

BACHELOROPPGAVE:

**OFFROAD-RULLESKI**

**PRODUKTUTVIKLING**

FORFATTERE:

Morten Nilsen

Kjetil Berndtsson

Dato:

15.05.13



## SAMMENDRAG

Tittel:	Offroad-rulleski, produktutvikling	Dato : 15.05.13
	Offroad rollerski, product development	
Deltakere:	Morten Nilsen Kjetil Berndtsson	
Veileder:	Tor Erik Nicolaisen	
Oppdragsgiver:	Østlandske Lettmetall AS	
Kontaktperson:	Helge Holen, daglig leder ved Østlandske Lettmetall AS	
Stikkord	Produktutvikling, design, offroad, SolidWorks	
Antall sider: 43 + 22	Antall vedlegg: 14	Publiseringsavtale inngått: Ja
Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:		
<p>Bachelor oppgaven ble valgt høsten 2012. Østlandske Lettmetall AS ønsket hjelp med utvikling og produksjon av en ny type rulleski. Prosjektet virket spennende og utfordrende og ga oss muligheten til å utnytte kunnskap vi har opparbeidet oss gjennom bacheloren.</p> <p>Ideen bak den nye rulleskien er basert på at den også skal kunne brukes på ujevnt underlag. Dette setter krav til utviklingen av skien. Østlandske Lettmetall ønsket å utnytte deres støpekompetanse til å støpe store deler av skien i én aluminiumskomponent. Oppgaven vår har dermed vært knyttet til utviklingsprosessen og utfordringene innenfor utvikling, design, materialteknologi, støping og maskinering for å oppfylle rulleskiens offroad-kriterier.</p> <p>Vi imøtekom deres ønske om en helstøpt aluminiumskomponent, hvor skien er konstruert slik at hovedbjelken og hjulinnfestningen er integrert i én og samme del. For å beskytte mot søle og sprut fra hjulene har vi valgt å ha skjermmer på skiene. Både forskjermmer og baksjermmer er integrert i skien. Løsningen for ujevnt underlag er en kombinasjon av relativt store luftfylte hjul og god bakkeklaring.</p>		



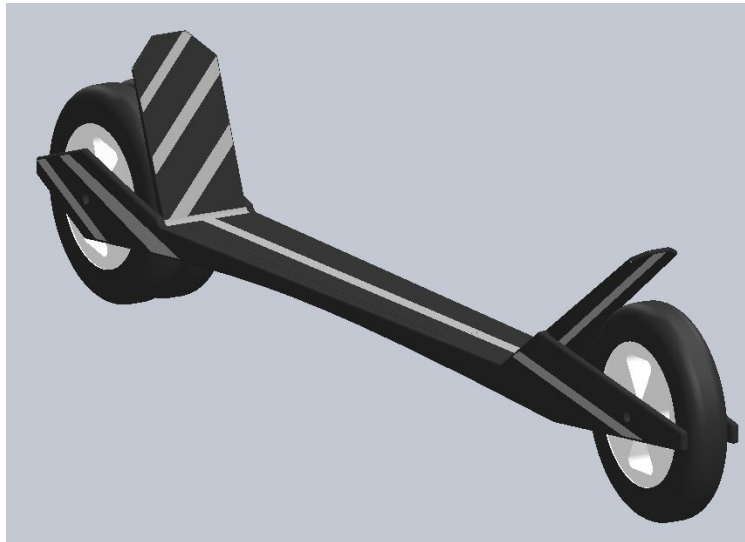
## ABSTRACT

Title:	Offroad rollerski, product development	Date :	15.05.13
Participants:	Morten Nilsen Kjetil Berndtsson		
Supervisor:	Tor Erik Nicolaisen		
Employer:	Østlandske Lettmetall AS		
Contact:	Helge Holen, General Manager at Østlandske Lettmetall AS		
Keywords	Product development, design, offroad, SolidWorks		
Number of pages:	43 + 22	Number of appendix:	14
Availability:	Open		
Short description of the bachelor thesis:			
<p>The topic for the bachelor thesis was chosen in the fall, 2012. Our employer, Østlandske Lettmetall AS, wanted help with the development and production of a new type rollerski. We chose this project because it allowed us to utilize the knowledge and technical skills we developed during the course of our bachelor degree.</p> <p>The idea behind this new type of rollerski is that it can be used in uneven terrains. Østlandske Lettmetall AS sought to take advantage of their casting expertise by casting the main component and the skies in aluminium. Our tasks have been associated with the development process and the challenges in design, material technology, casting and machining of the rollerskies.</p> <p>We have succeeded in developing a cast aluminium component which will serve as the main part of the ski. The main beam and the wheel fastening have been integrated into one single component. Fenders have been added to both the front and rear wheels in order to protect the user from dirt and splash during skiing. Both the front and the rear fender are integrated into the ski. In order to comply with the demands of offroad roller skiing relatively large pneumatic wheels have been combined with good ground clearance.</p>			

# Offroad-rulleski - produktutvikling

Bachelor-oppgave våren 2013

Høgskolen i Gjøvik



*Bildet viser vårt forslag til design*

## Gruppe 9

**Forfattere:** Morten Nilsen  
Kjetil Berndtsson

**Veileder:** Tor Erik Nicolaisen

Morten Nilsen

Kjetil Berndtsson

---

Morten Nilsen

---

Kjetil Berndtsson



# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>OFFROAD-RULLESKI - PRODUKTUTVIKLING</b> .....	<b>4</b>
<b>INNHALDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>5</b>
<b>KAPITTEL 1 - INNLEDNING</b> .....	<b>7</b>
BAKGRUNN .....	7
PROBLEMSTILLING .....	9
ARBEIDSMETODE.....	9
MÅLGRUPPE .....	10
ORD OG UTTRYKK .....	10
TEORI OG STANDARDER .....	10
KORT OM ØSTLANDSKE LETTMETALL AS .....	10
<b>KAPITTEL 2 - UTSTYR</b> .....	<b>11</b>
<b>KAPITTEL 3 - UTFØRELSE</b> .....	<b>12</b>
GENERELLE KRAVSPESIFIKASJONER .....	13
ANALYSE AV BRUKSOMRÅDER OG FUNKSJONSKRAV .....	13
ANALYSE AV MATERIALVALG .....	14
<i>Aluminium</i> .....	14
<i>Alternative materialer</i> .....	15
<i>Vårt materialvalg</i> .....	16
ANALYSE AV PRODUKSJONSMETODER .....	17
<i>Sandstøping</i> .....	17
<i>Kokillestøping</i> .....	18
<i>Alternative metoder</i> .....	18
<i>Etterbehandling</i> .....	19
VARMEBEHANDLING .....	20
DESIGN / OVERFLATEBEHANDLING .....	22
<i>Anodisering / Eloksering</i> :.....	23
FØRSTEUTKAST TIL DESIGN .....	25
ANALYSE AV ERGONOMI OG FORM.....	26
OPPHAVSRETTLIGE FORHOLD .....	30
ALTERNATIVE LØSNINGER.....	30



VURDERING OG VALG AV ALTERNATIVER.....	30
PRODUKSJONSKOSTNADER OG INNTJENING.....	32
MARKEDSPOTENSIALE.....	33
DIMENSJONERING.....	34
<i>Rulleski-bjelke</i> .....	34
<i>Rullefriksjon</i> .....	36
<i>Kulelager</i> .....	36
<i>Hjulbolt</i> .....	36
<i>Treghetsmoment</i> .....	37
EMBALLASJE .....	38
CAD-MODELL TIL PROTOTYPE.....	39
EKSTRAUTSTYR.....	40
GODKJENNING OG SERTIFISERING .....	40
PROTOTYPEPLAN.....	40
<b>KAPITTEL 4 – KONKLUSJON .....</b>	<b>41</b>
<b>KAPITTEL 5 – LITTERATURLISTE.....</b>	<b>42</b>
<b>KAPITTEL 6 – VEDLEGG .....</b>	<b>43</b>
VEDLEGG 1 – BILDER AV CAD-MODELL .....	44
VEDLEGG 2 – 2D-TEGNINGER AV PROTOTYPE 1 .....	46
VEDLEGG 3 – 2D-TEGNING AV PROTOTYPE 2.....	49
VEDLEGG 4 – 2D-TEGNING AV PROTOTYPE 3.....	50
VEDLEGG 5 – 2D-TEGNING AV BREMS / BAKSKJERM (PROTOTYPE 4) .....	51
VEDLEGG 6 – 2D-TEGNING AV HJUL .....	52
VEDLEGG 7 – RULLEFRIKSJON .....	53
VEDLEGG 8 – KULELAGER .....	55
VEDLEGG 9 – HJULBOLT .....	57
VEDLEGG 10 – TREGHETSMOMENT.....	58
VEDLEGG 11 – BRUKSANVISNING .....	60
VEDLEGG 12 – EVALUERINGSSKJEMA .....	61
VEDLEGG 13 – PROSJEKTAVTALE .....	62
VEDLEGG 14 – MØTEREFERATER.....	64
<i>Møte med Østlandske Lettmetall AS 16. Januar 2013</i> .....	64
<i>Møte med Tor Erik Nicolaisen 13. Februar 2013</i> .....	65

## Kapittel 1 – Innledning

Oppbyggingen av denne rapporten er organisert som en teknisk rapport. Vi deler den inn slik at vi først gir en generell innledning, bestående av blant annet bakgrunn og problemstilling. Før vi gir en oversikt over den teorien som ligger bak utregningene våre. Dette kan for eksempel være de forskjellige standardene som ligger til grunn. Deretter gir vi et innblikk i hvilke programmer og utstyr vi har brukt. Først etter dette kommer hovedinnholdet i rapporten, nemlig våre analyser, valg og beregninger. Selve utførelsen og resultatene av prosjektet vårt kommer altså frem i denne delen av rapporten. Videre kommer diskusjoner rundt svarene og vår egen konklusjon. Til slutt kommer litteraturliste og vedlegg. Under vedleggsdelen vil alle våre utregninger, tegninger og datagrunnlag komme.

### Bakgrunn

Vi er to ingeniørstudenter ved Høgskolen i Gjøvik som nå er inne i vårt siste år, og gjennomfører i den forbindelse en bacheloroppgave. Den gir 20 studiepoeng, og avslutter det treårige studiet Maskin – industriell design.

I starten av desember i fjor ble det lagt ut noen forslag til oppgaver på fronter. Vi var tidlig ute og leste gjennom alle oppgavene som var tilgjengelige. Vi fant med en gang ut hvilken av de oppgavene vi ønsket, og valgte umiddelbart denne. Vi kontaktet tidlig Østlandske Lettmetall AS for å forhøre oss nærmere rundt oppgaven. Vi ble invitert til et møte, der vi fikk snakke med daglig leder, Helge Holen, samt produksjonsansvarlig. De hadde en idé om å utvikle og produsere en ny type rulleski. Fordelen med denne rulleskien skulle være at du også kunne bruke den utenfor asfalten. De ønsket å utnytte deres støpekompetanse til å støpe mesteparten av skien i én aluminiumskomponent.

Oppgaven vår som studentprosjekt ville være knyttet til prosessen og de utfordringene som lå innenfor utvikling, design, materialteknologi, støping og maskinering for å oppfylle rulleskiens offroad-kriterier.

Noe av det første vi gjorde var å definere de målene vi hadde med prosjektet. De ble formulert slik:

- **Resultatmål:**

Rapporten skal inneholde alle nødvendige beregninger og analyser som må ligge til grunn for senere produksjon. Den skal også inneholde tilhørende illustrasjoner og dokumentasjon. Vårt arbeid skal kunne brukes i videre arbeid og produktutvikling.

- **Effektmål:**

Målet med denne oppgaven er å bruke det vi har lært i løpet av studiet i en praktisk anvendelse. Dette vil være en fin forberedelse til det som møter oss i det virkelige arbeidslivet.

- **Læringsmål:**

Sitert emnebeskrivelsen til Høgskolen i Gjøvik:

2012-2013 – TØL3901 – Bacheloroppgave 20 – 20 sp.

*Etter gjennomført bacheloroppgave har studenten tilegnet seg:*

*Kunnskaper:*

- *ny kunnskap innen en selvvalgt del av sitt fagområde*
- *forståelse for metodisk arbeid, evne til refleksjon og evne til systematisk / vitenskapelig vurdering*
- *kompetanse til å planlegge og utføre en selvstendig oppgave, formulere problemstillinger og analysere disse med utgangspunkt i både teoretisk og empirisk materiale og å gjennomføre en oppgave på en metodisk tilfredsstillende måte*

*Ferdigheter:*

- *ferdigheter i å utarbeide konkrete problemstillinger av samfunnsmessig interesse innen fagområde, under veiledning*
- *ferdigheter i å identifisere og vurdere litteratur som er relevant for problemstillingen, under veiledning*
- *ferdigheter i å gå i dybden på avgrensede problemstillinger og utarbeide konkrete løsningsalternativer på problemet*
- *ferdigheter i å dokumentere og formidle resultatene fra prosjektarbeidet på en systematisk / vitenskapelig måte*



### *Generell kompetanse:*

- *innsikt i vitenskapelig redelighet og forståelse for etiske problemstillinger som er av relevans for problemstillingen*
- *bevissthet om problemstillingens og arbeidets konsekvenser for enkeltmennesker, bedrift og samfunn*

### **Problemstilling**

Den innledende delen av prosjektperioden brukte vi til å få formulert en problemstilling. Vi ønsket å jobbe med noe som både var interessant og utbytterikt, men som også sto til de kravene skolen hadde. I løpet av studiet har vi funnet ut at det er konstruksjons-/modellerings- og beregningsfagene vi synes er mest spennende, og ønsket derfor å fokusere mest på dette. Vi kom frem til denne problemstillingen:

Østlandske Lettmetall AS ønsker å produsere en støpt aluminiumsrulleski som skal være tilrettelagt for bruk også utenfor asfalten. For å oppnå deres ønske skal vi se på:

- analyse av funksjonskrav
- dimensjonering av alle komponenter
- modellering og konstruksjonstegning i SolidWorks
- oppfylle kravet til offroad-bruk
- sette opp en prototype-plan

Mange av beregningene vil vi gjøre for hånd, men med innhenting av datagrunnlag fra modellen i SolidWorks. Vi kommer også til å benytte analyseverktøyet som finnes i SolidWorks til å gjøre så mange beregninger som mulig der. Alle beregninger vil bli gjort i henhold til Norsk Standard (NS), hvis ikke annet er angitt.

### **Arbeidsmetode**

I løpet av disse månedene med bachelor-oppgave har vi benyttet oss av forskjellige arbeidsmetoder. De første ukene gikk stort sett med til idémyldring og diskusjon rundt oppgaven, og de ulike utfordringene som lå foran oss. Vi har sittet mye sammen og jobbet, spesielt med CAD-modellering, dimensjonering og andre beregninger.



Dette har gjort arbeidet lettere, da vi har diskutert og kommet med innspill til hvordan ting kan gjøres. Alle valg vi har gjort, har vi kommet frem til i enighet. Vi har også jobbet litt hver for oss, men da med enkel tilgang til hverandre over internett.

## **Målgruppe**

Målgruppen for denne rapporten vil først og fremst være sensor, veileder og ikke minst vår oppdragsgiver, Østlandske Lettmetall AS. Men siden den er åpen og tilgjengelig for alle, kan også andre utenforstående benytte seg av den.

## **Ord og uttrykk**

Vi har brukt en del faguttrykk og fagord i denne rapporten. I og med den mest sannsynlig vil bli lest av personer som er tilknyttet bransjen, velger vi å ikke liste opp alle ordene med forklaring av betydning.

## **Teori og standarder**

Kompendiene til vår tidligere lærer Henning Johansen har blitt benyttet til hjelp under dimensjoneringen. Til teoridelen har “Støperiteknisk håndbok” av Industriskolen og “Tilvirkningsteknikk” av Rolf Garbo Corneliussen blitt benyttet mye. Dette har vært noen av lærebøkene våre gjennom studietiden. Til utregning av kulelager har vi benyttet data fra SKF.

## **Kort om Østlandske Lettmetall AS**

Østlandske Lettmetall AS, som befinner seg i Elverum, driver med sand- og kokillestøping av ulike typer deler og komponenter i lettmetallegeringer. I tillegg har de en stor maskineringsavdeling, med en bred maskinpark bestående av nymoderne CNC-maskiner for hurtig og presis maskinering. De har et eget modellverksted for fremstilling av nye modeller og kjernebatterier. Til etterbehandling har de også nyere maskiner for sliping, varmebehandling og avansert måling. Stempler, stempelfjærer, deksel, lokk og deler til ulike motorer er noen eksempler på hva som blir produsert innenfor veggene hos Østlandske Lettmetall AS, og nå forhåpentligvis også rullleski.

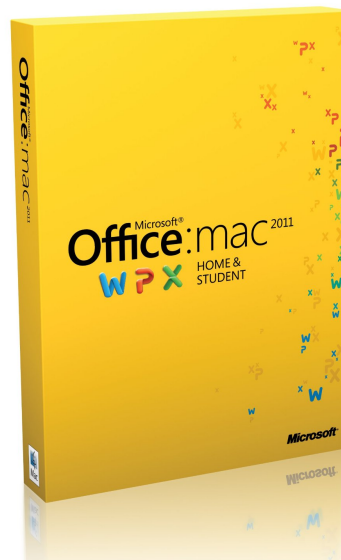
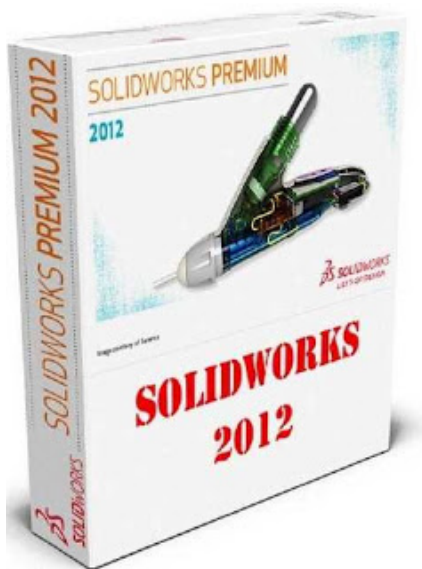


## Kapittel 2 – Utstyr

Til modellering, analyse og noen beregninger har vi brukt 3D-konstruksjonsprogrammet SolidWorks Premium 2012. Av tilleggsfunksjoner har vi brukt SolidWorks Simulation, en funksjon som lar deg se hvordan modellen vil opptre under fysiske forhold. Vi har også brukt SolidWorks til å fremstille 2D-tegninger av komponentene. Alle resultater, tegninger og andre skjermbilder finnes som vedlegg.

Resten av beregningene har vi gjort for hånd på ruteark. Dette er skannet inn og ligger ved som vedlegg.

Selve rapporten er skrevet i Microsoft Office Word (Mac, 2011).



Bildene er hentet fra [www.solidworks.com](http://www.solidworks.com) og [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)

## Kapittel 3 – Utførelse

Det sies at nordmenn er født med ski på beina, langrenn er selve ”folkesporten”. Å gå på ski begrenser seg ikke kun til vinterstid, det er også mange som bruker rulleski på sommeren. Dette er ikke uten risiko, vi hører stadig om ulykker. Senest i januar 2013 var det en ulykke hvor en ung gutt på 12 år ble påkjørt, og drept. Dette viser at rulleski er en risikosport, mye på grunn av at man bruker offentlig trafikkerte veier. Dagens sortiment av rulleski legger opp til dette, da det stort sett bare finnes rulleski for bruk på asfalt. Vi mener antall farlige situasjoner i trafikken kunne blitt redusert ved å tilby en rulleski man også kunne tatt med seg ut på grusveier og andre typer skogsveier. En ”offroad-rulleski” vil åpne mange muligheter, både når det gjelder bruksområder og målgruppe.

Tanken er en lett aluminiumsprofil med relativt store hjul, og luftfylte dekk. Denne tanken og ønsket fikk vi fra Østlandske Lettmetall AS. De hadde noen innspill, men ga oss ellers frie tøyler til hvordan utformingen skulle være. Etter litt idémyldring selv startet vi en markedsundersøkelse. Det første vi gjorde var å oppsøke en lokal sportsbutikk som har lang erfaring med salg av rulleski. Da vi presenterte oppgaven vår ble de interessert, og syntes det hørtes spennende ut. De mente at dette kunne være noe markedet ville ha, og nevnte samtidig at de hadde fått noen forespørsler om nettopp ”offroad-rulleski” de siste årene.

Etter litt skissering av mulige utforminger, tok Morten med seg dette på en skitrening i sin lokale skiklubb, der han la frem planene våre. Tanken ved dette var å samle innspill og forslag til hvordan og hva vi kunne gjøre for å få et så bra produkt som mulig. Det er jo tross alt markedet som bestemmer om dette blir et produkt for fremtiden eller ikke. Vi mener dette var et representativt utvalg å spørre, og vi fikk noen gode innspill for den videre jobbingen.

Vi følte vi hadde et spennende utgangspunkt å jobbe videre med, og startet dermed designprosessen.

## Generelle kravspesifikasjoner

Vi startet med å sette opp noen generelle forutsetninger som må være til stede:

- Rulleskiene må tåle en brukervekt på opp til 120 kg
- Kunne kjøre i hastigheter opp til 60 km/t
- Tåle å bli brukt i et fuktig og røft miljø
- Levetiden på skien/hjulene må være minimum 1000 timer
- Vekt på under 2 kg per ski

## Analyse av bruksområder og funksjonskrav

### Bruksområder

Dette er rulleski beregnet på klassisk stil. Det vil si at lageret i det ene hjulet er konstruert på en slik måte at det kun ruller fremover, og låser bakover. Den er tilegnet alle som ønsker å trene langrenn utenom vintersesongen, enten man er nybegynner eller erfaren skiløper. Ved å tilby en ski med store hjul åpner vi muligheten for å bruke disse skiene også utenfor asfalten. Vi har valgt å fokusere på at de skal kunne brukes på alt fra asfalt til skogsbilveier og fine stier. Det ideelle er nok en mellomting, nemlig grusveier, der denne rulleskien vil ha god fremkommelighet og gi brukeren en behagelig tur.

### Funksjonskrav

Med tanke på at dette skal være en ”offroad-rulleski”, har vi satt opp noen funksjonskrav vi må oppfylle i vår utvilingsprosess:

- Skal kunne gå over hindre opp til 3 cm, som for eksempel røtter og steiner
- Skal kunne gå over hull som er opp til 5 cm dype, også med vann
- Skal kunne brukes i all slags vær, bortsett fra snø og is
- Må tåle støv, sand, grus, vann, salt og milde kjemikalier
- Skal kunne brukes av både nybegynnere og mer erfarne løpere
- Skal kunne brukes av personer med vekt opp til 120 kg
- Hjulene skal ta opp mye av virasjonene fra underlaget

## Analyse av materialvalg

Gjennom vår oppdragsgiver, Østlandske Lettmetall AS, er det gitt en føring på materialvalg. Deres produksjon er bygget opp rundt lettmetaller, og da spesielt aluminium, så det vil være en aluminiumslegering vi skal bruke. Derfor vil vi her argumentere for hvorfor aluminium er et egnet materiale å bruke, men også være kritiske og gjøre en vurdering av andre materialalternativer.

### Aluminium

- Generelt:

Aluminium er et meget populært lettvekts-materiale med mange bruksområder. Materialet er sterkt sett i forhold til sin vekt, forbarheten er god, det er lett å bearbeide og korrosjonsbestandigheten er god. Dette er gode egenskaper med tanke på produksjon. En konstruksjon i stål vil konvergere mot en grenseverdi som vanligvis er ca. 50 % av flytegrensen. Aluminium derimot, vil ikke gjøre dette. En konstruksjon i aluminium vil gå til brudd på grunn av utmatting før eller senere. Når og hvordan dette skjer er avhengig av struktur, porer, legering osv. Aluminium er et så duktilt materiale, slik at man sjelden får sprøbrudd.

- Oppbygning:

Atomene i aluminium er satt sammen i et tredimensjonalt mønster. Gitterstrukturen er kubisk flatesentrert, og aluminium er som andre metaller et krystallinsk materiale. Atomene i slike materialer danner et enkelt mønster som blir repetert, og utgjør et korn eller en krystall. Disse henger sammen uten hulrom, men i en uordnet overgang som kalles korngrænse. Størrelsen på kornene har mye å si for egenskapene til materialet.

- Miljø:

Aluminium er 100 % resirkulerbart, som er en stor fordel med tanke på miljøet. Produksjonsprosessen av aluminium krever mye energi, ca. 12-14 KWh per kg. aluminium gjennom elektrolyse. Men siden aluminium har et lavt smeltepunkt, 660 °C, krever resirkuleringen/omsmetingen bare 5 % av energitilførselen som ved produksjon. Dette fører til at aluminium er populært å gjenvinne, som igjen er meget viktig i dagens miljøbevisste samfunn. Østlandske Lettmetall AS bruker aluminium som er produsert i Norge. På grunn av miljøvennlig vannkraft som blir brukt ved norske smelteverk,

blir CO<sub>2</sub>-utslippet per tonn aluminium bare 10 % av hva det er ved for eksempel asiatiske smelteverk, der strømmen kommer fra kullkraftverk.

- Legeringer:

Rent aluminium har sjelden gode nok egenskaper i seg selv, derfor brukes legeringer.

Aluminium blir legert med andre grunnstoffer for å oppnå de egenskapene som ønskes. Ofte kan dette være magnesium, zink, mangan, kobber/jern og/eller silisium. Alt ettersom hvilke egenskaper man ønsker, om det skal være en plastisk legering eller støpelegering, og om den skal være herdbar eller ikke-herdbar.

Herdbare aluminiumslegeringer kan ha mange mikrosprekker fordi det interkrystallinsk er store konsentrasjonsvariasjoner. Dette er fordi legeringselementene under herdingen forflytter seg fra korn grensene, og inn i kornet. Diffusjonshastighetene og den temperatur/tid som må brukes gjør at områdene nær korn grensene er fattige på legeringselementene. Disse områdene vil derfor ha lavere flytegrense, og mikrosprekker vil åpne seg. Sprekkene vil alltid vokse seg inn i en korn grense, eller til senter av kornet som har en høyere fasthet. Da vil sprekken stoppe opp. Derfor vil vi ha et materiale som er så finkornet som mulig, og dette er noe av problemet ved støping og varmforming. Disse sprekkene i overflaten kan vi se på en påkjent aluminiumskonstruksjon i form av “appelsinhud” eller lokal necking som er deformasjon over et lite område.

### Alternative materialer

Hvis vi ikke skulle brukt aluminium, ville karbonfiber og glassfiber vært gode alternativer. På dagens marked er det stort sett disse tre materialgruppene vi finner. Både karbon- og glassfiber vil gi en lavere totalvekt enn ved aluminium, og de gir bedre respons. Holdbarheten derimot hadde antakeligvis blitt dårligere med disse materialene når de blir utsatt for røff behandling.

Om skiene skulle blitt produsert i et annet materiale enn aluminium, ville Østlandske Lettmetall AS vært nødt til å samarbeide med en ekstern produsent. De ville da ikke hatt mye arbeid med skiene selv, og inntekspotensialet ville vært annerledes. Dette var ikke ønskelig fra deres side.

### Vårt materialvalg

Til produksjon av prototype, som skal sandstøpes, skal vi bruke aluminiumslegeringen Al-Si7Mg, som er en herdbar støpelegering med god flytbarhet. Gjeldene Norsk Standard for denne legeringen er NS17525.

Tekniske data for Al-Si7Mg:

- Strekkfasthet: 240 N/mm <sup>2</sup>	-	260 N/mm <sup>2</sup>	} Ved varmtherding
- Flytegrense: 200 N/mm <sup>2</sup>	-	220 N/mm <sup>2</sup>	
- Utmattingsfasthet: 55 N/mm <sup>2</sup>	-	70 N/mm <sup>2</sup>	
- Elastisitetsmodul: 75000 N/mm <sup>2</sup>			
- Tetthet: 2,7 kg/dm <sup>3</sup>			

Når den endelige modellen er klar, skal den kokillestøpes. Da bruker vi den herdbare legeringen Al-Si9Mg. Denne legeringen har bedre utmattingsfasthet, 90 N/mm<sup>2</sup> før herding, og 110 N/mm<sup>2</sup> etter herding. Den finnes ikke i Norsk Standard, så ved Østlandske Lettmetall AS benytter dem EU-standarden på akkurat denne. Da er det EN AC-43300 som gjelder.

Legeringselementene i disse legeringene er magnesium og silisium, som fører med seg disse egenskapene:

#### Aluminium +

- Magnesium, Mg

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Øker styrken</li> <li>- Øker hardheten</li> <li>- Bedrer korrosjonsbestandigheten</li> <li>- Bedrer sveisbarheten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Øker sprøheten</li> <li>- Øker størkningsintervallet</li> <li>- Minsker flytbarheten</li> </ul>

- Silisium, Si

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gir herbare legeringer i kombinasjon med Mg</li> <li>- Bedrer korrosjonsbestandigheten</li> <li>- Bedrer sveisbarheten</li> <li>- Minsker risikoen for varmsprekker</li> <li>- Øker flytbarhet, dermed også formbarheten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Øker sprøheten</li> <li>- Forverrer utseendet, f.eks ved anodisering</li> </ul>





## Analyse av produksjonsmetoder

Også når det gjelder produksjonsmetode har vi fått noen føringer av Østlandske Lettmetall AS. De er spesialister innen støping, og ønsker derfor at mesteparten av rulleskien støpes i en sammenhengende del. De foreslo at prototypen skal støpes i sand, mens et ferdig utviklet produkt klart for "masseproduksjon" skal støpes i kokille. Nedenfor tar vi for oss de ulike støpeprosessene litt nærmere, i tillegg til at vi ser på noen alternative løsninger:

### Sandstøping

Dette er en metode der man støper i engangsformer, laget av sand. Bortsett fra skallstøping, er sandstøpingsmetodene ganske like. Prinsippet er som følger: Man må først produsere kjernekasen og modellen. De lages enten i plast, tre eller metall, avhengig av seriestørrelse og dimensjoner. Støpegodset krymper litt mens det tørker, derfor må dimensjonene på modell og kjernekasen tilpasses dette. Dimensjonene på modellen må altså være litt større enn det ferdige støpestykket. Man lager både modellen og kjernekasen med slippvinkler. Hvis overflaten skal bearbeides i ettertid, pleier man å legge til et "bearbeidingstillegg" slik at dimensjonene fortsatt er riktige etter bearbeidingen. Formene består av to deler, en over- og en underdel. Formmassen er sand som blir tilsatt et bindemiddel, og blir pakket rundt modellen. Det må også lages nedløp for påfylling av smelte i formen. I tillegg må eventuelle matere og stigere lages slik at størkningen av smelten skjer ballansert. Når formene er ferdig blir de påført et stoff som må brennes tørt. Denne svertingen er med på å gjøre overflateruheten bedre, og gjør at sanden løsner lettere fra støpegodset. Over- og underdel av formen blir montert sammen. For at disse skal ligge riktig i forhold til hverandre, er det laget styrepinner på kjernekasen. Modellen vi skal lage ligger da som et luftrom inne i sanden. Etter montering blir de limt sammen, og er da klare for å bli tilsatt smelte.

Ulempen med denne typen støping er at sandformen må ødelegges for hver gang, i tillegg blir ikke overflaten like fin som ved andre metoder. Det gjør at arbeidet som kreves per enhet øker, som igjen fører til at prisen vil gå opp. Derfor er denne metoden ofte brukt ved småserieproduksjon og prototypebygging, noe også vi skal bruke den til. Avkjølingstiden er lengre her enn ved kokille, siden sand isolerer. Dette gjør at de mekaniske egenskapene ikke blir like gode som ved støping i kokille. Men på den andre siden har man større frihet når det kommer til formgivning ved bruk av sandstøping.

Toleranser for sandstøpt aluminium vil generelt være iht. NS-ISO 8062 med toleransegrad CT 9-11, og med en overflateruhet (Ra) på mellom 12 og 125.

### Kokillestøping

Dette er støping av smelte i varige metallformer. I likhet med sandstøping brukes det heller ikke her trykk, det er metallens egen tyngde som gjør at det fordeler seg i formen.

Gjenstandene som lages kan ikke være for kompliserte, men om det er nødvendig kan man bruke sandkjerner. Formene som brukes i kokillestøping er kostbare, så det lønner seg ikke å bruke denne metoden for tilvirkning av prototype, men den er godt egnet til masseproduksjon. Det blir finere struktur i godset som er støpt på denne måten, og det gir igjen høyere styrke. Nøyaktigheten er større, og etterbehandlingen blir da mindre på grunn av de stabile metallformene. For denne metoden vil toleransene generelt være iht. NS-ISO 8062 med toleransegrad CT 6-8, og overflateruhet (Ra) på mellom 3 og 80.

### Alternative metoder

For å få skien til å føles mer levende, ved hjelp av en mer komplisert geometri, burde kanskje en annen produksjonsmetode vært brukt. Vi skal nevne et par metoder her:

- Hydroforming:

Dette er en metode som gjør det mulig å forme blant annet aluminium i lette, strukturelt stive og sterke deler. Ved å bruke denne metoden kunne vi utfoldet oss litt mer på det designmessige. Denne metoden går ut på å legge et aluminiumsrør inn i en form, som tilsvarer den formen man ønsker at røret skal få. I den ene enden stenges røret, mens hydraulisk væske blir tilført i den andre. Trykket gjør at aluminiumsrøret blir presset ut og tilpasser seg den gitte formen. Dette er en rask og kostnadseffektiv metode, og som nevnt tidligere gir den færre designbegrensninger.

- Trykkstøping:

For aluminium er det kaldkammermetoden som anvendes, som er en populær støpemetode. Støpegodset blir av høy kvalitet, og på grunn av vår legering kan det også herdes i etterkant. Metallene som skal støpes om blir varmet opp til en deigaktig tilstand, eller smelte. Dette blir så overført til former som er laget av varmebestandig og slitesterkt stål.

Her utsettes materialet for høyt trykk, ved hjelp av et stempel som presser metallet inn i formen. I likhet med hydroforming er dette en metode der det stilles færre begrensninger til design, nøyaktighet og overflate.

### Etterbehandling

- Rengjøring:

Nedløp og matere på støpestykket må fjernes for å få et bra resultat. Siden dette ikke skal være en del av det ferdige produktet, kappes det bort. Det skjer ved bruk av båndsgag eller vinkelsliper. Der det blir kappet må man deretter pusse for at overflaten skal bli bra. Det sandstøpte godset har en grov struktur i overflaten, hvor brent sand lett fester seg. Løsningen på dette er å sandblåse. De stedene hvor det er blitt kappet og pusset, er overflaten synlig finere enn steder som ikke er pusset. Derfor er det vanlig å sandblåse hele det støpte godset etter både kapping, pussing og sliping. Dette gjelder spesielt på deler som skal se fine ut, både ved sand- og kokillestøping. Etter sandblåsing blir overflaten noe mattere. Dette trenger imidlertid ikke vi å tenke på, siden rulleskien skal overflatebehandles og påføres farge.

- Kontroll:

Rulleskiene vil bli kontrollert både visuelt og maskinelt etter produksjon. Østlandske Lettmetall AS har en egen avdeling for målekontroll som utføres i en Zeiss-koordinat målemaskin, av typen Contura G2 10/12/6 Aktiv. Full målekontroll med dokumentasjon av alle mål på tegningen utføres.

- Boring:

Hovedbjelken til rulleskien må ha flere hull og spor, til blant annet innfesting av hjul og binding, og eventuell brems. Dette er en maskineringsjobb som gjøres i en CNC-styrt maskin hos Østlandske Lettmetall AS.

## Varmebehandling

Rulleskiene varmebehandles etter støping for å oppnå bedre mekaniske egenskaper. Metoden som benyttes kalles utskillingsherding. Prinsippet for herdingen er at noen av legeringselementene som blir brukt har større løslighet i fast form ved høy temperatur enn ved lav temperatur. Det er innholdet av magnesium i smelten muliggjør herdingen. Magnesium og Silisium binder seg sammen, og danner  $Mg_2Si$ . Nivået magnesium må ligge mellom 0.25 % og 0.5 %. For mye Mg gjør legeringen vanskelig å støpe, og den oppfyller ikke de definerte kravene lengre. For lite Mg gjør at metallet ikke inneholder de definerte minimumskravene etter varmebehandlingen.

Herdingen skjer i tre forskjellige trinn:

1. Oppløsning
2. Bråkjøling
3. Utskilling

Oppløsning:

Materialet varmes opp til en temperatur like under den eutektiske temperaturen, omtrent 10-15 °C under. Dette løser opp størst mulig mengde utskillingsherdede emner fra støpingen, normalt magnesium som nevnt over.  $Mg_2Si$  vil da fordele seg homogent rundt i massen. Hvis materialet blir varmet opp over den eutektiske temperaturen, brennes det, og smelter lokalt. Det kan da ikke reddes, og er ødelagt. En slik oppvarming gjøres i spesielle ovner med sirkulerende luft, slik at man har god kontroll.

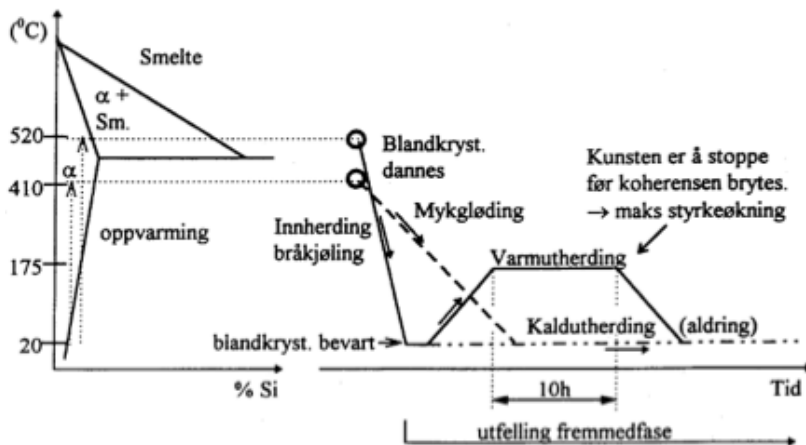
Bråkjøling:

Etter innherding bråkjøles godset i væske, vanligvis vann, slik at man unngår at de oppløste legeringselementene skilles ut under nedkjøling. De beholder sin posisjon homogent rundt i materialet også i fast løsning. Overføringen fra innherding til bråkjøling må skje raskt, innen 30 sekunder, og temperaturen i vannbadet skal være maksimalt 50 °C. Hvis materialet må rettes eller formes, så bør dette gjøres nå.

### Utskilling:

Alle herdbare legeringer er igjennom de første trinnene, oppløsning og bråkjøling. For noen legeringer, som for eksempel AlSi7Mg som vi skal bruke, er det nødvendig med enda en oppvarming. Dette kalles uskilling eller utharding og er en oppvarming av godset til mellom 150°C og 280 °C, over en lengre holdeperiode, 5 – 48 timer. Dette er med på å gi godset optimale egenskaper. Holdetid og temperatur justeres etter hvilken legering det er, og hvilke egenskaper som ønskes. Man kan for eksempel øke bruddseigheten ved å ta en lavere temperatur, i kombinasjon med lang holdetid. Etter dette avkjøles godset langsomt i luft til romtemperatur.

Hvis materialet skal bearbeides etterpå, for eksempel dreies eller freses, kan man gjøre en stabiliseringsgløding for å redusere indre spenninger. Om dette ikke gjøres kan det lett oppstå deformasjoner på grunn av spenningen. Materialet glødes da vanligvis opp til 315-345°C, med en holdetid på 2-4 timer. Materialet blir da mykere, og man kan begynne bearbeidingen.



Her ser vi hva som skjer under herding ved en AlSi1Mg-legering. Figur er hentet fra kompendium om Aluminium av Henning Johansen.

### Forklaring:

Når materialet varmes opp til en temperatur like under den eutektiske temperaturen, blir legeringen omdannet til  $\alpha$ -blandkrystaller. Holdetiden er for diffusjon, slik at  $\alpha$ -blandkrystallene får tid til å dannes. Strukturen beholdes når materialet kjøles ned raskt. Hvis man varmer opp godset en gang til, med temperatur og holdetid avhengig av legering, vil det skilles ut  $Mg_2Si$  homogent og jevnt i godset. Vi oppnår da en finere struktur i metallet, hindrer dislokasjoner, og øker materialets bruddseighet og flytegrense.

## Design / overflatebehandling

Når det gjelder designet til rulleskien har vi flere alternativer. Vi har vurdert de ulike alternativene opp mot disse kriteriene:

- Holdbarhet
- Tåle bruk i røft terreng
- Motstå solbleking
- Være innbydende
- Motstå korrosjon
- Pris

Alternativene våre har vært:

### - Foliering:

Et alternativ for å få en heldekkende farge, er foliering. Her kan man få det designet man ønsker, og rett og slett bare klistre det på. Overflaten blir fin, men det blir ikke holdbart nok med den håndteringen skiene vil bli utsatt for. Det vil fort gå hull på folien, og den vil slites av. Foliering passer bedre som dekor utenpå annen overflatebehandling der de ikke er så utsatt for røff behandling. Flere steder på skien vil det også være vanskelig å legge på folie. En fordel er at dette er et ganske billig alternativ, der prisen avhenger noe av type folie, og om man kan legge den på selv eller ikke.

### - Våtlakking:

Dette er det vi tenker på som tradisjonell lakking. Her vil vi få en fin overflate, bakdelen er at det er tidkrevende, som igjen fører til at det blir kostbart. Lakken kommer til å bygge ut en del, så alle hull må maskeres godt for å beholde riktige dimensjoner og toleranser.

Lakkingen skjer i flere steg, med grunning, lakk og klarlakk. Mellom hvert lag må skien tørke, og alt må/bør gjøres i lakkboks. Vi har innhentet pris fra Elverum Auto, og det vil komme på 2200 kr per par. Dette er alt for dyrt, samtidig er det ikke veldig holdbart.

### - Pulverlakking:

Dette er en annen type lakking, hvor man sprayer på pulver som fester seg til delene grunnet elektrostatisk oppladning. Dette bakes så i en herdeovn, slik at lakken flyter utover og fester seg. Dette blir holdbart, og motstår UV-stråling og sollys godt. Men i likhet med våtlakking bygger også denne lakken ut, så hullene må maskeres godt. Pulverlakking vil bli billigere enn våtlakk, og er derfor et godt alternativ. Vi har innhentet pris fra Gunnar Hippe, som anslo maksimalt 1000 kr per par.

Ingen av disse tre alternativene følte vi oppfylte kravene våre. Det gjorde at valget vårt falt på anodisering, som var vårt siste alternativ.

### Anodisering / Eloksering:

Når rulleskien blir ferdig har vi altså valgt å anodisere den. Dette vil si å forsterke det naturlige oksidsjiktet som allerede finnes på overflaten. I samme operasjon kan vi også få den fargen vi ønsker på modellen. Det som skjer er at produktet blir behandlet gjennom en elektrolytisk overflatebehandling i flere bad. Rulleskien gjøres om til en anode i det oksiderende badet, ved tilkobling til en ytre spenningskilde. Det er dette som er anodiseringen, man sier at aluminiumen har blitt eloksert. Under elektrolysen reagerer aluminium og oksygen, og danner aluminiumsoksid. Samtidig som dette skjer, blir noe av oksidet løst opp av elektrolytten slik at sjiktet får en porestruktur. Prosessen kan forenklet skrives slik, med kjemiske symboler:  $4Al + 3O^2 \rightarrow 2Al^2O^3$ . Oksidlaget som har blitt dannet kalles eloksal, elektrisk oksidert aluminium. Dette sjiktet kan farges, som gjøres ved å behandle modellen i fargeoppløsninger som vil trenge inn i porene. Det kan skje på to måter; dryppfarging eller elektrolytisk innfarging. Avhengig av metode, vil fargestoffet enten feste seg i poreåpningene, eller gå dypere ned i porene. Etter dette må sjiktet tettes, man må altså behandle sjiktet slik at porene tettes igjen. Vanligvis skjer det i et varmt vannbad, 95-100 °C. Da skjer det kjemiske reaksjoner som gjør at sjiktet tar opp vann og porene tettes. Fordelen med denne metoden er at vi slipper å lakkere delene, og overflaten blir glatt, slitesterk og mer værbestandig.

### Anbefalt sjikttykkelse ved anodisering

Sjikttykkelse i $\mu m$	Bruksområde
25	Overflaten er utsatt for meget kraftig påvirkning i form av korrosjon eller slitasje, særlig utendørs i korrosivt miljø.
20	Kraftig eller normal påvirkning utendørs, f.eks. bygg, kjøretøy og skip.
20	Kraftig påvirkning innendørs av kjemikalier, i fuktig luft, f.eks. innen næringsmiddelindustrien.
15	Relativt kraftig slitasje innendørs, f.eks. utsmykningsdetaljer utendørs.
10	Normal påvirkning innen- eller utendørs i tørr og ren atmosfære. Til reflektorer, beslag, dekorasjonslister til kjøretøy, sportsartikler.
5	Normal påvirkning innendørs.

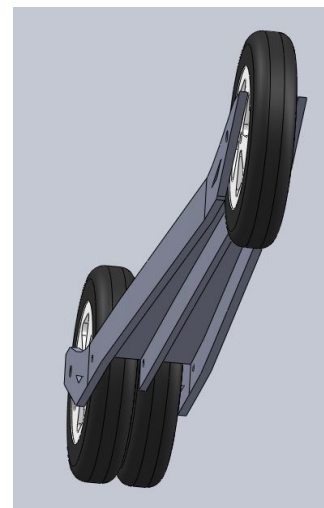
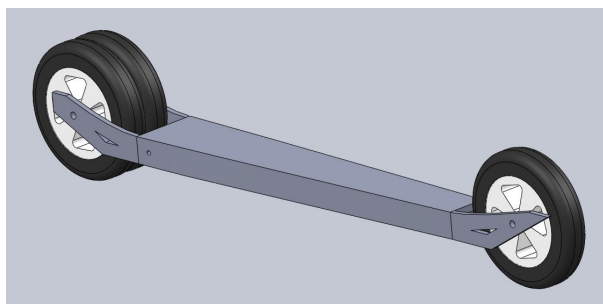
*Tabell hentet fra hydro.com*

Tykkelsen på det naturlige oksidsjiktet er ikke mer enn  $0.01 \mu\text{m}$ , mens etter anodiseringen er det mellom 1 og  $25 \mu\text{m}$ . Man bestemmer tykkelsen etter hvilken påkjenning delen skal utsettes for. Vi mener en sjikttykkelse på  $20 \mu\text{m}$  er passe for rulleskien, siden den skal tåle å bli brukt i et røft utendørs miljø. Elokseringen gir rulleskien høy hardhet og slitebeskyttelse, god korrosjonsbestandighet, dekorativt utseende og dessuten en miljøvenlig gjenvinning. Elokserte produkter tåler godt å bli utsatt for sol og UV-stråling, og vil ikke bli matt av den grunn. Lagring vil heller ikke være noe problem, verken med tanke på sprekk/defekter i overflaten eller smuss som setter seg fast. Vi har innhentet pris fra Teloks, som ga oss et overslag på 300-400 kr for et sjikt på  $20 \mu\text{m}$ . Når denne metoden har så mange fordeler ved seg, og i tillegg er den billigste, var det ikke noe tvil om at det var denne overflatebehandlingen vi skulle velge.



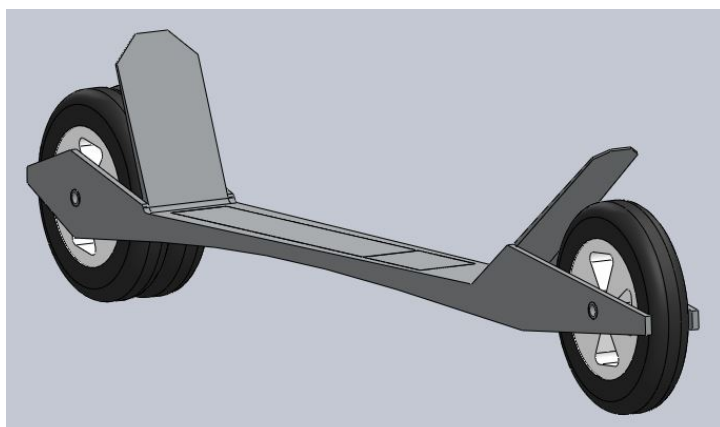
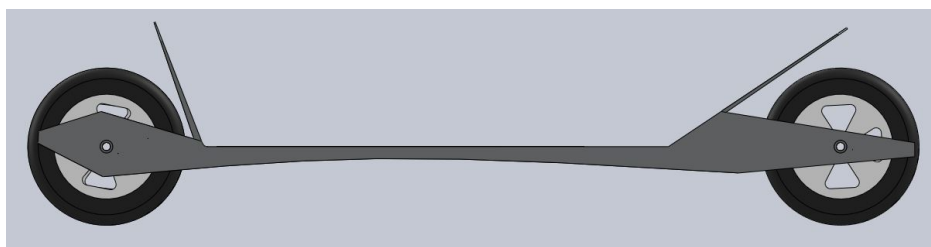
## Førsteutkast til design

Vi starte tidlig med konseptskissering. Og etter mange timer prøving, feiling og diskusjoner innad kom vi frem til et design vi begge var ganske fornøyd med. Dette er et førsteutkast og noe å jobbe videre med. Justeringer og endringer gjøres nå ut ifra denne, og ikke helt i fra bunn hver gang.



Her ser vi at vi har valgt å konstruere en modell som har tre hjul, to bak og ett foran. Vi mener dette vil by på ulike fordeler. For det første vil skien være retningsstabil og lett og svinge med, og for det andre vil de doble bakhjulene gi god stabilitet under bruk.

Selv om vi syntes det begynte å ligne på noe, var vi ikke helt fornøyd. Vi gjorde noen endringer, der vi endret litt på tverrsnittet, og samtidig la vi til skjermer både foran og bak. Det nye designet ble vi veldig godt fornøyd med.



*Her har vi fortsatt beholdt de doble bakhjulene, men tilføyd skjermer, og ellers noen endringer i tverrsnittet.*

## Analyse av ergonomi og form

Før vi kan starte dimensjonering må vi gjøre noen valg, som omhandler hjulstørrelse, lengde og bakkeklaring. For å kunne analysere oss frem til disse parameterne, laget vi en testmodell med justeringsmuligheter i både lengde og høyde. Denne tok vi med oss til en grusvei vi syntes representerte tiltenkt underlag. Testmodellen vår sammenlignet vi med tre andre par rullski. Både klassisk-, skøyte- og kombinertski.



*Bilde av testmodellen*



*Grusveien vi testet rulleskien på*

Først testet vi skøyteskiene. Disse har en bakkeklaring på 34 mm, hjuldiameteren er 100 mm, og det er forholdsvis smale hjul. Hjulene brøytet seg ned i grusen, slik at bakkeklaringen ble minimal og det subbet noen steder.

Kombinertskiene har en bakkeklaring på 19 mm, og hjuldiameteren er 60 mm. Selv om hjulene er brede, fungerte dette ikke i det hele tatt. Hjulene er for små, og bakkeklaringen alt for lav. Skien ble dratt langs grusen, og subbet hele tiden med mindre underlaget var skikkelig hardpakket, og uten ujevnheter.

Klassiskskiene har en bakkeklaring på 34 mm, og hjuldiameteren er 80 mm. Disse skiene har også brede hjul, som gir en god kontaktflate med underlaget. Bakkeklaring ble også her et problem, og hjulene var rett og slett for små.

Testmodellen vår har en hjulstørrelse på 150 mm, med smale hjul. Doble hjul bak, og enkelt foran. Vi startet med bakkeklaring på 38 mm, men justerte oss opp til 56 mm. Da var det ikke noe problem å kjøre over hindringer og hull, som vist på bildet. Høyden på testbjelken er 2" (5,08cm), mens høyden på vår rulleski-bjelke bare er 2 cm. Dette, i kombinasjon med mangel på binding, gjorde at skien føltes høy og ustabil, men slik blir den ikke.



*Skøyteskiene, som er avbildet, hadde ikke god nok bakkeklaring til å passere dette hinderet.*



*På bilde øverst til venstre (kombinertskien) ser vi hvordan rulleskien ikke skal oppføre seg under fraspark ved klassisk gange, her løfter fremhjulet seg. Bildet øverst til høyre er av fraspark med klassiskskien, her har fremhjulet kontakt med underlaget hele tiden. Denne skien har enveis kulelager i fremhjulet, som gjør at man får feste.*



*Bildet nederst til høyre viser vår testski, hvor fremhjulet også har god bakkekontakt gjennom hele frasparket. Vi har justert lengden mellom senter av hjulene til å være 70 cm. Vi mener dette er en lengde som både gir en god følelse ved diagonalgang og opprettholder egenskapene ved svinging.*



*Både klassisk-, skøyte- og kombinertskiene hadde for små hjul til å kunne brukes på en grusvei som denne, men med større hjul ble fremkommeligheten mye bedre.*

#### Konklusjon av testing:

Det vi kan trekke ut ifra denne testens opplevelser er:

- Bakkeklaring midt på rulleskien må være minimum 50 mm
- Lengde mellom hjulene ikke kortere enn 700 mm
- Hjul diameter på 150 mm fungerer bra
- Kombinasjon med ett fremhjul og dobbelt bakhjul fungerer bra
- Luftfylte hjul for mer komfort

## Opphavsrettslige forhold

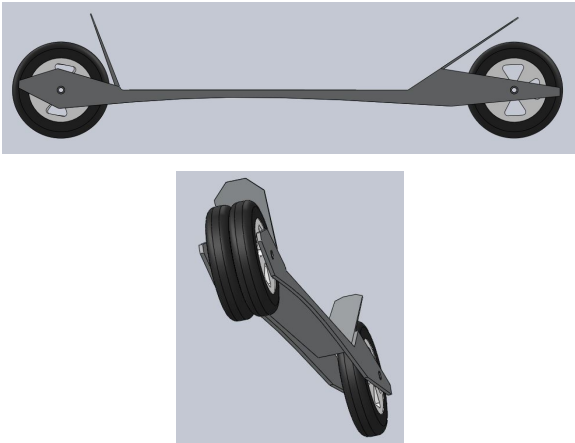
Vi har sett gjennom det som ligger ute av rulleski på [www.patentstyret.no](http://www.patentstyret.no). Der har vi ikke funnet noe likt, verken innen design, patent eller varemerke. Vi konkluderer derfor med at ideen og produktet vårt ikke er beskyttet.

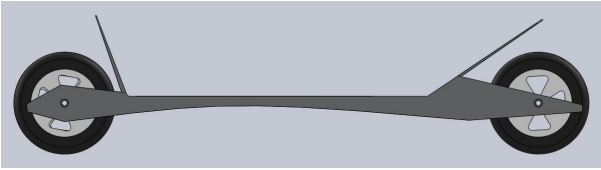

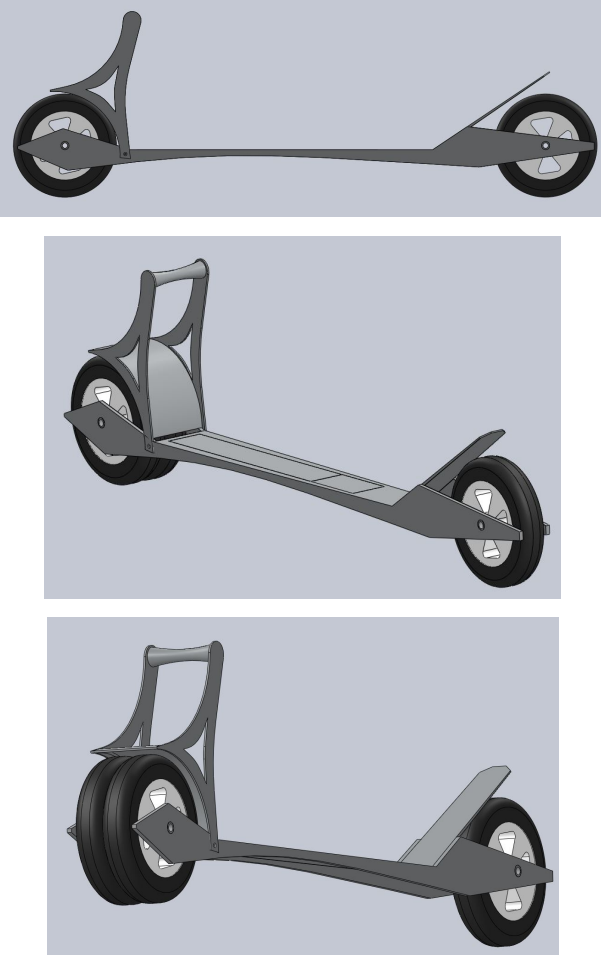
## Alternative løsninger

Når det gjelder alternative løsninger til designet har vi vært innom mange. Vi har prøvd modeller med og uten skjermer, forskjellig tverrsnitt og utforming, og til slutt med og uten brems. Vi har vurdert fordeler og ulemper ved de ulike løsningene, og har til slutt kommet frem til hva vi mener er det beste.

## Vurdering og valg av alternativer

Av alle de forskjellige alternativene vi har vært innom, skal vi bare ha igjen tre-fem varianter til prototypetesting. Dermed må det gjøres en seleksjon der vi velger ut de vi har mest tro på. Vi har valgt å fokusere på den utformingen vi er mest fornøyd med, og videre gjøre små justeringer ut ifra denne. Valget har falt på fire ulike varianter, der én har brems, og tre ikke. De tre parene uten brems har litt ulik bakkeklaring. Disse fire variantene skal produseres, for så og testes før videre utvelging og endringer skal foretas. Nedenfor har vi satt opp en oversikt over våre fire prototyper:

Oversikt over prototyper, med tekniske spesifikasjoner	
	<p style="text-align: center;"><u>Prototype 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hjulavstand: 700 mm</li> <li>- Høyde fra fotplate til bakken: 75 mm</li> <li>- Bakkeklaring maks: 65 mm (på midten)</li> <li>- Bakkeklaring min: 42 mm (ved bakhjulet)</li> </ul>

	<p style="text-align: center;"><u>Prototype 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hjulavstand: 700 mm</li> <li>- Høyde fra fotplate til bakken: 85 mm</li> <li>- Bakkeklaring maks: 75 mm (på midten)</li> <li>- Bakkeklaring min: 52 mm (ved bakhjulet)</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><u>Prototype 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hjulavstand: 700 mm</li> <li>- Høyde fra fotplate til bakken: 65 mm</li> <li>- Bakkeklaring maks: 55 mm (på midten)</li> <li>- Bakkeklaring min: 32 mm (ved bakhjulet)</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><u>Prototype 4</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hjulavstand: 700 mm</li> <li>- Høyde fra fotplate til bakken: 75 mm</li> <li>- Bakkeklaring maks: 65 mm (på midten)</li> <li>- Bakkeklaring min: 42 mm (ved bakhjulet)</li> <li>- Bremsen er fjærbelastet</li> </ul> <p>- Man bremses ved å strekke den ene skien lengre frem enn den andre, så leggen skyver bremsen ned på hjulene.</p> <p>- Sideprofilene på bremsen / bakskjermen skjæres ut fra plate med en CNC-styrt maskin, mens plata i midten vales og sveises til sideprofilene.</p>

## Produksjonskostnader og inntjening

Vi har fått vite produksjonskostnader hos Østlandske Lettmetall. Dette er da på hovedproduksjonen, som vil foregå ved kokillestøping. Det vil først tilkomme verktøykostnader på kr 50 000,- , da dette er prisen på støpeformer. Utover dette vil det være kr 500,- i produksjons - og maskineringskostnader per par rulleski. Dette inkluderer materialer og maskinering av hull til hjul og bindinger.

Totalkostnad per par ski vil derfor variere veldig etter antallet som produseres. Vi har satt opp et budsjett som viser sammenhengen mellom inntekter og utgifter i forhold til antall.

<b>Antall</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	<b>120</b>	<b>160</b>	<b>200</b>
<b>Inntekter</b>					
Salgspris pr par	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Total inntekt	120 000	240 000	360 000	480 000	600 000
<b>Utgifter</b>					
<b>Variable kostnader</b>					
Emballasje pr par	100	100	100	100	100
Anodisering pr par	300	300	300	300	300
Prod.kost pr par	500	500	500	500	500
Hjul pr par	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Total VK	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900
Dekningsbidrag	1 100	1 100	1 100	1 100	1 100
<b>Faste kostnader</b>					
Verktøykost	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
Verktøykost pr par	1 250	625	416	312	250
<b>Selvkost</b>					
Selvkost pr par	3 150	2 525	2 316	2 212	2 150
Selvkost totalt	126 000	202 000	277 920	353 920	430 000
Fortjeneste pr par	-150	475	684	788	850
Fortjeneste totalt	-6 000	38 000	82 080	126 080	170 000



Prisene er bare et overslag, og vil variere med antall som blir produsert. Total kostnad på hjul er vi fremdeles litt usikre på, men gjorde et anslag. Salgsprisen satt vi til kr 3 000,- da det er en pris vi tror er riktig etter å ha vurdert markedet. Det er verktøykostnaden på kr 50 000,- som utgjør den store utgiften. Ser vi bort fra denne, er utgiftene kr 1900,- per par, og inntekten - dekningsbidraget kr 1 100,- ved salgspris på kr 3 000,-

### **Markedspotensiale**

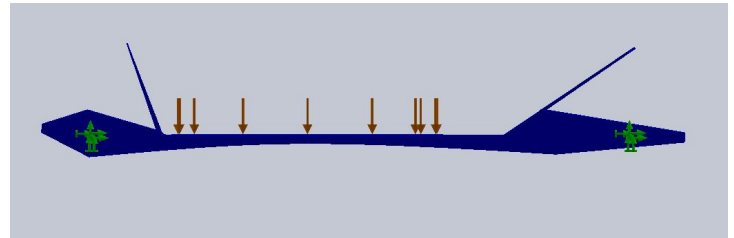
Vi tror markedspotensiale for en rulleski til offroad bruk er forholdsvis stort. De signalene vi har fått fra både skiløpere og sportsbutikker har vært veldig positive, og underbygger derfor påstanden vår. Antall solgte ski kommer til å ha sammenheng med markedsføring, men vi antar at det ikke burde være noe problem å selge 60-100 par rulleski første år, og at tallet vil stige i årene fremover. Dette er da hvis man ikke bare selger rulleskiene lokalt, men satser over store deler av Norge. Det vil også være veldig aktuelt med en nettbutikk, siden flere og flere handler gjennom internett. Distanser spiller da heller ingen rolle, da pakkene sendes ut med posten. Hvis dette blir en suksess, vil man tjene mere desto flere par som selges.

## Dimensjonering

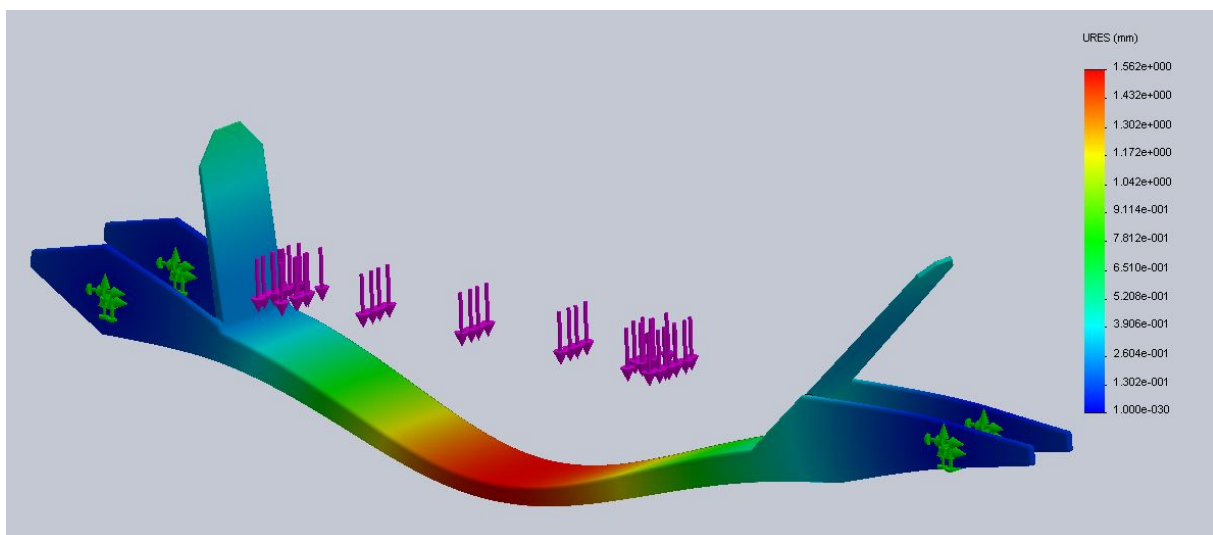
### Rulleski-bjelke

Siden hovedbjelken er selve bæreren på en rulleski, må denne ta i mot kreftene skien blir utsatt for. Vi har dimensjonert hovedbjelken etter hva vi satte opp i kravspesifikasjonene. Bjelken må tåle kreftene, men samtidig bør det også være litt nedbøyning, slik at skien skal føles mer “levende”.

SolidWorks ble brukt som analyseverktøy for å finne nedbøyning og spenninger. Vi satte på grensebetingelser i hullene der hjulene skal festes, og krefter som virker vertikalt på skien. Kraftene er påsatt på et område som tilsvarer plasseringen av bindingen. Størrelsen er satt til maksimal brukervekt, 1180 N (120 kg).

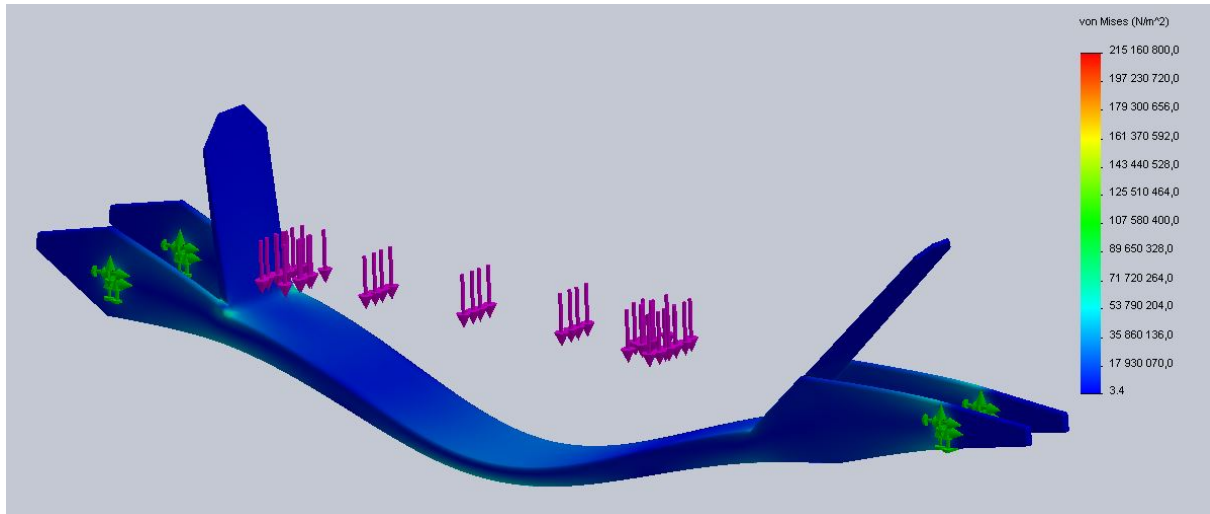


*Bildet over viser rulleski-bjelken i SolidWorks Simulation, hvor grensebetingelser og laster er satt på.*



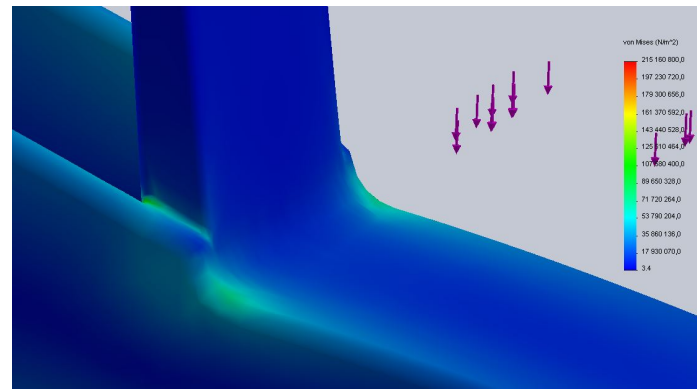
*Grafikken lyver veldig, siden denne nedbøyningen egentlig bare er 1.5 mm.*

Ut ifra de forutsetningene vi har satt ser vi at lasten på 1180 N vil føre til en maksimal nedbøyning på 1.56 mm, og den inntreffer i det røde området på figuren over. Vi kunne godtatt en større nedbøyning, men det er andre parametere som spiller inn som krever disse dimensjonene, som for eksempel støpeprosessen.



Bildet viser spenningsfordelingen i rulleski-bjelken. Igjen lyver grafikken på deformasjonen.

Spenningsfordelingen i rulleski-bjelken er som vist i modellen over. Vi ser at den nominelle spenningen er lav, og byr ikke på noen problemer. Den maksimale spenningen finner vi i overgangen mellom fotplaten og hjulinnfestingen bak, slik bilde til høyre viser. Størrelsen på denne spenningen er  $140 \text{ N/mm}^2$ . Dette er godt under flytegrensen, som for vår legering er  $220 \text{ N/mm}^2$ . Ut ifra våre forutsetninger er det altså ikke fare for flyting og varig deformasjon.

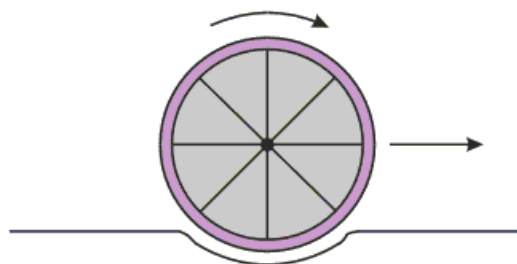


Maksimal spenning ved gjeldene forutsetninger.

Hvis vi ser på både nedbøyning og maksimal spenning er begge disse godt innenfor det vi kan tillate. I virkeligheten vil mest sannsynlig verdiene være en del lavere, med tanke på en gjennomsnittlig brukervekt på 60 – 90 kg, ikke 120 kg som brukt i dimensjoneringen. Samtidig vet vi at støping medfører noen svakheten styrkemessig, så for å være på den sikre siden, velger vi å beholde denne utformingen. Rulleski er en type utstyr som blir utsatt for varierende og kanskje plutselige belastninger, og må dermed tåle disse.

### Rullefriksjon

Ved å benytte rulleskiene på grusveier og andre ujevne underlag, vil hjulene synke litt ned i underlaget ved bruk. Dette fører til at hjulene ruller tyngre, som skyldes rullefriksjon. Ved å øke hjulstørrelsen begrenser vi størrelsen på rullefriksjonen. I Vedlegg 7 ser vi at friksjonskraften minker med hele 45 % ved å øke hjuldiameteren fra 100 mm til 150 mm, tatt i betraktning de forutsetningene vi har satt.



Cause of rolling friction

*Bilde som prinsipielt viser virkningen av rullefriksjon, hentet fra [www.tutorvista.com](http://www.tutorvista.com)*

### Kulelager

I hjulene sitter det kulelager, slik at hjulene triller lett med den motstanden de skal ha. Bakhjulene har enveis-kulelager, mens framhjulene har vanlig toveis-kulelager. Beregningene vi gjorde her gikk ut på å regne ut hvilket kulelager vi må benytte for at det skal tilfredstille kravspesifikasjonen vår, der vi satte en levetid på minimum 1000 timer. Vi forutsatte en belastning på 120 kg (1180 N) og en fart på 60 km/t. Når vi beregner går vi ut ifra at dette er konstante faktorer, noe det ikke vil være i virkeligheten. Så den reelle levetiden vil være lengre, siden hastigheten sjelden er så høy, og påkjenningen på hver ski er den maksimalt tillatte i henhold til kravspesifikasjonene. I Vedlegg 8 ser vi i henhold til SKF at valget faller på Sporkulelager 608.



*Bildet viser et kulelager, hentet fra [www.skf.com](http://www.skf.com), som er den standarden vi har brukt i utregningene*

### Hjulbolt

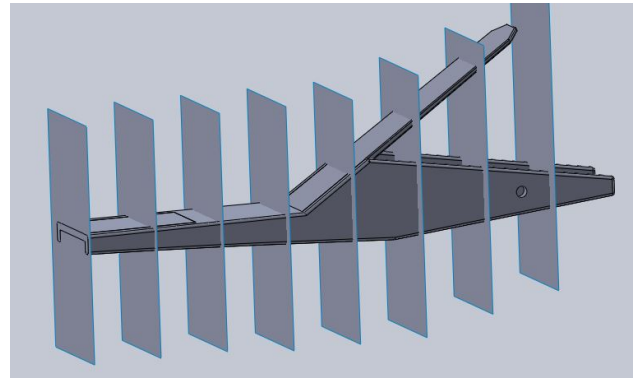
Hjulboltene fester hjulene til hovedbjelken. Disse er utsatt for spenninger, og da spesielt skjærspenninger. I Vedlegg 9 har vi vist en prinsipiell skisse av en bolteforbindelse, og brukt denne som sammenlikning til vår forbindelse. Ut ifra de materialegenskapene vi har tatt utgangspunkt i, vil hjulboltene ha veldig stor margin mot avskjæring, selv med all vekt på ei ski, 1180 N.



*Bildet viser et sett med hjulbolter, hentet fra [www.skatepro.no](http://www.skatepro.no)*

### Treghetsmoment

Treghetsmomentet til skien har en del å si for skifølelsen. En ski som er veldig tung, og som kanskje har mye vekt langt foran på skia, vil føles tung og vanskelig å håndtere. Vi har sett på treghetsmomentet til vår rulleski og sammenlignet det opp i mot en vanlig langrennsski. Vi brukte CAD-modellen til å finne massefordelingen ved å dele opp modellen i åtte like store deler, slik figuren til høyre viser. Vi har regnet fra innfestingen på skoen og fremover. Som vist i Vedlegg 10 har modellen et treghetsmoment på  $4.3 \text{ kgdm}^2$ .



*Oppdeling av CAD-modellen for å finne massefordelingen.*

Vi satte opp noe lignende for langrennsskien, men her gjorde vi et anslag av hvordan massefordelingen var. Vi tok utgangspunkt i en to meter lang ski, som vi veide til å være 750 g. Vedlegg 10 viser videre hvordan vi gikk frem, og hvilke forutsetninger som er gjort. Vi fikk ut en verdi for treghetsmomentet på  $8.5 \text{ kgdm}^2$ , som er nesten det dobbelte av det vi fikk for rulleskien. Det ligger litt usikkerhet i beregningene for langrennsskien, spesielt med tanke på massefordelingen, men det gir en liten pekepinn.

Vi mener med dette at vår rulleski ikke vil føles tung og uhåndterlig, men gi en god skifølelse. Noe av grunnen til at vi klarer å holde treghetsmomentet så lavt, er at vi bare har ett smalt hjul foran, som fører til en vesentlig vektreduksjon i forhold til å ha to. Om vekten er litt høyere bak gjør ikke det så mye for skifølelsen. Dette var tanken vår bak den utformingen vi har valgt, og ser med disse utregningene at det var et smart valg.

## Emballasje

Emballasjen har vi tenkt at skal være i papp. Ganske enkel, og ikke større enn nødvendig. Siden vi også tenker på miljøet, er ikke dette noen stor belastning når den skal kastes. Samtidig er det også viktig at emballasjon tiltrekker seg oppmerksomhet, og at produktet skal føles som noe nytt og litt eksklusivt. Emballasjen skal fremheve produktet og tiltrekke interessen hos kunden.

Viktige betingelser man må tenke på under produksjon er nødvendig bæreevne, om emballasjen skal tåle vann og fukt, om den skal stables, utforming, design, beskyttelse og farger. Løsningen vi kommer frem til sammen med valgt emballasje-produzent må være kostnadseffektiv. Det kan også være aktuelt å få laget noen plakater samtidig, da de fleste aktører også driver med dette.

Vi har tatt utgangspunkt i at emballasjen blir ca. 90cm x 20cm x 30cm. Skiene vil bli fraktet i et optimalt antall på europall (EUR-pall), som er en standardisert lastepall. En helpall er 120 x 80 cm, mens en halvpall er 60 x 80 cm. Pallen kan lastes med 1500 kg når den er i bruk.

Vi har fått prisoverslag på emballasje fra [www.i-pack.com](http://www.i-pack.com), og prisene vil variere etter antall. I startfasen er det antakeligvis ikke aktuelt å bestille så veldig mange esker, selv om prisen da ville blitt mindre per eske. Vi ønsket derfor tilbud på 100-200 stk. Disse skulle dekores med et flerfarget trykk, og ha et integrert håndtak i esken.

Ved små antall velger de hos i-Pack å trykke digitalt og uten stanseverktøy. Prisen ville da ligge på ca. kr 100,- per stk, så ved 200 esker vil det koste kr 20 000,- .

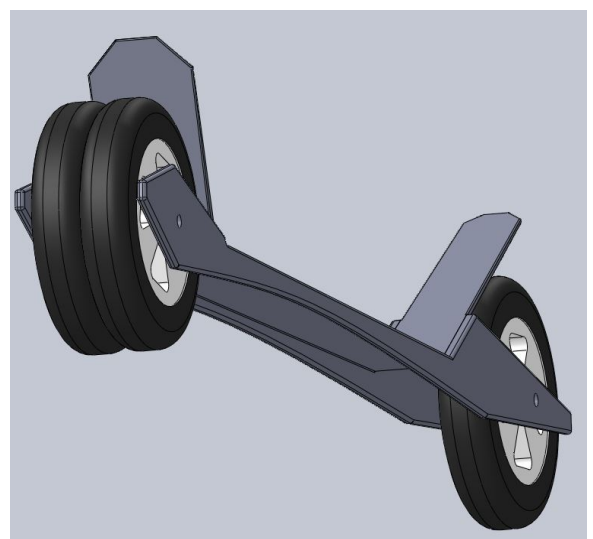
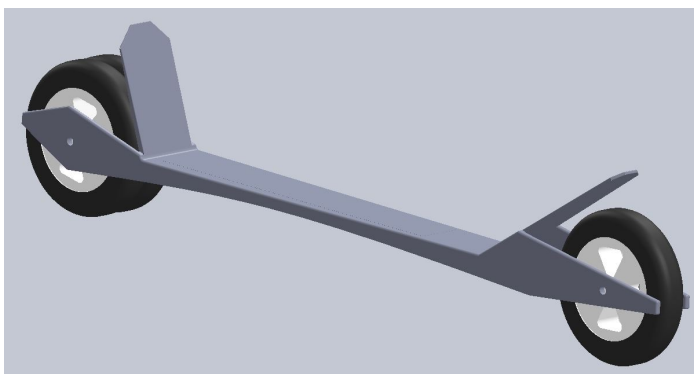
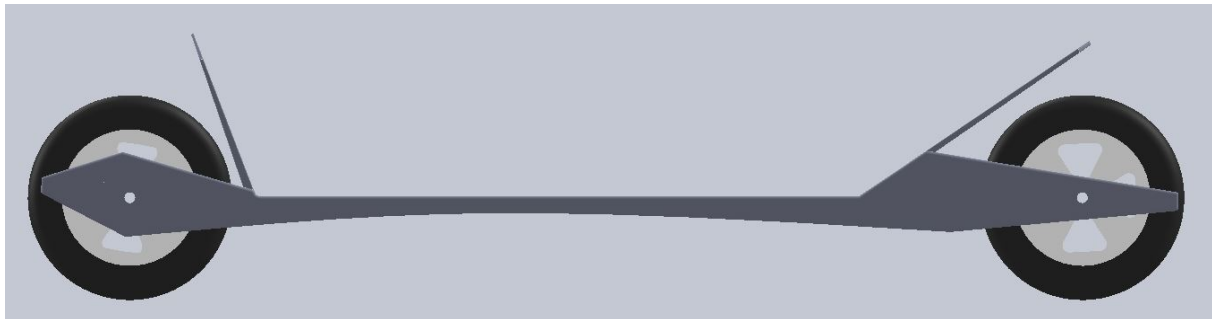
Hvis vi skulle ha kjøpt 1000 esker ville prisen være ca. 25-30,- per stk, men oppstartsprisen ville være ca. kr 15 000,-. Det ville gitt en pris per stk på ca kr 40-45,-.

Vi går altså da ut fra en pris per eske på kr 100,-

Informasjon og priser har vi fått av Atle Andreassen, som er daglig leder hos i-Pack AS.

## CAD-modell til prototype

Til prototypetesting har vi utformet fire ulike alternativer. På tre av dem er eneste forskjellen høydeplassering av hjulene, mens på den siste har vi tilføyd en brems. Vi mener selv det er den som tidligere er beskrevet som ”Prototype 1” som virker som det beste alternativet. Bilder av denne kan du se nedenfor. Her har vi en modell som er støpt i en og samme komponent. Dette vil eliminere svakheter som skyldes blant annet sveising. Vi har valgt å ha tre hjul per ski, ett foran og doble bak. Fordelen med denne utformingen mener vi er at du får god retningsstabilitet og svingegenskaper ved hjelp av et smalt forhjul, samtidig som de doble bakhjulene vil sørge for at skiene holder seg stabile under bruk. For å hindre søle og sprut har vi valgt å integrere skjermer i skien. Tverrsnittet har vi valgt til en åpen U-profil. Dette medfører betydelige fordeler når det kommer til støping, da man slipper bruk av sandkjerner. Det medfører også at bakkeklaringen blir litt større langsgående midt på skia, der stein og andre løse gjenstander kan passere uten problemer.



*Bildene over viser hovedutformingen av vår CAD-modell for prototype.*

## Ekstraustyr

Vi har tenkt til å tilby hjulpakker med lagre som har ulik rullemotstand. Disse klassifiseres i tre klasser, 1, 2 og 3, der 3 ruller tyngst og 1 ruller lettest. Ved å tilby dette kan brukeren selv tilpasse skien etter sitt ønske og fysiske form.

I og med at hjulene har luftfylte dekk, kommer vi til å tilby løse slager og dekk, slik at man kan bytte dette hvis det er nødvendig.



*Bildet viser et 150mm hjul med luftfylt offroad-dekk, hentet fra [der-rollenshop.sportkanzler.de](http://der-rollenshop.sportkanzler.de)*

## Godkjenning og sertifisering

Vi har undersøkt om rulleskiene trenger noen form for godkjenning og sertifisering, som for eksempel CE og TUV. Svarene vi har fått er at dette ikke trengs, og det er heller ikke vanlig. Hadde rulleskiene derimot vært et leketøy, måtte de vært CE godkjent.

## Prototypeplan

Planen vår er å lage fire forskjellige par rulleski, med litt forskjellig utforminger og løsninger. Dette kan for eksempel være forskjell på hjulstørrelse, tverrsnitt, tykkelse, lengde og høyde. De forskjellige parene skal så testes i samme løype, mot hverandre. Det vil være flere testpersoner, som alle bør være aktive skiløpere. Hver person prøver de forskjellige skiene, og evaluerer dem. Vi tar til oss de tilbakemeldingene vi får, og bruker dem til å velge ut og eventuelt endre den modellen som er best. Kanskje er det noen egenskaper i de forskjellige prototypene som bør kombineres. Denne prosessen kan gjøres flere ganger, avhengig av hvordan skien føles. For hver gang vil det bli færre prototyper, og til slutt sitter vi igjen med et par som virker optimale.

Testbanen må ha forskjellig underlag og være i kupert terreng. Skiene kan eventuelt testes flere steder, hvis det blir vanskelig å finne en ideel testbane. Testene burde også utføres i forskjellig type vær, ettersom underlaget vil endre seg mye fra sol og tørt terreng, til regn og bløtt underlag.



## Kapittel 4 – Konklusjon

Etterhvert som vi har jobbet med oppgaven, har vi fått et bedre syn på hva oppgaven innebar. Vi synes selv vi var heldige med oppgaven, både dens omfang og avgrensninger.

Med problemstillingen vi jobbet ut fra, har vi fått brukt mye av vår kunnskap som har blitt opparbeidet gjennom de siste tre årene ved HiG. Det har vært en bred og spennende oppgave, selv om det var mer analysering og forarbeid enn vi først hadde trodd. Vi har vært innom mange emner som også blir relevante når vi kommer ut i arbeidslivet. Det har til tider dukket opp ting vi har vært usikre på, og som vi ikke tidligere har jobbet noe med. Dette har løst seg på en grei måte, ofte fordi vi har hatt hverandre å spille på. Vi har merket gjennom tiden vi har jobbet sammen, at godt samarbeid er viktig.

Vi har tatt hindringer og komplikasjoner med godt humør. God planlegging og god orden har gjort at vi har hatt kontroll hele veien, noe vi synes er viktig.

Gjennom prosjektperioden har vi utviklet et konsept og et forslag til utforming av en ny type rulleski, en ”offroad-rulleski”. Skiene har vi dimensjonert slik at de oppfyller kravspesifikasjonen, men samtidig har vi prøvd å få de så lette som mulig. Vi har gjort alt vi kan for å tilpasse modellen til offroad-bruk. Funksjonskravene vi satte opp synes vi er etterkommet på en bra måte, både gjennom egen testing og skriftlige beregninger. Av egne erfaringer og vurderinger mener vi denne rulleskien vil åpne mange nye bruksområder, samt favne en større målgruppe. For å hjelpe Østlandske Lettmetall videre med utviklingsarbeidet, har vi i første omgang satt opp en prototypeplan, for hvordan testing og videre utvelging skal foregå. CAD-modeller med tilhørende målsatte 2D-tegninger har vi også laget, som er overlevert Østlandske Lettmetall. Vi har prøvd å tenke på alle faktorer ved produktutvikling, og prosessen rundt dette gjennom hele prosjektet. Resultatet vi kom frem til, er vi svært fornøyde med og tror dette kan bli en suksess.

Til slutt vil vi få rette en stor takk til Østlandske Lettmetall AS for raske og gode svar på våre spørsmål, både over telefon og på mail.

## Kapittel 5 – Litteraturliste

### Bøker

Corneliussen, Rolf Garbo (2010) *Tilvirkningsteknikk*. 4. Opplag  
Bergen: Fagbokforlaget.

Hartvigsen, Hartvig; Lorentsen, Rolf; Michelsen, Knut; Seljevoll, Sverre (1990),  
*Verkstedhåndboka* 6. Utgave. Tromsø: Gyldendal Norsk Forlag AS

Svensson, Ingemar og Ingrid (2007) *Karlebo: Gjuteriteknisk handbok*.  
Sverige: Swecast. Oversatt av Industriskolen, *Støperiteknisk handbok*.

### Websider

Arjo Produkter AS *Europall* [online]. URL:  
<http://www.europall.no/europall/> (03.05.2013)

Hydro, *Overflatebehandling av aluminiumsprofiler* [online]. URL:  
<http://www.hydro.com/pagefiles/24726/hap%20ytbehandling%202012%20no.pdf> (04.2013)

Johansen, Henning (2009) *Kulelager*. [online]. URL:  
<http://materialteknologi.hig.no/Styrkeberegning/arbeidsplan/sb-lager-forelesningnotater.pdf>  
(03.2013)

Johansen, Henning (2009) *Aluminium*. [online]. URL:  
<http://materialteknologi.hig.no/Materiallare/arbeidsplan/lettmetaller/Al-Al-legeringer/Materiallaere-aluminium-kompendium.pdf> (03.2013-04.2013)

Key to metals, *The world's most comprehensive metals database*. [online]. URL:  
<http://www.keytometals.com/> (03.2013-04.2013)

Norsk pulverlakkteknisk forening, *Om Pulverlakk* [online]. URL:  
<http://www.nplf.no/article.asp?id=61> (12.04.2013)

Næss, Almar (2009) *Anodisering* [online]. URL:  
<http://snl.no/anodisering> (12.04.2013)

Wikipedia, *Rolling resistance* [online]. URL:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Rolling\\_resistance](http://en.wikipedia.org/wiki/Rolling_resistance) (03.2013-04.2013)

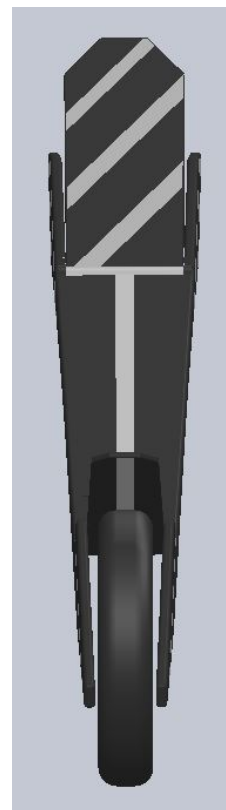
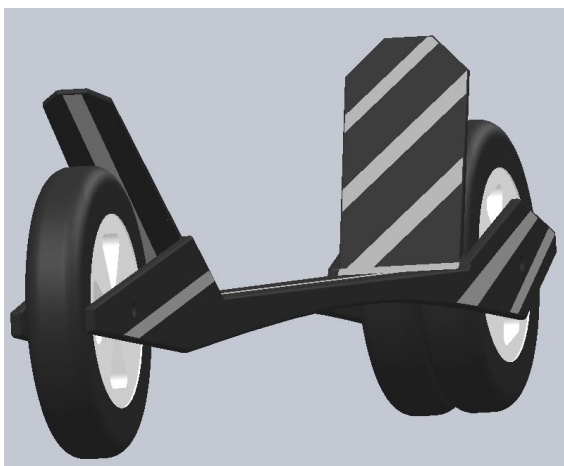
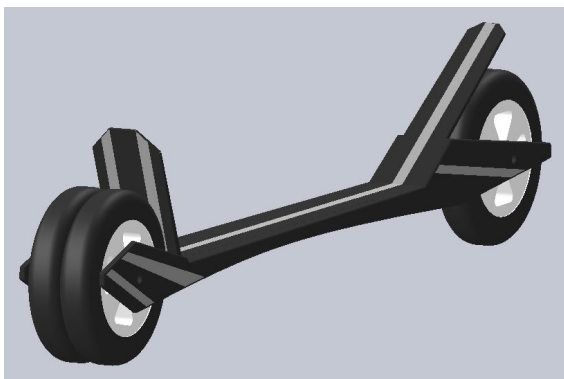
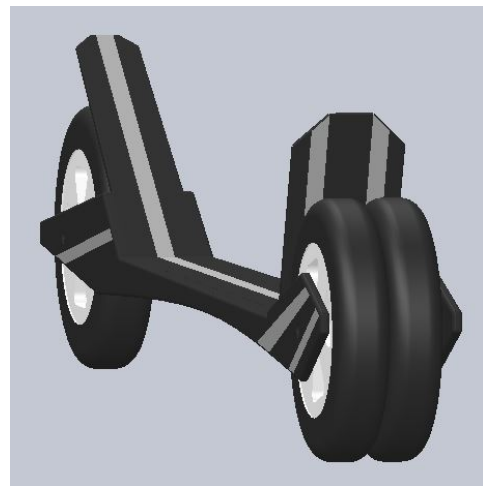
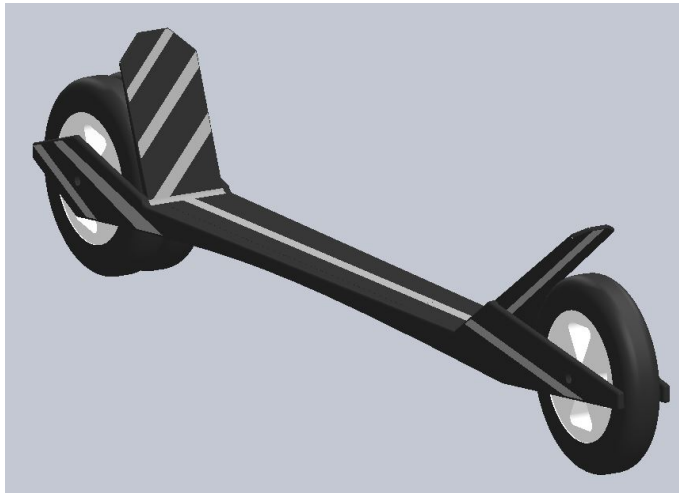
Østlandske Lettmetall *Maskinering og støping* [online]. URL:  
[www.lettmetall.no](http://www.lettmetall.no) (01.2013 - 04.2013)

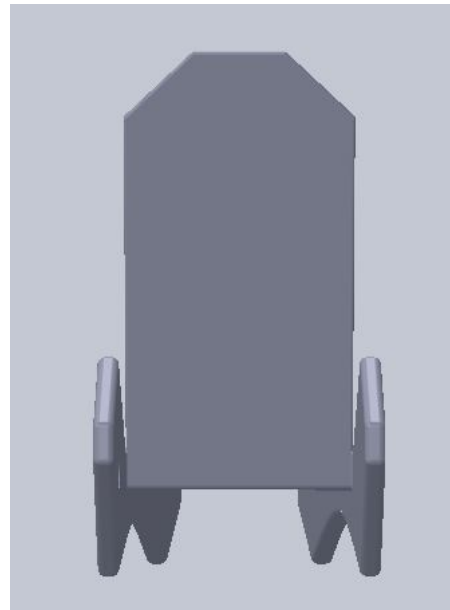
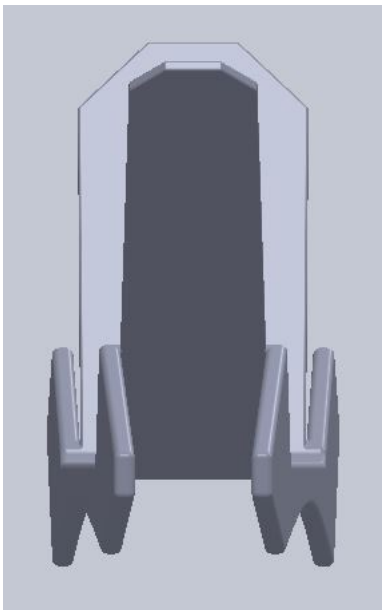
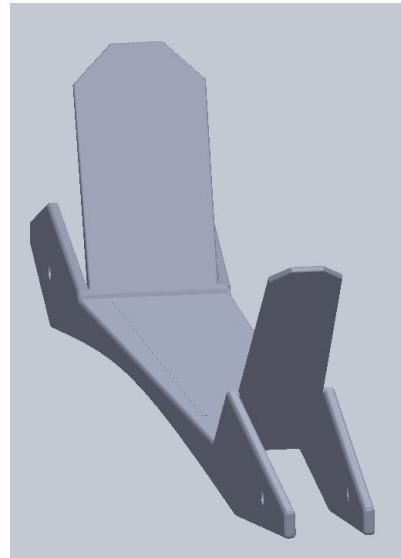
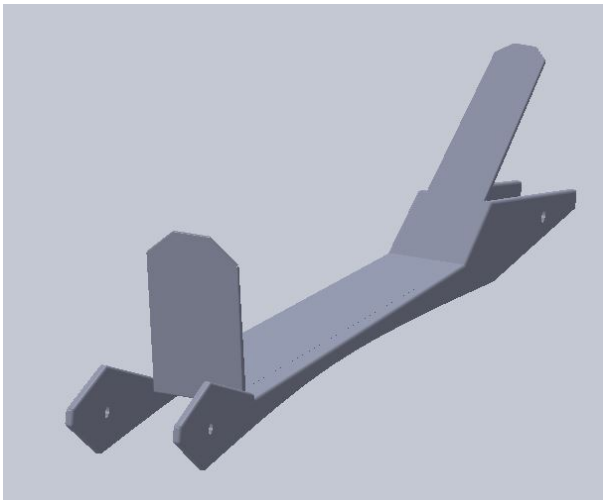
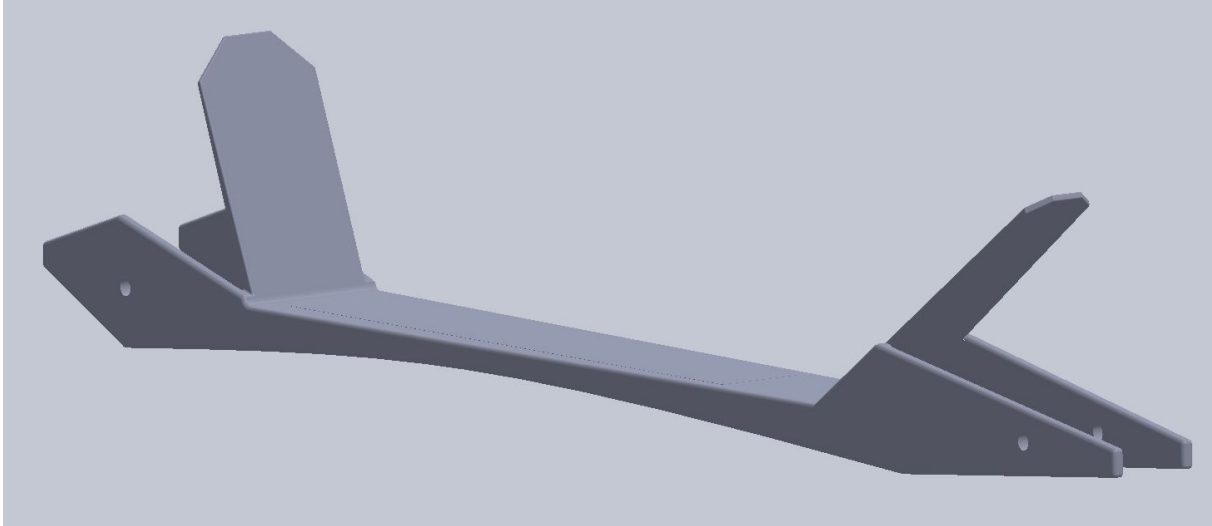


## Kapittel 6 – Vedlegg

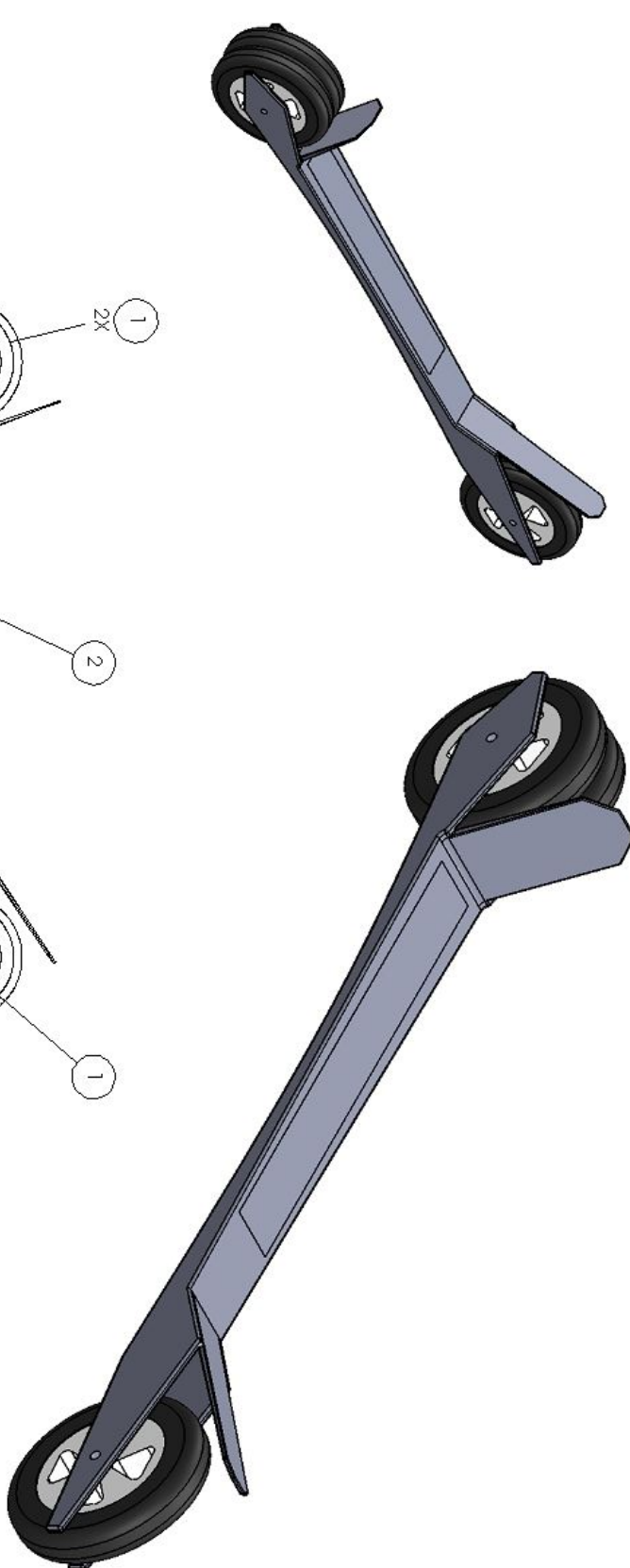
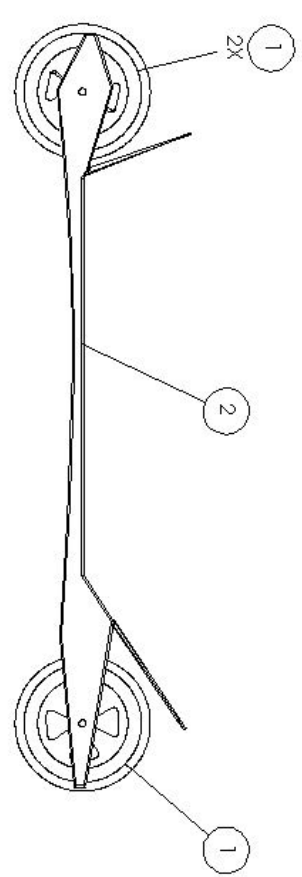
- Vedlegg 1 - Bilder av CAD-modell
- Vedlegg 2 - 2D-tegninger av prototype 1
- Vedlegg 3 - 2D-tegning av prototype 2
- Vedlegg 4 - 2D-tegning av prototype 3
- Vedlegg 5 - 2D-tegninger av prototype 4
- Vedlegg 6 - 2D-tegning av hjul
- Vedlegg 7 - Rullefriksjon
- Vedlegg 8 - Kulelager
- Vedlegg 9 - Hjulbolt
- Vedlegg 10 - Treghetsmoment
- Vedlegg 11 - Bruksanvisning
- Vedlegg 12 - Evalueringsskjema
- Vedlegg 13 - Prosjektavtale
- Vedlegg 14 - Møtereferater

### Vedlegg 1 – Bilder av CAD-modell



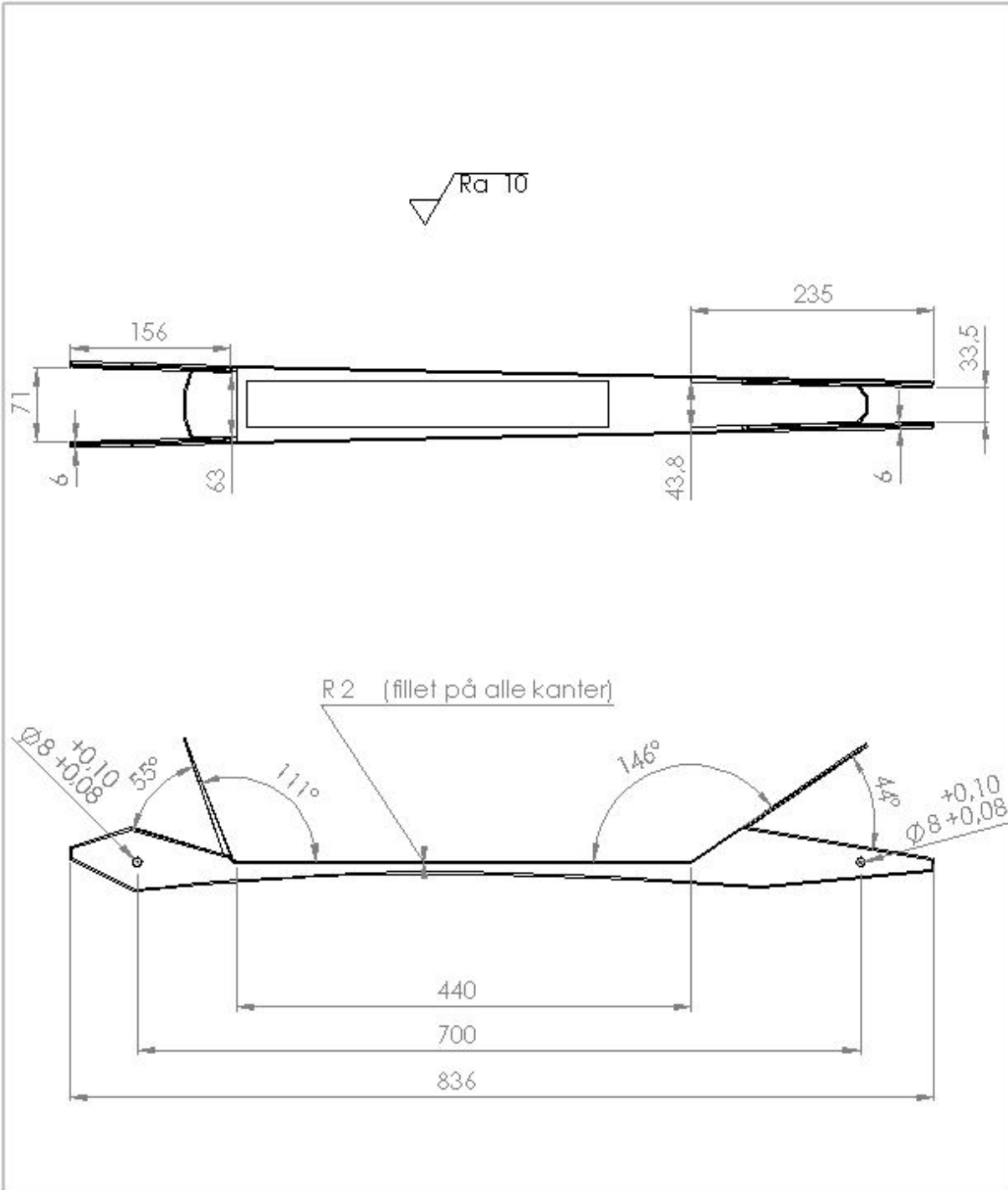


### Vedlegg 2 – 2D-tegninger av prototype 1

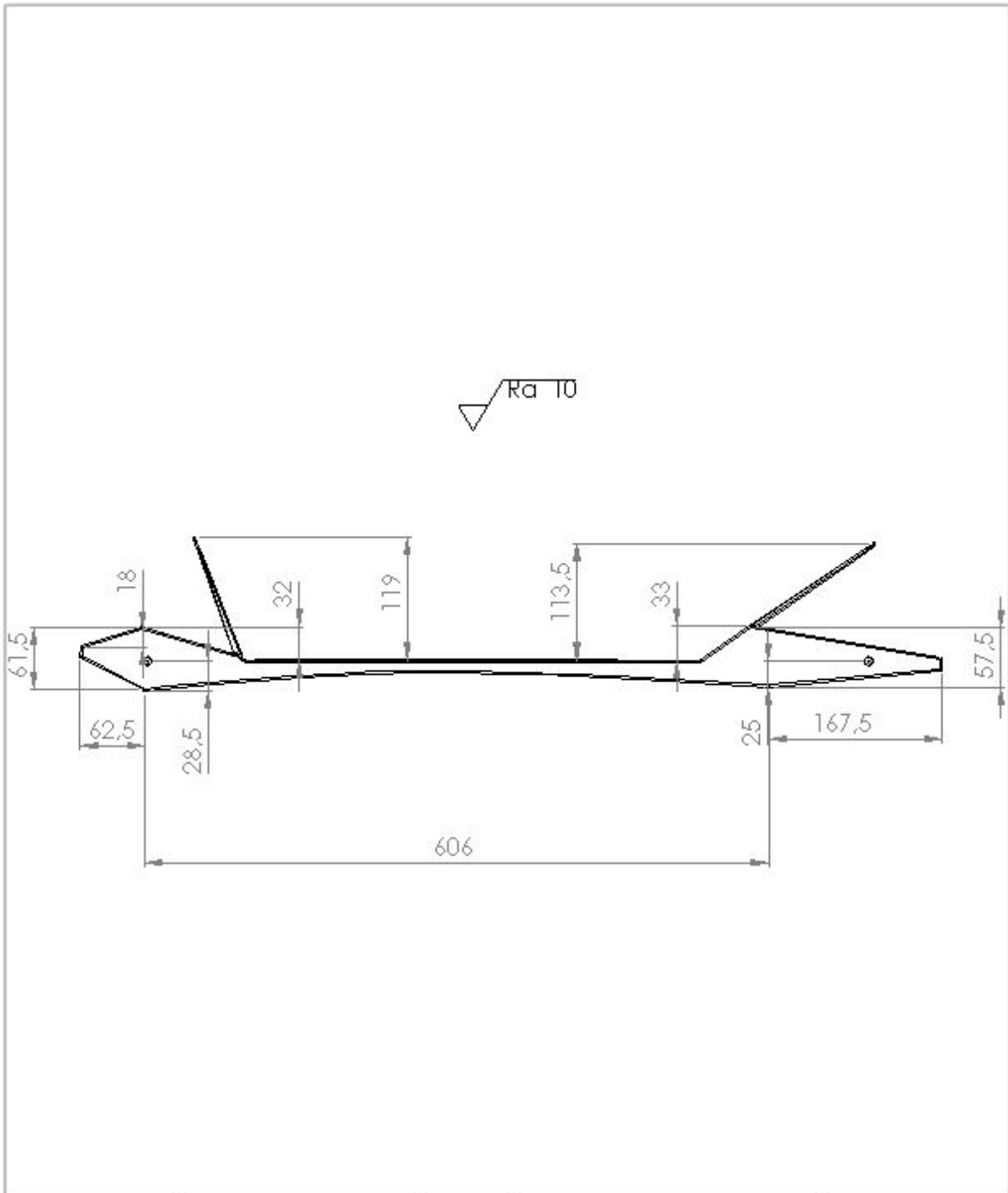



Del nr.	Komponent	Antall
1	Hjul	3
2	Rullesk-bjelke	1

DUTZ SCHNEIDER FEM SERNACEF PAVAR 10 DUTZSCHER CD 1200x1000		TR-BR TR-BR	DUTZ A 2 TR-BR	DUTZ A 2 TR-BR
BAKW/ WOLSEN Nilsen CERN KERN B NIS	KERN Nilsen Nilsen Nilsen	SIG-ARBE BART	TR-BR TR-BR	DUTZ A 2 TR-BR
G.A. WEGHT: 1550 g [pr. stk]	Offroad-rulleski A3	DUTZ A 2 TR-BR	DUTZ A 2 TR-BR	DUTZ A 2 TR-BR



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH IS TO TO IT IS TO BE SPECIFIED IN THE APPROPRIATE		TOLERANCE		DRAFT AND EDGE SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME	SIGNATURE	DATE				<p>Rulleski-bjelke Prototype 1</p> <p>Ofroad-rulleski</p> <p>A4</p>			
DRAWN	Morten Nilsen								
CHECKED	Kjetil Remdtsson								
APPROVED									
MTC									
D.A.				MATERIAL:	Aluminium Al-Mg9Si	DWG NO.			
				WEIGHT:	950 g	SCALE:	1:10		SHEET 2 OF 2

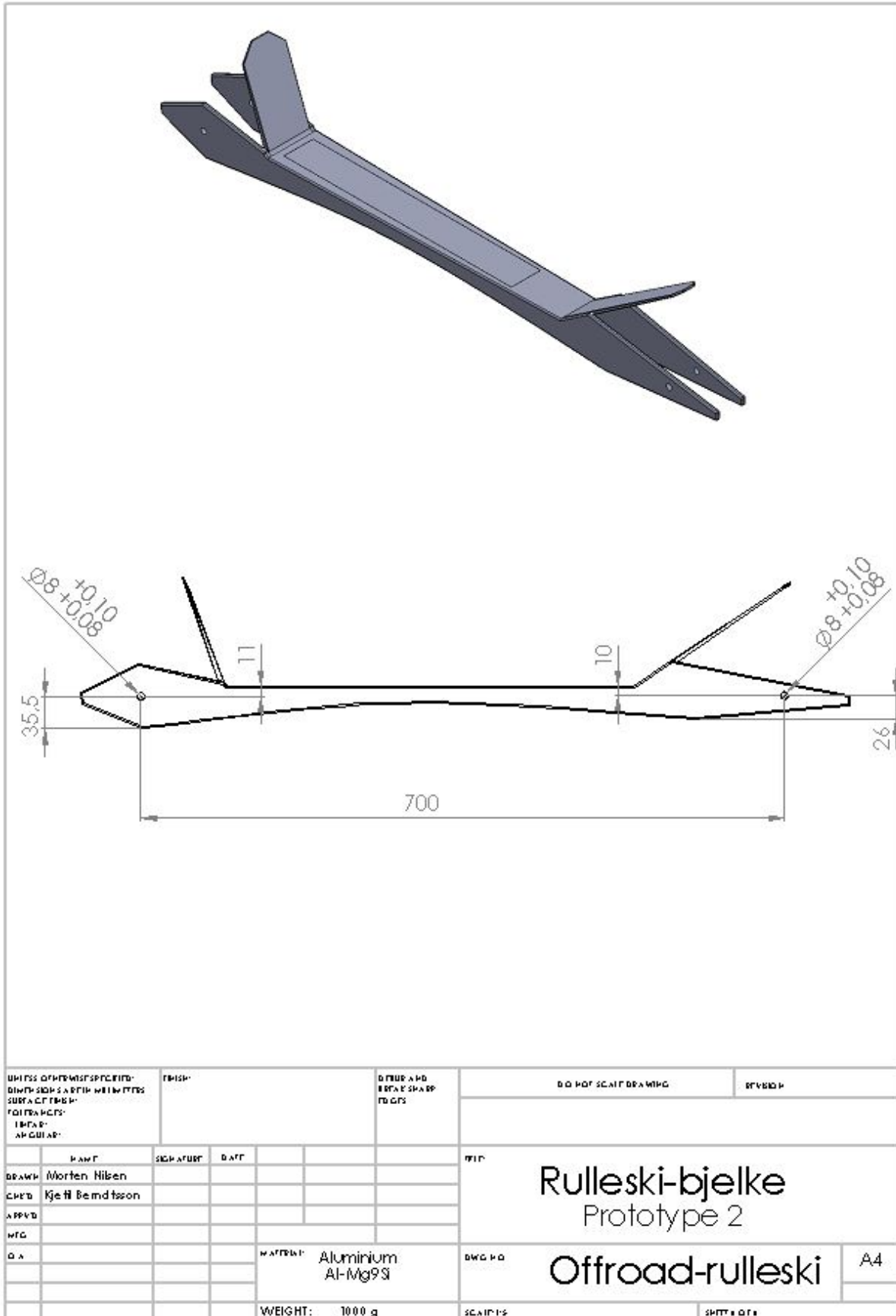


UNISS OPTHENGSPROJEKT DINTEKNAKT I ØSTLANDSKE SUBSTANSER FORTEKST TILBÆ ANCIAR		TILGJ		D TILG A HO BETA E SWAR TILGJS		D O HOI SCALIF DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE		MATERIAL	
DRAWN: Morten Nilzen						Rulleski-bjelke Prototype 1		Aluminium Al-Mg9Si	
CHECKED: Kjetil Berntsson						DWG NO		A4	
APPROVED:						OFFROAD-RULLESKI			
MFG:						SCALIF PS		SHEET NO:	
D.A.:						WEIGHT: 9.00 g			



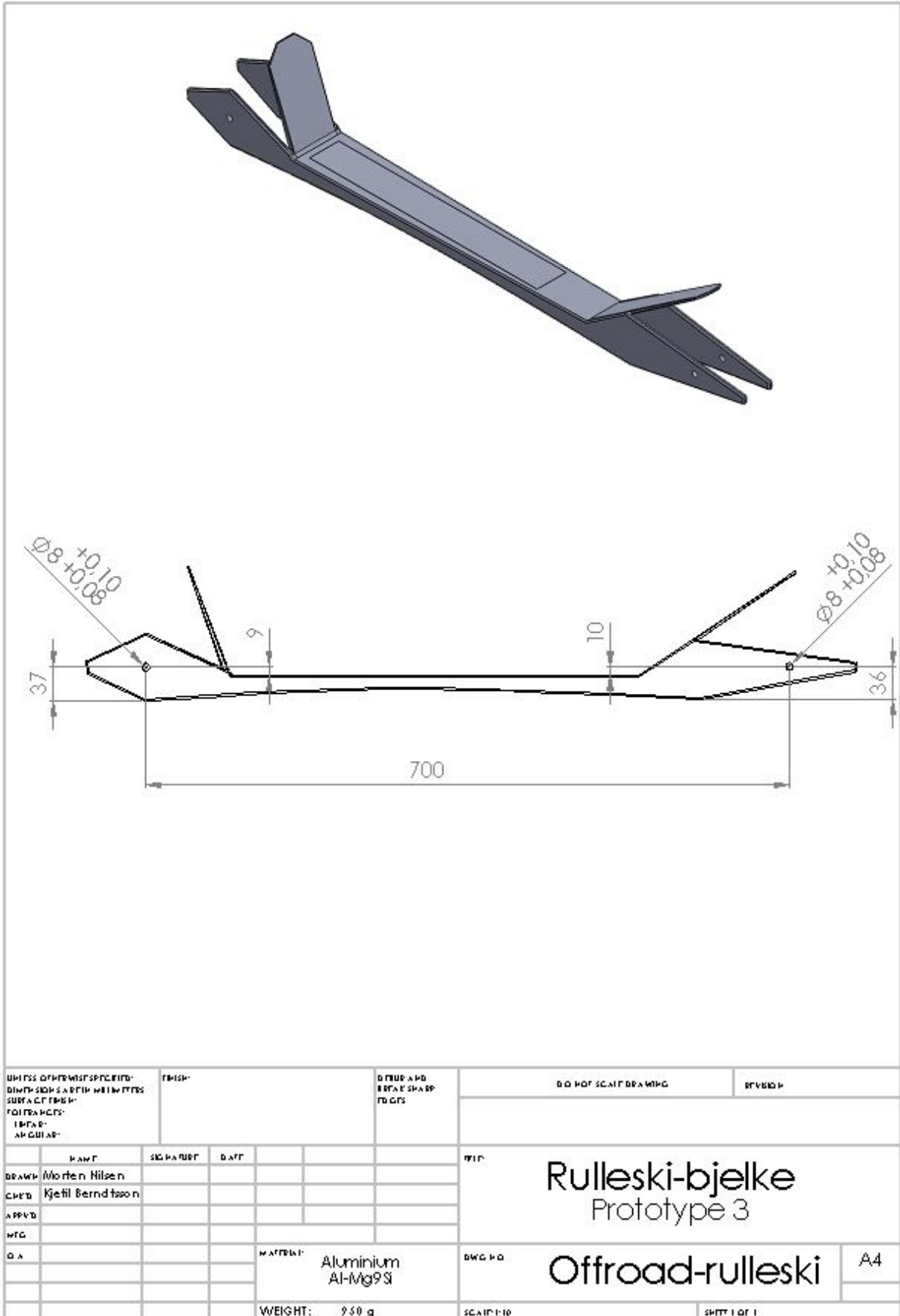


Vedlegg 3 – 2D-tegning av prototype 2



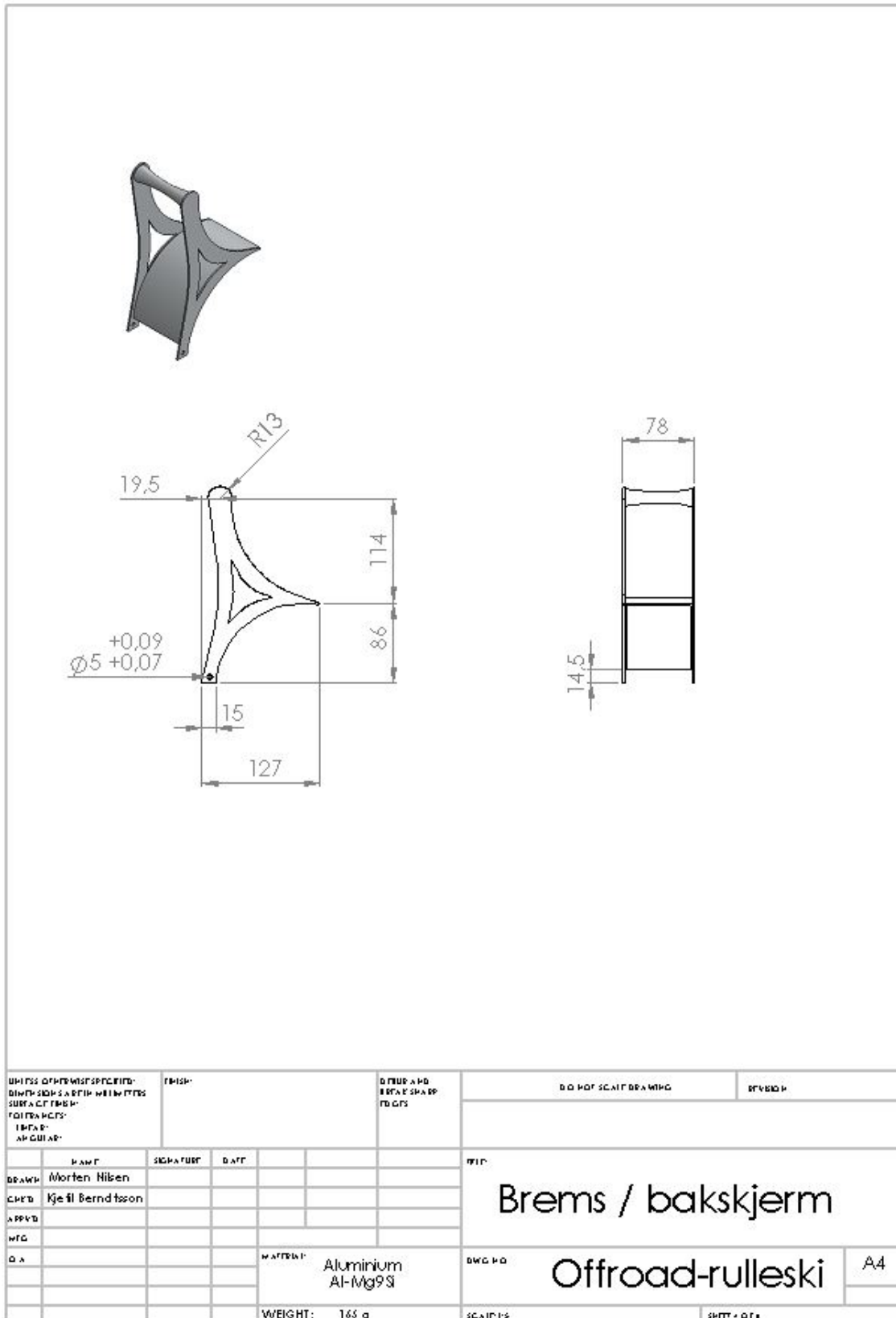


Vedlegg 4 – 2D-tegning av prototype 3



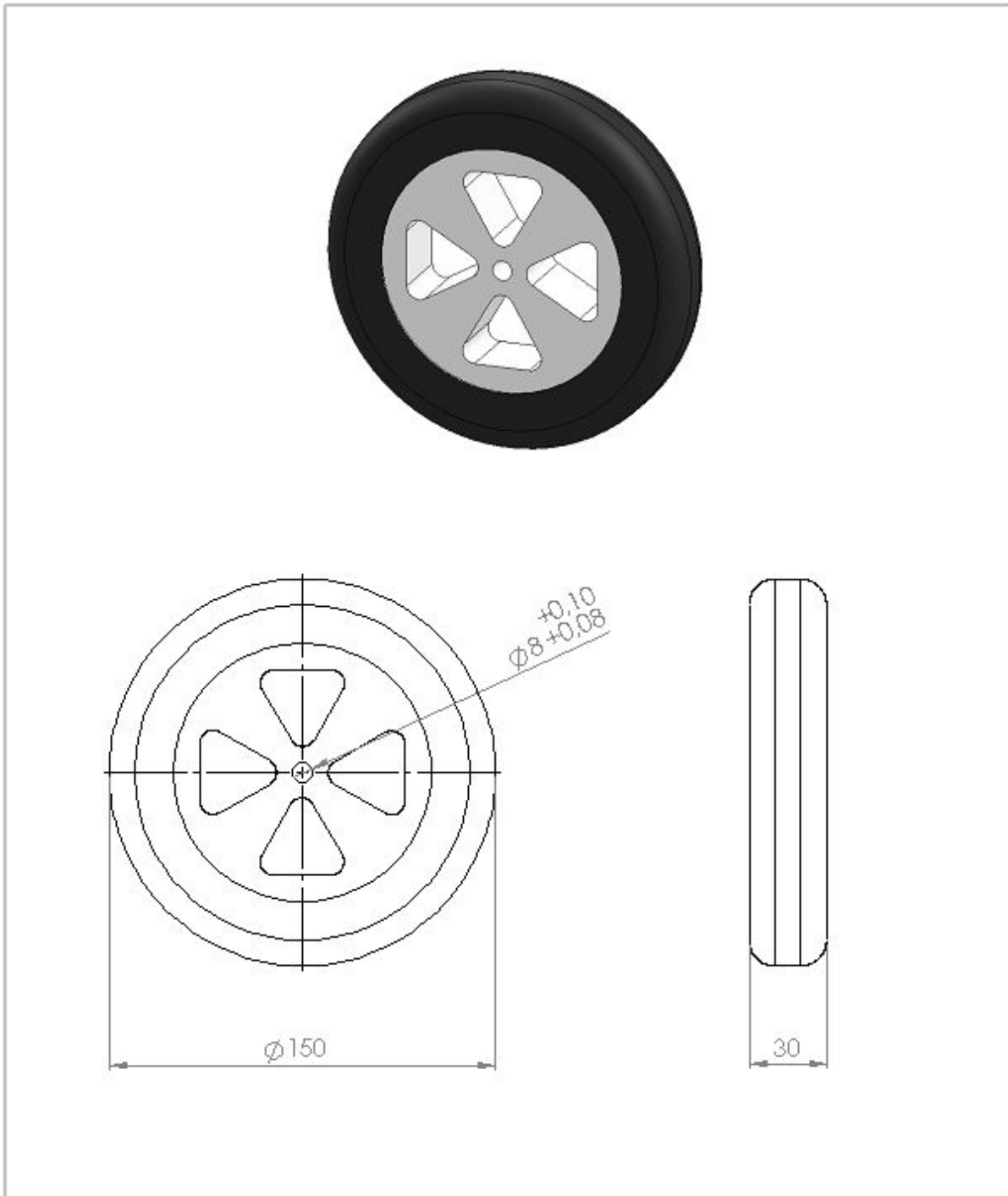
**Vedlegg 5 – 2D-tegning av brems / bakskjerm (prototype 4)**

Rulleski-bjelken til prototype 4 er eksakt lik prototype 1, bortsett fra bakskjermen.  
 Henviser derfor til Vedlegg 2 for mål og utforming.



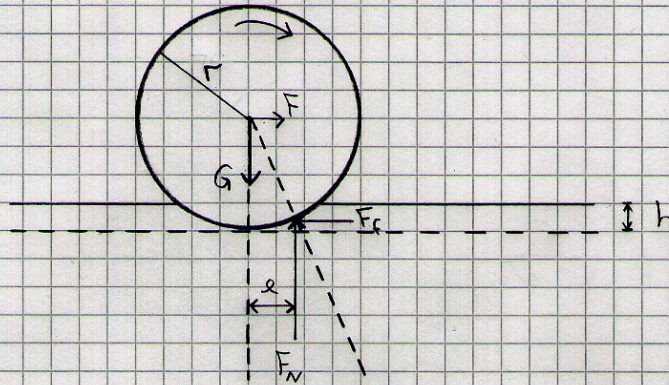


Vedlegg 6 – 2D-tegning av hjul



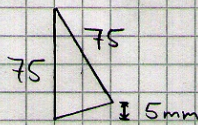
UNITS OF DIMENSIONS SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: POLISHING: TOLERANCES: ANGLES: AS SHOWN		FINISH:	DIMENSIONS AND TOLERANCES IN DIMS	DRAWN SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE		<p style="text-align: center;">Hjul</p> <p style="text-align: center;">Offroad-rulleski</p>	
DRAWN: Morten Håsen					
CHECKED: Kjetil Berndtsson					
APPROVED:					
DATE:					
MATERIAL: Dekk: Gummi Felg: Aluminium			DWG NO:	A4	
WEIGHT: 200 g (pr. hjul)			SCALE: 1:1	SHEET NO.:	

## Vedlegg 7 – Rullefriksjon

Rullefriksjon

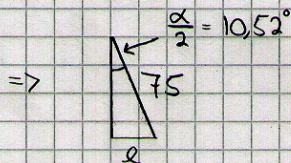
- Forhjul med diameter 150 mm som synker 5 mm ned i underlaget:

$$G = 474 \text{ N}$$



$$\Rightarrow 70 \text{ } \alpha \text{ } 75$$

$$\cos \alpha = \frac{70}{75} \Rightarrow \alpha = 21,04^\circ$$



$$\Rightarrow r = 75 \cdot \sin 10,52^\circ = \underline{13,69 \text{ mm}}$$

$$F_f = \mu F_N, \quad \mu = \frac{r}{r} = \frac{13,7 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} = 0,1826$$

$$\Rightarrow F_f = 0,1826 \cdot 474 \text{ N} = \underline{86,6 \text{ N}}$$

Ved disse forutsetningene blir  
rullefriksjonen 86,6 N

- Til sammenligning ser vi på et forhjul med diameter 100 mm, som synker 7 mm ned i underlaget:

$$43 \quad \alpha \quad 50 \Rightarrow \cos \alpha = \frac{43}{50} \Rightarrow \alpha = 30,68^\circ$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha}{2} = 15,34^\circ \Rightarrow x = 50 \cdot \sin 15,34^\circ = 13,23 \text{ mm}$$

$$M = \frac{13,23 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 0,2646$$

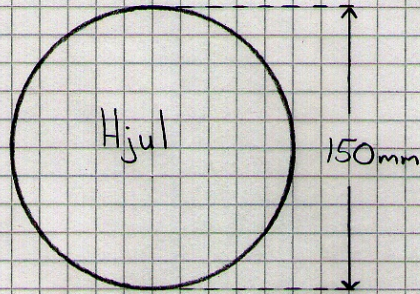
$$\Rightarrow \underline{F_f} = 0,2646 \cdot 474 \text{ N} = \underline{125,4 \text{ N}}$$

Ved disse forutsetningene ser vi at friksjonskraften blir 45% mindre ved å gå opp fra 100 mm til 150 mm i hjul diameter.

## Vedlegg 8 – Kulelager

Kulelager (i hjulene)

Setter som forutsetning at rulleskiene skal kunne kjøres i 60 km/t.



$$\text{Hjuldiameter} = 150 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{Omkrets} = 471,24 \text{ mm}$$

$$n = \text{rotasjoner pr. min} :$$

$$60 \text{ km/t} = 16,67 \text{ m/s}$$

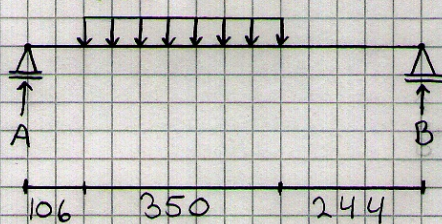
$$= 1000 \text{ m/min}$$

$$\Rightarrow \frac{1000000 \text{ mm/min}}{471,24 \text{ mm}}$$

$$\Rightarrow n = 2122 \text{ r/min}$$

$$d = 8 \text{ mm (hulldiameter)}$$

Totallt 1180 N



$$\sum M_B = 0 \Rightarrow A \cdot 700 \text{ mm} - 1180 \text{ N} \cdot 419 \text{ mm} = 0$$

$$\Rightarrow A = 706 \text{ N}$$

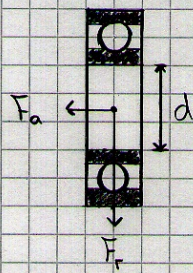
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow A + B - 1180 \text{ N} = 0$$

$$\Rightarrow B = 474 \text{ N}$$

Men siden vi har doble bakhjul vil kraften

A fordeles seg jevnt i de to lagrene

$$\Rightarrow A_1 = A_2 = 353 \text{ N}$$



$$d = 8 \text{ mm}$$

$$F_r = 474 \text{ N} \quad (\text{Største kraft som blir tatt opp i hjulene})$$

$$n = 2122 \text{ r/min}$$

Fra Tabell 8 (s. 72 i SKF):

$$L_{10h} = 300 - 3000 \text{ h} \quad \text{for fritidsutstyr}$$

$$\Rightarrow \underline{L_{10h} = 1000 \text{ h}} \quad (\text{fra kravspesifikasjonen})$$

Fra s. 299 i SKF:

$$f_0 \frac{F_a}{C_0} = 0 \quad \text{da } F_a = 0$$

e er da ikke i Tabell 4 (s. 299 i SKF)

$$\frac{F_a}{F_r} = 0 < e \quad \Rightarrow \underline{P = F_r = 474 \text{ N}}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot L_{10} \quad [\text{h}]$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad [\text{h}] \quad , \quad p = 3 \text{ for kulelager}$$

$$\frac{C}{P} = \left(\frac{60}{10^6} \cdot n \cdot L_{10h}\right)^{\frac{1}{p}} = \left(\frac{60}{10^6} \cdot 2122 \cdot 1000\right)^{\frac{1}{3}} = 5,03$$

$$\Rightarrow C = 5,03 \cdot 474 \text{ N} = 2384 \text{ N} \quad (\text{minimum}) \\ = 2,4 \text{ kN}$$

Fra s. 302 i SKF:

Velger Sporkulelager 608 (med  $C = 3,45 \text{ kN}$ )



## Vedlegg 9 – Hjulbolt

Hjulbolt

Diameter : 8 mm

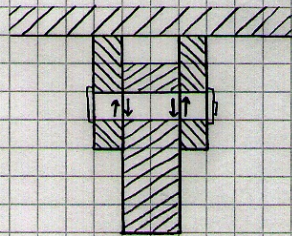
Lengde : 50 mm foran  
82 mm bak

Materiale : Stål

- Fasthetsklasse: 8,8

- Flytegrense: 640 N/mm<sup>2</sup>

Teori (bolteforbindelse):



$$\tau = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}$$

 $\tau$  = skjærspenning i bolt (N/mm<sup>2</sup>)

F = kraft (N)

d = bolt diameter (mm)

I vårt tilfelle:

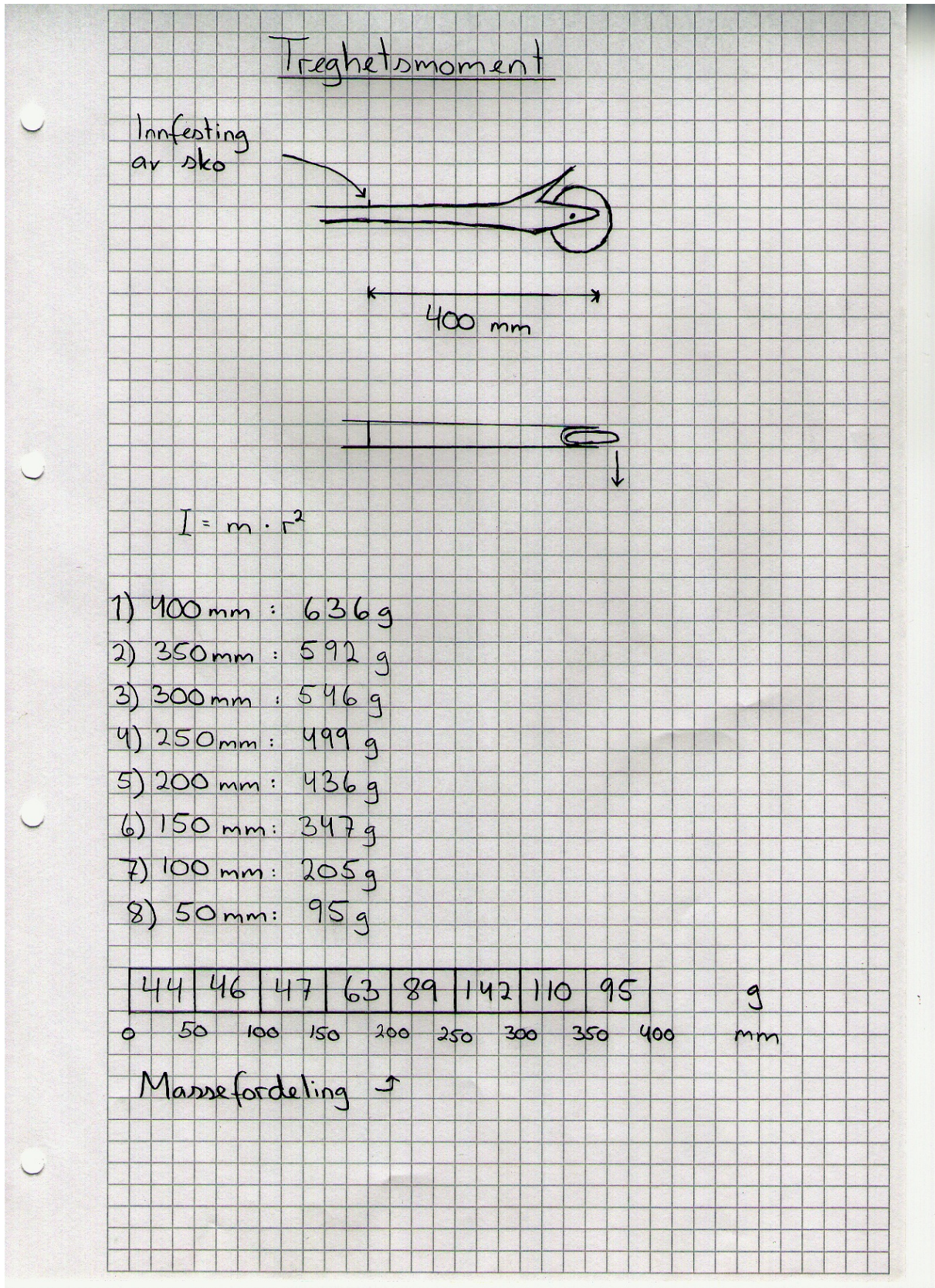
$$\tau = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} = 640 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow F = 640 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi \cdot (8 \text{ mm})^2}{2} = \underline{64339,8 \text{ N}}$$

$$\Rightarrow \underline{F = 64,3 \text{ kN} \gg 1180 \text{ N}}$$

Selv ved maksimal brukervekt (120 kg) på ett hjul har vi stor margin for det er fare for avskjering.

## Vedlegg 10 – Tregghetsmoment



$$I = m_i \cdot r_i^2$$

$$I_1 = 44 \text{ g} \cdot (25 \text{ mm})^2 = 27500 \text{ g mm}^2$$

$$I_2 = 46 \text{ g} \cdot (75 \text{ mm})^2 = 258750 \text{ g mm}^2$$

$$I_3 = 47 \text{ g} \cdot (125 \text{ mm})^2 = 734375 \text{ g mm}^2$$

$$I_4 = 63 \text{ g} \cdot (175 \text{ mm})^2 = 1929375 \text{ g mm}^2$$

$$I_5 = 89 \text{ g} \cdot (225 \text{ mm})^2 = 4505625 \text{ g mm}^2$$

$$I_6 = 142 \text{ g} \cdot (275 \text{ mm})^2 = 10738750 \text{ g mm}^2$$

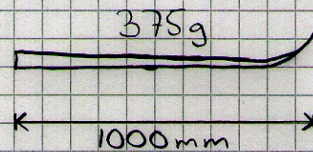
$$I_7 = 110 \text{ g} \cdot (325 \text{ mm})^2 = 11618750 \text{ g mm}^2$$

$$I_8 = 95 \text{ g} \cdot (375 \text{ mm})^2 = 13359375 \text{ g mm}^2$$

$$\Rightarrow I = 43172500 \text{ g mm}^2$$

$$\Rightarrow \underline{I = 4,3 \text{ kg dm}^2}$$

Vanlig langrennski : Lengde: 2 m  
Vekt : 750 g



140	110	75	50	g	Massfordeling
250	250	250	250	mm	

$$I_1 = 140 \text{ g} \cdot (125 \text{ mm})^2 = 2187500 \text{ g mm}^2$$

$$I_2 = 110 \text{ g} \cdot (375 \text{ mm})^2 = 15468750 \text{ g mm}^2$$

$$I_3 = 75 \text{ g} \cdot (625 \text{ mm})^2 = 29296875 \text{ g mm}^2$$

$$I_4 = 50 \text{ g} \cdot (875 \text{ mm})^2 = 38281250 \text{ g mm}^2$$

$$\Rightarrow \underline{I = 85234375 \text{ g mm}^2} = \underline{8,5 \text{ kg dm}^2}$$

## Vedlegg 11 – Bruksanvisning

- Hvor og hvordan kan produktet brukes:

Rulleskiene er laget for å brukes utenfor asfalten, gjerne på harde grusveier. Men det er selvsagt ikke noe problem å bruke skiene på asfalt. De er ikke egnet til å gå på snø, i sand eller på veldig løst underlag.

- Hvordan skal du montere binding:

Bindingen monteres rett på skien, hullene er allerede laget og NIS-platen er montert slik at det skal være enkelt å gjøre. Alle Rottfella NNN bindinger passer. Om du har Salomon-bindinger, skrur du bare bindingen på NIS platen. Men ikke skru for hardt, da vil skruen bare gå rundt.

- Hvordan skal produktet vedlikeholdes:

Vedlikeholdet på rulleskiene er veldig enkelt. Skiene bør holdes rene og tørre. Etter en sølete tur bør rulleskiene vaskes, og tørkes etterpå. Det er da lurt å ta med skiene inn, med mindre det er varmt ute. At skiene tørker og holdes tørre etter bruk er viktigst.

Lagrene i rulleskiene skal ikke smøres med verken rustløser, olje eller fett. Disse er forseglede, og bruk av rustløser (f.eks. WD40 eller CRC 5-56) vil trenge inn og drive ut fett. Hvis hjulene ruller dårlig kan man demontere de for rengjøring og smøring. Dette kan du gjerne få gjort der skiene ble kjøpt.

## Vedlegg 12 – Evalueringsskjema

### Evalueringsskjema til test av rulleski

Navn:

Alder:

Vekt:

Nivå/Erfaring:

Beskrivelse av vær og forhold under test:

<b>Faktor</b>	<b>Poeng 1-10</b>
Stabilitet	
Stivhet	
Tyngdepunkt	
Bakkeklaring	
Retningsstabil	
Bredde	
Hjulstørrelse	
Hjulbredde	
Lengde	
Vibrasjonsdemping	
Brems	
<b>Total sum</b>	

Er det noe du ville forandret, eller vil påpeke?

## Vedlegg 13 – Prosjektavtale



HØGSKOLEN I GJØVIK

### PROSJEKTAVTALE

mellom Høgskolen i Gjøvik (HiG) (utdanningsinstitusjon),

Østlandske Lettmetall AS

(oppdragsgiver), og

Kjetil Berndtson og Morten Nilsen

(student(er))

Avtalen angir avtalepartenes plikter vedrørende gjennomføring av prosjektet og rettigheter til anvendelse av de resultater som prosjektet frembringer:

1. Studenten(e) skal gjennomføre prosjektet i perioden fra 01.01.2013 til 07.06.2013.

Studentene skal i denne perioden følge en oppsatt fremdriftsplan der HiG yter veiledning. Oppdragsgiver yter avtalt prosjektbistand til fastsatte tider. Oppdragsgiver stiller til rådighet kunnskap og materiale som er nødvendig for å få gjennomført prosjektet. Det forutsettes at de gitte problemstillinger det arbeides med er aktuelle og på et nivå tilpasset studentenes faglige kunnskaper. Oppdragsgiver plikter på forespørsel fra HiG å gi en vurdering av prosjektet vederlagsfritt.

2. Kostnadene ved gjennomføringen av prosjektet dekkes på følgende måte:
  - Oppdragsgiver dekker selv gjennomføring av prosjektet når det gjelder f.eks. materiell, telefon/fax, reiser og nødvendig overnatting på steder langt fra HiG. Studentene dekker utgifter for trykking og ferdigstillelse av den skriftlige besvarelsen vedrørende prosjektet.
  - Eiendomsretten til eventuell prototyp tilfaller den som har betalt komponenter og materiell mv. som er brukt til prototypen. Dersom det er nødvendig med større og/eller spesielle investeringer for å få gjennomført prosjektet, må det gjøres en egen avtale mellom partene om eventuell kostnadsfordeling og eiendomsrett.
3. HiG står ikke som garantist for at det oppdragsgiver har bestilt fungerer etter hensikten, ei heller at prosjektet blir fullført. Prosjektet må anses som en eksamensrelatert oppgave som blir bedømt av faglærer/veileder og sensor. Likevel er det en forpliktelse for utøverne av prosjektet å fullføre dette til avtalte spesifikasjoner, funksjonsnivå og tider.
4. Den totale besvarelsen med tegninger, modeller og apparatur så vel som programlisting, kildekode, disketter, taper mv. som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, gis det en kopi av til HiG, som vederlagsfritt kan benyttes til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen, eller vedlegg til den, må ikke nyttes av HiG til andre formål, og ikke overlates til utenforstående uten etter avtale med de øvrige parter i denne avtalen. Dette gjelder også firmaer hvor ansatte ved HiG og/eller studenter har interesser.

Besvarelser med karakter C eller bedre registreres og plasseres i skolens bibliotek. Det legges også ut en elektronisk prosjektbesvarelse uten vedlegg på bibliotekets del av skolens Internett-sider. Dette avhenger av at studentene skriver under på en egen avtale hvor de gir biblioteket tillatelse til at deres hovedprosjekt blir gjort tilgjengelig i papir og nettutgave (jfr. Lov om opphavsrett). Oppdragsgiver og veileder godtar slik

offentliggjøring når de signerer denne prosjektavtalen, og må evt. gi skriftlig melding til studenter og dekan om de i løpet av prosjektet endrer syn på slik offentliggjøring.

5. Besvarelsens spesifikasjoner og resultat kan anvendes i oppdragsgivers egen virksomhet. Gjør studenten(e) i sin besvarelse, eller under arbeidet med den, en patentbar oppfinnelse, gjelder i forholdet mellom oppdragsgiver og student(er) bestemmelsene i Lov om retten til oppfinnelser av 17. april 1970, §§ 4-10.
6. Ut over den offentliggjøring som er nevnt i punkt 4 har studenten(e) ikke rett til å publisere sin besvarelse, det være seg helt eller delvis eller som del i annet arbeide, uten samtykke fra oppdragsgiver. Tilsvarende samtykke må foreligge i forholdet mellom student(er) og faglærer/veileder for det materialet som faglærer/veileder stiller til disposisjon.
7. Studenten(e) leverer 3 - tre - eksemplarer av oppgavebesvarelsen med vedlegg til Studenttorget. I tillegg leveres et eksemplar til oppdragsgiver. HiG kan stille til disposisjon ytterligere eksemplar(er) for oppdragsgiver mot at denne godtgjør produksjonskostnadene.
8. Denne avtalen utferdiges med et eksemplar til hver av partene. På vegne av HiG er det dekan som godkjenner avtalen.
9. I det enkelte tilfelle kan det inngås egen avtale mellom oppdragsgiver, student(er) og HiG som nærmere regulerer forhold vedrørende bl.a. eiendomsrett, videre bruk, konfidensialitet, kostnadsdekning og økonomisk utnyttelse av resultatene.  
  
Dersom oppdragsgiver og student(er) ønsker en videre eller ny avtale, skjer dette uten HiG som partner.
10. Når HiG også opptretr som oppdragsgiver trer HiG inn i kontrakten både som utdanningsinstitusjon og som oppdragsgiver.
11. Eventuell uenighet vedrørende forståelse av denne avtale løses ved forhandlinger avtalepartene i mellom. Dersom det ikke oppnås enighet, er partene enige om at tvisten løses av voldgift, etter bestemmelsene i tvistemålsloven av 13.8.1915 nr. 6, kapittel 32.
12. Deltakende personer ved prosjektgjennomføringen:

HiGs veileder (navn): Tor Erik Nicolaisen

Oppdragsgivers kontaktperson (navn): Helge Holen

Student(er) (signatur): Morten Nilzen dato 07.02.13

Kjetil Bearettsson dato 07.02.13

\_\_\_\_\_ dato \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ dato \_\_\_\_\_

Oppdragsgiver (signatur): Helge Holen dato 07.02.13

Pro Dekan (signatur): Tor Erik Nicolaisen dato 20-2-13

Revidert 11.10.07, Ivar Moe

## Vedlegg 14 – Møtereferater

### Møte med Østlandske Lettmetall AS 16. Januar 2013.

*kl 10.30-12.00*

#### Til stede under møtet:

Morten Nilsen  
Kjetil Berndtsson

For Østlandske Lettmetall:  
Helge Holen - Daglig leder  
Leif Arild Storsveen - Produksjonsansvarlig

Vi hadde vårt første møte med representanter fra Østlandske Lettmetall 15. Januar. Her gikk vi gjennom oppgaven, og hva de hadde tenkt. Vi fikk relativt frie tøyler, men planen var helstøpt ski med innfestinger. Gjerne en type ski som man kan bruke på fine grusveier, ottadekke og liknende da dette ikke er på markedet idag.

Under konstruksjon av skien må vi tenke på at den skal være støpevennlig, så slippvinkler osv. må være med. Vi finne et design som tilsier «offroad - rulleski», og disse vil da skille seg ut fra markedet.

Produksjonsansvarlig Leif Arild Storsveen tok oss med på en omvisning i produksjonslokalet, hvor vi fikk se både forbreiding, støping, og bearbeiding av forskjellige deler. Når vi har en ferdig modell, er det mulighet for at Østlandske Lettmetall kanskje støper en prototype til oss.

Møtet ble gjennomført i Østlandske Lettmetall sine lokaler i Elverum.

Vår kontaktperson med bedriften er daglig leder Helge Holen, og vi skal holde kontakten på mail og telefon.





## Møte med Tor Erik Nicolaisen 13. Februar 2013.

*kl 09.00-10.30*

### Til stede under møtet:

Morten Nilsen  
Kjetil Berndtsson

Veileder  
Tor Erik Nicolaisen

Vi hadde vårt første møte med vår veileder, Tor Erik Nicolaisen 11. Februar. Her gikk vi gjennom oppgaven, og diskuterte gjennomføringen. Vi fikk flere nye ideer på hvordan vi skulle løse oppgaven, og jobbe fremover.

Veileder ville ha tre stk rapporter om framdriften underveis. Når disse blir, bestemmer vi selv. Det er snakk om korte rapporter, på under én side. Her skal vi forklare hva vi har gjort og hvordan vi ligger an i forhold til fremdriftsplanen, mål og milepæler.

Vi fikk også en omvisning i produksjonslokalet, hvor vi fikk se forskjellige støpemetoder av aluminiumsdeler. Steertech har en omfattende produksjonspark, så dette var spennende!

Møtet ble gjennomført i Steertech sine lokaler på Raufoss.