Dikte	2,5E-03	2,5E-03

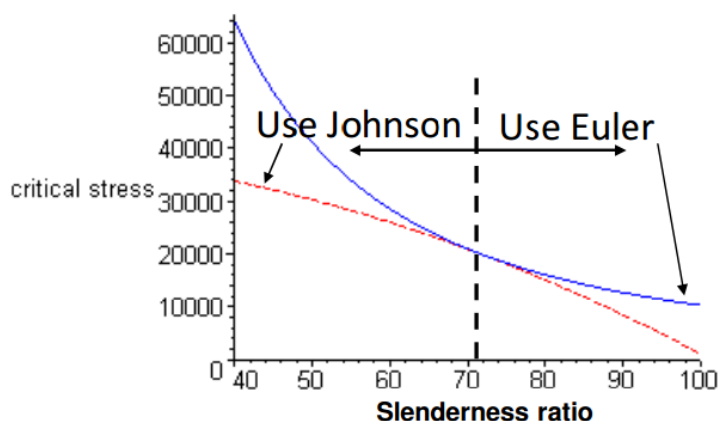
Bij drukbelasting is er een kans dat buckling kan optreden, wat betekent dat de formule van Euler niet nauwkeurig genoeg is. Wanneer $\sigma_{cr} < \sigma_y$ (vloeispanning) dan verloopt de verbuiging elastisch en geldt de formule van Euler. De kritieke spanning is met de volgende berekening te bepalen.

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad \text{N.6}$$

Met $K=2$ omdat de as een vrij uiteinde en een vaste oplegging heeft. Voor de berekende diameter staat in onderstaande tabel weergegeven of Euler toegepast mag worden.

Verder geldt dat wanneer de $\frac{L}{r}$ (slenderness ratio) in de noemer groter is dan 80 dan geeft de formule van Euler het nauwkeurigste resultaat.

Buckling diagram



Figuur N-4 Slenderness ratio tegenover kritieke spanning om mate van buckling zo goed mogelijk uit te rekenen

Tabel N-11 Vergelijking kritieke spanning met vloeigrens spanning ter bevestiging gebruik van Euler formule

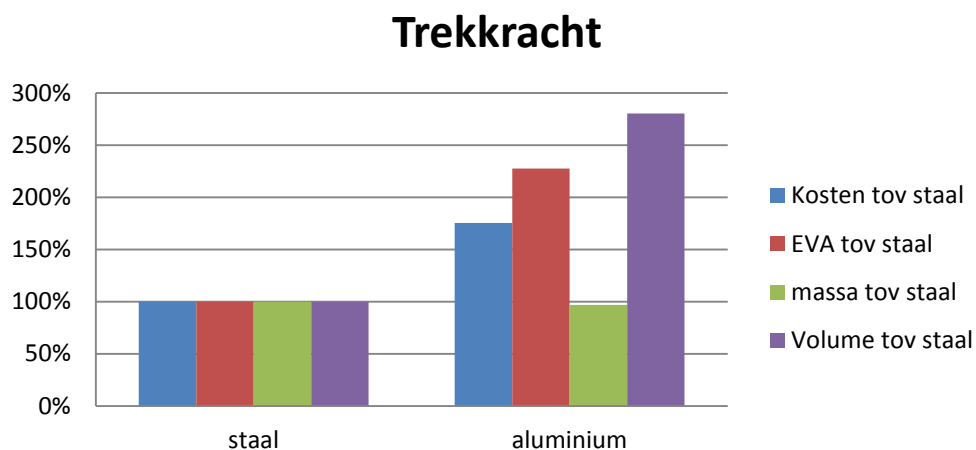
	Staal	Aluminium
σ_{cr} [MPa]	54,0	129,5
σ_Y [MPa]	250	190
Euler?	ja	ja

De verbuiging van de buis verloopt elastisch en dus is de toepassing van Euler's formule om spanning uit te rekenen terecht geweest. Onderstaande tabel geeft voor de afmetingen hoe de kosten, EVA_m, massa en volume verandert bij oplegging van een drukkracht.

Tabel N-12 Kosten, EVA, massa en Volume van staal en aluminium bij belasting van trek- of drukkracht.

	staal	aluminium
Kosten [€]	10,00	17,55
EVA [kg CO ₂ eq]	5,91	13,46
Massa [kg]	1,16	1,12
Volume [m ³]	0,15E-03	0,41E-03

De Figuur N-5 geeft ten opzichte van staal percentueel het verschil weer met aluminium.



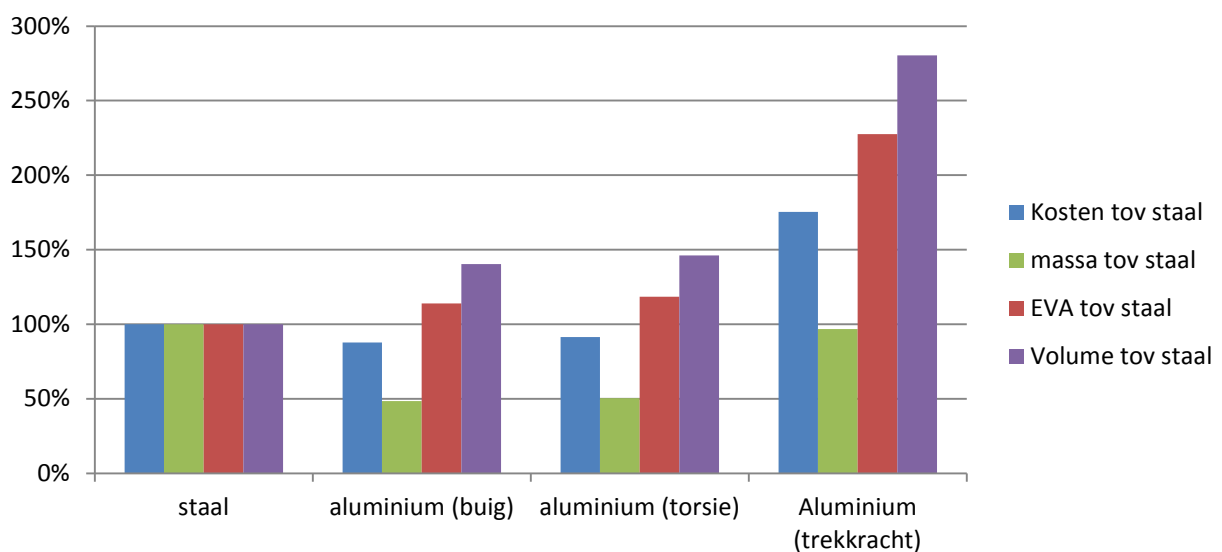
Figuur N-5 Percentueel verschil van aluminium ten opzichte van staal bij belasting door druk- of trekkracht

c) Conclusie

Na voor drie verschillende kracht situaties bepaald te hebben welke invloed dit heeft op het volume, de massa, de kosten en de EVA is duidelijk geworden dat er goed opgelet moet worden bij het ontwerpen van een structuur van welk materiaal het gemaakt wordt. Het is onmogelijk aan te nemen dat een aluminium constructie exact geschaald kan worden. Voor iedere belasting is een andere factor van toepassing.

Dit resultaat geeft een realisatie dat een materiaal dat duurder oogt uiteindelijk niet duurder hoeft te zijn. Er zijn een hoop verschillende variabelen die invloed hebben op de uiteindelijk EVA en kosten.

Dit onderzoek is gedaan op een simpele constructie van een ronde buis die vast is opgelegd. Zodra deze constructie complexer wordt zal de volume en massa verandering anders zijn. Onderstaande figuur geeft voor alle belastingsoorten de resultaten naast elkaar weer.



Figuur N-6 Resultaten van Aluminium ten opzichte van staal bij verschillende belasting

Het valt op dat de trekkracht de grootste invloed op verandering in structuur heeft. Om een gelijke kracht op te vangen met een constante uitrekking moet de staaf ongeveer 3 keer zo groot worden in volume.

d) Aanbeveling

Dit onderzoek is iets waar nog veel in uitgebreid kan worden. In dit geval is alleen gekeken naar aluminium en staal. Om het uit te breiden moet er onderzocht worden hoe composieten veranderen om een constante doorbuiging, hoekverdraaiing en uitrekking te behouden. Composieten reageren namelijk anders afhankelijk van de wijze van lamineren en de richting van belasten.

Verder moet er gekeken worden naar wat de invloed dat een hogere belasting of een verandering van lengte heeft op het volume, de massa, de prijs en de EVA_m.

O. Reflectierapport

a) Originale opdrachtschrijving

Context

Binnen de Haagse Hogeschool te Delft is het expertise centrum gevestigd dat het prestige project The HydroCruisers en The ElectroCruisers ondersteund in het ontwikkelen van auto's waarmee jaarlijks aan wedstrijden meegedaan wordt. Het expertisecentrum ondersteunt studenten in de ontwikkeling

van in dit geval een waterstof of elektrische auto.

Probleemstelling

Het expertisecentrum wil in de loop van 4 jaar een modern stedelijk voertuig ontwikkelen gebaseerd op de techniek van The HydroCruisers en The ElectroCruisers. Om deze richting te concretiseren zullen er concepten ontworpen moeten worden van waaruit studenten in de komende 4 jaar aan de slag kunnen om hun technische vaardigheden te vergroten. Het is van belang dat het voertuig realistisch en haalbaar is en binnen de gestelde periode gebouwd kan worden.

Opdrachtformulering

De opdracht bestaat uit het opstellen van een prototype voor een marktconform stedelijk voertuig dat in de loop van 4 jaar ontwikkeld en gebouwd kan worden. Om een prototype te ontwikkelen is het van belang dat een duidelijk pakket van eisen wordt opgesteld waar vanuit 3 volledige concepten opgesteld kunnen worden. Het pakket van eisen moet gebaseerd worden op de techniek binnen het expertise centrum. Het beste concept zal vervolgens verder uitgewerkt moeten worden.

Specifiek zijn de onderdelen van het eindverslag de volgende:

- Octrooionderzoek;
- Normen en Wetgeving; (RDW)
- Een ergonomie onderzoek; (in samenwerking met een bewegingswetenschappen student)
- Marktanalyse om concepten te verantwoorden; (in samenwerking met Jarno Brouwers)
- Conceptkeuze afweging aan de hand van verschillende analyse tools;
- Een uitgebreide krachtenanalyse m.b.v. FEmap;
- Concepttekeningen om de ideeën te illustreren; (Rhinoceros, Inventor)
- Technisch team werkplan voor de komende 4 jaar; (Bij voortijdige afronding van de primaire taken zal hiernaar gekeken worden)

Samenwerking met Jarno Brouwers

Tegelijk zal Jarno Brouwers aan de slag gaan met het Technisch Bedrijfskunde deel van de opdracht. Om een volledig resultaat neer te zetten zal Jarno kijken naar de markt, werving, organisatiestructuur, financieel management, planning en overdracht van kennis. Al deze aspecten zijn noodzakelijk om een goede structuur binnen dit nieuwe project van de Hydrocruisers vast te stellen. Belangrijk om op te merken is dat hoewel onze opdrachten overlap zullen hebben we allebei 2 verschillende aspecten van dit project zullen uitwerken en dus niet afhankelijk van elkaars resultaat zullen zijn.

Expertise Centrum
P. Menger

.....

Afstudeerder Haagse Hogeschool
T. Hjortnaes

.....

b) Nieuwe opdrachtomschrijving

Context

Binnen de Haagse Hogeschool te Delft is het expertise centrum gevestigd dat het prestige project The HydroCruisers en The ElectroCruisers ondersteund in het ontwikkelen van auto's waarmee jaarlijks aan wedstrijden meegedaan wordt. Het expertisecentrum ondersteunt studenten in de ontwikkeling van in dit geval een waterstof of elektrische auto.

Probleemstelling

Het expertisecentrum wil in de loop van 4 jaar een modern stedelijk voertuig ontwikkelen gebaseerd op de techniek van The HydroCruisers en The ElectroCruisers. Om deze richting te concretiseren zullen er concepten ontworpen moeten worden van waaruit studenten in de komende 4 jaar aan de slag kunnen om hun technische vaardigheden te vergroten. Het is van belang dat het voertuig realistisch en haalbaar is en binnen de gestelde periode gebouwd kan worden.

Opdrachtformulering

De opdracht bestaat uit het opstellen van enkele concepten voor een marktconforme SUV dat er in de loop van 4 jaar één voertuig ontwikkeld en gebouwd kan worden door studenten van De Haagse Hogeschool (HHS) op basis van de technologie die in het Expertisecentrum reeds aanwezig is of volgens het vigerende beleid ontwikkeld gaat worden. Door de EVA rechtvaardig te kwantificeren is duurzaamheid reëel toetsbaar. De ontwikkelde concepten zullen aan de hand van de Ecologische voetafdruk (EVA) en nog te bepalen criteria getoetst worden (Kesselring), waardoor het beste concept ontstaat. Dit concept zal aan de hand van technische onderbouwing gevalideerd worden.

De volgende onderdelen zullen in het eindverslag behandeld worden

- Vooronderzoek (zie hoofdstuk 2 en 3);
 - o Brainstorm;
 - o Normen en wetgevingsonderzoek;
 - o Ergonomieonderzoek;
 - o Life cycle assessment (LCA) om duurzaamheid te kwantificeren;
 - o Businessplan (ontwikkeld door Jarno Brouwer);
 - o Pakket van Eisen voor de concepten.
- Concepten (Methodisch Ontwerpen) (zie hoofdstuk 4)
 - o Concepten
 - o Morfologische kaart
 - o Conceptkeuze aan de hand van opgestelde criteria(Kesselring)
- Technische Dossier (Zie Bijlage N)
 - o Berekening van volume, massa, EVA en prijs verandering bij ontwerpen volgens gelijke criteria en met verschillende materialen.

Samenwerking met Jarno Brouwers

Tegelijk zal Jarno Brouwers aan de slag gaan met het Technisch Bedrijfskunde deel van de opdracht. Om een volledig resultaat neer te zetten zal Jarno kijken naar de markt, werving, organisatiestructuur, financieel management, planning en overdracht van kennis. Al deze aspecten zijn noodzakelijk om een goede structuur binnen dit nieuwe project van de Hydrocruisers vast te stellen. Belangrijk om op te merken is dat hoewel onze opdrachten overlap zullen hebben we allebei 2 verschillende aspecten van dit project zullen uitwerken en dus niet afhankelijk van elkaars resultaat zullen zijn.

Expertise Centrum
P. Menger

.....

Afstudeerder Haagse Hogeschool
T. Hjortnaes

.....

c) Competenties

Dit hoofdstuk beschrijft de competenties die de student verwacht te verbeteren aan het begin van deze afstudeeropdracht. Competenties zijn opgedeeld in algemene en beroeps-specifieke competenties. In bijlage C is de competenties matrix opgenomen. Met behulp van de niveau bepalingstabel in bijlage C2 is een complexe context vastgesteld. **In het rood is per vooraf onderdeel (grijs) commentaar geleverd aan de hand van de uiteindelijk uitgevoerde opdracht. Gedurende het uitvoeren van de opdracht is de afstudeeropdracht verandert van een ontwerpopdracht naar een onderzoeksrapport. Alvorens een ontwerp gemaakt kan worden moet het duidelijk worden welke richting ingeslagen moet worden.**

Elke competentie kan in 6 verschillende taakrollen ingedeeld worden, namelijk;

- Onderzoeker
- Ontwerper
- Adviseur
- Beheerder
- Projectleider
- Ondernemer

Volgens onderstaande tabel zullen punten gegeven worden aan de competenties:

overzicht competentieniveaus				
		taakrol		
		geleid	zelfstandig	leidend
context	simpel	1	2	3
	lastig	2	3	4
	complex	3	4	5

Deze afstudeeropdracht is door de bovenstaande competenties in te delen onder ontwerper en projectleider, omdat er zullen concepten ontworpen worden met behulp van onderdelen uitgewerkt door andere stagiaires. **Wanneer achteraf gekeken wordt naar de opdracht blijken andere taakrollen vervuld te zijn. Door verandering van de opdracht gedurende het project van een ontwerp maken naar een onderzoek naar duurzaamheid en daarbij een advies geven welke brandstof, materiaal en accu de beste keuze is, zijn de taakrollen die passen bij de opdracht de analist en de adviseur. In de bijlage is de competentietabel ingevuld naar aanleiding van deze taakrollen.**

Beroepsspecifieke Competenties 1-9

De beroepsspecifieke competenties zijn specifiek voor werktuigbouwkunde bedoeld.

C1. Projectmanagement uitvoeren; Deze competentie zal gedurende de gehele stage aan bod komen. Planning opzetten, handhaven en naleven is een onderdeel van het gehele afstudeerproces. **Gedurende het gehele project is bijgehouden hoe het stond met het schema. Het originele schema is veranderd na de hand van tijd. De grote lijnen van het project zijn gelijk gebleven en exact als gepland uitgevoerd.**

C2. Een onderzoeksopdracht uitvoeren; Dit project is voornamelijk een ontwerpopdracht maar zelfs dat bevat een onderzoeksgedeelte.

Dit is na enkele weken geheel veranderd. Het is uiteindelijk een onderzoek geworden wat een theoretisch ontwerp als gevolg had. Het was veel belangrijker om in kaart te brengen hoe de verschillende materialen, brandstoffen en accu's het milieu belastte. Pas nadat dit in kaart gebracht was kon er een voorstel gemaakt worden wat uiteindelijk in het ontwerp wordt gebruikt.

C3. Het kunnen opstellen van productdefinitie, PvA en PvE voor een duurzaam product of proces.

Er zijn de opdracht duidelijke eisen opgesteld. Deze bestonden aan het begin van de opdracht nog niet. Plan van aanpak is zonder problemen gelukt en productdefinitie is middels brainstorm en onderzoek vastgesteld.

C4. Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces. Het resultaat na afronding van dit project is een concept voor een duurzaam stedelijk voertuig, dat voldoet aan de gestelde wetgeving en eisen van het expertise centrum.

Dit bleek iets anders te zijn na afloop van de opdracht. Er is voornamelijk een keuze gemaakt in brandstof, materiaal en accu. Waarbij brandstof doorslaggevend is voor het geheel. Het product is meer een afweging tussen verschillende technieken dan een reëel product. De ontwerpen kunnen pas gemaakt worden als de theoretische kennis aanwezig is. De ecologische voetafdruk van het concept is bekend en na enige uitbreiding hiervan kan er overgegaan worden op het maken van concepten. Het begin bracht veel onduidelijkheid met zich mee. Creativiteit was nodig om de 'echte' opdracht op te speuren namelijk een Life Cycle Assessment van verschillende brandstoffen, materialen en accu's

C5. Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces. Nadat een keuze gemaakt is van de concepten zal een CAE model gemaakt worden.

Er is geen CAE model gemaakt vanwege de ontbrekende relevantie voor het nieuwe project. Uiteindelijk is er een vergelijking gemaakt tussen materialen onder constante belasting en met gelijke doorbuiging om te zien welk invloed dit had op volume, massa, prijs en EVA.

C6. Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces. Dit project beslaat voornamelijk het ontwikkelen van een basis waar de komende 4 jaar vanuit gewerkt kan worden. Een grafische weergave zal gemaakt worden.

Zoals eerder genoemd is er geen grafisch model gemaakt omdat het project niet ver genoeg gevorderd is. Pas na een keuze van beleid, budget en imago is het van belang om een model te maken.

C7. Het voorbereiden van een voortbrengingsproces. Het maken van een grafische weergave zal voorbereid worden met behulp van een CAE programma. Hiervoor dienen een gedetailleerde tekeningen gemaakt te worden.

Er is geen CAE model gemaakt. Het voortbrengingsproces is nu nog theoretisch. Het model is in de vorm van een ecologische waarde weergegeven.

C8. Het produceren van een duurzaam product. Deze competentie beschrijft het ontwikkelen van een uitgewerkt concept.

Een volledig uitgewerkt concept uit uitgewerkt terug te vinden in het rapport daarnaast heeft het product zo'n invloed op het expertisecentrum dat er een nieuwe wijze van groen denken is ontstaan

C9. Het beheren of onderhouden van product of proces. Simultaan aan mijn project werkt een student technisch bedrijfskunde aan een afstudeerproject. Hij zal een businessplan schrijven voor hetzelfde project. De randvoorwaarden zullen dus met elkaar afgestemd moeten worden om de kwaliteit te waarborgen. Beide resultaten zullen bijdrage aan een volledig resultaat.

Er is gebruik gemaakt van enkele van zijn resultaten voor mijn verslag. Deze data is geverifieerd vanuit het Expertisecentrum. Voor de rest is er een eindresultaat neergezet dat bij een ieder financieel plan kan passen.

Algemene Competenties 10-15

De algemene competenties moeten met een minimum van een niveau 3 behaald worden. Dit houdt in dat een lastige opdracht zelfstandig opgelost moet kunnen worden.

C10. Kritisch handelen. Dit is een competentie die gedurende de hele opleiding al naar voren is gekomen. Gedurende de stage wordt er aan concepten gewerkt. Dit heeft als gevolg dat er analytisch gedacht moet worden om tot de juiste keuze te komen.

Uiteindelijk is de opdracht een onderzoeksopdracht gebleken, waarbij uit 40 academische papers de juiste informatie is gedestilleerd. Om de juiste afweging tussen gegevens te maken was het dan ook noodzakelijk om kritisch te kijken naar alle data.

C11. Systematisch een probleem aanpakken.

Ontwerpen is het sleutelwoord dat deze stage aan elkaar bindt. Creativiteit is daar een belangrijk onderdeel in. Verder is de opdracht zeer groot en is het dus van uiterste belang om systematisch en geordend te werk te gaan.

Er is vanaf dag 1 veel gebruik gemaakt van excel om alle gevonden gegevens tot een geheel te maken. Door de enorme hoeveelheden aan data was het ontzettend noodzakelijk om secuur te werk te gaan. Het is enkele keren fout gegaan waardoor door elkaar geschud was geraakt. Door begrip van de data is gelukkig uiteindelijk de fout eruit gehaald. De systematiek is sinds deze opdracht goed in mijn persoonlijke competenties opgenomen.

C12. Samenwerken. Bij deze afstudeeropdracht zal in zekere mate samengewerkt worden met het Expertisecentrum. Zij zullen hun kennis aan het project overdragen.

Er is in het begin veel samenwerking geweest met de andere afstudeerder. Verder is er veel gecommuniceerd over de mogelijkheden en uitwerking van deze opdracht. Er is gedurende het project goede samenwerking geweest, maar daarnaast ook veel zelfstandig uitgevoerd.

C13. Persoonlijke en professionele ontwikkeling. De opgedane ervaring van voorgaande projecten zal in het afstudeertraject nogmaals naar voren komen. Zolang op een sociale en serieuze manier gewerkt wordt zal dit onderdeel geen probleem veroorzaken.

Professionaliteit binnen de afdeling is goed verlopen. Ik heb zelf ontzettend leren focussen op de opdracht met veel lawaai om me heen. Door me te kunnen afsluiten heb ik gewerkt wanneer anderen afgeleid waren.

C14. Zelfverantwoordelijk werken. Deze competentie zal geen probleem vormen aangezien het van belang voor een succesvol afronden van het afstuderen is om zelfverantwoordelijk te werk te gaan. Uiteindelijk wil ik een resultaat neerzetten waar ik tevreden mee kan zijn en achter sta.

Zoals bij C13 staat aangegeven heb ik succesvol me kunnen focussen op de opdracht. Daarnaast was de opdracht complex door de grote hoeveelheid data en onduidelijkheid van de opdracht op dag 1.

C15. Kunnen functioneren in een internationale en/of multiculturele context. Dit is afhankelijk van het internationale karakter dat het Expertise Centrum zal hebben in het komende half jaar. Ik voorzie geen problemen in de internationale en of multiculturele context door mijn ervaring en mijn achtergrond.

Er is binnen de afdeling veel in het Engels gesproken door de aanwezigheid van buitenlandse studenten. Ik heb geen problemen met deze taalbarrière. Daarnaast was mijn afstudeerbegeleider uit Zuid-Afrika, waardoor er ook daar in het Engels gecommuniceerd werd.

Na afloop van deze periode zullen de competenties herzien worden om te bepalen of het gestelde niveau behaald is.

Naar mijn idee zijn er voor alle competenties voldaan aan het gestelde niveau. Het enige wat mis is gegaan is de opdracht zelf. De uiteindelijke uitgevoerde opdracht is niet zoals in het plan van aanpak omschreven. Gedurende de veranderingen is er vaak gecommuniceerd met zowel de afstudeerbegeleider als de bedrijfscoach. Beiden zijn dan ook akkoord gegaan met de veranderingen.

d) Oorspronkelijke Risico Analyse

Risico

Voor succesvol uitvoeren van dit project is het belangrijk om de risico's van het project in kaart gebracht te hebben. Op de website van Wolters Noordhoff²⁶ is een risicoanalyse formulier gevonden waarmee risico's van het project in kaart gebracht zijn. De formulier is terug te vinden in bijlage D.

SWOT analyse

Om de kwaliteiten en valkuilen van dit project in combinatie met de student te bepalen is een SWOT analyse uitgevoerd. De uitkomsten geven de STUDENT een beeld van punten die goed zijn en die verbeterd moeten worden.

Strengths	Weaknesses
▪ Doorzettingsvermogen STUDENT ▪ Analytisch vermogen ▪ Kennis van Methodisch Ontwerpen ▪ Wekelijkse vergaderingen ▪ Opvolging planning ▪ Theoretisch sterk (door vakken aan de TUDelft)	▪ Weinig kennis van duurzame energievormen ▪ De student is niet een professionele designer ▪ Verkorte studeertijd aan de HHS ▪ Minder praktisch inzicht
Opportunity's	Threats
▪ Kennis vergroten van Duurzaam ontwikkelen ▪ Opzetten van een nieuw project voor Expertisecentrum	▪ Deadline ▪ Te breed of te diep ▪ Overzicht verlies

De weaknesses en threats representeren risico's voor dit project. De formulier in bijlage D zijn ook ingevuld vanuit deze oogpunten. Waardering van deze risico's is dan ook daar terug te vinden.

Conclusie	Dit project beslaat het opstellen van een nieuw project voor het expertise centrum, waarbij veel randvoorwaarden pas gedurende de eerste paar weken gedefinieerd zullen worden. De randvoorwaarden vaststellen is een grote klus en heeft voor het succesvol afronden van dit afstuderen een hoge prioriteit. Verwacht wordt dan ook dat dit veel tijd gaat kosten en positief afgerond wordt. Zodra deze opgesteld zijn verandert het risicopercentage van 36% naar 28%.
------------------	--

²⁶ www..grit-projectmanagement.noordhoff.nl

e) Commentaar op SWOT analyse

Strength

Wanneer terug wordt gekeken op de SWOT analyse zijn de strengths vrijwel allemaal uitgekomen. Uiteindelijk heb ik goed mijn analytische vermogen kunnen gebruiken om het onderzoek tot een succesvol resultaat te laten uitkomen.

Weakness

De weaknesses zijn zoveel mogelijk gedurende het afstuderen bevochten. Mijn lage kennis van wat duurzaamheid nou echt betekent is veranderd door het lezen van vele publicaties en journals. Uiteindelijk heb ik op het praktische gebied weinig ontworpen. Dit is voornamelijk in theorie gedaan, namelijk; ontwerp mogelijkheden zijn aangegeven en beste ontwerprichting is gekozen.

Opportunity

De opportunity's zijn gedurende dit project maximaal benut. Duurzaam ontwikkelen is een nieuwe interesse geworden vanwege mijn afstudeeropdracht. Er is dan ook besloten om een masteropleiding te volgen aan de TU Delft waarin het duurzaam ontwikkelen binnen de transport logistiek en infrastructuur wordt verdiept. Verder is met het werk een goede basis opgezet waarmee het nieuwe project (Sustainable Urban Vehicle 2016) van start kan gaan. Er is een afweging gemaakt tussen voor en nadelen van verschillende brandstoffen, accu's en materialen op het gebied van Ecologische Voetafdruk en Prijs.

Threat

De deadline threat is naar eigen gevoel succesvol overwonnen. De opdracht was immers ruim op tijd voltooid, wat ervoor heeft gezorgd dat met rust het rapport nagekeken en verbeterd kon worden. Het risico dat de opdracht te breed of te diep zou worden is gedurende het project een continue zorgen geweest. Het heeft lang geduurd voordat het vertrouwen in de volledigheid van de opdracht voldoende was. Het was de bedoeling dat naast het ecologische onderzoek er een autoframe doorgerekend zou worden. Dit was een idee dat toegevoegd was om de werktuigbouwkundige vaardigheden te laten zien, maar uiteindelijk bleek dat dit niet reëel was. Het had immers geen draagvlak met de rest van het werk. Dit werk is niet voor niets geweest want het heeft er uiteindelijk voor gezorgd dat ik een ander probleem heb opgespeurd. Het bleek lastig om een frame te ontwerpen voor een voertuig waarin nog niet duidelijk is hoe deze eruit zal zien. De verandering van volume en massa bij gelijke doorbuiging en twee metalen heeft meer inzicht gegeven in de Life Cycle Assessment wat betreft de materialen.

Verlies van overzicht was een groot risico door het ontbreken van veel randvoorwaarden en onduidelijkheid in de opdracht. Daarnaast de hoeveelheden data die verwerkt zijn voor dit rapport zijn enorm geweest. Secuur te werk gaan was van uiterste belang om niet eenduidige resultaten te behalen

f) Persoonlijke ervaringen

Tijdens deze opdracht heb ik ontzettend veel geleerd over mezelf. Ik ben erachter gekomen dat ik mezelf ertoe kon zetten hard te werken ook al gebeurde er veel om me heen. Binnen het Expertisecentrum en The HydroCruisers heerst een goede sfeer wat veel lawaai met zich mee brengt. Desondanks deze lawaai ben ik instaat geweest me totaal af te sluiten hiervan. Tot mijn afstuderen kampte ik met concentratieproblemen, die ervoor zorgde dat een taak veel langer duurde dan noodzakelijk. Dit is sinds mijn afstudeerperiode verandert. Ik ga dan ook met volle moed mijn master opleiding in.

Ik ben tevreden met het resultaat dat ik heb neergezet. Vooraf had ik niet verwacht dat duurzaamheid zo interessant kon zijn. Ik was er altijd van overtuigt dat duurzaamheid niet voor mij bedoeld was. Ben dan ook verandert van mening nu dat ik inzicht heb gekregen in de ecologische voetafdruk. Een Life Cycle Assessment is een tool om ecologie in kaart te brengen, maar het is precies naar eigen interesse in te vullen. Dit betekent dat bedrijven een LCA zo kunnen maken dat hun proces als positief (of minder negatief) bestempeld wordt. Ik wil met mijn verdere opleiding kijken of het mogelijk is een nieuwe standaard neer te zetten die dit niet meer mogelijk maakt. Voor onze toekomst is dit namelijk van uiterste belang.

Tot aan dit project zijn altijd projecten met andere studenten uitgevoerd, wat niet altijd goede resultaten opleverde. Hierdoor voelde ik me geïntimideerd door het eenzame karakter van deze opdracht, maar veel communicatie met de bedrijfscoach en afstudeerbegeleider heeft ervoor gezorgd dat problemen snel overwonnen werden. Iedere 2 weken zijn er gesprekken geweest om de voortgang te bespreken. Vanaf dag 1 was het dan ook een wekelijkse bezigheid om mijn planning en rapport up-to-date te houden om iets te kunnen laten zien. Ik heb dit achteraf als zeer fijn bevonden, omdat ik aan het einde een veel rustigere periode heb gehad. Ik heb op mijn gemak alles nog een paar keer nagekeken en verbeterd.

g) Nieuwe competentielijst

Taskroles		analyst	designer	adviser	administrator	project manager	entrepreneur	
Algemene en beroepsspecifieke competenties								
nr.	Beroepsspecifiek competenties							
1	projectmanagement uitvoeren	4		4				pas aan wanneer nodig
2	een onderzoekopdracht uitvoeren	5		5				
3	het kunnen opstellen van productdefinitie	5		5				
4	het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces							
5	het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces							
6	het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces							
7	het voorbereiden van een voortbrengingsproces			4				
8	het produceren van een duurzaam product			3				
9	het beheren of onderhouden van product of proces			5				
nr.	Algemene HBO competenties							
10	kritisch handelen	5		4				verplicht
11	systematisch een probleem aanpakken	4		4				
12	samenwerken	3		3				
13	persoonlijke en professionele ontwikkeling	5		5				
14	zelfverantwoordelijk werken	5		5				
15	kunnen functioneren in een internationale en/of multiculturele context	5		5				

h) Niveau bepaling competentieset

niveau bepaling afstudeeropdracht		
opdrachtsituatie		ja nee
1	de opdracht heeft conflicterende (product)eisen in zich	X
2	de opdracht is niet binnen de gestelde afstudeerperiode goed onderbouwd af te ronden	X
3	zijn binnen de opdracht verschillende belanghebbenden (denk aan comakership, etc.)	X
4	de afstudeeropdracht moet aan vooraf vastgelegde kwaliteitscriteria voldoen	X
5	de afstudeeropdracht ligt gevoelig op het gebied van concurrenten/politiek/anders.....	X
mogelijke effecten van de opdracht		
6	deze opdracht is dermate belangrijk voor het bedrijf, dat deze met goed gevolg wordt afgerond	X
7	wanneer uitvoering van de opdracht mis loopt heeft dit duidelijke consequenties voor het bedrijf	X
8	bij goede uitvoering van de opdracht levert het resultaat veel extra werk op voor het bedrijf	X
9	op basis van de resultaten uit het verslag worden managementbeslissingen genomen	X
10	aan de uitvoering van deze opdracht zijn investeringen gebonden	X
11	er bestaat een kans dat er veranderingen zullen ontstaan binnen de organisatie tgv bevindingen	X
analyse middelen en domein		
12	de student dient nieuwe kennis en vaardigheden op te doen voor de uitvoering van de opdracht	X
13	de werkzaamheden liggen ruimer dan alleen de werktuigbouwkundige aspecten	X
14	de student krijgt te maken met specifieke eigenaardigheden binnen het werkveld	X
15	de student krijgt te maken met een geheel nieuwe bedrijfscultuur	X
figuur 3		

i) Risico analyse

Risico-analyse	Print
Thomas Hjortnaes	15-2-2012

Bij een risicopercentage > 50%, dient het project niet in deze vorm worden uitgevoerd.

Categorie	Risico	Waarde *	Factor**	Weight**	Risicotot.
Tijdsfactor		↓maak keuze↓			
1	Geschatte looptijd van het project	3 - 6 maanden	1	4	4
2	Kent het project en definitieve deadline	Ja	2	4	8
3	Is de tijd voldoende om project te realiseren	Voldoende	1	4	4
Complexiteit van het project		↓maak keuze↓			
4	Aantal functionele deelgebieden dat betrokken is	3+	3	4	12
5	Aantal functionele deelgebieden dat gebruik gaat maken van de resultaten	4	2	2	4
6	Gaat het om een aanpassing of een nieuw project	Geheel nieuw	3	5	15
7	In hoeverre zullen bestaande verantwoordelijkheden moeten wijzigen	Gemiddeld	2	5	10
8	Zijn er andere projecten afhankelijk van dit project	Nee	0	5	0
9	Wat zal de houding zijn van de gebruikers	Geïnteresseerd	1	5	5
10	Zijn er deelprojecten, is de voortgang afhankelijk van de coördinatie hiertussen	Enigszins	2	3	6
De projectgroep		↓maak keuze↓			
11	Welke medewerkers werken aan het project mee	Voorn. interne	0	4	0
12	Wat is het geografische spreiding van de projecten	1	0	2	0
13	Aantal projectleden dat op piektijden > 80% betrokken is	1-5	0	5	0
14	Verhouding materiedeskundigen tov projectdeskundigen	Goed	0	5	0
15	Nemen gebruikers deel aan de projectgroep	In redelijke mate	1	3	3
De projectleiding		↓maak keuze↓			
16	Is de projectleiding materiedeskundig	Redelijk deskundig	2	3	6
17	Hoe deskundig is de projectleiding mbt de projectplanning	Zeer deskundig	0	3	0
18	Hoeveel ervaring heeft de projectleider met projecten als deze	Redelijk veel ervaring	1	3	3
19	Hoe deskundig zijn de adviseurs op het te onderzoeken gebied	Redelijk deskundig	1	5	5
20	Hoe deskundig zijn de materiedeskundigen op het te onderzoeken gebied	Redelijk deskundig	1	5	5
21	Hoe betrokken zijn de verantwoordelijke lijnmanagers bij het project	Sterk betrokken	0	5	0
22	Is de kans groot dat de samenstelling van de projectgroep wijzigt tijdens het project	Kleine kans	0	5	0
23	Worden door de projectgroep standaardmethoden gebruikt	Ja, een aantal	2	4	8

Vervolg risico-analyse

Categorie	Risico	Waarde *	Factor**	Weight**	Risicotot.
Duidelijkheid van het project		↓maak keuze↓			
24	Zijn probleem en doelstelling voldoende bekend bij alle projectleden	Ja, iedereen	0	5	0
25	Is het onderzoeksgebied nauwkeurig vastgelegd	Niet nauwkeurig	5	5	25
26	Is er voldoende afbakening met andere projecten	Onvoldoende	3	4	12
27	Is er voldoende tijd gepland voor afstemming en besluitvorming	Voldoende	0	4	0
28	Zijn de randvoorwaarden duidelijk	De meeste niet	3	4	12
29	Werken de randvoorwaarden beperkend genoeg	Redelijk	2	5	10
				Totaal	157
				Risicopercantage***	36%

Opmerking: Dit model geeft slechts een zeer grove indicatie van risico's
Paragraaf 3.12 in het boek geeft een degelijker methode analyse van Risico's tijdens een project

* Waarde gekozen door projectleider.

** Hoogte factor en waarde staan vast.

*** Risicopercantage is de totaalscore gedeeld door 433 (maximale score) maal 100.

Let op: dit is slechts een indicatie

Aangezien het risico-percentage een totaalbeeld geeft, kan het zijn dat een bepaalde categorie wel voor een hoog risico zorgt. Hieronder een specificatie per categorie om eventuele verbeterpunten zichtbaar te maken.

Categorie (met maximale score versus werkelijke score)				
Tijdsfactor	Maximaal	40	Score	16
Complexiteit van het project	Maximaal	80	Score	52
De projectgroep	Maximaal	65	Score	3
De projectleiding	Maximaal	129	Score	27
Duidelijkheid van het project	Maximaal	119	Score	59

