

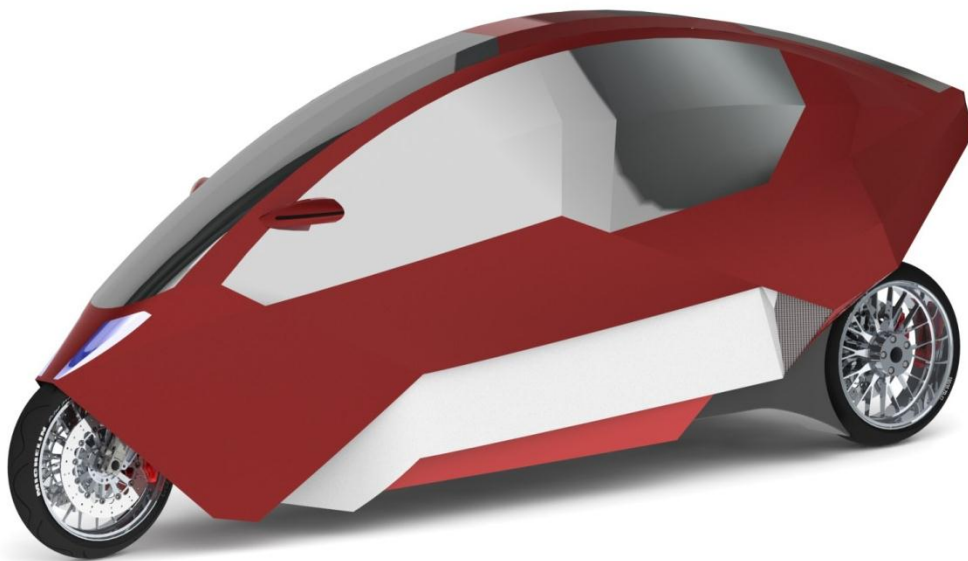
UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



**DOLPHIN FAMILY, DEL D:  
KONSEPTUALISERING OG DESIGN AV OVERCHASSIS FOR  
TREHJULS LETTVEKTSKJØRETØY**

**av**

**Christoffer Faye Leandersson**



**Mastergradsoppgave ved Universitet for miljø- og biovitenskap,  
Institutt for matematiske realfag og teknologi  
Vårsemesteret 2012**

## FORORD

Helt fra ung alder har jeg hatt en stor interesse for biler og andre motordrevne kjøretøy. I årene etter videregående skole har interessen for bildesign økt. Tv- og bildesign-kjendisen Chip Foose [16.2.1], har vært en stor inspirasjonskilde og har mye av skylden for denne økte interessen.

Denne masteroppgaven så jeg derfor på som en morsom og krevende utfordring, samtidig som jeg fikk jobbe med noe jeg interesserer meg for. I tillegg får jeg utviklet meg på et rent faglig nivå innen bildesign. I oppgaven har jeg hatt relativt frie tøyler med tanke på utforming av design og fremgangsmåte, og har fått satt mine kreative evner på prøve.

Masteroppgaven er utviklet av førsteamanuensis Jan Kåre Bøe og er utarbeidet som et avsluttende studie på det femårige mastergradstudiet maskin, prosess- og produktutvikling. Oppgaven er skrevet på Institutt for Matematiske realfag og Teknologi, ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap.

Jeg vil bruke anledningen til å takke alle som har bidratt med hjelp i sammenheng med min masteroppgave. En spesiell takk rettes til hovedveileder, førsteamanuensis Jan Kåre Bøe, som har vært en god støttespiller hele veien, da spesielt med tanke på konstruktive tilbakemeldinger, motivasjon og inspirasjon. Vil også rette en takk Carlos Salas Bringas for hjelp med SolidWorks FlowSimulation, samt familie og venner som har vært behjelpelige med råd og kritikk gjennom hele perioden.

IMT/UMB, ÅS, 15.6.2012

Christoffer F. Leandersson

## SAMMENDRAG

Masteroppgaven er basert på et fremtidig konsept utviklet av førsteamanuensis ved UMB, IMT, Jan Kåre Bøe, der det skal utvikles et trehjuls lettvektskjøretøy basert på deltaprinsippet med to hjul bak og ett i front.

Det vil trolig stilles strengere krav til energibruk ved transport av gods og personer i fremtiden. Dette innebærer at kjøretøy må bli mindre og lettere. I denne masteroppgaven er det derfor utarbeidet et designforslag til overchassis som er basert på tidligere utarbeidet underchassis og interiør, gjort av henholdsvis Jan Fredrik Aasheim [16.1.1] og Magnus Ottesen [16.1.2].

Hovedmålet med masteroppgaven er å konseptualisere og utarbeide en formløsning for overchassis til lettvektskjøretøyet Dolphin Family. Det legges vekt på formutredning for å finne et fremtidsrettet og moderne design som appellerer til publikum. Videre skal det gjøres en strømningsanalyse for å finne  $C_d$ -verdien for kjøretøyet.

For å komme frem til et godt resultat er det forsøkt å ha en logisk og strukturert metodikk. Det er gjort en bakgrunnsundersøkelse på eksisterende modeller for å finne egenskaper og design som kan brukes videre ved designprosessen. Det kom tydelig frem at trenden styrer mot en smal front som blir større over bakhjulene, noe som er naturlig med tanke på hjuloppsettet, og så blir smal igjen bak for å få frem den ønskelige dråpeformen. Det er først og fremst denne formen det er tatt utgangspunkt i ved formstudiet og konseptalternativene

Før det ble fremstilt ulike konseptalternativer, er det gjort et formstudie på bilens utvikling fra 1960-tallet og frem til nå. Dette ga en pekepinn på hva slags design et fremtidig kjøretøy kan ha. Det kom frem av undersøkelsen og egen tolkning at et fremtidsrettet design skal være aerodynamisk og bestå av en kombinasjon av organiske og uorganiske former for form og detaljer. Det er også sett på ulike geometriske grunnformer og hvordan disse kunne settes sammen for å skape ulike design.

For å finne et endelig design som skulle brukes videre i modellering og strømningsanalyse, er det gjort en konseptvurdering av den generelle formen til

kjøretøyet for så å gå litt mer i dybden med utforming av vindu, dørform, utseende på front og sidespeil.

Det endelige designet er modellert i et 3D-program kalt SolidWorks. Med en slik modell kan en enkelt se hvordan en eventuell ferdigstilling av kjøretøyet kan se ut. En annen grunn til å lage en 3D-modell er på grunn av strømningsanalysen som er gjennomført på kjøretøyet for å finne motstandskoeffisienten,  $C_d$ . Teknikken som er brukt ved modelleringen er "surface-modelling", en teknikk der det tegnes opp grenser til overflater for så å fylle de. Denne teknikken var en ny måte å modellere på, og en del kunnskap måtte tilegnes for å kunne ferdigstille modellen. Det forekommer noen avvik mellom designtegninger og 3D-modell, på grunn av begrenset kunnskap om "surface-modelling".

Ved strømningsmodelleringen er det brukt et plug-in program i SolidWorks kalt FlowSimulation. Det ble importert kun en del av den totale modellen, dette er på grunn av problemer med importeringen av hele modellen. Den delen som er tatt med i simuleringen er den delen som anses som mest kritisk. Analysen er kjørt ved tre hastigheter,  $10 \text{ m/s} \approx 36 \text{ km/t}$ ,  $15 \text{ m/s} \approx 54 \text{ km/t}$  og  $25 \text{ m/s} \approx 90 \text{ km/t}$ . Statisk trykk er satt til  $101325 \text{ Pa}$ , og temperatur  $20 \text{ °C}$ . Gjennomsnittsverdien på de tre simuleringene ga en  $C_d$ -verdi på  $0,247$  som anses som bra da den er innenfor ønsket intervall på  $0,20 - 0,26$ .

## ABSTRACT

This project is based on a prospective concept developed by Professor Jan Kåre Bøe at UMB, IMT. The purpose is to develop a three-wheeled lightweight vehicle based on the delta-principle with two wheels on the back and one in front.

It is plausible that, in the future, there will be even more stringent requirements and restrictions regarding emissions and energy usage when it comes to transportation of goods and people. Hence, vehicles must become smaller and lighter in weight. On this basis, this project was done to create a design for a vehicle over-chassis. The over-chassis is based on an under-chassis and interior already developed by Jan Fredrik Aasheim [16.1.1] and Magnus Ottesen [16.1.2], respectively.

This projects main goal is to conceptualize and develop a shape-design for the over-chassis on the lightweight vehicle Dolphin Family. To create an appealing, future-oriented and modern design, form-and design study will be emphasized. There will also be performed a flow analysis to establish the vehicle drag coefficient.

To achieve a satisfactory result, a seemingly logical and structured process was used. A background research on existing models was performed to identify potential characteristics and designs for further use in the design-process. It became clear from this research that the trend leans towards a model that is narrow in front, and gradually becomes wider towards the back-tires; a natural result given the tire-setup based on the delta-principle. At the rear of the car, the shape becomes narrower to form a smooth and efficient looking drop-shape. This drop shape is, first and foremost, what was used as the "building-block" in the shape-study and concept evaluations.

Before the different design-concepts were made, a study on the car-shape development from 1960 until today was performed. This study yielded a certain "picture" of how a future design might look like. As a result of this research and own interpretations, it was decided that a future-oriented design should be aerodynamic and that it should consist of a combination of organic as well as inorganic shapes and details. Also, there has been performed small study on how

one can use a combination of different basic geometrical shapes to create a variety of more complex designs.

To decide on the final design to be used in the further modeling and flow-analysis, a concept evaluation of the vehicle's general shape was performed. Thereafter, a more in-depth analysis for shaping of windows, frontal view, mirrors and doors was performed.

The final selected design was modeled in a 3D-program called SolidWorks. By creating a 3D-model of the vehicle, it was easier to properly visualize how the final product will actually look like. Also, the 3D-model was used for the flow analysis performed to calculate and estimate the drag coefficient,  $C_d$ . The technique utilized for the modeling is called "surface-modeling", a technique in which outside borderlines are drawn before "filling" the surface in. This was a new technique for modeling and required quite some effort and learning to finish the model. Due to modeling problems in some aspects of "surface-modeling", certain deviations between the design-drawings and the 3D model are present.

For the flow analysis, a plug-in in SolidWorks, called FlowSimulation, was used. Because of issues with importing the complete model, only the most critical part of the model was used and tested in the simulation. The actual analysis was performed at three different speeds, 10 m/s  $\approx$  36 km/t, 15 m/s  $\approx$  54 km/t and 25 m/s  $\approx$  90 km/t. Further, the static pressure was set to 101325 Pa and the temperature was set at 20 °C. The average  $C_d$ -value of the three simulations was 0,247; a good result as the value lies within the preferred interval of 0,20 - 0,26.

# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b> .....	<b>II</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>INNHALDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>11</b>
1.1 Bakgrunn .....	11
1.2 Problemstilling .....	12
<b>2 PROSJEKTPLANLEGGING</b> .....	<b>13</b>
2.1 Hovedmål .....	13
2.2 Prosesstrinn og Delmål .....	13
2.3 Arbeidsplan .....	14
2.4 Metodikk.....	15
2.5 Begrensninger .....	16
<b>3 TERMINOLOGI</b> .....	<b>17</b>
3.1 Nøkkelbegreper og ordforklaringer .....	17
3.2 Symboler og enheter.....	18
3.3 Formelbruk .....	19
<b>5 BAKGRUNNSUNDERSØKELSE</b> .....	<b>20</b>
5.1 Konkurrerende løsninger.....	20
5.1.1 Deltamodeller.....	22
5.1.2 Tadpole modeller.....	28
5.1.3 Oppsummering .....	33
<b>6 KONSEPTDRØFTING</b> .....	<b>35</b>
6.1 Rammekrav .....	35
6.2 Framhjul.....	36



6.3	Dører.....	37
6.3.1	Fronthengslet dør .....	38
6.3.2	Front- og bakhengslet dør.....	39
6.3.3	Saksedør.....	40
6.3.4	Måkevinge.....	41
6.3.5	Skyvedør .....	42
6.3.6	Konklusjon av dørløsning .....	43
6.4	Bakluke til laste- og motorrom.....	43
6.5	Plassering av Luftinntak.....	44
<b>7</b>	<b>PRODUKTSPEISIFISERING.....</b>	<b>45</b>
7.1	Ergonomi.....	45
7.1.1	Adkomst .....	45
7.1.2	Sikt.....	46
7.2	Estetikk og aerodynamikk.....	47
7.2.1	Estetikk.....	47
7.2.2	Aerodynamikk .....	48
7.3	Kundens behov ved kjøp av kjøretøy .....	51
7.4	Ytre Dimensjonskrav .....	52
<b>8</b>	<b>DESIGN.....</b>	<b>55</b>
8.1	Fomstudie .....	56
8.2	Konseptutforming.....	60
8.2.1	Grunnformer .....	60
8.2.2	Kombinasjoner av de ulike grunnformene.....	61
8.2.3	Ulike formkonsepter .....	62
8.2.4	Fire valgte formkonsepter .....	63
8.2.5	Konseptvalg på ulike vindus- og dørfomer.....	64
8.2.6	Ulike frontalternativ .....	68
8.2.6	Sidespeil .....	68

8.2.6 Designforslag .....	69
<b>9 LØSNINGSVALG .....</b>	<b>73</b>
9.1 Seleksjon.....	73
9.1.1 Seleksjon på formkonsept 1 – 4 .....	74
9.2 Detaljtegninger av valgt løsning .....	77
<b>10 MODELLERING .....</b>	<b>78</b>
10.1 Teknikk.....	78
10.2 Referansemal som grunnlag .....	79
10.3 Ferdigstilling .....	80
10.4 Problemer .....	80
10.4.1 Hull til hjul .....	80
10.4.2 Modell til FlowSimulation.....	81
<b>11 STRØMNINGSANALYSE.....</b>	<b>82</b>
11.1 Importert 3D-Modell .....	83
11.2 Strømningsanalyse prosess.....	84
11.2.1 Frontareal .....	84
11.2.2 Mesh.....	85
11.2.3 Resultater .....	86
<b>12 VISUALISERING.....</b>	<b>91</b>
12.1 Form og funksjon .....	91
12.1.1 DF sett fra undersiden .....	92
12.1.2 Frontparti sett under ifra .....	92
12.1.3 Luftinntak.....	93
12.1.5 Fargekombinasjoner .....	94
12.2 Markedspresentasjon.....	95
<b>13 ØKONOMI.....</b>	<b>99</b>
<b>14 PROSESSDISKUSJON.....</b>	<b>100</b>
<b>15 KONKLUSJON .....</b>	<b>103</b>

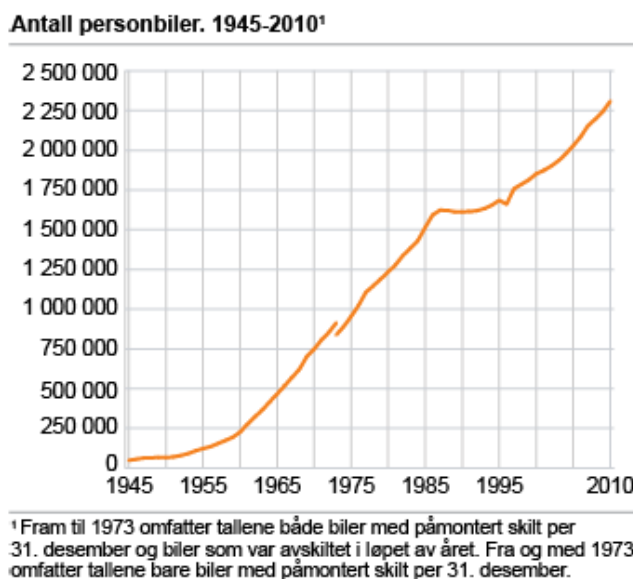
15.1 Resultater og anbefalinger .....	103
15.1.1 Resultater .....	103
15.1.2 Anbefalinger .....	104
15.2 Videre arbeid .....	105
<b>16 REFERANSER.....</b>	<b>106</b>
16.1 Skriftlige kilder .....	106
16.2 Nettkilder .....	106
<b>17 VEDLEGG .....</b>	<b>111</b>

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn

I fremtiden stilles det trolig strengere krav til energibruk ved transport av gods og personer på offentlige veier. Dette innebærer at kjøretøy må bli mindre og lettere ved å finne andre chassisløsninger og nye måter å transportere vekt på.

Når man ser på bilsituasjonen i Norge i dag så viser statistikk fra statistisk sentralbyrå at annenhver nordmann har bil og bruken av personbil er blitt mer enn femdoblet siden 1965 [16.2.2]. Av grafen under (figur 1.1.1) ser man en stadig vekst av personbiler. Det vil naturlig nok, med økt mengde biler, bli "mindre plass". Dette gjelder spesielt ved storbyer der befolkningstettheten, og dermed biltettheten, er størst. Et større antall personbiler vil gi økt mengde utslipp og forurensing. Det vil derfor være et stort potensiale for et lettvektskjøretøy som igjen vil føre til lavt utslipp.



**Figur 1.1.1 Graf fra Statistisk Sentralbyrå som viser utviklingen av antall personbiler fra 1945 til 2010 [16.2.3].**

Tanken bak konseptet er et kjøretøy som skal veie halvparten så mye som en vanlig bil og dermed bruke halvparten så mye drivstoff. Den skal kunne gjøre samme type dagligdagse ærend som pendling til jobben, handle mat, kjøre barn til barnehagen og eventuelt brukes som post/budbil. På bakgrunn av dette ble

Dolphin konseptet satt i gang av Lundheim L.T. og Brevik A. ved UMB høsten 2007 [16.1.3]. Dolphin er et trehjulskjøretøy med to hjul foran og ett bak, kalt tadpole-prinsipp. 2010 ble konseptet ført videre, bare denne gangen med ett hjul foran og to bak, kalt deltaprinsipp. Det nye konseptet har navnet Dolphin Family som denne oppgaven omhandler.

## 1.2 Problemstilling

I perioden 2009 - 2011 er utarbeidet tidligere masteroppgaver på Dolphin Family som denne oppgaven skal bygge videre på. De tidligere oppgavene er grunn design for eksteriør av David Lindebø Østby [16.1.4], interiør av Magnus Ottesen [16.1.2] og underchassis av Jan Fredrik Aasheim [16.1.1]. Arbeidet i denne oppgaven skal bygge videre på disse tre master-oppgavene der det skal konseptualiseres, utredes og designes en tiltalende formløsning på overchassis til Dolphin Family. Videre er det ønskelig å gjennomføre en strømningsanalyse i SolidWorks FlowSimulation som resulterer i en Cd-verdi mellom 0,20 og 0,26.

Problemstillingsområder:

- Danne et godt grunnlag for design basert på studie av eksisterende modeller og formstudier
- Utvikle et fremtidsrettet og moderne design som appellerer til publikum
- Utformet et design basert på interiørtegninger fra Magnus Ottesen og underchassis fra Jan Fredrik Aasheim.
- Gi overchassiset en aerodynamisk dråpeform så langt det lar seg gjøre med deltaprinsipp
- Komme frem til en form med lavt tyngdepunkt
- Modellere 3D-modell med en ny teknikk
- Oppnå dragkoeffisient på 0,20 – 0,26

## 2 PROSJEKTPLANLEGGING

### 2.1 Hovedmål

Følgende hovedmålsetting er definert for mastergradarbeidet:

**Å konseptualisere og utrede en formløsning for overchassis til lettvekts kjøretøyet Dolphin Family. Det legges vekt på formutredning der det skal resultere i et fremtidsrettet, moderne og tiltalende kjøretøy med aerodynamisk effektiv form. Det skal kjøres strømningsanalyse på endelig formvalg med ønskelig  $C_d$ -verdi mellom 0,20 og 0,26.**

### 2.2 Prosesstrinn og Delmål

Følgende prosesstrinn og delmålsettinger inngår i arbeidet med å oppfylle hovedmålsettingen for prosjektet:

- Prosjektplanlegging
- Bakgrunnsundersøkelse av konkurrerende løsninger
- Konseptdrøfting av ulike funksjoner
- Formstudier
- Produktspesifikasjon
- Utvikling av designløsninger
- Konseptdrøfting av formvalg på overchassis
- 3D-Modellering av endelig løsning på overchassis
- Strømningsanalyse av 3D-modell
- Prosessevaluering
- Konklusjon med anbefalinger

## 2.3 Arbeidsplan

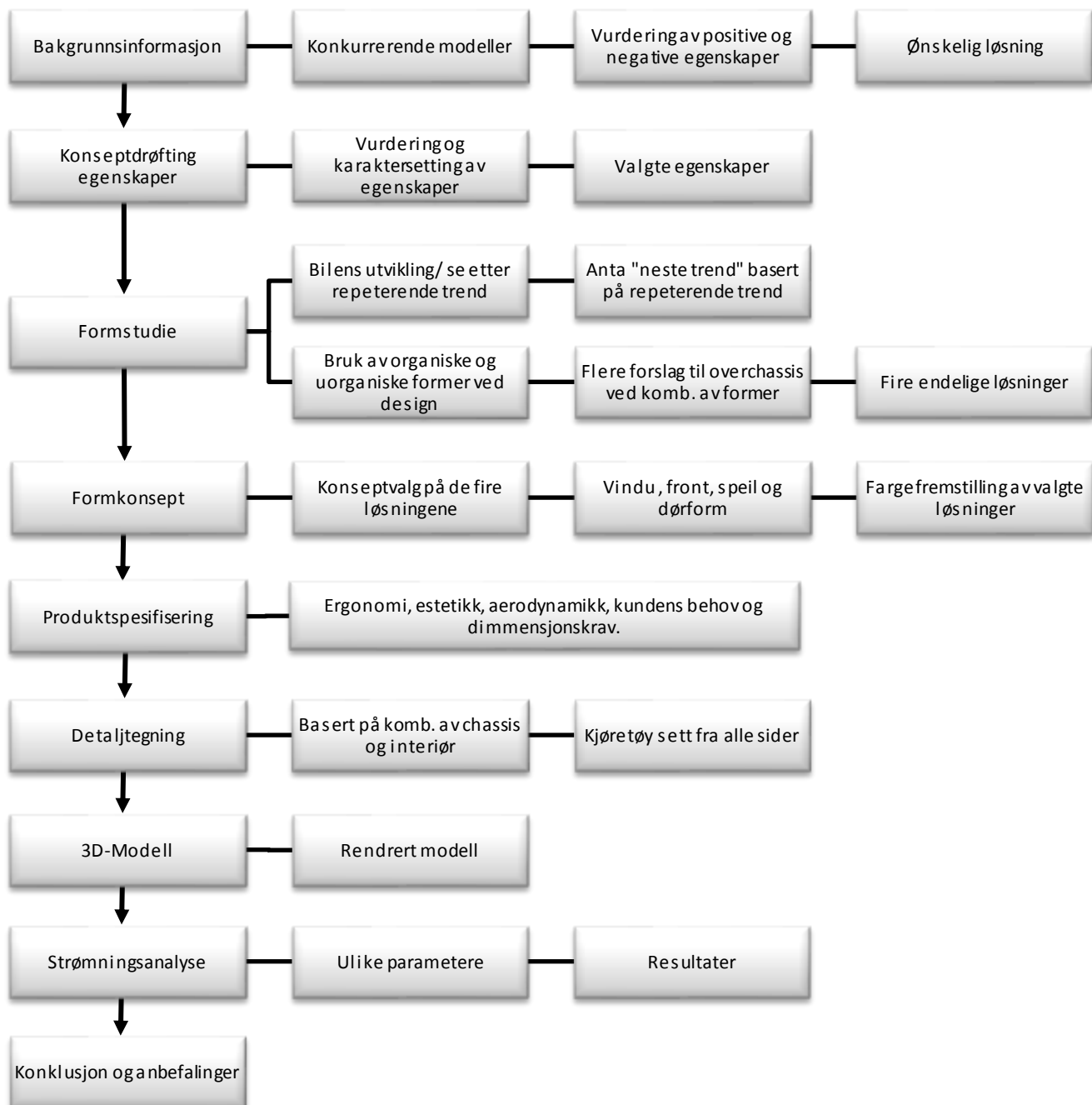
Arbeidsplanen viser oversikt og ønsket progresjon etter gitt tid. Det er tatt med hovedpunkter under aktivitet.

**Tabell 2.3.1: Arbeidsplan som viser ønsket progresjon etter gitt tid.**

<b>Aktivitet</b>	<b>Jan</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Apr</b>	<b>Mai</b>
Prosjektplanlegging, bakgrunnsundersøkelse med vurderinger og konseptdrøfting	■	■	■		
Formstudier		■	■		
Produktspesifisering		■			
Utrede formkonsepter og gjøre seleksjon		■	■	■	
Endelig designforslag basert på grunnmål			■	■	
3D-modellering av valgt design				■	■
Strømningsanalyse av 3D-modell				■	■
Ferdigstille 3D-modell med rendringer					■
Ferdigstilling av rapport og innlevering					■

## 2.4 Metodikk

For å ha en strukturert fremgangsmetoder er det valgt å lage et flytskjema på tenkt fremgangsprosess i kronologisk rekkefølge.



**Figur 2.4 Metode for arbeidsprosessen i kronologisk rekkefølge**



## 2.5 Begrensninger

Da utforming og konseptualisering av et ferdig produkt er meget omfattende og kan utdypes på mange områder, er det valgt å legge vekt på grunnleggende design og form. Det settes derfor følgende begrensninger til oppgaven:

- Utdypelse av lover og forskrifter i Norge da dette er gjennomgått i tidligere masterarbeide. [16.1.4]
- Det vil kun bli gjort konseptvurderinger på generell grunnform av overchassis, døralternativer, vindusformer og framhjul-løsning
- Det vil ikke bli gjort spørreundersøkelser ved konseptdrøfting, screeningprosesser eller ved kundens behov
- Det vil kun bli gjort konseptutforming av generell bil-, vindu- og dørform, samt plassering av sidespeil
- Det blir ikke modellert dører og luker
- Komplette kostnadskalkyle for produksjon vil ikke foreligge
- Sikkerhetsstruktur for overchassis er ikke med
- Det tas ikke med ventilasjon for DF
- Det vil ikke bli gjort et studie og valg av materialer
- Overchassis er ikke tilpasset en gitt form for interiør annet enn mål for minimal lengde, høyde og bredde

## 3 TERMINOLOGI

### 3.1 Nøkkelbegreper og ordforklaringer

**Tabell 3.1.1: Tabell over nøkkelbegreper og ordforklaringer.**

Begrep	Forklaring
3D-modell	En tredimensjonal fremstilling av et produkt eller objekt
Aerodynamikk	Læren om strømninger i gasser
Anatomi	Læren om oppbyggen av kroppen og struktur
Antropometri	Målinger av menneskekroppens proporsjoner
$C_d$ -verdi	Sier noe om motstanden av et objekt i væske i bevegelse
Delta-prinsipp	Hjuloppsett med to hjul bak og ett foran
Dråpeform	Form med best aerodynamisk verdi
DVC	Dynamic Vehicle Control, automatisk styrings system
Ergonomi	Optimalisering av funksjoner for tilpassing av menneskelig interaksjon
Estetikk	Læren om det vakre
FlowSimulation	Simuleringsprogram for strømning i gasser og væsker
Frontareal	Det totale prsjekterte arealet av et kjøretøy sett forfra
Hjuloppsettet	Plassering av hjul
Konseptutforming	Utvikling av ulike løsninger for et produkt
LED	Light Emitting Diode, elektrisk lyskilde
Luftdensitet	Tettheten til luft ved en gitt temperatur
Luftmotstandskoeffisient	Se $C_d$ -verdi
Mesh	Oppdeling av en overflate for detaljert analyse på hvert område
Mirror-funksjon	En speilfunksjon som kopierer en funksjon eller overflate og speiler den om et definert område
Organisk form	Form basert på naturlige kurver og "myke" former.

plug-in program	Et tilleggs program
solid body	En overflate eller gjenstand med en gitt tykkelse
SolidWorks	3D-modellerings program
Suicide doors	Dørløsning der døren er hengslet på motsatt av vanlig side
surface modell	En modell bygget opp av overflater uten tykkelse
surface-modelling	Teknikk for å bygge opp modell uten tykkelse
SUV	Sport Utility Vehicle
Tadpole-prinsipp	Hjuloppsett med to hjul i front og ett bak
Uorganisk form	En form basert på geometriske figurer

## 3.2 Symboler og enheter

**Tabell 1: Tabell over symboler og enheter.**

Symboler	Forklaring	Enhet
$F_D$	Drag Force, luftmotstand	N
$\rho$	Lufttetthet	kg/m <sup>3</sup>
$V$	Hastighet	m/s
$C_d$	Luftmotstandskoeffisient	-
$A$	Areal	m <sup>2</sup>
$l$	Lengde	mm
$p$	Trykk	Pa

### 3.3 Formelbruk

Tabell 3.3.1: Formler bruke i oppgaven.

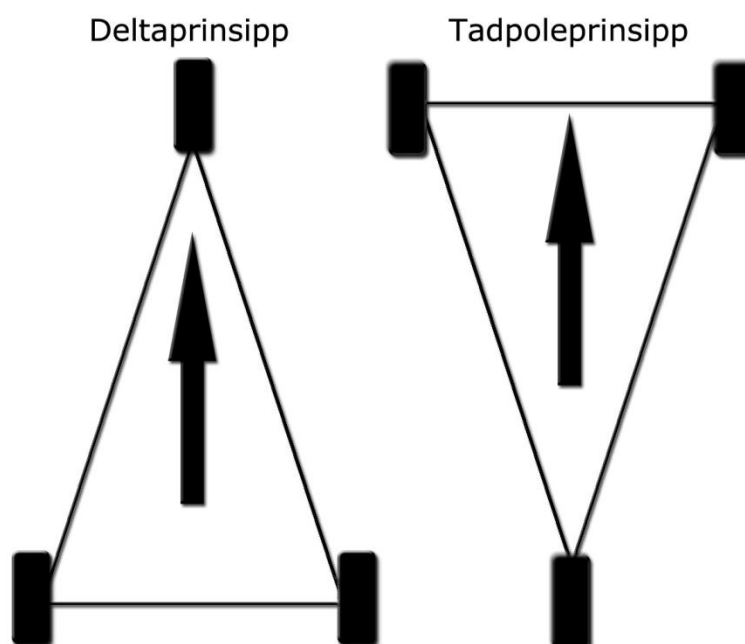
Formelnr.	Forklaring	Formel
Formel 1	Luftmotstandskrefter	$F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A$
Formel 2	Mostandskoeffisient	$C_d = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A}$

## 5 BAKGRUNNSUNDERSØKELSE

### 5.1 Konkurrerende løsninger

Prinsippet med 3 hjul er ikke noe nytt, det er heller ikke et område som ble avsluttet med William Murdocks mislykkede forsøk på produksjon av en dampdrevet trehjuling i 1786 [16.2.4]. Det finnes flere aktører i dag som ønsker å komme på markedet med funksjonelle og estetisk appellerende trehjulinger. Bruken av trehjulinger varierer da det finnes forskjellige design som er myntet på ulike segmenter som vanlige fremkomstmidler, "sport kjøring" og tjenesteyting.

I dette kapittelet skal det gjøres en analyse av eksisterende trehjulinger, der gode løsninger vil vurderes for bruk i DF. Ulike egenskaper vil vurderes, og graderes med "+", "=" og "-", der "+" er positivt og det vil være aktuelt å bruke til videre design, "=" er nøytralt og kan vurderes videre, "-" er negativt og vil ikke brukes i videre design.



*Figur 5.1.1: Triangulær prinsippskisse for delta og tadpole.*

Områder på konkurrerende løsninger som vil bli gradert er:

- **Overchassis form**

Her vurderes formen opp mot estetiske trekk som kan være aktuelt å bruke vider i designprosessen.

- **Mål**

Kjøretøyets lengde, bredde og høyde blir vurdert for å gi en pekepinn på hvor stort overchassiset kan bli.

- **Enkel inn- og utgang**

Vurderer om det er enkel adkomst for fører og passasjer og om det er noen funksjoner som kan brukes på endelig modell.

- **Lasterom**

Vurdere om de konkurrerende modellene har lasterom i tillegg til fører og evt. passasjersele.

- **Lasteromsdør**

Ser på om kjøretøyet har lasteromsdør for enkel inngang til lasterom.

- **Utsikt for fører**

Vurderer utsikten til føreren med tanke på størrelse og antall vinduer.

- **Sidespeil**

Ser på utforming og funksjon, om det er eksternt eller innebygget i karosseriet.

- **Lykter**

Ser etter gode løsninger for integrering av lykter samt lyktens estetiske form.

- **Aerodynamisk form**

Ser på overchassisets aerodynamiske form, og hvilken form det representerer.

### 5.1.1 Deltamodeller

#### Carver One

Carver One [16.2.5] er en trehjuling bygd etter delta prinsippet og er utviklet og produsert i Nederland. Den er designet for to personer som sitter bak hverandre (tandem) og bruker automatisk balanseteknologi (DVC, Dynamic Vehicle Control) ved tilting for å gi stabil og trygg håndtering. Den skal ha komfort, kontroll og stabilitet som en bil, og manøvrering rundt svinger som en motorsykkel. I svinger tilter trehjulingen med framhjul og kabin, mens bakhjulene står oppreist og stabilt på veien.

Designmessig er Carver One bueformet og prøver og holde dråpeformen så langt det lar seg gjøre med deltaprinsippet. Selve karosseriet er smalt med lange linjer som følger karosseriets runde form. Dette med et lite frontareal vil bidra til en lav  $C_d$ . Framhjulet er eksternt ved at det ikke er bygd inn i trehjulingens form. Carver One har store arealer med vindu noe som gir fører god utsikt rundt bilen. Den har også muligheten til å ta av bakre vindu, noe som gir et kabrioletlignende utseende. Frontlyktene er runde og er integrert i den strømlinjede formen på karosseriet. Blinklysene er plassert på sidespeilene. Frontlyktene og sidespeil med blinklys gir Carver One, sett forfra, et insektlignende utseende. Baklyktene, likt som frontlyktene, er også runde i formen. For å komme inn i kjøretøyet er det én dør på venstre side sett i forhold til kjøreretning. For avkjøling til motor er det plassert luftinntak foran bakhjulene. Kjøretøyet avsluttes med en spoiler som gir et mer sportslig utseende.



**Figur 5.1.2: Viser bilde av Carver One [16.2.6].**

**Tabell 5.1.1: Vurdering av egenskaper og funksjoner, Carver One.**

<b>Formløsninger</b>	<b>Vurdering</b>	<b>Spesifikasjoner</b>	<b>Kommentar</b>
Overchassis form	+		Buet overbygg med fine linjer.
L/ b/ h (m)	+	3.40 / 1.30 / 1.40	
Enkel inn- og utgang	+	Én dør, hengslet i forkant	Fører og passasjer går inn samme dør.
Lasterom	-	-	Nei
Lasteromsdør	-	-	Nei
Utsikt for fører	+	-	God utsikt
Sidespeil	+	2 stk. med blinklys	
Lykter	=	Standard	Noe kjedelig design
Aerodynamisk form	+	Motsatt dråpe	



## BMW Clever

BMW Clever (**C**ompact **L**ow **E**mission **V**ehicle for **U**rban Transport) [16.2.7] er en trehjuling bygd etter deltaprisippet. Den er, i likhet med Carver One, designet for to personer som sitter bak hverandre (tandem) der kabinen og framhjulet tilter i svinger (datastyrt tilting), mens bakhjulene står oppreist og stabilt, noe som skal gi føreren en to-hjuls kjøreopplevelse. Målet med Clever var å lage et praktisk by-kjøretøy med lave utslippsverdier. Kjøretøyets smale form (1 meter bredt) er med på å gi et lavt frontareal som igjen gir lav luftmotstand. Med et spesial-setebelte og en spesialtilpasset kollisjonspute, blir bilens trygghet tatt vare på og er godkjent med Euro NCAP sine krasjtestkrav for småbiler.

Clever, som er designet av BMW har en buet form og er på grunn av hjuloppstillingen formet som en motsatt dråpe. Kjøretøyet har linjer og harde kanter som kan minne om BMWs personbil serier. Clever er hele 30 cm smalere enn Carver One noe som gir lavt frontareal, liten luftmotstand og mindre støy. Framhjulet er plassert eksternt. Sammenlignet med Carver One passer dette bedre inn med kjøretøyets form på grunn av videreførende linjer og farge fra skjerm til kabin. Føreren har god utsikt da vinduer dekker det som er normalt for en vanlig bil. Frontlyktene på Clever er runde og laget i kombinasjon med sidespeilene. Lyktene/sidespeilene er plassert høyt på kjøretøyet (ca. hodehøyde). Ser ingen indikasjon til blinklys, er mulig inkludert i frontlyktene. Dørene er i form av "måkevinger".



*Figur 5.1.3: BMW clever [16.2.8].*

**Tabell 5.1.2: Vurdering av egenskaper og funksjoner, BMW Clever.**

<b>Formløsninger</b>	<b>Vurdering</b>	<b>Spesifikasjoner</b>	<b>Kommentar</b>
Overchassis form	+		Buet overbygg
L/ b/ h (m)	+	3.00 / 1.00 / 1.40	
Enkel inn- og utgang	-	Måkevinger	Tar mye plass
Lasterom	-	-	Nei
Lasteromsdør	-	-	Nei
Utsikt for fører	+	-	God utsikt
Sidespeil	=	2 stk. kombinert med frontlykt	
Lykter	=	Se "Sidespeil", LED	Mulig frontlykt og blink kombinert i samme
Aerodynamisk form	+	Motsatt dråpe, lavt frontareal	

## BMW Simple

Simple (**S**ustainable and **I**nnovative **M**obility **P**roduct for **L**ow **E**nergy consumption) [16.2.9] er et konseptkjøretøy fra BMW. Simple er basert på fordeler fra motorsykkel og bil, der kupeen er fra bilen og det slanke designet, der to personer sitter bak hverandre (tandem), og manøvrering er fra motorsykkelen. Kjøretøyet er bygget etter delta prinsippet med ett hjul foran og to bak. Det ble lagt stor vekt på at kjøretøyet skulle være energieffektivt, lett og med lav luftmotstand. Noe som resulterte med en luftmotstandskoeffisient på 0,18 og en vekt på 450 kg. Simple tilter i svinger med hele kjøretøyet der også bakhjulene tilter.

Formen til Simple er smal med mye flate arealer. Med sine skarpe kanter og linjer kan den minne om amerikanske Lockheed F-117 Nighthawk [16.2.11]. Framhjulet her er bygget inn i karosseriets form for å minske luftmotstanden. Bakhjulene er og dekket av en skjerm for å bidra til den lave luftmotstandskoeffisienten. Fører av kjøretøyet ser ut til ha god utsikt fra førersetet da det er godt med vindusareal. Sidespeil er i form av kamera for å gi et lavere frontareal. Lyktene er integrert i karosseriets form og følger bilens linjer. Simple har måkevinger som er hengslet i front. Det og noe som kan se ut som et lite bagasjerom eventuelt luke inn til motor på bakparten av kjøretøyet.



*Figur 5.1.4: Viser BMW Simple [16.2.10].*

**Tabell 5.1.3: Vurdering av egenskaper og funksjoner, BMW Simple.**

<b>Formløsninger</b>	<b>Vurdering</b>	<b>Spesifikasjoner</b>	<b>Kommentar</b>
Overchassis form	+	Lav motstand	Noe mye flate arealer og harde kanter.
L/ b/ h (m)	+	3.50 / 1.10 / 1.50	
Enkel inn- og utgang	-	Måkevinger	Tar mye plass
Lasterom	-	-	Mulig laste- /motorrom
Lasteromsdør	-	-	Dør til Laste- /motorrom
Utsikt for fører	+	-	God utsikt
Sidespeil	=	Integrert kamera	
Lykter	=	Front og bak	Integrert i karosseriet
Aerodynamisk form	+	Motsatt dråpe, lavt frontareal	Lav $C_d$ -verdi

### 5.1.2 Tadpole modeller

#### XR-3 Hybrid

XR-3 [16.2.12] er en "plug-in hybrid kit" levert av Robert Q Riley Enterprises. Kjøretøyet kjøpes ikke ferdig sammensatt av forhandler, men er i form av "byggesett" der man bygger alt selv etter data i CAD format fra firmaet. XR-3 er en trehjuling designet etter tadpole-prinsippet med to hjul foran og ett bak. Det er plass til to personer plassert ved siden av hverandre. XR-3 bruker et hybrid system og en lav vekt som bidrar til at kjøretøyet er drivstoffgjerrig.

Designet på XR-3 er dråpeformet, noe som bidrar til lav motstandskoeffisient. Fronten er avrundet og minner om litt om en eldre Jaguar sportsbil [16.2.14].

Videre fra fronten ser designet noe mer moderne ut med "aggressivt" vindu- og formdesign som ser inspirert ut av Lamborghini. Fører har omtrent samme utsikt fra fører sete som i en vanlig sportsbil med unntak av bakvindu, noe som ikke er til stede på XR-3. Frontlyktene er integrert i skjermen til framhjulene og følger karosseriets linjer. For inngang til kupeen løftes taket, som er hengslet i front, vertikalt.



**Figur 5.1.5: Viser XR-3 basert på tadpole prinsippet [16.2.13].**

**Tabell 5.1.4: Vurdering av egenskaper og funksjoner, XR-3 Hybrid.**

<b>Formløsninger</b>	<b>Vurdering</b>	<b>Spesifikasjoner</b>	<b>Kommentar</b>
Overchassis form	+	Tadpoleprinsipp	Buet i front, lange linjer
L/ b/ h (m)	=	3.25 / 1.88 / 1.10	
Enkel inn- og utgang	-	Hele taket løftes, hengslet foran	Tar mye plass
Lasterom	-	-	Nei
Lasteromsdør	-	-	Nei
Utsikt for fører	=	Vanlig - bakrute	Ok utsikt
Sidespeil	=	2 stk.	Vanlig sidespeil
Lykter	+	Front og bak	Integrert i karosseriet
Aerodynamisk form	+	Dråpeformet	

### **Campagna T-Rex 14R**

T-Rex 14R [16.2.15] er produsert i Canada og er en trehjuling bygd etter tadpoleprinsippet med to hjul foran og ett bak. Det er plass til to personer ved siden av hverandre. Den er konstruert for høy akselerasjon og høye hastigheter. Gjør 0 – 100 km/t på under 4 sekunder og har en toppfart på 220 km/t.

T-Rex 14R har et aggressivt utseende og gir inntrykk av at det er et kjøretøy bygd for fart og ikke et nyttekjøretøy. Karosseriet er dråpeformet og noe kantet. Det kommer tydelig frem at det generelle designet på T-Rex er hentet fra moderne Formel racing med oppstilling av framhjul, luftinntak og de flytende linjene. Kjøretøyet har en tilsynelatende åpen kupé, med tak som kan tas av, så utsikt for fører er god. Karosseriet har en utforming som er laget for plassering av lykter med sidespeil på baksiden. Det er ingen lasterom på kjøretøyet, men den har to oppbevaringskofferter på hver side som rommer det mest nødvendige for en kort utflukt.



**Figur 5.1.6: Viser T-Rex 14R basert på tadpoleprinsippet [16.2.16] .**

**Tabell 5.1.5: Vurdering av egenskaper og funksjoner, Campagna T-Rex 14R.**

<b>Formløsninger</b>	<b>Vurdering</b>	<b>Spesifikasjoner</b>	<b>Kommentar</b>
Overchassis form	+	Tadpoleprinsipp	Kantet bueform
L/ b/ h (m)	=	3.50 / 1.98 / 1.06	Lavt tyngdepunkt
Enkel inn- og utgang	=	Åpen kupé	Avtakbart tak
Lasterom	-	-	Nei
Lasteromsdør	-	-	Nei
Utsikt for fører	+	Åpen kupé	Bra utsikt
Sidespeil	+	2 stk.	Integrert sidespeil
Lykter	+	Front og bak	Integrert i karosseriet
Aerodynamisk form	+	Dråpeformet	



### **Mercedes F300 Life-Jet**

Mercedes F300 Life-Jet [16.2.17] er en trehjuling med to hjul foran og ett bak. Det er plass til to personer som sitter bak hverandre (tandem). F300 Life-Jet var et forskningsprosjekt som aldri ble satt i produksjon. Kjøretøyet ble først presentert i 1997 på det 57. Frankfurt International Motor Show. Hele kjøretøyet med sine tre hjul tilter i svinger med hjelp av et hydraulisk automatisert system (Active Tilt Control). Dataprogrammet bruker kjøretøyets fart, akselerasjon, styre vinkel og retning for å finne nøyaktig tilt vinkel nødvendig i hver situasjon. Chassiset er laget av aluminium og veier bare 89 kg.

Designet til F300 Life-Jet er tydelig inspirert av jagerfly, der førerstillingen, utformingen av kupéen og det smale frontpartiet bidrar til inntrykket. Kjøretøyet har, til tross for tadpoleprinsipp, en motsatt dråpeform med buet linjer og avrundede kanter. F300 Life-Jet har muligheten til å bli kabriolet med det avtakbare taket som plasseres i en oppvaringsluke over bakhjulet. Selv med taket montert har fører god utsikt fra førerstedet. Den smale fronten har én midtplassert lykt som er koblet til kjøretøyets tiltesystem. Det gjør at lyset følger veiens retning, noe som er tilgjengelig i Mercedes-Benz bilmodeller i dag. F300 Life-Jet har to dører, én til passasjer, plassert på kjøretøyets høyreside i forhold til kjøreretningen, og én på venstre side til fører.



***Figur 5.1.7: Viser Mercedes F300 Life Jet basert på tadpoleprinsippet [16.2.18].***

**Tabell 5.1.6: Vurdering av egenskaper og funksjoner, Mercedes F300 Life-Jet.**

Formløsninger	Vurdering	Spesifikasjoner	Kommentar
Overchassis form	=	Tadpoleprinsipp	Runde kanter og linjer
L/ b/ h (m)	=	3.95 / 1.73 / 1.53	-
Enkel inn- og utgang	=	2 dører, fører og passasjer	Avtakbart tak
Lasterom	=	Oppbevaring til tak, mulig mer	-
Lasteromsdør	=	Luke til lasterommet	-
Utsikt for fører	+	Vanlig, mulighet for kabriolet	God utsikt
Sidespeil	+	2 stk.	Vanlig
Lykter	+	Midtstilt i front	Integrert i karosseriet
Aerodynamisk form	=	Motsatt dråpeformet	

### 5.1.3 Oppsummering

Det kommer frem at et overchassis med buet form er noe som går igjen, dette er også gunstig i forhold til strømmingen da formen gir mulighet til å lage en dråpeform. Da DF skal konstrueres etter deltaprinsippet er kjøretøyets naturlige form en motsatt dråpe. Det er ønskelig å få formen tilbake til vanlig dråpeform etter bakhjulene, som vil være bredeste punktet på kjøretøyet. Målene til kjøretøyet gir et snitt på 3,43 m, 1,50 m, og 1,33 m på henholdsvis, lengde bredde og høyde, dette vil være en pekepinn på hva størrelsen kan være. De endelige målene blir avgjort ut i fra målspesifikasjoner i tidligere masteroppgaver som overchassiset i denne oppgaven skal basere seg på. I forhold til enkel inn- og utgang, vil det kun bli brukt dør på den ene siden for å spare kostnader. Det vil trolig være aktuelt med en løsning der det kun er dør til fører, og førersete skyves fremover for tilgang til passasjersele. DF skal ha muligheten til å legge ned baksetene for økt lasteromvolum med dør i bakkant av kjøretøyet for enkel adkomst. Store vindusflater er ønskelig, da økt utsikt gir økt sikkerhet. For å

spare kostnader er sidespeil noe som trolig ikke vil være innebygget i overchassiset, men vanlig utstikkende med et utseende som står i stil med resten av kjøretøyet. Det kan være aktuelt å plassere blinklys i sidespeilene. Det skal være lykter som har et moderne preg, med bruk av **LED**, noe man kan se på mange av dagens biler. Lyktene skal være integrert i overchassiset for å gi uavbrutte overganger til fordel for luftmotstanden.

## 6 KONSEPTDRØFTING

For å komme frem til den mest optimale løsningen med tanke på brukervennlighet, sikkerhet og design er det viktig å vurdere ulike former og løsninger. Det vil i dette kapittelet bli gjort en konseptdrøfting av ulike funksjoner.

### 6.1 Rammekrav

Ved drøfting av ulike funksjoner og produkter er det lagt vekt på ulike rammekrav. De viktigste kravene er som følger:

- **Estetikk**

Det er vurdert estetikk med tanke på hvordan ulike funksjoner og produkter passer sammen og ser ut. Er det noen av som anses som estetiske, er det mulig funksjonen blir tatt med i betraktningen under designutredningen.

- **Aerodynamikk**

Vurderer funksjonen ut ifra hvordan den vil påvirke luftmotstanden.

Ved dørvalg er det listet opp flere rammekrav:

- **Enkel å konstruere**

Her vurderes det etter hvor kompleks løsningen er. Løsninger som er komplekse er gjerne dyrere i produksjon.

- **Smale passasjer**

Vurderer hvordan aktuell dørløsning håndterer smale passasjer ved åpning av dør i bredden.

- **Lave passasjer**

Vurderer hvordan aktuell dørløsning håndterer lave passasjer ved åpning av dør i høyden.

- **Enkel adkomst for fører**

Vurderer om fører kan stige uhindret inn i kjøretøyets fører sete.

- **Enkel adkomst for passasjer**

Vurderer om passasjer kan stige uhindret inn i kjøretøyets baksete.

- **Sikkerhet**

Ser på sikkerheten ved å bruke de ulike dørfunksjonene. Personer skal sikkert kunne åpne og stå bak en dør uten å risikere å bli klemt av den om en forbipasserende bil treffer den.

## 6.2 Framhjul

Alternativene er eksternt og innebygget framhjul. Det eksterne hjulet er på "utsiden" av karosseriets form. Denne løsningen er å finne hos deltaløsningene til Carver One og BMWs Clever, se henholdsvis bilde 1 og 2 på figur 6.2.1. Det andre alternativet er en innebygget løsning, der karosseriet dekker eller går over dekket. Denne løsningen er å finne hos BMWs Simple og hos Venture One (2 og 3).



**Figur 6.2.1: Ekstern løsning fra Carver One [16.2.19] (1) og BMWs Clever [16.2.20] (2). Ser fra Carver One at det er ingen tydelige videreføring av linjer. Clever sin videreføring av linjene til karosseriet er tydelige og mer tiltalende. Innebygd løsning fra Venture one [16.2.21] (3) og BMW Simple [16.2.22] (4). Ser her fra Venture One at linjene fra dekket fortsetter til karosseriet, noe som gir et mer estetisk appellerende og fartsfylt utseende.**

Den eksterne løsningen må ha skjermer for å hindre sprut av skitt og søle fra underlaget på overbygget og ikke minst synsfeltet. Den vil også ha en negativ virkning på motstandskoeffisienten da det vil oppstå luftvirvler rundt og bak hjulet. Den eksterne løsningen er, etter personlig mening, en mindre estetisk løsning i forhold til design. En innebygd eller integrert løsning vil gi en positiv virkning på motstandskoeffisienten da luften kan i større grad gå veien langs karosseriet. Den vil heller ikke ha bruk for skjermer mot sprut av skitt og søle. Dette er en mer estetisk riktig løsning, da man lettere kan følge de naturlige runde linene fra dekkets form.

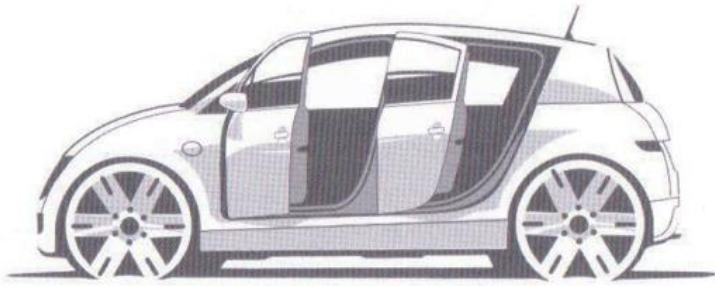
### **6.3 Dører**

Valget av dørløsning vil ha stor påvirkning på brukervennlighet, plassopptakelse og sikkerhet. Det finnes mange løsninger på utforming, plassering og virkemåte på dører. I dette delkapittelet skal de vanligste løsningene vurderes for så å komme frem til en konklusjon. Ved valg av dør, vil det tas hensyn til punkter som brukervennlighet og plassopptakelse i forhold til parkering og sikkerhet. Da DF vil være smal og det sitter én person foran er det kun nødvendig med dør på den ene siden. Bilder og informasjon som er brukt videre i dette underkapittelet er fra boken *H-point The Fundamentals Of Car Design & Packaging* [16.1.5].

### 6.3.1 Fronthengslet dør

Det er denne løsningen som er brukt til de fleste biler på markedet per dags dato. På de fleste biler er det to slike dører på hver side, én for fører og én for passasjer. I de tilfellene der det bare er én dør på hver side, skyves fører sete fremover for å slippe inn passasjerer. Døren er kun hengslet i fremkant og svinger utover. Ved denne vurderingen legges det vekt på at DF vil benytte kun én dør der fører sete eventuelt skyves fremover.

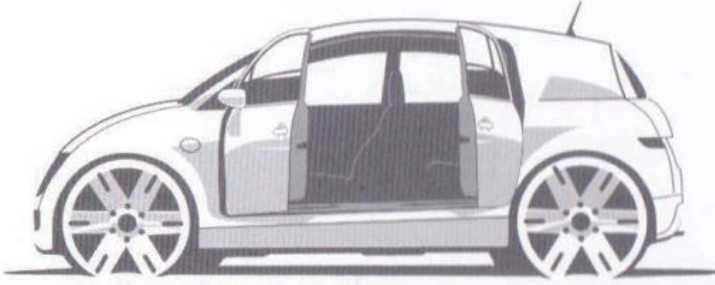
**Tabell 6.3.1: Konseptdrøfting for fronthengslet dør.**

			
Rammekrav	Vurdering	Poeng	Kommentar
Enkel å konstruere	+	1	Kun hengsler i front
Smale passasjer	=	0	Godt mulig ved å "gjøre seg smal"
Lave passasjer	+	1	Ingen høydeendring
Enkel adkomst for fører	+	1	Veldig god
Enkel adkomst for passasjer	=	0	Ok, fremsete må evt. føres fremover
Sikkerhet	=	0	Noe utstikkende for forbipasserende
<b>Totalt</b>		<b>3</b>	

### 6.3.2 Front- og bakhengslet dør

Denne løsningen var mye brukt rundt 70-tallet, men ble senere forbudt på grunn av manglende sikkerhet (på engelsk kalt "Suicide doors" [16.2.23]). I nyere tid er det ikke mulig å åpne bakdøren før framdøren er åpnet. Det er fortsatt ikke helt sikkert, da en forbigående bil kan treffe bakdøren som kan slå igjen på passasjer på vei ut av bilen. Dørene er, som man ser av navnet, hengslet i fronten på førerdøren og bak på passasjerdøren.

**Tabell 6.3.2: Konseptdrøfting for Front- og bakhengslet dør.**

			
Rammekrav	Vurdering	Poeng	Kommentar
Enkel å konstruere	+	1	Hengsler foran og bak
Smale passasjer	=	0	Godt mulig ved å "gjøre seg smal"
Lave passasjer	+	1	Ingen høydeendring
Enkel adkomst for fører	+	1	Veldig god
Enkel adkomst for passasjer	+	0	Samme som for fører
Sikkerhet	-	-1	Farlig med forbigående kjøretøy
<b>Totalt</b>		<b>2</b>	



### 6.3.3 Saksedør

Denne typen dører er mye brukt på sportsbiler, spesielt de lave. Den er hengslet i front og løftes oppover noe som gjør den mindre anvendbar i lave passasjer, men bra i smale. Det er en veldig visuell og dramatisk dør med tanke på design. I forhold til konstruksjon, vil dette være en langt dyrere løsning enn med vanlige hengsler.

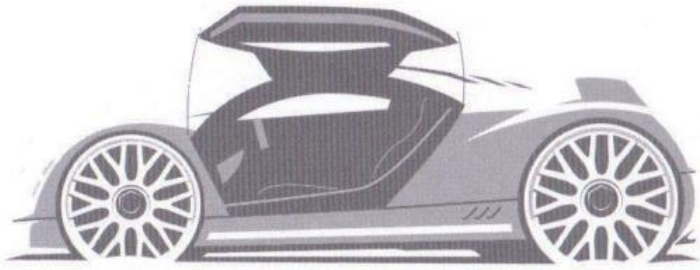
**Tabell 6.3.3: Konseptdrøfting for saksedør.**

Rammekrav	Vurdering	Poeng	Kommentar
Enkel å konstruere	-	-1	Komplisert og dyr
Smale passasjer	+	1	Ingen breddeendring
Lave passasjer	-	-1	Stor høydeendring
Enkel adkomst for fører	+	1	Veldig god
Enkel adkomst for passasjer	=	0	Ok, fremsete må evt. legges ned
Sikkerhet	+	1	Ingen påvirkning av sikkerhet
<b>Totalt</b>		<b>1</b>	

### 6.3.4 Måkevinge

I likhet med saksedør er måkevinge døren mye brukt på lave sportsbiler. Døren er hengslet i overkant av døren og føres ut og opp. Denne typen dører er ikke spesielt anvendelige i trange passasjer da den lille åpningen er å finne på undersiden av døren, noe som gjør at de som skal inn eventuelt må krype. Sammenlignet med vanlige hengsler er dette en dyr og komplisert konstruksjon.

**Tabell 6.3.4: Konseptdrøfting av måkevinge.**

			
Rammekrav	Vurdering	Poeng	Kommentar
Enkel å konstruere	-	-1	Komplisert og dyr
Smale passasjer	-	-1	Gjør det vanskelig å komme inn
Lave passasjer	=	0	Noe høydeendring
Enkel adkomst for fører	+	1	God adkomst
Enkel adkomst for passasjer	+	1	God adkomst
Sikkerhet	+	1	Ingen påvirkning av sikkerhet
<b>Totalt</b>		<b>1</b>	

### 6.3.5 Skyvedør

Denne løsningen er ofte å finne på varebiler og minivaner. Dette er en veldig praktisk dør, da den ikke tar plass i høyden eller bredden. Den skyves bakover langs kjøretøyet ved hjelp av skinner. Det er og en mulighet med elektrisk åpning, noe som er mye brukt på taxier med denne dørløsningen.

**Tabell 6.3.5: Konseptdrøfting av skyvedør.**

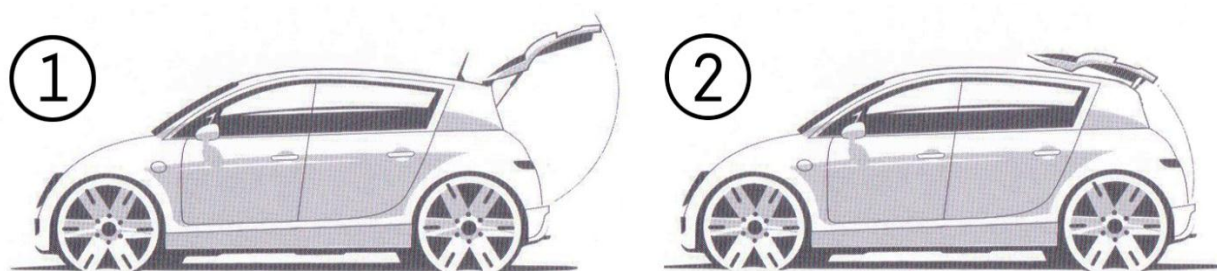
Rammekrav	Vurdering	Poeng	Kommentar
Enkel å konstruere	-	-1	Skinner, noe mer komplisert med buet skyveretning
Smale passasjer	+	1	Ingen breddeendring
Lave passasjer	+	1	Ingen høydeendring
Enkel adkomst for fører	+	1	Veldig god
Enkel adkomst for passasjer	+	1	Veldig god
Sikkerhet	+	1	Ingen påvirkning av sikkerhet
<b>Totalt</b>		<b>4</b>	

### 6.3.6 Konklusjon av dørløsning

Om poengsystemet følges, kommer det tydelig frem av tabellene over at siste løsning med skyvedør kommer best ut. De resterende løsningene kom dårlig ut med tanke på smale eller lave passasjer. Hvor komplisert den blir å konstruere avhenger litt av hvordan karosseriets endelige form blir. Et buet karosseri vil gjøre det mer komplisert. Skinner som følger den buede formen vil løfte skyvedøren til en høyere posisjon enn taket, noe som kan godtas til en viss grad. Ved en komplisert form på karosseri, vil det være gunstig, med tanke på økonomi, å velge en løsning der døren er hengslet i fremkant.

## 6.4 Bakluke til laste- og motorrom

Dørløsning for bagasjerom vil bli basert på én av to løsninger (se Figur 6.4.1). Det blir sett bort fra løsninger med svingdører, der åpning av bakluke setter begrensninger til plass rundt kjøretøyet. Løsning 1 er en tradisjonell bagasjeluke og er en enkel løsning som gir god tilgang til bagasjerommet samtidig som den gir beskyttelse fra eventuelt regn. Den tar heller ikke opp mye plass utover kjøretøyets metriske grenser. Løsning 2 er en skyvedørløsning som går på skinner og legger bagasjedøren over taket på kjøretøyet. Denne løsningen sørger for, i likhet med løsning 1, god adkomst til bagasjerommet, men gir ingen beskyttelse for regn. Døren vil ligge noe høyere enn taket, men vil ikke gå drastisk utover klarering av lave passasjer. Den endelige løsningen vil bli vurdert ved ferdig løsning for overchassis.



**Figur 6.4.1: Dørløsninger for bagasjerom. Løsning 1 er tradisjonell, mens løsning 2 er en personlig redigering for å lage en uvanlig og noe unik løsning.**

## **6.5 Plassering av Luftinntak**

Bruk av luftinntak bidrar til lufting av kabinen og nedkjøling av bremses i tillegg til å kjøle ned motor. Valget av antall og plassering av luftinntak vil bli gjort etter endelig design for karosseri er bestemt. Alternativene for nedkjøling av motor vil være på kjøretøyets bakpart, da det er der motor er plassert. Ved kjøling av kabin er det naturlig med luftinntak i front som gir avkjølingen en naturlig retning i forhold til luftstrømningen.

## **7 PRODUKTSPEISIFISERING**

### **7.1 Ergonomi**

Når det skal utarbeides ergonomiske og anatomisk riktige produkter og løsninger som skal ha menneskelig interaksjon er det vanlig å ta i bruk antropometri. Antropometri er et snittmål på størrelse, vekt og proporsjoner av mennesker i en gitt populasjon.

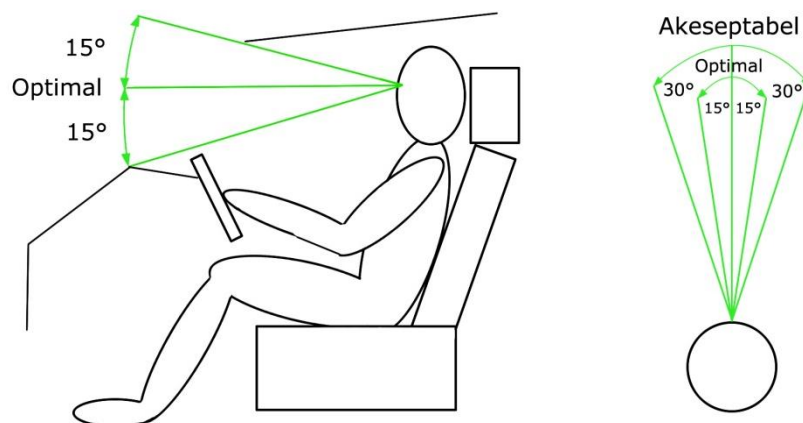
#### **7.1.1 Adkomst**

Når fører og passasjer skal sette seg inn eller gå ut av kjøretøyet skal de kunne gjøre dette uanstrengt uten bruk av unaturlige bevegelser eller vinkler. Det er naturlig at en må bøye seg noe når en setter seg inn eller stiger ut av kjøretøyet. Ved optimal ergonomi burde øvre del av døren være så høy som mulig. Et høyt tak vil heller ikke utsette fører for skader i ryggen om personen må løfte barn eller lignende inn i baksetet. I denne oppgaven skal det også tas hensyn til luftmotstand og da vil et høyt tak være med på å øke frontarealet, noe som vil øke luftmotstanden. Døren i seg selv bør være brukervennlig og lett å åpne for å gjøre tilgang til baksetet ukomplisert.

Ved lasting av varer eller lignende i lasterom er det viktig at høyden opp til laveste del av lasterommet ikke er plassert for høyt da dette kan medføre ukomfortable løft eller i verste fall skader.

### 7.1.2 Sikt

Ved kjøring er sikt en stor faktor for sikkerhet. Det er viktig at fører av kjøretøyet alltid har god oversikt rundt bilen. For å få en synsvinkel som stemmer mest mulig med gjennomsnittsmennesket er det brukt data fra *The Measure of Man and Woman* [16.1.6], i figuren under (Figur 7.1.1) ser en optimal og akseptabel vinkel. Vinkelen bør være større eller lik optimal-vinkelen.



**Figur 7.1.1: Synsvinkler hentet fra *The Measure of Man and Woman* [16.1.6].**

## 7.2 Estetikk og aerodynamikk

### 7.2.1 Estetikk

Det er ønskelig at DF skal gi gode assosiasjoner til publikum som fremmer et ønske om kjøp. Ofte er det estetiske et av de viktigste punktene når en går til innkjøp av nytt kjøretøy, ved siden av pris og tekniske data som motorkraft, forbruk og utslipp. For å oppnå et estetisk tiltalende design er det visse punkter som bør oppfylles.

- Kjøretøyet skal ha et moderne preg
- For at en eventuell modell skal selge i flere år etter utgivelse er det viktig at designet er fremtidsrettet
- Det skal være et sporty utseende
- Designet skal gi uttrykk for en fartsfylt og spennende opplevelse
- Det er viktig at utseende gir assosiasjoner om sikkerhet og at den ser stabil ut
- Riktige fargekombinasjoner kan og virke appellerende, samtidig som det er viktig å ha et utvalg av kombinasjoner da folk har forskjellige preferanser
- Kjøretøyet bør uttrykke funksjonalitet



**Figur 7.2.1: Sammenligning mellom visuelle assosiasjoner. Dette er et eksempel satt litt på spissen. Det kommer tydelig frem av bildene ovenfor hvilket kjøretøy som har mest moderne og fremtidsrettet design. Begge kjøretøyene er sportsbiler, der kjøretøyet til høyre [16.2.24] er fra 2010 og gir assosiasjoner om adrenalin, fart og spenning. Kjøretøyet til venstre [16.2.25] er fra 1970-tallet og var den gangen laget for fart, men vil i dag kunne gi assosiasjoner som lite moderne og fremtidsrettet, usikker og mindre estetisk.**



### 7.2.2 Aerodynamikk

Da DF skal bruke så lite drivstoff som mulig er det ønskelig med en lav luftmotstand. Størrelse og form på kjøretøyet påvirker luftmotstanden i stor grad. Et ønskelig mål er en luftmotstandskoeffisient ( $C_d$ ) mellom 0,20 og 0,26.

Ved høyere hastighet øker luftmotstanden på grunn av økning i luftfriksjon. Utstikkende deler som sidespeil, bredere dekk og overflater som ikke er strømlinjede samt turbulens vil være med på å øke trykket som igjen vil øke luftmotstanden. For å finne luftmotstanden brukes formelen:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A \quad \text{[Formel 1]}$$

der,

- $F_D$  er Luftmotstandskraften (dragforce)
- $\rho$  er luftdensiteten
- $V$  er kjøretøyets hastighet
- $C_d$  er luftmotstandskoeffisienten
- $A$  er bilens prosjekterte frontareal

Ved å snu på denne formelen kan en finne Luftmotstandskoeffisienten  $C_d$ . Dette blir gjort i kapittel 11, der det skal gjennomføres strømningsanalyse.

For å oppnå en lav  $C_d$ -verdi bør det flere punkter det bør tas hensyn til.

- Lavt frontareal
- Kjøretøyets generelle form
  - Form fra siden og ovenfra
  - Undersiden
  - Endepartiet
  - Strømlinjet
- Overganger mellom flater

Frontarealet er målt i  $m^2$  og er det prosjekterte arealet av kjøretøyet sett forfra. Et kjøretøy som er laget for fart og akselerasjon vil ha et mindre frontareal enn ett nyttekjøretøy der målet er størrelse. (Se Figur 7.2.2 under) En kan gjøre en grov beregning av frontareal på bilen ved å ta høyde ganger bredde. I denne oppgaven vil det bli brukt mer nøyaktige metoder da frontarealet kan beregnes ved hjelp av et måleverktøy som er innebygget i SolidWorks. Mer om dette i delkapittel 11.2.1. Selv om det er ønskelig med et lite frontareal, skal det tas hensyn til gitte interiør- og underchassismål gitt i kapittel 7.3.



**Figur 7.2.2: Sammenligning av frontareal på en sportsbil [16.2.26] og en SUV [16.2.27].**

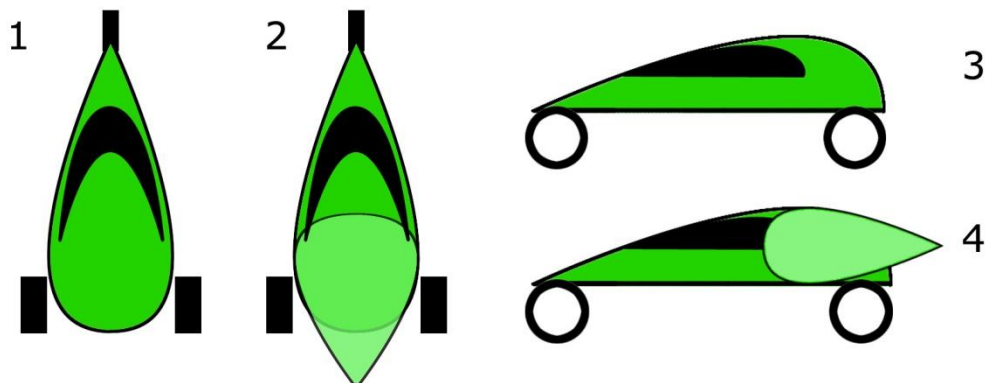
Kjøretøyets generelle form kan ta utgangspunkt i flere ulike geometriske former. De ulike formene gir forskjellige utslag på aerodynamikken og får en gitt  $C_d$ -verdi etter hva dragkoeffisienten er. Ser av Figur 7.2.3 at formen med de beste verdiene er dråpeform og halv dråpeform.

Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Measured Drag Coefficients

**Figur 7.2.3: Oversikt over hvilken  $C_d$ -verdi ulike former gir [16.2.28].**

For at DF skal holde  $C_d$ -verdien så lav som mulig skal designet være formet som en dråpe så langt det lar seg gjøre. Da DF skal konstrueres etter deltaprinsippet som har en naturlig motsatt dråpeform er det ønskelig å få formen smal igjen etter hjulpartiet for å få dråpeformens avslutning som vist på bildet under. (Figur 7.2.4)



**Figur 7.2.4: Viser hvordan en kan få dråpeform på et kjøretøy med deltaprinsipp.**

## 7.3 Kundens behov ved kjøp av kjøretøy

For at forventninger til DF, stilt av eventuelle kunder, skal bli tilfredsstillt, er det viktig å ta for seg ulike produkttegenskaper og områder som må prioriteres. Tabellen under (Tabell 7.3.1) er utformet av David Lindebø Østby [16.1.4], og er personlig betonet. Østbys personlig betoning virker veloverveid og er etter egen oppfatning en god tilnærming av de virkelige verdiene.

**Tabell 7.3.1: Tabell over kundens behov. Tabellen og rangeringen er utarbeidet av David Lindebø Østby. [16.1.4]**

Nr.	Behov	Rangering	Nr.	Behov	Rangering
1	Aerodynamisk utforming	3	15	Merke	3
2	Bagasjeroms dør	4	16	Mulighet for tilpasning	3
3	Enkel inn-/utgang	5	17	Offroad mulighet	2
4	Farge	2	18	Økonomisk	5
5	Garanti	5	19	Parkeringsvennlig	3
6	God synsvidde frem-/bakover	5	20	Rammelst mot skrammer	3
7	Håndtering	4	21	Reservedel tilgjengelighet	4
8	Hjulstørrelse	2	22	Sidespeil	5
9	Image	3	23	Sikkerhet	5
10	Kamera for sidespeil	1	24	Støy/vibrasjon	4
11	Komfort	5	25	Takluke	2
12	Kostnad	4	26	Varighet	4
13	Lokale produksjonsaktører	1	27	Vekt	1
14	Lys	3	28	Vindu i tak	3

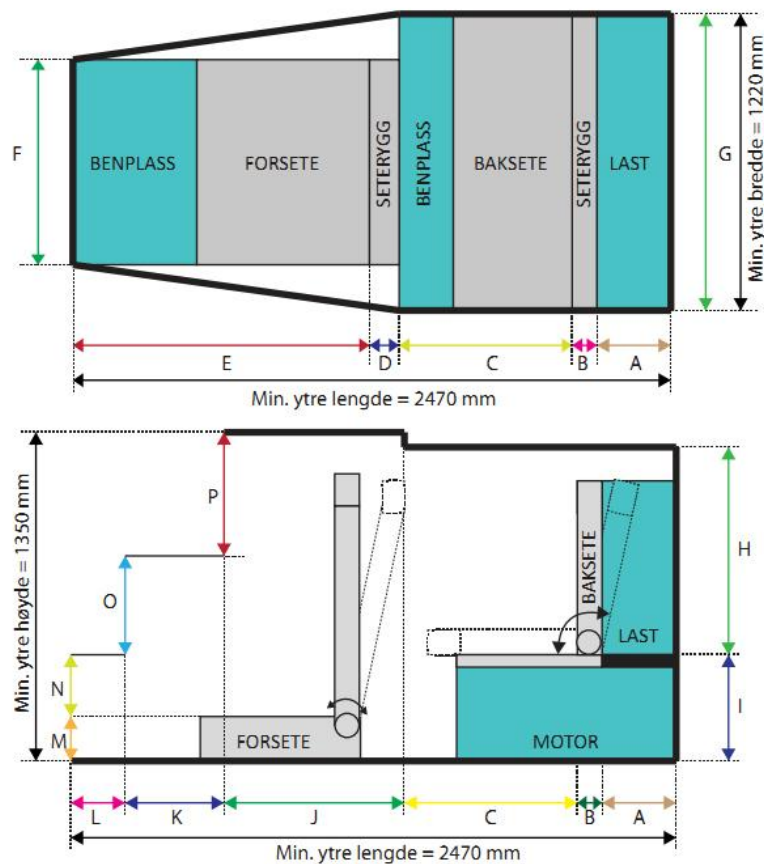
Av tabellen over kommer det frem at ergonomi, sikt, økonomi og sikkerhet er punkter som stilles høyt ved kundens behov.

For en mer nøyaktig oversikt over hvilke produkttegenskaper den generelle kunden prioriterer ovenfor den andre, er det en fordel å foreta en spørreundersøkelse i form av karaktergivning. Undersøkelsen bør basere seg på aktuelle målgrupper for DF. Det vil ikke bli gjort en undersøkelse i denne oppgaven.

## 7.4 Ytre Dimensjonskrav

Før designet kan begynne er det viktig å sette ytre dimensjonskrav rundt interiøret. Designet skal utarbeides ut fra antropometriske mål for fører og passasjer. (se tabell 7.4.1) For å holde DF så smal og lav som mulig, som igjen vil bidra til et lavere frontareal, er det ønskelig å ligge så nære minimalgrensene som mulig. Målene som følger av tabellen under er kun innvendige mål og det vil komme ytterlige lengder, høyder og bredder ved ferdig produkt.

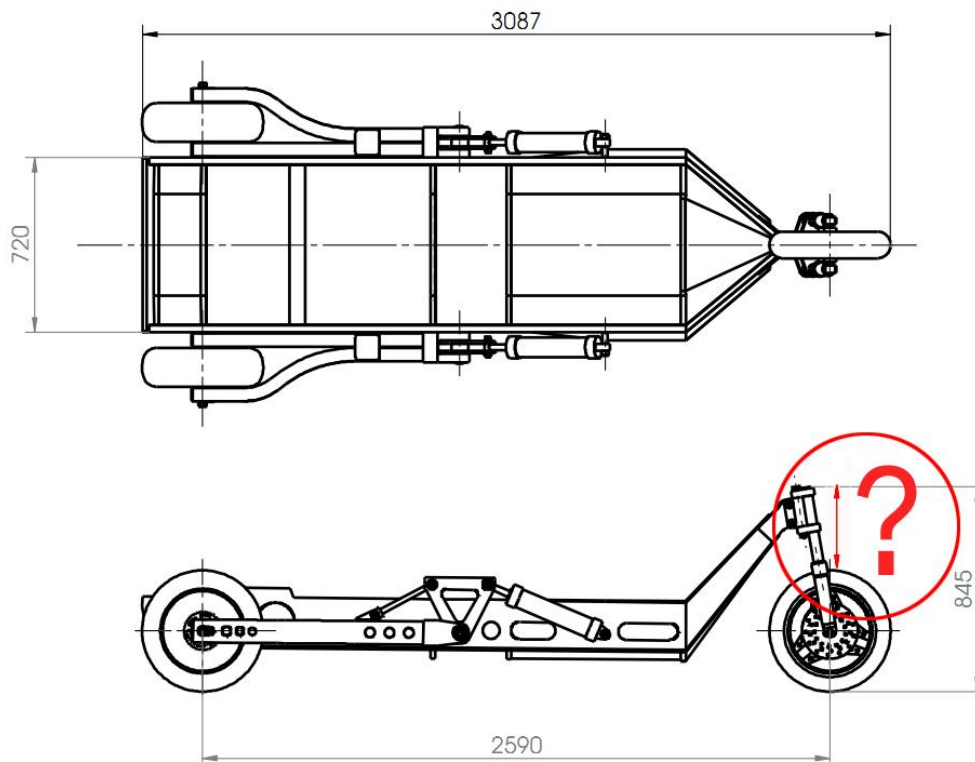
Strl.	Dim.
A	300
B	100
C	700
D	120
E	1200
F	830
G	1200
H	840
I	430
J	730
K	400
L	220
M	180
N	250
O	400
P	500



**Figur 7.4.1: Interiørmål sett ovenfra og fra siden. Målene er proporsjonale størrelser etter forholdet 1:20 [mm]. For dimensjoner av de enkelte lengdene, se tabell på venstre side. Bildene er utarbeidet av David Lindebø Østby [16.1.4], og viser minimalmål for lengde, høyde og bredde. Både bildene og tabellen er basert på tabell for interiørmål laget av Magnus Ottesen [16.2.2], se Vedlegg 1.**

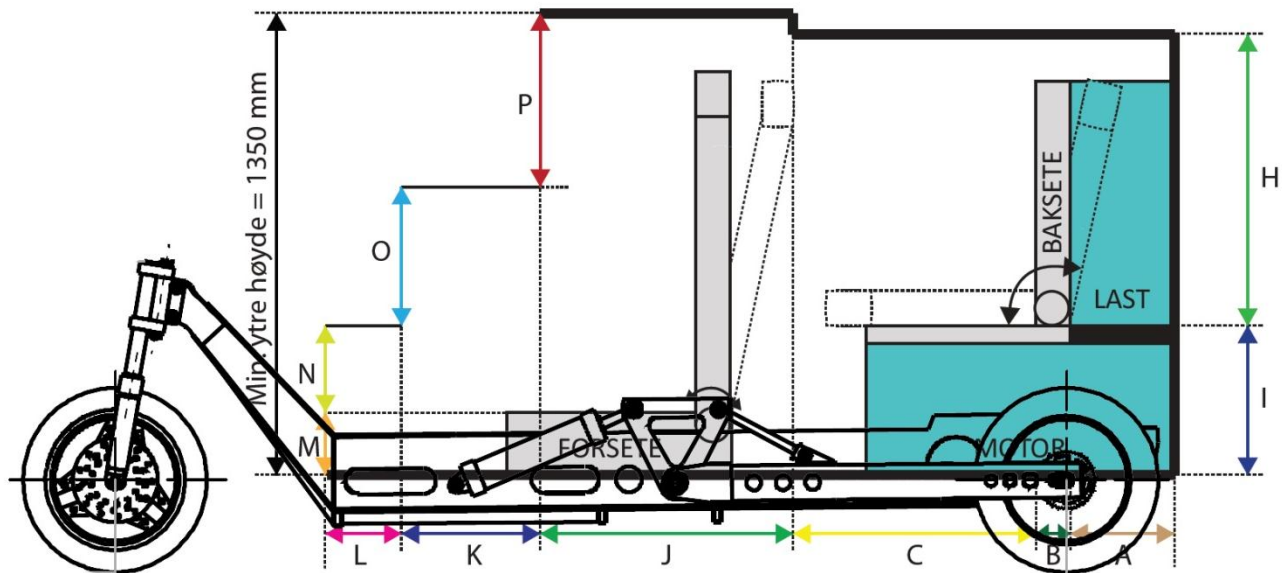
De minimale verdiene i forhold til lengde, høyde og bredde er gitt av bildene over. (Se Figur 7.4.1) Der minimal ytre lengde = 2470 mm, høyde = 1350 mm og bredde = 1220 mm. Verdiene det er kommet frem til, vil bli lagt vekt på ved design av karosseri.

I tillegg til mål utarbeidet på Figur 7.4.1, er det utarbeidet et underchassis av Jan Fredrik Aasheim [16.1.1]. Det skal også tas hensyn til mål fra maskintegninger fra denne oppgaven. Grunnet usikkerhet om Aasheims løsning på plassering av framhjul er en endelig løsning, settes det frihet til hvor høyt over hjulet overchassiset skal legges. Ser av Aasheim sine maskintegninger at bredden (720 mm) er mindre enn hos Østby (1220 mm). Dette vil ikke ha mye betydning da overchassiset trolig vil strekke seg  $\pm 20$  cm. ut på hver side som da vil gi tilnærmet minimumsverdi for interiørplass oppgitt av Østby.



**Figur 7.4.2: Maskintegninger av ramme til DF, utarbeidet av Jan Fredrik Aasheim. [16.1.1] Det står noe frihet i valg av høyde på gaffelen ved framhjulet.**

Ved å kombinere tegningen til Aasheim og Østby vil det gi et godt grunnlag å basere skisser på.



**Figur 7.4.3: Grunnlag for konseptskisser. Kombinert tegning av mål fra D. Østby [16.1.4] og J.F. Aasheim [16.1.1]. Se Vedlegg 2 for større bilde.**

## 8 DESIGN

En del av hovedmålet er å utforme et moderne, fremtidsrettet og tiltalende design som skal appellere til publikum. For å få til dette må det gjøres et studie på hvordan et fremtidig design kan se ut, samt hvordan en kan bruke kombinasjoner av organiske og uorganiske former for å utrede flere mulige konsepter. Dette kapittelet går gjennom dette studiet samt ulike konseptløsninger og utvelgelser.

For å kunne gjøre gode vurderinger og komme frem til ulike løsninger på design, er det viktig å ta for seg ulike enkle former til å begynne med. En vanlig fremgangs måte er å bruke organiske og uorganiske former og gjerne kombinere disse for å komme frem til en optimal form. Organiske former, også referert til som krumlinjede figurer, er å finne i naturen og har ofte mer kurver, buer, ubestemt form og avrundinger. Eksempler kan være blader, frukter, planter og dyr, generelt alt som er å finne naturlig i naturen. Organiske former kan gi assosiasjoner om at noe er naturlig, flytende, mykt, rolig og beroligende. Uorganiske former, også kalt geometriske figurer, er som regel definerte former og er ofte resultater av produksjonsindustri. Uorganiske former er firkanter, trekkanter og rette linjer. Eksempler på uorganiske former er bygninger (i de fleste tilfeller), vaskemaskiner, datamaskiner, med mer. Uorganiske former kan gi assosiasjoner som hardhet, aggresjon, stivhet, og skarphet.



Figur 8.1.1: Stoler i uorganisk og organisk form. Stolen til venstre [16.2.29] er med tydelige kanter og flater mens stolen til høyre [16.2.30] har buede bladaktige former.



## 8.1 Formstudie

Bilens form har forandret seg mye fra tiår til tiår de siste 50 årene. Moter innen formdesign har påvirket bilens form og overgangene mellom tiårene er tydelig markert ved bruk av forskjellige inspirasjonskilder og formvalg. Det skal i dette delkapittelet gjøres et lite studie på hvordan bilens form har forandret seg i løpet av de siste 50 årene. Målet med studiet er å finne et fremtidig design. Ved å studere endringer fra tiår til tiår kan en se om det er en trend som går igjen, og dermed finne ut av hva den neste trenden kan være.

### 1960 – 1970

60-tallets biler bærer preg av 50-tallets pompøse runde former, men har blitt smalere i totaldesignet. Avrundningene er mer begrenset rundt front og bakenden. Mange av bilene fra denne perioden har den runde formen på takavslutningen ned til bakenden, noe som er med på å gi bilen et rundt organisk design.



**Figur 8.1.2: Formutvikling 1960 – 1970. Volvo, Saab og BMW. [16.2.31]**

### 1970 – 1980

Formen på bilene fra 1970-tallet har endret seg drastisk fra 1960-tallet. De runde formene har blitt byttet ut i definerte hjørner, lange rette linjer og flate overflater. Her er det brukt nesten utelukkende uorganiske former.



**Figur 8.1.3: Formutvikling 1970 – 1980. Audi, Saab og BMW. [16.2.32]**

## 1980 – 1990

Bilene fra 80-tallet har ikke endret seg stort i form fra 70-tallets biler, og har fremdeles uorganiske trekk med skarpe kanter og lange rette linjer.



**Figur 8.1.4: Formutvikling 1980 – 1990. Volvo, BMW og Audi.[16.2.33]**

## 1990 – 2000

På 90-tallet skjer det tydelig en forandring fra 80-tallets uorganiske former. Front- og endeparti har fått mer avrundet form, samtidig som takformen har blitt rundet av. Ser av mange biler fra denne perioden at designere begynner å "leke" med organiske former samtidig som det har blitt mer fokus på aerodynamikk, forbruk og utslipp.



**Figur 8.1.5: Formutvikling 1990 – 2000. BMW, Audi og Volvo.[16.2.34]**

## 2000 – 2010

Her har det runde aerodynamiske designet tatt helt over da utslipp og forbruk er sterkt i fokus. Det brukes myke overganger mellom flater og lange strømlinjede former i kjøretøyets lengderetning. Aerodynamikk er tydelig implementert da mange av bilene følger dråpeformprinsippet og blir smalere bak. Bilene har fått mer "personlighet" med aggressive "ansikt" der for eksempel lykter ser ut som sinte øyne. Bilene har fått et større detaljnivå med uthevede linjer, luftinntak og andre detaljer i front. Det legges mer vekt på styling og mange

biler kommer med "skjørt" som standardutstyr. Dette er med på å gi et mer sporty utseende.



**Figur 8.1.6: Formutvikling 2000 – 2010. Volvo, Audi og BMW.[16.2.35]**

## 2010 – Nå

Designet på biler etter 2010 er stort sett det samme som før da det kun er gått et par år siden dekadeskiftet. Det brukes fortsatt lange organiske former, med aggressive fronter og bakpartier. Det kommer stadig flere detaljer på bilene. Sportsgriller og "skjørt" er standard på en rekke biler. Lave sidevinduer og takhøyder er med på å gi et sportslig utseende og gir assosiasjoner til fart og spenning.



**Figur 8.1.7: Formutvikling 2010 – Nå. Audi, BMW, og Volvo.[16.2.36]**

## Konklusjon

En kan fra studiet se at det er en tydelig trend som går igjen fra 50-60-tallet og frem til nå. Runde organiske former, og skarpe kanter og uorganiske former er noe som går igjen. De siste 15 – 20 årene har det vært en økning på runde organiske former og er trolig en trend som vil vare så lenge en bryr seg om aerodynamikk.

Fokus på miljøbevissthet blir ikke mindre med tiden, og det jobbes stadig med å finne mer energieffektive kjøretøy som krever lite drivstoff og har lavt utslipp. For å ha et energieffektivt kjøretøy er aerodynamikken en viktig faktor. Da dråpeform er den mest effektive formen i forhold til luftmotstand vil trolig

fokuset på fremtidens biler, som det er nå, være å ha så liten luftmotstand som mulig i forhold til funksjonen bilen har.

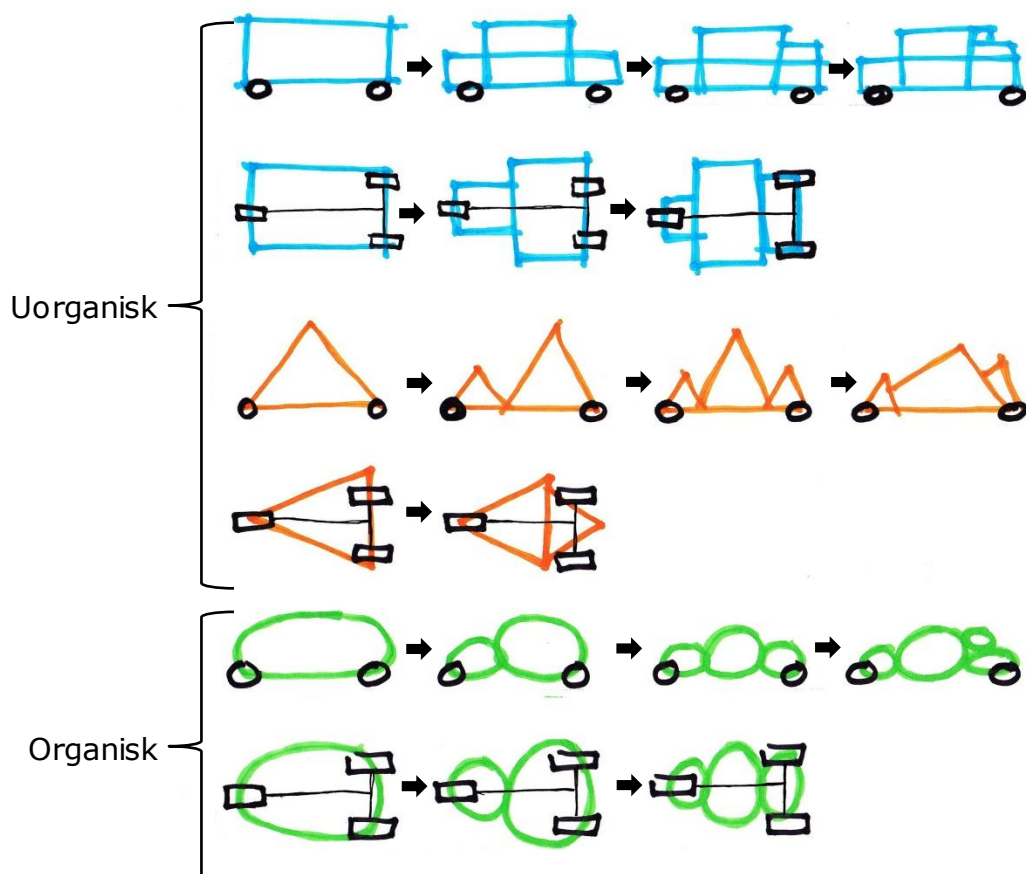
I følge studiet skal et moderne og fremtidsrettet design være aerodynamisk og samtidig ta i bruk både organiske totalformer i kombinasjon med uorganiske former som ikke går ut over luftmotstanden. Det skal brukes interessante linjer og detaljer som skal vekke publikums nysgjerrighet. Kjøretøyets design skal gi assosiasjoner til den funksjon det har, for eksempel aggressivitet ved et sportskjøretøy for å gi følelse av fart og god håndtering, samtidig som det skal gi inntrykk som sikkerhet og komfort.

## 8.2 Konseptutforming

Det skal i dette delkapittelet kommes frem til ulike formkonsepter som skal vurderes videre for modellering. Det blir gjort trinnvis vurderinger for at en ikke skal ha et ferdig design sett for seg før en begynner. Ideer om design og en endelig utforming skal utvikle seg og kan skifte retning desto lenger en kommer i denne prosessen.

### 8.2.1 Grunnformer

Med utgangspunkt i en organisk- eller uorganisk form, kan det dannes et bilde av hvordan designet på bilen skal bli. Ved å sette sammen flere størrelser og variasjoner av samme grunnform, kan en gi en bedre pekepinn på endelig løsning som vist i Figur 8.2.1.

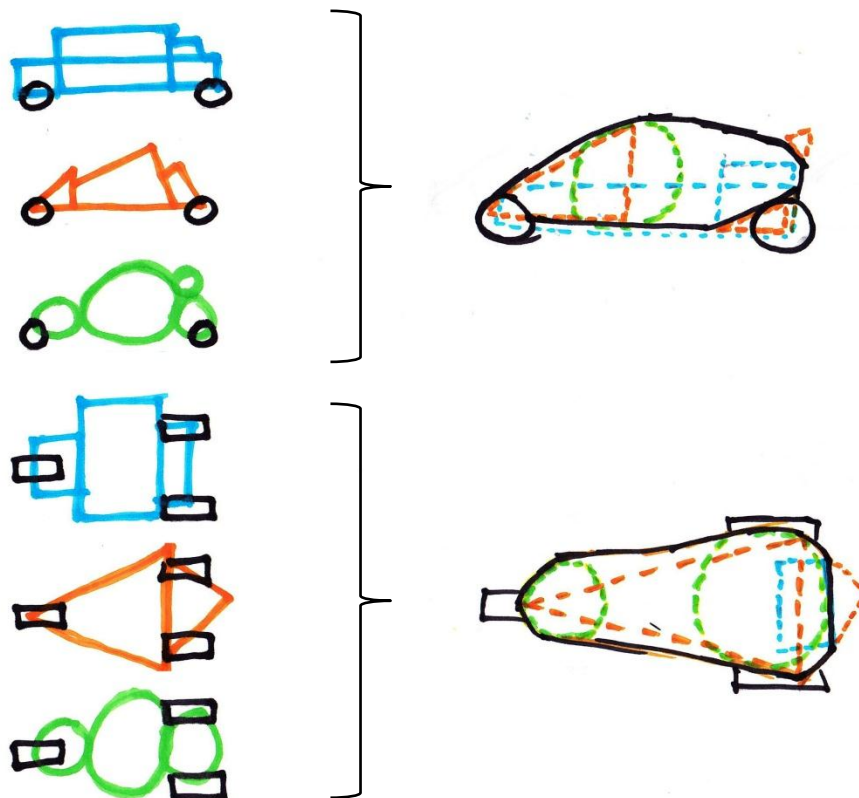


**Figur 8.2.1:** Viser detaljering av form med flere størrelser og variasjoner av samme grunnform. Her vises, i grove trekk, hvordan det er mulig å få et mer komplett design ved å sette sammen ulike størrelser og variasjoner av samme form, steg for steg. For hvert steg er det lagt til flere varianter og størrelser av samme form, for å gi mer detaljer til totalformen. Det er brukt tre enkle geometriske former: rektangler, triangler og sirkler.

### 8.2.2 Kombinasjoner av de ulike grunnformene

Det er ikke alltid ønskelig å bruke kun én grunnform da det begrenser muligheten til flere løsninger ved utforming av designet. Ved å kombinere organiske- og uorganiske former kan det dannes utallige ulike totalformer, se figur 8.2.2.

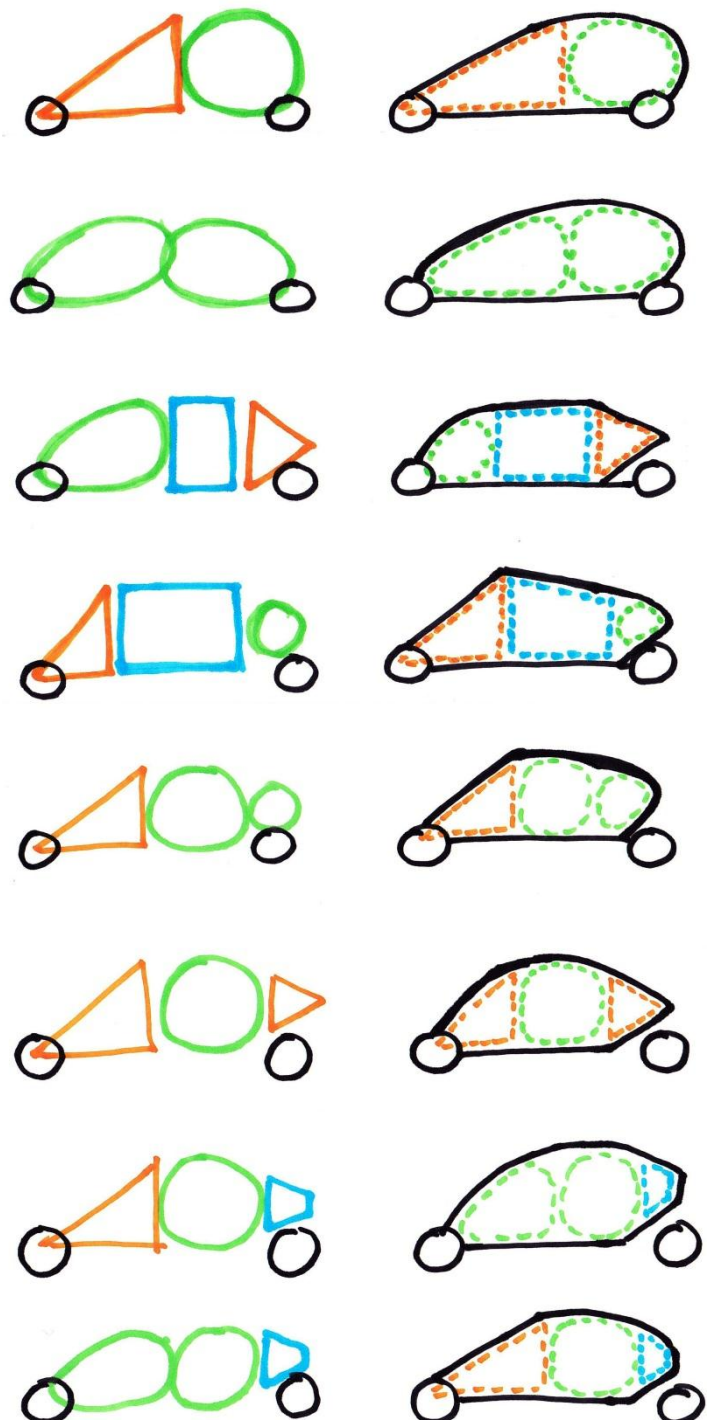
Ved å ta utgangspunkt i at den optimale formen på kjøretøyet, i forhold til drag, er en dråpe, og at det er basert på delta-prinsippet som naturlig former en motsatt dråpe, kan en bruke ulike geometriske figurer for å danne et totaldesign som er tilnærmet den optimale dråpeformen.



*Figur 8.2.2: Her er det vist hvordan en kombinasjon av variasjoner og ulike størrelser, av overnevnte geometriske grunnformer, danner et totaldesign.*

### 8.2.3 Ulike formkonsepter

Det er som sagt utallige formkonsept som kan fremstilles med en kombinasjon av organiske og uorganiske former. For å komme frem til løsninger som skal brukes videre i konseptvurderingen, er det tegnet opp noen mulige kombinasjoner der ulike variasjoner av former er satt sammen, se Figur 8.2.3.

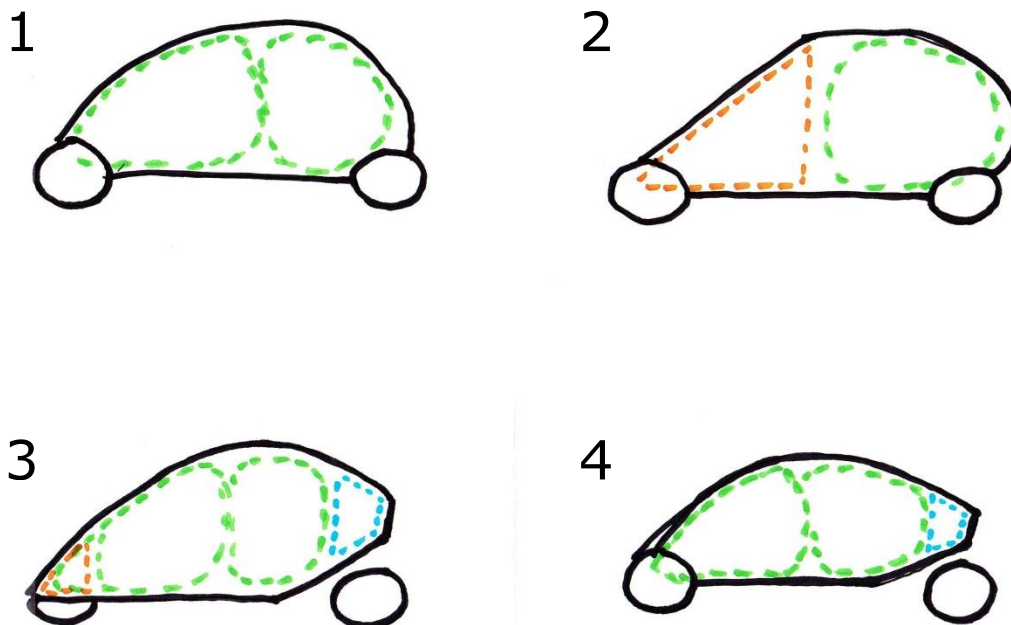


**Figur 8.2.3:** Ulike kombinasjoner av grunnformer satt sammen.

### 8.2.4 Fire valgte formkonsepter

Det er valgt å gå videre med kun fire konsepter da det vil ta for lang tid å gjøre et form-studie på alle de ulike konseptene. Ut ifra formkonseptene (Figur 8.2.3), er det valgt ut tre grunnkonsepter. For å ta med et design der framhjulet er innkapslet, er det ene formkonseptet modifisert.

Det første formkonseptet (1) er basert på kun organiske former, med store sirkulære former som danner avrundet, "rolig" og "familievennlig" design. Konsept 2 er en kombinasjon av organisk og uorganisk form. Med triangel i front gir det et mer aggressivt utseende enn i konsept 1. Den sirkulære avrundingen i bakkant er med på å bringe formen sammen for å oppnå et dråpedesign. Formkonsept 3 og 4 er basert på den samme løsningen. Forskjellen er at i konsept 3 er det valgt å innkapsle framhjulet, mens i konsept 4 vil det være synlig. Det er i begge konseptene brukt en kombinasjon av organiske og uorganiske former. Designet er aggressivt og med en smal front og bakpart kan det minne om en sportsbil.



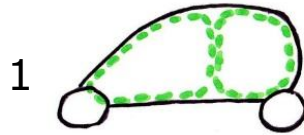
**Figur 8.2.4: Fire formkonsepter tatt ut ifra de ulike løsningene fra Figur 8.2.3.**



### 8.2.5 Konseptvalg på ulike vindus- og dørformer

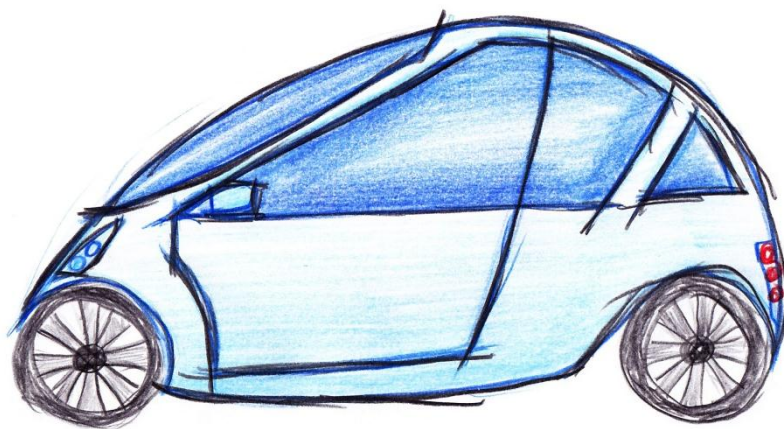
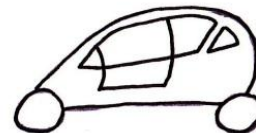
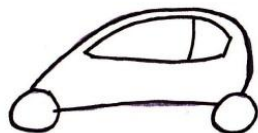
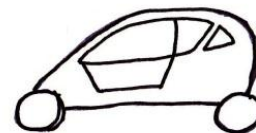
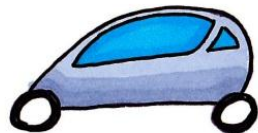
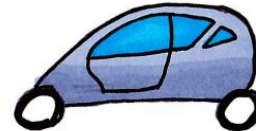
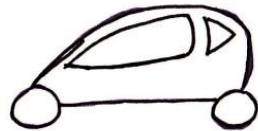
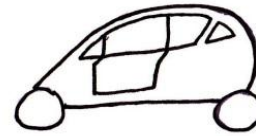
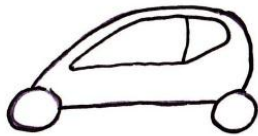
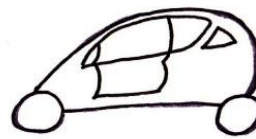
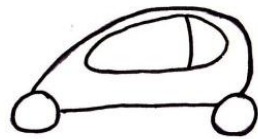
De fire ulike designene skal vurderes videre ved å velge ulike løsninger for vindus- og dørformer. Det er tegnet opp fem forskjellige løsninger for vindu- og dørform til hvert konsept. Valg av alternativ er basert på et estetisk grunnlag.

#### Konsept 1



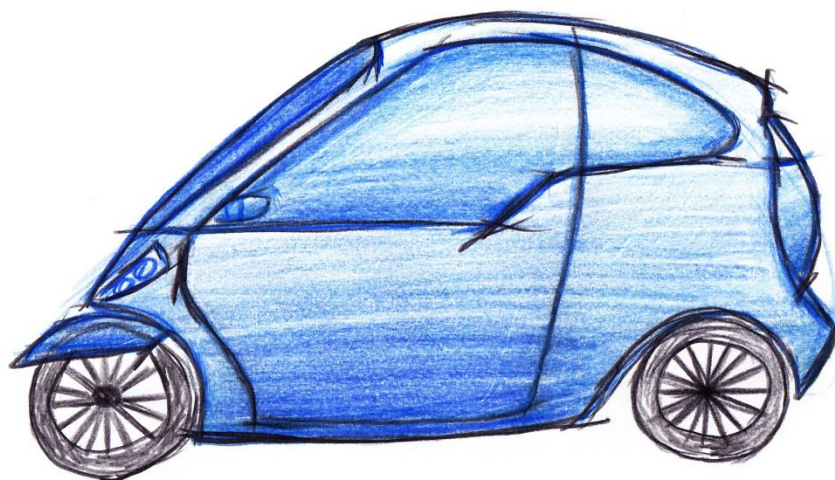
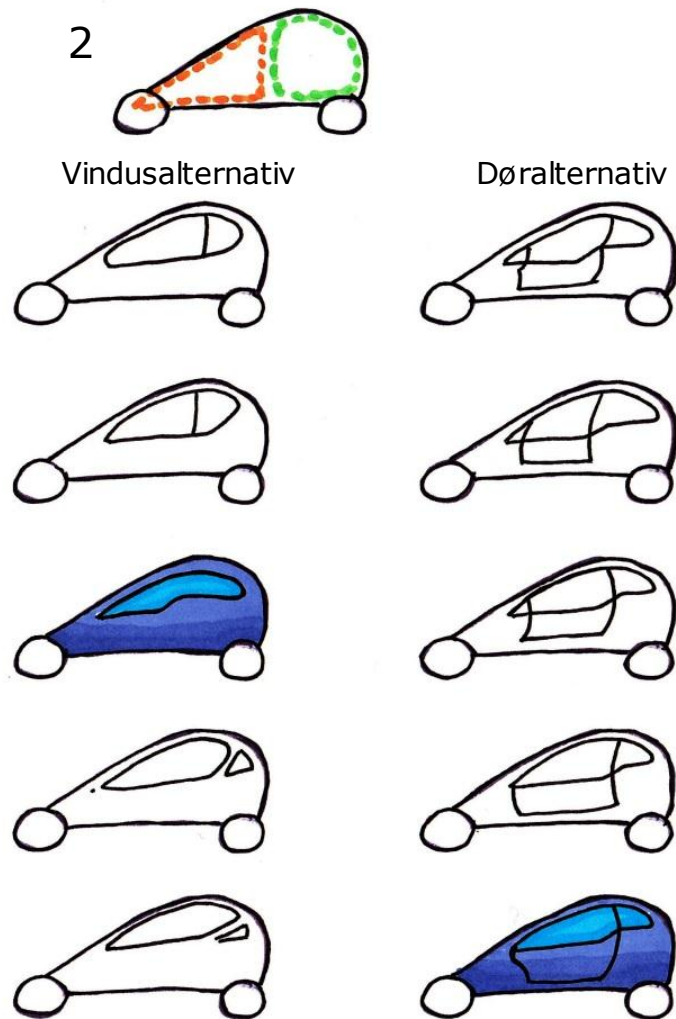
Vindusalternativ

Døralternativ



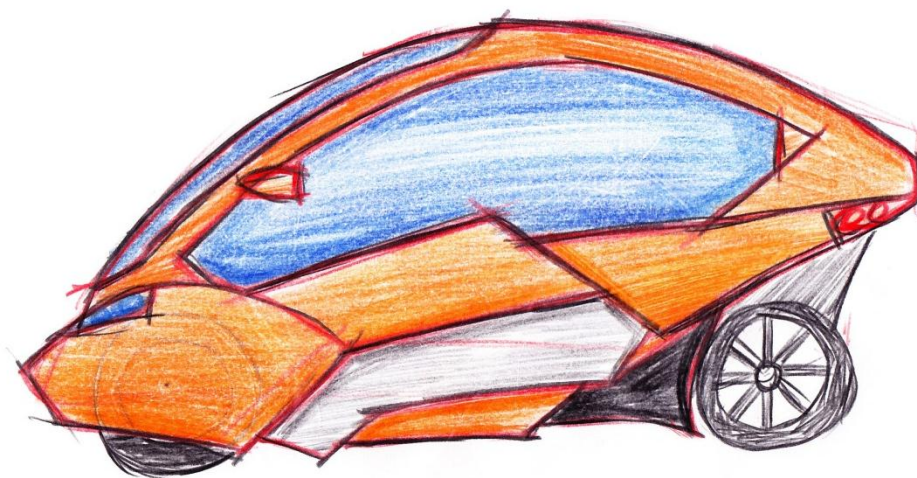
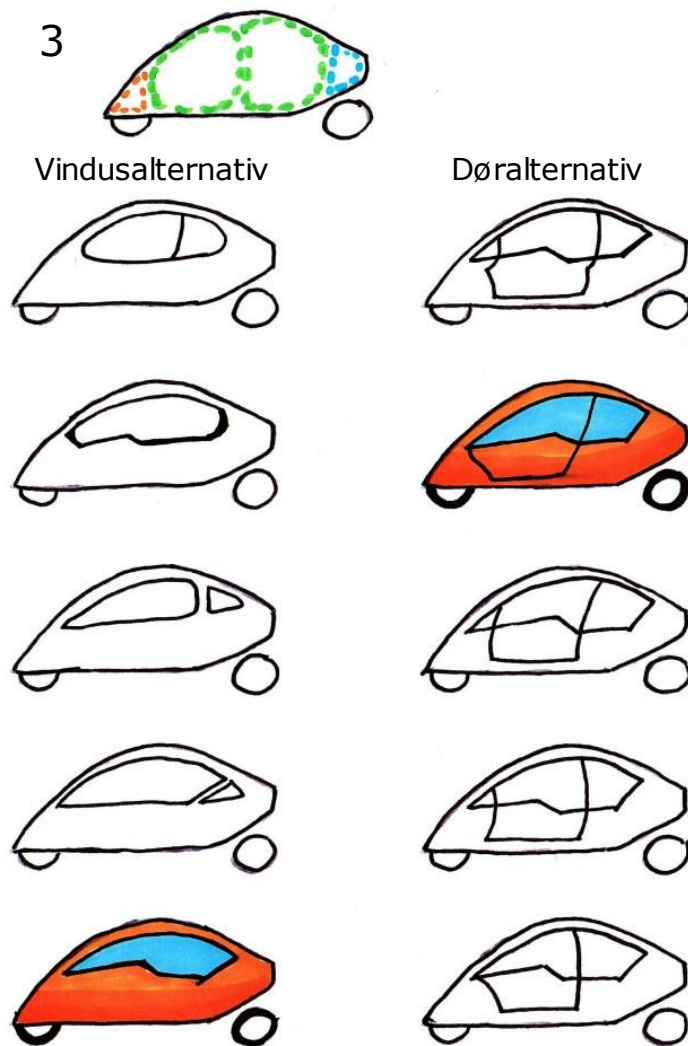
Figur 8.2.5: Konseptvalg av vindu- og dørform samt et skisseforslag for endelig løsning.

## Konsept 2



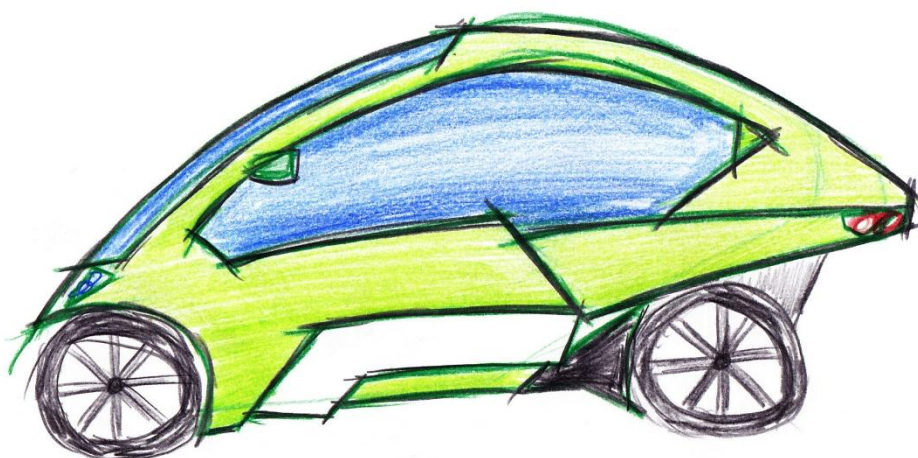
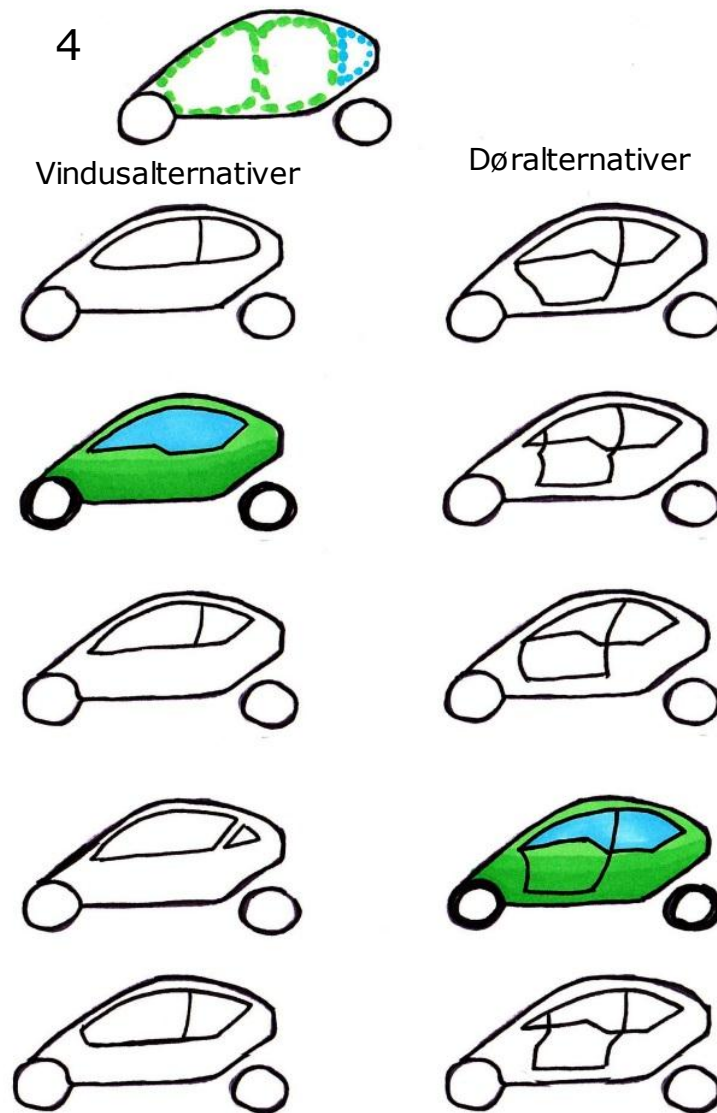
**Figur 8.2.6: Konseptvalg av vindu- og dørform samt et skisseforslag for endelig løsning.**

### Konsept 3



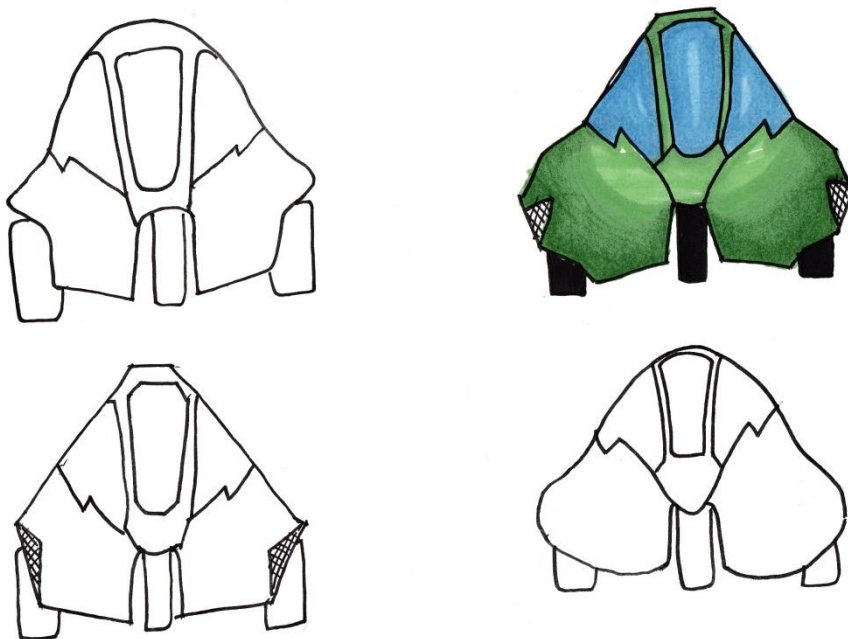
Figur 8.2.7: Konseptvalg av vindu- og dørform samt et skisseforslag for endelig løsning.

**Konsept 4**



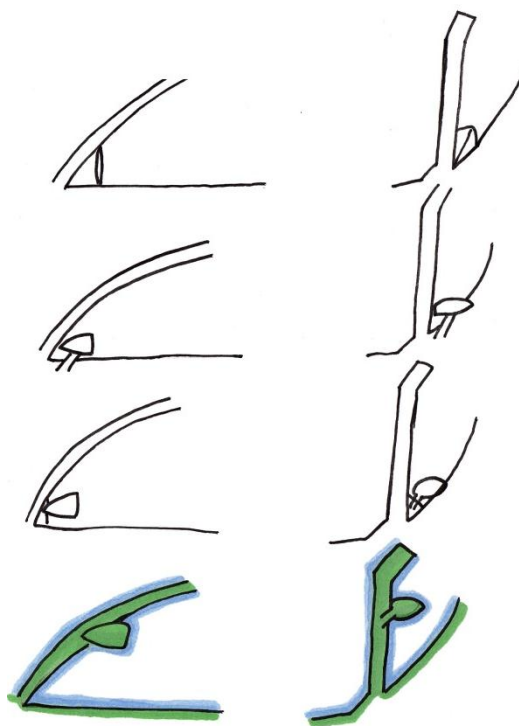
**Figur 8.2.8: Konseptvalg av vindu- og dørform samt et skisseforslag for endelig løsning.**

### 8.2.6 Ulike frontalternativ



**Figur 8.2.9: Valg av ulike frontdesign. Valget er basert på et framtidig og moderne design med "noe ekstra" når det gjelder detaljer.**

### 8.2.6 Sidespeil

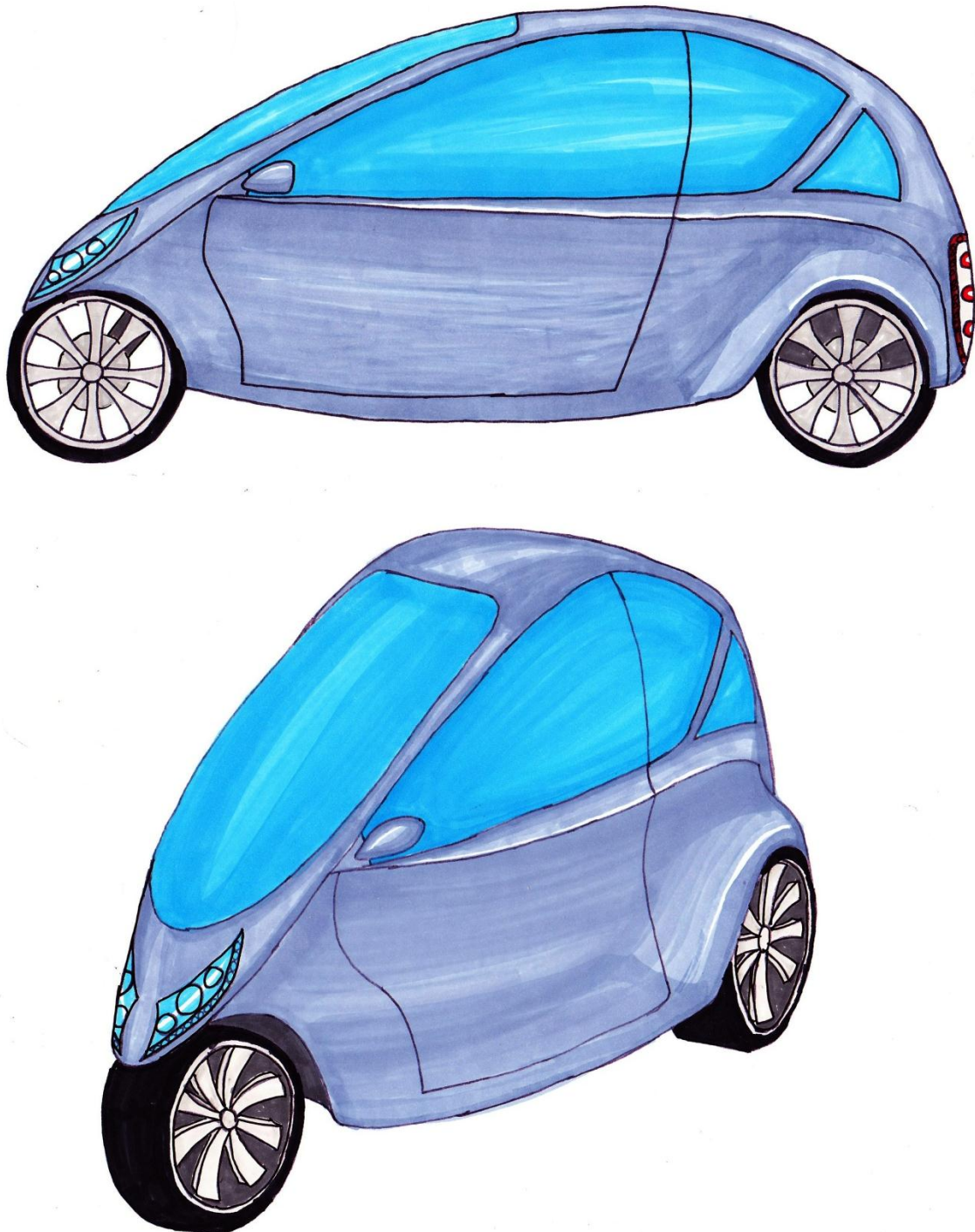


**Figur 8.2.10: Her er det satt opp ulike løsninger for sidespeil. Det er valgt siste løsningen da frontvinduet vil gå noe ned i front. I tillegg skiller det seg litt ut og vil gi litt ekstra oppmerksomhet.**

### 8.2.6 Designforslag

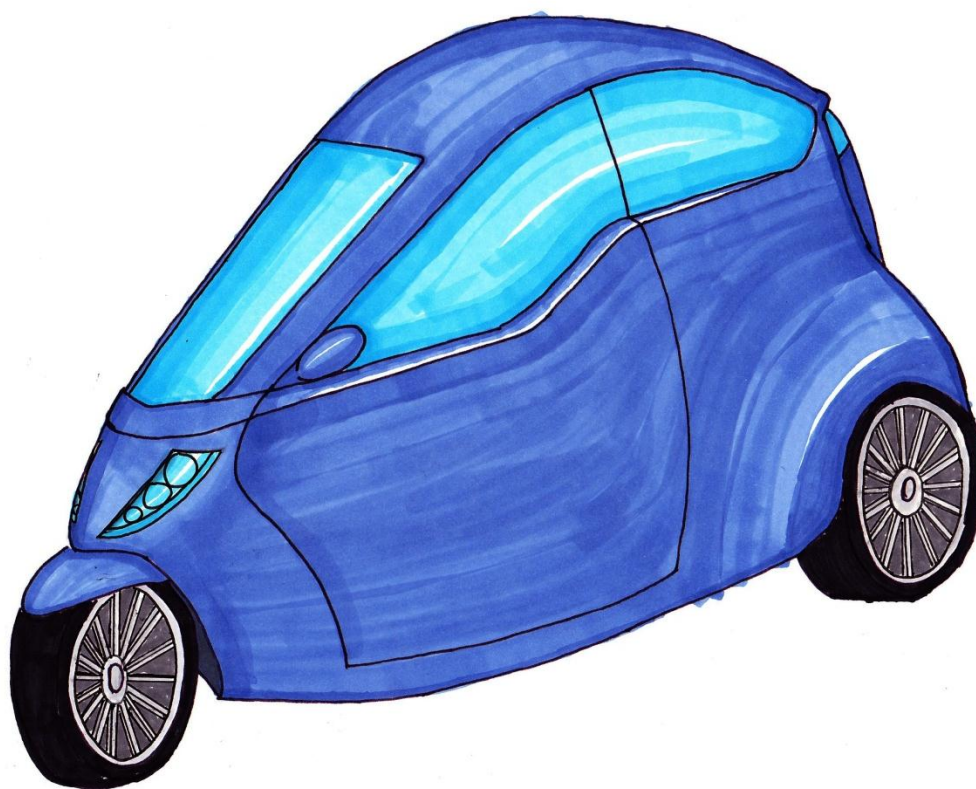
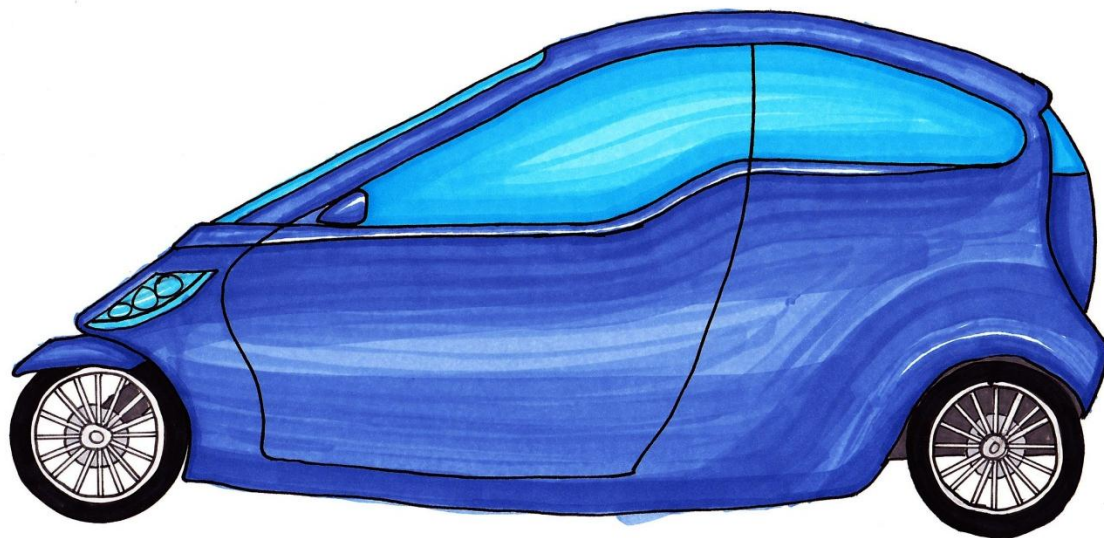
Her er det tegnet et forslag til design på de fire utvalgte konseptene ut ifra skisseforslagene i forrige delkapittel (8.2.5 Konseptvalg på ulike vindus- og dørformer) Hvert konsept er tegnet fra siden og skrått forfra.

#### Formkonsept 1



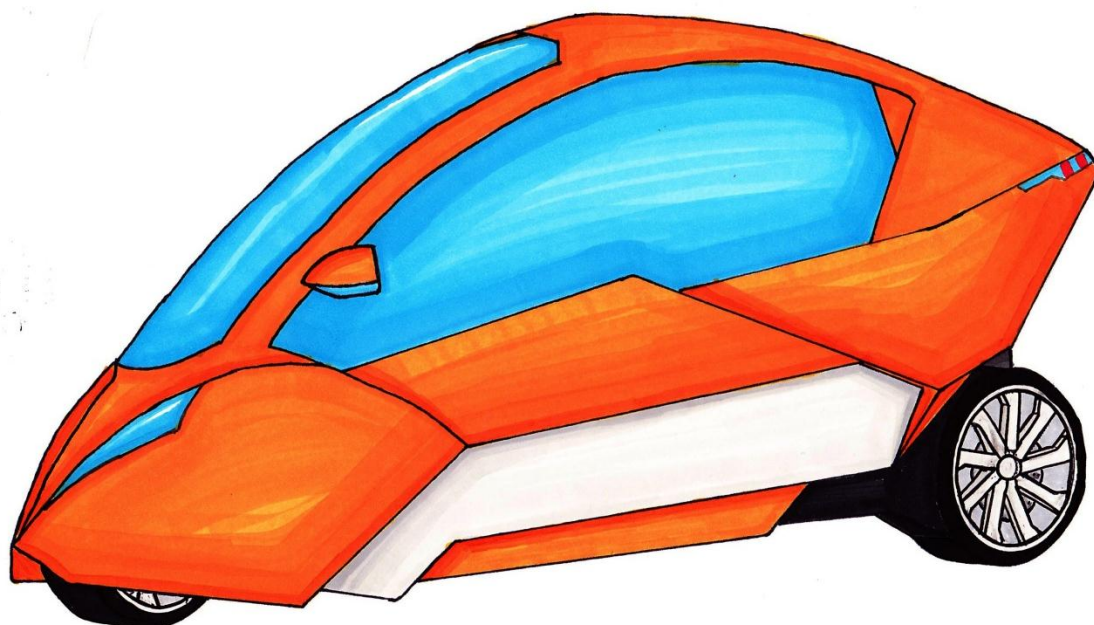
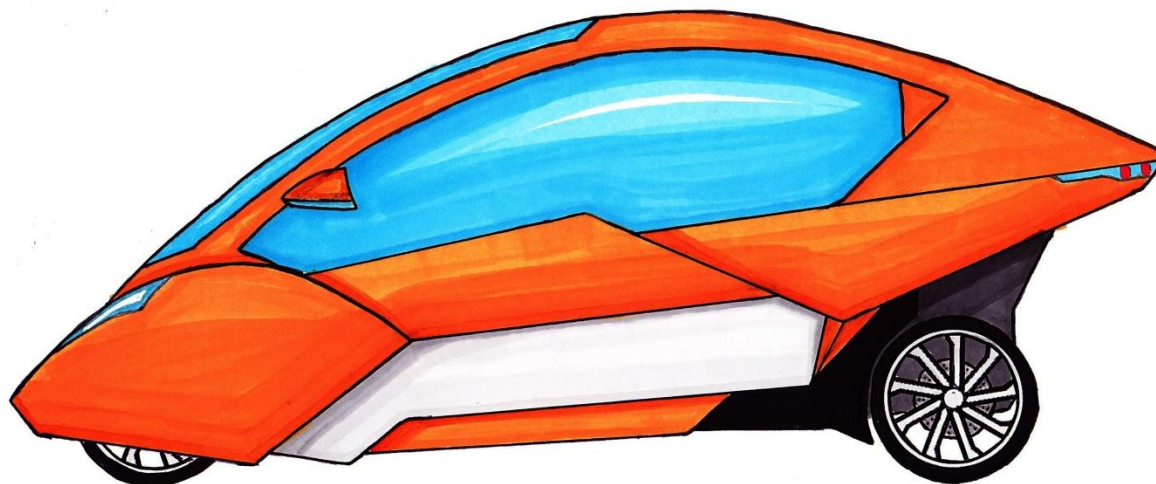
**Figur 8.2.11: Designforslag for konsept 1.**

## Formkonsept 2



*Figur 8.2.12: Designforslag for konsept 2.*

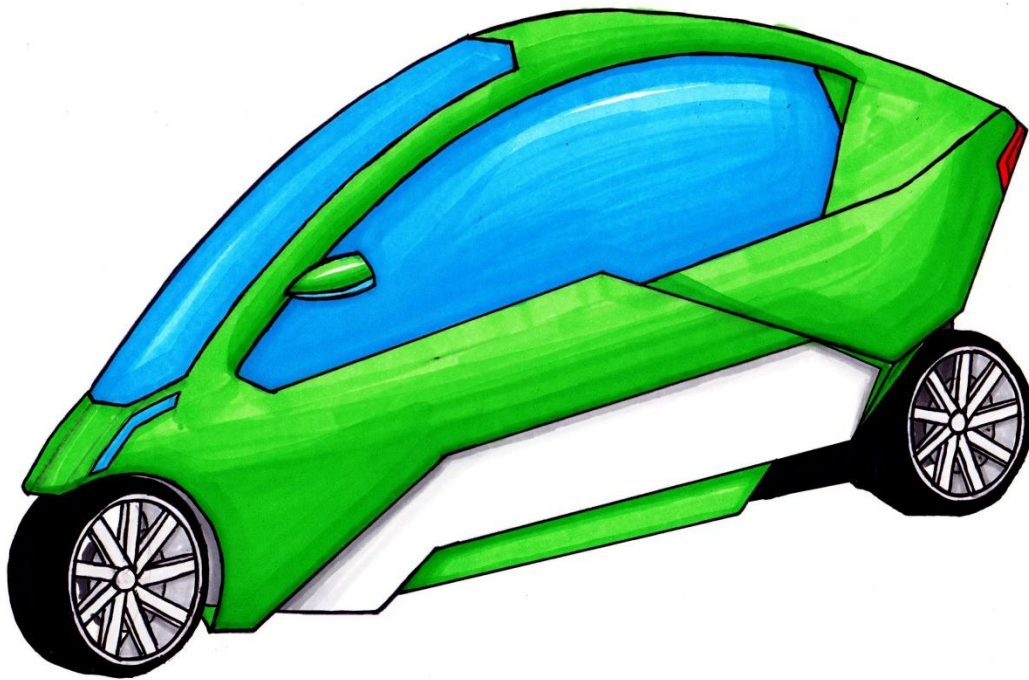
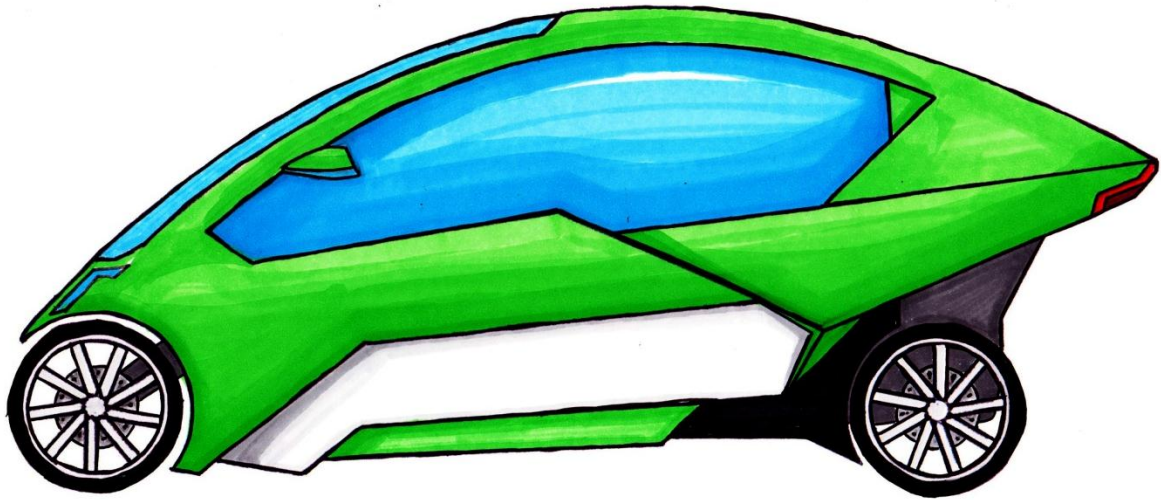
### Formkonsept 3



**Figur8.2.13: Designforslag for konsept 3.**



## Formkonsept 4



*Figur 8.2.14: Designforslag for konsept 4.*

## 9 LØSNINGSVALG

### 9.1 Seleksjon

Ut i fra konseptalternativene gjort i kapittel 8 skal det her gjøres en seleksjon på hvilken konseptløsning som skal brukes videre til modellering. Det kan være vanskelig å se hvordan en endelig modell kan se ut i de ulike tilfellene, så valgene er basert på potensialet i hvert design. I seleksjonen vil det bli sett på 4 ulike punkter der hvert punkt karaktersettes fra 1-5.

- **Estetikk**

Designet skal med første øyekast virke appellerende og interessant ut

- **Moderne design**

Designet skal ha et moderne preg

- **Fremtidsrettet**

Her sees det etter detaljer, linjer og form som er i tråd med utviklingen av dagens bildesign, og som ansees som moderne de neste 5-10 årene.

- **Formvalg**

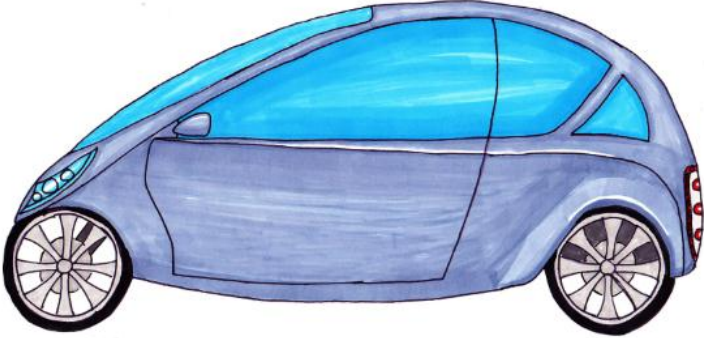
Formen på bilen er viktig i forhold til luftmotstandskoeffisienten. Det er derfor ønskelig at bilformen skal være dråpeformet og ha en strømlinjet form.

### 9.1.1 Seleksjon på formkonsept 1 – 4

#### Formkonsept 1

Det første konseptet har en buet form rundt hele kjøretøyet, noe som gjør utseende noe kjedelig med få brytninger.

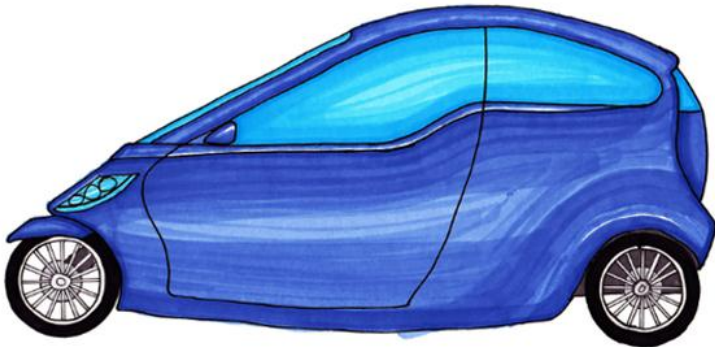
**Tabell 9.1.1: Seleksjon av formkonsept 1.**

		
Område	Karakter	Kommentar
Estetikk	2	Noe ensformig
Moderne	3	Delvis
Fremtidsrettet	3	Delvis
Formvalg	3	Ok

#### Formkonsept 2

Dette konseptet har litt mere moderne preg da det er lagt inn mer detaljer i form og linjer. Det som trekker ned her er endepartiet som avsluttes brått, noe som kan føre til uønsket turbulens.

**Tabell 9.1.2: Seleksjon av formkonsept 2.**

		
Område	Karakter	Kommentar
Estetikk	3	Ok, noen bra detaljer
Moderne	4	Bra
Fremtidsrettet	3	Delvis
Formvalg	2	Noe brå avslutning på bakpartiet

### Formkonsept 3

Her er det tydelig lagt mer fokus på et moderne og fremtidig design. Det er brukt spennende linjer, flater og detaljer. Utseende er i tillegg mer aggressivt, noe som forteller at det er gjort noe riktig med det estetiske. Det er på dette designet valgt en løsning som kapsler inn framhjulet. Formmessig er denne modellen fordelaktig med sin smale ende som gir en dråpeform fra det bredeste punktet.

**Tabell 9.1.3: Seleksjon av formkonsept 3.**

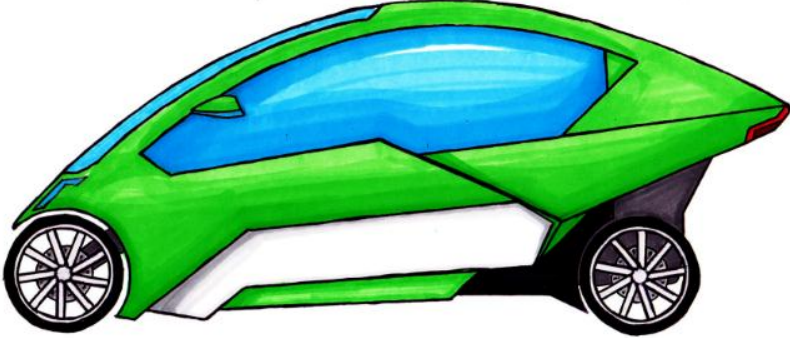


Område	Karakter	Kommentar
Estetikk	4	Spennende og aggressivt design
Moderne	5	Bra
Fremtidsrettet	5	Bra
Formvalg	5	Bra, dråpeform på endepartiet, lavt tyngdepunkt

## Formkonsept 4

Designet her er det samme som for formkonsept 3, med unntak av at det er åpent inn til framhjulet. Noe som kan synes å passe bedre inn og som gjør at kjøretøyet kan minne mer om en motorsykkel.

**Tabell 9.1.4: Seleksjon av formkonsept 4.**

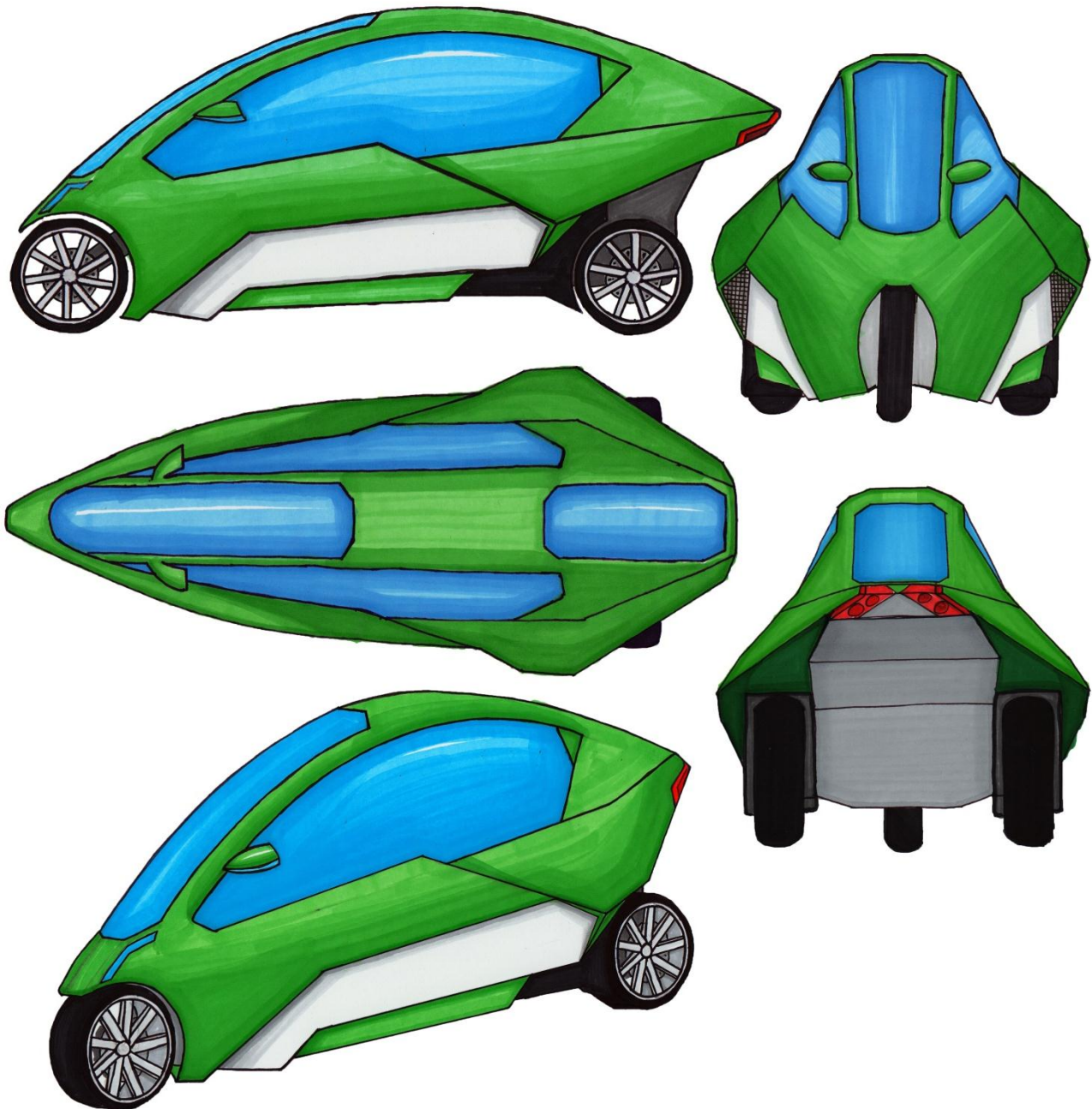
		
Område	Karakter	Kommentar
Estetikk	5	Spennende design
Moderne	5	Bra
Fremtidsrettet	5	Bra
Formvalg	5	Bra, dråpeformet avslutning, lavt tyngdepunkt

## Konklusjon

Alle formkonseptene har interessante aspekter på hver sin måte, men formkonsept 3 og 4 (tabell 9.1.3 og 9.1.4) står frem noe mer enn 1 og 2 (Tabell 9.1.1 og 9.1.2). Dette kan ha noe med at da formkonsept 3 ble tegnet ble det lagt ned litt mer arbeid i detaljering. Da designet var ferdig ga det gode assosiasjoner og naturlig nok ble designet, til en viss grad, videreført til formkonsept 4 som er basert på samme form. Formkonsept 4 har full pott på alle punkter og er ut i fra dette det aktuelle designet for videreføring til modellering.

## 9.2 Detaljtegninger av valgt løsning

Siste formkonsept er tegnet fra flere vinkler for å gi et inntrykk av hvordan det ser ut før det modelleres.



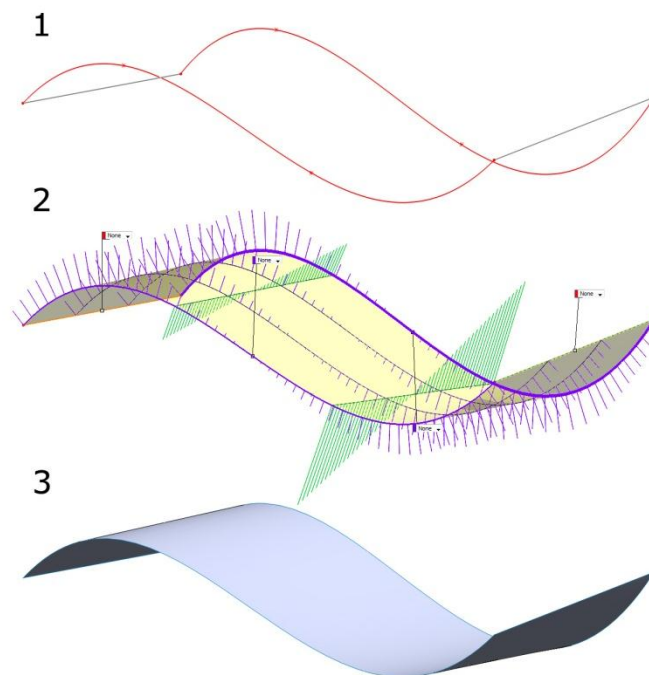
**Figur 9.2.1:** Formkonsept 4 sett fra ulike vinkler Ser av bilde forfra og ovenfra at det er glemt å tegne inn lykter. For større bilder av hver enkelt tegning, se Vedlegg 7 - 11.

## 10 MODELLERING

For å få et realistisk inntrykk av hvordan en ferdig modell ser ut, skal det modelleres en 3D-modell i SolidWorks. Det skal senere kjøres en strømningsanalyse i plug-in-programmet FlowSimulation i SolidWorks med denne modellen. Grunnlaget for 3D-modellen er ferdige konsepttegninger fra delkapittel 9.2. Teknikken som brukes for å modellere DF er "surface modelling".

### 10.1 Teknikk

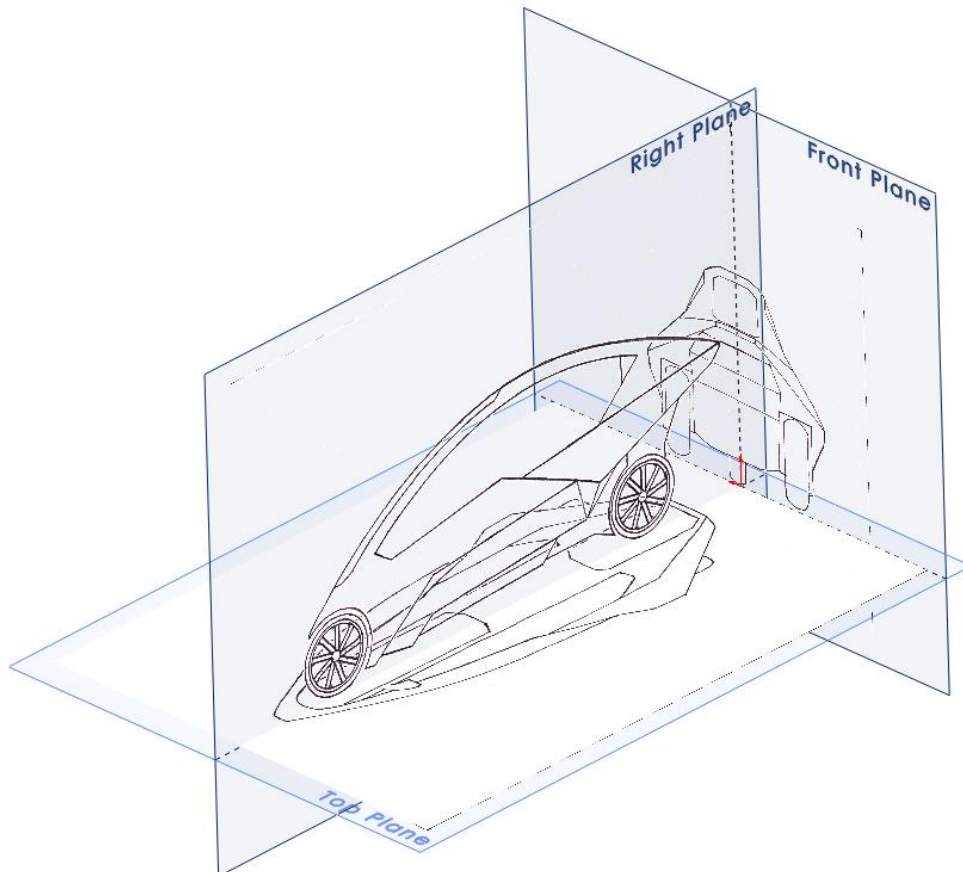
Med surface modelling definerer en grensene til en overflate for så å fylle grenseområdet med de gitte grensene som start- og stopplinjer og guidelinjer som overflaten skal følge.



**Figur 10.1.1: Viser fremgangsmetoden ved "surface modelling". På bilde 1 ser en området som skal fylles, der de grå linjene er start- og stopp restriksjoner og de røde linjene er guidelinjer. Bilde 2 er en forhåndsvisning av hvordan dette kommer til å se ut, her kan en gjøre justeringer for å påvirke utfallet. Bilde 3 viser den ferdige overflaten.**

## 10.2 Referansemal som grunnlag

For å kunne fremstille en 3D-modell som er lik valgt konseptform, ble det lagt inn tegninger fra detaljtegningen inn i SolidWorks som referansemal. Hver tegning ble plassert i hvert sitt respektive plan. DF sett bakfra plassert på frontplanet, fra siden på sideplanet og så videre. Deretter kan en legge rette streker og kurvede linjer etter linjene på referansemalen for å bygge opp grenser til surface-modelling.

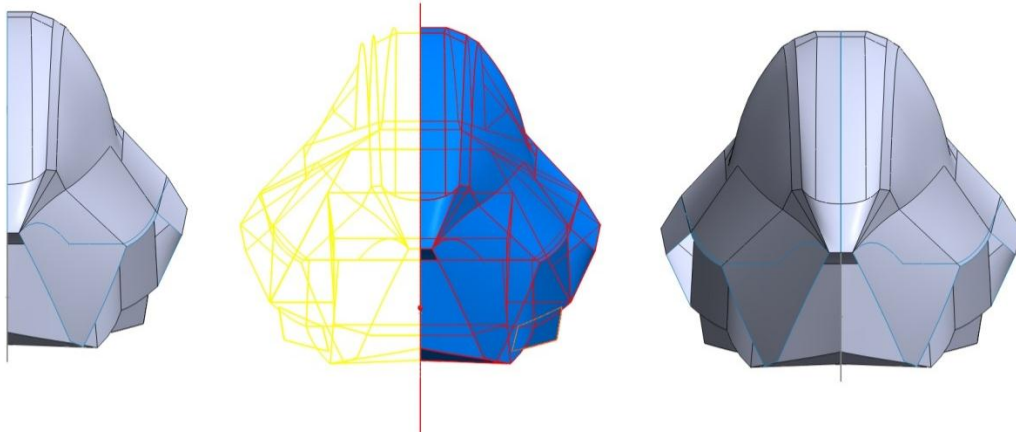


**10.2.1: Viser hvordan bildemaler er lagt inn i respektive plan i SolidWorks som referanse.**



## 10.3 Ferdigstilling

Etter en lang prosess med tegning av linjer og bruk av "surface-modelling" er det kommet frem til et endelig produkt. For å gjøre prosessen kortere modellerer man kun den ene halvdel av kjøretøyet for så å bruke en "mirror"-funksjon som speiler delen eller deler en har modellert om et ønsket plan. Ved å bruke denne metoden er det lettere å få en symmetrisk form.

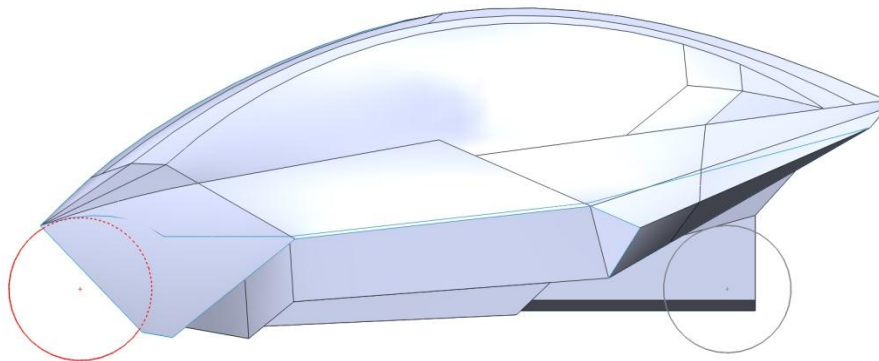


**Figur 10.3.1:** Viser hvordan en halv modell blir speilet rundt et plan, for så å bli en hel, symmetrisk modell.

## 10.4 Problemer

### 10.4.1 Hull til hjul

Da "surface modelling" er en ny teknikk, måtte det tilegnes mye ny kunnskap for å komme så langt som til bilde over (Figur 10.3.1). Prosessen har vært veldig lang og det har oppstått mange problemer underveis. Et av de mest synlige problemene er fronten. Den overflaten det var planlagt "hull" (se rød ring på Figur 10.4.1) på som ville vise framhjulet fra siden, lot seg ikke fjernes av uante grunner. Etter mange timer med prøving og feiling var det nødvendig å gå videre for å gjøre strømningsanalysen før det ble for dårlig tid.

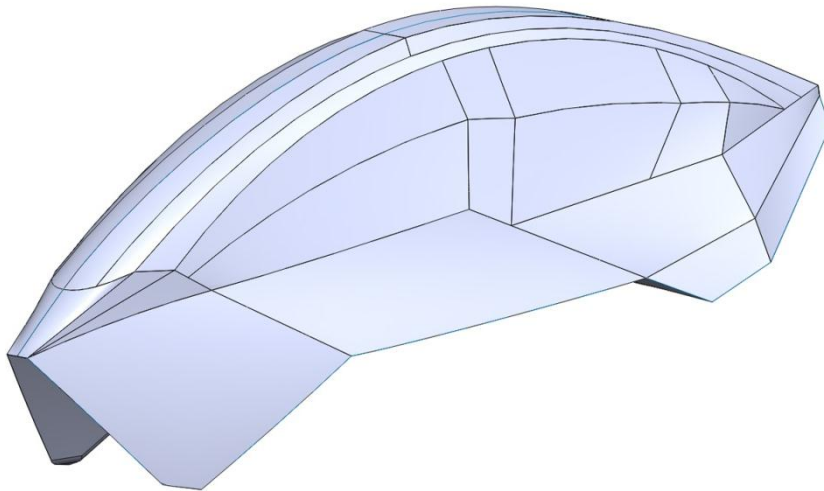


**Figur 10.4.1:** Viser området det er har vært problem med. Rød ring skal representere hjulet og den delen av overflaten som er innenfor ringen skal fjernes.

### 10.4.2 Modell til FlowSimulation

Strømningsanalysen krever en solid modell for å kunne registrere volum som strømmingen skal reagere på. Da denne modellen er laget med teknikken "surface-modelling" består modellen kun av overflater uten noe tykkelse.

Den vanlige fremgangsmetoden ved surface modelling er å samle alle overflatene til én enkelt overflate og da bruke et verktøy for å gi denne overflaten tykkelse. Dette var ikke mulig på denne modellen da alle flatene ikke lot seg kombinere, igjen av uante grunner og begrenset kunnskap. De få overflatene som gikk å kombinere, fikk tykkelser som overlappet hverandre og skapte problemer. Det ble brukt i overkant av 2 uker på å løse dette med konsultasjon med Førsteamanuensis Carlos Salas Bringas, men uten hell. Det var da nødvendig å lage en forenklet modell som kunne kjøres i strømningsanalysen. Heldigvis var det mulig å sette tykkelse på den øverste delen av modellen, og denne ble brukt videre som en pekepinn på et reelt resultat.



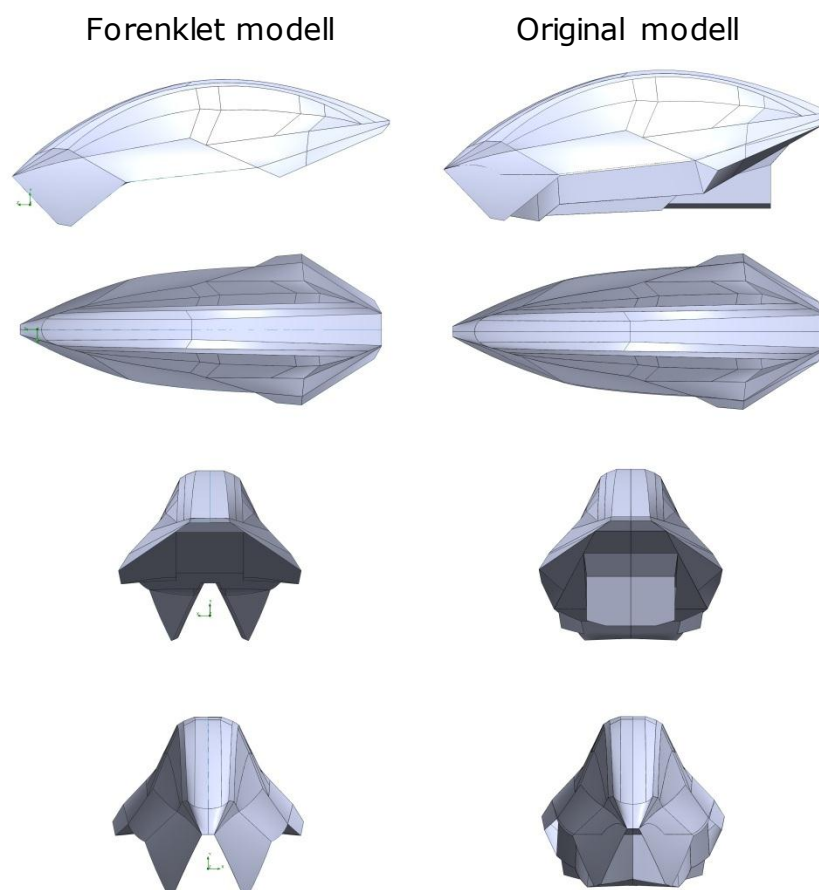
**Figur 10.4.2: Forenklet modell som skal brukes i strømningsanalysen.**

## 11 STRØMNINGSANALYSE

Med dagens og trolig fremtidens høye priser på drivstoff og fokus på utslipp, er det viktig å lage et kjøretøy som er fremtidsrettet mot akkurat dette. Ved å minke luftmotstanden til kjøretøyet vil det kreve mindre motorkraft og dermed mindre drivstoff. Det sies at ca. 60% av kraften som kreves ved kjøring på en motorvei går til å overvinne den aerodynamiske effekten. [16.2.28] For å kunne si noe om hvordan luftstrømmen beveger seg rundt DF skal det gjøres en strømingsanalyse i plug-in programmet FlowSimulation i SolidWorks. Det skal gjøres analyser ved tre forskjellige hastigheter, med et gitt statisk trykk og temperatur. Resultatene av  $C_d$ -verdien skal være tilnærmet lik ved de ulike hastighetene. Det er ønskelig med en lav  $C_d$  – verdi mellom 0,20 og 0,26.

## 11.1 Importert 3D-Modell

Ved bruk av en 3D-modell som er lik sluttproduktet vil man kunne få resultater som er tilnærmet lik realiteten ved produksjon. I dette tilfellet er det brukt mye tid på modellering av DF, og på grunn av begrenset kunnskap om "surface modelling" var det ikke mulig å importere hele modellen inn i FlowSimulation. Det er derfor tatt inn en forenklet del som består av den øvre delen av overchassiset (Se figur 11.1.1). Delen som er importert inn i FlowSimulation anses å være den mest kritiske delen, da spesielt med tanke på fronten, der den største trykkdifferansen ofte oppstår.



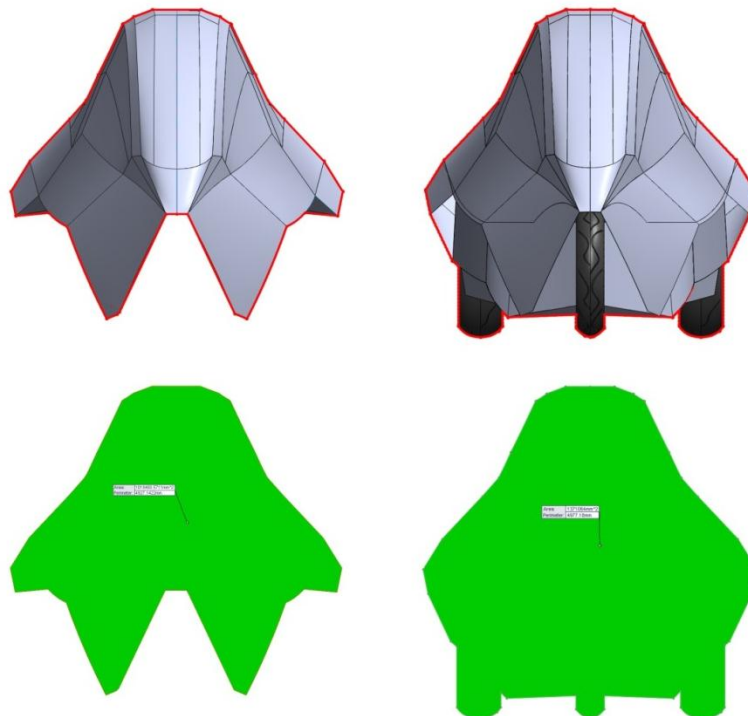
**Figur 11.1.1: Sammenligning mellom Forenklet modell som er brukt i FlowSimulation og Original modell som ikke var mulig å importere. Ved modellen sett fra siden ser en tydelig hvilken del av modellen som ikke er med på strømningsanalysen. På neste bilde er modellen sett ovenfra som viser at hele overdelen er med i analysen. På bilde sett bakfra ser man av den forenklete modellen at det mangler en del areal i midten og på siden. Det samme gjelder for modellen sett forfra. For større bilde se Vedlegg 12.**

## 11.2 Strømningsanalyse prosess

### 11.2.1 Frontareal

For å finne  $C_d$ -verdien er det nødvendig å vite frontarealet ( $A$ ) av modellen da dette er en konstant i formelen for utregning av drag koeffisienten. Dette gjøres ved å tegne opp linjer mellom ekstremal punkter på modellen sett forfra. Deretter ekstruderes modellen så et måleverktøy som er innebygget i SolidWorks kan brukes for å finne overflatens areal.

På grunn av at den importerte modellen har mindre areal vil det gi noe avvik i  $C_d$ -verdien i forhold til hva den originale modellen ville ha gitt. Det er ikke mulig å bruke data fra strømningsanalysen fra den importerte modellen sammen med arealet til den originale modellen, da et større areal med beregnet kraft for importert modell vil gi en mye mindre  $C_d$ -verdi. Arealet til begge modellene er utredet ved bruk av overnevnte metode for å finne hvor mange prosent mindre arealet til den importerte modellen er (Se Figur 11.2.1).

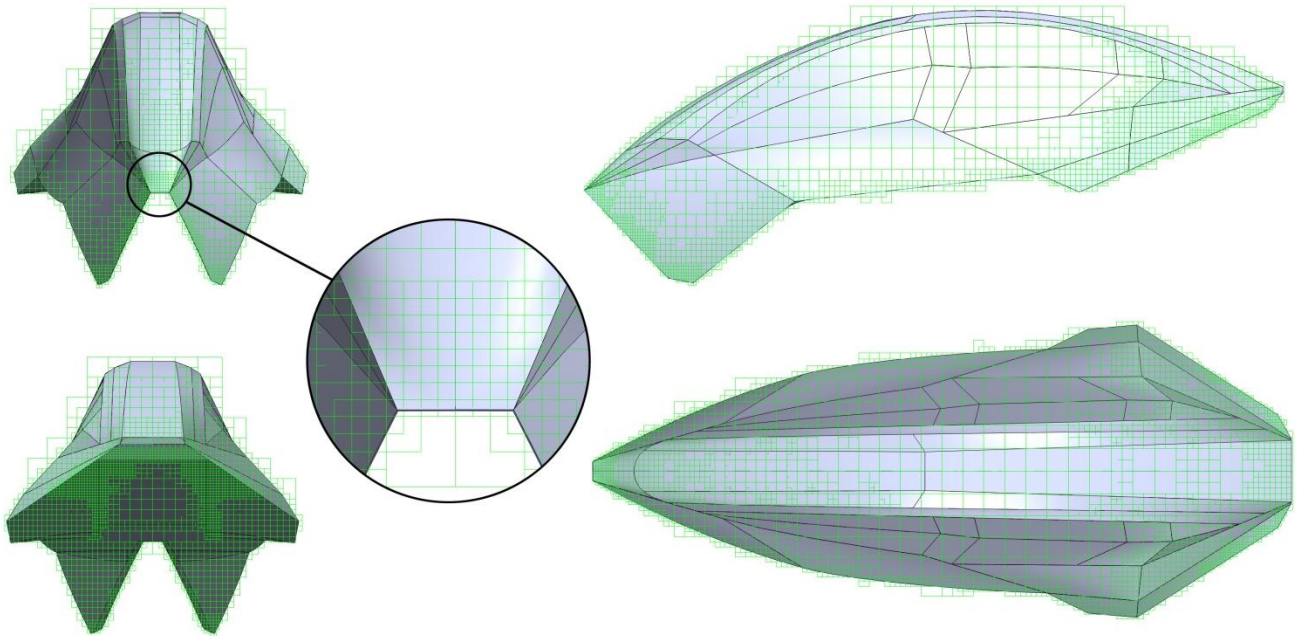


**Figur 11.2.1: Viser omriss og arealflater av begge modellene.**

Måleverktøyet i SolidWorks gir den forenklete- og den originale modellen et areal på henholdsvis  $1,02 \text{ m}^2$  og  $1,37 \text{ m}^2$ , noe som utgjør en forskjell på ca. 25,55 %.

### 11.2.2 Mesh

I FlowSimulation er det mulig å justere "meshet" til modellen mellom 1 – 8. Der 1 er den laveste finheten og 8 er den høyeste. Det er valgt å bruke 8 på denne modellen for å få så korrekte verdier som mulig.



**Figur 11.2.2: Viser mesh på den forenklede modellen. Viser også et forstørret bilde av det mest kritiske området. For større bilde, se Vedlegg 13.**

### 11.2.3 Resultater

For å få være sikker på at man får en tilnærmet riktig verdi for drag koeffisienten, kan det være en fordel å kjøre flere enn én analyse. Resultatene skal gi ca. det samme svaret ved ulike hastigheter. Det er et ønskelig mål å få en  $C_d$ -verdi som ligger mellom 0,20 – 0,25. Det er valgt å kjøre simuleringen ved tre forskjellige hastigheter, 10 m/s  $\approx$  36 km/t, 15 m/s  $\approx$  56 km/t og 25 m/s  $\approx$  90 km/t. Alle hastighetene blir gjort ved samme statiske trykk og temperatur, henholdsvis 101325 Pa og 2993,2 K = 20 °C. Gitte verdier er satt med konsultasjon av Førsteamanuensis Carlos Salas Bringas.

Motstandskoeffisienten ( $C_d$ ) finnes ved å gjøre om formelen for luftmotstand ( $F_D$ ).

$$F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 C_d A \quad [\text{Formel 1}]$$

$$C_d = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \quad [\text{Formel 2}]$$

der,

- $F_D$  er motstandskraften (Drag Force) [N]
- $\rho$  er luftdensiteten ved gitt temperatur [ $\text{kg/m}^3$ ]
- $V$  er Hastighet [m/s]
- $C_d$  er luftmotstandskoeffisienten (Drag Coefficient)
- $A$  er prosjektert frontareal [ $\text{m}^2$ ]

I følgende resultater er det vist tabeller med gjennomsnittsverdier som brukes i beregningen av  $C_d$ -verdien. For komplett liste med verdier av gjennomsnitt, minimum og maksimum for totalt trykk, densitet samt kraft i Z-retningen (kjøretøyets lengderetning), se Vedlegg 14.

**Strømningssimulering ved 10 m/s****Tabell 11.2.1: Oversikt over data fra FlowSimulation ved 10 m/s.**

<b>Definisjon</b>	<b>Parameter</b>	<b>Enhet</b>	<b>Gjennomsnitt</b>
Motstandskraft	$F_D$	N	14,4762
Densitet	$\rho$	$\text{kg/m}^3$	1,2037

Setter inn parametere i formelen for motstandskoeffisienten,  $C_d$  (formel 2):

$$C_d = \frac{14,4762 \text{ N}}{0,5 * 1,2037 \text{ kg/m}^3 * (10 \text{ m/s})^2 * 1,02 \text{ m}^2} = 0,236$$

**Strømningssimulering ved 15 m/s****Tabell 11.2.2: Oversikt over data fra FlowSimulation ved 15 m/s.**

<b>Definisjon</b>	<b>Parameter</b>	<b>Enhet</b>	<b>Gjennomsnitt</b>
Motstandskraft	$F_D$	N	32,6756
Densitet	$\rho$	$\text{kg/m}^3$	1,2037

Setter inn parametere i formelen for motstandskoeffisienten,  $C_d$  (formel 2):

$$C_d = \frac{32,6756 \text{ N}}{0,5 * 1,2037 \text{ kg/m}^3 * (15 \text{ m/s})^2 * 1,02 \text{ m}^2} = 0,237$$

**Strømningssimulering ved 25 m/s****Tabell 11.2.3: Oversikt over data fra FlowSimulation ved 25 m/s.**

<b>Definisjon</b>	<b>Parameter</b>	<b>Enhet</b>	<b>Gjennomsnitt</b>
Motstandskraft	$F_D$	N	93,5742
Densitet	$\rho$	$\text{kg/m}^3$	1,2037

Setter inn parametere i formelen for motstandskoeffisienten,  $C_d$  (formel 2):

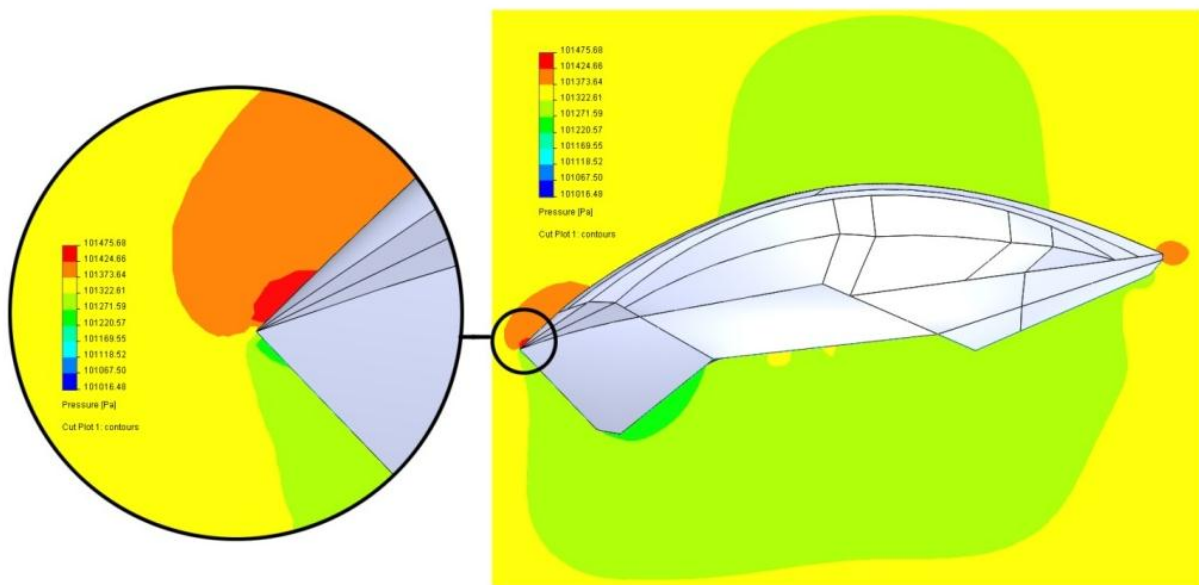
$$C_d = \frac{93,5742 \text{ N}}{0,5 * 1,2037 \text{ kg/m}^3 * (25 \text{ m/s})^2 * 1,02 \text{ m}^2} = 0,244$$



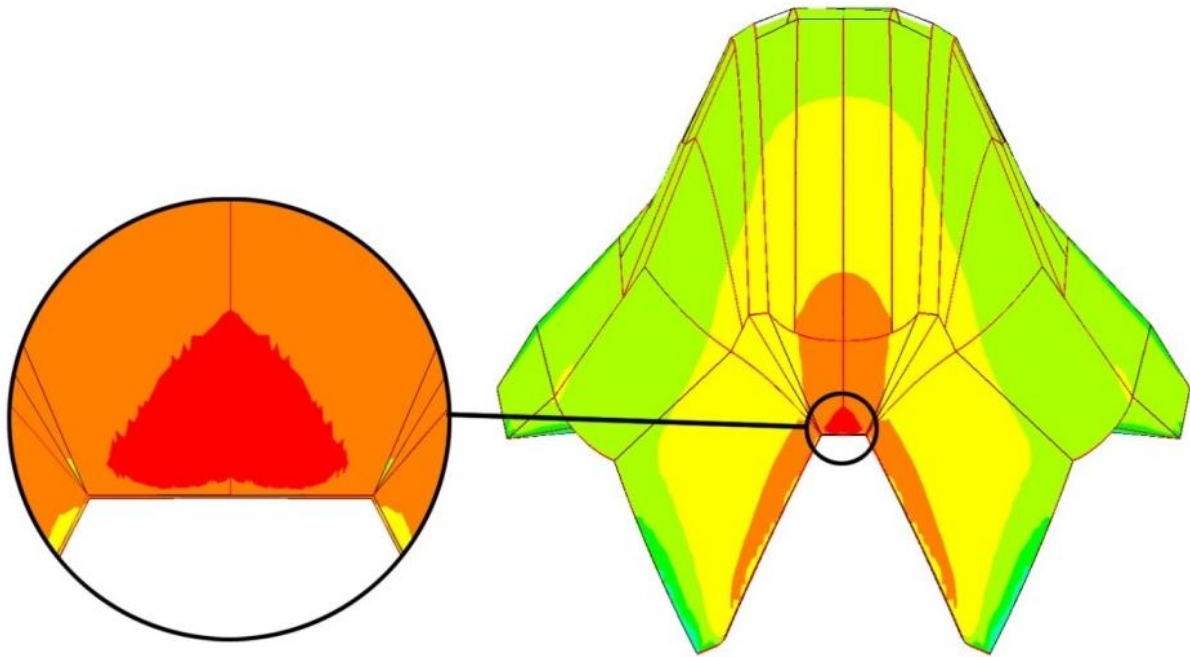
Gjennomsnittet av  $C_d$ -verdiene viser 0,247, noe som er et godt resultat da det er innenfor ønsket intervall på 0,20 – 0,26. Om resulterende  $C_d$ -verdi er lavere eller høyere enn den ville vært for den originale delen er uvisst. Om motstandskraften ikke hadde blitt nevneverdig økt med den originale modellen, ville et større areal påvirket  $C_d$ -verdien med en lavere verdi. Til tross for en forenklet og manglende modell, gir resultatene en pekepinn på et endelig resultat for en komplett modell.

På grunn av usikkerhet rundt  $C_d$ -verdien er det derfor et tydelig og viktig mål under videre arbeid å utarbeide en modell som lar seg importere i FlowSimulation og deretter sammenligne verdier.

Som sagt tidligere er det rundt fronten trykket har de største verdiene. Det er intet unntak ved denne modellen og en kan tydelig se høye verdier som er rødfarget på fronten i Figur 11.2.3 og 11.2.4.

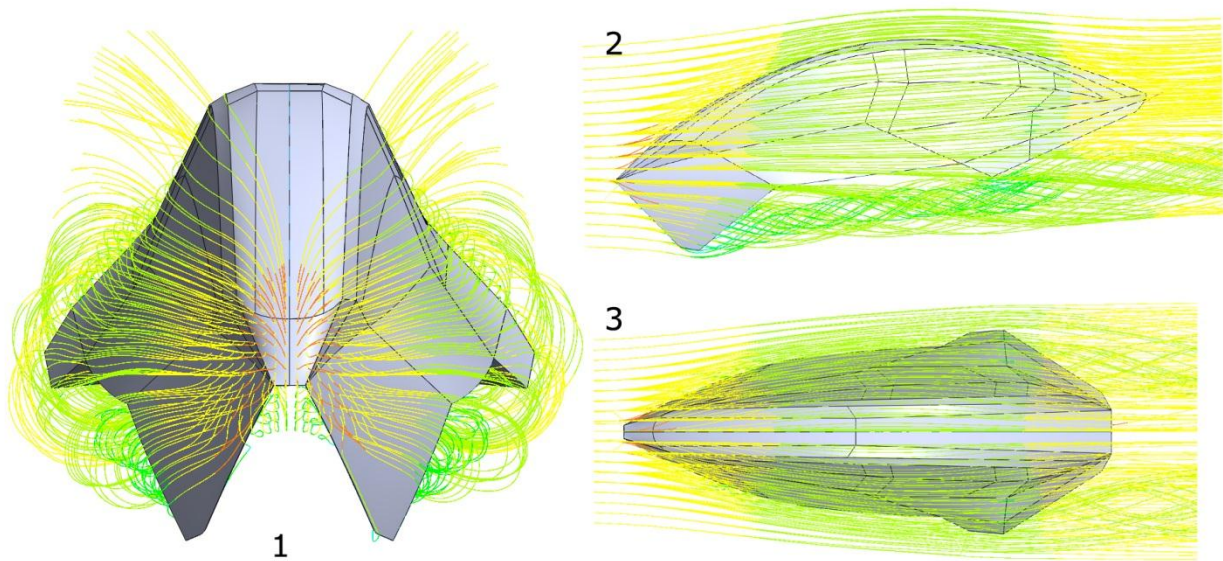


**Figur 11.2.3: Cutplot som viser trykkdannelse over chassis. Zoomet inn på mest kritisk område i front. Se Vedlegg 15 for større bilde.**



**Figur 11.2.4: Surface plot som viser trykkdannelse på chassis. Zoomet inn på mest kritisk område i front. Se Vedlegg 16 for større bilde.**

Ser av bildene under (figur 11.2.5) hvordan strømmingen beveger seg rundt kjøretøyets chassis. Linjene representerer trykk med fargene blå, grønn gul og rød i stigende rekkefølge. På bilde 1 ser en at frontområdet er det mest utsatte området for trykk. Ser av linjene på bilde 2 og 3 at strømmingen følger overchassisets form fint og avsluttes med lite turbulens på bakenden. På Bilde 2 ser man tydelig dannelse av virvler under chassiset fra hjulskjermen i front. Trolig ville det ikke vært samme virvler med den originale delen da den har "sidevegger" som fører strømmingen videre til bakenden. Generelt sett beveger strømmen seg uhindret over overflaten uten nevneverdige brå endringer i retning.

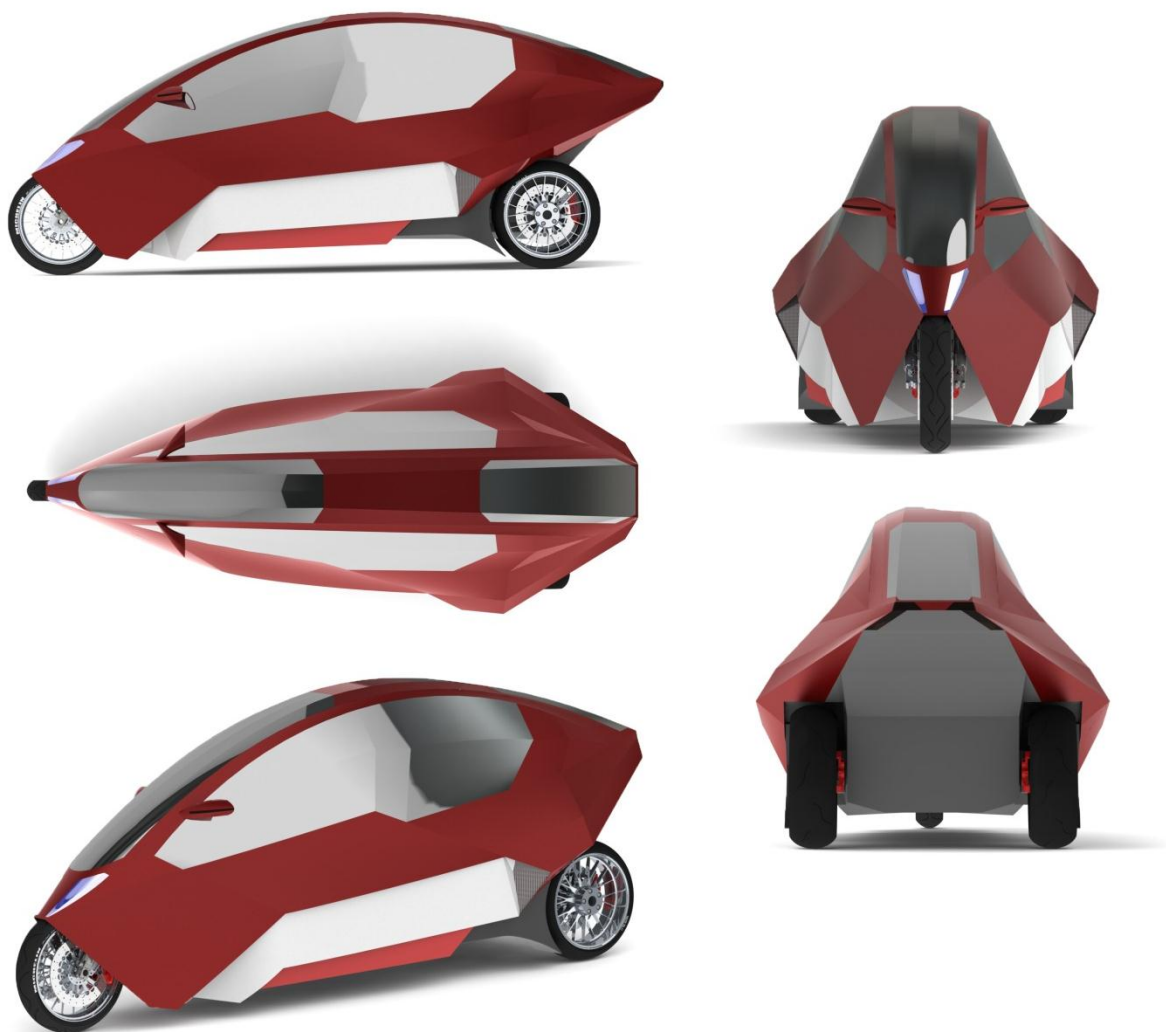


**Figur 11.2.5: Bilde fra FlowSimulation som viser strømmingen rundt overchassis. For større bilde se Vedlegg 17**

## 12 VISUALISERING

Den ferdige modellen er her vist fra forskjellige sider og gått nærmere for å vise form og funksjon. Bildene er rendret i SolidWorks for å gi et realistisk inntrykk. Videre er det gjort en markedspresentasjon der kjøretøyet er vist frem i forskjellige settinger.

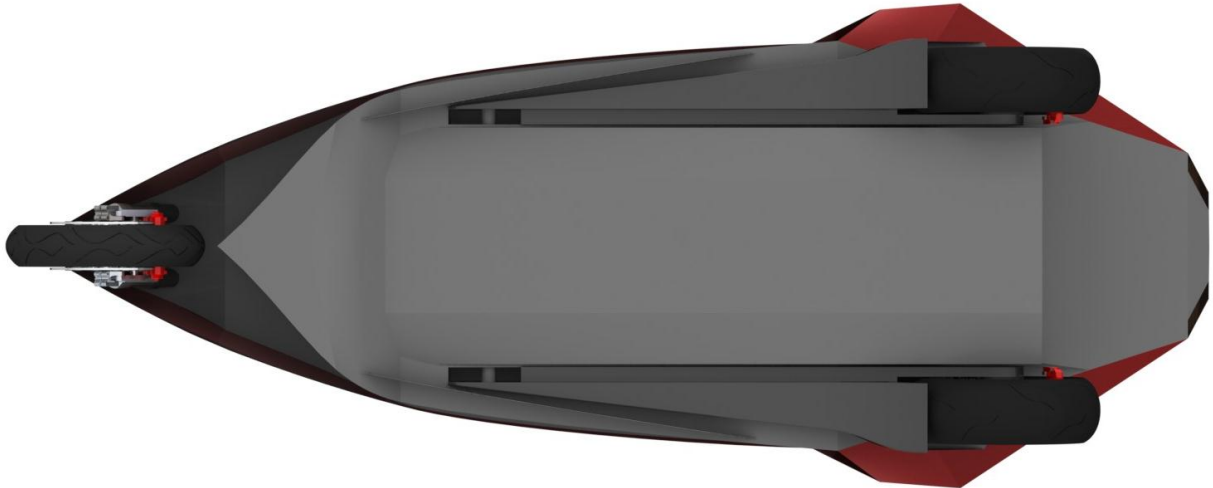
### 12.1 Form og funksjon



**Figur 12.1.1: Her ser en ferdig modell sett fra ulike vinkler. Her kan en tydelig se likhetstrekk til håndskissene (Figur 9.2.1) som ble brukt som grunnmaler for modelleringen.**

### 12.1.1 DF sett fra undersiden

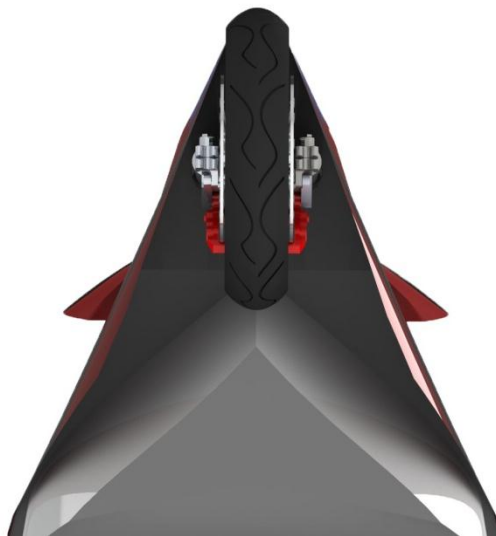
Ser her at det er laget en bunnplate som dekker hele under siden av DF. Denne vil være med en bedre føring av luftstrømning i tillegg til at den vil beskytte understellet.



*Figur 12.1.2: DF sett fra undersiden.*

### 12.1.2 Frontparti sett under ifra

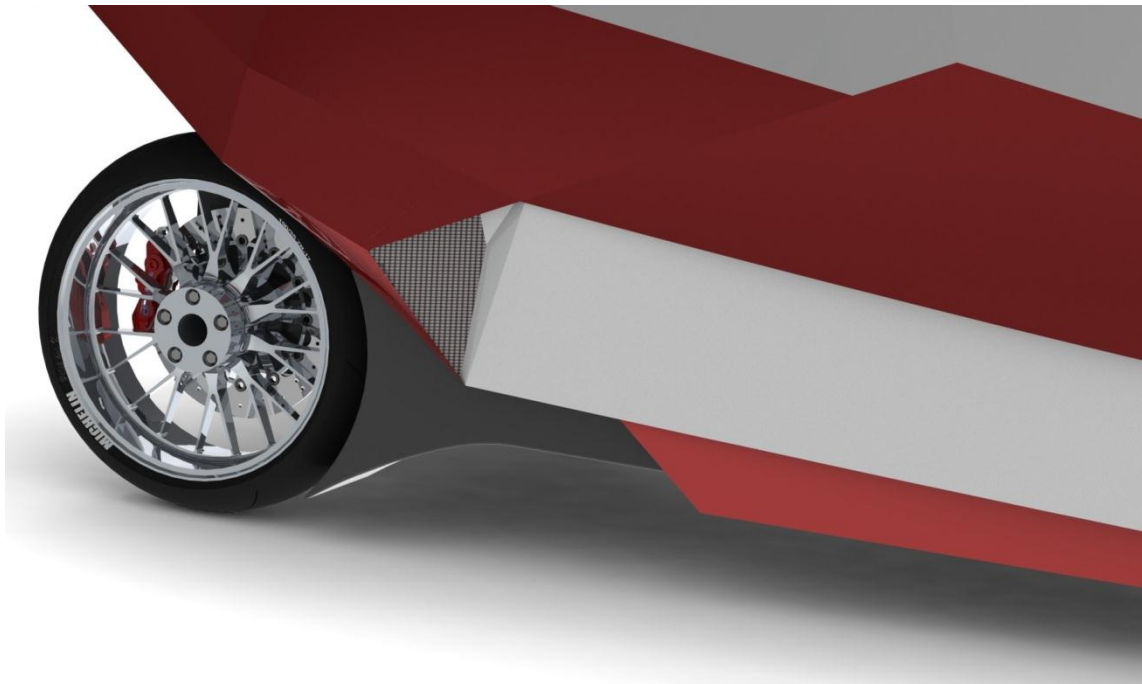
Ser her at det er laget en spiss front bak hjulet. Dette er for å føre strømmingen bakover uten å skape for stor motstand.



*Figur 12.1.3: Frontparti sett under ifra.*

### 12.1.3 Luftinntak

Det er valgt å legge luftinntak foran hjulene for å føre luft inn til motor som skal plasseres bak.



**Figur 12.1.4:** Viser plassering av luftinntak.

### 12.1.4 Innkapsling

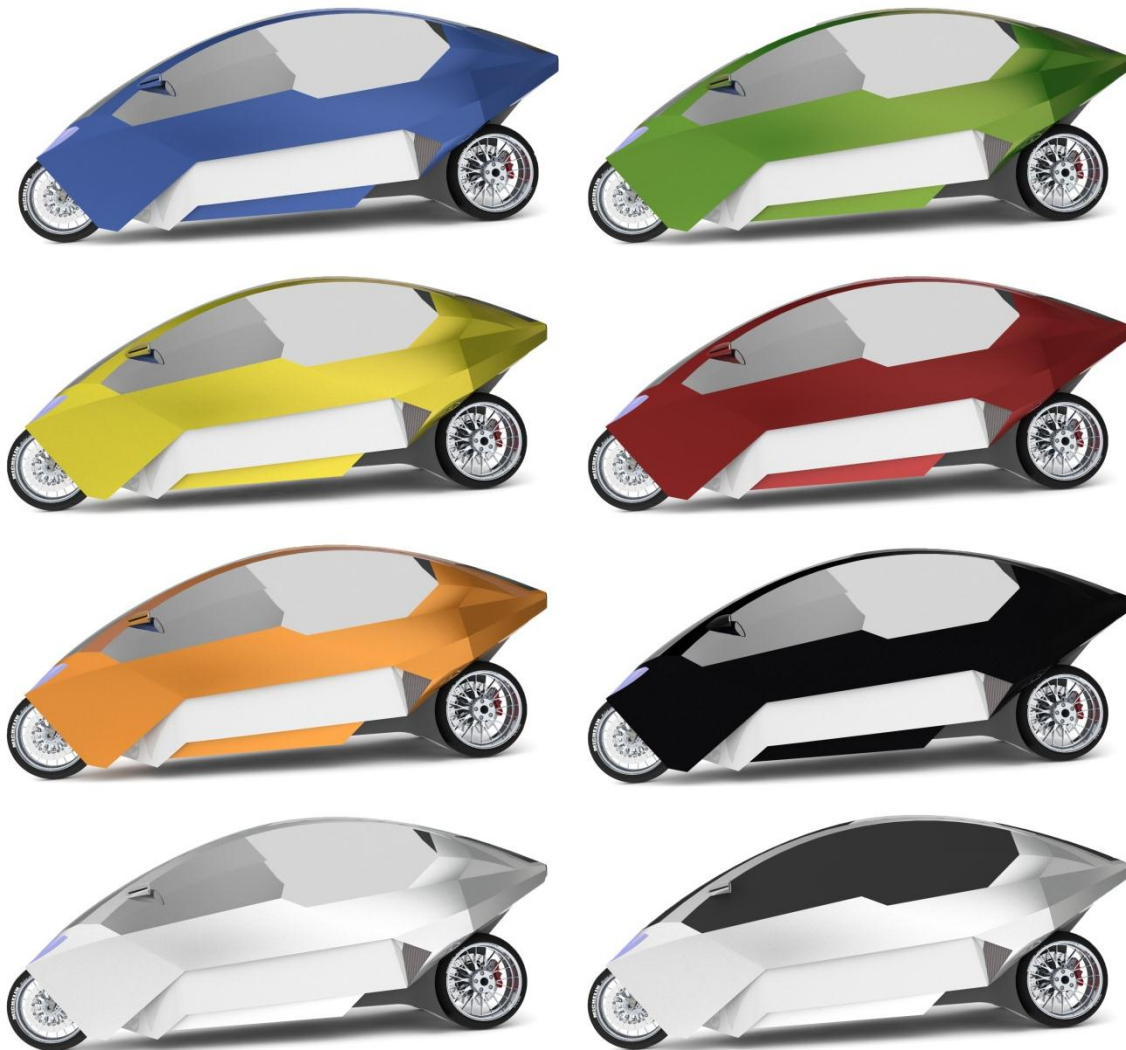
Det er valgt å "pakke inn" "armene" som holder hjulene. Dette var kun av estetiske grunner.



**Figur 12.1.5:** Innkapsling.

### 12.1.5 Fargekombinasjoner

Det ikke satt noe fast fargekombinasjon for DF og det bør være en godt utvalg av farger da det kan øke mengden potensielle kjøpere.

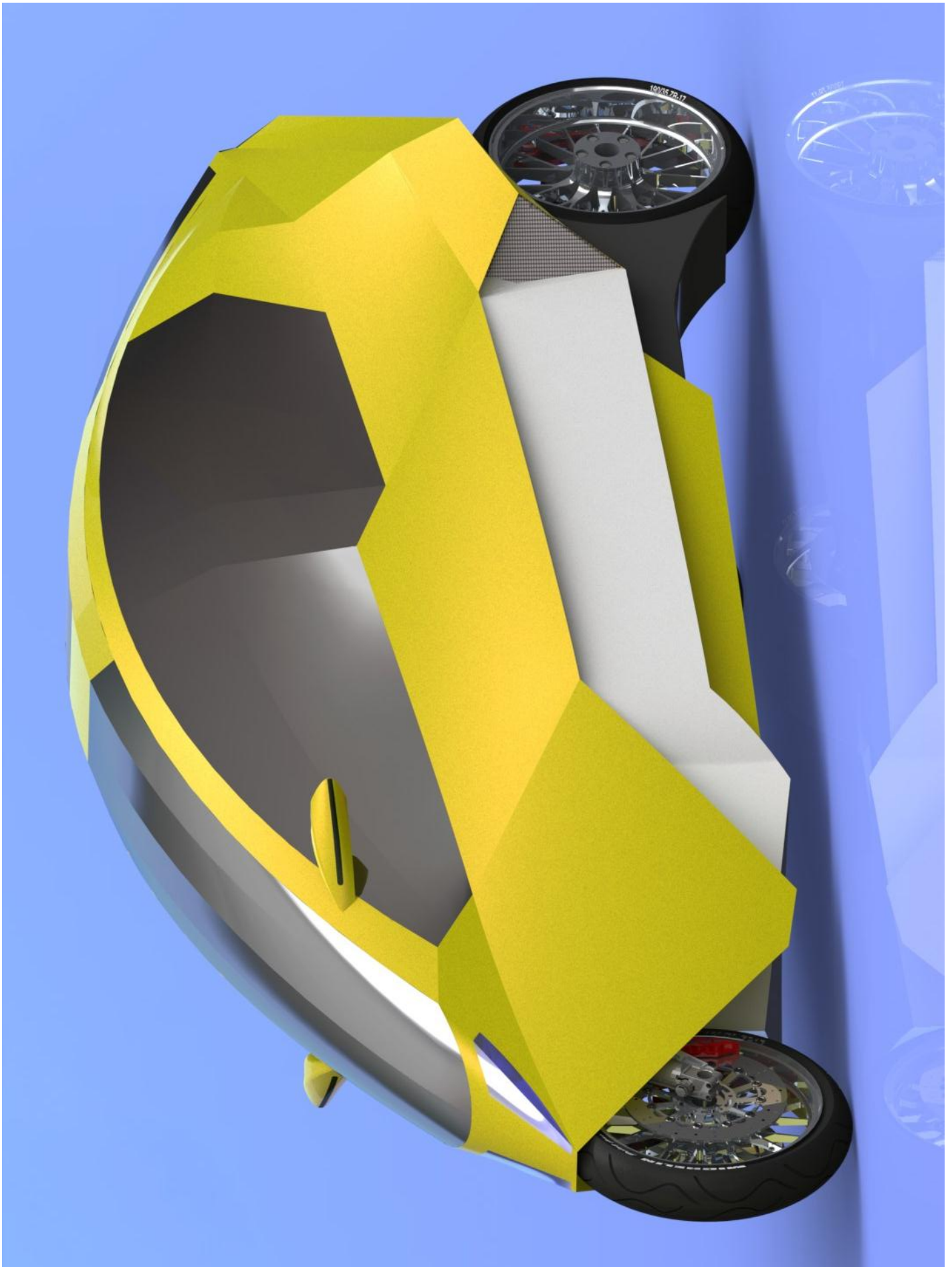


**Figur 12.1.6: Ulike fargekombinasjoner for DF.**

## **12.2 Markedspresentasjon**

For å gi et godt bilde av hvordan DF kan se ut er et godt virkemiddel å plassere modellen i forskjellige settinger med realistiske bakgrunner.









## 13 ØKONOMI

Produktutvikling er en tidkrevende prosess og det legges ned mange timer før en eventuell prototype kan produseres. Ved å sette opp en oversikt med antall timer jobbet per disiplin til en gitt timepris, kan en få en pekepinn på hva arbeidet er verdt og hva det ville kostet i en reel situasjon i jobbsammenheng.

**Tabell 13.1.1: Kostnad i forbindelse med prosjektet.**

Disiplin	Sats (NOK)	Timer	Sum (NOK)
Prosjektplanlegging og bakgrunnsundersøkelse	550	150	82500
Konseptdrøfting	550	100	55000
Produktspesifisering	550	100	27500
Konseptutforming	550	250	165000
3D-fremstilling og strømningsanalyse	550	300	165000
<b>Totalt</b>		<b>900</b>	<b>495000</b>

Total kostnad for prosjektet er NOK 495 000 fordelt over 900 timer.

Ser av tabell 13.1.1 at 3D-fremstillingen og strømningsanalysen har tatt mest tid. Dette kommer av at kunnskapen om modellering av komplekse former med "surface modellering" var meget begrenset. Dette var derfor, i tillegg til selve modelleringen, en læringsperiode for denne teknikken som måtte beherskes for å kunne lage en 3D-fremstilling. På grunn av den begrensede kunnskapen oppsto det mange uventede problemer underveis i prosessen som tok lang tid å rette opp.

## 14 PROSESSDISKUSJON

I dette kapittelet skal det gjøres en diskusjon- og prosessevaluering. Hoveddeler av oppgaven skal vurderes og kritiseres etter personlig mening og erfaring. Det vil bli belyst områder som kan forbedres ved videre arbeid, samt sterke og svake sider.

### **Prosjektplanlegging og bakgrunnsundersøkelse**

Da det ble klart at jeg skulle få jobbe med design og utvikling av overchassiset til Dolphin Family, fikk jeg med en gang en million tanker om hvordan dette skulle se ut og gjennomføres. Det var derfor viktig med gode strukturerte mål og en god arbeidsplan. I starten var ikke disse målene bra nok definert og det gikk med en del tid for å finne ut av hva som skulle være med i oppgaven og hvordan den skulle gjennomføres. Etter en periode med tips fra veileder og studiekamerater ble det satt opp gode gjennomførbare mål og fremgangsmåter.

Ved å studere konkurrerende kjøretøy laget etter samme, og motsatt rettet (tadpole), prinsipp som DF, var det mulig å se egenskaper og former som gikk igjen i de ulike modellene. Her er det gjort en vurdering av egenskapene der positive utslag ble vurdert å bruke videre i design prosessen. De ulike modellene representerer et bredt spekter da de skiller seg en del fra hverandre og vurderingene gir et godt grunnlag for videre design. For et enda bredere spekter er det mulig å ta inn flere kjøretøy til sammenligning. Ved å gjennomføre en spørreundersøkelse på sterke og svake sider ved de ulike modellene ville en fått en mindre personlig betont avgjørelse og valgt egenskaper som publikum vil ha.

### **Konseptdrøfting**

Her er det vurdert ulike funksjoner som det er valgt å legge vekt på videre i oppgaven. Det er satt rammekrav for de forskjellige funksjonene som så er karaktersatt og selektert med begrunnelse. Da det er mange funksjoner på et overchassis er det begrenset hvor mange en kan ta for seg i en oppgave med tidsbegrensning. Har derfor valgt å legge vekt på de punktene jeg anser å være de største og mest synlige på overchassiset. Her, i likhet med bakgrunnsundersøkelsen, ville det gi en mer generell vurdering med bruk av spørreundersøkelse for å karaktersette de ulike rammekravene. Videre er det

ønskelig å ta for seg resterende funksjoner på overchassis for vurdering og eventuelt utdype områdene dekket i denne oppgaven.

### **Produktspesifisering**

Her er det gått gjennom ulike aspekter som en bør ta hensyn til ved utvikling av kjøretøy. Et dyptgående studie i ergonomiske og antropometriske aspekter som omfatter alle sider ved denne oppgaven ville vært ekstremt tidkrevende, men er helt klart noe som bør gjøres ved videre arbeid. I denne oppgaven har jeg tatt med punkter jeg anser som direkte forbundet med overchassisets utforming som adkomst og sikt, som påvirker utforming av henholdsvis dørform/døråpning og vindusform.

Det er også vurdert krav for estetikk som er et viktig punkt i denne oppgaven. Her er det lagt vekt på at kjøretøyet skal appellere til publikum og punktene som er satt mener jeg er et godt grunnlag for å få til nettopp dette.

For å sørge for en aerodynamisk form og en lav Cd-verdi er det satt opp punkter det skal tas hensyn til. Generelt om aerodynamikken er her gått gjennom i grove detaljer. Grunnen til dette er det relativt omfattende studiet på aerodynamikk gjort for Dolphin Family i masteroppgaven til David Lindebø Østby[16.1.4].

### **Design**

For at jeg ikke skulle ha et design klart for meg fra starten av, noe som ville begrenset kreativiteten og muligheten for utforming i ulike retninger, ble det bestemt at jeg konsekvent skulle følge et strukturert opplegg på konseptualiserings delen. Først skulle jeg gjøre et studie på hvordan en kan bruke ulike kombinasjoner av former for å finne nye design, samt et lite studie på formtrender og fremtidsrettet form.

Første del av formstudiet ble gjort ved å studere bilens formendring fra perioden 1960-tallet og frem til dagens modeller. Studiet har et tydelig mål: Hva er den neste trenden innen formdesign. For å finne ut av dette er det sett på formen på biler fra hver dekode fra 1960 og frem til nå. Det er tatt med tre biler fra hver dekode for å redusere mulighetene for feilvurdering. Resultatet er positivt og viste en tydelig trend som kommer og går. På grunn av et vellykket studie er det mulig å si noe om hva et fremtidig design kan være. Det er mulig å

gjennomføre studiet med flere modeller fra hver dekode for å redusere feilmarginen ytterligere.

Videre er det gjort et lite studie på hvordan en kan sette sammen kombinasjoner geometriske grunnformer for å skape mer kompliserte former. Dette resulterte i en mengde ulike formkonsepter. Jeg er veldig fornøyd med fremgangsmetoden her, og det ligger utrolig mye arbeid bak som ikke kommer frem av oppgaven. Dette ga meg en ny måte å gå frem på innenfor design og åpner muligheten for større kreativitet og mangfold på varierte løsninger. Her kunne det vært tatt for seg mange flere aspekter ved utforming av ulike komponenter på overchassis, noe som oppfordres til videre arbeid. Det hele endte med et valgt formkonsept som jeg føler passer godt inn med punkter gitt under produktspesifisering.

### **Modellering og strømningsanalyse**

Utformingen av 3D-modellen var ekstremt tidkrevende da teknikken å gjøre dette på var ny for meg. Det måtte tilegnes ny kunnskap, noe som var tidkrevende. Det opprinnelige formkonseptet viste seg vanskelig å modellere, da spesielt med tanke på fronten. Det ble derfor gjort et kompromiss ved å beholde en overflate foran hjulet da denne ikke lot seg løse på en fornuftig måte før etter strømningssimuleringen ble gjort og da var det ikke tid nok igjen til å gjøre det på nytt. Det er etter min mening, til tross for kompromiss, fortsatt et tiltalende design. Jeg fikk også store problemer ved overføringen av modellen til FlowSimulation, og måtte bruke en forenklet modell av originalen. Dette var helt klart den største nedturen i oppgaven etter de utallige timene jeg har brukt på å utarbeide modellen av DF. I videre arbeid oppfordres det til å tilegne seg god kunnskap om teknikken for utforming av komplekse former, for så å få gjort en simulering på endelig modell.

Strømningsanalysen er gjort ved bruk av en forenklet modell og jeg er noe usikker på hvorvidt resultatene kan sammenlignes med den originale formen. Jeg vil tro det er tilnærmet riktig da det mest utsatte området er det samme og jeg er fornøyd med resultat. Her er det tydelig at videre arbeid vil være å gjøre en simulering på en modell som er 100 % lik prototype som skal produseres.

Alt i alt er jeg godt fornøyd med oppgaven og føler jeg har tilegnet meg mye nyttig kunnskap jeg kan ta med meg videre.

## 15 KONKLUSJON

I denne masteroppgaven er det konseptualisert og utredet en formløsning på overchassis til lettvektskjøretøyet Dolphin Family. Det er lagt vekt på formutredning og det har resultert i et fremtidsrettet, moderne og tiltalende kjøretøy med aerodynamisk form som det er kjørt en strømningsanalyse på en forenklet modell av den originale formen og oppnådd målet med en ønskelig  $C_d$ -verdi mellom 0,20 og 0,26.

For å oppnå dette er det gjennomført en rekke delmål og prosessstrinn:

- Bakgrunnsundersøkelse av konkurrerende løsninger
- Konseptdrøfting med seleksjon er gjort for ulike løsninger som hjulplassering og dører
- Formstudier der det er sett på fremtidig design og utforming av konseptformer med bruk av geometriske grunnformer
- Produktspesifikasjoner innen ergonomi, estetikk og aerodynamikk
- Konseptutredning der det er kommet frem til en endelig formkonsept
- 3D-fremstilling og strømningsanalyse

### 15.1 Resultater og anbefalinger

#### 15.1.1 Resultater

Det er konseptualisert og utredet en formløsning for overchassis til et tre-hjuls lettvektskjøretøy. Designet på bilen er moderne og fremtidsrettet med en kombinasjon av organiske og uorganiske former, spennende detaljer, strømlinjede linjer og et sportslig, aerodynamisk utseende. Det er forsøkt å holde en dråpeform så langt det er mulig med deltaprinsipp for å oppnå en lav  $C_d$ -verdi. DF har en smal front og når sitt bredeste punkt over bakhjulene der overchassiset går sammen igjen for å skape et smalt endeparti for å fullføre dråpeformen og minimere turbulens. Dråpeformen, fra bredt parti over hjulene og bakover til endepartiet, er å se fra siden og ovenfra, der formen på DF kan minne om flykroppen til et jagerfly. Sidevindue er store overflater med god utsikt for fører og passasjerer. Det er og en rute på baksiden av kjøretøyet som hører til lasteromsluken, som er en standardløsning som er hengslet i topp. Det valgt å legge luftinntak på siden av kjøretøyet, foran bakhjulene, for å føre luft



inn til motor som er plassert bak. Det er kun én dør på kjøretøyets venstre side i forhold til kjøreretning da det kun sitter én person foran i tillegg til at det vil spare kostnader. Døren er hengslet i front.

Spesifikasjoner for DF:

- **Metriske mål**
  - Lengde: 3520 mm
  - Bredde: 1415 mm
  - Høyde: 1630 mm
- **Aerodynamikk**
  - Dråpeform
  - $C_d$ -verdi = 0,247 (forenklet modell)

### 15.1.2 Anbefalinger

Denne lange prosessen har medført deler av oppgaven som er mer omfattende og bedre enn andre. De områdene som har vært mest tidkrevende har naturlig nok blitt de områdene jeg er mest fornøyd med da det er her det er lagt inn mest arbeid.

Designprosessen med formstudiet er et av de områdene der det er lagt ned mest tid. Her er det kommet frem til et endelig valg ved en systematisk utviklingsprosess uten et forhåndsbestemt design. Sluttresultatet er jeg spesielt fornøyd med da jeg synes designet er spennende og nytt.

Modelleringen er enda en prosess som var ekstremt tidkrevende, her var det lite kunnskap om teknikken som skulle brukes og det var en læringsprosess hele veien til ferdigstilling. Grunnen til at jeg er godt fornøyd med denne delen er på grunn av alle problemene jeg sto over underveis, der de fleste ble løst, i tillegg til all kunnskapen problemløsningen har gitt meg. Ikke minst er jeg fornøyd med ferdigstillingen av en kompleks modell noe som er det mest avanserte jeg har modellert noensinne.

Jeg vil og nevne 3D-fremstillingen av modellen da disse gir et godt bilde av hvordan modellen kan se ut i praksis.

## 15.2 Videre arbeid

Det er ikke alle områder som kan dekket ved utvikling av et overchassis med begrenset tidsramme, derfor er det satt av en del punkter for videre arbeid.

- Inkludere alle områder og funksjoner på overchassis til konseptdrøfting, avgjøres med omfattende spørreundersøkelse. Arbeid blir da å endre på områder på modellen for å tilfredsstille resultater av undersøkelsen.
- Gjøre en omfattende spørreundersøkelse angående kundens behov og eventuelt tilpasse modellen etter resultatet av undersøkelsen.
- Da framhjulets innfestning til underchassis ikke er bestemt, kan en endelig løsning påvirke hvordan fronten på overchassis skal være. Ved drastiske endringer kan det være nødvendig å forandre på designet til overchassis.
- Da modellen trolig må gjøres om kan det være aktuelt å gå dypere på konseptutformingen ved å gjøre samme type fremgangsmåte på flere områder og funksjoner på overchassis.
- Om det er ønskelig å beholde gjeldene design, bør det modelleres på en måte så det lar seg importere i FlowSimulation. Det vil si å gjøre en surface modell om til en solid body.
- Modellere på splitlinjer der dør, bagasjeluke og oppdelinger av overchassis for konstruksjon skal være.
- Modellere interiør til eksteriøret samt underchassis for en komplett modell.
- Gjennomføre strømningsanalyse for en komplett modell.
- Gjøre en komplett kostnads kalkyle på konseptarbeid, prototype og produksjon.
- Utrede sikkerhetsstruktur for overchassis med FEM analyse.
- Ventilasjon og mulighet for å bruke bjelker i struktur for føring av luft til ventilasjon.
- Gjøre et studie på materialvalg.

## 16 REFERANSER

### 16.1 Skriftlige kilder

[16.1.1] Jan Fredrik Aasheim (2011). Utvikling av underchassis og hjuloppheng for 3-hjulskjøretøy. Dolphin Family, Del C: Masteroppgave ved IMT UMB.

[16.1.2] Magnus Ottesen (2010). Utvikling av interiørløsning for 3-hjulskjøretøy. Dolphin Family, Del B: Masteroppgave ved IMT UMB.

[16.1.3] Brevik A. & Lundheim L. T. (2007/2008). Dolphin - Formkonsept for trike. Ås, IMT ved UMB.

[16.1.4] David Lindebø Østby (2010). Utvikling av eksteriørløsning for 3-hjulskjøretøy. Dolphin Family, Del A: Masteroppgave ved IMT UMB

[16.1.5] Macey, S. & Wardle, G. (2009). H-point: the fundamentals of car design and packaging. Pasadena, calif.: art Center College of Design.

[16.1.6] Tilly, A. R. (2002). The measure of man and woman: human factors in design. New York: Wiley.

### 16.2 Nettkilder

[16.2.1] Chip Foose, Chipfoose.com, (15.04.2012)

- [http://www.chipfoose.com/ws\\_display.asp?filter=Biography](http://www.chipfoose.com/ws_display.asp?filter=Biography)

[16.2.2] Statistisk Sentralbyrå, ssb.com, (20.04.2012)

- <http://www.ssb.no/transport/>

[16.2.3] Statistisk Sentralbyrå, ssb.com (20.04.2012)

- <http://www.ssb.no/transport/>

[16.2.4] William Murdock, automobilis.com (10.01.2012)

- <http://www.automobilis.com/historya1.htm>

**[16.2.5]** Carver One, wikipedia.org (13.03.2012)

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Carver\\_\(automobile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Carver_(automobile))

**[16.2.6]** Carver One, desktopmachine.com (13.03.2012)

- [http://www.desktopmachine.com/pics/Carver\\_One\\_2007\\_13\\_1024x768.jpg](http://www.desktopmachine.com/pics/Carver_One_2007_13_1024x768.jpg)

**[16.2.7]** BMW Clever, bmwbloc.com (13.03.2012)

- (<http://www.bmwblog.com/2009/10/09/bmw-unveils-clever-concept/>)

**[16.2.8]** BMW Clever, bmwblog.com, (13.03.2012)

- <http://www.bmwblog.com/2009/10/09/bmw-unveils-clever-concept/p90052916-2/>

**[16.2.9]** BMW Simple, topspeed.com (13.03.2012)

- <http://www.topspeed.com/cars/bmw/2009-bmw-simple-ar80182.html>

**[16.2.10]** BMW Simple, topspeed.com (14.03.2012)

- [http://pictures.topspeed.com/IMG/crop/200910/bmw-simple-6\\_1600x0w.jpg](http://pictures.topspeed.com/IMG/crop/200910/bmw-simple-6_1600x0w.jpg)

**[16.2.11]** Lockheed F-117 Nighthawk, wikipedia.org (14.03.2012)

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed\\_F-117\\_Nighthawk](http://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_F-117_Nighthawk)

**[16.2.12]** XR-3 Hybrid, rqriley.com (15.03.2012)

- <http://www.rqriley.com/xr3.htm>

**[16.2.13]** XR-3 Hybrid, rqriley.com (15.03.2012)

- [http://www.rqriley.com/images\\_xr3/xr3\\_012908\\_3.jpg](http://www.rqriley.com/images_xr3/xr3_012908_3.jpg)

**[16.2.14]** Jaguar, blogcdn.com (15.03.2012)

- <http://www.blogcdn.com/www.luxist.com/media/2008/08/bonjagaugop.jpg>.

**[16.2.15]** Campagna T-Rex 14r, motortrend.com (20.04.2012)

- [http://www.motortrend.com/features/performance/1005\\_campagna\\_t\\_rex\\_14r\\_drive/viewall.html](http://www.motortrend.com/features/performance/1005_campagna_t_rex_14r_drive/viewall.html)

**[16.2.16]** Campagna T-Rex 14r, motortrend.com (20.04.12)

- [http://www.motortrend.com/features/performance/1005\\_campagna\\_t\\_rex\\_14r\\_drive/photo\\_02.html#photo](http://www.motortrend.com/features/performance/1005_campagna_t_rex_14r_drive/photo_02.html#photo)

**[16.2.17]** Mercedes F300 Life-Jet, gizmag.com (25.04.2012)

- <http://www.gizmag.com/go/3628/>

**[16.2.18]** Mercedes F300 Life-Jet,

- [http://www.netcarshow.com/mercedes-benz/1997-f\\_300\\_concept/800x600/wallpaper\\_01.htm](http://www.netcarshow.com/mercedes-benz/1997-f_300_concept/800x600/wallpaper_01.htm)

**[16.2.19]** Carver One, newcarwallpaper.com (25.04.12)

- [http://www.newcarwallpaper.com/Carver\\_One\\_5622.html](http://www.newcarwallpaper.com/Carver_One_5622.html)

**[16.2.20]** BMW Clever, tinypic.com (25.02.2012)

- <http://i3.tinypic.com/vzkfbs.jpg>

**[16.2.21]** Venture One, dayerses.com (25.04.2012)

- [http://dayerses.com/data\\_images/posts/carver-one/carver-one-08.jpg](http://dayerses.com/data_images/posts/carver-one/carver-one-08.jpg)

**[16.2.22]** BMW Simple, zercustoms.com (25.04.2012)

- <http://www.zercustoms.com/news/images/BMW/BMW-Simple-5.jpg>

**[16.2.23]** Suicide door, wikipedia.org (27.04.2012)

- ([http://en.wikipedia.org/wiki/Suicide\\_door](http://en.wikipedia.org/wiki/Suicide_door))

**[16.2.24]** Strike Trike, design-industry.com (27.04.2012)

- <http://www.design-industry.com.au/portfolio-1/rugged-trike>

**[16.2.25]** Bond 700ES, wikipedia.org (27.04.2012)

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Bond\\_Bug](http://en.wikipedia.org/wiki/Bond_Bug)

**[16.2.26]** Car front, eee.asus.com (20.04.2012)

- <http://eee.asus.com/html/eeepc/img/vx6s/features/car-front.png>

**[16.2.27]** Suv car front, thecarconnection.com (20.04.2012)

- [http://images.thecarconnection.com/lrg/2010-chevrolet-tahoe-2wd-4-door-1500-lt-front-exterior-view\\_100240082\\_l.jpg](http://images.thecarconnection.com/lrg/2010-chevrolet-tahoe-2wd-4-door-1500-lt-front-exterior-view_100240082_l.jpg).

**[16.2.28]** Drag coefficient, wikipedia.org (21.04.2012)

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Drag\\_coefficient](http://en.wikipedia.org/wiki/Drag_coefficient)

**[16.2.29]** Stoler i uorganisk form, ehomeimprovement.us (23.04.2012)

- <http://ehomeimprovement.us/home-design/quada-chair-sand-birch.html>

**[16.2.30]** Stoler i organisk form, tumblr.com (23.04.2012)

- [http://14.media.tumblr.com/FsUBAEQ50p1dd90x4AIhbbOxo1\\_500.jpg](http://14.media.tumblr.com/FsUBAEQ50p1dd90x4AIhbbOxo1_500.jpg)

**[16.2.31]** Formutvikling 1960 – 1970, wikipedia.org (02.04.2012)

- Volvo: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:P958X1.JPG>
- Saab: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saab\\_Sport,\\_1965.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saab_Sport,_1965.jpg)
- BMW: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW\\_3200\\_CS.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW_3200_CS.jpg)

**[16.2.32]** Formutvikling 1970 – 1980, Wikipedia- og Wikimedia.org (04.04.2012)

- Audi: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Audi\\_80\\_L\\_1978.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Audi_80_L_1978.jpg)
- Saab: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:1974Saab99EMS-US.jpg>
- BMW: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW\\_2002\\_2-door.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW_2002_2-door.jpg)

**[16.2.33]** Formutvikling 1980 – 1990, Wikipedia.org (04.04.2012)

- Volvo: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Volvo\\_700\\_sedan\\_--\\_01-12010.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Volvo_700_sedan_--_01-12010.jpg)
- BMW: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:1987\\_BMW\\_520i\\_LUX.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:1987_BMW_520i_LUX.jpg)
- Audi: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Audi\\_Quattro\\_vl\\_black.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Audi_Quattro_vl_black.jpg)

**[16.2.34]** Formutvikling 1990 – 2000, Wikipedia.org, dieselstation.com (04.04.2012)

- BMW: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW\\_318ti\\_1997.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:BMW_318ti_1997.jpg)
- Audi: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Audi\\_A4\\_B5\\_front\\_20080617.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Audi_A4_B5_front_20080617.jpg)
- Volvo:  
<http://www.dieselstation.com/wallpapers/albums/Volvo/S40%201995/Volvo-S40-011.jpg>

**[16.2.35]** Formutvikling 2000 – 2010, wikipedia.org, trialx.com, letsknowabout.com (04.04.2012)

- Volvo: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:2012\\_Volvo\\_S60\\_--\\_NHTSA\\_1.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:2012_Volvo_S60_--_NHTSA_1.jpg)
- Audi: [http://trialx.com/curetalk/wp-content/blogs.dir/7/files/2011/06/cars/2008\\_Audi\\_S4-3.jpg](http://trialx.com/curetalk/wp-content/blogs.dir/7/files/2011/06/cars/2008_Audi_S4-3.jpg)
- BMW: <http://letsknowabout.com/pic/bmw/4.jpg>

**[16.2.36]** Formutvikling 2010 - Nå

- Audi: [http://www.diseno-art.com/news\\_content/wp-content/uploads/2011/07/2012-Audi-S5-1.jpg](http://www.diseno-art.com/news_content/wp-content/uploads/2011/07/2012-Audi-S5-1.jpg)
- BMW: <http://photosbmw.com/2013-bmw-m6-coupe.html/2013-bmw-m6-coupe-car>
- Volvo: <http://www.volvo-s60.net/volvo-s60-4.jpg>
-

## 17 VEDLEGG

Tabell 17.1.1: Innholdsfortegnelse for vedlegg.

Vedlegg	Vedleggnr.
Interiørmål for DF	1
Grunnlag for konseptskisser	2
Skisseforslag for konsept 1	3
Skisseforslag for konsept 2	4
Skisseforslag for konsept 3	5
Skisseforslag for konsept 4	6
Formkonsept 4 fra siden	7
Formkonsept 4 ovenfra	8
Formkonsept 4 sett skrått forfra	9
Fomkonsept 4 sett forfra	10
Formkonsept 4 sett bakfra	11
Modellsammenligning Flowanalyse	12
Mesh av importert modell	13
Resultater fra FlowSimulation	14
Cutplot som viser trykk rundt overchassis	15
Surfaceplot som viser trykk på overchassis	16
Strømning i form av trykk rundt chassis	17
Sammenstilling med deleliste	18
Globale mål	19



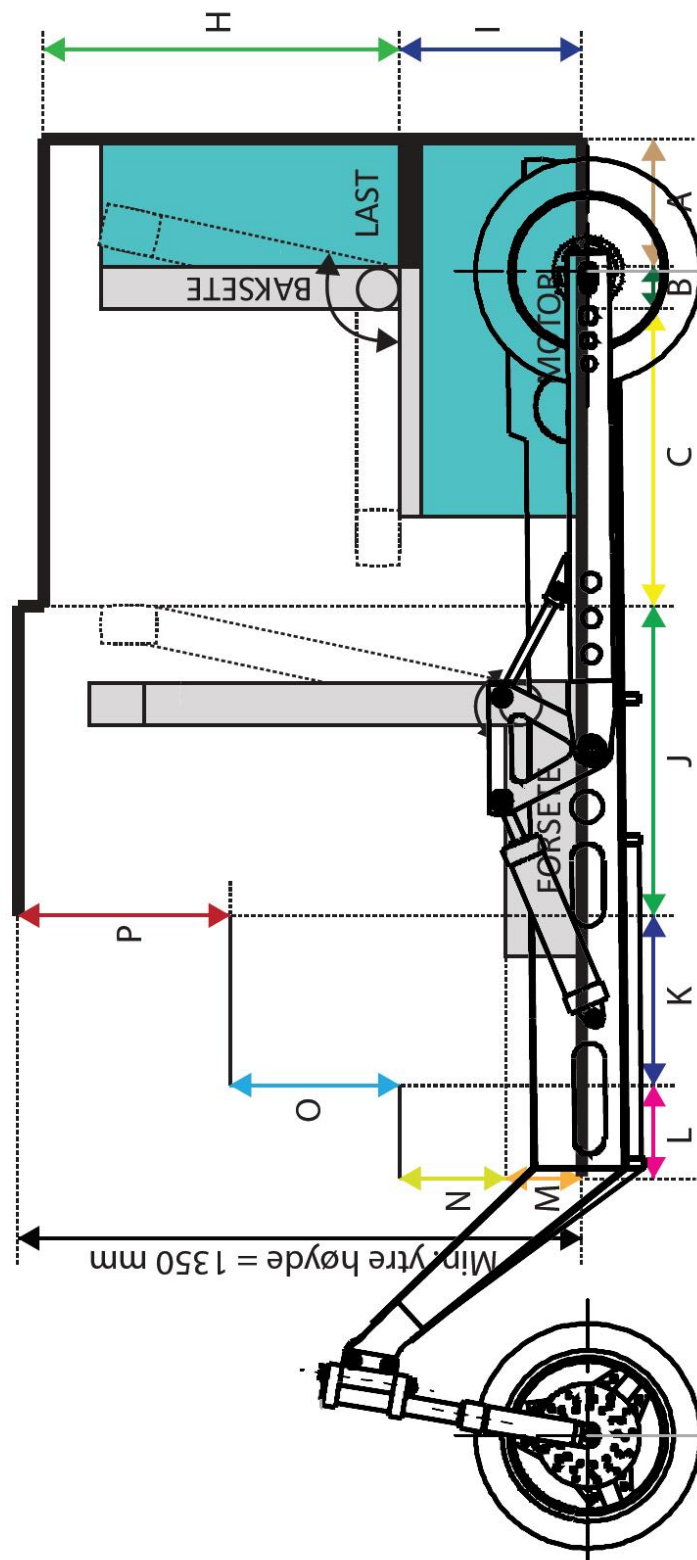
**Vedlegg 1**

Interiørmål for DF som tegningene til David Lindebø Østby[16.1.4] er basert på. Alle dimensjoner og figurer er utarbeidet av Magnus Ottesen.[16.1.2]

Strl.	Dim. [mm]	Illustrasjon	
A	300		
B	100		
C	700		
D	120		
E	1200		
F	830		
G	1200		
H	840		
I	430		
J	730		
K	400		
L	220		
M	180		
N	250		
O	400		
P	500		

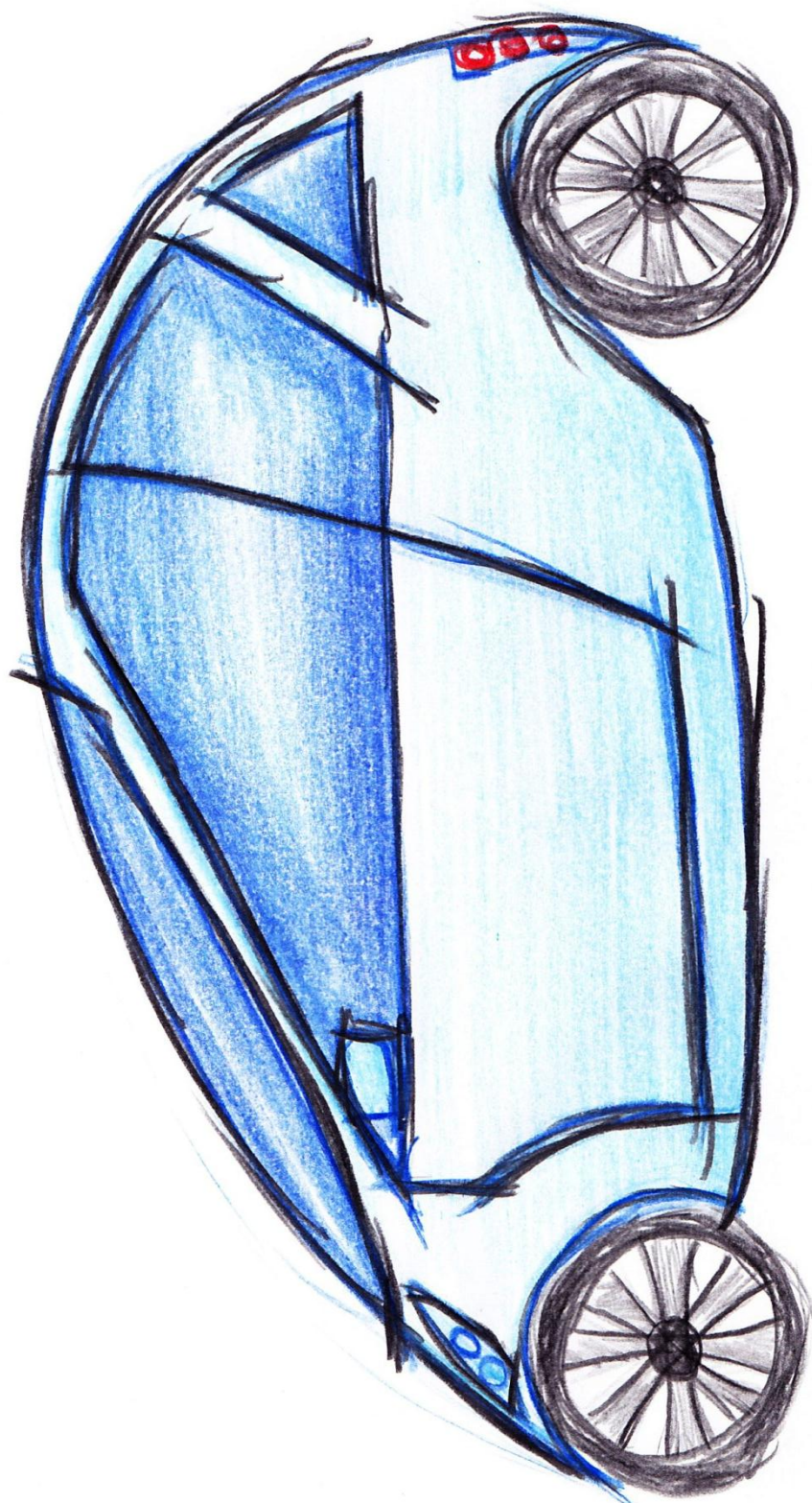
## Vedlegg 2

Grunnlag for konseptskisser. Kombinert tegning av mål fra David Lindebø Østby [16.1.4] og J.F. Aasheim [16.1.1].



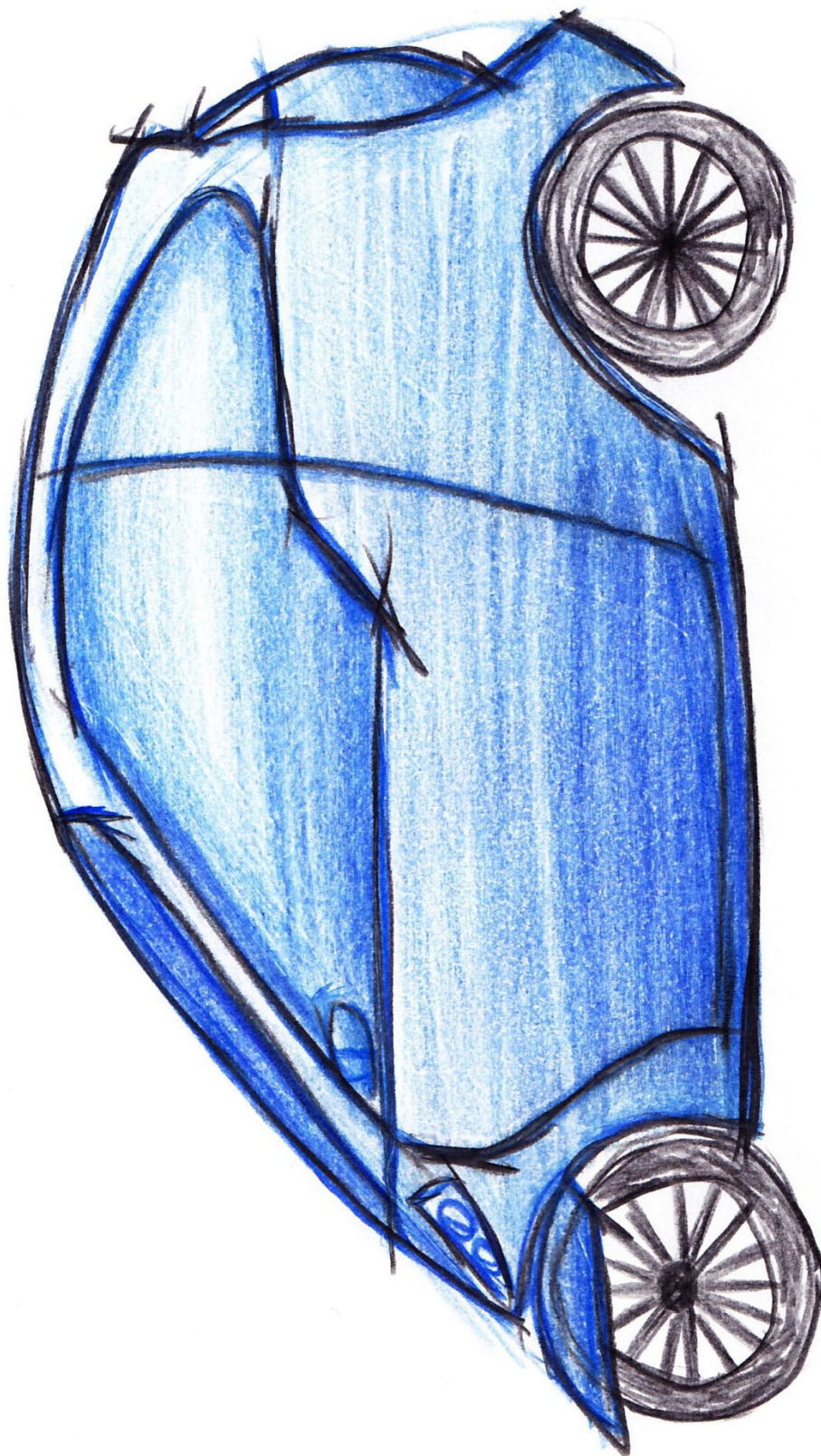
### Vedlegg 3

Skisseforslag for konsept 1



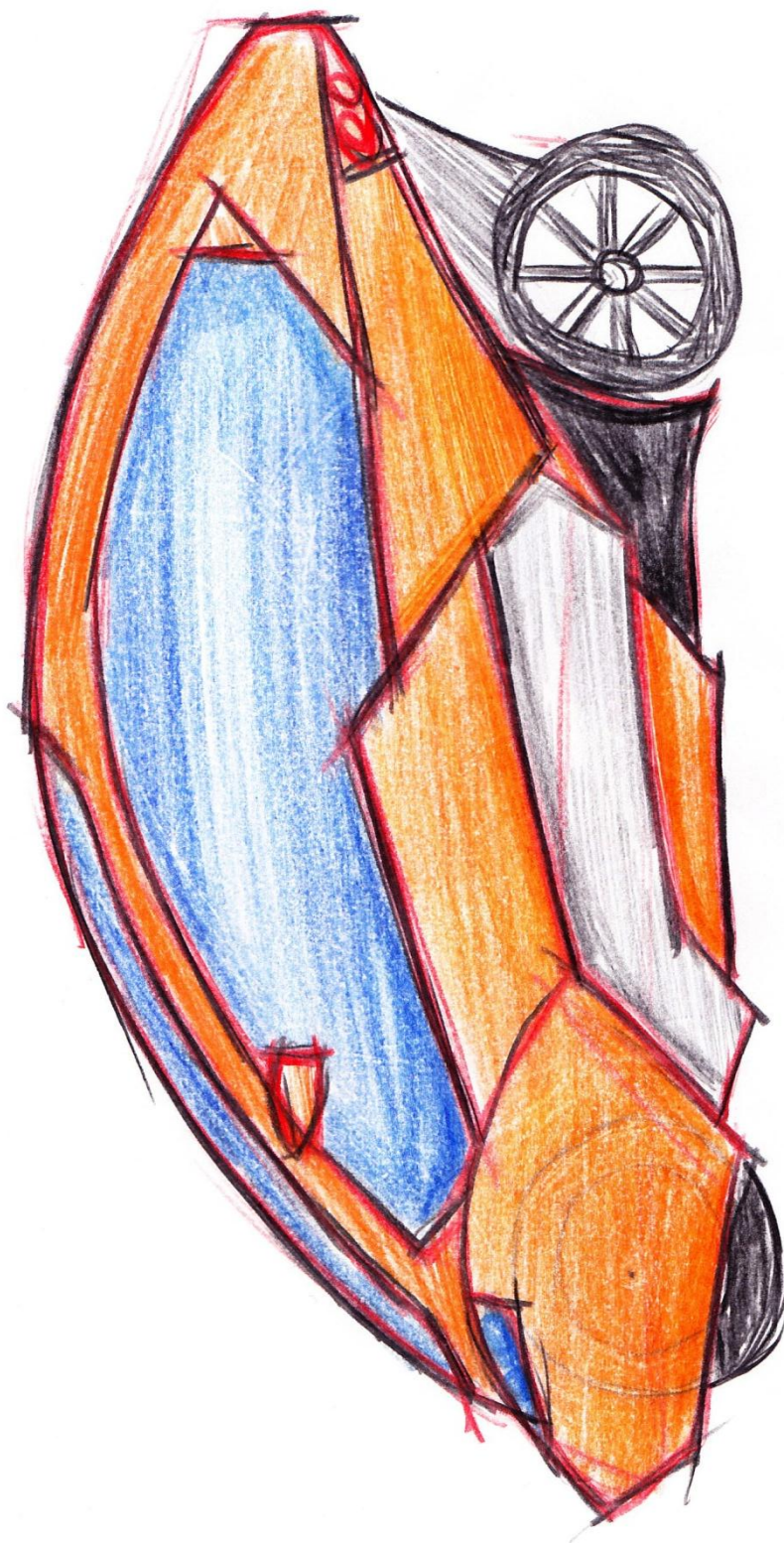
#### **Vedlegg 4**

Skisseforslag for konsept 2



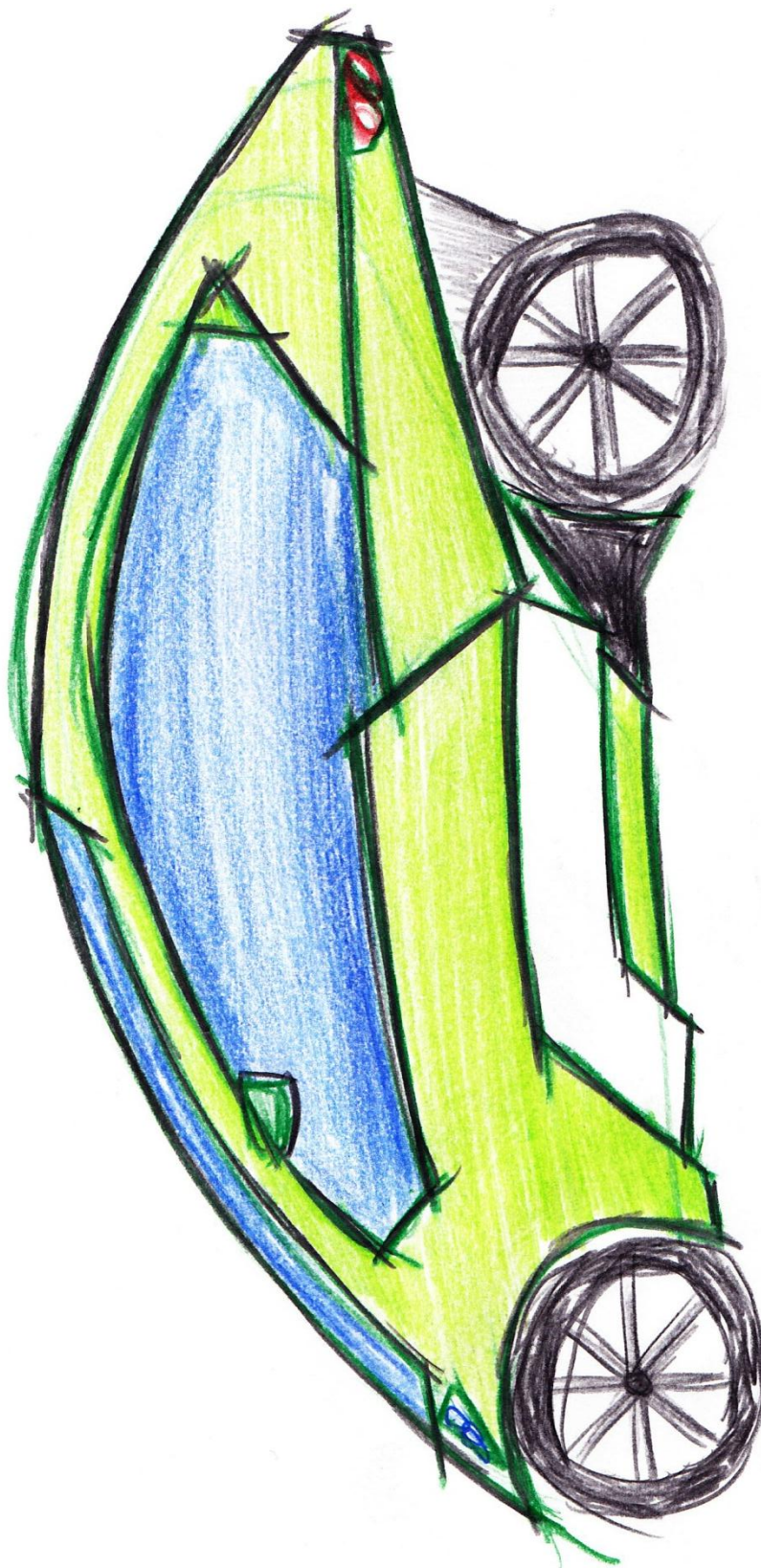
## Vedlegg 5

Skisseforslag for konsept 3



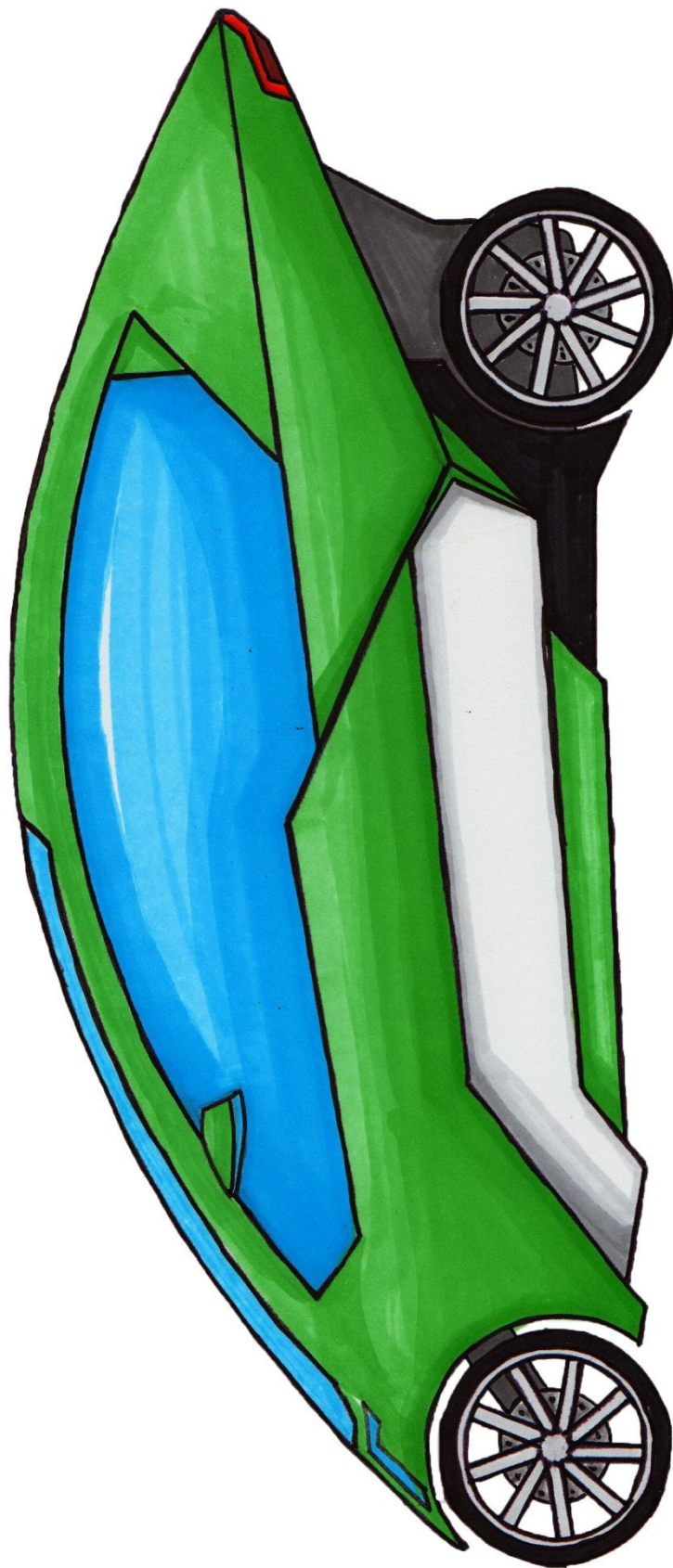
## Vedlegg 6

Skisseforslag for konsept 4



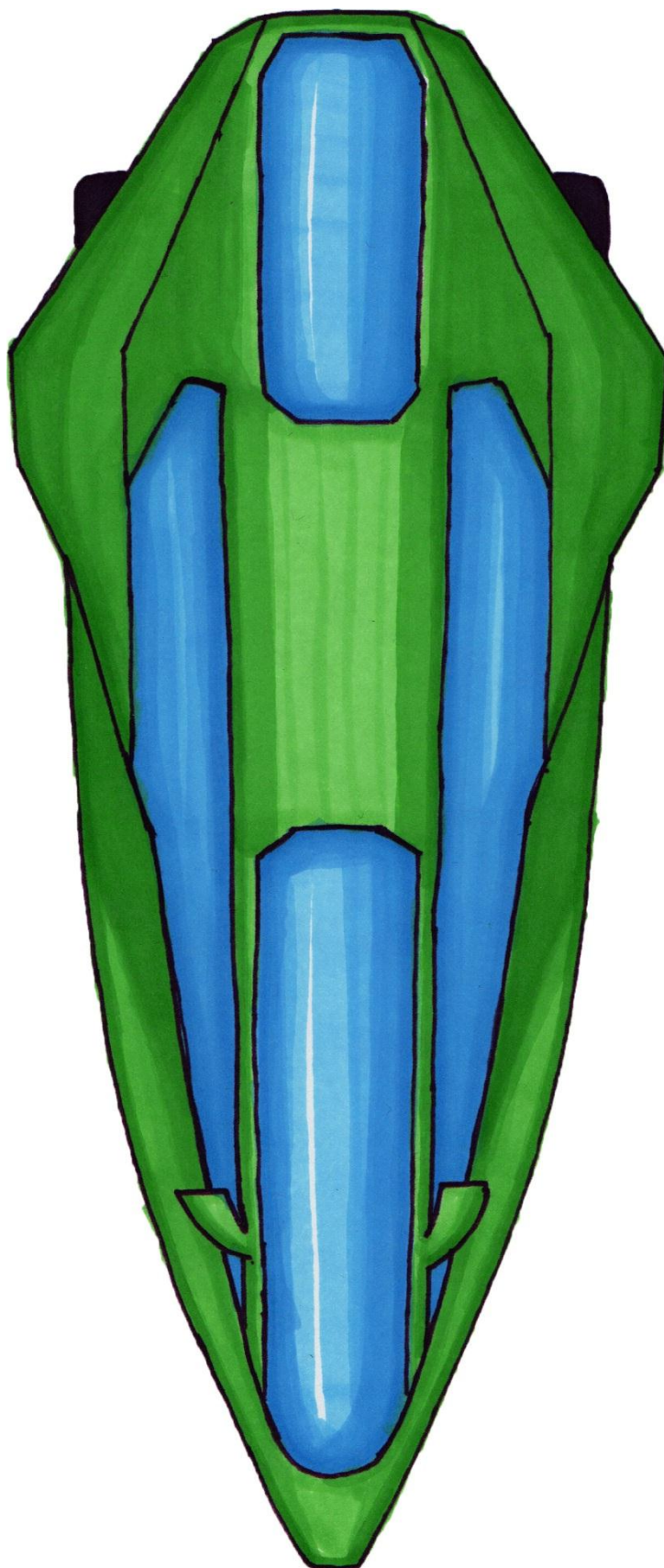
## Vedlegg 7

Formkonsept 4 fra siden.



## Vedlegg 8

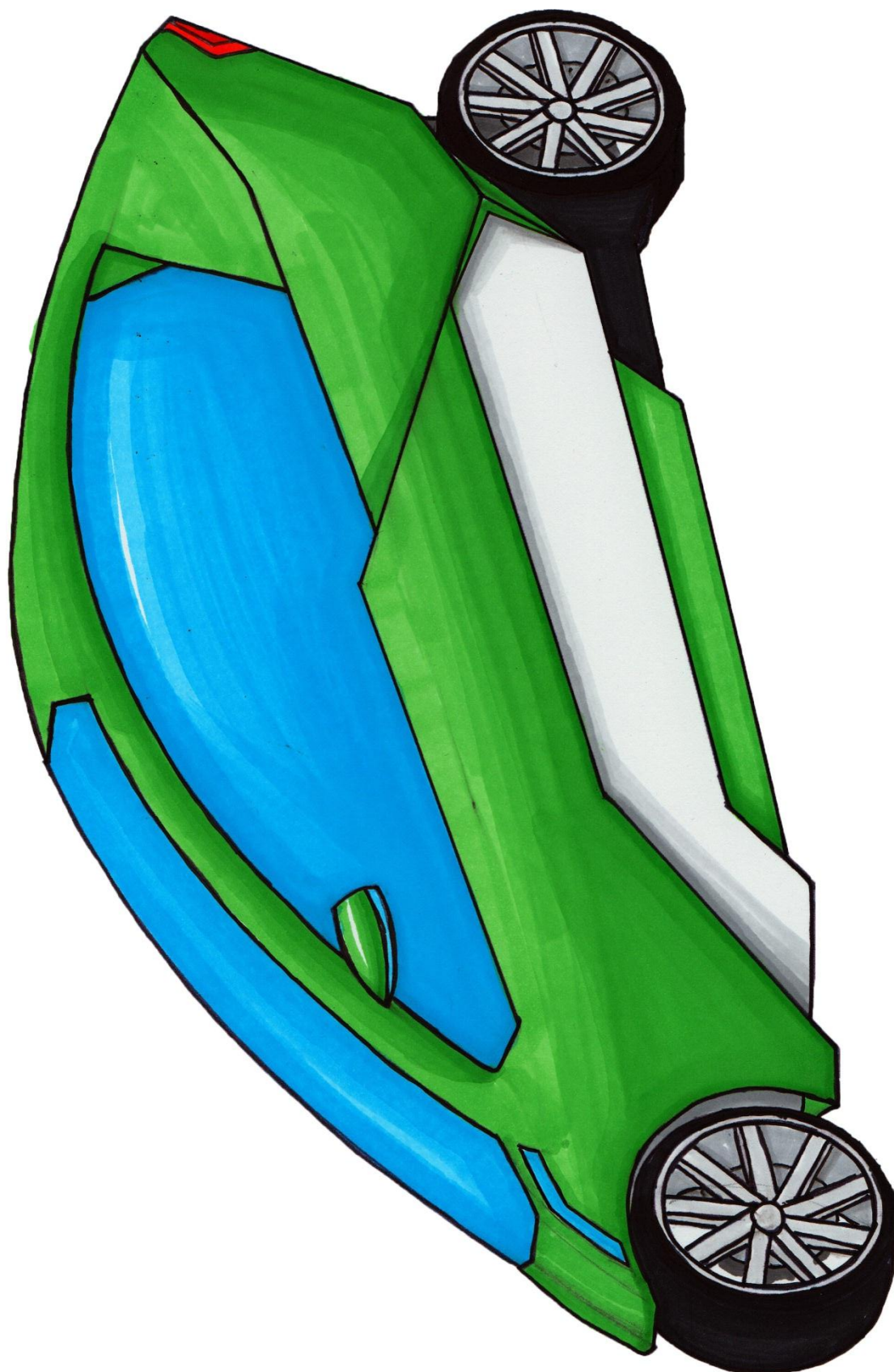
Formkonsept 4 ovenfra.





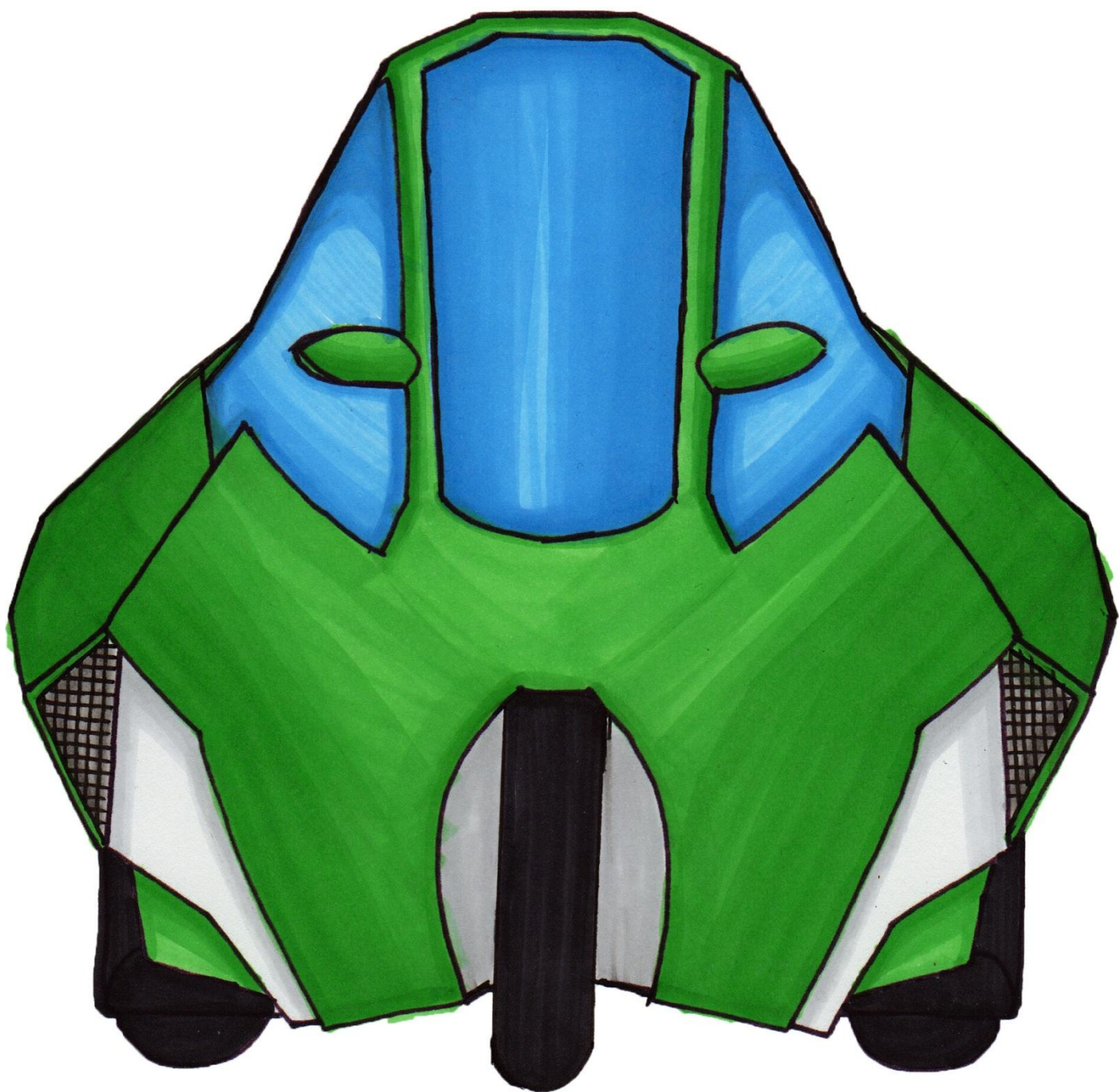
## Vedlegg 9

Formkonsept 4 sett skrått forfra.



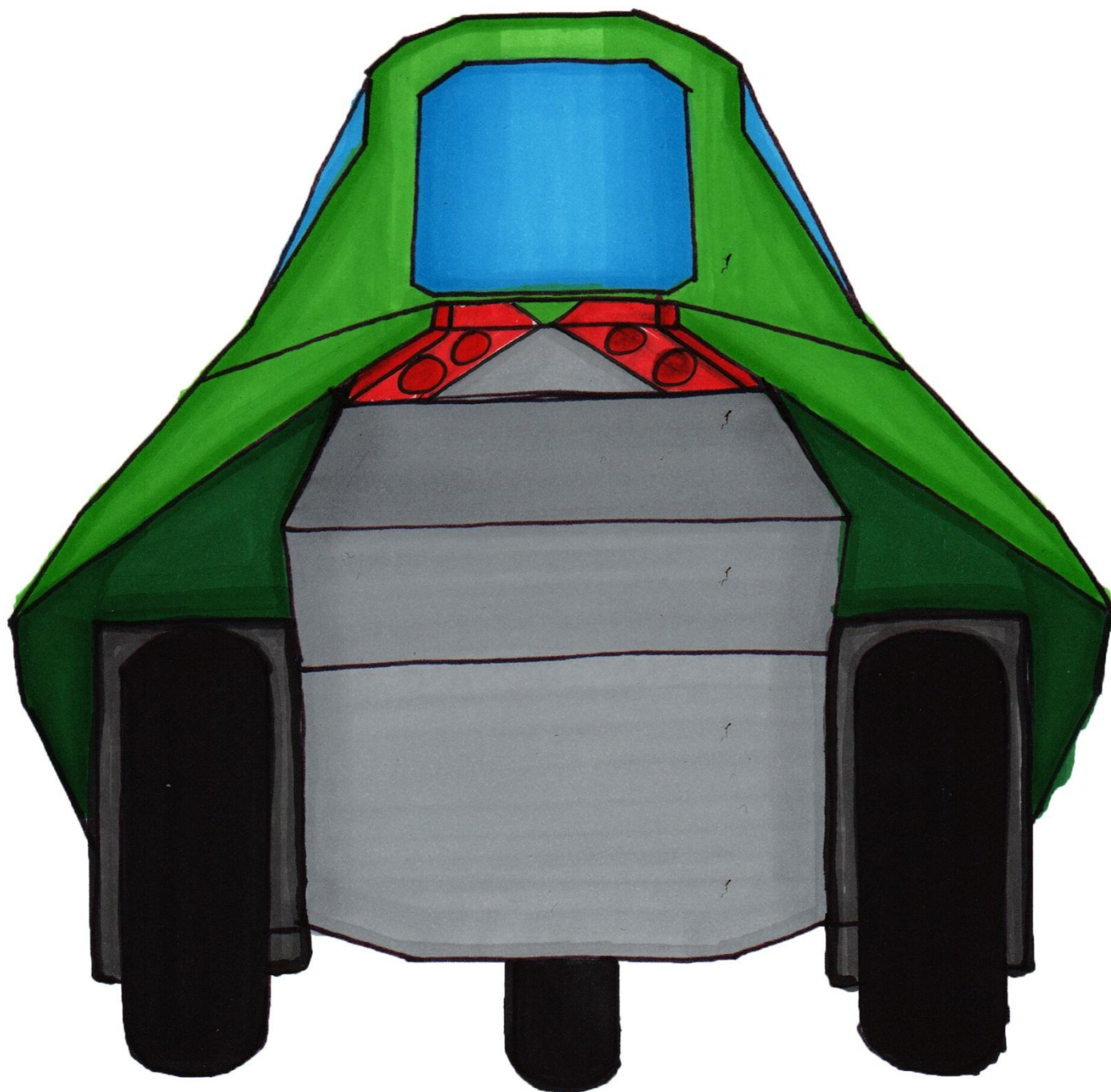
## Vedlegg 10

Formkonset 4 sett forfra.



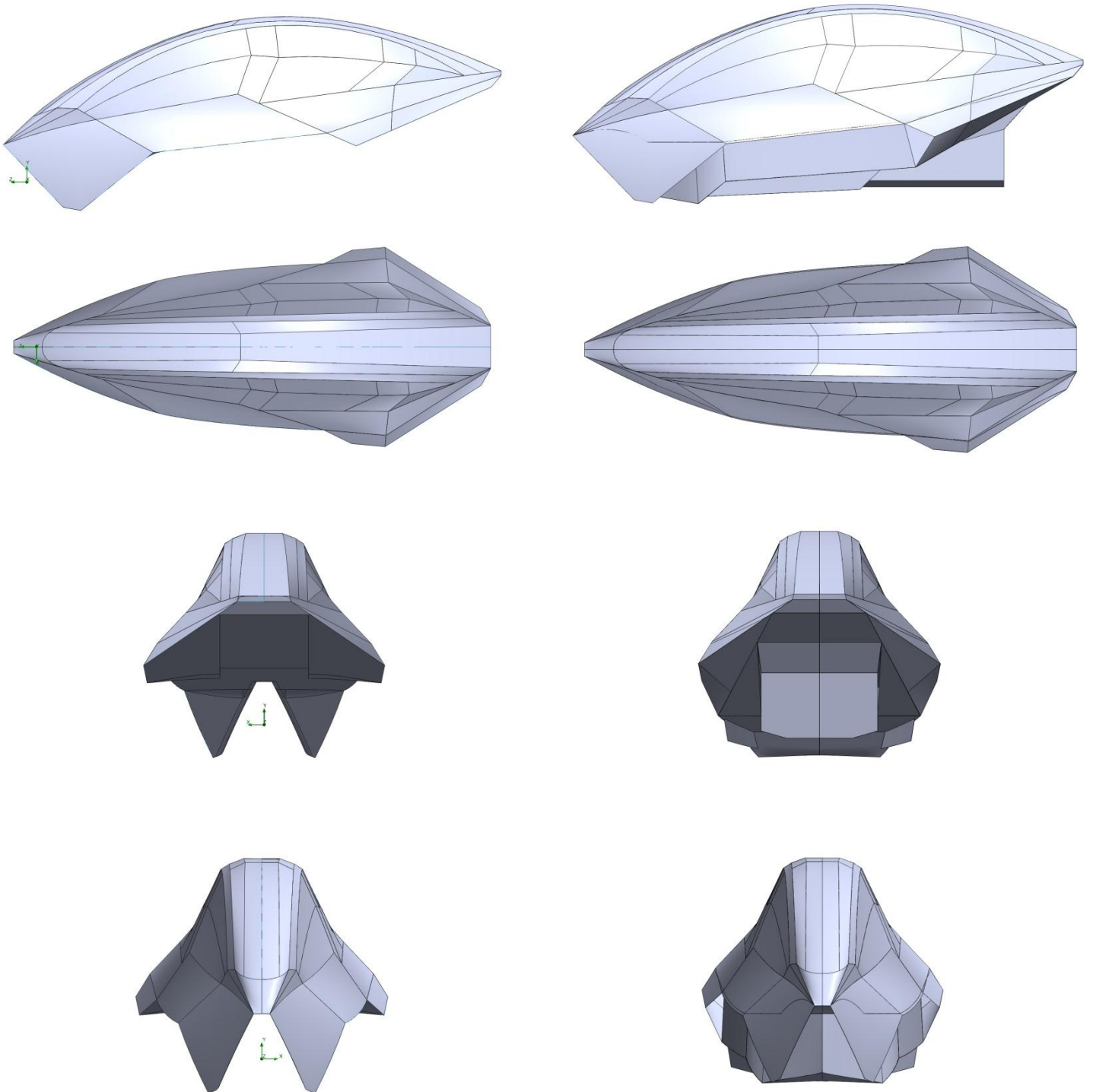
**Vedlegg 11**

Formkonsept 4 sett bakfra.



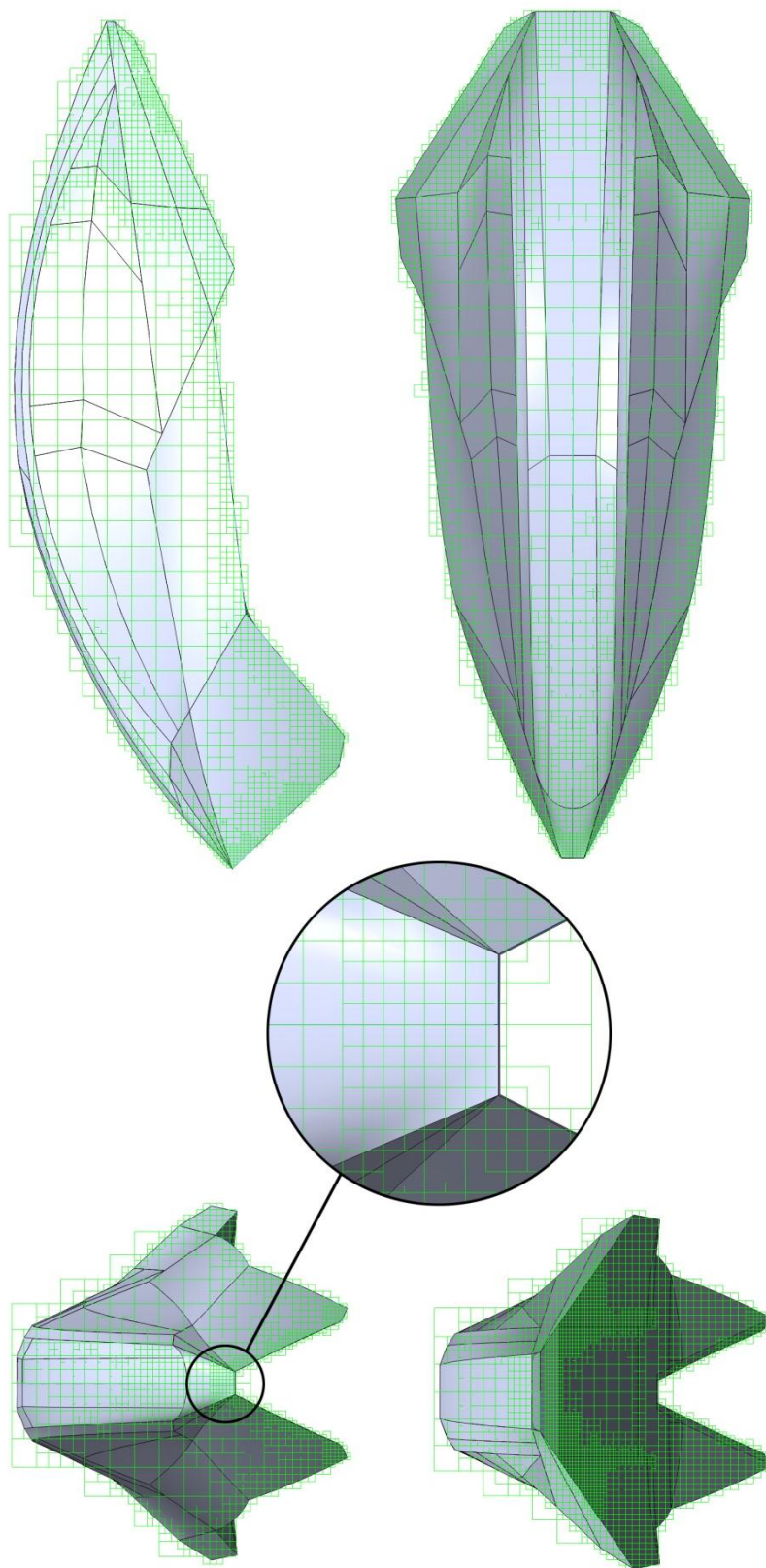
## Vedlegg 12

Sammenligning mellom modell importert i FlowSimulation og original modell.



**Vedlegg 13**

Viser mesh av importert modell ved fineste mesh nivå (8).



**Vedlegg 14**

Resultater fra FlowSimulation

**10 m/s**

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Min Total Pressure 1	[Pa]	101188,5454	101189,4902	101188,5454	101191,6239
GG Av Total Pressure 1	[Pa]	101384,7227	101384,7063	101384,6908	101384,7227
GG Max Total Pressure 1	[Pa]	101468,5791	101468,3249	101468,024	101468,5909
GG Min Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,202189522	1,202191058	1,202189522	1,202192523
GG Av Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,203702591	1,203702589	1,203702566	1,203702642
GG Max Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,204536488	1,204535885	1,204533982	1,204538437

**Iterations: 420****Analysis interval:****67****15 m/s**

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Min Total Pressure 1	[Pa]	101016,477	101018,8453	101016,477	101021,0859
GG Av Total Pressure 1	[Pa]	101459,4176	101459,3952	101459,3547	101459,4176
GG Max Total Pressure 1	[Pa]	101650,2411	101649,6077	101648,4384	101650,4708
GG Min Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,200301455	1,200302936	1,200290669	1,200310318
GG Av Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,203698758	1,203698832	1,203698755	1,203698948
GG Max Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,205582449	1,205580694	1,205575261	1,205585016
GG Z - Component of Force 1	[N]	-32,90276727	-32,67557678	-33,11232212	-32,2959169

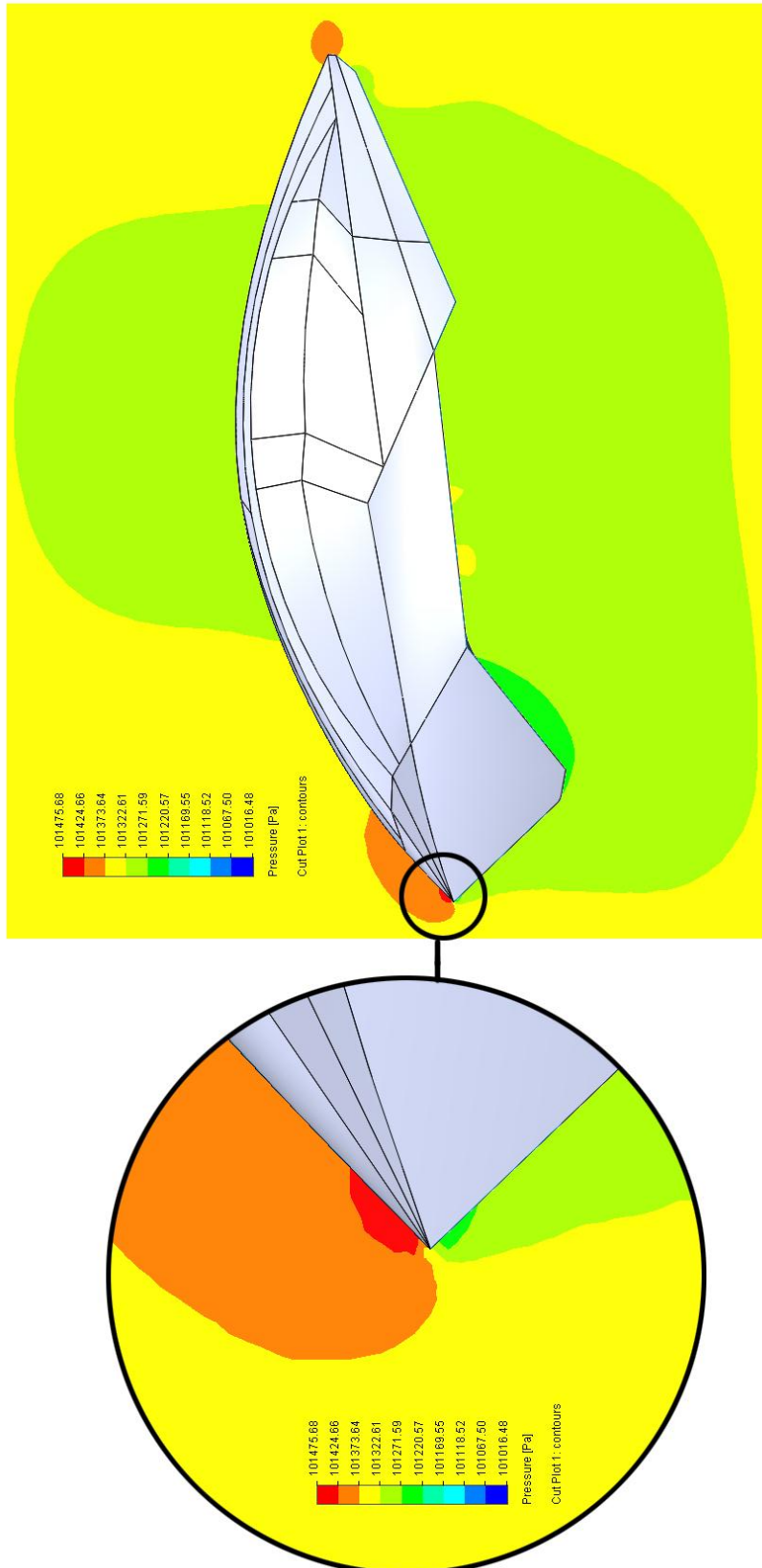
**Iterations: 417****Analysis interval:****66****25 m/s**

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value
GG Min Total Pressure 1	[Pa]	100458,6879	100460,0001	100455,5939	100469,0879
GG Av Total Pressure 1	[Pa]	101698,6697	101698,5584	101698,4378	101698,6697
GG Max Total Pressure 1	[Pa]	102227,8415	102227,7507	102224,8865	102230,0059
GG Min Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,194232339	1,194183242	1,194001088	1,194233111
GG Av Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,203685848	1,203685892	1,203685807	1,203686313
GG Max Density 1	[kg/m <sup>3</sup> ]	1,208899512	1,208914244	1,208877279	1,208937618
GG Z - Component of Force 1	[N]	-93,80884028	-93,57425844	-94,1251357	-92,08154333

**Iterations: 402****Analysis interval:****66**

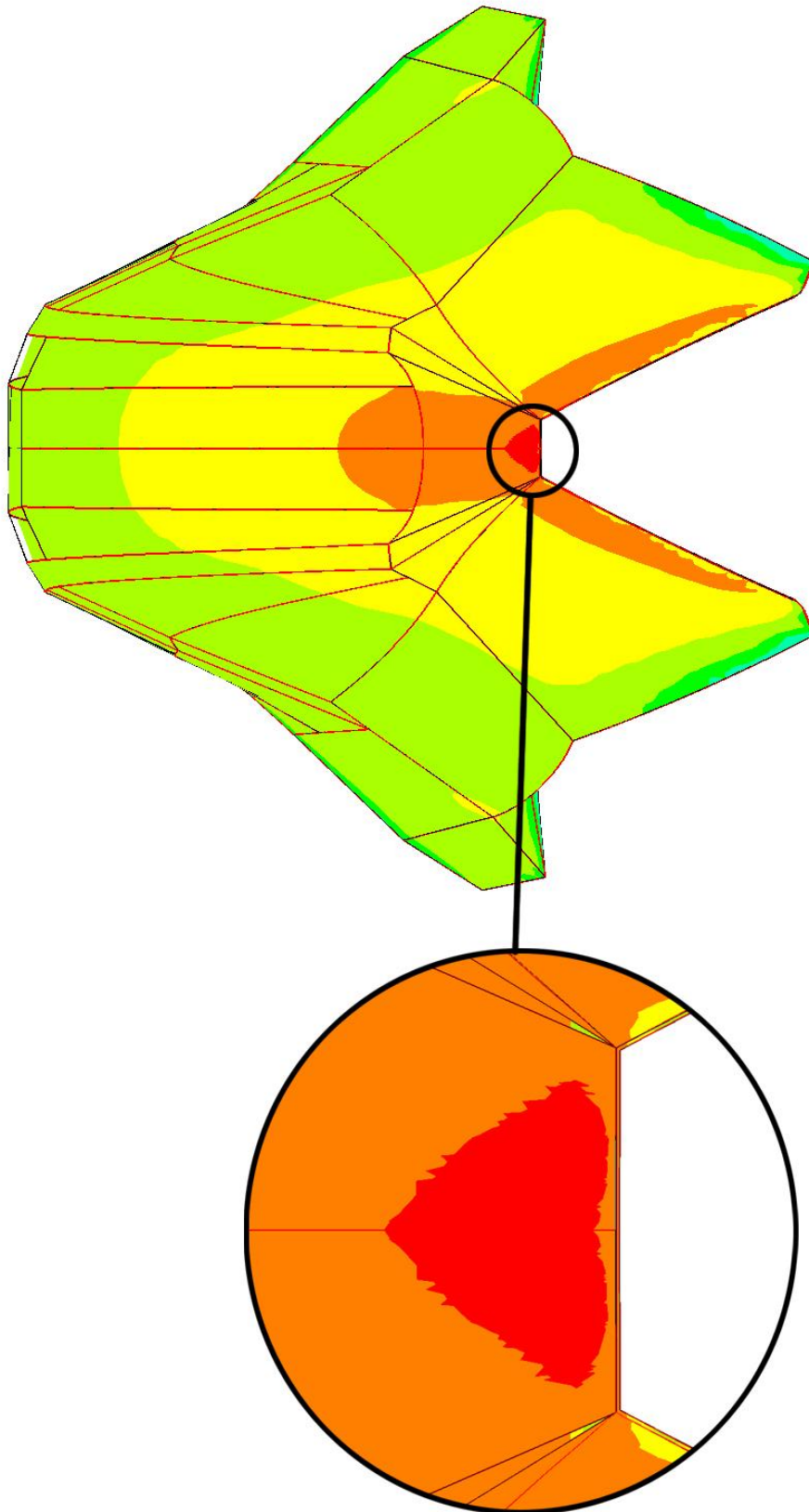
### Vedlegg 15

Cut plot som viser trykk rundt overchassis.



**Vedlegg 16**

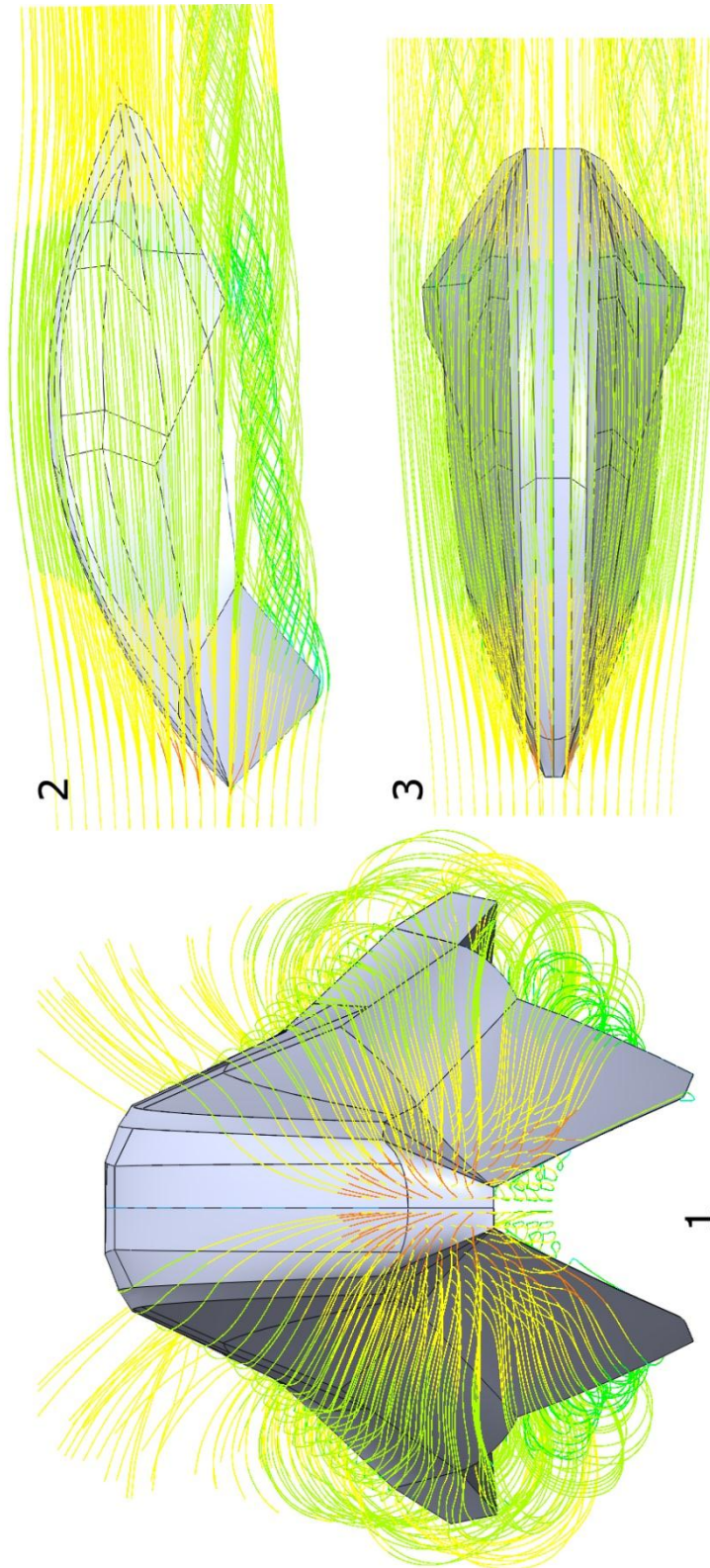
Surface plot som viser trykk på overchassis.

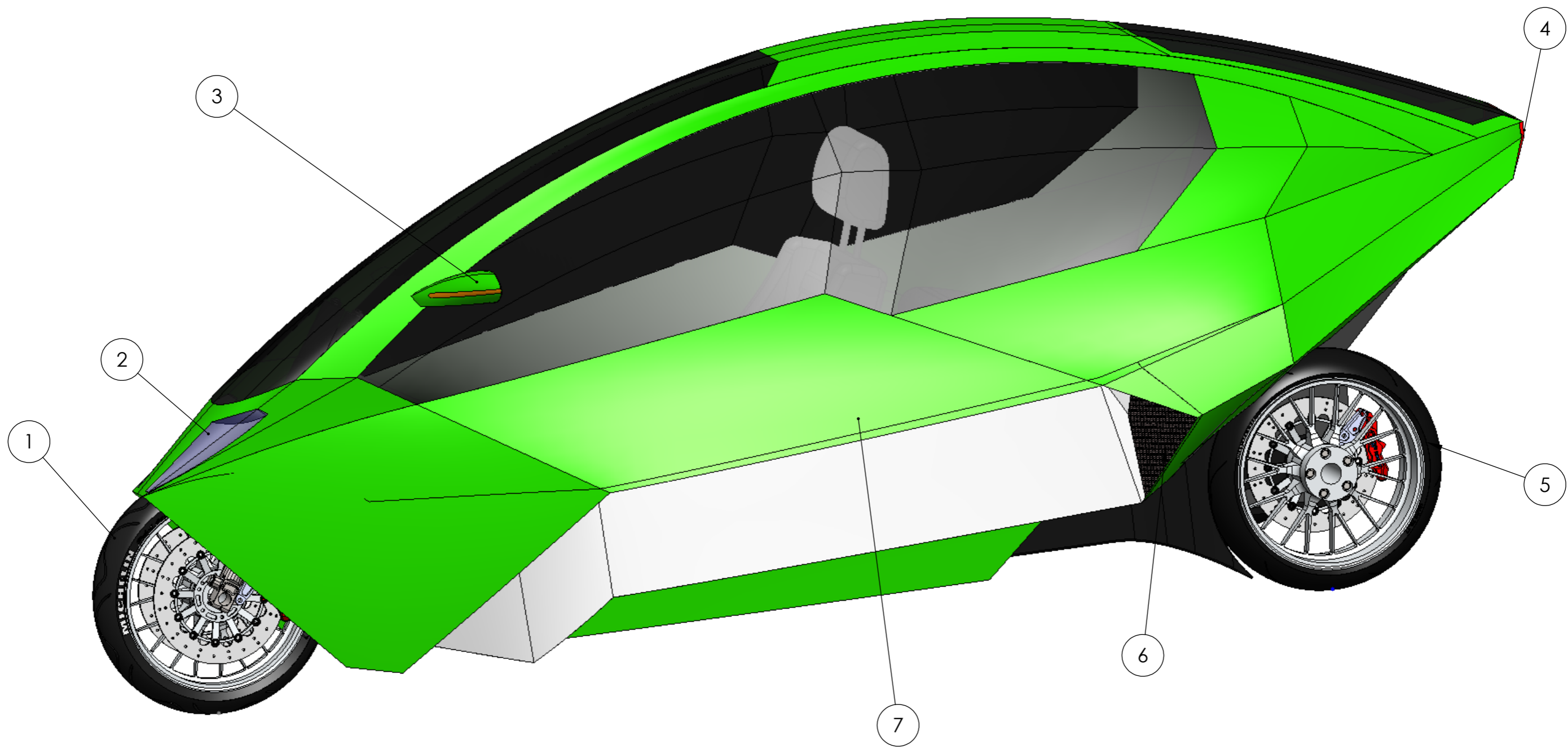




### Vedlegg 17

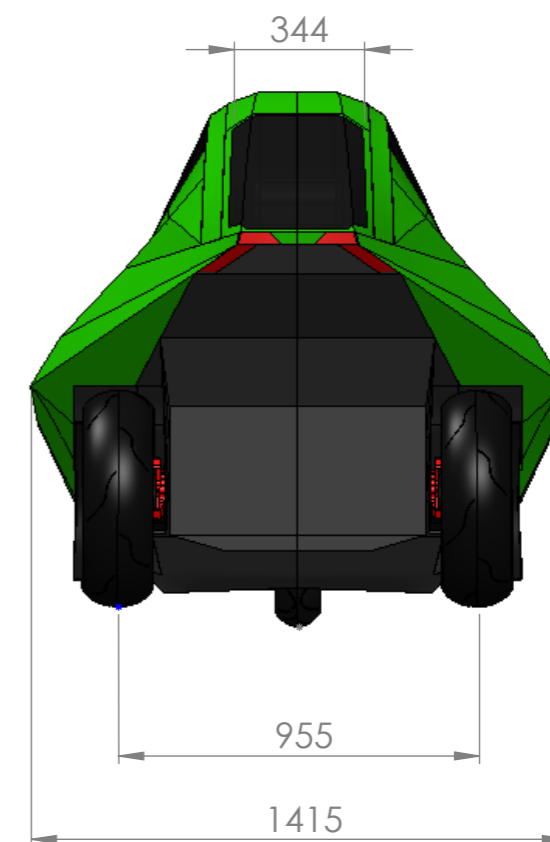
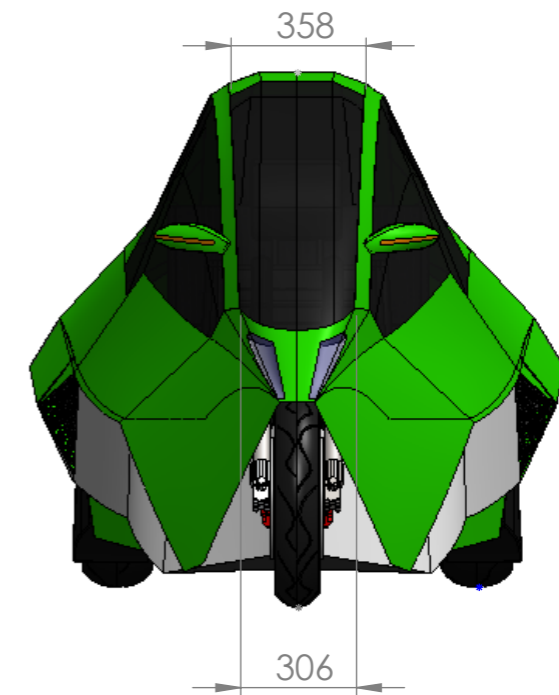
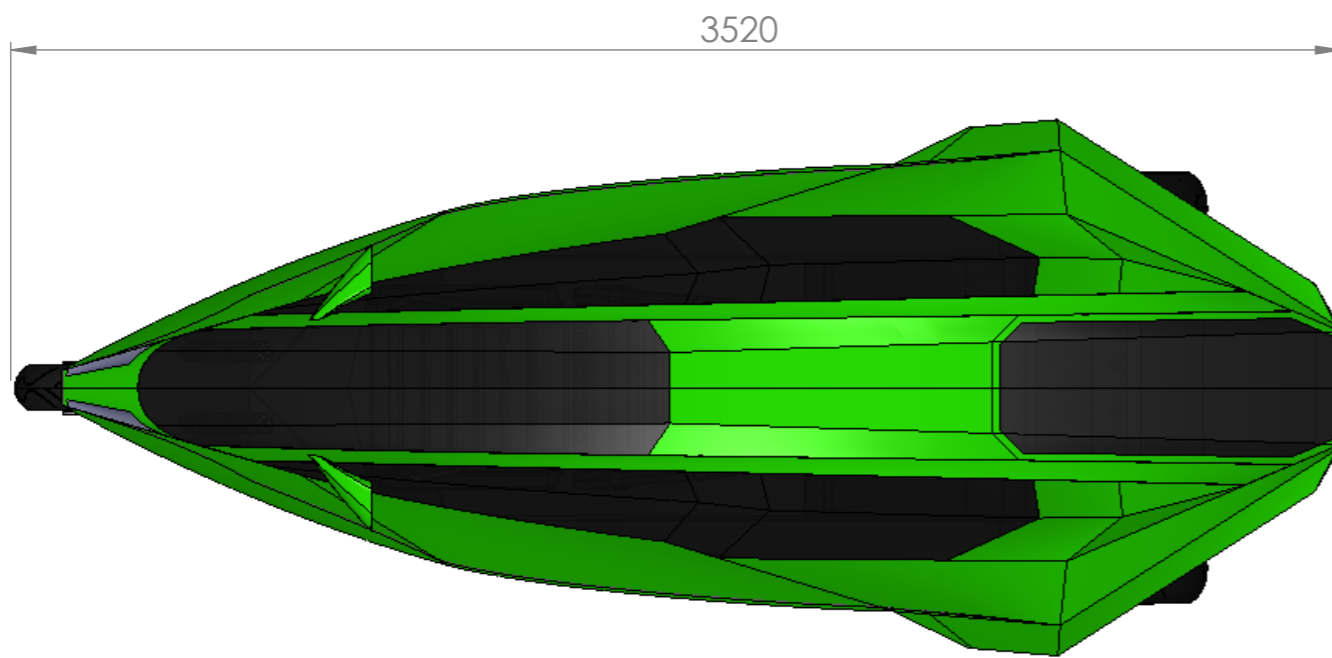
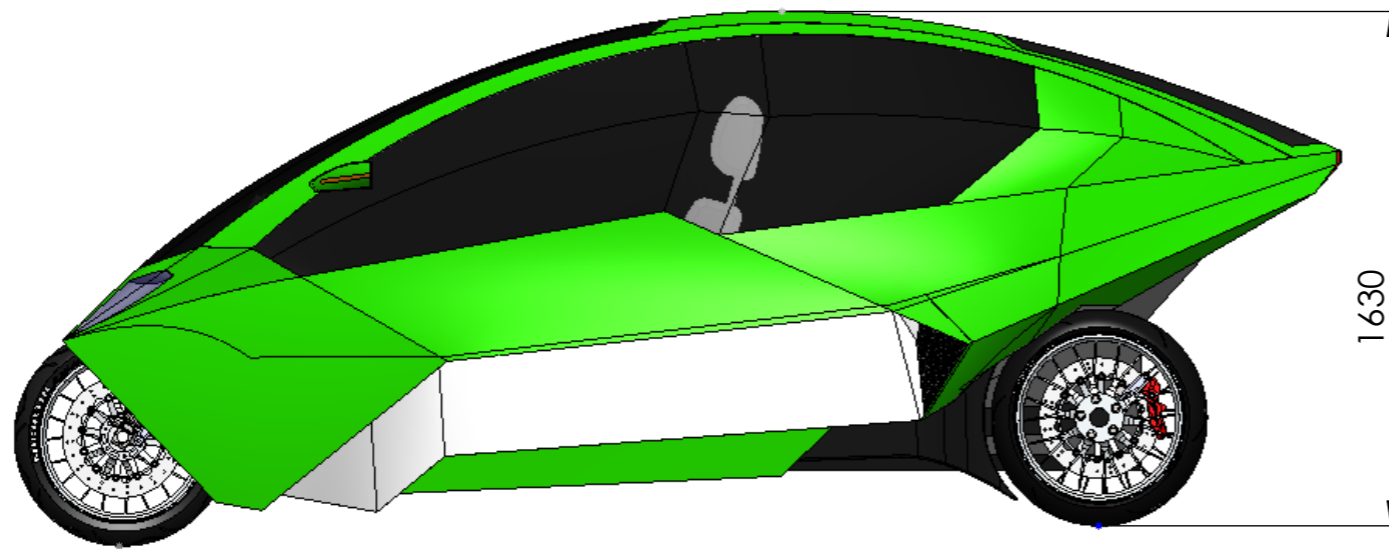
Viser strømning i form av trykk rundt chassis.





Delenummer	Delenavn	Antall
1	Fronthjul	1
2	Frontlykter	2
3	Sidespeil med blinklys	2
4	Baklys	2
5	Bakhjul	2
6	Lyftinntak	2
7	Dør	1

Dato: 14.05.2012	Målestokk: 1:10	IMT / UMB
Christoffer Leanderson		
Alle mål i mm om ikke annet er oppgitt på tegningen		Tegning nr: T-001
Sammenstilling Dolphin Family, Del D	Vedlegg 18	



Dato: 14.05.2012 Christoffer Leanderson	Målestokk: 1:20	IMT / UMB
Alle mål i mm om ikke annet er oppgitt på tegningen		Tegning nr:
Dimensjoner Dolphin Family, Del D	Vedlegg 19	T-002