

# Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Sørøst-Norge

Fakultet for teknologi og maritime fag



Prosjektnummer: **2016-18**

For studieåret: **2015/2016**

Emnekode: **SFHO3201**

## Formula 1 Composite

Formel 1 Kompositt

**Utført i samarbeid med:** Høgskolen i Sørøst Norge

**Ekstern veileder:** Lars Harald Heggen

### Sammendrag:

I vårt prosjekt ønsket vi å kombinere et øyenfallende design med innovativ teknologi.

Det gjorde vi ved å produsere en retro formel 1 bil fra 50-tallet i karbonfiber.

Oppgaven ble gitt av Høgskolen i Sørøst Norge. Deres ønske var å skape et produkt

Høgskolen kunne bruke til markedsføring rettet mot nye studenter.

### Stikkord:

- Kompositt
- Design
- Produktutvikling

Tilgjengelig: JA

### Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Kåre Særen	
Ola K. Skinnes	
Karl Oskar Youngblom	
Tord Hansen Kaasa	

Dato: 9. Juni 2016

---

Mehdi Gebreil Mousavi  
Intern Veileder

---

Karoline Moholth  
Intern Sensor

---

Lars Harald Heggen  
Ekstern Sensor

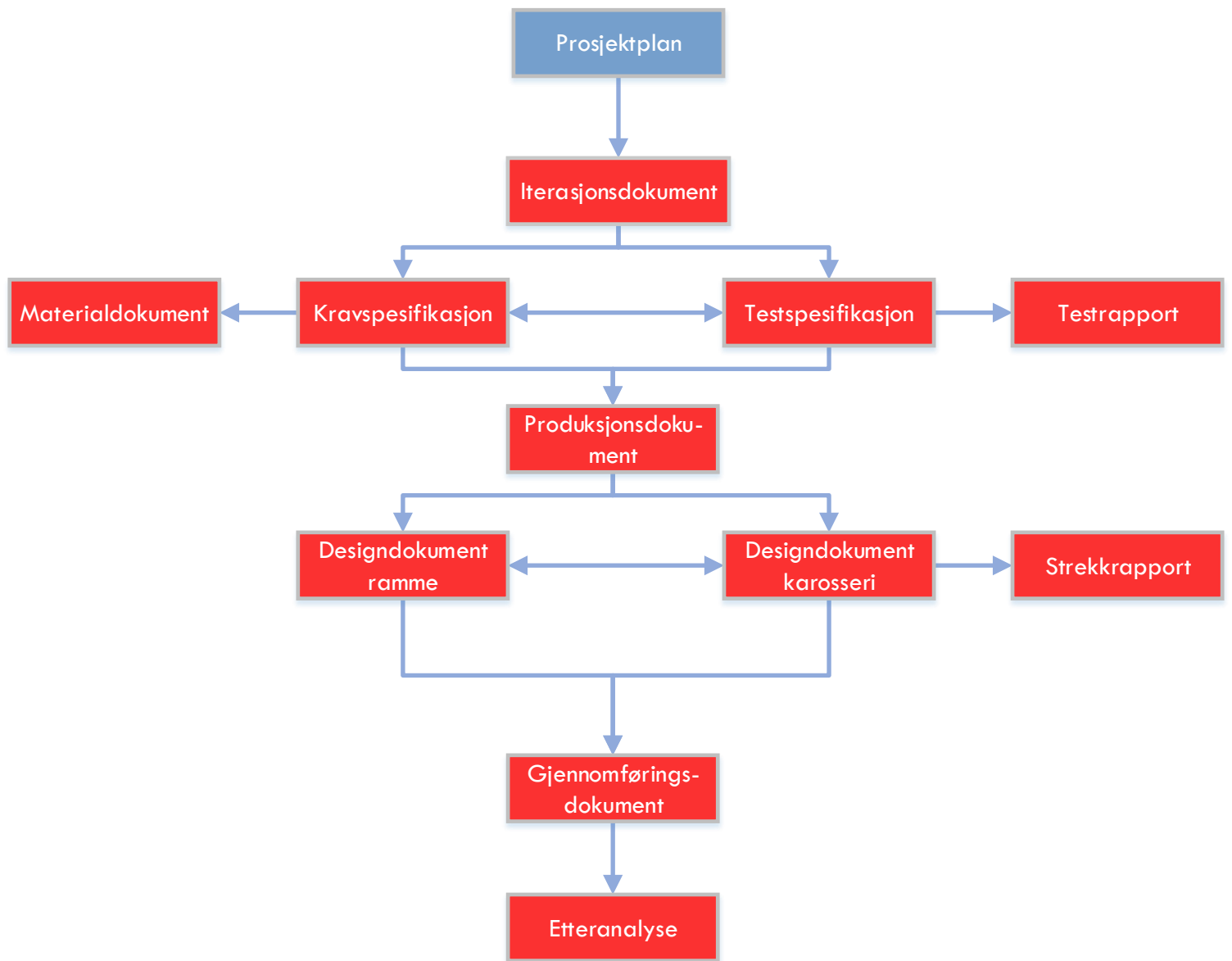


# Formula1 Composite

## Innholdsfortegnelse:

---

Prosjektplan	s. 4
Iterasjonsdokument	s. 51
Kravspesifikasjon	s. 72
Testspesifikasjon og testplan	s. 116
Testrapport	s. 180
Teknologidokument karosserimaterial	s. 204
Teknologidokument produksjon	s. 231
Designdokument karosseri	s. 252
Designdokument ramme	s. 270
Rapport strekktesting	s. 335
Gjennomføringsdokument	s. 388
Etteranalyse	s. 434
Vedlegg	s. 443
- Vedlegg gantt	s. 444
- Vedlegg use-case	s. 448
- Vedlegg Sponsoroversikt	s. 458
- Vedlegg regnskap	s. 463
- Vedlegg ukentlig timefordeling	s. 468
- Vedlegg tidsbruk	s. 470
- Vedlegg oppfølgingsdokumenter	s. 473





# Formula1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Prosjektplan

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
3.0	23.05.2016	OS	TH	46

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



## Sammendrag

Prosjektplanen er gruppens første dokument. Dokumentet er ment som en innføring til oppgaven og dokumentet vil legge føringer for hvordan hele prosjektet gjennomføres. Prosjektplanen inneholder alle tidsplaner og aktiviteter for å sørge for at prosjektets fremdrift opprettholdes.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
1.0	08.02.2016	TH	Opprettelse av dokument
1.1	04.03.16	OS	Endring i aktivitetsplan. Oppdatert datoer
1.2	08.03.16	OS	Endring i aktivitetsplan, fjernet 5.3 og 5.5 Endring i iterasjonsplan; iterasjon: 3.1, 3.2, 3.3, 4.1 Opprett nytt kapittel 10.0 Økonomi Lagt ved vedlegg: Timebruk, gantt diagram
2.1	15.04.16	OS	Oppdatert timebruk i aktivitetsplan
2.2	01.05.16	OS	Endring i Iterasjonsplan og iterasjonsoversikt
2.3	03.05.16	OS	Aktivitetsplan: Ny aktivitet 9. Strekkprøving
2.4	03.05.16	OS	Oppdatert timer aktivitetsplan
2.5	18.05.16	OS	Nye aktivitet aktivitetsplan 4.6 Opplæring SolidWorks
2.6	18.05.16	OS	Oppdatert timebruk aktivitetsplan
3.0	19.05.16	OS	Klargjøring endelig levering

## Innhold

Sammendrag.....	2
1.0 Introduksjon.....	7
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	7
1.2 Omfang.....	7
2.0 Organisering.....	8
2.1 Ressurser.....	8
2.1.1 Lokaler.....	8
2.1.2 Kunnskap.....	8
2.1.3 Erfaringer.....	8
2.1.4 Utstyr.....	9
2.2 Forventninger.....	9
2.3 utfordringer .....	10
2.4 Organisasjonskart .....	10
2.5 Prosjektgruppen (Formula 1 Composite) .....	11
2.5.1 Medlemmer.....	11
2.6 Rollefordeling.....	12
2.6.1 Prosjektleder .....	12
2.6.2 Teknisk ansvarlig (Kåre Særen).....	12
2.6.3 Designansvarlig (Karl Oskar Youngblom) .....	12
2.6.4 Økonomiansvarlig (Ola Kure Skinnes) .....	13
2.6.5 Prosjektplanansvarlig (Ola Kure Skinnes) .....	13
2.6.6 Kravansvarlig (Tord Hansen Kaasa).....	13
2.6.7 Overordnet dokumentansvarlig (Tord Hansen Kaasa) .....	13
2.6.8 Websideansvarlig (Kåre Særen).....	14
2.6.9 Testansvarlig (Karl Oskar Youngblom) .....	14
2.4 Ansvarlige .....	15
2.4.1 Oppdragsgiver (HSN).....	15
2.4.2 Skole (HSN) .....	16
3.0 Møtevirksomhet.....	17
3.1 Interne veiledningsmøter .....	17
3.2 Eksterne veiledningsmøter .....	17

3.3 Interne gruppemøter .....	17
3.4 Scrum møter .....	17
3.5 Oppfølgingsmøter .....	17
3.6 Iterasjonsmøter .....	18
4.0 Interessenter .....	19
5.0 Tidsplan.....	20
5.1 Tidsbruk .....	20
5.2 Timeføring .....	21
6.0 Prosjektmodell .....	22
6.1 Iterativ prosjektmodell.....	22
6.1.1 Planlegging .....	23
6.1.2 Utarbeidelse.....	24
6.1.3 Sammenstilling.....	25
6.1.4 Slutt .....	25
7.0 Iterasjoner.....	26
8.0 Aktivitetsplan .....	29
9.0 Risiko.....	36
9.1 Risiko ved prosjekt .....	36
9.2 Risiko analyse.....	36
9.2.1 Risiko .....	36
9.2.1.1 Ledelse.....	37
9.2.1.2 Deltagere .....	37
9.2.1.3 Ressurser .....	37
9.2.1.4 Tekniske .....	38
9.2.1.5 Testing .....	38
9.2.1.6 Ressurspersoner/3-part.....	38
9.3 Risiko vurdering .....	39
9.3.1 Risiko matrise.....	40
9.3.2 Tiltaksplan.....	41
9.4 Risiko evaluering.....	43
10.0 Økonomi .....	44
10.1 Spons.....	44
10.2 Budsjett.....	44
11.0 Referanser.....	46

## Liste over figurer

Figur 1 - Organisasjonskart .....	10
Figur 2 - Iterasjon 1.1 start .....	27
Figur 3 - Iterasjon 1.1 slutt .....	27
Figur 4 - Iterasjonsplan .....	28
Figur 5 - Iterasjonsplan oversikt .....	29

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk .....	3
Tabell 2 - Dokumentansvarlige .....	14
Tabell 3 - Interessenter .....	19
Tabell 4 - Tidsplan del 1 .....	20
Tabell 5 - Tidsplan del 2 .....	20
Tabell 6 - Tidsplan del 3 .....	21
Tabell 7 – Aktivitetsplan prosjektplan .....	30
Tabell 8 - Aktivitetsplan kravspesifikasjon .....	30
Tabell 9 - Aktivitetsplan testing .....	31
Tabell 10 - Aktivitetsplan research .....	31
Tabell 11 - Aktivitetsplan karosseri .....	31
Tabell 12 - Aktivitetsplan ramme .....	32
Tabell 13 - Aktivitetsplan delkomponenter .....	32
Tabell 14 - Aktivitetsplan sammenstilling .....	32
Tabell 15 - Aktivitetsplan strekkprøving .....	33
Tabell 16 - Aktivitetsplan administrativ dokumentasjon .....	33
Tabell 17 - Aktivitetsplan møtevirksomhet .....	33
Tabell 18 - Aktivitetsplan presentasjon 1 adm .....	34
Tabell 19 - Aktivitetsplan presentasjon 2 adm .....	34
Tabell 20 - Aktivitetsplan presentasjon 3 adm .....	34
Tabell 21 - Aktivitetsplan økonomi .....	35
Tabell 22 - Aktivitetsplan web og IT .....	35
Tabell 23 - Aktivitetsplan førprosjekt .....	35
Tabell 24 - Risiko sannsynlighet .....	39
Tabell 25 - Risiko innvirkning .....	39
Tabell 26 - Risiko konsekvens .....	40
Tabell 27 - Risiko .....	40
Tabell 28 - Risikoanalyse .....	41

## 1.0 Introduksjon

### 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Denne oppgaven blir gjort i forbindelse med hovedoppgave/ Bachelor Thesis for ingeniørlinjen på HSN, 2016. Oppgaven er gitt av HSN avdeling Kongsberg, i samarbeid med Fagskolen Tinius Olsen.

HSN har i lengere tid fokusert på komposittmaterialer i sine undervisningsplaner. I de senere årene har ønsket om økt satsing på kompositt kommet frem, grunnet økt interessen blant Kongsbergindustrien og etablering av ny komposittfabrikk på arsenalet. I forbindelse med flytting av HSNs lokaler, til en lokasjon nærmere næringsparken, blir det ferdigstilt en dedikert komposittlabb på det nye bygget.

Med tanke på videre rekruttering av studenter på skolen, ønskes det at gruppen realiserer en fungerende bil, basert på utarbeidede tekniske 3-D tegninger av en 50-talls Ferrari. Bilen skal til dels lages av kompositt. Prosjektet skal vise HSN- studenters teoretiske og tekniske ferdigheter, og skal bidra til å gjøre høghskolen mer lukrativ blant potensielle studenter.

HSN ønsker å bruke systemet til videreutvikling via fremtidige hovedoppgaver på høghskolen. Det er også ment som en resurs i forbindelse med undervisning og prosjektarbeid tilknyttet fagskolen.

### 1.2 Omfang

Realisering av et slikt system er en stor jobb, spesielt med tanke på tidsrammen. Derfor er det viktig å begrense oppgaven slik at arbeidsmengden ikke blir for stor.

Vårt fokusområde vil ligge på design og utarbeiding av bilens karosseri og ramme. Elektriske systemer samt avanserte styringssystemer som kan integreres i bilen er ikke en del av prosjektet. Oppgaven går ut på å legge til rette for at disse systemene kan integreres i fremtidige hovedoppgaver på skolen.

For å få bilen kjørbær kreves det at mange systemer inkorporeres i oppgaven. Systemene som drivlinje og styring skal tas hensyn til, men er ikke hovedfokuset til gruppen.

Oppdragsgiver ønsker en fungerende bil i løpet av prosjektet, men stiller med svært begrensede økonomiske midler. Det er derfor gruppens jobb å skaffe nødvendige midler, det være økonomiske, utstyr, materialer og produksjonsanlegg. Dermed vil mye av den initiale arbeidstiden gå med til å kartlegge hvilke bedrifter som kan støtte prosjektet.

## 2.0 Organisering

### 2.1 Ressurser

#### 2.1.1 Lokaler

- Tidlig i prosjektet ble vi tildelt plass i komposittlabben på HSN, der skulle formen til karosseriet bli laget, karosseriet bli støpt og lakkert. Dette vil være gunstig for å kunne slippe å transportere formen flere steder og for god ventilasjon (HMS). Etter at komposittlabben åpnet i mars fikk gruppen tilgang og anledning til å støpe karosseriet i den nye labben.
- Sammensetningen av deler vil skje i et av gårdsbyggene til en innad i gruppen.
- Sveising av rammen vil skje hjemme hos en av gruppemedlemmene.
- Store deler av dokument skriving, research, gruppemøter og planlegging vil skje på kontoret til gruppeleder Kåre Særen. Kontoret er lokalisert i Asker.

#### 2.1.2 Kunnskap

- Gruppen stiller med forkunnskaper på de områder som ble dekket av de forskjellige fagene som vi har hatt undervisning i på skolen. Gruppen består av dyktige studenter som har opparbeidet mye og har gode karakterer.
- Selv om gruppen innehar mye kunnskap vil det trenge ekstern veiledning og opplysninger. Det kan vi tilegne oss selv ved hjelp av bøker/internett eller bruke kunnskap som enten HSN og Fagskolen (ekstern- sensor/veileder) har. Samtidig vil kontakt med ulike bedrifter være en uvurderlig hjelp med tanke på tid og ressurser.

#### 2.1.3 Erfaringer

- Ekstern veileder, Lars Harald Heggen, har tidligere vært med på å produsere en egen bil og har jobbet med kompositt som konstruksjonsmateriale. Hans erfaringer vil være en nøkkelbrikke i dette prosjektet for å kunne ferdigstille et solid sluttprodukt.
- Vår interne veileder innehar enorme mengder informasjon/teori om materialer som stål, aluminium og komposittmaterialer. Han har i tillegg erfaring innenfor sveising og materialutvikling. Gruppen har planer om å utnytte internveilederens kunnskap innenfor det materialtekniske i tillegg til generell veiledning om prosjektprosedyrene.
- Flere gruppemedlemmer har erfaring fra tidligere innenfor felter som elektro, handverk, bilkunnskap og ledelse. Dette er erfaringer som kommer godt til nytte i løpet av dette prosjektet.

### 2.1.4 Utstyr

- 3D modellen vi bruker som utgangspunkt i prosjektet krever en sterk datamaskin med SolidWorks.
- For sammenstilling av bilen vil det kreves verktøy. Gruppemedlemmene eier mye verktøy selv og har tilgang på det meste om det var noe som skulle trenge.
- Materialer. For å kunne produsere produktet fysisk vil det kreve solide byggematerialer. Vi har vært i kontakt med flere firmaer angående hva slags materialer som er tilgjengelig.
- Microsoft Project for planlegging og gantt diagram.
- Visio for å lage modeller og ulike diagrammer.

## 2.2 Forventninger

Hovedoppgaven innebærer store forventninger fra oss og fra kunden (HSN). Det er mange arbeidstimer som legges ned og med et visst press på at dette sluttproduktet skal bli en fryd for øyet.

Som studenter forventer vi å:

- Lære og bruke kunnskaper fra de forskjellige fagene vi har hatt ved hjelp av hverandre, bøker, faglærere og nettet.
- Tilegne oss ny kunnskap på nye fagfelt, spesielt innenfor materialteknologi.
- Bli bedre på prosjektstyring og gjennomføring.
- Bli tryggere på å holde presentasjoner.
- Bli mer erfarende på tidsestimering og planlegging.
- Samarbeide innad i en gruppe, med interne og eksterne personer
- Lage form/former som skal brukes til å produsere komposittdele
- Se hvordan diverse lab utstyr brukes, som f.eks ulike CNC maskiner.

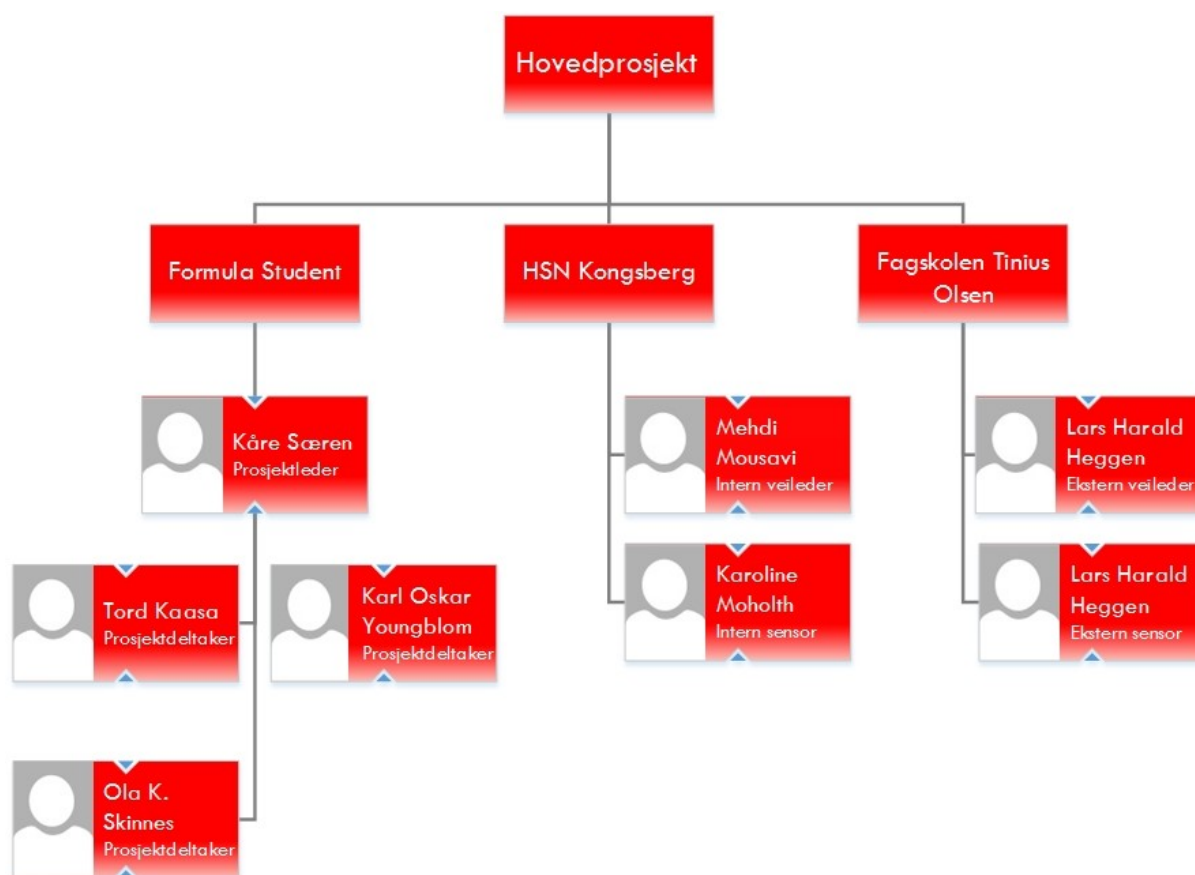


## 2.3 Utfordringer

- Organisere et prosjekt av denne størrelsen; anslå tidsestimater, planlegge når ting skal gjøres, innkalling til møter og delegere oppgaver er noen eksempler.
- Jobbe effektiv de timer som er satt opp.
- Alle gruppemedlemmer har sterke og svake sider. For å kunne lykkes med prosjektarbeidet er det viktig at gruppemedlemmer jobber innenfor de felt der de er best.
- Klare å legge fra seg et arbeid når det er «godt nok»

## 2.4 Organisasjonskart

Figur 1 - Organisasjonskart



## 2.5 Prosjektgruppen (Formula 1 Composite)

### 2.5.1 Medlemmer

#### **Kåre Særen, 34år**

Mekanisk fagbrev (bilmekaniker) med 4år arbeidserfaring i faget. VK1 brønn og boreteknikk med sikkerhetskurs. NIH fysikk og anatomi. Siden 2007 drevet og driver fortsatt selvstendig som eier og deleier i to AS, språkundervisning, grossist, web tjenester.

3. års maskiningeniør student.

#### **Ola K. Skinnnes, 24 år**

Odelsgutt fra Røyken. Har bakgrunn fra Forsvaret. Gikk Hærens befalsskole i 2010-2011, pliktår 2011-2012 før han avsluttet som instruktør på samme befalsskole i 2012-2013. I dag driver han sitt eget bringebærfirma ved siden av ingeniørstudiene.

3. års maskiningeniør student.

#### **Karl Oskar Youngblom, 24år**

Meget handy, oppgående og kvikk gutt som sprer masse godt humør. Hatt diverse jobber etter videregående og jobber i dag som trener og støttekontakt. Selv ung alder er gutten lykkelig gift og eier av eget hus som han har totalrenovert egenhendig, parallelt med studiene, jobb og kone.

3. års maskiningeniør student.

#### **Tord Hansen Kaasa, 23 år**

Den sterkeste teoretikeren i gruppa som briljerer med matematikk- og statistikkferdigheter. Har jobbet som realfaglig hjelpelærer for ingeniørstudenter på HBV.

3. års maskiningeniør student.

## 2.6 Rollefordeling

I et prosjekt på denne størrelsen er det viktig å fordele ansvarsområder for å sørge for at alle de ulike aspektene ved prosjektarbeidet blir ivaretatt og prioritert på en hensiktsmessig måte. Det er et vesentlig moment å merke seg at tildelingen av et ansvarsområde til et gruppemedlem ikke betyr at vedkommende skal jobbe kun innenfor dette området, det betyr simpelthen at man har det overordnede ansvaret for at de korrekte aktivitetene blir utført og dokumentert.

### 2.6.1 Prosjektleder

Kåre Særen har gode kunnskaper innenfor et bredt spekter av fagområder. Han har jobbet mye sammen med andre i tidligere prosjekter og han har erfaring og relevante kunnskap som gjør han godt egnet til vervet som prosjektleder.

Oppgavene til prosjekter leder er følgende:

- Holde veiledere oppdatert underveis i prosjektet og innkalle til møter/ fremføringer.
- Skal i teorien være den som styrer møtene, men i dette prosjektet vil dette ansvaret rullere mellom de ulike gruppemedlemmene.
- Holde prosjektet gående i riktig retning, slik at systemet kan bli realisert.
- Informere veiledere hvis prosjektet skulle begynne å skli ut av riktig kurs.

### 2.6.2 Teknisk ansvarlig (Kåre Særen)

Teknisk ansvarlig skal holde oversikt og kontrollere det tekniske arbeidet som gjøres på systemet. Det innebærer rammeverk, karosseri og motor.

### 2.6.3 Designansvarlig (Karl Oskar Youngblom)

Designansvarlig skal holde oversikt over designvalg som blir gjort og sørge for at dette blir dokumentert nøyaktig.

#### **2.6.4 Økonomiansvarlig (Ola Kure Skinnes)**

Økonomiansvarlig har ansvaret for å søke om midler, holde regnskap og budsjett oppdatert. Vedkommende har også det overordnede ansvaret for at ulike nøkkelfirmaer kontaktes.

#### **2.6.5 Prosjektplanansvarlig (Ola Kure Skinnes)**

Prosjektplanansvarlig skal kontrollere det som settes inn i prosjektplanen. Han skal sørge for at planen blir oppdatert etter hver iterasjonsperiode og at aktivitetsplanen fylles ut.

#### **2.6.6 Kravansvarlig (Tord Hansen Kaasa)**

Kravansvarlig skal ha det overordnede ansvaret for kravspesifikasjonen og sørge for at den blir oppdatert og gjennomgått ved faste punkter i løpet av prosjektets levetid. Kravansvarlig vil også ha ansvar for å diskutere kravene med arbeidsgiver.

#### **2.6.7 Overordnet dokumentansvarlig (Tord Hansen Kaasa)**

Dokumentansvarlig skal kontrollere dokumentasjon før disse ferdigstilles. Han skal også passe på at riktig dokumentasjon kommer inn til riktig tidspunkt og at dokumentene som er skrevet holder den korrekte standarden som er bestemt av gruppen.

### Dokumentansvarlige

Alle enkeltstående dokumenter skal ha en eier. Dokumentene vil bli godkjent av eieren før de blir offentliggjort. Dette sørger for at alle dokumenter blir gjennomgått.

Tabell 2 - Dokumentansvarlige

Dokument	Ansvarlig/ eier
Idedokument	Karl Oskar Youngblom
Forstudie	Karl Oskar Youngblom
Prosjektplan	Ola Kure Skinnes
Kravspesifikasjon	Tord Hansen Kaasa
Testspesifikasjon	Karl Oskar Youngblom
Møtereferater	Tord Hansen Kaasa
Aktivitetsliste	Kåre Særen
Timelister	Ola Kure Skinnes
Testplan	Karl Oskar Youngblom
Oppfølgingsdokumenter	Tord Hansen Kaasa
Research og design dokument	Kåre Særen
Risikoanalyse	Ola Kure Skinnes
Teknologidokumenter	Karl Oskar Youngblom
Iterasjonsdokument	Tord Hansen Kaasa
Rapport	Tord Hansen Kaasa
Produktdokument	Kåre Særen

### 2.6.8 Websideansvarlig (Kåre Særen)

Websideansvarlig skal holde gruppens webside oppdatert. Det vil bli lagt til ut bilder og generell informasjon angående prosjektet.

### 2.6.9 Testansvarlig (Karl Oskar Youngblom)

Testansvarlig skal:

- Lage og sørge for at testplan er oppdatert
- Passe på at testplan går i samsvar med prosjektplan
- Passe på at testingen gjennomføres når de skal
- Kontrollere testingen, passe på at testene utføres på korrekt måte

## 2.4 Ansvarlige

### 2.4.1 Oppdragsgiver (HSN)

Høgskolen i Sørøst-Norge  
Hasbergs vei 36, 3616 Kongsberg

#### Ekstern veileder (Lars Harald Heggen)

Epost: lars.heggen@bfk.no  
Tlf: 31007327

Ekstern veileder skal være gruppas kontaktperson mot oppdragsgiver (HSN). Vedkommende skal tilrettelegge for at gruppen skal kunne gjennomføre et godt prosjekt, ved å tilføre nødvendig teknisk kompetanse og veiledning. Gruppen vil ha møter med ekstern veileder etter behov og til avtalte tidspunkter. Ekstern veileder skal møte på samtlige tre presentasjoner som gruppen gjennomfører.

#### Ekstern sensor (Lars Harald Heggen)

Epost: lars.heggen@bfk.no  
Tlf: 31007327

Ekstern sensor skal vurdere gruppens prestasjoner opp mot de satte kriterier. Vedkommende vil delta på alle presentasjoner gjennom prosjektets tidsramme.

### 2.4.2 Skole (HSN)

Høgskolen i Sørøst-Norge  
Hasbergs vei 36, 3616 Kongsberg

#### Intern veileder (Mehdi Gebreil Mousavi)

Epost: Mehdi.Gebreil.Mousavi@hbv.no  
Tlf: 31008894

Intern veileder er ment som en mentor for prosjektgruppen. Han skal jevnlig oppdateres, en gang i uka (jf. møteplan), vedrørende prosjektets fremgang. Hans jobb blir da å bistå gruppen med råd, og guide prosjektet fremover. Intern veileder har på ingen måte ansvar for prosjektets fremdrift, dette er prosjektgruppens eget ansvar.

#### Intern sensor (Karoline Moholth Mcclenaghan)

Epost: Karoline.Moholth@hbv.no  
Tlf: 31008898

Intern sensor skal følge opp alle prosjektgrupper gjennom prosjektperioden og sørge for at sluttevalueringen av gruppene blir rettferdig. Hun vil møte på samtlige tre presentasjoner og vil mota dokumentasjon i forkant av disse.

### 3.0 Møtevirksomhet

I løpet av prosjektet vil vi holde flere møter for å sikre god kommunikasjon mellom alle parter tilknyttet prosjektet. Hvert møte skal ha en møteleder som har ansvar for at møtet holdes innenfor de satte rammene og at saklisten følges. Etter hvert møte skal det skrives et referat som sendes til alle involverte parter, senest 24 timer etter møtet ble holdt.

De ulike møterollene vil gå på rundgang blant prosjektdeltakerne, slik at alle vil få muligheten til å styre møter og skrive referater.

#### 3.1 Interne veiledningsmøter

Interne veiledningsmøter er ukentlige møter mellom gruppen og den interne veilederen. Gruppen vil rapportere prosjektets status og levere oppfølgingsdokumenter for å vise hva som har blitt gjort den uken og hva som skal gjøres påfølgende uke. Møter blir holdt sammen med ekstern veileder enten over OmniJoin som er et kommunikasjonsverktøy fagskolen har god erfaring med, eller på skolen.

#### 3.2 Eksterne veiledningsmøter

Eksterne veiledningsmøter er møter mellom gruppen og ekstern veileder. Disse møtene holdes etter behov. Møtenes hensikt er å rapportere prosjektets status til oppdragsgiver samt diskutere tekniske løsninger. Disse møtene sørger for at gruppen får nødvendig veiledning innenfor det tekniske arbeidet som skal gjøres i prosjektet. Eksternveileder er med på møtene hver mandag med intern veileder.

#### 3.3 Interne gruppemøter

Interne gruppemøter er møter gruppen holder internt. I disse møtene vil vi diskutere ulike momenter, det være av teknisk karakter eller prosjektplanlegging.

#### 3.4 Scrum møter

De dagene gruppen jobber med prosjektet vil vi starte dagen med et såkalt scrum møte. Disse møtene skal ikke overstige 15 minutter og er kun ment for å oppdatere gruppemedlemmer om dagens agenda. Møtene skal være effektive, dermed vil ingen løsninger diskuteres i disse møtene. Det vil ikke bli skrevet referater fra disse møtene.

#### 3.5 Oppfølgingsmøter

I disse møtene blir oppfølgingsdokumentene utarbeidet. Disse dokumentene viser hva alle gruppemedlemmene har jobbet med sist uke og hva som skal gjøres neste. Eventuelle avvik vil bli dokumentert slik at prosjektplan kan justeres tilsvarende. Første oppfølgingsmøte ble holdt fredag 5.02.16.



### 3.6 Iterasjonsmøter

Etter hver iterasjon (Jf. Kap 5.1) vil det bli holdt iterasjonsmøter. Her vil vi diskutere om målene satt for iterasjonen (eng. artifacts) ble nådd. Etter disse møtene vil prosjektplanen bli justert og oppdatert. Målet med møtene er å lage en detaljplan over den neste iterasjonsfasen.

Aktiviteter som har blitt gjort i fasen vil bli ført inn i aktivitetsplanen og planen vil bli fylt ut med nye aktiviteter for den neste iterasjonen. I tillegg vil vi utarbeide et iterasjonsdokument som omhandler hva som har blitt gjort i løpet av perioden, samt eventuelle endringer som ble vedtatt. Første Iterasjonsdokument er planlagt i utgang av planleggingsfasen som avsluttes fredag 12.02.16.

## 4.0 Interessenter

Alle prosjekter vil ha ulike parter involvert. Enhver person eller bedrift som blir påvirket av prosjektet eller det endelige produktet, betegnes som interessenter (stakeholders). Nedenfor har vi satt opp en liste over de mest aktuelle interessenter vi må ta hensyn til i løpet av prosjektet og deres behov/ ønsker.

Ved å identifisere de aktuelle interessenter tidlig i prosjektets livssyklus, vil det bidra til å bedre vår forståelse av systemet som skal bygges. Dette vil reflekteres i kravspesifikasjonen.

Tabell 3 - Interessenter

<b>Aktive Interessenter (Direkte involvert i prosjektet)</b>	<b>Passive interessenter (Indirekte involvert i prosjektet)</b>
<b>HSN (Eier)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sikkerhet</li> <li>▪ Deler lager av kompositt</li> <li>▪ Egenproduserte deler</li> <li>▪ Øyenfallende design</li> <li>▪ Lav vekt</li> <li>▪ Kosteffektiv</li> <li>▪ Lang systemlevetid</li> </ul>	<b>HSN (Eier)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ HMS</li> <li>▪ Reguleringer</li> <li>▪ Plass (lokaler)</li> <li>▪ Resurspersoner</li> </ul>
<b>Fagskolen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bruke til undervisning</li> <li>▪ Produserer passende deler</li> <li>▪ Effektiv produksjon</li> </ul>	<b>Etterfølgende prosjektgrupper</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utvidbar</li> <li>▪ Enkel å jobbe med</li> <li>▪ Åpen dokumentering</li> <li>▪ Modulært design</li> </ul>
<b>Bruker</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sikkerhet</li> <li>▪ Komfortabel</li> <li>▪ Enkel å bruke</li> <li>▪ Rask responstid</li> </ul>	<b>Tilskuere (Fremtidige studenter)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Design</li> <li>▪ Spesifikasjoner</li> </ul>
<b>Vedlikehold</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lett tilgjengelige deler</li> <li>▪ Ingen spesialverktøy</li> </ul>	<b>Myndigheter</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reguleringer</li> <li>▪ Låver</li> </ul>
<b>Sponsorer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reklamemulighet</li> <li>▪ Øyenfallende design</li> </ul>	<b>Delprodusenter</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Selger enkeltdeler</li> <li>▪ Må passe i systemet</li> </ul>
<b>Prosjektgruppen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Klare rammer</li> </ul>	

## 5.0 Tidsplan

Tidsplanen vil planlegges nøyere etter hvert som prosjektet utvikles. Etter hver iterasjon vil neste iterasjonsfases arbeidsoppgaver utarbeides av gruppen.

### 5.1 Tidsbruk

Hovedoppgaven er normert til 20 studiepoeng. I følge EUs standard for studiepoeng (ECTS) tilsvarer 1 studiepoeng mellom 25 – 30 arbeidstimer, avhengig av ambisjonsnivået til studentene. 20 studiepoeng vil da tilsvare ca. 600 arbeidstimer. Fordi dette prosjektet er såpass omfattende, ønsker vi å benytte ca. 700 timer per gruppemedlem.

#### Estimert tidsplan

Dette er en oversikt over hvor mange timer vi planlegger å bruke på dette prosjektet. Vi bruker 4 dager i uken på prosjektet før eksamensperioden uke 14. Deretter planlegger vi å bruke 5 dager i uken samtidig som vi øker timeantallet når prosjektet nærmer seg slutten. Uker det er hvert å legge merke til er uke 12 hvor påsken kommer, her vil det arbeides fra man-ons. Uke 14 er som tidligere nevnt eksamensperiode. Uke 20 er det 17mai, da tenker gruppen å ta fri.

Tabell 4 - Tidsplan del 1

	Uke 4	Uke 5	Uke 6	Uke 7	Uke 8	Uke 9	Uke 10
Ola	32	32	32	32	32	32	32
Tord	32	32	32	32	32	32	32
Karl Oskar	32	32	32	32	32	32	32
Kåre	32	32	32	32	32	32	32

Tabell 5 - Tidsplan del 2

	Uke 11	Uke 12	Uke 13	Uke 14	Uke 15	Uke 16	Uke 17
Ola	32	24	32	0	40	40	40
Tord	32	24	32	0	40	40	40
Karl Oskar	32	24	32	0	40	40	40
Kåre	32	24	32	0	40	40	40

Tabell 6 - Tidsplan del 3

	Uke 18	Uke 19	Uke 20	Uke 21	Uke 22	Uke 23	Totalt
<b>Ola</b>	46	46	36	50	50	30	<b>682</b>
<b>Tord</b>	46	46	36	50	50	30	<b>682</b>
<b>Karl Oskar</b>	46	46	36	50	50	30	<b>682</b>
<b>Kåre</b>	46	46	36	50	50	30	<b>682</b>
<b>Sum:</b>							<b><u>2728</u></b>

## 5.2 Timeføring

Alle gruppemedlemmer har selv ansvaret for å føre egne timelister etter hver arbeidsdag. For å gjøre dette har vi laget en timeliste regneark på Excel. For at dette ikke skal ta for lang tid har vi bestemt at vi avrunder tidsbruken til nærmeste halvtime.

## 6.0 Prosjektmodell

For å kunne jobbe strukturert som en gruppe er det viktig å jobbe etter en prosjektmodell. Modellen er ment som en ramme for hvordan arbeidet skal foregå. Det er viktig å innse at en prosjektmodell er ment som en støtte for hele prosjektet, derfor er det viktig å velge en modell som passer for hele prosjektets livssyklus.

### 6.1 Iterativ prosjektmodell

Som retningslinje for prosjektet vårt vil vi følge en iterativ prosjektmodell (heretter: vår modell) som vil ta flere av sine hovedtrekk fra prosjektmodellen Unified Process (UP).

Unified Process er en iterativ modell delt in i ulike faser. Hver fase har ulike prioriteringsnivåer for de ulike hovedaktivitetene. Dette tillater en parallell arbeidsfordeling og sørger for en mer helhetlig arbeidsstruktur da kravspesifikasjon, testplan og prosjektplan vil bli jobbet med gjennom større deler av prosjektet.

Modellen vi følger i dette prosjektet skiller seg fra den etablerte UP modellen på flere punkter. Ulikt UP er ikke vår modell use case avhengig. Vår modell har ikke den samme inndelingen over oppgaver og iterasjoner som UP modellen. Vi vil også implementere scrum møter i prosjektet, tatt fra «agile» prosjektmodellen scrum.

Vår modell legger opp til at alle rapportdokumenter får ett nytt versjons nr. etter hver iterasjon. Dette vil si at prosjektplanen samt krav- og testspesifikasjoner oppdateres etter hver iterasjon. Dette sørger for at vi vil holde oversikt og kan justere dokumentene etter prosjektets fremgang.

Vi har valgt en iterativ, inkrementell modell da modellen legger opp til parallelt arbeid innenfor de ulike arbeidsoppgavene. Dette vil gagne prosjektet da en parallell arbeidsfordeling innenfor de ulike arbeidsoppgavene er tidsbesparende og passer bedre prosjektets rammer.

Vår modell deler prosjektet inn i fire distinkte hovedperioder. Hver periode består av flere iterasjoner, der hver iterasjon vil vare 2 uker. Etter hver iterasjon vil vi holde et iterasjonsmøte og utarbeide et iterasjonsdokument der vi gjør en vurdering på prosjektets fremgang, detaljplanlegger neste iterasjons arbeidsoppgaver og ser om vi må justere prosjektplanen.

De neste kapitlene vil forklare de ulike hovedperiodene i nærmere detalj.

### 6.1.1 Planlegging

Hovedfokuset i denne perioden vil være å etablere en sterk ramme for prosjektet. I planleggingsfasen skal det fokuseres på grovutvikling av de viktigste dokumenter som prosjektplan, kravspesifikasjon og test spesifikasjon.

Viktige momenter er:

- Definere systemet, hva det er og hva det brukes til.
- Definere kritiske risikoer og utarbeide konkrete tiltak for å forbygge disse.
- Definere en grov tidsplan for de ulike aktiviteter.
- Samle inn relevant informasjon om produktet fra industribedrifter.

Viktige sjekkpunkter i denne fasen vil være:

- Er alle store interessenter enige om omfanget til produktet?
- Er de viktigste kravene definert og reflekterer de interessentenes behov?
- Har vi nok informasjon om produktet kan produseres?

### 6.1.2 Utarbeidelse

Hovedfokus i denne perioden er å kartlegge hvordan utvikle systemet ut ifra økonomiske rammer, tidsramme og andre begrensninger som prosjektet kan ha.

Bestemmelse av produksjons metode er et viktig moment i denne fasen, da det legger føringer for videre planlegging av tidsplanen.

Det er viktig at designet av karosseri er på plass, da produksjonen av denne delen er en svært tidkrevende prosess. Rammen må også grovtegnes slik at karosseri og ramme passer sammen.

Viktige punkter vil være:

- Tilfredsstille majoriteten av de funksjonelle kravene.
- Jevnlig kartlegge relevante risikoer ved prosjektet.
- Starte designet av kritiske komponenter.
- Valg av produksjonsmetode.

For å enklere kommunisere kravene til prosjektet bruker vi use caser. Dette simplifisere forståelsen av kravene mellom de ulike parter. Tidlig kartlegging av kravene våre vil være av høyest nødvendighet for å kunne ferdigstille et sluttprodukt.

Viktige sjekkpunkter i denne fasen vil være:

- Use casene er gjort om til funksjonelle krav
- Fundamentet er solid på plass for en trygg videreføring av prosjektet
- Designprosessen er i gang.

### 6.1.3 Sammenstilling

Hovedfokuset vårt er å kunne bygge opp et system iterativt og inkrementelt som skal kunne testes i sine gitte omgivelser. Passe på at levedyktigheten til systemet er tilfredsstillende. Målet er å ha et fungerende system i utgangen av fasen. Selvfølgelig er det muligheter for at vi ikke rekker dette. Da må den neste fasen, slutfasen, endres eller planlegges om.

### 6.1.4 Slutt

Hovedfokuset vil være å levere et ferdigstilt produkt til kunden. Her vil vi korrigere feil/mangler som har blitt indentifisert under sammenstilling, samt se om vi kan implementere ulike lavprioriterte krav in i systemet.



## 7.0 Iterasjoner

For å bedre forståelsen av hvordan vi har tenkt å gå frem med prosjektet har vi valgt å lage to forskjellige oversiktskart. *Figur 4* beskriver i grove rammer hva som skal gjøres i de forskjellige iterasjonene. *Figur 5* gir en forståelse over hvilke områder som det vil bli fokusert på i de forskjellige iterasjonene.

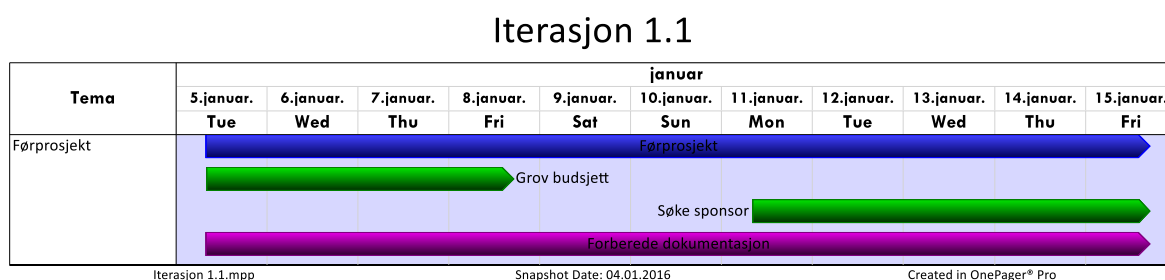
Hver iterasjon vil begynne med å sette opp arbeidsoppgaver for den bestemte iterasjonen. Gruppemedlemmene vil få tildelt oppgaver som de skal arbeide med i de to ukene. Et lite Gant diagram vil lages for hver iterasjon (figur 1). Etter to uker vil det da bli en evaluerings del. Gruppemedlemmer vil fremlegge hvor langt de har kommet på de gitte oppgavene. Dette vil få frem en oversikt over hvordan gruppens fremgang har vært i den perioden. Det vil da lages et nytt Gant diagram som fremviser hvor langt vi har blitt kommet (%) på de forskjellige oppgavene. Etter evaluering av gjennomført periode vil det bli en ny vurdering der en ny plan vil bli laget for neste iterasjon.

Diagrammene vil vise oss hvor vi har vært flinke til å planlegge og hvor vi bommet med planleggingen. Vi håper det vil gi oss en rask tilbakemelding/oversikt på hvilke oppgaver som krever mer ressurser enn vi tror.

Nedenfor vises et eksempel på Gant-diagram ved start av iterasjon (Figur 2) og Gant-diagram ved slutt av iterasjon (figur 3)

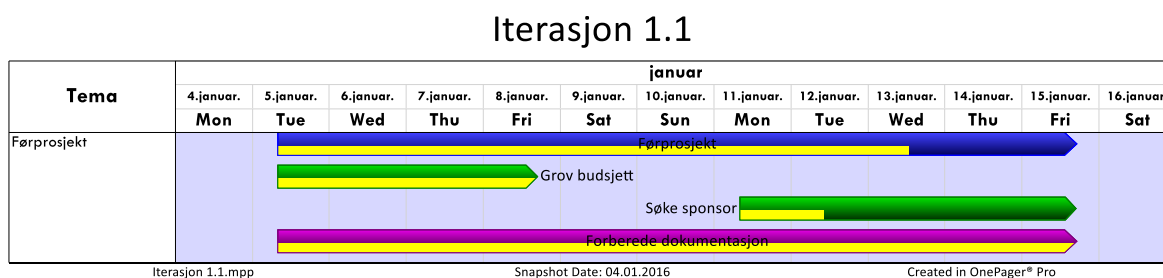
Figur 2: Viser grovt hvilke arbeidsoppgaver som skal gjøre i iterasjon 1.1

Figur 2 - Iterasjon 1.1 start



Figur 3: Viser hvor langt vi har kommet på arbeidsoppgavene i iterasjon 1.1

Figur 3 - Iterasjon 1.1 slutt



Figur 4 - Iterasjonsplan

# Iterationsplan

## Formula 1 Composite

- Høyt fokus
- Medium fokus
- Lavt fokus

1. Forstudie		2. Planlegging		3. Utarbeidelse			4. Sammenstilling			5. Slutt	
Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging	Planlegging
Research	Research	Research	Research	Research	Research	Research	Research	Research	Research	Research	Research
Spors	Spors	Spors	Spors	Spors	Spors	Spors	Spors	Spors	Spors	Spors	Spors
Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument	Dokument
3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.	3D-mod.
Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon	Produksjon
Testing	Testing	Testing	Testing	Testing	Testing	Testing	Testing	Testing	Testing	Testing	Testing
Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.	Sammenst.
Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning	Fremvisning
Iterasjon 1.1 04.01-17.01	Iterasjon 1.2 18.01-31.01	Iterasjon 2.1 01.02-14.02	Iterasjon 3.1 15.02-28.02	Iterasjon 3.2 29.02-13.03	Iterasjon 3.3 14.03-27.03	Iterasjon 4.1 28.03-10.04	Iterasjon 4.2 11.04-24.04	Iterasjon 4.3 25.04-08.05	Iterasjon 5.1 09.05-22.05	Iterasjon 5.2 23.05-08.06	

Figur 5 - Iterasjonsplan oversikt

# Iterasjonsplan oversikt

## Formula1 Composite

1. Forstudie		2. Planlegging		3. Utarbeidelse		4. Sammenstilling		5. Slutt	
<b>Forstudie:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grov budsjett</li> <li>- Søke spons</li> <li>- Forberede dokumentasjon</li> <li>- Lese prosjekthåndbok</li> </ul>	<b>Grunnleggende dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kravspøk.</li> <li>- Risikoanalyse</li> <li>- Aktivitetsplan</li> <li>- Gantt diagram</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>	<b>Dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdatere Kravspøk.</li> <li>- Oppdatere prosjektplan</li> </ul>
<b>Grunnleggende dokumentasjon:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kravspøk.</li> <li>- Risikoanalyse</li> <li>- Aktivitetsplan</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>	<b>Økonomi:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Søke spons</li> <li>- Besøke bedrifter</li> </ul>
<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>	<b>Kurs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fagskolen</li> </ul>
<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>	<b>Solidworks:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Design av karosseri</li> </ul>
<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>	<b>Fremvisning:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentasjon 1</li> </ul>
<b>Iterasjon 1.1</b> 04.01-17.01	<b>Iterasjon 1.2</b> 18.01-31.01	<b>Iterasjon 2.1</b> 01.02-14.02	<b>Iterasjon 3.1</b> 15.02-28.02	<b>Iterasjon 3.2</b> 29.02-13.03	<b>Iterasjon 3.3</b> 14.03-27.03	<b>Iterasjon 4.1</b> 28.03-09.04/11.04-17.04	<b>Iterasjon 4.2</b> 18.04-01.05	<b>Iterasjon 4.3</b> 02.05-15.05	<b>Iterasjon 5.1</b> 16.05-29.05
									<b>Iterasjon 5.2</b> 30.05-10.06

## 8.0 Aktivitetsplan

Dette er den siste utgaven av aktivitetsplanen. Underveis har det blitt gjort store endringer ettersom produksjonsmetoder har blitt endret. Det har vært et omfattende prosjekt med mange aktiviteter. Fra starten av prøvde vi å planlegge så langt vi kunne med den kunnskapen og erfaringen vi innehadde. I ettertid ser vi at vi har bommet en del på estimert tidsbruk. Noen aktiviteter mer enn andre. Vi velger å ha med de aktivitetene vi ikke har fått gjort fordi vi fortsatt mener at dette er aktiviteter som må gjøres før prosjektet kan ansees som helt ferdig.

Gantt diagrammet er bygget på aktivitetsplanen. Gantt diagrammet har for oss gitt en grov oversikt på hvor vi befinner oss i prosjektet. På detaljnivå har vi brukt gantt diagrammene i iterasjonsdokumentet for å få kontroll på hva vi måtte gjøre.

Brukt tid oppdater tom tirsdag 18.05.16

Brukt tid = 2637 timer

Tabell 7 – Aktivitetsplan prosjektplan

Aktivitetsgruppe: 1. Prosjektplan						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
1.1	Prosjektplanlegging	04.01.16	20.05.16	4	100	102,5
1.2	Risikoanalyse	18.01.16	19.01.16	2	20	27,5
1.3	Utarbeide aktivitetsplan	20.01.16	01.02.16	2	20	15,5
1.4	Justere aktivitetsplan	20.01.16	20.05.16	2	10	45
1.5	Skrive prosjektplan	18.01.16	10.02.16	4	100	50
1.6	Oppdatere prosjektplan	18.01.16	20.05.16	2	80	19
1.7	Gantt-diagram	20.01.16	01.02.16	1	20	22,5
1.8	Oppdatere Gantt-diagram	20.01.16	20.05.16		20	10
Sum:					350	292

Tabell 8 - Aktivitetsplan kravspesifikasjon

Aktivitetsgruppe: 2. Kravspesifikasjon						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
2.1	Definere krav	18.01.16	29.01.16	4	40	42
2.2	Skrive kravdokument	25.01.16	12.02.16	2	30	39,5
2.3	Oppdatere kravdokument	15.02.16	20.05.16	3	40	12
Sum:					110	93,5

Tabell 9 - Aktivitetsplan testing

Aktivitetsgruppe: 3. Testing						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
3.1	Definere testmetoder	27.01.16	04.04.16	4	40	16
3.2	Oppdatere tester	27.01.16	20.05.16	2	10	16,5
3.3	Analyser av ramme	01.03.16	20.04.16	2	150	
3.4	Analyser av nav	29.03.16	20.04.16	2	15	
3.5	Gjennomføre tester	25.02.16	15.05.16	4	25	
3.6	Evaluerer testresultater	25.02.16	15.05.16	4	55	2,5
3.7	Skrive testdokument	01.02.16	15.05.16	2	30	28
				Sum:	325	63

Tabell 10 - Aktivitetsplan research

Aktivitetsgruppe: 4. Research						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
4.1	Opplæring Visio	21.01.16	24.01.16	1	5	
4.2	Opplæring MS Project	21.01.16	24.01.16	1	15	10,5
4.3	Research delkomponenter	27.01.16	01.03.16	4	20	2
4.4	Fagskole kurs	25.01.16	08.02.16	4	30	47
4.5	Besøke bedrifter	01.02.16	25.04.16	4	100	47
4.6	Opplæring SolidWorks	01.05.16	23.05.16	1	10	12,5
				Sum:	210	119

Tabell 11 - Aktivitetsplan karosseri

Aktivitetsgruppe: 5. Karosseri						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
5.1	Karosseri design	15.12.15	04.04.16	4	35	34,5
5.2	Forarbeid støpeform	10.03.16	23.03.16	2	50	94
5.4	Utarbeide støpform	28.03.16	15.04.16	2	140	450,5
5.6	Støpe karosseri	07.04.16	25.04.16	3	35	112
5.7	Klargjøre karosserioverflate	11.04.16	30.04.16	2	25	12
5.8	Klargjøre karosseri for sammenstilling	25.04.16	30.04.16	2	25	3,5
5.9	Klargjøre karosseri for lakkering	25.04.16	30.04.16	2	6	
5.10	Lakkering	25.04.16	30.04.16	2	10	
5.11	Utvikling av designdokument	25.02.16	20.05.16	2	40	42,5

5.12	Utvikling av produksjonsdokument	25.02.16	25.04.16	1	35	75,5
5.13	Utvikling av materialdokument	25.02.16	25.04.16	1	35	90
5.14	Dokument, gjennomføring	20.4.16	23.05.16	2		56,5
Sum:					465	971

Tabell 12 - Aktivitetsplan ramme

Aktivitetsgruppe: 6. Ramme						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
6.1.1	Modellere ramme (grov/ utkast)	25.02.16	28.02.16	3	20	15
6.1.2	Studere/planlegge ramme/oppheng	01.03.16	04.04.16	2	35	15,5
6.1.3	Modellere ramme	11.04.16	25.04.16	2	40	40
6.1.4	Redesign ramme	13.04.16	25.04.16	2	20	20,5
6.2	Grensesnitt (feste)	14.04.16	30.04.16	2	40	
6.3	Materialstudie	18.04.16	30.04.16	2	50	24
6.4	Utvikling av designdokument	30.03.16	20.05.16	3	150	2
6.5	Utvikling av produksjonsdokument	28.03.16	01.05.16	1	30	
	Utvikling av materialdokument	28.03.16	01.05.16	1	30	
6.7	Ferdigstille ramme	20.04.16	05.05.16	2	30	
Sum:					445	117

Tabell 13 - Aktivitetsplan delkomponenter

Aktivitetsgruppe: 7. Delkomponenter						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
7.2	Modellere nav	20.04.16	01.05.16	2	25	
7.1	Modellere sete	20.03.16	10.04.16	1	10	
7.3	Delkomponenter (3-D)	15.02.16	15.05.16	4	15 20	
7.4	Kategorisere deler	25.02.16	15.04.16	2	20	
Sum:					90	

Tabell 14 - Aktivitetsplan sammenstilling

Aktivitetsgruppe: 8. Sammenstilling						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
8.1	Sammenfatte system	25.04.16	18.05.16	4	100	
Sum:					100	

Tabell 15 - Aktivitetsplan strekkprøving

Aktivitetsgruppe: 9. Strekkprøving						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
9.1	Opplæring av strekkmaskin	25.04.16	18.05.16	1	2	5
9.2	Klargjøre strekktester	25.04.16	18.05.16	2	15	24,5
9.3	Planlegge strekktester	25.04.16	18.05.16	1	15	23
9.4	Gjennomføre strekktester	25.04.16	23.05.16	2	10	10
9.5	Infosøk strekktest	25.04.16	18.05.16	1	10	17,5
9.6	Evaluerer strekkresultater	25.04.16	23.05.16	2	10	10
9.7	Utforme strekkrapport	25.04.16	23.05.16	1	50	74
9.8	Undersøke bruddsone med mikroskop	25.04.16	23.05.16	1	5	
9.9	Undersøke alternativ innfestingsmetoder	25.04.16	23.05.16	2	10	13
Sum:					127	177

Tabell 16 - Aktivitetsplan administrativ dokumentasjon

Aktivitetsgruppe: 100. Administrativ dokumentasjon						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
100.1	Timelister	18.01.16	01.06.16	1	2	5
100.2	Iterasjonsdokument	15.01.16	01.06.16	2	30	10,5
100.3	Oppfølgingsdokument	15.01.16	01.06.16	4	40	52
100.4	Møteinncallinger	15.01.16	01.06.16	1	4	
100.5	Møtereferat	15.01.16	01.06.16	4	8	5
100.6	Utarbeide dokumentmal	15.01.16	22.01.16	2	30	40,5
Sum:					114	113

Tabell 17 - Aktivitetsplan møtevirksomhet

Aktivitetsgruppe: 101. Møtevirksomhet						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
101.1	Møte med intern veileder	18.01.16	01.06.16	4	50	32
101.2	Møte med ekstern veileder	15.01.16	01.06.16	4	40	31,5
101.3	Scrum-møte	15.01.16	01.06.16	4	10	10
101.4	Gruppemøte	15.01.16	01.06.16	4	80	22,5
Sum:					180	96



Tabell 18 - Aktivitetsplan presentasjon 1 adm.

Aktivitetsgruppe: 102.1 Presentasjon 1 Adm.						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
102.1.1	Booke rom	05.06.16	05.02.16	1	0,5	3
102.1.2	Innkalle relevante personer	15.01.16	05.02.16	1	0,5	
102.1.3	Ferdigstille dokumentasjon	15.01.16	05.02.16	4	10	53
102.1.4	Levere dokumentasjon	05.02.16	05.02.16	1	2	3
102.1.5	Lage PowerPoint for presentasjon	05.02.16	12.02.16	4	50	44,5
102.1.6	Øving til presentasjon	08.02.16	12.02.16	4	35	35,5
102.1.7	Fremføring presentasjon 1	12.02.16	12.02.16	4	15	20
				Sum:	113	157

Tabell 19 - Aktivitetsplan presentasjon 2 adm.

Aktivitetsgruppe: 102.2 Presentasjon 2 Adm.						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
102.2.1	Booke rom	07.03.16	14.03.16	1	0,5	
102.2.2	Innkalle relevante personer	07.03.16	14.03.16	1	0,5	
102.2.3	Lage dokumentasjon	07.03.16	10.03.16	4	10	57,5
102.2.4	Levere dokumentasjon	07.03.16	10.03.16	1	2	9
102.2.5	Lage PowerPoint for presentasjon	07.03.16	14.03.16	4	60	40
102.2.6	Øving til presentasjon	10.03.16	14.03.16	4	25	17,5
102.2.7	Presentasjon 2	14.03.16	14.03.16	4	15	23
				Sum:	113	147

Tabell 20 - Aktivitetsplan presentasjon 3 adm.

Aktivitetsgruppe: 102.3 Presentasjon 3						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
102.3.1	Booke rom	05.06.16	05.06.16	1	1	
102.3.2	Innkalle relevante personer	20.05.16	05.06.16	1	2	
102.3.3	Lage dokumentasjon	20.05.16	05.06.16	4	20	
102.3.4	Levere endelig dokumentasjon	20.05.16	20.05.16	1	2	
102.3.5	Lage PowerPoint for presentasjon	20.05.16	10.06.16	4	200	
102.3.6	Øving til presentasjon	25.05.16	10.06.16	4	80	
102.3.7	Presentasjon 3	09.06.16	09.06.16	4	35	
				Sum:	340	

Tabell 21 - Aktivitetsplan økonomi

Aktivitetsgruppe: 103. Økonomi						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
103.1	Skaffe sponsorer	05.02.16	05.06.16	4	50	44,5
103.2	Sette opp budsjett	20.02.16	05.06.16	2	20	8,5
103.3	Justere budsjett	15.01.16	05.06.16	1	10	
103.4	Innkjøp	01.02.16	14.05.16	4	60	12,5
				Sum:	140	65,5

Tabell 22 - Aktivitetsplan web og IT

Aktivitetsgruppe: 104. Web & IT						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
104.1	Lage hjemmeside	25.02.16	15.03.16	1	18	12
104.2	Lage logo	26.01.16	26.01.16	1	5	10,5
104.3	Oppdatere hjemmeside	15.02.16	10.06.16	1	20	25
104.4	Oppsett IT	15.02.16	10.06.16	1	15	48
104.5	3D-printing	01.02.16	01.04.16	1	10	5
				Sum:	58	100,5

Tabell 23 - Aktivitetsplan førprosjekt

Aktivitetsgruppe: 105. Førprosjekt						
Aktivitet	Beskrivelse	Start- dato	Slutt- dato	Ressurser	Estimert tid	Brukt tid
105.1	Grovt budsjett	05.01.16	08.02.16	3	25	52,5
105.2	Søke sponsor	11.01.16	15.01.16	2	15	7,5
105.3	Forberede dokumentasjon	05.01.16	15.01.16	1	50	65
				Sum:	90	125

## 9.0 Risiko

### 9.1 Risiko ved prosjekt

Et prosjekt har som mål å levere et produkt som tilfredsstiller interessenters krav, innenfor en gitt tidsramme. I et komplekst prosjekt er det mange fallgruver på veien til et suksessfullt produkt. Ved å klargjøre flest mulig risikoer tidlig i prosjektet kan man overvåke de kritiske risikoene mens prosjektet går. Oversikt over risikoer vil gi oss mulighet til å gjøre tiltak som kan gjøre oss forberedt om noe skulle inntreffe. Vi vil da kunne gjøre tiltak tidlig i prosjektet for å redusere risikoer vi ser på som kritiske. Tidlig og grundig evaluering av risiko er en nøkkel for å kunne ferdigstille et produkt som tilfredsstiller alle interessenters krav.

### 9.2 Risiko analyse

#### 9.2.1 Risiko

I en tidlig fase bestemte vi at en risiko analyse var viktig for prosjektet vårt. Prosjektet består av mange usikkerheter som kan gå på bekostning av sluttproduktet. Analysen vil anerkjenne og avdekke hvor de mest kritiske risikoene er. Vi har sett på risikoer gjennom hele bredden av prosjektet og har delt risikoene i følgende grupper

- Ledelse
- Deltagere
- Ressurser
- Tekniske
- Testing
- 3. Part

### 9.2.1.1 Ledelse

- Prosjektet har en meget streng tidsramme. Ved å falle etter tidskjema vil det være vanskelig å fullføre prosjektet.
- Prosjektets omfang vil være avgjørende. Ved å gape over for mye eller ta med unødvendige deler/krav, kan det gå på bekostning av hele prosjektet.
- Uklare krav fra kunden vil være en fare for å forsinke prosjektet.
- Det er mange personer involvert i et slik prosjekt, følgelig vil god kommunikasjon være avgjørende for prosessen. Dårlig kommunikasjon mellom de ulike parter vil ha en negativ innvirkning på prosjektets fremgang.
- Dårlig planlegging vil gjøre det svært lite sannsynlig å fullføre prosjektet/produktet på en god måte. Dette vil skape et dårlig arbeidsmiljø.

### 9.2.1.2 Deltagere

- Helseproblemer blant gruppemedlemmer kan redusere arbeidskapasiteten til gruppen.
- Dårlig oppmøte (til møter eller generell jobb) blant gruppemedlemmer vil redusere arbeidskraften til gruppen, men kan også være med på å skape dårlig samhold blant gruppemedlemmer.
- Det er fare for at motivasjonen til gruppemedlemmer kan falle i løpet av prosjektet. Dette vil redusere medlemmers innsats og effektivitet.
- Lav arbeidsinnsats fra personer i gruppen vil svekke gruppens fremgang. Det kan også være med på å skape et dårlig samhold i gruppen.

### 9.2.1.3 Ressurser

- Paralleltgående fag tar opp mer tid enn planlagt.
- Fare for å overskride budsjettet. Det kan føre til at deler av systemet ikke kan bli realisert.
- Både tid og kunnskap kan det være mangel på i prosjektet. Bruk av andre sine ressurser/kunnskaper kan være en utvei, men det har med seg den risikoen av at vi gjør oss avhengige av andre personer.
- Feil bruk av gruppens ressurser vil være skadelig på tiden som brukes.

#### 9.2.1.4 Teknisk

- Implementering av bilens ulike bestanddeler. Fare for bestanddelene ikke passer når de settes sammen.
- Det er flere store deler som skal produseres selv. Ved forsinkelser av produksjon kan det forskyve hele prosjektet.
- Fare for at personlig utstyr kan gå i stykker.
- Fare for tap av prosjektdata og dokumentasjon.

#### 9.2.1.5 Testing

- Testingen krever tid, og forarbeidet til testing må være ferdig, det vil si at fysiske systemer må være på plass. Ved forsinkelser er det ikke alltid tiden strekker til for å teste.
- Testingen gir ikke ønsket resultat. Krav blir ikke tilfredsstilt på testene. Må gå flere runder.
- Tester resulterer i tvetydige resultater. Det blir umulig å verifisere kravene.
- Ved testing kan det fremkomme at produktet ikke oppnår den teoretiske styrken.

#### 9.2.1.6 Ressurspersoner/3-part

- Forsinkelser ved levering av deler. Fare for å ikke få satt sammen sammenstillingen.
- Ved bestilling av deler er det alltid vanskelig vite hva som blir levert. Det kan bli levert både defekte og ødelagte deler.
- Helseproblemer hos intern veileder.
- Helseproblemer hos ekstern veileder.
- 3-part får problemer som hindrer han/hun fra å stille opp på bestemt tidspunkt.
- Aktiviteter som er gjort av andre. Blir ikke gjort tilstrekkelig, eller ikke gjort i det hele tatt.

### 9.3 Risiko vurdering

Risiko er definert som:

$$\text{Risiko} = \text{Konsekvens (K)} \times \text{Sannsynlighet (S)}$$

Konsekvens er hvor stor påvirkning de forskjellige risikoene vil ha på prosjektet, dersom den gitte risikoen skulle oppstå.

Sannsynlighet er sannsynlighet for at en gitt risiko oppstår i løpet av prosjektets livssyklus.

I analysen er påkjenning og sannsynlighet delt inn i fem forskjellige nivåer (1-5). Risiko er da definert mellom 1-25.

Tabell 24 - Risiko sannsynlighet

Egenskap: Sannsynlighet		
Verdi	Nivå	Beskrivelse
5	Svært høy	Alt tyder på at dette vil oppstå
4	Høy	Vil antagelig oppstå
3	Middels (50/50)	Det er 50 % sannsynlighet for at problemet oppstår
2	Liten	Problemet vil antagelig ikke oppstå
1	Svært liten	Problemet vil nesten aldri oppstå

Tabell 25 - Risiko innvirkning

Egenskap: Innvirkning		
Verdi	Nivå	Beskrivelse
5	Katastrofal	Prosjektet stoppes helt, alle midler MÅ settes inn
4	Stor	Prosjektet stoppes, nødvendige tiltak iverksettes
3	Middels	Prosjektet stoppes, noen tiltak iverksettes
2	Liten	Prosjektet går fremover, men med mindre problemer
1	Svært liten	Prosjektet fortsetter, uten store problemer

### 9.3.1 Risiko matrise

Tabellen beskriver risikoen som en sammensetning av konsekvens og sannsynlighet. De fem fargene beskriver ulike risikonivåer. Der lysgrønn er den minste risikoen og rød er den høyeste.

Tabell 26 - Risiko konsekvens

Konsekvens					
Sannsynlighet	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Tabell 27 - Risiko

Egenskap: Risiko	
20-25 Ekstrem Risiko	Uakseptabel risiko. Tiltak må settes inn umiddelbart.
15-19 Meget høy Risiko	Uakseptabel risiko. Tiltak må iverksettes for å minimere.
10-14 Høy Risiko	Tiltak må planlegges, skulle risikoen oppstå.
5-9 Moderat Risiko	Akseptabel risiko. Risikoen overvåkes av gruppen.
1-4 Lav Risiko	Akseptabel risiko. Ingen umiddelbare tiltak trengs.

### 9.3.2 Tiltaksplan

Tabell 28 - Risikoanalyse

	Navn	Id	S	K	R	Tiltak
	Tidsplan	R#1.1	5	4	20	Legge inn ekstra tid i planleggingen. Ikke sette opp maksimalt antall arbeidstimer i planen.
	Omfang	R#1.2	5	3	15	Evaluer hva kunden etterspør. Holde seg unna ekstra arbeid som ikke etterspørres.
	Krav	R#1.3	1	5	5	Tidlig klargjøre kundens krav, slik at det ikke kommer noen sene overraskelser.
	Kommunikasjon	R#1.4	2	4	8	Hyppige møter. Bruke scrum møter til evaluering av dagens agenda
	Planlegging	R#1.5	3	5	15	Legge inn godt med tid i starten til planlegging. Hyppige oppdateringer av prosjektplan.
	Helseproblemer	R#2.1	2	4	8	Ta hensyn til kroppen, passe på å sove nok i perioder der det er stor påkjenning. Blir noen syke, oppdatere prosjektplanen og fordele arbeidsmengden.
	Oppmøte	R#2.2	2	4	8	Samtaler med det aktuelle medlem. Ta deres meninger på alvor og legge til rette for videre arbeid.
	Motivasjon	R#2.3	3	4	12	Ha fridager en gang i blant, ta pauser i løpet av dagen, ta med god mat.
	Arbeidsinnsats	R#2.4	2	5	10	Bli enige om arbeidsinnsatsen som forventes av alle i en tidlig fase.
	Tverrgående fag	R#3.1	5	3	15	Jobbe effektivt i tiden som avsettes til fag.
	Budsjett	R#3.2	5	4	20	Forsøke å skaffe sponsorer for å dekke budsjettet. Kun realisere de mest nødvendige deler på det fysiske systemet.
	Eksterne ressurser	R#3.3	3	4	12	Gjøre oss minst mulig avhengig av utenforstående. Se om vi kan lære oss kompetansen selv.
	Bruk av ressurser	R#3.4	1	2	2	Få frem gruppemedlemmers styrker og svakheter før oppgavene fordeles.
	Implementering	R#4.1	3	5	15	Design deler med nok toleranse. Forsikre oss om at grensesnitt passer.



Produksjon	R#4.2	4	4	16	Settes fristen for ferdigstilling av deler i god tid før de skal brukes videre. Det vil hindre at forsinkelser settes prosjektet på pause.
Utstyr	R#4.3	1	5	5	Skaffe nytt utstyr, eventuelt låne, hvis personlig utstyr blir ødelagt.
Tap av data	R#4.4	1	5	5	Alltid ha backup av alle data. Lagre tre ulike steder.
Tid testing	R#5.1	5	2	10	Sette opp testing i god tid før frister. Sørge for at systemet er ferdig i tide.
Verifisering	R#5.2	4	3	12	Gjøre et grundig forarbeid, kanskje en test vil verifisere det vi ønsker
Tvetydighet	R#5.3	1	3	3	Design nye tester for verifisering
Teoretisk vs. Praksis	R#5.4	4	5	20	Være nøyaktige med praktisk arbeid, få profesjonell hjelp (sveising).
Levering	R#6.1	3	5	15	Bestille varene slik at levering er i god tid før vi trenger delene. Henter varer direkte.
Defekt levering	R#6.2	2	5	10	Bestille deler som ligger nærmere Norge vil redusere leveringstiden og dermed risiko dersom noe går galt.
Intern veileder	R#6.3	1	2	2	Ikke la prosjektets fremgang være avhengig av internveileders tilstedeværelse.
Ekstern veileder	R#6.4	1	4	4	Ha god kommunikasjon med ekstern utenom sykeperioder.
3-part ikke møter	R#6.5	2	3	6	Sette klare rammer for oppmøte og hva vi forventer av resurspersoner.
Aktiviteter av andre	R#6.6	3	5	15	Aktiviteter må legges opp slik at vi ikke er fullstendig avhengig av andre. Gi grundige instruksjoner til arbeidere vil øke sannsynligheten for at arbeider blir gjort slik som ønsket.

## 9.4 Risiko evaluering

Etter å ha sett på risikoanalysen ser vi at det er en rekke tiltak som med god grunn burde gjøres og legges inn i planleggingen.

Vi vet at prosjektet vårt er tilknyttet en høy risiko. Vi vil følge med på risikoene etter hvert som prosjektet går frem. Prøve å oppdage nye risikoer tidligst mulig og legge inn tiltak løpende om vi skulle komme på flere. Ved å ha fokus å gjøre tiltak for å redusere og forberede oss på risikoer som kan oppstå. Gir vi oss en bedre sannsynlighet for å fremstille et produkt som kunden er fornøyd med.

## 10.0 Økonomi

### 10.1 Spons

Økonomi har vært en stor utfordring for prosjektet. Høgskolen har vært oppdragsgiver, men har ikke mulighet til å støtte hele prosjektet med nødvendige økonomiske midler. Som en konsekvens av dette har vi vært nøtt til å søke støtte hos eksterne bedrifter. Dette har vært svært tidkrevende prosess, men det har gitt resultater. Flere bedrifter har støttet oss med materiell som gjør prosjektet mulig å gjennomføre. Svært reduserte priser på materiell gjør at høgskolen kan finansiere store deler av prosjektet.

### 10.2 Budsjett

Budsjett er satt opp etter priser vi har innhentet fra eksterne bedrifter og priser funnet på internett.

Det mangler fortsatt 30 000kr for at vi kan fullføre prosjektet i henhold til prosjektplan og vårt ønske. Vi vil fortsatt søke eksterne bedrifter for spons. Fra før har vi fått redusert pris eller gratis materiell i spons, det vi trenger nå er «rene» penger vi kan bruke for å få på plass drivlinje og motor.

## Budsjett Formula1 Composite

### Kostnader

Karosseri	Pris Eks MVA
Karbonfiber	2 192
Epoxy	900
Glassfiber	2 952
Gelcoat	1 200
Herder Epoxy	3 808
Herder Gelkote	320
Isopor Lim	1 995
Isopor XPS	2 000
Sandpapir	1 218
Pensler	1 032
Aluminiums rulle	184
3M vermemaske m/ kullfilter	1 280
Slipekloss	55
Engangshansker	240
Maskeringstape	100
Dekkeplast	456
Kniver	128
Fresing form	-
Base lakk	-
Klar lakk	-
Lakkering arbeid	-
<b>SUM</b>	<b>20 060</b>
<b>Ramme</b>	
Stål	-
Metall lim	1 184
<b>SUM</b>	<b>1 184</b>
<b>Driv Linje</b>	
CrossKart	17 600
<b>SUM</b>	<b>17 600</b>
<b>Eksteriør og interiør</b>	
Sete	5 000
Ratt	1 000
Dekk og felg	10 000
Dashboard	-
Instrumenter	1 000
<b>SUM</b>	<b>17 000</b>
<b>Administrativt</b>	
Presentasjoner	1 500
Papir og dokumentasjon	500
Reisekostnader	4 000
<b>SUM</b>	<b>6 000</b>

**Totale Kostander 61 844**

### Inntekter

Privat Spons	10 000
HSN	21 244
<b>Sum Inntekter</b>	<b>31 244</b>

**Totale kostnadsbehov 30 600**



Formula1 Composite



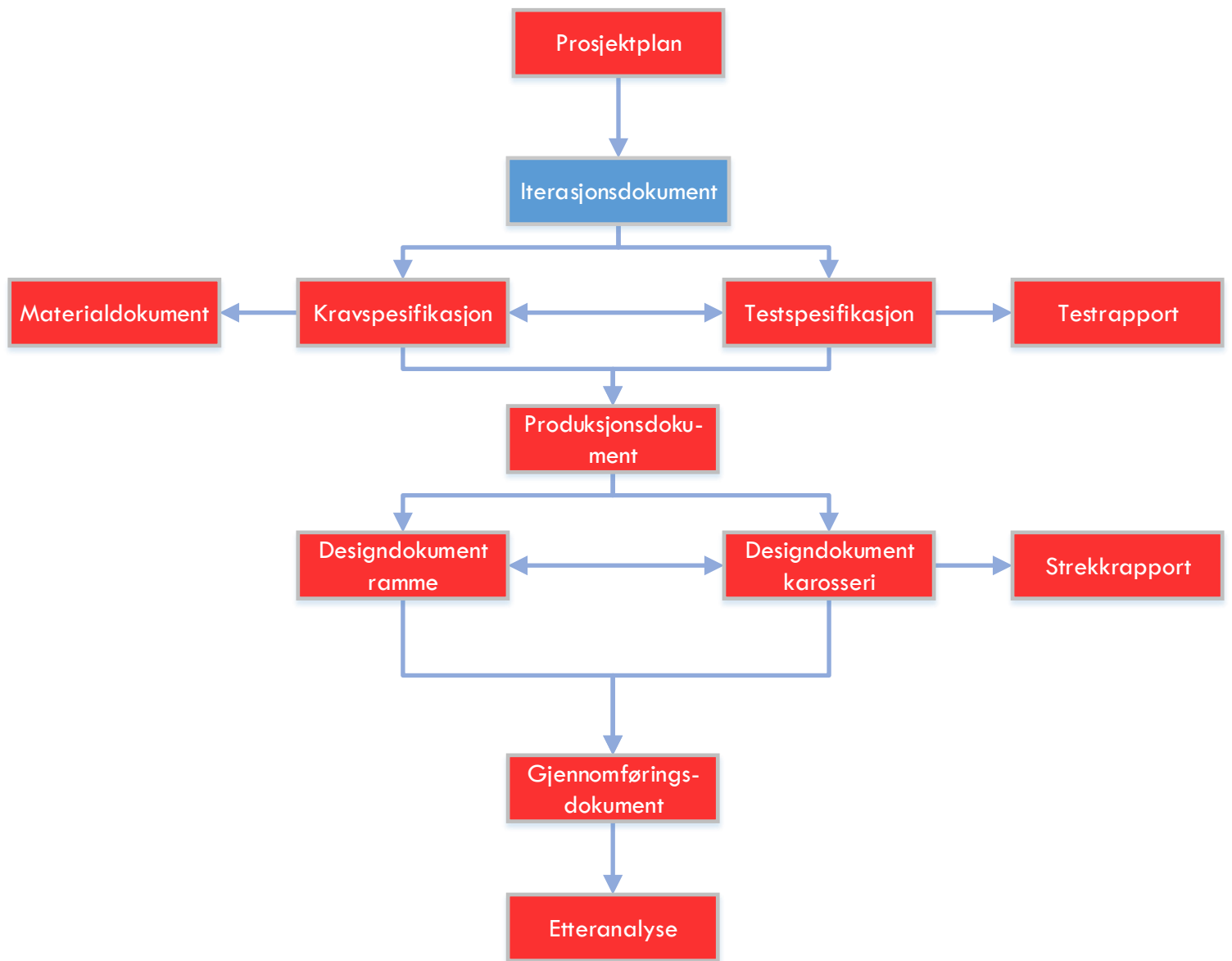
## 11.0 Referanser

Systems Engineering for dummies, Cathleen Shamieh (2011)

<https://www.techopedia.com/definition/3885/unified-process-up> 21.01.2016, 17:30

<http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=24671&seqNum=7> 21.01.2016, 18:00

[http://www.slideshare.net/guy\\_davis/unified-process](http://www.slideshare.net/guy_davis/unified-process) 21.01.2016, 18:10





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Iterasjonsdokument

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
3.0	23.05.2016	KO	OS	20

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## Sammendrag

Dokumentet inneholder mål, gjennomføring og evaluering av iterasjonene vi har vært igjennom. Dokumentet hjelper å holde oversikt over arbeidsoppgaver som har blitt gjort og hvor fokus skal være i perioden fremover.



## Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
Rev 1.0	15.02	KO	Opprettelse
Rev 1.1	16.02	OS	Legge inn iterasjon 1.1, 1.2 og 2.1
Rev 1.2	16.02	OS	Legge inn iterasjon 3.1
Rev 1.3	29.02	KO	Legge inn iterasjon 3.2
Rev 1.4	14.03	KO	Legge inn iterasjon 3.3
Rev 2.1	28.03	OS	Legge inn iterasjon 4.1
Rev 2.2	11.04	OS	Legge inn iterasjon 4.2
Rev 2.3	25.04	KO	Legge inn iterasjon 4.3
Rev 2.4	09.05	KO	Legge inn iterasjon 5.1
Rev 2.5	16.05	OS	Redigering av dokument
Rev 3.0	19.05	KO	Ferdigstilling

## Innhold

Sammendrag.....	2
Dokumenthistorikk.....	3
Iterasjonsdokument.....	6
Iterasjonsrapport 1.1.....	7
Mål.....	7
Evaluering.....	7
Iterasjonsrapport 1.2.....	8
Mål.....	8
Gjennomføring .....	8
Evaluering.....	9
Iterasjonsrapport 2.1.....	10
Mål.....	10
Gjennomføring .....	10
Evaluering.....	10
Iterasjon 3.1 .....	12
Mål.....	12
Gjennomføring .....	12
Evaluering.....	12
Iterasjon 3.2 .....	13
Mål.....	13
Gjennomføring .....	13
Evaluering.....	13
Iterasjon 3.3 .....	15
Mål.....	15
Gjennomføring .....	15
Evaluering.....	15
Iterasjon 4.1 .....	17
Mål.....	17
Gjennomføring .....	17
Evaluering.....	17
Iterasjon 4.2 .....	18
Mål.....	18
Gjennomføring .....	18
Evaluering.....	18
Iterasjon 4.3 .....	19

---

Mål.....	19
Gjennomføring .....	19
Evaluering.....	19
Iterasjon 5.1 .....	20
Mål.....	20
Gjennomføring .....	20
Evaluering.....	20

## Liste over figurer

Figure 1 - Gant før Iterasjon 1.1 .....	6
Figure 2 - Gant for Iterasjon 1.1 etter .....	6
Figure 3 - Iterasjon 1.1 .....	7
Figure 4 - Iterasjon 1.2 .....	9
Figure 5 - Iterasjon 2.1 .....	11
Figure 6 - Iterasjon 3.1 .....	12
Figure 7 - Iterasjon 3.2 .....	14
Figure 8 - Iterasjon 3.3 .....	16
Figure 9 - Iterasjon 4.1 .....	17
Figure 10 - Iterasjon 4.2 .....	18
Figure 11 - Iterasjon 4.3 .....	19

## Iterasjonsdokument

Som en del av vår prosjektmodell har vi delt opp prosjektet i iterasjoner. Prosjektet vil bestå av 11 iterasjoner på to ukers intervaller. Vi har valgt å dele prosjektet opp slik for å kunne gjøre hyppige vurderinger av prosjektets fremgang og kunne jobbe parallelt med flere deler av prosjektet.

Det vil bli produsert et Ganttdiagram for hver iterasjon. Disse diagrammene vil inneholde hvilke aktiviteter det skal jobbes med og når vi tenker det skal jobbes med.

### Iterasjon 1.1

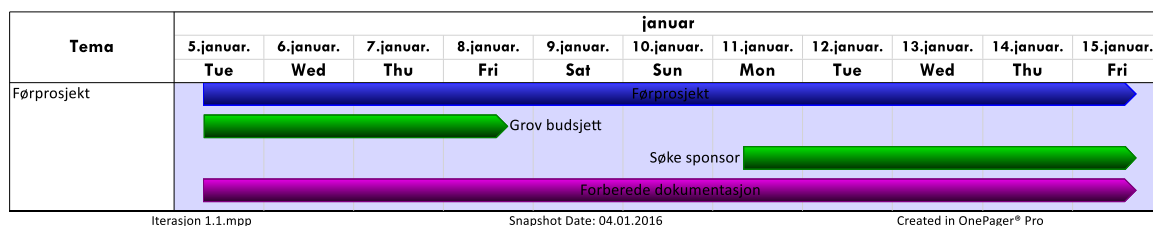


Figure 1 - Gant for Iterasjon 1.1

For å få en oversikt over fremgangen som har blitt gjort i løpet av en iterasjon vil det bli evaluert hvor langt vi har kommet på hver av aktivitetene. På figur 2 viser de gule strekene hvor stor andel av hver av aktivitetene som er ferdig.

### Iterasjon 1.1

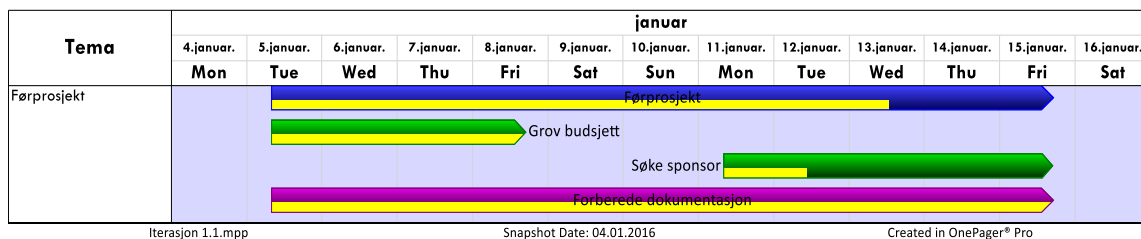


Figure 2 - Gant for Iterasjon 1.1 etter

En slik gjennomgang av iterasjonene vil gi en oversikt over ferdige aktiviteter og hvor det gjenstår arbeid.

## Iterasjonsrapport 1.1

Iterasjon 1.1 er ikke styrt av prosjektmodell. Dette var første iterasjon av førprosjektet. Her ble det satt opp grovbudsjett for ut ifra research på hvordan vi tenkte bilen kunne settes sammen. Søkte om hjelp til ca. 50 sponsorer, foreløpig positivt svar fra 1. Det er da fri tilgang til materialer som er lagerført hos Norsk Stål og 10 000 kr i form av kontantstøtte.

Ble også gjort mye research i form av prosjektstyring. Det vil da være å tilnærme seg kunnskaper om forskjellige prosjektmodeller.

### Mål

Målet for denne perioden vil være å få en avgjørelse fra HSN på om prosjektet skal tas videre eller ikke.

### Evaluering

#### Iterasjon 1.1

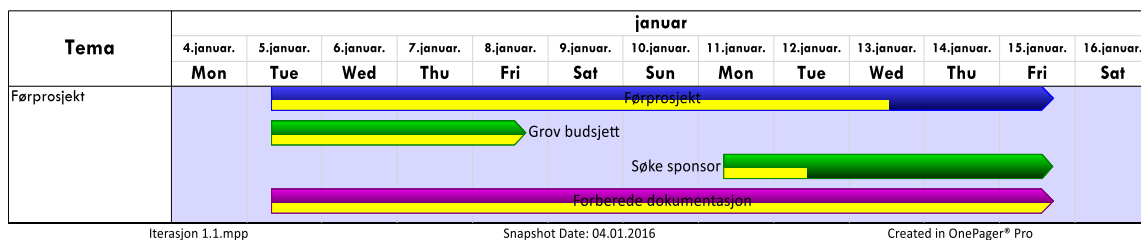


Figure 3 - Iterasjon 1.1

- Det gjenstår fortsatt en del spons som trengs til å gjennomføre prosjektet. Det vil være nødvendig å ta det videre til iterasjon 1.2. Forberedelser til dokumentasjon er ferdig og grovbudsjett er fullført.
- Fikk godkjenning av HSN til å ta prosjektet videre som en hovedoppgave.

## Iterasjonsrapport 1.2

Iterasjon 1.2 er ikke styrt av prosjektmodell. Det er den siste iterasjonen til førprosjekt. Her er fokus på å bekrefte for oss i gruppen om prosjektet burde tas videre.

### Mål

Bekreft at prosjektet skal gjennomføres. Få definert prosjektmodell og kravene til systemet.

### Gjennomføring

Kontakte mange firmaer viste seg å være fornuftig. Det er nå flere sponsorer som har meldt seg til dispensasjon. Etter flere samtaler med disse firmaene er vi som gruppe trygge på at prosjektet skal være mulig å gjennomføre, selv om det mangler litt midler til noen komponenter. Hjelpen er kommet i størst grad til produksjon av karosseri, da dette er den absolutt viktigste komponenten ser vi på det som et fornuftig valg å gå videre med prosjektet.

Hovedpunkter som har kommet på plass i dokumentene er:

#### Prosjektplan

- Prosjektmodell har blitt bestemt, beskrevet og illustrert.
- Et organisasjonskart har blitt produsert
- Oversikt over viktigste interessenter
- Opprettelse av Gant diagram for hele prosjektet og for iterasjoner.

#### Kravspesifikasjon

- Hvordan definere krav
- Liste over krav har blitt opprettet
- Kravene er blitt fordelt inn i grupper
- Kravene har blitt konkrete

## Evaluering

Vi anser det som fornuftig å gå videre med prosjektet

### Iterasjon 1.2 Evaluering

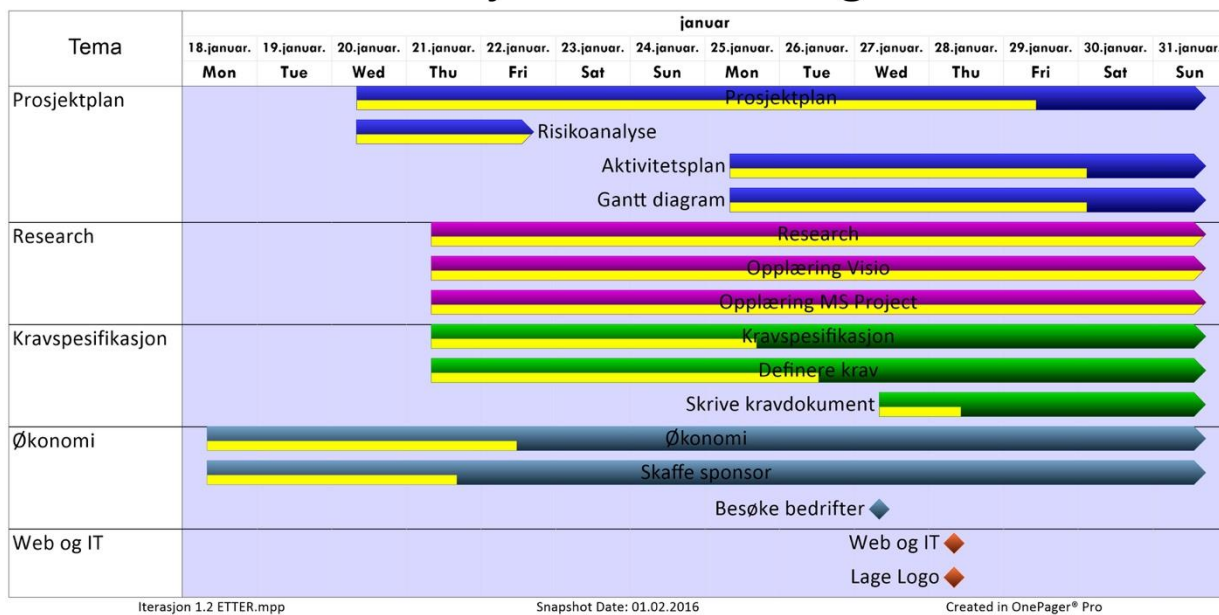


Figure 4 - Iterasjon 1.2

## Iterasjonsrapport 2.1

Iterasjon 2.1 er vår eneste planleggings iterasjon. Her vil det bli vektlegging på prosjektplan, kravspesifikasjon, testspesifikasjon og presentasjon 1.

### Mål

Ferdigstille revisjon 1 av prosjektplan, kravspesifikasjon og testspesifikasjon. Fremføre presentasjon 1.

### Gjennomføring

Iterasjonen ble todelt. Første halvdel gikk til ferdigstilling av nevnte dokumenter og andre halvdel gikk til forberedelser og gjennomføring av presentasjon 1.

- Prosjektplan rev.1 ble ferdigstilt.
- Testspesifikasjon rev.1 ble ferdigstilt
- Kravspesifikasjon rev. 1 ble ferdigstilt
- Presentasjon 1 er gjennomført.

### Evaluering

Som Ganttdiagrammet viser så hadde vi ønsket å jobbe med 3D modellering av karosseriet, det ble det ikke tid til. Det arbeidet vil bli tatt med videre til iterasjon 3.1. Arbeidet vi ønsket å gjøre på dokumentene fikk vi gjort ferdig. Etter fremføringen fikk vi høre noen endringer vi kunne med fordel gjort på kravspesifikasjonen vår, det arbeidet vil bli gjort i neste iterasjon.

Presentasjon 1 ble gjennomført bra.

Prosjektet følger planen i så stor grad at vi ønsker ikke å gjøre noen tiltak enda ved videre gjennomføring. Prosjektet fortsetter i samme kurs som det er planlagt.



## Iterasjon 2.1 Evaluering

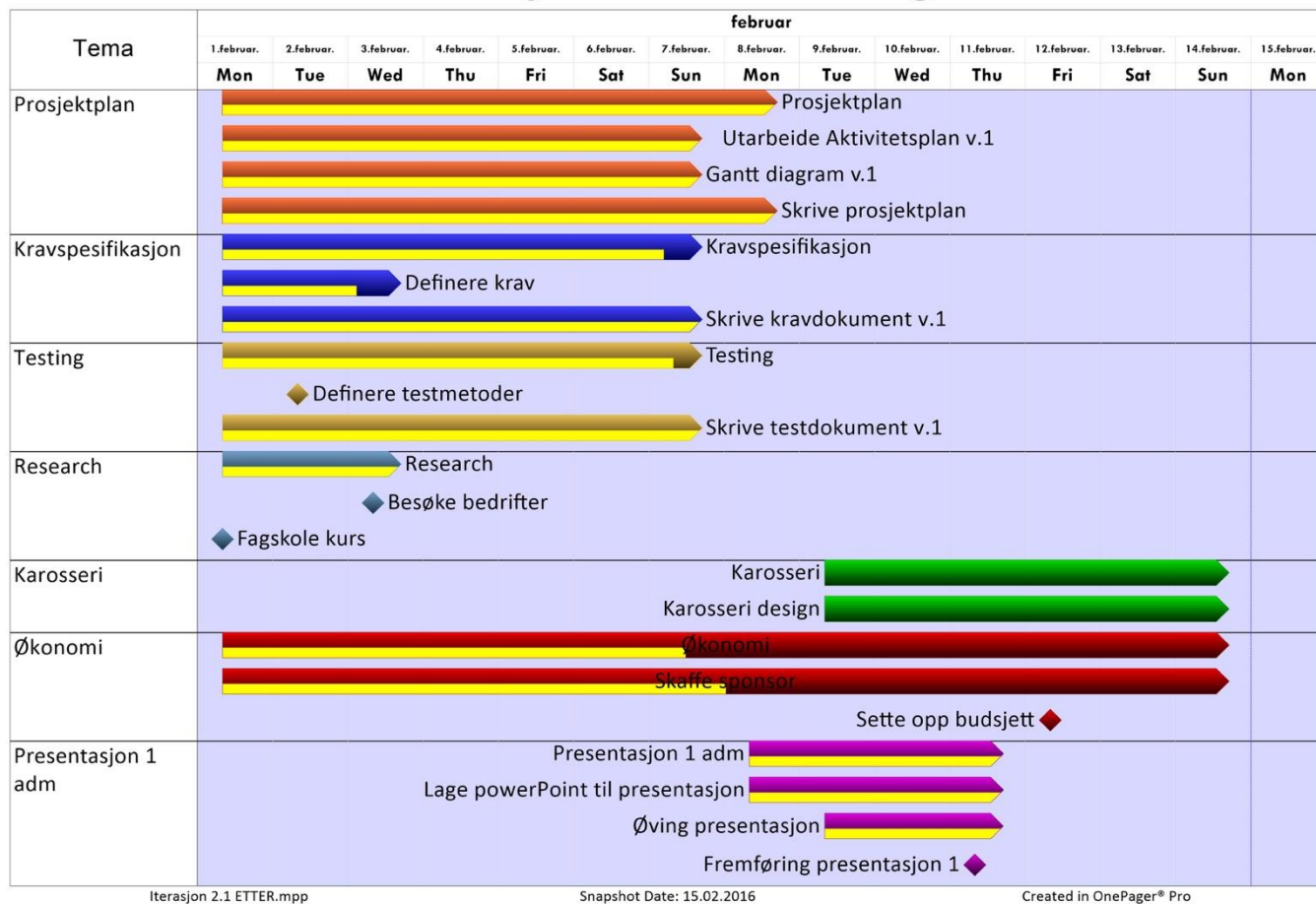


Figure 5 - Iterasjon 2.1

## Iterasjon 3.1

Iterasjon 3.1 er første iterasjon på utarbeidelse. Fokuset vil være å få på plass litt mer tekniske detaljer når det kommer til produksjon av karosseri.

### Mål

- Bestemme utformingsmetode for karosseri
- Bestemme bruk og hvordan bruke materiale til karosseri
- Ferdigstille 3D tegningen til karosseriet
- Ha klart en grovt utkast av rammen i 3D-tegning på SW

### Gjennomføring

Det ble lagt mye arbeid i tekniske dokumenter i denne iterasjonen. Materialdokumentet er kommet godt på vei (mangler rettskriving) og produksjonsdokumentet er kommet ca. 60%. Det ble også opprettet en hjemmeside. Den er fortsatt i startfasen og mangler en del jobb.

### Evaluering

Iterasjonen ble sterkt preget av at en tredjepart (Hurum Plast) fikk inn en ny kunde. Det var da dessverre lite tid til å kunne kommunisere og samarbeide med oss og vårt prosjekt. Det var lite heldig, med tanke på å kunne ferdigstille et design til karosseriet. Ferdigstilling av karosseriet vil da bli flyttet til neste iterasjon (3.2).

Det ble ikke brukt noe tid til design av ramme, da dette vil måtte gjøres etter at karosseriets design er ferdigstilt. Siden det ble utsettelse på design valgte vi å heller jobbe mer med faget som vi har gående parallelt med prosjektet (Mekatronikk)

## Iterasjon 3.1

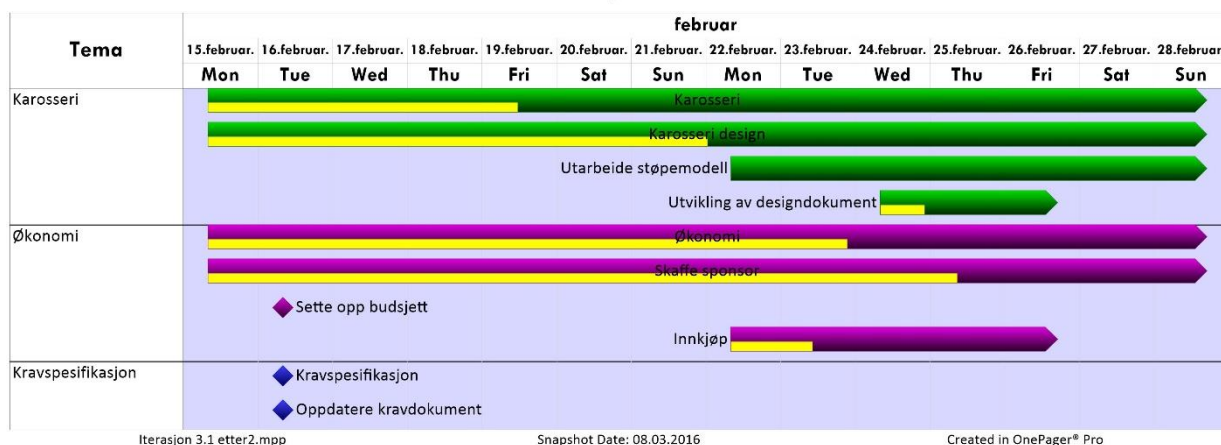


Figure 6 - Iterasjon 3.1

## Iterasjon 3.2

Iterasjon 3.2 er andre iterasjon på utarbeidelse. Fokuset vil her ligge på å få produsert formen til karosseriet. Det er planlagt et møte 4.3 med Hurum Plast det vil forhåpentligvis kunne bli bekreftet hvordan løpet blir videre. Setter opp mål for iterasjonen ut ifra at møtet bekrefter at produksjon kan begynne neste uke (Uke 10).

### Mål

- Ferdigstille design til karosseri
- Ferdigstille produksjonsdokument
- Ferdigstille materialdokument
- Frese ut form

### Gjennomføring

Vi har hatt stor teknisk fokus denne perioden. Produksjonsdokument og materialdokument til karosseriet har blitt ferdigstilt. Gjennom perioden har vi hatt tett dialog med Hurum plastindustri for endelig klargjøring før vi kan frese karosseriet. To av gruppens medlemmer var på bedriftsbesøk den 4 mars. Vårt ønske er å frese ferdig innen 23 mars. Mot slutten av iterasjonen har det vært stort fokus presentasjon 2. Dokumentasjon, PowerPoint og øving.

### Evaluering

Iterasjonen ble igjen preget av samtaler med Hurumplast og klargjøring av Step-fil til frese maskinen. Vi nærmer oss slutten, men det står fortsatt noen valg igjen. På dokumentasjonsfronten har vi ferdigstilt material og produksjonsdokument til karosseriet. Design dokument ble også laget en førsteutgave av. Dette dokumentet vil bli oppdatert videre i prosjektet. Mot slutten av iterasjonsperioden ble alt av tid brukt til presentasjon 2. Som blir presentert helt i starten av neste iterasjon.

Fresingen hos Hurum plast blir tatt med inn i neste iterasjon hvor vi håper å ferdigstille denne prosessen.

## Iterasjon 3.2

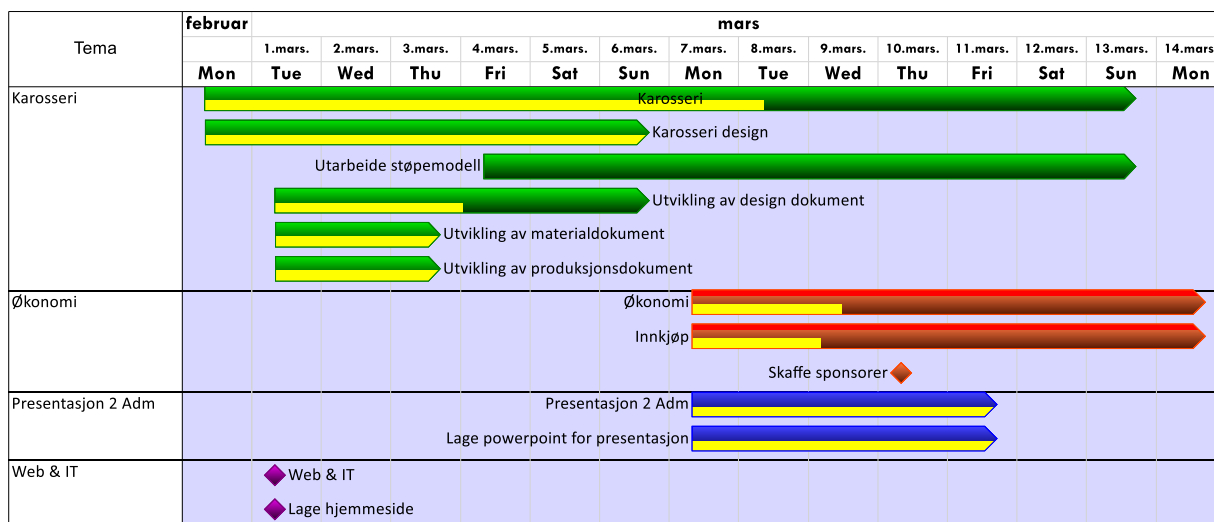


Figure 7 - Iterasjon 3.2

## Iterasjon 3.3

Iterasjon 3.3 er den siste iterasjonen i utarbeidelse. Vi vil ha fokus på karosseriet og først og fremst ferdigstille støpeformen. Fresing hos Hurum Plastindustri vil stå sentralt. Iterasjon 3.3 sammenfaller også med påske. Det betyr at eksterne bedrifter ikke vil være tilgjengelig i stor deler av iterasjonen. Gruppen har bestemt at de også tar påskeferie fra 23.03 til 28.03. Tre av prosjektets medlemmer har også en eksamen i mekatronikk som vil ta noe tid.

### Mål:

- Ferdigstille støpeform
- Klargjøre for testing av prøvestaver
- Starte dokumentasjon rundt testing.

### Gjennomføring

Iterasjonsperioden ble en utfordrende periode. Påske, eksamenslesing og mange samtaler med Hurum Plastindustri tok mye av tiden. Tre av prosjektets medlemmer måtte prioritere eksamenslesing frem til eksamen 6 april. I mellom lesingen hadde vi samtaler med Hurum Plastindustri og vi var nøtt til å lime den første isoporklossen det skulle freses i. Dokumentasjon rundt strekkprøving ble også påstartet under perioden. Alle gruppens medlemmer tok påskeferie fra 23.03.

### Evaluering

Faget som har gått ved siden av hovedoppgaven har blitt sterkt nedprioritert sammenlignet med bacheloroppgaven. Dermed var flere av gruppens medlemmer nøtt til å starte eksamenslesing tidligere enn det som var planlagt.

Frese den type form som vi trenger har vært nytt og utfordrende for Hurum Plastindustri. Det har gjort at det har blitt mange samtaler og flere besøk for å sikre at sluttproduktet blir som vi ønsker. Planen var i utgangspunktet å frese i løpet av de tre første dagene i påskeuka. Det har dessverre ikke vært mulig å få til.

## Iterasjon 3.3

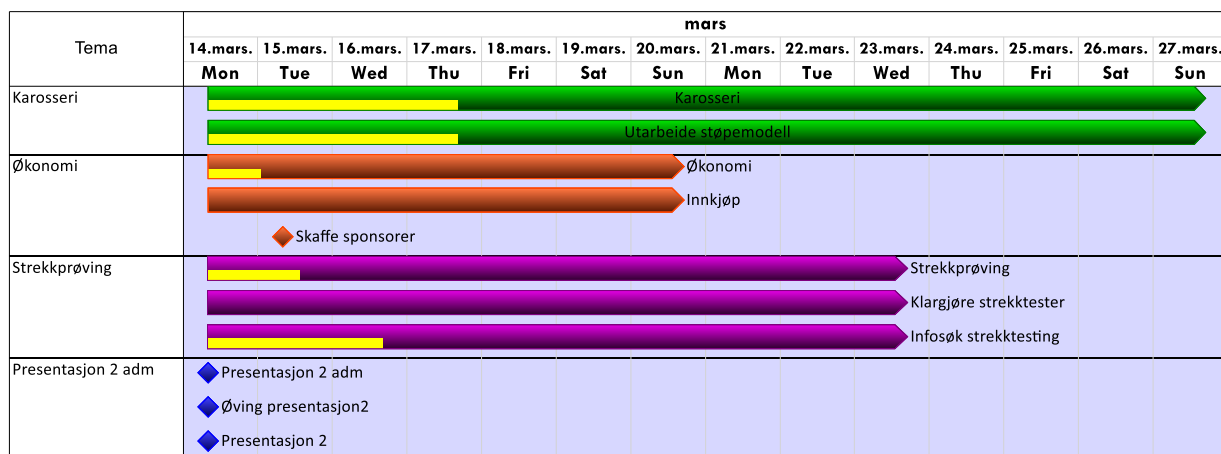


Figure 8 - Iterasjon 3.3

## Iterasjon 4.1

Iterasjon 4.1 er den første iterasjonen som går under kategorien sammenstilling. Vi har fortsatt ikke kommet dit vi ønsker på utarbeidelse og har mye arbeid igjen her. Iterasjon 4.1 går mye av tiden med til eksamenslesing for tre av gruppens medlemmer. Fresing hos Hurum Plastindustri er på nytt planlagt under denne perioden. Dokumentasjon og planlegging av strekkprøving blir også en viktig del av perioden.

### Mål:

- Ferdig frest støpeform
- Ferdig med planlegging av strekkprøver

### Gjennomføring

Som antatt ble mye av perioden brukt til eksamenslesing. Innimellom lesingen fikk vi tid til å snakke med, klargjøre og transportere det vi trengte til Hurum Plastindustri for å frese støpeformen. Det resulterte i ferdige freste former. I tillegg til de store formene fikk vi også frest ut et miniatyr karosseri som vi kan bruke for å prøve og feile med støpning av karbonfiber.

Planleggingen av strekkprøvetesingen har også kommet et gått stykke på vei.

### Evaluering

Perioden ble forutsigbar med tanke på at mye av perioden måtte gå med til lesing av eksamen. Samtidig er vi veldig fornøyd med å endelig å klart å frese ut formene etter mye frem og tilbake. Resultatet ble veldig bra. Samtidig er det en del pusse og sparkel jobb før vi kan begynne å tenke på støpning av karbonfiber. Vi er også klare til strekkprøving så fort prøvene er laget klare til strekking.

## Iterasjon 4.1

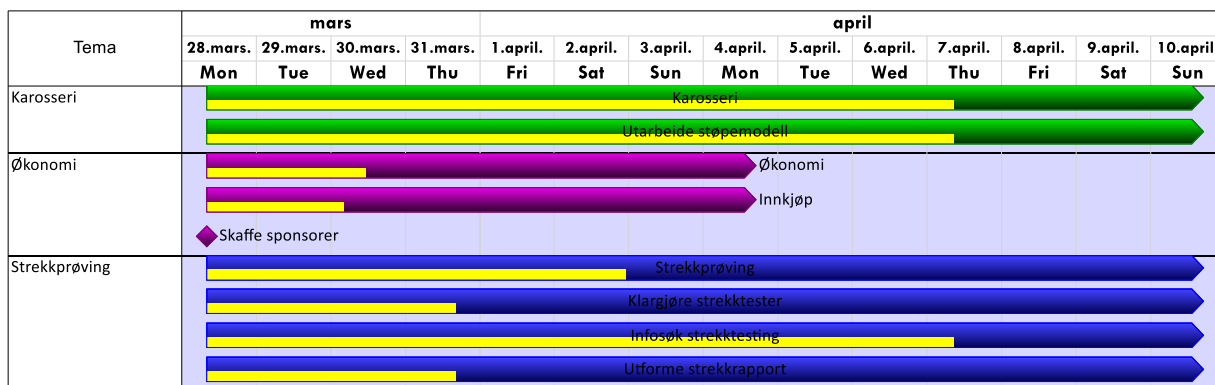


Figure 9 - Iterasjon 4.1

## Iterasjon 4.2

Alle gruppens medlemmer kan nå ha fullt fokus på hovedoppgaven etter endt eksamensperiode. Vi må virkelig gire opp skal vi komme i mål. Perioden vil ha fokus på karosseri. Få støpeformen 100 prosent ferdig. Pushing, sparkling og lakking gjenstår. Når det er klart begynner vi å støpe karosseriet. Vi håper å rekke så mye som mulig gjennom denne iterasjonen og er forberedt på mye og lange arbeidsdager. Strekkprøver vil også bli laget under denne perioden.

### Mål:

- Ferdigstille støpeform
- Starte støpning av karbonfiber
- Gjøre strekkprøving.

### Gjennomføring

Det ble brukt mer tid på de små modellene enn vi hadde planlagt. Det viste seg å være et utrolig godt valg da det avduket en del overraskelser. Avslørte at de tenkte materialene vi ønsket å bruke fungerte ikke sammen. Noe som gjorde skader på formene. Vi fikk fikset formene og gjennomførte støpning av karbonfiber i vakuumbag. Dette var vellykket støpning. Det kom tydelig frem hvilke områder som var vanskelige å få strøkne. Strekkprøver ble også støpt.

### Evaluering

Å bruke tiden vi gjorde på å få testet fremgangsmetoden av ferdigstilling av former og støp kan vise seg å være det som reddet prosjektet vårt. Det var kjedelig at materialene reagerte med hverandre i formen og vi måtte bruke noen ekstra dager på å redde formene. Til gjengjeld så slapp vi å bruke flere uker på å fikse de store formene.

Siden det ble brukt lengre tid på de små formene vil ferdigstilling av de store formene bli forskjøvet til neste iterasjon.

## Iterasjon 4.2

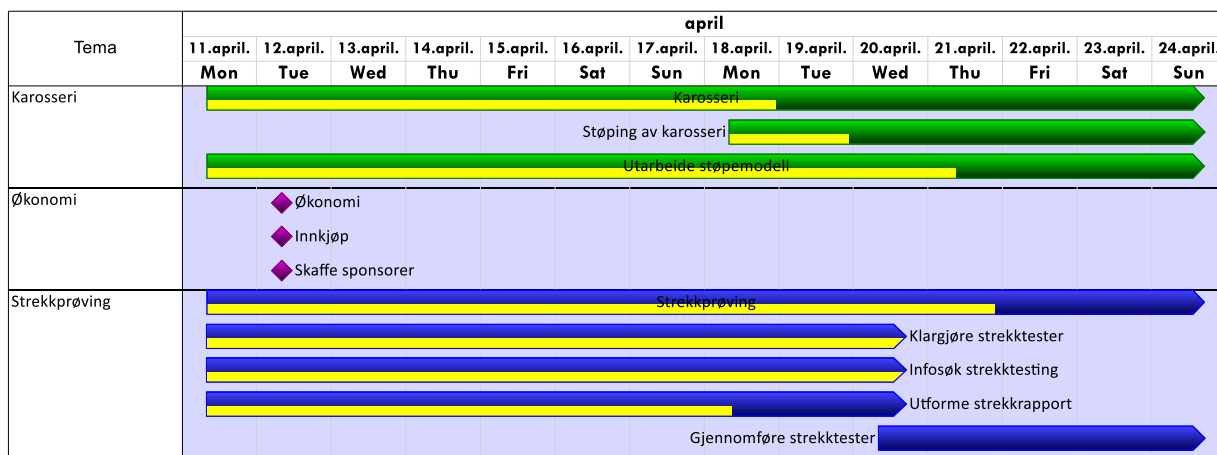


Figure 10 - Iterasjon 4.2



## Iterasjon 4.3

En av gruppens medlemmer skal opereres og blir lite behjelpelig på det praktiske. Vi har derfor bestemt oss for å utsette støpning av det karosseriet inntil videre. Støpeformene til karosseriet skal ferdigstilles og ellers så skal mye tid brukes på å få på plass dokumenter og modellering av ramme.

### Mål

- Ferdigstille støpeformer
- Oppdatere prosjektet
- 1. revisjon av gjennomføringsdokument.
- Legge opp en ny teststrategi

### Gjennomføring

2 personer jobbet nesten hele iterasjonen med støpeformene for å få de klare. Ved siden av det så ble dokumenter skrevet og en ramme til bilen har blitt modellert. Siden formene ble ferdige valgte vi å støpe karosseriet selv med en mann mindre. Det ble gjort i helgen for å unngå å okkupere hele kompositt labben.

### Evaluering

Det har blitt brukt mange timer for å få støpt et karosseri. Det var en stor lettelse å se at støpene kom ut vellykket. Etter å ha sett resultatet av støpen viser det seg at det var verdt å bruke all den tiden på støpeformene.

## Iterasjon 4.3

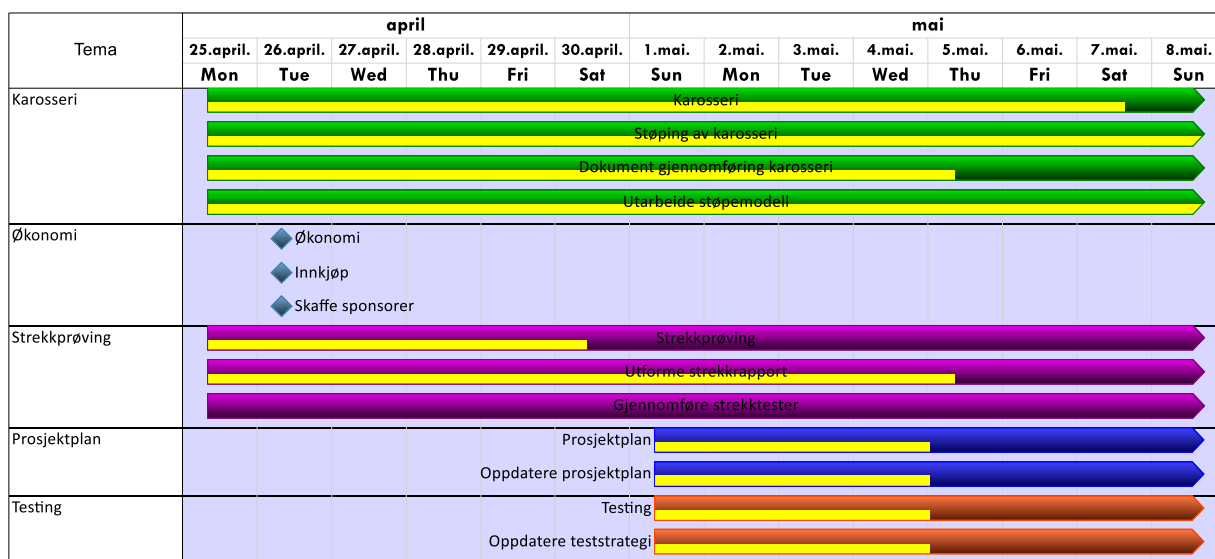


Figure 11 - Iterasjon 4.3

## Iterasjon 5.1

Den siste iterasjonen før alt av dokumentasjon skal leveres inn. Her vil fokus være på å få ferdigstilt alle dokumenter vi ønsker å sende inn. Det er ønskelig at dette ikke tar hele iterasjonen, da vi ønsker å fortsette videre på produksjon av produktet.

### Mål

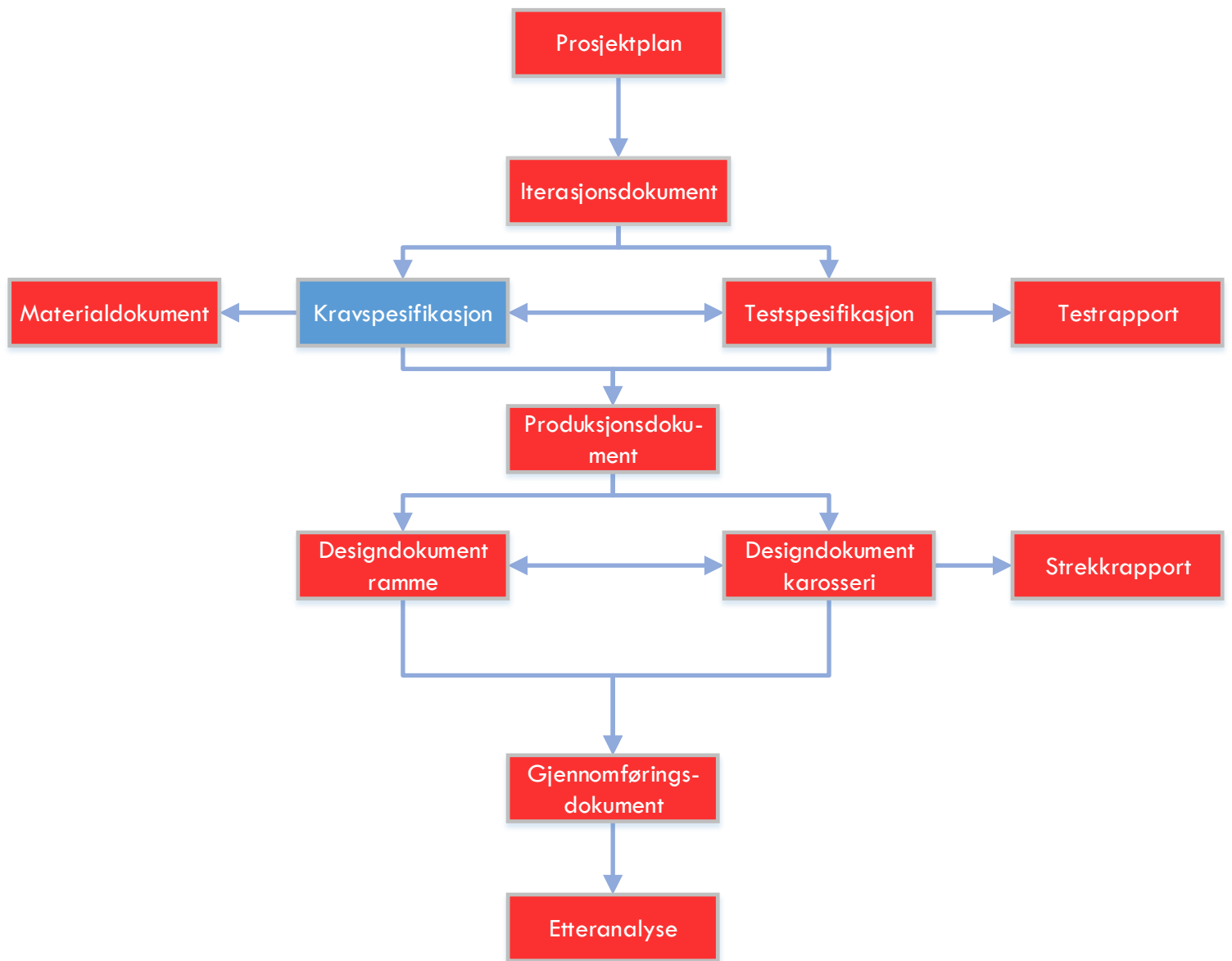
- Ferdigstille dokumenter til innlevering
- Levere dokumenter

### Gjennomføring

Iterasjonen har blitt brukt til ferdigskrivning og klargjøring av dokumenter til siste innlevering. Feiring av 17.mai ble det satt av tid til. Alt var ferdig og klar til levering 20.mai. Tiden videre blir brukt til å sammenstille karosseri.

### Evaluering

Selv om det var helligdager og siste innsjutt på dokumenter var det en ro over gruppen, vi hadde kontroll på det som skulle gjøres. Det å kunne levere inn en slik mengde med dokumenter flere dager før fristen tyder på god prosjekthåndtering og gjennomføring. Vi er svært fornøyd med arbeidet vi leverer og ser nå frem til mye lange dager med praktisk arbeid og forberedelser til presentasjon 3.





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Kravspesifikasjon

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
3.0	23.05.2016	TH	KS	43

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## Sammendrag

Kravspesifikasjonen er et informativt dokument som inneholder alle relevante krav til systemet. Dokumentets hensikt er å beskrive hva interessentene ønsker av systemet.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
1.0	08.02.2016	KS	Opprettelse av dokument
1.1	11.02.2016	TK	Endret ordlyden på flere krav Fjernet krav: K-SYS-SP-01-A K-SYS-SP-03-A
1.2	26.02.2016	TK	Endret krav: K-SYS-SP-01-B K-SYS-SP-01-C K-SYS-MA-01-A K-KAR-MA-02-B  K-DRI-FU-01-A erstattet med K-DRI-FU-01-B
1.3	04.03.2016	TK	La til krav: K-KAR-DE-14-A
2.0	09.03.2016		Oppdaterte dokument for presentasjon 2
2.1	02.05.2016		Gjennomgått dokument. Endret krav: K-RAM-DE-03-A
3.0	19.05.2016		Ferdigstilling

## Innhold

Sammendrag .....	2
1. Innledning .....	7
1.1 Bakgrunn for oppgaven .....	7
1.2 Dokumentets hensikt .....	7
1.3 Begrensninger .....	7
2. Kravkategorier .....	8
3. Hvordan lese kravene .....	9
3.1 Prioritet .....	9
3.2 Identifikasjons ID .....	9
3.3 Kryssreferanser .....	10
3.4 Kravoppsett .....	10
4. Kravendringer og oppdateringer .....	11
5. Standardforhold .....	12
6. Krav .....	13
6.1 System .....	13
6.2 Karosseri .....	27
6.3 Ramme .....	33
6.4 Drivlinje .....	37
6.5 Sikkerhet .....	41

## Liste over figurer

Figur 1 – KravID# .....	9
-------------------------	---

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk.....	3
Tabell 2 – Prioriteringer .....	9
Tabell 3 – Mal for krav .....	10
Tabell 4 - K-SYS-SP-01-A.....	13
Tabell 5 - K-SYS-SP-01-B.....	13
Tabell 6 - K-SYS-SP-01-C.....	13
Tabell 7 - K-SYS-SP-02-A.....	14
Tabell 8 - K-SYS-SP-02-B.....	14
Tabell 9 - K-SYS-SP-03-A.....	14
Tabell 10 - K-SYS-SP-03-B.....	15
Tabell 11 - K-SYS-SP-03-C .....	15
Tabell 12 - K-SYS-SP-04-C .....	15
Tabell 13 - K-SYS-SP-05-A .....	16
Tabell 14 - K-SYS-SP-06-A .....	16
Tabell 15 - K-SYS-SP-07-A .....	16
Tabell 16 - K-SYS-SP-07-B.....	17
Tabell 17 - K-SYS-SP-07-C .....	17
Tabell 18 - K-SYS-SP-08-A .....	17
Tabell 19 - K-SYS-SP-08-B.....	18
Tabell 20 - K-SYS-SP-08-C .....	18
Tabell 21 - K-SYS-SP-09-A .....	18
Tabell 22 - K-SYS-SP-09-B.....	19
Tabell 23 - K-SYS-SP-09-C .....	19
Tabell 24 - K-SYS-SP-10-A .....	19
Tabell 25 - K-SYS-MA-01-A.....	20
Tabell 26 - K-SYS-MA-02-A.....	20
Tabell 27 - K-SYS-ST-01-A.....	20
Tabell 28 - K-SYS-ST-01-B.....	21
Tabell 29 - K-SYS-ST-02-A.....	21
Tabell 30 - K-SYS-ST-02-B.....	21
Tabell 31 - K-SYS-ST-03-A.....	22
Tabell 32 - K-SYS-ST-03-B.....	22
Tabell 33 - K-SYS-ST-04-A.....	22
Tabell 34 - K-SYS-ST-05-A.....	23
Tabell 35 - K-SYS-ST-06-B.....	23
Tabell 36 - K-SYS-ST-07-A.....	23
Tabell 37 - K-SYS-EL-01-A .....	24
Tabell 38 - K-SYS-EL-02-A .....	24
Tabell 39 - K-SYS-EL-03-C.....	24
Tabell 40 - K-SYS-EL-04-C.....	25
Tabell 41 - K-SYS-EL-05-B.....	25
Tabell 42 - K-SYS-EL-06-B.....	25
Tabell 43 - K-SYS-EL-07-C.....	26
Tabell 44 - K-KAR-MA-01-A.....	27
Tabell 45 - K-KAR-MA-02-B.....	27
Tabell 46 - K-KAR-MA-03-A.....	27
Tabell 47 - K-KAR-DE-01-A.....	28
Tabell 48 - K-KAR-DE-02-B.....	28



Tabell 49 - K-KAR-DE-03-A.....	28
Tabell 50 - K-KAR-DE-04-A.....	29
Tabell 51 - K-KAR-DE-05-A.....	29
Tabell 52 - K-KAR-DE-06-A.....	29
Tabell 53 - K-KAR-DE-07-A.....	30
Tabell 54 - K-KAR-DE-08-A.....	30
Tabell 55 - K-KAR-DE-09-A.....	30
Tabell 56 - K-KAR-DE-10-A.....	31
Tabell 57 - K-KAR-DE-11-B.....	31
Tabell 58 - K-KAR-DE-12-A.....	31
Tabell 59 - K-KAR-DE-13-A.....	32
Tabell 60 - K-KAR-DE-14-A.....	32
Tabell 61 - K-RAM-MA-01-A.....	33
Tabell 62 - K-RAM-MA-02-A.....	33
Tabell 63 - K-RAM-MA-03-C.....	33
Tabell 64 - K-RAM-DE-01-A.....	34
Tabell 65 - K-RAM-DE-02-A.....	34
Tabell 66 - K-RAM-DE-03-A.....	34
Tabell 67 - K-RAM-TE-01-A.....	35
Tabell 68 - K-RAM-TE-01-B.....	35
Tabell 69 - K-RAM-TE-02-A.....	35
Tabell 70 - K-RAM-TE-02-B.....	36
Tabell 71 - K-RAM-TE-02-C.....	36
Tabell 72 - K-DRI-FU-01-B.....	37
Tabell 73 - K-DRI-FU-02-B.....	37
Tabell 74 - K-DRI-FU-03-A.....	37
Tabell 75 - K-DRI-FU-04-B.....	38
Tabell 76 - K-DRI-FU-05-B.....	38
Tabell 77 - K-DRI-FU-06-A.....	38
Tabell 78 - K-DRI-FU-07-B.....	39
Tabell 79 - K-DRI-FU-08-A.....	39
Tabell 80 - K-DRI-FU-09-A.....	39
Tabell 81 - K-DRI-FU-10-B.....	40
Tabell 82 - K-DRI-FU-11-A.....	40
Tabell 83 - K-SIK-SY-01-A.....	41
Tabell 84 - K-SIK-SY-01-B.....	41
Tabell 85 - K-SIK-SY-01-C.....	41
Tabell 86 - K-SIK-SY-02-A.....	42
Tabell 87 - K-SIK-SY-03-A.....	42
Tabell 88 - K-SIK-SY-04-A.....	42
Tabell 89 - K-SIK-SY-05-A.....	43
Tabell 90 - K-SIK-SY-06-A.....	43

## 1. Innledning

### 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Denne oppgaven blir gjort i forbindelse med hovedoppgave/ Bachelor Thesis for ingeniørlinjen på HSN, 2016. Oppgaven er gitt av HSN avdeling Kongsberg, i samarbeid med Fagskolen Tinius Olsen.

HSN har i lengere tid fokusert på komposittmaterialer i sine undervisningsplaner. I de senere årene har ønsket om økt satsing på kompositt kommet frem, grunnet økt interessen blant Kongsbergindustrien og etablering av ny komposittfabrikk på arsenalet. I forbindelse med flytting av HSNs lokaler, til en lokasjon nærmere næringsparken, blir det ferdigstilt en dedikert komposittlabb på det nye bygget.

Med tanke på videre rekruttering av studenter på skolen, ønskes det at gruppen realiserer en fungerende bil, basert på utarbeidede tekniske 3-D tegninger av en 60-talls Ferrari. Bilen skal til dels lages av kompositt. Prosjektet skal vise HSN- studenters teoretiske og tekniske ferdigheter, og skal bidra til å gjøre høgsolen mer lukrativ blant potensielle studenter.

HSN ønsker å bruke systemet til videreutvikling via fremtidige hovedoppgaver på høgsolen. Det er også ment som en resurs i forbindelse med undervisning og prosjektarbeid tilknyttet fagskolen.

### 1.2 Dokumentets hensikt

Prosjektet vil styres av kravene som er satt opp i kravspesifikasjonen. Kravene gir prosjektet rammer og betingelser. Dokumentet vil inneholde kravene som har blitt spesifisert via enighet mellom gruppen og kunden (HSN). Hyppige samtaler mellom partene og bruk av «use case-diagrammer», sørger for at systemet blir veldefinert. Gjennom partenes felles forståelse av de oppsatte kravene, gis det konsensus om at prosjektet går i riktig retning.

### 1.3 Begrensninger

Gruppen har blitt utfordret av HSN til å produsere en bil i løpet av våren 2015. Da dette er et veldig stramt tidsskjema, vil det være nødvendig å prioritere fokusområder. Bilens bruksområder vil være den dominerende faktoren for prioriteringen. På bakgrunn av dette vil fokuset først og fremst være rettet mot designoptimalisering og materialvalg. Kravspesifikasjonene vil reflektere dette.

## 2. Kravkategorier

Krav tilhører ulike kategorier, avhengig av hvilken del av systemet kravet spesifiserer. For å lettere kunne identifisere inndelingene vil hver kategori ha en forkortelse brukt i kravnummerering. Disse forkortelsene står i parentes () etter forklaringen.

Kravene deles inn i følgende undergrupper og sub-kategorier:

### System (SYS)

- Specs (SP)
- Materiale (MA)
- Styring (ST)
- Elektrisk (EL)

### Karosseri (KAR)

- Material (MA)
- Design (DE)
- Teknisk (TE)

### Ramme (RAM)

- Material (MA)
- Design (DE)
- Teknisk (TE)

### Sikkerhet (SIK)

- System (SY)
- Bruker (BR)

### Drivlinje (DRL)

- Funksjoner (FU)
- Motor (MO)
- Komponenter (KO)

### 3. Hvordan lese kravene

#### 3.1 Prioritet

Kravene vil bli inndelt i følgende prioritetsnivåer; A, B og C.

Tabell 2 – Prioriteringer

Kravprioritet	Informasjon
<b>A – Skal</b>	<u>Skal</u> implementeres i systemet
<b>B – Bør</b>	<u>Bør</u> implementeres i systemet
<b>C – Kan</b>	<u>Kan</u> implementeres, hvis det er tid til det

#### 3.2 Identifikasjons ID

Alle krav vil ha en unik kode/ identitet (ID#). Dette for å sikre sporbarhet til testspesifikasjon og for å sørge for at krav kan enkelt identifiseres. Blir krav endret/ fjernet vil de påfølgende krav IKKE bruke det fjernede kravets ID#. Nye krav tildeles en ny, unik kode.

Vi vil referere til ID# ved senere henvisninger til spesifikke krav (Testspesifikasjon).

Krav-ID leses som vist:

<u>Krav</u>		<u>Kategori</u>		<u>Underkategori</u>		<u>KravNr.</u>		<u>Prioritet</u>
K		-		X		XX		X

Figur 1 – KravID#

### 3.3 Kryssreferanser

For å sikre sporbarhet mellom krav, interessentdokument og testdokumentasjon, vil følgende informasjon opplyses:

- **Test-ID:** For å enkelt kunne relatere hvilke tester som bidrar til å verifisere det oppgitte kravet.
- **Interessent:** For å informere hvilken interessent kravet imøtekommer. Gir en bakgrunn til hvorfor kravet ble fremsatt. Gir kobling til interessentdokumentet.
- **Kravtype:** Informerer om kravet er funksjonell eller ikke funksjonell. Med andre ord, er kravet en funksjon eller en begrensning av systemet.

### 3.4 Kravoppsett

Illustrasjon av hvordan et krav skal settes opp:

Tabell 3 – Mal for krav

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
Unik krav-ID#	Kravets prioritet	Kravets opphav	Dato fremsatt
<b>Beskrivelse:</b> Konkret, entydig og testbar beskrivelse av kravet			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	Korresponderende test-ID# (kan være flere)		
Interessent:	Hvilken interessent som kravet imøtekommer		
Kravtype:	Om kravet er funksjonelt eller ikke funksjonelt		

## 4. Kravendringer og oppdateringer

I løpet av prosjektets livstid vil nye krav avdekkes, samtidig vil andre krav endres eller utgå fullstendig. Håndteringen av kravoppdatering er meget viktig for prosjektets gjennomførelse.

Merk:

- Krav – ID# skrevet i svart betegner aktive krav.
- Krav – ID# skrevet i rødt betegner utgåtte krav.

Utgåtte krav vil, i første omgang, ikke fjernes fra kravspesifikasjonen. En komplett liste over kravendringshistorien legges ved som et eget kapittel, slik at alle parter er innforstått med den nåværende kravspesifikasjonen. Kravspesifikasjonen vil bli oppdatert ved hver iterasjonssyklus.

## 5. Standardforhold

Noen krav beskrives ved spesifikke standardforhold.

### Standard veiforhold

- Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9 [1]
- $0^\circ$  (+-  $2^\circ$ ) rett, horisontal vei (med mindre annet er spesifisert)

### Standard lastforhold

- Full bensintank (10 kg)
- Fører (75 kg)

Alle standardkomponenter montert på system

## 6. Krav

### 6.1 System

Tabell 4 - K-SYS-SP-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets topphastighet skal overstige 10km/t, rett frem ved standard veiforhold*			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-01-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei

Tabell 5 - K-SYS-SP-01-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-01-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets topphastighet skal overstige 15km/t, rett frem ved standard veiforhold*			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-01-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei

Tabell 6 - K-SYS-SP-01-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-01-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets topphastighet skal overstige 30 km/t, rett frem ved standard veiforhold*			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-01-C		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei



Tabell 7 - K-SYS-SP-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-02-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets maksimale bremselengde fra topphastighet til full stopp skal ikke overstige 30m ved standard veiforhold.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-02-A		
Interessent:	Bruker, HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei

Tabell 8 - K-SYS-SP-02-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-02-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets maksimale bremselengde fra topphastighet til full stopp skal ikke overstige 20m i standard veiforhold.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-02-B		
Interessent:	Bruker, HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei

Tabell 9 - K-SYS-SP-03-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-03-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ved egen drivkraft kunne akselerere fra full stopp til 15 km/t på 10 sek, tilsvarende en akselerasjon på 0,42 m/s <sup>2</sup> .			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-03-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 10 - K-SYS-SP-03-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-03-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ved egen drivkraft kunne akselerere fra full stopp til 15 km/t på 7 sek, tilsvarende en akselerasjon på 0,6 m/s <sup>2</sup> .			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-03-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 11 - K-SYS-SP-03-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-03-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ved egen drivkraft akselerere fra 0 km/t opp til 15 km/t på 4 sek, tilsvarende en akselerasjon på 1,0 m/s <sup>2</sup> .			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-03-C		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 12 - K-SYS-SP-04-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-04-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal bli drevet av kun elektrisk drivkraft.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-04-C		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 13 - K-SYS-SP-05-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-05-A	A	F1C	29.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets energisystem skal kunne etterfylles/lades uten avmontering av karosseri.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-05-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 14 - K-SYS-SP-06-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-06-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> System med maksimal tankforsyning skal kunne tømmes for drivstoff på under 20 min.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-06-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 15 - K-SYS-SP-07-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-07-A	A	HSN	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets total lengde skal ikke overstige 3,5 meter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-07-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 16 - K-SYS-SP-07-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-07-B	B	HSN	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totallengde skal ikke overstige 3,0 meter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-07-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 17 - K-SYS-SP-07-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-07-C	C	HSN	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totallengde skal være under 2,8 meter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-07-C		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 18 - K-SYS-SP-08-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-08-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totalbredde skal ikke overstige 2 meter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-08-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 19 - K-SYS-SP-08-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-08-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totallbredde skal ikke overstige 1,5 meter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-08-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 20 - K-SYS-SP-08-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-08-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totallbredde skal være under 1,2 meter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-08-C		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 21 - K-SYS-SP-09-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-09-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totalvekt skal ikke overstige 250 kg.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-09-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 22 - K-SYS-SP-09-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-09-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totalvekt skal ikke overstige 200 kg.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-09-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 23 - K-SYS-SP-09-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-09-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets totalvekt skal ikke overstige 100 kg.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-09-C		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 24 - K-SYS-SP-10-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-SP-10-A	A	HSN	18.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha et modulært design.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-SP-10-A		
Interessent:	Vedlikehold, etterfølgende prosjektgrupper		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 25 - K-SYS-MA-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-MA-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Stål og aluminium skal ikke være i kontakt med hverandre for å unngå galvanisk korrosjon.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-MA-01-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 26 - K-SYS-MA-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-MA-02-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Alle bolter i systemet skal være av ISO standard.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-MA-02-A		
Interessent:	Vedlikehold		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 27 - K-SYS-ST-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets minimale svingradius skal ikke overstige 10 m, mot høyre			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-01-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 28 - K-SYS-ST-01-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-01-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets minimale svingradius skal ikke overstige 6 m, mot høyre			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-01-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 29 - K-SYS-ST-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-02-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets minimale svingradius skal ikke overstige 10 m, mot venstre			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-02-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 30 - K-SYS-ST-02-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-02-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets minimale svingradius skal ikke overstige 6 m, mot venstre			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-02-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		



Tabell 31 - K-SYS-ST-03-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-03-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha ratt som styringsform.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-03-A		
Interessent:	Bruker, HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 32 - K-SYS-ST-03-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-03-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha justerbart ratt som styringsform			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-03-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 33 - K-SYS-ST-04-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-04-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets ratt skal være avtakbart.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-04-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 34 - K-SYS-ST-05-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-05-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets hjul skal ikke kunne kollidere med andre komponenter i systemet.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-05-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 35 - K-SYS-ST-06-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-06-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha selvoppretning av hjul når hastighet overskrider 10 km/t.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-06-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 36 - K-SYS-ST-07-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-ST-07-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Fremre hjulaksel skal utsettes for en vektfordeling mellom 20-50 % av systemets totalvekt, ved standard veiforhold* og standard lastforhold**.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-ST-07-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei

\*\* ) **Standard lastforhold** Full bensintank (10 kg). Fører (75 kg). Alle standardkomponenter montert på system

Tabell 37 - K-SYS-EL-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-EL-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets elektriske system skal kunne kobles på.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-EL-01-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 38 - K-SYS-EL-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-EL-02-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets elektriske system skal kunne kobles av.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-EL-02-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 39 - K-SYS-EL-03-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-EL-03-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha bremselys på systemets bakpart.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-EL-03-C		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 40 - K-SYS-EL-04-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-EL-04-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha lys i dashbordet.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-EL-04-C		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 41 - K-SYS-EL-05-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-EL-05-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha en integrert batteriindikator.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-EL-05-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 42 - K-SYS-EL-06-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-EL-06-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha integrert turteller.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-EL-06-B		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 43 - K-SYS-EL-07-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SYS-EL-07-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha integrert drivstoffmåler.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SYS-EL-07-C		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

## 6.2 Karosseri

Tabell 44 - K-KAR-MA-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-MA-01-A	A	HSN	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal være produsert i et komposittmateriale			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-MA-01-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 45 - K-KAR-MA-02-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-MA-02-B	B	HSN	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal produseres i et karbonfiberforsterket komposittmateriale (CFRP)			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-MA-02-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 46 - K-KAR-MA-03-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-MA-03-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal ha en levetid på over 10 år.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-MA-03-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 47 - K-KAR-DE-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal ha maksimalt 10 festepunkter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-01-A		
Interessent:	Vedlikehold		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 48 - K-KAR-DE-02-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-02-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal ha horisontalt monterte festepunkter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-02-B		
Interessent:	Vedlikehold		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 49 - K-KAR-DE-03-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-03-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal kunne stå egenhendig på flat mark uten at det oppstår varige deformasjoner			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-03-A		
Interessent:	Vedlikehold		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 50 - K-KAR-DE-04-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-04-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal ha minimum fire forsterkede løftepunkter for av/på løfting.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-04-A		
Interessent:	Vedlikehold		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 51 - K-KAR-DE-05-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-05-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Alle løftepunkter skal være lengre enn 15 cm			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-05-A		
Interessent:	Vedlikehold		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 52 - K-KAR-DE-06-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-06-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Alle løftepunkter skal tåle minimum 80 % av karosseriets totalvekt.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-06-A		
Interessent:	Vedlikehold		
Kravtype:	Ikke funksjonell		



Tabell 53 - K-KAR-DE-07-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-07-A	A	Fagskolen	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Alle flater i karosseriet skal ha en slippvinkel på minimum 2°.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-07-A		
Interessent:	F1C		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 54 - K-KAR-DE-08-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-08-A	A	Fagskolen	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Alle kjerver i karosseriet skal overstige en radius lik 3 mm.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-08-A		
Interessent:	F1C		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 55 - K-KAR-DE-09-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-09-A	A	F1C	29.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Karosseriets utvendige side skal minimum ha 0,5 m <sup>2</sup> tilgjengelig overflate for sponsorlogoer.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-09-A		
Interessent:	Sponsor, HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 56 - K-KAR-DE-10-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-10-A	A	HSN	25.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets karosseri skal ha minimum 700 cm <sup>2</sup> tilgjengelig plass i cockpit til dashbord.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-10-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 57 - K-KAR-DE-11-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-11-B	B	HSN	25.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets dashbord skal produseres i karbonfiber.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-11-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 58 - K-KAR-DE-12-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-12-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Førerhusets totalbredde skal overstige 70 cm.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-12-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 59 - K-KAR-DE-13-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-13-A	A	F1C	03.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Lengden fra sete til pedaler, målt fra setets bakdel, skal ikke være mindre enn 115 cm.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-13-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 60 – K-KAR-DE-14-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-KAR-DE-14-A	A	Hurum plast	04.03.2016
<b>Beskrivelse:</b> Karosseriet skal designes slik at en CNC-fres skal kunne frese ut en støpeform med vertikalt ikke justerbart frese-holde			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-KAR-DE-14-A		
Interessent:	Produsent		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

### 6.3 Ramme

Tabell 61 - K-RAM-MA-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-MA-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammens material skal kunne sammenføres ved sveising eller liming.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-MA-01-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 62 - K-RAM-MA-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-MA-02-A	A	F1C	29.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Materialer i metall skal kunne hentes fra Norsk Ståls produktsortiment.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-MA-02-A		
Interessent:	Sponsor		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 63 - K-RAM-MA-03-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-MA-03-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets ramme skal produseres i et komposittmateriale.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-MA-03-C		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 64 - K-RAM-DE-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-DE-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammen skal ha minimum ett jekkepunkt på hver langside.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-DE-01-A		
Interessent:	Vedlikehold personell		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 65 - K-RAM-DE-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-DE-02-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Jekkepunkter på rammen skal tåle 80 % av systemets totalvekt uten at materialet utsettes for en varig deformasjon.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-DE-02-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 66 - K-RAM-DE-03-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-DE-03-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammen skal ha et sammenhengende rektangulært område, uten noen komponenter, på minimum 0,2 m <sup>2</sup> , for fremtidig utviding av system.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-DE-03-A		
Interessent:	HSN, Fremtidige grupper		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 67 - K-RAM-TE-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-TE-01-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammen skal tåle 100 kg påsatt ved festepunktet mot sete, med en sikkerhetsfaktor på 2.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-TE-01-A		
Interessent:	HSN, Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 68 - K-RAM-TE-01-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-TE-01-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammen skal tåle 150 kg påsatt ved festepunktet mot sete, med en sikkerhets faktor på 2.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-TE-01-B		
Interessent:	HSN, bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 69 - K-RAM-TE-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-TE-02-A	A	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammens totalvekt skal ikke overstige 100 kg.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-TE-02-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 70 - K-RAM-TE-02-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-TE-02-B	B	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammens totalvekt skal ikke overstige 60 kg.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-TE-02-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 71 - K-RAM-TE-02-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-RAM-TE-02-C	C	F1C	27.01.2016
<b>Beskrivelse:</b> Rammens totalvekt skal være under 30 kg.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-RAM-TE-02-C		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

## 6.4 Drivlinje

Tabell 72 - K-DRI-FU-01-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-01-B	B	F1C	26.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal kunne kjøre fremover ved hjelp av intern drivkraft.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-01-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 73 - K-DRI-FU-02-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-02-B	B	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal kunne kjøre bakover ved hjelp av intern drivkraft.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-02-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 74 - K-DRI-FU-03-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-03-Az	A	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal kunne stoppe ved bruk av interne komponenter.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-03-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		



Tabell 75 - K-DRI-FU-04-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-04-B	B	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets drivkraft skal kunne justeres ved hjelp av manuell pedal i cockpit.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-04-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 76 - K-DRI-FU-05-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-05-B	B	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets bremsekraft skal kunne justeres ved hjelp av manuell pedal i cockpit.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-05-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 77 - K-DRI-FU-06-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-06-A	A	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal kunne trilles uten intern motstand.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-06-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 78 - K-DRI-FU-07-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-07-B	B	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal sørge for en energioverføring fra motor til bakre hjulaksel.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-07-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 79 - K-DRI-FU-08-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-08-A	A	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal kunne startes ved hjelp av nøkkel i cockpit			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-08-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 80 - K-DRI-FU-09-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-09-A	A	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal kunne stoppes ved hjelp av nøkkel i cockpit			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-09-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 81 - K-DRI-FU-10-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-10-B	C	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Bremselys skal aktiveres av bremsepedal.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-10-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 82 - K-DRI-FU-11-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-DRI-FU-11-A	A	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal ha 4 hjul.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-DRI-FU-11-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

## 6.5 Sikkerhet

Tabell 83 - K-SIK-SY-01-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-01-A	A	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets hjul skal være låsbare slik at systemet skal kunne stå på en 5° helling, ved standard veiforhold*, uten at systemet har noe målbar bevegelse.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-01-A		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei

Tabell 84 - K-SIK-SY-01-B

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-01-B	B	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets hjul skal være låsbare slik at systemet skal kunne stå på en 10° helling, ved standard veiforhold*, uten at systemet har noe målbar bevegelse.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-01-B		
Interessent:	HSN		
Kravtype:	Funksjonell		

\* ) **Standard veiforhold** Tørr asfalt: Friksjonskoeffisient ( $\mu$ ) mellom 0,7 – 0,9. 0° (+ - 2°) rett, horisontal vei

Tabell 85 - K-SIK-SY-01-C

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-01-C	C	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemets hjul skal være låsbare slik at systemet skal kunne stå på en 15° helling, ved standard veiforhold, uten at systemet har noe målbar bevegelse.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-01-C		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 86 - K-SIK-SY-02-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-02-A	A	F1C	03.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Hjullås skal kunne veksles av/på fra systemets cockpit.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-02-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 87 - K-SIK-SY-03-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-03-A	A	F1C	03.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Alle utslippsgasser skal slippes ut minimum 50 cm bak bakre del av cockpit.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-03-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 88 - K-SIK-SY-04-A

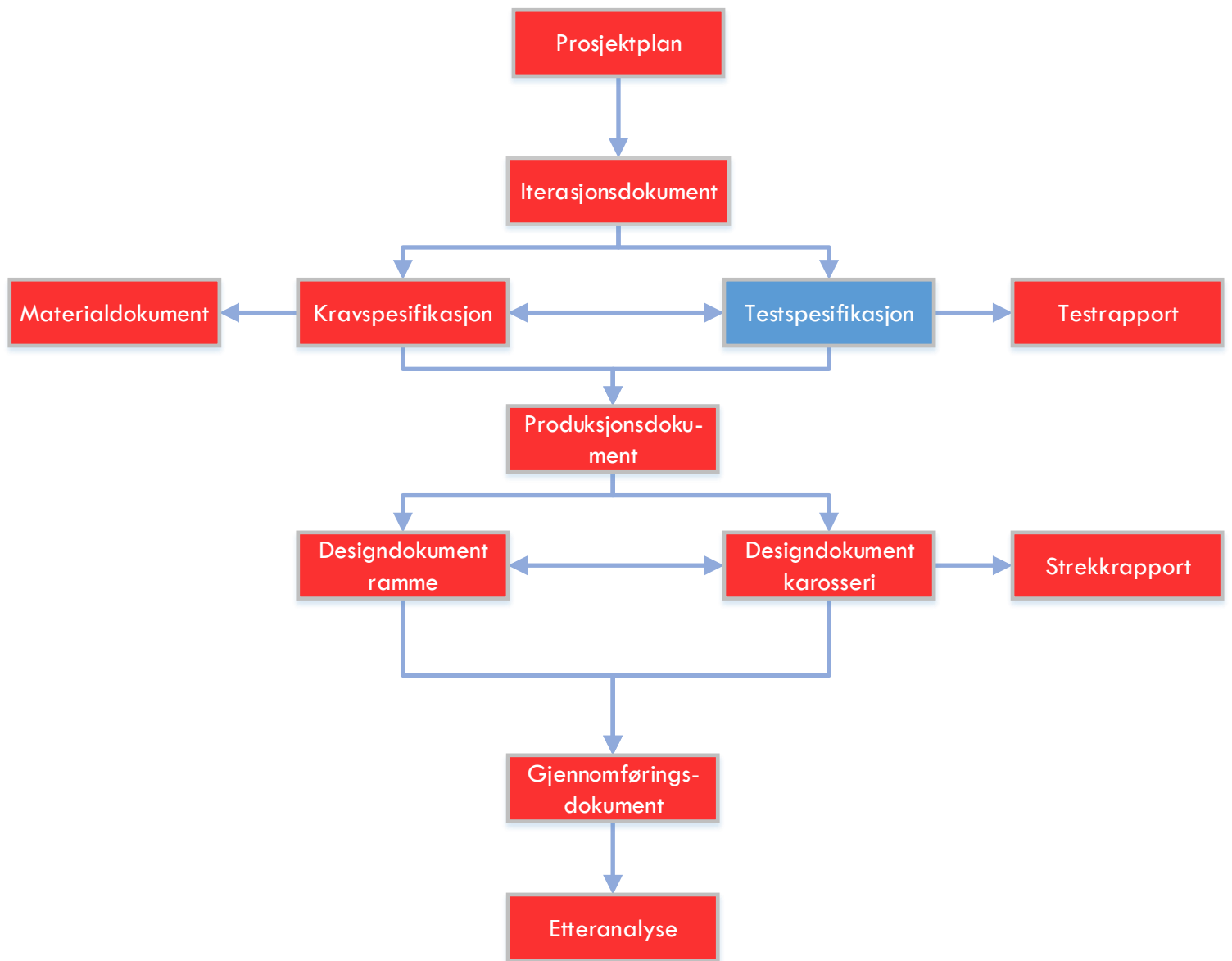
Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-04-A	A	F1C	01.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Systemet skal være utstyrt med et justerbart sikkerhetsbelte.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-04-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Funksjonell		

Tabell 89 - K-SIK-SY-05-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-05-A	A	F1C	03.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Sikkerhetsbelte skal ha en metall mot metall lås.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-05-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		

Tabell 90 - K-SIK-SY-06-A

Krav-ID	Prioritet	Utsteder	Dato
K-SIK-SY-06-A	A	F1C	03.02.2016
<b>Beskrivelse:</b> Ambient temperatur i motorrom skal ikke overstige karosserimaterialets glassovergangstemperatur (Tg) under drift.			
<b>Kryssreferanser:</b>			
Test-ID:	T-SIK-SY-06-A		
Interessent:	Bruker		
Kravtype:	Ikke funksjonell		





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Testspesifikasjon og Testplan

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
3.0	23.05.2016	KOY	THK	63

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



## Sammendrag

Testplan og testspesifikasjon er mest for å vise hvordan vi skal validere og verifisere kravene. Dokumentet skal inneholde vår generelle teststrategi og en komplett liste over alle tester som skal gjennomføres i løpet av prosjektet.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
1.0	08.02.2016	TH	Opprettelse av dokument
1.1	09.02.2016	OS	Legge inn Iterasjon 4.2
1.2	08.03.2016		Oppdatere testtidspunkter
1.3	09.03.2016	KS	La til: T-KAR-DE-14-A
1.4	09.03.2016		Legge inn iterasjon 4.3
1.5	09.03.2016		Legge inn tester
1.6	09.03.2016		Fjerne krav
1.7	09.03.2016		Rydde i dokument
2.0	09.03.2016	KS	Klar for utgivelse
2.1	16.05.2016	TH	Lagt til utførte tester Ryddet opp i tabeller Lagt til korrekt tabelltekst Lagt til tester som ikke ble utført Oppdatert 5.0 Referanser Oppdatert språkbilde Oppdaterte forside
3.0	19.05.2016	TH	Ferdigstilling

## Innhold

1.0	Introduksjon.....	7
1.1	Bakgrunn for oppgaven.....	7
1.2	Omfang.....	7
2.0	Testing .....	8
2.1	Verifikasjon og validering .....	8
2.2	Hvorfor teste .....	8
2.3	Statisk og dynamisk testing .....	8
2.3.1	Statisk .....	8
2.3.2	Dynamisk.....	9
2.4	Testmetoder .....	9
2.4.1	Inspeksjon.....	9
2.4.2	Sertifisering .....	9
2.4.3	Analyse.....	10
2.4.4	Demonstrasjon .....	10
2.4.5	Test.....	10
3.0	Testplan.....	11
3.1	Iterasjoner .....	11
3.1.1	Prioritet.....	11
3.1.2	Ressurser.....	12
3.1.3	Tid.....	12
3.1.4	Sum.....	12
3.2	Liste over testprioriteringer .....	13
4.0	Testliste.....	17
4.1	Testing av systemspesifikasjoner .....	17
4.2	Testing av system material .....	27
4.3	Testing av system styring .....	28
4.4	Testing av system elektrisk .....	33
4.5	Testing av karosseri material.....	37
4.6	Testing av karosseri design .....	39
4.7	Testing av ramme material.....	46
4.8	Testing av ramme design.....	48
4.9	Testing av ramme teknisk.....	50
4.10	Testing av drivlinje funksjoner .....	53
4.11	Testing av sikkerhet system.....	59

5.0 Referanser .....	63
----------------------	----

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk .....	3
Tabell 2 - Test prioritet .....	11
Tabell 3 - Test (tid) .....	12
Tabell 4 - Test eksempel .....	12
Tabell 5 – T-SYS-SP-01-B Topphastighet B .....	17
Tabell 6 – T-SYS-SP-01-C Topphastighet C .....	17
Tabell 7 – T-SYS-SP-02-A Bremselengde A .....	18
Tabell 8 – T-SYS-SP-02-B Bremselengde B .....	18
Tabell 9 – T-SYS-SP-03-B Akselerasjon B .....	19
Tabell 10 – T-SYS-SP-03-C Akselerasjon C .....	19
Tabell 11 – T-SYS-SP-04-C Drivkraft .....	20
Tabell 12 – T-SYS-SP-05-A Etterfylling drivstoff .....	20
Tabell 13 – T-SYS-SP-06-A Rensing for drivstoff .....	21
Tabell 14 - T-SYS-SP-07-A Totallengde A .....	21
Tabell 15 - T-SYS-SP-07-B Totallengde B .....	22
Tabell 16 - T-SYS-SP-07-C Totallengde C .....	22
Tabell 17 – T-SYS-SP-08-A Totalbredde A .....	23
Tabell 18 - T-SYS-SP-08-B Totalbredde B .....	23
Tabell 19 - T-SYS-SP-08-C Totalbredde C .....	24
Tabell 20 - T-SYS-SP-09-A Totalvekt A .....	24
Tabell 21 - T-SYS-SP-09-B Totalvekt B .....	25
Tabell 22 - T-SYS-SP-09-A Totalvekt A .....	25
Tabell 23 - T-SYS-SP-10-A Modulær oppbygning .....	26
Tabell 24 - T-SYS-MA-01-A Galvanisk korrosjon .....	27
Tabell 25 - T-SYS-MA-02-A Bolt standard .....	27
Tabell 26 - T-SYS-ST-01-A Svingradius høyre A .....	28
Tabell 27 - T-SYS-ST-01-B Svingradius høyre B .....	28
Tabell 28 – T-SYS-ST-02-A Svingradius .....	29
Tabell 29 - T-SYS-ST-02-B Svingradius .....	29
Tabell 30 - T-SYS-ST-03-A Styreform A .....	30
Tabell 31 - T-SYS-ST-03-B Styreform B .....	30
Tabell 32- T-SYS-ST-04-A Ratt test .....	31
Tabell 33 - T-SYS-ST-05-A Hjulenes sammenstilling .....	31
Tabell 34 - T-SYS-ST-06-B Selvoppretning .....	32
Tabell 35 - T-SYS-ST-07-A Vektfordeling på aksel .....	32
Tabell 36 - T-SYS-EL-01-A Koble på EL-systemet .....	33
Tabell 37- T-SYS-EL-02-A Koble av EL-systemet .....	33
Tabell 38- T-SYS-EL-03-C Bremselys .....	34
Tabell 39- T-SYS-EL-04-C Lys i dashbord .....	34
Tabell 40- T-SYS-EL-05-C Batteriindikator .....	35
Tabell 41- T-SYS-EL-06-B Turteller .....	35
Tabell 42- T-SYS-EL-07-C Drivstoffmåler .....	36
Tabell 43 - T-SYS-MA-01-A Karosseri materiale A .....	37
Tabell 44 - T-SYS-MA-02-B Karosseri kompositt .....	37
Tabell 45 - T-SYS-MA-03-A Karosseri levetid .....	38
Tabell 46 - T-SYS-DE-01-A Antall festepunkter karosseri .....	39
Tabell 47- T-SYS-DE-02-B Orientering av festepunkter .....	39
Tabell 48- T-SYS-DE-03-A Frittstående karosseri .....	40

Tabell 49- T-SYS-DE-04-A Antall løftepunkter .....	40
Tabell 50- T-SYS-DE-05-A Løftepunkt bredde .....	41
Tabell 51- T-SYS-DE-06-A Løftepunkter styrke .....	41
Tabell 52 - T-KAR-DE-07-A Slippvinkel .....	42
Tabell 53 - T-KAR-DE-08-A Kjervradius .....	42
Tabell 54 - T-KAR-DE-09-A Sponsorplass .....	43
Tabell 55 - T-KAR-DE-10-A Dashbordplass .....	43
Tabell 56 - T-KAR-DE-11-B Dashbordmateriale .....	44
Tabell 57 - T-KAR-DE-12-A Førerhusbredde .....	44
Tabell 58 - T-KAR-DE-13-A Førerhuslengde .....	45
Tabell 59 - T-KAR-DE-14-A CNC-fres .....	45
Tabell 60- T-RAM-MA-01-A Sammenføyning .....	46
Tabell 61 - T-RAM-MA-02-A Norsk Stål produktvalg .....	46
Tabell 62 - T-RAM-MA-03-C Komposittramme .....	47
Tabell 63 - T-RAM-DE-01-A Jekkepunkter .....	48
Tabell 64 - T-RAM-DE-02-A Jekkepunkt styrke .....	48
Tabell 65 - T-RAM-DE-03-A Ledig plass ramme .....	49
Tabell 66 - T-RAM-TE-01-A Rammestyrke sete A .....	50
Tabell 67 - T-RAM-TE-01-B Rammestyrke sete B .....	50
Tabell 68 - T-RAM-TE-02-A Rammevekt A .....	51
Tabell 69 - T-RAM-TE-02-B Rammevekt B .....	51
Tabell 70 - T-RAM-TE-02-C Rammevekt C .....	52
Tabell 71 - T-DRI-FU-01-A Drift fremover .....	53
Tabell 72 - T-DRI-FU-02-B Drift bakover .....	53
Tabell 73 - T-DRI-FU-03-A Stoppe systemet .....	54
Tabell 74 - T-DRI-FU-04-B Manuell drivkraftjustering .....	54
Tabell 75 - T-DRI-FU-05-B Manuell bremsekraftjustering .....	55
Tabell 76 - T-DRI-FU-06-B Systemet i fri .....	55
Tabell 77 - T-DRI-FU-07-B Akseldrift .....	56
Tabell 78 - T-DRI-FU-08-A Start .....	56
Tabell 79 - T-DRI-FU-09-A Stopp .....	57
Tabell 80 - T-DRI-FU-10-B Bremselysaktivering .....	57
Tabell 81 - T-DRI-FU-11-A Hjul .....	58
Tabell 82 - T-SIK-SY-01-A Låsbare hjul A .....	59
Tabell 83 - T-SIK-SY-01-B Låsbare hjul B .....	59
Tabell 84 - T-SIK-SY-01-C Låsbare hjul C .....	60
Tabell 85 - T-SIK-SY-02-A Hjullås veksling .....	60
Tabell 86 - T-SIK-SY-03-A Utslipp .....	61
Tabell 87 - T-SIK-SY-04-A Sikkerhetsbelte .....	61
Tabell 88 - T-SIK-SY-05-A Sikkerhetsbelte materiale .....	62
Tabell 89 - T-SIK-SY-06-A Motorrom temperatur .....	62

## 1.0 Introduksjon

### 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Denne oppgaven blir gjort i forbindelse med hovedoppgave/ Bachelor Thesis for ingeniørlinjen på HSN, 2016. Oppgaven er gitt av HSN avdeling Kongsberg, i samarbeid med Fagskolen Tinius Olsen.

HSN har i lengere tid fokusert på komposittmaterialer i sine undervisningsplaner. I de senere årene har ønsket om økt satsing på kompositt kommet frem, grunnet økt interessen blant Kongsbergindustrien og etablering av ny komposittfabrikk på arsenalet. I forbindelse med flytting av HSNs lokaler, til en lokasjon nærmere næringsparken, blir det ferdigstilt en dedikert komposittlabb på det nye bygget.

Med tanke på videre rekruttering av studenter på skolen, ønskes det at gruppen realiserer en fungerende bil, basert på utarbeidede tekniske 3-D tegninger av en 60-talls Ferrari. Bilen skal til dels lages av kompositt. Prosjektet skal vise HSN- studenters teoretiske og tekniske ferdigheter, og skal bidra til å gjøre høyskolen mer lukrativ blant potensielle studenter.

HSN ønsker å bruke systemet til videreutvikling via fremtidige hovedoppgaver på høyskolen. Det er også ment som en resurs i forbindelse med undervisning og prosjektarbeid tilknyttet fagskolen.

### 1.2 Omfang

Realisering av et slikt system er en stor jobb, spesielt med tanke på tidsrammen. Derfor er det viktig å begrense oppgaven slik at arbeidsmengden ikke blir for stor.

Vårt fokusområde vil ligge på design og utarbeiding av bilens karosseri og ramme. Elektriske systemer samt avanserte styringssystemer som kan integreres i bilen er ikke en del av prosjektet. Oppgaven går ut på å legge til rette for at disse systemene kan integreres i fremtidige hovedoppgaver på skolen.

For å få bilen kjørbær kreves det at mange systemer inkorporeres i oppgaven. Systemene som drivlinje og styring skal tas hensyn til, men er ikke hovedfokuset til gruppen.

Oppdragsgiver ønsker en fungerende bil i løpet av prosjektet, men stiller med svært begrensede økonomiske midler. Det er derfor gruppens jobb å skaffe nødvendige midler, det være økonomiske, utstyr, materialer og produksjonsanlegg. Dermed vil mye av den initiale arbeidstiden gå med til å kartlegge hvilke bedrifter som kan støtte prosjektet.

## 2.0 Testing

### 2.1 Verifikasjon og validering

Validering vil bekrefte om det blir utviklet det riktige systemet. Er det vi produserer faktisk det som blir etterspurt av interessentene? Når kravet er validert kan man gå videre for å verifisere kravet.

Verifisering vil bekrefte om systemet blir bygd riktig. Kravene som er satt opp og validert skal gjennomføres. Et krav er først godkjent når det har blitt verifisert. Kravet blir verifisert når den/de tilhørende testene er bestått.

### 2.2 Hvorfor teste

For å kunne verifisere krav som igjen skal gi kunden systemet de ønsket må kravene testes. Dette vil gjøres parallelt med prosjektets fremgang. Testing som skjer kort tid etter produksjon av deler vil ha flere fordeler. Dette kan være fordeler som at kunnskapen ligger friskt i minne, ressursene som trengs har bedre sjanse for å være tilgjengelige og gi bedre tid til å kunne gjøre endringer ved detekterte feil. Tidlig testing vil være med på å hindre følgefeil i systemet. Vårt prosjekt er relativt stort med tanke på tiden vi har til disposisjon. Det vil være viktig å prioritere hvilke krav vi tester og hvordan vi tester kravet. Det vil være lite trolig at vi rekker å teste alle komponentene, subsystemene og systemene. På bakgrunn av dette vil vi kjøre en type inkrementell testing.

Inkrementell testing: Starter med mest kritiske modulene først. Følger ellers en Top-Down eller Bottom-Up metodikk.

Vi vil ta for oss de mest kritiske delene først for å så jobbe nedover prioritets nivået. Dette vil forsikre oss best mulig at våre viktigste komponenter ferdigstilles slik kunden ønsker. Det vil ikke brukes dummymoduler for å fylle inn i systemet før de riktige modulene kommer på plass (Top-Down og Bottom-Up).

### 2.3 Statisk og dynamisk testing

#### 2.3.1 Statisk

Statisk testing er testing når systemet står i ro. Statisk testing vil kontrollere et dokument eller et produkt opp imot kravene til systemet. Disse testene vil oftest bli gjort underveis i hele prosjektet fordi man kan gjøre tester av små komponenter og er ikke avhengig av et helt system for å gjennomføre en test.

### 2.3.2 Dynamisk

Dynamisk testing tar vi hele systemet i bruk. Dette gjør at denne testen er aktuell når man har et helt system. Normalt tar vi i bruk denne testen i slutten av prosjektet. Innenfor dynamisk testing deler vi inn i to forskjellige test data:

Statisk testing. Her har man data på driftssikkerheten på systemet og disse tallene bør stemme overens med dataen man får ut når man virkelig tester systemet i drift.

Feilfinning. Her ønsker vi å fremprovosere feil i systemet. Testen er lagt opp for å fremprovosere feil.

I vårt prosjekt vil vi bruke begge typer tester, både statisk og dynamisk. Men som det er beskrevet vil det være naturlig at statisk testing vil dominere i starten av prosjektet for å teste enkelt komponenter. Når systemet er helt ferdig vil vi begynne med de dynamiske testene for å se hvordan det fungerer i helhet.

## 2.4 Testmetoder

### 2.4.1 Inspeksjon

Inspeksjon er å verifisere ved å:

Fysisk og visuelt undersøke et produkt.

Sammenligne egenskaper med ønskede egenskaper.

Gjennomgå dokumentasjon for å se samsvar med kravet.

Flere av våre krav vil kunne verifiseres ved bruk av inspeksjons-testing. Er en tidsbesparende og fornuftig måte å teste f.eks. hvilke materialer som er brukt.

### 2.4.2 Sertifisering

Sertifisering er en metode for å verifisere krav for standardprodukter. Det kan være kjøpte produkter som har signert sertifikat der det står at produktet oppfyller de krav som er bestilt. Leverandører beholder selv sertifikat som viser godkjenning, men er åpen for kunden å kunne se.

Det meste av drivlinjen på systemet vil være lagerførte standard varer som har blitt testet og godkjent på forhånd. I dette prosjektet vil det være bra nok for å godkjenne krav.



### 2.4.3 Analyse

Analyse er en metode for å verifisere krav ved å:

Matematiske utregninger, diagrammer, koblingsskjemaer eller grafer.

Data simuleringer, det kan være FEM analyser på Solidworks

Det er ikke optimalt å bruke analyser for å teste komponenter/produkter, men i noen tilfeller vil det være det vi får til. Med bakgrunn i at vi må se på hva tiden strekker seg til vil vi se på analyse-tester langt bedre enn ingen test. Analysene vil derfor kunne verifisere krav.

### 2.4.4 Demonstrasjon

Demonstrasjon er en funksjonell verifisering der et spesifikt krav vil bli verifisert. Dette skjer ved observering av resultater som kommer fra en operasjon/øvelse et system har utført under spesifikke forhold.

Denne test-delen vil være avhengig av hvor mye komponenter som kommer med i systemet. Det kan bli veldig relevant testing når systemet skal vise frem at det kan bevege seg, tute, lyse osv.

### 2.4.5 Test

Formel testing er verifisering at et spesifikt krav er oppfylt ved å målinger(tid, størrelse, område) eller ved å evaluere data som innhentes under kontrollerte øvelser i relevante omgivelser.

Her vil store deler av systemets ytelse kunne verifiseres. Testing som dette krever riktige forhold, tid og ressurser for å gjennomføres. Ønskelig er å kunne gjennomføre mest mulig tester på denne måten slik at systemet blir testet under i de mest relevante situasjonene.

## 3.0 Testplan

### 3.1 Iterasjoner

Tabellene nedenfor viser hvordan vi tenker at testingen kommer til å fordele seg utover prosjektet. Testene er fordelt utover iterasjonene for bedre oversikt. Ved å sette opp testene slik de er tenkt å gjennomføres vil det lettere fremstille hvor mye tid som må avses til testing i hver iterasjon.

Det er satt opp testing i iterasjonene 3.1-4.2. Det er her vi ser for oss at det vil være hensiktsmessig å teste. Testing før 3.1 vil gi stor sannsynlighet for at vi tester deler før de burde testes. Ved å vente litt og heller bruke lengre tid på planleggingen kan det øke sjansene for en mer vellykket testing fremover. Etter iterasjon 4.2 er det ikke tid til å kunne dokumentere testingen vi gjør.

Vi ser på det som hensiktsmessig å kartlegge prioritet, ressurser og tid for hver test. De tre forskjellige punktene vil også være med på å vektlegge hvor vi må legge fokuset vårt.

#### 3.1.1 Prioritet

Prioritetsnivået vil være den viktigste for å avgjøre hvor fokuset vårt skal være. Det vil bli delt i fire forskjellige nivåer. Hvert nivå vil få en farge og en verdi tildelt. Fargen vil brukes til å lettere kunne navigere til hvor de viktige testene er.

Tabell 2 - Test prioritet

Prioritet	Verdi	Farge
Veldig viktig	4	Grønn
Viktig	3	Gul
Ganske viktig	2	Oransje
Lite Viktig	1	Rød

### 3.1.2 Ressurser

Ressurser vil være antall personer som kreves for å gjennomføre testen. Dette vil være verdier fra 1-4.

### 3.1.3 Tid

Tiden som er estimert å bli brukt vil settes opp mot en tabell som vil gi den estimerte tiden en verdi. Verdien vil være fra 1-4. Tiden er estimert på hvor lang tid det tar å gjennomføre testen uavhengig av hvor mange som trengs til å gjennomføre.

Tabell 3 - Test (tid)

Tid(min)	Verdi
0-30	1
30-60	2
60-120	3
120 ->	4

### 3.1.4 Sum

Summen vil bli regnet slik at verdien fra tid og ressurser vil legges sammen. Den verdien vil da multipliseres med verdien fra prioritet.

Ved å multiplisere med prioriteten vil det gjøre større utslag der de viktige testene er.

#### Prioritetsfarge

Tabell 4 - Test eksempel

Prioritetsverdi X (Ressurser + Tid) Sum

Test-ID	Test navn	P	R	T	S	Dato
X-XXX-XX-00-X	Eksempel 1	3	1	2	9	01.02.2016
X-XXX-XX-01-X	Eksempel 2	1	3	4	7	01.02.2016

## 3.2 Iterasjon 3.2

Test-ID	Test navn	P	R	T	S	Dato
T-KAR-DE-07-A	Slippvinkel	4	1	2	12	08.03.2016
T-KAR-DE-08-A	Kjervradius	4	1	2	12	08.03.2016
T-KAR-DE-09-A	Sponsorplass	3	1	1	6	08.03.2016
T-KAR-DE-14-A	CNC dybdekutt	4	1	4	16	08.03.2016
T-KAR-DE-13-A	Førerhus lengde	3	1	1	6	08.03.2016

## 3.3 Iterasjon 4.2

Test-ID	Test navn	P	R	T	S	Dato
T-DRI-FU-11-A	Hjul	2	1	1	4	22.04.2016

## 3.4 Iterasjon 4.3

Test-ID	Test navn	P	R	T	S	Dato
T-RAM-TE-01-A	Rammestyrke sete A	3	1	3	12	06.05.2016
T-RAM-TE-01-B	Rammestyrke sete B	3	1	3	12	06.05.2016
T-RAM-MA-01-A	Sammenføring	4	2	4	24	08.05.2016
T-RAM-MA-02-A	Norsk Stål produktvalg	1	1	1	2	08.05.2016
T-RAM-MA-03-C	Kompositt ramme	1	1	1	2	08.05.2016

## 3.5 Iterasjon 5.1

Test-ID	Test navn	P	R	T	S	Dato
T-SYS-SP-07-A	Total lengde A	4	2	1	12	09.05.2016
T-SYS-SP-07-B	Total lengde B	3	2	1	9	09.05.2016
T-SYS-SP-07-C	Total lengde C	2	2	1	6	09.05.2016
T-SYS-SP-08-A	Total bredde A	4	2	1	12	09.05.2016
T-SYS-SP-08-A	Total bredde B	3	2	1	9	09.05.2016
T-SYS-SP-08-A	Total bredde C	1	2	1	3	09.05.2016
T-KAR-MA-01-A	Karosseri materiale A	4	1	1	8	09.05.2016
T-KAR-MA-01-B	Karosseri materiale B	4	1	1	8	09.05.2016
T-SYS-SP-09-A	Total vekt A	2	2	1	6	15.05.2016
T-SYS-SP-09-B	Total vekt B	2	2	1	6	15.05.2016
T-SYS-SP-09-C	Total vekt C	4	2	1	12	15.05.2016
T-SYS-SP-10-A	Modulære oppbygning	3	2	4	18	15.05.2016
T-SYS-ST-05-A	Hjulenes sammenstilling	4	2	2	16	15.05.2016
T-SYS-ST-07-A	Vektfordeling på aksel	3	2	1	9	16.05.2016
T-KAR-DE-01-A	Antall festepunkter karosseri	2	1	1	4	16.05.2016
T-KAR-DE-02-B	Orientering av festepunkter	1	1	1	2	16.05.2016
T-KAR-DE-03-A	Frittstående karosseri	3	2	1	9	16.05.2016
T-KAR-DE-04-A	Antall løftepunkter	3	1	1	6	16.05.2016
T-KAR-DE-05-A	Løftepunkt bredde	2	1	1	4	16.05.2016
T-KAR-DE-06-A	Løftepunkt styrke	4	1	3	16	16.05.2016
T-RAM-DE-01-A	Jekkepunkter	4	1	1	8	16.05.2016
T-RAM-DE-02-A	Jekkepunkt styrke	3	2	4	18	16.05.2016
T-RAM-DE-03-A	Ledig plass ramme	2	1	2	6	16.05.2016
T-RAM-TE-02-A	Rammevekt A	2	1	1	4	16.05.2016
T-RAM-TE-02-B	Rammevekt B	1	1	1	2	16.05.2016
T-RAM-TE-02-C	Rammevekt C	1	1	1	2	16.05.2016
T-SYS-ST-03-A	Styringsform A	3	1	1	6	16.05.2016
T-SYS-ST-03-B	Styringsform B	2	1	1	4	16.05.2016
T-SYS-ST-04-A	Ratt test	2	2	2	8	16.05.2016

T-SYS-MA-01-A	Galvanisk korrosjon	3	1	2	9	18.05.2016
T-SYS-MA-02-A	Bolt standard	2	1	1	4	18.05.2016

## 3.6 Iterasjon 5.2 →

Test-ID	Test navn	P	R	T	S	Dato
T-SYS-SP-01-B	Topp hastighet B	2	2	1	6	
T-SYS-SP-01-C	Topp hastighet C	4	2	1	12	
T-SYS-SP-02-A	Bremselengde A	2	2	1	6	
T-SYS-SP-02-B	Bremselengde B	4	2	1	12	
T-SYS-SP-03-B	Akselerasjon B	4	2	1	12	
T-SYS-SP-03-C	Akselerasjon C	4	2	1	12	
T-SYS-ST-06-B	Selvoppretning	2	2	1	6	
T-SYS-EL-04-C	Lys i dashbord	2	1	1	4	
T-SYS-EL-05-B	Batteriindikator	2	1	1	4	
T-SYS-EL-06-B	Turteller	3	1	1	6	
T-SYS-EL-07-C	Drivstoffmåler	3	1	1	6	
T-DRI-FU-10-B	Bremselys aktivering	3	2	1	9	
T-DRI-FU-12-A	Gir A	4	1	1	8	
T-SIK-SY-01-A	Låsbare hjul A	4	1	1	8	
T-SIK-SY-01-B	Låsbare hjul B	3	1	1	6	
T-SIK-SY-01-C	Låsbare hjul C	3	1	1	6	
T-SIK-SY-02-A	Hjullås veksling	4	1	1	8	
T-SIK-SY-06-A	Motorrom temperatur	4	1	2	12	
T-SIK-SY-05-A	Sikkerhetsbelte materiale	4	1	1	8	
T-KAR-MA-03-A	Karosseri levetid	3	1	4	15	
T-KAR-DE-10-A	Dashbord plass	2	1	1	4	
T-KAR-DE-12-A	Førerhus bredde	2	1	1	4	

T-KAR-DE-11-B	Dashbord materialet	1	1	1	2	
T-SIK-SY-04-A	Sikkerhetsbelte	4	1	1	8	
T-SIK-SY-05-A	Sikkerhetsbelte materiale	4	1	1	8	
T-SYS-SP-04-C	Drivkraft	2	1	1	4	
T-SYS-SP-05-A	Etterfylling drivkraft	3	1	3	12	
T-SYS-SP-06-A	Rensing for drivstoff	3	2	4	18	
T-SYS-ST-01-A	Svingradius høyre A	1	2	4	8	
T-SYS-ST-01-B	Svingradius høyre B	1	2	4	8	
T-SYS-ST-02-A	Svingradius venstre A	1	2	4	8	
T-SYS-ST-02-B	Svingradius venstre B	1	2	4	8	
T-SYS-EL-01-A	Koble på EL-systemet	3	1	1	6	
T-SYS-EL-02-A	Koble av EL-systemet	3	1	1	6	
T-SYS-EL-03-C	Bremselys	1	2	1	3	
T-DRI-FU-01-A	Drift fremover	3	2	2	12	
T-DRI-FU-02-B	Drift bakover	2	2	2	8	
T-DRI-FU-03-A	Stoppe systemet	4	1	2	12	
T-DRI-FU-04-B	Manuell drivkraft justering	2	1	2	6	
T-DRI-FU-05-B	Manuell bremskraft justering	2	1	2	6	
T-DRI-FU-06-B	Systemet i fri	3	1	2	9	
T-DRI-FU-07-B	Akseldrift	1	1	1	2	
T-DRI-FU-08-A	Start	4	1	1	8	
T-DRI-FU-09-A	Stopp	4	1	1	8	
T-SIK-SY-03-A	Utslipp	4	1	2	12	

### 3.6 oppsummering

Da systemet fortsatt mangler mye for å komme i drift har vi ikke kunnet teste et system i bevegelse. Vi har prøvd å gjennomføre testene så langt det har latt seg gjøre.

## 4.0 Testliste

### 4.1 Testing av systemspesifikasjoner

Test ID: T-SYS-SP-01-B	
Test navn: Topphastighet B	Test dato:
Krav ID: K-SYS-SP-01-B	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemets topphastighet skal overstige 30 km/t, rett frem ved standard veiforhold*	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Måler opp en strekning på 100m. Får systemet opp i sin maksimale hastighet før den kommer til den oppmålte strekningen. Tar tiden på hvor lang tid systemet bruker på å komme seg fra start-slutt. Det tilsvarer 12 sekunder på 100m.	
Akseptkriterier: Systemet oppnår 30 km/t	
Utstyr: Målebånd og stoppeklokke	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 5 – T-SYS-SP-01-B Topphastighet B

Test ID: T-SYS-SP-01-C	
Test navn: Topphastighet C	Test dato:
Krav ID: K-SYS-SP-01-C	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemets topphastighet skal overstige 45 km/t, rett frem ved standard veiforhold*	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Måler opp en strekning på 100m. Får systemet opp i sin maksimale hastighet før den kommer til den oppmålte strekningen. Tar tiden på hvor lang tid systemet bruker på å komme seg fra start-slutt. Det tilsvarer 8 sekunder på 100m.	
Akseptkriterier: Systemet oppnår 45 km/t	
Utstyr: Målebånd og stoppeklokke	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 6 – T-SYS-SP-01-C Topphastighet C



**Test ID: T-SYS-SP-02-A****Test navn:** Bremselengde A**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-SP-02-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets maksimale bremselengde fra topphastighet til full stopp skal ikke overstige 30m ved standard veiforhold\*.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Markere et startpunkt for bremsing. Systemet oppnår maksimal hastighet før det gitte merket. Når forhjulene er på merket bremses det for fullt av systemet. Måler så avstand fra oppmerket punkt og frem til forhjulene. Avstanden er bremselengden til systemet.**Akseptkriteria:** Stopper innen 30m**Utstyr:** Målebånd**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 7 – T-SYS-SP-02-A Bremselengde A

**Test ID: T-SYS-SP-02-B****Test navn:** Bremselengde**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-SP-02-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets maksimale bremselengde fra topphastighet til full stopp skal ikke overstige 20m ved standard veiforhold.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Markere et startpunkt for bremsing. Systemet oppnår maksimal hastighet før det gitte merket. Når forhjulene er på merket bremses det for fullt av systemet. Måler så avstand fra oppmerket punkt og frem til forhjulene. Avstanden er bremselengden til systemet.**Akseptkriteria:** Stopper innen 20m**Utstyr:** Målebånd**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 8 – T-SYS-SP-02-B Bremselengde B

**Test ID: T-SYS-SP-03-B****Test navn:** Akselerasjon B**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-SP-03-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal ved egen drivkraft kunne akselerere fra full stopp til 15 km/t på 7 sekunder, tilsvarende en akselerasjon på 0,6 m/s<sup>2</sup>**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Fra stillestående posisjon tar vi tiden på hvor lang tid det tar før systemet oppnår 15 km/t. Testen vil kun bli utført om det er tilkoblet et fungerende speedometer.**Akseptkriteria:** Systemet akselerer fra 0-15 km/t på under 7 sekunder**Utstyr:** Stoppeklokke**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 9 – T-SYS-SP-03-B Akselerasjon B

**Test ID: T-SYS-SP-03-C****Test navn:** Akselerasjon C**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-SP-03-C**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal ved egen drivkraft akselerere fra full stopp til 15 km/t på 4 sekunder, tilsvarende en akselerasjon på 1,0 m/s<sup>2</sup>**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Fra stillestående posisjon tar vi tiden på hvor lang tid det tar før systemet oppnår 15 km/t. Testen vil kun bli utført om det er tilkoblet et fungerende speedometer.**Akseptkriteria:** Systemet akselerer fra 0-15 km/t på under 4 sekunder**Utstyr:** Stoppeklokke**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 10 – T-SYS-SP-03-C Akselerasjon C

Test ID: T-SYS-SP-04-C	
Test navn: Drivkraft	Test dato: 16.05.16
Krav ID: K-SYS-SP-04-C	Verifisert av: Kåre Særen
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemet skal bli drevet av elektrisk drivkraft.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Visuell undersøkelse av hva som brukes som drivkraft.	
Akseptkriteria: Systemet drives kun av elektrisitet.	
Utstyr: Syn	
Kommentarer: Bilen skal drives av motor fra crosskart. Motoren er ikke elektrisk.	
Endelig resultat: Ikke godkjent	

Tabell 11 – T-SYS-SP-04-C Drivkraft

Test ID: T-SYS-SP-05-A	
Test navn: Etterfylling drivstoff	Test dato:
Krav ID: K-SYS-SP-05-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemet skal kunne etterfylles med drivstoff uten avmontering av karosseri	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Utføre en etterfylling av drivstoff	
Akseptkriteria: Systemet kan etterfylles uten å måtte avmontere karosseri.	
Utstyr: Drivstoff	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 12 – T-SYS-SP-05-A Etterfylling drivstoff

**Test ID: T-SYS-SP-06-A****Test navn:** Rensing for drivstoff**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-SP-06-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** System med maksimal tankforsyning skal kunne tømmes for drivstoff på under 20 minutter.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Åpne bunnpluggen i drivstofftanken. La det renne til det sier stopp. Testen vil ikke gjennomføres om det er elektrisk drivkraft.**Akseptkriteria:** Systemet er tomt for drivstoff på under 20 minutter (kan være igjen dråper)**Utstyr:** Måleinstrument, lommelykt og skrujern.**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 13 – T-SYS-SP-06-A Rensing for drivstoff

**Test ID: T-SYS-SP-07-A****Test navn:** Totallengde A**Test dato:** 09.05.2016**Krav ID:** K-SYS-SP-07-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets totallengde skal ikke overstige 3,5 meter**Testinformasjon****Testbeskrivelse:**

Når systemets ytre dimensjoner er på plass bruker vi målebånd for å se hva totallengden er.

**Akseptkriteria:** Systemet er under 3,5 meter i lengden**Utstyr:** Målebånd**Kommentarer:** Systemet har en totallengde på 3,0 meter**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 14 - T-SYS-SP-07-A Totallengde A

Test ID: T-SYS-SP-07-B	
Test navn: Totallengde B	Test dato: 09.05.2016
Krav ID: K-SYS-SP-07-B	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets totallengde skal ikke overstige 3,0 meter	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Når systemets ytre dimensjoner er på plass bruker vi målebånd for å se hva totallengden er.	
Akseptkriteria: Systemet er under eller lik 3,0 meter i lengden	
Utstyr: Målebånd	
Kommentarer: Systemets totallengde er 3,0 meter	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 15 - T-SYS-SP-07-B Totallengde B

Test ID: T-SYS-SP-07-C	
Test navn: Totallengde C	Test dato: 09.05.2016
Krav ID: K-SYS-SP-07-C	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets totallengde skal ikke overstige 2,8 meter	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Når systemets ytre dimensjoner er på plass bruker vi målebånd for å se hva totallengden er.	
Akseptkriteria: Systemet er under 2,8 meter i lengden	
Utstyr: Målebånd	
Kommentarer: Systemets totallengde er 3,0 meter, noe som overstiger kravets dimensjonsgrense	
Endelig resultat: Ikke Godkjent	

Tabell 16 - T-SYS-SP-07-C Totallengde C

Test ID: T-SYS-SP-08-A	
Test navn: Totalbredde A	Test dato: 09.05.2016
Krav ID: K-SYS-SP-08-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets totalbredde skal ikke overstige 2,0 meter	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Når systemets ytre dimensjoner er på plass bruker vi målebånd for å se hva totalbredden er. Målene gjøres fra ytterhjul til ytterhjul.	
Akseptkriteria: Systemet er under 2,0 meter i bredden	
Utstyr: Målebånd	
Kommentarer: Systemet vil ha en totalbredde på X meter.	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 17 – T-SYS-SP-08-A Totalbredde A

Test ID: T-SYS-SP-08-B	
Test navn: Totalbredde B	Test dato: 09.05.2016
Krav ID: K-SYS-SP-08-B	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets totalbredde skal ikke overstige 1,5 meter	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Når systemets ytre dimensjoner er på plass bruker vi målebånd for å se hva totalbredden er.	
Akseptkriteria: Systemet er under 1,5 meter i bredden	
Utstyr: Målebånd	
Kommentarer: Systemet vil ha en totalbredde på X meter.	
Endelig resultat:	

Tabell 18 - T-SYS-SP-08-B Totalbredde B

**Test ID: T-SYS-SP-08-C****Test navn:** Totalbredde C**Test dato:** 09.05.2016**Krav ID:** K-SYS-SP-08-C**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets totalbredde skal ikke overstige 1,2 meter**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Når systemets ytre dimensjoner er på plass bruker vi målebånd for å se hva totalbredden er.**Akseptkriteria:** Systemet er under 1,2 meter i bredden**Utstyr:** Målebånd**Kommentarer:** Systemet vil ha en totalbredde på X meter.**Endelig resultat:**

Tabell 19 - T-SYS-SP-08-C Totalbredde C

**Test ID: T-SYS-SP-09-A****Test navn:** Totalvekt A**Test dato:** 15.05.2016**Krav ID:** K-SYS-SP-09-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets totalvekt skal være under 250 kg**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Når alle komponenter i systemet er montert fraktes det bort til statens vegvesen. Der vil systemet settes på vekten for å se hva totalvekten er.**Akseptkriteria:** Systemet er under 250 kg totalt**Utstyr:** Vekt**Kommentarer:** Vi har utført målinger på alle komponenter i systemet. Totalvekt er XXX kg**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 20 - T-SYS-SP-09-A Totalvekt A

**Test ID: T-SYS-SP-09-B****Test navn:** Totalvekt B**Test dato:** 15.05.2016**Krav ID:** K-SYS-SP-09-B**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets totalvekt skal være under 200 kg**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Når alle komponenter i systemet er montert fraktes det bort til statens vegvesen. Der vil systemet settes på vekten for å se hva totalvekten er**Akseptkriteria:** Systemet er under 200 kg totalt**Utstyr:** Vekt**Kommentarer:** Vi har utført målinger på alle komponenter i systemet. Totalvekt er XXX kg**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 21 - T-SYS-SP-09-B Totalvekt B

**Test ID: T-SYS-SP-09-C****Test navn:** Totalvekt C**Test dato:** 15.05.2016**Krav ID:** K-SYS-SP-09-C**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets totalvekt skal være under 100 kg**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Når alle komponenter i systemet er montert fraktes det bort til statens vegvesen. Der vil systemet settes på vekten for å se hva totalvekten er**Akseptkriteria:** Systemet er under 100 kg totalt**Utstyr:** Vekt**Kommentarer:** Vi har utført målinger på alle komponenter i systemet. Totalvekt er XXX kg**Endelig resultat:**

Tabell 22 - T-SYS-SP-09-A Totalvekt A



Test ID: T-SYS-SP-10-A	
Test navn: Modulær oppbygning	Test dato: 15.05.2016
Krav ID: K-SYS-SP-10-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon og demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemet skal ha et modulært design	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Se på systemets oppbygning for å så sjekke hvordan komponentene er festet til systemet.	
Akseptkriteria: Systemet består av moduler	
Utstyr: Håndverktøy	
Kommentarer: Alle systemer skal være avtakbare ifølge modell på Solid Works.	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 23 - T-SYS-SP-10-A Modulær oppbygning

## 4.2 Testing av system material

Test ID: T-SYS-MA-01-A	
Test navn: Galvanisk korrosjon	Test dato: 18.05.2016
Krav ID: K-SYS-MA-02-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Materialer med ulike spenningspotensialer skal ikke være i kontakt, for å unngå galvanisk korrosjon.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Måle spenning i komponenter som har kontakt	
Akseptkriteria: Komponenter som er i kontakt har mindre enn 0,3 mV spenningsforskjell	
Utstyr: Voltmeter	
Kommentarer: Stål og aluminium skilles med pakninger og er ikke i direkte kontakt	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 24 - T-SYS-MA-01-A Galvanisk korrosjon

Test ID: T-SYS-MA-02-A	
Test navn: Bolt standard	Test dato: 18.05.2016
Krav ID: K-SYS-MA-02-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Alle bolter i systemet skal være av ISO standard	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Ved sammenstilling av systemet vil det kontrolleres at boltene som brukes er av ISO standard. Lagerførte produkter som blir brukt i systemet vil kontrolleres ved før kjøp.	
Akseptkriteria: Alle boltene er av ISO standard	
Utstyr: ISO-verktøy	
Kommentarer: ISO-standard valgt til boltene	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 25 - T-SYS-MA-02-A Bolt standard

### 4.3 Testing av system styring

Test ID: T-SYS-ST-01-A	
Test navn: Svingradius høyre A	Test dato:
Krav ID: K-SYS-ST-01-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemets svingradius skal være under 10m, mot høyre.	
Testinformasjon	
<b>Testbeskrivelse:</b> Markere startpunktet til systemet. Vri styringen maksimalt til høyre. Kjøre/dytte systemet en 180 graders sving. Avstanden fra slutt punkt til startpunkt vil så deles på to for å gi oss vår svingradius.	
<b>Akseptkriteria:</b> Systemets svingradius til høyre er under 10 meter	
<b>Utstyr:</b> Kritt og målebånd	
<b>Kommentarer:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Ikke testet	

Tabell 26 - T-SYS-ST-01-A Svingradius høyre A

Test ID: T-SYS-ST-01-B	
Test navn: Svingradius høyre B	Test dato:
Krav ID: K-SYS-ST-01-B	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemets svingradius skal være under 6m, mot høyre.	
Testinformasjon	
<b>Testbeskrivelse:</b> Markere startpunktet til systemet. Vri styringen maksimalt til høyre. Kjøre/dytte systemet en 180 graders sving. Avstanden fra slutt punkt til startpunkt vil så deles på to for å gi oss vår svingradius.	
<b>Akseptkriteria:</b> Systemets svingradius til høyre er under 6 meter	
<b>Utstyr:</b> Kritt og målebånd	
<b>Kommentarer:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> ikke testet	

Tabell 27 - T-SYS-ST-01-B Svingradius høyre B

**Test ID: T-SYS-ST-02-A****Test navn:** Svingradius**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-ST-02-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets svingradius skal være under 10m, mot venstre.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Markere startpunktet til systemet. Vri styringen maksimalt til venstre. Kjøre/dytte systemet en 180 graders sving. Avstanden fra slutt punkt til startpunkt vil så deles på to for å gi oss vår svingradius.**Akseptkriteria:** Systemets svingradius til venstre er under 10 meter**Utstyr:** Kritt og målebånd**Kommentarer:****Endelig resultat:** ikke testet

Tabell 28 – T-SYS-ST-02-A Svingradius

**Test ID: T-SYS-ST-02-B****Test navn:** Svingradius**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-ST-02-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets svingradius skal være under 6m, mot venstre.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Markere startpunktet til systemet. Vri styringen maksimalt til venstre. Kjøre/dytte systemet en 180 graders sving. Avstanden fra slutt punkt til startpunkt vil så deles på to for å gi oss vår svingradius.**Akseptkriteria:** Systemets svingradius til venstre er under 6 meter**Utstyr:** Kritt og målebånd**Kommentarer:****Endelig resultat:** ikke testet

Tabell 29 - T-SYS-ST-02-B Svingradius

**Test ID: T-SYS-ST-03-A****Test navn:** Styringsform A**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-SYS-ST-03-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets skal ha ratt som styringsform**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk om systemet styres av et ratt. Vri på rattet for å se om det får respons fra hjulene.**Akseptkriteria:** Systemet styres av et ratt**Utstyr:****Kommentarer:** Rattet er hentet fra crosskart, som var tilgjengelig for prosjektgruppen**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 30 - T-SYS-ST-03-A Styreform A

**Test ID: T-SYS-ST-03-B****Test navn:** Styringsform B**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-SYS-ST-03-B**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets skal ha justerbart ratt som styringsform**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Teste om rattet til systemet kan justeres.**Akseptkriteria:** Rattet er justerbart**Utstyr:** Syn**Kommentarer:** Ratt kan justeres.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 31 - T-SYS-ST-03-B Styreform B

**Test ID: T-SYS-ST-04-A****Test navn:** Ratt test**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-SYS-ST-04-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets ratt skal være avtakbart**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Ta av rattet**Akseptkriteria:** Rattet kan tas av**Utstyr:** Syn**Kommentarer:** Rattet som vi hadde mulighet til å benytte kan ikke tas av. Systemet er fullstendig klar til avtakbart ratt skulle dette ønskes i neste iterasjon.**Endelig resultat:** Ikke godkjent

Tabell 32- T-SYS-ST-04-A Ratt test

**Test ID: T-SYS-ST-05-A****Test navn:** Hjulenes sammenstilling**Test dato:** 15.05.2016**Krav ID:** K-SYS-ST-05-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon ved demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets hjul skal ikke kunne kollidere med andre komponenter i systemet**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Vri styring maksimalt til venstre og maksimalt til høyre for å visuelt se om hjulene kolliderer med andre komponenter.**Akseptkriteria:** Hjulene roterer fritt uten kollisjon med interne komponenter.**Utstyr:** Syn**Kommentarer:** Solidworks ble benyttet. Hjul skal ikke kollidere med andre komponenter.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 33 - T-SYS-ST-05-A Hjulenes sammenstilling

**Test ID: T-SYS-ST-06-B****Test navn:** Selvoppretning**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-ST-06-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal ha selvoppretning av hjul når hastighet overskrider 10 km/t**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Kjøre systemet i hastigheter over 10 km/t, i fart skal det svinges, for å så slippe rattet og se om systemet retter seg opp og kjører rett.**Akseptkriteria:** Systemet selvopprettes i hastigheter over 10 km/t**Utstyr:** Syn**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 34 - T-SYS-ST-06-B Selvoppretning

**Test ID: T-SYS-ST-07-A****Test navn:** Vektfordeling på aksel**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-SYS-ST-07-A**Verifisert av:**  
Tord Hansen Kaasa  
Kåre Særen  
Ola Kurre Skinnes**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Fremre hjulaksel skal utsettes for en vektfordeling mellom 20-50% av systemets totalvekt, ved standard veiforhold\* og standard lastforhold\***Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Frakte systemet til statens vegvesen. Der totalvekten av systemet veies på vekten. Videre settes kun fremre hjul på vekten for å se hva vekten er på fremre aksel. Deler fremre akselvekt på totalvekt som vil gi oss prosentandel av vekten som er på fremre aksel.**Akseptkriteria:** Systemets totalvekt er fordelt mellom 20-50% på fremre aksel.**Utstyr:** Vekt Statensvegvesen**Kommentarer:****Endelig resultat:**

Tabell 35 - T-SYS-ST-07-A Vektfordeling på aksel

#### 4.4 Testing av system elektrisk

Test ID: T-SYS-EL-01-A	
Test navn: Koble på EL-systemet	Test dato:
Krav ID: K-SYS-EL-01-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets elektriske system skal kunne kobles på	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Koble på det elektriske systemet	
Akseptkriteria: Elektriske systemet kan kobles på	
Utstyr: Skrutrekker	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 36 - T-SYS-EL-01-A Koble på EL-systemet

Test ID: T-SYS-EL-02-A	
Test navn: Koble av EL-systemet	Test dato:
Krav ID: K-SYS-EL-02-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets elektriske system skal kunne kobles av	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Koble av det elektriske systemet	
Akseptkriteria: Elektriske systemet kan kobles av	
Utstyr: Skrutrekker	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 37- T-SYS-EL-02-A Koble av EL-systemet



**Test ID: T-SYS-EL-03-C****Test navn:** Bremselys**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-EL-03-C**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal ha bremselys på systemets bakpart**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk for å se det er montert bremselys på bakparten av systemet.**Akseptkriteria:** Bremselys er montert på bakparten.**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 38- T-SYS-EL-03-C Bremselys

**Test ID: T-SYS-EL-04-C****Test navn:** Lys i dashbord**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-EL-04-C**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal ha lys i dashbordet**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk for å se om det er lys i dashbordet.**Akseptkriteria:** Lys i dashbordet er montert.**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 39- T-SYS-EL-04-C Lys i dashbord

**Test ID: T-SYS-EL-05-C****Test navn:** Batteriindikator**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-EL-05-C**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal ha integrert batteriindikator**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Se etter en batteriindikator, la bilen stå på i noen timer for å så sjekke om nivået har sunket.**Akseptkriteria:** Det er montert batteriindikator**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 40- T-SYS-EL-05-C Batteriindikator

**Test ID: T-SYS-EL-06-B****Test navn:** Turteller**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-EL-06-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal ha integrert turteller**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Se om det er montert turteller, øke turtallet for å se om turtelleren øker i tråd med turtallet til motoren.**Akseptkriteria:** Det er montert turteller**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 41- T-SYS-EL-06-B Turteller

Test ID: T-SYS-EL-07-C	
Test navn: Drivstoffmåler	Test dato:
Krav ID: K-SYS-EL-07-C	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemet skal ha integrert drivstoffmåler	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Se om det er montert drivstoffmåler, fyller tanken for å se om drivstoffmåleren reagerer i samsvar med fyllingen.	
Akseptkriterier: Det er montert drivstoffmåler	
Utstyr:	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 42- T-SYS-EL-07-C Drivstoffmåler

## 4.5 Testing av karosseri material

Test ID: T-KAR-MA-01-A	
Test navn: Karosseri materiale A	Test dato: 09.05.2016
Krav ID: K-SYS-MA-01-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa Ola Kure Skinnes
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets karosseri skal være produsert i et komposittmateriale	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Visuell sjekk, se om det er brukt kompositt til produksjon av karosseri	
Akseptkriteria: Karosseri er produsert i kompositt	
Utstyr:	
Kommentarer: Karosseri er designet med en kompositt bestående av karbonfiber og epoxy.	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 43 - T-SYS-MA-01-A Karosseri materiale A

Test ID: T-KAR-MA-02-B	
Test navn: Karosseri kompositt	Test dato: 09.05.2016
Krav ID: K-SYS-MA-02-B	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa Ola Kure Skinnes
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets karosseri skal være produsert i karbonfiber	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Visuell sjekk, se om det er brukt karbonfiber til produksjon av karosseri	
Akseptkriteria: Karosseri er produsert i karbonfiber	
Utstyr:	
Kommentarer: Karosseri er designet med en kompositt bestående av karbonfiber og epoxy.	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 44 - T-SYS-MA-02-B Karosseri kompositt

**Test ID: T-KAR-MA-03-A****Test navn:** Karosseri levetid**Test dato:****Krav ID:** K-SYS-MA-03-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Simulering, Sertifisering**Kravbeskrivelse:** Systemets karosseri skal ha en levetid på over 10 år**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Bruke 3D-modellen i SW, kjøre en FEM-analyse for å simulere belastningen som oppstår på karosseriet i løpet av 10 år.**Akseptkriteria:** Karosseri består simulering av en 10 års periode**Utstyr:** Simuleringsprogram**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 45 - T-SYS-MA-03-A Karosseri levetid

## 4.6 Testing av karosseri design

Test ID: T-KAR-DE-01-A	
Test navn: Antall festepunkter karosseri	Test dato: 16.05.2016
Krav ID: K-KAR-DE-01-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa Ola Kure Skines
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Karosseriet skal ha maksimalt 10 festepunkter.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Telle alle festepunktene til karosseriet.	
Akseptkriteria: Karosseriet har ti eller færre festepunkter	
Utstyr:	
Kommentarer:	
Endelig resultat:	

Tabell 46 - T-SYS-DE-01-A Antall festepunkter karosseri

Test ID: T-KAR-DE-02-B	
Test navn: Orientering av festepunkter	Test dato: 16.05.2016
Krav ID: K-KAR-DE-02-B	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa Ola Kure Skines
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Systemets karosseri skal ha horisontalt monterte festepunkter.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Visuell sjekk, se på hver av festepunktene.	
Akseptkriteria: Festepunktene ser horisontal ut.	
Utstyr:	
Kommentarer:	
Endelig resultat:	

Tabell 47 - T-SYS-DE-02-B Orientering av festepunkter

**Test ID: T-KAR-DE-03-A****Test navn:** Frittstående karosseri**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-03-A**Verifisert av:**

Tord Hansen Kaasa

Ola Kure Skinnes

Karl Oskar Youngblom

**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets karosseri skal kunne stå egenhendig på flat mark uten at det oppstår varige deformasjoner**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Avmontere karosseriet, sette det på et tilsynelatende horisontalt gulv. La det stå litt for å så løfte det opp igjen og se om det har oppstått noe deformasjon på karosseriet.**Akseptkriteria:** Karosseriet står egenhendig uten at det oppstår varige deformasjoner.**Utstyr:****Kommentarer:** Karosseriet har ingen problemer med å stå egenhendig**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 48- T-SYS-DE-03-A Frittstående karosseri

**Test ID: T-KAR-DE-04-A****Test navn:** Antall løftepunkter**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-04-A**Verifisert av:**

Tord Hansen Kaasa

Ola Kurre Skinnes

Karl Oskar Youngblom

**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets karosseri skal ha minimum fire forsterkede løftepunkter for av/på løfting**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk, ser etter punkter som har blitt forsterket. Telle antall.**Akseptkriteria:** Karosseriet har minimum 4 løftepunkter**Utstyr:****Kommentarer:** Karosseriet har X forsterkede løftepunkter**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 49- T-SYS-DE-04-A Antall løftepunkter

**Test ID: T-KAR-DE-05-A****Test navn:** Løftepunkt bredde**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-05-A**Verifisert av:**

Tord Hansen Kaasa

Ola Kurre Skinnes

Karl Oskar Youngblom

**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Alle løftepunkter skal være lengre enn 15 cm**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Bruke målebånd for å sjekke hvor lange de forsterkede løftepunktene er.**Akseptkriteria:** Løftepunktene er mer enn 15 cm**Utstyr:** Målebånd**Kommentarer:** Løftepunktene er xx cm lange**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 50- T-SYS-DE-05-A Løftepunkt bredde

**Test ID: T-KAR-DE-06-A****Test navn:** Løftepunkt styrke**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-06-A**Verifisert av:**

Tord Hansen Kaasa

Ola Kurre Skinnes

Karl Oskar Youngblom

**Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Alle løftepunkter skal tåle minimum 80% av karosseriets totalvekt**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Lage etterligninger av løftepunktene. Etterligningene skal så testes i strekkmaskin og trykkmaskin for å finne ut materialet sin styrke.**Akseptkriteria:** Etterligningene av løftepunktene tåler mer enn 80% av totalvekt**Utstyr:** Samme materialer som på karosseriet, strekkmaskin og trykkmaskin.**Kommentarer:** Materialet har en målt strekkfasthet på minst 444 MPa. 80% av vekten av karosseriet alene (under 10 kg) vil ikke kunne gi denne spenningen.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 51- T-SYS-DE-06-A Løftepunkter styrke



**Test ID: T-KAR-DE-07-A****Test navn:** Slippvinkel**Test dato:** 09.05.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-07-A**Verifisert av:** Kåre Særen, Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Alle flater i karosseriet skal ha en slippvinkel på minimum 2°.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk, ser om karosseriet løsner fra støpeform.**Akseptkriteria:** Karosseriet blir separert fra støpeform**Utstyr:****Kommentarer:** Innvendige mål ble verifisert godkjente før støpeformen ble laget. Karosseriet løsnet fra støpeformen uten problemer.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 52 - T-KAR-DE-07-A Slippvinkel

**Test ID: T-KAR-DE-08-A****Test navn:** Kjervradius**Test dato:** 08.03.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-08-A**Verifisert av:** Kåre Særen**Verifikasjonsmetode:** Analyse av modell i CAD-program**Kravbeskrivelse:** Alle kjerver i karosseriet skal overstige en radius på 3mm**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Bruker 3D-modellen i SW, gjør et overflatesøk i programmet for å sjekke om det er kjerver som er 3mm eller mindre.**Akseptkriteria:** Ingen kjerver er under 3mm**Utstyr:** SolidWorks, PC som kan drive SW.**Kommentarer:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 53 - T-KAR-DE-08-A Kjervradius

**Test ID: T-KAR-DE-09-A****Test navn:** Sponsorplass**Test dato:** 07.03.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-09-A**Verifisert av:** Kåre Særen, Ola Kure Skines**Verifikasjonsmetode:** Analyse av modell i CAD-program**Kravbeskrivelse:** Karosseriets utvendige side skal minimum ha 0,5m<sup>2</sup> tilgjengelig overflate for sponsorlogoer.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Bruke CAD-program for å måle opp området**Akseptkriteria:** Det er 0,5m<sup>2</sup> ledig plass**Utstyr:** SolidWorks, PC som kan drive SW.**Kommentarer:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 54 - T-KAR-DE-09-A Sponsorplass

**Test ID: T-KAR-DE-10-A****Test navn:** Dashbordplass**Test dato:****Krav ID:** K-KAR-DE-10-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Analyse av modell i CAD-program**Kravbeskrivelse:** Systemets karosseri skal ha minimum 700cm<sup>2</sup> tilgjengelig plass i cockpit til dashbord.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Bruke CAD-program for å måle opp område som skal brukes til dashbord.**Akseptkriteria:** Det er 700cm<sup>2</sup> tilgjengelig plass**Utstyr:** Solid Works, PC som kan drive SW.**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 55 - T-KAR-DE-10-A Dashbordplass

**Test ID: T-KAR-DE-11-B****Test navn:** Dashbordmateriale**Test dato:****Krav ID:** K-KAR-DE-11-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemets dashbord skal produseres i karbonfiber.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk, se hvilket materiale som er brukt til produksjon av dashbord.**Akseptkriteria:** Dashbordet er produsert i karbonfiber**Utstyr:****Kommentarer:** Komponent ikke designet**Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 56 - T-KAR-DE-11-B Dashbordmateriale

**Test ID: T-KAR-DE-12-A****Test navn:** Førerhusbredde**Test dato:****Krav ID:** K-KAR-DE-12-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Førerhusets totalbredde skal overstige 70 cm**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Måle opp bredden av førerhuset.**Akseptkriteria:** Det er over 70cm bredde i cockpiten**Utstyr:** Måleband**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 57 - T-KAR-DE-12-A Førerhusbredde

**Test ID: T-KAR-DE-13-A****Test navn:** Førerhuslengde**Test dato:** XX.OY.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-13-A**Verifisert av:** Kåre Særen**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Lengden fra sete til pedaler, målt fra setets bakdel, skal ikke være mindre enn 115cm.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Måle opp lengden fra sete til pedaler.**Akseptkriteria:** Det er over 115 cm avstand fra setets bakdel frem til pedaler**Utstyr:** Måleband**Kommentarer:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 58 - T-KAR-DE-13-A Førerhuslengde

**Test ID: T-KAR-DE-14-A****Test navn:** CNC-fres**Test dato:** XX.OY.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-14-A**Verifisert av:** Kåre Særen**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon på Solid Works**Kravbeskrivelse:** Karosseriet skal designes slik at en CNC-fres skal kunne frese ut en støpeform med vertikalt frese-holde**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Fresens holde modelleres opp og visuell sjekk foretas om modellen kommer til over hele karosseriformen.**Akseptkriteria:** Ingen interference mellom modellert fresehode og karosseriform**Utstyr:** Solid Works**Kommentarer:** Etter flere redesign, kommer fresehodet til over hele modellen**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 59 - T-KAR-DE-14-A CNC-fres

## 4.7 Testing av ramme material

Test ID: T-RAM-MA-01-A	
Test navn: Sammenføring	Test dato: 08.05.2016
Krav ID: K-RAM-MA-01-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Rammens materiale skal kunne sammenføres ved sveising eller liming.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Produserer etterligninger av skjøtepunkter. Etterligningene strekktestes i strekkmaskin.	
Akseptkriteria: Sammenføringen har minimum 80% av styrken til materialet.	
Utstyr: Strekkmaskin og bøymaskin.	
Kommentarer: Strekktesting ikke foretatt. Forsikring av produsent om sveiseegenskapene til valgt materiale E235.	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 60- T-RAM-MA-01-A Sammenføring

Test ID: T-RAM-MA-02-A	
Test navn: Norsk stål produktvalg	Test dato: 08.05.2016
Krav ID: K-RAM-MA-02-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Materialer i metall skal kunne hentes fra Norsk Ståls produktsortiment.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Se igjennom bestillingene av metallmaterialer. Inspisere om alt er bestilt fra Norsk Stål.	
Akseptkriteria: Materialer brukt står i produktsortimentet og er bestilt fra Norsk Stål	
Utstyr: Produktheft fra Norsk Stål	
Kommentarer: valgt materiale er tilgjengelig i produktheftet. Ble verifisert av Vegard Fosli at materiale er på lager i Horten.	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 61 - T-RAM-MA-02-A Norsk Stål produktvalg

Test ID: T-RAM-MA-03-C	
Test navn: Komposittramme	Test dato: 08.05.2016
Krav ID: K-RAM-MA-03-C	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Rammematerialet skal være bygd opp av karbonfiberkompositt.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Visuell sjekk, se hvilket materiale som er brukt til produksjon av rammen.	
Akseptkriteria: Rammen er bygd opp av karbonfiberkompositt	
Utstyr:	
Kommentarer: Vi har valgt å benytte stål til rammen, da dette passer bedre prosjektets tidsramme	
Endelig resultat: Ikke godkjent	

Tabell 62 - T-RAM-MA-03-C Komposittramme

## 4.8 Testing av ramme design

Test ID: T-RAM-DE-01-A	
Test navn: Jekkepunkter	Test dato: 16.05.2016
Krav ID: K-RAM-DE-01-A	Verifisert av: Ola Kure Skinnes, Kåre Særen
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon	
Kravbeskrivelse: Rammen skal ha minimum ett jekkepunkt på hver av langsidene.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Visuell sjekk, se etter jekkepunkter på langsidene.	
Akseptkriteria: Det er ett eller flere jekkepunkter på hver av langsidene	
Utstyr:	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 63 - T-RAM-DE-01-A Jekkepunkter

Test ID: T-RAM-DE-02-A	
Test navn: Jekkepunkt styrke	Test dato: 16.052016
Krav ID: K-RAM-DE-02-A	Verifisert av: Ola Kure Skinnes, Kåre Særen
Verifikasjonsmetode: Analyse	
Kravbeskrivelse: Jekkepunkter på rammen skal tåle 80% av systemets totalvekt uten at materialet utsettes for varig deformasjon.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Regne ut jekkepunktene sin styrke ut ifra materiale og dimensjoner.	
Akseptkriteria: Jekkepunktene tåler 80% eller mer av systemets totalvekt	
Utstyr: Pen, papir og kalkulator.	
Kommentarer: Simuleringer viser at jekkepunkter tåler mer enn 80 %	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 64 - T-RAM-DE-02-A Jekkepunkt styrke

**Test ID: T-RAM-DE-03-A****Test navn:** Ledig plass ramme**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-RAM-DE-03-A**Verifisert av:**  
Kåre Særen  
Ola Kure Skinnes  
Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Rammen skal ha et sammenhengende rektangulært område, uten noen komponenter, på minimum 0,2 m<sup>2</sup>, for fremtidig utviding av systemet.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Måle opp området som er blitt spart til fremtidige komponenter.**Akseptkriteria:** Det er et ledig rektangel som er 0,2 m<sup>2</sup> eller mer.**Utstyr:** Målebånd og kalkulator**Kommentarer:****Endelig resultat:***Tabell 65 - T-RAM-DE-03-A Ledig plass ramme*



## 4.9 Testing av ramme teknisk

Test ID: T-RAM-TE-01-A	
<b>Test navn:</b> Rammestyrke sete A	<b>Test dato:</b> 16.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-RAM-TE-01-A	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen, Tord Hansen Kaasa, Ola Kure Skinnes
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Analyse	
<b>Kravbeskrivelse:</b> Rammen skal tåle 100 kg påsatt ved festepunktet mot sete, med en sikkerhetsfaktor på 2.	
Testinformasjon	
<b>Testbeskrivelse:</b> Bruker 3D-modellen og kjører FEM analyse (styrkeberegning) av punktene	
<b>Akseptkriteria:</b> FEM-analysen godkjenner ønsket belastning mot gitt sikkerhetsfaktor	
<b>Utstyr:</b> SolidWorks, PC som kan drive SW	
<b>Kommentarer:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 66 - T-RAM-TE-01-A Rammestyrke sete A

Test ID: T-RAM-TE-01-B	
<b>Test navn:</b> Rammestyrke sete B	<b>Test dato:</b> 16.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-RAM-TE-01-B	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen, Ola Kure Skinnes, Tord Hansen Kaasa
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Analyse	
<b>Kravbeskrivelse:</b> Rammen skal tåle 150 kg påsatt ved festepunktet mot sete, med en sikkerhetsfaktor på 2.	
Testinformasjon	
<b>Testbeskrivelse:</b> Bruker 3D-modellen og kjører FEM analyse (styrkeberegning) av punktene	
<b>Akseptkriteria:</b> FEM-analysen godkjenner ønsket belastning mot gitt sikkerhetsfaktor	
<b>Utstyr:</b> SolidWorks, PC som kan drive SW	
<b>Kommentarer:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 67 - T-RAM-TE-01-B Rammestyrke sete B

**Test ID: T-RAM-TE-02-A****Test navn:** Rammevekt A**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-RAM-TE-02-A**Verifisert av:**  
Kåre Særen  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom  
Ola Kure Skinneres**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Rammens totalvekt skal ikke overstige 100kg**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Setter rammen oppå en badevekt.**Akseptkriteria:** Rammen veier under 100kg**Utstyr:** Vekt**Kommentarer:** Rammens totalvekt er på 32 kg**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 68 - T-RAM-TE-02-A Rammevekt A

**Test ID: T-RAM-TE-02-B****Test navn:** Rammevekt B**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-RAM-TE-02-B**Verifisert av:**  
Kåre Særen  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom  
Ola Kure Skinneres**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Rammens totalvekt bør ikke overstige 60kg**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Setter rammen oppå en badevekt**Akseptkriteria:** Rammen veier under 60kg**Utstyr:** Vekt**Kommentarer:** Rammens totalvekt er på 32 kg**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 69 - T-RAM-TE-02-B Rammevekt B

**Test ID: T-RAM-TE-02-C****Test navn:** Rammevekt**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-RAM-TE-02-C**Verifisert av:**

Kåre Særen

Tord Hansen Kaasa

Karl Oskar Youngblom

Ola Kure Skinnes

**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Rammens totalvekt kan være under 30kg**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Setter rammen oppå en badevekt**Akseptkriteria:** Rammen veier under 30kg**Utstyr:** Vekt**Kommentarer:** Rammens totalvekt er på 32 kg**Endelig resultat:** Ikke godkjent

Tabell 70 - T-RAM-TE-02-C Rammevekt C

## 4.10 Testing av drivlinje funksjoner

Test ID: T-DRI-FU-01-A	
Test navn: Drift fremover	Test dato:
Krav ID: K-DRI-FU-01-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemet skal kunne kjøre fremover ved hjelp av intern drivkraft.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Setter en person i systemet, sjekker om det kan kjøre fremover.	
Akseptkriteria: Systemet kjører fremover	
Utstyr:	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 71 - T-DRI-FU-01-A Drift fremover

Test ID: T-DRI-FU-02-B	
Test navn: Drift bakover	Test dato:
Krav ID: K-DRI-FU-02-B	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemet skal kunne kjøre bakover ved hjelp av intern drivkraft.	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Setter en person i systemet, sjekker om det kan kjøre bakover.	
Akseptkriteria: Systemet kjører bakover	
Utstyr:	
Kommentarer:	
Endelig resultat: Ikke testet	

Tabell 72 - T-DRI-FU-02-B Drift bakover

**Test ID: T-DRI-FU-03-A****Test navn:** Stoppe systemet**Test dato:****Krav ID:** K-DRI-FU-03-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal stoppe ved bruk av interne komponenter.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Setter en person i systemet, sjekker om det kan stoppe systemet når det er i bevegelse**Akseptkriteria:** Systemet stoppes av interne komponenter**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 73 - T-DRI-FU-03-A Stoppe systemet

**Test ID: T-DRI-FU-04-B****Test navn:** Manuell drivkraftjustering**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-DRI-FU-04-B**Verifisert av:**  
Karl Oskar Youngblom  
Kåre Særen**Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets drivkraft skal kunne justeres ved hjelp av manuell pedal i cockpit.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Setter en person i systemet, sjekker om det kan justere drivkraften ved hjelp av pedalene i cockpiten.**Akseptkriteria:** Kan justere drivkraften manuelt ved bruk av pedal i cockpit.**Utstyr:****Kommentarer:** Testet systemets drift på crosskart.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 74 - T-DRI-FU-04-B Manuell drivkraftjustering

**Test ID: T-DRI-FU-05-B****Test navn:** Manuell bremsekraftjustering**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-DRI-FU-05-B**Verifisert av:**  
Karl Oskar Youngblom  
Kåre Særen**Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets bremsekraft skal kunne justeres ved hjelp av manuell pedal i cockpit.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Setter en person i systemet, sjekker om det kan justere bremsekraften ved hjelp av pedalene i cockpiten.**Akseptkriteria:** Kan justere bremsekraften manuelt ved bruk av pedal i cockpit.**Utstyr:****Kommentarer:** Testet ved crosskart. Fungerer. Bremsene vil adapteres til vårt system**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 75 - T-DRI-FU-05-B Manuell bremsekraftjustering

**Test ID: T-DRI-FU-06-B****Test navn:** Systemet i fri**Test dato:****Krav ID:** K-DRI-FU-06-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal kunne trilles uten intern motstand.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Skyve systemet på horisontal bakke**Akseptkriteria:** Systemet ruller uten intern motgang**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 76 - T-DRI-FU-06-B Systemet i fri

**Test ID: T-DRI-FU-07-B****Test navn:** Akseldrift**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-DRI-FU-07-B**Verifisert av:**  
Ola Kure Skinnes  
Kåre Særen  
Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal sørge for en energioverføring fra motor til bakre hjulaksel**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk, se om drivkraften overføres til bakre aksel**Akseptkriteria:** Systemet drives av bakre aksel.**Utstyr:****Kommentarer:** Systemets design er bakhjulsdrevet. Dermed vil motor gi energi til bakre aksel.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 77 - T-DRI-FU-07-B Akseldrift

**Test ID: T-DRI-FU-08-A****Test navn:** Start**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-DRI-FU-08-A**Verifisert av:** Ola Kure Skinnes**Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal kunne startes ved hjelp av nøkkel i cockpit.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Starte systemet ved bruk av nøkkel**Akseptkriteria:** Systemet starter**Utstyr:** Nøkkel**Kommentarer:** Systemet vil adapteres fra crosskart som startes ved nøkkel. Følgelig vil vårt system startes med samme nøkkel.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 78 - T-DRI-FU-08-A Start

**Test ID: T-DRI-FU-09-A****Test navn:** Stopp**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-DRI-FU-09-A**Verifisert av:** Ola Kure Skinnes**Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal kunne stoppes ved hjelp av nøkkel i cockpit.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Stoppe systemet ved bruk av nøkkel**Akseptkriteria:** Systemet stopper**Utstyr:** Nøkkel**Kommentarer:** Systemet vil adapteres fra crosskart som stoppes ved nøkkel. Følgelig vil vårt system stoppes med samme nøkkel.**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 79 - T-DRI-FU-09-A Stopp

**Test ID: T-DRI-FU-10-B****Test navn:** Bremselysaktivering**Test dato:****Krav ID:** K-DRI-FU-10-B**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Bremselys skal kunne aktiveres ved bruk av bremsepedal**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Se om bremselys aktiveres ved bruk av bremsepedal, trykke på bremsepedalen for å se om det lyser på bremselyset.**Akseptkriteria:** Bremselys lyser ved bruk av bremsepedal**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 80 - T-DRI-FU-10-B Bremselysaktivering



Test ID: T-DRI-FU-11-A	
Test navn: Hjul	Test dato: 22.04.2016
Krav ID: K-DRI-FU-11-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
Kravbeskrivelse: Systemet skal ha 4 hjul	
Testinformasjon	
Testbeskrivelse: Visuell sjekk, se om det er 4 hjul	
Akseptkriteria: Systemet bruker 4 hjul	
Utstyr:	
Kommentarer: Visuell sjekk av modell og dokumentasjon slår fast at systemet skal ha 4 hjul	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 81 - T-DRI-FU-11-A Hjul

### 4.1.1 Testing av sikkerhet system

Test ID: T-SIK-SY-01-A	
Test navn: Låsbare hjul A	Test dato:
Krav ID: K-SIK-SY-01-A	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets hjul skal være låsbare slik at systemet skal kunne stå på en 5° helling, ved standard veiforhold, uten av systemet har noe målbar bevegelse.	
Testinformasjon	
<b>Testbeskrivelse:</b> Finne en bakke som er 5° helling. Det gjøres ved hjelp av laser og utregninger. Konstruerer trekant for å se hvilke helling det er på bakken.	
<b>Akseptkriteria:</b> Systemet klarer egenhendig å stå i ro på 5° helling	
<b>Utstyr:</b> Laser og målebånd.	
<b>Kommentarer:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Ikke testet	

Tabell 82 - T-SIK-SY-01-A Låsbare hjul A

Test ID: T-SIK-SY-01-B	
Test navn: Låsbare hjul B	Test dato:
Krav ID: K-SIK-SY-01-B	Verifisert av:
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon	
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets hjul skal være låsbare slik at systemet skal kunne stå på en 10° helling, ved standard veiforhold, uten av systemet har noe målbar bevegelse.	
Testinformasjon	
<b>Testbeskrivelse:</b> Finne en bakke som er 10° helling. Det gjøres ved hjelp av laser og utregninger. Konstruerer trekant for å se hvilke helling det er på bakken.	
<b>Akseptkriteria:</b> Systemet klarer egenhendig å stå i ro på 10° helling	
<b>Utstyr:</b>	
<b>Kommentarer:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Ikke testet	

Tabell 83 - T-SIK-SY-01-B Låsbare hjul B

**Test ID: T-SIK-SY-01-C****Test navn:** Låsbare hjul C**Test dato:****Krav ID:** K-SIK-SY-01-C**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemets hjul skal være låsbare slik at systemet skal kunne stå på en 15° helling, ved standard veiforhold, uten at systemet har noe målbar bevegelse.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Finne en bakke som er 15° helling. Det gjøres ved hjelp av laser og utregninger. Konstruerer trekant for å se hvilke helling det er på bakken.**Akseptkriteria:** Systemet klarer egenhendig å stå i ro på 15° helling**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 84 - T-SIK-SY-01-C Låsbare hjul C

**Test ID: T-SIK-SY-02-A****Test navn:** Hjullås veksling**Test dato:****Krav ID:** K-SIK-SY-02-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Hjullås skal kunne veksles av/på fra systemets cockpit.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Sjekke om fører kan skru hjullås av/på fra førerstedet.**Akseptkriteria:** Hjullås går av/på**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 85 - T-SIK-SY-02-A Hjullås veksling

**Test ID: T-SIK-SY-03-A****Test navn:** Utslipp**Test dato:****Krav ID:** K-SIK-SY-03-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Alle utslippsgasser skal slippes ut minimum 50 cm bak bakre del av cockpit.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Måle opp avstand fra cockpit og til nærmeste utslipp.**Akseptkriteria:** Avstand cockpit-utslipp er 50cm eller mer**Utstyr:** Målebånd**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 86 - T-SIK-SY-03-A Utslipp

**Test ID: T-SIK-SY-04-A****Test navn:** Sikkerhetsbelte**Test dato:****Krav ID:** K-SIK-SY-04-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Kravbeskrivelse:** Systemet skal være utstyrt med et justerbart sikkerhetsbelte.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Teste om sikkerhetsselen kan bli justert.**Akseptkriteria:** Beltet justeres**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** ikke testet

Tabell 87 - T-SIK-SY-04-A Sikkerhetsbelte

**Test ID: T-SIK-SY-05-A****Test navn:** Sikkerhetsbelte materiale**Test dato:****Krav ID:** K-SIK-SY-05-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Sikkerhetsbelte skal ha en metall mot metall lås**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Visuell sjekk, se hvordan materiale som er brukt**Akseptkriteria:** Det er metall mot metall lås i sikkerhetsbeltet**Utstyr:****Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

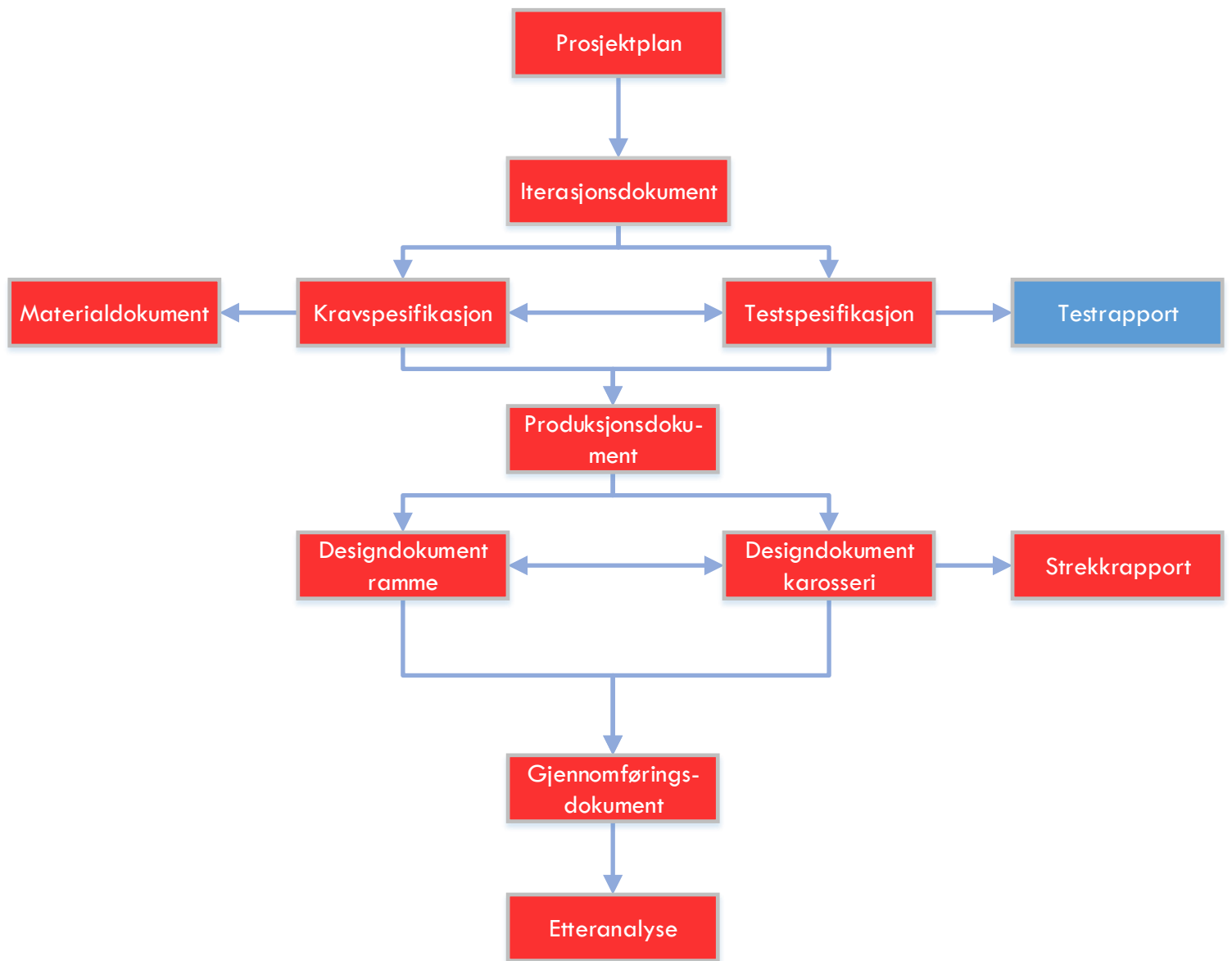
Tabell 88 - T-SIK-SY-05-A Sikkerhetsbelte materiale

**Test ID: T-SIK-SY-06-A****Test navn:** Motorrom temperatur**Test dato:****Krav ID:** K-SIK-SY-06-A**Verifisert av:****Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Kravbeskrivelse:** Ambient temperatur i motorrom skal ikke overstige karosserimaterialets glassovergangstemperatur (Tg) under drift.**Testinformasjon****Testbeskrivelse:** Måle temperatur i motorrom etter drift. Bruke varmesensor for å sjekke hvilke temperatur det er i motorrom.**Akseptkriteria:** Temperatur i motorrom er under Tg til karosserimaterialet.**Utstyr:** Varmesensor**Kommentarer:****Endelig resultat:** Ikke testet

Tabell 89 - T-SIK-SY-06-A Motorrom temperatur

## 5.0 Referanser

1. Testing for Transportation Management Systems: Q & A, sist besøkt 16.05.2016.  
[http://tmcps.ops.fhwa.dot.gov/cfprojects/uploaded\\_files/Final%20Q&A.pdf](http://tmcps.ops.fhwa.dot.gov/cfprojects/uploaded_files/Final%20Q&A.pdf)
2. «Systems engineering» leksjonsnotater fra vår 2014. Module 10 Verification & Validation and risk assessment.
3. Chamieh C. *Systems engineering for dummies*. Wiley Publishing. 2011.
4. Stevens R, Brook P, Jackson K, Arnold S. *Systems engineering coping with complexity*. 1. ed. Prentice Hall Europe. 1998.





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Testrapport

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
1.0	23.05.2016	TH	KO	23

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



## Sammendrag

Testrapport er en komplett liste over alle tester gjennomført i forbindelse med prosjektet. Testene er beskrevet kort og konsist, av hensyn til lesbarhet. Ønskes det en komplett liste over alle tester som validerer systemets egenskaper referer til dokumentet testspesifikasjon.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
0.1	22.04.2016	TH	Opprettelse av dokument
0.2	15.05.2016	OS	Utgivelse av gjennomførte tester
1.0	19.05.2016	KO	Ferdigstilling

## Innhold

1.0	Introduksjon.....	5
2.0	System testrapport.....	6
3.0	Karosseri testrapport.....	10
4.0	Ramme testrapport .....	16
5.0	Drivlinje testrapport.....	20
6.0	Sikkerhet testrapport.....	23

## Liste over figurer

Fant ingen figurlisteoppføringer.

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk.....	3
Tabell 2 - Mal for testrapport.....	5
Tabell 3 - Oppmålings test .....	6
Tabell 4 – Totaltyngde test.....	6
Tabell 5 – Test for modulært design.....	7
Tabell 6 – Materialer og innfesting .....	7
Tabell 7 – Test av styremetode .....	8
Tabell 8 – Hjulposisjon .....	8
Tabell 9- Vektfordelingstest .....	9
Tabell 10 – Karosserimateriale .....	10
Tabell 11 – Test av festepunkter .....	11
Tabell 12 – Test av karosseristyrke .....	11
Tabell 13 – Karosseri løftepunkter.....	12
Tabell 14- Test 1 av karosserikjerver og slipvinkler.....	12
Tabell 15 - Test 2 av karosserikjerver og slipvinkler .....	13
Tabell 16 – Sponsorplassering.....	13
Tabell 17- Test av pedalplassering .....	14
Tabell 18 – CNC fres test 1.....	14
Tabell 19 – CNC fres test 2.....	15
Tabell 20 – CNC fres test 3.....	15

---

Tabell 21 – Rammemateriale test.....	16
Tabell 22 – Rammemateriale kompositt.....	16
Tabell 23 – Test av jekkepunkter .....	17
Tabell 24 – Test av tilgjengelig plass.....	17
Tabell 25 – Test 1 av rammestyrke .....	18
Tabell 26 – Test 2 av rammestyrke .....	18
Tabell 27 – Ramme totalvekt test.....	19
Tabell 28 – Test av pedaler .....	20
Tabell 29 – Test av energioverføring .....	21
Tabell 30 – Test av nøkkelfunksjon.....	21
Tabell 31 – Antall hjul.....	22

## 1.0 Introduksjon

Dette dokumentet inneholder resultatene til gjennomførte tester. Testene blir presentert etter kategori og testidentifikasjons nr. På bakgrunn av at den fysiske modellen ikke er klar til levering vil en del av kravene verifiseres ved analyser på våre virtuelle modeller på Solid Works. For ytterligere informasjon om gjennomføring av testene vennligst se dokumentet testspesifikasjon, der står det hvordan testene skal utføres på den fysiske modellen. Vi gjør oppmerksom på at systemet ikke er fullstendig verifisert og validert før testene er utført på det fysiske produktet.

Test ID: T-SYS-SP-01-B : TEST NAVN	
<b>Dokument:</b> Her skrives tilhørende dokument	<b>Test dato:</b> 31.01.2016
<b>Krav ID:</b> Krav id til alle krav som testes	<b>Verifisert av:</b>
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Demonstrasjon	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Her kopieres kravbeskrivelsen fra alle krav som testes	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Hva forventer vi å oppnå?	
<b>Faktiske resultater:</b> Hva oppnådde vi?	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b>	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent/ ikke godkjent	

Tabell 2 - Mal for testrapport

## 2.0 System testrapport

Test ID: T-SYS-SP-07/08-A/B/C: Oppmåling av system	
<b>Dokument:</b> Designdokument karosseri	<b>Test dato:</b> 09.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-SYS-SP-07-A, K-SYS-SP-07-B, K-SYS-SP-07-C K-SYS-SP-08-A, K-SYS-SP-08-B, K-SYS-SP-08-C	<b>Verifisert av:</b> Tord Hansen Kaasa
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Demonstrasjon måling	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets totallengde skal ikke overstige 3,5/3,0/2,8 meter. Systemets totallbredde skal ikke overstige 2/1,5/1,2 meter.	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Det utformede produktet er innenfor designparametere beskrevet	
<b>Faktiske resultater:</b> Systemet tilfredsstiller de aktuelle A og B krav, C krav tilfredsstilles ikke	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 2	
<b>Feilbeskrivelse:</b> System tilfredsstiller ikke krav K-SYS-SP-07-C, systemet er 3,0 m. System tilfredsstiller ikke krav K-SYS-SP-08-C, da systemet har en hjulbredde på X,x m.	
<b>Forbedring:</b> Neste iterasjon kan forkortes noe, men da må interne deler byttes. Anbefales ikke.	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 3 - Oppmålings test

Test ID: T-SYS-SP-09-A/B/C: System totaltyngde	
<b>Dokument:</b> Designdokument ramme	<b>Test dato:</b> 15.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-SYS-SP-09-A, K-SYS-SP-09-B, K-SYS-SP-09-C	<b>Verifisert av:</b> Tord Hansen Kaasa
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Demonstrasjon måling	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets totalvekt skal ikke overstige 250/200/100 kg.	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Systemet totalvekt er mindre innenfor beskrevne parametere	
<b>Faktiske resultater:</b> Systemets totalvekt er under 200 kg.	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 4 – Totaltyngde test

**Test ID: T-SYS-SP-10-A: Modulært design****Dokument:** Designdokument ramme**Test dato:** 15.05.2016**Krav ID:** K-SYS-SP-10-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Dokumentgjennomgang**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:**

Systemet skal ha et modulært design.

**Testinformasjon****Forventede resultater:** Systemet er bygget opp av moduler som kan byttes ut**Faktiske resultater:** Ramme, karosseri, motor og diverse drivdeler er utbyttbare**Informasjon****Antall feil:** 0**Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 5 – Test for modulært design

**Test ID: T-SYS-MA-01/02-A: Materialer og innfesting****Dokument:** Designdokument ramme**Test dato:** 18.05.2016**Krav ID:** K-SYS-MA-01-A, K-SYS-MA-02-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:**

Stål og aluminium skal ikke være i kontakt med hverandre for å unngå galvanisk korrosjon. Alle bolter i systemet skal være av ISO standard.

**Testinformasjon****Forventede resultater:** Alle bolter er av internasjonal standard og alle innfestninger har en pakning for å skille stål og aluminium.**Faktiske resultater:** Våre valg av bolter og pakninger tilfredsstiller alle aktuelle krav**Informasjon****Antall feil:** 0**Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 6 – Materialer og innfesting

**Test ID: T-SYS-ST-03-A/B, T-SYS-ST-04-A: Styremetode****Dokument:** Designdokument ramme**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:**

K-SYS-ST-03-A, K-SYS-ST-03-B, K-SYS-ST-04-A

**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:**

Systemet skal ha ratt som styringsform

Systemet skal ha justerbart ratt som styringsform

Systemets ratt skal være avtakbart.

**Testinformasjon****Forventede resultater:** Systemet har ratt, som kan justeres og tas av**Faktiske resultater:** Systemets styringsform kan ikke tas av**Informasjon****Antall feil:** 1**Feilbeskrivelse:** Rattet kan ikke avmonteres**Forbedring:** HSN kan kjøpe et annet ratt for systemets neste iterasjon**Endelig resultat:** K-SYS-ST-03-A, K-SYS-ST-03-B Godkjent, K-SYS-ST-04-A Ikke godkjent

Tabell 7 – Test av styremetode

**Test ID: T-SYS-ST-05-A: Hjulposisjon****Dokument:** Designdokument ramme**Test dato:** 15.05.2016**Krav ID:** K-SYS-ST-05-A**Verifisert av:** Tord Hansen Kaasa**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon Solid Works**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:** Systemets hjul skal ikke kunne kollidere med andre komponenter i systemet.**Testinformasjon****Forventede resultater:** Hjulene kolliderer ikke med andre elementer i systemet under drift**Faktiske resultater:** Hjulene er plassert slik at de teoretisk ikke skal kollidere med system**Informasjon****Antall feil:** 0**Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 8 – Hjulposisjon

**Test ID: T-SYS-ST-07-A: Sysmets vektfordeling****Dokument:** Designdokument ramme**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:** K-SYS-ST-07-A**Verifisert av:**  
Tord Hansen Kaasa  
Kåre Særen  
Ola Kurre Skinnes**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon Solid Works**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:** Fremre hjulaksel skal utsettes for en vektfordeling mellom 20-50 % av systemets totalvekt, ved standard veiforhold og standard lastforhold.**Testinformasjon****Forventede resultater:** Fremre hjul belastes med en vektprosent innenfor den angitte grensen**Faktiske resultater:****Informasjon****Antall feil:****Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:**

Tabell 9- Vektfordelingstest



### 3.0 Karosseri testrapport

Test ID: T-KAR-MA-01-A, T-KAR-MA-02-B: Karosserimateriale	
<b>Dokument:</b> Teknologidokument karosserimateriale	<b>Test dato:</b> 09.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-MA-01-A K-KAR-MA-02-B	<b>Verifisert av:</b> Tord Hansen Kaasa Ola Kurre Skinnes
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Inspeksjon, dokumentgjennomgang	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets karosseri skal være produsert i et komposittmateriale Systemets karosseri skal produseres i et karbonfiberforsterket komposittmateriale (CFRP)	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Karosseriet er designet med komposittmateriale, da helst en CFRP	
<b>Faktiske resultater:</b> Karosseriet er designet med et CFRP materiale	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 10 – Karosserimateriale

**Test ID: T-KAR-DE-01-A, T-KAR-DE-02-B: Festepunkter karosseri****Dokument:** Designdokument karosseri**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:**

K-KAR-DE-01-A

K-KAR-DE-02-B

**Verifisert av:**

Tord Hansen Kaasa

Ola Kurre Skinnes

**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:**

Systemets karosseri skal ha maksimalt 10 festepunkter.

Systemets karosseri skal ha horisontalt monterte festepunkter.

**Testinformasjon****Forventede resultater:** Karosseri har mindre enn 10 festepunkter mot ramme.**Faktiske resultater:** Karosseriet har 4 eller 6 festepunkter, dette er færre enn 10.**Informasjon****Antall feil:** 0**Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:** Godkjent*Tabell 11 – Test av festepunkter***Test ID: T-KAR-DE-03-A: Karosseri struktur****Dokument:** Designdokument karosseri**Test dato:** 16.05.2016**Krav ID:**

K-KAR-DE-03-A

**Verifisert av:**

Tord Hansen Kaasa, Ola Kurre Skinnes, Karl

Oskar Youngblom

**Verifikasjonsmetode:** Demonstrasjon**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:** Systemets karosseri skal kunne stå egenhendig på flat mark uten at det oppstår varige deformasjoner.**Testinformasjon****Forventede resultater:** Karosseriet kan stå uten støtte uten å bli ødelagt**Faktiske resultater:** Karosseriet klarer å stå egenhendig**Informasjon****Antall feil:** 0**Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:** Godkjent*Tabell 12 – Test av karosseristyrke*

**Test ID: T-KAR-DE-04/5/6-A: Karosseri løftepunkter**

<b>Dokument:</b> Designdokument karosseri	<b>Test dato:</b> 16.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-04-A, K-KAR-DE-05-A, K-KAR-DE-06-A	<b>Verifisert av:</b> Tord Hansen Kaasa, Ola Kurre Skinnes, Karl Oskar Youngblom
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Demonstrasjon, inspeksjon	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets karosseri skal ha minimum fire forsterkede løftepunkter for av/på løfting Alle løftepunkter skal være lengre enn 15 cm Alle løftepunkter skal tåle minimum 80 % av karosseriets totalvekt	

**Testinformasjon****Forventede resultater:** Karosseriet har spesifiserte løftepunkter**Faktiske resultater:** Alle punkter på bunnen av karosseriet tåler mer enn 80% av karosseriets vekt.**Informasjon****Antall feil:** 0**Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 13 – Karosseri løftepunkter

**Test ID: T-KAR-DE-07/8-A: Karosseri, kjerver og slippvinkel**

<b>Dokument:</b> Designdokument karosseri	<b>Test dato:</b> 08.03.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-07-A, K-KAR-DE-08-A	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Solid Works inspeksjon	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Alle flater i karosseriet skal ha en slippvinkel på minimum 2°. Alle kjerver i karosseriet skal overstige en radius lik 3 mm.	

**Testinformasjon****Forventede resultater:** Karosseriet har riktige mål, slik at det kan støpes korrekt**Faktiske resultater:** Karosseriet har for små mål.**Informasjon****Antall feil:** 2**Feilbeskrivelse:** Karosseriet vil ikke kunne slippe fra støpeformen med disse målene. Problemsonene oppstår ved modellens bakende, ved sete. Redesign blir nødvendig. Ny test vil gjennomføres.**Forbedring:** Bakparti redesignes.**Endelig resultat:** Ikke godkjent

Tabell 14- Test 1 av karosserikjerver og slippvinkler

**Test ID: T-KAR-DE-07/8-A: Karosseri, kjerver og slippvinkel**

<b>Dokument:</b> Designdokument karosseri	<b>Test dato:</b> 08.03.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-07-A, K-KAR-DE-08-A	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen, Tord Hansen Kaasa
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Solid Works inspeksjon	<b>Test nummer:</b> 2

**Kravbeskrivelse:**

Alle flater i karosseriet skal ha en slippvinkel på minimum 2°.

Alle kjerver i karosseriet skal overstige en radius lik 3 mm.

**Testinformasjon**

**Forventede resultater:** Karosseriet har riktige mål, slik at det kan støpes korrekt

**Faktiske resultater:** Karosseriet har riktige mål.

**Informasjon**

**Antall feil:** 0

**Feilbeskrivelse:**

**Forbedring:**

**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 15 - Test 2 av karosserikjerver og slippvinkler

**Test ID: T-KAR-DE-09-A: Sponsorplassering**

<b>Dokument:</b> Designdokument karosseri	<b>Test dato:</b> 08.03.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-09-A	<b>Verifisert av:</b> Karl Oskar Youngblom Ola Kure Skinnes
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Inspeksjon	<b>Test nummer:</b> 1

**Kravbeskrivelse:**

Karosseriets utvendige side skal minimum ha 0,5 m<sup>2</sup> tilgjengelig overflate for sponsorlogoer

**Testinformasjon**

**Forventede resultater:** Karosseriet har nødvendig plass til sponsorlogoer

**Faktiske resultater:** Karosseriet har mer enn nødvendig plass til sponsorlogoer

**Informasjon**

**Antall feil:** 0

**Feilbeskrivelse:**

**Forbedring:**

**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 16 – Sponsorplassering

**Test ID: T-KAR-DE-13-A: Lengde til pedaler****Dokument:** Designdokument karosseri**Test dato:** 08.03.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-13-A**Verifisert av:** Kåre Særen**Verifikasjonsmetode:** Inspeksjon**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:**

Lengden fra sete til pedaler, målt fra setets bakdel, skal ikke være mindre enn 115 cm.

**Testinformasjon****Forventede resultater:** Pedaler er plassert med nødvendig lengde fra sete**Faktiske resultater:** Pedalene er plassert 120 cm fra setets bakdel-**Informasjon****Antall feil:** 0**Feilbeskrivelse:****Forbedring:****Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 17 - Test av pedalplassering

**Test ID: T-KAR-DE-14-A: CNC-fres****Dokument:** Designdokument karosseri**Test dato:** 08.03.2016**Krav ID:** K-KAR-DE-14-A**Verifisert av:** Kåre Særen**Verifikasjonsmetode:** Solid Works inspeksjon**Test nummer:** 1**Kravbeskrivelse:**

Karosseriet skal designes slik at en CNC-fres skal kunne frese ut en støpeform med vertikalt freseholde

**Testinformasjon****Forventede resultater:** CNC-fres kan komme til over hele modellen**Faktiske resultater:** CNC-fres kommer ikke til ved bakpartiet**Informasjon****Antall feil:** 1**Feilbeskrivelse:** Bakpartiet er for bratt, slik at fresen ikke kommer til. Modellen kan ikke freses.**Forbedring:** Radiene må økes og problemsonen må endres. Se designdokument for mer informasjon.**Endelig resultat:** Ikke Godkjent

Tabell 18 – CNC fres test 1

Test ID: T-KAR-DE-14-A: CNC-fres	
<b>Dokument:</b> Designdokument karosseri	<b>Test dato:</b> 08.03.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-14-A	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Solid Works inspeksjon	<b>Test nummer:</b> 2
<b>Kravbeskrivelse:</b> Karosseriet skal designes slik at en CNC-fres skal kunne frese ut en støpeform med vertikalt freseholde	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> CNC-fres kan komme til over hele modellen	
<b>Faktiske resultater:</b> CNC-fres kommer ikke til ved bakpartiet	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 1	
<b>Feilbeskrivelse:</b> Problemsonen er forbedret, men fresen kommer ikke til i bunn	
<b>Forbedring:</b> Ytterligere endringer må benyttes.	
<b>Endelig resultat:</b> Ikke Godkjent	

Tabell 19 – CNC fres test 2

Test ID: T-KAR-DE-14-A: CNC-fres	
<b>Dokument:</b> Designdokument karosseri	<b>Test dato:</b> 08.03.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-14-A	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Solid Works inspeksjon	<b>Test nummer:</b> 3
<b>Kravbeskrivelse:</b> Karosseriet skal designes slik at en CNC-fres skal kunne frese ut en støpeform med vertikalt freseholde	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> CNC-fres kan komme til over hele modellen	
<b>Faktiske resultater:</b> CNC-fres kan utarbeide modellen som en støpeform	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 20 – CNC fres test 3

## 4.0 Ramme testrapport

Test ID: T-RAM-MA-01/02-A: Rammemateriale	
Dokument: Designdokument ramme	Test dato: 08.05.2016
Krav ID: K-KAR-MA-01-A, K-KAR-MA-02-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Dokumentgjennomgang, datablader	Test nummer: 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Rammens material skal kunne sammenføres ved sveising eller liming. Materialer i metall skal kunne hentes fra Norsk Ståls produktsortiment	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Valgt materiale oppfyller nødvendige krav	
<b>Faktiske resultater:</b> Valgt materiale E 235, 25X25X2 mm, er egnet til sveising og er tilgjengelig ved Norsk Ståls lager på Horten.	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 21 – Rammematerialetest

Test ID: T-RAM-MA-03-C: Ramme komposittmateriale	
Dokument: Designdokument ramme	Test dato: 08.05.2016
Krav ID: K-KAR-MA-03-C	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Dokumentgjennomgang, datablader	Test nummer: 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets ramme skal produseres i et komposittmateriale.	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Valgt materiale oppfyller ikke nevnte krav. Designet for bruk av stål.	
<b>Faktiske resultater:</b> Valgt materiale, E235, er et stålmateriale og ikke en kompositt.	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 1	
<b>Feilbeskrivelse:</b> Valgt materiale er ikke et komposittmateriale	
<b>Forbedring:</b> Neste iterasjon av produktet kan designes for bruk av karbonfiber, prepreg	
<b>Endelig resultat:</b> Ikke Godkjent	

Tabell 22 – Rammemateriale kompositt

**Test ID: T-RAM-DE-01/02-A: Jekkepunkter**

<b>Dokument:</b> Designdokument ramme	<b>Test dato:</b> 16.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-01-A, K-KAR-DE-02-A	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen, Ola Kure Skinnes
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Analyse	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Rammen skal ha minimum ett jekkepunkt på hver langside. Jekkepunkter på rammen skal tåle 80 % av systemets totalvekt uten at materialet utsettes for en varig deformasjon.	

**Testinformasjon**

**Forventede resultater:** Rammens jekkepunkter har nødvendig styrke og lengde

**Faktiske resultater:** Analyser viser at rammen har nødvendig styrke.

**Informasjon**

**Antall feil:** 0

**Feilbeskrivelse:**

**Forbedring:**

**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 23 – Test av jekkepunkter

**Test ID: T-RAM-DE-03-A: Ledig plass**

<b>Dokument:</b> Designdokument ramme	<b>Test dato:</b> 16.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-DE-03-A	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen Ola Kure Skinnes Tord Hansen Kaasa
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Inspeksjon	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Rammen skal ha et sammenhengende rektangulært område, uten noen komponenter, på minimum 60 cm <sup>2</sup> , for fremtidig utviding av system.	

**Testinformasjon**

**Forventede resultater:** Rammen har nødvendig plass til fremtidig utbedring

**Faktiske resultater:**

**Informasjon**

**Antall feil:** 0

**Feilbeskrivelse:**

**Forbedring:**

**Endelig resultat:** Godkjent

Tabell 24 – Test av tilgjengelig plass



Test ID: T-RAM-TE-01-A/B: Ramme styrke	
<b>Dokument:</b> Designdokument ramme	<b>Test dato:</b> 06.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-TE-01-A, K-KAR-TE-01-B	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen, Tord Hansen Kaasa
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Demonstrasjon, analyse	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Rammen skal tåle 100/150 kg påsatt ved festepunktet mot sete, med en sikkerhetsfaktor på 2.	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Rammen tåler påsatt last med en sikkerhet på 2 mot flyt	
<b>Faktiske resultater:</b> Rammen tåler ikke påsatt kraft	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 1	
<b>Feilbeskrivelse:</b> Rammen får en max spenning på 294 MPa, som overstiger $\sigma$ design (117,5MPa)	
<b>Forbedring:</b> Rammens fagverk struktur må forbedres, eller nyt material profil må velges	
<b>Endelig resultat:</b> Ikke Godkjent	

Tabell 25 – Test 1 av rammestyrke

Test ID: T-RAM-TE-01-A/B: Ramme styrke	
<b>Dokument:</b> Designdokument ramme	<b>Test dato:</b> 06.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-KAR-TE-01-A K-KAR-TE-01-B	<b>Verifisert av:</b> Kåre Særen Tord Hansen Kaasa Ola Kure Skines
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Demonstrasjon, analyse	<b>Test nummer:</b> 2
<b>Kravbeskrivelse:</b> Rammen skal tåle 100/150 kg påsatt ved festepunktet mot sete, med en sikkerhetsfaktor på 2.	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Rammen tåler påsatt last med en sikkerhet på 2 mot flyt	
<b>Faktiske resultater:</b> Rammen tåler påsatt kraft, $\sigma$ maks = 72,55 MPa, sikkerhetsfaktor = 3,0	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 26 – Test 2 av rammestyrke

Test ID: T-RAM-TE-02-A/B/C: Ramme totalvekt	
Dokument: Designdokument ramme	Test dato: 16.05.2016
Krav ID: K-KAR-TE-02-A K-KAR-TE-02-B K-KAR-TE-02-C	Verifisert av: Kåre Særen Tord Hansen Kaasa Karl Oskar Youngblom Ola Kure Skinnes
Verifikasjonsmetode: Demonstrasjon, måling	Test nummer: 1
Kravbeskrivelse: Rammens totalvekt skal ikke overstige 100/60/30 kg.	
Testinformasjon	
Forventede resultater: Rammens totalvekt er innenfor de spesifiserte grenser	
Faktiske resultater: Rammens totalvekt er 45 kg	
Informasjon	
Antall feil: 0	
Feilbeskrivelse:	
Forbedring:	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 27 – Ramme totalvekt test

## 5.0 Drivlinje testrapport

Test ID: T-RAM-TE-04/05-B: Pedaler for gass og brems	
<b>Dokument:</b> Designdokument ramme	<b>Test dato:</b> 16.05.2016
<b>Krav ID:</b> K-DRI-FU-04-B K-DRI-FU-05-B	<b>Verifisert av:</b> Karl Oskar Youngblom Kåre Særen
<b>Verifikasjonsmetode:</b> Inspeksjon, dokumentgjennomgang	<b>Test nummer:</b> 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemets drivkraft skal kunne justeres ved hjelp av manuell pedal i cockpit. Systemets bremskraft skal kunne justeres ved hjelp av manuell pedal i cockpit.	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Justerbare pedaler er valgt som gass og brems grensesnitt	
<b>Faktiske resultater:</b> Justerbare pedaler er valgt til systemet	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 28 – Test av pedaler

Test ID: T-RAM-TE-07-A: Energioverføring	
Dokument: Designdokument ramme	Test dato: 16.05.2016
Krav ID: K-DRI-FU-07-A	Verifisert av: Ola Kure Skinnes Kåre Særen Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon, dokumentgjennomgang	Test nummer: 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemet skal sørge for en energioverføring fra motor til bakke hjulaksel.	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Systemet kan levere energi til bakhjul	
<b>Faktiske resultater:</b> Systemet er utstyrt med motor fra crosskart som leverer energi til bakhjul	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

Tabell 29 – Test av energioverføring

Test ID: T-RAM-TE-08/09-A: Nøkkel	
Dokument:	Test dato: 16.05.2016
Krav ID: K-DRI-FU-08-A K-DRI-FU-09-A	Verifisert av: Ola Kure Skinnes
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon, dokumentgjennomgang	Test nummer: 1
<b>Kravbeskrivelse:</b> Systemet skal kunne startes ved hjelp av nøkkel i cockpit Systemet skal kunne stoppes ved hjelp av nøkkel i cockpit	
Testinformasjon	
<b>Forventede resultater:</b> Nøkkel starter og stopper systemet	
<b>Faktiske resultater:</b> Siden vi bruker drivverket fra crosskarten så vil systemet startes og stoppes med nøkkel	
Informasjon	
<b>Antall feil:</b> 0	
<b>Feilbeskrivelse:</b>	
<b>Forbedring:</b>	
<b>Endelig resultat:</b> Godkjent	

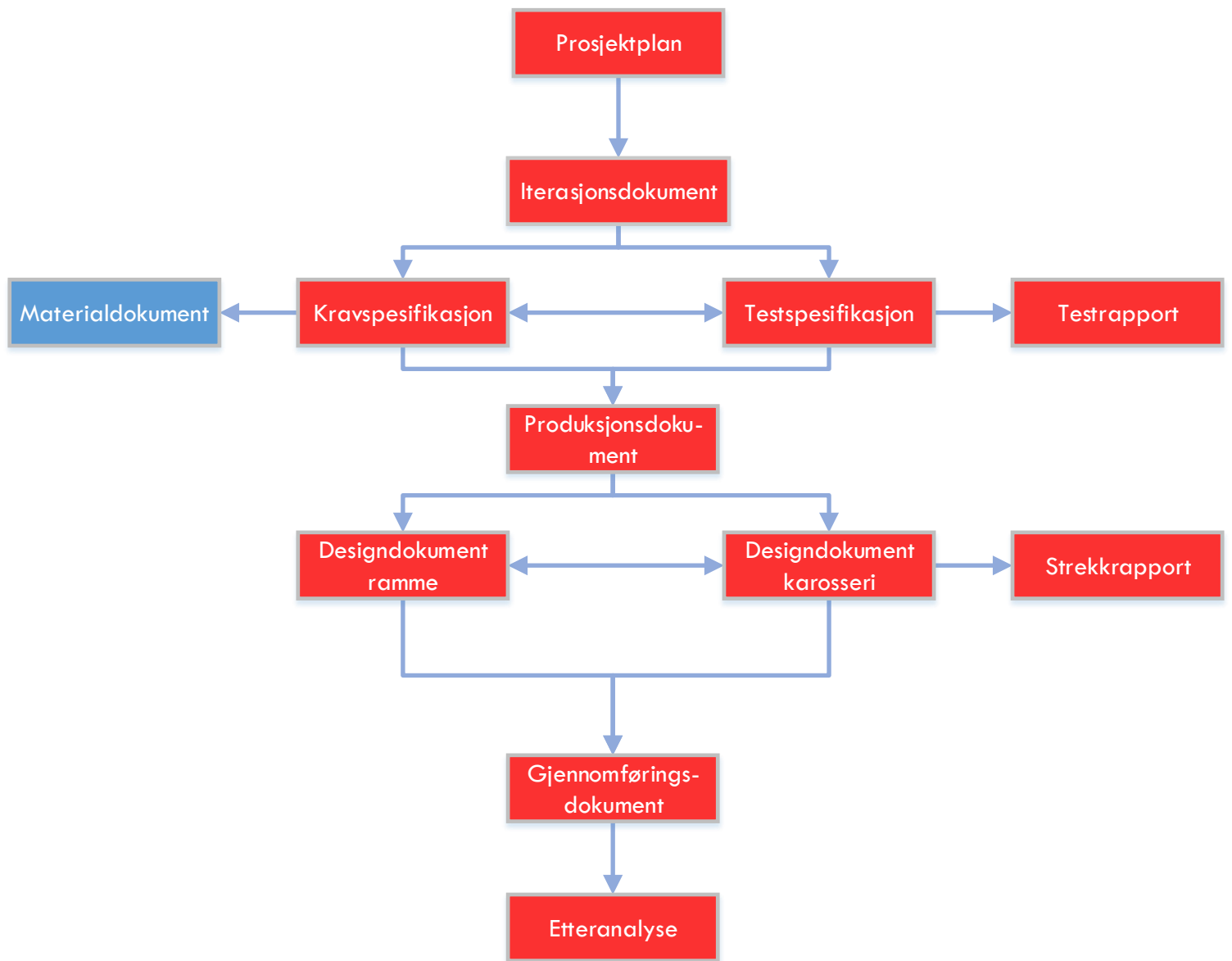
Tabell 30 – Test av nøkkelfunksjon

Test ID: T-RAM-TE-11-A: Antall hjul	
Dokument:	Test dato: 22.04.2016
Krav ID: K-DRI-FU-11-A	Verifisert av: Tord Hansen Kaasa
Verifikasjonsmetode: Inspeksjon, dokumentgjennomgang	Test nummer: 1
Kravbeskrivelse: Systemet skal ha 4 hjul.	
Testinformasjon	
Forventede resultater: Systemet har nøyaktig fire hjul	
Faktiske resultater: Systemets modell er beregnet for fire hjul, som standard for biler	
Informasjon	
Antall feil: 0	
Feilbeskrivelse:	
Forbedring:	
Endelig resultat: Godkjent	

Tabell 31 – Antall hjul

## 6.0 Sikkerhet testrapport

Tester innenfor denne kategorien har ikke blitt gjennomført. Referer til testspesifikasjon for komplett liste over krav i denne kategorien.





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Tek.Doc Karosserimaterial

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	OKS	KS	26

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



## Sammendrag

Dette dokumentet har som hensikt å skissere grunnlaget for valg av materiale for systemets karosseri. Dokumentet vil gi nødvendig kunnskap innenfor komposittmaterialer for å forstå konteksten til de ulike valgene som blir tatt. Kun tilgjengelige alternativer ble vurdert i denne studien. Ved fullført studie ønskes det at materialet for karosseri er undersøkt og valgt.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
0.1	18.02.2016	THK	Opprettelse av dokument
0.2	26.02.2016		Dokumentet ble oppdatert av THK
0.3	01.03.2016		Kapitalstruktur endret av THK
0.4	01.03.2016		Forbedring av språkbilde
0.5	08.03.2016		Ferdigstilling av dokumentet
0.6	08.03.2016		Rettskriving og klargjøring
1.0	09.03.2016	KS	Klar for utgivelse
1.1	11.05.2016	OS	Endring av konklusjon
2.0	19.05.2016	KO	Ferdigstilling

## Innhold

1.0	Forkortelser og forklaringer.....	6
2.0	Generell innføring i komposittmaterialer.....	7
2.1	Kompositt oppbygging .....	7
2.2	Fordeler ved bruk av kompositt.....	8
	Teknisk utførelse .....	8
	Design.....	8
	Lærerikt.....	8
	Spesifikk styrke.....	8
	Andre fordeler med kompositt materialer.....	8
3.0	Materialstudie .....	9
3.1	Innledning .....	9
3.2	Mål for studie .....	10
3.3	Kriterier og vekting .....	10
3.4	Metode for utvelging av materiale.....	11
3.5	Research.....	12
3.6	Valgmuligheter for materiale.....	13
3.7	Resultat.....	18
	3.7.1 Resultat material.....	18
	3.7.2 Resultat produsent.....	19
	3.7.3 Resultat fiberduk .....	21
4.0	Konklusjon.....	22
5.0	Kildehenvising.....	23
6.0	Vedlegg .....	24

## Liste over figurer

Figur 1- Karosserimateriale .....	9
Figur 2- PM mal.....	11
Figur 3- Oksideringsfasen av fibre.....	14
Figur 4- Karboniseringsfasen av fibre.....	14
Figur 5- Glassfiber.....	15
Figur 6- Optimal epoxystruktur.....	16
Figur 7- Epoxykjede.....	16
Figur 8- Geltid/holdetid.....	17
Figur 9- Vevemetoder.....	20
Figur 10- HF 600 .....	22

## Liste over tabeller

Tabell 1- Dokumenthistorikk.....	3
Tabell 2- Forkortelser.....	6
Tabell 3- PM materiale.....	18
Tabell 4 - PM Karbonfiber karosseri .....	20

## 1.0 Forkortelser og forklaringer

Tabell 2- Forkortelser

Forkortelse	Forklaring
GKK	Glassfiber,-og/eller karbonfiberkompositt
PMC	Polymer matrise kompositt
MMC	Metall matrise kompositt
CMC	Keram matrise kompositt
FRP	Fiber forsterket plastikk
CFRP	Karbonfiber forsterket plastikk
HF	Hex force
HF 200	Hex force 43200 DA 1250 (200g)
HF 600	Hex force 48600 1300 (600g)
L&L	Lindberg og Lund
PM	Pugh matrise

## 2.0 Generell innføring i komposittmaterialer

### 2.1 Kompositt oppbygging

Kompositt er en kombinasjon av to eller flere materialer som har overlegne egenskaper til de enkelte materialene innblandet. Kompositt består hovedsakelig av to bestanddeler: forsterkning og bindingsmateriale. Den forsterkende delen er enten i partikkelform eller fiberform. Matrisen (eng. matrix) er bindingsmaterialet som holder kompositten sammen.

Vi deler kompositt materialer inn i tre distinkte kategorier:

- PMC (Polymer Matrix Composites)
- MMC (Metal matrix composites)
- CMC (Ceramic matrix composites)

Disse kan vi igjen dele inn i to hovedgrupper. En gruppe med seige og myke matriser og en gruppe med stive og sprø matriser. PMC og MMC faller inn i den første gruppen mens CMC faller inn i den siste. For seige og myke matriser er bindingskraften mellom fiber og matrise en kritisk faktor. Belastninger overføres fra matrise til forsterkningen som har den største styrken.

Gruppen med hard og sprø matrise krever svak binding mellom fiber og matrise. Fibrene skal ha en høy strekkfasthet og skal kunne frigjøres fra matrisen for å kunne arrestere sprekkevekst. Et eksempel på dette er armert betong, der er det en hard og sprø matrise(ement) og fiber som er duktilt(armeringsjern).

Med tanke på karosseriet vil det være aktuelt for oss å benytte oss av PMC (FRP), dermed ønsker vi at bindingen mellom matrise og fiber skal være så sterk som mulig.

## 2.2 Fordeler ved bruk av kompositt

### Teknisk utførelse

Som studenter er vi interessert i hvilket læringsutbytte vi kan få ut av et slikt prosjekt. Ved å benytte GKK som materiale til karosseriet vil det gi oss mulighet til å gå teknisk og praktisk til verks på teori som vi har tilegnet oss gjennom studieløpet. Det er mange muligheter for produksjonsmetode av GKK. Å finne den teknikken som passer prosjektet vårt best blir en spennende utfordring.

### Design

GKK har en stilig strukturert finish. Dette kan brukes som et verktøy for å gjøre utseende enda mer spenstig. En fartsstripe eller striper langs sidene som viser frem strukturen til materialet vil gi et eget særpreg. Som fremstillingsverktøy vil det at karosseriet er produsert i kompositt vise fremtidige studenter hvor stilig det kan være å lære om kompositt og bruksmetoder.

### Lærerikt

Gruppens medlemmer har tidligere tilegnet seg kunnskap om kompositt gjennom kursene «polymer og kompositt» og «material teknologi 2». Det blir interessant å gå enda dypere til verks for å se om vi klare å gjennomføre det teoretiske også i praksis.

### Spesifikk styrke

Spesifikk styrke er forholdet mellom vekt og styrke av et materiale ( $(\text{Pa}/(\text{kg}/\text{m}^3)) \rightarrow (\text{kN}\cdot\text{m}/\text{kg})$ ).

Det vil være stor forskjell på spesifikk styrke avhengig av hvilke type materiale vi produserer karosseriet i. Ved å velge glassfiber vil vi få en styrke som er tre ganger sterkere og 30% lettere enn aluminium 6061. Karbonfiber er derimot 7 ganger sterkere og 50% lettere enn aluminium 6061 [3].

[1] (Karbonfiber sin styrke er avhengig av volumfraksjon fiber/matrise, binding, antall lamina lag og fiberorientering på laminatet)

Karbonfiber vil gå i brudd hurtig og katastrofalt etter påkjenninger over strekkfasthet. Det er viktig at dette tas hensyn til under designprosessen. [2]

### Andre fordeler med kompositt materialer

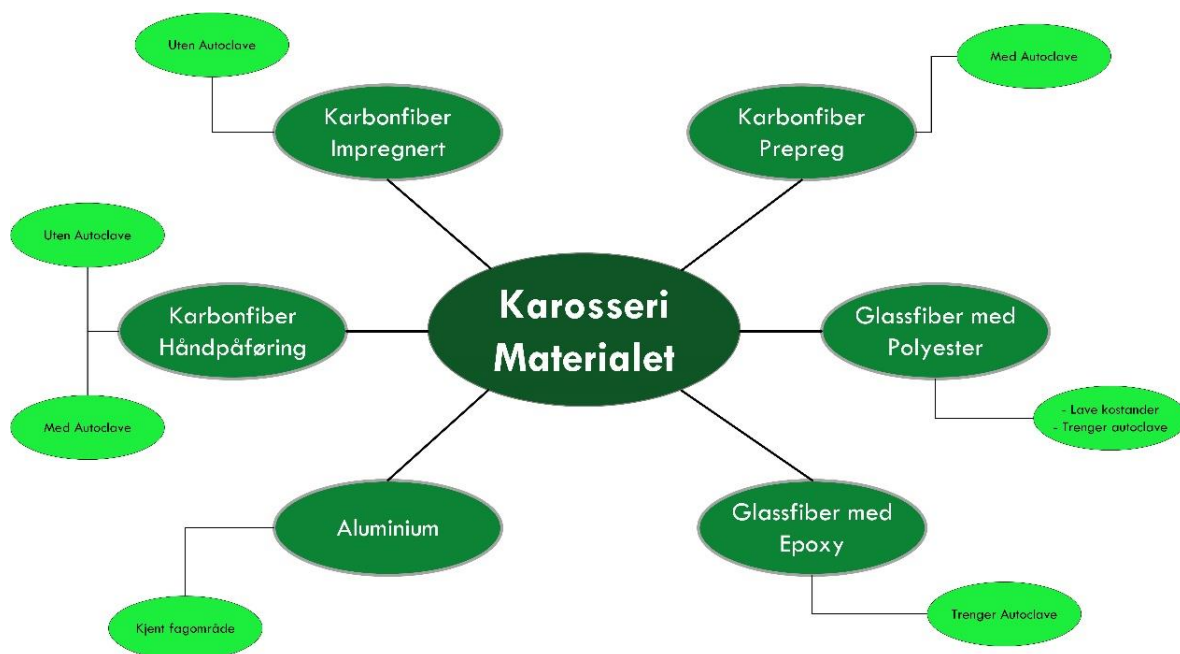
- Korrosjonsbestandig
- Ingen utmatningsgradient
- Liten termisk utvidelse
- Lite eller ingen etterarbeid
- Lav/null elektrisk ledningsevne

### 3.0 Materialstudie

#### 3.1 Innledning

Ideen bak prosjekt vårt var å produsere et bilkarosseri i et kompositt materiale. Ønsket bak å bygge et karosseri i kompositt var å kombinere høyteknologisk og relativ ny teknologi, sammen med et særegent design. I en tidlig fase av prosjektet var det få valgmuligheter med hensyn til materiale. Muligheter har åpnet seg ved at eksterne bedrifter har sagt seg villige til å støtte prosjektet.

Det har vært mye frem og tilbake for å få oversikt. Vi har laget et tankekart som viser hvilke muligheter vi har.



Figur 1 - Karosserimateriale



### 3.2 Mål for studie

Bakgrunnen for dette studie er å avgjøre valg av materiale vi ønsker å bruke til karosseri. Det blir en grundig vurdering der vi ser på flere forskjellige faktorer som vi anser som viktige for å ta denne bestemmelsen.

Studien vil bli delt inn i tre deler: material, produsent og fiberduktykkelse. De ulike valgene bygger på hverandre og vi vil derfor gå frem ved å benytte en sekvensiell metode.

### 3.3 Kriterier og vekting

**Læringsutbytte** – Mål over potensielt læringsutbytte under produsering/ analyseringsarbeidet.

**Kostnader** – Den totale kostnaden for det enkelte valget.

**Spesifikk styrke** – Mål over materialets fasthetsgrense dividert med materialets tetthet.

**Gjenvinning** – Mål over hvor enkel gjenvinningsprosessen for materialet er.


**Design/utseende** – Hvor fin materialets overflate er.

**Brukervennlighet** – Mål over hvor enkelt materialet er å jobbe med og dets formbarhet.

### 3.4 Metode for utvelging av materiale

Vi har valgt å bruke PM for å gi oss en visuell oversikt over hva som vil være fornuftig å velge. For å finne summen for hvert alternativ i vår PM:

$$Sum = \sum (\text{Kriteria (1} \rightarrow \text{n)}) [(\text{kriterieverdi}) \times (\text{verdi for hvert punkt})]$$

 <h1>Pugh Matrix</h1>					
<b>Prosjektnavn:</b> Formula1 Composite					
<b>Prosjektleder:</b> Kåre Søren					
<b>Dato:</b> DD.MM.ÅÅ					
	Alternativer				
Evaluerings kriterier	Kriterievekt (1-5)	Material 1	Material 2	Material 3	Material 4
Kriteria 1	2				
Kriteria 2	3				
Kriteria 3	5				
Kriteria 4	2				
Kriteria 5	4				
Kriteria 6	3				
<b>Sum</b>					

Figur 2- PM mal

For tredje del av studien har vi valgt å benytte utregninger med bakgrunn fra datablader og diskusjon med veiledere og fagfolk fra L&L.

### 3.5 Research

For å kunne ta de riktige valgene er det viktig for oss å gjøre god research. Er ikke den god nok kan valg bli tatt på feil eller unøyaktig grunnlag. Til denne studien har vi benyttet oss av fem ulike hjelpemidler, personer og bedrifter for å tilegne oss den kunnskapen vi trenger for å fatte riktige beslutninger:

- I. Internett
- II. Datablader og produktspesifikasjoner
- III. Intern og ekstern veileder
- IV. Lindberg & Lund
- V. Tidligere pensum

**Internett** ble brukt for å finne ulik informasjon om de ulike materialene.

**Databladene** til produktene gir oss egenskapene til de forskjellige materialene. Egenskapene er mye av grunnlaget for at de riktige avgjørelsene kan bli tatt. Informasjonen om egenskapene har vi brukt til å sammenlikne de ulike materialene med hverandre.

**Intern og ekstern veileder** har vært meget viktige når vi har diskutert ulike problemstillinger. Intern veileder har vært viktig for den teoretiske kunnskapen, mens den eksterne er den som innehar størst kompetanse på det praktiske rundt kompositt.

**Lindberg & Lund** er den eksterne bedriften som hjulpet oss mest med vårt prosjekt. Det er de som står for mange av de produktene vi har mulighet til å velge mellom. Eksempelvis karbonfiber, glassfiber, lim, gelcoat osv. Det har vært særdeles viktig å bruke deres erfaring rundt de forskjellige produktene slik at vi har best mulig grunnlag for å gjøre gode valg.

**Tidligere pensum** og pensumlitteratur har vært til stor nytte for denne studien. Spesielt har fagene Materialteknologi og tilvirking 1 og 2 samt polymer og kompositt vært nyttige. Dette ble svært sentrale fag når vi skulle velge materialet til vårt karosseri.

### 3.6 Valgmuligheter for materiale

For valg av materialer så er det to typer fibermaterialer vi ønsker å vurdere, karbonfiber og glassfiber. Av resin er det også to typer vi vil se på, epoxy og polyester.

Alternativene vi har å velge mellom blir da.

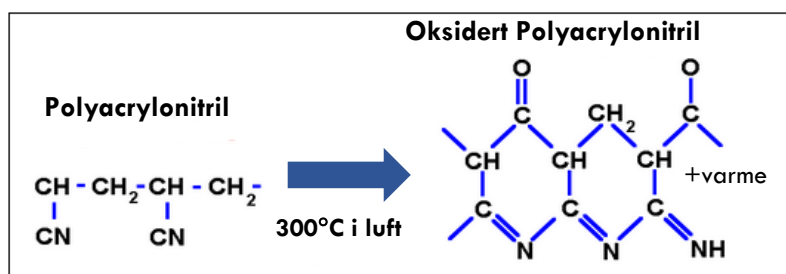
- Glassfiber med polyester
- Glassfiber med epoxy
- Karbonfiber med polyester
- Karbonfiber med epoxy

Etter dette valget er tatt, har vi nye underkategorier av valg som vi igjen må ta. Det kan for eksempel være hvilken type glassfiber eller karbonfiber duk skal vi velge. Til slutt må vi velge nominell vekt av duken vi ønsker å bruke.

### Karbonfiber

Ca 90% av all karbonfiber er produsert ut ifra en termoplast som heter polyacrylonitril (PAN) [4]. PAN er bygd opp av lange molekyllkjeder av karbon. Hvordan disse kjedene blir seende ut til slutt er ofte en firmahemmelighet. Tilvirkningsmetoden er delvis kjemisk og mekanisk. Materialet blir trukket til lange og tynne fibre under forskjellige, men høye temperaturer (200°C - 3000°C). Trekkingen er med på å strekke og orientere molekyllkjedene. Det blir brukt en rekke gasser og væsker under tilvirkningen. Det er to hovedprosesser som er avgjørende for å få den riktige molekyllære strukturen.

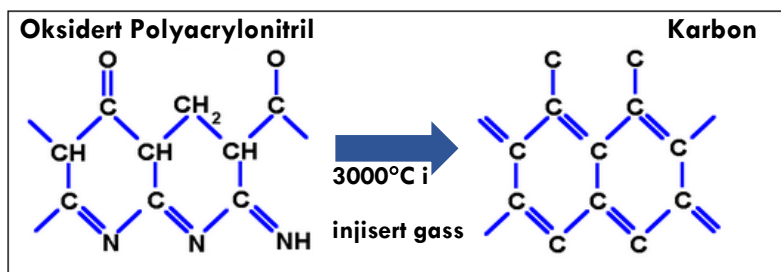
Den første prosessen blir fibrene varmet opp til ca. 300°C. Fibrene reagerer med oksygenet som er i luften og går fra lange kjeder over til kjeder dannet av krystaller. Denne prosessen er den som danner den svarte fargen til fibre. Som figuren under viser blir det også produsert varme i denne prosessen. Viktig å ha kontroll på varmen for å unngå at fibrene blir skadet.



Figur 3- Oksideringsfasen av fibre

Proessen som gjør fibre til «karbonfiber» kalles pyrolyse eller karbonisering. Her blir fibre strukket mens de blir varmet opp til en temperatur mellom 1000°C - 3000°C. Dette skjer inni et kammer som ikke inneholder oksygen. Dette hindrer at fibre brenner opp. Den høye varmen får atomene til å vibrere intenst. Vibrasjonene gjør at de fleste ikke karbon atomene løsner og forsvinner fra materialet. Står til slutt igjen med fibre som er bygd opp av lange rene\* karbonkjeder som ligger tett samlet

\* Det vil ikke bli 100% karbon atomer som er igjen, det vil også være et fåtall andre urenheter som blir igjen.

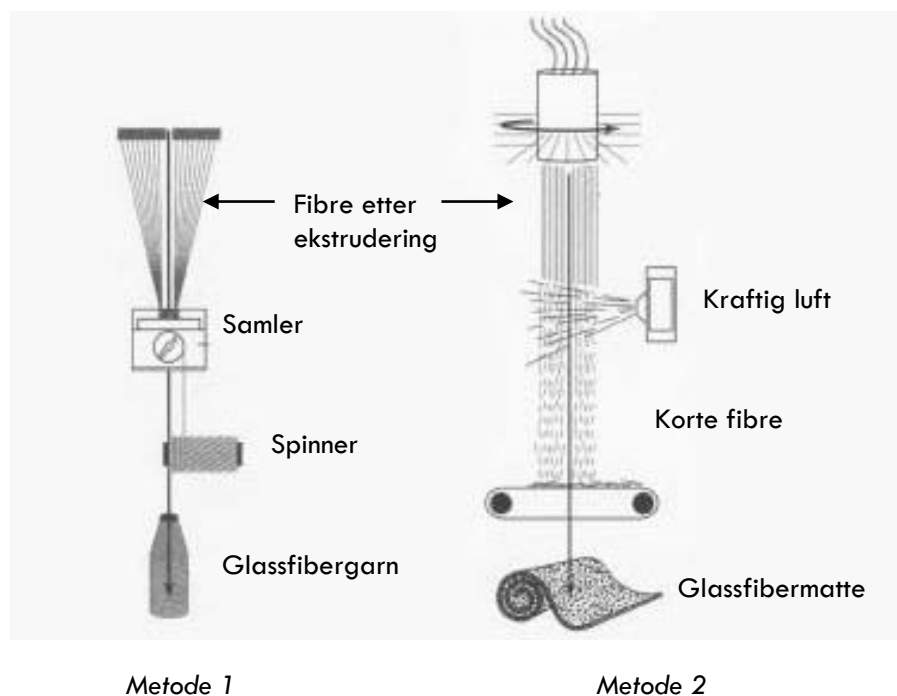


Figur 4- Karboniseringsfasen av fibre

Ved å redusere temperaturen på karboniseringsfasen vil det gi en lavere grad av karbon som vil tilsvare i et materiale med en lavere E-modul.

### Glassfiber

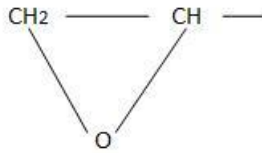
Glassfiber er produsert av mineraler og produserte kjemikaler. Hovedingrediensene er silica sand, kalkstein og natriumkarbonatpulver. Ingrediensene måles nøyaktig før de blandes sammen. Tilvirkningsmetoden til glassfiber er av langt enklere teknikker enn karbonfiber. Miksturen blir smeltet sammen. Videre blir miksturen ekstrudert gjennom bitte små hull. Teknikken videre er avhengig av hvordan det er ønskelig å bruke produktet. For vårt prosjekt er det to tilvirkningsmetoder som kan brukes. Den ene vil være å spinne sammen fibrene til et stort garnnøst før det blir vevd sammen til en matte. Den andre metoden er å «blåse» kraftig på fibrene etter ekstrudering, fibrene vil da bli korte. De lander så på et samleband der fibrene blir til en matte med tilfeldige orienterte fibre.



Figur 5- Glassfiber

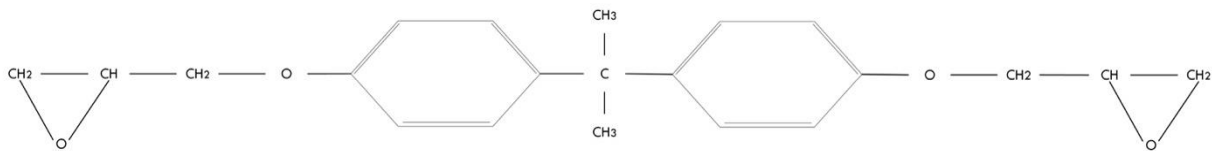
## Epoxy

Epoxy er et veldig bredt spekter av resiner. Navnet epoxy refererer til en kjemisk binding som består av et oksygen atom som er bundet til 2 karbonatomer. En optimal struktur vil se ut som figur 6.



Figur 6- Optimal epoxystruktur

Epoxy resiner består av lange molekyllkjeder som er reaktive i begge ender. Endene er satt sammen slik som figur 7 viser. Molekyllkjedene innehar også to ringforbindelser som står sentrert i midten. Disse ringforbindelene absorberer mekaniske og termiske spenninger bedre enn lineære molekyler. Noe som bidrar til epoxy sine mekaniske egenskaper.

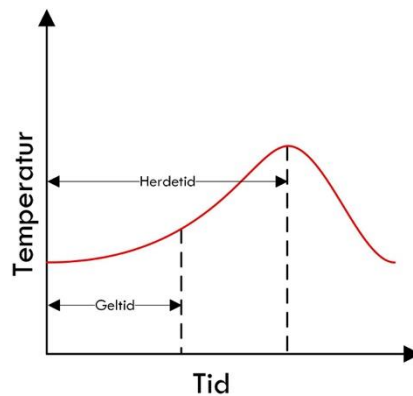


Figur 7- Epoxykjede

Epoxy har en rekke gode egenskaper:

- Både resin og herder er i flytende form med lav viskositet, noe som gjør det enkelt å påføre.
- De fleste herder enkelt i temperaturer fra 5 – 150°C, valg av herder har stor betydning.
- Lite krymping ved herding, noe som gjør det enklere å få korrekt størrelse og minimerer indre spenninger.
- Har høy bindingsevne og mekaniske egenskaper.
- God motstand mot strøm og kjemikalier.

For epoxy vil herdetiden være ganske konstant. Geltiden derimot kan variere mye.



Figur 8- Geltid/holdetid

Figur 8 viser hvordan vi definerer geltid og herdetid. Geltid er tiden fra påføring til det begynner å herde. Herdetid er fra påføring og frem til ferdig herding.

Ved bruk av epoxy må man ta hensyn til følgende:

- Velge en epoxy med fornuftig geltid.
- Epoxy skiller ut et fettstoff ved herding.
- Angitt ambient herdingstemperatur fra leverandør.
- Det er 1/20 personer som reagerer på epoxy.
- Nøyaktig ratio mellom resing og herder.

### Polyester

Polyester består av en rekke organiske syrer og alkoholer som har reagert med hverandre. I polyester tilsettes monomeren styren. Styren er helseskadelig, viktig for herdeprosessen og bidrar til en lavere viskositet.

Må ta forhåndsregler for at det kommer avgasser ved produksjon. Polyester blir blandet med en katalysator for å herde ved bruk og krymper 2% ved herding. Polyesteren skiller ut varme (eksoterm reaksjon) ved polymerisasjonsprosessen (herdingen).

Polyesterresin er enkelt å bruke, koster lite og har relativt gode mekaniske egenskaper.



### 3.7 Resultat

Vi har valgt å benytte verktøyet PM for utvelgelsene. PM sikrer en grundig og sikker avgjørelse. Den første PM'en har sitt fokus på karbonfiber og glassfiber med henholdsvis polyester og epoxy. PM nr. 2 fokuserer på type fiberduk.

#### 3.7.1 Resultat material

PM er bygget opp med fire forskjellige alternativer for materialer: Karbonfiber med Polyester, Karbonfiber med Epoxy, Glassfiber med Epoxy, Glassfiber med polyester. Viktige kriterier er: kostnader, gjenvinning, design/utseende, brukervennlighet, læringsutbytte og spesifikk styrke. Disse har fått kriterievekt fra 1-5 hvor 5 er av høyest fokusområde. Som det har vært nevnt tidligere er det design og utseende prosjektet ønsker å ha fokus på, sammen med ny teknologi. Kriterievektingen gjenspeiler dette.

Tabell 3- PM materiale

 <h1>Pugh Matrix</h1>					
<b>Prosjektnavn:</b> Formula1 Composite					
<b>Kategori:</b> Materiale karosseri					
<b>Dato:</b> 19.02.16					
	Alternativer				
Evaluerings kriterier	Kriterievekt (1-5)	Karbonfiber med Polyester	Karbonfiber med Epoxy	Glassfiber med Epoxy	Glassfiber med Polyester
Kostnader	4	3	4	4	5
Gjenvinning	1	2	1	1	2
Design/Utseende	5	5	5	3	3
Brukervennlighet	4	4	3	3	4
Læringsutbytte	4	4	4	3	3
Spesifikk styrke	3	4	5	3	2
<b>Sum</b>		<b>83</b>	<b>85</b>	<b>66</b>	<b>63</b>

\*Som vi ser av tabell 3 avviker kostnadene fra normal markedspris. Kostnader er satt ut ifra hvilke tilbud vi har innhentet på de ulike alternativene.

Vi noterer at karbonfiber med epoxy-matrise kommer best ut av utvelgelsen.

### 3.7.2 Resultat produsent

Karbonfiber kommer i flere forskjellige varianter. Alle de variantene vi ser på er det epoxy som er matrisen i komposittsammensetningen. De viktigste kriteriene vi har satt for å velge hvilke type karbonfiber materialet vi skal bruke er: Kostnad, formbarhet, tidsbruk, læringsutbytte og binding mellom fiber og matrise. Siden vårt prosjekt er presset hardt på tid er tidsbruk det viktigste kriteriet for oss.

Vi har sett på tre ulike alternativer for karbonfiber, prepreg fra Kongsberg, Hex Force levert av L&L og karbonfibermatter levert av biltema:

#### Prepreg

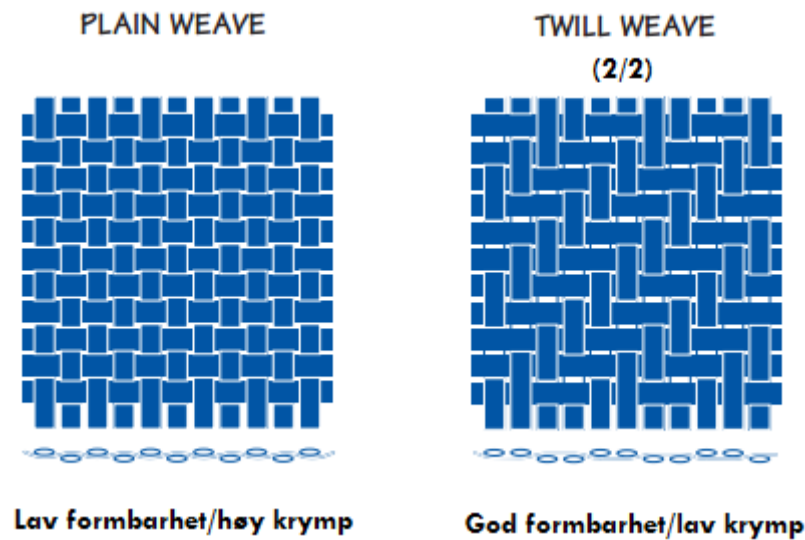
Er en type karbonfiber hvor blandingen mellom fiber og matrise er blandet på forhånd. Dette gjør at blandingsforholdet mellom fiber og matrise blir optimal. Prepreg er relativt stift og kan gi utfordringer ved kompleks geometri. Disse vil være stive og vanskelig å forme slik vi ønsker. Prepreg er avhengig av en autoklav for oppnå egenskapene den er designet for. Skolen har en avtale med industrien i Kongsberg som gjør at skolen får tak i prepreg, som er utgått på dato, gratis. For produksjon av karosseri vil ikke bruk av prepreg være et alternativ. Da vi ikke har tilgang på stor nok autoklav.

#### HEXCEL HEX FORCE (43200 DA 1250)/(48600 1300)

Er karbonfiber som ikke trenger autoklav. Dukene er vevd med «twill weave (2/2)», som sørger for god fleksibilitet. De store kostnadene forbundet med komposittmateriale og karbonfiber er autoklaveprosessen. Industrien jobber med å produsere en type karbonfiber som oppnår tilstrekkelig gode egenskaper uten bruk av autoklav. Dette har blitt kjent som «Out of autoclave» karbonfiber. HEXCEL leverer karbonfiberduk som ikke trenger autoklav. Bindingen mellom fiber og matrise skal være tilnærmet lik komposittmaterialet som er bakt i autoklav. Denne tilvirkningsmetoden er hemmeligholdt av de respektive produsentene. Lindberg & Lund har gitt oss et meget godt tilbud på dette produktet (200 g/m<sup>2</sup> eller 600 g/m<sup>2</sup>) som gjør det høyaktuelt.


#### Biltema karbonfiberduk

Denne duken er vevd med «plain weave», eller normalveving som er mindre formbar. For oss kan det være en mulighet, men prisen vil bli høyere, på bakgrunn av at vi må kjøpe karbonfiberduk til markedspris.



Figur 9- Vevemetoder

Tabell 4 - PM Karbonfiber karosseri

 <b>Pugh Matrix</b>				
<b>Prosjektnavn:</b> Formula1 Composite				
<b>Kategori:</b> Karbonfiber Karosseri				
<b>Dato:</b> 22.02.16				
	Alternativer			
Evaluerings kriterier	Kriterievekt (1-5)	Prepreg	HEX FORCE	Biltema
Kostnad	4	5	3	2
Tidsbruk	5	2	4	3
Læringsutbytte	3	5	4	4
Formbarhet	4	2	4	3
Binding fiber ↔ Matrise	3	5	4	3
<b>SUM</b>		<b>68</b>	<b>72</b>	<b>56</b>

Det alternativet som kommer best ut av Pugh matrisen er fiberduken fra HEX FORCE serien. Sammenlignet med Biltema karbonfiber og prepreg så kommer HF bedre ut på formbarhet og tidsbruk. Prepreg kommer best ut på kostnads kriteriet fordi vi får sponset gratis prepreg materiale fra Kongsberg industrien.

### 3.7.3 Resultat fiberduk

Vi vil nå bedømme nominell vekt til karbonfiberduken som skal benyttes. De to alternativene vi har vurdert er HEX FORCE 43200 DA 1250 (HF200) og HEX FORCE 48600 1300 (HF600). Vi har foretatt grundige vurderinger for valg av nominell vekt. Diskusjon, utregning og tidligere erfaring er bakgrunnen for valget vi har gjort.

(For beregning se vedlegg)

Karbonfiberduken vi har valgt å gå for er HF600. Det har vært en særdeles viktig årsak til det og det er formbarheten, faguttrykket er *drapeability*.

Vi har gjort en beregning som viser disse dukene mot hverandre. Forskjellen i vekt er såpass liten at den ikke er hensyntatt i avgjørelsen i valget av duk. (Se vedlegg)

Lindberg og Lund, leverandør av karbonfiberdukene har gjort seg praktiske erfaringer med de forskjellige alternativene. De har anbefalt oss på det sterkeste å velge HF 600 fordi den har en meget god formbarhet sammenliknet med HF 200 duken.

## 4.0 Konklusjon

Etter grundige undersøkelser og research, har vi kommet frem til at vi skal benytte en karbonforsterket epoxy – kompositt (CFRP) til vårt karosseri. Etter å ha prøvestøpt med HEX FORCE 600 føler vi at et lag med karbonfiber med strategisk plassert avstivning vil være tilstrekkelig.



Figur 10- HF 600

## 5.0 Kildehenvisning

[1] Corrosionpedia (9.10.15) Hentet 19.2.16 fra

<https://www.corrosionpedia.com/2/1556/corrosion/galvanic-corrosion-of-metals-connected-to-carbon-fiber-reinforced-polymers>

[2] Raghavendra R. Hegde, Atul Dahiya, M. G. Kamath, (4.04). Carbon Fibers. Hentet 19.2.16 fra

<http://www.engr.utk.edu/mse/Textiles/CARBON%20FIBERS.htm>

[3] Performance Composite. Hentet 8.3.16 fra

[http://www.performance-composites.com/carbonfibre/mechanicalproperties\\_2.asp](http://www.performance-composites.com/carbonfibre/mechanicalproperties_2.asp)

Hexcel, datablad for karbonfiber. Hentet 22.2.16 fra <http://www.hexcel.com/Resources/Cont-Carbon-Fiber-Data-Sheets>

Serope Kapakjian, & Steven R. Schmid. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology*. PEARSON

Mehdi G. Mousavi (2015) *MPPK3100 Polymerer og kompositter*. Høgskole, HSN. Kongsberg: Mehdi Gebreil Mousavi.

[4] Zoltek: Karbonfiber produksjon. Hentet 2.3.16 fra <http://zoltek.com/carbonfiber/how-is-it-made/>

NetComposites: Epoxy resin. Hentet 2.3.16 fra

<http://www.netcomposites.com/guide-tools/guide/resin-systems/epoxy-resins/>

Corrosionpedia. Hentet 2.3.16 fra

<https://www.corrosionpedia.com/definition/49/adhesive-strength>

Google: Epoxy resin. Hentet 2.3.16 fra <http://www.google.com/patents/WO2014049602A1?cl=en>

WisegEEK: Polyester resin. Hentet 7.3.16 fra <http://www.wisegEEK.com/what-is-polyester-resin.htm>

NetComposites: Resiner. Hentet 7.3.16 fra

<http://www.netcomposites.com/guide-tools/guide/resin-systems/resin-comparison/>

## 6.0 Vedlegg

### Karosseri vekt

#### Matrise

Epoxy:  $\delta = 1,1 \text{ g/cm}^3$

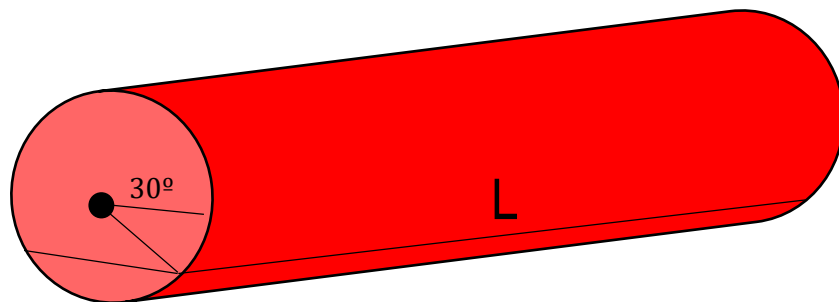
Polyester  $\delta = 1,4 \text{ g/cm}^3$

#### Fiber

Karbon  $\delta = 1,78 \text{ g/cm}^3$

Glassfiber  $\delta = 2,56 \text{ g/cm}^3$

Regner ut ca. overflateareal til karosseriet. Her gjelder det å approksimere best mulig. Vi har her valgt å regne ut karosseriet som en sylinder, med en del som vi fjerner.



Massen som er under det svarte snittet vil ikke være en del av overflaten

$$r = 40 \text{ cm}$$

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Omkrets} &= r \times \text{bane} = r \times (2\pi - (2/3)\pi) = r (4/3)\pi = 0,4 \times (4/3)\pi \\ \text{Omkrets} &= 1,68 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Areal} = \text{Omkrets} \times L = 1,68 \times 3,0 = 5 \text{ m}^2$$

Vekt av fiberduk (2 lag)

$$M_{600} = 2 \times (8/5)m^2 \times 600 \text{ g/m}^2 = 1920\pi g \approx 6032g$$

$$M_{200} = 2 \times (8/5)m^2 \times 200 \text{ g/m}^2 = 640\pi g \approx 2010g$$

Vi må nå regne på hvor mange ekstra kilo matrisen tilfører kompositten.

$$M_k = M_f + M_m$$

Vanlig blandingsforhold for en lik kompositt er mellom 0,6-0,7 ( $V_f$ )

Siden vi velger å hånd påføre epoxyen må vi beregne med at det kan bli en litt høyere prosentandel med resin, enn det ville vært ved bruk av prepreg eller vakuum infusjon.

Vi beregner en volum fraksjon på ca. 50% fiber ( $V_f$ ) og 50% epoxy ( $V_m$ ).

Dermed vil karosseriet få noe dårligere egenskaper, samt en større vekt. Siden massen til fiber er satt ( $M_{600}$  og  $M_{200}$ )

Rule of mixture:

$$E_k = E_m V_m + E_f V_f$$

Vi må finne massefraksjonen av de ulike bestanddelene fra volumfraksjonen.

Antar en blokk av kompositt på  $1 \text{ cm}^3$

$$V_m + V_f = 1$$

$$V_m = 0,5 \quad V_f = 0,5$$



Finner videre massefraksjonen av fiber og matrise

$$M_m = 0,5\text{cm}^3 \times \delta_m = 0,5\text{cm}^3 \times 1,1\text{ g/cm}^3 = 0,55\text{g}$$

$$M_f = 0,5\text{cm}^3 \times \delta_f = 0,5\text{cm}^3 \times 1,78\text{ g/cm}^3 = 0,89\text{g}$$

$$M_k = 0,55\text{g} + 0,89\text{g} = 1,44\text{g}$$

$$\text{Massefraksjon fiber} = 0,89\text{g}/1,44\text{g} = 0,62 = 62\%$$

$$\text{Massefraksjon matrise} = 38\%$$

Vi kan nå beregne den ekstra massen til epoxyen på mattene

$$M_{600} = 6032\text{g} \times (100/62) = 9,73\text{kg}$$

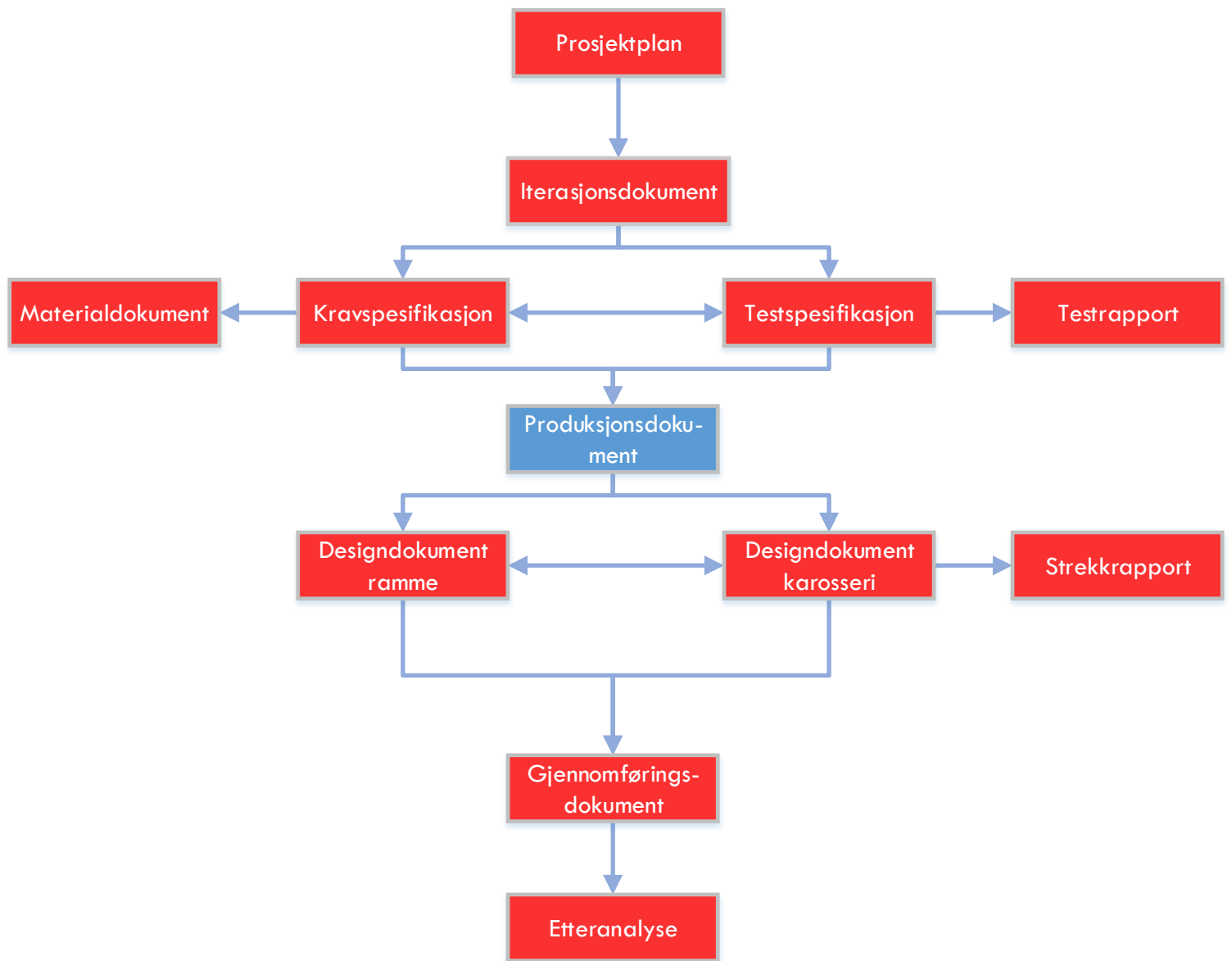
$$M_{200} = 2011\text{g} \times (100/62) = 3,24\text{kg}$$

Fra beregninger ser vi at vektforskjellen på 200 g/m<sup>2</sup> og 600 g/m<sup>2</sup> tilsvarer ca. 6kg.

Vi ser på dette som en liten forskjell med tanke på systemets totalvekt. Valget av duk faller derfor på 600 mattene.

2 lag av 600 mattene vil de en høyere styrke og stivhet til karosseriet.

Valget ble foretatt i samarbeid med fagfolk fra Lindberg og Lund.





# Formula1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Teknologidokument Produksjon

[WWW.FIC.NO](http://WWW.FIC.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	THK	KS	20

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## Sammendrag

Dette dokumentet er ment som en dokumentasjon over valg av produksjonsmetode for systemets karosseri. Hensikten er her å sørge for en objektiv og upartisk utvelgelse av produksjonsmetode. Dokumentet inneholder tre ulike studier. Studiene inkluderer de valgene vi ser på som de mest kritiske.

Det er vesentlig å notere at våre valg er meget begrenset; grunnet prosjektets omfangsramme og begrensninger i utstyr samt erfaring. Derfor ønsker vi å avdekke ulike metoder og analysere hvilke av disse som er best egnet for produktet, hvis nevnte begrensninger ikke var noe problem og alle valg sto åpne.

Dokumentet dekker derfor våre valg, samt hvilke metoder vi anbefaler for liknende produkter.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
0.1	23.02.2016	THK	Opprettelse av dokument
0.2	24.02.2016	THK	Kap.1 og kap.4 ble utarbeidet
0.3	25.02.2016		Utarbeidet kap.2
0.4	26.02.2016		Utarbeidet kap.3
0.6	29.02.2016		Som over
0.7	07.03.2016		Rettskrivning
0.8	08.03.2016		Ferdigstilling
1.0	09.03.2016	KS	Klar for utgivelse
1.1	11.05.2016		Endring av konklusjon
2.0	12.05.2016	OS	Klargjort til innlevering

## Innhold

1.0	Introduksjon.....	6
1.1	Mål for studie .....	6
1.2	Felles kriterier .....	7
1.3	Metode.....	7
1.4	Undersøkelser og resultater.....	7
2.0	Understudie produksjonsmaterial .....	8
2.1	Mål for understudie.....	8
2.2	Kriterier og vekting .....	8
2.3	Research.....	8
2.4	Resultat.....	8
2.5	Konklusjon .....	10
3.0	Understudie utforming .....	11
3.1	Mål for understudie.....	11
3.2	Kriterier og vekting .....	11
3.3	Research.....	11
3.4	Resultat.....	12
3.5	Konklusjon .....	13
3.5.1	Prosjektgruppens forutsetninger .....	13
3.5.2	Utforming PU/ epoxy .....	14
4.0	Understudie tilvirkning .....	15
4.1	Mål for understudie.....	15
4.2	Kriterier og vekting .....	15
4.3	Research.....	15
4.4	Resultat.....	16
4.5	Konklusjon .....	18
5.0	Samlet konklusjon.....	19
6.0	Kildehenvisning.....	20

## Liste over figurer

Figur 1- Plugg / Hanform.....	12
Figur 2- Hunform(badekar).....	12
Figur 3- Hånd påføring .....	16
Figur 4- Vakuum bagging .....	16
Figur 5- Vacuum infusion.....	17

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk.....	3
Tabell 2 - PM Materiale .....	10
Tabell 3 - PM Støpeform XPS .....	13
Tabell 4 - PM Støpeform PU/Epoxy .....	14
Tabell 5 - PM Tilvirking.....	18

## 1.0 Introduksjon

### 1.1 Mål for studie

De fleste «high end» komposittmaterialer, spesielt karbonfiberkompositter blir i dag laget ved bruk av en *autoklav* (trykk-ovn). Prosessen sørger for en forsterkning av bindingen mellom fibermaterialet og matrisemateriale ved at lineære polymerkjeder blir tilført nødvendig energi for å danne sterke kovalente bindinger i et nettverksstruktur.

Metoden sørger for at delen får meget gode mekaniske egenskaper, men metoden har noen vesentlige baksider. Prosessen er meget dyr, da delene bør produseres i en form laget i en unik legering som har samme varmeutvidelseskoeffisient som komposittdelen. Samtidig vil delen få en størrelses begrensning avhengig av størrelsen på autoklaven.

Med disse baksidene i tankene har flere produsenter begynt å produsere uten bruk av autoklav, såkalt «out of autoclave». For vårt prosjekt faller det naturlig at vi ikke benytter oss av autoklav, grunnet størrelse av karosseriet. Vi ønsker dermed å finne mulige løsninger for komposittproduksjon uten bruk av autoklav.

Målet for denne studien er å avdekke hvilken produksjons metode som er best egnet for produksjon av systemets karosseri, uten bruk av autoklav. Studien vil deles inn i tre deler; produksjonsmateriale, utforming og tilvirkning. Hver understudie har sitt eget kapittel i dette dokumentet.

**Produksjonsmateriale** beskriver hvilket materiale som pluggen (modellen) og støpeformen skal produseres i.

**Utforming** beskriver hvilken metode vi vil benytte for utforming av plugg og støpeform.

**Tilvirkning** beskriver hvilken metode vi vil benytte for tilvirkning av komposittmateriale.



## 1.2 Felles kriterier

De ulike valgmulighetene vil bli bedømt ut i fra ulike kriterier, som alle beskriver en del av kravspesifikasjonen. Kriterier beskriver de egenskaper vi ønsker av våre valgmuligheter når vi skal utføre seleksjonen. Hvert kriterium vil bli tildelt en vekting, avhengig av hvor viktig det er for produktet som skal lages.

Hver understudie vil ha egne kriterier og vekting fordi de har ulikt fokus og omfang. I dette kapittelet vil vi presentere de kriterier som er felles for alle undersøkelser:

**Kostnad** – Den totale kostnaden for det enkelte valget.

**Tid** – Det totale tidsbehovet som hvert valg krever for komplett gjennomføring.

**Overflateresultat** – Beskriver hvor fin overflaten vil bli med minimalt etterarbeid.

- Unike kriterier for de ulike understudiene dekkes i de respektive kapitlene.

## 1.3 Metode

Som seleksjonsmetode vil vi benytte oss av vektete pugh matriser, en metode godt kjent fra kurset *systems engineering*. Matrisen skal i teorien sørge for en upartisk utvelgelse der subjektive elementer blir forsøkt omformet til en objektiv helhet.

I tilfeller der matrisens resultat er klart, vinner en valgmulighet med en stor andel poeng, vil vinneren velges. Derimot i tilfeller der resultatet er tvilsomt vil diskusjon avgjøre hvilket valg som er best.

## 1.4 Undersøkelser og resultater

Resultatet av undersøkelsene vil bli presentert under hver studie i form av ulike alternativer. Hvert alternativ vil bli presentert med nødvendig informasjon for utvelgelsen.

## 2.0 Understudie produksjonsmaterial

### 2.1 Mål for understudie

Formålet med denne studien er å avdekke hvilket materiale modellen for støpeformen skal lages i. Formen vil bli utarbeidet enten ved hjelp av en plugg (konveks form) eller et badekar (konkav form). Valg av materiale vil ikke bli påvirket av dette.

### 2.2 Kriterier og vekting

Refererer til kapittel 1.2 felles kriterier.

Ingen spesifikke kriterier.

### 2.3 Research

Vi har benyttet oss av internett og innhentet diverse datablader.

Valget ble tatt opp på flere veiledningsmøter med ekstern veileder Lars Harald Heggen.

Valget ble tatt opp under telefonmøte med kontaktperson fra Jackson.

### 2.4 Resultat

#### Polyuretan (PU) brett

Polyuretan er et plastmateriale som har et enormt bruksområde innenfor en rekke ulike felter. For forming av en modell vil plater eller brett være best egnet. Dessverre er det vanskelig å finne polyuretan billig i Norge etter Inotan (PU produsent), ble nedlagt. Det er også vesentlig å nevne at PU kommer i mange ulike tettheter. For å få en glatt overflate bør det benyttes en tetthet på minst 500 kg/ m<sup>3</sup>, da slipper man store mengder etterarbeid. Tettheter mellom 80 – 100 kg/ m<sup>3</sup> kan vurderes, men krever større mengder etterarbeid.

**Epoxy brett**

Epoxy brett (epoxy tooling board) blir brukt til profesjonell modell bygging, spesielt til freseprosesser. Materialet gir en overlegen overflate, men er klart dyrere enn de andre alternativene grunnet dyrere produksjon. Platene kan limes sammen ved bruk av epoxybaserte limprodukter.

**Polystyren (XPS)**

Polystyren (isopor) er et billigere alternativ som er noe vanskeligere å bearbeide enn PU og epoxy brett. Polystyren produseres i to varianter ekspandert EPS, tradisjonell isopor, og ekstrudert XPS. Ekstrudert polystyren har høyere tetthet og er det vi ser på som et alternativ. XPS blir produsert med flere ulike trykkfastheter, evne til å motstå trykk ved 10 % relativ deformasjon. [1]

Etter samtaler med Jackson har vi bestemt å se på plater med en trykkfasthet på 200 kPa (XPS 200), da plater med høyere trykkfasthet som 400 kPa er vanskeligere å jobbe med og kan glaseres i freseprosesser og potensielt skade støpeformen. På grunn av ekstruderingsprosessen vil det være en begrensing på platenes tykkelse. Platene vil limes sammen med kontaktlim, uten løsningsmidler, fra Lindberg og Lund.


**XPS kjerne med PU belegg**

Som med andre typer materiale kan man benytte seg av et kjernemateriale, belagt med et dyrere materiale med bedre egenskaper, slik at den totale kostnaden går ned. Polystyren belagt med PU vil være et godt alternativ for produksjon av modellen.

Dessverre er denne metoden meget utstyrskreven da PU belegget materialet må «limes» på kjernematerialet. Fremgangsmåte er å frese støpeformen 20 mm større, påføre et 40 mm lag PU hvor 20 mm freses av. Dette gir en fin overflate, lett støpeform og er kostnadsbesparende i forhold til kun bruk av PU blokker.

## 2.5 Konklusjon

Tabell 2 - PM Materiale

 <h1>Pugh Matrix</h1>					
<b>Prosjektnavn:</b> Formula1 Composite					
<b>Kategori:</b> Materiale					
<b>Dato:</b> 19.02.16					
	Alternativer				
Evaluerings kriterier	Kriterievekt (1-5)	PU 500g/m <sup>3</sup>	Epoxy 500g/m <sup>3</sup>	XPS	XPS/PU
Kostnader	5	2	1	4	3
Tidsbruk	4	5	5	2	3
Resultat	5	5	5	3	5
<b>Sum</b>		<b>55</b>	<b>50</b>	<b>43</b>	<b>52</b>

Vi er nødt til å velge et materiale som er tilgjengelig for oss og det som er til lavest pris uavhengig av tid eller mengden etterarbeid. Med avviklingen av Inotan har vi benyttet mye tid til å finne et godt tilbud på en av de andre valgmulighetene. Jackon hadde muligheten til å sende XPS 200 plater med for en kraftig rabatert sum. Derfor har vi valgt å benytte oss av dette alternativet. Fremfor PU, selv om etterarbeidet blir noe større.

## 3.0 Understudie utforming

### 3.1 Mål for understudie

Målet for denne delen av studien er å finne ut av hvilken utformingsmetode som skal benyttes i forbindelse med støpeformen. Vi har her valgt å kun se på relevante metoder for prosjektet, da det finnes mange produksjonsmetoder, der de aller fleste av de krever store mengder utstyr og teknisk kompetanse. De alternativene vi har sett på, er alle forenklete metoder som produserer støpeformer som ikke er egnet til å bruke mange ganger.

### 3.2 Kriterier og vekting

Symmetri (Vekt: 4) – Mål over hvor symmetrisk det ferdige produktet kan bli.

Gjenbruk (Vekt: 3) – Mål over antall ganger formen kan benyttes.

### 3.3 Research

Informasjonen for denne studien er hentet fra ulike møter med ekstern veileder. Hvilken metode som bør brukes har vært et moment i gruppediskusjoner siden prosjektet startet i januar.

Produksjonsteknikker har også vært tema under kurs som ble holdt av ekstern veileder i perioden januar – februar.

Videre diskusjon ble gjort under møte med Per Olve fra SpinOn Development 17.02.16.

### 3.4 Resultat

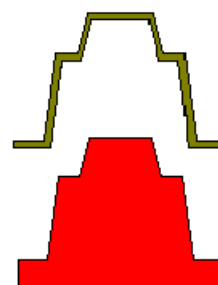
Etter utførte undersøkelser har vi kommet frem til tre potensielle muligheter for utforming. Vi har valgt å se på to ulike forenklete metoder: plugg og badekar. Plugg kan manuelt utformes ved bruk av en «plotter» eller maskinelt ved hjelp av en CNC-fres.

#### Plugg utarbeidet med CNC-fres (han- form)

Pluggen freses ut fra en stor isoporblokk. Isoporen som er brukt er ekstrudert isopor (XPS). Videre blir formen dekket med epoxy før glassfiber formen blir støpt. Overflaten behandles med gelcoat som pusses grundig for ønsket overflate. Denne metoden er et godt alternativ for å lage karosseriet vårt. Den er relativt billig og enkel å lage så lenge utstyret man trenger er tilgjengelig. Med en plugg kan man lage formen flere ganger det betyr at man i prinsippet kan lage så mange karosseri man bare vil.

#### Plugg utarbeidet ved plotting (han- form)

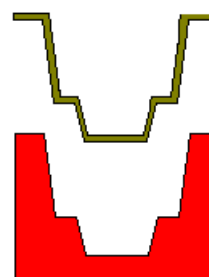
Metoden er helt lik plugg utarbeidet med fres med unntak av fresingen. I stedet bruker man en plotter som viser hvor man skal skjære ut formen. Dette er en gammel metode som er meget billig, men også meget tidkrevende. For vårt karosseri er det aktuelt hvis vi kun kan benytte utstyret skolen har.



Figur 1- Plugg / Hanform

#### Hunkjønn form (badekar)

En stor XPS blokk blir frest ut som et badekar før det blir lagt på epoxy og sparkel. Fordel med badekar prinsippet er at man kan lage støpeform direkte. Ulempen er at det vil kreve etterarbeid for å kunne gjøre flere støp.




Figur 2- Hunform(badekar)

### 3.5 Konklusjon

Vi har valgt å presentere konklusjonen med to matriser. Dette fordi materialet som formene skal produseres fra, lager føringer for poeng de ulike metodene vil oppnå i de ulike kriteriene. Ved å presentere en matrise for XPS og en for PU/ epoxy vil vi kunne gi en generell konklusjon for valg av utforming.

#### 3.5.1 Prosjektgruppens forutsetninger


Tabell 3 - PM Støpeform XPS

 <h1>Pugh Matrix</h1>				
<b>Prosjektnavn:</b> Formula1 Composite				
<b>Kategori:</b> Støpeform, XPS				
<b>Dato:</b> 01.03.16				
	Alternativer			
Evaluerings kriterier	Kriterievekt (1-5)	Hun-form	Han-form fres	Han-form plotting
Total tidsbruk	4	3	2	1
Kostnad	5	4	3	3
Overflate res.	3	3	3	2
Symmetri	4	4	4	2
Gjenbruk	1	1	4	4
<b>Sum</b>		58	52	37

Vi noterer av hun-form vinner utvelgelsen. Ved hun-form slipper man å lage en egen støpeform. Man vil støpe rett i «badekaret» som vil være svært tidsbesparende. Vi ønsker derfor å benytte en slik form for produksjonen.

### 3.5.2 Utforming PU/ epoxy

Tabell 4 - PM Støpeform PU/Epoxy

 <h1>Pugh Matrix</h1>				
<b>Prosjektnavn:</b> Formula1 Composite				
<b>Kategori:</b> Støpeform, PU og Epoxy 500g/m <sup>3</sup>				
<b>Dato:</b> 01.03.16				
	Alternativer			
Evaluerings kriterier	Kriterievekt (1-5)	Hun-form	Han-form fres	Han-form plotting
Total tidsbruk	4	5	4	2
Kostnad	5	2	1	4
Overflate res.	3	5	5	1
Symmetri	4	5	5	2
Gjenbruk	1	2	5	4
<b>Sum</b>		67	61	43

For polyuretan som for XPS er det hun-form som kommer best ut. Det vil være de samme fordelene som er beskrevet ovenfor.

Hvis man sammenligner de to pugh matrisene ser vi at polyuretan kommer best ut. Overflate og tidsbruk vil være de klart største fordelene ovenfor XPS.

Dessverre er kostnaden for anskaffelse av polyuretan svært stor. Vi har prøvd å få tak i vark fra polyuretan produksjon i Norge. Det viser seg imidlertid at produsentene som har vært i Norge er lagt ned eller flyttet til utlandet. Etter å ha snakket med produsenter i Danmark viser det seg at det vil bli for dyrt for prosjektet vårt. Det er dermed kun XPS som er aktuelt for vår støpeform.

Vi noterer at hun-form kommer best ut i begge matrisene med gitt vekting. Ved masseproduksjon vil vekten av gjenbruk forøyes. Det vil ligge naturlig å benytte han-form, da fordelene med hun-form utgår.



## 4.0 Understudie tilvirkning

### 4.1 Mål for understudie

Målet for denne delen av studien vil være å finne riktig metode for tilvirkning av komposittmateriale. Vi har allerede nevnt at vi ikke vil benytte autoklav for denne prosessen. Vi ønsker derfor å finne muligheter for påføring av matrise som kan oppnå ønsket resultat.

### 4.2 Kriterier og vekting

**Kompleksitet** (Vekt: 4) – Mål over hvor kompleks metoden er å utføre. Høy poengsum representerer en metode som krever lite utstyr og erfaring, lav reflekterer en metode som er utstyrskreven og som krever erfaring for ønsket resultat.

**Volumfraksjon fiber/matrise** (Vekt: 4) – Vi har her valgt å samle alle mekaniske egenskaper til et kriterium. Da egenskapene til kompositten er avhengig av volumforholdet mellom matrise og fiber. En høy poengsum betyr at metoden gir muligheten for å produsere en kompositt med ønsket volumforhold (ca. 60 – 70 % fiber) i henhold til «rule of mixture». Lav poengsum betyr at metoden gir en for stor matriseandel, noe som gir dårligere egenskaper og høyere vekt da vekten til fibermattene er bestemt.

**Binding** (Vekt: 3) – Hvor god binding kan man teoretisk oppnå ved de ulike metodene. Bedre binding mellom fiber og matrise sørger for en sterkere kompositt.

### 4.3 Research

Informasjon ble innhentet ved bruk av internett. Vi har lest om ulike metoder og sett filmer på hvordan de utføres. I tillegg til søking på nettet har vi diskutert påføringsprosessen i to ulike møter.

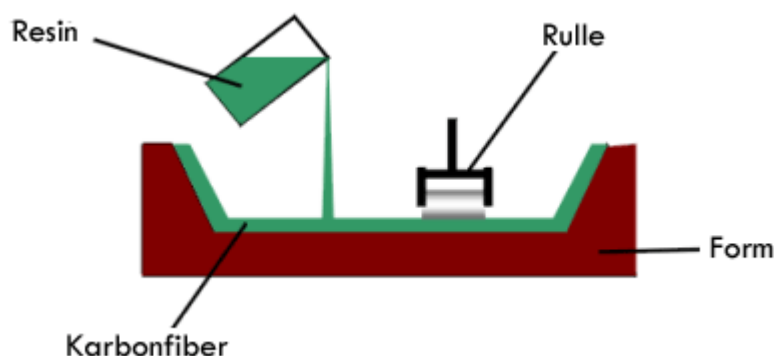
Saken ble diskutert med Lindberg og Lund 03.02.16.

Videre diskusjon ble gjort under møte med Per Olve tidl. Kongsberg Gruppen 17.02.16.

## 4.4 Resultat

### Hånd påføring

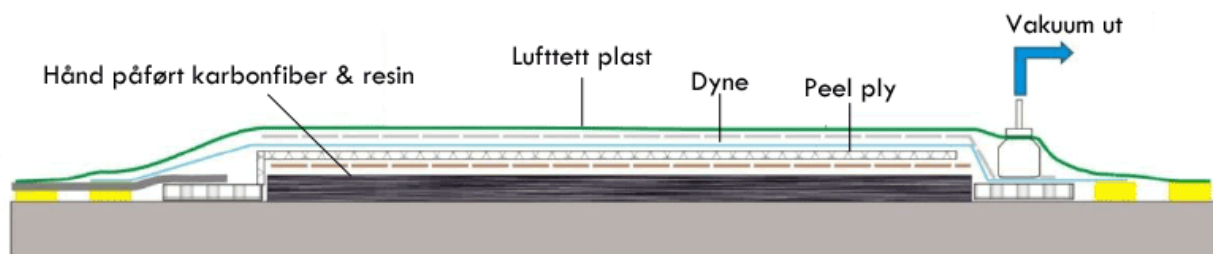
Matrisemateriale påføres fibermatten ved hjelp av pensel og metalluller. Rullen dras over stoffet og sørger for at luftbobler klemmes ut. Påføres for hvert lag. Prosessen må utføres hurtig før matrisen «settes». Benyttes epoxy, må hele delen lages innen 24 timer, da begynner epoxyen å skille ut fettstoff som hindrer binding. Metoden vil sørge for at man overmetter kompositten med matrisemateriale. Overmetningen vil ha negativ konsekvens for komposittens egenskaper (se rule of mixture), da spesielt med tanke på vekt og følgelig spesifikk styrke.



Figur 3- Hånd påføring

### Vakuumbagging

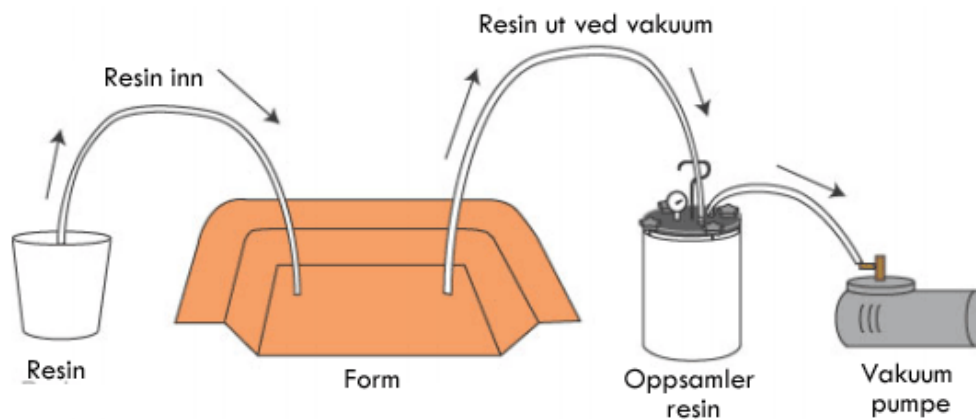
Matrise hånd påføres deretter legges det en vakuum pose rund del og form. Formen må utarbeides med store flenser slik at posen kan festes. Viktig at posen får noen «ører» slik at posen har overskudd til å dekke hele flaten og ikke sprekker eller ødelegges under prosessen. En vakuumpumpe kobles direkte til posen. Prosessen vil klemme ut overflødig resin, som tas opp i en absorbering-dyne. Metoden er mer tid og resurs krevende enn hånd påføring, men gir et signifikant bedre resultat i komposittens egenskaper.



Figur 4- Vakuumbagging

### Vacuum infusion


Prosess der delen blir vakuumbagget. Matrisen vil bli påført ved hjelp av vakuumpumpe slik at prosessen ikke krever noe håndarbeid. Infusion krever større mengder utstyr og kompetanse enn de andre alternativene. Prosessen vil kreve et innløp og et utløp for matrisen, utløpet kobles opp til en vakuumpumpe. Flytmatte sørger for flyt i matrisemateriale, da fiberduken har naturlig motstand mot flyt avhengig av fiberretning og veving. Man kan benytte et såkalt «peel ply» for å hindre at flytduken blir en permanent del av komposittdelen, men dette fungerer kun i ytterkant av formen. Prosessen vil spre matrisen jevnt over delen samt forbedre binding og alle luftbobler vil bli klemte ut. Ved vakuumpumpe vil vi oppnå et tilnærmet optimalt blandingsforhold, følgelig gir dette forbedrede mekaniske egenskaper.



Figur 5- Vacuum infusion

## 4.5 Konklusjon

Tabell 5 - PM Tilvirkning

 <h1>Pugh Matrix</h1>				
<b>Prosjektnavn:</b> Formula1 Composite				
<b>Kategori:</b> Tilvirkning				
<b>Dato:</b> 29.02.16				
	Alternativer			
Evaluerings kriterier	Kriterievekt (1-5)	Vacuum infusion	Vacuum bag	Håndpåføring
Kostnad	5	2	3	4
Tidsbruk	4	3	3	4
Overflate	5	5	5	4
Kompleksitet	4	2	3	4
Forhold fiber og matrise	4	5	4	2
Binding	3	5	4	2
<b>Sum</b>		<b>90</b>	<b>92</b>	<b>86</b>

Som vi ser av utfallet til matrisen er vacuum infusion alternativet som gir best resultat med hensyn på mekaniske egenskaper. Vi noterer at vakuumbagging kommer best ut med hensyn på valgt vektlegging.

Håndpåføring uten vakuumbagg bør kun brukes dersom prosjektgruppen ikke har tilgang til nødvendig utstyr og kompetanse for vakuumbagging. Resultatet blir signifikant dårligere og delen blir tyngre grunnet overflødig matrisematerial.

Etter å ha testet hvordan vakuumbagging fungerer ser vi oss komfortable med å utføre dette på karosseriet.

## 5.0 Samlet konklusjon

For å produsere karosseriet vil vi benytte oss av XPS 200 blokker som freses ut til en konkav badekarform. Deretter vil vi benytte håndrulling for å påføre matrise. For å så sette formene inn i vakuumposer over natten.

## 6.0 Kildehenvisning

[1] Vegvesenet. Hentet 29.02.16

[http://www.vegvesen.no/s/vegnormaler/hb/014/Gamle\\_filer/14.71/014-713.pdf](http://www.vegvesen.no/s/vegnormaler/hb/014/Gamle_filer/14.71/014-713.pdf)

Ecfiberglasssupplies. Hentet 29.02.16

<https://www.ecfibreglasssupplies.co.uk/t-MakingMoulds.aspx>

Materials Unsw. Hentet 01.03.16

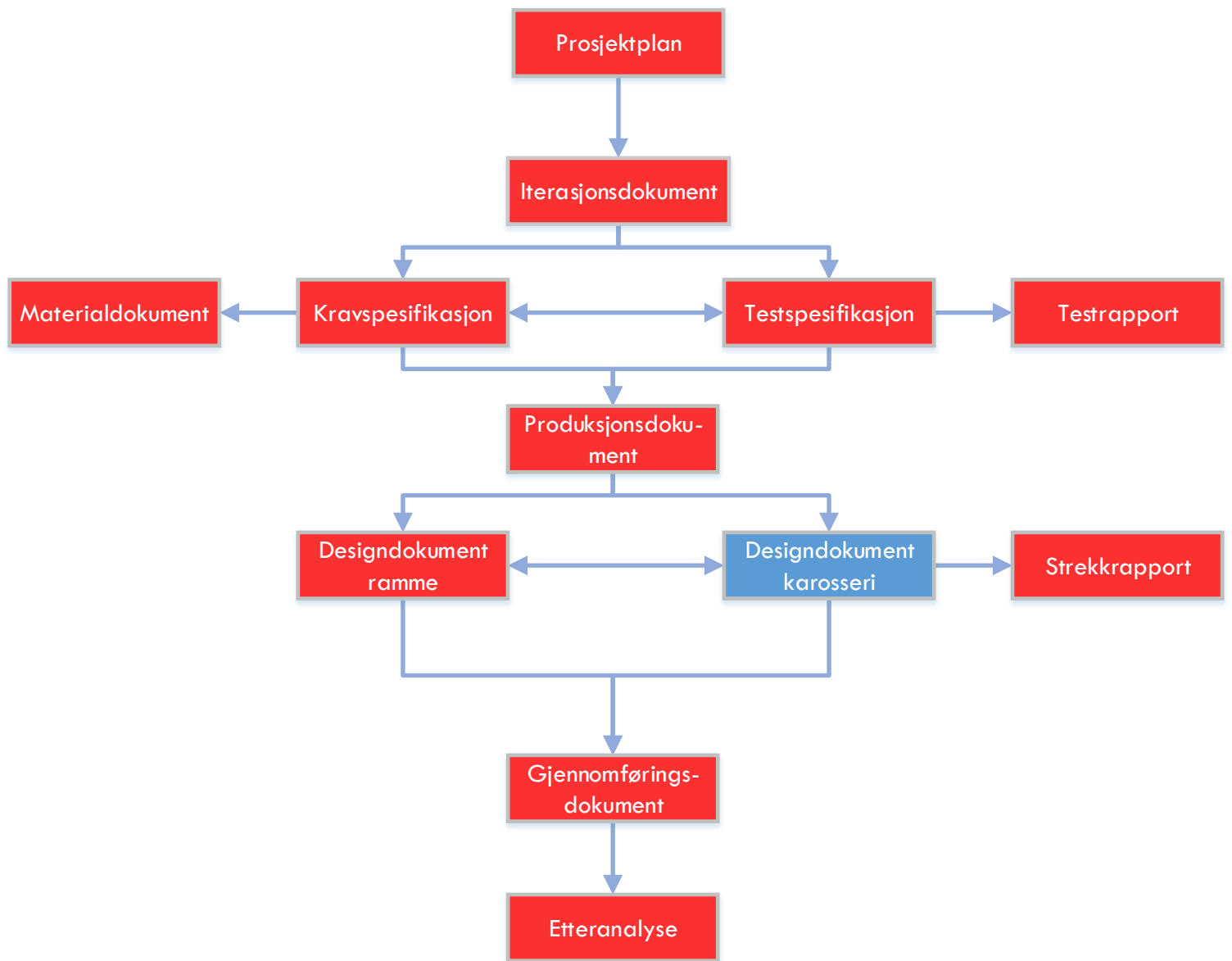
<http://www.materials.unsw.edu.au/tutorials/online-tutorials/2-continuous-fibre-composites>

Researchgate. Hentet 03.03.16

[https://www.researchgate.net/figure/266558919\\_fig1\\_Fig-1-Schematic-of-vacuum-bag-lay-up-for-CFBenzoxazine-panel-manufacture](https://www.researchgate.net/figure/266558919_fig1_Fig-1-Schematic-of-vacuum-bag-lay-up-for-CFBenzoxazine-panel-manufacture)

Composites Ugent. Hentet 03.03.16

[http://www.composites.ugent.be/home\\_made\\_composites/documentation/FibreGlast\\_Vacuum\\_infusion\\_process.pdf](http://www.composites.ugent.be/home_made_composites/documentation/FibreGlast_Vacuum_infusion_process.pdf)





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Designdokument Karosseri

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	KS	OS	17

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



## Sammendrag

Designdokumentet for karosseri er et av hoveddokumentene som ble utarbeidet i iterasjonsperioden: 3. Utarbeidelse. Dokumentets hensikt er å gi leseren en innføring i karosseriets designprosess. Dokumentet vil gi relevant informasjon vedrørende karosseriets oppbygging og egenskaper.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
0.1	29.02.2016		Opprettelse av dokument
0.2	08.03.2016		Flere elementer lagt til
0.3	09.03.2016		Kapittel 5 ble utfylt.
0.4	10.03.2016		Legge til kap. 6
1.0	12.03.2016		Klar til innlevering
1.1	20.04.2016		Endre kap.5
1.6	16.05.2016		Endre kap.6
1.7	18.05.2016		Legge til endringer til støp
2.0	20.05.2016		Klar til levering

## Innhold

1.0	Forkortelser og forklaringer.....	5
2.0	Relaterte dokumenter .....	5
3.0	Introduksjon.....	6
3.1	Karosseriets hensikt.....	6
3.2	Begrensninger .....	6
3.3	Kobling til ramme.....	6
3.4	Samarbeidspartnere .....	6
4.0	Designprosessen.....	7
5.0	Material.....	11
5.1	Kompositt .....	11
5.1.1	Out of Autoclave .....	11
5.2	Fiberretning og laminat .....	12
5.2.1	Blandingsregelen.....	12
5.2.3	Komposittlaminat .....	13
5.3	Valg av materiale .....	13
6.0	Produksjon.....	14
6.1	Lime sammen isoporblokk .....	14
6.2	Frese ut form .....	15
6.3	Legge epoxy og glassfiber.....	16
6.4	Overflate behandling med Gelcoat.....	16
6.5	Pusse ned Gelcoat.....	16
6.6	Støpe karosseriet.....	16
7.0	Kildehenvisning.....	17

## Liste over figurer

Figur 1 - Fres fra Hurum Plastindustri.....	15
Figur 2 - Utvalg skjæreverktøy .....	15

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk.....	3
Tabell 2 .....	5

## 1.0 Forkortelser og forklaringer

Tabell 2

Forkortelse	Forklaring
PMC	Polymer matrise kompositt
MMC	Metall matrise kompositt
CMC	Keram matrise kompositt
FRP	Fiberforsterket kompositt
HF	Hex force
HF 200	Hex force 200g/m <sup>2</sup> matte
HF 600	Hex force 600g/m <sup>2</sup> matte
L&L	Lindberg og Lund

## 2.0 Relaterte dokumenter

- Kravspesifikasjon
- Teknologidokument Karosserimateriale
- Teknologidokument Produksjonsmetode

## 3.0 Introduksjon

### 3.1 Karosseriets hensikt

Karosseriet er systemets ytterste komponent som beskytter føreren og indre deler mot utvendige belastninger. Designprosessen er viktig med tanke på produktets utseende og bruksområde. Det er vesentlig at karosseriet har nok styrke til å holde seg oppreist på egenhånd, men ikke så sterk at det vil være et faremoment i tilfelle systemet og sjåfør skulle bli utsatt for ulykker.

### 3.2 Begrensninger

Prosjektet har en streng tidsramme, dette legger føringer for hvordan karosseriet kan utarbeides. For det første, skulle valg av komposittmateriale og antall lag fiberduk testes og egenskapene til de ulike kompositt-typene kartlegges. Vi har merket oss at dette må gjøres samtidig som produksjonsprosessen er i gang. Vi vil derfor se hvor mye sterkere vi kunne fått karosseriet hvis vi hadde brukt andre metoder.

Gruppen er avhengig av at karosseriets produksjonsprosess er forenklet. Det er nødvendig at karosseriet fremstilles med en metode som ikke krever prøving og feiling.

Karosserier laget av karbonfiber har muligheten til å være sterke og stive nok til at de kan være selvbærende (ingen behov for ramme). Dette ligger utenfor prosjektets omfang. Vi har ikke vurdert dette da produksjonen av et slikt karosseri er svært tidkrevende og krever kompetanse vi ikke har tilgang til.

### 3.3 Kobling til ramme

Karosseriet utarbeides ikke isolert fra resten av systemet. På grunn av at systemet har relativt små pasninger og lite plass/ spillerom er det viktig at karosseriet passer på rammen, gir nok plass til sjåfør og gir nødvendig rom for komponenter. Fordi karosseriet er et produkt som skal lages til dels for hånd må vi ta hensyn til at det fysiske produktet kan avvike fra 3-d modellen som vi designer i SolidWorks. Med bakgrunn i dette vil vi utvikle karosseri og ramme parallelt. Rammens design vil bli ferdigstilt når karosseriet er ferdig produsert.

### 3.4 Samarbeidspartnere

For å realisere produktet har vi kartlagt potensielle samarbeidspartnere. Vi har vært så heldige å få støtte fra to bedrifter til produksjonen av karosseriet:

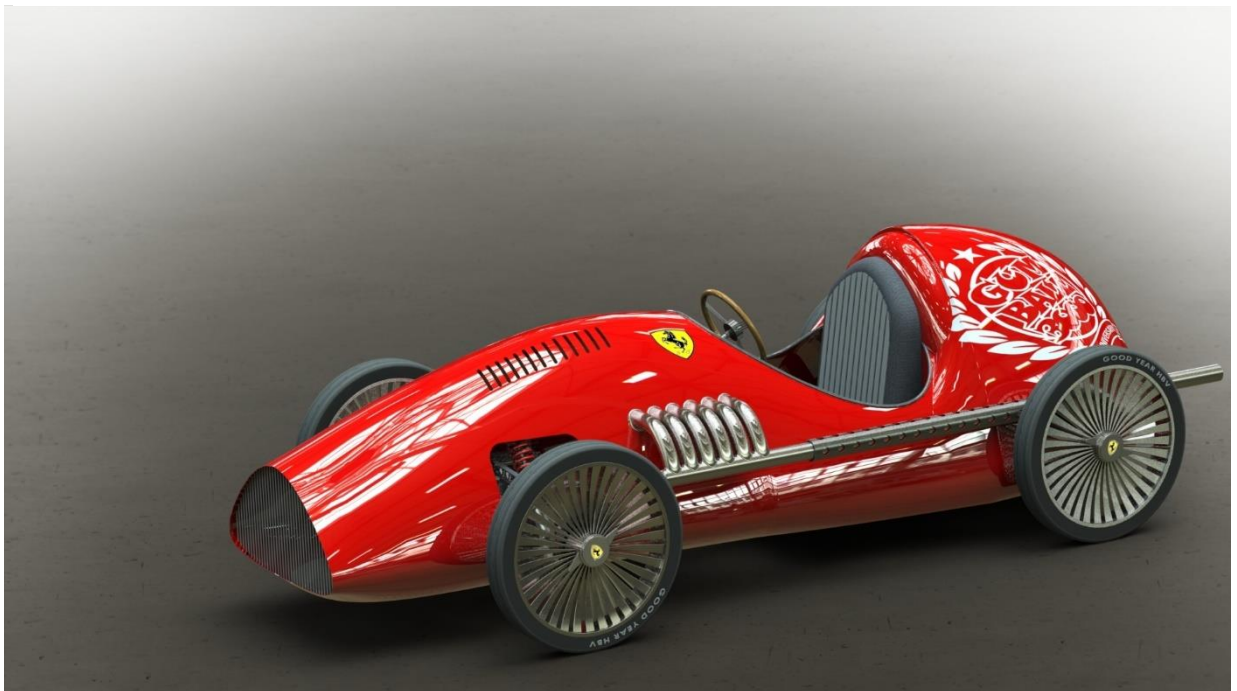
- Lindberg og Lund (L&L) tilbyr komposittmateriale til rabatterte priser.
- Hurum plastindustrier gir oss muligheten til å benytte deres CNC fres, kostnadsfritt.
- HSN og Tinius Olsen lar oss benytte skolens komposittlab for arbeidet.

## 4.0 Designprosessen

### 3D-design

Utgangspunktet for designet på 50-talls bilen kommer fra Kåre Særens eksamensoppgave fra faget DAK med 3D-modellering. Med inspirasjon fra en Ferrari formel 1 bil fra 50-tallet ble denne bilen resultatet (se figur 1). Helt fra starten har det utvendige og det synlige designet vært det samme. Det har blitt gjort få eller ingen endringer.

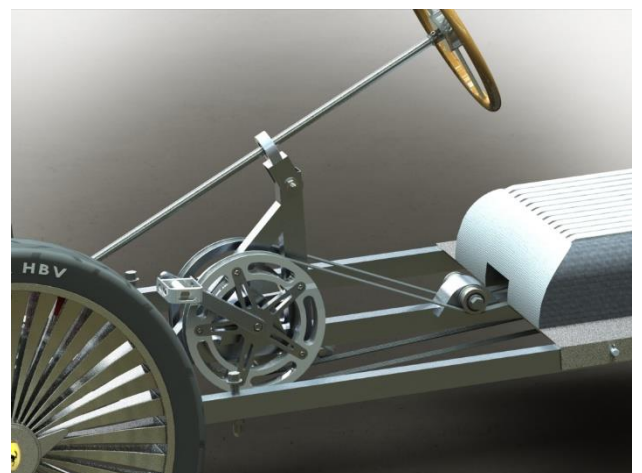
Figur 1 - 50-talls formel 1 bil



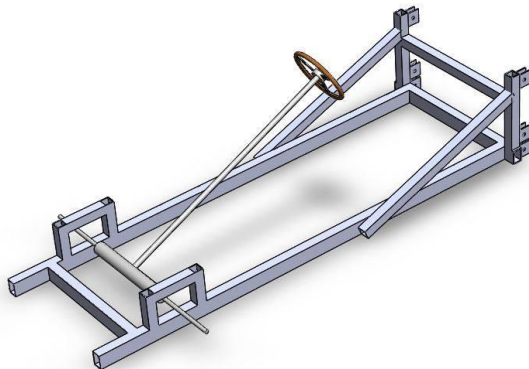
Utfordringen har vært ramme og understellet på bilen. Når bilen ble modellert opp var det som en olabil. Dermed var vi nøtt til å gjøre store endringer.

Fra starten av så vi for oss at karosseriet var det vanskeligste å lage. Dermed ønsket vi å designe en grovramme for deretter å tilpasse rammen etter størrelsen på karosseriet. Når rammen ble laget etter karosseriet her den hatt svært liten innvirkning på selve karosseriet. Se bilde av grovramme og endelig ramme under. (figur 3 og 4).

Figur 2 - Pedaldrevet olabil



Figur 3 - Grov ramme



Figur 4 - Endelig ramme v1.0

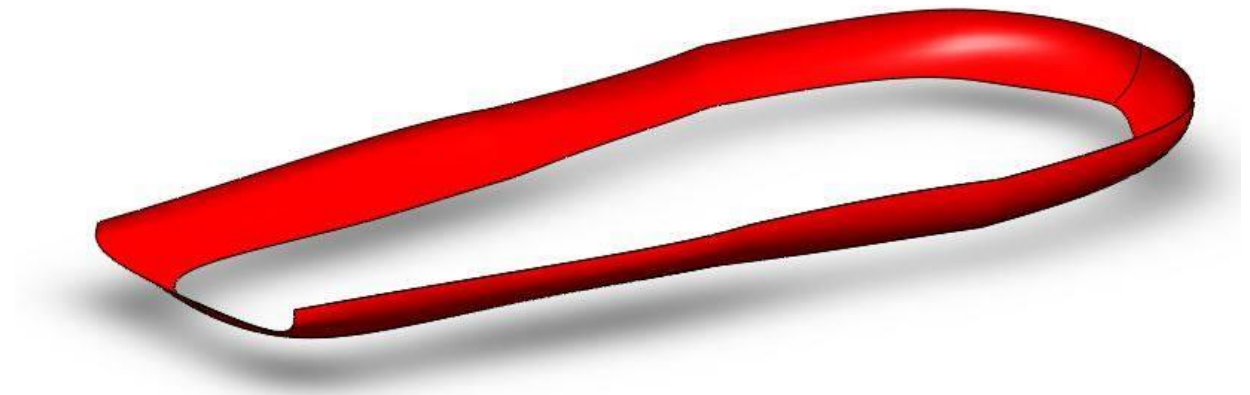


### Oppdeling av karosseri

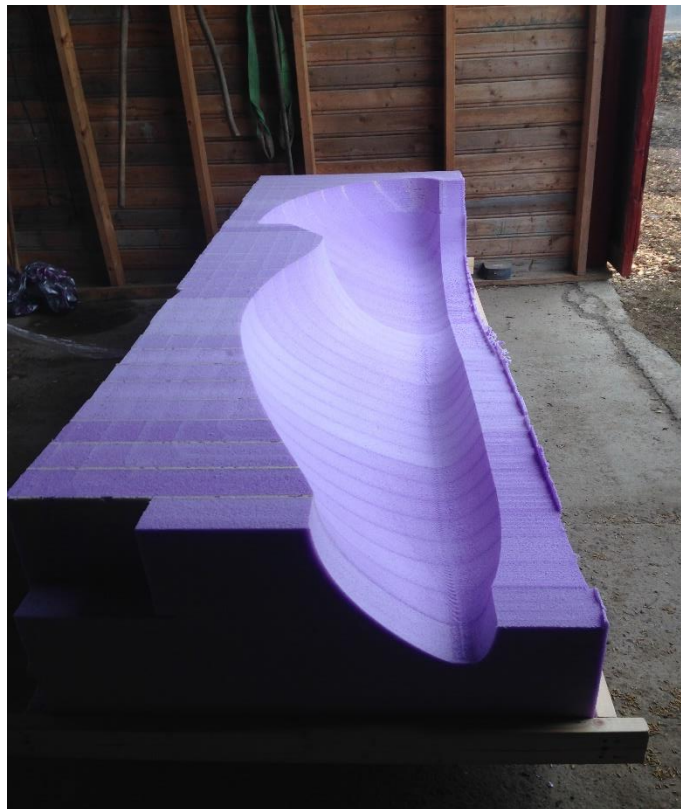
Det var flere grunner til at vi måtte dele karosseriet opp i flere deler. Hovedårsaken til at vi ønsket å dele karosseriet var for å få karosseriet ut av støpeformen. Hadde vi støpt hele karosseriet i et ville det mest sannsynligvis sittet fast i formen. Et alternativ hadde vært å delt karosseriet i bunnen. (se figur 1) Problemet her var at dette ikke hadde latt seg gjøre for fresemaskinen til Hurum Plastindustri. For å være helt sikre på at fresen klarte å fres ut formen vår 3d-modellerte vi opp fresen og formen for å se at fresehode ikke kom i konflikt med formen. Det var da et område som måtte endres på, det hadde ikke noe særlig påvirkning på designet da det var bak der setet skal være.

Figur 5 - 3D-modell av CNC fres



*Figur 6 - Bunn av karosseri*

For å løse problemet med fresen til Hurum Plastindustri valgte vi å dele karosseriet langsgående. Dette løste de problemene vi hadde med fresen, uttak av støpeform og det gjorde at vi kom inn døra på komposittlaben. På bildene under (figur 3 og 4) ser man hvordan formen og karosseriet ble etter at vi valgte å dele det langsgående.

*Figur 7 - Halve formen ferdig frest*



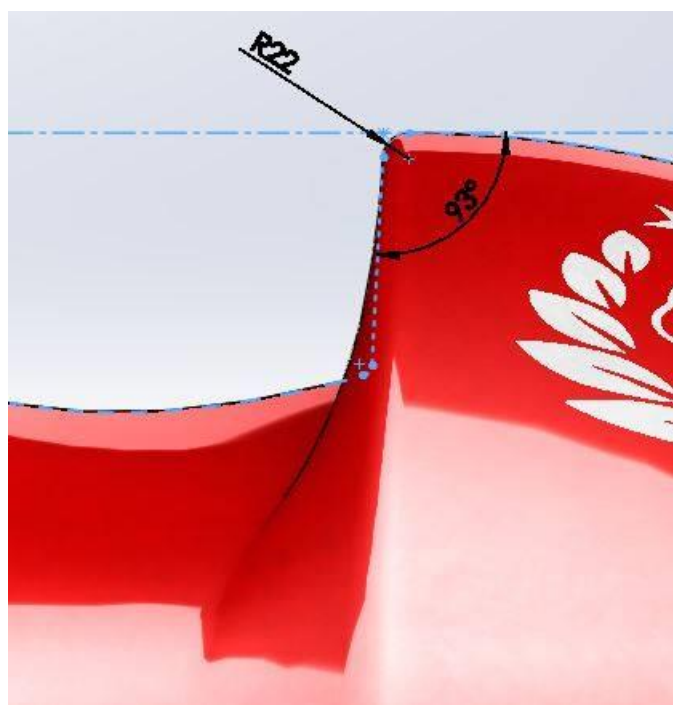
Figur 8 - Halve karosseriet ferdig støpt



### Endringer til støp

For å bedre sikre oss at støpet skulle komme ut av formen og at duken skulle klare å forme seg etter formen ble det gjort to endringer på designet.

1. Endring av vinkel i ryggen. Vinkel bak seteryggen ble endret fra  $90 \rightarrow 93$  grader for å være sikre på at vi skulle få den ut.
2. Endring av kjerv øverst på seteryggen ble endret fra  $10 \rightarrow 22$ mm for å øke sjansene for at karbonfiberen skulle klare å forme seg til kjerven.



## 5.0 Material

### 5.1 Kompositt

Kompositt er en kombinasjon av to eller flere materialer som har overlegne egenskaper til de enkelte materialene innblandet. Kompositt består hovedsakelig av to bestanddeler; forsterkning og bindingsmateriale. Den forsterkende delen er enten i partikkelform eller fiberform. Matrisen (eng. matrix) er bindingsmaterialet som holder kompositten sammen.

Vi deler kompositt materialer inn i tre distinkte kategorier:

- PMC (Polymer Matrix Composites)
- MMC (Metal matrix composites)
- CMC (Ceramic matrix composites)

Disse kan vi igjen dele inn i to hovedgrupper. En gruppe med seige og myke matriser og en gruppe med stive og sprø matriser. PMC og MMC faller inn i den første gruppen mens CMC faller inn i den siste. For den første gruppen er bindingskraften mellom fiber og matrise en kritisk faktor fordi belastninger overføres fra matrise til forsterkningen som har den største styrken.

Gruppen med hard og sprø matrise krever svak binding mellom fiber og matrise. Fibrene skal ha en høy strekkfasthet og skal kunne frigjøres fra matrisen for å kunne arrestere sprekkevekst. Et eksempel på dette er armert betong hvor man har en hard og sprø matrise (sement) og fiber som er duktilt som armeringsjern.

#### 5.1.1 Out of Autoclave

Kompositt materialer har blitt brukt lenge, men vi ser nå at omfanget av bruken øker enormt fra år til år.

Sentralt for produksjon av kompositt materialer og spesielt karbonfiber kompositt er såkalte autoklaver, store ovner hvor materialer blir satt under temperatur og trykk. Dette gjør at komposittmaterialet får de egenskapene og styrken som man ønsker, ved at sterke tverrbindinger dannes i strukturen.

Bruk av slikt utstyr fører med seg visse utfordringer som eksempelvis kostnad, tidsbruk og energibruk. Ovnene er ofte og begrenset på størrelse som igjen gir begrensinger på produktet som kan produseres. Industrien har over lengre tid hatt et ønske om fjerne bruken av autoklav når man lager kompositt materialer. Man er i en tidlig fase, men man ser produkter som skal ha tilnærmet like egenskaper uten bruk av autoklav som kompositter produsert i autoklav. [1]

Karosseriet skal produses uten bruk av autoklav. Vi har tilgang til karbonfiberduker som er designet for å bruke uten ovn.

## 5.2 Fiberretning og laminat

### 5.2.1 Blandingsregelen

Egenskapene til et kompositt materialet gjenspeiler egenskapene til henholdsvis fiber og matrise. Komposittmaterialet blir et gjennomsnitt av bestanddelene av fiber og matrise. For å kunne forutsi komposittens egenskaper benyttes formelen «Rule of mixture» eller blandingsregelen.

Vi vil fokusere på FRP kompositter. Formelen kommer i to varianter, avhengig av hvilke vilkår som opptrer. Opptrer belastningen i komposittens fiberretting vil tøyningen være lik i fiber og matrise (eng. *isostrain*). Opptrer belastningen vinkelrett på fiberretning vil opptredende spenning være lik i fiber og matrise (eng. *isostress*).

For at blandingsregelen skal kunne benyttes må fibre være kontinuerlige og berøre hverandre.

$$\sigma_c = f_m \times \sigma_m + f_f \times \sigma_f$$

*Rule of mixture, isostrain, i fiberretning (Voigt)*

$$\frac{1}{\sigma_c} = \frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_f}{f_f}$$

*Rule of mixture, isostress, vinkelrett på fiberretting (Reuss)*

$\sigma_c$  = Fasthetsgrense kompositt

$f_m$  = Volumandel matrise

$\sigma_m$  = Fasthetsgrense matrise

$f_f$  = Volumandel fiber

$\sigma_f$  = Fasthetsgrense fiber

Formelen er svært sentral innenfor fagområdet da man kan regne ut egenskapene til komposittmaterialet. Andre egenskaper som kan beregnes inkluderer tetthet, e-modul og elektrisk/varme ledningsevne.

Vi noterer at fiberforsterkede komposittmaterialers egenskaper er komplekse grunnet fibernes *anisotropi*, altså er egenskaper retningsavhengig. Bildet blir igjen mer komplisert når vi tar hensyn til flere lag fiber i ulike retninger.

### 5.2.3 Komposittlaminat

Komposittmaterialene som vi har vurdert til karosseriet kommer alle i vevde matter. Dette gjør at egenskapene er noe vanskeligere å fastslå. At fibrene ligger vevd og i flere retninger sørger for at matten får større styrke i de ulike retninger. Avhengig av produktets bruksområde er det ønskelig å øke styrken i flere retninger. Dette er en av grunnene til at kompositt blir påført lagvis. Altså flere kompositt *lamina* former et helt *laminat*. Dette betyr for vår del at vi vil legge minst to lag matter og sørge for at fiberretningen på mattene blir rotert  $90/n$  grader der «n» er antall lag. Dette sørger for at vi får en kompositt med god styrke i flere retninger.

Lag av fiberduker sørger også for en svært kompleks spenningssituasjon. Dette fikk vi erfare i kurset «polymer og kompositt». Vi har dessverre ikke utstyr til å simulere modeller laget av komposittmaterialer med ønsket resultat. I samråd med veiledere har vi valgt å ikke utføre analyser av komposittskroget med solidworks. En grundig analyse av materialet vi bli gjennomført i laboratoriet og sammenliknet med tilsvarende prøver fra kompositt laget i autoklaven.

### 5.3 Valg av materiale

Duken som blir brukt er en HEX FORCE 600 karbonfiberduk, sammen med epoxy som resin.

For mer informasjon om valgene se Materialdokument.

## 6.0 Produksjon

Kompetanse rundt den praktiske produksjonen av kompositt materialer har vært en utfordring for prosjektgruppa og skolen. Bakgrunnen for at høyskolen ønsket seg et slikt prosjekt var i tillegg til et markedsføringsprodukt og øke sin kompetanse av praktisk produksjon av komposittmaterialer.

Valget av materialet har i stor grad innvirkning på produksjonsmetoden. Ved glassfiber og polyester ville vi gått for en gammeldags produksjonsmetode. En produksjon som inneholder plotting (Stor gammel skrivemaskin) og håndutskjæring. En svært tidkrevende prosess, samtidig det rimeligste alternativet vi kunne gått for.

For å få en rimeligst mulig produksjon med valgt materiale (karbonfiberarmert epoxy) har vi valgt å gå for en badekar støpeform. Se teknologidokument produksjon for ytterligere informasjon.

Produksjonsprosessen er per fredag 4.mars ikke påbegynt, men produksjonen vil iverksettes i seks ulike trinn. Trinnene er utarbeidet av gruppen i samarbeid med L&L og ekstern veileder.

- I. Lime sammen isoporblokk
- II. Frese ut form i CNC-fres
- III. Legge epoxy
- IV. Overflate behandling med sparkel
- V. Finpusing
- VI. Støpe karosseri

### 6.1 Lime sammen isoporblokk

Isopor/polystyren (XPS-200 plater) er kjøpt inn fra Jackon i Fredrikstad. Jackon hadde tidligere erfaring med fresing av isopor. Fra før visste vi at formen ble finere jo høyere tetthet og trykkfasthet isoporen hadde. Erfaringen Jackon satt med var at høy tetthet ga økt risiko for glasing og problemer under fresing. De anbefalte alle som skulle frese å bruke XPS 200 som de hadde god erfaring med fra tidligere. Platene vi har kjøpt er 1200X600x100mm(LxHxB) tykke.

Polystyren kan limes med flere limtyper. Man må unngå lim med løselighetsmiddel. Vi vil benytte oss av et lim fra Lindberg & Lund som er laget for polystyren, limet er god egnet for fresing. [2]

Sammen med Kai Otto Tømmerås, fra HP. Har vi funnet funnet ut at karosseriet kan freses ut i to deler. To former er blitt satt sammen av 32 plater i 1000x600x100mm.



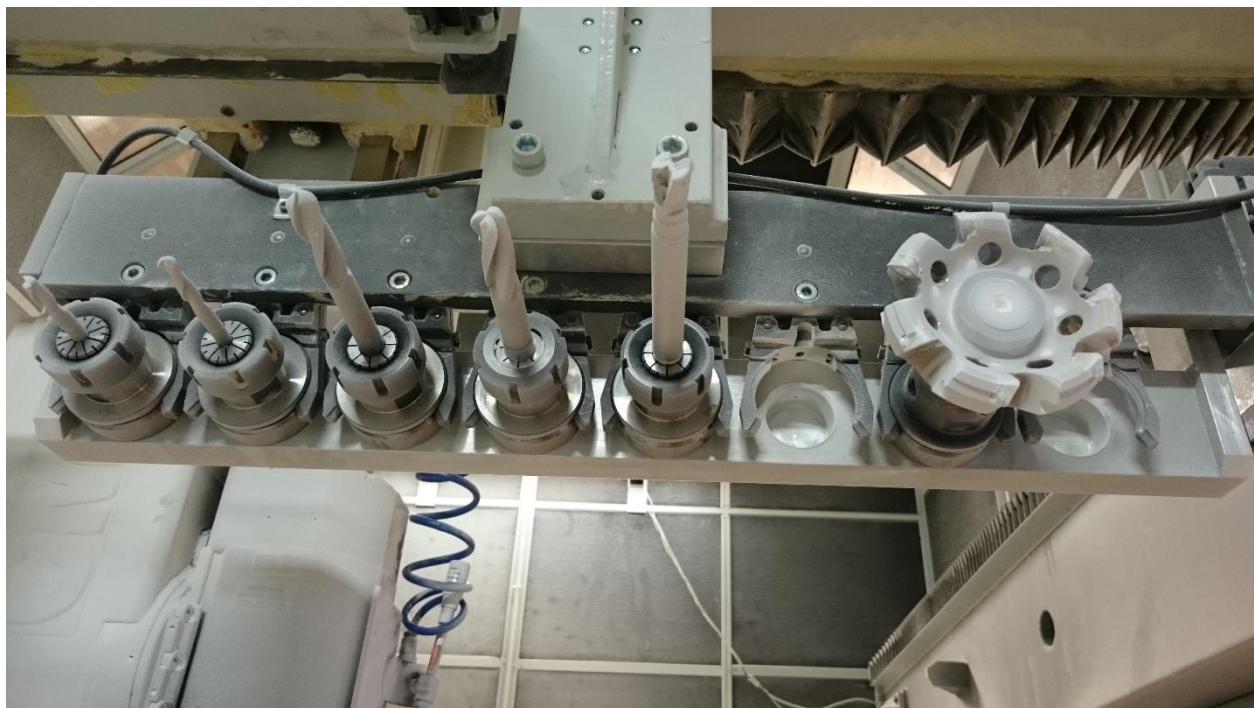
## 6.2 Frese ut form

Hurum Plastindustrier gir oss de fasitlistene vi trenger for å kunne frese ut støpeformen. Fresen har stor kapasitet og kan ta blokker opp til 4,5 x 1,30 meter, godt innenfor det vi trenger for vår form.

For å kunne frese trenger man en STEP-fil som maskinen blir programmert fra. For å gjøre det lettest mulig for Hurum Plast, legger vi ved modellen av karosseriet som skal fresas ut og en modell av klossen som skal fresas ut i fra. Dette for at fresen skal gjøre minst mulig jobb og ikke fres i løse luften.



Figur 9 - Fres fra Hurum Plastindustri



Figur 10 - Utvalg skjæreverktøy

### 6.3 Smøre formene med epoxy

For å beskytte polystyren mot løsemidler blir formen dekket med epoxy. Dette vil i tillegg til å beskytte formene mot løsemidler også øke motstanden til formene. Dette er viktig for at de ikke skal gi etter når de blir satt inn i vakuum. Det ble smurt 2 lag med epoxy. For å opprettholde "fasongen" på formene var det viktig å pusse ned epoxyen slik at det ikke var noen klumper igjen. For å forsikre oss om at det ikke var noe polystyren som var utsatt sprayet vi formene med et lag epoxy-primer.

### 6.4 Overflate behandling med sparkel.

Overflaten av formene vil være avgjørende for hvordan karosseriet blir seende ut. Det vil bli påført standardsparkel for punktsparkling og spraysparkel for å spraye på. Antall ganger dette vil gjøres vil være individuelt for formene. Etter hvert lag som påføres må det pusses ned. Vi vil da beholde fasongen på formene, men få tettete porer og sprekker.

### 6.5 Finpussing

Når vi er fornøyd med overflaten vil det våtslipas med både P400 og P800. Dette vil gi en glattere finish og bidra til å lettere få løsnet støpen fra formen.

### 6.6 Støpe karosseriet

Karbonfiberduker av typen HEX FORCE 600g blir håndpåført sammen med epoxy. Som vi har vært innen på tidligere (Jf. Teknologidokument Karosserimateriale) er dette en duk som ikke krever autoklav for ønsket binding mellom fiber og matrise. Egenskapene skal ifølge produsenten være tilnærmet lik det vi ser på vanlige prepreg duker (ved bruk av vakuuminfusjon). Vi vil gjennomføre tester for å se om vår duk tilfredsstiller kravene vi har satt og måle de opp mot karbonfiber behandlet i autoklav.

Karosseriet må stabiliseres ved hjelp av avstivninger som vi vil legge på der vi ser at det er nødvendig. Dette vil gjøres etter at halvdelene er satt sammen. Her kan man benytte honeycomb avstivning [3] eller man kan benytte avkapp fra polystyrenblokka.

For å få den ferdige delen ut av støpeformen vil vi bruke «håndmakt». Formen skal være elastisk nok for at dette skal la seg gjøre. For å få ut støpen fra formene blir det brukt 5 lag med slippmiddel.

## 7.0 Kildehenvisning

[1] Hexcel, hentet 04.03.2016

<http://www.hexcel.com/Innovation/Documents/Product-Process%20Development%20For%20Out-of-Autoclave.pdf>

Compositesworld, hentet 03.03.2016

<http://www.compositesworld.com/articles/out-of-autoclave-processing-1-void-content>

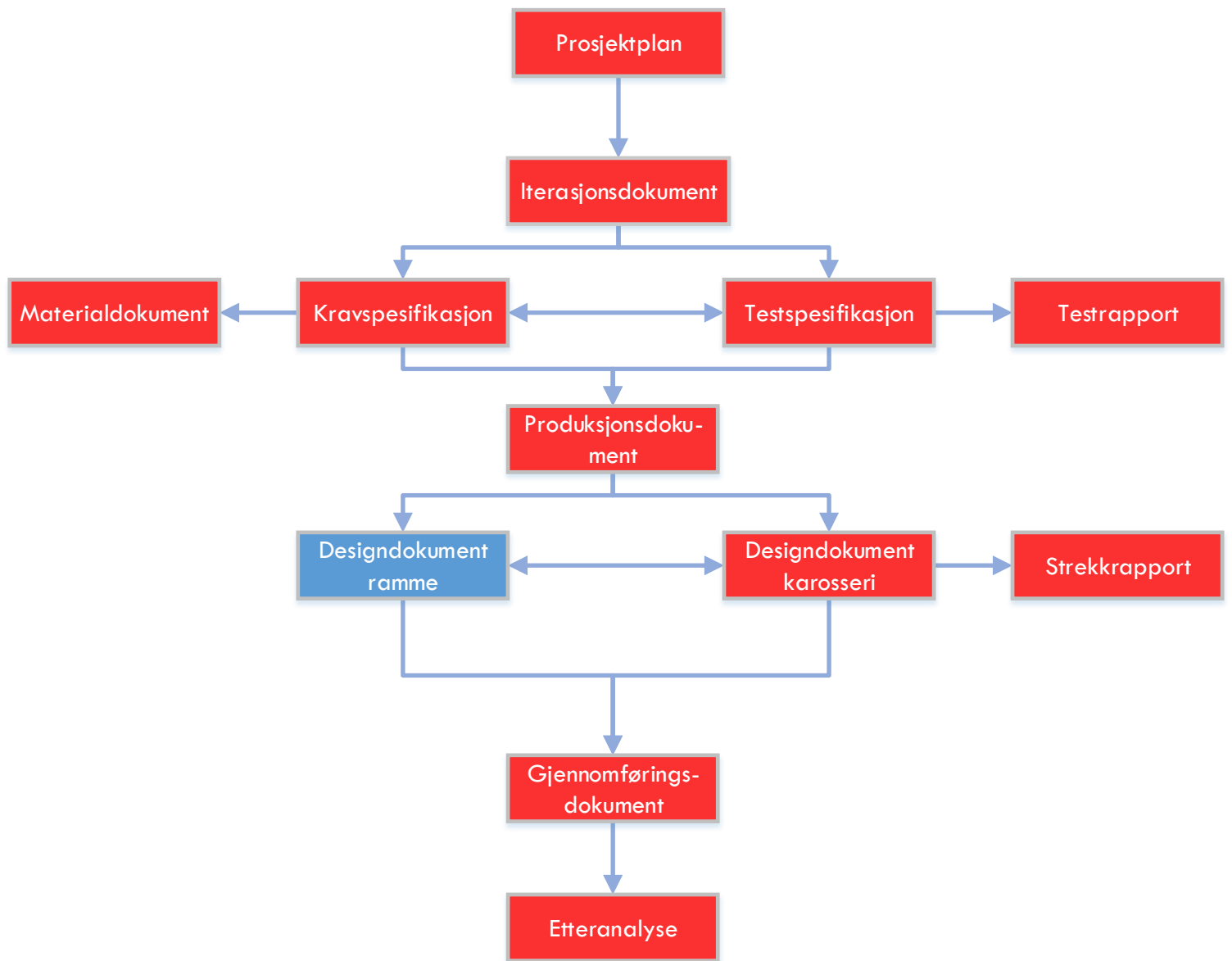
[2] Lindberg og Lund, hentet 07.03.2016

<http://www.lindberg-lund.no/files/PDF%20Kataloger/Lim/LL-Multi%20Purpose/LL-Multi%20Purpose.pdf>

[3] Lindberg og Lund, hentet 03.03.2016

[http://www.lindberg-lund.no/files/PDF%20Kataloger/komposittmaterialer/Kjernematerialer/brosjyrer/Honeycomb\\_Selector\\_Guide.pdf](http://www.lindberg-lund.no/files/PDF%20Kataloger/komposittmaterialer/Kjernematerialer/brosjyrer/Honeycomb_Selector_Guide.pdf)







# Formula1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Designdokument Ramme

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
1.0	23.05.2016	KS	TH	52

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## Sammendrag

Dette dokumentet har som hensikt å dokumentere rammens designprosess. Rammens generelle oppbygging samt diverse designvalg vil diskuteres i dette dokumentet. Valg av materiale og diverse tester av rammen vil også dokumenteres.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
0.1	29.02.2016		Opprettelse av dokument
0.2	29.04.2016	THK	Endring av dokumentstruktur
0.3	05.05.2016		Kapittel 2.0 ble skrevet
0.4	06.05.2016		La til lagerstatus, og syrefast samt rusting av presisjonsrør i kapittel 2.0
0.5	18.05.2016	KS	Lagt til materialvalg
0.6	19.05.2016	KS	Lagt til FEM analyser
0.7	19.05.2106	KOY	Korrektur lesing
0.8	19.05.2016	KS	2D
0.9	20.05.2016	TH	Beregninger av krefter ble lagt til La til mer tekst i konklusjonen.
1.0	20.05.2016	KS	Ferdigstilling

## Innhold

1.0	Rammemateriale.....	7
1.1	Material studie .....	7
1.2	Aktuelle materialer .....	7
1.3	Beregninger og formler .....	9
2.0	Analyse materialvalg .....	10
2.1	Test av materiale .....	10
3.2	Konklusjon.....	13
3.0	Analyse sveis.....	14
3.1	Analyse av sveise skjøt størrelse .....	14
3.2	Konklusjon.....	16
4.0	Sammenlikning av Beam og Solid i FEM simulering .....	16
4.1	Hensikt med sammenlikning .....	16
4.2	Simulerings oppsett .....	16
4.3	Simulerings data .....	17
4.4	Konklusjon.....	21
5.0	Skisse av ramme.....	22
6.0	Oppbygging av ramme med FEM .....	24
6.1	Oppbygging av ramme med FEM analyser, steg for steg .....	24
6.1.1	Beam.....	24
6.1.2	Solid .....	39
6.2	Forstilling og re-design.....	45
6.3	Bilder.....	50
7.0	Konklusjon .....	52
8.0	2D tegninger .....	52

## Liste over figurer

Figur 1 - Resultat test 1 .....	11
Figur 2 - Resultat test 2.....	12
Figur 3 - Test av sveiseskjøt .....	14
Figur 4 - Sveiselarve .....	15
Figur 5 - Sveiselarve resultat.....	15
Figur 6 - Sveiseinformasjon .....	16
Figur 7 - Simulering 1 .....	17
Figur 8 - Simulering 2.....	18
Figur 9 - Simulering 3.....	19

Figur 10 - Simulering 4 .....	20
Figur 11 - Skisse av ramme.....	22
Figur 12 - Skisse av ramme 2.....	23
Figur 13 - Ferdig ramme 1 .....	50
Figur 14 - Ferdig ramme 2 .....	50
Figur 15 - Ferdig ramme 3 .....	51
Figur 16 - Ferdig ramme 4 .....	51

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk.....	3
Tabell 2 - Ramme steg 1 .....	24
Tabell 3 - Ramme steg 1, laster.....	24
Tabell 4 - Ramme steg 1, resultat .....	25
Tabell 5 - Ramme steg 2 .....	26
Tabell 6 - Ramme steg 2, resultat .....	26
Tabell 7 - Ramme steg 3, resultat .....	27
Tabell 8 - Ramme steg 4 .....	28
Tabell 9 -Ramme steg 4, resultat.....	28
Tabell 10 - Ramme steg 5.....	29
Tabell 11 - Ramme steg 5, resultat.....	29
Tabell 12 - Ramme steg 6.....	30
Tabell 13 - Ramme steg 6, resultat.....	30
Tabell 14 - Ramme steg 7.....	31
Tabell 15 - Ramme steg 7, resultat.....	31
Tabell 16 - Ramme steg 8.....	33
Tabell 17 - Ramme steg 8, resultat.....	33
Tabell 18 - Ramme steg 9.....	34
Tabell 19 - Ramme steg 9, resultat.....	34
Tabell 20 - Ramme steg 10 .....	35
Tabell 21 - Ramme steg 10, resultat .....	35
Tabell 22 - Ramme steg 11 .....	36
Tabell 23 - Ramme steg 11, resultat .....	36
Tabell 24 - Ramme steg 12 .....	37
Tabell 25 - Ramme steg 12, resultat .....	37
Tabell 26 - Ramme steg 13 .....	38
Tabell 27 - Ramme steg 13, resultat .....	38
Tabell 28 - Ramme steg 14 .....	39
Tabell 29 - Ramme steg 14, resultat .....	39
Tabell 30 - Ramme steg 14, resultat ISO-clipping .....	40
Tabell 31 - Ramme steg 14, resultat ISO-clipping(zoom) .....	40
Tabell 32 - Ramme steg 15 .....	41
Tabell 33 - Ramme steg 15, bunnplate.....	41
Tabell 34 - Ramme steg 15, resultat .....	42
Tabell 35 - Ramme steg 15, resultat ISO-clipping .....	42
Tabell 36 - Ramme steg 15, resultat ISO-clipping(zoom) .....	43
Tabell 37 - Ramme steg 16.....	44
Tabell 38 - Ramme steg 16, resultat .....	44
Tabell 39 - Design front .....	45
Tabell 40 - Redesign front .....	45

---

Tabell 41 - Ramme steg 16, re-design.....	46
Tabell 42 - Ramme steg 16, re-design resultat.....	46
Tabell 43 - Opprinnelig høyde.....	47
Tabell 44 - Redusert høyde.....	47
Tabell 45 - Ramme steg 17, re-design.....	48
Tabell 46 - Ramme steg 17, re-design resultat.....	48
Tabell 47 - Ramme steg 18, re-design.....	49
Tabell 48 - Ramme steg 18, re-design resultat.....	49

## 1.0 Rammemateriale

### 1.1 Material studie

Denne studien har som formål å avgjøre hvilket materiale rammen skal bestå av. Vi har inngått et samarbeid med Norsk Stål der de leverer nødvendige materialer til rammen. Studien blir utført for å finne en hulprofil med optimal godstykkelse.

Metoden vi har valgt å benytte oss av for denne studien er analyser av materialet i SolidWorks. Resultatene vil være grunnlaget for en diskusjon der materiale samt profilens godstykkelse vil bli bestemt.

Vi vil analysere ulike hulprofiler og kjøre en optimalisering for å finne ut minste godstykkelse som materialet kan ha for at rammen skal tåle 100 kg med en sikkerhetsfaktor på 2 (K-RAM-TE-01-A). Vi vil også undersøke om vi kan tilfredsstille kravet K-RAM-TE-01-B samtidig som vekt holdes innenfor rammene K-RAM-TE-02-A krever. Dvs. rammens totalvekt under 100 kg og tåle 150 kg påsatt med en sikkerhetsfaktor på 2 mot bøyning.

Vi har valgt å benytte oss av følgende resurser i vår studie:

Møte med Tom Frode Hansen fra Norsk Stål 30.03.16

Møte med Per Olaf Ellinger og Tom Frode fra Norsk Stål 06.05.16

Datablader for de ulike materialene

Norsk Stål har et stort produktsortiment for hulprofiler av ulike typer stål og aluminium. For å finne mulige alternativer har vi valgt å forhøre oss med Norsk Stål. De anbefalte kvadratiske firkanttrør grunnnet enklere sammensveising og håndtering, noe som støtter vår oppfatning.

### 1.2 Aktuelle materialer

Når det gjelder rammemateriale har vi gjennomført grundige undersøkelser i samarbeid med vår materialleverandør Norsk Stål. Etter gjennomførte undersøkelser med Per Ellinger og Tom Frode Hansen fra Norsk Stål, der vi gikk over tidlige rammeutkast, har vi kommet frem til fire ulike produkter som er aktuelle å benytte til rammens hoved konstruksjon. Vi vil som nevnt benytte oss av kvadratiske hulprofiler som konstruksjonsmateriale.

Av hensyn til koblingspunkter til karosseriet er det vesentlig at materialene ikke har en for stor differanse i stivhet (E-modul). Dermed har vi etter diskusjon med ekstern veileder og Norsk Stål bestemt oss for å benytte stålmateriale fremfor aluminium. Stål har en normal E-modul på ca. 200 GPa, aluminium ligger på ca. 70 GPa, ved 20 grader (verdiene vil variere avhengig av kjemisk- sammensetning, altså ulike legeringer, og fremstillings prosess samt tilvirkning). De elastiske modulene kan sammenliknes med karbonfiberkompositten som karosseriet består av estimert E-modul ligger mellom 400-600 GPa. Dermed kan vi ikke benytte oss av Thomic Aluminium for sveiseprosessen. Sveisingen vil vi gjennomføre selv. Stål egnes bedre for sveising av gruppemedlemmer enn aluminium.



Fra produktkatalogen kan vi velge mellom kaldformede hulprofiler og varmformede hulprofiler. Kaldformede profiler blir utformet ved romtemperatur og normalisert i en kontrollert atmosfære. Varmformede profiler blir utformet ved forhøyet varme over 700 °C, eller har blitt utsatt for en fullstendig varmebehandling på over 580 °C [[http://www.stalforbund.com/Staldag2013/PekkaRitakallio\\_staldagen13.pdf](http://www.stalforbund.com/Staldag2013/PekkaRitakallio_staldagen13.pdf) side 10].

Vi har valgt å benytte kaldformede hulprofiler da deres prispunkt er lavere enn varmformede profiler. Kaldformede profilers sveisbarhet skal være tilsvarende de varmformede ifølge Ruukki [[http://www.stalforbund.com/Staldag2013/PekkaRitakallio\\_staldagen13.pdf](http://www.stalforbund.com/Staldag2013/PekkaRitakallio_staldagen13.pdf)].

De kaldformede hulprofilene utformes ved romtemperatur fra coils/ruller av plater. Platene blir bøyd sammen for så å bli sveiset langs midten av profilen. Slik maskineres hulprofilene.

Vi har også vurdert syrefaste stålrør, da disse har en meget god motstand mot korrosjon og oksidasjon. Kvaliteten på materiale er under kategori EN 1.4404. Derimot har de syrefaste materialene lav flytegrense på 210 MPa. Vi har heller ingen kjennskap til sveising av syrefaste produkter. Dermed har vi bestemt i samråd med Norsk Stål å ikke benytte syrefaste materialer.

De aktuelle produktene er to typer stål av ulike kvaliteter. E235 og S355J2H, i henhold til gjeldende europeisk standard. E235 oksiderer hurtig ved kontakt med fuktighet og må overflatebehandles med en to komponent primer. Egenskaper og dimensjoner er notert i tabellen nedenfor.

Etter samtaler med Norsk Stål har vi kommet frem til følgende aktuelle produkter:

Aktuelle Konstruksjonsmaterialer				
Kvalitet	Dimensjon	Kg/m	Arealmoment	Flytegrense
E235	25 X 25 X 2 mm	1,48	1,48 cm <sup>4</sup>	235 MPa
E235	30 X 30 X 2 mm	1,8	2,72 cm <sup>4</sup>	235 MPa
E235	30 X 30 X 2,5 mm	2,24	3,16 cm <sup>4</sup>	235 MPa
S355J2H	30 X 30 X 3 mm	2,48	3,5 cm <sup>4</sup>	355 MPa

[norsk stål produktkatalog]

Dimensjoner er valgt ut ifra standarddimensjoner og tilgjengelighet på Norsk Ståls lager i Horten. Status på aktuelle produkter er bekreftet på lager 06.05.16.

Tabellen viser at kvaliteten S355J2H har en høyere flytegrense enn E235. Samtidig viser utregninger at S355J2H har en lavere tetthet enn E235. Dermed er S355J2H den best egnede kvalitet for rammemateriale. Isolert sett ville vi altså valgt S255J2H da kvaliteten innehar større spesifikk styrke og en noe lavere pris enn E235. Vi er imidlertid avhengig av å benytte produkter tilgjengelig på Norsk Ståls lager i Horten. E235 er tilgjengelig i mindre dimensjoner enn S355J2H. Følgelig har produktene med E235 kvalitet et lavere forhold mellom vekt og lengdemeter, som er den drivende faktoren for rammens vekt. Bruk av lavere dimensjonerte produkter med kvalitet E235 gir lavere vekt, tross kvalitetsens lavere spesifikk styrke.

### 1.3 Beregninger og formler

Produkter med minst vekt/ lengde forhold vil være best egnet til rammemateriale, gitt at produktet kan opprettholde de krav satt til rammens materiale definert i kravspesifikasjonen avsnitt Ramme material.

Beregninger vil dermed gjennomføres for å undersøke om vi kan benytte materialene som gir den laveste totalvekten for rammen.

Vi antar at de største spenningene som vil opptre i rammen vil være ulike bøyespenninger ( $\sigma_b$ ) og skjærspenninger ( $\tau$ ). Satt sammen uttrykkes disse normal og skjærspenningene som en enkelt normalspenning kjent som jevnføringsspenning (Von Mises) for en-akset spenningstilstand ( $\sigma_j$ ). Von Mises kriteriet benyttes til å kalkulere maks opptredende spenning, dette kan da sees opp imot materialets flytegrense for å beregne sikkerhetsfaktoren.

$$\text{Bøyespenning: } \sigma_{b \text{ maks}} = \frac{M_b}{I} y_{\text{maks}}$$

$$\text{Skjærspenning: } \tau_{\text{maks}} = \frac{VQ_{\text{maks}}}{I}$$

$$\text{Jevnføringspenning: } \sigma_{j \text{ maks}} = \sqrt{\sigma_{b \text{ maks}}^2 + 3\tau_{\text{maks}}^2}$$

Der  $M_b$  er bøyemoment (Nm),  $y_{\text{maks}}$  er avstand mellom tyngdepunktakse til ytterpunkt (m),  $V$  er skjærkraft (n) og  $Q$  er tverrsnittets største areal målt fra tverrsnittets massesentrum til ytterpunkt multiplisert med avstand mellom tverrsnittets massesentrum og arealets massesentrum ( $m^3$ ). Fra formelene kan vi konkludere at de største skjærspenningene vil opptre i midten av hulprofilens vegger, samme som profilens tyngdepunkt og bøyning vil være størst i profilens ytterkanter.

Fordi bøyning er en stor opptredende spenning er det viktig å velge et tverrsnitt på hulprofilene som har et relativt stort arealmoment. Arealmomentet bestemmer motstand mot bøyning og forflytning av materialet og er bestemt av tverrsnittet.

$$\text{Arealmoment (kvadratisk, tyn): } I = \frac{b1^4 - b2^4}{12}$$

Vi noterer at produktene med mindre dimensjoner også har mindre arealmoment. Samtidig består disse produktene av E235 materiale som har en lavere flytegrense.

Vi vil benytte SolidWorks Simulations for å simulere og kalkulere disse spenningene da rammen er relativt kompleks og ikke egnet for å regne for hånd. Simuleringene blir gjennomført løpende gjennom designprosessen for å sikre at designet er optimalisert korrekt. Deretter vil en siste simulering gjennomføres for å verifisere de tilhørende kravene.


## 2.0 Analyse materialvalg

I løpet av designprosessen ble det gjennomført flere analyser av rammens konstruksjon mot krav K-RAM-TE-01-A, K-RAM-TE-01-B og K-RAM-TE-02-A. Dette for å sørge for at konstruksjonen er av godkjent kvalitet og optimert med hensyn til vekt. Analysene ble gjennomført med simuleringsverktøyet SolidWorks Simulations.

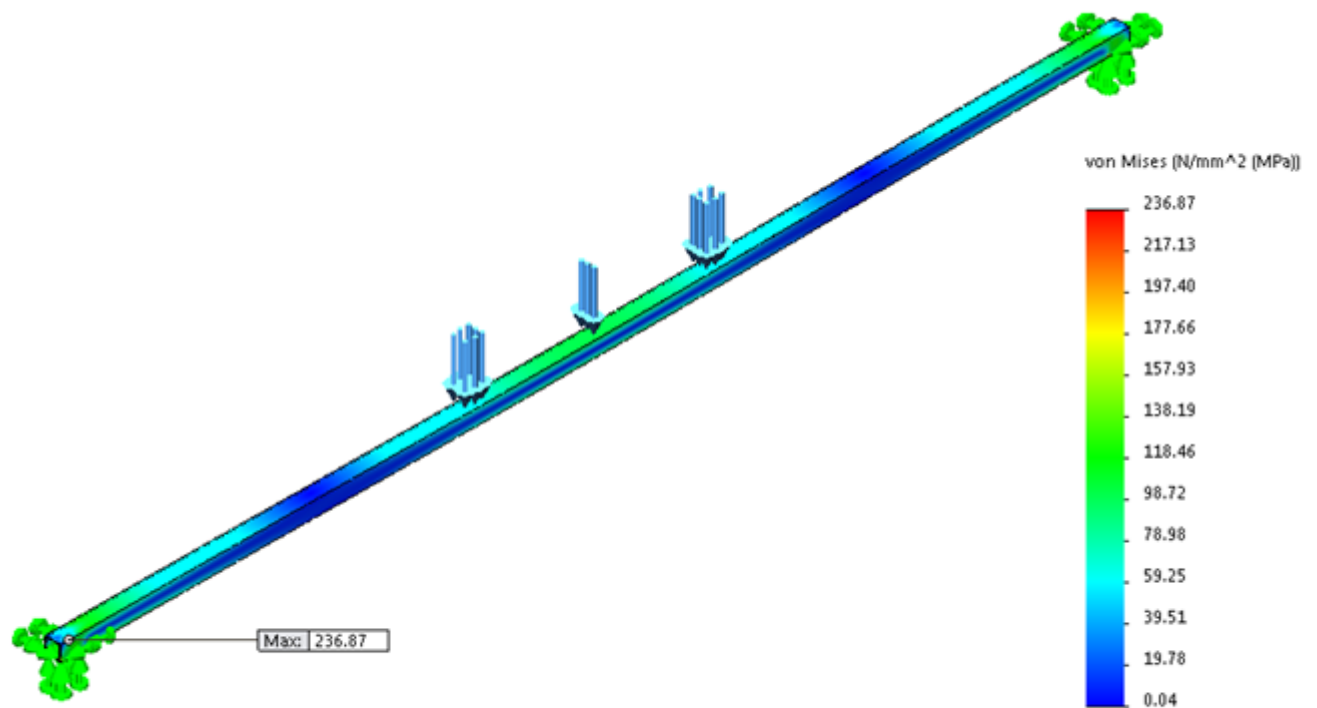
### 2.1 Test av materiale

Test #1:                      Varenummer: 312740, NS-en 10305-5, e235, c1, Rm = 390MPa  
25mm x 25mm x 2mm  
Kg/m: 1,48


Test #2:                      Varenummer: 312742, NS-en 10305-5, e235, c1, Rm = 390MPa  
30mm x 30mm x 1.5mm  
Kg/m: 1,8

Test #1	
<b>Varenummer:</b> 312740  <b>Lengde:</b> 1500mm  <b>Profil:</b> 25mm x 25mm x 2mm  <b>Last:</b> 1000N <b>Senter over 500mm flaten</b>	

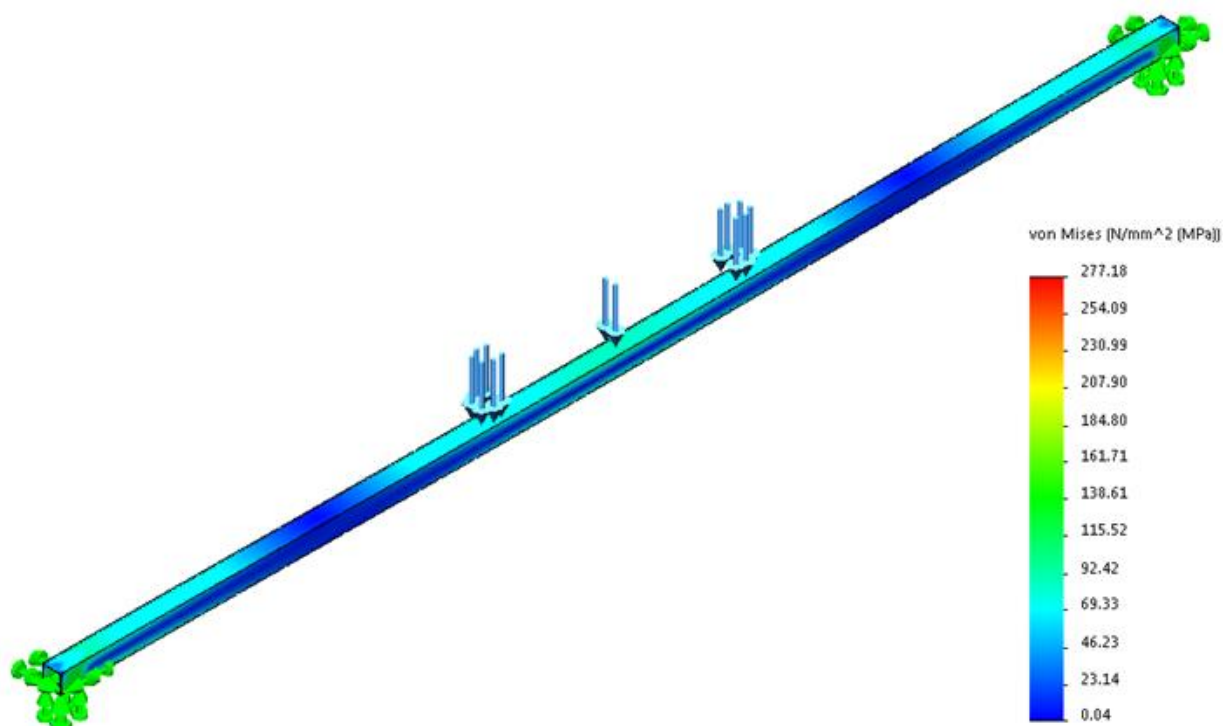
Analysen viser maks spennings konsentrasjon på 236MPa.



Figur 1 - Resultat test 1

Test #2	
<b>Varenummer:</b> 312742	
<b>Lengde:</b> 1500mm	
<b>Profil:</b> 30mm x 30mm x 1,5mm	
<b>Last:</b> 1000N	
<b>Senter over 500mm flaten</b>	

Analysen viser en maks spennings konsentrasjon på 277MPa.



Figur 2 - Resultat test 2

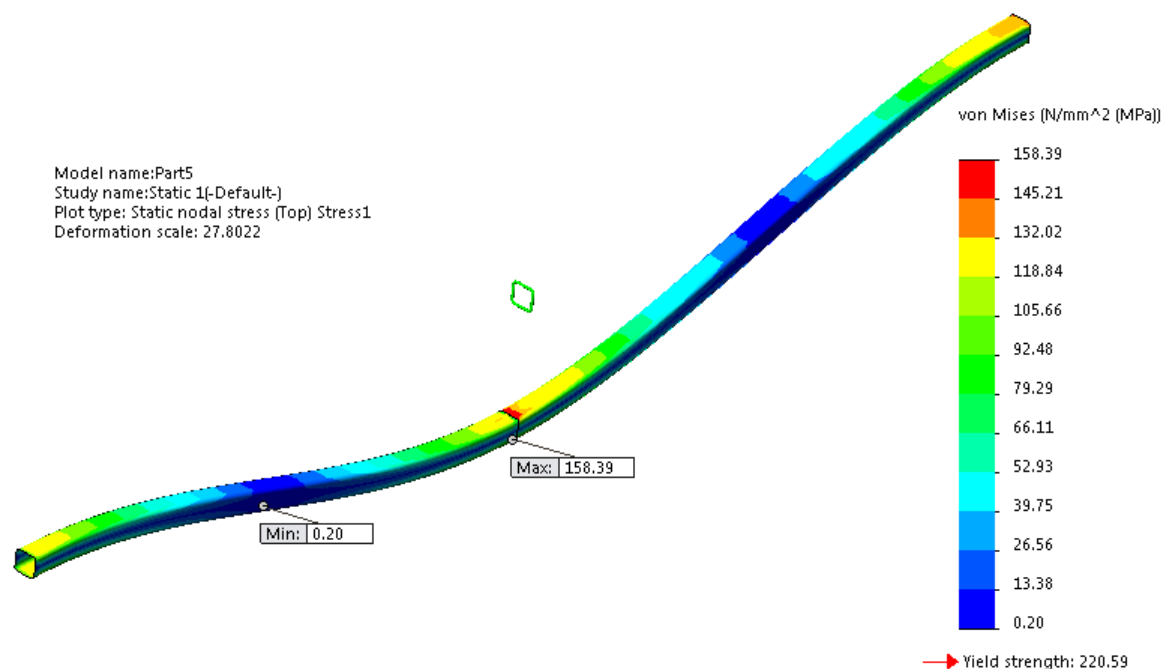
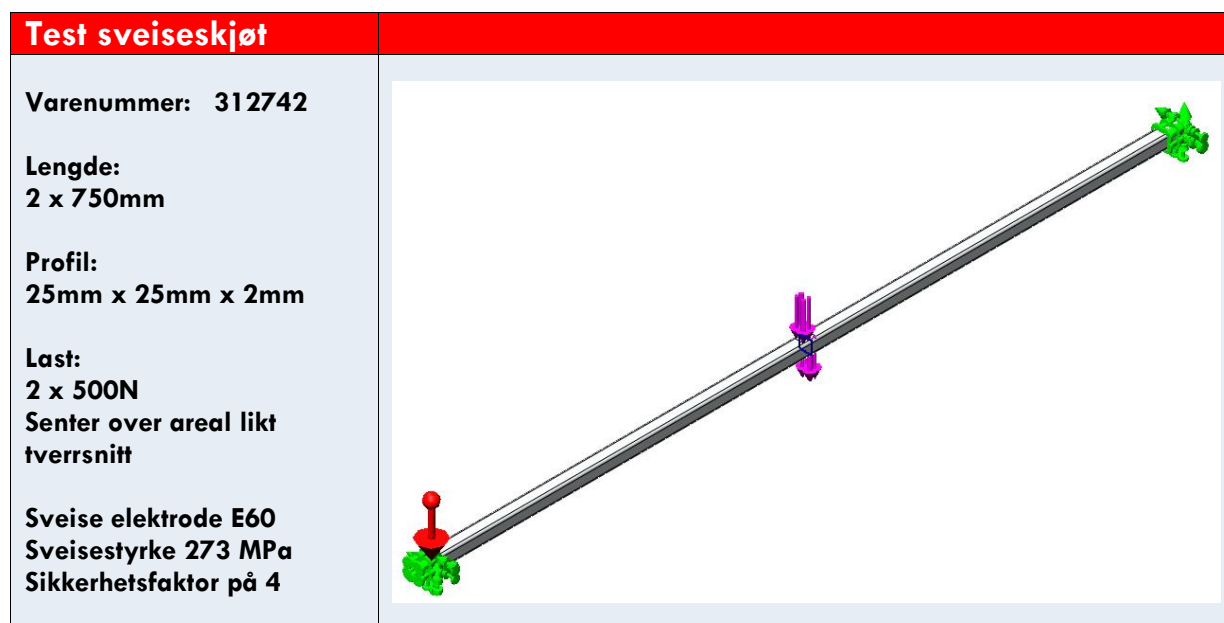
### 3.2 Konklusjon

Velger alternativet i test #1, da vekt pr meter er 20% mindre og vi får 15% mindre spenningskonsentrasjon i bjelken med lik last.

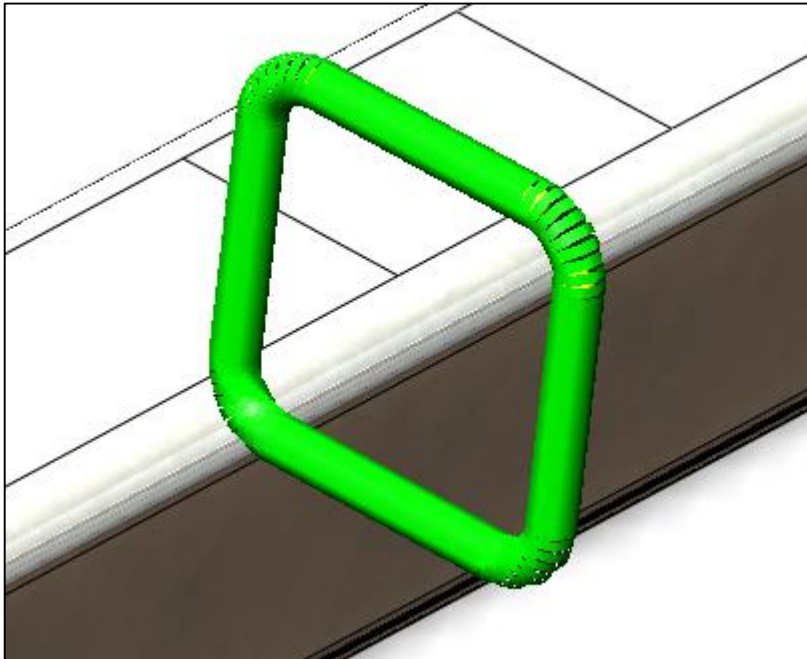
Varenummer: 312740, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa 25mm x 25mm x 2mm Kg/m: 1,48
--

### 3.0 Analyse sveis

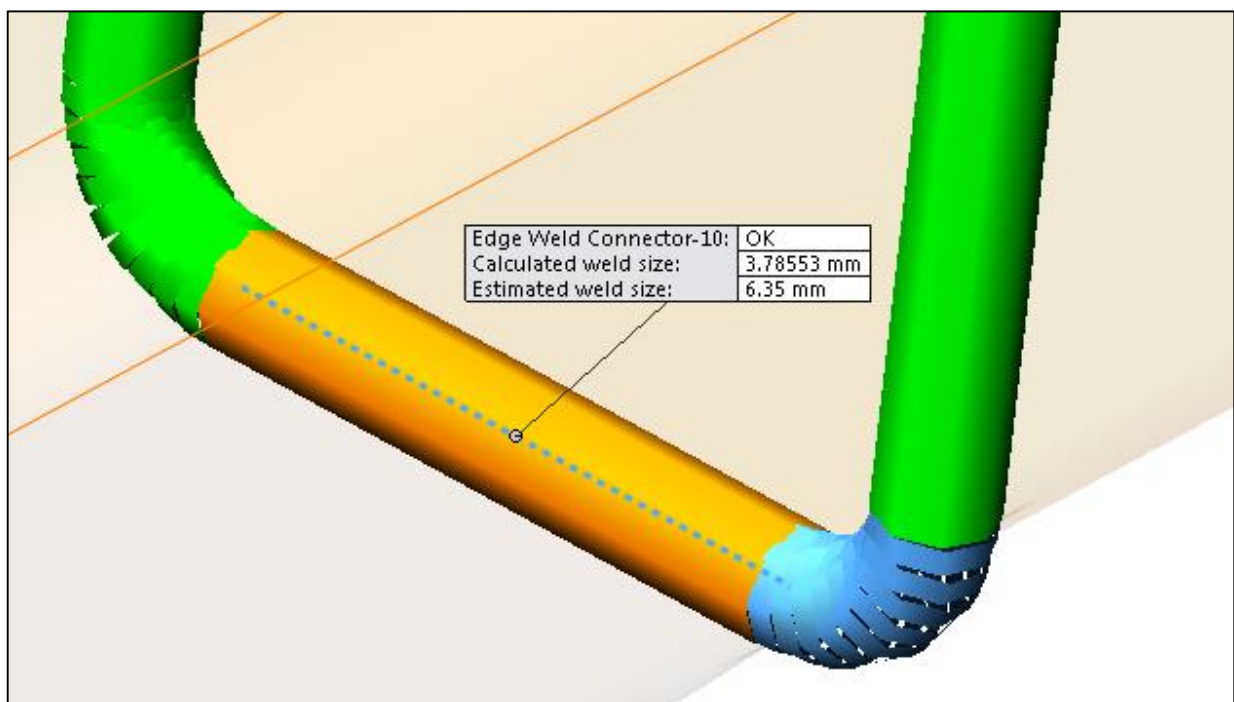
#### 3.1 Analyse av sveise skjøt størrelse



Figur 3 - Test av sveiseskjøt



Figur 4 - Sveiselarve



Figur 5 - Sveiselarve resultat



### 3.2 Konklusjon

Type	Min	Max	Mean
Weld size (mm.)	3.2199	3.7855	3.5369
Weld throat size (mm.)	3.2199	3.7855	3.5369
Joint normal force (N/m)	1.497E+005	2.1371E+005	1.8413E+005
Shear-Weld axis force (N/m)	-26243	15962	-3905.2
Shear-Surface normal force (N/m)	0	0	0
Bending moment (N.m/m)	27.879	37.604	33.213

Figur 6 - Sveiseinformasjon

Analysen viser at minimum sveis størrelse må være 3.22mm ved en sammenføyning av to bjelker a 750mm, med en total last på 1000N sentrert om midten over et areal likt tverrsnittet.

Vi bruker en sikkerhetsfaktor lik 4.

Alle sveise skjøter skal ha en størrelse  $> 3\text{mm}$ .

## 4.0 Sammenlikning av Beam og Solid i FEM simulering

### 4.1 Hensikt med sammenlikning

Siden flere av bjelkene er 20 ganger lengre enn sitt snitt, kan vi kjøre FEM simuleringene av partene som beam. Dette gjør analysene lettere og i tråd med opplæringen Solidworks har laget for simulering av rammer for student formula team.

Vi skal ved denne foranalysen sammenligne resultat data ved de to metodene.

### 4.2 Simulerings oppsett

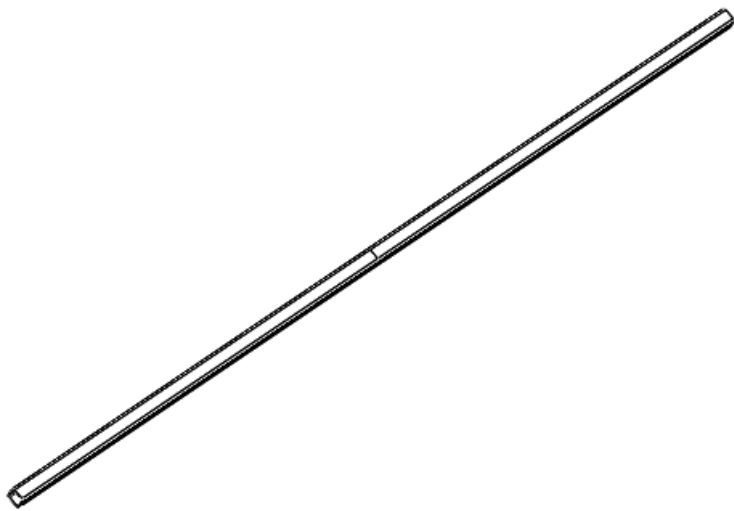
Simulering #1: Analyse av solid part, hel lengde 1500mm, last over en snittlinje

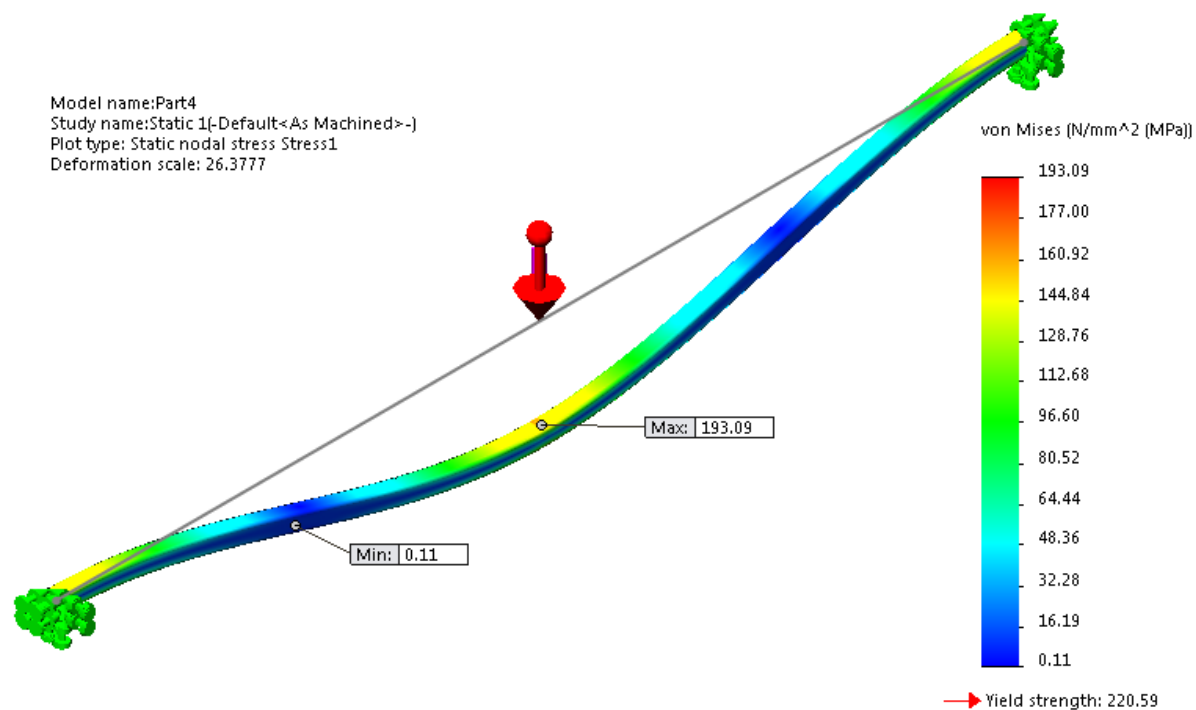
Simulering #2: Analyse av solid part, hel lengde 1500mm, last over et område

Simulering #3: Analyse av beam, hel lengde 1500mm

Simulering #4: Analyse av beam som leddkonstruksjon, 2 lengder av 750mm

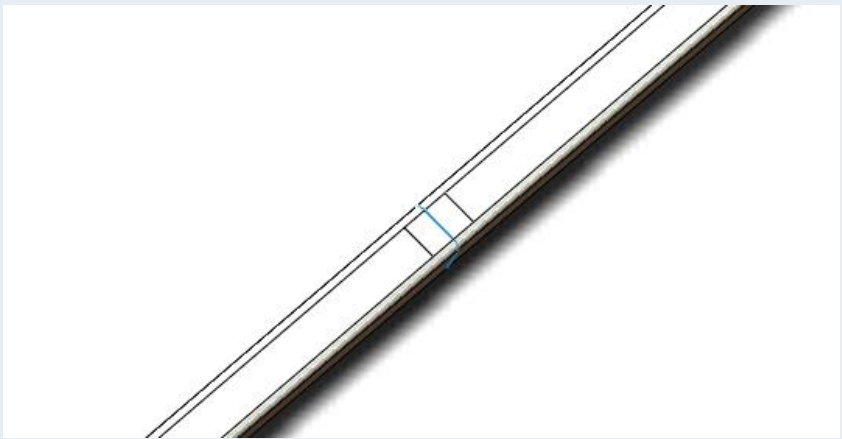
### 4.3 Simulerings data

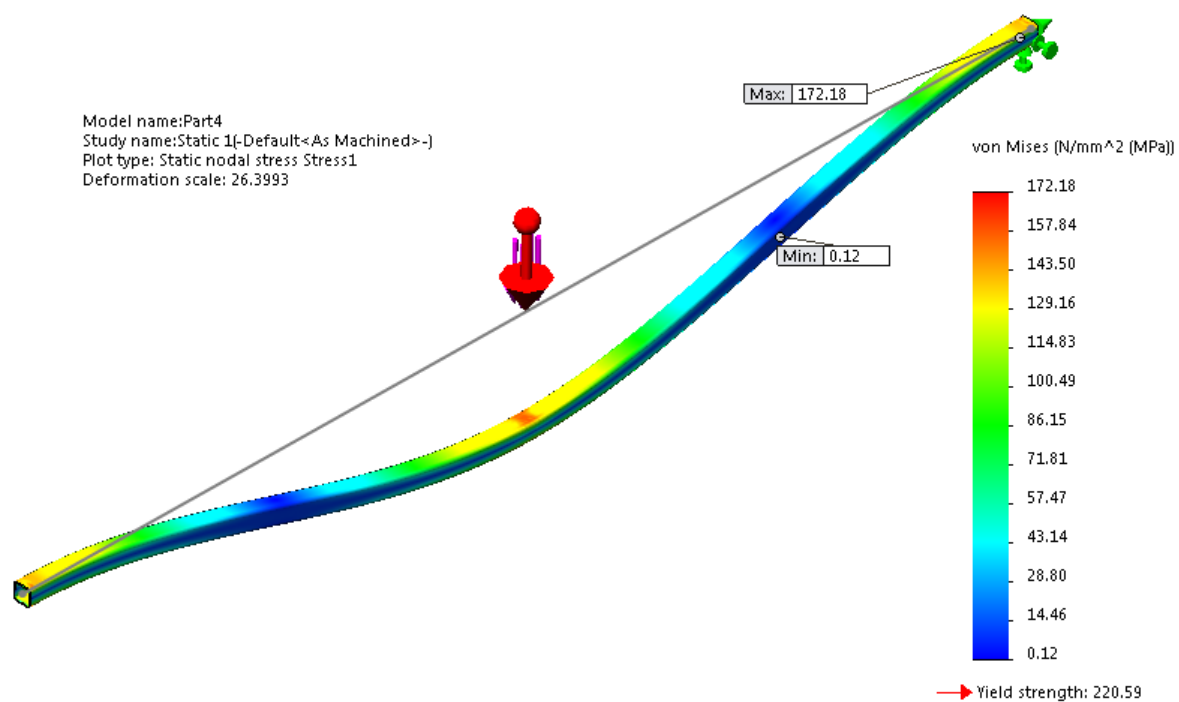
Simulering #1	Solid part
<b>Varenummer:</b> 312740 <b>Lengde:</b> 1500mm <b>Profil:</b> 25mm x 25mm x 2mm <b>Last:</b> 1000N Senter over en snitt linje	



Figur 7 - Simulering 1

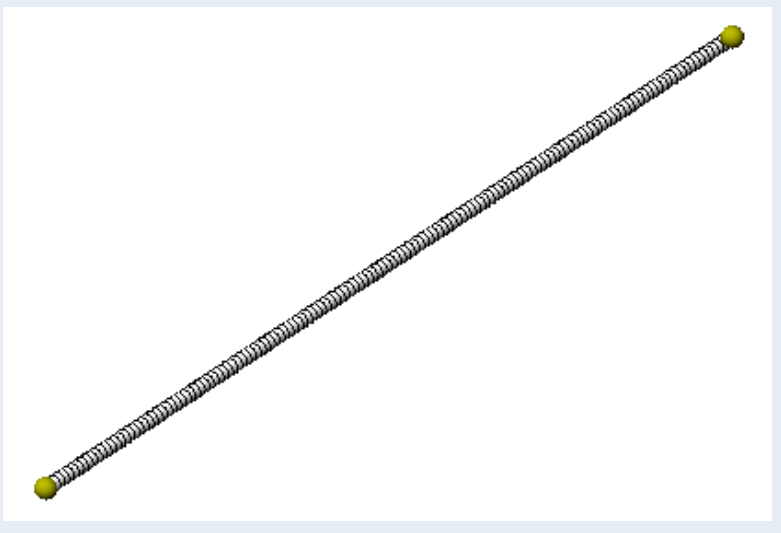
Resultatet viser en maks spenning på 193MPa som opptrer langs splitt linjen.

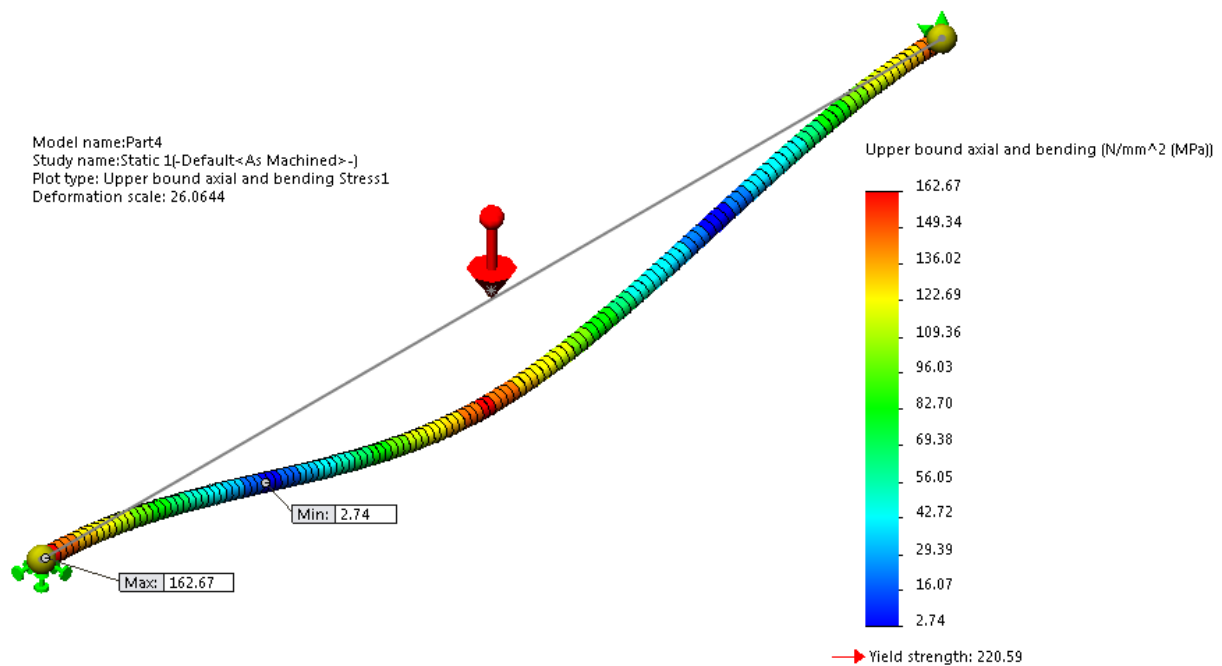
Simulering #2	Solid part
<b>Varenummer:</b> 312740	
<b>Lengde:</b> 1500mm	
<b>Profil:</b> 25mm x 25mm x 2mm	
<b>Last:</b> 1000N Senter over en et areal område tilsvarende tversnittet	



Figur 8 - Simulering 2

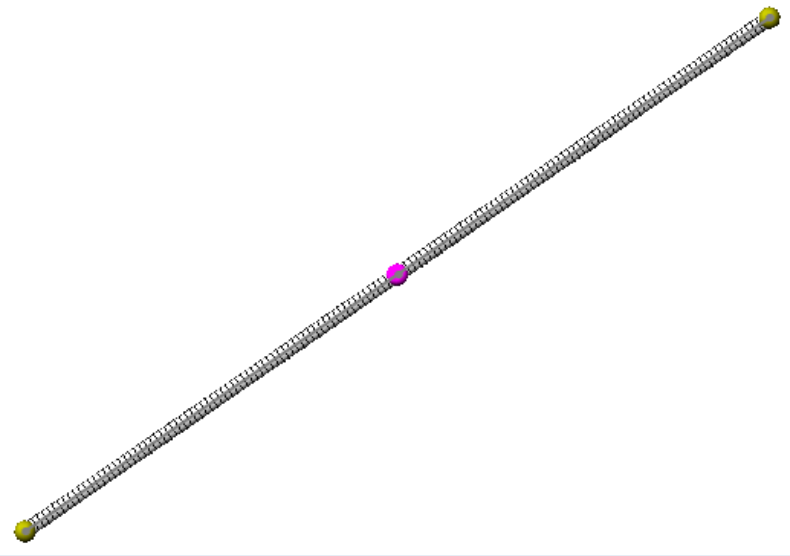
Resultatet viser en reduksjon av spenningskonsentrasjonen når vi fordeler lasten utover et område. Vi får en maks spenningskonsentrasjon ved oppheng og senter, 172MPa.

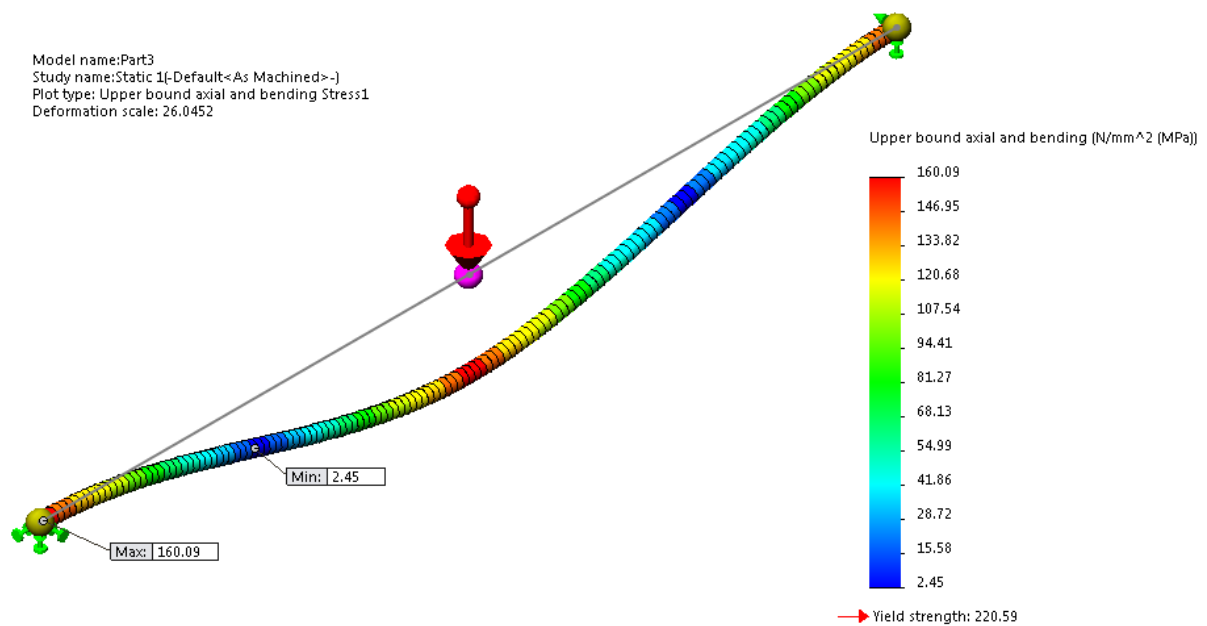
Simulering #3	Beam
<b>Varenummer:</b> 312740 <b>Lengde:</b> 1500mm <b>Profil:</b> 25mm x 25mm x 2mm <b>Last:</b> 1000N <b>Senter</b>	



Figur 9 - Simulering 3

Resultatet viser at vi får en noe lavere spenningskonsentrasjon på om lag 5% når vi kjører analysen som beam. Ser man på hvordan spenningen fordeler seg over bjelken, så er den relativ lik som solid analysen.

Simulering #4	Beam
<b>Varenummer:</b> 312740 <b>Lengde:</b> 2 x 750mm <b>Profil:</b> 25mm x 25mm x 2mm <b>Last:</b> 1000N <b>Senter ledd</b>	



Figur 10 - Simulering 4

Resultatet viser at vi får en liten reduksjon i spenningskonsentrasjonen når vi setter lasten på et ledd.

## 4.4 Konklusjon

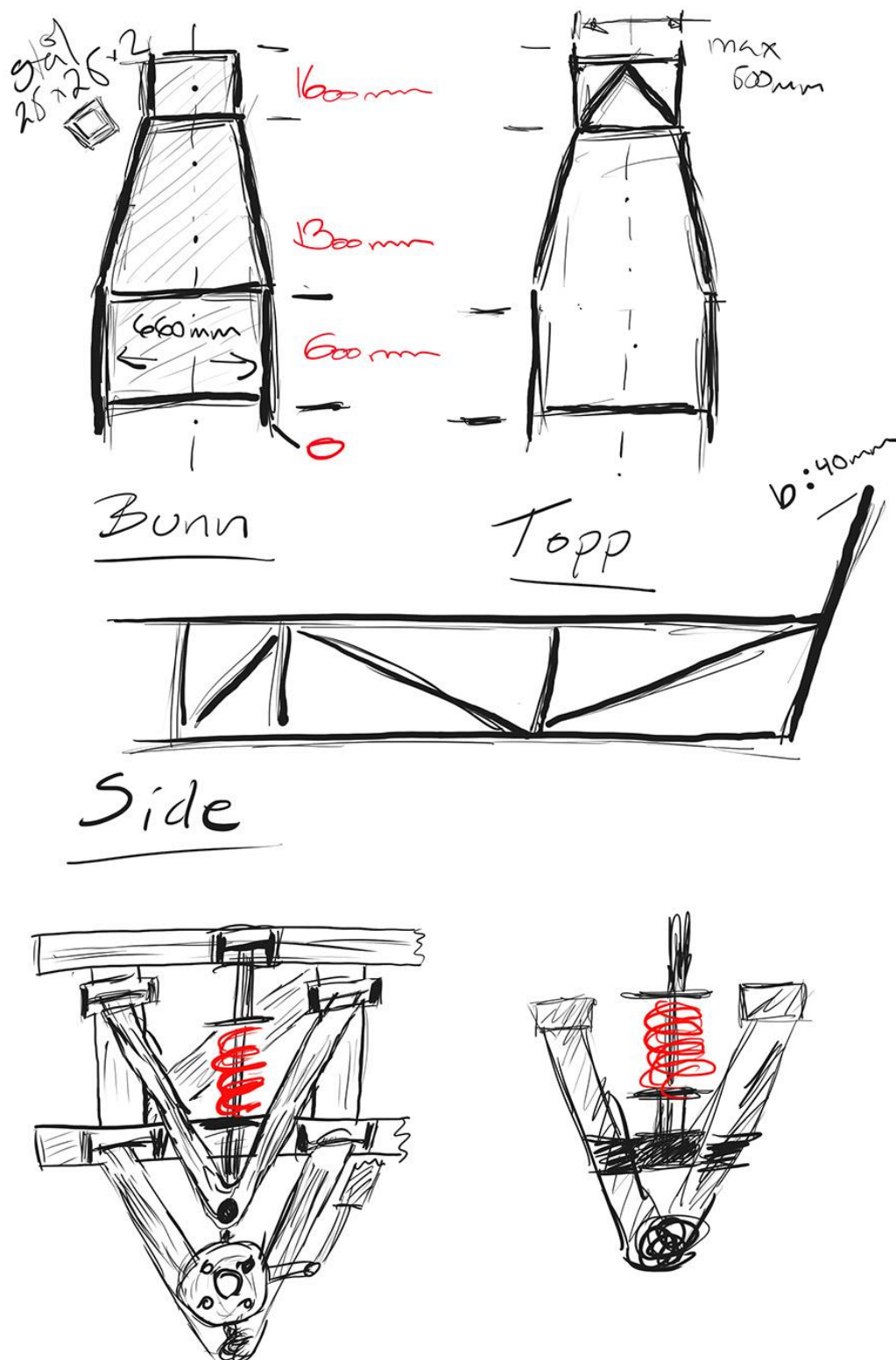
Resultatene fra studiene mellom solidpart og beam viser at vi får noe reduksjon i spenningskonsentrasjon når vi analyserer parten som en beam. Resultatene viser en differanse på om lag 5% hvor beam studiene gir en mindre spenningskonsentrasjon.

Det skal nevnes at måten mesh bygges opp på kan ha påvirkning på spenningskonsentrasjonen og differansen på 5% ser vi som neglisjerbar i dette tilfellet.

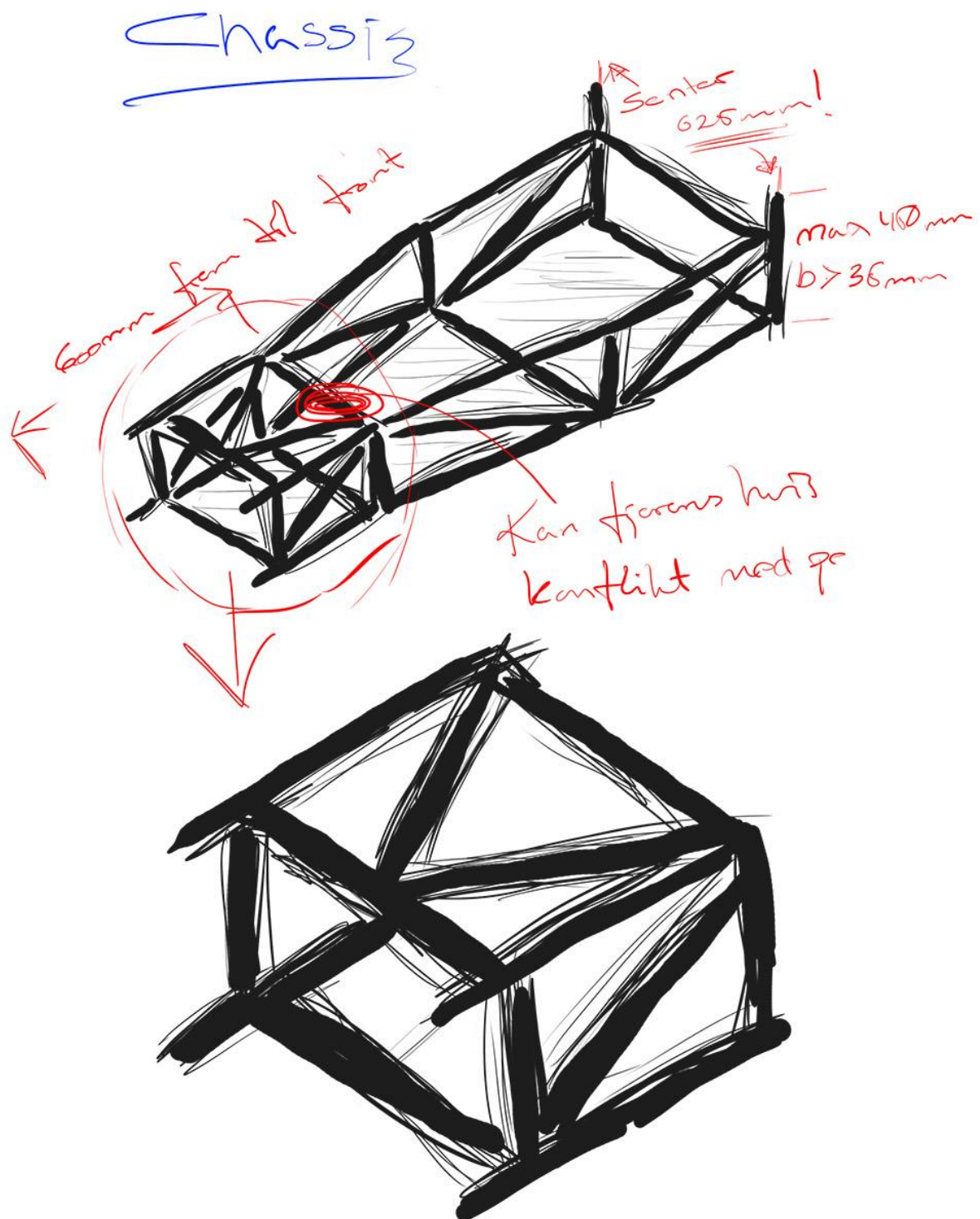
Ved oppbyggingen og planleggingen av rammen kan en trygt designe og analysere som beam.

Hoved analysen vil være av mer kompleks form med geometriske områder der spenningskonsentrasjon kan oppstå. Det vil være fornuftig å ta høyde for at resultatet kan bli noe høyere når analysen kjøres som solidpart.

## 5.0 Skisse av ramme



Figur 11 - Skisse av ramme



Figur 12 - Skisse av ramme 2

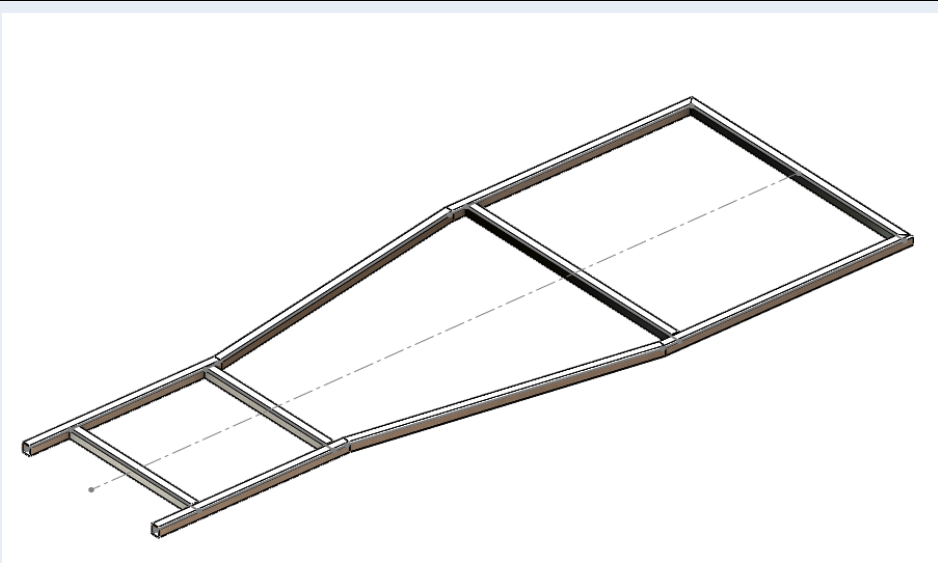


## 6.0 Oppbygging av ramme med FEM



### 6.1 Oppbygging av ramme med FEM analyser, steg for steg

#### 6.1.1 Beam

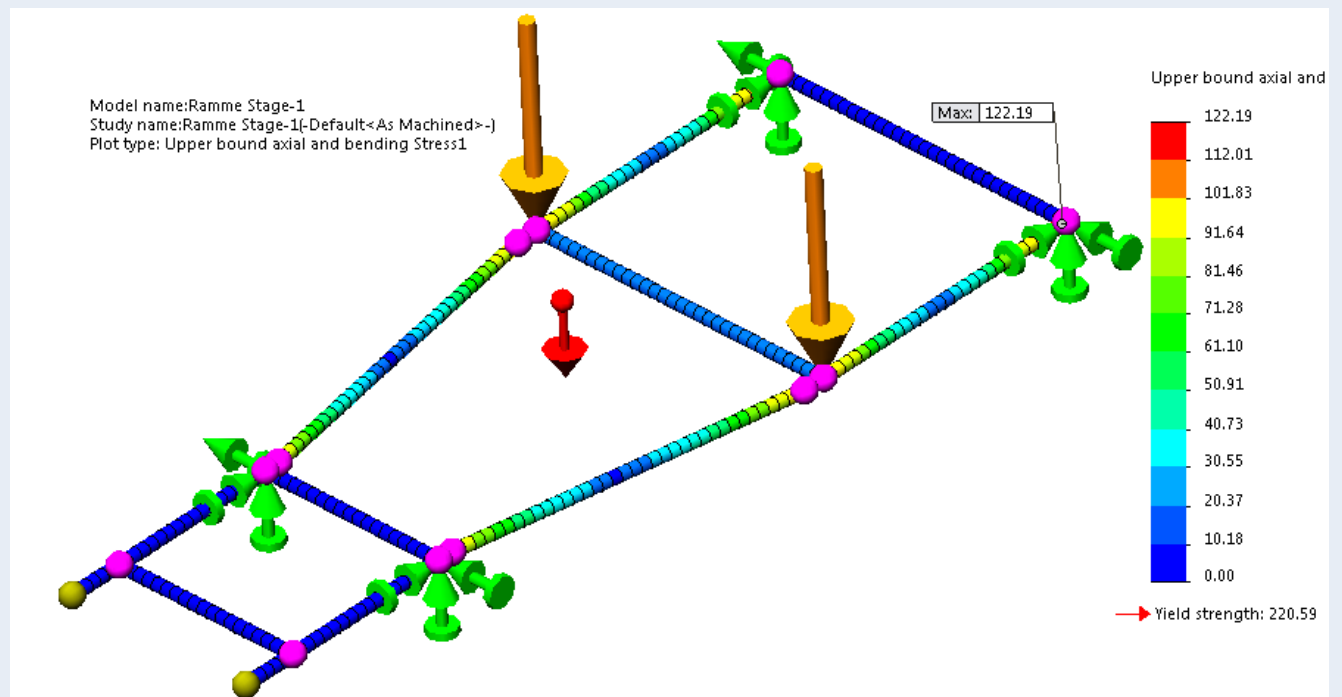
Tabell 2 - Ramme steg 1

Ramme steg #1	Design
<p><b>Last1: 1500N</b></p> <p><b>Masse: 7.49Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 1.9</b></p>	
<b>Notat</b>	<p>Designer rammens bunn.</p> <p>Laster rammen med 1500N som svaerer til kravet T-RAM-TE-01 (B krav), som er at rammen skal tåle 150kg med sikkerhetsfaktor mot sete festene.</p>

Tabell 3 - Ramme steg 1, laster

	Symbol for last		Symbol for innfestning
---	-----------------	---	------------------------

Tabell 4 - Ramme steg 1, resultat

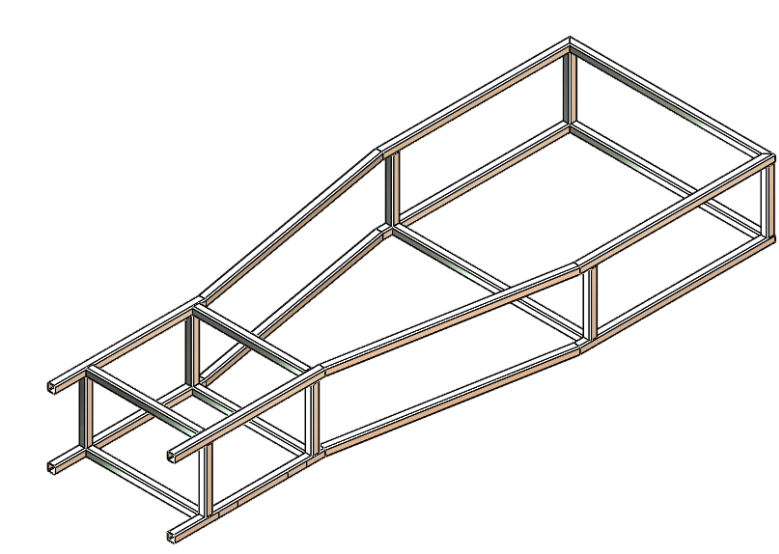
**Resultat ramme steg #1****Resultat:**

Resultatet viser en maks spenningskonsentrasjon på 122MPa.

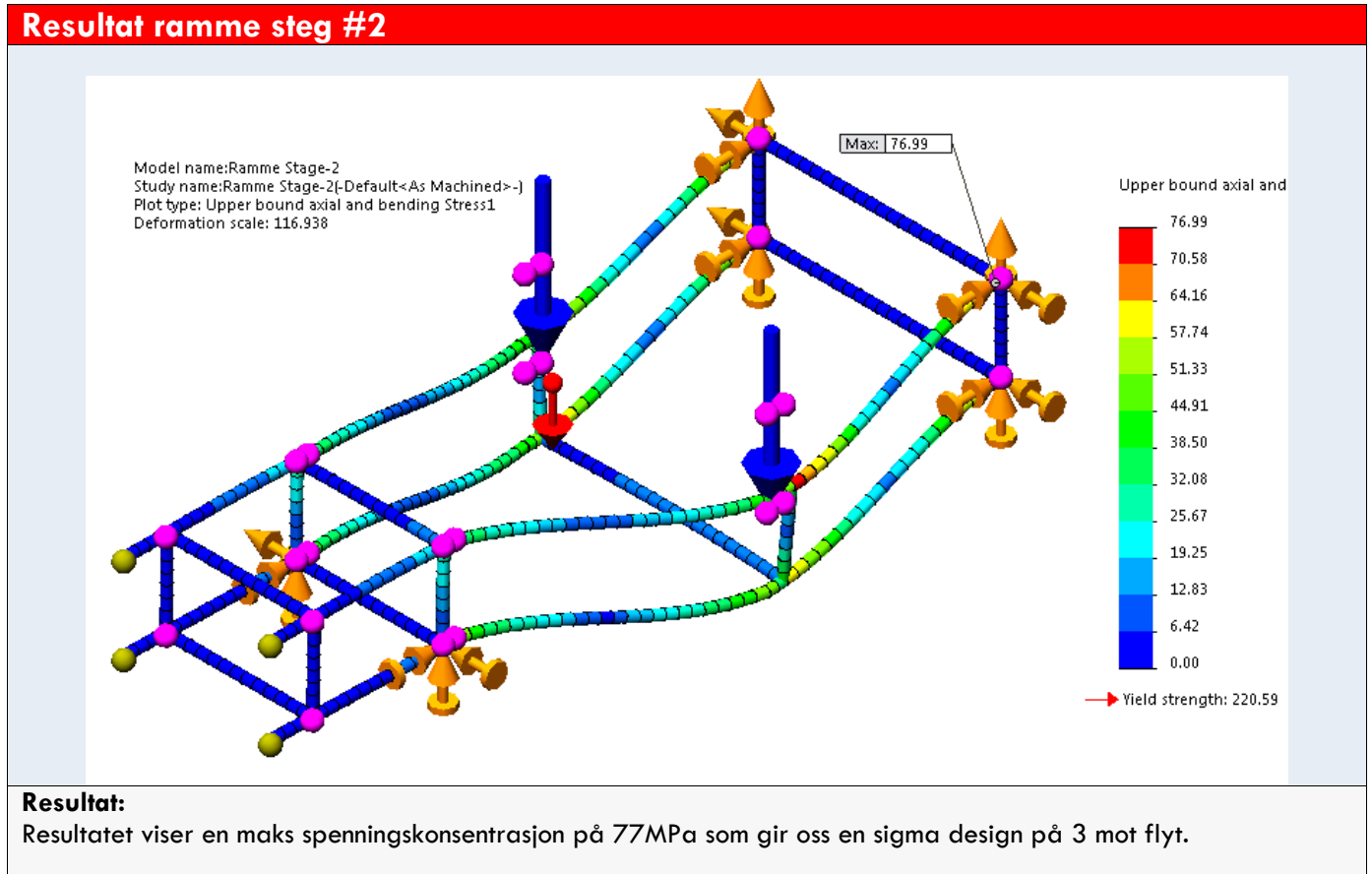
Dette gir oss en sigma design på 1.9 mot flyt.

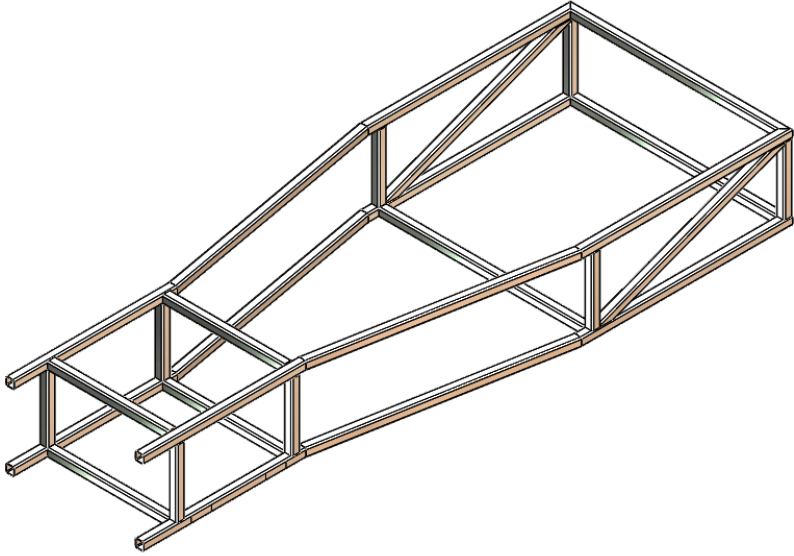
Et godt utgangspunkt for å designe øvre del av rammen.

Tabell 5 - Ramme steg 2

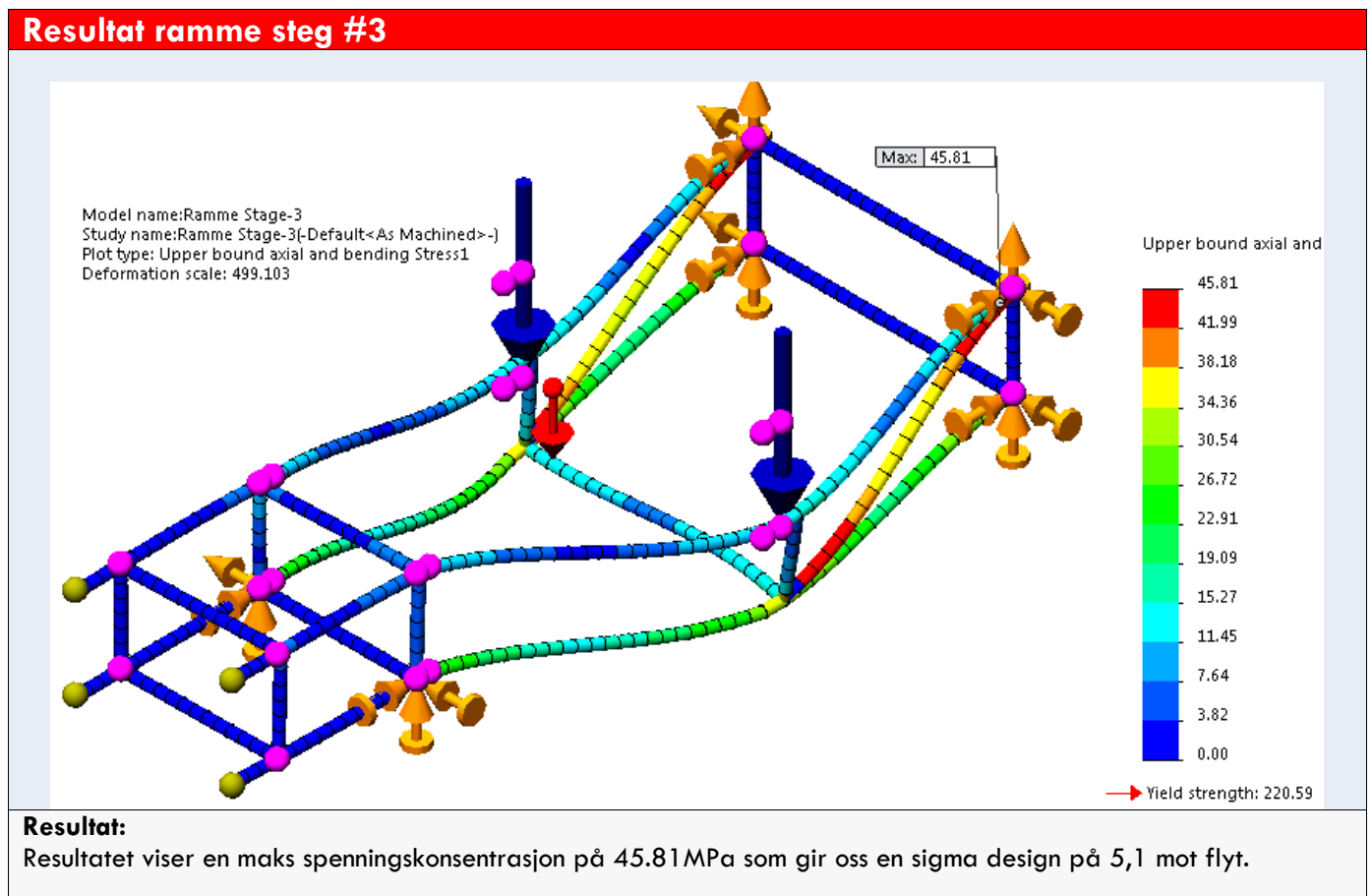
Ramme steg #2	Design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Masse: 16,3Kg</b> <b>Min FOS: 3</b>	
<b>Notat</b>	<p>Designer rammens øvre del med bærende sidestag.</p> <p>Laster rammen med 1500N som svaerer til kravet T-RAM-TE-01 (B krav), som er at rammen skal tåle 150kg med sikkerhetsfaktor mot sete festene.</p>

Tabell 6 - Ramme steg 2, resultat

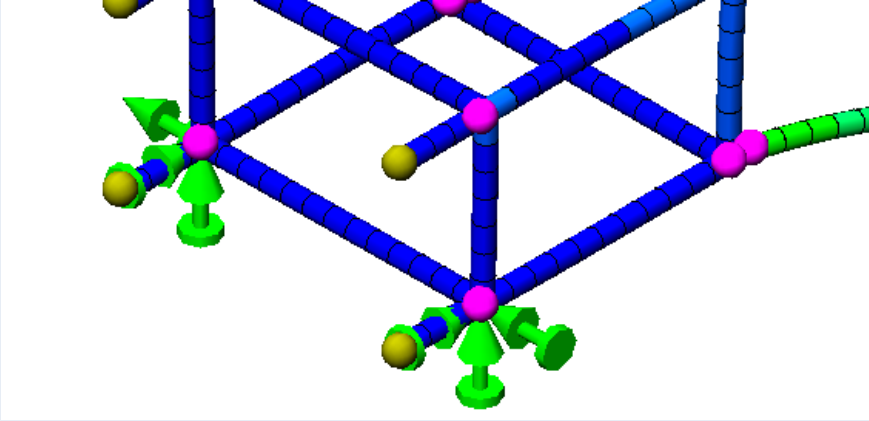


Ramme steg #3	Design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Masse: 17,7Kg</b> <b>Min FOS: 5,1</b>	
<b>Notat</b>	<p>Forsterker rammen ved å bruke fagverk for å ta opp strekk og trykk krefter.</p> <p>Laster rammen med 1500N som svaerer til kravet T-RAM-TE-01 (B krav), som er at rammen skal tåle 150kg med sikkerhetsfaktor mot sete festene.</p>

Tabell 7 - Ramme steg 3, resultat

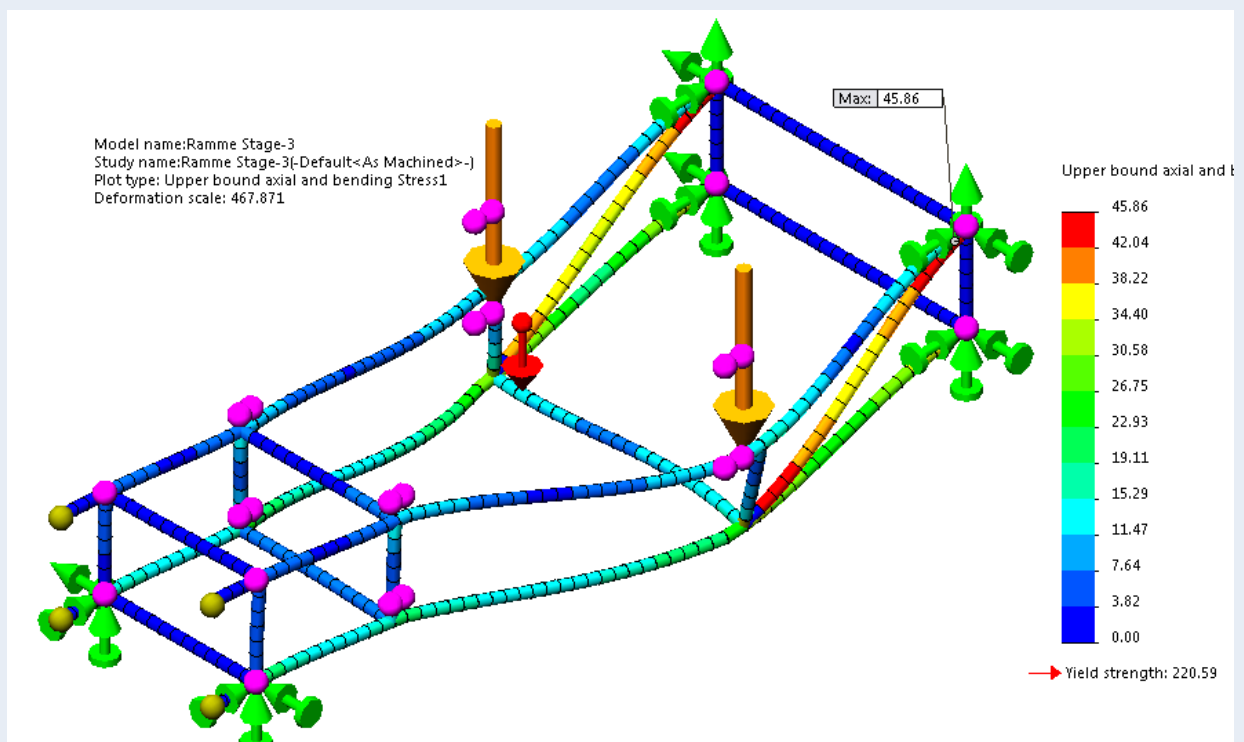


Tabell 8 - Ramme steg 4

Ramme steg #4	Design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Masse: 17,7Kg</b> <b>Min FOS: 5,1</b>	
<b>Notat</b>	<p>Flytter innfestningen til fremre knutepunkt for å lese av eventuelle endringer i spenninger.</p> <p>Laster rammen med 1500N som svaerer til kravet T-RAM-TE-01 (B krav), som er at rammen skal tåle 150kg med sikkerhetsfaktor mot sete festene.</p>

Tabell 9 - Ramme steg 4, resultat

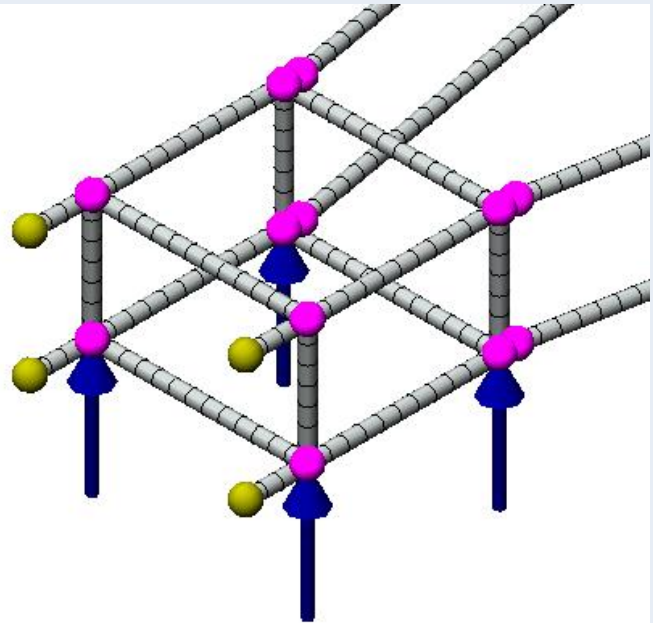
### Resultat ramme steg #4



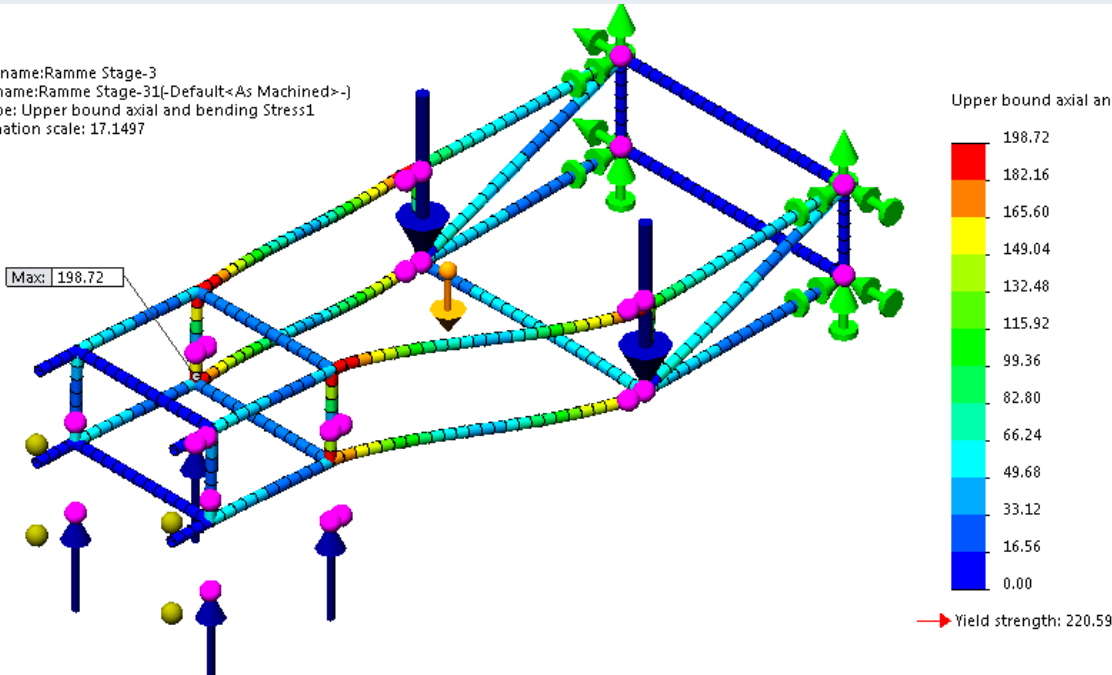
#### Resultat:

Resultatet viser en neglisjerbar endring i spenningskonsentrasjon. 0.05MPa

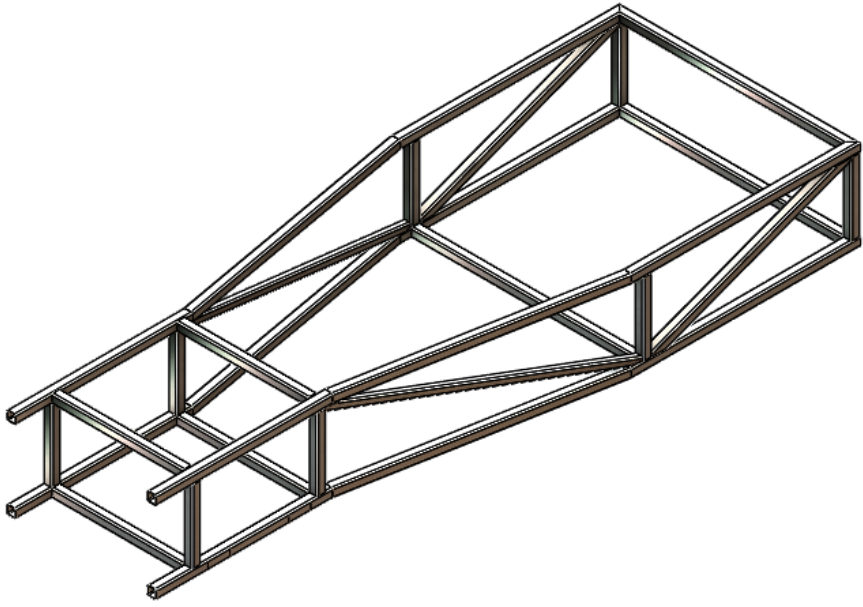
Tabell 10 - Ramme steg 5

Ramme steg #5	Design
<p><b>Last1: 1500N</b>  <b>Last2: 1500N</b></p> <p><b>Masse: 17,7Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 1.2</b></p>	
<p><b>Notat</b></p>	<p>Kravet T-RAM-TE-01 (B krav) er tilfredsstilt med en sikkerhetsmargin på 4.8. Den kan som foranalysen viste være noe lavere når vi kjører studien som solidpart.</p> <p>Vi legger til en ny last på 1500N som virker fra undersiden og opp på fronten av rammen. Denne skal simulere et slag fra underlaget som forstillingen ikke absorberer.</p>

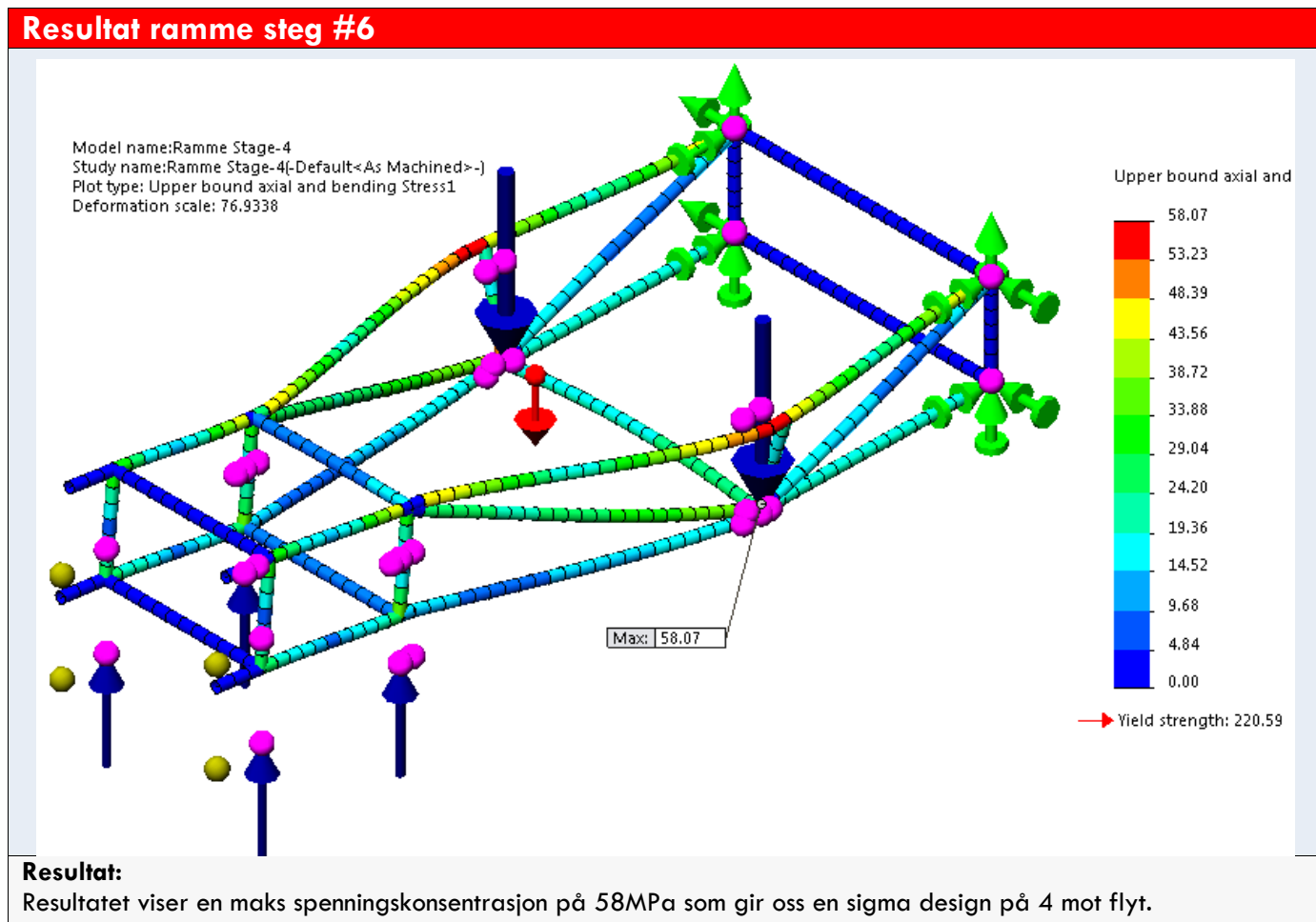
Tabell 11 - Ramme steg 5, resultat

Resultat ramme steg #5
<div data-bbox="231 1317 638 1393"> <p>Model name: Ramme Stage-3  Study name: Ramme Stage-31(-Default&lt;As Machined&gt;-)  Plot type: Upper bound axial and bending Stress1  Deformation scale: 17.1497</p> </div> 
<p><b>Resultat:</b>  Resultatet viser en maks spenningskonsentrasjon på 198,72MPa som gir oss en sigma design på 1,2 mot flyt.</p>

Tabell 12 - Ramme steg 6

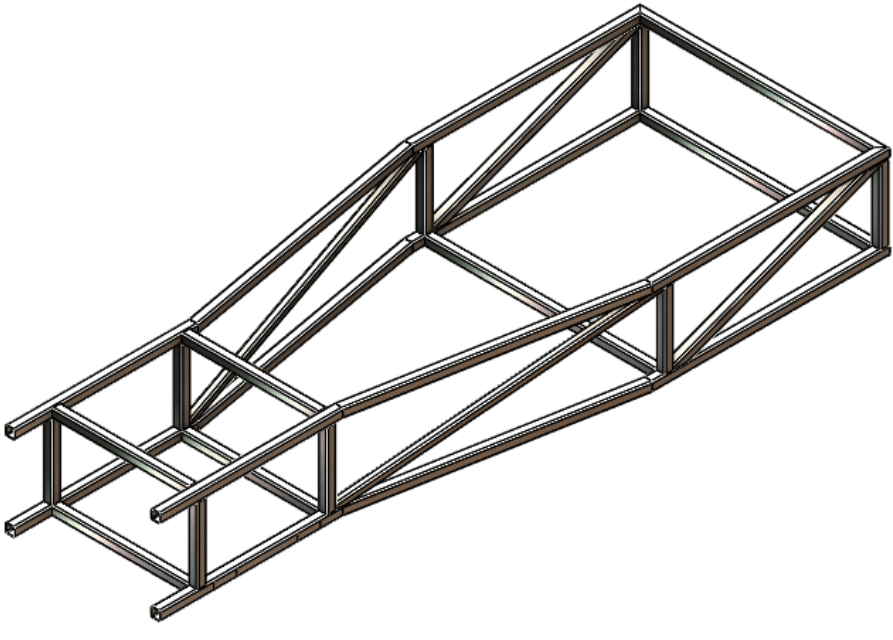
Ramme steg #6	Design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Last2: 1500N</b>  <b>Masse: 19,3Kg</b>  <b>Min FOS: 4</b>	
<b>Notat</b>	Legger til en ny bjelke etter fagverk prinsippet for å ta opp ytterligere strekk og trykkrefter

Tabell 13 - Ramme steg 6, resultat





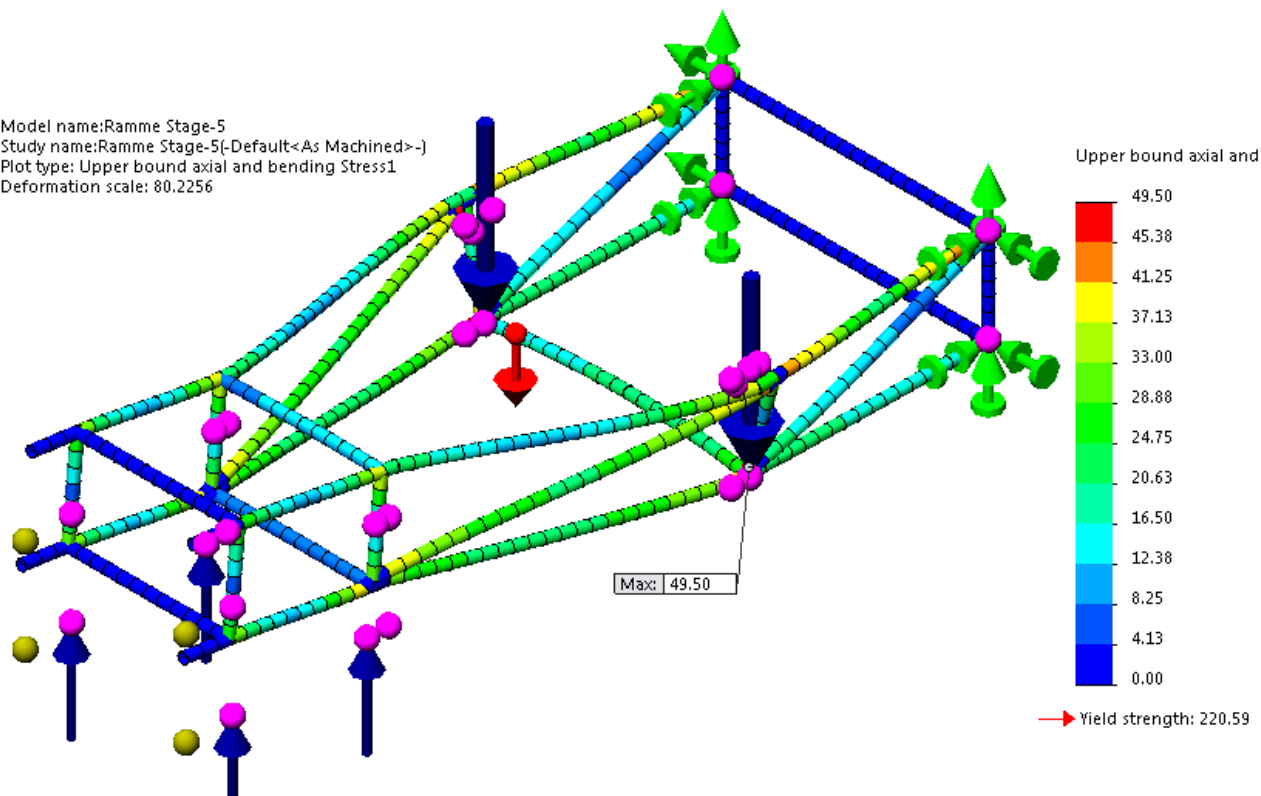
Tabell 14 - Ramme steg 7

Ramme steg #7	Design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Last2: 1500N</b>  <b>Masse: 19,3Kg</b>  <b>Min FOS: 4,7</b>	
<b>Notat</b>	Tester ved å endre plasseringen til bjelken som ble lagt til i steg#6

Tabell 15 - Ramme steg 7, resultat

## Resultat ramme steg #7

Model name: Ramme Stage-5  
 Study name: Ramme Stage-5(-Default<As Machined>-)  
 Plot type: Upper bound axial and bending Stress1  
 Deformation scale: 80.2256

**Resultat:**

Resultatet viser en reduksjon i spenningskonsentrasjon fra 58MPa til 49.5MPa.



For å kunne designe rammen på en mest mulig realistisk måte er det viktig at den tåler de kreftene den vil bli utsatt for ved drift. Vi har analysert hvilke krefter som vil påvirke systemet og hvilke krefter som det er hensiktsmessig å benytte ved analysene. Vi har kommet frem til følgende kraftpåvirknings-bilde:

- Krefter fra passasjer og andre komponenter.
- Krefter i forbindelse med sving og bråe bevegelser.

Kreftene fra statiske objekter er rimelig greie. Det som er interessant er kreftene som er involvert i svinger. Det er viktig at rammen er konstruert for å kunne tåle en sving med systemets minste svingradius (6 m) og med systemets topphastighet (30 km/t) med systemets maks vekt (200 kg).

For å kunne beregne kreftene involvert i en sving, må vi først foreta noen forenklinger. Vi ønsker å benytte sentripetalkrefter, dermed forenkler vi vårt system til en kule som beveger seg i en sirkelbane på  $r = 6$  m, med en hastighet på  $v = 30$  km/t = 8,33 m/s og en masse på  $m = 200$  kg.

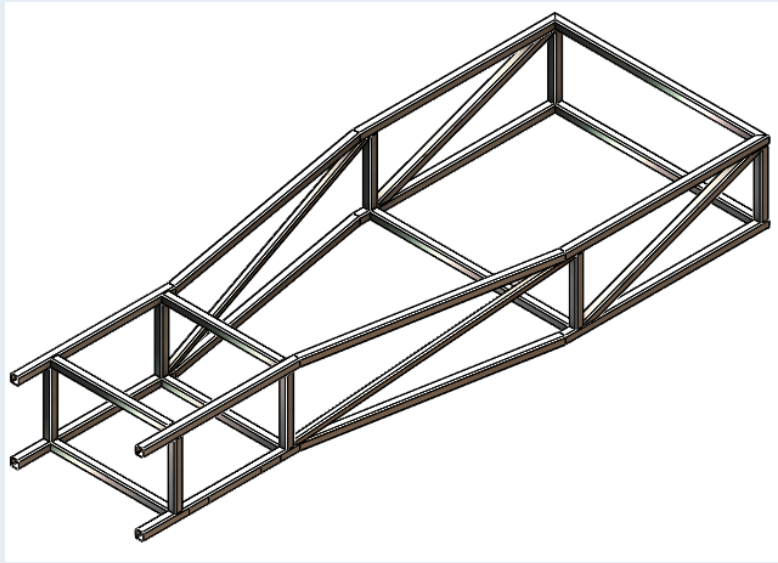
Sentripetalkraft:  $F = \frac{m v^2}{r}$

Dermed kan vi estimere følgende:  $F = \frac{200 \text{ kg} \cdot 8,33^2 \text{ m}^2/\text{s}^2}{6 \text{ m}} = 2312,96 \text{ N}$

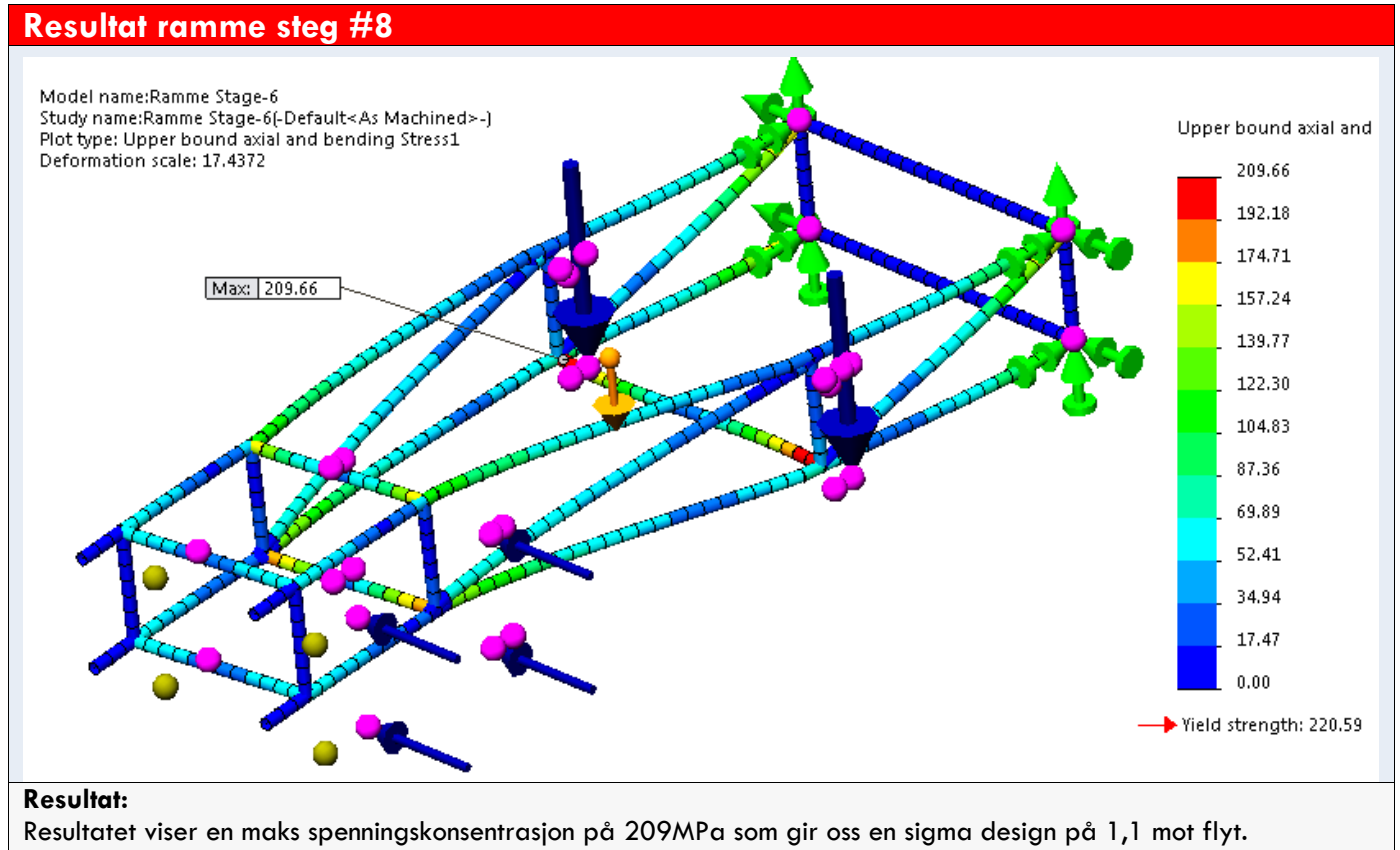
Vi kan dermed konkludere med at det vil virke en kraft på 2,3 kN på systemet under svingning. En del av disse kreftene vil absorberes i hjul, hjuloppheng og dempere, så rammen vil antageligvis utsettes for en sentripetalkraft på mellom 1500 N til 2000 N. Dette er i ekstremscenarioet med høyest vekt, størst fart og knappest svingradius.

Sentripetalkraften vil angripe på rammens langside og vil ha retning mot midten av den tenkte sving-sirkelen.

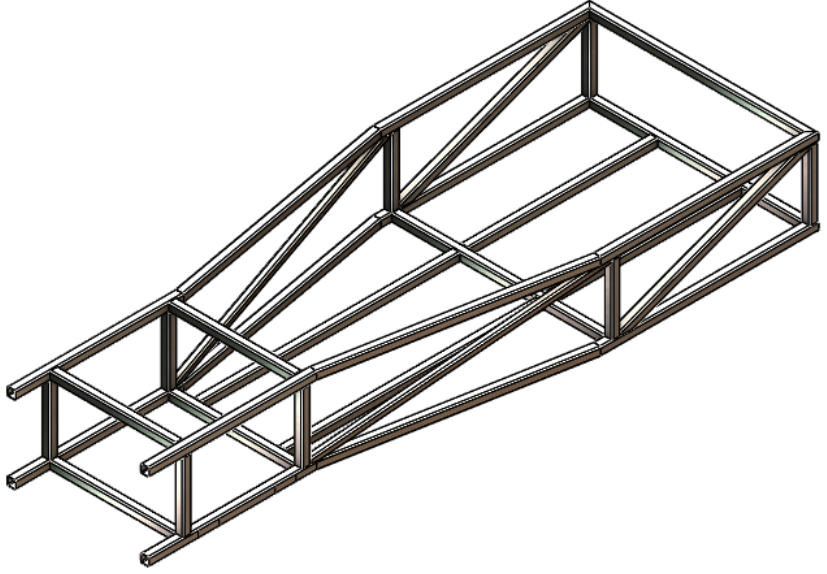
Tabell 16 - Ramme steg 8

Ramme steg #8	Design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Last3: 2000N</b> <b>Masse: 19,3Kg</b> <b>Min FOS: 1,1</b>	
<b>Notat</b>	Legger nå til en ny last, 2000N som virker vinkelrett på fremre del av rammen. Denne skal simulere påkjenning systemet vil få ved unnamanøver.

Tabell 17 - Ramme steg 8, resultat



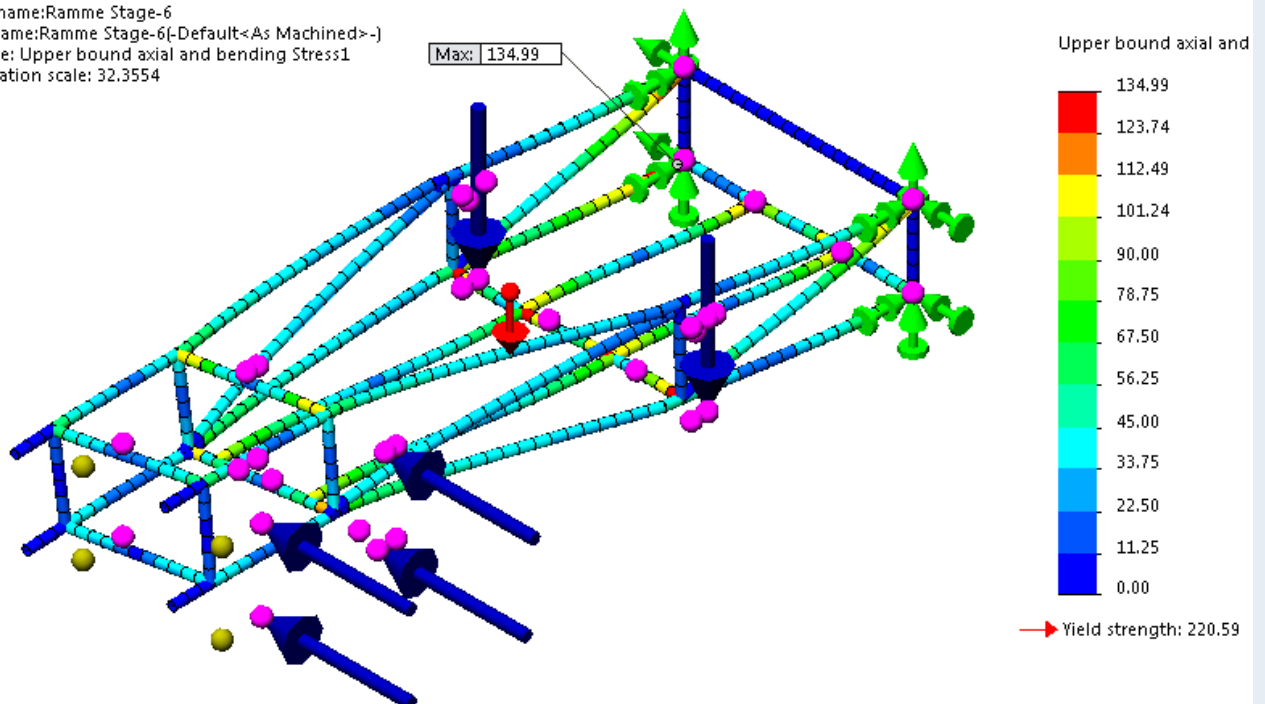
Tabell 18 - Ramme steg 9

Ramme steg #9	Design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Last2: 1500N</b> <b>Last3: 2000N</b>  <b>Masse: 22.7Kg</b>  <b>Min FOS: 1,7</b>	
<b>Notat</b>	For å avlaste spenningene fra analyse steg#8 legger vi til 4 profiler i gulvet av rammen. Disse skal avlaste for spenningene i analyse steg#8, og være festegrunnlag for sete og bunnplate.

Tabell 19 - Ramme steg 9, resultat

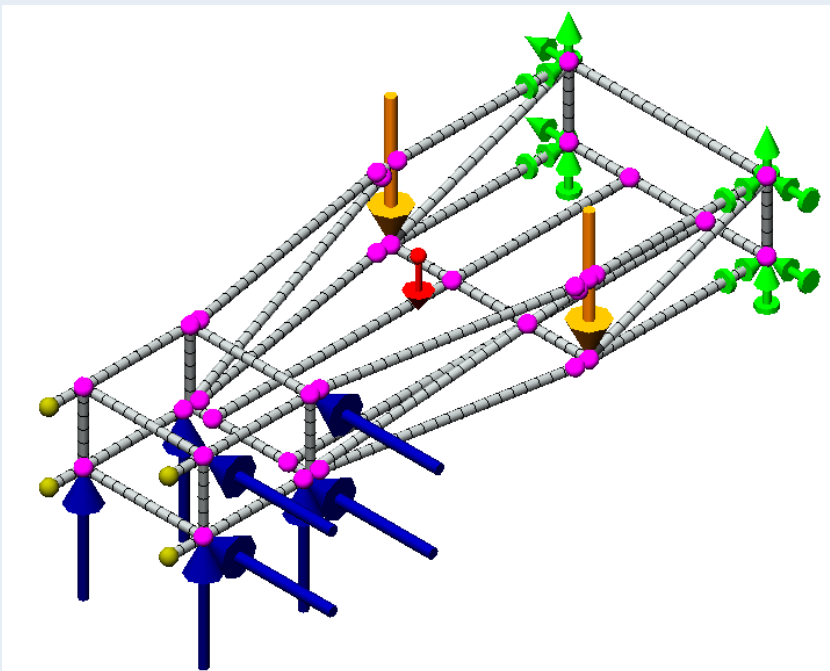
## Resultat ramme steg #9

Model name: Ramme Stage-6  
 Study name: Ramme Stage-6(-Default<As Machined>-)  
 Plot type: Upper bound axial and bending Stress1  
 Deformation scale: 32.3554

**Resultat:**

Resultatet viser en maks spenningskonsentrasjon på 135MPa som gir oss en sigma design på 1,7 mot flyt.

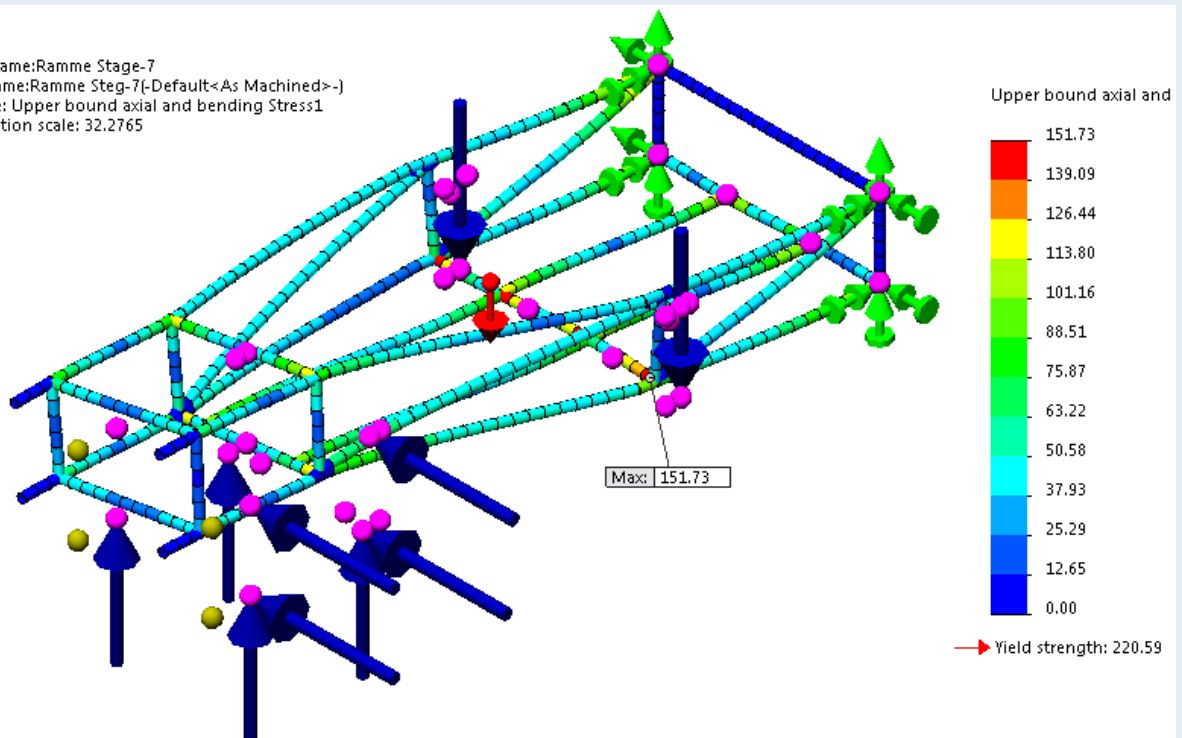
Tabell 20 - Ramme steg 10

Ramme steg #10	Design
<p><b>Last1: 1500N</b>  <b>Last2: 1500N</b>  <b>Last3: 2000N</b></p> <p><b>Masse: 22.7Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 1,6</b></p>	
<p><b>Notat</b></p>	<p>Legger til alle 3 lastene for å se hvordan systemet påvirkes av maks last av fører, slag fra underlag og krefter fra unnamanøver.</p>

Tabell 21 - Ramme steg 10, resultat

### Resultat ramme steg #10

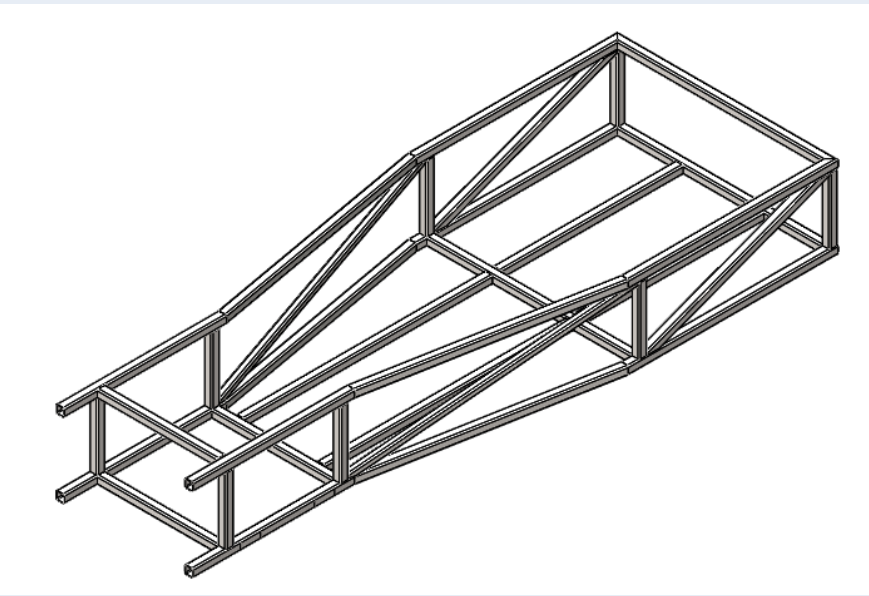
Model name: Ramme Stage-7  
 Study name: Ramme Stag-7(-Default<As Machined>-)  
 Plot type: Upper bound axial and bending Stress1  
 Deformation scale: 32,2765



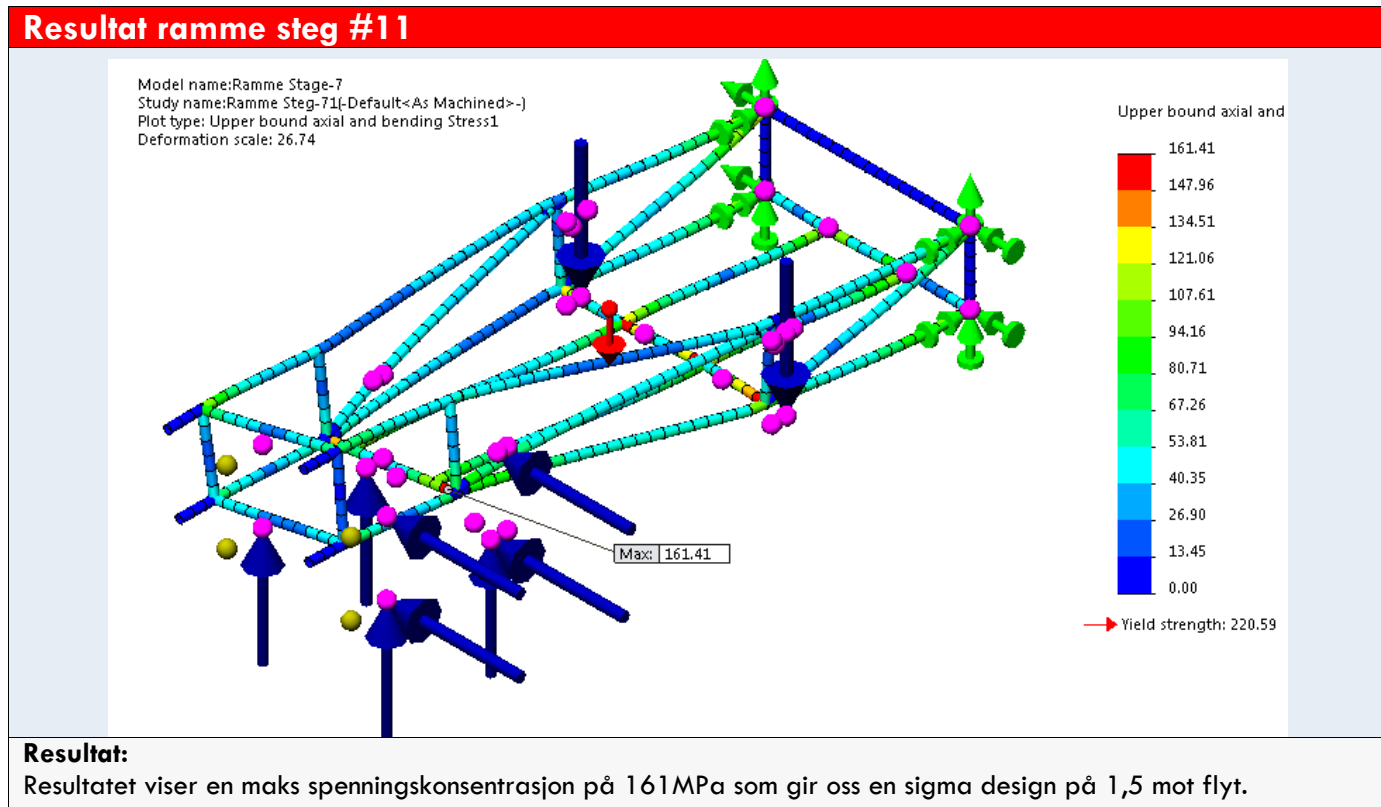
**Resultat:**

Resultatet viser en maks spenningskonsentrasjon på 151MPa som gir oss en sigma design på 1,6 mot flyt.

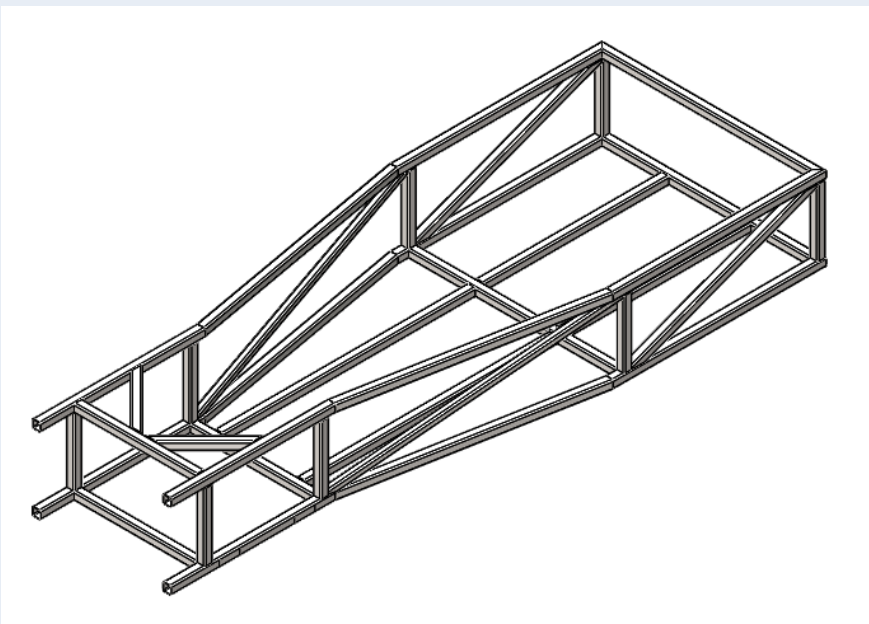
Tabell 22 - Ramme steg 11

Ramme steg #11	Design
<p><b>Last1: 1500N</b>  <b>Last2: 1500N</b>  <b>Last3: 2000N</b></p> <p><b>Masse: 22.3Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 1,5</b></p>	
<p><b>Notat</b></p>	<p>Bjelke i forkant fjernes da det kan oppstå konflikt med beinstilling.</p>

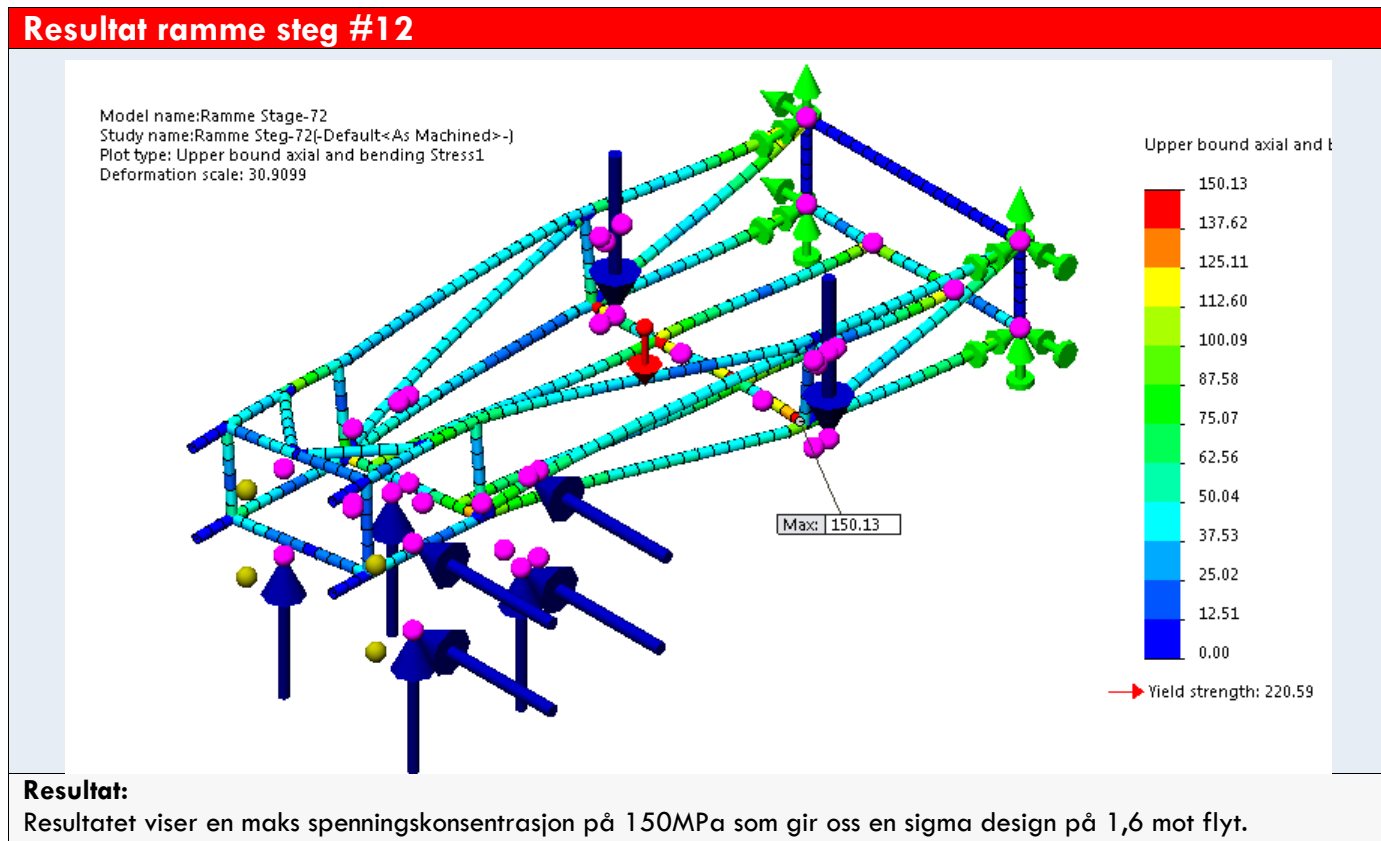
Tabell 23 - Ramme steg 11, resultat



Tabell 24 - Ramme steg 12

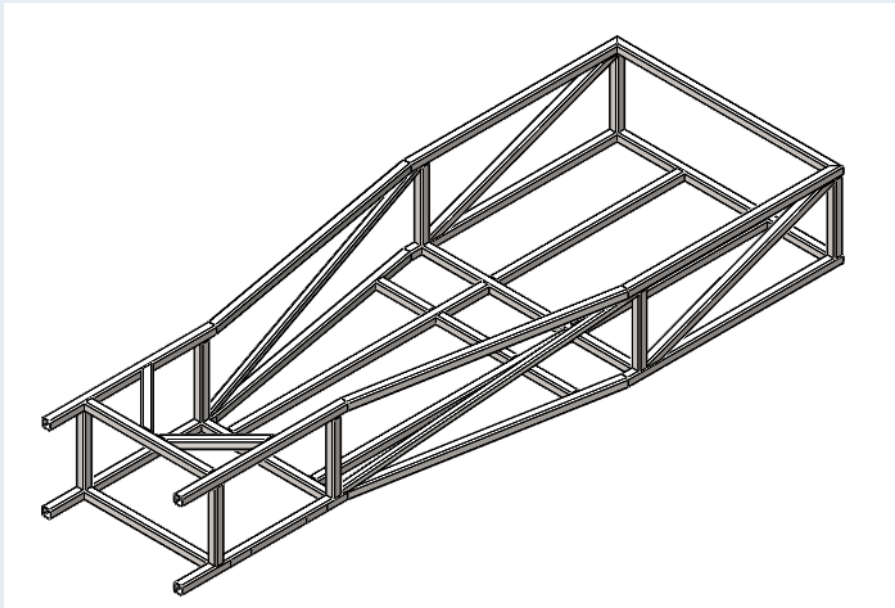
Ramme steg #12	Design
<p><b>Last1: 1500N</b>  <b>Last2: 1500N</b>  <b>Last3: 2000N</b></p> <p><b>Masse: 22.9Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 1,6</b></p>	
<p><b>Notat</b></p>	<p>Stiver av fronten med to bjelker i øvredel.</p>

Tabell 25 - Ramme steg 12, resultat

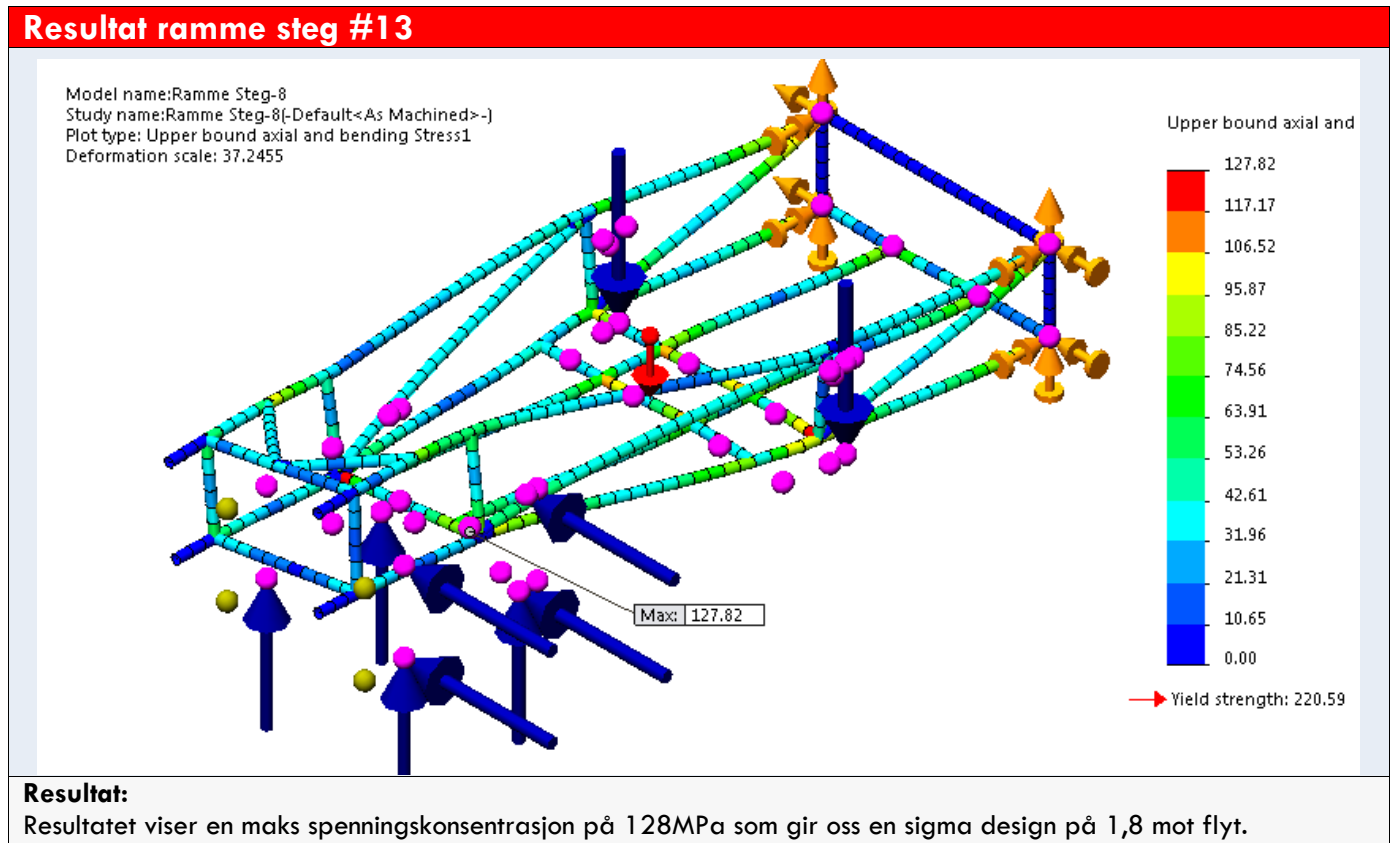




Tabell 26 - Ramme steg 13

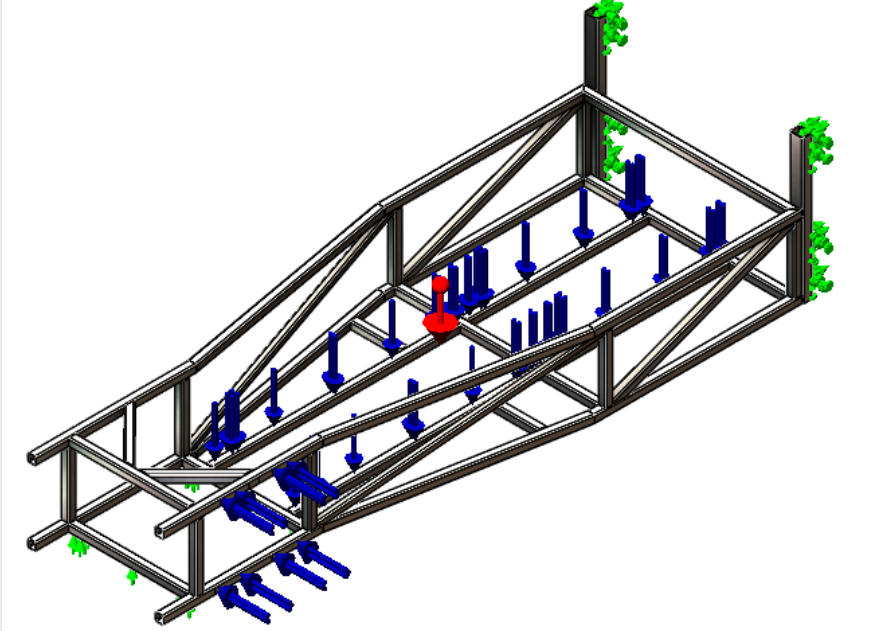
Ramme steg #13	Design
<p><b>Last1: 1500N</b>  <b>Last2: 1500N</b>  <b>Last3: 2000N</b></p> <p><b>Masse: 23.6Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 1,6</b></p>	
<p><b>Notat</b></p>	<p>Legger til nye tverrbjelker for å avlaste nedre tverrbjelke nr1 sett bakenifra. Denne kan flyttes til fordel mhp. jevnfordeling av vekt fra fører.</p>

Tabell 27 - Ramme steg 13, resultat

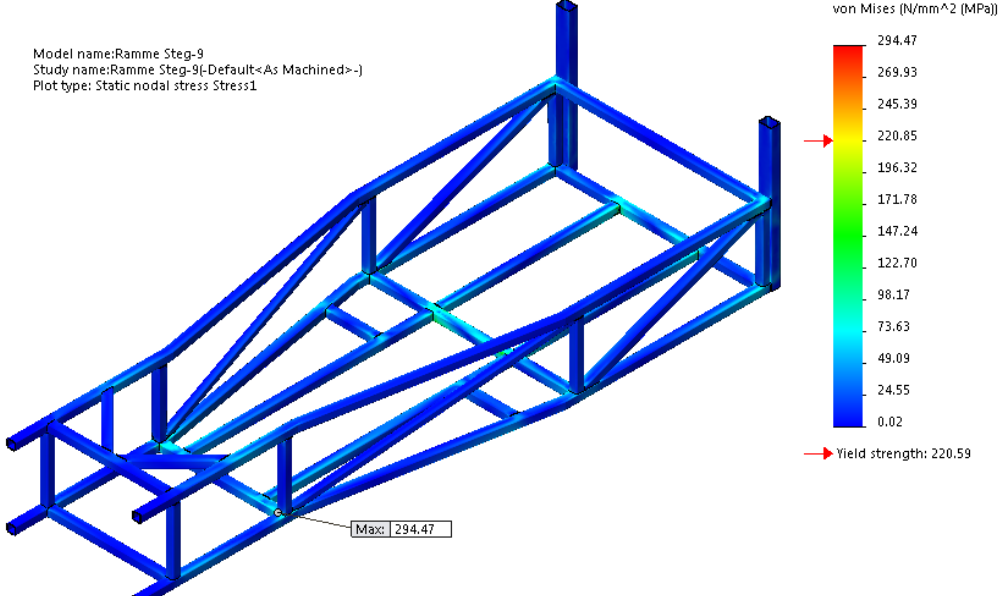


## 6.1.2 Solid

Tabell 28 - Ramme steg 14

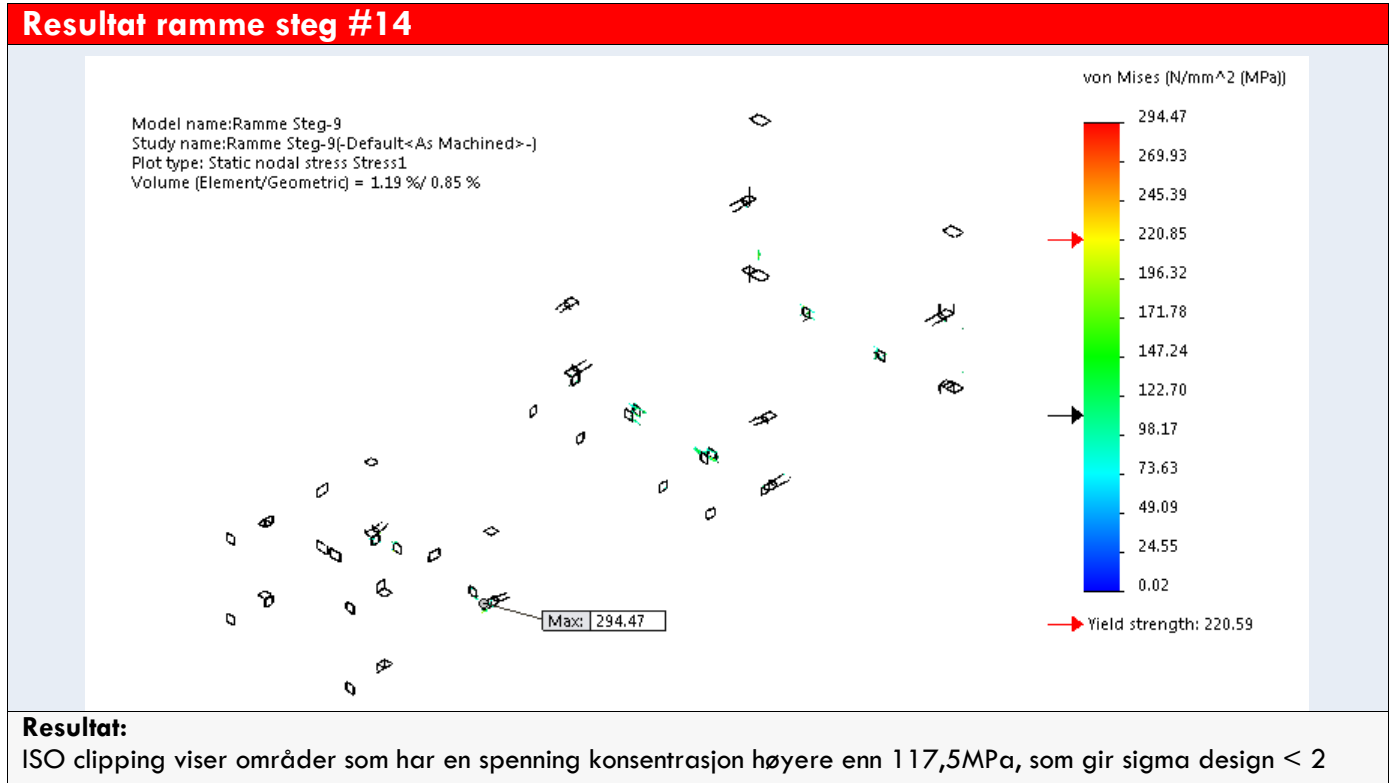
Ramme steg #14	Design
<p><b>Last1: 1500N</b></p> <p><b>Last3: 1500NN</b></p> <p><b>Masse: 25.1Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 0,8</b></p>	
<p><b>Notat</b></p>	<p>Analysen blir nå kjørt som solidpart. Last virkende fra unnamanøver settes lik 1500N, og bjelke for feste av bakre ramme legges til i bakkant. Fremre innfestning settes til rullende for å etterligne kreftene som blir absorbert i forstillingen.</p>

Tabell 29 - Ramme steg 14, resultat

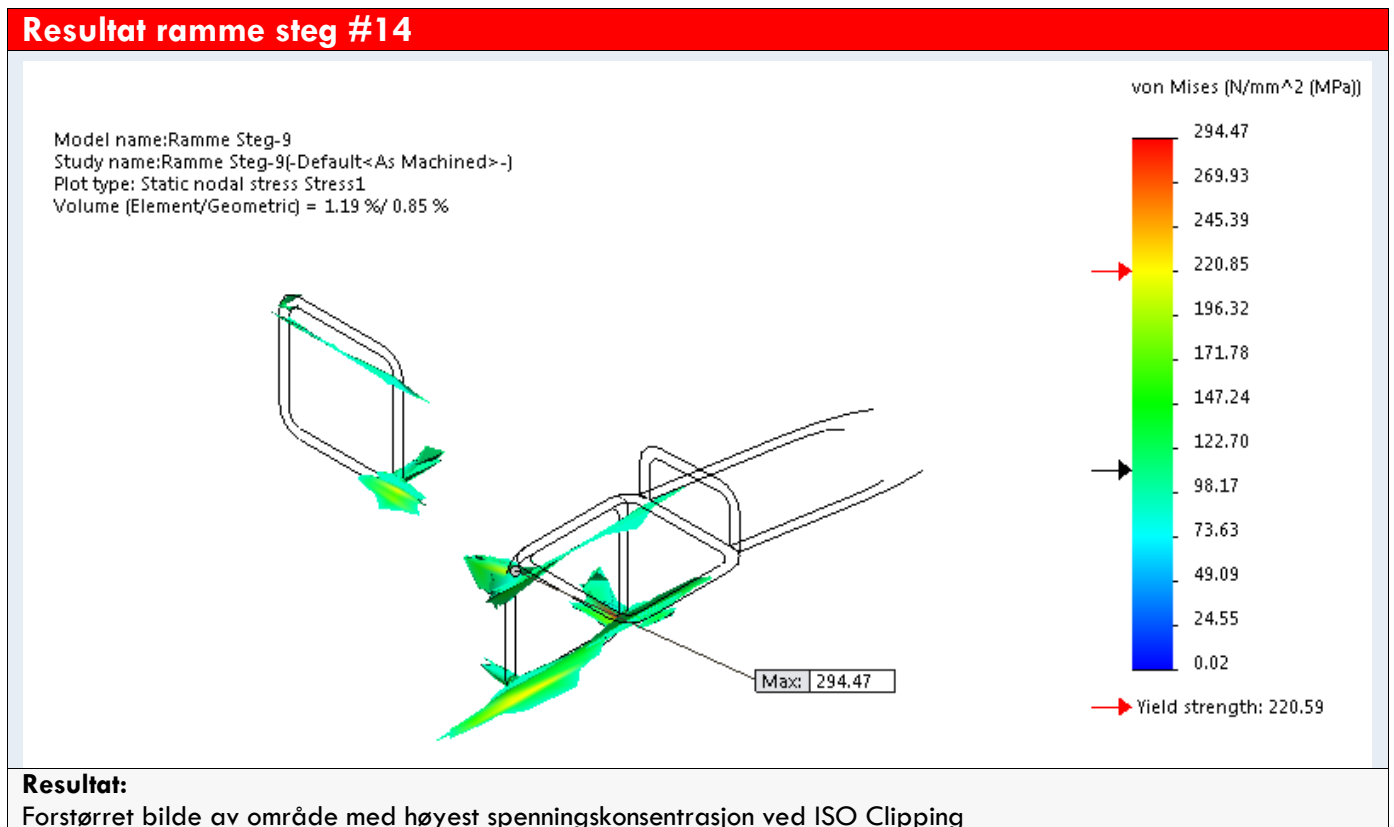
Resultat ramme steg #14	
<p>Model name: Ramme Steg-9 Study name: Ramme Steg-9[-Default&lt;As Machined&gt;-] Plot type: Static nodal stress Stress1</p>	 <p>von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))</p> <p>294.47 269.93 245.39 220.85 196.32 171.78 147.24 122.70 98.17 73.63 49.09 24.55 0.02</p> <p>→ Yield strength: 220.59</p> <p>Max: 294.47</p>
<p><b>Resultat:</b></p>	<p>Resultatet viser en maks spenningskonsentrasjon på 294MPa som gir oss en sigma design på 0,8 mot flyt.</p>



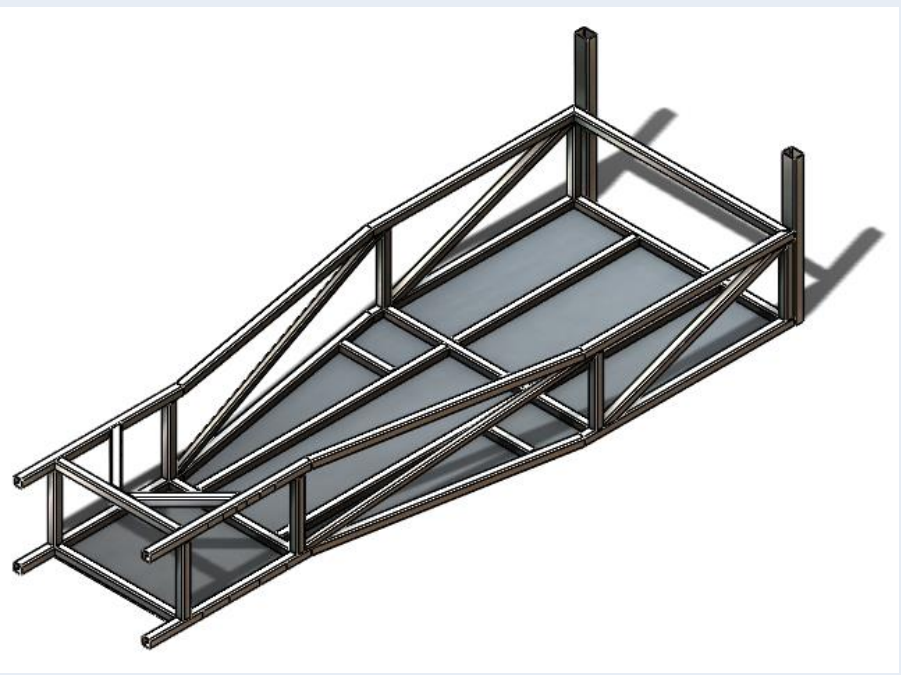
Tabell 30 - Ramme steg 14, resultat ISO-clipping



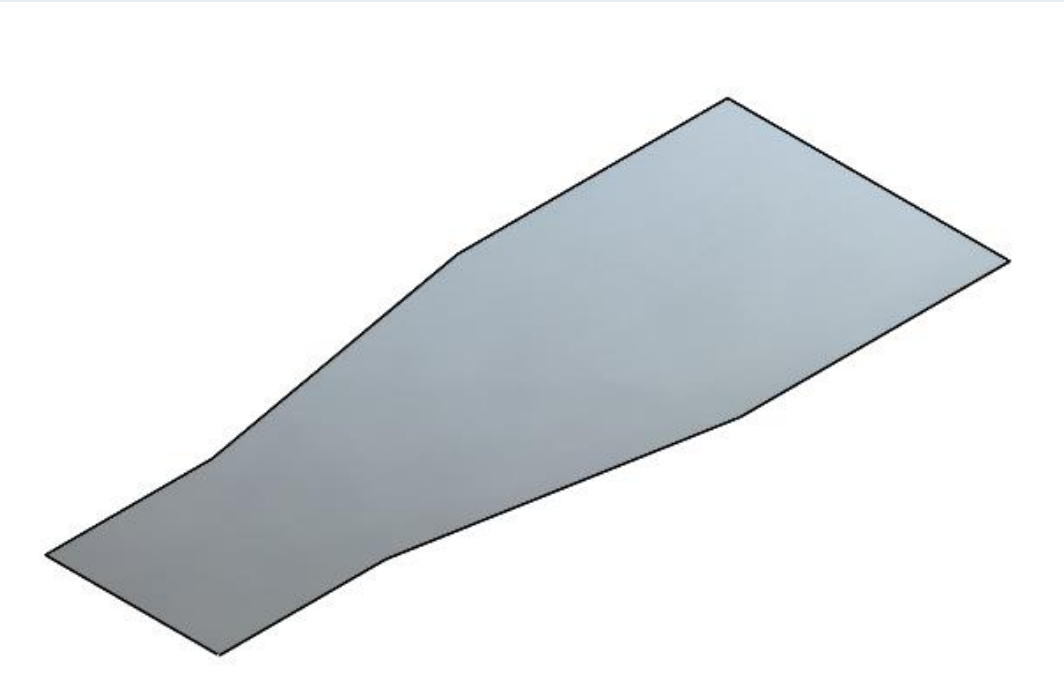
Tabell 31 - Ramme steg 14, resultat ISO-clipping(zoom)



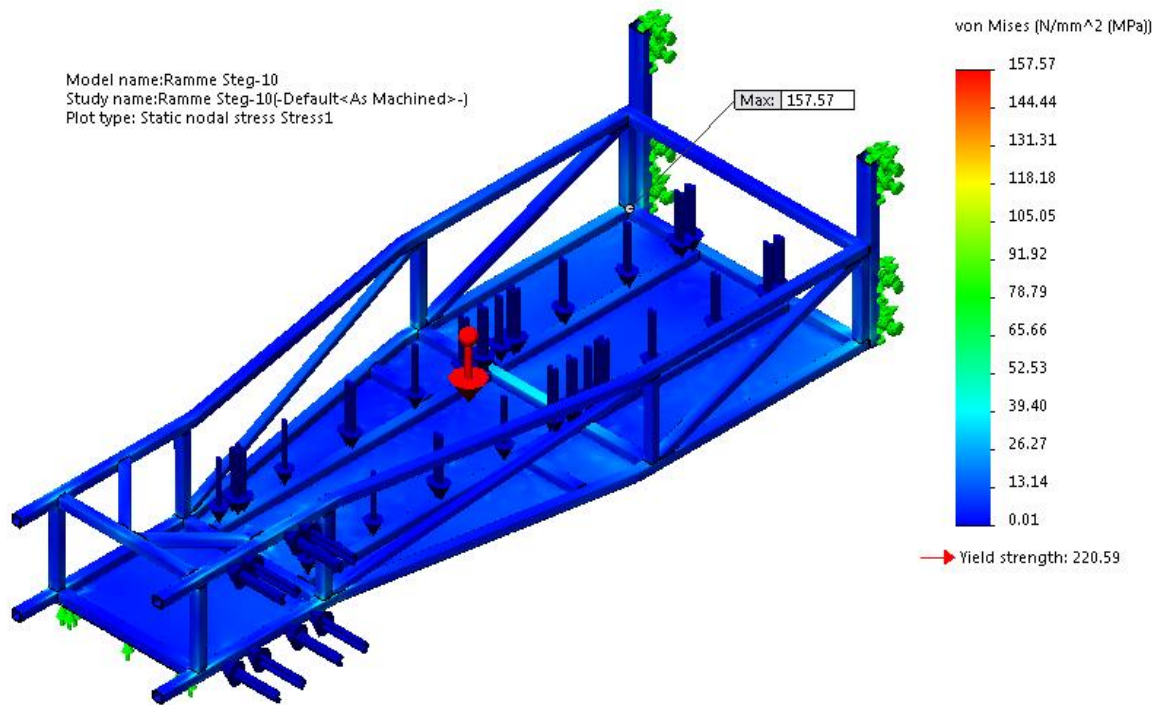
Tabell 32 - Ramme steg 15

Ramme steg #15	Design
<p>Last1: 1500N</p> <p>Last3: 1500NN</p> <p>Masse: 30.7Kg</p> <p>Min FOS: 1,5</p>	
<b>Notat</b>	Kjører en analyse med bunnplata på 0,9mm stål installert.

Tabell 33 - Ramme steg 15, bunnplata

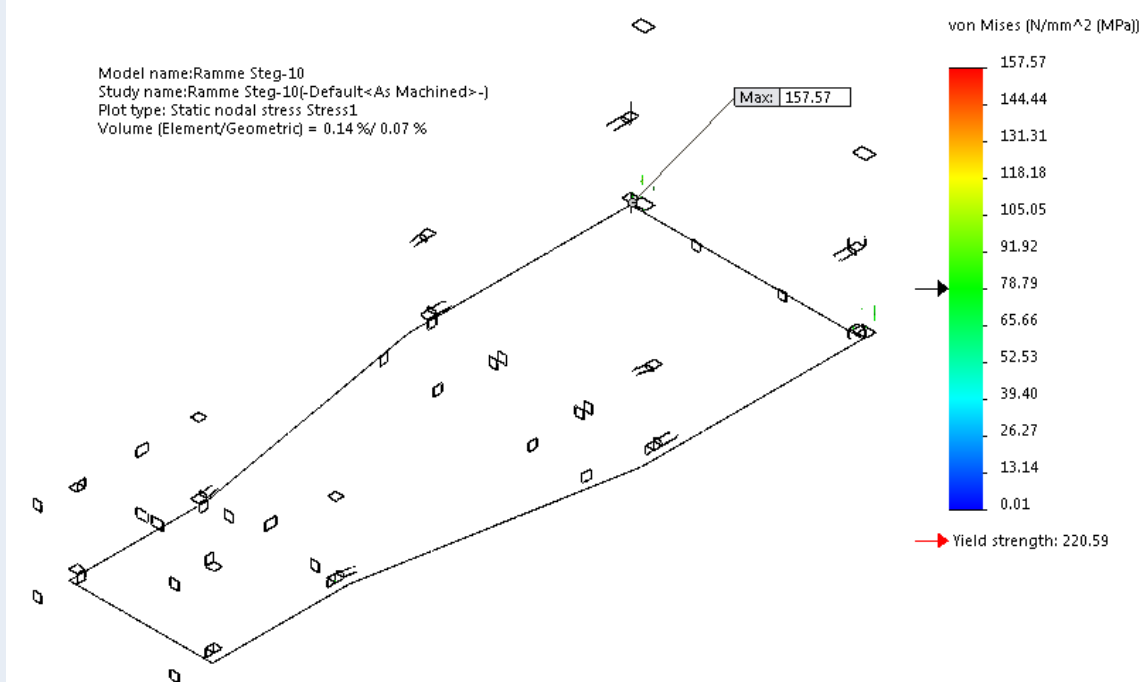
Resultat ramme steg #15	
	
<b>Bilde:</b>	
Bilde av bunnplata	

Tabell 34 - Ramme steg 15, resultat

**Resultat ramme steg #15****Resultat:**

Resultatet viser en maks spenningskonsentrasjon på 158MPa som gir oss en sigma design på 1,5 mot flyt.

Tabell 35 - Ramme steg 15, resultat ISO-clipping

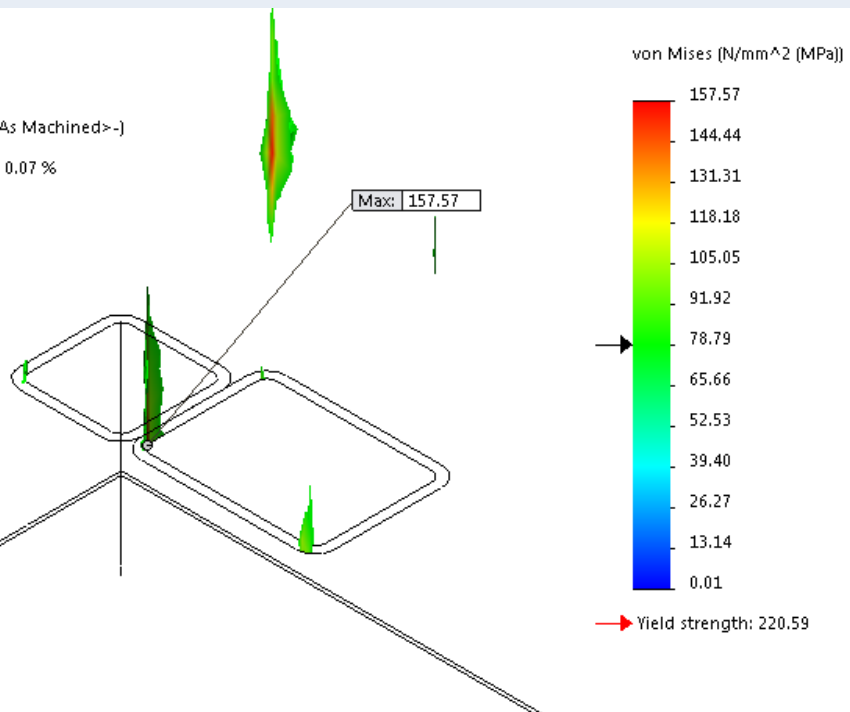
**Resultat ramme steg #15****Resultat:**

ISO clipping viser områder som har en spenning konsentrasjon høyere enn 117,5MPa, som gir sigma design < 2

Tabell 36 - Ramme steg 15, resultat ISO-clipping(zoom)

**Resultat ramme steg #15**

Model name: Ramme Steg-10  
Study name: Ramme Steg-10 (-Default<As Machined>-)  
Plot type: Static nodal stress Stress1  
Volume (Element/Geometric) = 0.14 % / 0.07 %

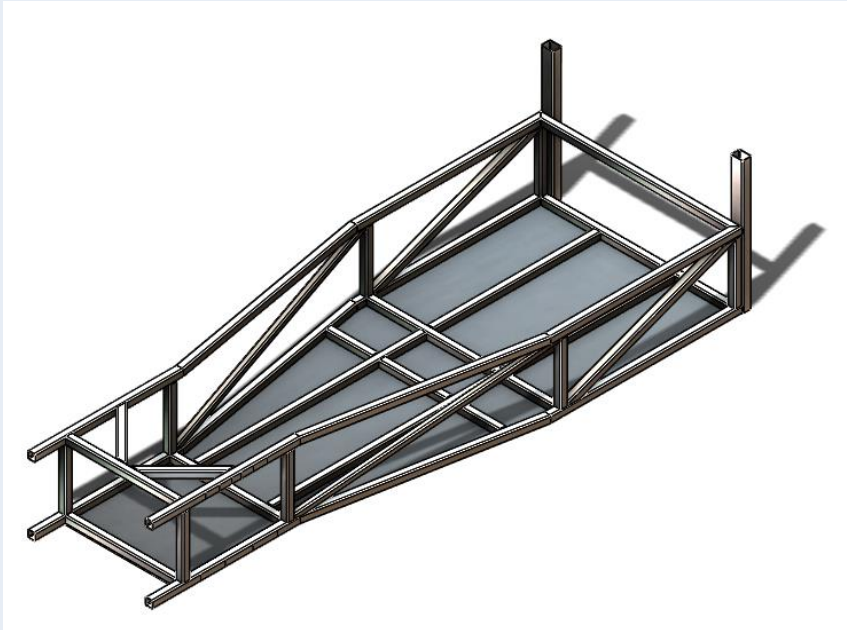
**Resultat:**

Forstørret bilde av område med høyest spenningskonsentrasjon ved ISO Clipping.

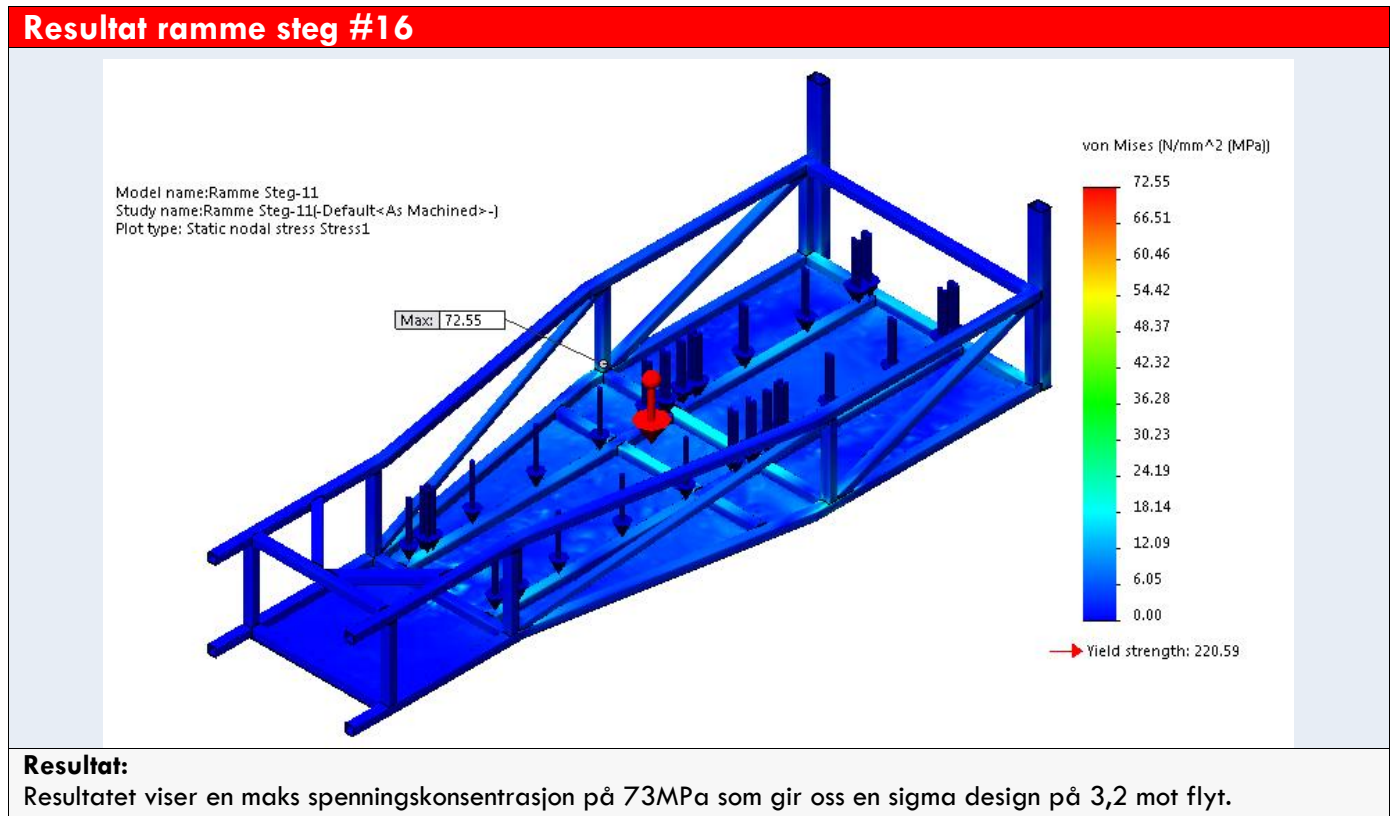
Spenningskonsentrasjonen opptrer i festeanordning for bakrammen.

I studien er innfestingen gjort rigid som ikke vil være tilfelle under bruk. Dette vil resultere i en høyere spenningskonsentrasjon i FEM analysen.

Tabell 37 - Ramme steg 16

Ramme steg #16	Design
<p><b>Last1: 1500N</b></p> <p><b>Masse: 31Kg</b></p> <p><b>Min FOS: 3</b></p>	
<p><b>Notat</b></p>	<p>Ny tverrbjelke tillegges. Kjører nå en analyse med kun lasten fra sjøfør for å validere kravet T-RAM-TE-01 (B krav)</p>

Tabell 38 - Ramme steg 16, resultat



## 6.2 Forstilling og re-design

Forstillingsvinkelene vi prioriterer er camber, caster og spissing (toe in/out).

Forstillingsdelene vi skal bruke er fra en crosskart pakke og vi vektlegger da ikke vinkler som SAI og skrubbradius grunnet tid. Bærebruene ønsker vi mest mulig parallelle og senter av massepunktet tar vi ikke med i beregningene.

Camber:

For å få best feste i sving ønsker vi størst mulig dekkflate mot underlaget i sving.

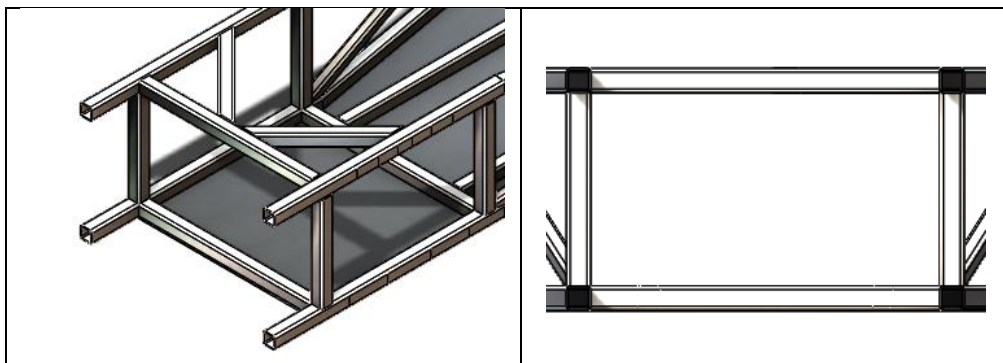
Ved å ha en kortere øvre bærebry vil vi få en negativ cambervinkel i sving ved det ytre hjulet, mens vi får en positiv camber i indre hjulet.

Vi gjør en forenklet re-design ved å flytte feste for nedre bærebry lengre inn mot senter.

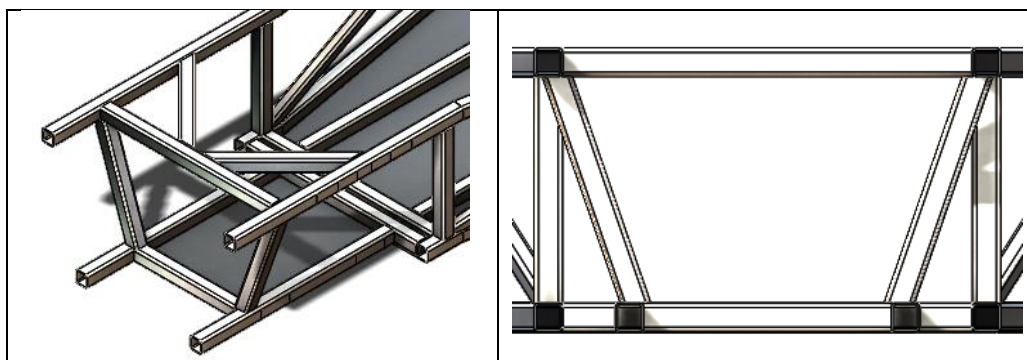
Grunnet sterkt begrenset tid velger vi å lage innfestningen til bærebryene vinkelrett på rammen. Det vil da spare tid ved produksjon ved at vi ikke trenger å vinkle innfestningene for bærebryer og dempere.



Tabell 39 - Design front



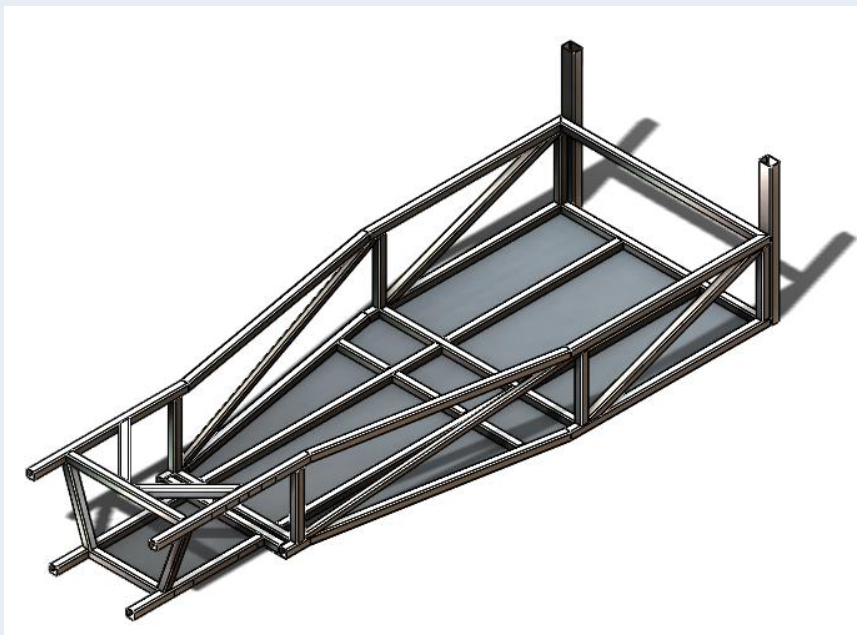
Tabell 40 - Redesign front



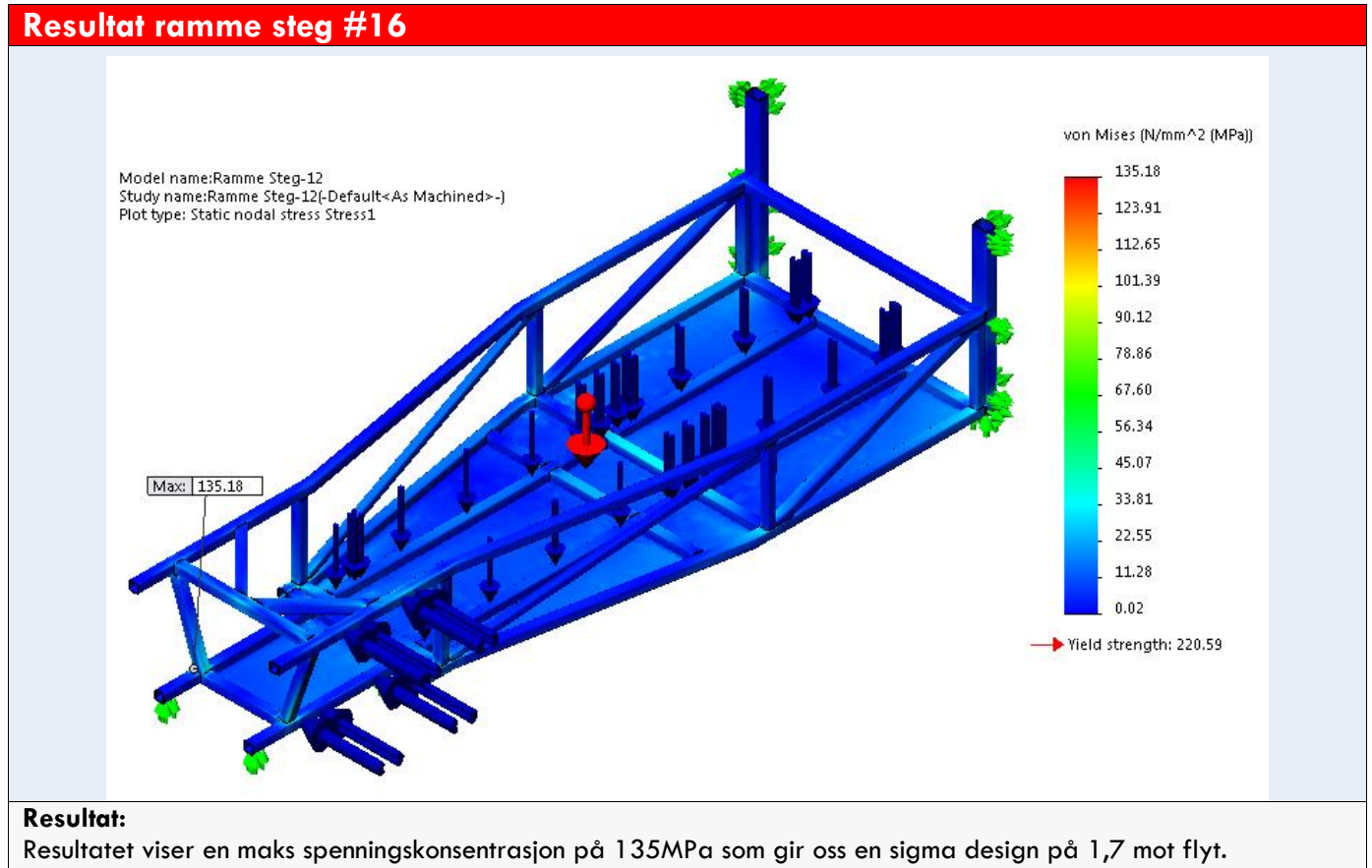
Nytt design som muliggjør lengre nedre bærebry



Tabell 41 - Ramme steg 16, re-design

Ramme steg #16	Re-design
<p>Last1: 1500N Last2: 1500N</p> <p>Masse: 31Kg</p> <p>Min FOS: 1,7</p>	
<b>Notat</b>	Fronten vinkles for å flytte innfestningen av nedre bærebri lengre inn mot midten. Bruker last av fører og unnamanøver.

Tabell 42 - Ramme steg 16, re-design resultat

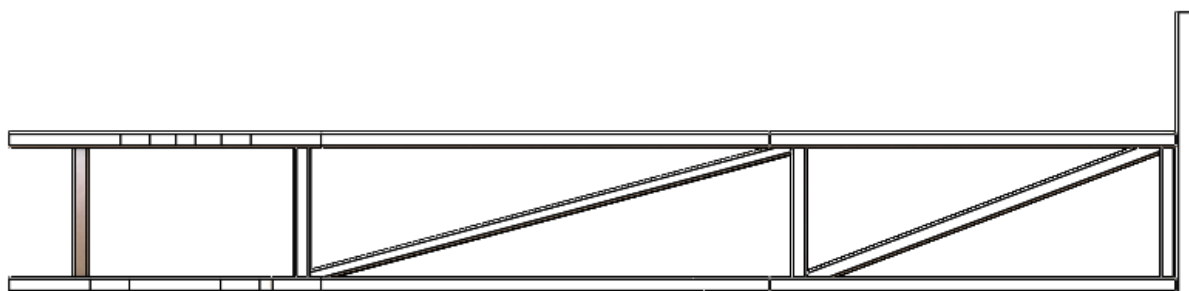


For å ha bærebryene parallelle må feste til øvre bærebry senkes.

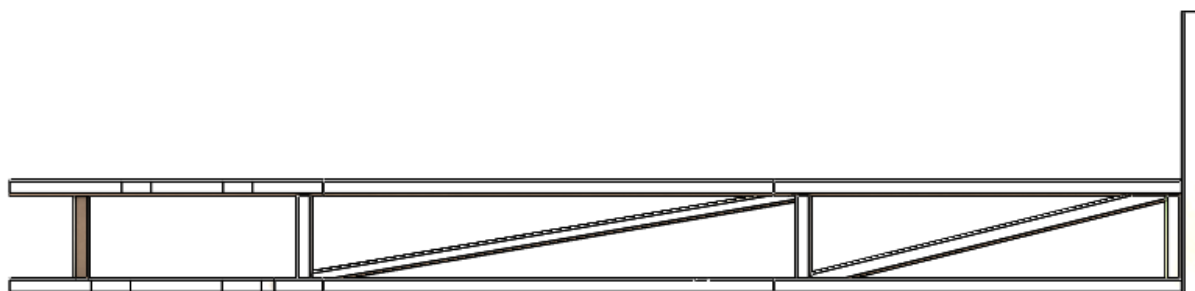
Avstandene mellom øvre og nedre del av rammen ble designet med en høyde på 222mm.

Avstanden mellom innfestning av bærekullene på navet er 150mm, og vi reduserte høyden mellom øvre og nedre del av ramme til 150mm som bildene under illustrerer.

Tabell 43 - Opprinnelig høyde



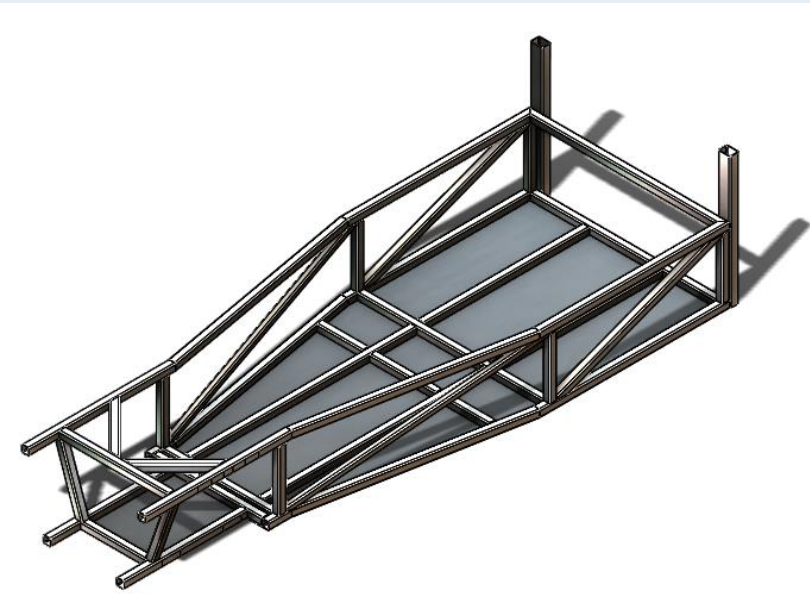
Tabell 44 - Redusert høyde



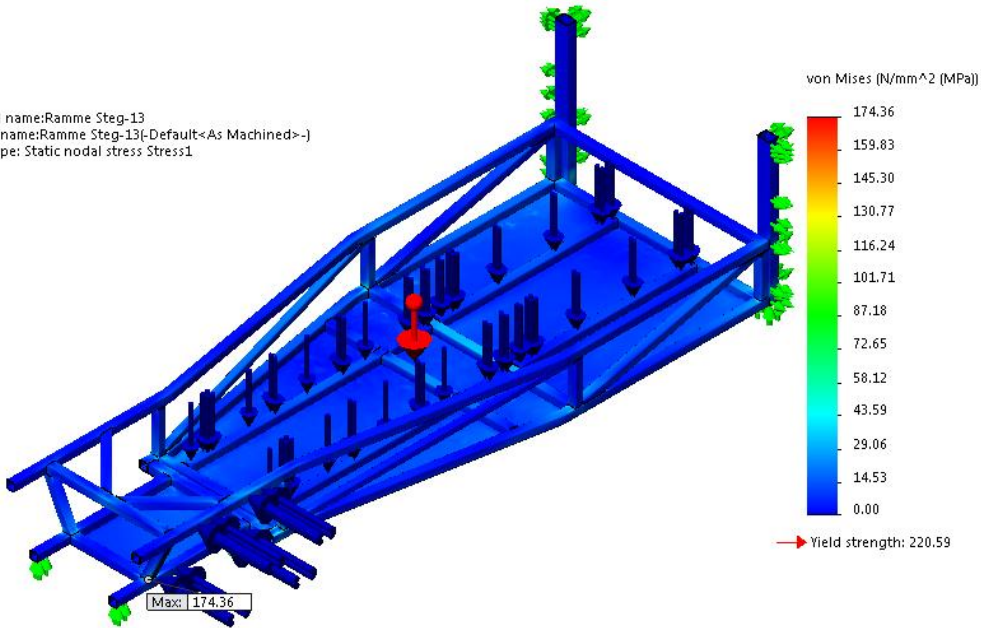
Høyden reduseres fra 222mm til 150mm.




Tabell 45 - Ramme steg 17, re-design

Ramme steg #17	Re-design
<b>Last1: 1500N</b> <b>Last2: 1500N</b>  <b>Masse: 31Kg</b>  <b>Min FOS: 1,7</b>	
<b>Notat</b>	Høyden reduseres fra 222mm til 150mm.

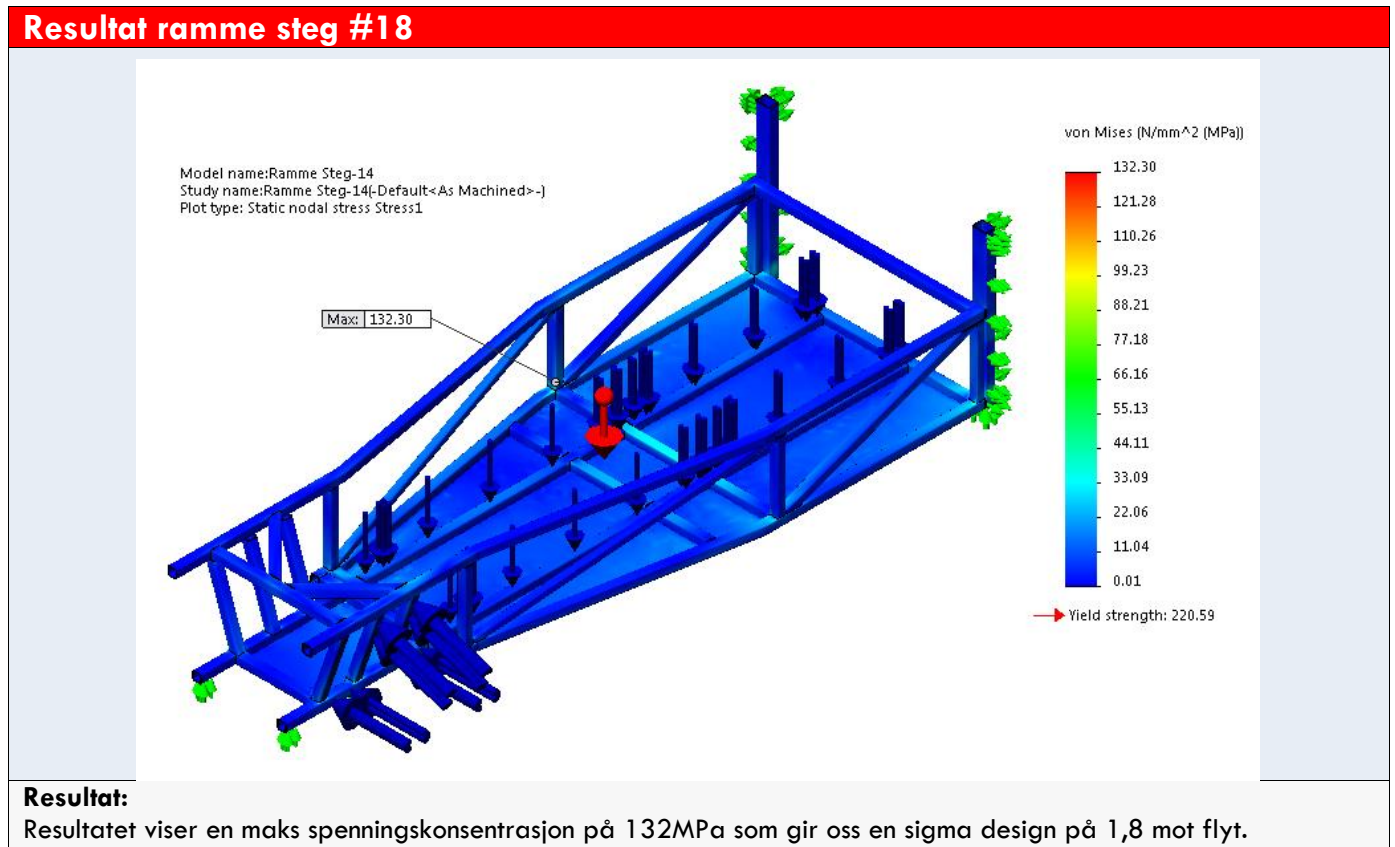
Tabell 46 - Ramme steg 17, re-design resultat

Resultat ramme steg #17
<div> <p>Model name: Ramme Steg-13  Study name: Ramme Steg-13 (-Default&lt;As Machined&gt;-)  Plot type: Static nodal stress Stress1</p>  <p>von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))</p> <p>174.36 159.83 145.30 130.77 116.24 101.71 87.18 72.65 58.12 43.59 29.06 14.53 0.00</p> <p>→ Yield strength: 220.59</p> <p>Max: 174.36</p> </div> <p><b>Resultat:</b>  Reduksjon av høyden gav en spenning økning på nærmere 30%. 174MPa.  Nytt alternativ får å få bærebruene parallelle er å addere to ekstra feste stag, med 222mm høyde mellom øvre og nedre del av rammen.</p>

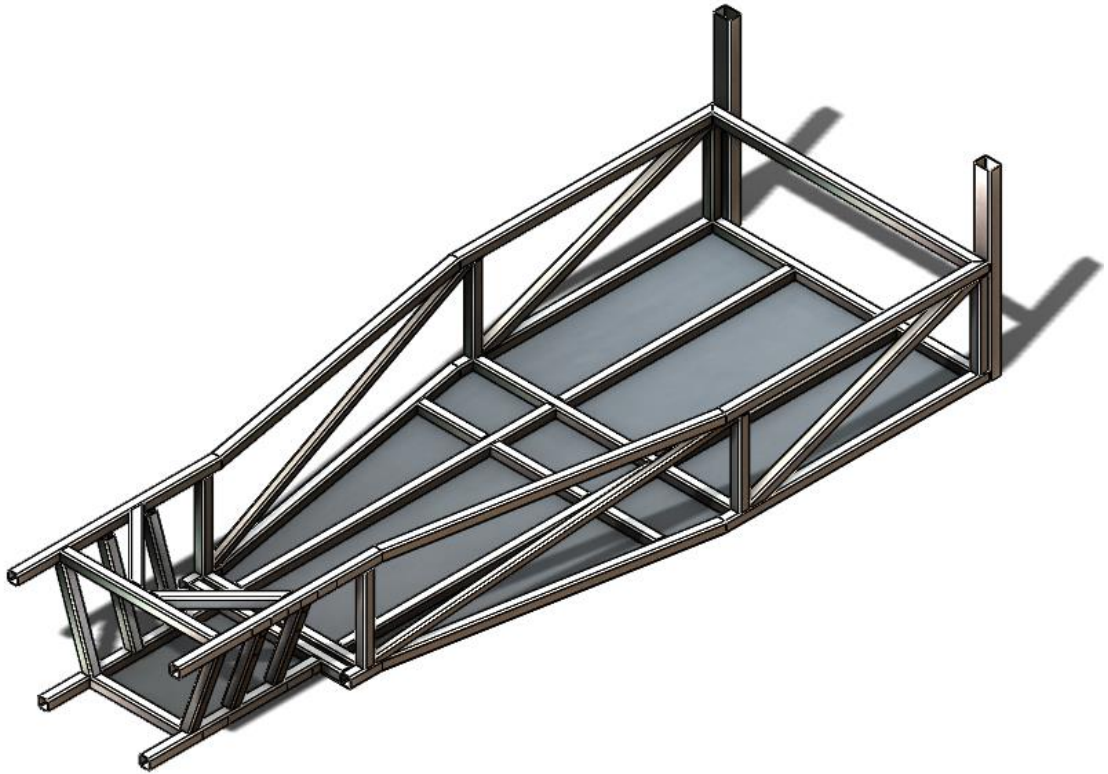
Tabell 47 - Ramme steg 18, re-design

Ramme steg #18	Re-design
<p>Last1: 1500N Last2: 1500N</p> <p>Masse: 32,1Kg</p> <p>Min FOS: 1,7</p>	
Notat	To ekstra vinklede stag legges til i front for å senke høyden mellom bærebryene

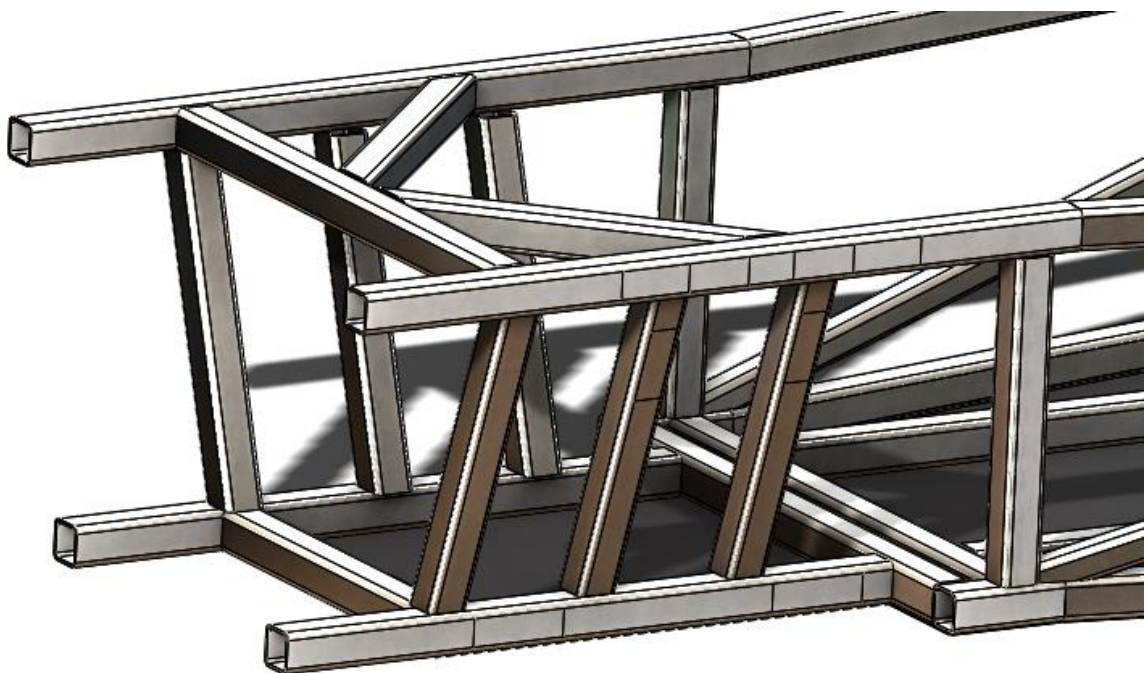
Tabell 48 - Ramme steg 18, re-design resultat



### 6.3 Bilder

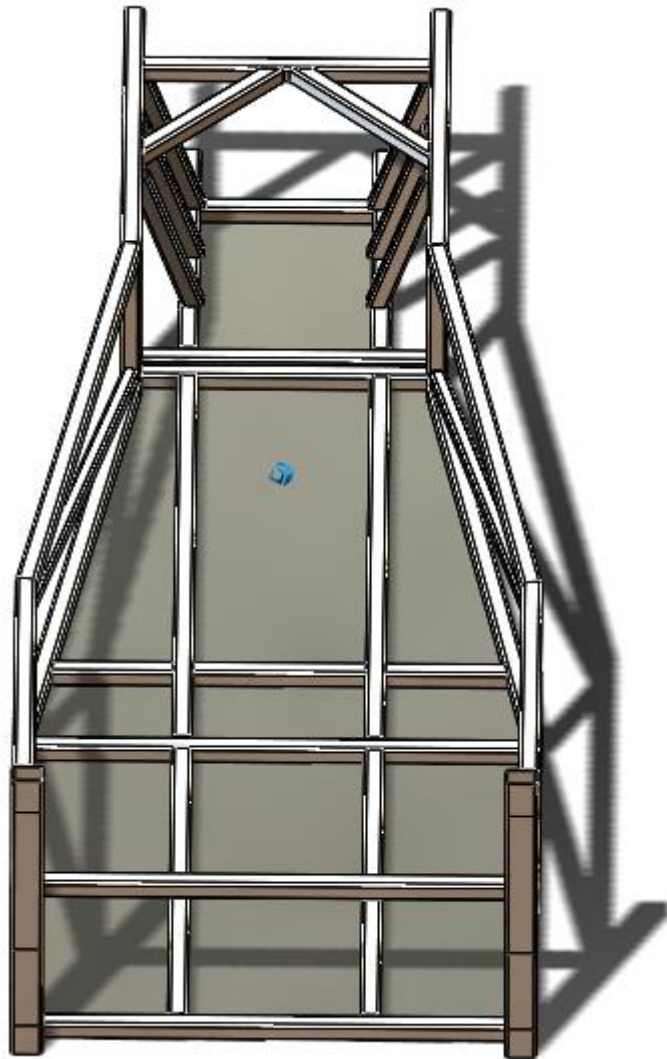
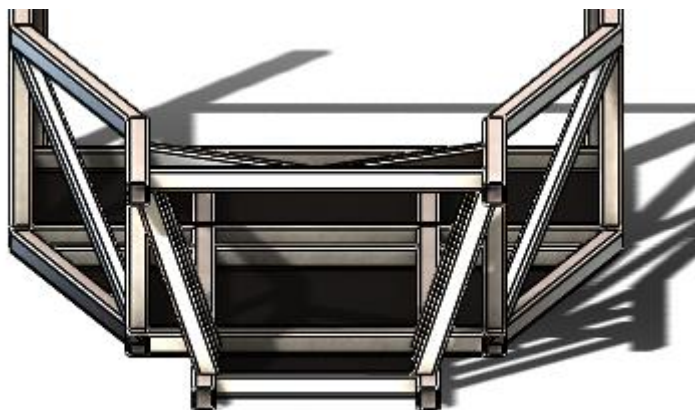


Figur 13 - Ferdig ramme 1



Figur 14 - Ferdig ramme 2



*Figur 15 - Ferdig ramme 3**Figur 16 - Ferdig ramme 4*

## 7.0 Konklusjon

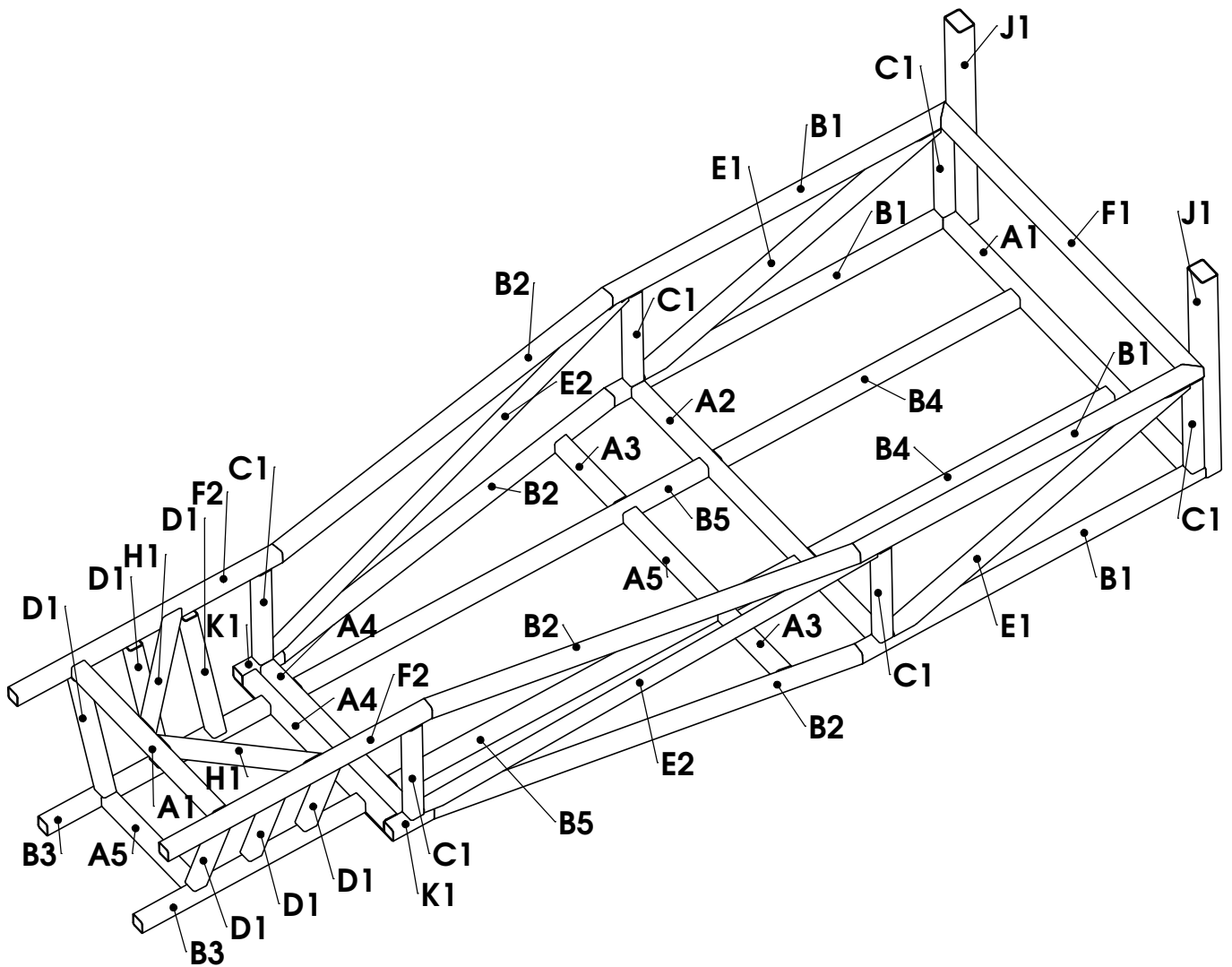
Resultatene fra FEM analysen viser at vi rammen består de kraven som er satt i kravspesifikasjonen. Vekten av designet er 32,1 kg. Vekten vil øke noe når fester for ratt, pedaler, oppheng, motor, osv. skal festes på.

Designet har noen forenklinger gjort med tanke på den fysisk sammensetning av produktet. Dette med hensyn tidsrammen og gruppens sveiseerfaring.

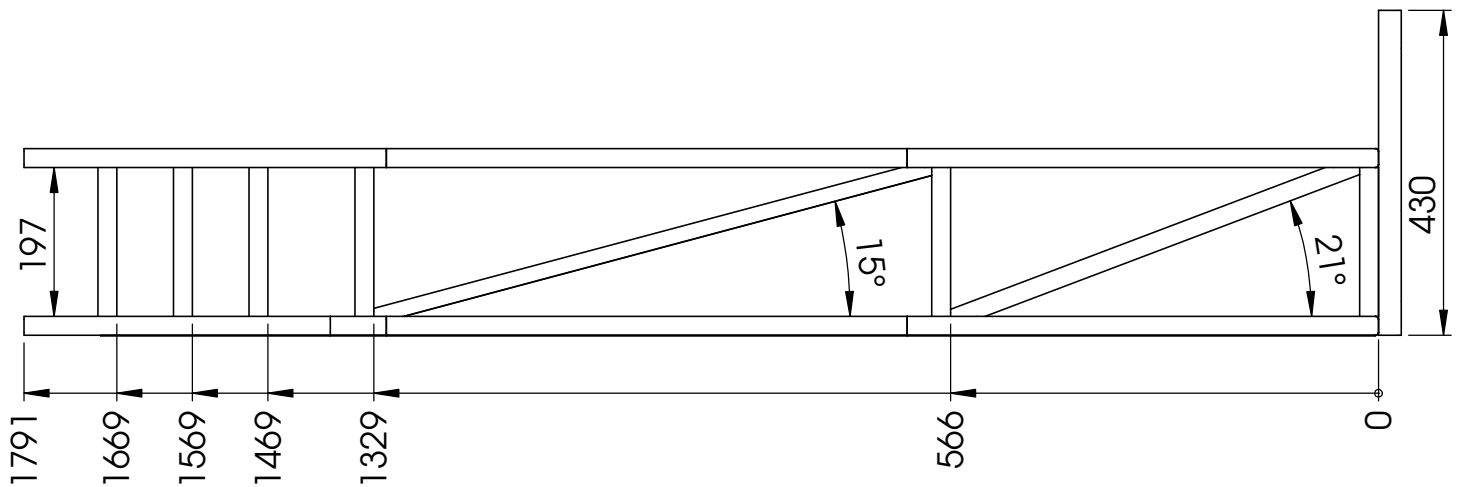
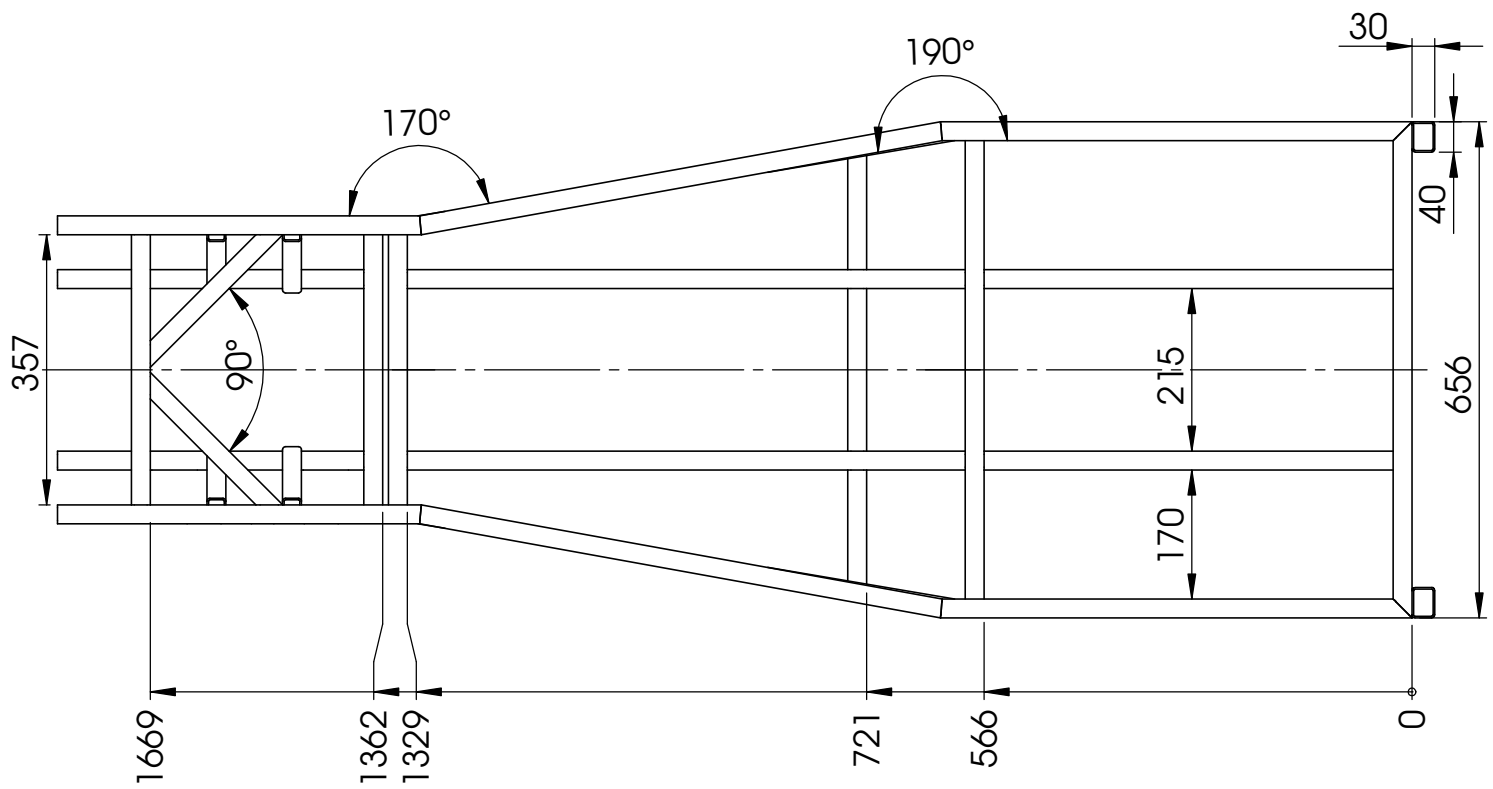
Materialet rammen skal bygges av er E235 presisjonsstål levert fra Norsk Stål.

Vi vil etter ferdigstillingen av dokumentasjonen, jobbe med å realisere rammen fysisk. Dermed er rammen planlagt å være ferdigstilt innen 08.06.2016.

## 8.0 2D tegninger



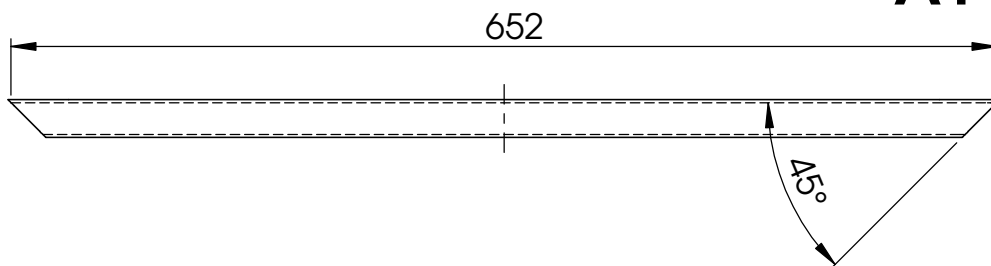
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION			
								www.max3D.no					
NAME SIGNATURE DATE				TITLE:				DWG NO.		A4			
DRAWN <b>Kåre Søren</b>													
CHKD													
APPV'D													
MFG													
Q.A.				MATERIAL:				Ramme F1C					
								SCALE: 1:50				SHEET 1 OF 2	



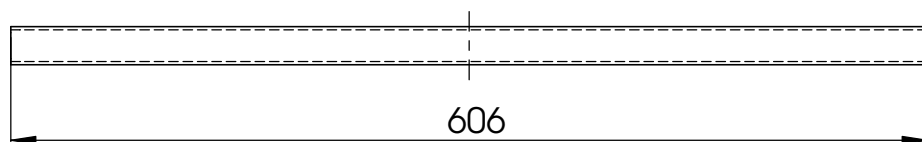
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
DRAWN: <b>Kåre Søren</b>		SIGNATURE		DATE		TITLE:		<div>DWG NO. <b>Ramme F1C</b></div> <div>A4</div>	
CHKD:									
APPV'D:									
MFG:									
Q.A:									
						MATERIAL:		SCALE: 1:50	
								SHEET 2 OF 2	

# A

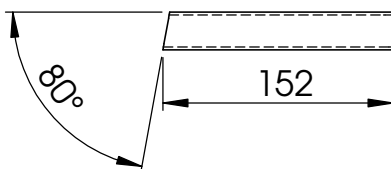
**A1 x 1stk**



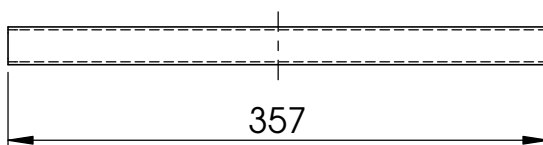
**A2 x 1stk**



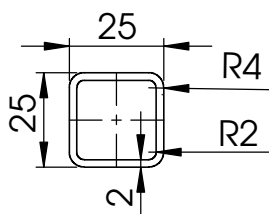
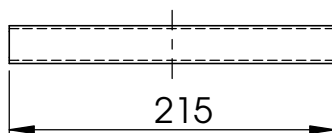
**A3 x 2stk**



**A4 x 3stk**



**A5 x 2stk**

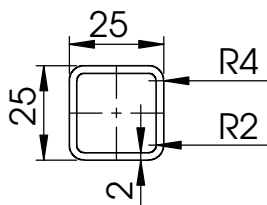
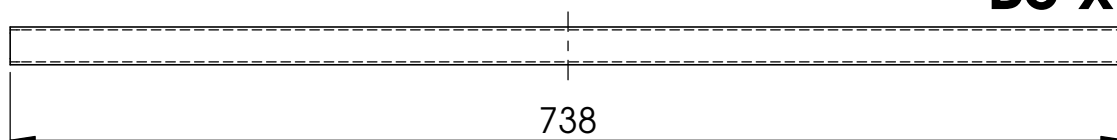
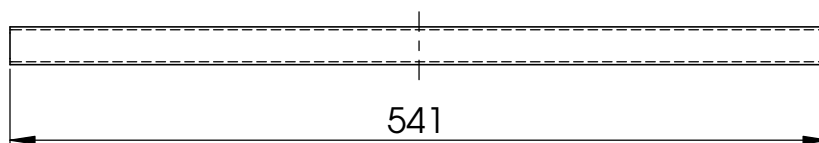
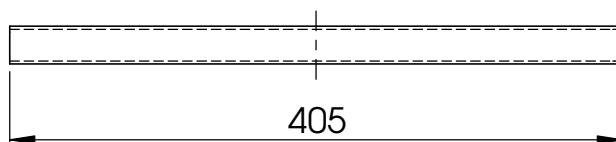
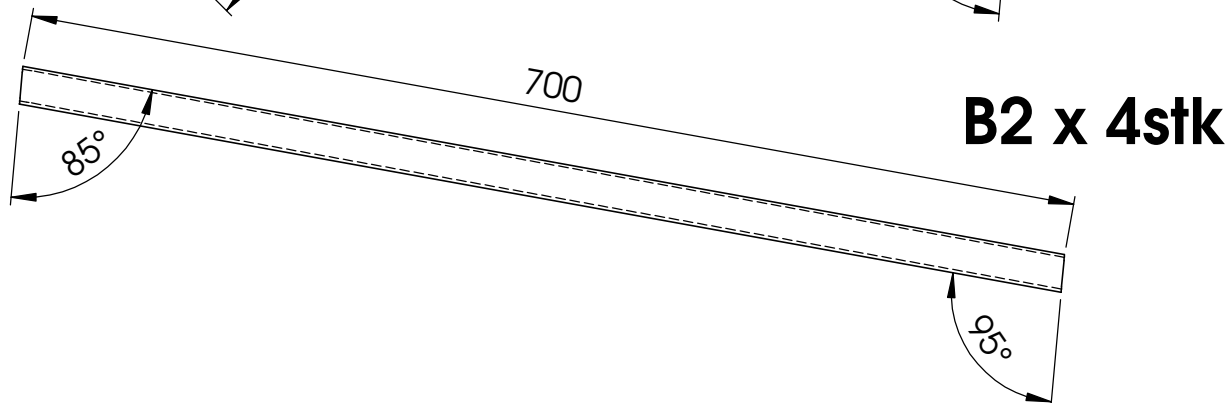
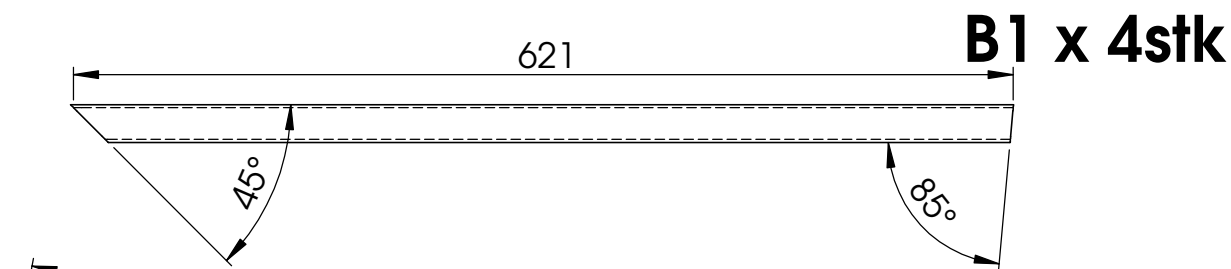


Varenummer: 312740, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
25mm x 25mm x 2mm  
Kg/m: 1,48

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN <b>Kåre Søren</b>									
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								A	
								A4	
SOLIDWORKS Student License Academic Use Only						SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	



# B

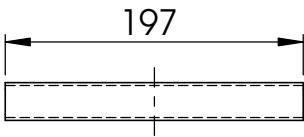


Varenummer: 312740, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
25mm x 25mm x 2mm  
Kg/m: 1,48

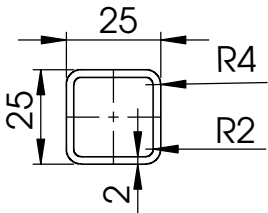
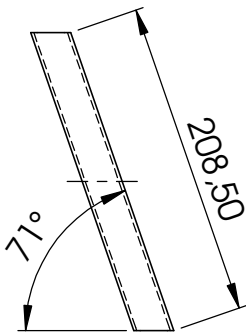
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN									
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								B	
								A4	
SOLIDWORKS Student License Academic Use Only						SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	

C/D

C1 x 6stk



D1 x 6stk

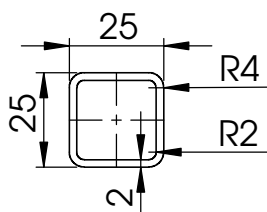
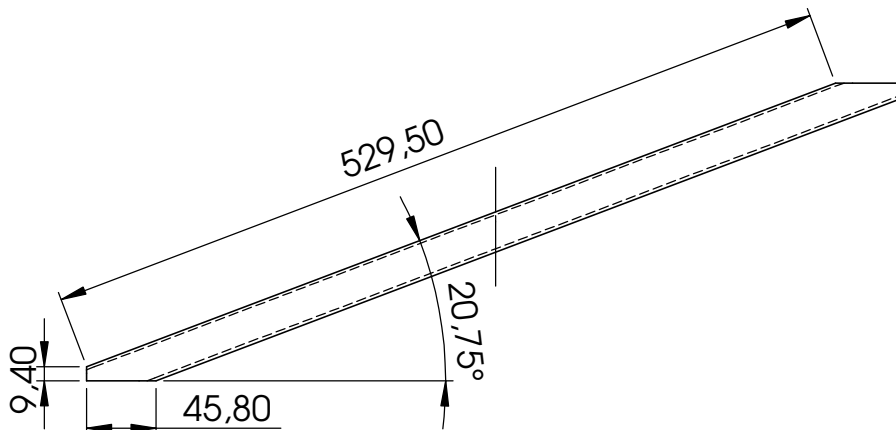


Varenummer: 312740, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
25mm x 25mm x 2mm  
Kg/m: 1,48

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN		Kåre Søren							
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								CD	
								A4	
SOLIDWORKS Student License Academic Use Only						SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	

# E

E1 x 2stk

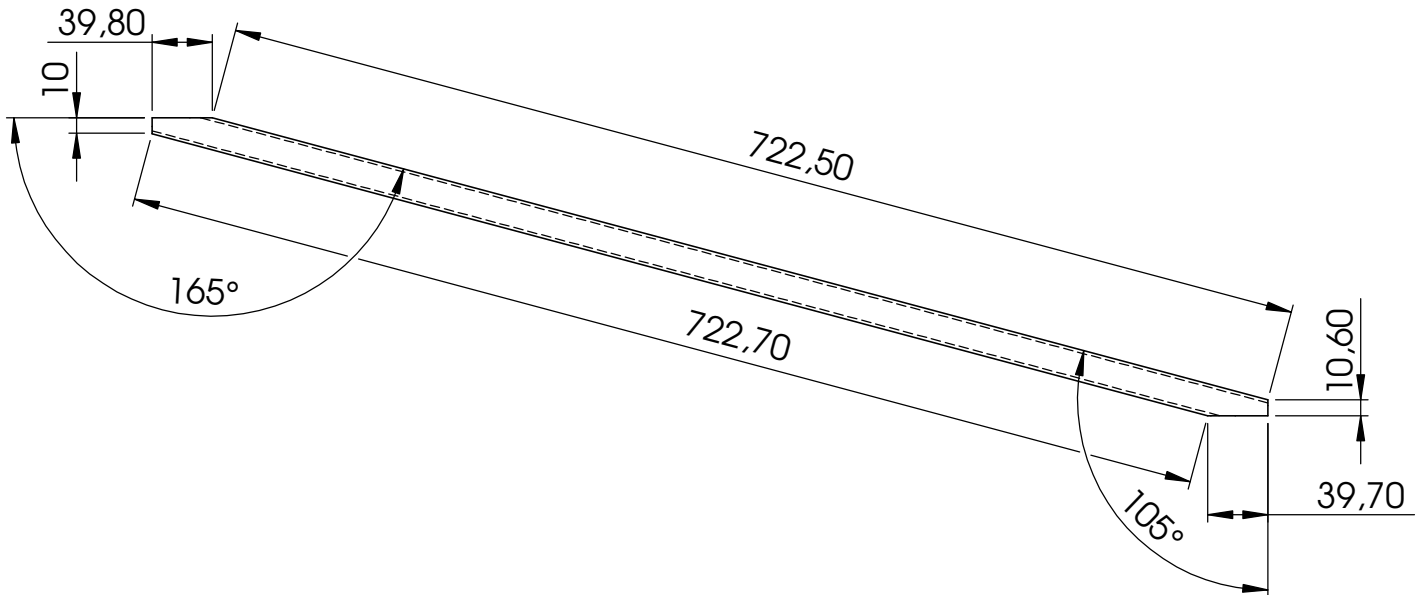


Varenummer: 312740, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
25mm x 25mm x 2mm  
Kg/m: 1,48

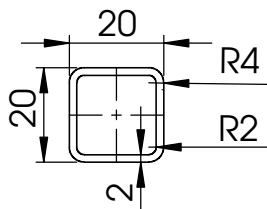
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN <b>Kåre Søren</b>									
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.			
						E			
						A4			
SOLIDWORKS Student License Academic Use Only						SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	

# E2

## E2 x 2stk



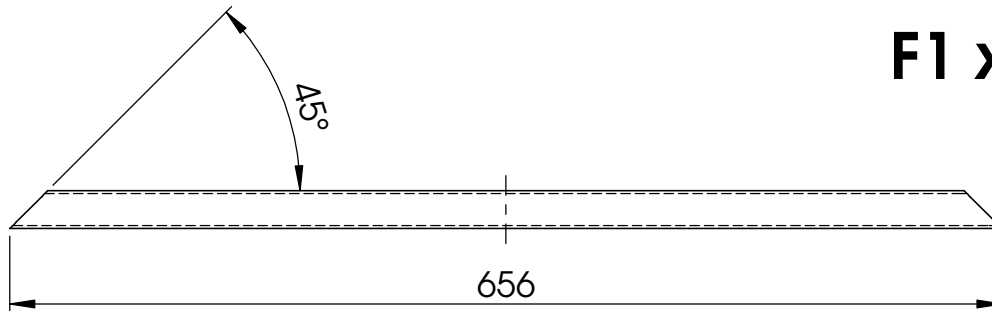
# OBS!

 20MM X 20MM X 2MM PROFIL

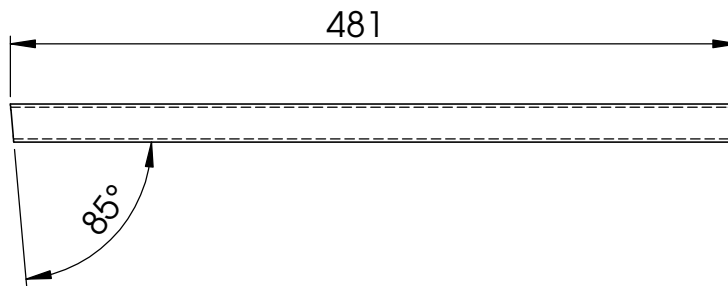
Varenummer: 312736, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
20mm x 20mm x 2mm  
Kg/m: 1,15

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN		Kåre Søren							
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A						DWG NO.			
						E2			
						A4			
SOLIDWORKS Student License Academic Use Only						SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	

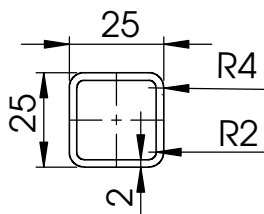
# F



**F1 x 1stk**



**F2 x 2stk**

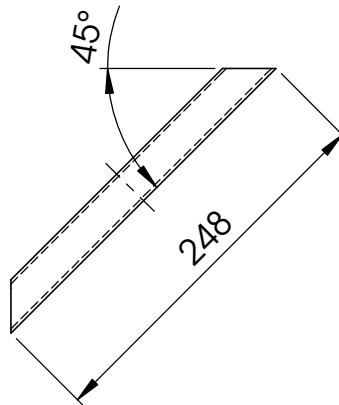


Varenummer: 312740, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
 25mm x 25mm x 2mm  
 Kg/m: 1,48

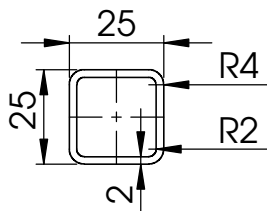
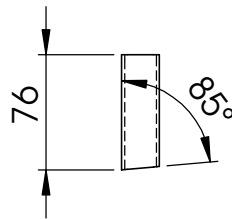
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN <b>Kåre Søren</b>									
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
						F			
SOLIDWORKS Student License Academic Use Only						SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	

# H/K

## H1 x 2stk



## K1 x 2stk

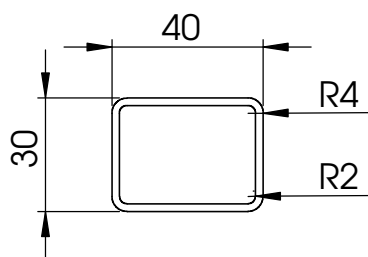
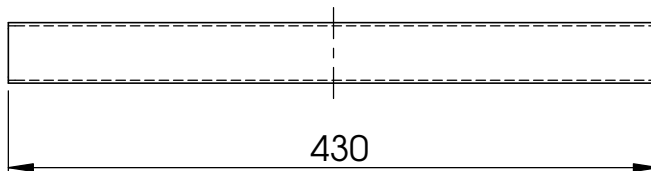


Varenummer: 312740, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
25mm x 25mm x 2mm  
Kg/m: 1,48

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN <b>Kåre Søren</b>									
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								HK	
								A4	
SOLIDWORKS Student License Academic Use Only						SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	

# J

## J1 x 2stk



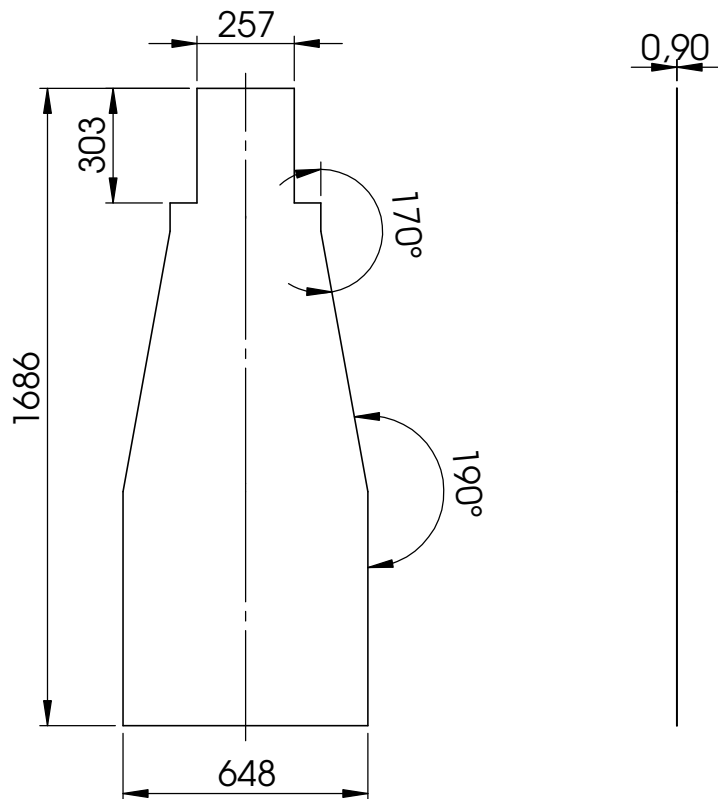
Varenummer: 312757, NS-en 10305-5 , e235, c1, Rm = 390MPa  
40mm x 30mm x 2mm  
Kg/m: 2,13

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						www.max3D.no			
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
DRAWN		Kåre Søren							
CHKD									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								J	
								A4	

**SOLIDWORKS Student License**  
**Academic Use Only**

SCALE:1:5 SHEET 1 OF 1

# GULV x 1stk



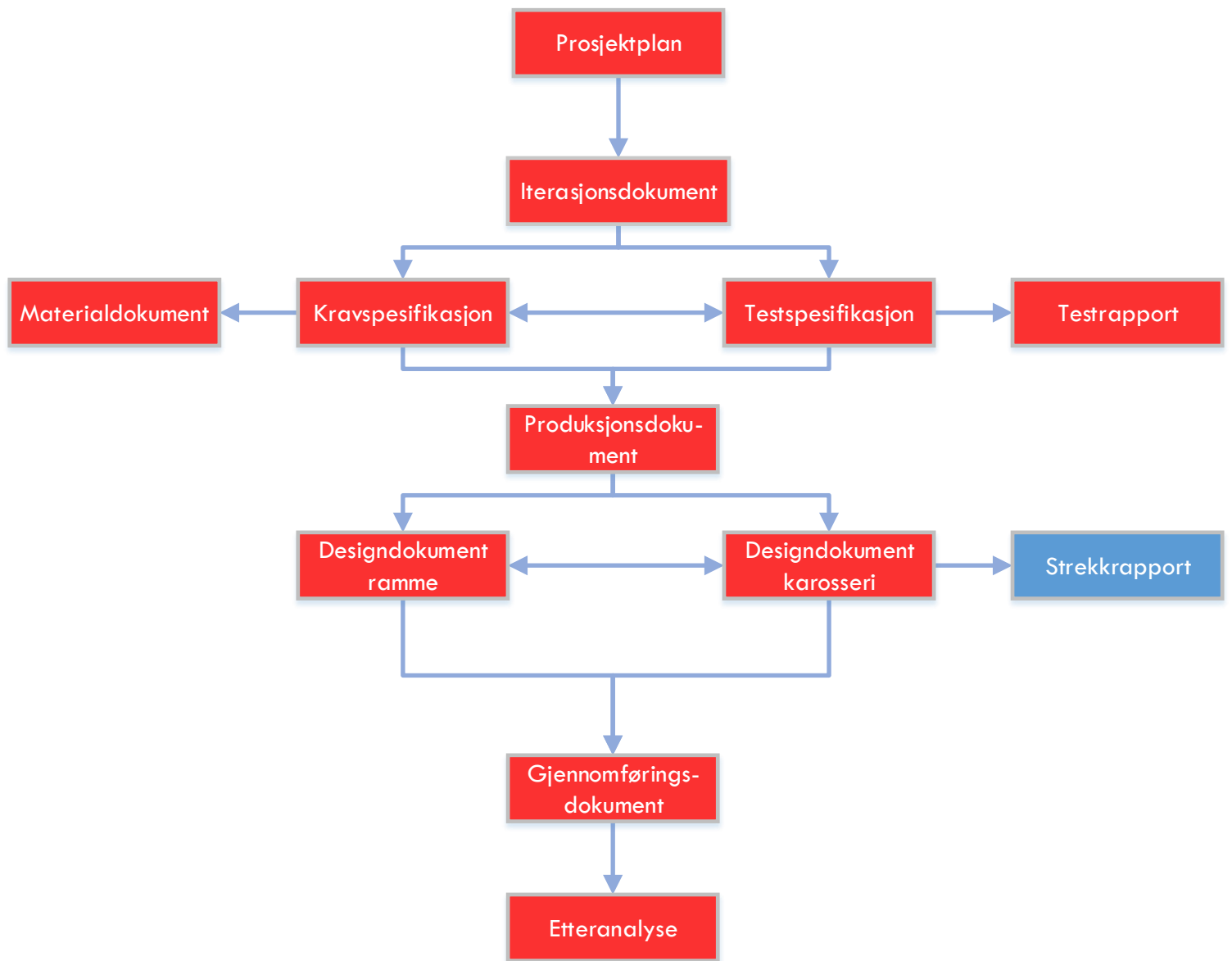
Varenummer: 29603, NS-en 10327 , e275, c1, Rm = 390MPa  
1000mm x 2000mm x 0,9mm  
Kg/STK: 14,4

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
								www.max3D.no				
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:					
DRAWN	Kåre Søren											
CHK'D												
APPV'D												
MFG												
Q.A												
							MATERIAL:		DWG NO.		A4	
LIDWORKS Student License								SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1		



## 9.0 Referanser

1. Carroll Smith. *TUNE TO WIN The art and science of race car development and tuning*. AERO PUBLISHERS, INC. 1978.
2. Norsk Stål produktkatalog. Link: <http://produktkatalog.norskstaal.no/Pages/default.aspx>
3. Hugh D. Young, Roger A. Freedman. *Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics Technology Update*. Pearson Education Limited. 13. Utgave. 2014.
4. Adam Theander. *Design of a Suspension for a Formula Student Race Car*. 2004.
5. Vegard A. Brevik. *Design, Analysis and Simulation of the Suspension System in the FS Team UiS Race Car*. 2013





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Rapport for strekktesting

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	THK	KO	52

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## Sammendrag

Dette forsøket omhandler strekktesting av komposittmaterialer. Materialet testet var en sammensetting av karbonfiber og epoxy. Kompositten var i vevd form. Forsøkets hensikt var å undersøke strekkfastheten og E-modulen til materialet. Sekundærmålet var å benytte metoder for beregning av kompositter bestående av ensrettede fibre for å beskrive de vevde mattene, for så å sammenligne med de målte resultatene.

Da vi ikke hadde tilgang til nødvendig utstyr for bruk av standard EN ISO-testing av prøvene, vi manglet gode nok fiksturer, ble vi nødt til å benytte alternative innfestingsmetoder med moderat suksess.

Resultatet viste at tilstrekkelig binding mellom materialene ikke var oppnådd ved en strekkfasthet på 444 MPa og en målt E-modul på 40 GPa. De numeriske metodene benyttet resulterte i større verdier enn de målte, beregnet strekkfasthet på 1300 MPa og beregnet E-modul 70-75 GPa ( $[0/90^\circ]$  vinkelkonfigurasjon). Dette skyldes som nevnt bindingsfeilen på prøvene, men også antagelsene benyttet i metodene.

Konklusjon: Testet karbonfiber er av ikke godkjent kvalitet i forhold til de numeriske beregningene, men er av godkjent kvalitet til sitt bruk. Mangelfull binding er ikke et ødeleggende problem da materialet ikke skal utsettes for store krefter under operasjon.

Tilslutt vil vi legge til at karbonfiberkompositter har generelle glimrende egenskaper i forhold til mange andre materialer, men for å oppnå produsentens oppgitte egenskaper, kreves det profesjonelt utstyr og erfaring. Tradisjonelt er kompositten dyr å produsere, grunnet bruk av trykkovn (autoklav). Ønsket om å kunne benytte billige produksjonsteknikker, som vakuum, for produksjon av karbonfiber med de samme egenskapene som produkter produsert i autoklav, klarer vi ikke å innfri. Bruk av andre avanserte metoder som vakuuminfusjon er derfor å anbefale for produksjon av brukbare deler uten bruk av autoklav.

Tabell 1: dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
1.0	10.05.2016		Opprettelse av dokument til endelig levering
2.0	19.05.2016	THK	Revidert til endelig levering

## Innhold

1. Forsøkets hensikt.....	5
2. Litteraturgjennomgang.....	7
2.1 Kompositt og klassifikasjon .....	7
2.2 Polymer .....	8
2.3 FRP materialeegenskaper.....	9
2.4 Sammenlikning av ensrettede og vevde fibre .....	12
2.5 Matematiske metoder for beregning av kompositt.....	14
2.6 Produksjon av komposittlaminater .....	18
2.7 Testing av komposittmaterialer .....	21
3. Eksperiment.....	25
3.1 Materialeegenskaper .....	25
3.2 Prosedyre.....	27
3.3 Utstyr .....	29
3.4 Beregning av volumfraksjon.....	29
3.5 Resultater .....	31
3.6 Matematisk metode .....	36
3.7 Feilkilder .....	45
4. Konklusjon .....	46
5. Referanser .....	49
Vedlegg 1: Alternative innfestingsmetoder .....	50

## Liste over tabeller

Tabell 1: dokumenthistorikk .....	3
Tabell 2: Fiberegenskaper .....	25
Tabell 3: Matriseegenskaper .....	26
Tabell 4: Testutstyr .....	29
Tabell 5: Annet utstyr .....	29
Tabell 6: [0/90] Vakuum resultater .....	31
Tabell 7: [0/90] Hånd resultater .....	31
Tabell 8: $[\pm 45]$ Vakuum resultater .....	31
Tabell 9: $[\pm 45]$ Hånd resultater .....	31
Tabell 10: Målte materialegenskaper .....	32
Tabell 11: Fiber og matrise egenskaper .....	38
Tabell 12: Beregnet egenskap til CFRP (Blandingsregel) .....	38
Tabell 13: Sammenlikning av et [0/90] og vevd laminat for karbon-, glass- og Kevlarfiber kompositter .....	40
Tabell 14: Materialegenskaper for UD laminat bestående av karbonfiber og epoxy .....	40
Tabell 15: Beregnet E-modul til CFRP (LPT) .....	43

## Liste over figurer

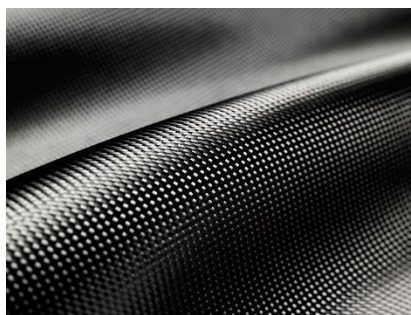
Figur 1: Modell av produsert bil.....	5
Figur 2: Karosserimateriale karbonfiber .....	5
Figur 3: Lineær termoplast og tverbundet herdeplast (thermosetting) .....	9
Figur 4: Effekt av fiberorientering på FRP kompositts strekkfasthet (E-glass/epoxy).....	11
Figur 5: Ensrettede lamina former et «multidirectional» laminat .....	11
Figur 6: Forhold mellom spenning/ tøynings for ulike laminatsammensetninger [6].....	12
Figur 7: Vevd og ensrettet (UD) lamina.....	13
Figur 8: Retning av krefter (N) - og momentresultanter (M) per lengdeenhet ved lastvirkning .....	16
Figur 9: Plane stress .....	16
Figur 10: Hånd påføring .....	19
Figur 11: Vakuum bagging.....	20
Figur 12: Vakuum infution.....	20
Figur 13: Oversikt over normal testing av kompositt (hentet fra Hexcel).....	21
Figur 14: Prøvestav til testmaskin 1 (målsatt i mm).....	27
Figur 15: Prøvestav til Testmaskin 2 (målsatt i mm) .....	28
Figur 16: Merket strekkprøve i testmaskin 1.....	28
Figur 17: Spenning-tøyningskurve for testet CFRP .....	32
Figur 18: Bruddsone til prøve 4 Hånd [0/90] .....	33
Figur 19: [0/90] hånd fiber-matrise .....	33
Figur 20: Fiber-matrise forhold ved bruddsone [0/90] Hånd .....	34
Figur 21: [0/90] Vakuum bruddsone .....	34
Figur 22: Fiber ved bruddsone [0/90] Vakuum .....	35
Figur 23: Forenkling av vevd matte til UD lamina $[0^\circ]$ .....	37
Figur 24: Forenkling av vevd matte til [0/90]s laminat.....	39
Figur 25: Luftbobler i fiberstrukturen [0/90] Hånd .....	47
Figur 26: Luftbobler i fiberstrukturen [0/90] Vakuum.....	47

## 1. Forsøkets hensikt

Dette forsøket ble utført i forbindelse med hovedprosjektet «Formula 1 composite» gjennomført vårsemesteret 2016. I løpet av prosjektet vil gruppen, i samarbeid med HSN og andre aktører, utvikle og dokumentere produksjonen av en formel 1 inspirert bil. Bilens karosseri skal produseres i et komposittmateriale. Til bilens bruk og med bakgrunn i våre interessenters krav, vil karosseriet bli produsert i et CFRP komposittmateriale. Materialet består av vevd karbonfibermatte og epoxy, (egenskaper Jf. Kap. 3.1).



Figur 1: Modell av produsert bil



Figur 2: Karosserimateriale karbonfiber

I forbindelse med prosjektet ønsker vi å kartlegge karosserimaterialets mekaniske egenskaper. Dette fordi karosseriet vil bli utsatt for ulike lastvirkninger under drift, selv om rammen er designet for å ta opp nesten alle påkjenninger. Undersøkelsene benytter en kombinasjon av eksperimentell testing og numerisk analyse for å karakterisere komposittens egenskaper.

Eksperimentell testing vil gjennomføres ved bruk av strekkprøving, *tensile test*. Alle prøvene vil bli testet på laminatnivå, enkelttråder vil ikke bli testet. Testene vil bli foretatt i to ulike konfigurasjoner, med fiber i 0/90 ° og fiber i 45/-45 °.

Etter testene er foretatt vil prøvenes bruddsoner undersøkes. Analysenes hensikt er å undersøke hvorvidt forventet binding mellom fiber og matrise er oppnådd i de ulike prøvene. Visuell inspeksjon utføres ved bruk av mikroskop.

Numerisk metode vil ta utgangspunkt i teoriene «rule of mixture» og «classical Laminated Plate Theory». Teoriene vil danne grunnlag for våre matematiske modeller som beskriver materialets egenskaper. Modellene vil bli sammenliknet med de eksperimentelle resultatene for å undersøke om de beskriver materialet med en godkjent nøyaktighet.

Undersøkelsesens primærmål er å avdekke komposittens mekaniske egenskaper. Stivhet og styrke er spesielt interessant. Eksperimentet er også ment som en undersøkelse over i hvilken grad binding mellom fiber og matrise påvirker materialets faktiske egenskaper. Ulike produksjonsmetoder for komposittmateriale har ulik potensiale for oppnådd binding. Bruk av vakuumpose vil bli sammenliknet med håndrulling for å undersøke hvor mye de faktiske egenskapene til materialet forbedres ved sterkere binding.

Undersøkelsesens sekundærmål er å undersøke hvorvidt testmetoder og numeriske metoder for ensrettede og sammenhengende fibre, *unidirectional fibres (UD)*, kan benyttes for kompositter bestående av vevde fibre. Dette er interessant da de fleste numeriske metoder er beregnet for UD fibre.

Resultatene av eksperimentene vil diskuteres for å avdekke hvorvidt de stemmer overens med litteraturen. Konklusjonen vil bygges på faglige begrunnelser og litteratur.



## 2. Litteraturgjennomgang

### 2.1 Kompositt og klassifikasjon

Kompositt er en fysisk blanding mellom to eller flere distinkte og uløselige elementer/ faser. Ulikt legeringer, involverer blandingen ingen kjemisk reaksjon mellom elementene. Samlede egenskaper samt strukturell ytelse er overlegen i forhold til bestanddelenes originale egenskaper [1]. Kompositter består av et fyllmateriale, *matrise* og et forsterkende materiale, *armering*, i form av kontinuerlige fibre, diskontinuerlige fibre eller partikler/ pulver [2].

Kompositter klassifiseres etter matrise-materialet; fyllstoffet som omslutter og binder armeringen. Klassifiseringen blir del inn i 3 hovedkategorier: *Metall-matrise kompositter* (MMC), *Keram-matrise kompositter* (CMC) og *Polymer-matrise kompositter* (PMC).

Det er de mekaniske egenskapene til matrisen som bestemmer denne «grunnleggende» oppdelingen av kompositter. Armerings-egenskaper kontrasterer konsekvent matrisen, da kombinasjonen av ulike egenskaper gir bedre totalegenskaper. Så dersom matrisen er sprø, skal fiber være fleksibel og omvendt. Polymer-matriser er fleksibel (duktil og/eller elastisk avhengig av type), derfor benyttes stive fibre. Vi kan dermed også dele komposittene i to grupper, med distinkte mekaniske matrise-egenskaper:

1. *Fleksibel matrise* (MMC og PMC). Benytter vanligvis fiberarmering. Siden korresponderende fiber skal være stiv og sprø, er det viktig at bindingene i grensesnittet mellom fiber og matrise er svært sterke. Optimalt skal de være like sterke som fiberarmeringens materialstyrke (fasthets-grense), siden belastning av kompositten overføres fra matrise til armering, og det er nettopp armeringen som skal holde komposittens integritet ved lastvirkning. Matrisens hovedoppgave er å beskytte fiberarmeringen og absorbere enkle støt.
2. *Hard og sprø matrise* (CMC). Her skal fiber ha både høy fleksibilitet og strekkfasthet, for å kunne bidra til å arrestere sprekkvekst. Det er dermed viktig at denne armeringen er fri til å trekke seg ut ved lastvirkning uten at matrisen brytes opp. Følgelig bør bindingene i grensesnittet mellom matrise og fiber være relativt svake.

Komposittmaterialet som vi skal benytte (karbonfiber og epoxy) kan klassifiseres som en PMC, altså fleksibel matrise med sprø fiberarmering. Videre vil benevnelsen *CFRP* benyttes for denne typen kompositt, *CFRP- carbon-fiber reinforced plastic*. Rapporten vil derfor fokusere på PMC kompositt med kontinuerlig fiberarmering.

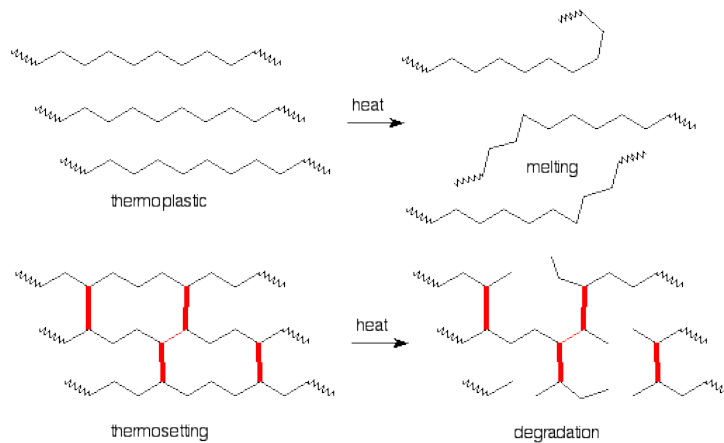
## 2.2 Polymer

Polymer er en av tre mulige matrisematerialer i kompositter, og er meget relevant for dette forsøket da vi benytter epoxy som matrise materiale. Epoxy resinen blandes med en herder for å danne en sterk tverrbunnet polymer.

Polymer, eller plast, består av lange kjeder av molekyler. De minste strukturenheterne innenfor molekylkjedene kalles «monomer», når flere monomer kobles sammen danner de et polymermolekyl [1]. Polymers egenskaper er først og fremst knyttet til polymermolekylets struktur, iht. størrelse, form og oppbygging.

Monomer kan linkes sammen i repeterende polymerkjeder. Dette kalles *polymerisasjon* og forekommer når nok energi, ved hjelp av varme, trykk eller katalysatorer tilføres slik at polymermolekylets funksjonelle dobbeltbindinger brytes til enkle kovalente bindinger. Antall posisjoner med der polymerisasjon kan forekomme kalles funksjonalitet. Kovalente bindinger er meget sterke, derfor omtales de som primær bindinger. Bindingene mellom polymermolekylene er «Van der Waals» eller sekundærbindinger, disse er 2-3 ganger svakere enn primærbindingene [1].

Polymer som benyttes som matrisematerialer kan deles inn i to kategorier. Termoplast og herdeplast. Epoxy kategoriseres som en herdeplast. Termoplast blir holdt sammen av svake sekundære intermolekylære bindinger som Van der Waals og har en lineær oppbygging av molekylkjedene. Herdeplast derimot består av kjemiske, kovalente bindinger mellom molekylkjedene, som danner en sterkt tredimensjonalt nettverksstruktur. Fenomenet omtales som tverrbinding. Herdeplaster kan ikke smeltes grunnet tverrlinkingen, de blir i stedet brutt ned. Tverrbinding av epoxy resin forekommer ved bruk av en herder. Herderen setter i gang polymerisasjonsprosessen som danner kovalente bindinger. Reaksjonen er endoterm (avgir varme), bruk av forhøyet temperaturer (50-80 °C) er fortsatt å anbefale for å oppnå de beste kjemiske resultatene [3].



Figur 3: Lineær termoplast og tverrbundet herdeplast (thermosetting)

Polymer innehar retningsbestemte egenskaper (anisotropi). Dette skyldes hvordan molekylstrukturen er bygget opp. I lineære polymer som termoplast vil molekylkjedene være frie til å orientere seg i strekkretningen. Dette sørger for at plasten blir sterkere i strekkretning ved strekking, da kjedene orienteres samme vei. Fenomenet står i sterk kontrast til metaller, som svekkes etter innsnevring begynner. Dette gjelder ikke i så stor grad for herdeplaster, som epoxy. Vi benytter oss av epoxy matrisematerial, grunnet tverrbindingen.

### Epoxy matrise

Epoxy resin benyttes for å danne matrisen. Resinen er i flytende form, ukurert ved romtemperatur. Vi vil benytte oss av Ampreg 21, epoxy-system levert fra Gurit [3]. For å oppnå tverrbinding må resinen blandes med en herder for å igangsette polymerisasjonsprosessen. I følge Sam Pickard, Lead Technical Support Engineer for Gurit, skal herderen/katalysatoren være nok til å igangsette prosessen. For å oppnå en fullstendig tverrbinding må forhøyet temperatur benyttes. Pickard påpekte at kun temperatur og tid påvirket tverrbindingsprosessen. Han forklarte også at bindingen mellom fiber og matrise forbedres med bruk av vakuumbehandling eller autoklav (Jf. Møtereferat G1).

### 2.3 FRP materialeegenskaper

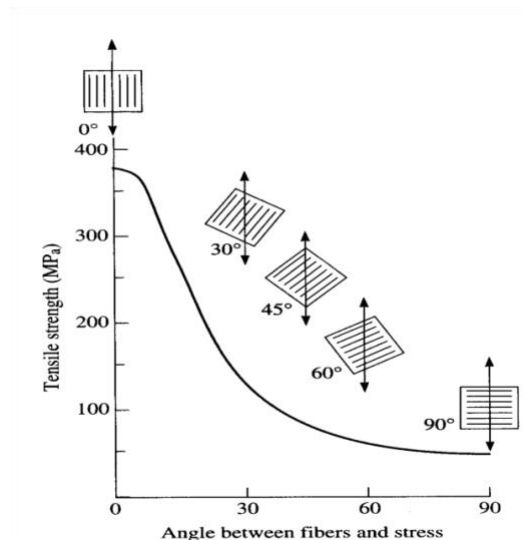
FRP/CFRPs mekaniske egenskaper er avhengig av flere faktorer, i tillegg til kvaliteten på bestandsmaterialene. Disse faktorene innebærer binding mellom fiber-matrise grensesnitt, størrelse og lengde av fibre, andel fiber i forhold til matrise, fibreorientering og antall fiberlag [4]. Faktorene vil nå bli forklart og gjennomgått.

Binding mellom fiber og matrise er vesentlig for at komposittens egenskaper kan oppnå de teoretiske maksverdiene. Bindingsflatene er kritiske fordi spenninger under lastvirkning overføres fra matrise til fiber. Svake bånd kan føre til *delaminering* (løsning av fiberlag) og løsning av enkelt-fiber under lastvirkning [1]. For å etablere og forbedre bindingsflaten kan ulike additiver benyttes. Binding forbedres også avhengig av produksjonsmetode. I dag benyttes autoklaver, store trykk-ovner og vakuumposer for å presse matrise og fiber sammen. Dette etablerer en sterkere binding. Bruk av trykk fører dermed til bedre egenskaper på delen som designes. Samtidig vil varme/ trykk kombinasjonen fra autoklaven sørge for å tilføre nødvendig energi til molekylbindingene i matrisen. Dette er for å starte en polymerisasjonsprosess og føre til tverrbinding, noe som sørger for en sterk nettverksstruktur på molekylnivå i matrisen [2]. For benyttet epoxy holder det ifølge Gurit å kun benytte herder for å oppnå delvis tverrbinding.

For kompositter med fiberarmering, er fibernes form viktig for styrke og stivhet. Lange fibre er foretrukket da deres bæreevne er mindre i endepunktene. Lange fibre gir da økt styrke. Fiberne brytes ofte ned pga. overflateuregelmessigheter. Dermed er mindre fiberdiameter ønskelig da det minsker sannsynligheten for feil i overflaten, ettersom fibernes tversnittareal minker. Generelt når størrelsesforholdet mellom fiberlengde og fiberdiameter ( $l/d$ ) øker, øker styrken til kompositten [2].

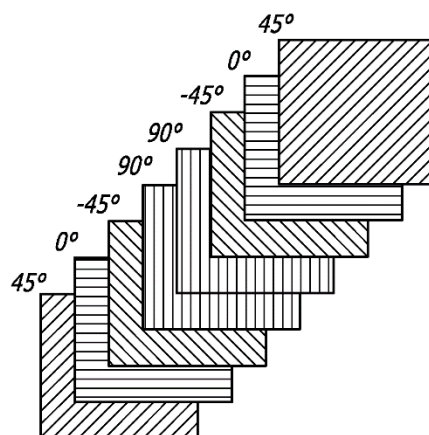
Kompositters egenskaper er først og fremst avhengig av bestandsmaterialeegenskapene. Bestandsmaterialene har motsatte egenskaper, derfor er forholdet mellom bestanddelene bestemmende for komposittens samlede egenskaper. Standard er å oppgi forholdet i volumprosent av fiber i forhold til totalvolum av kompositten. Høyere fiberandel i CFRP vil øke styrken, men også stivheten. Vanlige FRP kompositter har en fiberandel på mellom 10 til 60 %, avhengig av bruksområde [2].

Kompositter bestående av kontinuerlige, ensrettede fibre (UD engelsk unidirectional) har retningsbestemte egenskaper. Dette er kjent som *anisotropi*. Slike kompositter har to ulike virkningsakser: *langsgående*, i fiberretning og *tverrgående*, ortogonalt på fiberretning. Ved strekk/ trykk – belastninger vil komposittens styrke og stivhet være maksimale når spenningene opptrer i langsgående retning. Egenskapene minker ved større vinkel mellom spenning og fiberretning. Mot spenninger i tverrgående retning vil fiberne stort sett være uvirksomme, dette fører med seg at komposittens minimalverdier for strekkfasthet og stivhet opptrer i denne virkningsaksen [2].



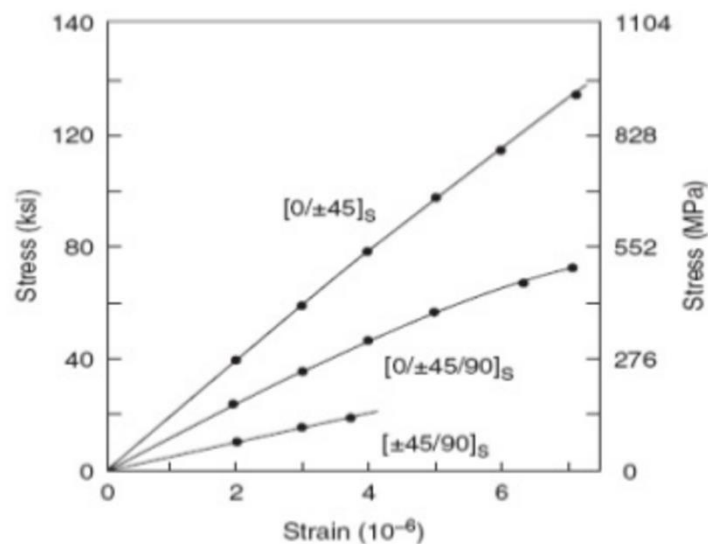
Figur 4: Effekt av fiberorientering på FRP kompositts strekkfasthet (E-glass/epoxy)

Fordi fiberne er sterke i langsgående retning, men svake i andre retninger, blir flere lag med fibre med ulike orienteringer satt sammen. Dette sørger for at kompositten blir sterkere mot lastvirkning i flere retninger. Viktige begreper å bemerke seg er *lamina* og laminat. Ved beskrivelse av kompositt, vil lamina referere til et enkelt fiberlag av ensrettede fibre eller vevd fibermateriale i en matrise [4]. Lamina kan betegnes som byggeblokkene i kompositt. En kompositt som består av flere lamina er kjent som et laminat [4]. Anisotrope lamina kan settes sammen i ulike vinkler for å danne såkalte «multidirectional» laminat. Disse laminatene har kvasi-isotropiske egenskaper [2]. I praksis betyr dette at retnings- effekter minimeres ved varierende fibervinkler [5]. Lamina lagenes vinkel kan justeres avhengig av komposittens applikasjon og formål.



Figur 5: Ensrettede lamina som former et «multidirectional» laminat

Lamina-lagenes innbyrdes rekkefølge er sentral for hvordan kompositten vil oppføre seg under lastvirkning. Notasjon for et laminat satt sammen av en  $0^\circ$  lag og et  $90^\circ$  lag vil være  $[0/90]$  (vinkelnotasjon). Vesentlige begreper er *symmetriske* og *balanserte* laminater. Et laminat ansees som balansert dersom innbyrdes lamina vinkel er  $0^\circ$ . Et eller flere lag orientert i en vinkel  $\theta$ , blir balansert ved samme antall lag orientert i en vinkel  $-\theta$ . Globalt opptrer det ikke skjær deformasjon i balanserte laminater [4]. Symmetriske laminater er satt sammen av lamina der innbyrdes vinkel er uavhengig av hvilken side av kompositten man ser på. Deres egenskaper er betraktelig enklere å kalkulere, enn ikke-symmetriske laminater. Bemerkning for symmetriske laminater er en *s* i vinkelnotasjonen som symboliserer laminatets middellinje (se figur 4). Symmetriske og balanserte kompositter blir tradisjonelt foretrukket pga. deres unike egenskaper.



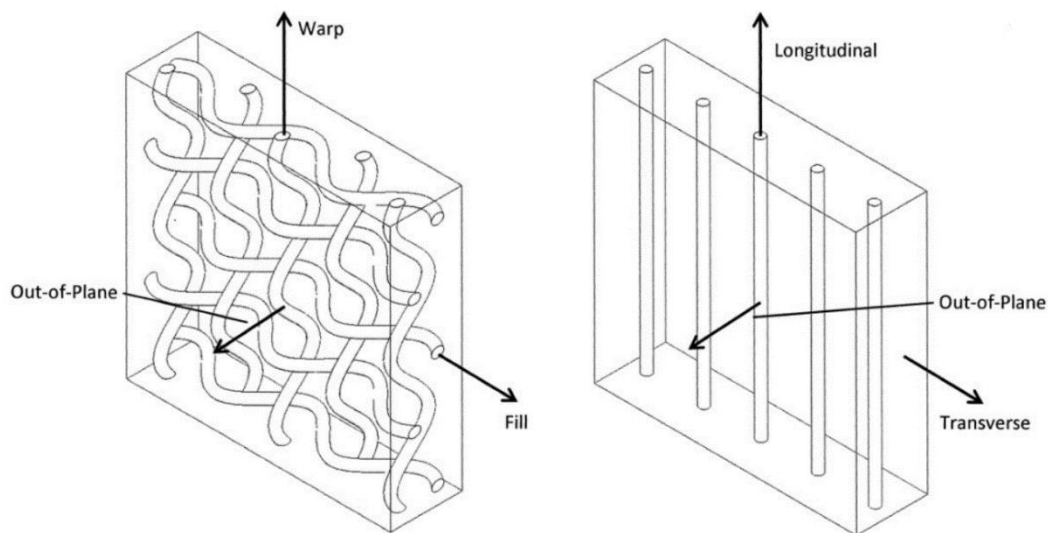
Figur 6: Forhold mellom spenning/ tøyning for ulike laminatsammensetninger [6]

## 2.4 Sammenlikning av ensrettede og vevde fibre

Vanlig at litteratur samt mattebegreper retter seg mot ensrettede fibre/ multi laminater bestående av ensrettede fibre, da disse er enkle og intuitive å beregne/ benytte. Vi benytter vevde matter, dermed er det viktig at vi relaterer dette til ensrettede fibre, som er det vi har lært og har kunnskap om.

Kompositter bestående av vevde matter har klare likheter med UD laminater. Til sammenlikning med UD fibre, innehar også vevde matter til dels anisotrope egenskaper, dog i to retninger (som en  $[0/90]$  kompositt). Vevde lamina har maksimale egenskaper i «warp»

retning (samme retning som fibermatterullen), dette kommer av vevingsprosessen. «Fill» retning  $90^\circ$  på «warp» innehar noe dårligere egenskaper. I og med at vevd lamina er noe svakere i «fill» enn «warp» retning, gjør at et lag [45/-45] ikke er fullstendig balansert.



Figur 7: Vevd og ensrettet (UD) lamina

I et vevd lamina vil fiberne krysses. Dette fører med seg flere ulemper i forhold til komposittens mekaniske egenskaper [7]. Vevde lamina har mindre styrke og stivhet sammenliknet med UD lamina. Når fibre ikke er rette vil deres effektive stivhet reduseres [7]. I tillegg vil strekkfastheten minke, grunnet bøyespenninger og kontaktspenninger i krysspunktene. Trykkfasthet vil også minke. Samtidig vil volumfraksjonen av fibre være mindre uniform enn hos laminater laget fra UD lamina, noe som fører til ujevne egenskaper i laminatet. Krysspunktene er også spesielt utsatt for sprekk og tomroms dannelse [7], under strekk-lastvirkning.

Ulike matematiske modeller som gjelder for UD laminater kan modifiseres for å gjelde vevde laminater. Det finnes ifølge flere kilder, ingen enkel måte å gjøre dette på [7]. Vi vil i kapittel 3.6 presentere to forholdsvis forenklete modeller som muligens kan benyttes ved beregning av vevde laminater. Først vil vi presentere to metoder benyttet til å beregne UD laminater, som våre modeller bygger på.

## 2.5 Matematiske metoder for beregning av kompositt

Det finnes flere metoder for å beregne laminaters egenskaper. Vi vil benytte oss av to vanlige metoder som har vært diskutert i tidligere pensum for beregning av E-modul og strekkfasthet. Metodene vi vil diskutere er *blandingsregelen* og *Klassisk Laminated Plate Theory (LPT)*.

### Blandingsregelen «Rule of mixture»

Egenskapene til et komposittmateriale gjenspeiler egenskapene til henholdsvis fiber og matrise. Komposittmaterialet blir et gjennomsnitt av bestandsmaterialene. For å kunne forutsi komposittens egenskaper i enkle trekk benyttes formelen «Rule of mixture» eller blandingsregelen.

Formelen uttrykkes i to varianter, avhengig av hvilke vilkår som opptrer. Opptrer belastningen i komposittens fiberretting vil tøyningen være lik i fiber og matrise (eng. *isostrain*). Opptrer belastningen ortogonalt på fiberretning vil opptredende spenning være lik i fiber og matrise (eng. *isostress*) [4].

For at blandingsregelen skal kunne benyttes må fibrene være kontinuerlige og berøre hverandre [2]. Blandingsregelen forutsetter perfekt binding mellom fiber og matrise, og vil derfor kun brukes som en øvre grense for materialets egenskaper.

$$\sigma_c = f_m \times \sigma_m + f_f \times \sigma_f \quad (1)$$

*Rule of mixture, isostrain, i fiberretning (Voigt)*

$$\frac{1}{\sigma_c} = \frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_f}{f_f} \quad (2)$$

*Rule of mixture, isostress, vinkelrett på fiberretting (Reuss)*

$\sigma_c$  = Fasthetsgrense kompositt

$f_m$  = Volumfraksjon matrise

$\sigma_m$  = Fasthetsgrense matrise

$f_f$  = Volumfraksjon fiber

$\sigma_f$  = Fasthetsgrense fiber



Formelen er svært sentral innenfor fagområdet da man kan regne ut egenskapene til komposittmaterialet. Andre egenskaper som kan beregnes inkluderer tetthet, E-modul og elektrisk/varme ledningsevne.

Formlene tydeliggjør et sentralt element diskutert i kapittel 2.3: større volumandel fiber øker styrke og stivhet til komposittmaterialet. Dette fordi fibre har en høyere strekkfasthet og E-modul enn matrisematerialet. Dette faktum kan enkelt sees fra likning (1) og (2).

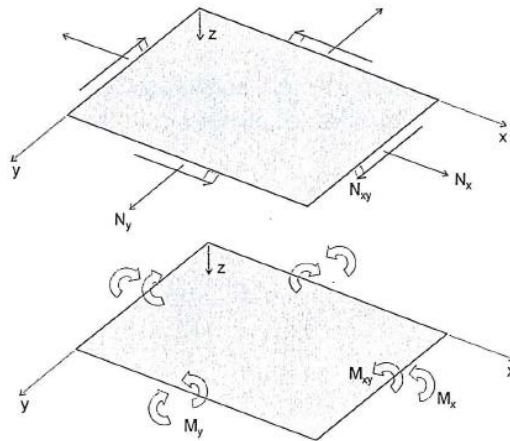
Vi noterer at fiberforsterkede komposittmaterialers egenskaper er komplekse grunnet fibernes *anisotropi*, altså er egenskaper retningsavhengig. Bildet blir igjen mer komplisert når vi tar hensyn til flere lag fiber i ulike retninger. Blandingsregelen er derfor kun egnet til å beregne enkelt lamina eller laminater bestående av ensrettede lamina der alle lagene har samme retning. Formlene kan benyttes for forenklinger av komplekse laminater, dog med en viss feilfaktor.

### **Laminated Plate Theory**

Klassisk Laminated Plate Theory (LPT) er en matematisk metode som har til hensikt å uttrykke interaksjonen mellom ulike lag i en kompositt [8]. LPT blir benyttet for å beregne karakteristikken av laminater bestående av flere lag under en ekstern lastvirkning, og er en anerkjent og akseptert tilnærming til dette. Fordelen med LPT er at metoden kan benyttes til å beregne laminater som består av mangfoldige lamina, ofte titalls. Metoden er meget komplisert og er ikke egnet for håndberegning, vanligvis benyttes spesielle dataprogram for beregninger [4, 9].

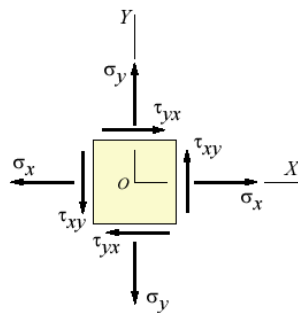
Visse forutsetninger må benyttes ved bruk av LPT. Perfekt binding mellom lagene antas, lagene kan ikke gli over hverandre og bindingene mellom lagene er så sterke at laminatet oppfører seg som et enkelt lamina med spesielle integrerte egenskaper [8].

Vi vil nå kort forklare LPT i forbindelse med strekking av et tynt komposittlaminat. Først må normalene for krefter og momenter defineres. Normal notasjon benyttes, som vi ser på figur 8.



Figur 8: Retning av krefter (N) - og momentresultanter (M) per lengdeenhet ved lastvirkning

Spenningsforholdet som opptrer i laminatet under lastvirkning kan sammenliknes med fenomenet *plane stress* fra fasthetslære. Tøyning benyttet i LPT beregnes basert på de opptredende normal- og skjærspenningene.



Figur 9: Plane stress

Det mest interessante å beregne med LPT er laminatets totale stivhet altså E-modul. Dette gjøres ved hjelp av en *stivhetsmatrise*, en komplisert samling av formler på matrisform, dannet ved å forenkle uttrykk for ulike spenningsforhold [8]. Matrisen er ikke egnet for utledning i forbindelse med dette prosjektet, for fullstendig informasjon om dannelse av stivhetsmatrise se referanse [8, 9].

Stivhetsmatrisen for LPT kan settes opp slik:

$$\begin{Bmatrix} N_x \\ N_y \\ N_{xy} \\ M_x \\ M_y \\ M_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} & B_{11} & B_{12} & B_{16} \\ A_{21} & A_{22} & A_{26} & B_{21} & B_{22} & B_{26} \\ A_{61} & A_{62} & A_{66} & B_{61} & B_{62} & B_{66} \\ B_{11} & B_{12} & B_{16} & D_{11} & D_{12} & D_{16} \\ B_{21} & B_{22} & B_{26} & D_{21} & D_{22} & D_{26} \\ B_{61} & B_{62} & B_{66} & D_{61} & D_{62} & D_{66} \end{bmatrix}_i \begin{Bmatrix} \varepsilon_x^m \\ \varepsilon_y^m \\ \gamma_{xy}^m \\ \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

**Forkortet form:**

$$\begin{Bmatrix} \{N\} \\ \{M\} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [A] & [B] \\ [B] & [D] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\varepsilon^m\} \\ \{\kappa\} \end{Bmatrix} \quad (4)$$

$N_I$  = Strekk eller trykk kraft i I retning

$M_I$  = Momentkraft i I retning

$\varepsilon_I$  = Tøyning i I retning

$\gamma_{xy}$  = Tøyning (fra skjærspenninger)

$\kappa_I$  = Kurvatur (andrederivat av forskyving [9])

For symmetriske og balanserte laminaer forenkles uttrykkene betraktelig.

$$B_{pq} = A_{16} = A_{61} = A_{26} = A_{62} = D_{16} = D_{61} = D_{26} = D_{62} = 0 \quad (5)$$

Vi kan se at matrisen består av 3 såkalte submatriser: [A], [B] og [D]. Submatrisen [A] er en forlengelsesstivhetsmatrise, [D] er en bøystivhetsmatrise og [B] er en koblingsmatrise mellom bøying og forlengelse [9]. Det vil si at er [B] = [0], blir ikke laminatets deformasjon bestemt av bøying/ vridning. En verdi i [B] ulik verdien 0, vil si at det vil forekomme kurvatur i laminatet fra lastvirkningen som fører til bøyespenninger i laminatet.

For dette forsøket blir [A] og [B] relevante, da vi ikke introduserer moment ved strekkingen. Ved å uttrykke den rettvinklede kraften per lengdeenhet av bredden (N) fra likning (4) ser vi hvordan [A] og [B] påvirker kraft, tøyning og kurvatur.

$$N = [A]\varepsilon + [B]\kappa \quad (6)$$

Submatrisene [A], [B] og [D] som bygger opp stivhetsmatrisen består av nokså kompliserte uttrykk [4], vi vil ikke gå nærmere inn på disse uttrykkene i denne rapporten, da utledning er meget lang og kompleks. Vi nøyer oss med å vise noen eksempler som viser hvordan enkelte elementer bygges opp. Merk at matrisene [A], [B] og [D] er bygget opp av flere lokale stivhetsmatriser for hvert enkelt lag,  $[\bar{Q}]_{ij}$ , som igjen bygger opp den totale stivhetsmatrisen [9].

Formelen nedenfor viser hvordan [A] beregnes ved hjelp av  $\bar{Q}$  (Z er nr. k lamina avstand til senterakse):

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^N (\bar{Q}_{ij})_k (Z_k - Z_{k-1})$$

$\bar{Q}_{ij}$  Beregnes ved å benytte E- modul i de to primær retningene (E1, E2), *skjærmodul* (G12) og *Poissons ratio* ( $\nu_{12}$ ,  $\nu_{21}$ ) i en svært kompleks formel. Skjærmodul beskriver forholdet mellom skjærspenning og skjærtøyning. Poissons ratio beskriver sammentrekningen til materialet i tverretning til strekklasten.

LPT kan dermed benyttes til å beregne ulike materialegenskaper til bestemte laminater, jf. Kap. 3.6 for praktisk bruk av metoden.

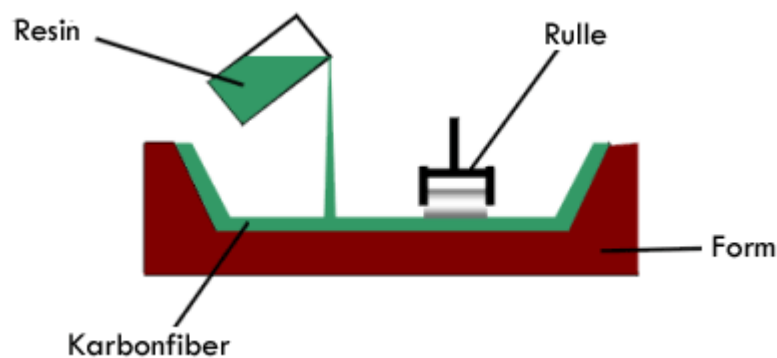
## 2.6 Produksjon av komposittlaminater

Det finnes flere ulike måter å påføre matrisemateriale på fiberduken, som tidligere diskutert. I dette kapittelet vil vi raskt diskutere de tre mest brukte metodene. Kompositt laget med de ulike påføringsmetodene vil ha ulike mekaniske egenskaper, grunnet forskjeller i vesentlige faktorer som: binding mellom fiber og matrise, homogenitet av matrise og fraksjonen av fiber i forhold til matrise.

Vi vil diskutere metodene i eskalerende rekkefølge med hensyn til vanskelighet og oppnådd resultat.

## Håndpåføring

Matrisemateriale påføres fibermatten ved hjelp av pensel og metallruller. Rullen dras over stoffet og sørger for at en del av luftboblene klemmes ut. Prosessen må utføres hurtig før matrisen «settes», dette er avhengig type herder som benyttes. Benyttes epoxy, må hele delen lages innen 24 timer, da begynner epoxyen å skille ut fettstoff som hindrer ytterligere binding. For å sikre at fibermaterialet blir fullstendig dekt, overmettes kompositten med matrisemateriale. Overmetningen vil ha negativ konsekvens for komposittens egenskaper (se rule of mixture). Spesielt med tanke på vekt og følgelig spesifikk styrke. Metoden er desidert enklest, men gir også et suboptimalt resultat.



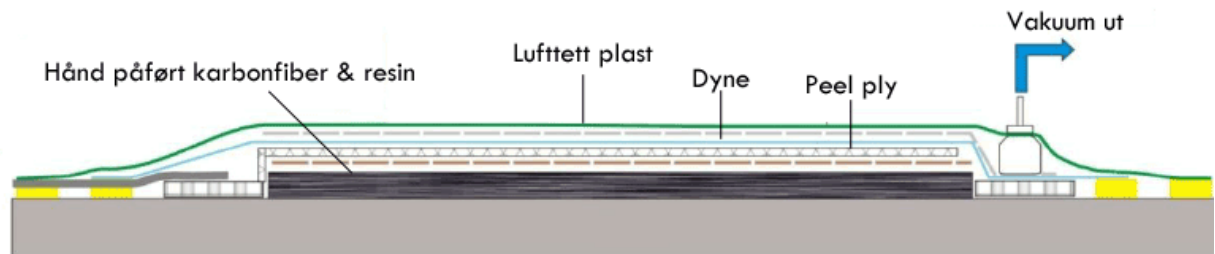
Figur 10: Håndpåføring

## Vakuumbagging

Vakuumbagging benyttes for å oppnå et bedre resultat enn tradisjonell håndpåføring. Metoden er ganske enkel, men krever en del materiale og utstyr.

Matrise håndpåføres, deretter pakkes kompositten inn i ulike lag for så bli påført vakuum. Et såkalt «peel ply» benyttes for å sørge for at de resterende lagene ikke setter seg fast i kompositten. Peel ply duken legges direkte over kompositt delen. Deretter benyttes en absorberende dyne. Dynens jobb er å ta opp overflødig matrisemateriale som presses ut gjennom prosessen og tillate luften å bevege seg i posen. Tilslutt pakkes det hele i en lufttett pose i et elastisk materiale. Vakuum blir så påført i opptil 24 t, avhengig av matrisen.

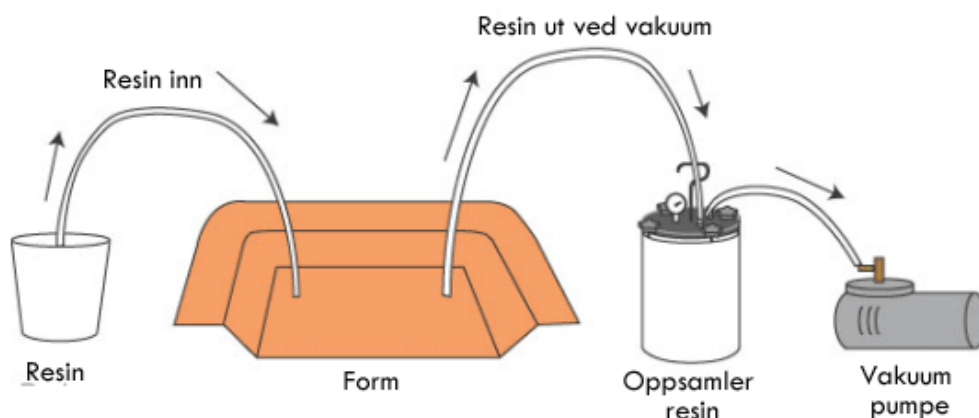
Metoden er mer tid og resurs krevende enn hånd påføring, men gir et signifikant bedre resultat i komposittens egenskaper. Vakuumet fordeler matrisen bedre og sørger for en sterkere binding mellom materialene. Metoden retter dermed de viktigste problemene som oppstår ved hånd påføring.



Figur 11: Vakuum bagging

### Vacuum infusion

Prosess der delen blir pakket inn i vakuumpose. Matrisen vil bli påført ved hjelp av vakuum slik at prosessen ikke krever noe håndarbeid. Infusion krever større mengder utstyr og kompetanse enn de andre alternativene. Prosessen vil kreve et innløp og et utløp for matrisen, utløpet kobles opp til en vakuumpumpe. Flytmatte(dyne) sørger for flyt i matrisemateriale, da fiberduken har naturlig motstand mot flyt avhengig av fiberretning og veving. Peel ply benyttes for å hindre at flytduken blir en permanent del av komposittdelen. Prosessen vil spre matrisen jevnt over delen samt forbedre binding og alle luftbobler vil bli klemmt ut. Ved vakuum infusion vil vi oppnå et tilnærmet optimalt blandingsforhold, følgelig gir dette forbedrede mekaniske egenskaper.



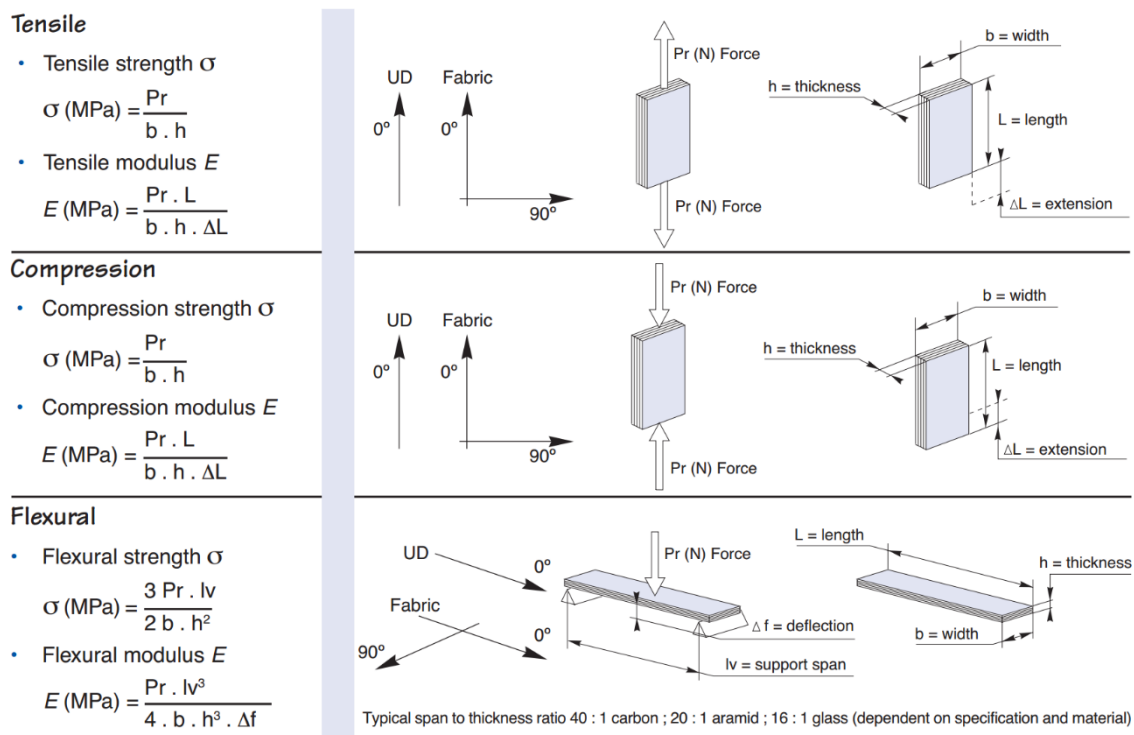
Figur 12: Vakuum infusion

Vi noterer at vakuump infusion gir det beste resultatet, deretter vakuumbagging og tilslutt håndpåføring. Dette grunnet forskjeller i variabler inkluderende: binding, fordeling og blandingsforhold av fiber og matrise.

## 2.7 Testing av komposittmaterialer

Testing av kompositter er en utfordrende oppgave. Dette skyldes flere faktorer, blant annet knyttet til komposittens inhomogene sammensetning. Fordi kompositt har anisotrope eller quasi-isotropiske egenskaper må testene forekomme i ulike retninger. Det er derfor ikke uvanlig å teste kompositt med flere ulike test typer for å kunne avdekke sammensetningens egenskaper. Kompositter med høy styrke krever i tillegg en stor lastvirkning før brudd opptrer, noe som fører til at testene må nøye planlegges, da kraftige maskiner må benyttes.

De vanligste testmetodene benyttet for FRP kompositter inkluderer strekktesting (tensile), flere ulike typer kompresjonstesting, samt bøye-tester (flexural) med tre eller fire bøyepunkter. I tillegg til fysiske tester kan ulike simuleringer med avanserte dataprogram avdekke mekaniske egenskaper for en komposittsammensetning. Simulering krever datavare som vi ikke har tilgang til, standard utgaven av SolidWorks er ikke egnet til denne oppgaven.



Figur 13: Oversikt over normal testing av kompositt (hentet fra Hexcel)

## Standarder for strekktesting

I forbindelse med prosjektet skal vi benytte oss av strekktesting av komposittprøver. Vi vil derfor fokusere på strekktesting og den gjeldende standarden som benyttes for slike tester. Vi vil kjapt diskutere gjeldene europeisk standard EN ISO 527. Kapittelet vil omhandle riktig testprosedyre i forbindelse med strekktester, da vi ikke har mulighet til å følge disse fullt ut (Jf. Vedlegg 1: Alternative innfestingsmetoder).

EN ISO 257 omhandler strekktesting av plastikk og kompositt. Vi vil se nærmere på del fire EN ISO 257-4 som omhandler testing av FRP kompositt. All informasjon gitt i de neste avsnitt refererer til standarden.

Strekkprøvene deles inn i tre ulike typer eller fasonger avhengig av typen FRP som skal testes. Disse er: type 1B, type 2 og type 3.

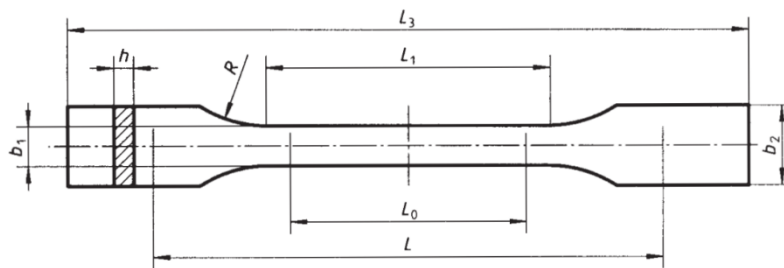
Type 1B benyttes for laminater bestående kun av UD fibre i strekkretning. Metoden er ikke beregnet for laminater med fibre i ulike retninger da innsnevringen vil påvirke lengden på fibre som ikke ligger i strekkretning.

Type 2 benyttes for fiberforsterkede herdeplaster. Prøvene vil her være fullstendig rektangulære, ingen innsnevring. Type 2 benytter seg ikke av forsterkede endepunkter.

Type 3 benyttes for fiberforsterkede herdeplaster og benyttes hvis type 2 ikke gir korrekt resultat grunnet glipp ved innfesting mot maskinen. For å bedre grensesnittet mot maskinens gripeklør forsterkes prøvene i enderområdene. Forsterkningen skal bestå av en vevd fibermatte og resin. Mattens fiberretning plasseres  $[\pm 45^\circ]$  på prøvenes fiberretning. Det er vanlig å benytte seg av glassfiber eller korresponderende test-materiale som forsterkning. For å feste forsterkningen benyttes en sterk adhesiv, som skal ha en strekkfasthet på minst 30 MPa. Adhesiver med høy strekkfasthet og lav E-modul er å foretrekke. Endeforsterkningen skal være mellom 1 og 3 mm tykk avhengig av hva som sitter best i strekkmaskinen. For å sikre minst mulig spenningskonsentrasjon ved innfestingen kan forsterkningen avskåres mot prøven slik at vinkelen mellom prøve og forsterkning ikke blir  $90^\circ$ .

Bildene nedenfor viser hvordan prøvene skal utformes og deres korresponderende lengder og målsetting. Bildene er hentet direkte fra EN ISO 257-4 [10].





Dimensions in millimetres

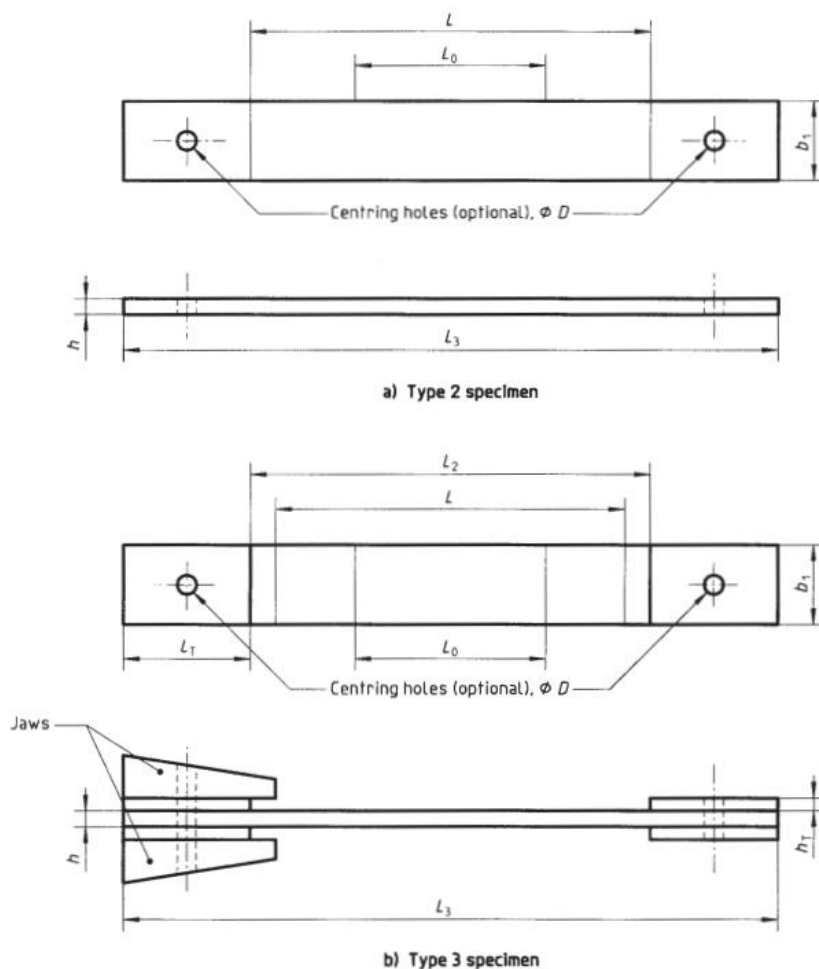
$L_3$	Overall length	$\geq 150$ <sup>1)</sup>
$L_1$	Length of narrow parallel-sided portion	$60 \pm 0,5$
$R$	Radius	$\geq 60$ <sup>2)</sup>
$b_2$	Width at ends	$20 \pm 0,2$
$b_1$	Width of narrow portion	$10 \pm 0,2$
$h$	Thickness	2 to 10
$L_0$	Gauge length (recommended for extensometers)	$50 \pm 0,5$
$L$	Initial distance between grips	$115 \pm 1$

NOTE — Requirements on specimen quality and parallelism are given in clause 6.

1) For some materials, the length of the tabs may need to be extended (e.g. so that  $l_3 = 200$  mm) to prevent breakage or slippage of the specimen in the jaws.

2) It should be noted that a thickness of 4 mm gives a specimen which is identical to the type 1B specimen specified in ISO 527-2 and ISO 3167:1993, *Plastics — Multipurpose test specimens*.

**Figure 3 — Type 1B specimen**



Dimensions in millimetres			
		Type 2	Type 3
$L_3$	Overall length	$\geq 250$	$\geq 250$
$L_2$	Distance between end tabs	—	$150 \pm 1$
$b_1$	Width	$25 \pm 0,5$ or $50 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$ or $50 \pm 0,5$
$h$	Thickness	2 to 10	2 to 10
$L_0$	Gauge length (recommended for extensometers)	$50 \pm 1$	$50 \pm 1$
$L$	Initial distance between grips	$150 \pm 1$	136 (nominal)
$L_T$	Length of end tabs	—	$\geq 50$
$h_T$	Thickness of end tabs	—	1 to 3
$D$	Diameter of centring holes	$3 \pm 0,25$	$3 \pm 0,25$

NOTE — Requirements on specimen quality and parallelism are given in clause 6.

Figure 4 — Type 2 and type 3 specimens

I forbindelse med påfølgende eksperiment ville vi ha benyttet oss av type 2 prøver. Hvis prøvenes tykkelse ikke hadde vært tilstrekkelig ville vi ha benyttet type 3 med forsterkede endepunkter.

### 3. Eksperiment

#### 3.1 Materialegenskaper

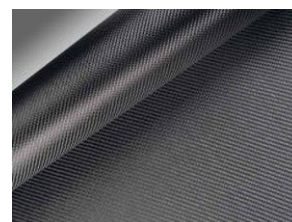
Materialet testet er en CFRP satt sammen av en vevd karbonfiberduk og en epoxy matrise.

Det testede komposittmateriale er satt sammen av følgende bestanddeler:

---

#### Fiberarmering: HEXTOW AS4C 600 g/m<sup>2</sup>

Fiberarmeringen benyttet er en karbonfiberduk, twill weave, bestående av fibre med AS4C kvalitet. Fiberduken er belagt med et additiv for å forbedre binding mellom fiberduken og matrisematerialet. Duken er derfor, ifølge produsent, egnet for bruk av vakuumbehandling, uten autoklav.



Tabell 2: Fiberegenskaper

Fiberegenskaper [11]	
Spesifikk vekt (g/m <sup>2</sup> )	600
Filament antall (tråder/bunt)	12000
Tetthet $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,78
Strekkfasthet/ UTS (MPa)	4410
Youngs modulus (GPa)	231

---

### Matrise: AMPREG 21 - EPOXY WET LAMINATING SYSTEM (slow hardener)



Ampreg 21 Epoxy resin



Ampreg 21 Slow hardener

Ampreg 21 er en herdeplast som er beregnet for hånd/vakuum belegning. Produsent opplyser at egenskapene kan forbedres ytterligere ved bruk av autoklav, ved økt tverrbinding.

Tabell 3: Matriseegenskaper

Egenskaper etter herding (24 t ved 21°C) [3]	
Blandingsforhold resin/ langsom herder	3:1
Tetthet $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,140
Strekkfasthet/ UTS (MPa)	69,6
Youngs modulus (GPa)	3,3

### 3.2 Prosedyre

#### Testmetodikk:

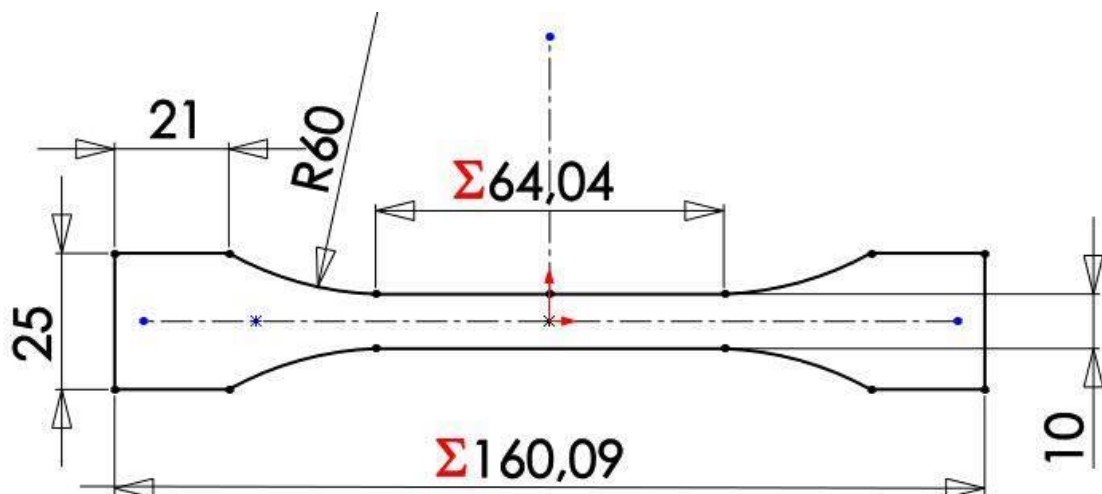
Vi har benyttet en noe uvanlig prosedyre for testingen av CFRP materialene. Prosedyren ble godkjent av ekstern veileder. Beskrivelse av prosedyren og begrunnelse følger:

Fordi vi ikke har tilgang til korrekte fiksturer beregnet for komposittmaterialer (jf. Vedlegg 1) kan vi ikke benytte metodikk beskrevet i standarden EN ISO 527-4 (jf. 2.7). Derfor ser vi oss nødt til å benytte en uortodoks testmetodikk. Siden fiksturene ikke vil kunne holde prøvene, må prøvene forsterkes ved innfesting. For å unngå brudd ved innfestingen vil prøvene innsnevres. Innsnevring av prøver laget med vevde fibre er ikke å anbefale, da det smale tverrsnittet kan føre til uriktige resultater (jf. Vedlegg 1).

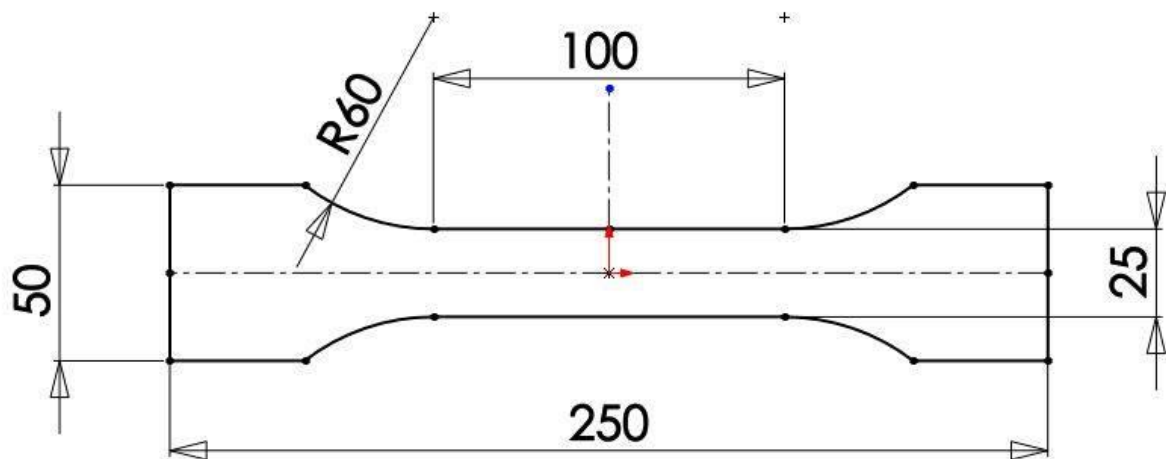
For å løse dette problemet vil vi benytte to testmaskiner og to sett med prøver. Testmaskin 1 har en kapasitet på 10 kN, maskinen har også integrert videoekstensiometer for å beregne tilhørende spennings-tøyningskurve for materialet. Prøvene benyttet med testmaskin 1 vil ha et relativt smalt tverrsnitt, grunnet kapasiteten og størrelsen på tilhørende gripeklør.

Testmaskin 2 har en kapasitet på 30 kN og kan ta større prøver. Testmaskin 1 og 2 kan beregne strekkfasthet, men kun strekkmaskin 1 kan gi grunnlag for beregning av E-modul. Ved å sammenlikne data fra testmaskin 1 og testmaskin 2, kan vi verifisere om spennings-tøyningskurven fra testmaskin 1 er korrekt. Dette er ikke en optimal metode, men det gir oss et datasett å analysere, selv om metoden introduserer flere feilkilder samt dobbelt så mange testprøver.

Prøvene ble utarbeidet som angitt av produsent. To ulike CFRP ble produsert en med håndpåføring og en med vakuumbehandling (for ytterligere informasjon jf. 2.6). To ulike størrelser ble så utformet, som passer i henholdsvis testmaskin 1 og testmaskin 2.



Figur 14: Prøvestav til testmaskin 1 (målsatt i mm)



Figur 15: Prøvestav til testmaskin 2 (målsatt i mm)

To ulike vinkelkonfigurasjoner ble så utformet  $[0/90^\circ]$  og  $[\pm 45^\circ]$ . Prøvene ble så forsterket med AS4C karbonfiber. Forsøk med glassfiber, som beskrevet i EN ISO 527-4, resulterte i slipp og brudd ved innfestingen ved 500 N strekkraft. Prøvene beregnet for testmaskin 1 ble så prikket med korrekturlakk, slik at tilhørende videoekstensiometer kunne lese gråtonene korrekt og danne riktig spennings-tøyningskurve. Strekking ble utført på HSNs prototypelabb 12.05.16 og 13.05.16. Strekkhastigheten ble satt til 5 mm/ min etter oppfordring fra ekstern veileder. Normal hastighet tilsvarer 2 mm/ min.



Figur 16: Merket strekkprøve i testmaskin 1

### 3.3 Utstyr

Tabellen inneholder benyttet utstyr for strekkingen.

Tabell 4: Testutstyr

Utstyr	Type
Testmaskin 1	LR10K LLOYD (10 kN)
Måleutstyr til testmaskin 1	Videoekstensiometer
Testmaskin 2	Tinius Olsen (30 kN)
Griperedskap	Gripeblo beregnet for metall
Software	HORIZON – Tinius Olsen
Mikroskop	Olympus SZX10

For preparering av prøvene:

Tabell 5: Annet utstyr

Utstyr	Type
Karbonfiber	Hextow AS4C 600g/m <sup>2</sup>
Epoxy	Ampreg 21
Vakuumpose	Bagging Film PO120 70my, 2m, Diatex
Slippmiddel	Loctite 700-NC Frekote
Peel ply	PES90 1650mm
Fordelings-matte	Net Bleeder OM70 200cm, Diatex
Kutteutstyr	Diamant kuttemaskin (Biltema)

### 3.4 Beregning av volumfraksjon

Karbonfiberprøvene ble laget av oss på komposittlabben på HSN. Halvparten av prøvene ble laget ved bruk av vakuum. Den andre halvparten uten vakuum (håndpåføring). For CFRP av denne typen er en volumandel av fiber på 60 % normalen som oppgis i datablader. Det er denne fraksjonen vi ønsker å oppnå på alle prøvene.

Da prøvene lages ved hjelp av våt påleggelse av flytende resin på tørr fibermatte, blir fiber/matrise forholdet vanskelig å anslå i forhold til bruk av prepreg, der ratioen er fastsatt på forhånd. For å oppnå det ønskede resultatet for de vakuumbehandlede prøvene, 60 % volumfraksjon fiber, benyttet vi oss av råd fra Kjell Arne Solberg, ekspert på området. Ved å benytte vekt-forholdet 40 % fiber og 60 % matrise ved pålegging, vil vakuumbaggingen sørge for å trykke ut den overflødige epoxyen. Resultatet etter 24 timer vakuumbehandling av prøvene med 0,9 bar undertrykk bør bli ca. 60 % fiber (volum). Andel fiber/matrise for håndlagde prøver anslås ved bruk av vektforhold mellom benyttet fibermatte og epoxy.

### Beregning av fiberandel i CFRP vakuumbehandlet prøver:

Beregningen av volumfraksjon fiber og matrise gjøres ut ifra hele komposittplaten. Platen veies før og etter behandlingen.

Masse:

$$M_f = 256 \text{ g}$$

$$M_c = 365 \text{ g}$$

$$M_m = M_c - M_f = (365 - 256) \text{ g} = 109 \text{ g}$$

Tetthet:

$$\rho_f = 1,78 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_m = 1,140 \text{ g/cm}^3$$

Volum:

$$V_f = \frac{M_f}{\rho_f} = \frac{256 \text{ g}}{1,78 \text{ g/cm}^3} = 143,82 \text{ cm}^3$$

$$V_m = \frac{M_m}{\rho_m} = \frac{109 \text{ g}}{1,140 \text{ g/cm}^3} = 95,61 \text{ cm}^3$$

$$V_c = V_f + V_m = 239,43 \text{ cm}^3$$

Volumfraksjon:

$$f_f = \frac{V_f}{V_c} = \frac{143,82 \text{ cm}^3}{239,43 \text{ cm}^3} = 0,60$$

$$f_m = 1 - f_f = 1 - 0,60 = 0,40$$

Fra beregningene av volumfraksjon fiber noterer vi at vi har oppnådd målsetning om 60 % fiber. Ved denne beregningen har vi antatt fullstendig homogen fordeling av matrise i kompositten. Vi vil dermed anta at alle prøvene behandlet med vakuum har en fiberfraksjon på 60 %.

Tilsvarende for de håndspålagt prøvene ser vi at vi har 50 % fiber og 50 % matrise.



### 3.5 Resultater

I dette kapittelet vil vi presentere resultatene av strekktestene. Først vil vi presentere resultatene av hver enkelt test i form av tabeller. Deretter vil vi presentere spennings-tøyningskurvene basert på målinger fra testmaskin 1. Bilder av bruddsone til utvalgte prøver presenteres deretter. Resultatene vil sammenliknes med matematiske modeller i avsnitt 3.6 og endelig konklusjon trekkes i avsnitt 4.

Tabell 6: [0/90] Vakuum resultater

[0/90°] Vakuum			
Testmaskin nr.	Prøve nr.	Volumfraksjon fiber (vf)	Strekkfasthet (MPa)
1	1	0,6	368 (Hull ved innfesting)
1	2	0,6	Ingen resultat (vridning)
2	3	0,6	444
2	4	0,6	Ingen resultat (vridning)

Tabell 7: [0/90] Hånd resultater

[90/0°] Håndspålagt			
Testmaskin nr.	Prøve nr.	Volumfraksjon fiber (vf)	Strekkfasthet (MPa)
1	1	0,5	263
1	2	0,5	228
2	3	0,5	Ingen resultat (vridning)
2	4	0,5	338

Tabell 8: [±45] Vakuum resultater

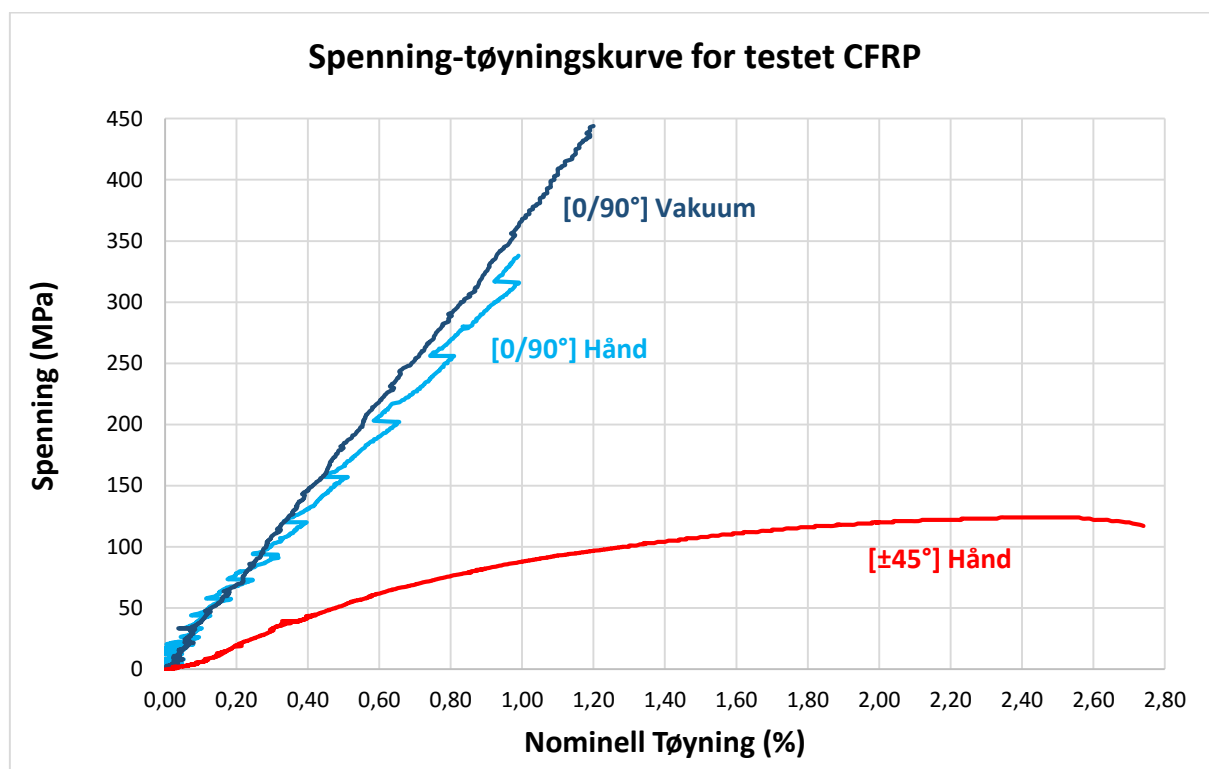
[±45°] Vakuum			
Testmaskin nr.	Prøve nr.	Volumfraksjon fiber (vf)	Strekkfasthet (MPa)
1	1	0,6	569 (Feil i innfesting)
1	2	0,6	444 (Feil i innfesting)
2	3	0,6	Ingen strukket

Tabell 9: [±45] Hånd resultater

[±45°] Håndspålagt			
Testmaskin nr.	Prøve nr.	Volumfraksjon fiber (vf)	Strekkfasthet (MPa)
1	1	0,5	123
1	2	0,5	136
2	3	0,5	124,2

## Spenning-tøyningskurve

Presentere spennings-tøyningskurven til prøvene som ble strukket på testmaskin 1. Vi noterer at resultatene til prøvene fra testmaskin 1 stemmer godt overens med resultatene fra testmaskin 2. Dermed kan vi konkludere med at resultatene fra testmaskin 1 er gyldige. Vi vil beregne chord E-modul fra kurvene. Bemerk at resultatet fra [0/90] hånd ble noe taggete, dette skyldes mangel på «prikker» slik at ekstensiometeret ikke kunne lese av korrekt.



Figur 17: Spennings-tøyningskurve for testet CFRP

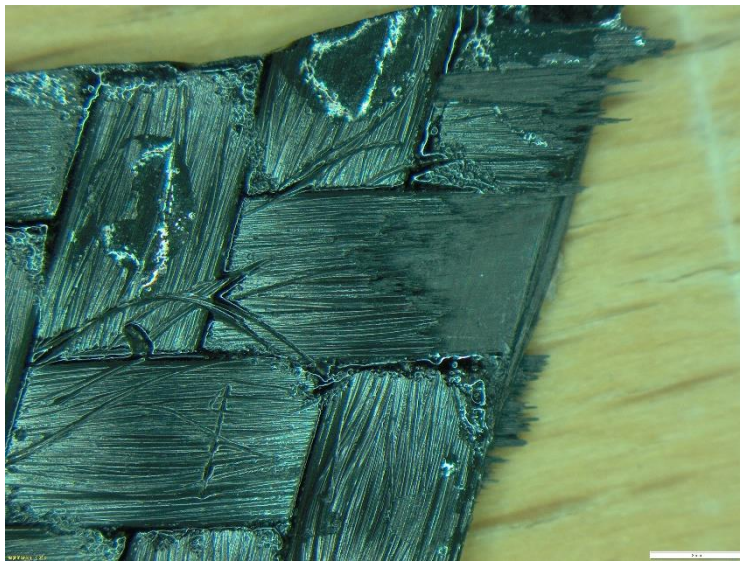
Tabell 10: Målte materialegenskaper

Målte materialegenskaper				
Produksjon	Vinkelkonfigurasjon	Volumfraksjon fiber (vf)	Strekkfasthet (MPa)	E-modul (GPa)
Vakuum	[0/90°]	0,6	444	40
Vakuum	[±45°]	0,6	-	-
Håndspålagt	[0/90°]	0,5	338	34,14
Håndspålagt	[±45°]	0,5	124,2	9,375

Vi har benyttet nominell tøyning ( $\Delta l/l_0$ ) og ikke sann tøyning ( $\ln(l/l_0)$ ). Dette ser vi på som riktig da sann tøyning tar hensyn til minkene tverrsnitt, noe som ikke opptrer i komposittprøvene i særlig grad. Noter at sann tøyning =  $\ln(1 + \text{nominell tøyning})$ .

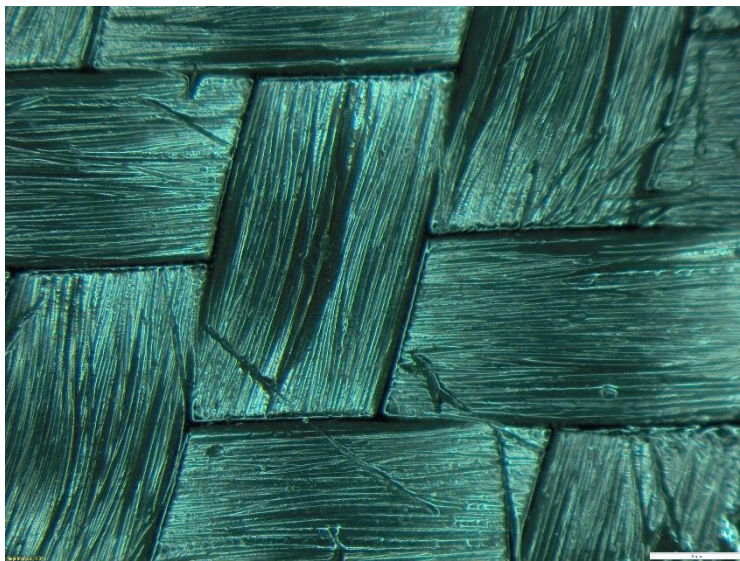
Vi ser fra spanning-tøyningskurven at prøvene behandlet med vakuum har en større E-modul og strekkfasthet sammenliknet med prøvene som ble håndlaget. Dette er naturlig da vakuumbehandlingen sørger for bedre binding mellom bestanddelene og mindre bobler i matrisen.

Nedenfor ser vi bilder av noen av prøvene tatt med HBVs Olympus SZX10 mikroskop. Mikroskopets programvare var ikke installert skikkelig, dermed er det umulig for oss å angi zoom. Bildene viser matrise og fiber forhold ved de aktuelle prøvene som representeres i spennings-tøyningskurven:



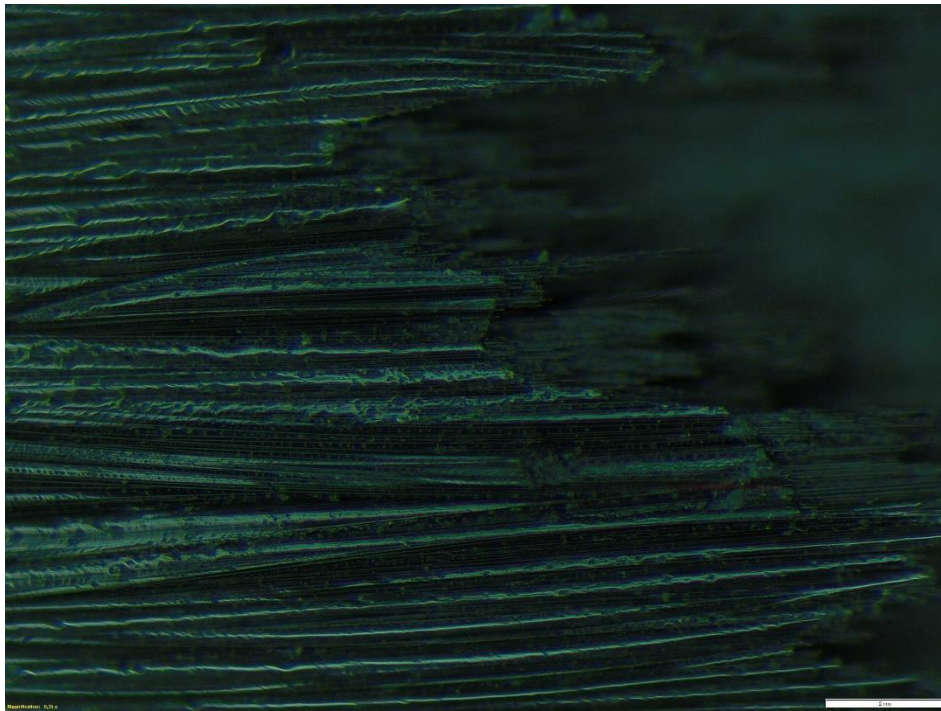
Figur 18: Bruddzone til prøve 4 Hånd [0/90]

Bildet viser bruddsonen til [0/90] håndprøven beskrevet i spanningstøyningskurven. Et nærmere bildet av matrise-fiber grensesnitt:

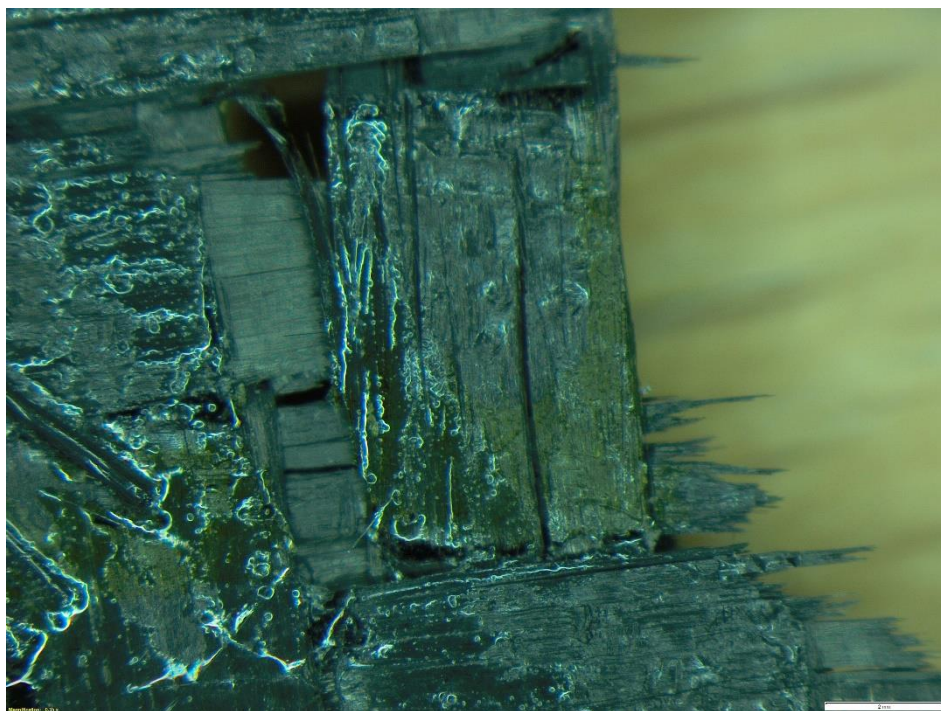


Figur 19: [0/90] hånd fiber-matrise



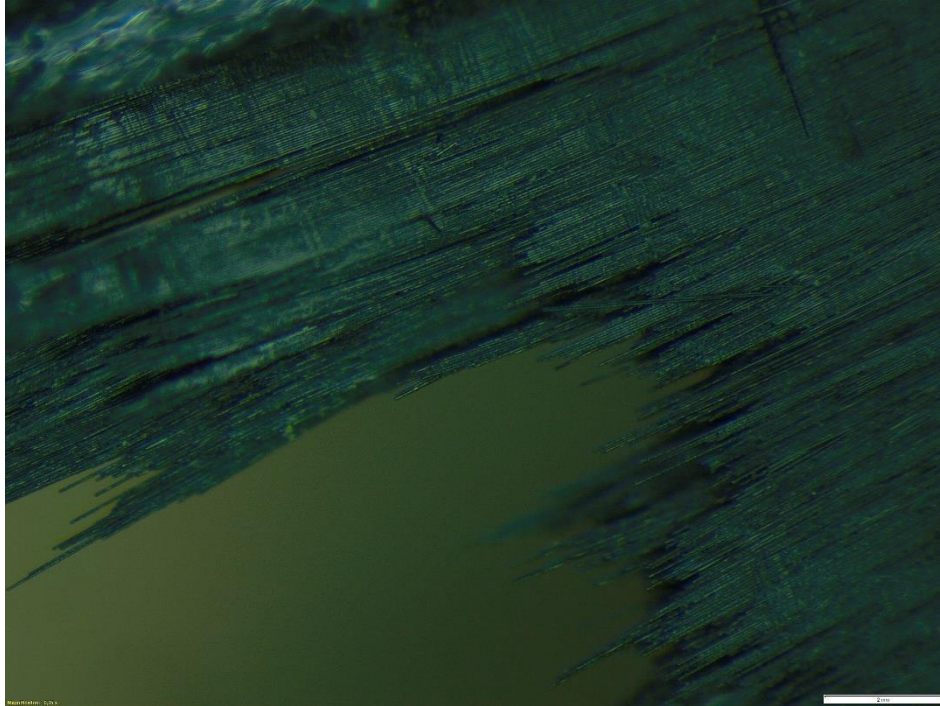


Figur 20: Fiber-matrise forhold ved bruddsone [0/90] Hånd



Figur 21: [0/90] Vakuum bruddsone

Bemerk hvordan matrisen har løsnet og fiberne har blitt dratt ut. Brudd langs fiber-matrise grensesnitt tyder på dårlig binding [1].



Figur 22: Fiber ved bruddsone [0/90] Vakuum

Som vi ser av bildene, har vi slitet med å oppnå et korrekt forhold mellom fiber og matrise. Noen steder har vi hatt overflødig matrise, og andre steder har matriseandelen vært for lav.

Før vi diskuterer resultatene nærmere vil vi presentere våre matematiske metoder for å beregne komposittegenskapene. Videre diskusjon og konklusjon drøftes i kapittel 4.

### 3.6 Matematisk metode

I forbindelse med strekktesten ønsker vi å evaluere de fysiske resultatene mot resultater med grunnlag i numerisk kalkulasjon. Dette gjøres for å undersøke hvorvidt de numeriske modellene kan benyttes for vevede strekkprøver. I dette kapittelet vil vi presentere to matematiske modeller som bygger på teori beskrevet i avsnitt 2.4 og 2.5. All nødvendig utledning og bakgrunns forklaring av de matematiske grunnprinsippene har blitt beskrevet i litteraturgjennomgangen. Modellene er støttet opp av faglitteratur og fagpersoner.

Tilgjengelig forskning viser at det er fullt mulig å modellere vevede laminater med gode resultater [12, 13, 14]. Som beskrevet kan man benytte seg av ulike former for to og tredimensjonal matematikk for å simulere resultatene. Dette er relativt vanskelige modeller som er svært komplekse i sin utforming. Vi ønsker å benytte enklere modeller for å beskrive materialeegenskapene. Modellene bygger på kunnskap fra kursene «matte 3» og «polymer og kompositt» og skal være enkle å beskrive matematisk. Som beskrevet i boken [7] finnes det ingen «enkel» metode for å modellere vevede kompositter på en nøyaktig måte. Vi nøyer oss med modeller som kan gi oss et sammenlikningsgrunnlag med våre målte resultater.

Våre to modeller bygger henholdsvis på blandingsregelen (Rule of mixtures) og LPT (Laminated Plate Theory). Modellene er meget forenklede og tar ikke hensyn til flere vesentlige faktorer for prøvene, dermed vil modellene kun benyttes som en **grov tilnærming**.

Generelle forenklinger og antagelser:

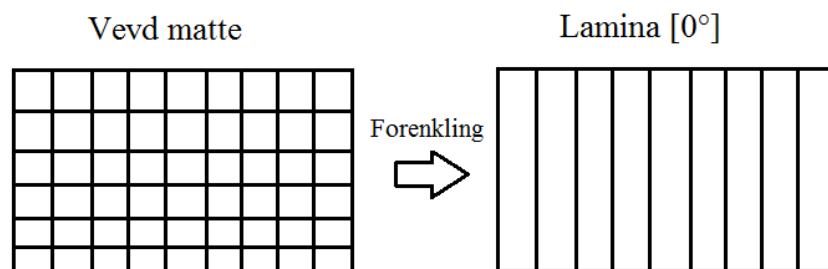
Vi antar uniform fordeling av matrise over alle prøvene. Det vil si at vi antar en uniform fordeling av mekaniske egenskaper, da disse er avhengig av bestanddelenes blandingsforhold. Volumfraksjonen av fiber og matrise kan være ujevn i vevede kompositter.

Modellene tar ikke hensyn til binding mellom fiber og matrise. Dermed antar vi at bindingen er absolutt. Vi antar også at det ikke forekommer mikrosprekker eller hulrom ved vevings krysspunkter.

Vi antar at alle fiberne er rette, strake og ensrettede. Fibermattene benyttet for eksperimentet er vevede og dette fører til visse spenningskonsentrasjoner i fiberne. De vil også miste noe av sin styrke grunnet deres vinkel (jf. Kap. 2.3). Følgelig ser vi bort ifra utrettingen av de vevede fibre under strekking.

## Modell 1: Blandingsregelen

Blandingsregelen beskriver kun UD laminater med kontinuerlige fibre. For å kunne benytte modellen for vevde matter må noen antagelser gjøres. Først og fremst vil fibre i strekkretning ivareta den største styrken i kompositten. Tversgående fibre vil også ha en påvirkning, men denne påvirkningen ser vi bort fra. Ønsket er altså å modellere det vevde laminatet som et UD laminat og benytte isostrain varianten av blandingsregelen.



Figur 23: Forenkling av vevd matte til UD lamina [0°]

Fibermatten benyttet er vevd i såkalt «twill weave» med en fordeling på langsgående / tversgående fibre på 50 %. Det er altså like mange fibre i begge retninger. Følgelig vil det også være like mange fibre i et avsnitt av matten, det vil si at alle prøvene består av 50 % fibre i langsgående retning. Det samme vil være sant for matter av «plain weave».

Som tidligere diskutert vil langsgående fibre gi det meste av styrken til kompositten under en strekkbelastning. Tversgående fibre vil ikke påvirke i særlig stor grad. Ved å se bort fra disse tversgående fibre, kan vi benytte isostrain beregningene på strekksituasjonen. Dermed vil våre prøver som inneholder 60 % fibre (faktisk fiberandel), kun ha 30 % langsgående fibre (justert fiberandel). Vår modell vil beregne mekaniske egenskaper med en justert fiberandel.

$$\text{Justert fiberandel} = \text{Faktisk fiberandel} \cdot \text{andel langsgående fibre}$$

**Beregninger for våre prøver:**

$$\text{Faktisk fiberandel } (f_f) = 0,6$$

$$\text{Andel langsgående fibre } (f_{f,l}) = 0,5$$

$$\text{Justert fiberandel} = 0,6 \cdot 0,5 = 0,3$$

Dermed har vi nå en modell vi kan benytte oss av for å **approksimere** komposittens mekaniske egenskaper, vi benytter likning (1). Vi vil beregne stivhet og strekkfasthet.

Tabell 11: Fiber og matrise egenskaper

Egenskaper	Verdier
$E_f$ (GPa)	<b>231</b>
$E_m$ (GPa)	<b>3,3</b>
$\sigma_f$ (MPa)	<b>4410</b>
$\sigma_m$ (MPa)	<b>69,6</b>

E-modul i x-retning:

$$E_C = E_f f_f + E_m f_m$$

$$E_C = (231 \cdot 0,3 + 3,3 \cdot 0,4) \text{ GPa} = 70,62 \text{ GPa}$$

Strekkfasthet i x-retning:

$$\sigma_C = \sigma_f f_f + \sigma_m f_m$$

$$\sigma_C = (4410 \cdot 0,3 + 69,6 \cdot 0,4) \text{ MPa} = 1350,84 \text{ MPa}$$

Modellen vil kun fungere i fibrenes lengderetning. Gjøres strekkingen 45 grader på lengderetningen kan egenskapene antas å være lik som matrisens egenskaper. Vevd materiale er meget enkelt å forskyve i denne retningen og vil ikke gi noe vesentlig styrke [15].

E-modul 45° på x- retning:

$$E_C = E_m = 3.3 \text{ GPa}$$

Strekkfastheten i 45° har vi ikke funnet noen metode for å beregne.

Dermed kan vi konkludere med de beregnede resultatene for E-modul og strekkfasthet:

Tabell 12: Beregnet egenskap til CFRP (Blandingsregel)

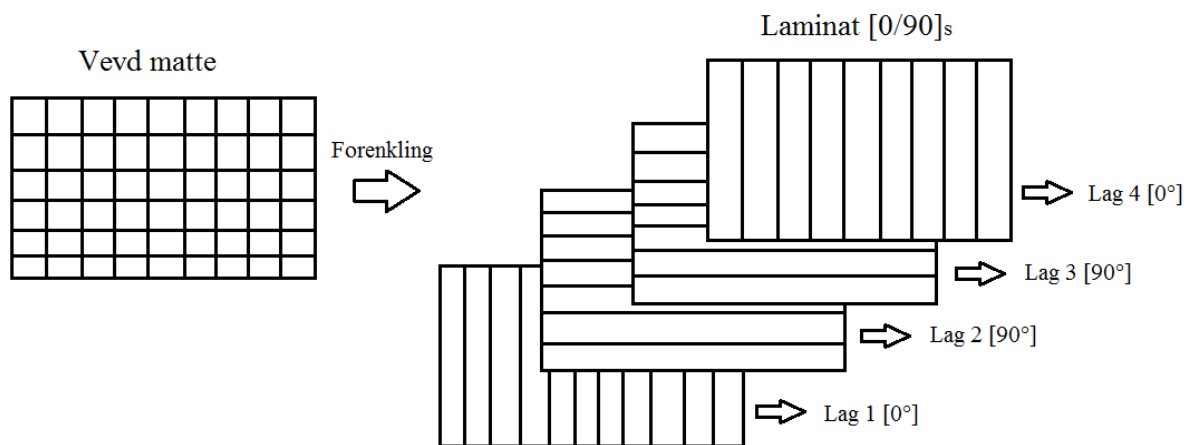
Beregnet egenskaper til karbonfiber (Blandingsregel)	
E- modul 0° $E_1$	<b>70,62 GPa</b>
E- modul 90° $E_2$	<b>70,62 GPa</b>
E- modul 0° $E_1$ ( $\pm 45^\circ$ )	<b>3,3 GPa</b>
E- modul 90° $E_2$ ( $\pm 45^\circ$ )	<b>3,3 GPa</b>
Strekkfasthet $\sigma$	<b>1350,84 MPa</b>



## Modell 2: LPT benyttet på tilsvarende [0/90] laminat

LPT beskriver laminater bestående av flere lag eller lamina. For å beskrive vevde matter på en konkret og ryddig måte kan vi benytte LPT på et tilsvarende laminat [7]. Altså er utfordringen hvordan vi skal modellere den vevde matten slik at den kan beskrives som et laminat bestående av flere UD lamina. En liknende modell har tidligere blitt benyttet og resultatene finnes her [7]. Modellen vil fokusere på å beregne komposittens stivhet (E-modul). Vi vil ikke beregne strekkfasthet da denne blir unøyaktig og kan ikke sammenliknes med de målte dataene [7]. Dette gjelder for alle kompositter bestående av fibre med meget høy E-modul.

Den enkleste metoden for å beskrive en vevd kompositt vil være som et [0/90]<sub>s</sub> balansert og symmetrisk laminat med de samme materialeegenskapene. En slik modellering vil gi de enkleste beregningene. Fordi matten består av like mange fibre i begge retninger vil et tilsvarende laminat se slik ut: [0/90]<sub>s</sub>. Dette er altså et laminat bestående av 4 lamina med høyde:  $h' = h/4$ .



Figur 24: Forenkling av vevd matte til [0/90]<sub>s</sub> laminat

Tabellen nedenfor (hentet direkte fra [7]) viser hvordan en liknende modell kan benyttes som et sammenlikningsgrunnlag for vevde og UD laminater:

Tabell 13: Sammenlikning av et [0/90] og vevd laminat for karbon-, glass- og Kevlarfiber kompositter

Type	Graphite/epoxy			E-glass/epoxy			kevlar 49/epoxy		
	CFRP	CCRP	CCRP	GFRP	GFRP	GCRP	KFRP	KFRP	KCRP
Fibre	T300	T300	T300	E-glass	E-glass	F161	kev 49	kev 49	kev 49
Matrix	F934	F934	F934	epoxy	epoxy	6581	epoxy	epoxy	N5209
	[0]	[0/90]		[0]	[0/90]		[0]	[0/90]	
	tape	laminat	cloth	tape	laminat	cloth	tape	laminat	cloth
Stiffness (GPa)									
Ex	148.00	79.2*	66.00	38.60	23.6*	29.6	76.00	41.0*	35.8
Ey	9.65	79.2*	66.00	8.27	23.6*	26.9	5.50	41.0*	35.8
v/x	0.30	0.04*	0.04	0.26	0.09*	0.12	0.34	0.05*	0.09
Es	4.55	4.6*	4.10	4.14	4.1*	6.24	2.30	2.3*	1.79
Strengths (MPa)									
X	1314	664	375	1062	545*	489	1400	704*	582
X'	1220	899	279	610	306*	390	235	165*	189
Y	43	664	368	31	545*	444	12	704*	582
Y'	168	899	278	118	306*	305	53	165*	189
S	48	49*	46	72	80*	133	34	34*	84

\* Predicted values

Som vi kan lese av tabellen vil vi kunne ha et sammenlikningsgrunnlag for stivhet. Vi vil anta at de beregnede verdiene er større enn de målte. Dette vil være logisk da fibrene er bøyd og således mister en del av sin stivhet.

### Beregninger for våre prøver:

Vi må approksimere ytterligere for å kunne benytte modellen. Vi har ikke all materialdata tilgjengelig. Derfor må vi erstatte denne med «normale» egenskaper for karbonfiber. Dette fører til ytterligere feilkilder. Erstattet data vil bemerkes med et (\*), informasjon om hvor dataen har blitt innhentet finnes under egenskapene.

Materialeegenskaper for beregning av stivhetsmatrise:

Tabell 14: Materialeegenskaper for UD laminat bestående av karbonfiber og epoxy

Materialeegenskaper til karbonfiberkompositt	
E- modul 0° $E_1$	140 GPa
E- modul 90° $E_2$	10 GPa
Major Poissons ratio $\nu_{12}$	0,3*
Minor Poissons ratio $\nu_{21}$	0,02
Skjærmodul $G_{12}$	5 GPa*

\* innhentet fra: <https://www.acpsales.com/upload/Mechanical-Properties-of-Carbon-Fiber-Composite-Materials.pdf> [16]

Laminatets høyde er målt til  $h = 1$  mm. Dermed er høyden til hvert enkelt lamina  $h' = 0,25$  mm.

For å beregne stivhetsmatrisen vil vi benytte oss av et dedikert dataprogram. Vi har valgt å benytte det tilgjengelige programmet fra efunda [17]. Online kalkulatoren har blitt testet mot et beregnet eksempel og resultatene er korrekte.

For symmetriske laminater er  $[B] = [0]$ . Vi er heller ikke interessert i  $[D]$ -matrisen da vi ikke har tilført moment på prøven. Dermed er kun  $[A]$ -matrisen relevant.

For å kunne beregne E-modul må vi utlede en formel fra stivhetsmatrisen:

Vi er kun interessert i kraft/ lengderetning (N) og dens innvirkning på laminatet. Dermed vil stivhetsmatrisen (3) forenkles til:

$$\begin{bmatrix} N_x \\ N_y \\ N_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{16} \\ A_{12} & A_{22} & A_{26} \\ A_{16} & A_{26} & A_{66} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_x^0 \\ \varepsilon_y^0 \\ \gamma_{xy}^0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Matrisen kan beskrives med et likningssett bestående av tre uavhengige likninger:

$$N_x = A_{11}\varepsilon_x^0 + A_{12}\varepsilon_y^0 + A_{16}\gamma_{xy}^0 \quad (8)$$

$$N_y = A_{12}\varepsilon_x^0 + A_{22}\varepsilon_y^0 + A_{26}\gamma_{xy}^0 \quad (9)$$

$$N_{xy} = A_{16}\varepsilon_x^0 + A_{26}\varepsilon_y^0 + A_{66}\gamma_{xy}^0 \quad (10)$$

Benytter oss av (forenkling) for symmetrisk og balansert laminat, når kraft kun er påsatt i x-retning:

$$N_x = A_{11}\varepsilon_x^0 + A_{12}\varepsilon_y^0 \quad (11)$$

$$N_y = A_{12}\varepsilon_x^0 + A_{22}\varepsilon_y^0 = 0 \quad (12)$$

Følgelig kan  $\varepsilon_y$  uttrykkes ved hjelp av  $\varepsilon_x$  fra (12):

$$\varepsilon_y = -\frac{A_{12}}{A_{22}}\varepsilon_x \quad (13)$$

Variant av Hookes lov:  $E_x = \frac{\sigma_x}{\varepsilon_x}$

Benytter likning (11) for å beskrive spenning i x-retning:

$$\sigma_x = N_x/h = (A_{11}\varepsilon_x^0 + A_{12}\varepsilon_y^0)/h \quad (14)$$

Erstatter linking (14) i Hookes lov:

$$E_x = \frac{1}{h}(A_{11} + A_{12}\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}) \quad (15)$$

Erstatter likning (13) for tøyning i y-retning:

$$E_x = \frac{1}{h}(A_{11} + A_{12}\frac{-\frac{A_{12}\varepsilon_x}{A_{22}}}{\varepsilon_x}) \quad (16)$$

Dermed har vi et uttrykk for E-modul som kan forenkles til:

$$E_x = \frac{1}{h}(A_{11} - \frac{A_{12}^2}{A_{22}}) \quad (17)$$

Ved å benytte tilgjengelig og estimert materialdata i kalkulatorprogrammet, for beregning av  $[0/90^\circ]$  prøvene, blir følgende matrise dannet:

$$[A] = \left\{ \begin{bmatrix} 75,49 & 3,019 & 0 \\ 3,019 & 75,49 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{bmatrix} \right\} GPa \cdot mm$$

Estimert E-modul blir dermed:

$$E_x = \frac{1}{1} (75,49 - \frac{3,019^2}{75,49}) = 75,37 \text{ GPa}$$

Dermed blir  $E_x$  og tilsvarende  $E_y$  lik 75,37 GPa.

Tilsvarende metode benyttet for  $\pm 45^\circ$  prøvene:

$$[A] = \left\{ \begin{bmatrix} 44,25 & 34,25 & 0 \\ 34,25 & 44,25 & 0 \\ 0 & 0 & 36,23 \end{bmatrix} \right\} \text{ GPa mm}$$

Estimert E-modul blir dermed:

$$E_x = \frac{1}{1} (44,25 - \frac{34,25^2}{44,25}) = 17,74 \text{ GPa}$$

Dermed har vi grunnlag for å konkludere de beregnede resultatene:

Tabell 15: Beregnet E-modul til CFRP (LPT)

Beregnet E-modul til karbonfiber (LPT)	
E- modul $0^\circ E_1$	75,37 GPa
E- modul $90^\circ E_2$	75,37 GPa
E- modul $0^\circ E_1 (\pm 45^\circ)$	17,74 GPa
E- modul $90^\circ E_2 (\pm 45^\circ)$	17,74 GPa

Vi noterer at resultatene er noe høyere enn de vi fikk ved bruk av metode 1. Forventet E-modul i strekk retning er rimelig lik mellom 70-75 GPa. Alle verdier beregnet her vil være en øvre grense som vårt komposittmateriale ikke kan oppnå grunnet forenklingene vi foretok i forbindelse med utformingen av modellene.

Noter at modellen **kun** beregner E-modul i ønsket retning og kan benyttes for laminaer mye mer komplekse enn det vi har beregnet.

## Diskusjon av modellene

Som vi kan se avviker de estimerte verdiene i begge tilfeller signifikant fra de målte dataene. Dermed vil vi konkludere at det behøves mer nøyaktige modeller for å kunne beskrive laminater bestående av vevde matter. Disse modellene må ta hensyn til fiberkrumning, binding og fiberutstrekking. Allikevel mener vi at modellene kan benyttes til å gi en grov oversikt over materialenes egenskaper, som et teoretisk maks punkt.

Noter at blandingsregelen for  $\pm 45^\circ$  ikke er egnet for beregning av E-modul.

Vi noterer at de beregnede resultatene konsekvent er høyere enn de målte. Dette har en enkel og naturlig forklaring. Vi har nevnt at modellene ikke tar hensyn til blant annet mangelfull binding mellom matrise og fiber. Bindingene i prøvene var ikke optimale, dermed vil deres strekkfasthet og E-modul minke. Dermed kan vi se at vårt komposittmateriale ikke har mulighet til å oppnå de teoretisk maksimale resultatene.

Vi konkluderer dermed med, for å undersøke strekkfasthet og E-modul til vevd kompositt, bør fysiske tester benyttes. Forenklete matematiske metoder tar ikke hensyn til de store påvirkningsmomentene som binding og fiberbøying. Vi mener dermed det er best å benytte oppgitte verdier fra produsent om mulig, eller utføre reelle tester for å bestemme materialeegenskapene.

### 3.7 Feilkilder

I forbindelse med eksperimentet har vi notert ulike feilkilder som kan ha en innvirkning på resultatene fra strekkingen. Vi har forsøkt å minimere disse via ulike metoder. Feilkildene vil presenteres fortløpende:

Delaminering ved innfestingsforsterkninger: Vi har benyttet forsterkninger for å forsikre at gripeklørne til strekkmaskinen ikke ødelegger prøvene og at prøvene ikke glipper i strekkprosessen. Fordi lagene ble hånd påført vil bindingene ikke være optimale, følgelig vil lagene være svake mot skjærspenning, noe som kan føre til vandring i festepunkt ved strekking.

Innsnevring: Innsnevring er ikke optimalt for kompositter med fibre i flere retninger. Dette sørger for at fibrene vinkelrett på strekkretning får mindre lengde og forholdet  $l/d$  minker. Vi har benyttet to ulike strekkmaskiner med ulike tverrsnitt på prøvene for å unngå dette problemet.

Kutte-prosessen: Ved kappingen av prøvene benyttet vi en diamantkutter. Prøvene ble følgelig ikke helt rette. Noen prøver hadde små skader som kan ha påvirket resultatene. Bruk av en platekutter for preparering av rette rektangulære prøver som beskrevet i EN ISO 527-4 vil gi bedre resultater.

Vi har etter grundige vurderinger, vurdert det til hen at våre resultater er gyldige, tross oppgitte feilkilder. Feilkildene vil sørge for dårligere egenskaper for testprøvene og testene vil dermed gi lavere resultater. Problemer ville oppstått dersom resultatene hadde blitt kunstig forhøyet grunnet diskuterte feilkilder.

#### 4. Konklusjon

Dette kapitlet vil inneholde en drøfting av avdekkede resultater, samt en endelig konklusjon vedrørende materialets egnethet som karosserimateriale. Vi tar utgangspunkt i testene som vi benyttet til å definere vår spenning-tøyningskurve (figur 17).

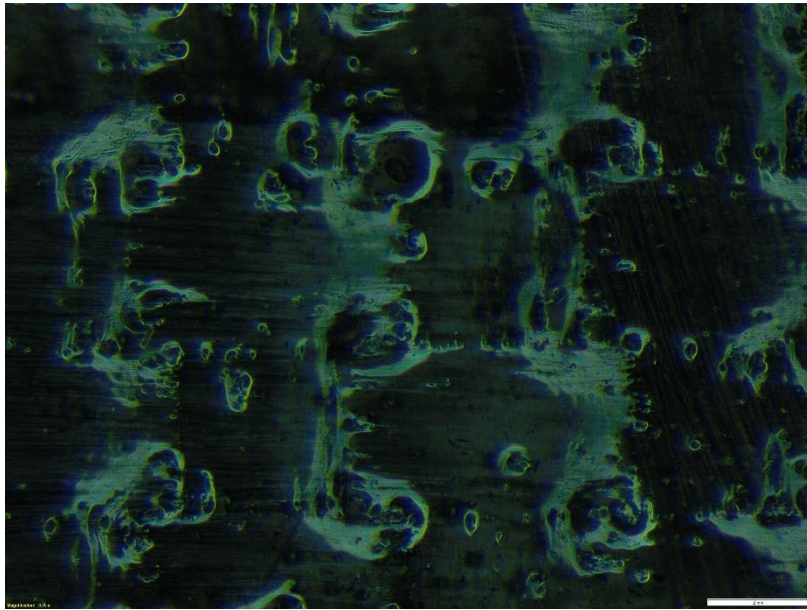
Først vil vi diskutere forskjellen mellom [0/90] og [ $\pm 45$ ] resultatene. Deretter vil vi drøfte forskjellen mellom de vakuumbehandlede prøvene og de håndpåførte.

Vi noterer at [0/90] konfigurasjonen har den bratteste kurven og følgelig E-modul og strekkfasthet. Dette skyldes at fiberne er absolutt sterkest i strekkretning da de kan holde igjen større strekkrefter. Dette fører til at [0/90] konfigurasjonen vil gi komposittens maksimale egenskaper under strekking. Følgelig blir [ $\pm 45$ ] konfigurasjonen den svakeste. Dermed kan vi konkludere med at den testede kompositten har:  $\sigma_{max} = 444 \text{ Mpa}$ ,  $\sigma_{min} = 124 \text{ Mpa}$ ,  $E_{max} = 40 \text{ GPa}$ ,  $E_{min} = 9,375 \text{ GPa}$ .

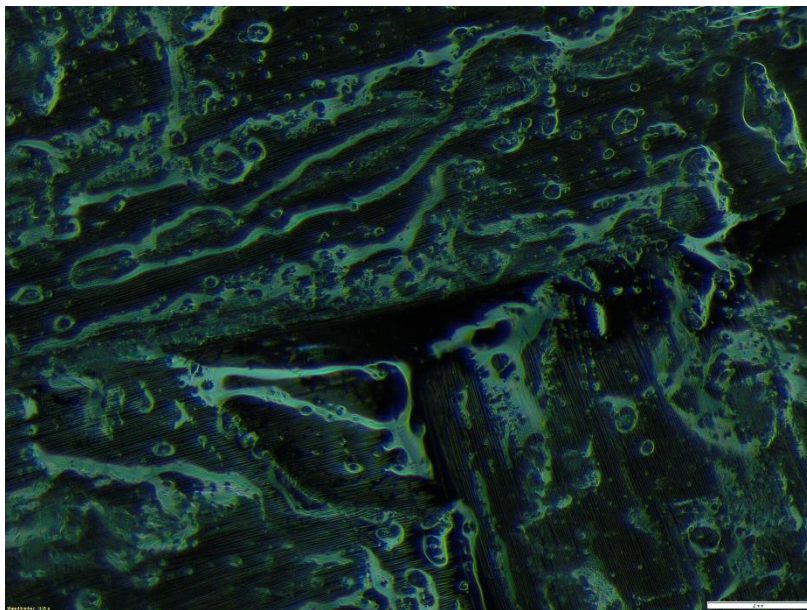
Hovedgrunnen til at egenskapene til kompositten i en [ $\pm 45$ ] konfigurasjon er så lave, er fordi fibrene ikke har noen særlig mulighet til å holde igjen strekkraften. Fibrene vil forsøke å rotere med strekkraften, men matrisen vil holde de igjen før den går i brudd. Vi legger også merke til at selve bruddannelsen er lengere for denne konfigurasjonen, ettersom at fibrene må dras ut etter at matrisen har røket. Dette fører til at kurven synker mot slutten, etter at bruddet har begynt å forme seg. Dette er ikke tilfellet med [0/90] konfigurasjonen da den vil gå i brudd momentant etter første sprekkdannelse.

Vi noterer at de vakuumbehandlede prøvene hadde generelt bedre egenskaper enn prøven laget med håndrulling. Dette skyldes binding og luftbobler i matrise-fiber grensesnitt. Figur 25 illustrerer dette. Vi ser helt klart luftboblene som formes i matrisen i de håndlagde prøvene. Som litteraturen tilsier, opptrer luftboblene langs fiberovergangene, noe som kan være et problem for vevde matter. Ved bruk av vakuum vil flertallet av disse boblene presses ut, noe som fører til en sterkere kompositt. Figur 26 viser at enkelte luftbobler vil forekomme, men ikke ved fiberovergangene, men heller over fiberfilamentbuntene. Dette er hovedfordelen med vakuum, bedre binding og færre luftbobler i matrisen. Vi kan illustrere dette ved å se på spennings-tøyningskurven til kompositten. Prøven behandlet med vakuum hadde en større strekkfasthet og E-modul sammenliknet med tilsvarende håndlagde prøve.





Figur 25: Luftbobler i fiberstrukturen [0/90] Hånd



Figur 26: Luftbobler i fiberstrukturen [0/90] Vakuum

En styrke på 444 MPa i mattens strekkretning og 124 MPa 45 grader på strekkretningen er rimelig bra for et komposittmateriale laget av studenter. Vi har grunnlag for å tro at den målte styrken sannsynligvis er en del mindre enn den styrken man kan oppnå med mer kompetanse på komposittstøpning. Vi estimerer at kompositten bør ha en mulighet til å oppnå en strekkfasthet på minst 600-700 MPa, som vil være noe liknende målingene gjort i referanse [16]. E-modulen var også rimelig lav, på ca. 40 GPa, dette var forventet da fibrenes tap av stivhet grunnet bøyning og dårlig binding forringer resultatene.

Konklusjon: Testet karbonfiber er av ikke godkjent kvalitet i forhold til de numeriske beregningene, men er av godkjent kvalitet til sitt bruk. Mangelfull binding er ikke et ødeleggende problem da materialet ikke skal utsettes for store krefter under operasjon.

Tilslutt vil vi legge til at karbonfiberkompositter har generelle glimrende egenskaper i forhold til mange andre materialer, men for å oppnå produsentens oppgitte egenskaper, kreves det profesjonelt utstyr og erfaring. Tradisjonelt er kompositten dyr å produsere, grunnet bruk av trykkovn (autoklav). Ønsket om å benytte billige produksjonsteknikker som vakuum for produksjon av karbonfiber med de samme egenskapene som produkter produsert i autoklav, klarer vi ikke å innfri. Bruk av andre avanserte metoder som vakuuminfusjon er derfor å anbefale for produksjon av brukbare deler uten bruk av autoklav.

## 5. Referanser

1. Kalpakjian S, Schmid S R. *MANUFACTURING Engineering and Technology*. 7. Ed. Pearson Education South Asia Pte Ltd. 2014.
2. "Materialteknologi og tilvirkningsteknikk 2" - Leksjonsnotater fra våren 2015; *Uke 8 Polymerer*.
3. Ampreg 21 datablad. Link: <http://www.gurit.com/files/documents/ampreg-21v8pdf.pdf>
4. "Polymer og kompositt" – Leksjonsnotat fra høsten 2015; *Kompositter Workbook Kjell*.
5. Joe Greene. *Mechanical Properties of Composites*. Link: <http://slideplayer.com/slide/4548959/>
6. Prof. K. Padmanabhan. *Measurement Technologies in Advanced Materials Systems*. Link: <http://www.slideshare.net/PadmanabhanKrishnan2/measurement-techniques-in-advanced-materials-systems>
7. Miravete A. *Optimisation of Composite Structures Design*. Woodhead Publishing Limited. Kapittel: 2.2.2
8. eFunda: [http://www.efunda.com/formulae/solid\\_mechanics/composites/comp\\_laminate.cfm](http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/composites/comp_laminate.cfm) (Hentet 25.04.2016)
9. David Roylance. *LAMINATED COMPOSITE PLATES*. Link: <http://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-11-mechanics-of-materials-fall-1999/modules/laminates.pdf> (Hentet 20.04.2016)
10. EN ISO 527-4. Link: <http://211.67.52.20:8088/xitong/BZ%5C7432859.pdf>
11. AS4C Carbon Fiber datablad. Link: <http://www.lookpolymers.com/pdf/Hexcel-HexTow-AS4C-Carbon-Fiber.pdf>
12. Quek, Shu Ching, Anthony M. Waas, Khaled W. Shahwan, and Venkatesh Agaram. *Analysis of 2D triaxial flat braided textile composites*. International Journal of Mechanical Sciences. 2003.
13. Shokrieh, Mahmood M., and Mohammad S. Mazloomi. *An analytical method for calculating stiffness of two-dimensional tri-axial braided composites*. 2010.
14. De Carvalho, N.V., S.T. Pinho, and P. Robinson. *Analytical modeling of the compressive and tensile response of woven composites*. 2012
15. Forenkling av «rule og mixture». Link: <http://www.mse.mtu.edu/~drjohn/my4150/class1/class1.html> (Hentet: 29.03.2016)
16. Mekaniske egenskaper for karbonfiber. Link: <https://www.acpsales.com/upload/Mechanical-Properties-of-Carbon-Fiber-Composite-Materials.pdf>
17. LPT kalkulator, eFunda. Link: [http://www.efunda.com/formulae/solid\\_mechanics/composites/calc\\_ufrp\\_abd\\_layout.cfm](http://www.efunda.com/formulae/solid_mechanics/composites/calc_ufrp_abd_layout.cfm)
18. CHARACTERIZING THE MECHANICAL PROPERTIES OF CALLAWAYS FORGED CARBON FIBER REINFORCED SHEET MOLDING COMPOUND. Link: <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=matesp> (Hentet 12.05.2016)
19. Composites Design and Manufacture (Plymouth University teaching support materials). Link: <https://www.fose1.plymouth.ac.uk/sme/MATS347/MATS347A2%20E-G-nu.htm> (Hentet 02.05.2016)
20. <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19960017575.pdf> (Hentet: 01.04.2016)
21. Liste over standarder for testing. Link: <http://www.zwick.co.uk/en/applications/composites/standards.html> (Hentet: 16.03.2016)

## **Vedlegg 1: Alternative innfestingsmetoder**

For dette eksperimentet ville vi vanligvis benyttet oss av ISO metode 2 for testing av kompositt bestående av «multi directional fibres». Metoden krever korrekte gripeklør for at de tynne prøvene ikke skal slippe i maskinen og resultere i uriktige resultater. Vi har i skrivende øyeblikk ikke tilgang til passende gripeklør, da de ikke har kommet i tide etter bestilling fra Tinius Olsen (bedrift). Etter flere purringer over fire uker, ser vi oss nødt til å undersøke andre alternative gripeklør for testingen.

Etter undersøkelser betyr dette at det eneste alternativet vi har tilgjengelig er høgskolens gamle gripeklør beregnet til strekking av metall med betydelige tykkere tverrsnitt. Forsøk med disse gripeklørne har blitt gjennomført med glassfiber/epoxy prøver. Resultatet av testene viser at prøvene glipper betraktelig den første delen av strekkprosessen, selv med kraftig forsterkede endepunkter som anvist i ISO metode 3. For å sikre hold, ble vi nødt til å påføre en motkraft mot strekkretningen på begge sider av prøvene. Kraften ble fjernet når gripeklørne fikk tilstrekkelig tak i prøvene. Dette fører til ugyldige tester og resultater som har blitt tuklet med. Denne tilnærmingen er dermed ikke ønskelig for dette eksperimentet.

Alternative løsninger for strekkingen må dermed diskuteres. Løsningene som velges skal helst ikke ha noen effekt på resultatet, men det betyr at vi ikke lenger kan benytte oss av ISO metode for strekktesting av CFRP. For informasjon om hvordan vi helst ville gjennomført strekktestingen referer til kapittel 2.7.

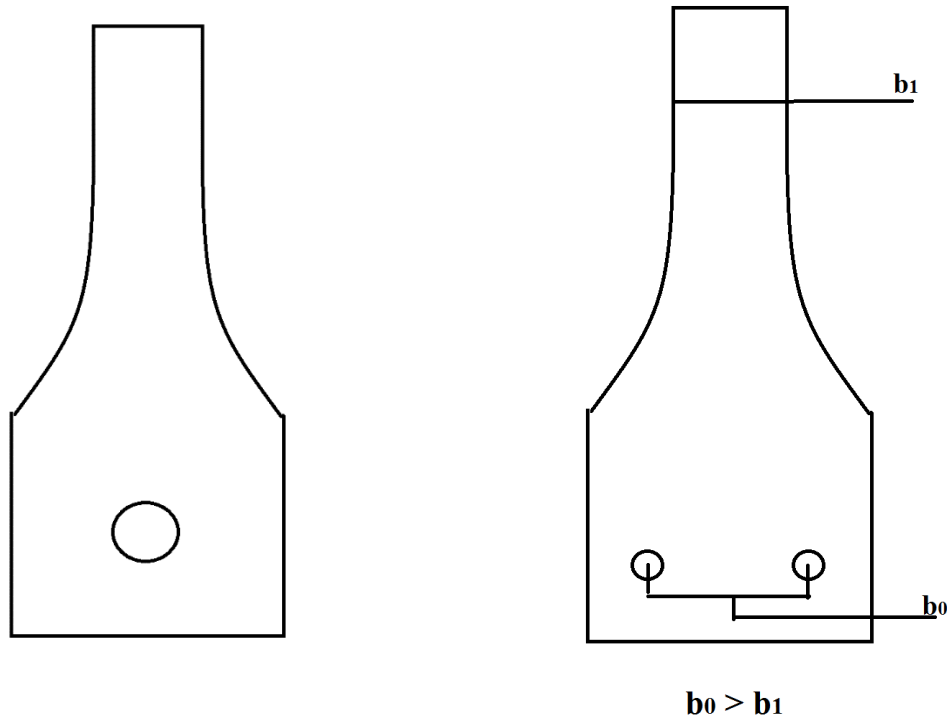
Følgende metoder er aktuelle alternativer. Metodene ble utformet etter gruppemøte 26.04.16.

### **Alternativ nr. 1 Hull i endene med metall med innsnevring**

Prøvene lages med hull i endene, ved innfestingen mot gripeklør. Viktig at hullene ikke lages for nærme prøvens kanter, for å forhindre brudddannelse ved hullene. Hullene fylles så med en metallgjenstand som stikker ca. 2 mm ut fra prøven. Gripeklør festes så i metallgjenstandene. Slik kan strekking forekomme uten glipp i festet.

Ett eller to hull i hver ende kan benyttes. Benyttes to hull er det viktig at de ikke er for nærme hverandre. Dette for å hindre brudd-dannelse ved hull, da bredden kan bli for smal. Brudd vil normalt forekomme på det svakeste punktet i prøvene, og hullene vil svekke laminatets struktur i de nærliggende områdene. Derfor må prøvene justeres, for å sikre at brudd oppstår i korrekt område. For å unngå at brudd oppstår ved hull, må prøvene innsnevres for å sikre en

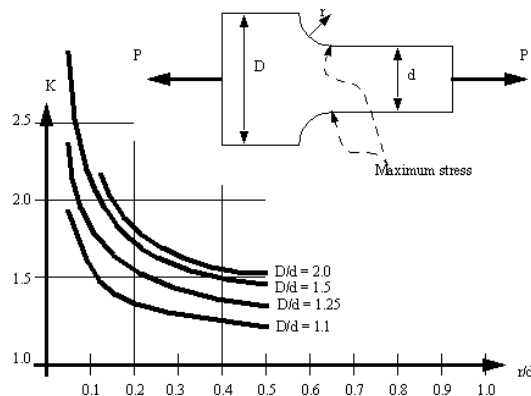
spenningskonsentrasjon ved prøvens midtpunkt. Viktig å sørge for at mellomrom mellom hullene ikke overgår innsnevringens bredde. Brudd vil følgelig opptre raskere på de innsnevrede prøvene.



Bilde nr. 1 Prøver med 1 og 2 hull.

Som notert i kapittel 2.7, er ikke innsnevring av prøvene godt egnet for laminater med fibre i ulike retninger. Metoden er forbeholdt laminater med fibre kun i strekkretning, som beskrevet i ISO standard 527-4. Vi er klar over dette, men alternativet er lukrativt for å kunne oppnå et gyldig resultat vi kan sammenlikne med beregnet data.

Dette alternativet ble forespeilet fra intern veileder under møte 25.04.16. Han hadde tidligere benyttet metoden ved strekking av myke prøver som ble deformert i festepunktene under strekkprosessen. Veileder mener dette kan være et brukbart alternativ for strekkingen av prøvene.



Bilde 2: Innsnevring.

Vi ser av figur at maks spanning ofte opptrer ved kjervene i en strekkprøve. Derfor må der innsnevrede område være langt nok slik at brudd opptrer der.

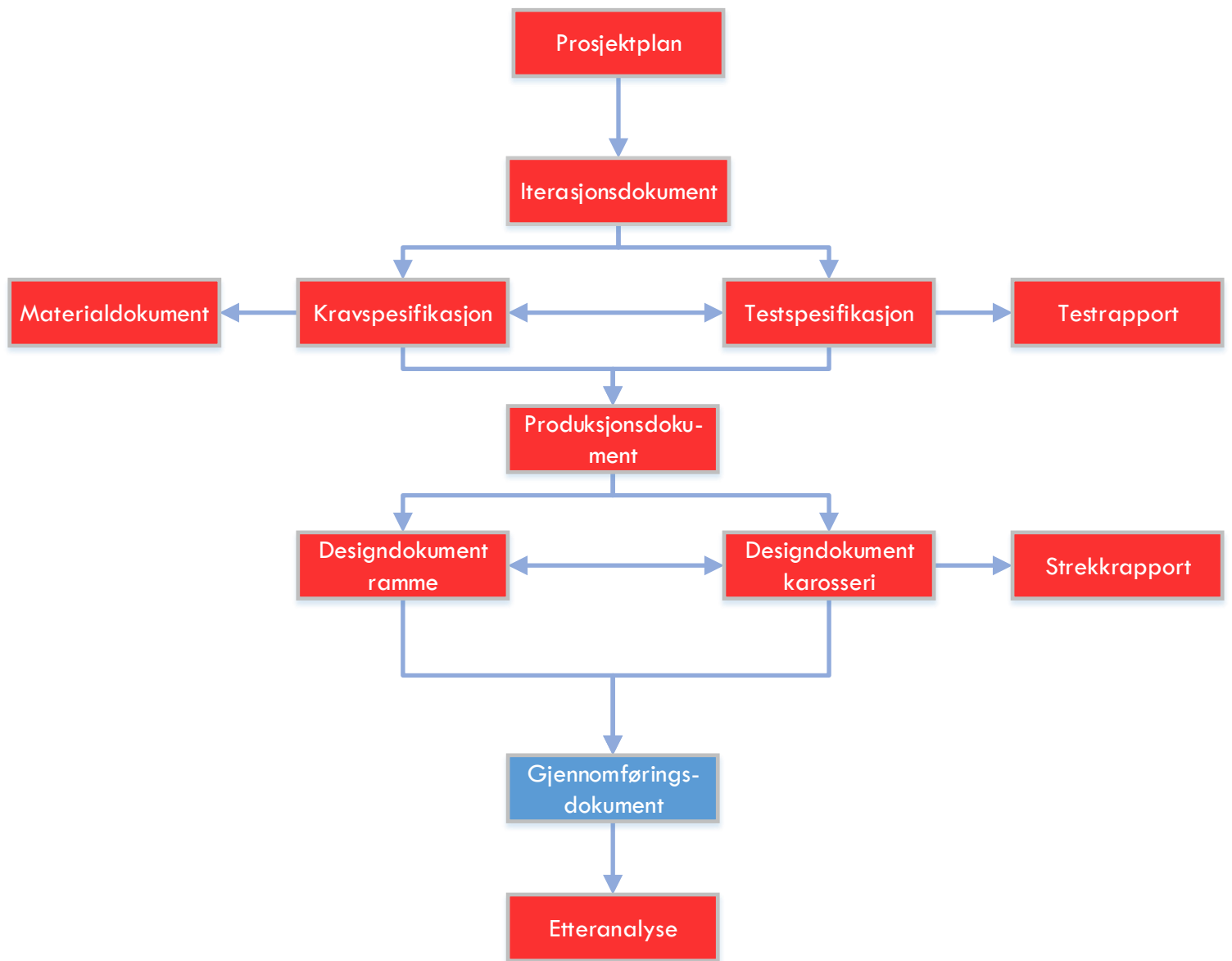
### Alternativ nr. 2 Forsterke innfestingspunkter

Prøvene utformes som beskrevet som alternativ 3 beskrevet i ISO standard, (rektangulær prøve med forsterkede endepunkter, jf. Kap. 2.7). Forskjellen er hvordan endene forsterkes. Vi har ikke tilgang til beskrevet sterk adhesiv, (skjær styrke høyere enn 30 MPa og elastisk), derfor må alternative bindings materiale benyttes. Prøvenes endeområder vil bli pusset og belagt med passende lag fiber, enten glass/ eller karbon 45 grader på strekkretningen. Epoxy påføres over og under forsterkningen, det er viktig at epoxyen sørger for et godt feste mellom prøven og forsterkningen. Epoxyen kan blandes med sand for å bedre adhesive egenskaper. Forsterkingen vil være svak mot skjærspenninger og kan bli utsatt for delaminasjon. Tester vil vise om metoden kan benyttes.

Som metode nr. 1, er det muligheter for at vi må innsnevre prøvene ved bruk av denne metoden også for å forhindre spenningskonsentrasjon ved festepunktene. Grovt sandpapir kan også benyttes ved innfesting for å minske glipp mellom prøve og gripeklo. Grit 50 eller 80 vil benyttes, dette noteres i kapittelet for fremgangsmetode. Sandpapir kan være en effektiv metode for å forbedre grip [<http://www.instron.us/en-us/testing-solutions/by-test-type/tension/soft-biological-tissues>].

### Konklusjon:

Etter ytterligere diskusjon 29.04.2016 kom vi frem til å benytte Alternativ 2. Prøvene blir innsnevret, følgelig vil resultatene kunne bli noe negativt påvirket. To ulike testprøver vil derfor utformes. En beregnet for den store strekkmaskinen og en for den mindre med videoekstensiometer. Resultatene kan dermed verifiseres med to sett av prøver.







# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Gjennomføringsdokument

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
1.0	23.05.2016	KO	OS	44

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



## Sammendrag

Dokumentet inneholder alle de praktiske stegene vi har vært igjennom for å produsere karosseriet. Vi har støpt et miniatyr karosseri og et fullskala karosseri. Dokumentet gir en beskrivelse av fremgangsmetoden for hver av de.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
0.1	14.04.2016	KO	Opprettelse av dokument
0.2	22.04.2016	OKS	Legge til informasjon
0.3	25.04.2016	OKS	Legge til flere steg
0.4	02.05.2016	OKS	Legge til bilder
0.5	03.05.2016	KS	Legge til produksjon av original karosseri
0.6	19.05.2016	KO	Endret revisjon
1.0	19.05.2016	THK	Rettet tabelltekst. La til kap. 10.1 + ferdigstilling

## Innhold

Sammendrag.....	2
Liste over figurer .....	5
1.0 Opparbeidelse av freseformer (isoporkloss).....	8
Test 1 .....	10
Test 2.....	10
2.0 Fresing av former.....	13
3.0 Utforming etter fresing .....	14
4.0 Fra fres til støp venstre halvdel .....	15
Steg 1 .....	15
Steg 2 .....	16
Steg 3 .....	16
Steg 4 .....	17
Steg 5 .....	17
Steg 6 .....	18
Steg 7 .....	18
5.0 Fra fres til støp høyre halvdel.....	19
Steg 1 .....	19
Steg 2 .....	19
Steg 3 .....	20
Steg 4 .....	20

Steg 5 .....	21
6.0 Støpning av formene.....	22
Steg 1 .....	22
Steg 2 .....	22
Steg 3 .....	22
Steg 4 .....	23
Steg 5 .....	23
Steg 6 .....	23
Steg 7 .....	24
Steg 8 .....	25
Steg 9 .....	25
Steg 10.....	26
7.0 Sammenstilling av formene .....	27
Steg 1 .....	27
Steg 2 .....	27
Steg 3 .....	28
Steg 4 .....	28
8.0 Fra fres til støpning med original karosseri.....	29
Steg 1 .....	29
Steg 2 .....	29
Steg 3 .....	29
Steg 4 .....	29
Steg 5 .....	29
Steg 6 .....	30
Steg 7 .....	30
Steg 8 .....	31
Steg 9 .....	31
Steg 10.....	32
Steg 11.....	32
Steg 12.....	32
Steg 13.....	33
Steg 14.....	33
Steg 15.....	34
Steg 16.....	34
9.0 Støping av karosseri.....	35
Steg 1 .....	35
Steg 2 .....	35
Steg 3 .....	35

Steg 4 .....	36
Steg 5 .....	36
Steg 6 .....	37
Steg 7 .....	37
Steg 8 .....	38
Steg 9 .....	38
Steg 10.....	39
Steg 11 .....	39
Steg 12.....	41
Steg 13.....	41
Steg 14.....	42
Steg 15.....	42
10.0 Ferdig støp .....	44
10.1 Produksjonsfeil og vanskelighetsområder.....	45

## Liste over figurer

Figur 1 – Kapping av polystyren .....	8
Figur 2 - Liming av polystyrenplater.....	8
Figur 3 - To polystyrenblokker klare til å limes sammen.....	9
Figur 4 - Fremvisning av sprekkproblemet mellom polystyrenplatene .....	9
Figur 5 - Test 2, polyuretanskum.....	10
Figur 6 - Test 1, polyurethane trelim med polystyren-støv.....	10
Figur 7 - Påføring av polyuretanskum .....	11
Figur 8 - Bruk av bil for å holde press på platene mens kontaktlimet skulle tørke.....	11
Figur 9 - Ferdig kloss.....	12
Figur 10 - Kloss på vei til Hurum Plast .....	13
Figur 11 - Bilde fra freseprosessen.....	13
Figur 12 - Maskinering av små modeller. ....	15
Figur 13 - Liten støpeform med penslet polyuretanlakk.....	16

Figur 14 - Liten form med penslet sprøytesparkel .....	16
Figur 15 - Liten støpeform etter å ha plukket av lakk og sparkel .....	17
Figur 16 - Liten støpeform påført flere lag med gips .....	17
Figur 17 - Liten støpeform påført epoxy-primer .....	18
Figur 18 - Liten støpeform påført PU-lakk med lakkpistol .....	19
Figur 19 - Test av materialer til sprekker.....	19
Figur 20 - Liten støpeform med sprøytesparkel påført med lakkpistol.....	20
Figur 21 - Liten støpeform med standardsparkel.....	20
Figur 22 - Liten støpeform ferdig pusset etter påført spraysparkel.....	21
Figur 23 - Liten støpeform ferdig teipet og klar til støping .....	22
Figur 24 - Slippmiddel som ble brukt på siste strøket .....	22
Figur 25 - Slippmiddelet som ble brukt .....	22
Figur 26 - Liten støpeform med karbonfiberduk.....	23
Figur 27 - Liten støpeform med peel ply .....	23
Figur 28 - Montering av nett med pin pricht.....	24
Figur 29 - Venstre side viser strukturen til nettet. Høyre siden viser pin pricht .....	24
Figur 30 - Liten form med støp inni vakuumpose .....	25
Figur 31 - Små formene i vakuum på - 0.9bar .....	25
Figur 32 - Høyre halvdel av lite karosseri .....	26
Figur 33 - Venstre halvdel av lite karosseri .....	26
Figur 34 - Bruk av dremmel for fjerning av materiale .....	27
Figur 35 - Viser lite karosseri sammensatt av en stripe med karbonfiberduk .....	27
Figur 36 - Lite karosseri jevnet ut med sparkel .....	28
Figur 37 - Rolig pussing av støpeform .....	29
Figur 38 - Støpeform penslet med epoxy .....	29
Figur 39 - Tetting av sprekker med leire.....	30
Figur 40 - Påføring av epoxy-primer.....	30
Figur 41 - Støpeformene ferdig sprayet med epoxy-primer .....	30
Figur 42 - Støpeform med første lag punktsparkling .....	31
Figur 43 - Støpeform pusset og sprayet med spraysparkel.....	31

Figur 44 - Punktparkling av sprekkene mellom platene .....	32
Figur 45 - 3. gang med punktparkling på støpeform .....	32
Figur 46 – Fjerde og siste gang med punktparkling på støpeformene .....	33
Figur 47 - Frakt av formene til Krona.....	34
Figur 48 - Støpeform ferdig teipet og klar til støp.....	35
Figur 49 - Slippmiddel som ble brukt på siste strøket .....	35
Figur 50 - Slippmiddelet som ble brukt .....	35
Figur 51 - Epoxy og Herder som ble brukt.....	36
Figur 52 - Støpeform med karbonfiberduk oppi .....	36
Figur 53 - Støpeform med karbonfiberduk mettet med epoxy.....	37
Figur 54 - Støpeform med peel ply.....	37
Figur 56 - Støpeform der nett med pin pricht blir montert .....	38
Figur 56 - "Pølse" montert i den vanskelige kjerven .....	38
Figur 57 - Støpeform i vakuumpose .....	39
Figur 58 - Illustrasjon av hvordan vi reduserte undertrykket i skolens vakuumanlegg .....	39
Figur 59 - Viser utløpet av luft og trykkmåleren vi brukte til å endre undertrykket.....	40
Figur 60 - Reduseringssystemet i praksis .....	40
Figur 61 - Viser undertrykket vi hadde formene i over natten.....	40
Figur 62 - Støpeformene med ferdig støp og vakuum, klare til herding over natten .....	41
Figur 63 - Fjerning av lagene oppå karbonfiberduken .....	41
Figur 64 - Jobbing for å få støpet til å løsne fra støpeform.....	42
Figur 65 - Ferdig støp rett fra støpeform .....	42
Figur 66 - Behandling av et rødt øye .....	43
Figur 67 - Ferdig støp med Tord og Karl Oskar .....	44
Figur 68 - Ferdig støp med Ola og Kåre .....	44
Figur 69 – Produksjonsfeil ved kjerv.....	45

## 1.0 Opparbeidelse av freseformer (isoporkloss)

Isoporklossene vi skulle frese i ble limt (isoporlim fra L&L) sammen av 32 stk. Jakon styroform isoporplater (600x1200x100mm).



Figur 1 – Kapping av polystyren



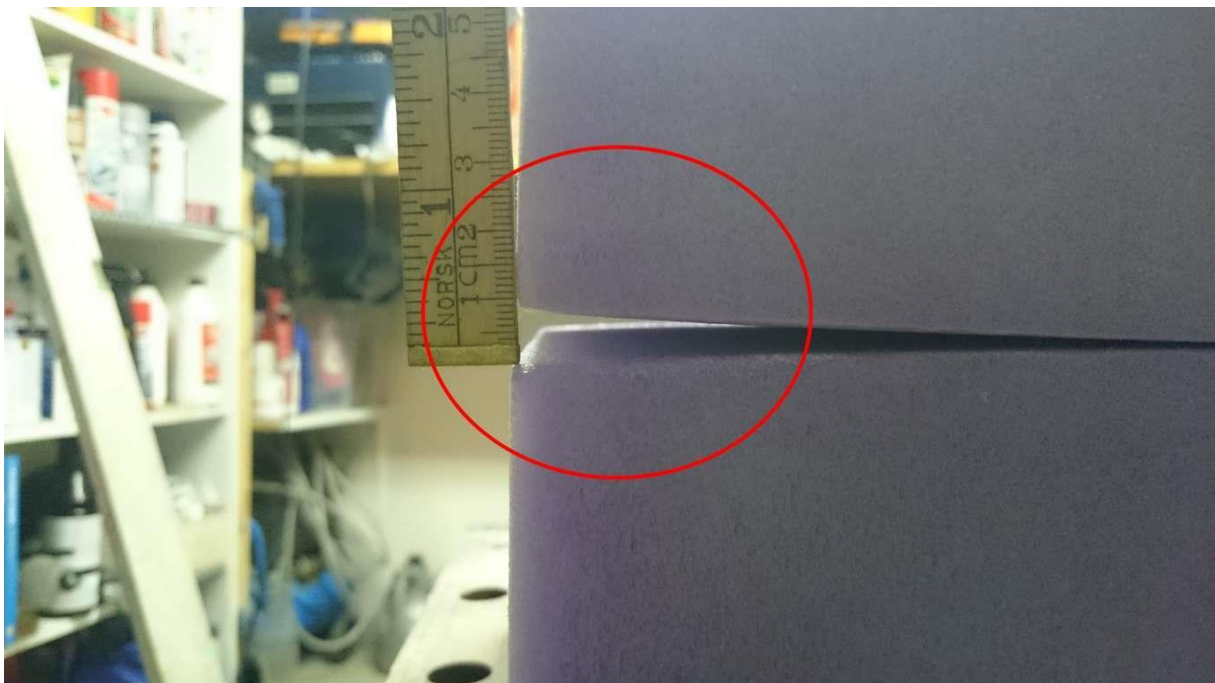
Figur 2 - Liming av polystyrenplater





Figur 3 - To polystyrenblokker klare til å limes sammen

Det ble avduket et problem med en gang vi startet. Platene som var blitt levert var ikke plane (se figur 1).



Figur 4 - Fremvisning av sprekkproblemet mellom polystyrenplatene



Dette resulterte i store sprekker (10mm) i toppen og bunnen av klossen. Vi testet to forskjellige materialer til å tette sprekken. Siden dette materialet skulle legges rett på isoporen måtte vi være sikre på at det ikke inneholdt løsemidler. For å være sikre, valgte vi to produkter av polyuretan.

**Test 1:** Cascol polyurethane trelim, med XPS-støv for å gjøre konsistensen tykkere.

**Test 2:** Sikabond Foam Fix (polyuretanskum), skal ekspandere mindre enn vanlig byggsaum, noe vi ønsket siden vi ikke vil ha porer.



Figur 6 - Test 1, polyurethane trelim med polystyren-støv

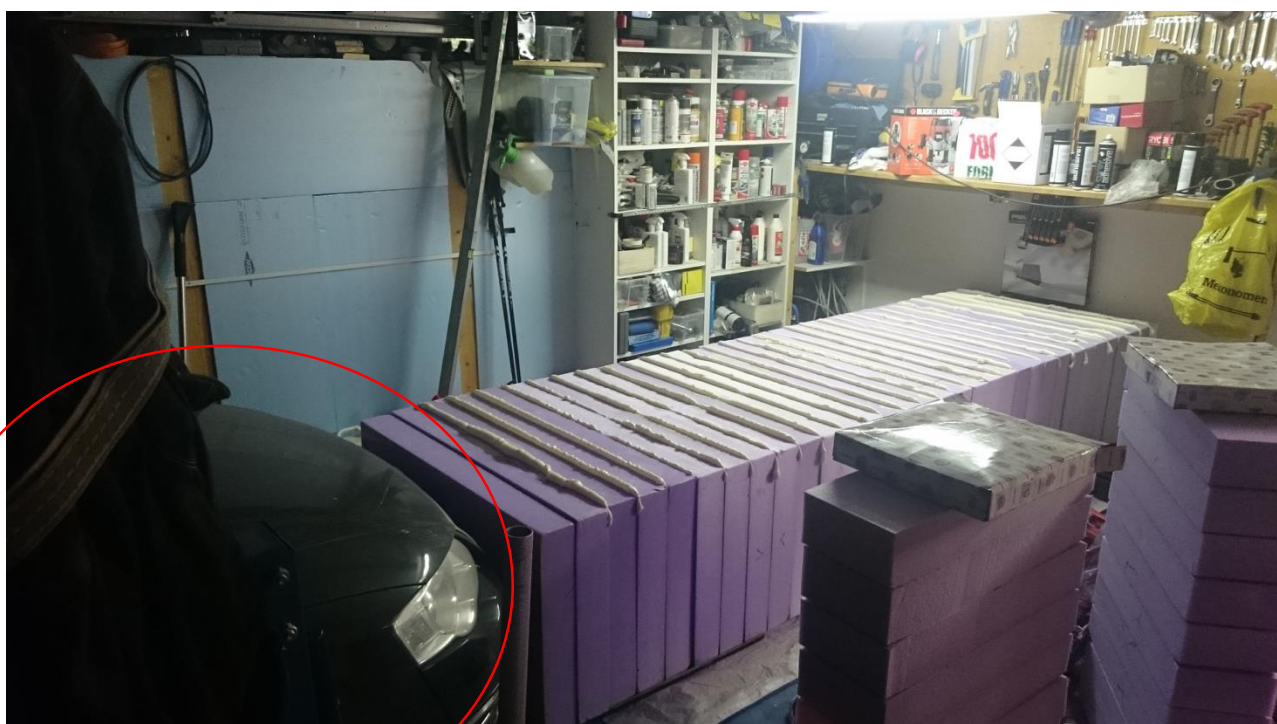


Figur 5 - Test 2, polyuretanskum

Ut ifra resultatene vi fikk, virker det som at skummet skal gi et tilfredsstillende resultat. Vi velger derfor å benytte «Sikabond Foam Fix».



Figur 7 - Påføring av polyuretanskum



Figur 8 - Bruk av bil for å holde press på platene mens kontaktlimet skulle tørke

For å betrygge oss om at platene skulle holde seg sammen gjennom alle prosessene bestemte vi oss for å montere en ramme rundt klossen.



Figur 9 - Ferdig kloss



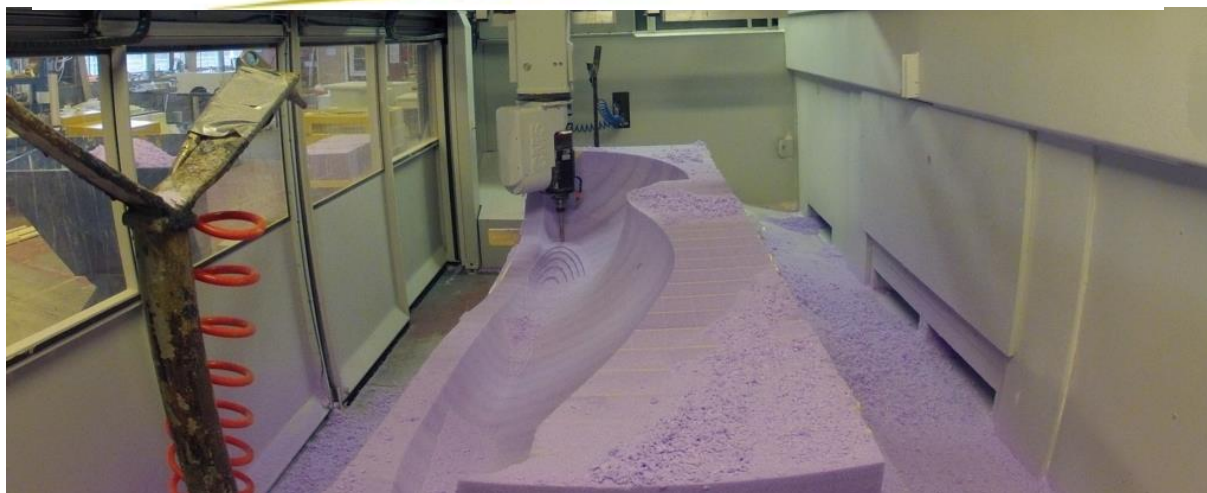
## 2.0 Fresing av former

Fresingen av støpeformen ble utsatt flere ganger. Dette på bakgrunn av at det var vanskeligheter ved filformatene mellom HP og oss. HP ønsket å bruke en fil-format kjent som "step-filer". Det var i omgjøringen av filformatet det oppsto noen komplikasjoner. Det ordnet seg til slutt og formene ble frest ut med et meget godt resultat, med unntak av noen småskader, da spesielt i formenes bakdel.



Figur 10 - Kloss på vei til Hurum Plast

# HURUM PLASTINDUSTRI



Figur 11 - Bilde fra freseprosessen

### 3.0 Utforming etter fresing

I tillegg til støpeformen til fullskala karosseriet, fikk vi Hurum Plastindustri til å frese ut to mindre former. Disse formene er i en skala 1:4 i forhold til den store formen. Da vi skal prøve å implementere teori til praksis ser vi på det som ønskelig å gjøre hele prosessen på de små formene først. Dette er for å avdekke feil og problemer som vi ikke har tenkt ut på forhånd. Siden vi hadde to halvdelar ønsket vi å teste forskjellige påføringsteknikker og materialer. Begge halvdelene blir jobbet med parallell.

## 4.0 Fra fres til støp venstre halvdel

**Steg 1** – Maskinering av form for å gjøre vakuum bagging enklere.



Figur 12 - Maskinering av små modeller.



**Steg 2** – Påføring (pensling) av PU-lakk for å gi en beskyttende hinne mot løsemidler.



Figur 13 - Liten støpeform med penslet polyuretanlakk

**Steg 3** – Pensling av språysparkel på form.

Se figur 14 for å se nærmere på reaksjonen.  
PU-lakken reagerte med sprøytesparkelen.



Figur 14 - Liten form med penslet sprøytesparkel

**Steg 4** – Fjerning av all materiale som hadde reagert. Her måtte alt pirkes ut igjen.



Figur 15 - Liten støpeform etter å ha plukket av lakk og sparkel

**Steg 5** – Fylle formen med gips. Poenget her er å bruke gipsen som hinne mot løsemidler. Her ble det lagt på flere lag, som måtte pusses ned. Bruk av gips som hinne og til å jevne ut formen er et forsøk på å spare penger.



Figur 16 - Liten støpeform påført flere lag med gips



**Steg 6** – For å forsikre oss om at hele formen var motstandsdyktig mot løsemidler sprayet vi på et lag med epoxy-primer. Da fikk vi en gul hinne over hele formen som viser at alt er dekket.



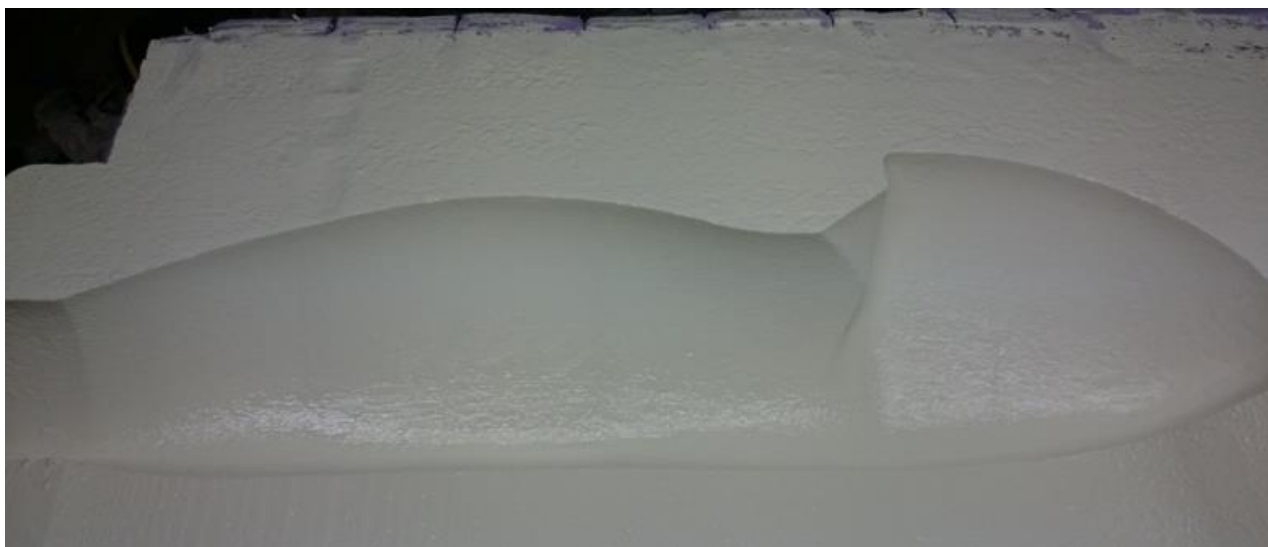
Figur 17 - Liten støpeform påført epoxy-primer

**Steg 7** – Spraye på spraysparkel → Pusse ned

Mangler dessverre bilde.

## 5.0 Fra fres til støp høyre halvdel

### Steg 1 – Spraye på PU-lakk



Figur 18 - Liten støpeform påført PU-lakk med lakkpistol

**Steg 2** – Testing av materialer til å tette skjøtene mellom platene.

Test 1 → Sprøyte inn PU-lakk. Var enkelt å påføre, ble for tyntflytende og forsvant ned i materialet.



Test 2 → Epoxy stikk. Var vanskelig å smøre på og pusse ned etterpå.



Test 3 → Hobby leire. Var greit å påføre og enkel å pusse ned etterpå.



**Konklusjon:** Det viste seg at leiren var det beste alternativet, det var enkelt å påføre og pusse ned, og det ga et tilfredsstillende resultat.

Figur 19 - Test av materialer til sprekker

**Steg 3** – Spraye på spraysparkel. Her ble det også en kjemisk reaksjon. Formen kunne reddes her ved å pusse ned.



Figur 20 - Liten støpeform med sprøytesparkel påført med lakkpistol

**Steg 4** – Sparkle hele formen. Det var nødvendig siden det var oppstått skader fra reaksjonen. Pusse ned sparkelen.



Figur 21 - Liten støpeform med standardsparkel

**Steg 5** – Spraysparkle formen. Pusse ned → Ferdig



*Figur 22 - Liten støpeform ferdig pusset etter påført spraysparkel*

## 6.0 Støpning av formene

**Steg 1** – Teipe kantene slik at epoxy ikke skal trekke seg ned i ujevnheter. Lettere å løse den støpte delen.



Figur 23 - Liten støpeform ferdig teipet og klar til støping

**Steg 2** – Påføre 3 lag med slippmiddel (Loctite 700-NC Freekote)

**Steg 3** – Påføre 1 lag med (Ebala Trennmittel T1-1)

Hindrer at det kommer flekker på støpen fra slippmiddelet.

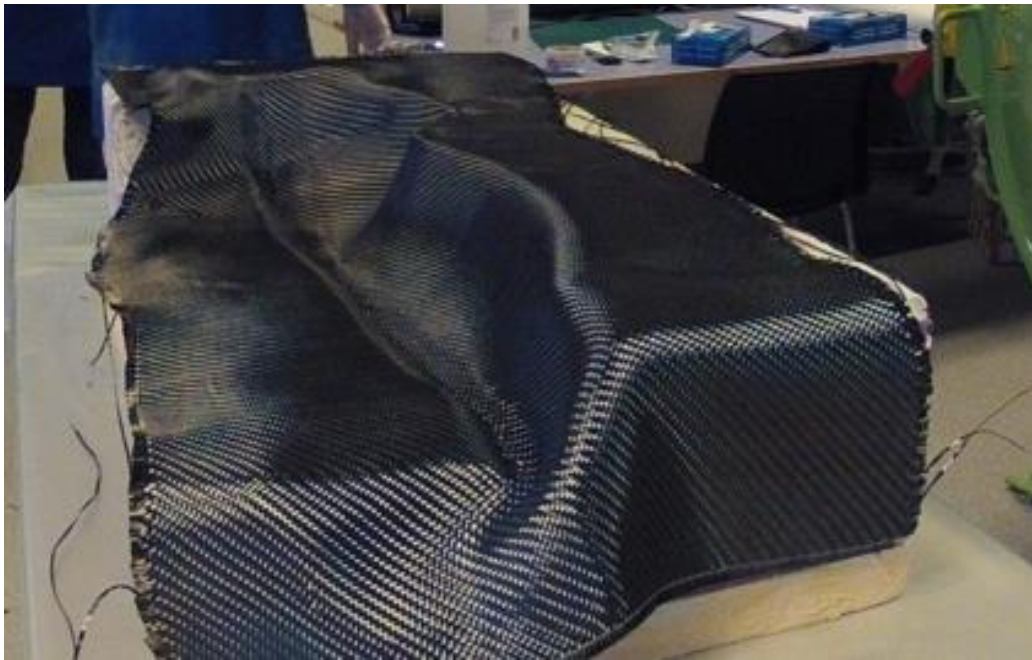


Figur 25 - Slippmiddelet som ble brukt



Figur 24 - Slippmiddel som ble brukt på siste strøket



**Steg 4 – Legge karbonfiber i formen**

Figur 26 - Liten støpeform med karbonfiberduk

**Steg 5 – Smøre på epoxy.**

**Steg 6 –** Legge på peel ply. Det hindrer at andre materialer blir limt sammen med karbonfiber/epoxy.



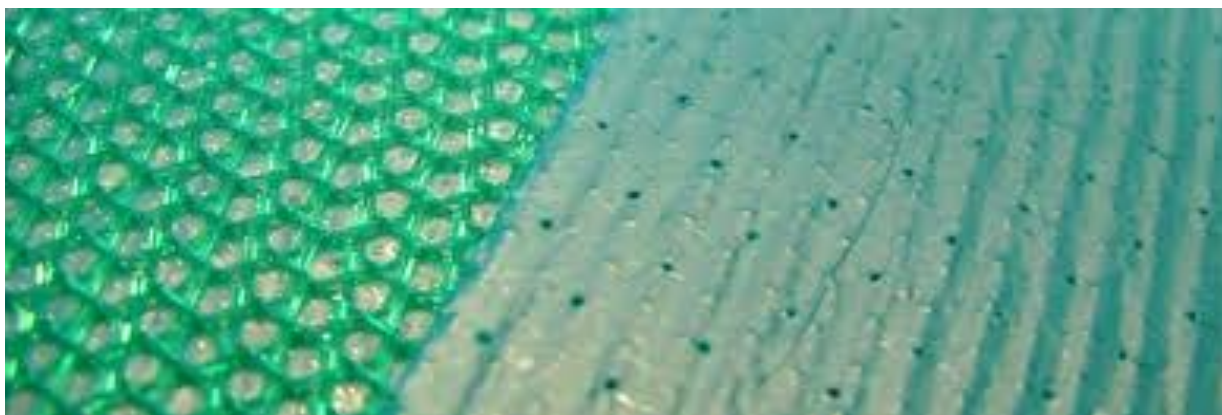
Figur 27 - Liten støpeform med peel ply

**Steg 7** – Legge på dyne og pin pricht.

- **Pin pricht** er en tynn folie med små hull fordelt utover. Resinen blir da trukket mot disse hullene på grunn av vakuemet som brukes, noe som vil hjelpe til med å fordele resin utover materialet og hindre peel ply i å sitte fast på støpen.
- **Nett** er materialet som skal ta opp overflødig resin som kommer opp igjennom hullene i pin pricht, men nettet er også med på å hjelpe vakuemet til å nå frem til hele enheten.



Figur 28 - Montering av nett med pin pricht



Figur 29 - Venstre side viser strukturen til nettet. Høyre siden viser pin pricht



**Steg 8** – Lage vakuumpose. Viktig å sjekke om posen er tett slik at vi har kontroll på undertrykket som er i posen.



Figur 30 - Liten form med støp inni vakuumpose

**Steg 9** – La formene stå i vakuum over natta.

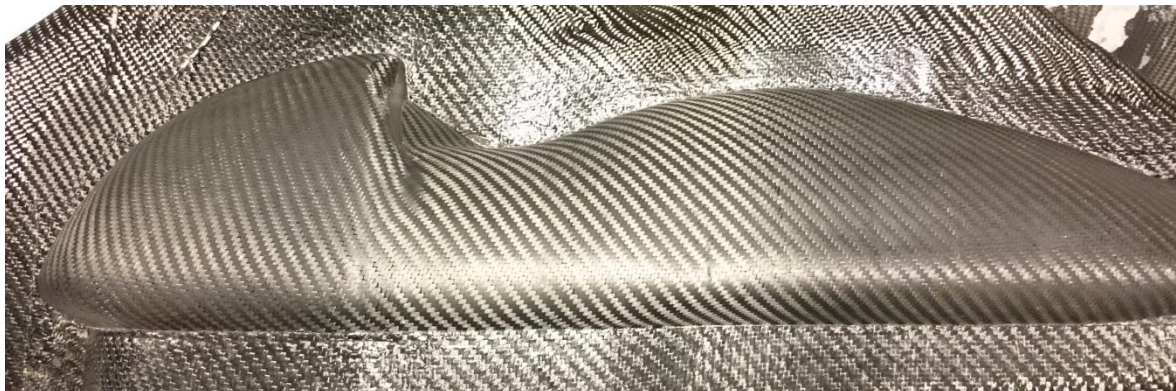


Figur 31 - Små formene i vakuum på - 0.9bar



**Steg 10 – Ta ut formene**

Figur 32 viser høyre halvdel. Den kom ut meget fint, med unntak av litt vanskeligheter i den ene kjerven.



Figur 32 - Høyre halvdel av lite karosseri

Figur 33 viser venstre halvdel. Her hadde vi litt problemer med at materialet (gipsen) i formen ikke hadde god nok binding. Det kom dessverre med biter av formen med på støpen.



Figur 33 - Venstre halvdel av lite karosseri

Det viste seg at undertrykket på vakuumpumpa på Kroma var for stort (0,9 bar undertrykk) for XPS formene. Platene ga litt etter og karosseriet har fått en bølgende fasong. Dermed har vi erfart at det kan være en god ide å benytte et lavere måletrykk. Vi anbefaler ca. 0,5 bar.

## 7.0 Sammenstilling av formene

**Steg 1** – Maskinere bort overflødig materiale rundt og på karosseriet.



Figur 34 - Bruk av dremmel for fjerning av materiale

**Steg 2** – Sammenføring av formene



Figur 35 - Viser lite karosseri sammensatt av en stripe med karbonfiberduk



**Steg 3** – Reparering av ujevnheter

Figur 36 - Lite karosseri jevnet ut med sparkel

**Steg 4** – Avstivning av karosseri

Har ikke prøvd avstivning ved innlevering av dokumentet.

## 8.0 Fra fres til støpning med original karosseri

**Steg 1** – Forsiktig pusse begge formene med pussepapir



Figur 37 - Rolig pussing av støpeform

**Steg 2** – Pensle formene med 2 lag epoxy.



Figur 38 - Støpeform penslet med epoxy

**Steg 3** – Pusse epoxy

**Steg 4** – Pusse epoxy

**Steg 5** – Pusse epoxy

**Steg 6** – Tette alle sprekker med hobby leire → pusse ned



Figur 39 - Tetting av sprekker med leire

**Steg 7** – Spraye formene med epoxy primer



Figur 40 - Påføring av epoxy-primer



Figur 41 - Støpeformene ferdig sprayet med epoxy-primer



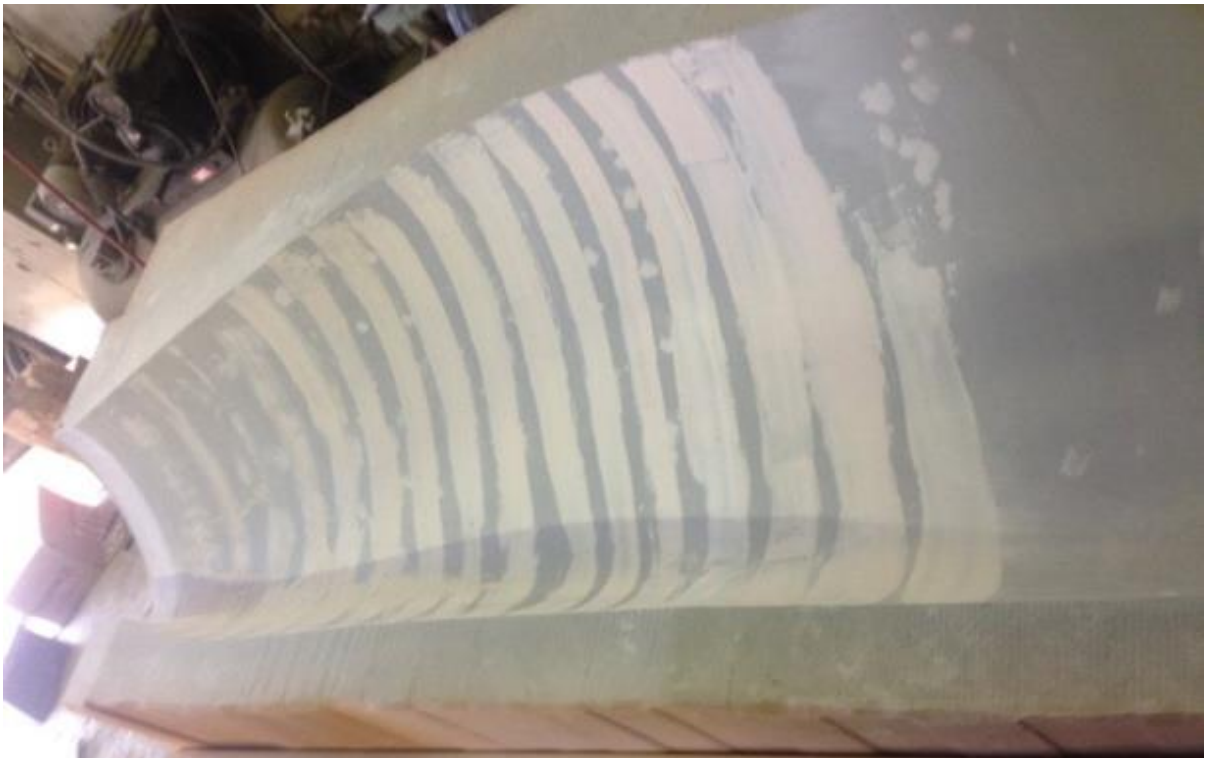
**Steg 8** – Punkt sparkle synlige feil, pusse ned

Figur 42 - Støpeform med første lag punktsparkling

**Steg 9** – Spray sparkle formene, pusse ned

Figur 43 - Støpeform pusset og sprayet med spraysparkel

**Steg 10** – Punkt sparkle synlige feil, pusse ned



Figur 44 - Punktsparkling av sprekkene mellom platene

**Steg 11** – Spray sparkle formene, pusse ned

**Steg 12** – Punkt sparkle synlige feil, pusse ned



Figur 45 - 3. gang med punktsparkling på støpeform

**Steg 13** – Spray sparkle formene, pusse ned

**Steg 14** – Punkt sparkle synlige feil, pusse ned



Figur 46 – Fjerde og siste gang med punktparkling på støpeformene



**Steg 15** – Pusse begge formene med våtslippapir (P400 og P800).

**Steg 16** – Frakt av formene



Figur 47 - Frakt av formene til Krona

## 9.0 Støping av karosseri

Etter å ha gjennomført støpingen av de små modellene, ser vi oss svært fornøyd med fremgangsmetoden og resultatet. Likevel så har vi valgt å gjøre noen små forbedringer.

- Påføre 5 lag med slippmiddel i stedet for 3.
- Formen skal smøres med epoxy før karbonfiberduken legges på.
- Det skal legges en "pølse" i kjernen som var vanskelig på teststøpningen. Dette for å øke trykket inn mot kjernen.
- Undertrykket som er i skolens vakuumanlegg er for stort for formene våre (-0.9 bar). Vi reduserer undertrykket til -0.5 bar, for å hindre deformasjon av XPS.

### Steg 1 – Teipe kantene rundt formen



Figur 48 - Støpeform ferdig teipet og klar til støp

**Steg 2 – Påføre 5 lag med slippmiddel (Loctite 700-NC Frekote)**

**Steg 3 – Påføre 1 lag med (E-bala Trennmittel T1-1)**

Hindrer at det kommer flekker på støpen fra slippmiddelet.



Figur 50 - Slippmiddelet som ble brukt



Figur 49 - Slippmiddel som ble brukt på siste strøket

**Steg 4** – Påføre epoxy (ampreg 21, resing og slow hardener)



Figur 51 - Epoxy og Herder som ble brukt

**Steg 5** – Legge karbonfiberduk ned i formen, være flinke til å forme duken for å forhindre produksjonsfeil.



Figur 52 - Støpeform med karbonfiberduk oppi

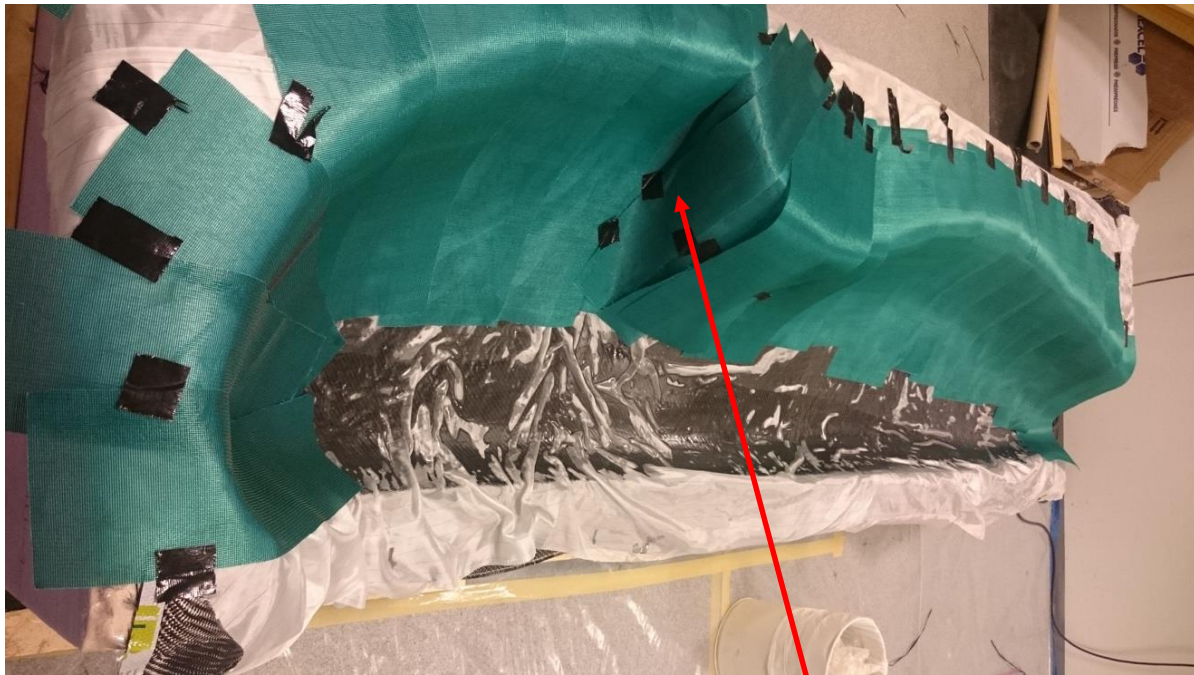


**Steg 6** – Smøre epoxy på duken.

Figur 53 - Støpeform med karbonfiberduk mettet med epoxy

**Steg 7** – Legge peel ply i formen

Figur 54 - Støpeform med peel ply

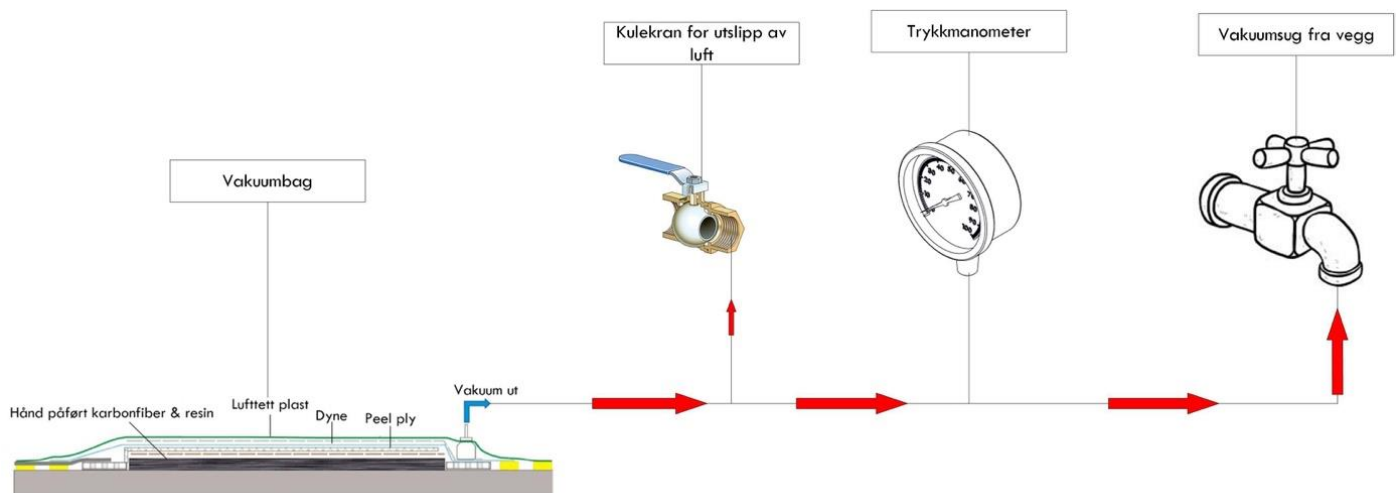
**Steg 8** – Legge på pin pricht og nett

Figur 56 - Støpeform der nett med pin pricht blir montert

**Steg 9** – Legge "pølse" i kjerven

Figur 56 - "Pølse" montert i den vanskelige kjerven



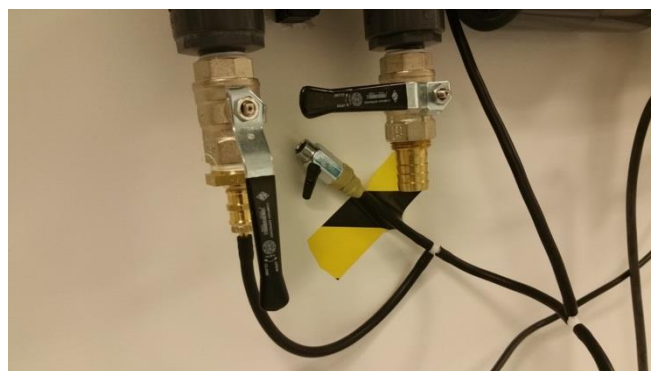
**Steg 10 – Lage vakuumpose***Figur 57 - Støpeform i vakuumpose***Steg 11 – Endre undertrykket fra -0.9 bar → -0.5 bar***Figur 58 - Illustrasjon av hvordan vi reduserte undertrykket i skolens vakuumanlegg*



Figur 59 - Viser utløpet av luft og trykkmåleren vi brukte til å endre undertrykket



Figur 61 - Viser undertrykket vi hadde formene i over natten



Figur 60 - Reduseringssystemet i praksis

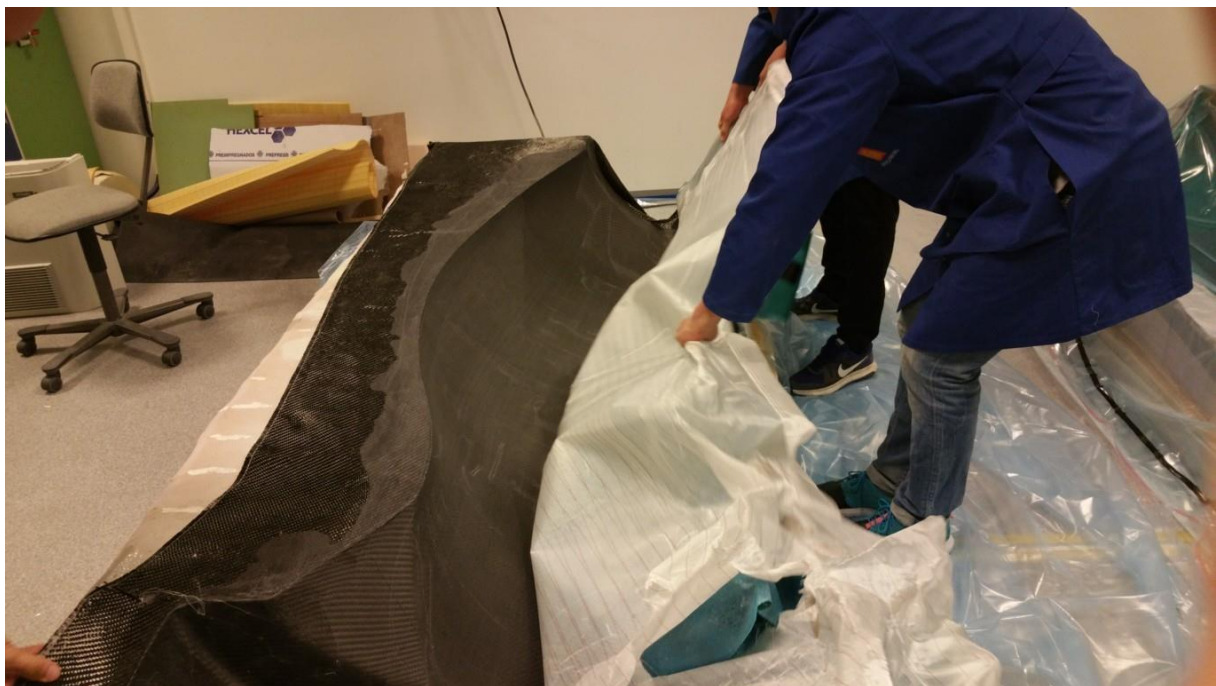


**Steg 12** – Sette formene i vakuum i minst 16 timer.



Figur 62 - Støpeformene med ferdig støp og vakuum, klare til herding over natten

**Steg 13** – Fjerne pose og andre materialer som ligger over karbonfiber.



Figur 63 - Fjerning av lagene oppå karbonfiberduken



**Steg 14 – Løsne støpet fra formen**

Figur 64 - Jobbing for å få støpet til å løsne fra støpeform

**Steg 15 – Beundre resultatet**

Figur 65 - Ferdig støp rett fra støpeform

**NB!** Husk å bruke vernebriller under produksjon.



Figur 66 - Behandling av et rødt øye



## 10.0 Ferdig støp



Figur 67 - Ferdig støp med Tord og Karl Oskar



Figur 68 - Ferdig støp med Ola og Kåre

### 10.1 Produksjonsfeil og vanskelighetsområder

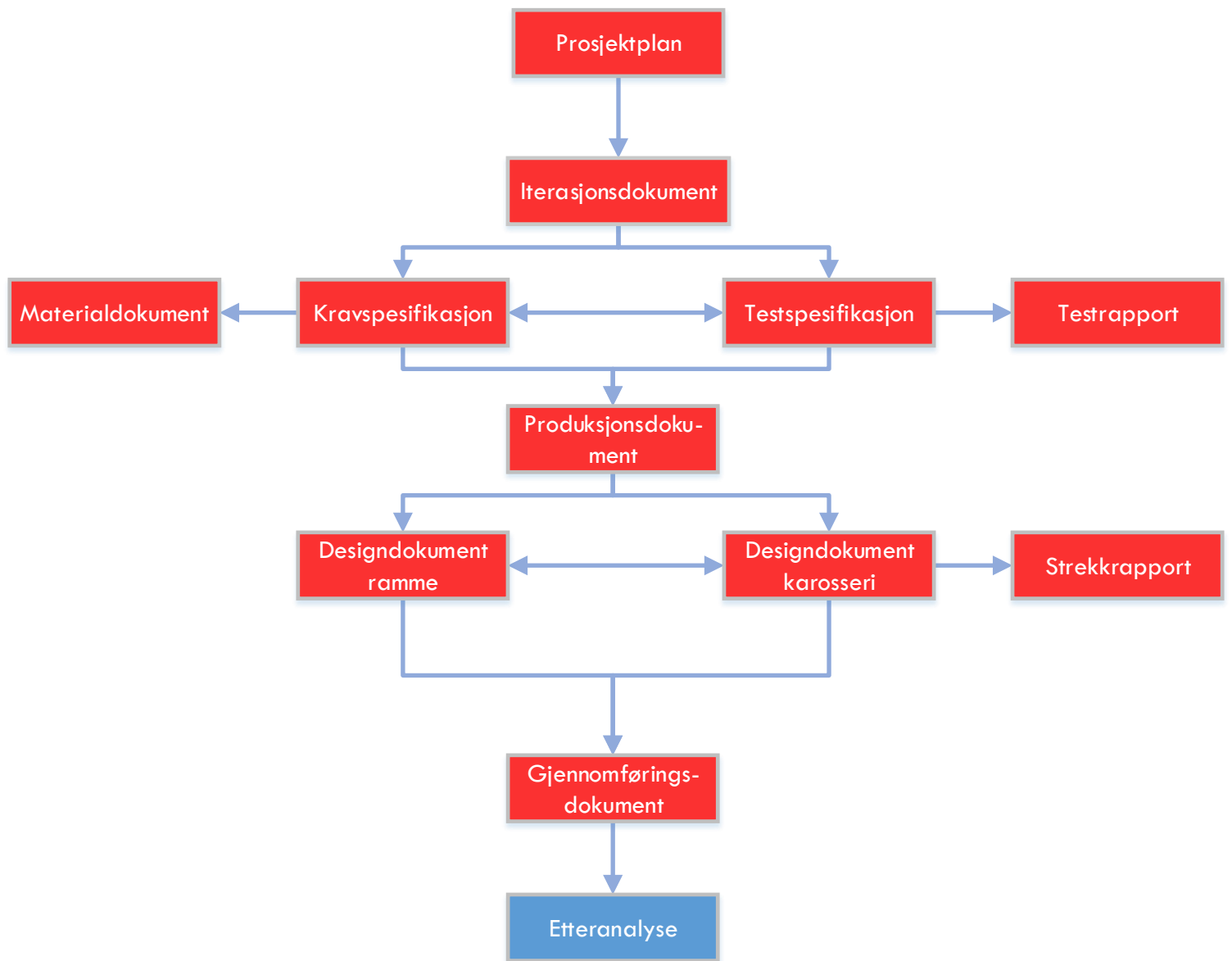
Vi er veldig fornøyde med resultatene av støpningen. Karosseriet løsnet fra formene uten noen problemer. Dessverre ble vi klar over et potensielt kritisk område etter fullført støping. Ved nevnt kjerv ville ikke epoxyen sitte på karbonfiberen. Dette ble dermed en produksjonsfeil.



Figur 69 – Produksjonsfeil ved kjerv

Vi noterer at feilen enkelt kan repareres og ikke er noe stort problem. For å unngå dette har vi utarbeidet en liste med følgende løsninger:

- Benytt en større kjervradius. Vår radius ble for liten, da støpen ikke festet seg ordentlig. En større kjerv vil føre til at materialet enklere kan formes til formen.
- Benytt høyere trykk. Vi benyttet et trykk på 0,5 bar, grunnet XPS platenes deformasjon ved 0,9 bar. Et høyere trykk vil presse fiberduken ned mot formen og sørge for et bedre feste. Husk å benytte et formmateriale som tåler høyere trykk.
- Bruk av «pølsen» i kjerven kan ha vært en ulempe. Flere tester må foretas, men dens myke struktur kan ha absorbert noe av trykket fra vakuumbaggen.





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Etteranalyse

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
1.0	23.05.2016	THK	KS	9

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## Sammendrag

Dette dokumentet har som hensikt å gi leseren en innføring over hvordan prosjektet har blitt gjennomført. Leseren for også et innblikk i gruppemedlemmers egne erfaringer og synspunkter.

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
0.1	06.05.2016		Opprettelse av dokument
0.2	18.05.2016		Legge til egnevalueringer
1.0	20.05.2016	KS	Legge til egnevaluering

## Innhold

1.0	Dokumentets hensikt .....	4
2.0	Måloppnåelse .....	4
2.1	Prosjektresultat .....	4
2.2	Prosjektevaluering .....	4
3.0	Prosjektgjennomføring .....	5
3.1	Arbeidsmetodikk .....	5
3.2	Samarbeid med eksterne resurser .....	5
3.3	Prosjektadministrasjon .....	5
4.0	Egenvurdering .....	6
4.1	Kåre Særen .....	6
4.2	Karl Oskar Youngblom .....	7
4.3	Tord Hansen Kaasa .....	8
4.4	Ola Kure Skinnnes .....	9

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk .....	3
------------------------------------	---



## 1.0 Dokumentets hensikt

Hovedhensikten med dette dokumentet er å gi leseren en kort innføring over prosjektets gjennomføring. Dokumentet vil presentere vår total vurdering over prosjektet, hva som er oppnådd og hvorfor visse ting ikke ble gjennomført. Vi vil presentere måloppnåelse og prosjektgjennomføring på et administrativt plan. Avsluttende vil hvert gruppemedlem presentere sitt helhetsinntrykk av prosjektet og gjennomføringen.

Kapittelet som beskriver måloppnåelse vil ta for seg resultatene av testene og analysene gjennomført, samt en vurdering av den fysiske modellen som ble konstruert. Prosjektgjennomføring presenterer arbeidsmetodikk og samarbeid innad i gruppen og mot eksterne aktører.

## 2.0 Måloppnåelse

### 2.1 Prosjektresultat

Vi har gjennom dette prosjektet utarbeidet et design for en 1950- talls formel 1 bil. Designet av ramme og karosseri er basert på moderne designmetoder, ved bruk av 3D-verktøy (CAD), analyseprogrammer og tester, i en iterativt designprosess. Rammen og karosseri har vært gjennom løpende iterasjoner og store deler av systemet har gjennomgått hyppige redesign. I skrivende stund er vi i gang med den avsluttende støpeprosessen av karosseri og rammeanalyse. Hvorvidt systemet kan opprettholde alle kravene satt er dessverre for tidlig å si, da den fysiske konstruksjonen ikke er klar til innleveringsfrist av dokumentasjon.

### 2.2 Prosjektevaluering

Prosjektet har vært svært krevende og omfattende. Dette har vi fått erfare. Vi er imidlertid fornøyd med hva vi har oppnådd og det konseptet vi har kommet frem til. Bilen er ikke fullt ut ferdig og noen forenklete løsninger måtte til for å kunne konstruere den, men vi mener produktet er et fint springbrett for nye bacheloroppgaver som kan ta vårt design videre og utvikle nye og forbedrede elektroniske systemer. Dermed er det konstruerte systemet tilfredsstillende.

### 3.0 Prosjektgjennomføring

Dette kapitlet vil kort forklare hvordan prosjektoppgaven og administrative oppgaver ble gjennomført.

#### 3.1 Arbeidsmetodikk

Som beskrevet i prosjektplan har vi benyttet oss av en iterativ prosjektmodell. Modellen og planene har blitt revidert ved slutten av hver hovedfase, ettersom ny informasjon gjør seg tilgjengelig og ny innsikt opparbeides. Gruppen har benyttet plenumsdiskusjon for å vedta ulike beslutninger.

#### 3.2 Samarbeid med eksterne resurser

For å kunne komme noen veg med prosjektet var vi nødt til å skaffe kontakter og samarbeidspartnere innenfor ulike bedrifter. Dette skulle vise seg å være lett i teorien, men vanskelig i praksis. Vi tok kontakt med en rekke bedrifter(over 60) og enkeltpersoner, men fikk for det meste avslag på våre henvendelser. Allikevel oppnådde vi støtte hos flere bedrifter, noe vi er svært takknemlig for. Dette elementet i prosjektgjennomføringen mener vi har vært det aller viktigste og mest lærerike, tross at prosessen har tatt lang tid å gjennomføre.

Vi har hatt flere møter med representanter fra Lindberg og Lund, som har stilt opp med både veiledning og utstyr til rabatterte priser. Veiledningen fra ansatte på Lindberg og Lund har hjulpet enormt. Da spesielt Rikard Kalland fra L&L. Hurum Plastindustri har stilt opp med fres, kostnadsfritt, slik at støpeformen til karosseriet kunne maskineres. Tom Frode Hansen og Per Ellinger fra Norsk Stål har stilt opp med synspunkter på systemets rammemateriale og har vært en stor hjelp for oss. Norsk Stål leverer også materialene kostnadsfritt. Gruppen har også kontaktet Jacon, som har stilt opp med rabattert polystyren (isopor).

#### 3.3 Prosjektadministrasjon

Selv om prosjektet har vært avhengig av ulike eksterne aktører, noe som bidrar til mange forsinkelser og endringer, har gruppen forsøkt å holde kontroll over prosjektfremdriften. Dette har vi gjort via ukentlige møter og nesten daglige scrummøter. De ulike aktivitetene gjennomført har blitt oppført i timelister som oppdateres i aktivitetsplanen. Slik sikres fremdrift.

## 4.0 Egenvurdering

Dette kapittelet omhandler de enkelte gruppe-medlemmers refleksjoner over hvordan prosjektet har blitt gjennomført, samt hvordan medlemmene mener prosjektet har gått. Diverse utfordringer og læringspunkter vil diskuteres.

### 4.1 Kåre Særen

Etter samtale med professor Mehdi Mousavi i medio november, fremmet jeg forslag for skolen om en egenvalgt bacheloroppgave. Den baserte seg på en 3D modellering jeg gjorde i 2. semester, hvor tanken var å realisere denne.

Jeg ble umiddelbart møtt med stor entusiasme og giv fra faglærere. Vi snakket om at produktet kan brukes til å markedsføre ingeniørinja på høyskolen.

Ved semesterstart flyttet vi som første kull inn i de nye lokalene til Krona, og ledelsen tenkte da det kunne være en glimrende anledning til å samarbeide med fagskolen om oppgaven, da vi nå var under samme tak.

Jeg allierte meg med fem meget sterke studenter, tre fra maskin, en fra elektro og en fra data.

Dessverre mistet vi studenten fra elektro da godkjenningen av bacheloroppgaven drøyet i nærmere 2mnd.

Det skal sies at vi grundig overveide oppgaven, da vi visste det kom til å bli meget utfordrende. Dette med tanke på tilgang av produksjonsutstyr, materialutvalg, lokale, fagligveiledning, produksjonsteknikker og økonomiske ressurser til rådighet.

Å få Lars Harald Heggen som ekstern veileder med sin praktiske bakgrunn var en stor og velkommen ressurs for gruppa. For meg var det betryggende å ha noen å sparre faglig med rundt utviklingen av prosjektet.

Den første perioden av prosjektet synes jeg i for stor grad var preget av å hente inn kapital, spons og å selge produktet inn for industrien. Vi fikk ikke spons av Kongsberg industrien noe jeg tror kom overraskende på skolen. Jeg antar skolen hadde sett for seg de som en økonomisk bidragsyter. Vi mistet da også en meget dyktig dataingeniør som følte at usikkerheten rundt gjennomføringen av prosjektet var for stor.

Det var først etter et møte vi hadde med Lindberg og Lund, som er en av sponsorbedriftene våre, at ballen begynte å rulle. Vi fikk da gode forslag på alternative produksjonsmetoder og kontaktinfo til bedrifter med utstyr som kunne hjelpe oss med prosjektet.

Sett i ettertid skulle jeg ønske vi ble introdusert for Per Olve Tobiassen fra fagskolen i starten av prosjektet. Jeg vil anslå at det hadde spart oss for om lag 6 ukers arbeid, da han sitter på et enormt kontaktnettverk og ikke minst kompetanse. For å beskrive desperasjon i starten, var vi på et tidspunkt i kontakt med et dansk firma, for å høre om vi kunne kjøre ned og importere materialer vi trengte. Dette på bakgrunn av at det ikke lot seg skaffe for en billig penge i Norge.

Selv om det var mange fartsdumper i starten har dette prosjektet vært meget givende rent faglig. Vi har blitt utfordret på flere områder hvor avgjørelser har måtte bli tatt hurtig. Vi har fått et lite kontaktnettverk med industrien og lært nye og moderne teknikker. Ikke minst har det vært moro å se sitt eget design bli realisert.

Som prosjektleder ønsker jeg spesielt å takke mine felles gruppe-medlemmer. Selv om vi har mistet 2 meget sterke medlemmer, har de ikke lat det gå innover seg og arbeidsmoralen. De har stått fast med, holdt motet og humøret oppe. Alltid vært fokusert på at prosjektet er gjennomførbart, og ikke dvelt over motgang, men alltid prøvd å sett etter nye løsninger. Jeg er svært takknemlig for vår felles innsats.

Jeg er meget fornøyd med hva vi har fått til på den korte tiden. Vi klarte milepelen med å støpe et 3 meter langt karosseri i karbonfiber. Dette klarte vi tross av at vi måtte utføre all manuell arbeid selv, noe som ikke var forespeilet i planleggingen av prosjektet med skolen. Dette legger grunnlaget for å ta prosjektet videre til nye høyder i neste årskull. Regnskapet viser at totalkostnaden så langt er på om lag Kr. 190.000,-. Av dette beløpet har vi hentet inn ca. Kr. 150.000,- i rene spons inntekter.

#### 4.2 Karl Oskar Youngblom

Da jeg søkte på studieretningen hadde jeg ambisjoner om å kunne utfolde meg både teoretisk og praktisk gjennom å utvikle et eller flere produkter. Derfor ble bacheloroppgaven noe jeg hadde sett frem til helt siden studiestart. Etter 2,5 år på skole som produktutvikler var jeg svært engasjert og klar til å ta fatt på en spennende læringsprosess, med fokus på samarbeid, nytenking og ikke minst utfordringer.

Allerede i startfasen av prosjektet møtte vi på utfordringer. At en av våre gruppe-medlemmer fra dataingeniør-linjen valgte å trekke seg, var svært uheldig, og gav en liten indikator på om prosjektet i det hele tatt var gjennomførbart. Vi forstod det sånn at vedkommende trakk seg på bakgrunn av prosjektet ble for omfattende, og at vi på den tiden ikke hadde fått nok støtte fra skole eller eksterne bedrifter. Selv skulle jeg ønsket at skolen hadde vist oss mer interesse og støtte, slik at vi kunne fått mulighet til å ta i bruk de kvalitetene og egenskapene det tidligere gruppe-medlemmet disponerte.

Å nå ut til eksterne firmaer og bedrifter var også en utfordring i starten. Uten den hjelpen vi har fått fra våre samarbeidspartnere, hadde det ikke vært mulig å gjennomføre prosjektet. Det ble brukt et par uker for å nå ut til aktuelle samarbeidspartnere, og få støtte fra skolen. Det var først etter at dette falt på plass, at jeg følte prosjektet var gjennomførbart. Engasjementet og støtten har vært en viktig faktor for fremgangen og mulighetene gjennom hele prosessen. I denne forbindelse ønsker jeg å trekke frem to personer som har bidratt fundamentalt gjennom prosessen; Vår eksterne sensor Lars Harald Heggen som hele veien har gitt av sin kunnskap og vært behjelpelig, og Kai Ove Tømmerås gjennom Hurum Plast som har brukt av sin fritid for å hjelpe oss med å frese ut formene.

En stor fordel har vært at gruppens medlemmer har hatt god kjennskap til hverandres sterke sider. Jeg mener at en god og åpen kommunikasjon innad i gruppen er essensielt for et godt samarbeid og måloppnåelse. Dette har vi fått erfart, og jeg er svært takknemlig for at alle gruppens medlemmer har hatt rom for utvikling gjennom hele prosessen. Personlig har jeg gjennom prosessen både utfordret meg selv, tatt i bruk faglig kompetanse, men også lært mye. En viktig faktor for meg gjennom gruppesamarbeid og måloppnåelse er at det er rom for nysgjerrighet, oppfinnsomhet og feiling. Til tross for de utfordringene vi har møtt på veien, har gruppen vært samlet og hatt en god dialog og kommunikasjon.

Høydepunktet i oppgaven var da vi tok ut de ferdig støpte karosserihalvdelene. Det var en stor glede, og lettelse, å se at alt forarbeidet nådde frem til forventningene. Å selv ta del i prosessen fra start til slutt, og kunne ta del i den praktiske utførelsen av arbeidet var en stor milepæl. Foruten om de erfaringene jeg har fått gjennom gruppearbeid og prosessgjennomføring, har jeg også lært mye om produksjon av kompositt. Bruk av kompositt gjennom hverdagslige produkter har vært en interessant vinkling, og er noe jeg gjerne kunne arbeidet videre med.

### 4.3 Tord Hansen Kaasa

Prosjektet har vært en svært læringsrik prosess for meg personlig. Gjennom arbeidet har jeg lært mye om planlegging og gjennomføring av et større prosjekt, med alle utfordringer det innebærer. Å jobbe med flere gruppemedlemmer med ulike syn og meninger har vært en interessant prosess, utfordrende, men også veldig givende. Gjennom prosessen føler jeg at de andre gruppemedlemmene har hjulpet meg til å samarbeide bedre med andre og bli en mer ansvarsfull person. Prosjektet har dermed vært svært selv-utviklende for meg.

Bachelorprosjektet har vært den største utfordringen jeg har møtt på i løpet av studiet. Dette fordi arbeidsmengden var desidert større enn jeg var vant til gjennom de andre semestrene. Selv om den store arbeidsmengden i perioder har ført til motivasjonsproblemer og usikkerhet, har jeg hele tiden forsøkt å gjøre mitt beste og bidra med den arbeidsinnsatsen som er nødvendig for at prosjektet skulle kunne gjennomføres.

En stor utfordring med prosjektet har vært at vi ikke har hatt en stor ekstern bedrift i ryggen, som stiller med utstyr og materialer. Derfor har vi brukt mye tid på å finne samarbeidspartnere og sponsorer slik at systemet kunne bygges. I forbindelse med dette har jeg opplevd både store og små oppturer og nedturer. Nedleggelsen av et sentralt firma som leverer materiale til støpeform gjorde at vi måtte omplanlegge kraftig. Samtidig har de samarbeidspartnerne vi har opparbeidet gjennom prosessen vært svært hjelpsomme og vi har fått viktige kontakter innenfor industrien.

Et frustrasjonsmoment jeg har hatt gjennom prosjektet, har vært de stadige forsinkelsene grunnet eksterne aktører. Jeg ønsker konkret å nevne de nye gripeklørne til strekkmaskinen som skulle komme like etter påske. De har vi ikke sett noe til. Dette førte til omplanlegging av strekkprosessen.

Det har vært spennende med en praktisk tilnærming til prosjektarbeidet. Personlig hadde jeg ingen erfaring med støpning og arbeid med komposittmaterialer, men arbeidet har vært svært givende. Oppgaven i seg selv har vært utrolig spennende og interessant. Jeg har gjennom prosjektet lært mye om kompositt, da spesielt karbonfiberkompositter og design av komplekse deler med silke materialer. Fokuset på materialer har helt klart vært en stor motivator for meg, da materialteknikk er svært spennende. Å jobbe med et så komplisert felt som kompositt har vært en utfordring, men også et stort læringspunkt.

Jeg ønsker å benytte denne anledningen til å takke våre veiledere Mehdi Gebreil Mousavi og Lars Harald Heggen, som har fulgt oss opp gjennom hele prosjektperioden. Deres hjelp og rettleiding har bidratt til en god progresjon av arbeidet. Jeg ønsker også å takke alle eksterne personer og bedrifter som har bidratt med ressurser til prosjektet. Lindberg og Lund, Norsk Stål, Hurum Plastindustri og Jaco. Takk også til HSN og fagskolen Tinius Olsen for økonomisk støtte og veiledning.

#### 4.4 Ola Kure Skinnes

Det siste halvåret har vært svært intensivt med mange utfordringer. Samtidig er det, det desidert mest lærerike semester jeg har hatt på Høgskolen i Sørøst Norge.

De første månedene av prosjektet var preget av usikkerhet og uendelig mange endringer. I hvert fall føltes det slik. Heldigvis kjente gruppens gjenværende medlemmer hverandre godt fra tidligere prosjekter. Dette medførte at arbeidsoppgaver og interne roller ble satt tidlig i prosjektet.

Frem til den første presentasjonen lå det meste av vårt fokus på å søke midler, erfaring og utstyr hos eksterne bedrifter. Prosjektet startet helt på null. Uten støtte fra noen eksterne bedrifter og ingen økonomisk støtte fra skolen. Prosjektet var meget risikofyllt. Det følte i hvert fall jeg på den første måneden av prosjektet. Jeg var den som kanskje snakket med flest eksterne rundt om kring for å få endene til å møtes. Det føltes til tider tung og jeg savnet "backing" fra Høgskolen. Jeg følte de ble fraværende og ikke tok ansvar for hva de faktisk hadde sagt ja til. Hadde skolen gitt oss den økonomisk tryggheten vi trengte fra starten kunne vi hatt fokus på det vi burde som ingeniører og ikke operere som selgere og markedsførere.

Tvilen til skolen førte også til at gruppa mistet en svært dyktig dataingeniørstudent. I tillegg var det vanskelig å få tak i andre dyktige medstudenter til gruppen når vi ikke hadde noe håndfast og tilby dem. I etter tid er det enkelt å se at arbeidsmengden til oppgaven ble for stor for fire personer. Jeg skulle gjerne sett en data og en elektrostudent med på prosjektet.

Etter den første presentasjonen syntes jeg det løsnet en god del for prosjektet. Vi var heldige å fikk kontakt med eksterne bedrifter som ville hjelpe oss. Spesielt ønsker jeg å trekke frem Hurum Plastindustri som spesielt behjelpelig. Her brukte de ansatte av sin egen fritid for at vi kunne gjennomføre prosjektet slik vi ønsket.

Etter at vi fikk de eksterne bedriftene på plass og utstyret vi trengte for å lage kjøretøyet, jobbet vi knallhardt for å komme lengst mulig på bilen. Det var en lettelse å se karosseri på bilen komme ut helt strøket i begynnelsen av mai. Sett i ettertid tror jeg ikke vi kunne gjort mye annerledes for å kommet lengre på prosjektet enn det vi er i dag.

Samarbeidet i gruppen syntes jeg har vært bra gjennom hele prosjektet. At vi kun var fire stykker på gruppa gjorde det enkelt å kommunisere og hele tiden holde hverandre oppdatert på sitt eget og andres arbeid. Kåre som gruppens leder har stått frem som en meget solid leder. I leder rollen har han vist vei for oss andre på gruppa. Dette gjenspeiler seg også i timeantallet til kåre versus resten gruppa.

Jeg mener dette prosjektet har et eventyrlig potensialet. En gruppe med blanding av alle tre ingeniørlinjer hadde vært optimalt for å videreføre oppgaven. Jeg håper virkelig skolen ser potensialet i prosjektet som vi stolt har startet og fullfører det gjennom kommende bacheloroppgaver.

Tilslutt ønsker jeg å rette en spesiell takk Lars Harald Heggen som ekstern veileder for gruppa. Uten han hadde ikke prosjektet vært gjennomførbart. Hans kunnskap har vært avgjørende for prosjektets eksistens. I tillegg har han gitt oss støtte og forståelse for omfanget og kompleksiteten av oppgaven. Mange takk.

# Vedlegg



# Formula1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Hegge

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil  
Mousavi

## Vedlegg gantt

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	OS	KS	4

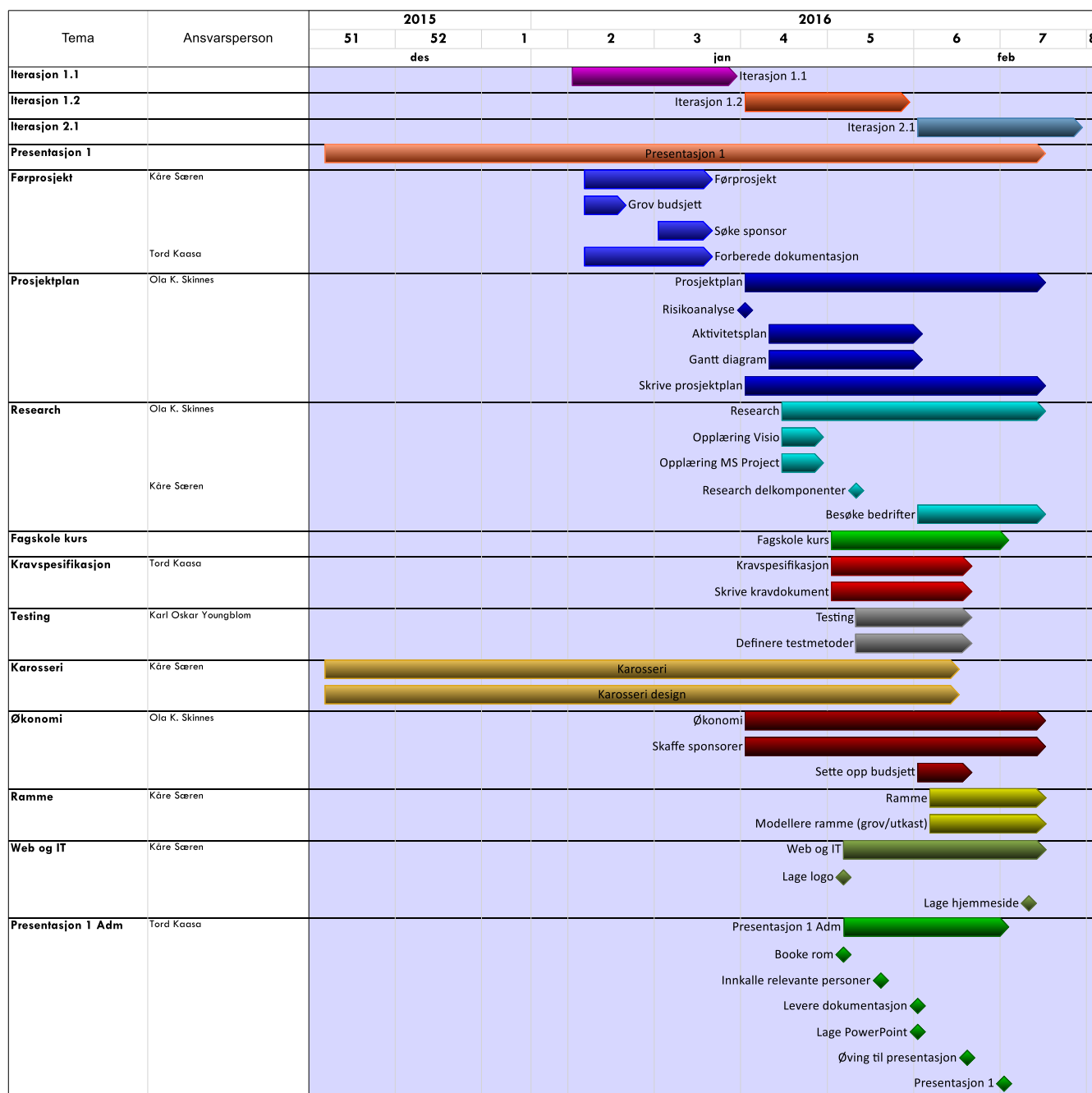
**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

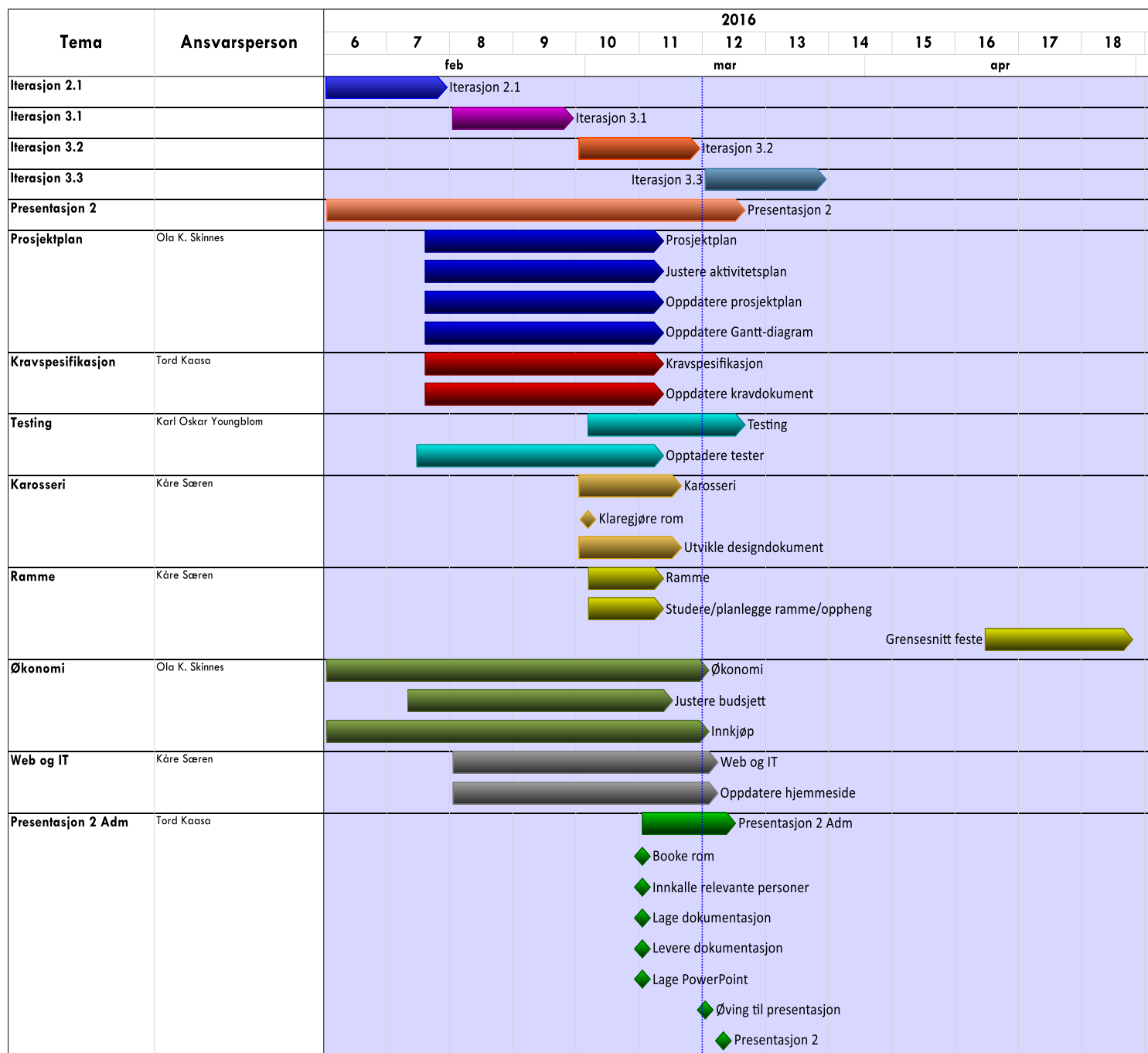
**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



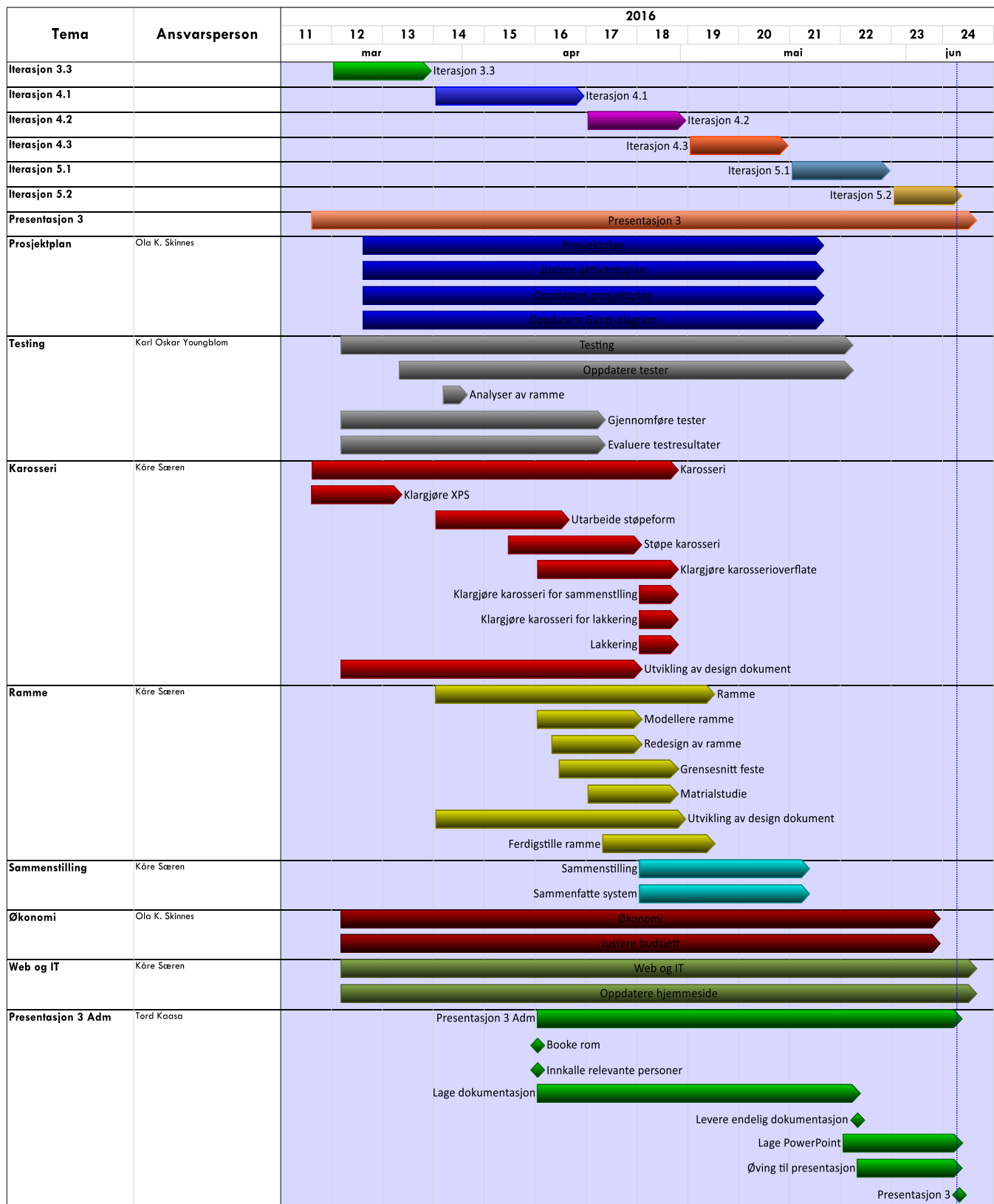
## Presentasjon 1



## Presentasjon 2



## Presentasjon 3





# Formula1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Vedlegg use case

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
3.0	23.05.2016	OS	KS	10

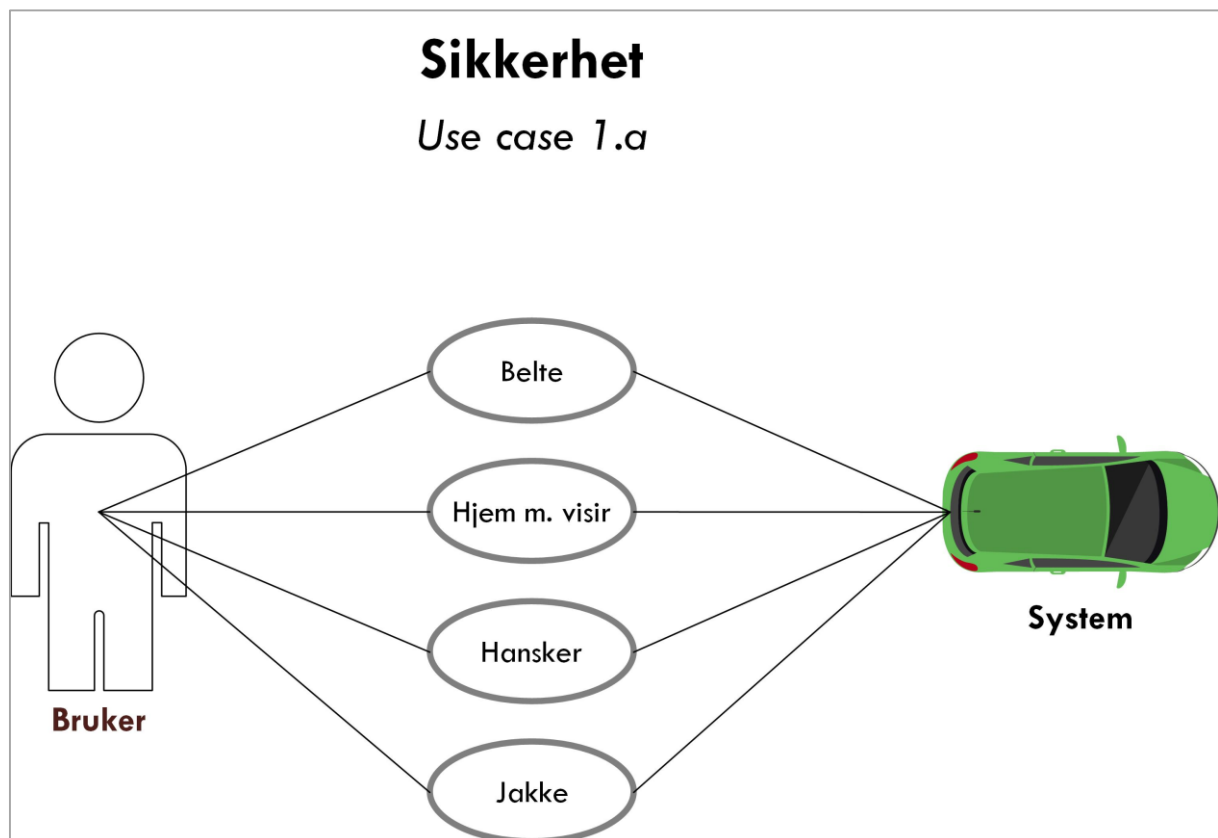
**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

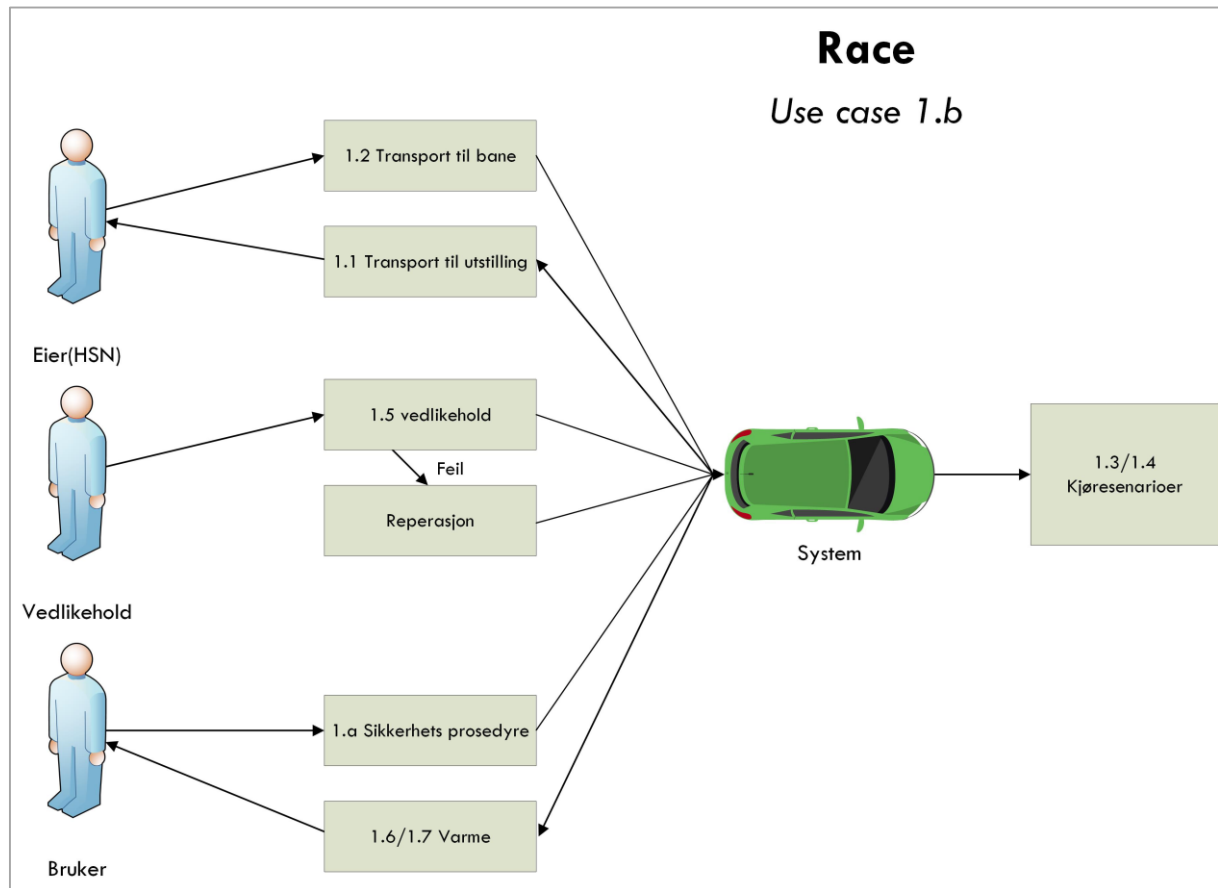
**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## Use case

Diagrammene under skal gi en forståelse av hvordan systemet skal fungere i forskjellige situasjoner.

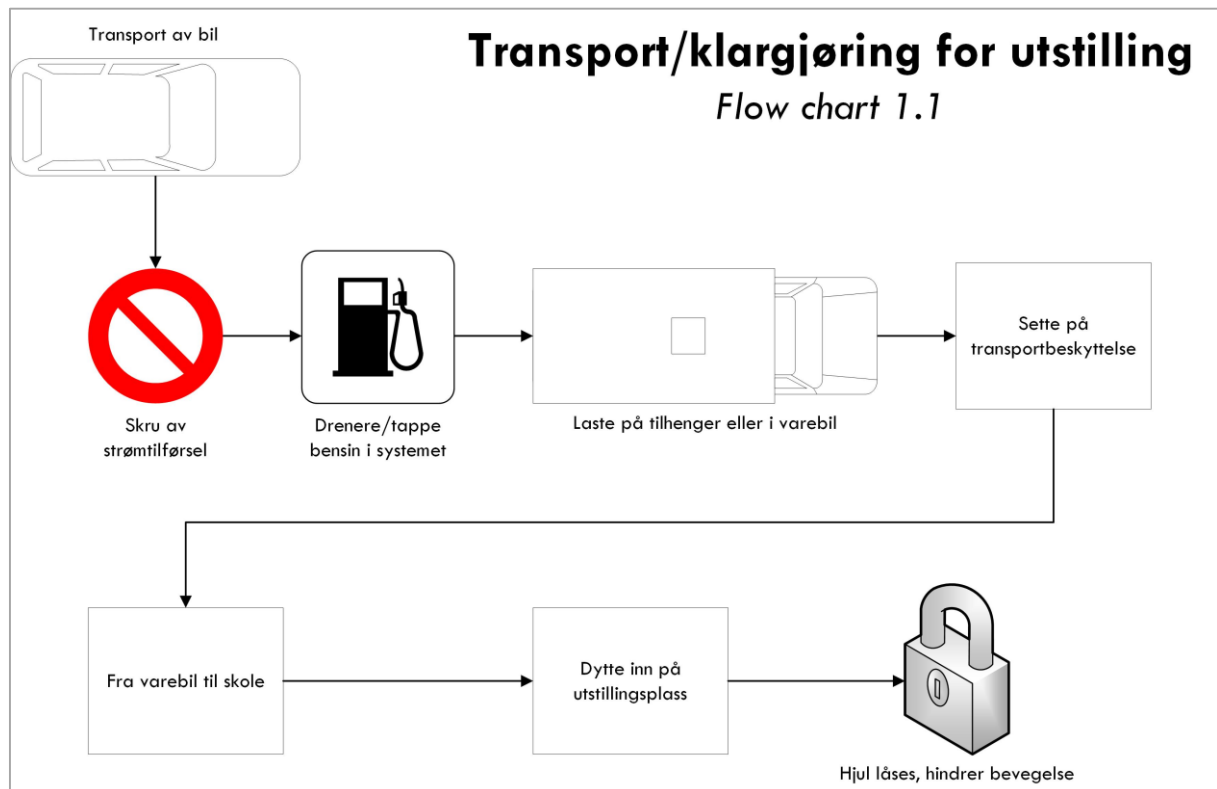


Når systemet tas i bruk er det visse sikkerhetshensyn som må ivaretas. Brukeren av systemet skal sikres igjennom bruks av belte, hjem med visir, hansker og jakke. Sikkerhet er viktig for å unngå skader på bruker eller omgivelsene rundt systemet.

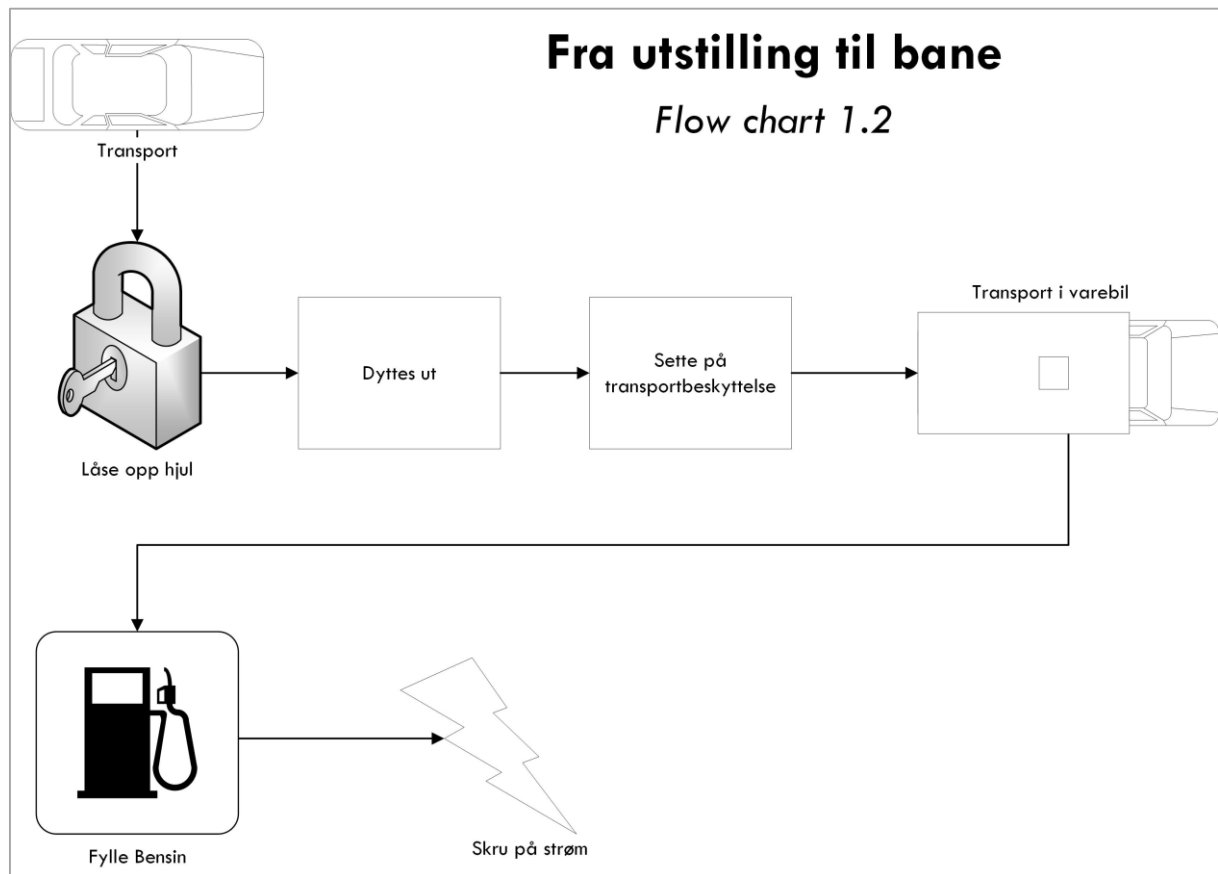


Dette er et use case som viser oversikt over forskjellige situasjoner systemet vårt skal være designet for. Hver situasjon i use casen er beskrevet nærmere på flow chartene under.

## Flow chart

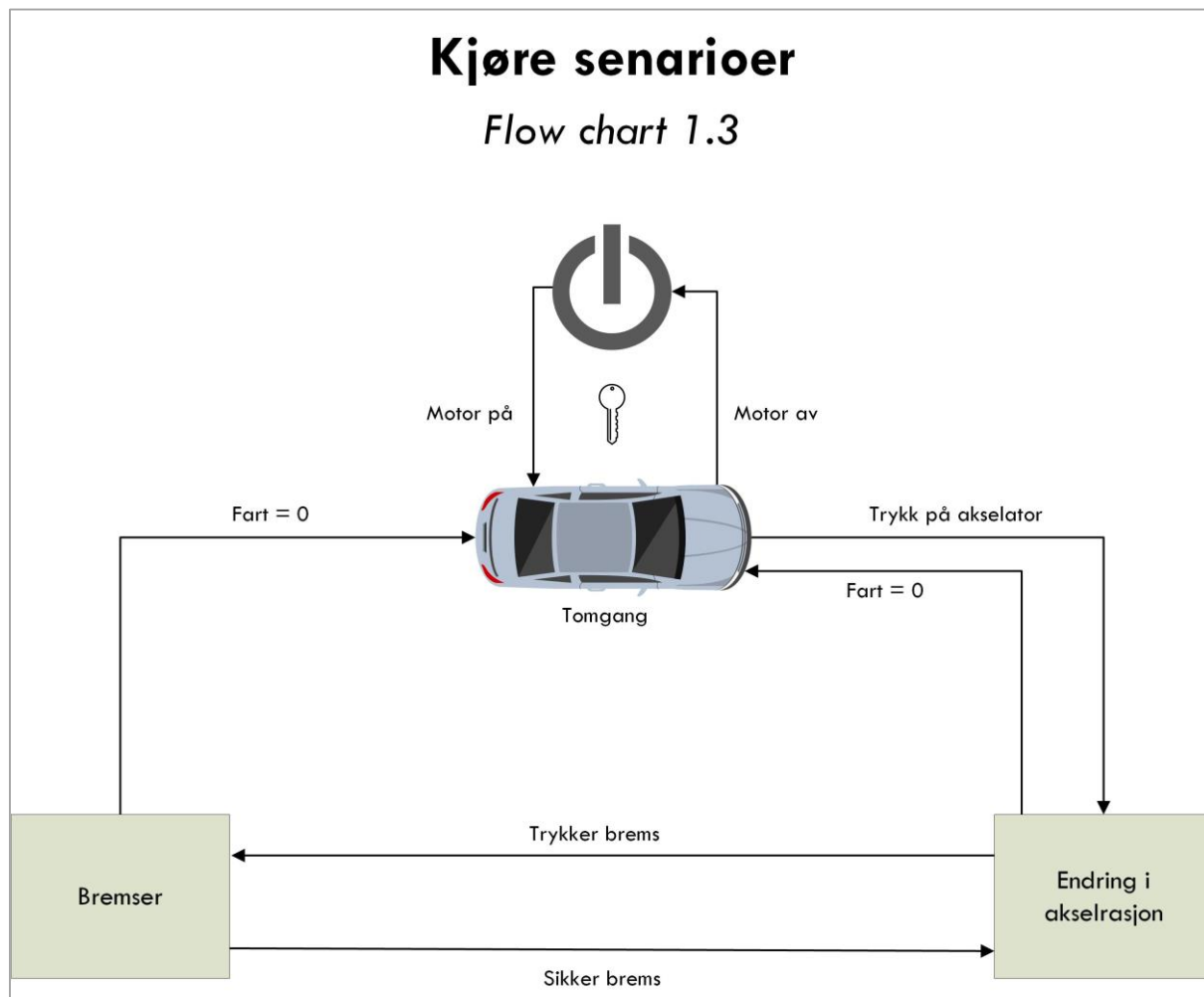


Flow charten ovenfor er en forklaring på hvilke hensyn som må tas i forbindelse med transport og klargjøring for utstilling.

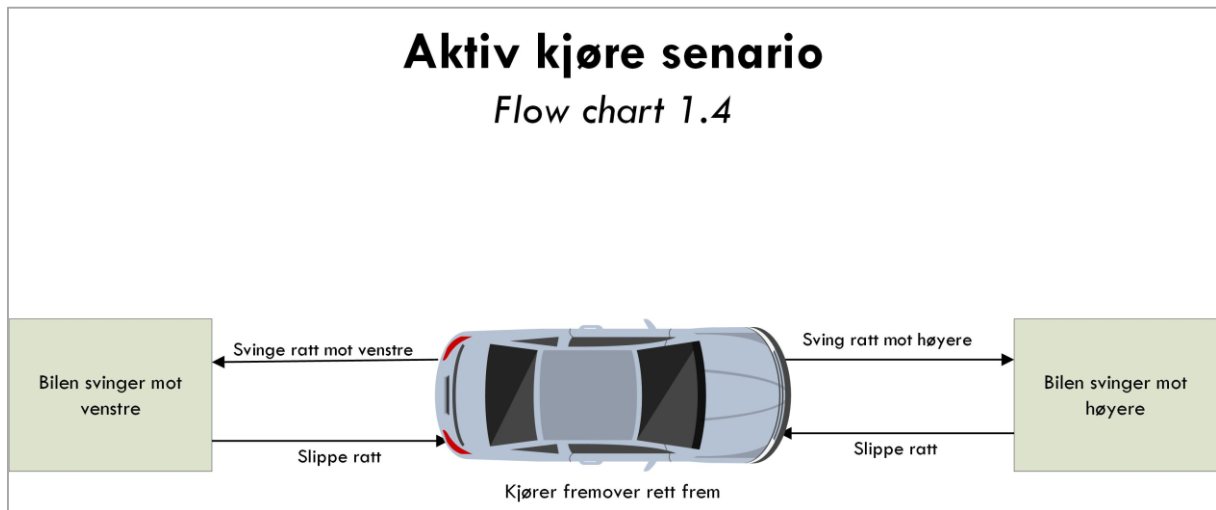


Flow charten viser hvilke forberedelser systemet må gjøre før den er klar til transport til racerbane.

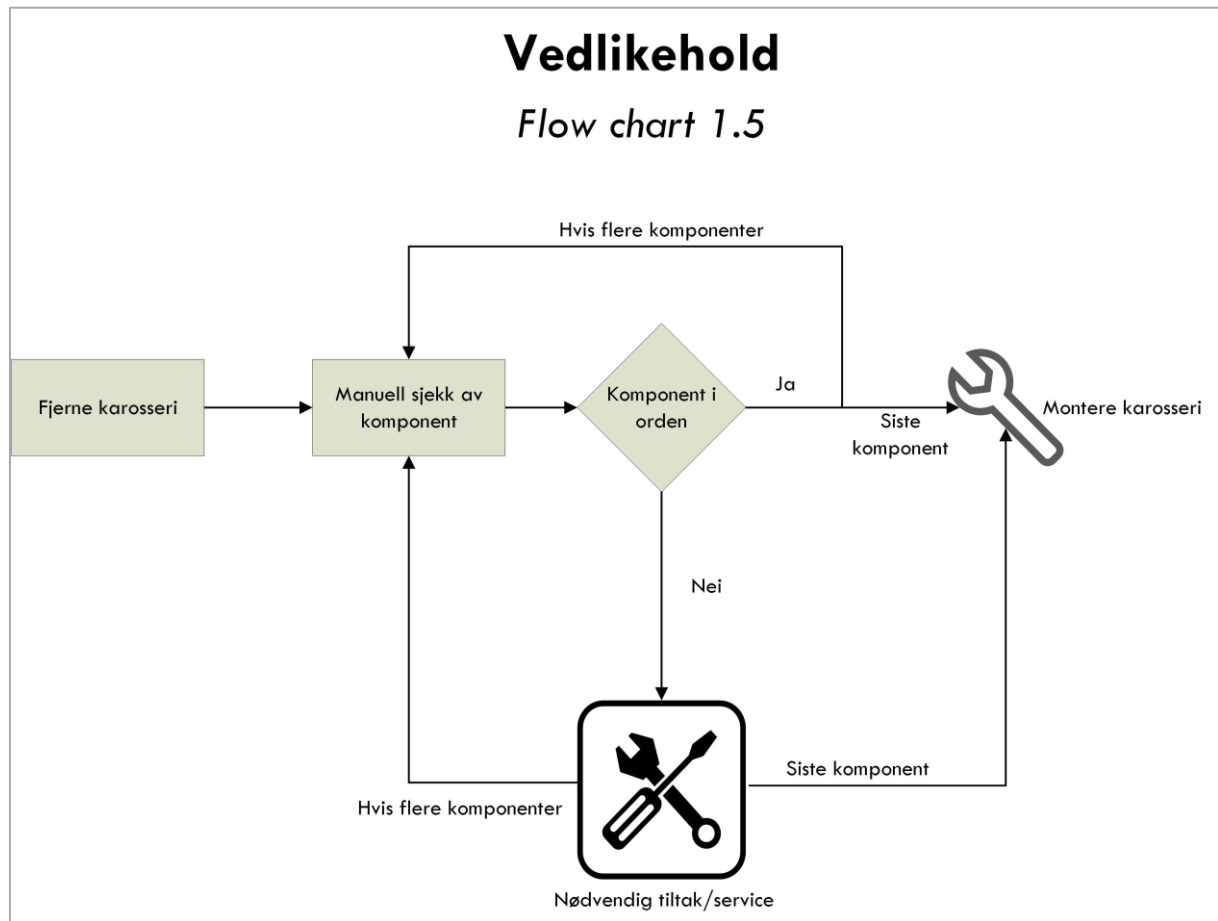




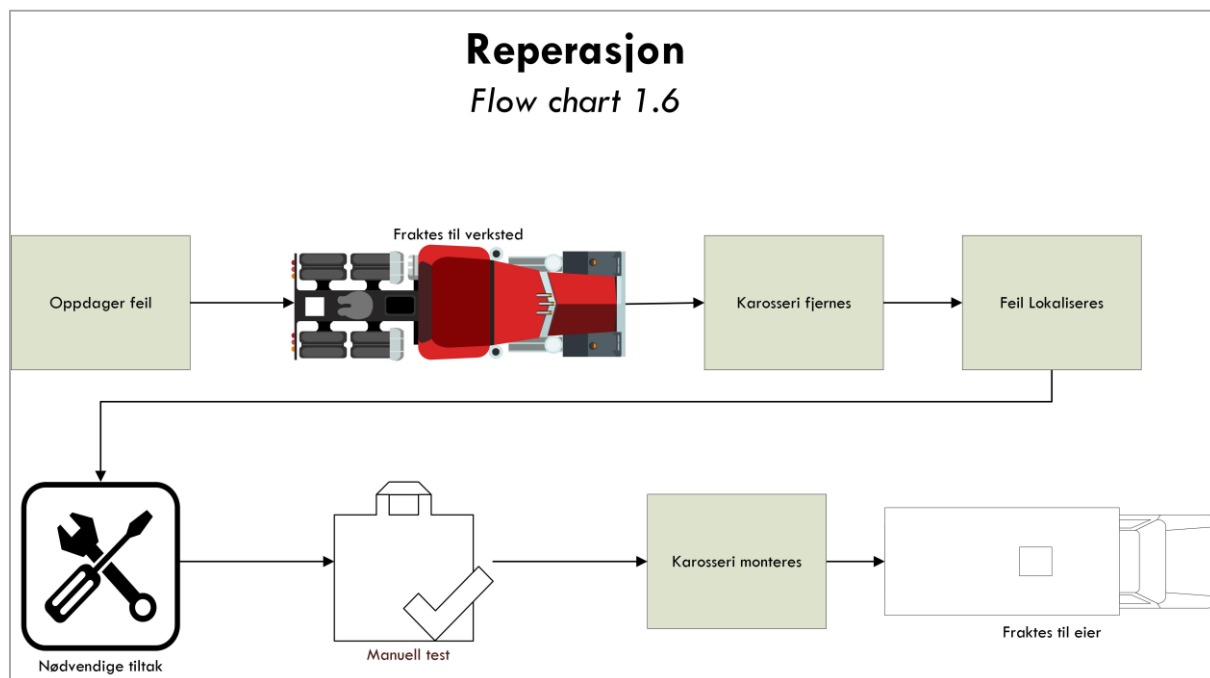
Flow charten viser noen enkle hendelser som oppstår når systemet er i drift. Situasjonene som er vist er at systemet skal kunne skrus av/på, kunne bremse og akselerere.



Flow charten viser systemet i litt mer aktiv kjøring. Systemet skal nå kunne svinge mot høyre og venstre. Kjøre bakover og fremover. Systemet skal også ha selvoppretning av styring.



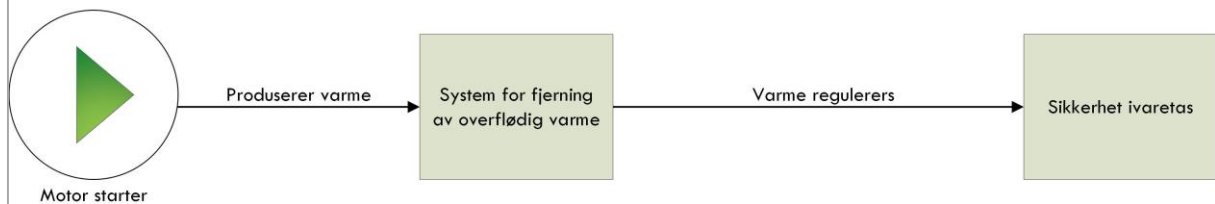
Flow charten viser hvordan det går frem ved vedlikehold av systemet. Karosseri avmonteres for å komme til interne komponenter. Karosseri skal monteres etter at alle komponenter er kontrollert



Flow charten viser hendelsesforløp når det oppdages feil i systemet. Systemet fraktes til verksted, karosseri tas av, feil skal lokaliseres. Feilen blir fikset, systemet settes sammen igjen og fraktes tilbake til ønsket posisjon.

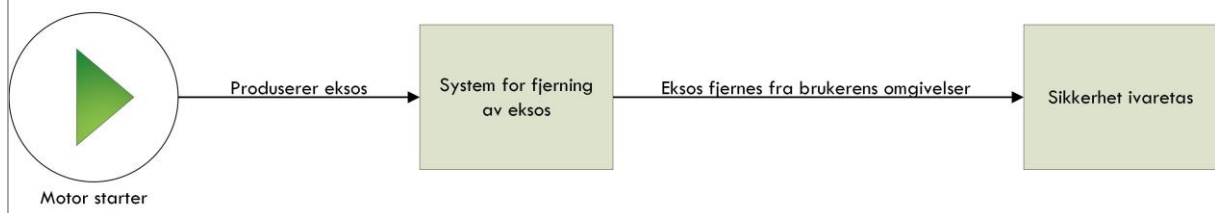
## Trygg fjerning av varme

Flow chart 1.7



## Trygg fjerning av eksos

Flow chart 1.8



Flow charten viser hvordan systemet fjerner varme og eksos fra brukeren. Systemet vil produsere varme og eksos. Varmen og eksosen går inn i et system som fjerner det vi ikke trenger slik at sikkerheten til brukeren ivaretas.



# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Sponsoroversikt

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	OS	TH	5

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norg

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

Tabell 1 - Dokumenthistorikk

Dokumenthistorikk			
Versjon Nr.	Dato	Godkjent av:	Beskrivelse:
1.0	23.02.2016	OS	Opprettelse av dokument
1.2	15.05.2016	OS	Oppdatert med nye sponsorer
2.0	20.05.2016	OS	Ferdigstilling

## Innhold

Sponsorer .....	3
Lindberg & Lund .....	3
Hurum plastindustrier .....	3
Teknos .....	3
Jackon .....	3
Norsk Stål.....	3
Atv Import.....	3
Hans Claussen.....	3
ProNor.....	3

## Liste over tabeller

Tabell 1 - Dokumenthistorikk.....	2
Tabell 2 - Oversikt over bedrifter.....	4

## Sponsorer

For å kunne gjennomføre dette prosjektet er vi helt avhengig av støtte fra eksterne bedrifter. Når prosjektet startet hadde vi ingen penger og ingen materialer. Dermed har vi brukt en god del tid på å søke midler slik at vi kan fullføre prosjektet. Det være seg mailforespørsel eller besøk hos bedrifter. Vi har fått mange negative svar hvor bedriftene dessverre ikke har anledning eller midler til å støtte oss. Nedfor er det en liste over alle bedriftene vi har vært i kontakt med i forbindelse med mulig støtte.

Når vi oppsummer nær prosjektslutt er det med ydmykhet og takknemlighet vi ser tilbake på alle bedriftene som har engasjert seg og bidratt til at vi kunne gjennomføre prosjektet. Bedrifter har villig stilt opp med materiell, kunnskap og maskiner til oss. Våre viktigste bidragsytere er:

### Lindberg & Lund

Lindberg & Lund har vært en viktig støttespiller for oss. De har støttet oss med materialer som karbonfiber, diverse utstyr og kunnskap. Materialene har vi fått kjøpe inn til deres innkjøpspris.

De har også introdusert oss for en ny teknologi hva gjelder å lime metaller sammen. Dette er noe vi har vurdert å ta i bruk, men på grunn av lite tid har vi valgt å ikke bruke dette limet. Teknologien er spennende og Lindberg & Lund har sagt seg villige til å holde kurs om dette for Fagskolen/Høgskolende. Dette tilbudet står fortsatt ved lag.

### Hurum plastindustrier

Hurum plastindustrier er en ledene og en bedrift med lang erfaring innen produkter av herde- og termoplast. Hurum Plastindustri har frest ur formen til vårt karosseri. Dette var en nøkkel for at vi kunne gjennomføre prosjektet. I ettertid ser vi at Hurum Plastindustri ble vår viktigste støtte spiller. De sponset oss 100% med fresingen.

### Teknos

Teknos driver med maling og lakk. De har støttet oss med lakk, lokaler og utstyr. Vi har hatt en tett dialog med Teknos under hele prosjektet. Teknos holder til på Spikkestad

### Jackon

Jackon driver med isolering og isopor. De har støtte oss med reduserte priser på isopor(XPS) som vi trenger i forbindelse med formen vi skal lage til karosseriet. Jackon holder til ved Fredrikstad.

### Norsk Stål

Norsk Stål har støtte oss med materialer og råmaterialer i forbindelse med ramme. Norsk Stål har hovedkontor i Vakås.

### Atv Import

Atv Import i Sandvika har gitt oss en meget god pris på crosskart. Delene til crosskartene skal vi bruke på vårt kjøretøy.

### Hans Claussen

Hans Claussen også fra Sandvika har gitt oss gode priser på epoxy, slippmiddel, peel ply og annet utstyr vi trengte i forbindelse med støpning av karbonfiber.

### ProNor

ProNor driver med 3D-modellering, 3D printing og annen Software. De har sagt seg villige til å støtte oss med kunnskap rundt 3D-modellering og FEM-analyser. ProNor holder til i Oslo.



Tabell 2 - Oversikt over bedrifter

Dato	Bedrift	Årsak	Bistår
27.01.16	Lindberg & Lund	Materiell støtte	Ja
29.01.16	Hurum Plastindustri	Teknologisk støtte	Ja
02.02.16	Jackon	Materiell støtte	Ja
10.01.16	Norsk Stål	Materiell støtte	Ja
25.01.16	Materiell støtte	Materiell støtte	Ja
22.01.16	ProNor	Teknologisk støtte	Ja
01.04.16	Hans Claussen AS	Materiell støtte	Ja
01.04.16	Atv Import	Materiell støtte	Ja
01.02.16	Statoil	Økonomisk støtte	Ikke svar
04.02.16	Nordic Arena	Økonomisk støtte	Ikke svar
02.02.16	Avinor	Økonomisk støtte	Ikke svar
21.01.16	7N	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Norwegian Reward	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Storebrand	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Tomra	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Norconsult	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Det Norske Veritas	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	PG Flow Solutions	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Proxdynamics	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Aker Solutions	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Autostrada	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Trondrud	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Sandvik	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Møller Bil	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Albjerk Bil	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Bilia	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Bilspiten	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Toyota	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Steinspruten	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Riis Bilglass	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Hurtigruta Bilglass	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Veidekke	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	AF-Gruppen	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Skanska	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Isachsen Gruppen	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Hæhre	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Alento	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Seal Engineering	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	SKF	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Induform	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Enova	Økonomisk støtte	Mulig å søke i 2017 <a href="mailto:evy.aspheim@enova.no">evy.aspheim@enova.no</a>
21.01.16	GKN Aerospace	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	FireNor	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	ABB	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	Gjensidige	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	Sparebanken 1	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	EFD Group	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	National Oilwell Varlo	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	Eltek	Økonomisk støtte	Nei

---

20.01.16	NYMO	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	Vinghøg	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	Telemark Technologies	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	Devotek	Økonomisk støtte	Nei
20.01.16	DNB	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Technograden	Økonomisk støtte	Nei
21.01.16	Statkraft	Økonomisk støtte	Nei



# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Vedlegg Regnskap

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
1.0	23.05.2016	OS	KS	5

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

Kategori	Produkt/tjeneste	Pris ink. Mva.	Pris for F1C	Forklaring
<b>Karosseri Støp</b>				
	Epoxy F121-034 ampreg 21 Resin 10kg	2 063	1 650	Epoxy til Støpning
	Epoxy F121-037 ampreg sett hard slow 21 3.3kg herder	1 231	985	Herder til epoxy
	Peel ply pes90 1650mm(26m2)	990	792	Peel play til støpning
	Perforated Release Film ELA20 100cm 400m2/r (16m2)	200	160	Pin pricht til støpning
	Gurrit PVCELL 80kg 6mm 1220x1220 cross sheet (1,44m2)	180	144	Sandwich materialet til avstivning
	Sealant tape LSM 1310 0,25x1,2mm 15m/r (4 ruller)	325	260	Tape for å tette vakuumbag
	Tensor grip super tack M55 in 500ml	158	126	Feste duken både for karosseri og strekkprøver
	Infuplex OM70 145cm 145m2 10,15m2	571	457	
	Kjøkkensaks. Professional	139	139	Saks for å klippe karbonfiberduk
	Vinylhansker .L. 50par	60	60	Tomt for hansker på K-lab
	Pensel. Super soft 100mm (2stk)	160	160	Pensel til å pensle ut epoxy
	Slangenippel 1/4" - 4mm	30	30	Nippelsett for kobling av vakuumslange
	Drivstofftrykkmåler (2stk)	200	200	Trykkmåler for å kontrollere vakuumtrykk
	Slangenippel sortiment	159	159	Trykkmåler for å kontrollere vakuumtrykk
	Vakuumslange 04mm 3m	60	60	Vakuumslange
	Aldringsbestandig byg 2.7x25m	369	369	Byggplast til vakkumbag
	Dampsperre 2,6x15m	365	365	Byggplast til vakkumbag
	Malertape 25mx38mm	169	169	Tape kanten av støpeform
	Vakuumslange 04mm 3m(2stk)	120	120	Vakuumslange
	Kuleventil 3/8" ( 2stk)	180	180	Kulekran for å regulere vakuumtrykk
	Turbotrykkmåler	159	159	Slangenippel til vakuum
	Slangenippel 1/4"-4mm	30	30	Slangenippel til vakuum
	Bøssing 3/8"x1/4"(10x8mm) (2stk)	40	40	Overgang til trykkmåler
	Gjengetape "proffs" 12mmx10	10	10	Gjengetape til trykkmåler
	Gjengetape "gass" 12mmx8	10	10	Gjengetape til trykkmåler
	Karbonfiber 600G/m2 rwill 12k (15,6m2)	16 029	5 343	Karbonfiberduk
	Optiform dampsperre 2,60m rull	239	239	Byggplast til vakkumbag
	Bunnfyllingslist 20mm 50m	169	169	Avstivning til karosseri
	Karbonfiber 600G/m2 rwill 12k (6m2)	6 165	2 055	
<b>Sum</b>		<b>30 580</b>	<b>14 640</b>	

Kategori	Produkt/tjeneste	Pris ink. Mva.	Pris for FIC	Forklaring
Karosseri Støpeform	Epoxy sp106 sett 3kg	750	600	Epoxy til støpeform
	Finsparkel 1kg	119	119	Sparkel til støpeform
	Finsparkel 1kg	119	119	Sparkel til støpeform
	Sprøytesparkel 1l m/herder (2stk)	669	669	Sparkel til støpeform
	Just .K-virke tre T	436	392	Treverk til ramme av støpeform
	LL Multi Purpose spraylim 500ml (12 stk)	1 860	930	Spraylim for å lime sammen isoporplater
	Jackofoam 200 600*1200*100mm (17 pakker)	9 500	3 437	Isoporplater til støpeform
	Slipesvamp fin 180 fridberg (2stk)	58	58	Slipepapir
	Grundprimer gul	307	307	Primer til støpeform
	Vernebrille	20	20	Vernebriller til sprøyting av sparkel
	Epoxykitt. Tre	70	70	Epoxy til tetting av støpeform
	Dysesett 2,0mm	139	139	Større dyse til sprøytesparkel
	Tape vev 50mmx10m sv allround	30	30	Tape til støpeform
	Halvmaske integr filter 4251B	299	299	Filtermaske til pussing
	Slipesvamp 100x70x25mm	35	35	Slipepapir til pussing
	Epoxyprimer 1l	199	199	Primer til støpeform
	Smergelduk 2mx70mm korn 100	45	45	Pussepapir
	Filtermaske FFP3 3stk	70	70	Maske til pussing
	Slipesvamp 141x115mm 3stk	70	70	Slipepapir til støpeform
	H-rdare 35g	40	40	Herder til biltemasparkel
	Standardsprinkel 1,5kg	139	139	Sparkel til støpeform
	Støvmaske 5stk	50	50	Støvmaske til pussing
	Sikabond foamfi	249	249	Skum til isoporplater
	Jordan R.bøyle 2 stk	80	80	Malingsrulle til støpeform
	Jordan rull	39	39	Rull til malingsrulle
	Jordan minirull	39	39	Rull til malingsrulle
	Jordan basic je	29	29	Rull til malingsrulle
	Slipekloss(kork) 2stk	34	34	Slipepapir til støpeform
	Slipekloss av gumi 2 stk	46	46	Slipepapir til støpeform
	Våtpapir 10stk 1200	50	50	Slipepapir til støpeform
	Våtpapir 10stk 240	40	40	Slipepapir til støpeform
	Våtpapir 10stk 400	47	47	Slipepapir til støpeform
	Våtpapir 10stk 800	50	50	Slipepapir til støpeform
	Pensel rund per	95	95	Pensel til epoxy i støpeform
	Jordan pensel gofla 2stk	70	70	Pensel til epoxy i støpeform
	10mm fugebrett 125x195mm	50	50	Brett å ha maling på
	Gummi sparkler 3stk	80	80	Til påføring av sparkel
	Standardsprinkel 1,5kg	139	139	Sparkel til støpeform
	H-rdare 35g	40	40	Herder til biltemasparkel

Trelim	269	242	Lim til isopor plater
Power tape 2stk	80	72	Tape til støpeform
Sikabond foamfi 2stk	498	448	Lim til isoporplater
Fugeskumpistol	269	199	Til liming av isoporplater
Bajonettsagbl.	60	54	Til å skjære isoporplater
Sikabond foamfi 2stk	498	448	Lim til isoporplater
Markeringspenn	10	9	Markere isoporplater
Coop tørkeruller	42	42	Tørk til støpeform
Konditorfarge 4x10g	31	31	Farge som gjøre det lettere å pusse
Lakksprøyte "proff"	329	329	Lakksprøyte til sprøytesparkel
Tørkerull, centerfed	25	25	Tørk til støpeform
Vinylhansker .M. 50par	60	60	Hansker til pussing
Vinylhansker .L. 50par	60	60	Hansker til pussing
Smergelduk 2mx70mm korn 150	45	45	Slipepapir
Smergelduk 2mx70mm korn 100	45	45	Slipepapir
Smergelduk 2mx70mm korn 50	45	45	Slipepapir
Jordan Pensel gofla	20	18	Pensel til epoxy i støpeform
Jordan Pensel gofla 3stk	105	95	Pensel til epoxy i støpeform
Sprøytesparkel 11 m/herder 2stk	840	840	Sparkel til støpeform
Sprøytesparkel 11 m/herder 2stk	669	669	Sparkel til støpeform
Papirleire silkis hvit 400g	99	99	Leire til å tette sprekker i støpeform
Fimo soft julerød 57g (2stk)	64	64	Til leirestøp av liten modell
Gipsbind 10cm 3meter	29	29	Gipsstøp av modell
Alabastgips 1kg	69	69	Gips til å dekke støpeform
Fresing Hurum Plastindustri 92 timer 1000kr/per time	115 000	-	Fresing av støpeform
<b>Sum</b>	<b>135 462</b>	<b>13 051</b>	

Kategori	Produkt/tjeneste	Pris ink. Mva.	Pris for F1C	Forklaring
<b>Karosseri Sammenstilling</b>				
	Kantlist 9mm	90	90	Dekke kant
	Maskeringstape kurve 19mmx50m	45	45	Lakking av bil
	Klarlakk	80	80	Lakking til bil
	Utbedringslakk	80	80	Lakking til bil
<b>Sum</b>		<b>295</b>	<b>295</b>	

Kategori	Produkt/tjeneste	Pris ink. Mva.	Pris for F1C	Forklaring
<b>Ramme</b>				
	Lastestropp max	43	43	Lastsikking av crosskart
	Gressklipperolje	70	70	Olje til crosskart
	125cc Crosscart sort	14 995	10 000	Deler til bil
	Stål	9 780	-	Stål til ramme
	<b>Sum</b>	<b>24 888</b>	<b>10 113</b>	

<b>Totalt uten spons</b>	<b>191 225</b>
<b>Totalt brukt for F1C</b>	<b>38 099</b>
<b>Totalt innhentet i spons</b>	<b>153 126</b>





# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Vedlegg ukentlig timefordeling

[WWW.F1COMPOSITES.NO](http://WWW.F1COMPOSITES.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
1.0	18.05.2016	OS	TH	2

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norg

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge



Tabell 1 - Ukentlig oversikt

Navn:	Ukenr:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ola		26	7	29	33	44	36	35	20	41	47	20	8	8	4	41	56	34	60	51
Tord		27	31	34	40	39	23	21	32	24	44	32	22	25	22	29	38	40	51	64
Karl Oskar		27	28	29	26	51	32	32	28	28	47	37	4	8	4	36	59	40	54	41
Kåre		27	33	25	37	55	38	30	29	42	59	49	10	12	0	57	65	23	61	73
<b>Totalt per uke</b>		<b>107</b>	<b>89</b>	<b>117</b>	<b>136</b>	<b>189</b>	<b>129</b>	<b>118</b>	<b>99</b>	<b>125</b>	<b>197</b>	<b>123</b>	<b>44</b>	<b>53</b>	<b>30</b>	<b>153</b>	<b>218</b>	<b>132</b>	<b>226</b>	<b>229</b>

Tabell 2 - Totalt antall timer

Navn:	Timer totalt	Estimert timer totalt
Ola	600	750
Tord	638	788
Karl Oskar	602	752
Kåre	725	875

Tabellene over viser arbeidsfordelingen per person gjennom prosjektet. Ikke uventet har Kåre noen flere timer enn resterende. Han har lagt ned en ekstraordinær innsats gjennom hele prosjektet. Tabell 2 gir en oversikt over totalt antall timer hver person har brukt. Her har vi lagt med estimert antall timer til prosjektslutt. Vi planlegger å bruke ca. 50 timer per person per uke de siste tre ukene frem til siste presentasjon.



# Formula1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Vedlegg tidsbruk

[WWW.F1CNO](http://WWW.F1CNO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	OS	KS	3

**Oppdragsgiver:**

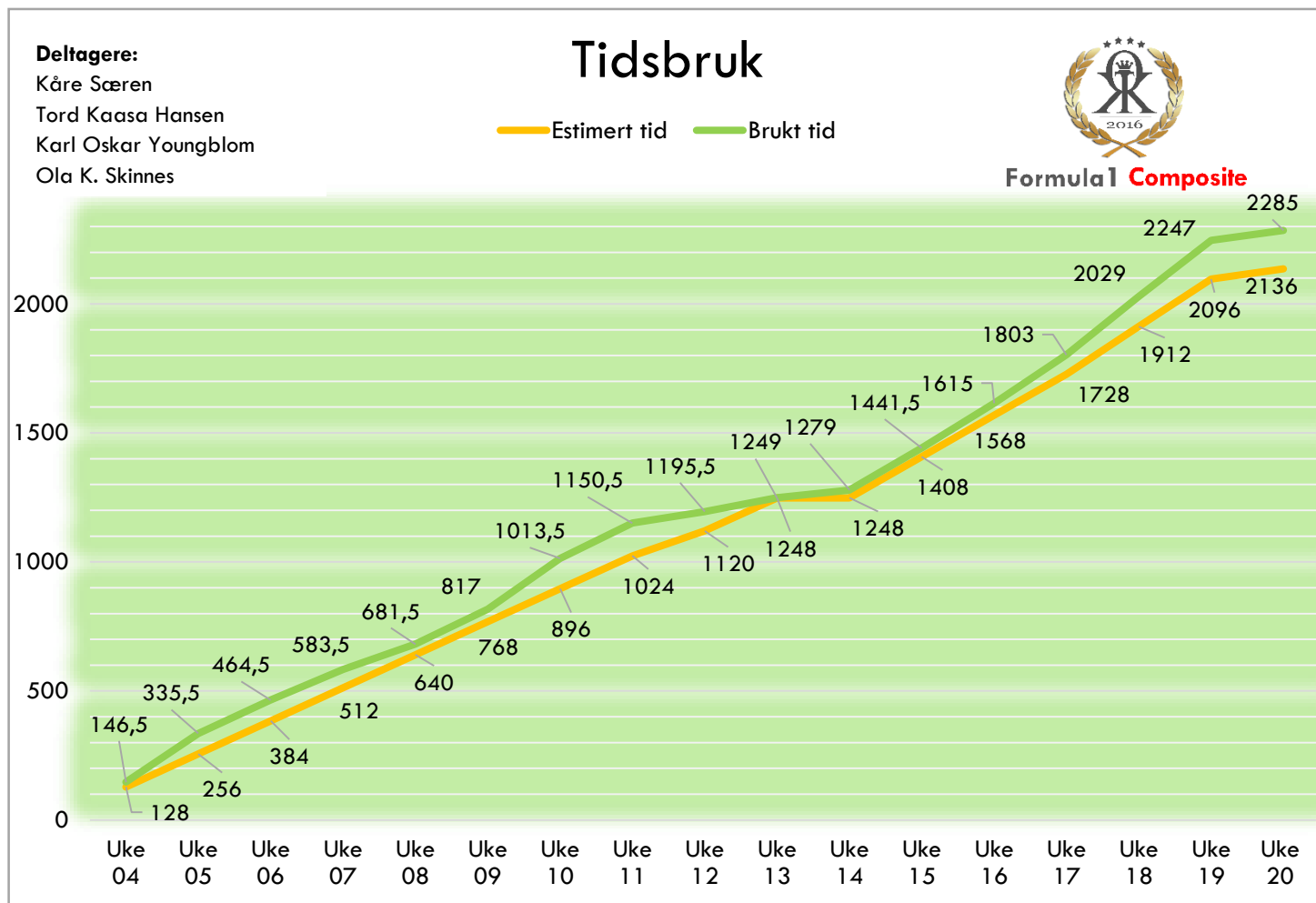
Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

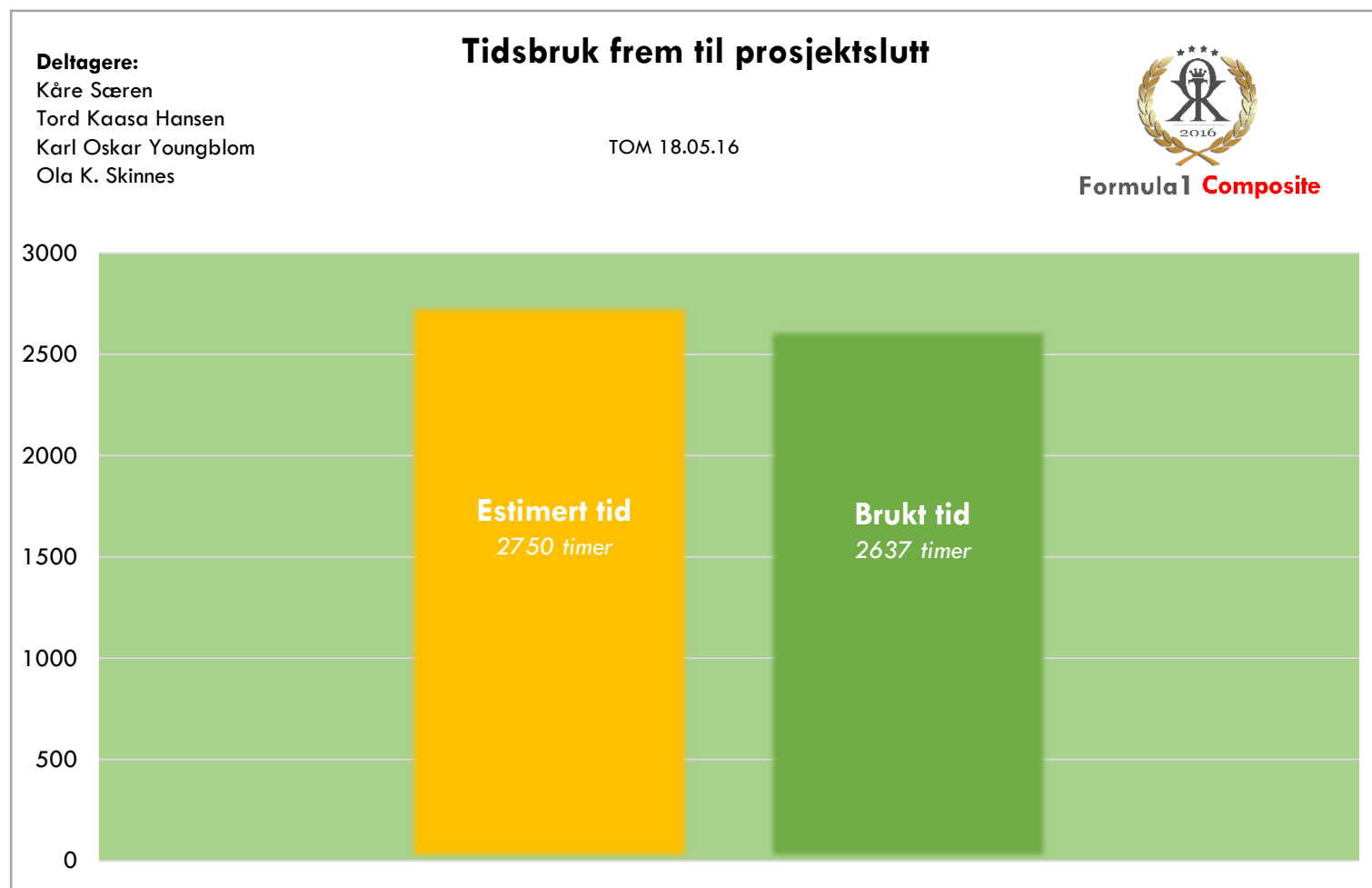
## Tidsbruk

To diagrammer gir oversikt over tidsbruken til gruppen. Figur 1 viser tidsbruken fra uke til uke. Den gule streken sier noe om hvor mye vi har planlagt å bruke, mens den grønne sier hvor mange timer vi faktisk har brukt. Grunnen til at vi startet i uke 4 er fordi prosjektet ble godkjent av skolen denne uken, dermed ble det prosjekt start.

Figur 1 - Tidsbruk uke for uke



Figur 2 - Total tidsbruk



Figur 2 gir en oversikt over hvor langt vi har kommet i prosjektet. Den gule stolpen sier noe om hvor mange timer vi har estimert å bruke på hele prosjektet. Mens den grønne sier hvor mange timer vi har brukt frem til dags dato.



# Formula 1 Composite

**Gruppe:**

Kåre Særen  
Ola K. Skinnes  
Tord Hansen Kaasa  
Karl Oskar Youngblom

**Ekstern Veileder:**

Siv. Ing. Lars Harald Heggen

**Intern Veileder:**

Professor dr. Mehdi Gebreil Mousavi

## Vedlegg oppfølgingsdok.

[WWW.F1C.NO](http://WWW.F1C.NO)

Revisjon	Utgitt	Dok. eier	Godkjent av	Sider
2.0	23.05.2016	OS	KS	29

**Oppdragsgiver:**

Kongsberg Institutt for Ingeniørfag ved Høgskolen i Sørøst-Norge

**HSN** Høgskolen  
i Sørøst-Norge

## 1.0 Uke 5

Oppfølging dokument						Uke: 5
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
2.2	Skrive kravspesifikasjon	8	9	-1,0		
1.1	Prosjektplanlegging	18	17	1,0		
1.7	Gantt diagram	2	9	-7,0	Skrive ferdig diagram før pres. 1	
102.1	Presentasjon 1 Adm	8	9	-1,0		
Sum		37,5	45,5	-8		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
102.1.5	Lage PowerPoint	10		10,0		
102.1.3	Lage dokumentasjon	10		10,0		
102.1.6	Øving presentasjon	9		9,0		
102.1.7	Presentasjon 1 fremføring	3		3,0		
Sum		33,5	0	33,5		
Status / Kommentar:						
Jobbet over det som var planlagt pga. Presentasjon 1.						

Oppfølging dokument						Uke: 5
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
101.1	Veiledningsmøte	1	1	0,0		
3.1	Definere testmetoder		13	-13,0		
3.7	Skrive testdokument		15	-15,0		
105.3	Idedokument		2,5	-2,5		
1.1	Prosjektplan		3,5	-3,5		
105.3	Forstudie		1,5	-1,5		
102.1.3	Ferdigstille dok. Pres 1		15	-15,0		
Sum		1,5	52	-50,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5		0,5		
101.1	Veiledningsmøte	1		1,0		
102.1.5	Presentasjon 1 PowerPoint	9		9,0		
102.1.6	Presentasjon 1 Øving	14		14,0		
102.1.7	Fremføring Presentasjon 1	4		4,0		
100.3	Oppfølgingsdokumenter	3		3,0		
Sum		31,5	0	31,5		
Status / Kommentar:						
Mye jobb pga presentasjon 1.						

Oppfølging dokument						Uke: 5
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
4.4	Undervisning med fagskolen	3	3	0,0		
101.5	Veileder møte	2	2,5	-0,5		
4.5	Besøke Lindberg & Lund	3	5,5	-2,5		
1.1	Prosjektplanlegging	9	15,5	-6,5		
102.1.3	Forberede dokumentasjon pres. 1	8	17,5	-9,5		
102.1.5	Lage PowerPoint pres.1	8	9,5	-1,5		
Sum		34,5	53,5	-19		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
4.4.	Undervisning fagskolen	3		3,0		
102.1.5	Lage PowerPoint pres.1	8		8,0		
102.1.6	Øving Pres. 1	17		17,0		
102.1.7	Presentasjon 1 fremføring	3		3,0		
Sum		32,5	0	32,5		
Status / Kommentar:						
Mye jobb før presentasjon 1						

Oppfølging dokument						Uke: 5
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
1.1	Prosjektplanlegging		4	-4,0		
1.2	Risikoanalyse		1	-1,0		
1.5	Skrive prosjektplan		6	-6,0		
2.1	Definere krav		1	-1,0		
2.2	Skrive kravdokument		9,5	-9,5		
4.4	Fagskole kurs		3	-3,0		
101.1	Møte med intern veileder		1	-1,0		
102.1	Bokke rom		3	-3,0	Måtte vente på resepsjonist	Brukte tiden til å lese prosjektplan
102.1.3	Lage dokumentasjon		5	-5,0		
102.1.5	lage powerPoint for presentasjon		4,5	-4,5		
Sum		0	38	-38		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
102.14	Levere dokumentasjon	2		2,0		
102.1.5	lage powerPoint for presentasjon	12		12,0		
102.1.6	Øving til presentasjon	7,5		7,5		
102.1.7	Presentasjon 1	3,5		3,5		
101.1	Møte med intern veileder	1,5		1,5		
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
100.2	Iterasjonsdokument	3		3,0		
100.3	Oppfølgingsdokument	1		1,0		
100.5	Møtereferat	0,5		0,5		
Sum		31,5	0	31,5		
Status / Kommentar:						

## 2.0 Uke 6

Oppfølging dokument						Uke: 6
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
102.1.5	Lage PowerPoint	10	11	-1,0		
102.1.3	Lage dokumentasjon	10	10	0,0		
102.1.6	Øving presentasjon	9	10	-1,0		
102.1.7	Presentasjon 1 fremføring	3	5	-2,0		
Sum		33,5	37,5	-4		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
1.4	Aktivitetsplan	8		8,0		
1.8	GanttDiagram	4		4,0		
103.2	Budsjett	4		4,0		
100.5	Møtereferat	1		1,0		
103.1	Spons	2		2,0		
3.7	Testspesifikasjon	8		8,0		
5.13	Matrial dok. Karosseri	3		3,0		
Sum		31,5	0	31,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 6
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
101.1	Veiledningsmøte	1	1	0,0		
102.1.5	Presentasjon 1 PowerPoint	9	7	2,0		
102.1.6	Presentasjon 1 Øving	14	14	0,0		
102.1.7	Fremføring Presentasjon 1	4	5,5	-1,5		
100.3	Oppfølgingsdokumenter	3	4	-1,0		
Sum		31,5	32	-0,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5		0,5		
100.2	Iterasjonsdokument	6		6,0		
3.7	Test spesifikasjon	10		10,0		
100.5	Oppfølgingsdokument	0,5		0,5		
103.1	Spons	4		4,0		
1.4	Aktivitetsplan	6		6,0		
5.12	Produksjon metode	4		4,0		
101.1	Veiledningsmøte	1		1,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						



Oppfølging dokument						Uke: 6
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
4.4.	Undervisning fagskolen	3	3	0,0		
102.1.5	Lage PowerPoint pres.1	8	5	3,0		
102.1.6	Øving Pres. 1	17	24	-7,0		
102.1.7	Presentasjon 1 fremføring	3	5	-2,0		
Sum		32,5	38,5	-6		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
103.1	Spons	2		2,0		
4.5	Besøke bedrifter	4		4,0		
5.1	Karosseri design	12		12,0		
6.1.1	Modellere ramme (grov)	8		8,0		
100.5	Møterefereat	1		1,0		
100.3	Oppfølgingsdokument	0,5		0,5		
4.4	Fagskole kurs	3		3,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						
Viktig at strategi for utforming av støpeform blir satt uke 7 og HSN godkjenner budsjett.						

Oppfølging dokument						Uke: 6
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
102.14	Levere dokumentasjon	2	0	2,0		
102.1.5	lage powerPoint for presentasjon	12	6	6,0	Tap av nært familiemedlem	
102.1.6	Øving til presentasjon	7,5	8	-0,5		
102.1.7	Presentasjon 1	3,5	5	-1,5		
101.1	Møte med intern veileder	1,5	1,5	0,0		
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
100.2	Iterasjonsdokument	3	0	3,0		
100.3	Oppfølgingsdokument	1	0	1,0		
2.3	Kravspesifikasjon	0	2,5	-2,5	Nødvendig	
Sum		31	23,5	7,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
1.1	Prosjektplanlegging	5		5,0		
2.3	Kravspesifikasjon	3		3,0		
101.4	Møte internt	3,5		3,5		
101.1	Møte med intern veileder	1		1,0		
5.12	Produksjonsdokument	5		5,0		
5.13	Materialdokument	2		2,0		
4.4	Kurs med intern veileder	3		3,0		
Sum		23	0	23		
Status / Kommentar:						
Min tante gikk dessverre bort søndag 7 februar. Derfor har jeg ikke fått fullført mine arbeidsoppgaver. Derfor har vi bestemt at jeg ikke skal ha full uke neste uke						

## 3.0 Uke 7

Oppfølging dokument						Uke: 7
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
1.4	Aktivetsplan	8	6	2,0		
1.8	GanttDiagram	4	4	0,0		
103.2	Budsjett	4	6	-2,0		
100.5	Møtereferat	1	1	0,0		
103.1	Spons	2	2	0,0		
3.7	Testspesifikasjon	8	8	0,0		
5.13	Matrial dok. Karosseri	3	6	-3,0		
Sum		31,5	34,5	-3		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.13	Matrialdokument karosseri	10		10,0		
5.12	Produksjonsdokument kraosseri	4		4,0		
5.4	Utforming Støpeform	10		10,0		
Sum		25,5	0	25,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 7
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
100.2	Iterasjonsdokument	6	11,5	-5,5		
3.7	Test spesifikasjon	10	8	2,0		
100.5	Oppfølgingsdokument	0,5	0,5	0,0		
103.1	Spons	4	0	4,0		
1.4	Aktivetsplan	6	0	6,0	Annen fordeling av oppgaver	Ingen
5.12	Produksjon metode	4	11	-7,0	Annen fordeling av oppgaver	Ingen
101.1	Veiledningsmøte	1	2	-1,0		
Sum		32	33,5	-1,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
4.4	Undervisning	3		3,0		
101.1	Veiledningsmøte	3		3,0		
5.13	Matrialdokument karosseri	9		9,0		
5.2	Isoporform	9		9,0		
Sum		24	0	24		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 7
						Kåre Særen
<b>Utført aktivitet:</b>						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	2	-1,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
103.1	Spons	2	7,5	-5,5	Trenger penger og utstyr	
4.5	Besøke bedrifter	4	2,5	1,5		
5.1	Karosseri design	12	5	7,0		
6.1.1	Modellere ramme (grov)	8	0	8,0		
100.5	Møterefereat	1	0	1,0		
100.3	Oppfølgingsdokument	0,5	0	0,5		
1.1	Planlegging og tilrettelegging	0	5	-5,0		
101.4	Møte med Per Olve	0	4,5	-4,5		
4.4	Fagskole kurs	3	3	0,0		
Sum		32	30	2		
<b>Planlagt aktivitet neste uke:</b>						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
6.1.1	Modellere ramme (grov)	12		12,0		
5.1	Karosseri design	14		14,0		
103.1	Spons	4,5		4,5		
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
Sum		32	0	32		
<b>Status / Kommentar:</b>						

Oppfølging dokument						Uke: 7
						Tord Hansen Kaasa
<b>Utført aktivitet:</b>						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
1.1	Prosjektplanlegging	5	7	-2,0	Tok noe lenger tid	
2.3	Kravspesifikasjon	3	3,5	-0,5		
101.4	Møte internt	3,5	2	1,5		
101.1	Møte med intern veileder	1	0	1,0	Ingen møte denne uken	
5.12	Produksjonsdokument	5	5	0,0		
5.13	Materialdokument	2	1	1,0		
4.4	Kurs med eksternveileder	3	3	0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		23	22	1		
<b>Planlagt aktivitet neste uke:</b>						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Møte med intern veileder	0,5		0,5		
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
100.3	Oppfølgingsmøte	0,5		0,5		
5.12	Produksjonsdokument	16		16,0		
5.13	Materialdokument	12		12,0		
101.2	Møte med ekstern veileder	1		1,0		
		1,5		1,5		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		32	0	32		
<b>Status / Kommentar:</b>						
Uken har gått ok. Å utarbeide maler for teknologidok tok noe lenger tid enn planlagt						

## 4.0 Uke 8

Oppfølging dokument						Uke: 8
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.13	Materialdokument karosseri	10	16	-6,0		
5.12	Produksjonsdokument kraosseri	4	4	0,0		
5.4	Utforming Støpeform	10	0	10,0	Ikke klargjort med Hurum Plast	Jobbet med Mekatronikkfaget
103.1	Spons	0	3,5	-3,5		
Sum		25,5	25	0,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
102.2.5	Lage PowerPoint pres 2	5		5,0		
5.12	Produksjonsdokument karosseri	8		8,0		
1.4	Justere aktivitetsplan	8		8,0		
5.11	Designokument karosseri	8		8,0		
4.5	Besøke Hurm Plasindustri	3		3,0		
Sum		33,5	0	33,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 8
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
4.4	Undervisning	3	3	0,0		
101.1	Veilendningsmøte	3	3	0,0		
5.13	Teknisk dokument	9	9	0,0		
5.2	Isoporform	9	0	9,0	Utsatt på grunn av usikkerhet	Jobbet med mekatronikk i stedet.
4.5	Hente lim hos Lindberg & Lund	0	3	-3,0	Hente lim til isoporform	
Sum		24	18	6		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
5.12	Produksjonsdokument	7		7,0		
5.13	Materialdokument	9		9,0		
100.2	Iterasjonsdokument	2		2,0		
Sum		18	0	18		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 8
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
6.1.1	Modellere ramme (grov)	12	4	8,0		
5.1	Karosseri design	14	11,5	2,5		
103.1	Spons	4,5	3,5	1,0		
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
1.1	Planlegging	0	3	-3,0	Hurum p, utsatt	
104.1	Hjemmeside	0	6	-6,0	Hurum p, utsatt	
Sum		32	29,5	2,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5		0,5		
100.3	Oppfølgingsdokumenter	0,5		0,5		
2	Krav spec	2		2,0		
5.1	Karosseri design	10		10,0		
104.1	Hjemmeside	8		8,0		
4.5	Hurumplast	3		3,0		
Sum		24	0	24		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 8
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Møte med intern veileder	0,5	0	0,5		
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
100.3	Oppfølgingsmøte	0,5	0,5	0,0		
5.12	Produksjonsdokument	16	15,5	0,5		
5.13	Materialdokument	12	13	-1,0		
101.2	Møte med ekstern veileder	1	0	1,0		
2.3	Kravspesifikasjon	1,5	0	1,5	Ble ikke fullført	
1.1	Prosjektplanlegging	0	2,5	-2,5	Planlegging rundt H-plast	Juster aktivitetsplanen
101.4	Møte internt	0	1	-1,0	Nødvendig	
Sum		32	33	-1		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Møte med intern veileder	1		1,0		
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
100.3	Oppfølgingsmøte	0,5		0,5		
5.12	Produksjonsdokument	5		5,0		
5.13	Materialdokument	5		5,0		
1.4	Justere aktivitetsplan	2		2,0		
2.3	Justere kravspesifikasjon	2		2,0		
100.2	Iterasjonsmøte	2		2,0		
5.11	designndokument	10		10,0		
6.3	Teknologi ramme	4		4,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						
Hurum plast må utsette med 2 uker. Dette gjør at vi må planlegge på nytt						

## 5.0 Uke 9

Oppfølging dokument						Uke: 9
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
102.2.5	Lage PowerPoint pres 2	5	7	-2,0		
5.12	Produksjonsdokument karosseri	8	8,5	-0,5		
1.4	Justere aktivitetsplan	8	8,5	-0,5		
5.11	Designdokument karosseri	8	11	-3,0		
4.5	Besøke Hurm Plasindustri	3	4,5	-1,5		
Sum		33,5	41	-7,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.11	Designdokument karosseri	8		8,0		
5.12	Produksjonsdokument karosseri	3		3,0		
5.13	Materialdokument karosseri	3		3,0		
102.2.5	Lage PowerPoint pres. 2	7		7,0		
102.2.3	Lage dokumentasjon pres 2	5		5,0		
102.2.6	Øving presentasjon 2	5		5,0		
Sum		32,5	0	32,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 9
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
5.12	Produksjonsdokument	7	4,5	2,5		
5.13	Materialdokument	9	9	0,0		
100.2	Iterasjonsdokument	2	1	1,0		
103.4	Innkjøp	0	3	-3,0		
1.6	Oppdatert Prosjektplan		10	-10,0	Oppdatert mot pres 2	
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		18	27,5	-9,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5		0,5		
100.5	Oppfølgingsdokument	0,5		0,5		
5.11	Design dokument	2		2,0		
5.12	Produksjonsdokument	2		2,0		
5.13	Materialdokument	4		4,0		
5.5	Isopor	6		6,0		
102.2.3	Lage dokumenter pres. 2	10		10,0		
102.2.6	Øve presentasjon 2	5		5,0		
103.4	Innkjøp	2		2,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument					Uke: 9	
					Kåre Særen	
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
100.3	Oppfølgingsdokumenter	0,5	1,5	-1,0		
1.1	Timeliste oppdatering	0,5	3	-2,5	Oppdatering aktivitet nr	
5.1	Karosseri design	10	11	-1,0		
104.1	Hjemmeside	8	12	-4,0		
4.5	Hurumplast	3	3	0,0		
104.4	Korrupt sektor HDD	0	11	-11,0		
Sum		22,5	42	-19,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5		0,5		
100.3	Oppfølgingsdokumenter	0,5		0,5		
5.11	Design dokument	4		4,0		
5	3D	10		10,0		
102.2.3	Lage dokumenter pres. 2	12		12,0		
102.2.6	Øve presentasjon 2	5		5,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument					Uke: 9	
					Tord Hansen Kaasa	
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Møte med intern veileder	1	0	1,0		
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
100.3	Oppfølgingsmøte	0,5	1	-0,5		
101.4	Internt gruppemøte	0	1	-1,0	Nødvendig	
5.12	Produksjonsdokument	5	3	2,0	Migrene	Flyttes til neste uke
5.13	Materialdokument	5	4	1,0		
1.4	Justere aktivetsplan	2	1,5	0,5		
2.3	Justere kravspesifikasjon	2	0	2,0		
100.2	Iterasjonsmøte	2	2	0,0		
5.11	designdokument	10	10	0,0	Dokument tar lenger tid enn antat	Planlegg med mer tid
6.3	Teknologi ramme	4	2	2,0	Migrene	
Sum		32	25	7		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Møte med intern veileder	1		1,0		
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
100.3	Oppfølgingsmøte	0,5		0,5		
101.2	Møte med ekstern veileder	1		1,0		
2.3	Justere kravspesifikasjon	2		2,0		
100.2	Designdokument karosseri	6		6,0		
102.2	Presentasjon 2	15		15,0		
102.23	Lage dokumentasjon	6		6,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						
					Fikk migrene anfall onsdag kveld. Har vært hos legen og fått medisiner. Dette har ført til at jeg ikke har fullført mine arbeidsoppgaver.	

## 6.0 Uke 10

Oppfølging dokument						Uke: 10
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.11	Design dokument karosseri	8	9,5	-1,5		
5.12	Produksjonsdokument karosseri	3	8,5	-5,5		
5.13	Materialdokument karosseri	3	0	3,0	Hovedfokus ble produksjonsdokument	
102.2.5	Lage PowerPoint pres. 2	7		7,0		
102.2.3	Lage dokumentasjon pres 2	5		5,0		
102.2.6	Øving presentasjon 2	5		5,0		
1.4	Endre aktivitetsplan	0	10	-10,0	Endring av gantt og aktivitetsplan	
Sum		32,5	29,5	3		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
102.2.7	Presentasjon 2	5		5,0		
4.5	Åpning komposittlab	4		4,0		
100.2	Iterasjonsdokument	4		4,0		
5.4	Støpeform	5		5,0		
Sum		19,5	0	19,5		
Status / Kommentar:						
Lavt time antall planlagt uke 11 pga av Birken og annet møte						

Oppfølging dokument						Uke: 10
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
100.5	Oppfølgingsdokument	0,5	0,5	0,0		
5.11	Design dokument	2	0	2,0		
5.12	Produksjonsdokument	2	0	2,0		
5.13	Materialdokument	4	12,5	-8,5		
5.5	Isopor	6	0	6,0		
102.2.3	Lage dokumenter pres. 2	10	7	3,0		
102.2.6	Øve presentasjon 2	5		5,0		
103.4	Innkjøp	2	2	0,0		
Sum		32	22,5	9,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
102.2.2.5	Presentasjon 2	6		6,0		
101.1	Veiledermøte	1		1,0		
4.5	Åpning av komposittlabben	3		3,0		
4.4	Fagskolen praksis	4		4,0		
Sum		14	0	14		
Status / Kommentar:						



Oppfølging dokument						Uke: 10
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
100.3	Oppfølgingsdokumenter	0,5	0,5	0,0		
5.11	Design dokument	4	0	4,0		
5	3D	10	10,5	-0,5		
102.2.3	Lage dokumenter pres. 2	12	16,5	-4,5		
102.2.6	Øve presentasjon 2	5	5,5	-0,5		
6	Modelere grovramme	0	11	-11,0		
5.13	Material dok	0	9	-9,0		
5.12	Produksjon dok	0	5	-5,0		
Sum		32	58,5	-26,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
102.2.6	Øving presentasjon2	5		5,0		
102.2.7	Presentasjon2	1		1,0		
101.1	Veileder møte	2		2,0		
4.4	Fagskolen	3,5		3,5		
5.4	Bygge isoporkloss	11		11,0		
4.5	Åpning kompositt lab	2		2,0		
5.2	Design blokk for fresing	7,5		7,5		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke 10
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Møte med intern veileder	1	1	0,0		
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
100.3	Oppfølgingsmøte	0,5	1	-0,5		
101.2	Møte med ekstern veileder	1	1	0,0		
2.3	Justere kravspesifikasjon	2	2	0,0		
100.2	Design dokument karosseri	6	0	6,0		
102.2	Presentasjon 2	15	10,5	4,5		
102.23	Lage dokumentasjon	6	20	-14,0	Innbinding og lavering tok veldig lang tid	Ikke lage innbinding selv neste gang
5.12	Produksjons dokument		5		Nødvendig	
5.13	Material dokument		3		Nødvendig	
Sum		32	44	-4		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.0	Strekkttesting	17		17,0		
4.5	Besøk hos kongsberggruppen	5		5,0		
102.2.7	Presentasjon 2	10		10,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						
Fikk migrere anfall onsdag kveld. Har vært hos legen og fått medisiner. Dette har ført til at jeg ikke har fullført mine arbeidsoppgaver.						

## 7.0 Uke 11

Oppfølging dokument						Uke: 11
						Ola K. Skinnnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
102.2.7	Presentasjon 2	5	6,5	-1,5		
	Åpning komposittlab	4	3	1,0		
	Iterasjonsdokument	4	0	4,0		
	Støpeform	5	6	-1,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		19,5	17	2,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		0	0	0		
Status / Kommentar:						
Birken uke						
Neste uke eksamensperiode og påske						

Oppfølging dokument						Uke: 11
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
102.2.2.5	Presentasjon 2	6	6,5	-0,5		
101.1	Veiledermøte	1	2	-1,0		
4.5	Åpning av komposittlabben	3	3	0,0		
4.4	Fagskolen praksis	4	4	0,0		
5.4	Bygge isoporkloss	0	6	-6,0	HP ønsket å få klossen	
5.2	Forberede støpeform		10	-10,0	Problemer med kanter isopor	
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		14	31,5	-17,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		0	0	0		
Status / Kommentar:						
Neste uke Påske og eksamensperiode						

Oppfølging dokument						Uke: 11
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
102.2.6	Øving presentasjon2	5	4,5	0,5		
102.2.7	Presentasjon2	1	0,5	0,5		
101.1	Veileder møte	2	2	0,0		
4.4	Fagskolen	3,5	3,5	0,0		
5.4	Bygge isoporkloss	11	10,5	0,5		
4.5	Åpning kompositt lab	2	2	0,0		
5.2	Design blokk for fresing	7,5	8	-0,5		
5.2	Forberede isoporkloss, overflatde def.	0	7	-7,0		
5.4	Bygge isoporkloss	0	11	-11,0		
Sum		32	49	-17		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		0	0	0		
Status / Kommentar:						
Uke 12: Eksamens lesning og Påskefri						

Oppfølging dokument						Uke 11
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.0	Strekkttesting	17	18	-1,0		
4.5	Besøk hos kongsberggruppen	5	3	2,0		
102.2.7	Presentasjon 2	10	9	1,0		
4.5	Åpning av komposittlab	0	2	-2,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		32	32	0		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.3	Planlegge strekktesting	5		5,0		
9.5	Infosøk om strekktesting	15		15,0		
9.7	Utfør strekkrapport	5		5,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		25	0	25		
Status / Kommentar:						
Presentasjon 2 er ferdig og prosjektet går ok. Neste uke blir fokuset kun på strekktesting av kompositt. I samråd med intern veileder.						

## 8.0 Uke 12

Eksamensperiode for Ola, Kåre og Karl Oskar

Oppfølging dokument						Uke 12
Utført aktivitet:						Tord Hansen Kaasa
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.3	Planlegge strekktesting	5	5	0,0		
9.5	Infosøk om strekktesting	15	12	3,0		
9.7	Utforme strekkrapport	5	5	0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		25	22	3		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.3	Planlegge strekktesting	3		3,0		
9.5	Infosøk om strekktesting	6		6,0		
9.7	Utforme strekkrapport	9		9,0		
9.4	Bruddanalyse	5		5,0		
101.1	Møte med intern veileder	1		1,0		
100.5	Møtereferat	1		1,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		25	0	25		
Status / Kommentar:						
Prosjektet er på pause mens eksamen i mekatronikk foregår. Jobber fortastt med strekktestingen.						

## 9.0 Uke 13

Eksamensperiode for Ola, Kåre og Karl Oskar

Oppfølging dokument						Uke: 13	
						Tord Hansen Kaasa	
<b>Utført aktivitet:</b>							
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak	
9.3	Planlegge strekktesting	3	3	0,0			
9.5	Infosøk om strekktesting	6	0	6,0	Ble byttet med 5.5		
9.7	Utforme strekkrapport	9	9	0,0			
9.4	Bruddanalyse	5	5	0,0			
101.1	Møte med intern veileder	1	1	0,0			
100.5	Møtereferat	1	1	0,0			
5.5	Lage støpeform	0	6	-6,0	Nødvendig		
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
Sum		25	25	0			
<b>Planlagt aktivitet neste uke:</b>							
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak	
9.5	Infosøk om strekking	5		5,0			
9.7	Utforme strekkrapport	20		20,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
Sum		25	0	25			
<b>Status / Kommentar:</b>							

## 10.0 Uke 14

Oppfølging dokument						Uke: 14
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		0	0	0		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Vellede møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Støpeform	24		24,0	Problemer med støpeform	
100.2	Iterasjonsdokument	2		2,0		
4.5	Besøke teknos	2		2,0		
104.3	Lage timplase	5		5,0		
	Oppdatere aktivetsplan	4		4,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		38,5	0	38,5		
Status / Kommentar:						
Uke 14 eksamensperiode						

Oppfølging dokument						Uke: 14
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		0	0	0		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Vellede møte	1		10,0		
101.3	Scrum	0,5		25,0		
5.6	Støpe mini karosseri og strekkprøver	10		0,0		
5.4	Jobbe med små støpeformer	25		0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
			0	35		
Sum		35				
Status / Kommentar:						

## Oppfølging dokument

Uke: 14

Kåre Særen

## Utført aktivitet:

A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		0	0	0		

## Planlagt aktivitet neste uke:

A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Vellder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.2	Forarbeid liten støpeform	16		16,0		
5.4	Utarbeid liten støpeform	16		16,0		
4.5	Besøke bedrift	2		2,0		
101.2	Møte ekstern vellder	2		2,0		
104.3	Papir/mail/bilde arbeid	2		2,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		38	0	38		

## Status / Kommentar:

## Oppfølging dokument

Uke 14

Tord Hansen Kaasa

## Utført aktivitet:

A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.5	Infosøk om strekking	5	0	5,0		
9.7	Utforme strekkrapport	20	22	-2,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		25	22	3		

## Planlagt aktivitet neste uke:

A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.3	Planlegge strekktester	5		5,0		
9.7	Utforme strekkrapport	15		15,0		
101.4	Intern gruppemøte	1		1,0		
101.2	Møte med ekstern vellder	1		1,0		
100.3	Oppfølgingsmøte	1		1,0		
2.3	Oppdatere kravdokument	4		4,0		
3.6	Evaluerer testresultater	4		4,0		
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
				0,0		
				0,0		
Sum		31,5	0	31,5		

## Status / Kommentar:

Uke 15 begynte prosjektet for fullt igjenn. Formen er bra, men kjenner hodepine på kveldene.

## 11.0 Uke 15

Oppfølging dokument						Uke: 15
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.4	Støpeform	24	14	10,0		
100.2	Iterasjonsdokument	2	2,5	-0,5		
4.5	Besøke teknos	2	1	1,0		
104.3	Lage timlapse	5	6	-1,0		
	Oppdatere aktivetsplan	4	0	4,0		
	Dokument ettertanker karosseri	0	8	-8,0		
				0,0		
Sum		38,5	33	5,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Støpeform	30		30,0		
1.4	Oppdatere aktivetsplan	6		6,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		37,5	0	37,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 15
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.6	Støpe mini karosseri og strekkprøver	10	0	10,0	Skjedde noe uventet ved bearbeiding	Arbeidet med utsatt
5.4	Jobbe med små støpeformer	25	19,5	5,5		
5.2	Redegjørelse for støping	0	14	-14,0	Problemer miniform	
101.4	Planleggingsmøte	0	2	-2,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		35	35,5	-0,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Jobbe med små modeller	16		16,0		
5.6	Støpe små modeller og strekkprøver	8		8,0		
5.4	Jobbe med støpeform	20		20,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		44	0	44		
Status / Kommentar:						



Oppfølging dokument						Uke: 15
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.2	Forarbeid liten støpeform	16	9	7,0		
5.4	Utarbeid liten støpeform	16	43,5	-27,5		
4.5	Besøke bedrift	2	1	1,0		
101.2	Møte ekstern veileder	2	1,5	0,5		
104.3	Papir/mail/bilde arbeid	2	2	0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		38	57	-19		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Utarbeid støpeformer	30		30,0		
5.6	Støpe	10		10,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		40	0	40		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke 15
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.3	Planlegge strekktester	5	2	3,0		
9.7	Utforme strekkrapport	15	11	4,0	Migrane	Skal til nevrolog 12.5, medisiner
101.4	Intern gruppemøte	1	1	0,0		
101.2	Møte med ekstern veileder	1	1	0,0		
100.3	Oppfølgingsmøte	1	2	-1,0		
2.3	Oppdatere kravdokument	4	3	1,0		
3.6	Evaluerer testresultater	4	2,5	1,5		
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
3.7	Legge til rette for testing		5	-5,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		31,5	28	3,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
101.2	Møte med ekstern veileder	1		1,0		
100.5	Referat	1		1,0		
2.3	Oppdatere kravdokument	1		1,0		
5.0	Støpeform	15		15,0		
9.3	Planlegge testing	8		8,0		
9.7	Utforme strekkrapport	14		14,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		40,5	0	40,5		
Status / Kommentar:						
Fikk migraneanfall på tirsdag. Var utmattet resten av uka.						

## 12.0 Uke 16

Oppfølging dokument					Uke: 16	
					Ola K. Skinnes	
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.4	Støpeform	30	27	3,0		
1.4	Oppdatere aktivtetsplan	6	0	6,0		
5.14	Testdokument miniform	0	8	-8,0		
104.3	Timelapse	0	6	-6,0		
100.2	Iterasjonsdokument	0	2,5	-2,5		
				0,0		
				0,0		
Sum		37,5	45	-7,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Støpeform	30		30,0		
5.14	Testdokument miniform	4		4,0		
1.4	Oppdatere aktivtetsplan	4		4,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		39,5	0	39,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument					Uke: 16	
					Karl Oskar Youngblom	
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.4	Jobbe med små modeller	16	17,5	-1,5		
5.6	Støpe små modeller og strekkprøver	8	9	-1,0		
5.4	Jobbe med støpeform	20	27	-7,0		
5.4	Hente støpte deler og opprydning	0	4,5	-4,5		
103.4	Innkjøp av materialer	0	1	-1,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		44	59	-15		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		0,0		
101.3	Scrum	0,5		0,0		
5.4	Jobbe med støpeformer	25		25,0		
103.4	Innkjøp	3		3,0		
5.2	Klargjøring av verksted	3		3,0		
100.3	Oppdatere prosjektdokumenter	1		1,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		32	0	32		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 16
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.4	Utarbeide støpeformer	30	55	-25,0	Problemer med kjemikalier	
5.6	Støpe	7	10,5	-3,5		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		37	65,5	-28,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Utarbeide støpeformer	18		18,0		
5.7	Assembly liten støp	20		20,0		
5.2	Profil test	2		2,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		40	0	40		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 16
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
3.2	Test rapport	0	3	-3,0	Nødvendig	
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
101.2	Møte med ekstern veileder	1	1	0,0		
100.5	Referat	1	1	0,0		
2.3	Oppdatere kravdokument	1	1	0,0		
5.0	Støpeform	15	9	6,0	Raskere enn forventet	
9.3	Planlegge testing	8	4	4,0		
9.7	Utforme strekkrapport	14	19	-5,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		40,5	38,5	2		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.4	Gjennomføre strekktesting	10		10,0		
9.6	evaluere strekkresultater	10		10,0		
9.7	Utforme strekkrapport	5		5,0		
9.8	Undersøke bruddsone med mikroskop	5		5,0		
100.3	Scrum møte	0,5		0,5		
5.5	Lage støpeform	10		10,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		40,5	0	40,5		
Status / Kommentar:						
Uka ble tidlig replanlagt da gripeklør ikke har kommet enda. Dette betyr at strekking må foregå neste uke når klørene kommer.						

## 13.0 Uke 17

Oppfølging dokument						Uke: 17
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.4	Støpeform	30	33	-3,0		
5.14	Testdokument miniform	4	0	4,0		
1.4	Oppdatere aktivitetsplan	4	1	3,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		39,5	35,5	4		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Støpeform	30		30,0		
1.4	Oppdatere aktivitetsplan	8		8,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		39,5	0	39,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 17
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.4	Jobbe med støpeformer	25	18,5	6,5		
103.4	Innkjøp	3	5	-2,0		
5.2	Klargjøring av verksted	3	5	-2,0		
100.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
100.3	Oppdatere prosjektdokumenter	1	2	-1,0		
5.14	Dokument om testproduksjon	0	4,5	-4,5		
3.2	Oppdatere test dok.		10	-10,0	Oppdatere mot pres. 3	
				0,0		
				0,0		
Sum		32,5	45,5	-13		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		0,0		
101.3	Scrum	0,5		0,0		
5.4	Jobbe med støpeformer	10		10,0		
5.14	Dokument om testproduksjon	15		15,0		
5.6	Støping av karosseri	12		12,0		
100.3	Oppdatere prosjektdokumenter	0,5		0,5		
				0,0		
				0,0		
Sum		37,5	0	37,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 17
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.4	Utarbeide støpeformer	15	8	7,0		
5.7	Assembly liten støp	20	7	13,0		
5.2	Profil test	2	2	0,0		
100.7	Mail, regnskap, timelister	0	6	-6,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		37	23	14		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
100.1	Timeliste oppdatering	1		1,0		
100.3	Oppfølgingsplan oppdatering	1		1,0		
6.1.2	Studere planlegge ramme	10		10,0		
6.1.3	Modellere ramme	20		20,0		
101.1	Oppdatere veileder	2		2,0		
6.3	Ramme design og matterialutgangspunkt	8		8,0		
4.5	Innkjøp støp	4		4,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		46	0	46		
Status / Kommentar:						
Fått time for operasjon						

Oppfølging dokument						Uke: 17
						Tord Hansen Kaasa
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.4	Gjennomføre strekktesting	10	0	10,0	Nødvendig utstyr ikke tilgjengelig	
9.6	evaluere strekkresultater	10	0	10,0	Nødvendig utstyr ikke tilgjengelig	
9.7	Utforme strekkrapport	5	7	-2,0		
9.8	Undersøke bruddsone med mikroskop	5	0	5,0	Nødvendig utstyr ikke tilgjengelig	
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
5.5	Lage støpeform	10	11,5	-1,5		
9.9	Alternativ innfesting	0	13	-13,0	Utstyr kommer ikke. Alternativ metode	
101.4	Internt gruppemøte	0	1,5	-1,5	Nødvendig	
9.5	Infosøk til strekktest		4,5	-4,5	Nødvendig	
9.2	Klargjøre strekkprøver		4	-4,0	Nødvendig	
Sum		40,5	42	-1,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.4	Gjennomføre strekktesting	10		10,0		
9.6	evaluere strekkresultater	5		5,0		
9.7	Utforme strekkrapport	12		12,0		
9.8	Undersøke bruddsone med mikroskop	4		4,0		
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
5.5	Lage støpeform	8		8,0		
100.3	Oppfølgingsdokument	2		2,0		
1.4	Revidere aktivitetsplan	4		4,0		
Sum		45,5	0	45,5		
Status / Kommentar:						
Gripeklør har fortsatt ikke kommet. Dette betyr at vi må planlegge strekkingen på nytt. Nye alternativer må analyseres og evalueres.						
Dette legger mye ekstra tid på aktivitetsgruppe 9.0, ikke ønskelig, men nødvendig.						

## 14.0 Uke 18

Oppfølging dokument						Uke: 18
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.4	Støpeform	30	38	-8,0		
1.4	Oppdatere aktivitetsplan	8	6,5	1,5		
5.6	Støpe karosseri	0	14	-14,0	Vi valgte å støpe i helga pga lite folk på K-lab	
				0,0		
				0,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		39,5	59,5	-20		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
1.4	Aktivitetsplan	10		10,0		
1.6	Gantt diagram	5		5,0		
100.2	Iterasjonsfigurer	5		5,0		
5.6	Uttak av karosseri	8		8,0		
5.14	Dokument Gjennomføring	8		8,0		
4.5	Koordinere med Teknos	4		4,0		
				0,0		
Sum		41,5	0	41,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 18
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
5.4	Jobbe med støpeformer	10	30,5	-20,5	Krevde mer jobb	
5.14	Dokument om testproduksjon	15	5,5	9,5	Brukte tiden på støpeform	
5.6	Støping av karosseri	12	12	0,0		
101.3	scrum	0,5	0,5	0,0		
100.1	Oppdatere prosjektdokumenter	0,5	0,5	0,0		
5.2	Transport av form	0	2,5	-2,5		
5.2	Ordne transport	0	2	-2,0		
				0,0		
Sum		38	53,5	-15,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
100.3	Oppdatere prosjekt	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.6	Opprydding av støping	6		6,0		
100.2	Iterasjonsdokument	2		2,0		
5.14	Gjennomføringsdokument	16		16,0		
3.2	Testdokument	8		8,0		
				0,0		
Sum		33,5	0	33,5		
Status / Kommentar:						

Oppfølging dokument						Uke: 18
						Kåre Særen
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
100.1	Timeliste oppdatering	1	2	-1,0		
100.3	Oppfølgingsplan oppdatering	1	1,5	-0,5		
6.1.2	Studere planlegge ramme	10	15,5	-5,5		
6.1.3	Modellere ramme	20	16	4,0		
101.1	Oppdatere veileder	2	1,5	0,5		
6.3	Ramme design og materialutgangspunkt	8	7	1,0		
4.5	Innkjøp støp	4	5,5	-1,5		
5.6	Støp	0	12	-12,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
Sum		46,5	61,5	-15		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
5.6	Støp ut av støpeform og opprydning	9		9,0		
5.7	Bearbeiding liten støpeform + øvning SW	8		8,0		
4.6	Solidworks	8		8,0		
100.7	Oppdatere veiledere	1		1,0		
6.1.3	Modellere ramme med FEM	20		20,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
Sum		46,5	0	46,5		
Status / Kommentar:						

## Oppfølging dokument

Uke 18

Tord Hansen Kaasa

Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
9.4	Gjennomføre strekktesting	10	0	10,0	Ingen gripeklør + støpingen måtte utføres	
9.6	evaluere strekkresultater	5	0	5,0	Ingen gripeklør + støpingen måtte utføres	
9.7	Utforme strekkrapport	12	0	12,0	Ingen gripeklør + støpingen måtte utføres	
9.8	Undersøke bruddsone med mikroskop	4	0	4,0	Ingen gripeklør + støpingen måtte utføres	
101.3	Scrum møte	0,5	0,5	0,0		
5.5	Lage støpeform	8	12	-4,0	Tur til Oslo for å skaffe sprøytesparkel	
100.3	Oppfølgingsdokument	2	2,5	-0,5		
1.4	Revidere aktivitetsplan	4	1	3,0		
5.6	Utføre støping	0	12	-12,0	Bilen trengte å støpes. Nødvendig	
6.3	Utforme rammerapport	0	15	-15,0	Nødvendig	
9.5	Infosøk strekking	0	1	-1,0		
1,1	Prosjektplanlegging	0	6,5	-6,5	Skrev refleksjonsdokument og planlegging	
Sum		45,5	50,5	-5,0		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum møte	0,5		0,5		
100.3	Oppfølgingsdokument	0,5		0,5		
101.4	Internt gruppemøte	0,5		0,5		
3,1	Lese igjennom testplan	2		2,0		
3,6	Evaluere testresultater	10		10,0		
9,2	Klargjøre strekktester	5		5,0		
9,3	Planlegge strekktester	5		5,0		
9,4	Gjennomføre strekktesting	10		10,0		
9,6	evaluere strekkresultater	5		5,0		
9,7	Utforme strekkrapport	8		8,0		
Sum		46,5	0	46,5		

## Status / Kommentar:

Gripeklør har fortsatt ikke kommet. Bilen ble laget og alt ser bra ut. Nå er det strekkingen som gjennstår og vil ta opp mye tid neste uke. Noter at denne ukens aktiviteter ble kraftig annerledes enn planlagt. Dette fordi støpingen måtte forekomme denne uken. Samtidig må ulike dokumenter oppdateres. Jeg har tatt på meg ansvar for testplan og testspesifikasjon, testrapport.

## 15.0 Uke 19

Oppfølging dokument						Uke: 19
						Ola K. Skinnes
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
1.4	Aktivitetsplan	10	11,5	-1,5		
1.7	Gantt diagram	5	5	0,0		
100.2	Iterasjonsfigurer	5	4	1,0		
5.6	Uttak av karosseri	8	8	0,0		
5.14	Dokument Gjennomføring	8	0	8,0	Andre på gruppen som tok det	
4.5	Koordinere med Teknos	4	0	4,0		
5.11	Designdokument	0	7	-7,0	Ferdigstilling av designdokument	
104.3	Timelapse	0	10	-10,0	markedsføring av prosjekt	
Sum		41,5	47	-5,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.1	Veileder møte	1		1,0		
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.11	Designdokument	8		8,0		
4.5	Koordinere med Teknos	4		4,0		
1.4	Aktivitetsplan	10		10,0		
1.7	Oppdatere prosjektplan	10		10,0		
5.14	Dokument Gjennomføring	3		3,0		
Sum		36,5	0	36,5		
Status / Kommentar:						

## Oppfølging dokument

						Uke: 19
						Karl Oskar Youngblom
Utført aktivitet:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
100.1	Oppdatere prosjekt	1	1	0,0		
101.3	Scrum	0,5	0,5	0,0		
5.6	Opprydding av støping	6	8	-2,0		
100.2	Iterasjonsdokument	2	5	-3,0		
5.14	Gjennomføringsdokument	16	12	4,0		
3.2	Testdokument	8	0	8,0		
5.8	Sammenstilling	0	3,5	-3,5		
5.11	Designdok.	0	1	-1,0		
				0,0		
Sum		33,5	31	2,5		
Planlagt aktivitet neste uke:						
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak
101.3	Scrum	0,5		0,5		
5.11	Designdok.	10		10,0		
5.14	Gjennomføring	10		10,0		
3.2	Testdok.	10		10,0		
6.4	Designdok ramme	6		6,0		
				0,0		
				0,0		
Sum		36,5	0	36,5		
Status / Kommentar:						



Oppfølging dokument						Uke: 19	
						Kåre Særen	
Utført aktivitet:							
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak	
5.6	Støp ut av støpeform og opprydding	9	8	1,0			
5.7	Bearbeiding liten støpeform + øvning SW	8	5	3,0			
4.6	Solidworks	8	12,5	-4,5			
100.7	Oppdatere veiledere	1	1	0,0			
6.1.3	Modellere ramme med FEM	20	14,5	5,5			
6.1.4	Modelere, FEM, endre, dokumentere	0	21,5	-21,5			
9.2	Lage strekkprøver, forsterke og lage ny støp	0	10,5	-10,5			
100.1	Oppdatere timelister	0	0,5	-0,5			
				0,0			
Sum		46	73,5	-27,5			
Planlagt aktivitet neste uke:							
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak	
6.1.3	FEM	10		10,0			
100.1	Oppdatere timelister	0,5		0,5			
6.4	Design dokument	15		15,0			
102.3.2	Lage dokumentasjon	10		10,0			
100.7	Oppdatere veiledere	2		2,0			
100.3	Oppfølgingsplan oppdatering	1		1,0			
104.1	Lage ny hjemmeside	7,5		7,5			
				0,0			
Sum		46	0	46			
Status / Kommentar:							

Oppfølging dokument						Uke: 19-20	
						Tord Hansen Kaasa	
Utført aktivitet:							
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak	
101.3	Scrum møte	0,5	0	0,5			
100.3	Oppfølgingsdokument	0,5	0,5	0,0			
101.4	Internt gruppemøte	0,5	0,5	0,0			
3,1	Lese igjennom testplan	2	1	1,0			
3,6	Evaluerer testresultater	10	10	0,0			
9,2	Klargjøre strekktester	5	9	-4,0	Tok lenger tid enn antatt		
9.3	Planlegge strekktester	5	7	-2,0			
9.4	Gjennomføre strekktesting	10	10	0,0			
9.6	evaluere strekkresultater	5	10	-5,0			
9.7	Utforme strekkrapport	8	11	-3,0			
6.4	Rammedokument	0	2	-2,0	Nødvendig		
5,6		0	3	-3	Var med på labben da vi tok ut formen.		
Sum		46,5	64	-17,5			
Planlagt aktivitet neste uke:							
A.Nr:	Aktivitet	Est.Tid	Tid	Diff.	Årsak:	Tiltak	
3.2	Revidere testspesifikasjon	10		10,0			
9.6	Evaluerer resultater	2		2,0	lag spenning-tøyingskurve		
9,7	Utarbeide strekkrapport	10		10,0			
102.3.1	Klargjøre dokumenter til pres 3	15		15,0			
9,8	Mikroskop	5		5,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
				0,0			
Sum		42	0	42			
Status / Kommentar:							
Jeg har endelig utført strekkingen og fått resultater, uten de nye gripeklørne. Det ser ut som alle utførte tester nå endelig er loggført og oppdaterte. Rammen blir utviklet fortløpende. Jeg har kontaktet Norsk Stål for det spesifiserte materialet E220/E235. Vi tar det de har på lager.							