

# DOLPHIN FAMILY, DEL A: UTVIKLING AV EKSTERIØRDESIGN FOR LETTVEKTSKJØRETØY

DOLPHIN FAMILY, PART A: DEVELOPMENT OF EXTERIOR DESIGN FOR A  
LIGHTWEIGHT VEHICLE

KRISTOFFER ROCA

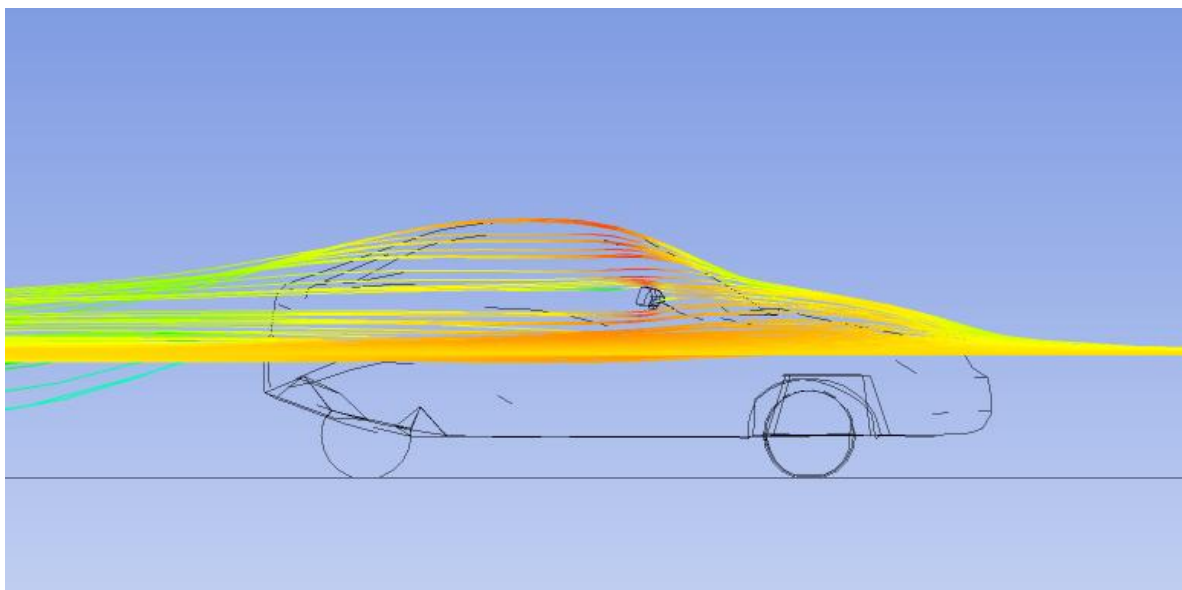
UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP  
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI  
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2011



# Dolphin Family, del A: Utvikling av eksteriørdesign for lettvektskjøretøy

---

av  
**Kristoffer Roca**



Masteroppgave våren 2011, Institutt for matematiske realfag og teknologi, UMB

## FORORD

I vel 140 år har vi som mennesker hatt gleden av å ferdes med motorisert bil. I Norge ble privatbiler tillatt fra 60-tallet, siden da har antall biler per innbyggere steget til å være blant verdenstoppen.

Økonomisk sett utgjør bilindustrien en av de største i verden. Det er derfor det er viktig å se på forbedringer og alternative designløsninger på dette området hele tiden.

Førstegangskjøperne ønsker seg gjerne praktiske og rimelige biler fremfor alt, men vi kan også lese av historien at mennesker har strebet etter å lage biler som er spesielt fine og spektakulære. Det har i enkelte tilfeller gått så langt som at bilprodusenter har satt stil fremfor lønnsomhet, med konkurs som konsekvens.

Det denne oppgaven tar sikte på er å utvikle eksteriørdesignet til et lettvektskjøretøy, som kan brukes til langreiser så vel som til hverdagslig pendling. Oppgavene er definert ved Institutt for matematiske realfag og teknologi, UMB.

En spesiell takk til min hovedveileder, førsteamanuensis dr.scient. Jan Kåre Bøe.

Ås, dato

---

Kristoffer Roca

Innholdet i rapporten kan ikke  
kopieres til kommersielt bruk  
eller offentliggjøring, uten  
tillatelse fra forfatteren.

## INNHALDSFORTEGNELSE

Side:

|            |                                    |           |
|------------|------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>BAKGRUNN</b> .....              | <b>9</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Innledning</b> .....            | <b>9</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Problemstillinger</b> .....     | <b>9</b>  |
| <b>1.3</b> | <b>Målsettinger</b> .....          | <b>10</b> |
| 1.3.1      | Hovedmål .....                     | 10        |
| 1.3.2      | Delmål.....                        | 10        |
| 1.3.3      | Begrensninger for oppgaven .....   | 10        |
| <b>1.4</b> | <b>Detaljert milepelplan</b> ..... | <b>11</b> |
| <b>1.5</b> | <b>Terminologi</b> .....           | <b>12</b> |
| 1.5.1      | Begreper .....                     | 12        |
| 1.5.2      | Symboler og formler.....           | 13        |
| <b>2</b>   | <b>KRAVSPESIFIKASJONER</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>3</b>   | <b>METODIKK</b> .....              | <b>16</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Ergonomi</b> .....              | <b>17</b> |
| 3.1.1      | Siktergonomi .....                 | 17        |
| 3.1.2      | Informasjon og operasjon .....     | 20        |
| 3.1.3      | Fysiologisk ergonomi .....         | 20        |
| 3.1.4      | Andre miljøfaktorer .....          | 23        |
| 3.1.5      | Antropometri.....                  | 24        |
| <b>3.2</b> | <b>Fysikk</b> .....                | <b>25</b> |
| 3.2.1      | Motstandskrefter på kjøretøy ..... | 25        |
| 3.2.2      | Luftstrømningsanalyse .....        | 29        |
| <b>3.3</b> | <b>Design</b> .....                | <b>31</b> |
| 3.3.1      | Hovedform .....                    | 31        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 3.3.2      | Detaljer .....                         | 31        |
| <b>3.4</b> | <b>Funksjon.....</b>                   | <b>31</b> |
| 3.4.1      | Rettskilder .....                      | 31        |
| 3.4.2      | Regelverk.....                         | 32        |
| <b>3.5</b> | <b>Materialer .....</b>                | <b>35</b> |
| <b>3.6</b> | <b>Estetikk .....</b>                  | <b>38</b> |
| 3.6.1      | Strømlinjedesign.....                  | 38        |
| 3.6.2      | Formstudie .....                       | 39        |
| <b>4</b>   | <b>DESIGNDETALJER.....</b>             | <b>41</b> |
| <b>5</b>   | <b>INNOVASJONSDESIGN .....</b>         | <b>44</b> |
| <b>6</b>   | <b>VALG AV KONSEPT .....</b>           | <b>46</b> |
| 6.1        | Valg av hovedformer .....              | 46        |
| 6.2        | Utvelgingsmatrise hovedform.....       | 47        |
| 6.3        | Konseptløsninger.....                  | 48        |
| 6.4        | Utvelgingsmatrise konseptløsning ..... | 49        |
| <b>7</b>   | <b>SKALAMODELL.....</b>                | <b>50</b> |
| <b>8</b>   | <b>CFD-ANALYSE .....</b>               | <b>53</b> |
| 8.1        | Strømlinjer .....                      | 54        |
| 8.2        | Resultater CFD.....                    | 56        |
| 8.3        | Konklusjoner CFD .....                 | 57        |

|  | Side:     |
|--|-----------|
| <b>9 VALG AV DESIGN</b> .....  | <b>58</b> |
| 9.1 Designløsninger .....  | 58        |
| 9.2 Utvelgingsmatrise for designløsning.....                         | 60        |
| <b>10 PRESENTASJON AV DESIGNLØSNING</b> .....                        | <b>61</b> |
| 10.1 Designløsning med hoveddimensjoner.....                         | 63        |
| <b>11 PROSESSDISKUSJON</b> .....                                     | <b>65</b> |
| <b>12 KONKLUSJON</b> .....   | <b>67</b> |
| 12.1 Anbefalinger, med oppnådde resultater og fysiske data osv. .... | 67        |
| 12.2 Oppnådde delmål .....   | 68        |
| 12.3 Videre arbeid.....  | 68        |
| <b>13 LITTERATURLISTE</b> .....                                      | <b>70</b> |
| 13.1 Skriftlige kilder .....   | 70        |
| 13.2 Nettkilder .....  | 71        |
| <b>14 VEDLEGG</b> .....  | <b>72</b> |
| <b>15 VEDLAGT MASTERGRADSKONTRAKT</b> .....                          | <b>73</b> |

## SAMMENDRAG

I framtiden vil det trolig bli stilt strengere krav til energibruk ved transport av gods og personer på offentlige veier. Trehjulet motorvogn vil naturlig nok være lettere enn firehjulet motorvogn. Denne oppgaven tar for seg eksteriørdesign for et slikt kjøretøy.

Kravspesifikasjonene for kjøretøyet klargjøres først før metodedelen begynner. I metodedelen gjennomgås temaene ergonomi, fysikk, design, funksjon, materialer, og estetikk. Dette for å opparbeide tilstrekkelig teoretisk bakgrunn for det videre arbeidet.

Hoveddelen tar fatt på designdetaljer for kjøretøy, og det presenteres noen artige innovasjonsdesign. I kapittelet "Valg av konsept" etableres det hovedformer, og det foretas en utvelgelse. Tre konseptskisser presenteres.

En skalamodell av favorisert konseptkjøretøy blir så presentert i kapittelet "Skalamodell". CFD-analyse gjennomføres på favorisert konseptkjøretøy. Resultater fra analysen og konklusjoner avslutter kapittelet.

Tre designløsninger skisseres i kapittelet "Valg av design". En designløsning utvelges spesielt, og hoveddelen avsluttes med presentasjon av designløsningen.

Oppgaven avsluttes med en prosessdiskusjon og konklusjon. Litteraturliste og nettkilder befinner seg bakerst i oppgaven, før vedlegg.

## ABSTRACT

The future probably holds stricter rules for the use of energy in the transportation sector. A three-wheeled vehicle naturally weighs less than a four-wheeled vehicle. This assignment assists in the development of exterior design for such a vehicle.

The specifications for the vehicle are firstly made clear, before the method part begins. In the method part, topics like ergonomics, physics, design, function, materials, and esthetics are treated. This is to ensure enough theoretical background, before the main part of the work.

The main part begins with detail designing for vehicles, and there is presented some "innovation designs". In the chapter "Valg av konsept" "mainforms" are established, and a selection is made. Three concept sketches are presented.

A scale-model is presented of the favored concept vehicle, in the chapter "Skalamodell". CFD-analysis is carried out on the vehicle, and results and conclusions finish the chapter.

Three design solutions are sketched in the chapter "Valg av design". A design is selected specially, and the main part ends with presentation of the design.

The assignment ends with a discussion of the process, and conclusion. Bibliography and internet sources are found at the end of the assignment, before the annexes.



# 1 BAKGRUNN

## 1.1 Innledning

Dette er en masteroppgave i designutvikling for lettvektskjøretøyet Dolphin. Målet er å lage et kjøretøy som ser bra og tidsriktig ut, og at prosjektet kommer seg forbi konseptstadiet.

Jeg skal gjennom arbeidstrinn som tekniske vurderinger, formantydende skissering, 3d modellering, luftstrømningsanalyse. Sluttproduktet presenteres i format som salgsbrosjyre, med fine illustrasjoner og hoveddimensjoner. Det er ønskelig at det skal lages en presentasjonsvideo, som skal vedlegges oppgaven.

## 1.2 Problemstillinger

- *Design*

Dette er hovedsakelig en designoppgave, med hovedfokus på å lage et tidsriktig design for et alternativt og miljøforbedrende kjøretøy.

- *Ergonomi*

Kjøretøyet skal være praktisk, og gjennomtenkt i forhold sikt spesielt. Fysiske anstrengelser på fører og ulykkesrisiko er i fokus.

- *Luftdynamikk*

Det er luftdynamisk design som er nøkkelen til lavt energiforbruk på langdistansereiser, så luftdynamikk og bilformer vil bli behandlet grundig.

- *Materialer*

Materialene som blir anvendt til bilen vil utgjøre bilens vekt. Så lenge man baserer seg på friksjonsbremseser, er det massen som er nøkkelen til lavt energiforbruk på kortdistansereiser.

- *Regelverk*

For at prosjektet skal være gjennomførbart, blir det sett på regelverket knyttet til design.

## 1.3 Målsettinger

### 1.3.1 Hovedmål

Å utrede, konseptualisere, designe og visualisere eksteriørdesignløsning for 3-hjuls lettvekts personkjøretøy for inntil tre voksne personer, eller fører og tilsvarende lastevolum, med tilhørende ergonomiske og tekniske anvisninger.

### 1.3.2 Delmål

Følgende delmål inngår i arbeidet med å nå hovedmålet:

- Gjennomgå litteratur om design, siktergonomi og luftstrømningslære.
- Produsere en mengde håndskisser, i konsultasjon med veileder.
- Tegne hovedformer, basert på formlære.
- Design av underelementer som lykter foran og bak, sidespeil, dørhendel.
- Produksjon av miniatyrmodell.
- Gjennomføre luftstrømningsanalyse, beregning av luftmotstandskoeffisient.
- Revidere og forbedre konseptløsning.
- Lage presentasjonsvideo med animasjon av designdetaljer, bevegelige dører, resultater.

### 1.3.3 Begrensninger for oppgaven

Av tidsmessige årsaker begrenses oppgavearbeidet med følgende:

- Testing av miniatyrmodell i vindtunnel.
- Konstruksjonsoptimering.
- Kollisjonsoptimering.
- Materialers gjenvinnbarhet og livssyklus.
- Lage 3d modeller for produksjon av prototype.
- Produksjon av prototype.

## 1.4 Detaljert milepelplan

Nedenfor er det utarbeidet milepelplan for tidsrommet vår 2011. Planen er delt inn i tre hoveddeler.

**Tabell 1: Milepelplan for tidsrom vår 2011**

| Hovedaktiviteter:<br>Måned  | Tidsrom |     |     |     |     |
|---|---------|-----|-----|-----|-----|
|   | Jan     | Feb | Mar | Apr | Mai |
| <b>Del 1:</b>   |         |     |     |     |     |
| Gjennomføre litteraturstudier og nettsøk, gå gjennom tidligere design på området. | ●●●     |     |     |     |     |
| Gjennomføre grunnlagsteori innen siktergonomi, luftmotstand, strømningsanalyse    | ●●      | ●   |     |     |     |
| Utforme tidlige konseptskisser  | ●       | ●   |     |     |     |
| <b>Del 2:</b>   |         |     |     |     |     |
| Design detaljer og underelementer (lykter etc.)                                   |         | ●●  | ●   |     |     |
| Spesifisere materialvalg og produksjonsmetoder                                    |         | ●   | ●   |     |     |
| Utvelge hovedløsning med underelementer.  |         |     | ●   |     |     |
| <b>Del 3:</b>   |         |     |     |     |     |
| Gjennomføre luftstrømningsanalyse   |         |     | ●   | ●   |     |
| Lage presentasjonsvideo   |         |     | ●●  | ●   |     |
| <b>Rapportføring</b>  |         |     |     |     |     |
| Redigering og skrivearbeid, prosessevaluering, konklusjon, sammendrag             |         | ●   | ●●● | ●●  |     |
| Slutføring og redigering av oppgaven, leveres innen 15. mai                       |         |     |     | ●   | ●   |


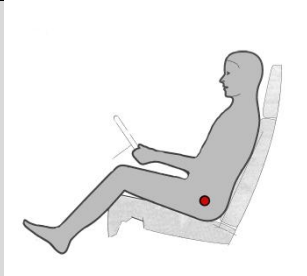
● Delaktivitet

● Milepel

## 1.5 Terminologi

Liste over viktige begreper for blant annet fysikk og lovgivning.

### 1.5.1 Begreper

| Begrep  | Betydning/utdypning   |
|---|---|
| Luftmotstandskoeffesient  | Måles i vindtunnel, eller ved CFD simulering  |
| Luftmotstandskraft  |   |
| Massetettheten til luft ved havnivået   | (1,29kg/m <sup>3</sup> )  |
| Vindhastigheten   | Hastigheten til kjøretøyet  |
| Tverrsnittsarealet til bilen  | (Isoprojeksjon forfra)  |
|   |   |
| Rullemotstandskoeffisienten (0,015 på asfalt)   |   |
|   |   |
| Setereferansepunkt (SRP/R-punkt)<br> | <p>Punkt like under halebeinet. Punktet der en linje som tangerer ryggen og baken til en sittende person, krysser en annen linje som ligger langs baklåret tilpersonen.</p> <p>Obs. Punktet ligger midt i mellom de to forsetene. Forsetene skal stå i bakerste stilling.</p> |
| H-punkt (Hoftepunkt)<br>            |   |
| Luminans (lysstyrke) (måles i candela)  |   |
| Endring i luminans  |   |

## 1.5.2 Symboler og formler

Viktige begreper, deres symboler og enheter, går fram av Tabell 1 nedenfor.

**Tabell 2: Symboler og enheter som brukes i prosjektet.**

| Symbol             | Begrep   | Enhet (SI)        |
|--------------------|--|-------------------|
| $F_{Tr}$           | Trekraft   | N                 |
| $F_D$              | Luftmotstandskraft   | N                 |
| $F_{Ro}$           | Rullemotstandskraft  | N                 |
| $F_{St}$           | Stigningsmotstand  | N                 |
|                    |  |                   |
| $P_{MTOT}$         | Motoreffekt (totalt)   | kW                |
| $P_{MM}$           | Motoreffekt (mekanisk)   | kW                |
| $P_{MT}$           | Motoreffekt (termisk)  | kW                |
|                    |  |                   |
| $C_D$              | Luftmotstandskoeffesient                                       | -                 |
| $\varphi$          | Rullemotstandskoeffisienten                                    | -                 |
|                    |  |                   |
| $\rho$             | Massetettheten til luft ved havnivået (1,29kg/m <sup>3</sup> ) | kg/m <sup>3</sup> |
| $v$                | Vindhastigheten, hastigheten til kjøretøyet                    | m/s               |
| A                  | Tverrsnittsarealet til bilen (Isoprojeksjon forfra)            | m <sup>2</sup>    |
| g                  | Gravitasjonskonstanten (9,81m/s <sup>2</sup> )                 | m/s <sup>2</sup>  |
| $\alpha$           | Bakkestigningsvinkel   | deg               |
|                    |  |                   |
| $F_{L,\Delta P}$   | Luftmotstand på grunn av lufttrykkforskjell                    | N                 |
| $F_{L,OV}$         | Luftmotstand på grunn av overflatefriksjon                     | N                 |
| $F_{L,L\emptyset}$ | Luftmotstand på grunn av løftmotstand                          | N                 |
| $F_{L,FY}$         | Luftmotstand på grunn av forstyrrelser                         | N                 |
|                    |  |                   |
| L                  | Luminans (lysstyrke)   | cd/m <sup>2</sup> |

Tabell over formler som brukes i oppgaven, med deres formelnummer.

**Tabell 3: Formler som benyttes.**

| Begrep                                | Formel   | Formel nr. |
|---------------------------------------|--|------------|
| Trekraft                              | $F_{Tr} = F_D + F_{Ro} + F_{St}$   | (2.1)      |
| Effektlikningen                       | $P_M = P_{Luftm.} + P_{Rullem.} + P_{Klatrem.}$                                  | (2.2)      |
|                                       |  |            |
| Luftmotstandskraft                    | $F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A$   | (2.3)      |
| Utvidet formel for luftmotstandskraft | $F_D = F_{L\Delta P} + F_{L\text{OV}} + F_{L\text{L}\emptyset} + F_{L\text{FY}}$ | (2.4)      |
|                                       |  |            |
| Rullemotstand                         | $F_{Ro} = \varphi mg$  | (2.5)      |
| Stigningsmotstand                     | $F_{St} = mg \sin \alpha$  | (2.6)      |
|                                       |  |            |
| Luftmotstandskoeffisient.             | $C_D = \frac{2 F_D}{\rho v^2 A}$   | (2.7)      |
|                                       |  |            |
|                                       |  |            |

## 2 Kravspesifikasjoner

- *Passasjerløsning*

Det skal være plass til to voksne personer foran og en person bak (2+1).

- *Hjulløsning*

Det skal være to hjul foran og ett bak (2+1).

- *Målkra*

Nytt eksteriørdesign for Dolphin-prosjektet skal følge omtrent de samme målspesifikasjonene som tidligere, det vil si:

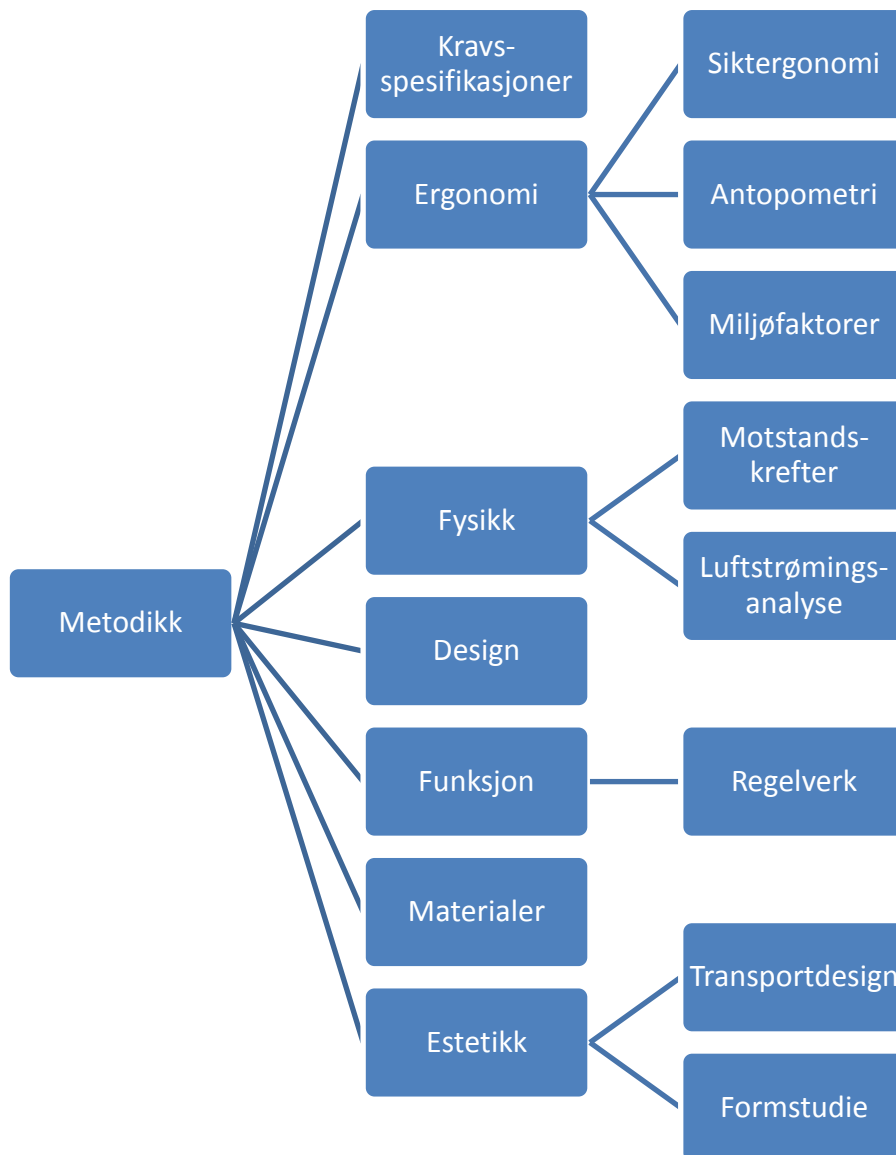
- Akselavstand: 2500mm (absolutt krav).
- Plass til liten motor, ca. 30cmx30cmx70cm.
- Bredde: 1600mm.
- Høyde: 1360mm.
- Lengde: 3470mm.
- Tidligere ytre hjuldiameter 60 cm (ikke krav).

### 3 Metodikk

**metode** m1 (fra gr, eg 'det å følge en viss vei mot et mål', av *meta* 'etter' og *hodos* 'vei') systematisk framgangsmåte

**metodikk** m1 læren om metodene innenfor et visst arbeidsområde el. fag

Figur 1 viser et oversiktskart, over metodikken som inngår i oppgaven.



**Figur 1: Oversiktsdiagram for arbeidsmetodikk i prosjektet.**



### 3.1 Ergonomi

Ergonomi er kunnskapen om arbeidsteknikk eller menneskelig bevegelsesteknikk. God ergonomi er forsvarlighet rundt fysiske anstrengelser og ulykkesrisiko. "Ergon" betyr arbeid på gresk, og "nomos" betyr lov.

Ergonomi er altså et mellomdisiplinært fag, som kommer fra fysiologi, psykologi, antropologi og medisin. Fysiologi er læren om kroppen. Psykologi er læren om hjernens persepsjon og tolkning. Antropologi er faget i å kartlegge størrelser og fysiske egenskaper på forskjellige grupper av mennesker.

Ergonomi fikk mye av sitt utspring rundt andre verdenskrig. Det ble da brukt for design av store militære fartøyer. Den første ergonomiforeningen oppstod i England år 1949. Den ble etterfulgt av "Internasjonal ergonomiforening, IEA" i år 1961. (2)

I en bil er man omgitt av et karosseri som skjermer og beskytter mot det utvendige miljøet. Vind og vær, lys og lyd. Fjæringen beskytter deg for dumper i veien, og klimaanlegget sørger for behagelig temperatur. Vi går med andre ord inn i et slags skall, og blir en del av en større og mer kraftfull maskin.

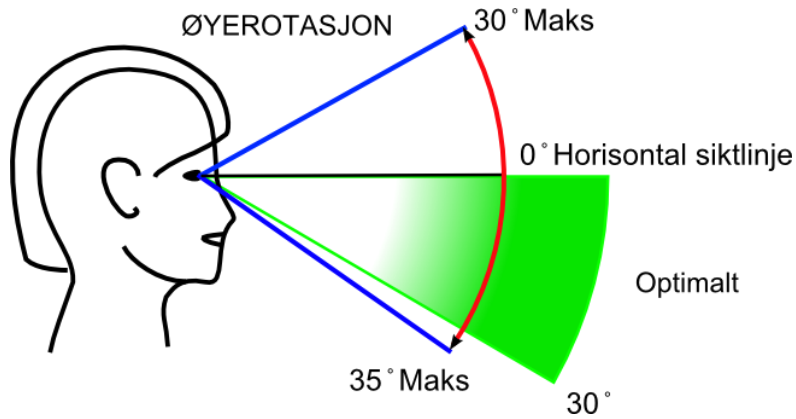
Det er risiko for sammenstøt når man kjører bil, det er det ingen tvil om, selv på de sikreste veier. For å minimere denne risikoen må det tas hensyn til sikt, belysning, kontrastforhold osv. Moderne biler er godt lydisolerte mot støy, men dette blokker også for hørselen av forbikjørende biler. Derfor blir sikten desto viktigere.

#### 3.1.1 Siktergonomi

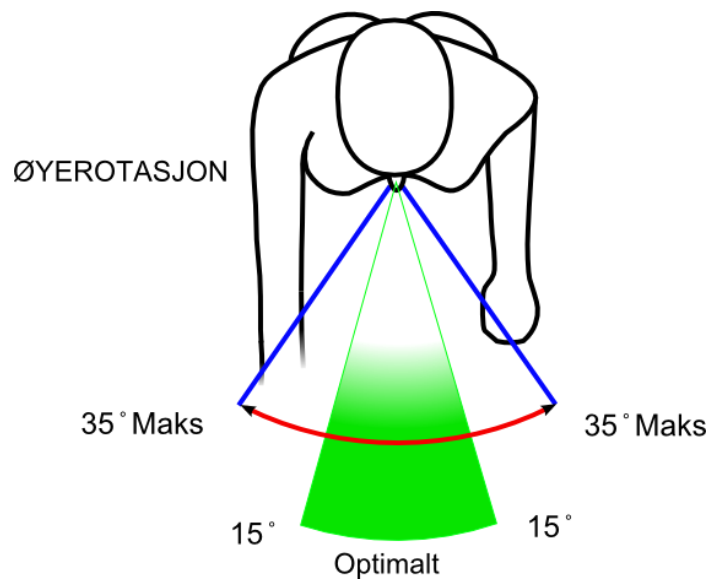
Vi har vel alle kjørt inn i en tunnel og merket at det plutselig ble bekmørkt. Eller enda verre, når man kjører ut av tunnelen og får dagslyset brått i fleisen. Man vil ikke kunne se noe som helst i noen sekunder. Eller om man får det sterke sollyset direkte i øyet på morgenen eller ettermiddagen. Siden lyset kommer konsentrert fra ett punkt, blir man blendet. Det er derfor lysrør er mindre blendene enn spotlys. Er det snø ute, bidrar det meget til indirekte belysning på omgivelsene. Snøen er meget reflektiv, det kan man se av at snøen fremstår som blå i blåtimen, da den reflekterer himmelen som fortsatt er belyst.

- *Komfortsone sikt*

Hodet vil balansere seg til 90 grader, det vil ikke hvile seg på hodestøtte. Vi definerer siktlinjen som horisontal. Det er videre mer behagelig å se ned enn opp. Ved konsentrert arbeid er det optimale området 30 grader nedover fra siktlinjen, da har man blikket på veien.



**Figur 2: Behagelige arbeidssyn (konsentrert arbeid), sett fra siden. (5)**



**Figur 3: Behagelige arbeidssyn (konsentrert arbeid) , sett ovenifra . (5)**

Figur 2 og Figur 3 viser det mest behagelige arbeidssynet i sittende stilling. Ved bilkjøring har man et mer avslappet forhold til hvor man skal se, men det kan være interessant å se hvordan speilene vil stå i forhold til dette.

- **Synssvekkelse med alder:**

Synet og kontrastfølsomheten blir svært svekket når man blir gammel. Tabell 4 viser hvordan synet svekks med alderen.

**Tabell 4: Forringelse av syn. (5)**

| Alder | %   |
|-------|-----|
| 20    | 100 |
| 40    | 90  |
| 60    | 74  |
| 80    | 47  |

- **Lysintensitet**

Når man jobber med fint håndarbeid trenger man høy lysintensitet 4 000 lux. Vanlig kontorarbeid går fint ved 800 lux. På veien bør det ikke være mindre enn 50-100 lux, for å kunne gjenkjenne gjenstander osv. Det bør ligge på 500 lux ved inn og utganger av tunneler, for lettere øyetilpasning. På en klar dag kan lysintensiteten være hele 50 000 lux.

- **Kontrastforhold**

"Kontrast betyr forholdet mellom to belysningsstyrker fra en overflate. Luminans er mengden lys som blir reflektert tilbake til øynene, fra overflaten til objekter som er i synsfeltet." (2)  
Luminans måles i  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

"Kontrastfølsomheten kan angi en persons evne til å se små forskjeller,  $\Delta L$ , i luminans i forhold til en bakgrunn med luminans  $L$  (jo mindre forskjell, desto bedre kontrastfølsomhet), eller evne til å se små fargeforskjeller." (7)

"Lysforholdet til midten av synsfeltet bør ikke være mer enn 10 til 1, (eller 1 til 10) i forhold til ytterkant av synsfeltet." (1)



Tabell 5 viser hvordan man oppfatter forskjellige luminansforhold mellom objekter i synsfeltet.

**Tabell 5: Menneskelig oppfattelse av noen luminansforhold. (2)**

| Luminansforhold | Oppfattelse |
|-----------------|-------------|
| 1:1             | Ingen       |
| 3:1             | Moderat     |

|       |                     |
|-------|---------------------|
| 10:1  | Høyt                |
| 30:1  | For høyt            |
| 100:1 | Langt for høyt      |
| 300:1 | Ekstremt ubehagelig |

"Synsfeltet kan deles inn i tre områder. Oppgaveområdet, nær omgivelse, og bred omgivelse. Lysstyrkeforholdet mellom det nære feltet, og den nære omgivelse skal ikke være større enn 3. Videre skal lysstyrkeforholdet mellom den nære omgivelse og den brede omgivelse ikke være større enn en faktor på 10." **(2)**

### 3.1.2 Informasjon og operasjon

- **Kort om displayteknologi**

Lyse objekter er mer forstyrrende enn mørke objekter. Derfor er har gjerne instrumentpaneler mørk bakgrunn, og lyse pekere og symboler. Man ønsker her å bli "forstyrret" på positivt vis. Det går mot at det blir flere biler med elektronisk monodisplay, fremfor elektromekaniske målere på instrumentpanelet.

- **Kamerasystemer**

Kamerasystemer er gode på å gi føreren et raskt overblikk over hva som skjer rundt bilen. Kamerasystemer eliminerer blindsoner, og reduserer ulykkesrisikoen på parkeringsplassen. National Semiconductor i USA utvikler signalkretser for trykfkølsomme videoskjermer, Figur 4.

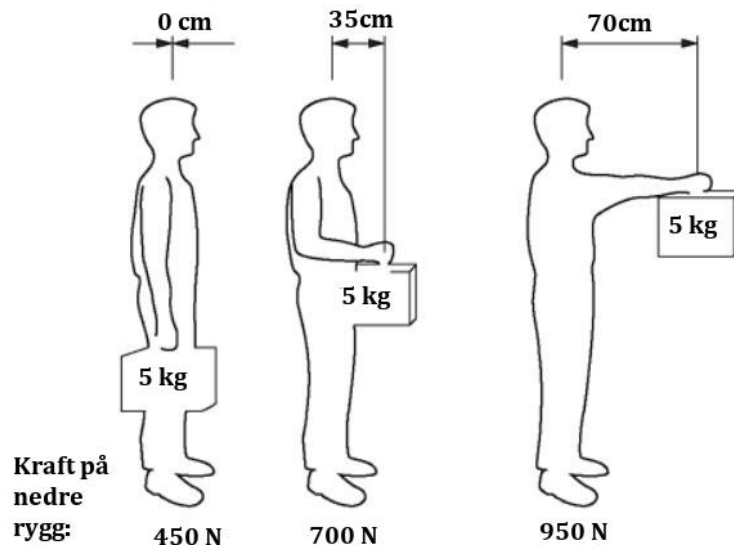


**Figur 4: Kamerasystemer. (Nettkilde: #2)**

### 3.1.3 Fysiologisk ergonomi

- **Biomekanikk**

Biomekanikk er mekanikk (statikk og dynamikk) som er anvendt på menneskekroppen for å finne ut hvilke spenninger som opptrer i muskler, ledd og leddbånd, når de belastes.



**Figur 5: Biomekanikk anvendt for å beregne krefter i nedre rygg. (2)**

I Figur 5: For at en masse på 5 kg skal kunne holdes oppe på utstrakt arm, må det være et konstant moment i kroppen (fra fot til skulder) som skaper strekkspenninger musklene bak i ryggen. Muskler kan bare ta opp strekk, så alt tykket må bæres av skjellettet og de utsatte "putene" mellom ryggvirvlene.

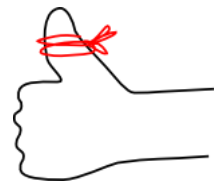
- **Strekviddeområde**

Komfortsoner eller strekkviddemodeller er mye brukt for plassering av styringsmekanismer som knapper, brytere (varsellys, taklys), spaker (gir, lys, vindusviskere) og vribrytere.

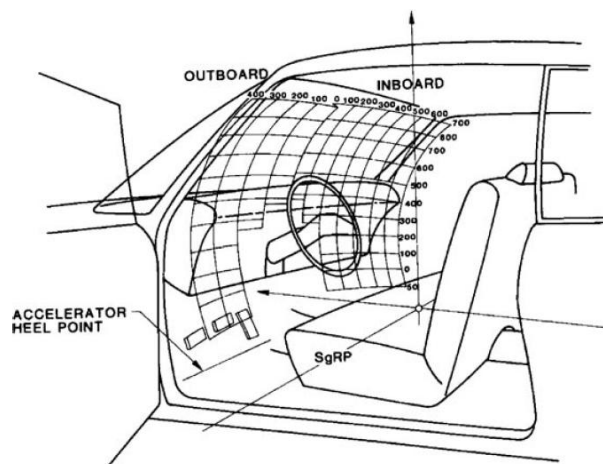
Det finnes flere framgangsmåter for å utvikle strekkviddeområdemodeller:

- 1) Man kan se til litteratur på området:

Hovedregel: "De viktigste operasjonsbevegelsene bør befinne seg innenfor en radius på 50 cm fra skulderleddet. Dette gjelder sittende kroppsstilling, så vel som stående." (2)



Tabelldata fra SAE Recommended Practice J287 (Hammond & Roe) publisert i 1972. Her finner man strekkviddeflater som føreren kan nå alle punktene langs, Figur 6. Flatene er utviklet fra laboratoriemålinger av et representativt utvalg av befolkningen. Forskjellige strekkviddeflater finnes for forskjellige biltyper med forskjellig setestilling, ratthøyde, fothvile og så videre. (9).



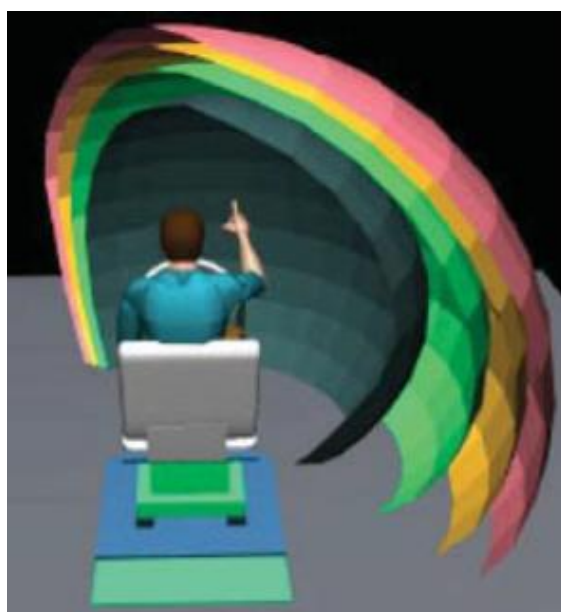
**Figur 6: Eksempel på strekkviddeflate, J287 (Hammond og Roe, 1972). (9)**

Men det er en ulempe at det ikke finnes strekkviddeflater for forskjellige prosentiler av befolkningen. Det er heller ingen informasjon om vanskelighet eller ubehagelighet, langs de forskjellige punktene på flatene. (9)

- 2) Man kan gjøre tilsvarende målinger, der man også registrerer vanskeligheten av å nå de forskjellige punktene, på en skala fra en til ti.

Ulempen er at det er krevende å måle et bredt representativt utvalg av befolkningen.

- 3) Man kan lage en virtuell representativ person, og bruke denne til å lage nivåflater for strekkvidde, Figur 7 .



Nærsone

Komfortsone

Belstningsone

Faresone

**Figur 7: Rangerte nivåflater for strekkvidde. (9)**

Forsker Matthew P. Reed, hevder at tradisjonelle strekkviddemodeller mest sannsynlig er uriktige, da strekkvidde også er begrenset av balanse og risikotoleranse, og ikke bare av leddenes bevegelighet og muskelsmerter. (Nettkilde: #3)

- *Kort om setedesign*

Bilen skal designes for lengre kjøreturer, og da er setedesign er viktig for komforten. Man kan lese av historien, at rikelig polstrede seter har vært tilgjengelig for mer bemidlede personer, mens de mindre bemidlede massene har måttet nøye seg med harde seter, med liten eller ingen polstring. Dagens massetransporterende by-busser og T-bane har gjerne harde og lite stoppede seteputer, mens langdistansefartøy har rikelig polstring.

Justerbare seter er helt nødvendig da vi er av forskjellige lengder. 21 cm reisevei er tilstrekkelig langs en skinne som har vinkel nedover 18 grader, fremover, kilde: Enda bedre er det om man kan justere setet i både høyde og lengderetning selv. Enkelte grupper mennesker har både lengre bein og armer, men kortere overkropp. Andre har både kortere bein og armer, og så videre. (5).

Mange biler mangler setejustering i høyden. Slik kan man designe taket lavt og oppnå god luftdynamikk, men det går sårt utover ryggmusklene til høye personer. Jeg er 1,90 meter høy og vil være i øverste 2,5 prosentil av befolkningen. Sånn sett er jeg en bra testkanin på øvre prosentilmål for en serieprodusert bil.

- *Krenging av kupé*

Det er gunstig om kupeen kan la seg **kreng** eller tilte, siden det er mange svinger som ikke er riktig doserte, for eksempel alle rundkjøringer. Krengning vil gjøre det mer behagelig for passasjerene. Kroppen må holde igjen sentripetalkraften, men den får nå drahjelp fra tyngdekraften. Er vinkelforholdet helt riktig vil disse kreftene utligne hverandre. Krenging av kupeen gir ikke bedret veigrep, da er det heller svingen selv som må være dosert. Mange moderne tog har krengning av vogner ved hjelp av hydraulikk.

### 3.1.4 Andre miljøfaktorer

- *Lyd*

Noen kilder for lyd i trafikken er: Vind/luftmotstand, rullestandsstøy, motorstøy etc.

Høyfrekvente lyder er plagsomme. Kjøring må sies å være en konsentrasjonsoppgave, og lydnivået skulle da teoretisk være maks 60dB.

Jeg har målt og erfart er at inntill 65 dBA er meget behagelig for transport. På tog er det ca. 58 dBA, som er lavt, men da det er og mye lavfrekvent lyd i området. Dårlig isolering og høy fart kan gi 70dBA, som er i høyeste laget. Vi befinner oss allikevel langt under det som er skadelig. Tabell 6 viser tidstoleranser for daglig lydeksponering før skade :

**Tabell 6: Maks daglig lydeksponering. (2)**

| Lydnivå (dB) | Eksponering per dag før skade |
|--------------|-------------------------------|
| 76           | <b>16 timer</b>               |
| 80           | <b>8 timer</b>                |
| 89           | <b>1 time</b>                 |
| 100          | <b>5 minutter</b>             |

- **Vibrasjoner**

Avbalansering av dekk er meget viktig for kjørekomfort. Tyngre maskineri/kjøretøy er mindre utsatt for vibrasjoner. Resonans opptrer i aksler ved et gitt turtall. Eksentrisitet kan minimerer med god produksjonsteknikk.

### 3.1.5 Antropometri

Antropometri betyr menneskemål. Jeg tar utgangspunkt i boken "The Measure of Man And Woman – R.Tiley" (5), som har en statistisk oppsamling av menneskemål, som er velpresentert.

Kildene for målene i boka er populasjonen i USA, som er en bred blanding av forskjellige folk. Den øverste og den nederste prosentilen er ekskludert av hensyn til praktisk produktdesign.

Prosentil er et sentralt begrep og betyr prosentandelen av befolkningen som ikke vil overskride disse målene. Man rangerer alle høydene av ett kjønn, i en tabell fra liten til stor. En 95-prosentil mann kan da leses av til å ha maksimalt en høyde på 1920mm.

Det finnes en mengde digitale antropometriske resurser. Her er en noen resurser:

- UGS-PML Solutions: Jack Occupant Packaging Toolkit
- ErgoForms



- Safework – Dekker også avvikende tilfeller.
- RAMSIS – Menneskemodellering. Brukes i bilbransjen.
- PeopleSize2000
- <http://www.3dscience.com/humanfactors/index.php>

### 3.2 Fysikk

#### 3.2.1 Motstandskrefter på kjøretøy

Det største effekttapet ved Ottomotorer skyldes varmetap i form av eksosvarme (ca. 60%), og konduksjon (varmeledning), konveksjon (varmestraling), men dette ses bort fra her. Jeg ser nå bare på den mekaniske effekten som enhver motor gir ut til hjulene, og hva denne energien brukes til.

**Formel 1: Trekkraftligningen.**

$$F_{Tr} = F_D + F_{Ro} + F_{St} \quad (2.1)$$

Kraften til motoren, må være lik luftmotstanden, rullemotstanden, og klatremotstanden.

$$F_M \times v = F_{Luftm.} \times v + F_{Rullem.} \times v + F_{Klatrem.} \times v$$

Mekanisk effekt er lik kraft ganger hastighet. Ganger man motstandskreftene med bilens hastighet, finner man motorens mekaniske effekt.

**Formel 2: Effektligningen.**

$$P_M = P_{Luftm.} + P_{Rullem.} + P_{Klatrem.} \quad (2.2)$$

Luftmotstanden øker med kvadratet av vindhastigheten, og dermed øker  $P_{Luftm.}$  med kubikken av vindhastigheten.  $P_{Klatrem.}$  bidrar bare til å lagre energi potensielt. Rullemotstanden øker lineært og utgjør det største mekaniske effekttapet ved hastigheter under ca 40 km/t. Den mekaniske effekten ved langkjøring går altså hovedsakelig med til å dytte og dra luft for å si det enkelt.

- **Luftmotstand**

**Fra nettsiden til Volkswagen:**

*"Aerodynamikk er en viktig faktor når et karosseri konstrueres. Bilens luftmotstand påvirker drivstofforbruk, topphastighet og støynivå. De fleste publikasjoner oppgir en luftmotstandskoeffisient som en  $C_d$ -verdi i sammenheng med de aerodynamiske egenskapene til en bil. Luftmotstandskoeffisienten måles i en vindtunnel. Ulike faktorer påvirker  $C_d$ -verdien bl.a. karosseriformen (sedan, kombi eller stasjonsvogn). Smale spalter (dørovergang f eks) reduserer virvler og gir en lavere luftmotstand. Utformingen av understellet påvirker også verdien. Spesielle understellplater av plast bedrer luftmotstanden. I tillegg beskytter de understellet mot ytre påkjenninger, de er lettere enn vanlig understellbeskyttelse og er enkle å gjenvinne etter bruk. Luftmotstanden oppstår når bilen skyver bort luften rundt bilen, og det oppstår friksjon mellom luften og bilens overflate. Den virker mot bilens bevegelsesretning og er avhengig av bilens hastighet, frontflate, luftmotstandskoeffisient ( $C_d$ ) og hvor tett luften er." (Nettkilde: #4)*

Formelen for beregning av luftmotstandskraften er:

**Formel 3: Luftmotstandskraft.**

$$F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A \quad (2.3)$$

Den faktoren som har størst bidrag til luftmotstanden, er bilens hastighet. Siden luftmotstandskraften er proporsjonal med kvadratet av vindhastigheten. Det er denne kraften som er klart størst ved langkjøring.

Luftmotstanden kan i sin tur deles opp i fire ledd.








**Formel 4: Utvidet formel for luftmotstandskraft.**

$$F_D = F_{L,\Delta P} + F_{L,OV} + F_{L,LØ} + F_{L,FY} \quad (2.4)$$

Lufttrykkforskjellen  $\Delta P$  utgjør det største bidraget ved vanlige personbiler. Det er på grunn av personbiler ofte har en "bløff" kropp, som er kort og avvisende. For slike former vil det oppstå separasjon av luftstrømmen bak. Dette vil igjen resultere i et vakuum bak kjøretøyet som trekker bilen bakover. Videre vil overflatefriksjonen bidra til økt luftmotstand, gjennom skjærkrefter som virker på luften. Denne kraften blir forholdsvis liten ved personbiler. Derimot utgjør løftmotstanden, en god andel av luftmotstanden. Løftmotstanden skyldes at luftstrømmen vil gå raskere over kjøretøyet, enn under. Dermed blir det lavere trykk i overkant av bilen, i følge Bernoulli, som gjør at luften vil prøve å løfte bilen. Ved sidespeilene oppstår det også forstyrrelser og virvelstrømmer som snurrer rundt. Dette tapet faller under det siste leddet i Formel 4. Under karosseriet er det ofte hull og diverse gjenstander som også vil lage forstyrrelser i luftstrømmen og bidra til luftmotstanden. (4)

En CFD-analyse vil kunne bidra til å identifisere de forskjellige komponentene av luftmotstanden.

- **Luftdynamiske former**

| Vanlige bilformer   |                                       | Ekstreme bilformer   |  |
|---|---------------------------------------|--|--|
|  | Drag coefficient $c_w$<br>0.5 ... 0.7 |  | Drag coefficient $c_w$<br>0.2 ... 0.25 |
|  | 0.5 ... 0.6                           |  | 0.23                                   |
|  | 0.4 ... 0.55                          |  | 0.15 ... 0.20                          |
|  | 0.3 ... 0.4                           |  |  |

**Figur 8:Luftmotstandskoeffisienter bilformer.(6)**

Forskjellige bilformer gir forskjellig luftmotstand. Figur 8 viser forskjellige bilformer, med tilhørende luftmotstandskoeffisienter.

- **Luftdynamikk. Sidevind**

Jeg tenker at jeg skal designe en bil, og ikke et fly. Jeg må tenke på at man har bakken under seg. Dette gir sidevindene mye større effekt. Denne effekten må jeg ikke la bremse kjøretøyet, men jeg bør heller prøve å utnytte det.

Når man er på motorveien og kjører i vind, merker man sidevinden som slår mot bilen. Jeg har derfor påtenkt et seil-design. Man former karosseriet sett ovenifra, som et flyvingesnitt. Dette påtenkte tyskeren Dr. Edmund Rumpler allerede i 1920, (4), men det viste seg å kreve store dimensjoner på kjøretøyet, **Nettkilde: #9**.

- **Rullemotstand**

Her går energi tapt, ved at hjulene blir deformert.

### **Formel 5: Rullemotstand.**

$$F_{Ro} = mg \varphi \quad (2.5)$$

Rullemotstandskoeffisienten  $\varphi$  på asfalt med vanlige pneumatiske hjul er 0,015. Ved mindre hjul og større hjuldeformasjon, øker  $\varphi$ . Ved svingete veier øker også rullemotstanden. Rullemotstandskraften blir minimal for et lettvektskjøretøy.

Mye av energien som går til rullemotstand brer seg som lydstry.

- **Stigningsmotstand**

Når bilen kjører opp en bakke vil den bli utsatt for stigningsmotstand.

### **Formel 6: Stigningsmotstand.**

$$F_{St} = mg \sin \alpha \quad (2.6)$$

$F_{St}$  avhenger av bilens vekt og bakkestigningsvinkelen. Siden den mekaniske energien blir bevart, vil man få tilbake denne energien når man kjører nedover igjen.

- **"Bremsemotstand"**

Ved bykjøring går mye av bevegelsesenergien tapt ved friksjonsbremsing. Lettvektskjøretøyer er mindre utsatt enn tunge kjøretøyer ved bykjøring, siden bevegelsesenergi lagres proporsjonalt med vekten.

Det har begynt å komme noen bilmodeller med generatorbremsere, som bevarer energien. For mer informasjon kan man søke på internett med søkeord: Regenerative brake

### **3.2.2 Luftstrømningsanalyse**

- **CFD-analyse**

CFD står for "Computational Fluid Dynamics" og er en numerisk metode for å beregne og simulere hendelsesforløpet av f.eks luftstrømninger rundt en bil i en omgivelse (en såkalt domene, eller et analyseområde).

Det finnes to forskjellige framgangsmåter for elementanalyse:

- 1) Bevegelige elementer**

Elementer beveger seg inn og ut av analyseområdet, og følger strømmingen. Hvert element har konstant masse.

### 2) Statistiske elementer

Man lager en virtuell beholder, og sier at luft inn er lik luft ut. Skal luft passere forbi et objekt må det nødvendigvis gå med høyere fart.

Man deler så den virtuelle beholderen i mange små volumelementer (Man gjør en meshing, eller gridgenerering). Slik får man et mer detaljert bilde av hvordan luftstømmen vil oppføre seg. Alle elementene følger de samme reglene om energibevaring. Her kan masse kan bevege seg fra element til element, men elementene beveger seg ikke.

Programmet skal løse det matematiske problemet som vanligvis består av invertering av matriser. Jo mer kompleks modell, jo mer regnekraft trengs det. Til luftstrømningsanalyse er det nødvendigvis behov for transient analyse, altså resultater over utviklingen i en tidsperiode. F.eks fra stille luft, til en vind på 100km/t. Eller man kan forespørre en, steady state, rolig tilstand løsning ved vindhastighet på 100km/t.

Til noe så komplisert som en luftstrømsanalyse rundt en bil, blir det fort snakk om en million ligninger og en million ukjente. Men man kan forenkle modellen, og det er litt av kunsten.

- **Vindtunell**

Med moderne 3d-printere kan man presist lage en skalamodell. Det kan gjøre vindtunnelanalyse mye enklere enn om man skulle lage en leiremodell. Ved laborietesting i vindtunnel reduserer man det fysiske problemet til en ligning og en ukjent, luftmotstandskoeffisienten. Dog kan det hende at egenskapene til luft på en liten skalamodell, opptrer noe annerledes enn ved fullskala. Formel 7 viser hvordan luftmotstandskoeffisienten  $C_D$  regnes ut.

#### **Formel 7: Luftmotstandskoeffisient.**

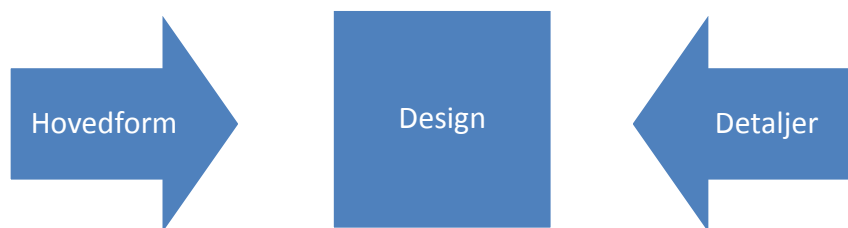
$$C_D = \frac{2 F_D}{\rho v^2 A} \quad (2.7)$$

A er det største tverrsnittsarealet til bilen.  $\rho$  er massetettheten til luft. A og  $\rho$  er konstanter. Man måler så vindhastigheten  $v$  med luftstrømsmåler, og luftmotstandskraften  $F_D$  med

fjærvekt. Målingene tas ved forskjellige vindhastigheter, og man finner luftmotstandskoeffisienten  $C_D$ .

### 3.3 Design

For å utvikle et godt design må man gjennom to stadier. Det første er å etablere hovedform, ut i fra mange kriterier som: Passasjerer, hjuldimensjon, luftdynamikk, lovverk . Det andre er å etablere detaljer.



#### 3.3.1 Hovedform

Hovedformen designes etter hvilken funksjon den skal ha. Form følger funksjon. Er luftdynamikk alfa og omega? Eller er romslighet viktigst? Hovedformen må så optimeres, men må fortsatt må ivareta etableringskriteriene.

#### 3.3.2 Detaljer

Detaljene gjør bilen. Lyktene fungerer som blikkfangere og det må utnyttes. Særlig baklyktene må være i fine, siden det er dem man ser når man står i kø. Slike lykter kan ha tusen detaljer, som gjentar seg i mønster, langs kurver. Det er lett å bli overveldet av slike detaljer. Andre detaljer ligger i design for felger, hjul, dørhåndtak, griller etc.

### 3.4 Funksjon

#### 3.4.1 Rettskilder

Den mest sentrale rettskilden for kjøretøydesign er:

Forskrift om tekniske krav og godkjenning av kjøretøy, deler og utstyr (kjøretøyforskriften).


Hjemmel: Fastsatt av Vegdirektoratet 4. oktober 1994 med hjemmel i vegtrafikklov 18. juni 1965 nr. 4 § 13, § 14, § 15 og § 16.

### 3.4.2 Regelverk

Nedenfor har jeg tatt med noen sentrale utdrag fra kjøretøysforskriften:


- **Definisjoner og typegodkjenning**

**Lovutdrag 1: Definisjoner av biler og deres tilhengere.**

|   |   |
|---|---|
|  | <p><b>§ 2-2. Definisjoner av biler og deres tilhengere</b></p> <p>c) <i>Trehjuls motorsykkel</i>: Motorvogn med tre symmetrisk plasserte hjul, som har motor med slagvolum på mer enn 50 cm<sup>3</sup> dersom den har forbrenningsmotor, og/eller en høyeste konstruksjonshastighet på mer enn 45 km/t (motorvogn gruppe L5e).</p> |
|---|---|

Ut i fra Lovutdrag 1 ser jeg at lettvektskjøretøyet defineres som en "trehjuls motorsykkel", og altså ikke som en bil. I paragrafene om speil § 30-5, og vinduer § 31-4, -5, brukes også definisjonen: "Lukket trehjuls motorvogn".

**Lovutdrag 2: Typegodkjenning av kjøretøy.**

|   |  |
|---|--|
|  | <p><b>§ 2-7. Definisjoner – godkjenning</b></p> <p>2. <i>EØF (EU) -typegodkjenning av to- og trehjulede motorvogner:</i></p> <p>Typegodkjenning – Den rutine der en EØS-stat fastslår at en kjøretøytype oppfyller de tekniske krav i særdirrektivene.</p> <p><b>§ 4-2. Søknad om typegodkjenning</b> Søknad om typegodkjenning av kjøretøyer eller deler skal innsendes av produsenten til Vegdirektoratet.</p> |
|---|--|


Alle serier av kjøretøy må typegodkjennes, også trehjuls motorvogn. Man begynte med EEC-typegodkjenning i EEC-området i 1970. Vegdirektoratet utarbeidet en splittet ny kjøretøysforskrift i 1994, til å ta over for den gamle helnorske.

Bestemmelsene i kapittel 4, i kjøretøysforskriften, gjelder typegodkjenning av to- og trehjulede motorvogner.



- *Lyd*


### *Lovutdrag 3: Støy fra motorsykler.*

|   |  |          |
|---|--|----------|
|  | <b>§ 24-8. Støy fra motorsykler</b>                  |          |
|   | Motorsykel med motor med slagvolum                   |          |
|   | - ikke over 80 cm <sup>3</sup>                       | 77 dB(A) |
|   | - over 80 cm <sup>3</sup> t.o.m. 175 cm <sup>3</sup> | 80 dB(A) |
|   | - over 175 cm <sup>3</sup>                           | 82 dB(A) |

Jeg tar her med noen krav til støynivå, Lovutdrag 3. Man kunne tenke seg at man kunne drive kjøretøyet med en turbinmotor, men man må da finne på noe smart for å holde støyen nede.

- *Lys*


### *Lovutdrag 4: Krav til lysutstyr på to- og trehjulede motorvogner.*

|  |   |
|--|---|
|  | <b>§ 28-2. Krav til lysutstyr på to- og trehjulede motorvogner</b>                |
|  | <b>§ 28-6.</b> Lysutstyr som to- og trehjulede motorvogner med bredde over 130cm. |

Jeg har bare referert til paragrafnummeret her, som referanse.

- *Sikt*

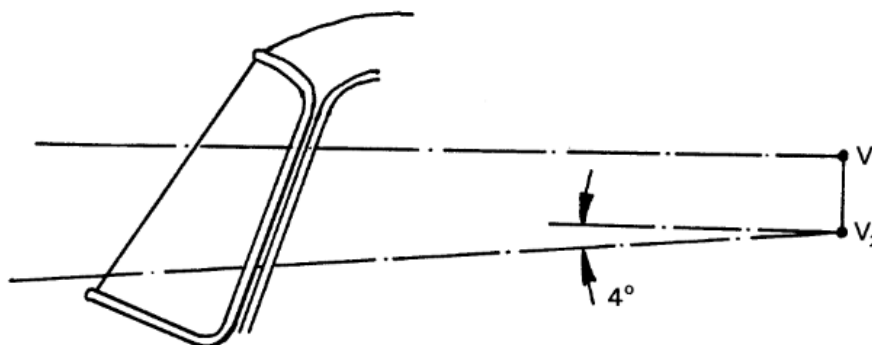
### *Lovutdrag 5: Generelt om karosseri og lasteplan.*

|   |  |
|---|--|
|  | <b>§ 14-1. Generelt om karosseri og lasteplan</b>  |
|   | 1. Kjøretøy skal være slik innrettet at det fra førerplassen er tilstrekkelig utsikt fremover og til sidene.<br><br>Bil som tilfredstiller kravene i direktiv 77/649/EØF, endret ved direktiv 81/643/EØF, direktiv 88/366/EØF og direktiv 90/630/EØF anses å oppfylle bestemmelsene i første ledd. |

Jeg kan ikke finne spesielle retningslinjer for synsfelt på trehjulede motorvogner, men når det gjelder biler (kjøretøysgruppe M1) foreligger det et EEC-direktiv, fra 27. Sept. 1977 (Directive 77/649/EF), om førerens synsfelt. Direktivet er henvist til i kjøretøysforskriften §14-1.

I direktivet om synsfelt står det blant annet at biler maks skal ha to A-pillarer, se figur side 39. Det vil si at frontvinduet ikke skal være delt.

I Figur 9 er det skissert krav til synsfelt, definert ut i fra "V punkter". Posisjonen til V2-punktet er like bakenfor Setereferansepunktet (SRP / R punkt) og 59 cm over SRP, se vedlegg (Figur 47). Dette er verdier som ligger omtrent som for en kort dame.



Figur 9: Utklipp fra direktiv 77/649/EF, førers synsfelt

- **Annen formgivende lovgivning**

**Lovutdrag 6: Speil på to- og trehjuls motorvogn.**

|   |   |
|---|---|
| § | <p><b>§ 30-5. Speil på to- og trehjuls motorvogn</b></p> <p>1. Lukket to- og trehjuls motorvogn skal ha minst tre speil, hvorav ett skal være plassert innvendig og ett på hver side utvendig. Innvendig speil kreves dog ikke dersom motorsykkelen på grunn av bruksområde eller nødvendige konstruktive hensyn er bygd slik at speilet aldri kan brukes.</p> <p>2. Innvendig og utvendig speil skal ha speilflate på minst 70 cm<sup>2</sup>.</p> |
|---|---|


Jeg ser av Lovutdrag 6, at det er et formangivende krav i regelverket, når det gjelder speilflatenes størrelse.

**Lovutdrag 7: Generelt om skjerming av hjul.**

|   |   |
|---|---|
| § | <p><b>§ 32-1. Generelt om skjerming av hjul</b></p> <p>Bestemmelsene i denne paragraf gjelder ikke for to- og trehjulede motorvogner eller for beltebil/beltemotorsykkel.</p> |
|---|---|


Det er, ut i fra det jeg kan se av Lovutdrag 7, ikke krav til skjerming av hjul på trehjulede motorvogner.

### **Lovutdrag 8: Plassering av bakre kjennemerke.**

|   |   |
|---|---|
|  | <p><b>§ 39-4. Plassering av bakre kjennemerke på to- og trehjulede motorvogner (direktiv 2009/26/EF)</b></p> <p>1. Kravnivå: Direktiv 2009/26/EF (om plassering av bakre kjennemerke på to- og trehjulede motorvogner).</p> |
|---|---|

Det er kun krav til kjennemerke bak på trehjulsmotorsyssel, Lovutdrag 8. Dette åpner for design av luftinntak og lignende foran. Slik kan man markere sin forskjell fra bil, for å vekke oppmerksomhet.

### **Lovutdrag 9: Størrelse på kjennemerke.**

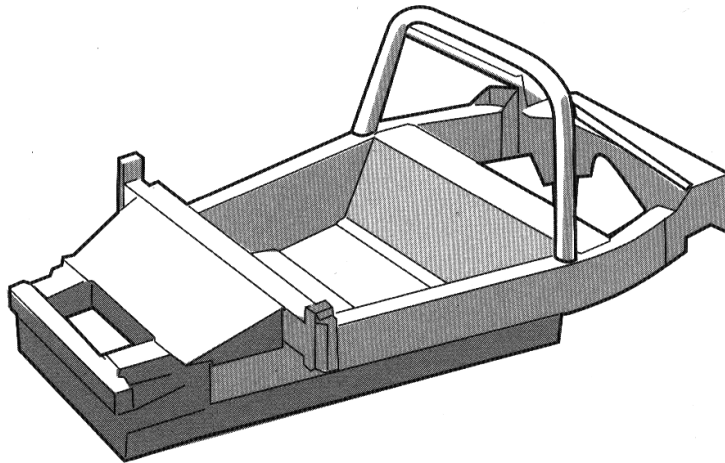
|   |   |     |   |     |   |
|---|---|-----|---|-----|---|
|  | <p><b>§ 39-11. Type kjennemerke etter kjøretøygruppe</b></p> <p>2. Motorsyssel skal ha <b>lite kjennemerke</b>. Det kan være smalt eller høyt.</p> <p><b>§ 39-10. Størrelse på kjennemerke</b></p> <table border="1"><tr><td>1.3</td><td>Lite, smalt kjennemerke skal være 30,3 cm bredt og 8,5 cm høyt.</td></tr><tr><td>1.4</td><td>Lite, høyt kjennemerke skal være 22 cm bredt og 15,2 cm høyt.</td></tr></table> | 1.3 | Lite, smalt kjennemerke skal være 30,3 cm bredt og 8,5 cm høyt. | 1.4 | Lite, høyt kjennemerke skal være 22 cm bredt og 15,2 cm høyt. |
| 1.3   | Lite, smalt kjennemerke skal være 30,3 cm bredt og 8,5 cm høyt.   |     |   |     |   |
| 1.4   | Lite, høyt kjennemerke skal være 22 cm bredt og 15,2 cm høyt.   |     |   |     |   |

Hvis man sammenligner kjennemerkestørrelsene i Lovutdrag 9, så er et lite og smalt kjennemerke 77% av størrelsen til lite og høyt kjennemerke. Et lite kjennemerke kan være med på å få kjøretøyet til å se større ut.

## 3.5 Materialer

Aluminium er veier en tredjedel av stål og har også en tredjedels stivhet. Flytspenningen er allikevel høy, og ved fine kvaliteter på høyde med stål. Aluminiumen oksiderer lett, men det blir et heldekkende lag, så det ruster ikke så lett. Aluminium legert med magnesium gir god korrosjonsbeskyttelse og er aktuelt for bruk i karosseri. Det må og nevnes at aluminium har gode egenskaper hva gjelder energiabsorpsjon, med tanke på kollisjon. Aluminiumen siger noe (synker sammen) over tid. Aluminium er et veldig fint materiale til å ekstrudere i forskjellige smarte profiler, til lav kostnad. Den foretrekkes miljømessig på grunn av god

gjenvinnbarhet. Den er sveisbar og brukes til for eksempel til en såkalt romramme, Figur 10.



**Figur 10: Romramme av aluminiumsprofiler. (3)**

Romramme passer for øvrig godt om man skal ha bakmotor, man frigjør da plassen der eksostunnelen ville gått, og setene kan stå nærmere sammen.

Aluminium må isoleres i forhold til stål med plast og lakk etc, for å unngå galvanisk korrosjon. Er metallene i kontakt med hverandre, og samtidig i kontakt med vann som fungerer som elektrolytt, oppstår det en elektronvandring, medfølgende korrosjon. Galvanisk korrosjon oppstår fordi metallene har forskjellig valens (edelhet). Aluminium er mindre edelt enn stål og vil derfor være utsatt for korrosjon.

Magnesium er enda lettere en aluminium, men levert magnesium har lavere E-modul enn aluminium. Ulevert magnesium har for liten fasthet. Det har blitt produsert noen rammer til sportsbiler av magnesium, og for eksempel girkassehuset kan støpes av magnesiumlegering.

Stål har fordel av høy stivhet og kan derfor brukes til tynne karosseriplater som er mindre utsatt for bulker enn aluminium. Korrosjonsmotstanden er god, men, men på tynnplater vil gjennomrustning forekomme med tid og slitasje. Formbarheten er meget god, også i kald tilstand. Gjenvinnbarheten er meget god. En god andel av stålet i nye biler kommer fra gjenvunnet stål, blant annet fra gamle biler.

Plaster kommer i mange forskjellige typer. Hovedgruppene er termoplaster og herdeplaster. Herdeplaster er hardere, og kan brukes til bilkarosseri, men det har dårligere gjenvinnbarhet siden det ikke lar seg omforme, slik som termoplaster kan.

## Dolphin Family, del A: Utvikling av eksteriørdesign for lettvektskjøretøy

Plaster veier inntil en tredjedel av aluminium (Polypropylene f eks). Plast er meget formbart, men har lavere flytspenning en aluminium, Tabell 7. Plaster er rimelig gode mot bulker, og kan anbefales til støtdempere (Polypropylene). ABS-plast sies å "tåle et slag", men kan også sprekke dersom blandingen er sprø.

Med bruk av forbrenningsmotor, vil plast være upraktisk på grunn av lav varmespredning, eller umulig på grunn av varmen. Men til elbil kan man bruke plast også i den bærende strukturen. En ide er å helstøpe et selvbærende karosseri i plast, men da bør også vinduet være av plast (Polykarbonat) og ikke av glass, som har langt høyere stivhet. Plaster blir stive og sprø med tiden, og er utsatt for varme og sollys. Gjenvinnbarheten er heller ikke like god som metaller på grunn av forringelse av materialet, og utfordringer om sortering.

**Tabell 7: Materialdata, grov oversikt.**

|                              | Strekkfasthet | Flytgrense |            | Bruddforlengelse | E-modul | Overflatehardhet | Tetthet  |
|------------------------------|---------------|------------|------------|------------------|---------|------------------|----------|
| Kvalitet, betegnelse         | $R_m$         | $R_{eH}$   | $R_{p0.2}$ | $A_0$            | E       | -                |          |
|                              | (MPa)         | (MPa)      | (MPa)      | (%)              | GPa     | BrinellHB        | $g/cm^3$ |
| Konstruksjonsstål            | 360-830       | 235-369    |            | 26-22            | 207     | 120              | 7,85     |
| Høykvalitetstål              | 650-2310      | 550-2000   |            | 30-7             | 207     | 650              | 6,6-7,9  |
| Konstr.aluminiu              | 120-572       |            | 60-503     | 30- 8            | 70      | 15-40            | 2,7      |
| Magnesiumleg. (valset blikk) | 180-220       |            | 115-140    | 10-2             | 44      | 46               | 1,74     |
| Polypropylen                 | 31-41,4       |            | 31-37,2    | 600-100          | 1,3     |                  | 0,91     |
| Polykarbonat                 | 62-72,4       |            | 62,1       | 150-110          | 2,4     |                  | 1,20     |

"Karbonfiber" er en joker. Den brukes til fiberarmering. Strekkbruddspenningen er bortimot ti ganger så høy som vanlig konstruksjonsstål, men både materialkostnaden og verkstedkostnaden er høy. Dårlig gjenvinnbarhet.

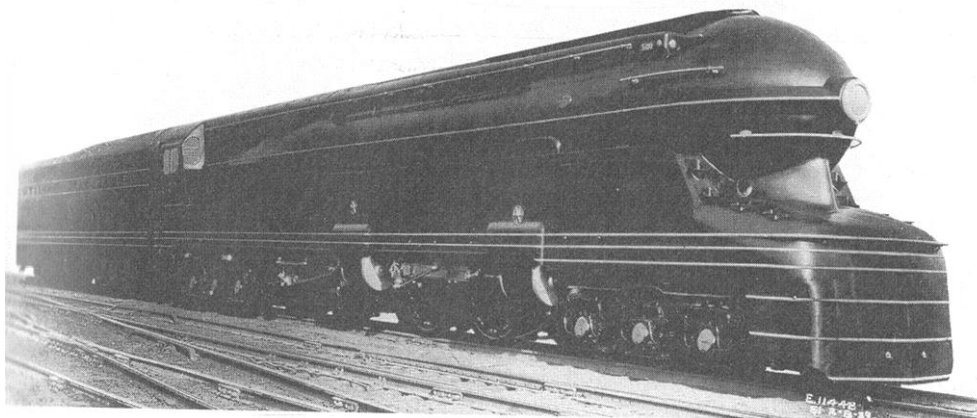
Glass er et sprøtt materiale og tåler derfor mindre strekk enn trykk. I et karosseri er det trykkspenning på oversiden. Glasset fungerer derfor som en integrert (bærende) del av

strukturen, for selvbærende karosseri. Glass har lav slagfasthet og må derfor spesiallages i laminatform for bruk som bilglass.

For lydisolering tettes det med gummilister i dørkarmene. Skumplater (Polystyrene), tepper og matter bidrar også dempe støyen utenifra.

### 3.6 Estetikk

#### 3.6.1 Strømlinjedesign



**Figur 11: Pennsylvania Railroad K4S lokomotiv 3768. (8)**

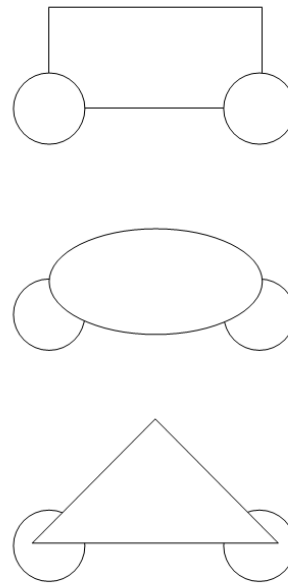
Strømlinjeformet design ble en naturlig designtrend innen flere områder, etter at de første strømlinjeformede togene ble designet i 1936 og laget i 1938. Raymond Loewy designet for Pennsylvania Railroad, Figur 11, mens Henry Dreyfuss and Associates designet for New York Central, Kilde: (Votolato, 2007). Designsjangeren spredte seg også forbi transportdesign til flaskedesign og så videre. Strømlinjeformet design var en kickstart på minimalistisk design, og brøt den vanlige praksisen med å dekorere i forskjellige historiske arkitekturstiler.

## 3.6.2 Formstudie

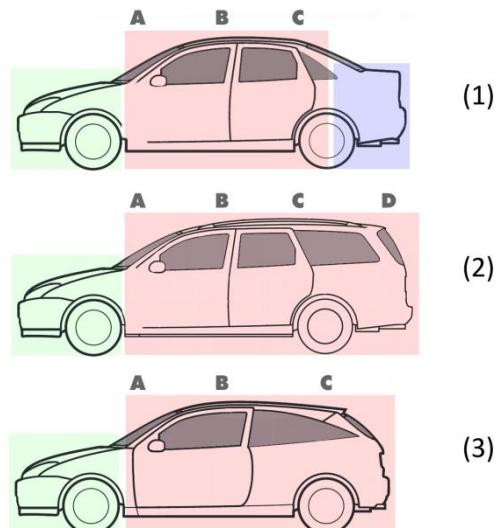
Forskjellige grunnformer, Figur 12, har dukket opp igjen med historiske sykluser på ca 40 år, Figur 14. Denne syklusen kan skyldes både levealderen til mennesker, og et naturlig ønske om variasjon og fornyelse. Det er begrenset utvalg former å velge mellom.

De første bilene var videreutvikling av kjerre, og fremsto som firkantet. Firkantede biler blir assosiert med noe praktisk. Så kom runde former. Runde biler blir assosiert med noe morsomt. Skarpkantede sportsbiler (trekantassosiasjon) var det mye av på 60-70-80 tallet. I Norge har vi også den karakteristiske trekantformede Buddy.

I Figur 13, ser man bokskonfigurering for sedan (1), stasjonsvogn (2) og hatchback (3). Sedan inndeles i tre bokser, mens stasjonsvogn og hatchback inndeles i to bokser. Bilenes pilarer er merket med bokstaver A, B, C, D.



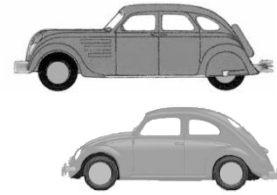
**Figur 12: Grunnformer: Firkant, oval og trekant.**



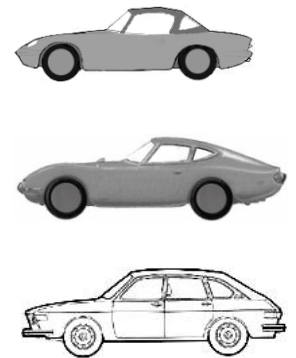
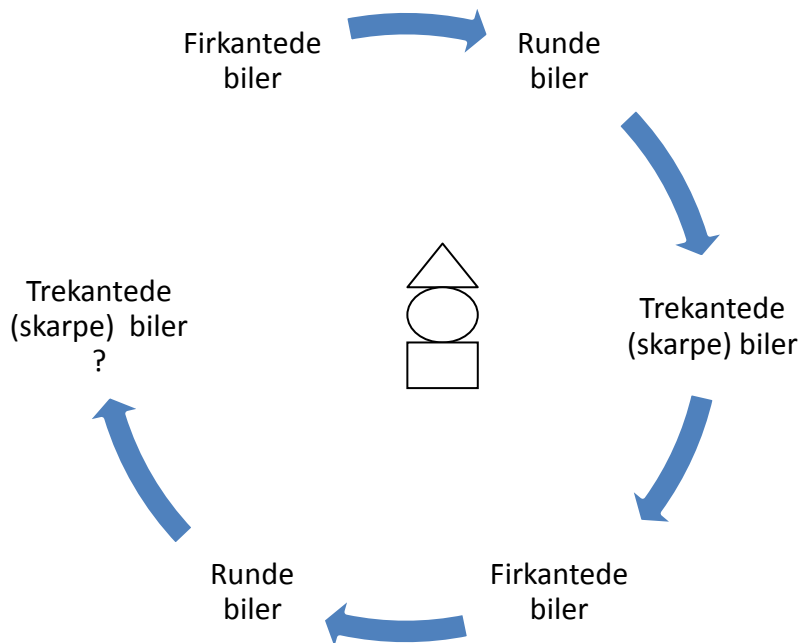
**Figur 13 Bokskonfigurering og pilarbokstaver. (Nettkilde: #5)**



Crossley, 1923,  
(5600 eksemplarer)



Chrysler Airflow, 1934  
VW Beetle, 1950



Lotus Elan, 1964  
Toyota GT2000, 1967  
Volkswagen 411/ 412 ,  
1973

Figur 14: Grunnformmodell.



Audi A6, 2003  
Audi TT, 1998



Mercedes 190E, 1982  
Volvo 240, 1985

Crossley 1925: <http://www.crossley-motors.org.uk/history/1920.html>

Øvrige bilder: (Nettkilde: # 6)

Audi: <http://www.theautochannel.com/>






## 4 Designdetaljer

Det er detaljene som gjør bilen og jeg må derfor se litt på hva slags lykter, felger, griller, og så videre som finnes på veiene for tiden.




- *Lykter*

De første moderne lyktene var runde, siden formen fulgte funksjonen til lysperen. Med tiden har lykene blitt mer og mer komplekse i sitt design, bare for å vekke oppmerksomhet og beundring. En del bilprodusenter har nesten bygget opp sitt eget varemerke i deres lyktform. Tabell 8 og Tabell 9 viser noen eksempler.

**Tabell 8: Eksempler på utforming av baklykter.**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Audi                  |    |
| VW Golf               |   |
| BMW høyserie, år 2003 |  |

**Tabell 9: Eksempler på utforming av frontlykter.**

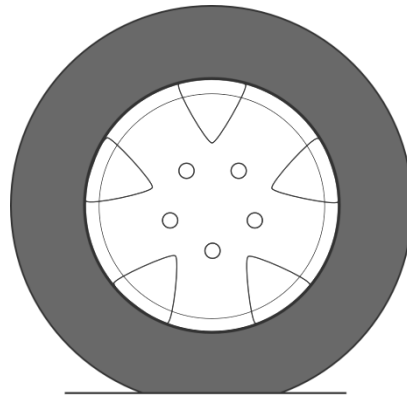
|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Mercedes runde              |  |
| BMW 5-Serie, år 2008        |  |
| Audi A4, år 2010, lysdioder |  |

- **Felger og dekk**

Felgdesign. Har man et tungt kjøretøy trenger man mer luft i dekket, enn for lettvektskjøretøy. Derfor kan lettvektskjøretøyet ha hjul med stor felgdiameter, og lav sidevegghøyde, for et mer stivt og presist veigrep. Det går litt utover komforten men jeg mener det er verdt det. Dette vil gi bilen et mer sportslig preg. Veldig luftige dekk kan få bilen til å se gammeldags ut. Større felgdiameter åpner også for bruk av navmotor, som er interessant for å senke tyngdepunktet til bilen, og for fordeling av vekt. Ulempen med navmotor er at man får høy ufjæret masse.

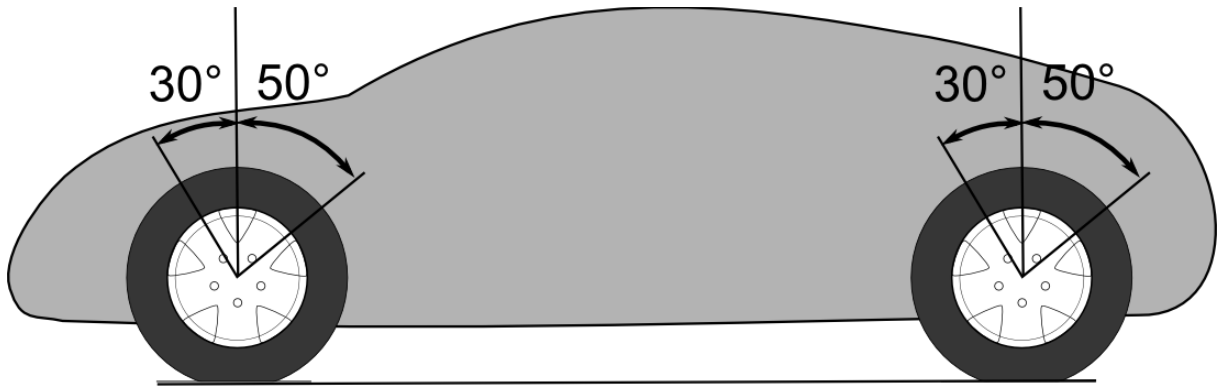
Det kan være lurt å ha større breddedimensjon på bakhjulet om det er der kraften skal tas ut. Kjøretøyet er ikke en vinterbil, og på bakgrunn av det går det greit med bakhjulstrekk.

Jeg synes det er fint med klart atskilte eiker, og et enkelt design. Fire eiker kan virke litt lite. Fem eiker fremstår som naturlig, Figur 15. Seks eiker kan gi et litt eksklusivt preg.



**Figur 15: Felg med fem eiker.**

Jeg leste i boken "H-Point" (Macey, 2008), at hjulene i følge EU lovgivning må være tildekket i overkant, slik som i Figur 16. Dette gjelder ikke for trehjulet motorvogn, Lovutdrag 7, Side 34.



Figur 16: Krav i EU om tildekning av hjul for biler. (3)

- **Grill**

Mercedes sine frontgriller kjennetegnes ved tversgående riller, dekket av krom lakk ytterst, med blank svart plast bak. BMW har vertikale, med en sirkel rundt av krom lakk. Grillen ser ut som nesebor, og det er jo nettopp nesen på bilen. Mange bilprodusenter har rett tversgående grill i svart plast med logo i midten. Det er også verdt å ta med honninggrill, som består av heksagoner. Tabell 10 viser noen eksempler på griller.

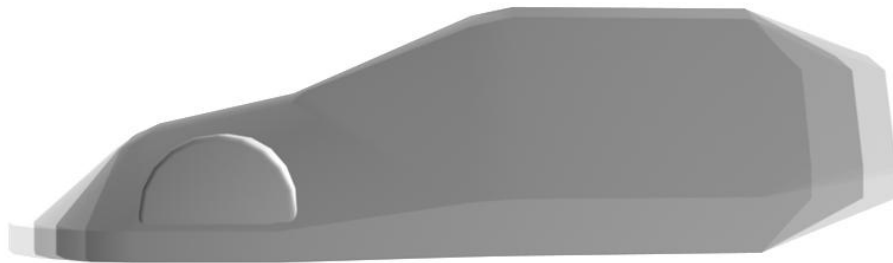
Tabell 10: Eksempler på grillutforming.

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Mercedes                           |  |
| BMW                                |  |
| VW                                 |  |
| Honning: Toyota, Ford, VW, Citroen |  |

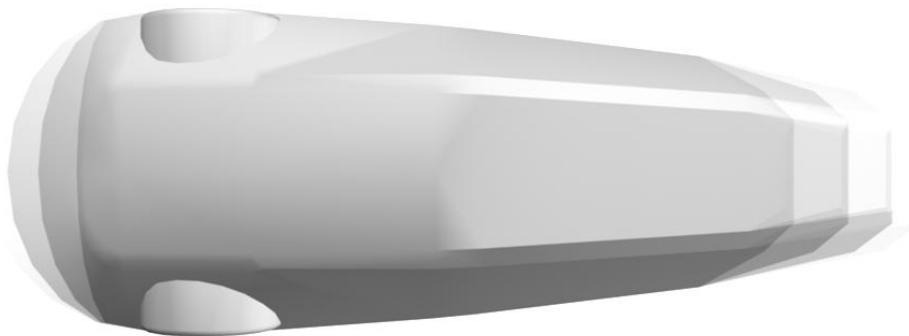
## 5 Innovasjonsdesign

- *Dynamisk karosseri*

Når man skal parkere og manøvrere seg fram til bys er det mest praktisk med en kort og høy bil. Korte og høye biler er derimot ikke ideelle når det gjelder lav luftmotstand på motorvei. Bruk av fleksible og bestandige syntetiske tekstiler muliggjør dynamisk form på karosseriet, Figur 17: Dynamisk karosseri, og Figur 18. Dette vil i tur gi minsket luftmotstand når man trenger det. Aktuatorer trer i kraft og endre karosseriformen når bilen når 70 km/t, og luftmotstanden begynner å gjøre seg gjeldene. Aktuatorene trekker seg tilbake igjen når bilen kommer ned på 50 km/t, for god manøvrerbarhet i trafikken.



*Figur 17: Dynamisk karosseri, sett fra siden*

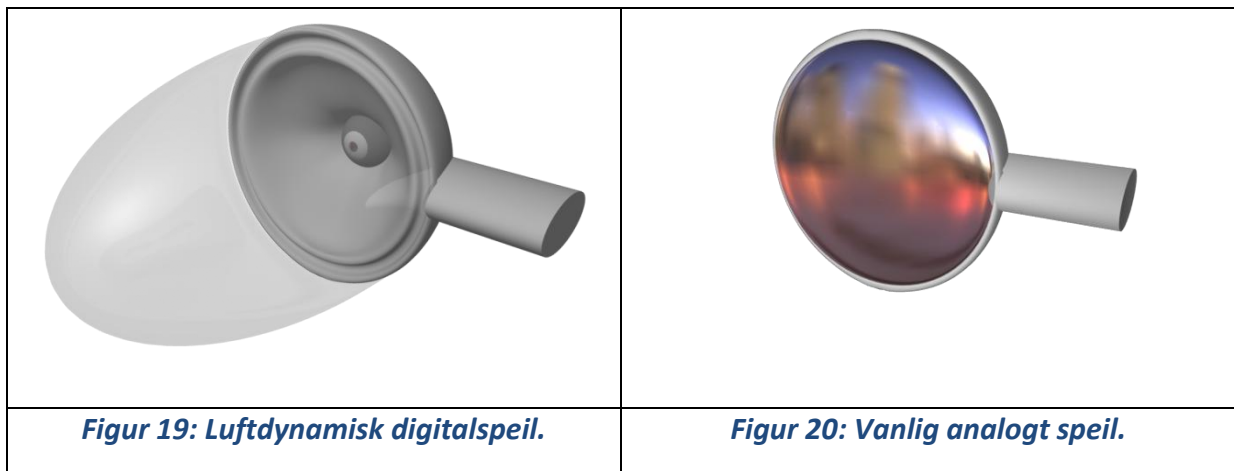


*Figur 18: Dynamisk karosseri, sett ovenifra*

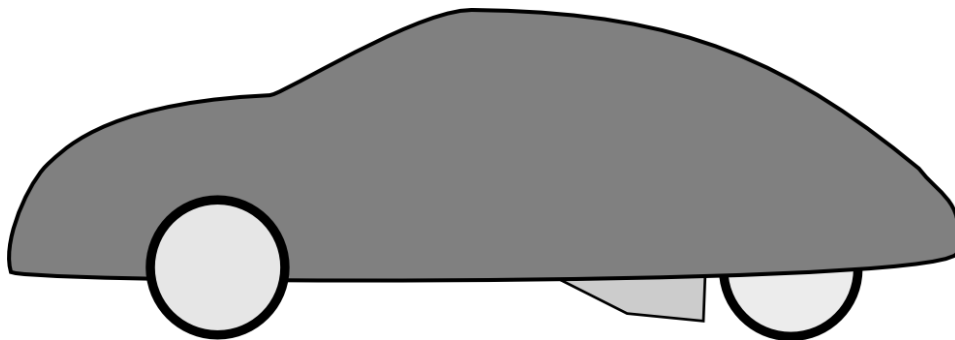
- *Kamerasidespeil*

Dagens sidespeil umuliggjør luftdynamisk design. Ny kamerateknologi kan være til hjelp ved at man kan ta i bruk torpedoform rundt et kamera, og ha innvendige LED-skjerm speil. Figur

19 illustrer designideen. Det luftdynamiske dekselet på sidespeilet kan skrus av om det skulle bli tilskitnet, og byttes med ett rent reservedeksel.



- *Bakhjulsfinne*



*Figur 21: Illustrasjon for bakhjulsfinne*

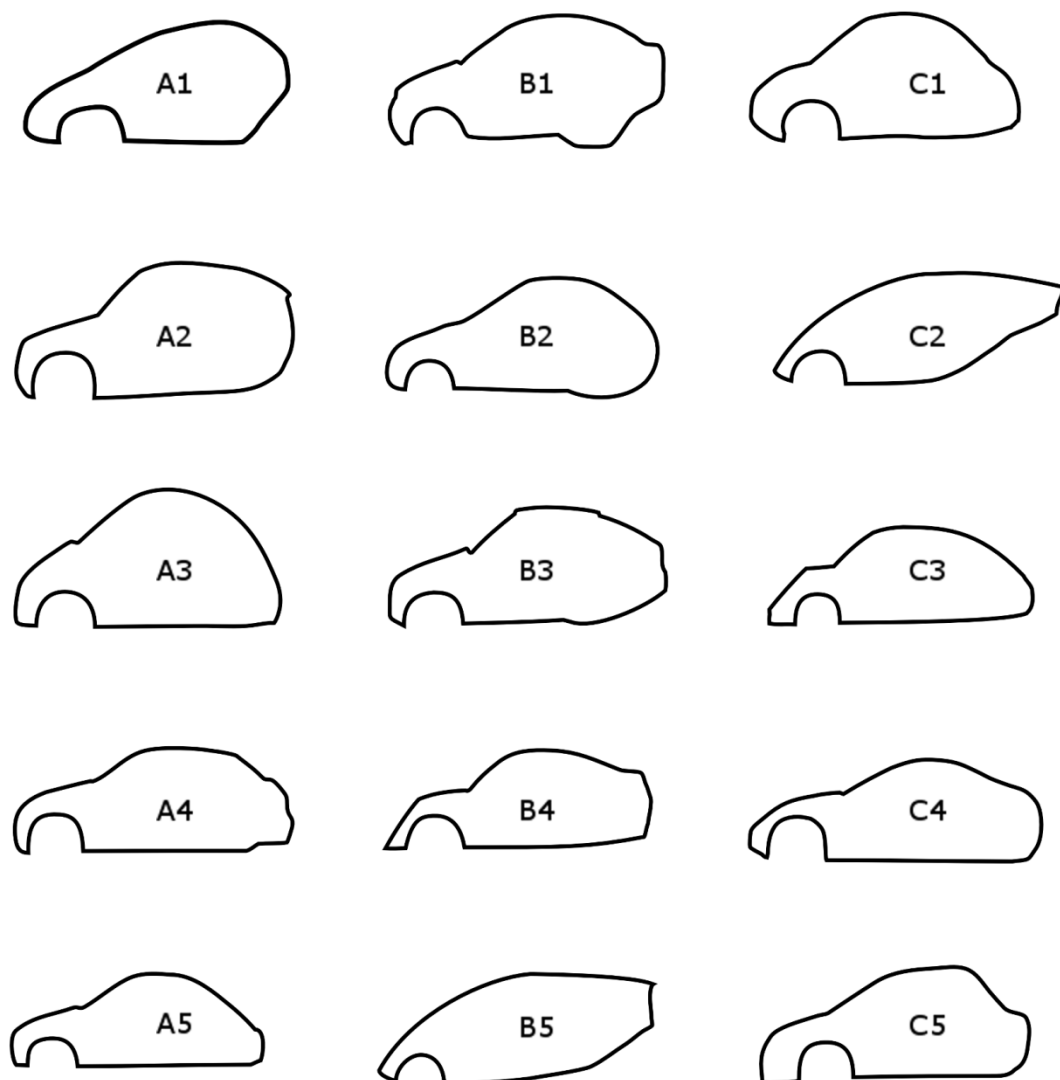
Denne ideen stammer fra CFD-analysen som kommer i et senere kapittel. Bakgrunnen er at hjulene har en firkantet form sett ovenifra, som er ugunstig for luftdynamikken. Tanken er at en slik finne foran vil dele luftstrømmen på et tidligere tidspunkt og gi en mykere overgang, som vil gi lavere luftmotstand. Siden finnen ligger lavt mot bakken, har den en retur fjær i tilfelle kollisjon med asfaltkant etc. Den fremstår som en finesse for trehjulskjøretøy, og den er også elegant.

## 6 Valg av konsept

Valget av konsept består først i valget av hovedform. Så utarbeides det konseptskisser ut i fra det. Til slutt designes detaljer som lykter, og sidespeil. Designet er da komplett.

### 6.1 Valg av hovedformer

Her er en matrise over noen aktuelle konturtegninger (hovedformer). Slike konturtegninger gjøres gjerne med vektorgrafikk for enkel modifikasjon og skalerbarhet.



*Figur 22:Matrise over aktuelle hovedformsilhuetter.*

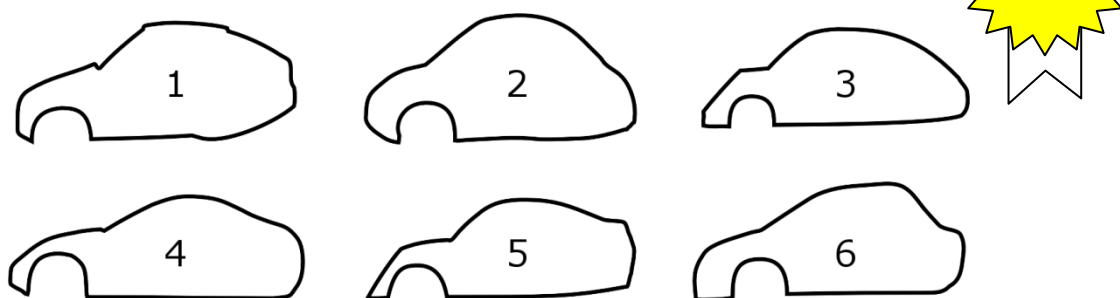
## 6.2 Utvelgingsmatrise hovedform

Ved å utarbeide en utvelgingsmatrise får man vist begrunnelsen for valget av hovedform. Jeg har vektet målene ut i fra prosjektets målsettinger. Karakterer gir på en skala fra 1 til 9. Hver karakter ganges så med vektningen, før det summeres opp til en poengsum.

**Tabell 11: Utvelgingsmatrise hovedform**

| Rad                | Kriterium      | Vekt | Hovedform |      |      |      |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|----------------|------|-----------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                    |                |      | A1        | A2   | A3   | A4   | A5   | B1 | B2   | B3   | B4   | B5   | C1   | C2   | C3   | C4   | C5   |
| 1.                 | Funksjonalitet |      |           |      |      |      |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                    | Siktergonomi   | 0,2  | 8         | 9    | 9    | 3    | 4    | 7  | 7    | 4    | 3    | 5    | 7    | 4    | 8    | 6    | 9    |
|                    | Romslighet     | 0,4  | 2         | 9    | 6    | 5    | 3    | 5  | 7    | 7    | 3    | 2    | 8    | 2    | 8    | 7    | 8    |
| 2.                 | Estetikk       |      |           |      |      |      |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                    | Gen. estetikk  | 0,6  | 4         | 4    | 6    | 6    | 4    | 6  | 3    | 9    | 9    | 2    | 5    | 7    | 5    | 9    | 7    |
|                    | Futurisme      | 0,1  | 8         | 3    | 2    | 4    | 4    | 6  | 4    | 5    | 9    | 8    | 5    | 9    | 7    | 7    | 4    |
|                    | Strømlinjeform | 0,2  | 5         | 5    | 4    | 8    | 5    | 5  | 7    | 7    | 8    | 7    | 4    | 6    | 7    | 9    | 7    |
|                    |                |      |           |      |      |      |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.                 | Luftdynamikk   | 0,9  | 3         | 3    | 7    | 8    | 9    | 6  | 8    | 8    | 6    | 4    | 9    | 3    | 9    | 6    | 5    |
| 4.                 | Lav vekt       | 0,4  | 9         | 2    | 5    | 3    | 6    | 5  | 4    | 6    | 9    | 9    | 6    | 9    | 3    | 4    | 7    |
| Poeng [Sumprodukt] |                |      | 12,9      | 12,6 | 17,1 | 16,6 | 16,3 | 16 | 16,6 | 20,5 | 18,7 | 12,4 | 19,4 | 14,2 | 19,2 | 18,9 | 18,3 |
| Pallplassering     |                |      |           |      |      |      |      |    |      | 1    | 5    |      | 2    |      | 3    | 4    | 6    |

Figur 23 viser de seks beste formene ut i fra utvelgesmatrisen Tabell 11.

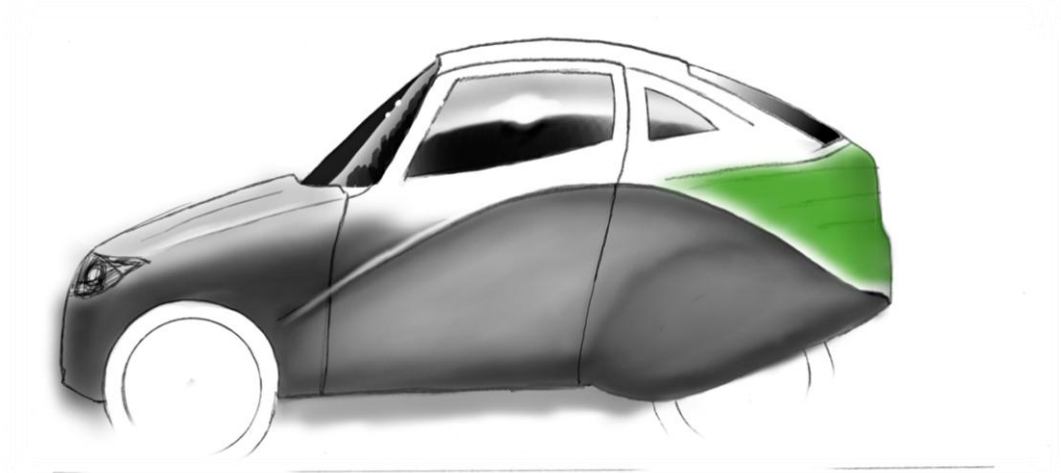


**Figur 23: Utvalgte hovedformsilhuetter, poengrangert.**

### 6.3 Konseptløsninger

Nedenfor presenteres tre konseptskisser. Figur 24 og Figur 25 er fargelagt i rastergrafikk med tegnebrett.

- *Konseptløsning A*



*Figur 24: Konseptskisse: Parkbil.*

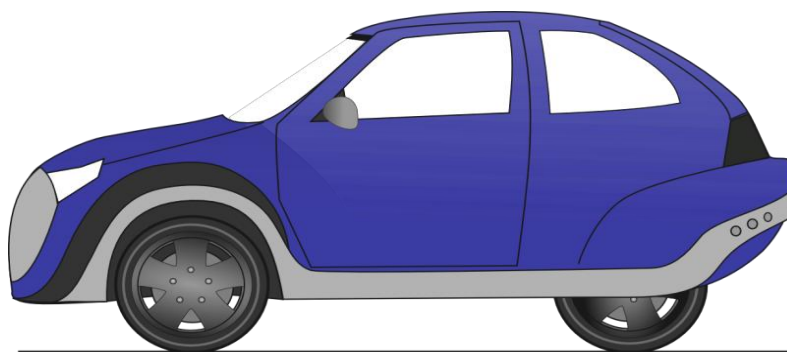
- *Konseptløsning B*



*Figur 25: Konseptskisse: Nebbil.*



- *Konseptløsning C*



*Figur 26: Konseptskisse: Enkel.*

Modellen i Figur 26 fremstår som praktisk og hverdagslig. Skissen er tegnet med vektorgrafikk for enkel modifikasjon.

### 6.4 Utvelgingsmatrise konseptløsning

Ved å utarbeide en utvelgingsmatrise får man vist begrunnelsen for valget av konsept. Jeg har vektet målene ut i fra prosjektets målsettinger.

*Tabell 12: Utvelgingsmatrise konseptløsning*

| Rad                   | Kriterium              | Konsept  |          |          |          |
|-----------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                       |                        | A        | B        | C        |          |
|                       |                        | Vektning |          |          |          |
| 1.                    | Funksjonalitet         |          |          |          |          |
|                       | Siktergonomi           | 0,4      | 8        | 8        | 9        |
|                       | Romslighet             | 0,1      | 6        | 5        | 7        |
| 2.                    | Estetikk               |          |          |          |          |
|                       | Generelt               | 0,5      | 9        | 8        | 7        |
|                       | Futurisme              | 0,2      | 8        | 8        | 4        |
| 4.                    | Luftdynamikk           | 0,9      | 8        | 7        | 6        |
| 5.                    | Vekt                   | 0,4      | 7        | 8        | 6        |
| 6.                    | Lav produksjonskostnad | 0,2      | 6        | 3        | 6        |
| Poengsum              |                        |          | 21,1     | 19,4     | 17,6     |
| <b>Pallplassering</b> |                        |          | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> |

## 7 Skalamodell

Ved bruk av "rapid prototyping", fikk jeg med en 3d-printer produsert en skalamodell, som har størrelsesforholdet 1:17. Skalamodellen bygges opp i lag av sammenlimt gips. En slik fysisk modell kan være til nytte for designrevisjon, vindtunneltesting, presentasjon for oppdragsgiver, og også til hjelp ved prototypeproduksjon.

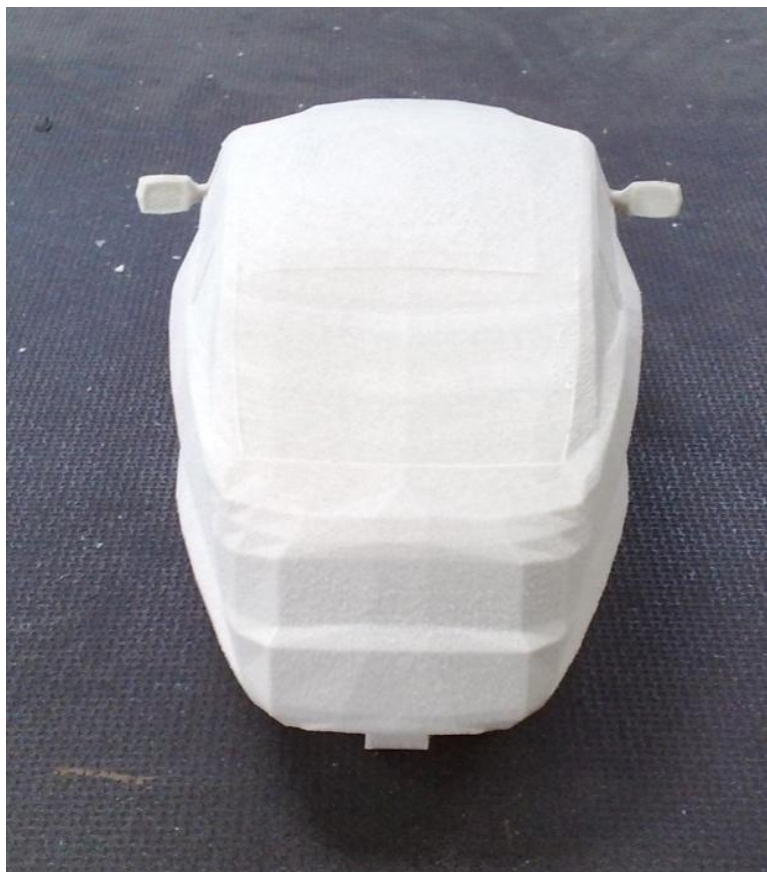


*Figur 27: Skalamodell 1:17 , perspektiv bak.*

Figur 27, Figur 28, Figur 29, og Figur 30 viser modellen sett fra forskjellige vinkler.



*Figur 28: Skalamodell 1:17 , ovenifra.*



*Figur 29: Skalamodell 1:17 , bak.*



*Figur 30: Skalamodell 1:17, siden foran.*

Som man ser av figurene, så har bilen et ganske ordinært design som ligner litt på en SAAB. Spørsmålet blir bare i hvilken grad innsnevringen bak, og innkapslingen av bakhjulet, gir luftdynamisk fordel.

## 8 CFD-Analyse

For CFD-analyse benyttes programvaren ANSYS Workbench CFX. For å kalkulere kjøretøyets frontareal, brukes det bileredigeringsprogramvare.

- **Grensebetingelser:**

Bilen er plassert med senter i origo, og den omgivende "domen" (vindtunnelen) har følgende dimensjoner (cm):

X+:350      X-:350      Y+:500      Y-:0,1      Z+:500      Z-:1500

Veggene (inkludert bakken) settes alle til å ha egenskapen fri glidning, mens overflaten til kjøretøyet settes til å ha glatt overflate men ingen glidning.

Vindhastigheten tilgis en startverdi og en ønsket verdi ved inngangen til vindtunnelen. Mens ved utgangen settes det ønsket statisk trykk lik 0. Nullgradient benyttes ved utgangen, det vil si at strømmen skal gå rett fram og ikke i vinkel.

Luftstrømningsanalyse utføres for 80, 100 og 120 km/t.

- **Resultattolkning:**

Resultatene for vindhastighet og overflatetrykk plottes i 3d visning, og i plansnitt.

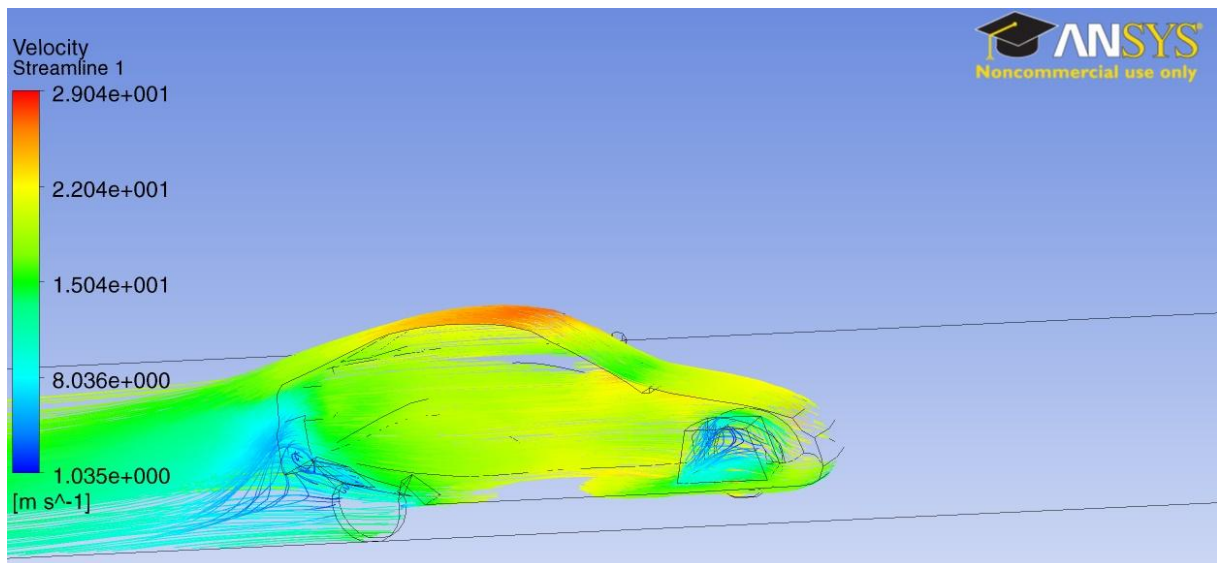
Overflatetrykket måles uten atmosfæretrykk, for god sammenligning, siden atmosfæretrykket er stort (ca.  $1 \times 10^5$  Pa), og overflatetrykket ville blitt uoversiktlig lite i forhold.

Videre ser man på overflatetrykk og ikke overflatekraft, for god sammenlignbarhet og konturtegninger. Kraften ville variert meget på grunn av størrelsesforskjellene i den geometriske meshen til modellen.

Overflatetrykket blir positivt med den positive retningen til den globale referanseaksen, og negativt motsatt retning.

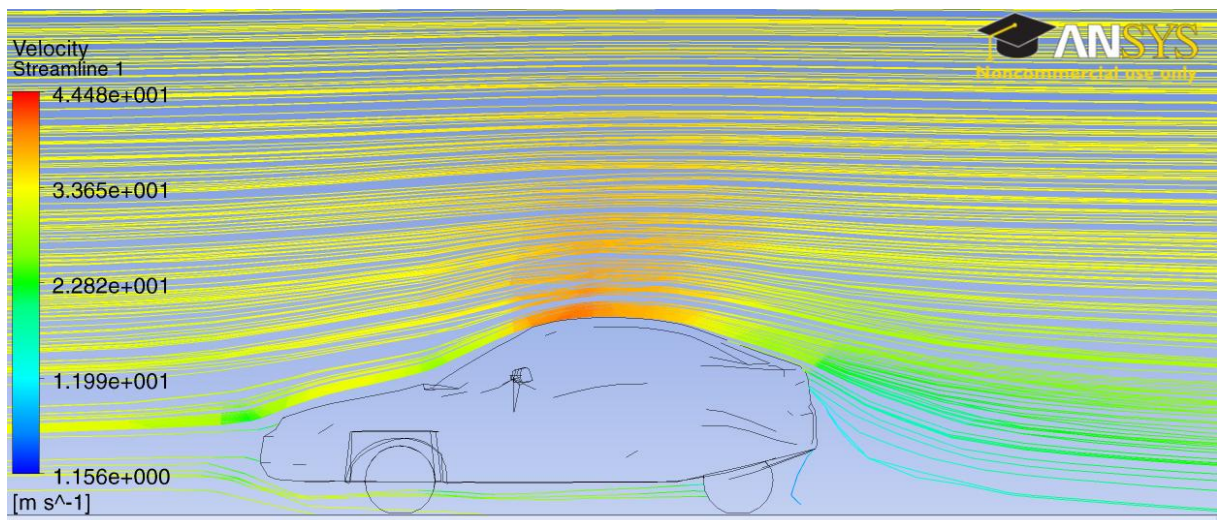
Luftmotstanden kalkuleres også av programvaren. Programmet summerer opp alle kreftene som virker på hver overflate.

## 8.1 Strømlinjer

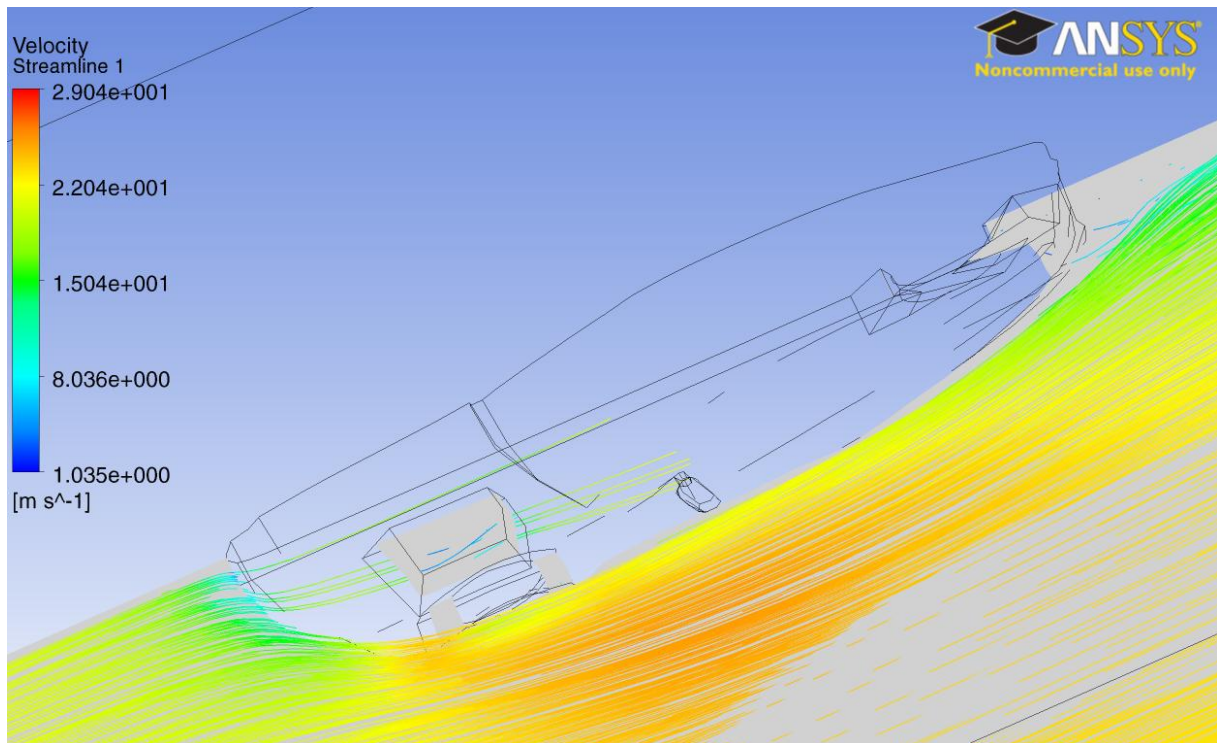


**Figur 31: Strømlinjer langs overflaten til kjøretøyet, 80km/t.**

I Figur 31 ser jeg at hastigheten øker betydelig i overkant av kjøretøyet, mens frontruta kanskje ikke er helt optimal. Det er saktegående og turbulente strømmer bak bilen og i hjulrommet foran. Jeg tar også med et bilde fra siden som illustrasjon, Figur 32.

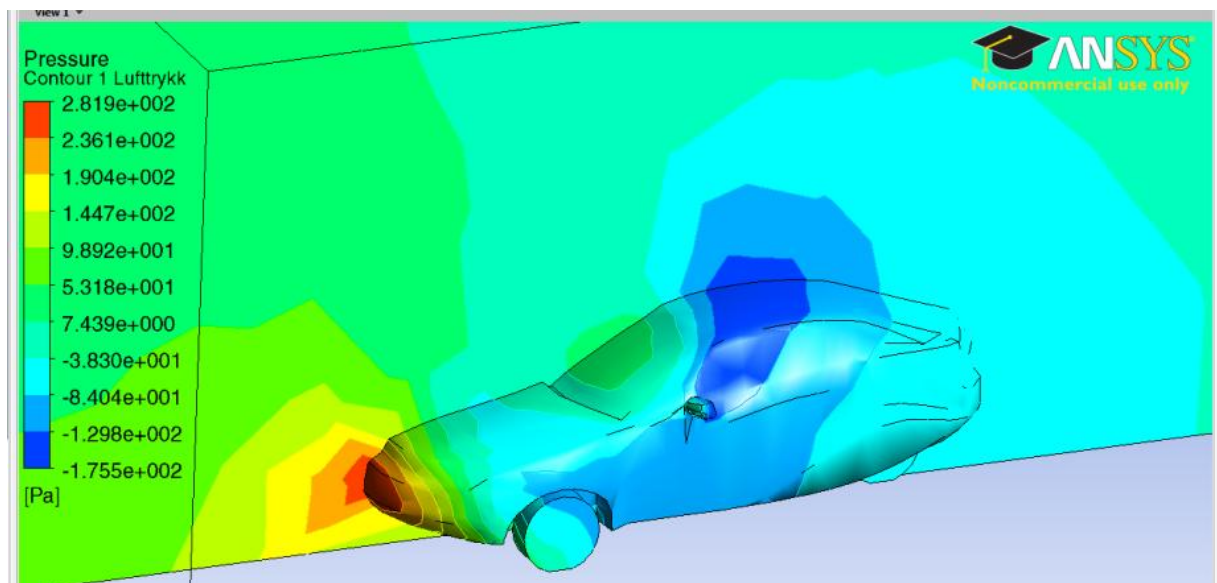


**Figur 32: Strømlinjer, midtplan, 120 km/t.**



**Figur 33: Strømlinjer, 80km/t, dråpeform.**

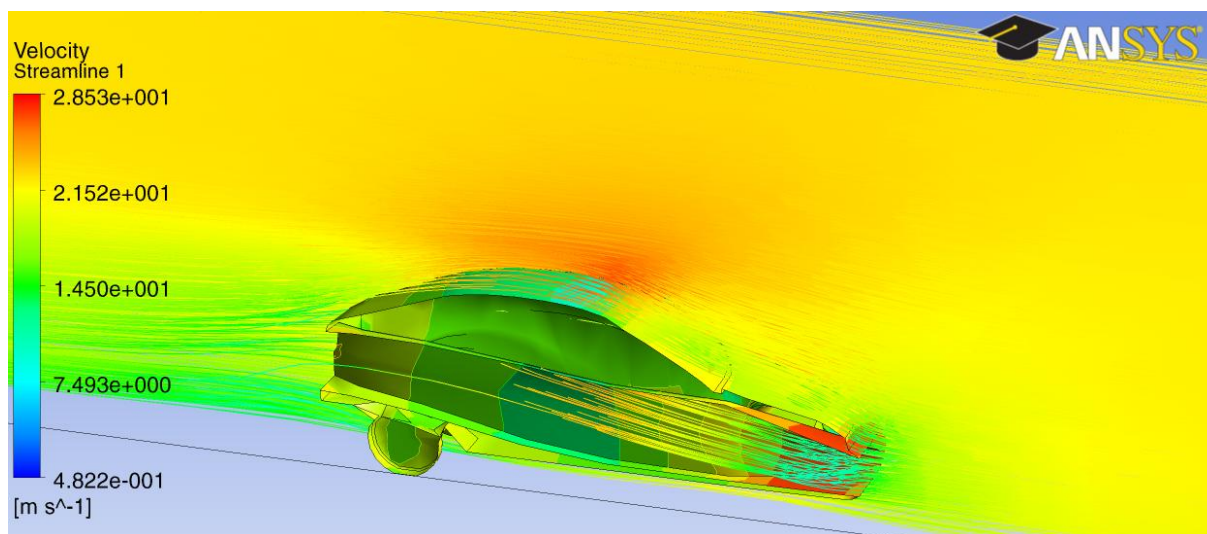
I Figur 33, ser jeg at strømlinjene følger konturen til kjøretøyet, i samsvar med det som var tanken bak designet.



**Figur 34: Overflatetrykk pga vind, 80 km/t.**

I Figur 34, ser jeg at trykket foran ved nesa til bilen er rimelig stort. Dette var utgangspunktet for et design med et luftrør gjennom midten av bilen. Jeg lagde en slik modell med luftpassasje, Figur 35, men ut i fra det jeg fant ble det ikke en forbedring, men en liten forverring med tanke på luftmotstand. Luftmotstanden ble 234N mot tidligere 222N, ved 80

km/t. Dette kan skyldes det økte overflatearealet, med økt overflatefriksjon, eller at passasjen ikke var tilstrekkelig stor nok.



Figur 35: Kjøretøy med luftpassasje, 80 km/t

## 8.2 Resultater CFD

Tabell 13 viser luftmotstandene som opptrer. På bakgrunn av dette og frontareal beregnes til slutt Cd verdi.

Tabell 13: Resultater fra CFD-analyse

| 1  | 2         | 3            | 4            | 5            | 6                 | 7     |
|--|-----------|--------------|--------------|--------------|-------------------|-------|
| Hastighet                                | Hastighet | Kraft        | Effekt       | Effekt       | Front-            | Cd    |
| (km/t)                                   | (m/s)     | luftmotstand | luftmotstand | luftmotstand | areal             | (-)   |
|  |           | (N)          | (W)          | (kW)         | (m <sup>2</sup> ) |       |
| Parkbil solid 2                          |           |              |              |              |                   |       |
| 80                                       | 22,22     | 223          | 4955,56      | 4,96         | 1,931             | 0,365 |
| 100                                      | 27,78     | 348,8        | 9688,89      | 9,69         | 1,931             | 0,366 |
| 120                                      | 33,33     | 526          | 17531,58     | 17,53        | 1,931             | 0,383 |
| Parkbil solid 2 luftpassasje             |           |              |              |              |                   |       |
| 80                                       | 22,22     | 234,4        | 5208,89      | 5,21         | 1,895             | 0,391 |
| 120                                      | 33,33     | 524          | 17466,67     | 17,47        | 1,895             | 0,389 |
| Parkbil solid 2 senket 18 cm over bakken |           |              |              |              |                   |       |
| 80                                       | 22,22     | 239,6        | 5324,44      | 5,32         | 1,89              | 0,400 |
| 120                                      | 33,33     | 535,4        | 17846,67     | 17,85        | 1,89              | 0,397 |



### 8.3 Konklusjoner CFD

Overraskende høy Cd verdi, 0,365 for parkbil. Men siden den har lite frontareal, og dermed lav luftmotstand, er designet allikevel gunstig. Høy Cd skyldes ikke bakkeklaringen på 23 cm. Tvert i mot, gav lavere bakkeklaring på 15cm noe økt luftmotstand.

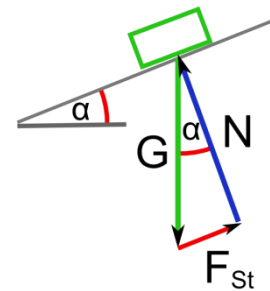
Jeg kan konkludere med at luftpassasjen ikke gav bedring i form av redusert luftmotstand. Videre arbeid kan bestå i å gjøre tester med en flatere versjon.

- **Motordimensjonering**

Kolonne 5 i Tabell 13, viser effekten som kjøretøyet trenger til å overkomme luftmotstand, ved forskjellige hastigheter. Siden hastighetene er høye til praktisk bruk, vil effektallene kunne være med på å dimensjonere størrelsen på motoren.

På veier med tillatt kjørehastighet inntil 100km/t, er det maksimalt tillatt stigning på 5 grader, i følge Vegdirektoratet, **Nettkilde #10**. Dette er brukbar informasjon for motordimensjonering.

Kjøretøy med nyttelast på 640kg (400kg + 3x80kg). Ved konstant fart vil kjøretøyet jobbe mot en stigningskraft  $F_{St}$  Figur 36, som beregnes nedenfor.



**Figur 36: Stigningskraft**

$$F_{St} = mg \sin \alpha \quad (2.6)$$

$$F_{St} = mg \sin (6\text{Grader})$$

$$F_{St} = 640kg \times \frac{10m}{s} \times 0,105$$

$$F_{St} = 672N$$

Fra CFD-analysen fant jeg ut at luftmotstanden ved 100 km/t er lik 349N. Jeg estimerer rullemotstanden til 150N.

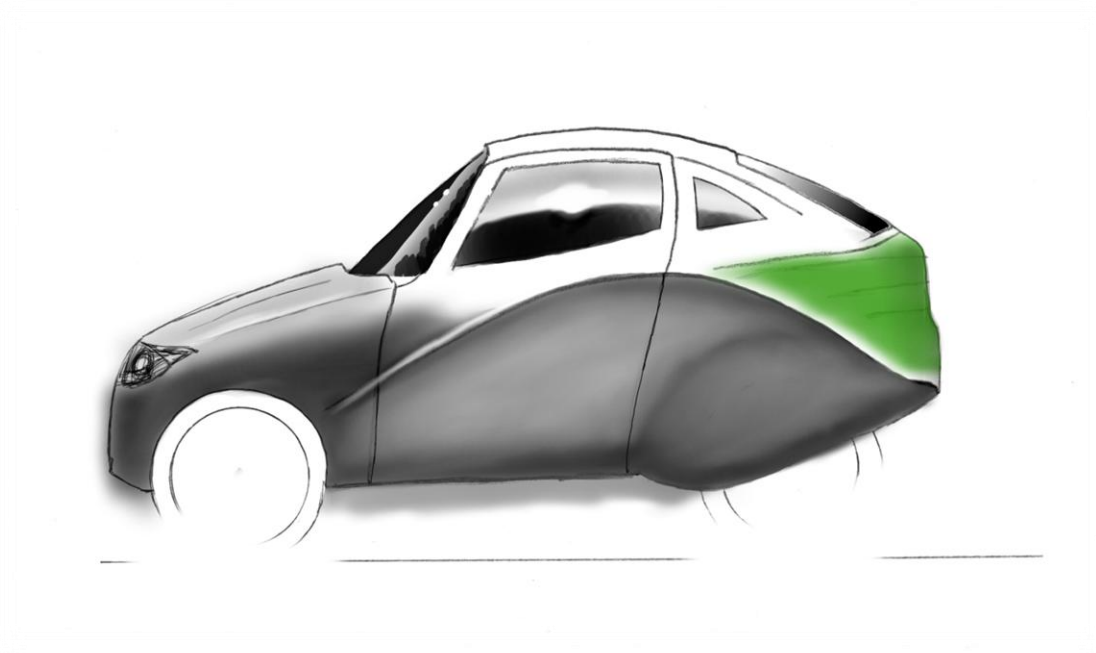
Totalt blir det 1171 N, og en effekt på 32,5kW. En motor som kan levere dette vil være bra for et kjøretøy i denne vektklassen.

## 9 Valg av design

Kjøretøykonsept ble valgt i kapittel 6, og modellen ble laget og testet i kapittel 7 og 8. Med større erfaring og brukbare resultater, går jeg videre og lager tre designløsninger som presenteres nedenfor.

### 9.1 Designløsninger

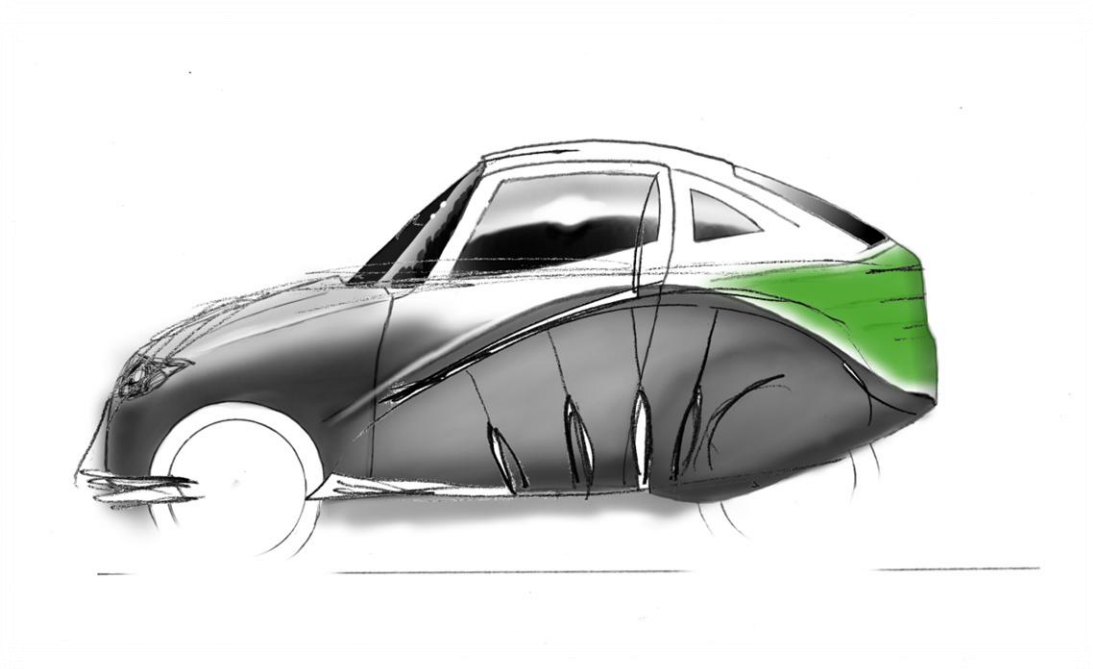
- *Designløsning A*



***Figur 37: Designløsning: Parkbil original.***

I Figur 37, er det tatt med den rene versjonen av konseptet Parkbil. Denne designløsningen passer fint for "den urbane, og miljøbeviste".

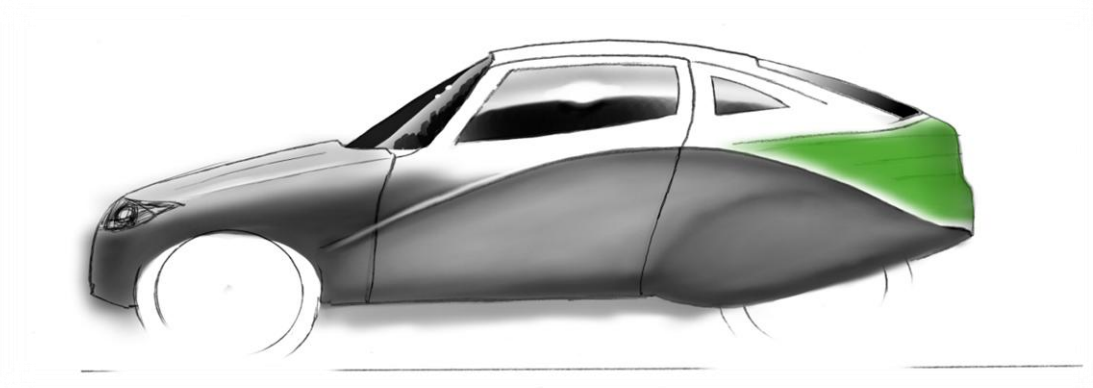
- *Designløsning B*



**Figur 38: Designløsning: ArtDeco.**

I studien av transportdesignhistorie fikk jeg litt sans for den modernistiske stilformen Art Deco, som kom på 30 tallet. I Figur 38 har jeg prøvd å bruke dette i retrodesign. Man ser her hvordan en designskissen plutselig fremstår som mer levende.

- *Designløsning C*



**Figur 39: Designløsning: Parkbil LowFriction.**

I Figur 39 er parkbilen endret i proporsjoner, for å oppnå lavere luftmotstand. Her er lav luftmotstand alfa og omega, og man går på kompromiss når det gjelder ergonomi.

## 9.2 Utvelgingsmatrise for designløsning

Her kommer nok en utvelgingsmatrise. Denne gangen nærmer det seg en løsning på designet. Her trengs det ikke mange kriterier, for designløsningene er i utgangspunktet lignende.

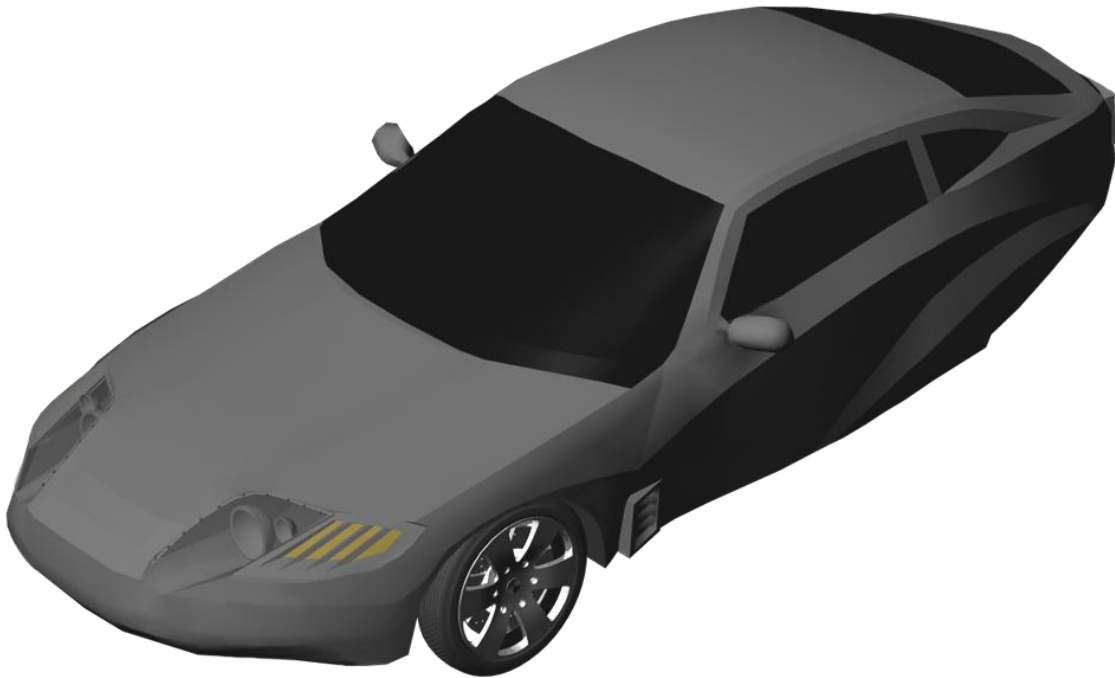
*Tabell 14: Utvelgingsmatrise for designløsning.*

| Rad                   | Kriterium      |         | Design   |          |          |
|-----------------------|----------------|---------|----------|----------|----------|
|                       |                | Vekting | A        | B        | C        |
| 1.                    | Luftdynamikk   | 0,9     | 7        | 7        | 9        |
| 2.                    | Funksjonalitet | 0,1     | 8        | 8        | 5        |
| Poengsum              |                |         | 7,1      | 7,1      | 8,6      |
| <b>Pallplassering</b> |                |         | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>1</b> |

## 10 Presentasjon av designløsning

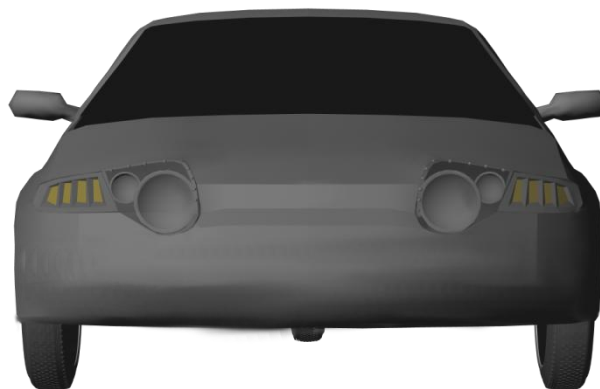
Nedenfor presenteres en rekke figurer av endelig designløsning for oppgaven, Parkbil LowFriction.

- *Perspektiv*



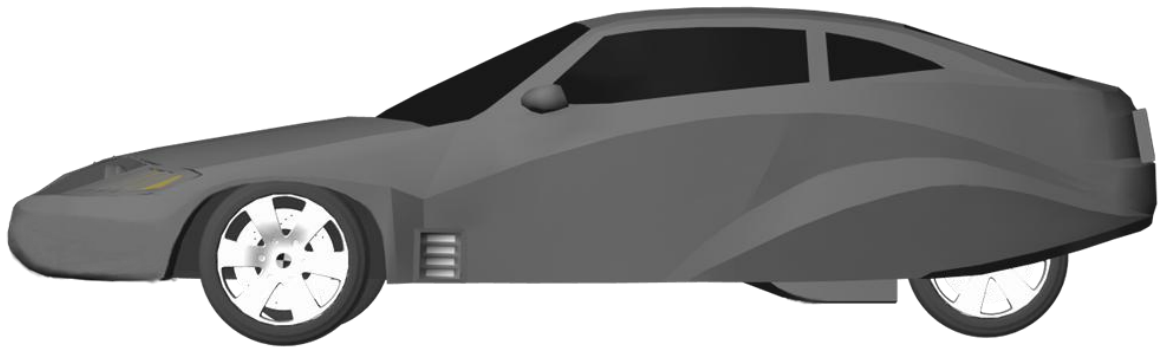
*Figur 40: Designløsning: Parkbil LowFriction. Perspektiv, venstre foran.*

- *Foran*



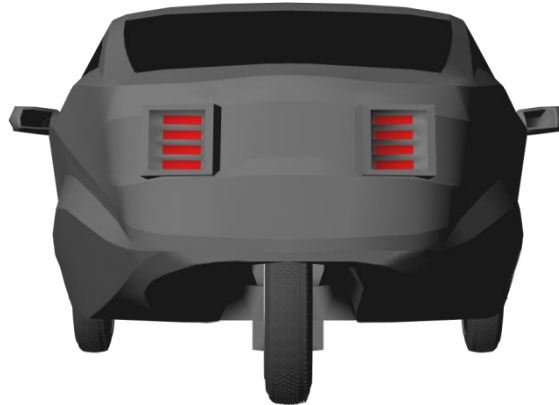
*Figur 41: Designløsning: Parkbil LowFriction. Foran.*

- *Side*



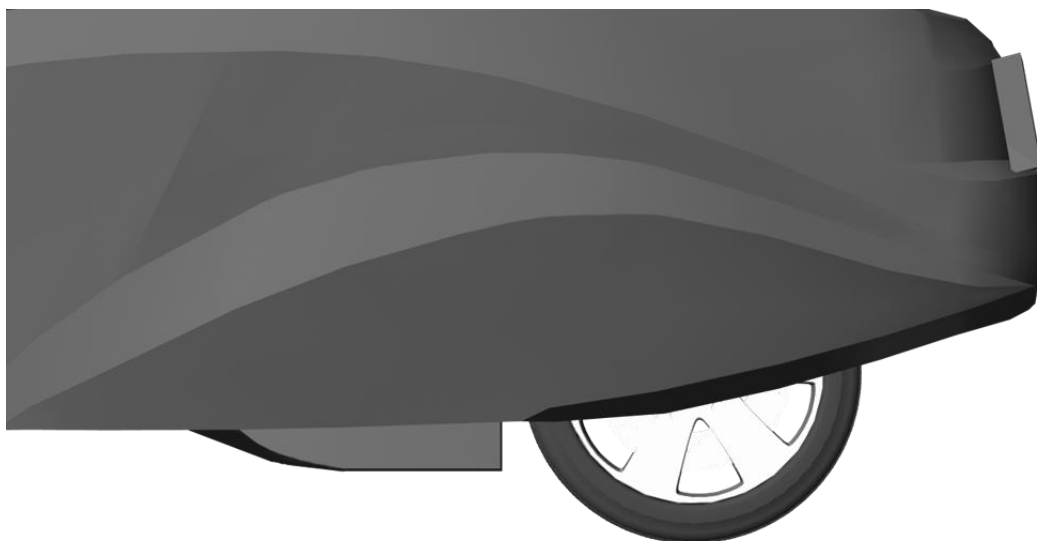
*Figur 42: Designløsning: Parkbil LowFriction. Side.*

- *Bak*



*Figur 43: Designløsning: Parkbil LowFriction. Bak.*

- *Bakdel*

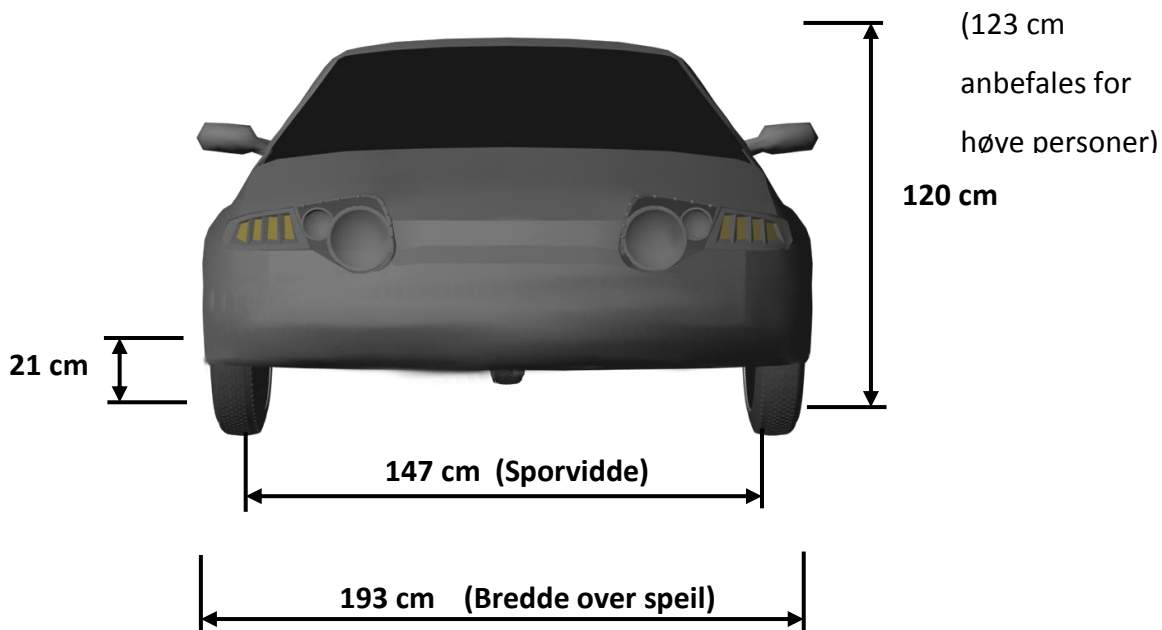


*Figur 44: Designløsning: Parkbil LowFriction. Elegant bakdel.*

## 10.1 Designløsning med hoveddimensjoner

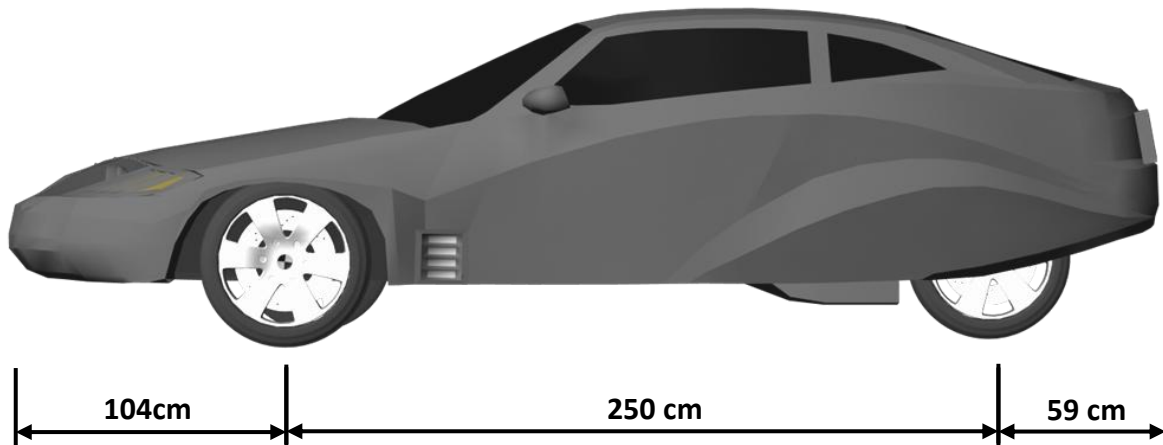
I Figur 45 og Figur 46 er det fremvist hoveddimensjoner av designløsningen.

- *Foran*



*Figur 45: Parkbil LowFriction. Målsatt foran.*

- *Side*



(Total lengde: 4130 mm)

*Figur 46: Parkbil LowFriction. Målsatt side.*



## 11 Proessediskusjon

Det har vært veldig nyttig å lese om transportdesign for å forstå hvordan bildesign har utviklet seg, hvordan menneskers oppfatning av transport har utviklet seg, og også hvordan samfunnet har utviklet seg. For tiden designes kollektive transportmidler for de store massene, og designet blir derfor ensformig og enkelt, les: kjedelig. Allerede på 1930-tallet fantes det kjøretøyer som var bedre luftdynamisk enn dagens kjøretøyer. Noen av dem kunne faktisk gått for å være futuristiske, selv i dag.

I designprosessen har jeg forbedret 2D tegneteknikken min. For å lage konseptskisser, tegnet jeg biler fra forskjellige perspektiver. Jeg brukte både vektorgrafikk og rastergrafikk, men fant at en vanlig trykkblyant og en skanner var det beste utgangspunktet. Det hjelper også mye å ha noen referansebilder å se til.

Skalamodell var gøy og nyttig. Ved å lage en fysisk modell får man en bedre oppfatning om hvordan modellen ser ut. Man får også lettere tilbakemeldinger fra andre, siden den er lett å vise fram uten at man blir distraheret av virkemidler som programvare etc.

CFD-analysen var veldig spennende. Det var overraskende for meg at man kunne bruke polygoner til slik modellering. Dette lettet arbeidet veldig, siden polygongeometri er meget omformbart. En slik metode revolusjonerer designprosessen.

- **Videre arbeid**

Prosjektet har kommet seg et godt stykke, men her er noen temaer som det bør jobbes videre med for å bygge på denne oppgaven.

- Testing av miniatyrm modell i vindtunnel.

Jeg stiller spørsmål om det er nødvendig med vindtunneltesting, men det kan være artig og lærerikt.

- Konstruksjonsoptimering.

Det er slik at kjøretøyet er tenkt å ha en bærende ramme. Dette arbeidet utføres av andre, men rammen kan ikke bli optimal uten dimensjonene for karosseriet, som kan springe ut fra denne oppgaven.

- Kollisjonsoptimering.  
Igjen, her må hele kjøretøyet vurderes med alle komponentene på plass.
- Materialers gjenvinnbarhet og livssyklus.  
Det ligger betydelig rom for utredninger på dette området som denne oppgaven kun dekker overflatisk.
- Lage 3d modeller for produksjon av prototype.  
Det venter mange arbeidstimer for å lage parametriske 3d modeller, og ikke bare polygonmodeller, som der er brukt mest av i denne oppgaven.
- Produksjon av prototype.  
Prototype lar seg produsere etter alt er gjort klart, men det blir her et spørsmål om ressurser.

## 12 Konklusjon

Tre konseptløsninger og tre designløsninger ble utviklet. Utvalgt konsept ble produsert som skalamodell, og en virtuell modell ble testet i CFD-analyse. Det ble funnet at kjøretøyet hadde normal Cd-verdi, og forholdsvis lav luftmotstand. Men siden nettopp luftmotstanden er nøkkelen til lavt energiforbruk, ble det utvalgt en gunstigere modell som designløsning.

### 12.1 Anbefalinger, med oppnådde resultater og fysiske data osv.

- *Design*

Gjennom utvelgelsesprosessen kom jeg til slutt fram til et elegant design som kan brukes til lettvektskjøretøyet.

Jeg har fundert meg fram til at det er detaljene som gjør bilen. Trenden for tiden er at hovedformene til bilene er glatte i designet. Men når det gjelder lykter og lys spares det ikke på dekorasjonen. Her kan det være opptil tusen detaljer, mikroformer, som gjerne følger et gjentakende mønster langs kurver.

- *Luftstrømningsanalyse*

Konklusjoner fra CFD-analysen er at kjøretøyet er bra luftdynamisk. Det har en Cd verdi på 0,36 som er omtrent som mange av personbilene i dagens marked, men dens lave frontareal gjør at luftmotstanden allikevel blir liten og brukbar.

En forholdsvis liten motor (32,5kW) vil kunne akselerere kjøretøyet meget godt og kunne trekke den opp bakker på 6 grader, i 100 km/t, med sjåfør og 2 passasjerer.

- *Regelverk*

Jeg har sett på kjøretøysforskriften fra 1994. Regelverket for eksteriørdesign av kjøretøy er meget omfattende. Men, trehjuls kjøretøy defineres altså som trehjuls motorsykkel, og det er her rom for kreative designløsninger, siden dette markedet er mindre regulert.

## 12.2 Oppnådde delmål

- Gjennomgå litteratur om design, siktergonomi og luftstrømningslære.
  - ✓ Gjennomgått i metodekapittelet.
- Produsere en mengde håndskisser, i konsultasjon med veileder.
- Tegne hovedformer, basert på formlære.
  - ✓ Hovedformer er presentert i avsnitt 6.1 "Valg av hovedform".
- Design av underelementer som lykter foran og bak, sidespeil, dørhendel.
  - ✓ Underelementer ble designet for utvalgt designløsning, og presentert i kapittel 10, men det ble ikke designet forskjellige utgaver av underelementene.
- Produksjon av miniatyrmodell.
  - ✓ Miniatyrmodell er presentert i kapittel 7.
- Gjennomføre luftstrømningsanalyse, beregning av luftmotstandskoeffisient.
  - ✓ Luftstrømningsanalyse ved CFD er presentert i kapittel 8.
- Revidere og forbedre konseptløsingen.
  - ✓ Dette målet er oppnådd gjennom luftstrømningsanalysen kapittel 8 og valg av design kapittel 9.
- Lage presentasjonsvideo med animasjon av designdetaljer, bevegelige dører, resultater.
  - ✓ Presentasjonsvideo er vedlagt på CD bakerst.

## 12.3 Videre arbeid

- Parametrisk modell

Polygonmodeller er gode for visualisering og slikt, men for produksjon er det bedre å ha en parametriske modell. Dette kan lages i f eks SolidWorks og vi være en naturlig oppfølging av oppgaven.

- Konstruksjonsoptimering

Både konstruksjonsoptimering og kollisjonsoptimering kan gjennomføres med FEM-analyse. FEM-analyse kommer svært til nytte når karosseriet består av flere materialer med forskjellig stivhet. Til konstruksjonsoptimeringen kan man utnytte skallelementer, for mindre modellstørrelse. For kollisjonsoptimering gjenstår det også mye arbeid og mange mastergradsoppgaver.

- Design av underelementer

Som nevnt ble det ikke designet forskjellige utgaver av underelementene, dette kan det også jobbes med videre.

## 13 Litteraturliste

### 13.1 Skriftlige kilder

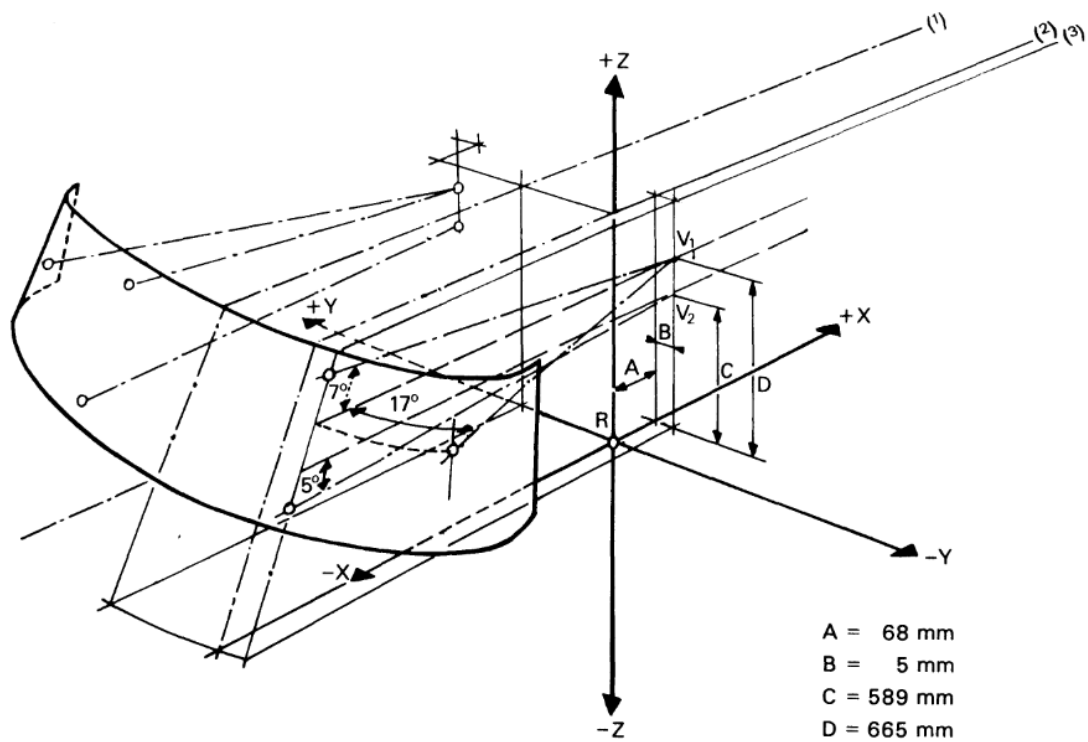
1. **Bøe, Jan Kåre. 2008.** *Produktutvikling og Produktdesign: Fra ergonomi og regelverk til design og prototypebygging.* s.l. : Bøe, Jan Kåre, 2008. s. 218. ISBN: n/a.
2. **Jan, Dul. 2008.** *Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide.* s.l. : CRC Press; 3 edition (May 28, 2008), 2008. s. 160. ISBN: 978-1-4200-7751-3.
3. **Macey, Stuart. 2008.** *H-Point, The Fundamentals of Car Design & Packaging.* s.l. : Design Studio Press, 2008. s. 224. ISBN: 978-1-933492-37-7.
4. **Tamai, Goro. 1999.** *The Leading Edge.* s.l. : Bentley Publishers, 1999. s. 293. ISBN: 978-0-8376-0860-0.
5. **Tilley, Alvin R. 2001.** *The Measure of Man and Woman.* s.l. : Wiley, 2001. s. 104. ISBN-10: 0471099554.
6. **U.Adler. 1986.** *Bosch: Automotive Handbook.* s.l. : VDI-Verlag, 1986. s. 707. ISBN: 3-18-418006-9.
7. **Valberg, Arne. 1998.** *Lys Syn Farge.* s.l. : Tapir Forlag, 1998. s. 280. ISBN:82-51913012.
8. **Votolato, Gregory. 2007.** *Transport Design: A Travel History.* s.l. : Reaktion Books Ltd., 2007. s. 239. ISBN: 978-1-86189-329-1.
9. **Yang, Jingzhou (James). 2009.** *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, Volume 19 Issue 1, January 2009, s. 15-34.* s.l. : Wiley Periodicals, Inc, 2009. s. 98. ISSN:1090-8471.

## 13.2 Nettkilder

1. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Car\\_mirror\\_diagram\\_blindspot.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Car_mirror_diagram_blindspot.png)
2. [http://www.national.com/vcm/NSC\\_Content/Files/en\\_US/Videos/Training/FPDLink-III-Customer.pdf](http://www.national.com/vcm/NSC_Content/Files/en_US/Videos/Training/FPDLink-III-Customer.pdf)
3. [http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/research\\_ergonomics.html#posture\\_prediction](http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/research_ergonomics.html#posture_prediction)
4. [http://www.volkswagen.no/no/no/Innovasjon\\_og\\_miljo/Teknikk\\_leksikon/drag.index.html](http://www.volkswagen.no/no/no/Innovasjon_og_miljo/Teknikk_leksikon/drag.index.html)
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Sedan\\_\(automobile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Sedan_(automobile))
6. <http://www.the-blueprints.com/>
7. [http://images.thecarconnection.com/med/2003-audi-tt-2-door-coupe-quattro-manual-side-exterior-view\\_100293453\\_m.jpg](http://images.thecarconnection.com/med/2003-audi-tt-2-door-coupe-quattro-manual-side-exterior-view_100293453_m.jpg)
8. <http://www.vegvesen.no/Kjoretoy/Kjop+og+salg/Import+av+kjoretoy/Nasjonal+typegodkjenning>
9. <http://www2.gi.alaska.edu/ScienceForum/ASF7/702.html>
10. <http://www.vegvesen.no/attachment/61414/binary/14121>

## 14 Vedlegg

DETERMINATION OF V POINTS



Figur 47: Utklipp fra direktiv 77/649/EF, plassering av V punker



## 15 Vedlagt mastergradskontrakt

### Kontrakt mellom student og veileder, inkludert prosjekt- og fremdriftsplan for masteroppgaver



**Frist for innlevering er instituttavhengig, se nederst. Skjemaet fylles ut elektronisk, skrives ut, signeres og leveres i instituttets ekspedisjon.**

| Kontrakt mellom  |                         |
|--|-------------------------|
| Studentens navn<br>Kristoffer Roca   | Studentnummer<br>967858 |
| Hovedveileders navn og institutt<br>I. amanuensis Jan Kåre Bøe, Institutt for matematiske realfag og teknologi |                         |
| Tilleggsveileder(e)s navn og institutt/institusjon<br>Senioringeniør Egil Stemsrud                             |                         |

| Masteroppgaven   |                                     |                          |                          |                          |
|--|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Oppgavens omfang   | 30 studiepoeng                      | 60 studiepoeng           |                          |                          |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |                          |                          |
| Foreløpig tittel (norsk og engelsk)<br>"Dolphin Family, del A: Utvikling av eksteriørdesign for lettvektskjøretøy"   |                                     |                          |                          |                          |
| Skal skrives på følgende språk   | Norsk                               | Dansk                    | Svensk                   | Engelsk                  |
|  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Problemstilling/målbeskrivelse   |                                     |                          |                          |                          |
| <p>I framtiden vil det trolig bli stilt strengere krav til energibruk ved transport av gods og personer på offentlige veier. Dette betyr i realiteten at kjøretøy må bli mindre og lettere, og at man må gå over på andre chassisløsninger og materialer, så vel som måter å transportere vekt. Arbeidet som skal utføres omfatter utredning, konseptutvikling, design og visualisering av forslag til eksteriørdesign til lettvekts multifuelkjøretøy som har plass til to voksne person, eller en voksen og tilsvarende lastevolum. Det skal legges vekt på bruk av resirkulerbare materialer, god sikt og bruksergonomi, lav luftmotstand (cw-verdi), bruk av standardløsninger og høy trafiksikkerhet.</p> <p>Prosjektet har som kortfattet hovedmål: Å utrede, konseptualisere, designe og visualisere eksteriørdesignløsning for 3-hjuls lettevekts personkjøretøy for inntil to voksne personer, eller fører og tilsvarende lastevolum, med tilhørende ergonomiske og tekniske anvisninger.</p> |                                     |                          |                          |                          |
| Kort om materiale og metode  |                                     |                          |                          |                          |
| Utredning av konkurrerende løsninger, ideutvikling (form, funksjon, styrke), konseptutvikling, og konseptscreening, utvikling av designløsninger, design, produksjons- og kostnadsvurderinger, prosessevaluering m.m. Visualisering i 3D og evt. 4D  |                                     |                          |                          |                          |
| Budsjett (utgifter til felt, lab. arbeid, reiser, trykking av oppgave osv, og hvordan dette er tenkt dekket)<br>Se vedlagt kostnadsoverslag. Kostnader til gjennomføring dekkes av interne prosjektmidler.   |                                     |                          |                          |                          |

| Spesialpensum             |                          |                                     |                          |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Skal du ha spesialpensum? | Ja                       | Nei                                 |                          |
|                           | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |                          |
| Hvis ja, hvor omfattende? | 5 sp                     | 10 sp                               | 15 sp                    |
|                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |

## Prosjektplan for mastergradsarbeidet

**Semester:** Vår 2011  
**Student:** Kristoffer Roca  
**Studieretning:** Maskin-, prosess- og produktutvikling  
**Fag:** Maskinkondesign, konstruksjon og produktutvikling  
**Arbeidstittel:** "Dolphin Duo Evidence, del A: Utvikling av eksteriørdesign for lettvektskjøretøy"

### Foreløpig framdriftsplan (Detaljert milepelsplan skal inngå i masterrapport):

| Hovedaktiviteter:  | Tidsrom |     |     |     |     |
|--|---------|-----|-----|-----|-----|
|  | Jan     | Feb | Mar | Apr | Mai |
| Måned  |         |     |     |     |     |
| Gjennomføre litteraturstudier og nettsøk, gå gjennom tidligere design på området     | XXX     |     |     |     |     |
| Gjennomgå grunnlagsteori innen sikt-ergonomi, luftmotstand, flowmodellering          | XX      | X   |     |     |     |
| Utforme tidlige konseptskisser, utforme grove funksjonelle krav og spesifikasjoner.  |         | XX  |     |     |     |
| Egenscreening, uforme designalternativer og testopplegg                              |         | XX  |     |     |     |
| Gjennomføre konsepttesting, utvalgelse og detaljspesifisering for preferert løsning. |         | X   | XX  |     |     |
| Utvikle del og hoveddesign i Solidworks, evt. andre typer programmer.                |         |     | XX  |     |     |
| Tegne ferdig forslag til makroløsning og integrere underelementer.                   |         |     | XX  | X   |     |
| Spesifiser materialvalg, produksjonsmetoder og standardkomponenter                   |         |     | X   |     |     |
| Utvikle 3D-miljørenderinger og (evt. 4D-animerte) eksempelløsninger.                 |         |     | X   | XX  |     |
| Redigering og skrivearbeide, prosessevaluering, konklusjon, sammendrag (N/E)         |         | X   | XXX | XX  |     |
| Slutføring og redigering av oppgaven leveres innen 15.mai                            |         |     |     |     | XX  |

\*) Avgrensninger gjøres avh. av progresjon/kompleksitet.

## 2. Budsjett

### Utgifter:

|                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| Reiser.....                         | 3.000,-        |
| Fargeutskrift, trykking.....        | 1.500,-        |
| Div materiell, programvare m.m..... | 1.000,-        |
| Sum utgifter.....                   | <b>5.500,-</b> |

### Finansiering:

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| Div. prosjektinntekter..... | 2.000,-         |
| Grunntilskudd IMT/UMB.....  | 3.500,-         |
| Sum inntekter.....          | <b>5.500,-*</b> |

|  |   |
|--|---|
| Som hoved- og tilleggsveileder ansatt på UMB, avtaler vi med dette å fordele veiledningsansvaret med følgende prosentsetser.<br>Punktet må fylles ut pga UMBs budsjettmodell.                  | Hovedveileder: 70 %<br>Tilleggsveileder: 30 % |
| Som student forplikter jeg meg til å arbeide seriøst med masteroppgaven. Jeg vil etter beste evne følge denne kontrakten (med prosjekt- og fremdriftsplan) som jeg og veileder har utarbeidet. | Stud.<br><input checked="" type="checkbox"/>  |

|  |
|--|
| Underskrifter                                |
| Student<br>Kristoffer Roca 04.01.2011 ÅS     |
| Hovedveileder<br>Jessem 4/1-2011 [Signature] |
| Tilleggsveileder                             |

FYLLES UT AV INSTITUTTET

KONTRAKT, PROSJEKT- OG FREMDRIFTSPLANEN ER INNLEVERT  
(Dato og instituttets stempel)

Planen er godkjent av UU-leder (Dato og underskrift)

**FORSKRIFT OM STUDIER VED  
UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP**  
med utfyllende bestemmelser (sist endret 30. mai 2006)

...

Kap 12

§ 12-4

...

**Kontrakt og prosjektplan**

*Veileder og studenten(e) skal i samarbeid sette opp en kontrakt og utarbeide en hensiktsmessig prosjektplan (fremdrifts- og kostnadsplan) for gjennomføringen av gradsoppgaven. Kontrakten godkjennes av ansvarlig institutt før arbeidet med gradsoppgaven starter. Kontrakt og prosjektplan utformes som ett dokument.*

Frister for levering av masteroppgavekontrakt (for de som skal levere oppgave innen 15. mai):

IHA: 1. februar 2. studieår master  
IKBM: kontakt studieveileder ved instituttet  
ILP: 15. februar 5. studieår master  
IMT: 1. februar 5. studieår master  
INA: 1. juni 1. studieår master  
IPM: 15. september 2. studieår master  
IØR: 15. november 2. studieår master  
NORÅGRIC: før oppstart med oppgaven