



# Design og utvikling av en eco-marathonbil

**Eivind Sæter**

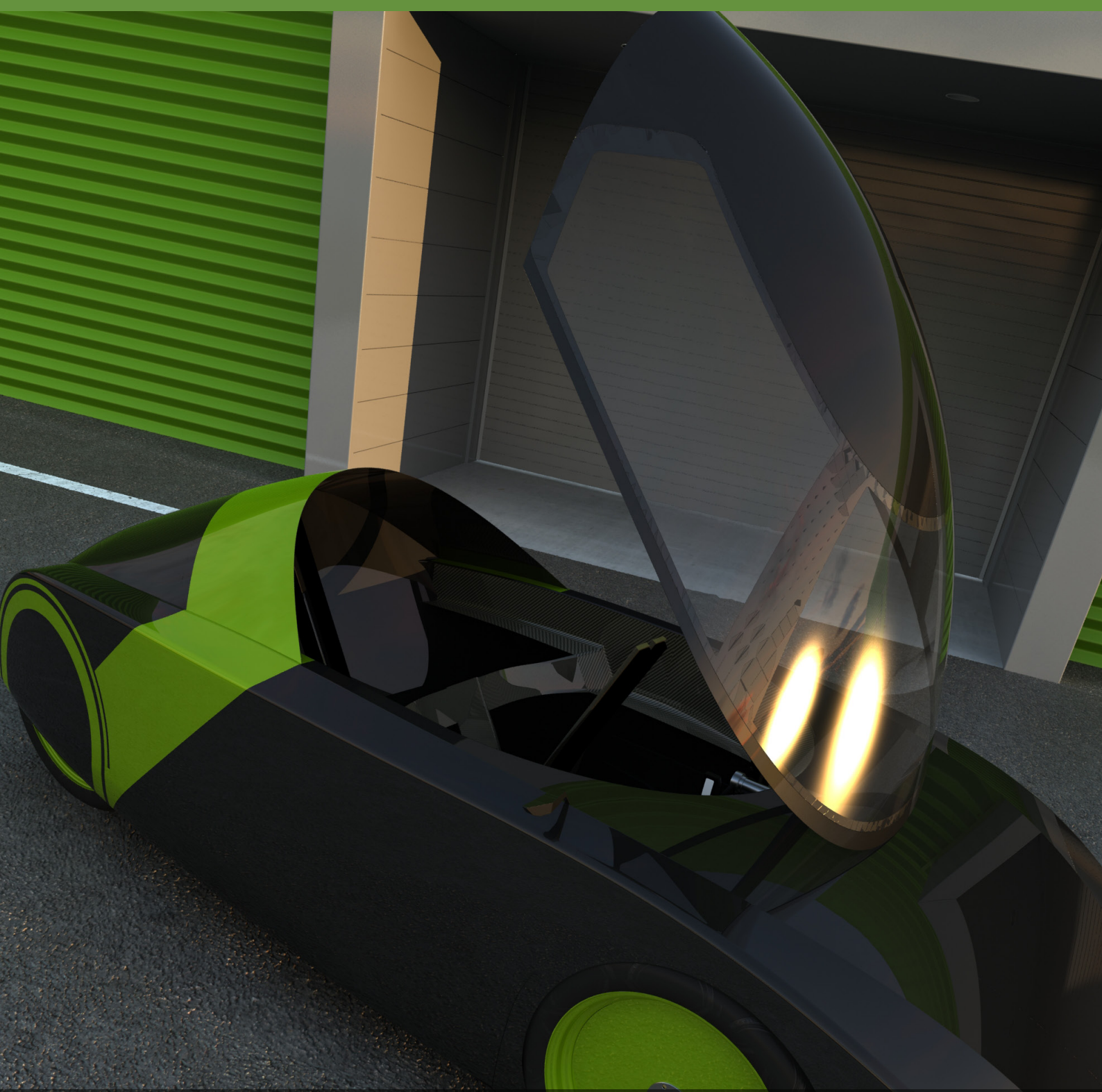
Industriell design

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Johannes Sigurjonsson, IPD

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for produktdesign





DESIGN OG UTVIKLING AV EN  
**ECO-MARATHONBIL**

EN MASTEROPPGAVE AV EIVIND SÆTER, UTFØRT VED INSTITUTT FOR PRODUKTDESIGN VÅREN 2012





## SAMMENDRAG

Masteroppgaven er en beskrivelse av min rolle som designer i et større team. Arbeidet sammen med teamet startet høsten 2011 gjennom fordypningsfaget PD9. Målet med arbeidet var å designe og bygge en ny bil for deltagelse i Shell Eco-marathon 2012. Hvordan dette arbeidet fungerte, og mine refleksjoner rundt dette, er beskrevet i oppgaven.

Mine arbeidsoppgaver gjennom prosjektet har vært veldig varierte. I utgangspunktet skulle jeg fungere som industridesigner, og ta forskjellige sub-systemer som sete, ratt, speil, dashboard og monocoque fra idefase til ferdig konsept. For å gjøre dette, var det viktig å utnytte

kompetansen til hele teamet, og kommunisere på en effektiv måte. Arbeidet ble utført som en iterativ designprosess, der det ble gjort raske iterasjoner slik at det var mulig å inkludere maskiningeniørene mest mulig helt fra starten av. Resultatet var en effektiv utvikling som gjorde det mulig å komme frem til fungerende og teknisk gode løsninger. De aller fleste produktene bar preg av at vekt og aerodynamikk var satt i fokus, og faktorer som pris og brukervennlighet ble nedprioritert så lenge de ikke ville ha en påvirkning på utfallet av konkurransen.

På grunn av et stort tidspress, ble det vanskelig å inkludere maskiningeniørene like mye hele veien.





Mot slutten gikk derfor min oppgave over fra å være industridesigner til å bli en produktutvikler, med et større teknisk fokus enn jeg egentlig er vant til. Arbeidsoppgaver som utforming av støpeformer og planlegging av produksjon ble lagt til mitt ansvar.

Et annet resultat av den korte utviklingstiden, var at prosessen ble lagt opp som en bottom-up-prosedy. Hvert sub-system ble designet for seg selv, for å senere bli satt sammen til en komplett bil. Dette gav et sluttresultat med høy ytelse men med mindre fokus på nyskapende funksjoner.

Mot slutten av oppgaven blir det også gjort en sammenligning av det endelig konseptet opp mot et konsept der faktorene ytelse, pris, styling og brukervennlighet var mer likestilt. Sammenligningen viser hvordan prosjektet kunne endt dersom industridesignerne hadde fått friere tøyler, og man hadde fokusert mindre på å vinne bare energikonkurransen.

Den ferdige bilen deltok i Shell Eco-marathon i Rotterdam 18.-19. mai 2012, og endte til slutt på en 5. plass i Urban Concept Battery Electric. Med små endringer tror jeg bilen kan være med på å kjempe om seieren neste år.



# ABSTRACT

This master thesis is a description of my role as a designer in a larger team. The work together with the team started the autumn 2011, through the course PD9 at IPD. The goal of the project was to build a new car to compete in the Shell Eco-marathon 2012. How my work was done, and my reflections around it, is described in this thesis.

My tasks through the project have been varied. In the beginning, I was meant to function as the industrial designer in the team, and to take different sub-systems like seat, steering wheel, mirrors, dashboard and the monocoque from the idea phase to the concept phase. To do this,

it was important to use the expertise of the team, and to communicate in an efficient way. The design was done as an iterative process, where fast iterations were done to make it possible to get feedback from the mechanical engineers all the way. The result was an efficient development which made it possible to make functional products, with good technical solutions, in a short time. Most of the products were characterised by the lightweight and aerodynamical solutions, and factors like price and user-friendliness were not prioritised in the same way.

Because of a tight time schedule, it was hard to





include the mechanical engineers in the process all the way. So in the end of the project I went from being an industrial designer to focusing more on the product design. I got more tasks like creating molds, and planning production.

Another result of the tight schedule, was that the development process of the whole car had to be done as a bottom-up process. Each subsystem was designed on its own, and then later put together to a complete car. This resulted in an end result with high performance, but with few innovative functions.

In the end of the project, it was also done a comparison of the final concept and an alternative concept where the four factors performance, price, styling and user-friendliness was more balanced. The comparison shows how the project could have ended with more focus on industrial design, and less focus on performance.

The finished car attended to the Shell Eco-marathon in Rotterdam 18.-19. May 2012, and came fifth in the Urban Concept Battery Electric class.





# FORORD

Denne rapporten beskriver og redegjør for masteroppgaven til student Eivind Sæter, utført ved Institutt for produktdesign, NTNU våren 2012.

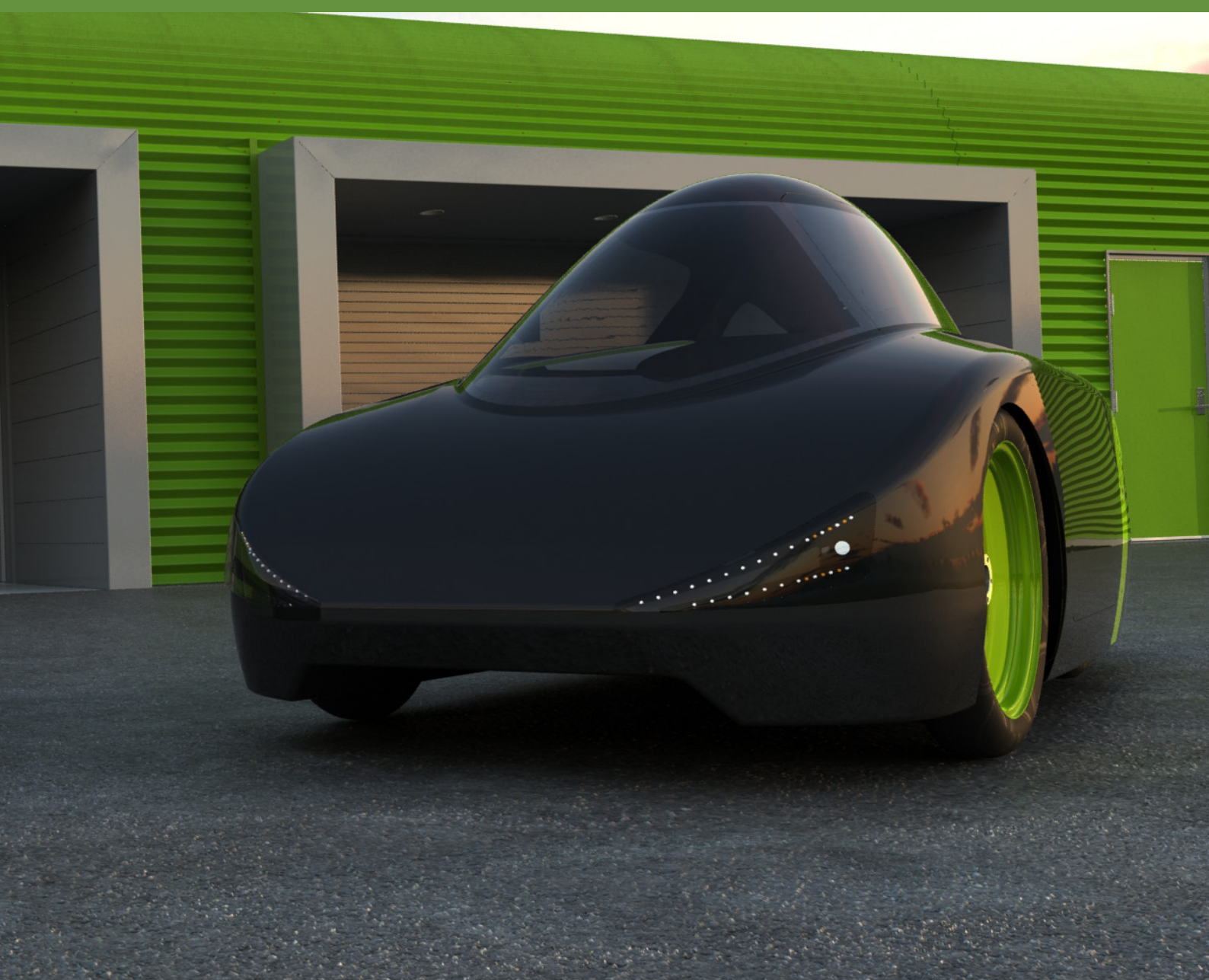
Prosjektet har blitt gjort i samarbeid med en prosjektgruppe fra IPM, der målet har vært å designe og bygge en bil for deltagelse i årets Shell Eco-marathon. Arbeidet startet høsten 2011 som et fordypningsprosjekt i faget PD9 sammen med Mats Herding Solberg. Vår oppgave var da å fungere som industridesignere i gruppen, og utføre de oppgavene som dette førte med seg. Senere har jeg fortsatt min deltagelse gjennom min masteroppgave.

I denne rapporten presenterer jeg min rolle i prosjektet, og da i hovedsak det som ble gjort

gjennom vårsemesteret. Senere evaluerer jeg arbeidet som er blitt gjort. En mer detaljert beskrivelse av arbeidsoppgavene i prosjektet kan finnes i den vedlagte prosjektrapporten.

Jeg vil gjerne takke følgende personer for god hjelp underveis:

- Johannes Sigurjonsson for veiledning
- Rolf Steinsheim for god hjelp på verkstedet
- DNV Fuel Fighter 2-teamet for godt samarbeid.
- Gunn-Berit Neergård for å være en tålmodig samboer.
- Christoffer Sæther Sørensen for korrekturlesing.



Trondheim 11.06.2012

---

Eivind Sæter



## Masteroppgave for student Eivind Sæter

### Design av energieffektiv bil

*Design of energy efficient car*

**Bakgrunn for oppgaven:** Shell Eco-marathon er en konkurranse hvor målet er at deltakerne skal bygge en bil som kjørte lengst mulig på energi tilsvarende 1 liter bensin. I 2007 bestemte en gruppe studenter fra NTNU seg for å delta i konkurransen. En bil ble utviklet og bygget, og har senere deltatt hvert år.

På grunn av gjentatte reparasjoner og forbedringer på bilen, er den med årene blitt både tyngre og mer slitt. For å kunne være med å kjempe om seieren i konkurransen, skal det derfor bygges en ny bil for deltagelse i 2012. Et team på 12 personer, deriblant to designere, er satt sammen for å jobbe mot et mål om å lage en lettere, mer aerodynamisk og penere bil enn tidligere.

Prosessen med designet av bilen startet allerede høsten. Et detaljert konsept for det utvendige designet av bilen ble utformet basert på tidligere erfaringer og nøye testing. Dette var en god start for prosjektet som fortsetter våren 2012.

**Opgavens innhold:** Oppgaven vil innebære å være designer i et større team. Designerens oppgaver vil i hovedsak omfatte klargjøring av bilen for produksjon, samt å utvikle mindre komponenter for både interiør og eksteriør. I tillegg vil det bli gjort flere mindre oppgaver som ofte er knyttet til designerens rolle, slik som presentasjons- og markedsføringsmateriell. Det vil hele tiden være fokus på kommunikasjon og tverrfaglig samarbeid innad i gruppen.

Opgaven vil blant annet omfatte:

- Tverrfaglig arbeid med andre studieretninger.
- Detaljering, klargjøring og produksjon av monocoque.
- Idé- og konseptutvikling av interiøre og eksteriøre komponenter.
- Detaljering og produksjon av enkeltelementer.
- Presentasjons- og markedsføringsmateriell.

Opgaven utføres etter ”Retningslinjer for masteroppgaver i Industriell design”.

Ansvarlig faglærer: Johannes Sigurjonsson

Utleveringsdato: 16. januar 2012  
Innleveringsfrist: 11. juni 2012

Trondheim, NTNU, 16. januar 2012

Johannes Sigurjonsson  
ansvarlig faglærer

Jon Herman Rismoen  
instituttleder









# INNHOOLD

## 1 EN INTRODUKSJON TIL PROSJEKTET

1.1	Om Eco-marathon.....	12
1.2	Om prosjektet.....	14
1.3	Teamet.....	16

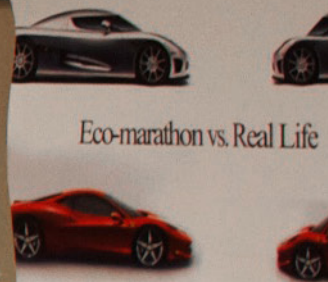
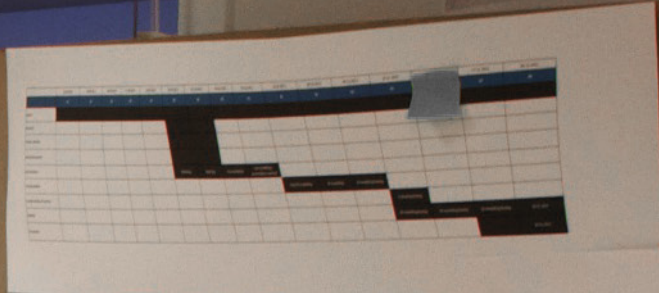
## 2 DESIGNERENS ROLLE I PROSJEKTET

2.1	Fagområder.....	20
2.2	Vår designprosess.....	22
2.3	Kommunikasjon.....	23
2.4	Designerens ansvar.....	24
2.5	Tidsplan.....	26

## 3 EVALUERING AV PRODUKT OG PROSESS

2.1	Valg av ideer.....	30
2.2	Monocoque.....	32
2.3	Cockpit.....	34
2.4	Dashbord.....	36
2.5	Seteløsning.....	38
2.5	Evaluering av prosessen.....	42





$$F_A = \frac{\rho A v^2 C_d}{2}$$





# 01 EN INTRODUKSJON TIL PROSJEKTET







Shell Eco-marathon er en konkurranse for studenter, der målet er å bygge de mest miljøvennlige bilene for å delta i en av klassene Urban Concept eller Prototype.

## 1.1 OM ECO-MARATHON

Shell Eco-marathon utfordrer studenter fra hele verden til bli med å designe, bygge og teste energieffektive kjøretøy. Konkurransen startet i USA i 1939, der Shell-ansatte konkurrerte om å kjøre lengst mulig på minst mulig drivstoff. Siden den gang har arrangementet utvidet seg til å bli en årlig hendelse som blir holdt også i Europa og i Asia.

Årets konkurranse i Europa fant sted i Rotterdam, der bilene skulle konkurrere i bygater i stedet for racingbaner, som tidligere har vært vanlig. Dette skapte både utfordringer og nytenking blant lagene som deltok.

### 1.1.1 KLASSER

Konkurransen er delt inn i to klasser; Urban Concept og Prototype. Urban Concept er den klassen der bilene ligner mest på det man ser kjører i dagens bygater. Bilene må ha fire hjul, og flere krav er satt både til indre og ytre

dimensjoner. I prototypeklassen er derimot det meste lov, og man kan optimalisere bilen på den måten man selv ønsker. Dette resulterer som oftest i små "sigarformede" biler som kjører flere ganger lengre en Urban Concept-bilene.

Begge de to hovedklassene er delt inn i de forskjellige energiklassene bensin, diesel, batteri, hydrogen, solenergi og etanol.

### 1.1.2 REGLER

Det er mange regler rundt hvordan konkurransen utføres, og disse legger grunnlaget for hvordan bilene utformes. Gjennom konkurransen får hvert enkelt team fire forsøk på demonstrere bilens effektivitet. I hvert forsøk må bilen kjøre den 1,6 km lange runden 10 ganger. For hver runde må man stoppe bilen helt, for deretter starte på nytt. Alle seks rundene må fullføres på mindre enn 39 minutter. Dersom dette ikke gjøres, blir forsøket erklært ugyldig.





Det endelige målet er altså å bruke minst mulig energi på kjøre disse rundene, og energiforbruket blir registrert ved hjelp av joulemeter som sjekkes både før og etter forsøket.

### 1.1.3 KONKURRENTER

Nivået på konkurrentene varierer voldsomt. Alt fra hobbyprosjekter bygget av videregående skoler, til profesjonelle biler bygget av universiteter i samarbeid med bilprodusenter. De mest seriøse teamene finner man stort sett i bensin og batteriklassene, der store team på opptil 50 personer jobber flere år med å perfektionere bilene.

### 1.1.4 NTNU SIN DELTAGELSE

NTNU har vært en fast deltager i Shell Eco-marathon siden 2008. Da ble en bil bygget i samarbeid med Choice Hotels og Kongsberg. Bilen ble utformet som en monocoque i karbonfiber, og designet av studenter ved IPD med vekt og aerodynamikk som hovedfokus. Produksjon og layup av karbonfiber ble gjort hos Kongsberg.

Siden bilen ble bygget i 2008, har den deltatt i

Hydrogenklassen, der den både har vunnet og satt en verdensrekord som fortsatt er gyldig. Siden det var lite nytt som kunne oppnåes i hydrogenklassen, ble det bestemt at man ville starte å bygge en ny bil høsten 2011. Bilen skulle også være en monocoque og den skulle delta i batteriklassen.

### 1.1.5 FORSKJELLIGE PRISER

I tillegg til å kjøre lengst mulig på minst mulig energi, sikter flere team mot å vinne en av de mange prisene i konkurransen. Dette er priser som kommunikasjonspris, lagåndspris, sikkerhetspris og designpris. Mange av prisene er helt uavhengige av utviklingen av bilen mens andre må legges vekt på gjennom hele utviklingsprosessen.

Designprisen er kanskje det mest attraktive prisen i konkurransen. Teamet som vinner denne kommer ofte med nyskapende utforminger og funksjoner i bilen som kanskje hindrer den i være like effektiv som de beste bilen. Dette er derfor en vurdering man må ta før prosjektet starter, og bestemme seg for hvilke mål man vil prøve å nå.



*Resultatet fra høstsemesteret var et konsept som skulle være mulig å produsere, men som ikke var klart for produksjon.*

## 1.2 OM PROSJEKTET

Hvert år setter NTNU sammen et nytt team som skal jobbe med Eco-marathon bilen. Frem til 2011 gikk denne jobben ut på å forbedre den gamle bilen. Dette endret seg med årets team.

### 1.2.1 FOKUS

De siste årene har det blitt vanskeligere og vanskeligere å skaffe nye sponsorer til prosjektet, samtidig som media også har vært mindre interessert. For både å gjøre prosjektet mer interessant, samtidig som man ville gi seg selv en utfordring, bestemte teamet at en ny bil skulle bygges. Bilen hadde det samme målet som den tidligere bilen, altså gjøre det bra i energikonkurransen. Andre mål og priser skulle

nedprioriteres dersom de kunne være et hinder mot dette målet.

### 1.2.2 INTERESSEENTER

I tillegg til studentenes egne mål, hadde også andre interessenters mål mye å si. For å bygge en ny bil var man helt avhengig av pengesterke sponsorer, og sponsorene ville også ha noe tilbake. At bilen så bra ut, og at den fikk mye oppmerksomhet fikk derfor større verdi. Både styling og kommunikasjon måtte derfor være blant teamets mål.

Oppmerksomhet var også viktig for NTNU og Shell, siden begge bruker prosjekter som dette i



sin markedsføring.

### 1.2.3 HØSTSEMESTERET

Proessen med designet av bilen startet som nevnt tidligere høsten 2011. Målet med semesteret var å utvikle forskjellige konsepter for hvert enkelt sub-system, for deretter å velge ett konsept som skulle gjøres klart til produksjon og produseres våren 2012.

Designerne hadde i hovedsak ansvaret for designet av monocoquen, og at denne passet sammen med alle de andre subsystemene. For å gjøre dette, måtte man først og fremst sette seg inn i problemstillingen og grunnleggende kunnskaper rundt produksjon av karbonfiber og aerodynamikk. Deretter ble det gjort en omfattende runde med idegenerering som til slutt resulterte i tre forskjellige konsepter.

I stedet for å velge et konsept som ble detaljert, ble det valgt forskjellige egenskaper fra alle de forskjellige konseptene, som til slutt ble satt sammen til ett.

Resultatet fra semesteret var et detaljert konsept som ville være mulig å produsere, men som ikke var ferdig detaljert for produksjon. Det hadde også blitt laget konsepter for hvordan lyktene skulle se ut.





Teamet besto av 6 maskiningeniører, 2 systemingeniører, 2 designere, 1 prosjektleder, 1 kybernetikkingeniør og 1 medieansvarlig.

## 1.3 TEAMET

Tilsammen har teamet bestått av 14 studenter, der 9 har bidratt gjennom hele prosjektet og 5 har deltatt kun ett av semesterne. Alle har bakgrunn fra sivilingeniørutdanninger på Gløshaugen.

### 1.3.1 ANSVARSINDELING

Hele prosjektet har vært styrt av en prosjektleder. Dette var en person som hadde ansvar for økonomi og sponsorer, samt tidsplaner og risikoanalyser. Prosjektlederen hadde også ansvaret for at alle til en hver tid var informert om

hva som skulle skje, og viktige tidsfrister.

Når det gjelder kommunikasjon innad i teamet og mellom de forskjellige sub-systemene, var det to systemingeniører som hadde ansvar for dette. De hadde også ansvar for at de forskjellige reglene ble fulgt, og at tidsfrister ble overholdt.

Kommunikasjon utad, både mot presse og sosiale media ble tatt hånd om av en egen PR og presseansvarlig. Oppdatering av facebook, nettside og twitter samt pressemeldinger og promoteringsarrangementer gikk inn i denne





jobben.

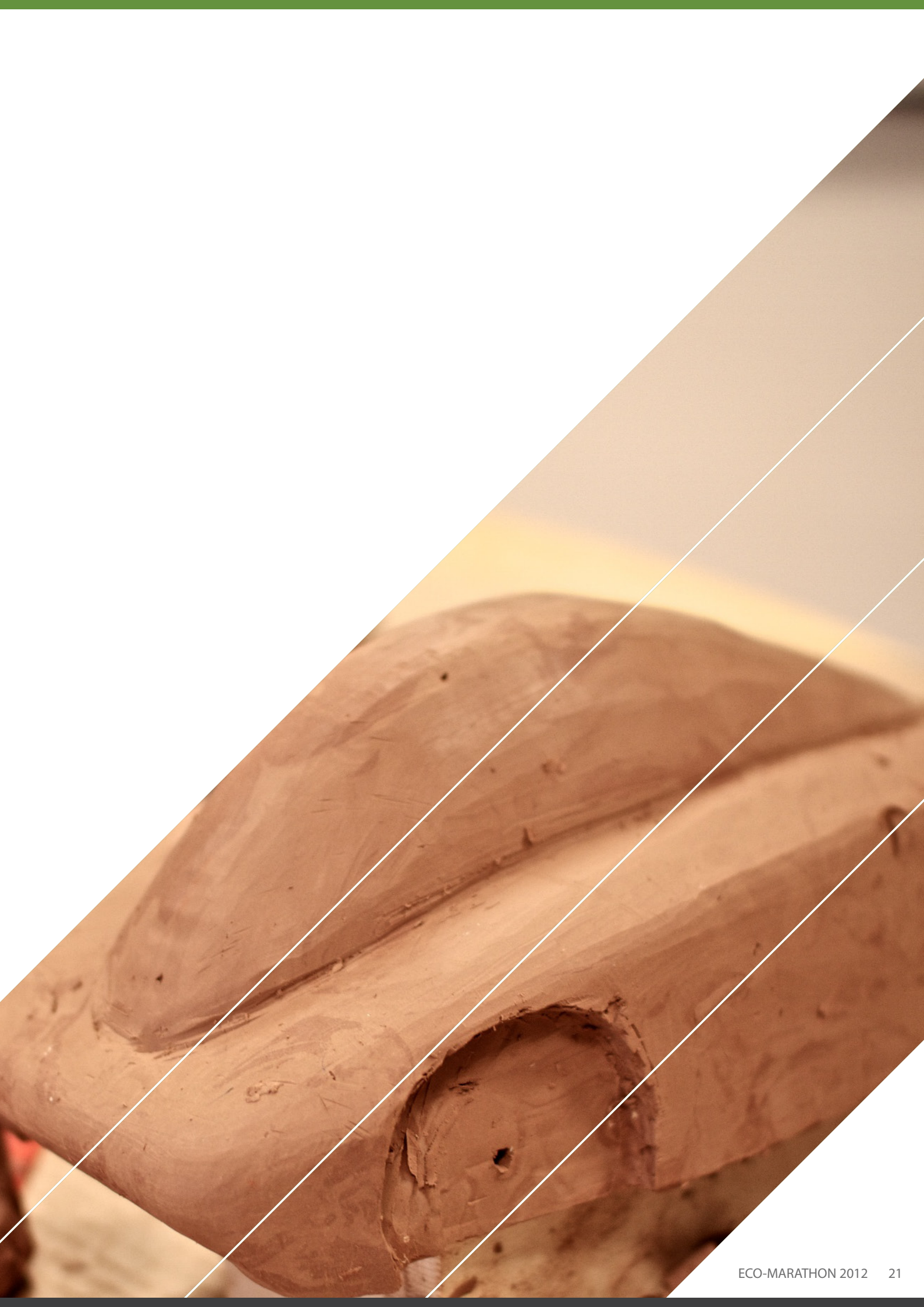
Den mer tekniske jobben ble gjort av 11 forskjellige ingeniører. Disse kunne deles inn i fire forskjellige kategorier, der design og bygging av monocoque og interiør ville være den største. Denne gruppen besto av to designere, og tre ingeniører der en designer og en ingeniør forsvant fra teamet etter hjul.

Hjul og hjuloppheng ble designet og produsert av to maskiningeniører. Det samme gjaldt systemet for bremses og styring. Til slutt hadde man et sub-system som inkluderte motor, motorkontroller og alle elektriske komponenter i bilen. Denne jobben ble gjort av en kybernetiker og en elektroingeniør der kybernetikeren

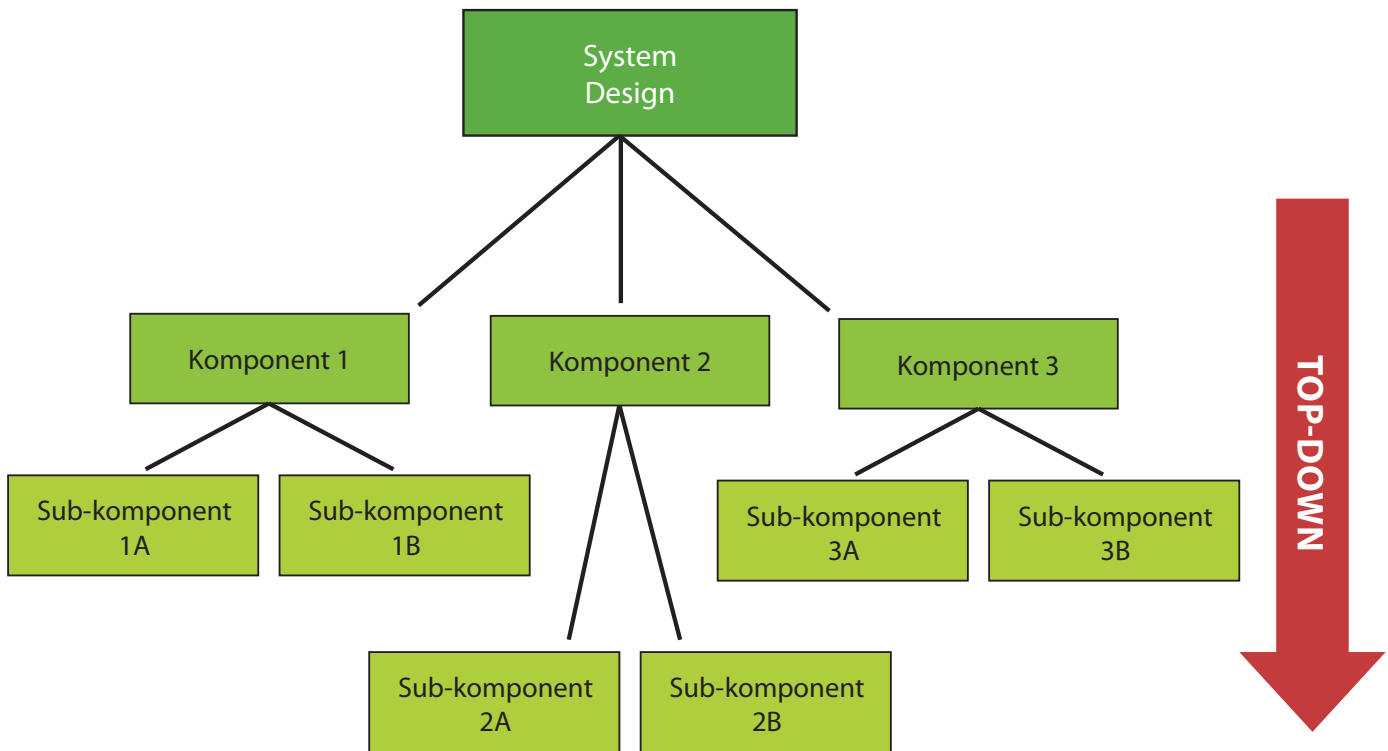
programmerte motorkontroller og elektrikereren hadde det meste av ansvaret rundt motoren.



# 02 DESIGNERENS ROLLE I PROSJEKTET







## 2.1 FAGOMRÅDER

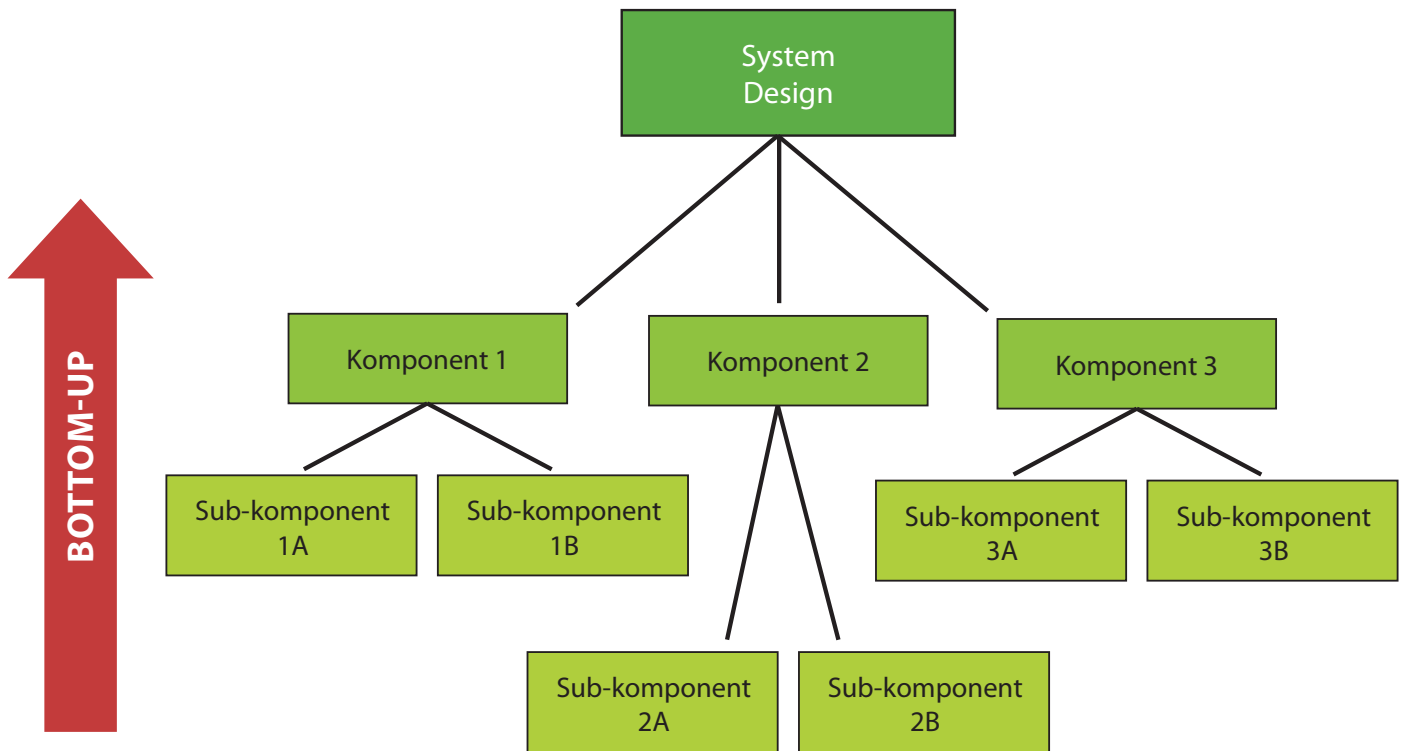
Gruppen som skulle jobbe med utformingen og produksjonen av eksteriøret og interiøret på bilen, bestod det siste semesteret av meg som industridesigner og to produktutviklere (maskiningeniører). Min oppgave var i utgangspunktet å fungere som industridesigner, men ettersom prosjektet utviklet seg, ble min rolle i større grad knyttet til produktutvikling. Litt av den samme overgangen til mer tekniske oppgaver skjedde også med produktutviklerne, som etterhvert fungerte mer som konstruktører. Hva jeg legger i dette skal jeg gå igjennom i de neste avsnittene.

### 2.1.1 INDUSTRIDESIGN

I følge Core77s definisjon av industridesignere bruker man en kombinasjon av kunst, vitenskap og prosess til å lage nye, eller forbedre gamle

produkter. En industridesigners oppgave er normalt å utvikle aspekter som form, brukervennlighet, god ergonomi, markedsføring og branding ved et produkt. Dette ble også gjort på produkter i dette prosjektet, stort sett ved at vi analyserte hele systemet som produktet ble brukt i, og jobbet oss nedover til detaljering av enkeltkomponenter (en top-down-prosess). Prosessen besto stort sett av fasene analyse, idegenerering, konseptualisering og detaljering, som blir gjentatt i flere iterasjoner. Antall iterasjoner og hvor detaljert sluttproduktet skulle være, var avhengig av avtaler mellom meg og ingeniørdesignerne.

Core 77 (10.06.2012). The definition of Industrial Design. Hentet fra [http://www.core77.com/reactor/08.06\\_amit.asp](http://www.core77.com/reactor/08.06_amit.asp)



## 2.1.2 KONSTRUKSJON

Der mitt arbeid som industridesigner sluttet, var det maskiningeniørene, i dette tilfellet konstruktører, som tok over. Måten konstruktørene jobbet på kan sies å være en motsetning til en industridesignerens arbeidsmåte. De fikk tegninger og konseptskisser av meg som designer, og jobbet seg deretter bakover i prosessen og planla hver enkelt komponent slik at den skulle passe inn i systemet og dekke behovene som tidligere hadde blitt avdekket. Dette var det man ofte kaller en bottom-up-prosess.

Tidspunktet ingeniørdesigneren tok over designet trengte ikke nødvendigvis å være i slutten av prosessen, men kunne bli gjort flere ganger gjennom utviklingsprosessen.

## 2.1.3 PRODUKTUTVIKLING

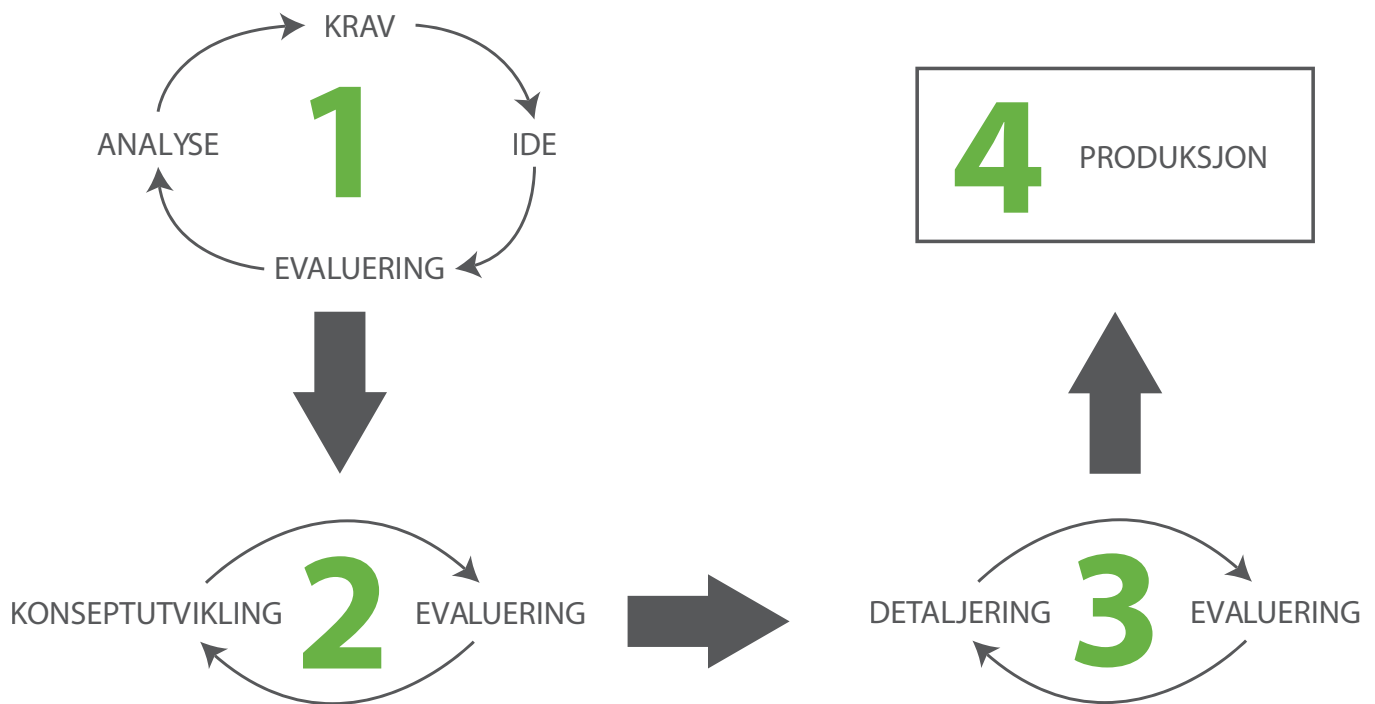
Ettersom man kom lengre ut i prosjektet, ble mine arbeidsoppgaver mer og mer en kombinasjon av industridesign og konstruksjon,

eller det som ofte blir kalt produktutvikling. Jeg gjorde de samme oppgavene som før, men hadde også ansvar for de mer tekniske aspektene til konstruktørene. Jeg løste flere tekniske problemer, som utforming av støpeformer og produksjonsplanlegging, og fikk et litt mindre fokus på brukervennlighet og estetikk.

## 2.1.4 KAN EN GJØRE ALT?

For å få et best mulig produkt, var vi hele tiden opptatt av å kombinere evnene til medlemmene i teamet og få flest mulige fagområder med i utviklingsprosessen. Det var alltid en ansvarlig person for området, mens resten av gruppen kunne komme med ideer, kommentarer og kritikk. Selv om noen var eksperter på området, var oppfatningen at man aldri burde sitte alene med produktet. Raske iterasjoner med mange innspill fra andre kunne hindre fastlåsing i egne tanker, og da unngå å ende opp med et dårlig produkt.





## 2.2 VÅR DESIGNPROSESS

Da vi skulle starte med å designe og bygge en hel bil, var det viktig å finne en prosess som passet med formålet og med sammensetningen i gruppen. I starten ble det jobbet mye sammen i gruppene, men etterhvert utviklet det seg mer til at alle fikk hver sine oppgaver som passet til deres fagområde.

### 2.2.1 ITERATIV DESIGN PROSESS

Ved å anvende en iterativ designprosess kunne vi hele tiden kvalitetssjekke produktet. Som designere analyserte vi problemet, kom opp med en kravspesifikasjon, og genererte ideer for så å evaluere disse sammen med konstruktørene. Det samme ble gjentatt på konseptnivå og detaljeringsnivå, og iterasjonene ble kortere ettersom man nærmet seg et produksjonsklart produkt. Mot slutten av prosessen ble det ofte en felles prosess der jeg som industridesigner hele tiden samarbeidet med konstruktørene.

På grunn av et stort tidspress gjennom hele prosjektet, og spesielt mot slutten, ble ofte antall iterasjoner færre, og møtene mellom de forskjellige faggruppene ble gjennomført sjeldnere. Dette gjorde at produksjonsplanene ble mindre detaljerte og produktet fikk dårligere og mindre gjennomførte detaljer enn det som hadde vært mulig med mer tid.



## 2.3 KOMMUNIKASJON

For å få en effektiv design prosess, er god kommunikasjon viktig. Som designer er jeg vant med å kommunisere ideer på en visuell måte, både gjennom figurer, illustrasjoner, mock-ups og tegninger. Hvilket verktøy som ble valgt i de ulike fasene av dette prosjektet var avhenging av hvor man befant seg i prosessen, hvilken type tilbakemelding man ønsket og hvem man kommuniserte med.

For å bestemme hvilken kommunikasjonsmetode jeg ville bruke til hvilken tid, gikk jeg ut ifra at detaljgraden av tilbakemeldingen ville gjenspeile detaljgraden i presentasjonsmateriellet. Dersom jeg var ute etter kommentarer rundt den overordnede formen, presenterte jeg modeller eller skisser helt uten dimensjoner og med færrest mulig detaljer. Ville jeg derimot ha tilbakemelding på detalj- og produksjonsnivå presentere jeg tegninger med mye detaljer som

var enklere å forholde seg til på en teknisk måte.

Detaljgraden jeg brukte var også avhengig av hvem jeg presenterte til. Var personen vant til flotte renderinger og detaljerte tegninger, kunne disse også brukes tidlig i prosessen. Snakket jeg med personer som jobbet mye med tall, beregninger og programmering, måtte kanskje tegningene forenkles for å gi det riktige resultatet, til og med når det i utgangspunktet var snakk om raske skisser.

Ofte måtte jeg også kommunisere med personer utenfor prosjektet, og da ofte for å selge produktet vi jobbet med. Da ville jeg selvfølgelig gi et så godt inntrykk som mulig, og viste ofte det fineste vi hadde tilgjengelig. Også da var det viktig å ikke overdrive for å unngå spørsmål som ikke kunne svares på så tidlig i prosessen.



## 2.4 DESIGNERENS ANSVAR

Grunnet tidsbegrensninger og tidlig produksjon, ble designerens rolle en del annerledes enn den ville blitt i en lengre designprosess. Mange måtte følges opp, og mye jobb ble gjort på områder der industridesignere normalt ikke jobber.

### 2.4.1 MONOCOQUE

Da høstsemesteret var ferdig, var et ferdig konsept utformet, men det var langt fra klart for produksjon. De siste styrketestene og aerodynamikktestene var ferdige, og små feil som ble oppdaget måtte rettes opp. En helt ny 3d-modell ble derfor tegnet, og slippvinkler, splittlinje, fester for hjulopphengene, fester for styring og markering av detaljer som lykter, vinduer, bakluke og dør ble lagt til.

Da den ferdige bilen var tegnet, måtte også støpeformene utformes. Det ble holdt en løpende dialog med Eker design som skulle produsere formene, for at en skulle være sikker på at alt ville fungere i deres maskiner, og at alle detaljer kunne produseres. Det ble gjort flere iterasjoner i denne prosessen, slik at en til slutt sto igjen med et produkt en var sikker på ville fungere.

Det var også min jobb å sikre at alle delene ville passe med monocoque, slik at en ikke skulle få noen overraskelser under sammenstillingen. Her var det spesielt de ansvarlige for hjuloppheng og styring jeg måtte holde kontakt med.

For å forsikre seg om at alle detaljer ble slik som det var tenkt, var det viktig at jeg også deltok i produksjonen og diskuterte med maskiningeniørene hvordan detaljene skulle utføres. Mye tid gikk med både til diskusjon og jobbing med produksjon, slik at alt skulle bli ferdig i tide.

### 2.4.2 LYKTER

I løpet av høstsemesteret, ble det utformet flere mindre detaljerte ideer for hvordan front- og baklyktene skulle se ut, og en ide ble valgt til å ta videre. Da vårsemesteret startet, måtte man først og fremst tilpasse formen den ferdige bilen, slik at de kunne markeres i støpeformen for monocoquen. Senere måtte man formgi innsiden, der alle lysene skulle festes. Her var det

også viktig å sette seg inn i hvilke typer lys man kunne bruke, og hvilket inntrykk de forskjellige ville gi. Alt dette ble gjort i tett samarbeid med kybernetikkingeniøren i gruppen, for å forsikre at alt ville fungere sammen med motorkontrolleren.

Til slutt måtte også støpeformer utformes, freses og plasten vakuumentrekkes. Siden det var mangel på arbeidskraft i gruppen, ble dette også designerens ansvar.

### 2.4.3 INTERIØR

Som designeren var jeg også ansvarlig for alle interiøre komponenter i bilen. Dette inkluderte dashboard, sete, setebelte og ratt. På grunn av mange andre arbeidsoppgaver som hastet, ble denne delen utsatt til sent i prosjektet, og utviklingsprosessene ble preget av korte iterasjoner for å få produktene i produksjon så fort som mulig. Sammen med konstruktørene ble det diskutert produksjonsmetoder gjennom hele utviklingen, slik at man var sikker på at sluttproduktene skulle være enkle og raske å produsere.

### 2.4.4 3D-MODELLERING

På grunn av lite kunnskap rundt flatemodellering i resten av teamet, ble dette stort sett gjort av designeren. I tillegg til alle deler og støpeformer for monocoque, lykter og interiør, ble det også laget støpeformer for hjulbrønndeksler (fremme og bak), bakluke, dør og vinduer. Her var det mye fokus på slippvinkler, og at formene skulle være enkle å frese.

Det var også hele tiden bruk for presentasjonsmaterieell av bilen for å overbevise presse, sponsorer og andre teammedlemmer om at prosjektet hadde potensiale. Det ble hele tiden produsert store mengder renderinger og tegninger for å enten vise hvor i prosessen man befant seg, eller for å vise hvordan produktet ville ende opp til slutt. Til slutt ble det også produsert en komplett modell av bilen med alle komponenter som hørte med.

### 2.4.5 GRAFISK MATERIELL

Av mangel på en grafisk designer og en webansvarlig, ble også dette min jobb. Jobben inkluderte å utforme en grafisk profil, og senere

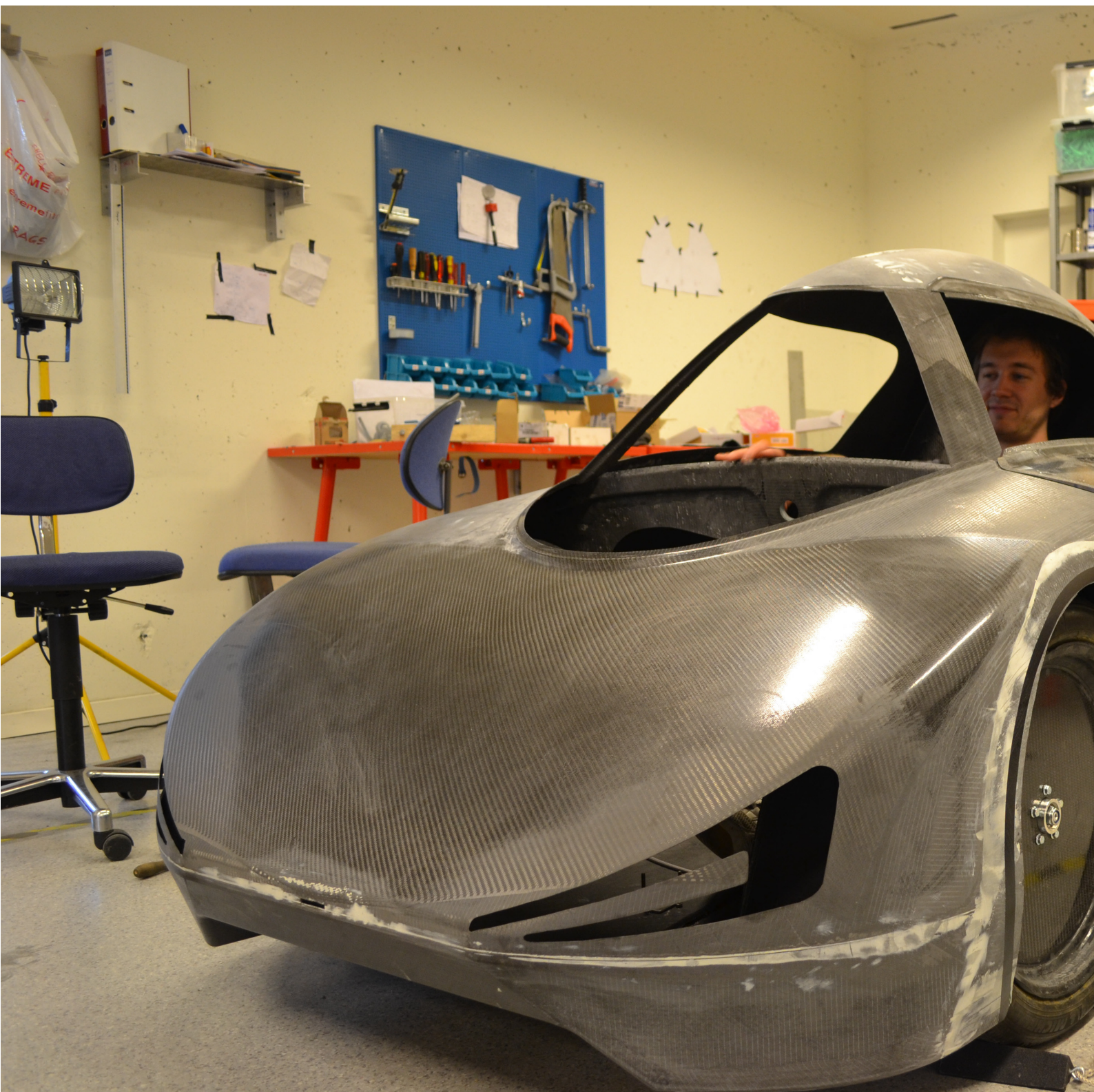


også en hjemmeside, standmateriell, plakater, presentasjoner og folie til bil og henger.

### 2.4.6 GENERELL DETALJERING

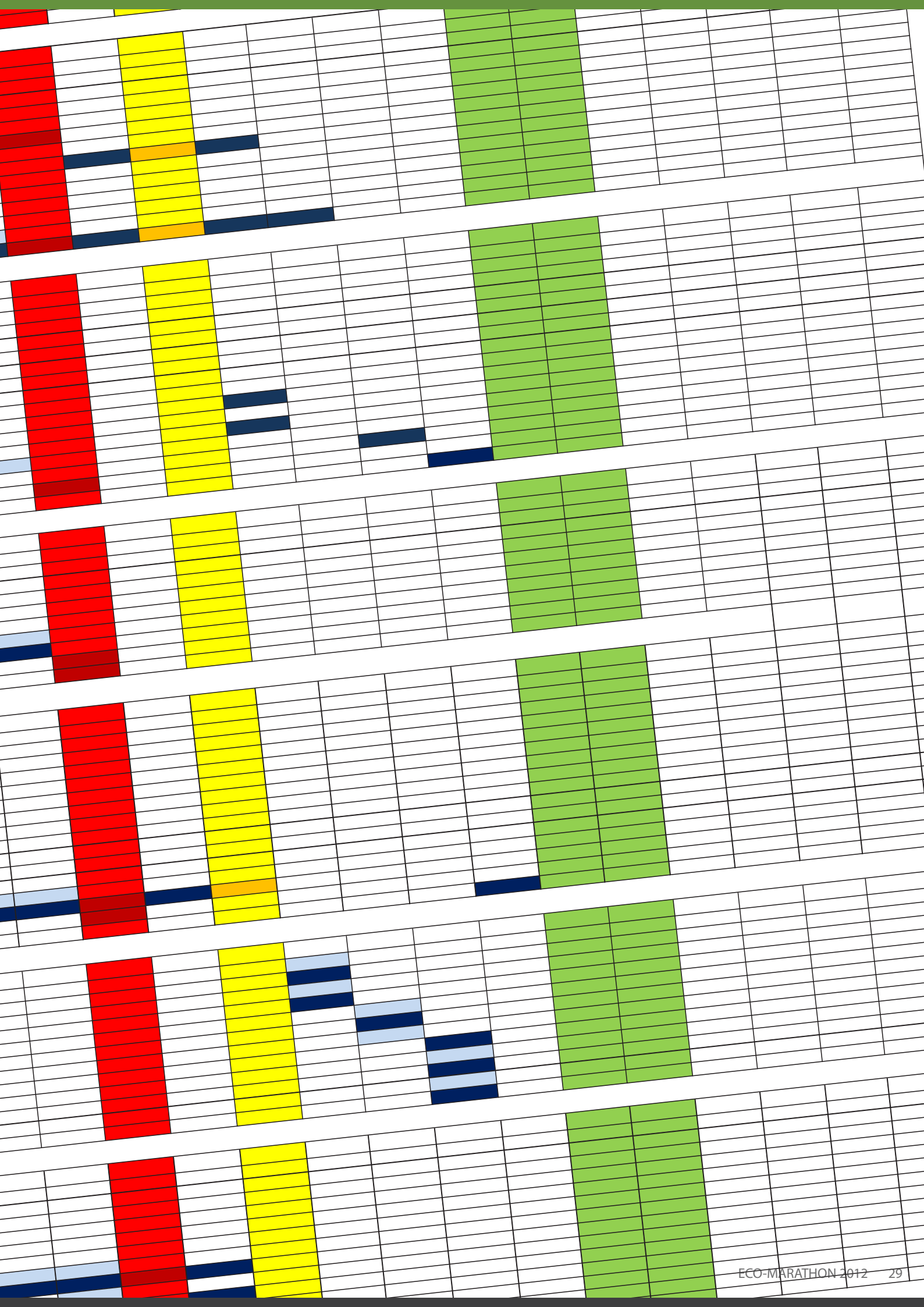
Felles for alle produktene som ble designet var at de også måtte følges opp etter at produksjonen hadde startet. Mye av tiden gikk med til å diskutere med andre ingeniører og til å jobbe med produksjonen. Produkter som ble produsert av andre teammedlemmer ble også hele tiden

fulgt opp for å forsikre seg om at alle var enige om hvordan det skulle gjøres, og at de ville passe sammen med andre sub-systemer.











# 03 EVALUERING AV PRODUKT OG PROSESS







## 3.1 VALG AV IDEER

Valget av hvilke ideer og konsepter som skulle videreføres i ulike faser av prosjektet, ble bestemt utifra fire viktige faktorer; ytelse, styling, brukervennlighet og pris. Faktorene hadde ulik prioritering, der ytelse alltid var den viktigste.

For å sammenligne de forskjellige ideene, kan man gi dem karakterer i de forskjellige kategoriene, og ut i fra dette forstå bedre hvorfor de forskjellige valgene ble tatt.

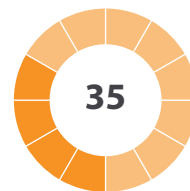
På de neste sidene blir det vist en sammeligning

av den endelige bilen og et alternativt konsept. Det alternative konseptet er en illustrasjon av hvordan bilen ville blitt dersom man hadde balansert fokuset på de forskjellige faktorene bedre. Dette er en tilnærming som ville være mer lik slik en industridesigner tenker til vanlig, og som kanskje hadde blitt gjennomført dersom jeg som industridesigner fikk jobbe friere og kunne fokusere mindre på å vinne konkurransen.



YTELSE

Det er to faktorer i designet av interiøret og eksteriøret som kan påvirke den tekniske ytelsen. Dette er vekt og aerodynamisk drag. I en konkurranse som Shell Eco-marathon må begge deler kuttes ned til det absolutte minimum for i det hele tatt ha sjanse til å vinne. Vekt er den viktigste faktoren, siden ca. 100 g ekstra vekt vil redusere effekten til bilen med 1 kilometer per liter bensin.



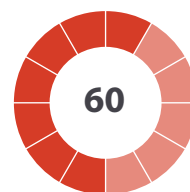
PRIS

Med et reelt budsjett på ca. 1,2 millioner kroner var ikke penger den største bekymringen for teamet, og ofte en liten pris å betale i forhold til tid som ble brukt. Inn i faktoren pris må man regne med kostnader i kroner, designtid, forberedelsestid og produksjonstid. Var det mulig å sette vekk produksjonen av et produkt, ble dette ofte gjort, siden tid var mye penger.



STYLING

Styling er en faktor som både integrerer estetikk og wow-faktor. Dette er faktorer som ofte kan virke unødvendige i en konkurranse som denne, men som er gull verdt når en skal markedsføre seg mot både sponsorer og presse. Et bilde eller en rendering av den fremtidige bilen var ofte avgjørende for om sponsorene ville være med.



BRUKERVENNLIGHET

Brukervennlighet var en viktig faktor under utvikling, men bare når det gjaldt detaljer som kunne påvirke førerens prestasjoner igjennom løpet. Beregninger tilsa at førerens kjøreegenskaper kunne forbedre resultatet med opp mot 50 %, og en ville derfor legge alt til rette for at dette skulle bli så bra som mulig. I begrepet brukervennlighet kan en også legge faktorer som ergonomi, komfort og nytteverdi.



## ENDELIG KONSEPT



90

YTELSE



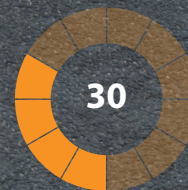
40

STYLING



50

BRUKERVENNLIGHET



30

PRIS

## 3.2 MONOCOQUE

Designet av monocoquen ble i hovedsak gjort i løpet av høstsemesteret, mens noe forbedringer ble lagt til i starten av vårsemesteret. Designteamet som jobbet med dette bestod av to maskiningeniører og to industridesignere.

### 3.2.1 HVA VAR BEGRENŚNINGENE

Det var flere målsetninger og regler som satte begrensninger for designet av monocoquen. De helt klart største faktorene var vekt og luftmotstand. Vi hadde satt en egen målsetning om å lage en bil som var lettere enn 25 kg, og som var bedre aerodynamisk sett enn den forrige bilen.

Faktorer som satte store begrensninger for proporsjonene til bilen, var et mål om å ha lik

vektdistribusjon på alle hjulene, samtidig som man ville holde seg til den minste godkjente hjulbredden og en så liten akselavstand som mulig. Man må også huske på at det faktisk at alt skulle kunne støpes i to deler satte store begrensninger.

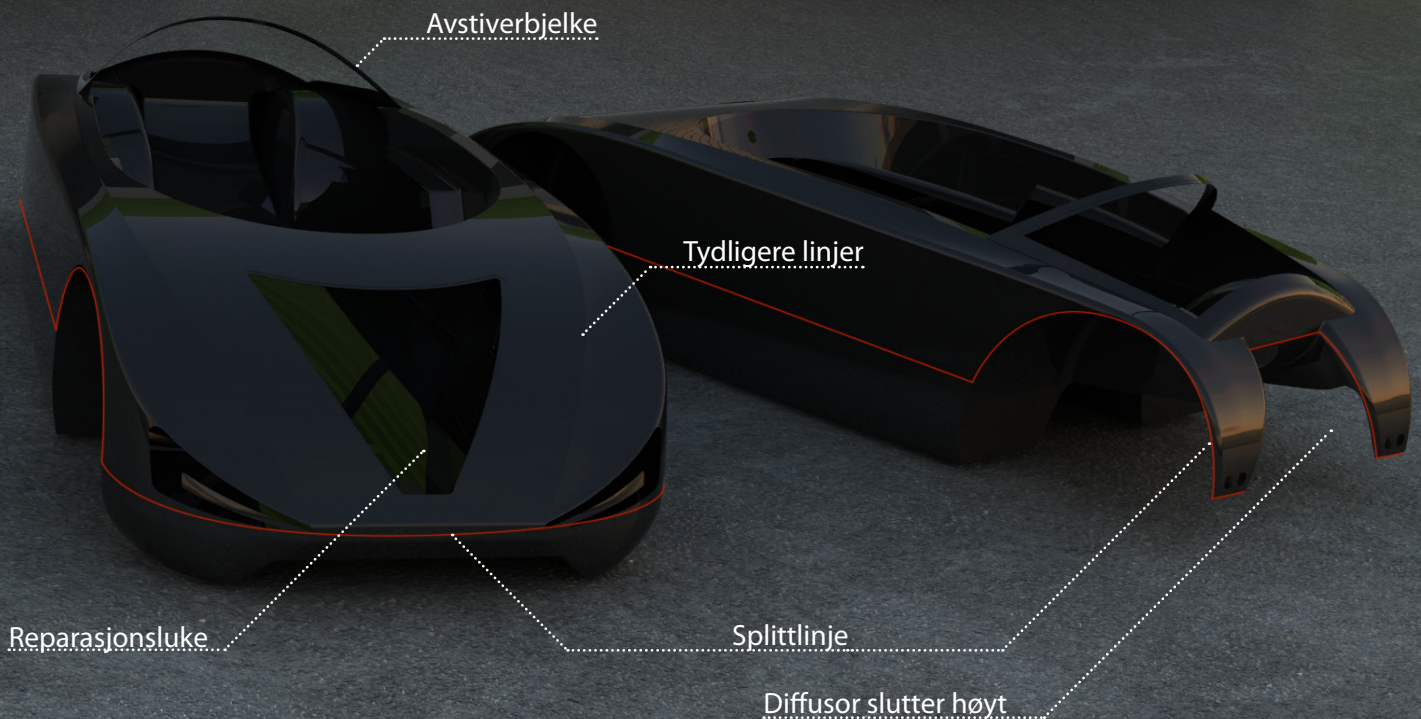
### 3.2.2 HVA VAR JEG FORNØYD MED?

Et av de viktigste målene våre før idegenereringen startet, var å beholde de aerodynamiske egenskapene til den gamle bilen, og dermed inkludere "halen" på en måte som passet med formuttrykket til resten av bilen. Dette, sammen med å skape en pen og aerodynamisk cockpit var noe jeg mener vi fikk til.

Det at bilen var en monocoque var en utfordring



## ALTERNATIVT KONSEPT



YTELSE



STYLING



BRUKERVENNLIGHET



PRIS

med tanke på at alle skillelinjene som man finner i en vanlig bil ikke fantes lengre. Likevel mener jeg at vi klarte å definere de forskjellige delene av bilen på en bra måte, både med små forhøyninger på de store flatene og ved å bruke linjene i komponenter som lykter og vinduer.

Når det gjelder de tekniske løsningene, var det viktig for oss å inkludere flest mulig av de forskjellige eksteriøre delene i de to hovedformene. Det at kun dørene som måtte støpes for seg selv var mer enn vi hadde håpet på da vi startet.

### 3.2.3 HVA VILLE JEG ENDRET?

Dersom man kunne fokusert litt mindre på ytelse og mer på styling og brukervennlighet, er det flere ting jeg ville endret på. Først og fremst ville jeg endret proporsjonene på bilen ved å øke akselavstanden drastisk. Dette ville gitt bilen et uttrykk som ligner mer på en vanlig bil, og gi den bedre kjøreegenskaper.

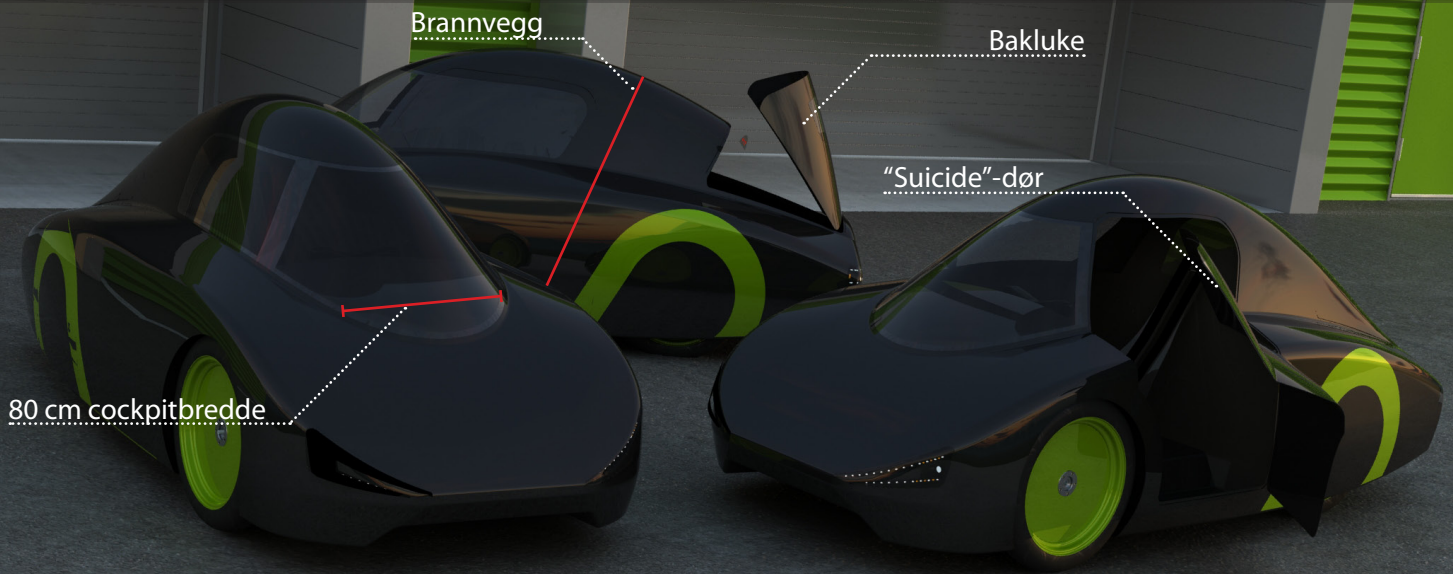
Også dørløsningene ville jeg endret på, både hoveddørene og reparasjonslukene. En mer spennende inngangsdør til cockpit kunne med fordel blitt laget, men dette ville mest sannsynlig føre til en svakere konstruksjon. Det samme gjelder en reparasjonsluke i front.

Det var vanskelig å avslutte bakkdelen av bilen på en pen måte på grunn av at man ville ha et motorrom som var stort nok til å kunne inneholde en brenselcelle. Dersom man kunne se bort i fra brenselcellen, kunne man avsluttet diffusoren lengre bak, og dermed også laget en mer spennende og aerodynamisk avslutning på bilen.

Kanter og forhøyninger i overflaten kan skape turbulens, og dermed senke ytelsen til bilen. Med et litt lavere fokus på aerodynamikk kunne man laget tydeligere og mer spennende linjer i bilen.



## ENDELIG KONSEPT



YTELSE



STYLING



BRUKERVENNLIGHET



PRIS

## 3.3 COCKPIT

Cockpiten ble designet som en integrert del av monocoque i løpet av høstsemesteret. Det ble ikke gjort noen endringer før den ble satt i produksjon i februar.

### 3.3.1 HVA VAR BEGRENSNINGENE

I likhet med resten av monocoquen, var luftmotstand og vekt de viktigste begrensningene. De gjorde at man hele tiden måtte holde seg til minimumsdimensjonene, og fikk derfor ofte liten frihet i utformingen. Når det gjaldt kravet om å ha plass til en fremtidig brenselcelle, hadde dette ekstra stor påvirkning på cockpit. Det begrenset både bruken av

plass og la store føringer for plasseringen av brannveggen.

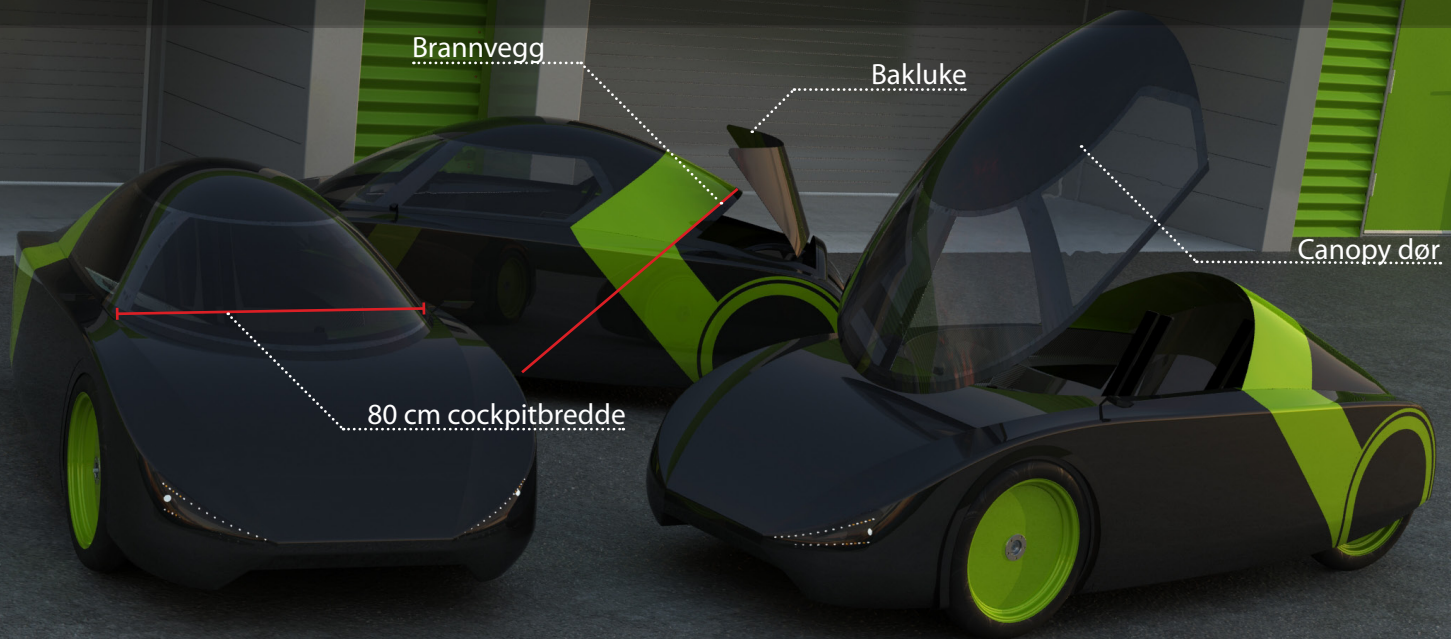
### 3.3.2 HVA VAR JEG FORNØYD MED?

Den endelige cockpit var utformet som en dråpe, og var derfor nesten optimal når det gjaldt aerodynamikk. Kurvene i dråpeformen var også med på å stive av hele bilen slike at mindre materiale kunne bli brukt, og vekt kunne bli spart.

Plasseringen av cockpit var også noe jeg var veldig fornøyd med. Ved å starte den langt fremme, kunne den fortsette kurvene i bilen,



## ALTERNATIVT KONSEPT



YTELSE



STYLING



BRUKERVENNLIGHET



PRIS

og derfor skape minimalt med turbulens i overgangen. Samtidig førte også dette til at føreren kom langt frem, og vektfordelingen ble bort i mot optimal.

### 3.3.3 HVA VILLE JEG ENDRET?

I likhet med resten av monocoquen, er proporsjonene det første jeg ville endre. En bredere cockpit i sammenheng med lengre akselavstand ville gitt bilen et helt annerledes og mer helhetlig uttrykk.

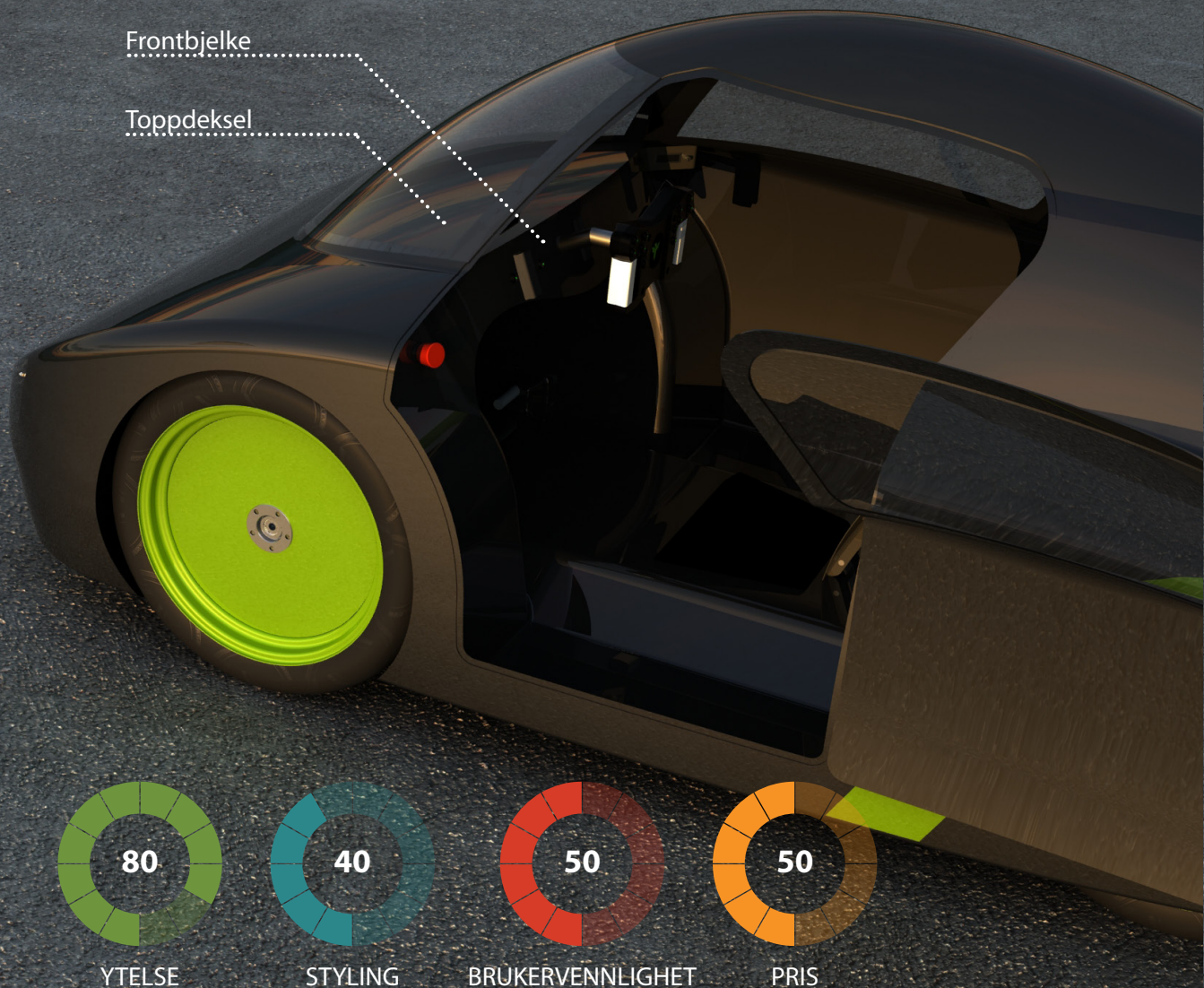
Også døren og åpningsmekanismen var noe jeg var mindre fornøyd med på bilen. Den var et resultat av resten av bilen, og av ekstremt fokus på vektbesparing. Hadde man for eksempel istedet valgt en canopy-dør, kunne man fått et mer interessant uttrykk, samtidig som at det ville være enklere å komme seg inn og ut av bilen. En

slik dør ville trenge en kraftigere festemekanisme og flere forsterkninger enn døren som ble valgt. Bilen ville derfor også veid mer. Dette var ikke forenelig med kravene fra teamet.

Plasseringen av brannveggen kunne jeg også tenke meg å endre. Denne ble plassert ut i fra kravet om å ha plass til en brenselcelle, og begrenset plassen i cockpiten unødvendig i forhold til dagens bruk.



## ENDELIG KONSEPT



## 3.4 DASHBOARD

Dashboardet ble designet i samarbeid med fjerdeårsstudenter fra IPM. De ble gitt en liste med krav og en fysiske ramme å jobbe ut ifra. Prosessen ble hele veien fulgt opp og kommentert av medlemmer fra teamet, og det endelige konseptet ble detaljert og klargjort for produksjon av meg selv i samarbeid med to maskiningeniører. Resultatet var et enkelt dashboard som oppfylte alle kravene fra kravspesifikasjonen.

### 3.4.1 HVA VAR BEGRENSNINGENE

Siden resten av bilen allerede var ferdig designet og satt i produksjon da utformingen av

dashboardet startet, ble hele bilen i seg selv en slags begrensning. Siden brannveggen, styringen og hjulbrønnen allerede var plassert, var det vanskelig å få noe frihet i utformingen.

Vekt ble nok en gang en begrensning, og hele dashboardet ble et resultat av vektbesparelse, og funksjonene det skulle utføre. Diverse former for styling ville stort sett lagt til vekt, og ble derfor nedprioritert.

### 3.4.2 HVA VAR JEG FORNØYD MED?

Dashboardet utfører alle funksjonene det skal. Det holder rattet og styringen stabil, er plassert



## ALTERNATIVT KONSEPT



riktig i forhold til føreren. Det er heller ikke i veien når føreren skal bevege seg ut og inn av bilen. Alt sammen har en enkel utforming som ikke forstyrrer føreren eller tar oppmerksomhet vekk fra resten av bilen. Det at toppdekslet også kan taes av for bedre tilgang til elektronikk og styresystem er positivt.

### 3.4.3 HVA VILLE JEG ENDRET?

Dersom man kunne endret døren til å bli en canopy-dør som foreslått i cockpit-delen, ville det åpnet seg mange muligheter for dashboardet. Man kunne enkelt integrert det i støpeformen for resten av monocoquen, og derfor fått en stivere bil som hadde et penere og mer oppsiktsvekkende dashboard. Med et mindre fokus på vektbesparelse kunne man også lagt til armlener langs siden.

Dersom en slik løsning skulle vært mulig å utvikle i praksis, måtte man inkludert designet av dashboardet i designprosessen rundt monocoquen. På denne måten kunne man fått et mer gjennomført og integrert design. Kanskje kunne en slik løsning kombinert med en canopy-dør faktisk også føre til vektbesparelser totalt. Dette er dessverre veldig vanskelig å finne ut uten å bygge en prototype.



## ENDELIG KONSEPT



# 3.5 SETELØSNING

Da setet ble designet gjennom vårsemesteret, var det et stort fokus på å spesialtilpasse det til den utvalgte sjåføren. Det ble laget for å gi god støtte samtidig som at det skulle være lett å komme seg ut av bilen.

### 3.5.1 HVA VAR BEGRENSNINGENE

I likhet med dashbordet, var den største begrensningen gjennom designprosessen rett og slett at bilen var ferdig designet. Setet måtte derfor tilpasses denne. Den optimale designprosessen ville nok inkludere komponenter som sete og dashbord helt fra

starten av. Dette ville dessverre blitt en veldig tidkrevende prosess, med mange iterasjoner, og derfor veldig vanskelig å gjennomføre som et studentprosjekt.

I tillegg til begrensningen med at bilen allerede var ferdig bygget, hadde man store begrensninger når det gjaldt plass. For at sjåføren skulle kunne komme seg ut av bilen i løpet av 10 sekunder (som var kravet fra konkurransen), måtte setet være lite, og helst også enkelt å flytte.



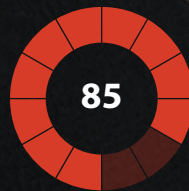
## ALTERNATIVT KONSEPT



YTELSE



STYLING



BRUKERVENNLIGHET



PRIS

### 3.5.2 HVA VAR JEG FORNØYD MED?

Sete oppfyller alle de viktigste kravene både fra konkurransen og fra teamet. Det gir god støtte i ryggen, er behagelig å sitte i og er veldig lett. I tillegg er det både justerbart og flyttbart, slik at å komme seg ut av bilen raskt var en enkel sak for føreren.

### 3.5.3 HVA VILLE JEG ENDRET?

Selv om setet oppfyller alle de viktigste kravene, er det mye jeg kunne tenke meg å endre dersom man kunne senket noen av kravene til både vekt og bruk av volum. Med en annen dørløsning, og med en større cockpit, kunne det blitt mulig å sette inn to seter, som ville gi bilen helt nye muligheter. For å komme seg inn og ut av det

bakerste setet, kunne man vippet det fremste setet frem, slik man ofte ser i 3-dørs biler. Alt dette ville fått konseptet til å ligne mer på en vanlig bil, og wow-faktoren ved en slik løsning kunne blitt mye større enn det man får fra dagens løsning.





*Når Canopy-døren er åpen kan man vippe frem førersetet for å enklere komme seg inn til passasjeret.*





*Det alternative konseptet sett ovenifra.*



*Konseptet har mange av de samme linjene som den bilen vi endte opp med, men har lengre akselavstand og linjene har en bråere slutt like bak hjulene.*



*Med et mindre motorrom får man større muligheter til å minimere arealet bak på bilen.*





## 3.6 EVALUERING AV PROSESS

Det har vært en lang prosess, og mot slutten ser man flere ting som kunne og burde vært gjort bedre. Kanskje kan erfaringene fra årets team være med på å hjelpe fremtidens team til å planlegge en bedre prosess, og dermed komme opp med et enda bedre produkt?

### 3.6.1 HVA FUNGERTE BRA?

Et viktig aspekt i samarbeidet mellom meg og ingeniørene var kommunikasjon. For at samarbeidet skulle gi gode resultater måtte informasjon deles ofte, slik at veien til endringer kunne være kortere og innspillene ha en funksjon. Dette fungerte veldig bra, og planleggingen av de tekniske løsningene gikk mye fortere enn om jeg skulle gjort alt selv. Det var interessant å være en del av et tverrfaglig team, og oppleve effekten dette kunne ha på effektiviteten i gruppen.

Ved å bruke designprosessen som er skissert

tidligere i oppgaven, klarte vi å holde en overraskende stor hastighet på utviklingen, og fikk gjort ting fortere enn planlagt. Å få innspill fra maskiningeniører allerede i idegenerering var svært effektivt

### 3.6.2 HVA KUNNE BLITT GJORT BEDRE?

Da man bestemte seg for at en ny bil skulle designes og produseres i løpet skoleåret 2011/2012, var allerede design og produksjonsteamet fulltallig. Dette førte til at alle måtte få hver sin oppgave, og man begynte allerede da å dele inn i sub-systemer. På grunn av dette var det nesten uungåelig å gjøre prosjektet som en bottom-up-prosess, der hver enkelt gruppe kunne designe og detaljere enkeltkomponenter som senere skulle kunne settes inn i et større system. Man fikk derfor liten frihet til å tenke nytt og til å lage en annerledes bil. Hadde man startet tidligere med



designprosessen, kunne man kanskje utviklet et helt nytt og mer spennende konsept.

På grunn av tidspress i utviklingen av monocoquen, var det små eller ingen muligheter til å designe sete og dashboard parallelt. Dette førte til at disse måtte utvikles og detaljeres da monocoquen var ferdig, og ble derfor mindre integrert i resten av designet enn ønskelig. Resultatet ble produkter som bar preg av å være designet i ettertid, og det ble vanskeligere å få til gode ergonomiske løsninger. Dette kunne vært unngått dersom man startet prosessen litt tidligere, eller ved at man involverte flere designere.

Teamet besto av 14 personer, der de fleste var ingeniører. Dette gjorde at medlemmene ofte måtte utføre oppgaver som ikke direkte var under deres fagfelt. For min del var det da snakk om mye grafisk arbeid, design av standmateriell og hjemmeside. Ved å øke teamstørrelsen med noen få personer ekstra kunne man kanskje unngått unødvendige avbrekk i prosessen, og dermed fått mer effektive arbeidsdager.

Generelt kunne tidsplanleggingen vært bedre. Mot slutten av prosjektet lå bilen fire uker bak skjema, og dette førte til at det ble gjennomført lite testing. Samtidig ble det mindre tid til å implementer detaljer som man opprinnelig ønsket seg. Dette kunne kanskje vært unngått ved å utføre en mer detaljert erfaringsoverføring fra forrige gang det ble bygget en ny bil.

### **3.6.3 BLE MÅLENE OPPNÅDD?**

De opprinnelige målene for teamet var å bygge en bil for å vinne konkurransen. Vi oppdaget underveis at ville være et vanskelig mål å nå iløpet av det første året. Likevel håper og tror vi fortsatt at bilen med små endringer både kan vinne løpet og sette ny verdensrekord. Ut i fra tester og observasjoner under konkurransen, mener vi at bilen har svært gode egenskaper dersom man bytter ut motoren og gjør noen små justeringer til neste års konkurranse. Det skal også sies av vi var veldig fornøyd med resultatet som beste nykommer i årets konkurranse.





# VEDLEGG

## **VEDLEGG 1**

Samling av 3d-modeller, grafisk materiell og tidsplan.

## **VEDLEGG 2**

Felles rapport for hele teamet, der mine oppgaver og min designprosess er beskrevet mer detaljert.

## **VEDLEGG 3**

Konseptutviklingsrapport levert i faget PD9, høsten 2011.

