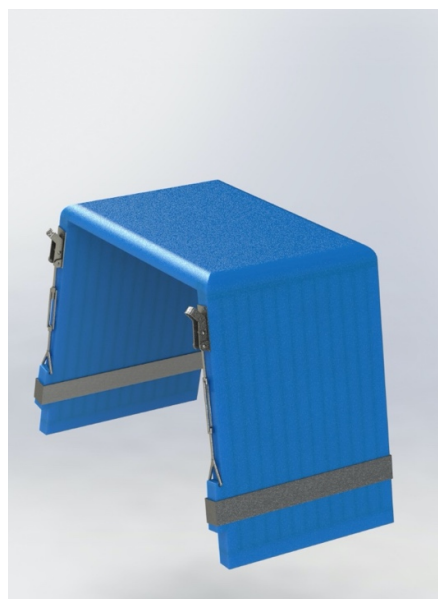
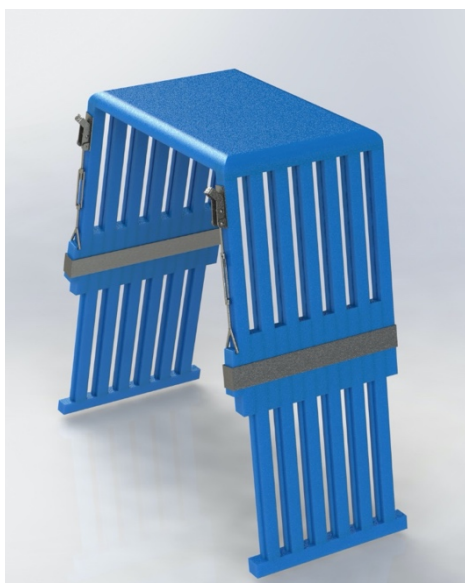


Bacheloroppgave**NTNU**Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk
Institutt for datateknologi og informatikk

Krakk for NTNUs laboratorium

Thomas Fjellestad
Kangni Meng

Gradering: Åpen

Bachelor i Teknologidesign og ledelse

Innlevert: mai 2020

Veileder: Kari Oline Øverseth & Tor Erik Nicolaisen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Sammendrag

Tittel:	Dato: 20.05.2020
Krakk for NTNUs laboratorium	Antall sider: 82
	Bacheloroppgave
Deltakere: Thomas Fjellestad, Kangni Meng	
Veileder: Kari Oline Øverseth og Tor Erik Nicolaisen.	
Oppdragsgiver: Tor Erik Nicolaisen, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.	
Stikkord: Krakk, Plastgjenvinning, Produksjonsmetoder	

Denne rapporten er en bacheloroppgave som tar for seg utviklingen av en krakk for NTNU Gjøvik. Krakken skal benyttes i laboratoriene på campus. Vi går gjennom hvordan man designer krakken, hvilke produksjonsmetoder som benyttes, hvilke materialer som benyttes og hvorfor vi har tatt disse valgene. Vi benytter metoder som skisser, CAD-modeller, observasjoner og prototyper. Gjennom prosjektet oppnådde vi læringsmålene vi hadde satt for oss selv, men grunnet koronavirs fikk vi ikke laget en fysisk versjon av hele sluttproduktet.

Abstract

Title: Stool for NTNU's laboratory	Date: 20.05.2020 Number of pages: 82 Bachelor thesis
Authors: Thomas Fjellestad, Kangni Meng	
Supervisor: Kari Oline Øverseth og Tor Erik Nicolaisen.	
Employer: Tor Erik Nicolaisen, Norwegian University of Science and Technology	
Keywords: Stool, Plastic Recycling, Production Method	

This report is ab bachelor thesis that deals with the development of a stool for NTNU Gjøvik. The stool will be used in the laboratories at campus. We go through how to design the stool, what production methods are used, what materials are used and why we have made these choices. We use methods such as sketches, CAD-models, observations and prototypes. Through the project we achieved the learning goals we had set for our self, but due to coronavirus we were unable to create a physical version for the finished end product.

Forord

Denne rapporten er en avslutning på treårig bachelorgrad i teknologidesign og ledelse. Vi er veldig glade for å få muligheten til å delta i dette prosjektet som utvikler en krakke for laboratorium i NTNU i Gjøvik. Prosjektet har vært meget utfordrende, men det har gitt oss mye unikt innblikk i produktutvikling. Vi håper at denne kunnskapen og erfaringen kan benyttes videre i arbeidslivet vårt i fremtiden.

Vi er veldig glade i dag for å ha fullføre denne spennende utfordringen og oppnå et veldig godt læringsutbytte. Vi er takknemlige for alle som har hjulpet oss og kommet med forslag til de forskjellige utfordringene vi har møtt på under hele utviklingsprosessen. Vi er spesielt takknemlige for prosjektets oppdragsgiver og veileder, Tor Erik Nicolaisen. I tillegg til å sette oss på rett spor gjennom hele prosjektet, brukte han også sin omfattende kunnskap og kompetanse til å gi mange gode forslag til oss under hele utviklingsprosessen. Dette var meget verdifullt for oss under prosjektet.

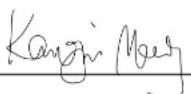
Vi vil også takke vår prosjektveileder, Kari Oline Øverseth, som har gitt oss mange konstruktive forslag, tilbakemeldinger og oppmuntringer. Hun kom med mange verdifulle forslag da vi fikk problemer under rapportskriving og produktutvikling.

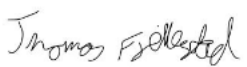
Signert av gruppens medlemmer

Dato: 20.05.2020

Kangni Meng

Thomas Fjellestad





Innholdsfortegnelse

Figurligste	7
1.0 Introduksjon:	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Problemstilling	9
1.3 Prosjekt mål	9
1.4 Omfang	10
1.5 Rapportens oppbygging	10
2.0 Metode:	11
2.1 Kravspesifikasjoner	11
2.2 Designmetodikk	13
2.21 Formveileder	13
2.22 Logisk visuelle søketeknikker	13
2.3 Test av mekaniske egenskaper	14
2.31 Design	14
2.4 Test av plast	14
2.41 Oppkapping	14
2.411 Små biter	14
2.412 Medium biter	14
2.413 Store biter	15
2.42 Smelting	15
2.43 Støpning	15
2.431 Støpeform 1	15
2.432 Støpeform 2	16
2.5 Bearbeiding	16
2.51 Oppdeling av støpt plast	16
2.52 Sveising av plast	16
2.53 Styrketest av plastbjelke	16
3.0 Teori:	17
3.1 Materialvalg	17
3.2 HDPE	18
3.3 Støpe metoder	19
3.31 Sprøytstøpning	19
3.32 Formpressing	20
3.4 Valg av støpemetoder	20
4.0 Resultat:	21
4.1 Formveileder	21
4.11 Om bedriften	21
4.12 Visjon	21
4.13 Verdier	22
.....	22

4.14 Eksisterende produkter/tjenester	22
4.15 Konkurrenter/andre løsninger	23
4.16 Kunde/brukere	23
4.17 Inspirasjon	23
4.18 Utrykk inntrykk	24
4.19 Materialer	24
4.20 Farger	24
4.2 Logisk visuelle søketeknikker	24
4.21 Skisser	24
4.211 Konsept 1	24
4.212 Konsept 2	25
4.213 Konsept 3	26
4.22 CAD-modeller	26
4.221 Sete	27
4.222 Overgang mellom sete og bein	28
4.23 Mekaniske egenskaper	30
4.231 Bein	30
4.2311 Høydejustering konsept 1	32
4.2312 Høydejustering konsept 2	34
4.232 Låsemekanisme	35
4.24 Fester og overganger	40
4.241 Overgang mellom sete og bein konsept 1	40
4.242 Overgang mellom sete og bein konsept 2	42
4.25 Spor inni bjelkene	43
4.3 Test av plast	44
4.31 Størrrelse	44
4.311 Små biter	44
4.312 Medium biter	47
4.313 Store biter	47
4.314 Smelting i forhold til størrelsen	48
4.32 Smelting	49
4.33 Støpeform	51
4.331 Støpeform 1	51
4.332 Støpeform 2	52
4.34 Sammenligning og bruk av støpeformer	55
4.35 Bearbeiding	57
4.351 Oppdeling av støpt plast	57
4.352 Sveising av plast	57
4.36 Styrketest av plastbjelke	58
4.4 Oppskrift	61
4.41 Materialer	61
4.42 Oppkapping	61
4.43 Vasking	61
4.44 Smelting	61
4.45 Støpning	62
4.46 Bearbeiding	62
4.461 Bein:	63
4.462 Feste beina til overgangen mellom sete og bein	65
4.47 Bunn til løse bein	66
4.471 Sete	66

4.472 Metallramme	68
4.473 Kile.....	68
4.474 Montering.....	68
5.0 Analyse:.....	69
6.0 Diskusjon:.....	70
6.1 COVID-19	70
6.2 Måloppnåelse	71
6.3 Kritikk av resultater	71
6.31 Friksjon	71
6.32 Sete.....	72
6.33 Kryp	72
6.4 Videre arbeid	73
7.0 Referanser	75
Vedlegg	77
Sikker jobb-analyse.....	77

Figurligste

Figur 1 Sprøytetøpning.....	19
Figur 2 Presstøpning	20
Figur 3 NTNUs Verdier.....	22
Figur 4 NTNUs logoen.....	23
Figur 5 Krakk konsept 1.....	24
Figur 6 Krakk konsept 2.....	25
Figur 7 Krakk konsept 3.....	26
Figur 8 CAD modell, krakk konsept 1.....	26
Figur 9 CAD modell, krakk konsept 3.....	27
Figur 10 Sete.....	28
Figur 11 Overgang, 5 cm avrunding på innsiden og utsiden.....	28
Figur 12 overgang, 5 cm avrunding på utsiden.....	28
Figur 13 overgang, 2.5 cm avrunding på utsiden og innsiden.....	29
Figur 14 Overgang, 2.5 cm avrunding på utsiden.....	29
Figur 15 overgang, ingen avrundinger.....	29
Figur 16 NTNU logoen	30
Figur 17 Tradisjonelle metoder for å justere høyden.....	31
Figur 18 Skisser til høydejustering konsept 1.....	32
Figur 19 Modell til høydejustering konsept 1	33
Figur 20 Skisser til høydejustering konsept 2.....	34
Figur 21 Liten modell til konsept 2.....	34
Figur 22 Treverk prototype	35
Figur 23 Skisser til låsemekanismer.....	36
Figur 24 Låsemekanismer konsept 1.....	37
Figur 25 Låsemekanismer konsept 1.....	37
Figur 26 Skisser til låsemekanismer konsept 2.....	38
Figur 27 Låsemekanismer konsept 2.....	38
Figur 28 Eksenterlåsen.....	39
Figur 29 Overgang mellom sete og bein konsept 1	40

Figur 30 Overgang mellom sete og bein konsept 1	41
Figur 31 Overgang mellom sete og bein konsept 2	42
Figur 32 Spor inni bjelkene.....	43
Figur 33 Spor inni bjelkene.....	44
Figur 34 Små biter	45
Figur 35 Makuleringsmaskin.....	46
Figur 36 Medium biter	47
Figur 37 Store biter	48
Figur 38 Smelting.....	49
Figur 39 Støpeform 1	52
Figur 40 Materialer til støpeform	53
Figur 41 Støpeform 2	54
Figur 42 Støpeprodukter	56
Figur 43 Spon fra kapping.....	57
Figur 44 Forholdet mellom krefter og retninger	58
Figur 45 Forholdet mellom krefter og retninger	59
Figur 46 40N	59
Figur 47 60N	60
Figur 48 110N	60
Figur 49 Bein 1.....	63
Figur 50 Bein 2.....	64
Figur 51 Bein 3.....	64
Figur 52 Feste beina til overgangen mellom sete og bein.....	65
Figur 53 Bunn av løse bein	66
Figur 54 Sete 1.....	67
Figur 55 Sete 2.....	67
Figur 56 Metallramme.....	68
Figur 57 Kile	68
Figur 58 Hele krakken.....	69
Figur 59 Friksjon testing	72

1.0 Introduksjon:

1.1 Bakgrunn

NTNU Gjøvik hadde lagt ut et oppdrag om å designe en stol eller krakk og produksjonsmetodene for å produsere den. Det å designe en stol er en klassisk og populær øvelse for designstudenter. Dette er fordi designeren har uendelige muligheter, kombinasjoner og valg mellom design og funksjonalitet. En stol er så enkel eller så komplisert designeren ønsker at den skal være. Vi valgte å ta på oss dette oppdraget ettersom at dette var en ganske åpen oppgave og at stolen kunne være så komplisert vi ønsket oss at den skulle være.

NTNU Gjøvik sin plan var at denne stolen eller krakken skulle bli benyttet i laboratoriene på campus. Her har de allerede stoler, men det trengte flere stoler for å øke setekapasiteten når denne var høyere enn normalt daglig bruk. Derfor var det viktig at stolene eller krakkene skulle ta lite plass når de ikke var i bruk. NTNU hadde flere spesifikasjoner for dem til stolen eller krakken:

- Må tåle 130 kg.
- Må kunne stables eller ta liten plass ved lagring.
- Skal lages av rimelige materialer.
- Skal lages av så få komponenter som mulig.
- Bør ha elementer av avanserte eller utradisjonelle produksjonsmetoder.
- Skal ha et design uttrykk som knytter den til laboratoriene/laboratoriearbeid.

Dette er mål som er satt av Tor-Erik hos NTNU Gjøvik.

1.2 Problemstilling

Hvordan kan man lage en praktisk og økonomisk stol/krakk av resirkulerbare materialer?

1.3 Prosjekt mål

Prosjektets overordnede mål er å utforme en ny stol/krakk for laboratoriene hos NTNU i Gjøvik for bedre utnyttelse av plass. Samtidig ønsker vi at denne stolen skal være laget av

resirkulerbare materialer. Vi ønsker å utnytte de tilgjengelige ressursene maksimalt, slik at vi kan redusere fotavtrykket på miljøet.

1.4 Omfang

Informasjonsinnsamling

- Innsamling av relevant info og forkunnskaper til oppgaven.

Ideutvikling

- Utvikling av skisser og modeller.
- Finne produksjonsmetoder
- Finne materialer

Prototyping

- Lage fysiske versjoner av resultatet fra ideutviklingen.

Testing og vurdering

- Testing og vurdering av modellen for å se om det oppfyller gitte krav.

1.5 Rapportens oppbygging

Rapporten dokumenterer arbeidet som ble fullført for bacheloroppgaven våren 2020.

Rapporten er en omfattende beskrivelse av arbeidsprosessen som er utført. Rapporten er delt inn i seks hoveddeler:

I den første delen vil vi introdusere prosjektet. Vi vil redegjøre for valg av tema og behov fra oppdragsgiver. Denne delen vil også redegjøre målet og omfanget av forskningsoppgaver.

I den andre delen vil vi introdusere utviklingsprosessen for løsningen og designmetoden som er blitt benyttet. I denne delen vil vi designe løsninger eller produkt, modellering av prototype og teste forskjellige løsninger.

I den tredje delen vil vi benytte teoretisk form til å gå nærmere inn på de ulike materialer og produksjonsmetoder som er relevante. Vi vil analysere materialer og produksjonsmetoder fra forskjellige aspekter som egenskaper, ytelse, økonomi, miljøpåvirkning, etc., slik at endelig vi kan velge den beste løsningen.

I fjerde del vil vi introdusere det endelige resultatet. Dette inkluderer det endelige valget av forskjellige løsninger, materialer og produksjonsmetoder.

I den femte delen vil vi analysere resultatene vi har oppnådd, og analyser også analyser bruksopplevelsen til det ferdige produktet.

I den sjette delen skal vi diskutere vårt arbeid på prosjektet og resultater fra fjerde og femte del. Vi vil diskutere styrker og svakheter ved prosjektarbeidet eller noen som kan forbedres, slik at vi kan gjøre det bedre neste gang.

2.0 Metode:

2.1 Kravspesifikasjoner

NTNU hadde en rekke spesifikasjoner for krakken de ønsket. Etter en samtale med Tor Erik Nicolaisen (Oppdragsgiver hos NTNU) og i gruppen fikk vi definert kravene og lagt inn noen egne utfordringer å løse.

- **Må tåle 130 kg.**

De fleste stoler på markedet er laget for å tåle rundt 100-150 kg, så 130 kg burde dekke de fleste potensielle forbrukere av krakken. Vi regner ikke med at krakken kommer til å tåle akkurat 130 kg, men vi anså at så lenge krakken tålte mer eller ca. 130 kg så var vi fornøyde.

- **Må kunne stables eller ta liten plass ved lagring.**

Dette var et viktig punkt fra oppdragsgiveren. Krakken var ikke ment som primær sitteløsning for laboratoriene, så den må enkelt og effektivt kunne ryddes bort.

- **Skal lages av rimelige materialer.**

Vi fikk vite tidlig under prosjektet at oppdragsgiver hadde tilgang på og kunne skaffe materialer rimelig, her nevnte han tomme spyleveskekanner. Spyleveskekanner var noe vi bestemte oss for å se på videre, ettersom at dette passet utrolig bra med problemstillingen vår. Spyleveskekannene var noe vi kunne få i store mengder og gratis fra bensinstasjoner, dette passet bra med kravet om bruk av billige materialer.

- **Skal lages av så få komponenter som mulig.**

Dette var ett av kravene vi valgte å ikke prioritere. Tankene bak dette kravet fra arbeidsgiver var at krakken skulle ha få komponenter slik at den var billig, enkel og rask å lage. Her valgte vi heller å fokusere på funksjonalitet og design.

- **Bør ha elementer av avanserte eller utradisjonelle produksjonsmetoder.**

Noe fast definisjon av avanserte eller utradisjonelle produksjonsmetoder var vanskelig å komme fram til. Men oppdragsgivers tanker bak dette var at krakken skulle være en utfordring, og ikke noe hvem som helst kunne lage med en sag og noen skruer. Dette var ett av kravene vi fokuserte mye på. Hovedsakelig for å kunne bruke mest mulig av kompetansen vår i oppgaven.

- **Skal ha et design uttrykk som knytter den til laboratoriene/laboratoriarbeid.**

NTNU Gjøvik har flere laboratorier hvor de holder på med forskjellig type arbeid, så her var det vanskelig å finne ett uttrykk som kunne vise tilhørighet. Vi valgte derfor å fokusere på å finne uttrykk som viste tilhørighet til organisasjonen NTNU.

- **Høydejustering**

Høydejustering var ett av kravene vi kom fram til i senere tid. Ettersom at arbeide mellom laboratoriene varierer veldig, passet det dårlig med en krakk som ikke kunne variere med arbeidet. Vi valgte derfor å legge til høydejustering inn som et krav, for å kunne tilpasset krakken til forskjellig bruksområder.

2.2 Designmetodikk

2.21 Formveileder

Vi skal benytte oss av en formveileder. Målet med formveilederen er å få et overblikk over hvilke materialer, design og farger vi kan benytte i forhold til identiteten til NTNU for å skape tilhørighet for krakken.

2.22 Logisk visuelle søketeknikker

Vi skal benytte oss av logisk visuelle søketeknikker. Målet med dette er å få visualisert tankegang, løsninger og elementer i designet ved hjelp av skisser, CAD og modeller.

Vi starter med å lage 3 enkle skisser av våre beste konsepter for en krakk. Vi diskuterer så disse konseptene og hvilke sterke og svake sider konseptene har i forhold til kravspesifikasjonene. Dette er enkle og raske skisser for å raskt kunne legge til eller ta bort elementer. Valgene rundt hvilke elementer og konsepter som blir videreutviklet er noe vi diskuterer internt i gruppen.

CAD (Computer Assisted Design) blir benyttet for å kunne se konseptene i 3D. Det finnes en rekke forskjellige programmer å gjøre dette i, men vi har mest erfaring med SolidWorks å vil derfor benytte oss av dette. CAD gjør det lettere for oss å se hvordan delene er plassert og fungerer i forhold til hverandre. Vi tegner ikke hver eneste ide i CAD, ettersom at dette tar lengre tid en enkel skisse. Vi lager derfor bare CAD modeller av konseptene vi ønsker å utvikle videre.

2.3 Test av mekaniske egenskaper

2.31 Design

Vi må utvikle et design til krakken som gjør det mulig å justere høyden. Her må vi først lage tegninger av potensielle konsepter. De konseptene vi i gruppen mener ser og kommer til å fungere best lager vi en liten modell av tre for. Vi lagger disse små modellene av tre fordi dette er ett materiale som er enkelt å bearbeide, som betyr at vi kan lage prototyper raskt og enkelt. I første omgang består modellene av kun mekanismen for høydejustering, ikke hele krakken. Det er heller ikke nødvendig å lage den til skala i første omgang. Etter at vi har prøvd oss fram med de små modellene, utvikler vi en full skala prototype av høydemekanismen av treverk for å ha muligheten til å videreutvikle løsningen.

2.4 Test av plast

2.41 Oppkapping

For å kunne vaske og smelte plastkannene må de først kappes opp. Vi er interessert i om tiden plastikken bruker på å smelte, effektiviteten av oppbevaringsplass og hvor lang tid det tar å kappe opp er avhengig av størrelsen på plastikkbitene. Vi er derfor interessert i å dele plasten opp i ulike størrelse for å se hva som lønner seg.

2.411 Små biter

Den minste størrelsen er små partikler innen 0,5 cm. Vi ønsker at dette skal være på størrelsen med et grovt pulver. Her ønsket vi å benytte oss av en form for makuleringsmaskin for å oppnå ønsket resultat.

2.412 Medium biter

Den andre størrelsen er strimler omtrent 2x7 cm. Her ønsket vi å benytte en båndsag for å oppnå ønsket størrelse.

2.413 Store biter

Til slutt ønsker vi en størrelse så stor som mulig. Her er eneste kriterende at plastikken skal passe inn i ovnen og kunne stables. Det er fortsatt nødvendig å kappe den opp for å kunne vaske innsiden. Her ønsker vi også å benytte en båndsg for å kappe plastikken.

2.42 Smelting

For å kunne støpe plastikken, må vi først smelte den. For å smelte den trenger vi å finne ut av hva vi skal smelte plasten i, hvilke temperaturer plasten smelter og hvor lang tid det tar før plastikken smelter. Av hva plastikken kan smeltes i har vi tre valg: inkubator, vakumovn og hybelovn. Når det kommer til temperatur, vet vi at HDPE (polyetylen, samme som plastkannene) smelter på ca. 130 °C (*Wikipedia, 2005*). Dette betyr at ovnen må ovnen må klare temperaturer rundt dette. Vi har skal prøve oss fram med forskjellige temperaturer rundt 130 °C for å se hvordan resultatene blir. Tiden plastikken blir i ovnen er noe vi må prøve oss fram til, denne blir avhengig av temperatur, ovn og mengde plastikk vi bruker.

2.43 Støpning

Vi skal benytte oss av støpemetoden formpressing under prosjektet. Dette fungerer ved at man setter det smeltede råmaterialet i en form, for å så lukke formen og presse den sammen slik at det smeltede materialer fyller hulrommene i formen som så gir ønsket form når den har kjølt seg ned. Vi går nærmere inn på støpemetoder i teoridelen. Vi ønsker å utvikle to støpeformer til dette prosjektet.

2.431 Støpeform 1

Denne formen var laget for å kunne støpe ett bein i full størrelse. Dette var ment som en prototype til støpeform 2. Denne skulle være rask og enkel å lage, slik at vi raskt kunne teste ut støpning og se hva som måtte til for å utvikle en større og mer effektiv støpeform.

2.432 Støpeform 2

Denne formen skulle gjøre det enkelt og effektivt å lage krakken for NTNU. Her skal vi utvikle en støpeform som kan støpe flere bein samtidig, passer inni og tåler trykket fra den store pressen (en presse på laboratoriet som kan presse den smeltede plasten inni formen) og at den skal passe inni inkubator oven.

2.5 Bearbeiding

2.51 Oppdeling av støpt plast

Plast har lavere smeltepunkt enn materialer man ellers pleier å jobbe med på et verksted (treverk og metall). Vi vil derfor finne ut hvordan plasten vi støper oppfører seg når det blir bearbeidet. Dette tester vi enkelt med å dele opp plasten vi har støpt med en bordsag og/eller andre typiske verktøy man benytter for bearbeiding. Her skal vi se etter om plasten blir kuttet av sagen, om plasten smelter underveis og om det blir noe form for deformasjon på plasten av friksjon med sagbladet.

2.52 Sveising av plast

Istedenfor å lage flere støpeformer for de forskjellige komponentene, tenker vi å lage en form som kan lage alle komponentene. Men denne formen vil da produsere en plastbit som er mindre enn setet man skal sitte på. Vi vil derfor se om det er mulig å sveise plasten sammen, slik at støpeformen kan være mindre enn størrelsen på setet. Sveisingen skjer ved at vi varmer opp overflaten som skal sveises sammen på to bjelker samtidig med varmepistol, for å så klemme dem sammen og la de kjøle seg ned.

2.53 Styrketest av plastbjelke

Her skal vi ha en test av materialet vi ønsker å benytte. Ulempen med å benytte plast, er at det er mykere enn mange andre materialer. Derfor må vi teste hvor mye plasten bøyer seg under vekt. Etter vi har støpt en bjelke, skal vi kappe denne til 2.5 x 2.5 x 40 cm (samme dimensjon

som beina blir) for å så feste den ene enden fast i en bordkant og belaste den andre enden med vekt.

3.0 Teori:

3.1 Materialvalg

Introduksjon –Spylervæskeskanner

Når vi skulle velge materiale, tenkte vi først på plastavfall. Plastavfall har alltid vært en miljøutfordring. Hvis plastavfall ikke utnyttes bedre, kan sluttresultatene bare bli deponi. Nedbryting av plast kan ta minst 450 år, så resirkulering og gjenvinning av plastavfall er viktig. Vi vil prøve å lage krakken fra 100% resirkulerbare materialer for å gjøre hele krakken enkel å resirkulere mot slutten av livssyklusen. Vi ønsker å benytte plastavfall mer direkte og mer økonomisk for å lage nye produkter, dermed redusere påvirkningen på miljøet.

Med samfunnsutviklingen kan vi ikke klare oss uten biler i vårt daglige liv. Vi bruker biler for å forenkle livene våre. Enten det er ungdommer som skal til skolen, voksne som skal på jobb eller familier som skal til hytten benytter vi biler. I dag eier mange norske familier minst en eller to biler. Disse bilene trenger også regelmessig vedlikehold for å fungere.

Når man kjører bil, er det helt vanlig at rutene blir skittene. Da er det vanlig å bruke vindusviskerne og spylervæske for å enkelt å raskt vaske rutene mens man kjører. Det er ekstra vanlig med skittene ruter om vinteren. Dette er fordi veiene er dekket av snø, salt og grus om vinteren som blir sprutet opp på bilen som kjører bak deg. Ifølge Odd Erik Grønnes dataregistrering om daglig bruk av spylervæske, går det store mengder med spylervæske til og fra jobb. Han bruker ca. 5 liter spylervæske hver dag (*Simon Aldra, 2014*). Dette er ca. en kanne med spylervæske hver eneste dag, som betyr at det også kastes ca. en tom spylervæskeskanner hver dag. Rapporten fra Statistisk sentralbyrå viser at det er 2 751 948 personbiler registrert i Norge i 2018 (*SSB, 2020*). Mange fyller og kaster spylervæskeskannene på bensinstasjoner. De fleste bensinstasjoner har designerte stasjoner for å kaste

spylevæskekannene. Dette er fortsatt ett avfall bensinstasjoner må betale for å få det hentet av avfallsstasjoner.

Ut fra disse tallene, kan vi se at Norge produserer store antall tomme spylevæskekanner hver dag, og spesielt om vinteren. Mesteparten av dette avfallet kan heldigvis gjenvinnes til nye produkter. Derfor blir plastavfallet systematisk resirkulert av gjenvinningsorganisasjoner.

Det at bensinstasjoner må betale for å ha plastkannene hentet av en gjenvinningsorganisasjon gjorde det enkelt for oss å snakke direkte med bensinstasjonene for å ta avfallet av dem gratis.

3.2 HDPE

Spylevæskekanner er vanligvis laget av High Density Polyetylen (HDPE). Koden i plastisk klassifisering er 2. Vi kan ofte finne dette materialet i beholdere, emballasje eller vannrør. High Density Polyetylen har en tetthet på 940 kg/m^3 og vil begynne å smelte ved en temperatur på 130.8 grader (Wikipedia, 2005).

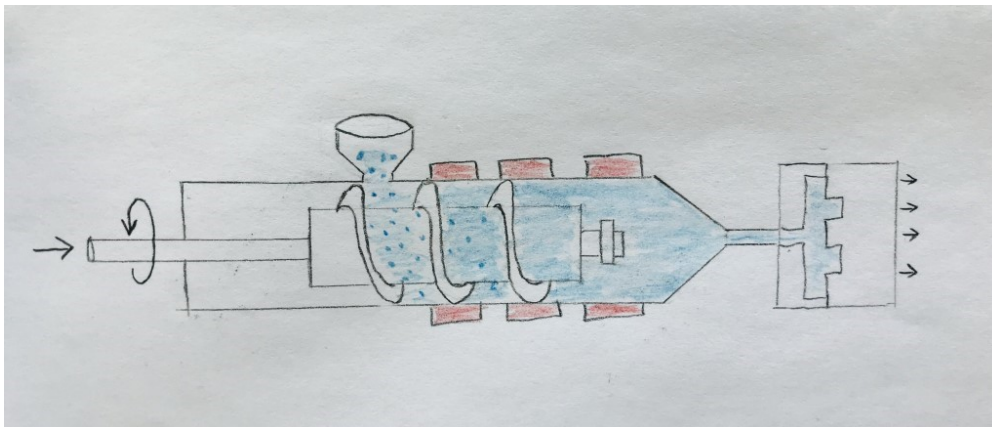
HDPE er en hvit, giftfri og luktfri termoplastisk harpiks. Så om folk kommer i kontakt med dette materialet, vil de ikke forårsake noen skader eller form for allergier. En termoplastisk harpiks kan gjentatte ganger varmes opp og avkjøles for å lage nye produkter, og ytelsen forblir den samme, selv etter at formen endres flere ganger. Om det skjer noe feilproduksjon, kan plasten enkelt smeltes ned og brukes på nytt. Dette gjør at man kan redusere avfall kraftig, ettersom at man bare kan bruke det om igjen. High Density Polyetylen er et materiale med høy slitestyrke. Selv om materialet ofte blir gnidd og slitt av andre gjenstander under bruk, er skadegraden fortsatt veldig liten. Det vil si at de produkter som laget av dette materialet er veldig holdbare. God korrosjonsmotstand og god elektrisk isolasjon er også ett av hovedtrekkene materialet. HDPE er også uoppløselig i organiske løsningsmidler og vil ikke være korrodert av løsningsmidler som syrer, baser og forskjellige salter løsning. Selv om de fleste plast er relativt myke, har High Density Polyetylen en egenskap som er høy stivhet og seighet, så den tåler høyere vekt relativt til andre plasttyper. Derfor mener vi at HDPE kan fungere som materialet til krakken.

3.3 Støpe metoder

3.31 Sprøytetøpning

Vi bruker vanligvis forskjellige støpe metoder i henhold til forskjellige plastprodukter. Den mest brukte metoden for å produsere plastprodukter i dag er sprøytetøpning. Denne metoden fungerer ved å innføre plastikkpulver (plastikk i små pellets størrelse) i sprøytetøpe maskinen fra en matetrakt. Sprøytetøpe maskinen er dekket av varmeelementer som skal hjelpe til å varme plastikken opp til smeltepunktet. Inni sprøytetøpe maskinen er det en roterende skrue som kontinuerlig presser plastikkpelletene framover. Dette komprimerer plastikken, skyver den framover og skaper friksjon slik at plastikken smelter. Når plastikken blir presset framover av skruen vil den til slutt bli presset ut av dysen i enden. Dysen er ofte festet til en støpeform, her fyller plastikken det negative rommet med trykket fra sprøytetøperen. Etter at formen er fylt, blir plastikken kjølt og hard. Når plastikken er hard vil formen åpnes og det ferdigstøpte produktet fjernet. Dette er en rask prosess som ofte er automatisert. Dette gir en muligheten til å produsere produkter kontinuerlig, raskt og med høy presisjon og kvalitet.

Produkter som benytter denne metoden kan ha komplekse former. Det ferdige produktet har en jevn overflate med svært nøyaktige dimensjoner. Den største fordelen med denne metoden er at den kan automatiseres til å spytte ut ferdige produkter. Men denne produksjonsmetoden krever presise, spesiallagde komponenter og utsyr for å lages, noe som ble vanskelig for oss å skaffe. (Corneliussen, 2015, s. 345-347).

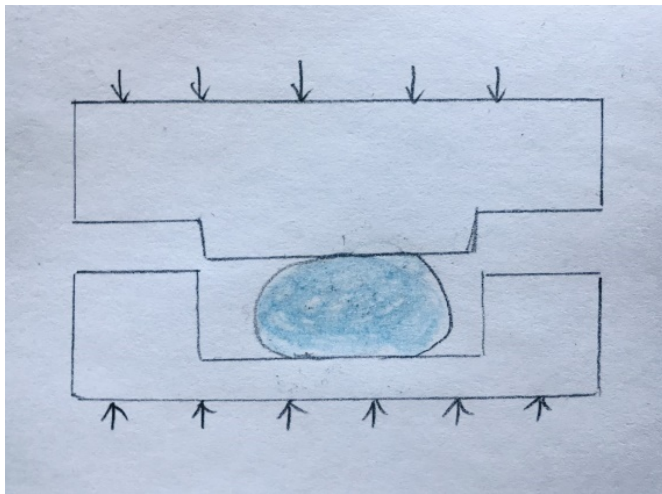


Figur 1 Sprøytetøpning

3.32 Formpressing

Metode nr. 2 er formpressing. Denne metoden er avhengig av en form. Formen er oftest delt inn i to deler, øvre og nedre del med hulrom i midten. Formen i hulrommet i midten er den negative versjonen av ønsket produkt. Her legger man først plastmaterialet direkte i formen, for å så gradvis smelte plastikken i formen ved å varme den opp. Man legger deretter press på formen for at den smeltede plastikken skal fylle det negative rommet. Formen kjøles så ned, som gjør at plastikken stivner i den posisjonen formen har presset den til.

Dette er en av de mest tradisjonelle metodene for plastikkbehandling. Denne metoden kan benytte enkle former og verktøy for å lage produkter, derfor kan kostnadene og for utvikling og vedlikehold av utstyr være lav. Formens struktur er relativ enkel, så denne metoden er ikke egnet for å lage produkter som krever høy nøyaktighet. Effektiviteten til formpressing kan også være lavere enn sprøytstøpning, ettersom at det kreves mer arbeidskraft og det er vanskelig å automatisere hele prosessen. (Corneliussen, 2015, s. 344-345).



Figur 2 Presstøpning

3.4 Valg av støpemetoder

Vi benytter støpemetode nr. 2, formpressing for å utvikle krakken. Selv om sprøytstøping gir ett bedre resultat på produktet, krever denne metoden mer kompetanse, tid og ressurser. Vi

trengte heller ikke mye detaljer i plastikken vi skulle støpe. Vi ble derfor enige om å utvikle formpressing til dette prosjektet.

Vi har to forskjellige alternativer for bruk av formpressing. Det første alternativet er å først varme opp materialet i ovnen til det er smeltet, deretter legge det smeltede materialet i formen, og til slutt legge press på formen og vente på at materialet skal avkjøles. Neste metode er å smelte materialet i ovnen med formen, for å så klemme formen sammen når materialet er smeltet og la det kjøle seg ned.

Uansett hvilket alternativ vi velger, må vi ta hensyn til mengden materialer som brukes hver gang. Overflødig materiale kan føre til at formen ikke lukkes helt, eller det kan vises mer uønskede kanter. Utilstrekkelige mengder materiale kan føre til at sluttproduktet ikke klarer å nå den ønskede størrelsen.

4.0 Resultat:

4.1 Formveileder

4.11 Om bedriften

NTNU er et norsk offentlig universitet. NTNU er Norges største universitet med hovedsted i Trondheim og campuser i Gjøvik og Ålesund (*Wikipedia. 2004*). NTNU satser på utdanning innen teknologi.

4.12 Visjon

NTNU sin visjon er: «Kunnskap for en bedre verden» (*NTNU, U.Å*).

4.13 Verdier

NTNU kan dele verdiene sine inne i 4 hovedgrupper: kreativitet, kritisk, konstruktiv og respektfull.

Kreativ	Kritisk	Konstruktiv	Respektfull
NTNUs virksomhet er forankret i akademisk frihet. Vi gir oss i kast med utfordrende spørsmål og oppgaver og søker innovative løsninger med bakgrunn i hele vår faglige bredde. Ved NTNU får fag, mennesker og kulturer utvikle seg. Vi verdsetter og stimulerer til innovasjon blant studenter og ansatte og til nyskapende undervisning, forskning og kunstnerisk virksomhet.	Vår virksomhet bygger på grunnleggende demokratiske verdier og vi representerer en fordomsfri og uavhengig stemme. Vår akademiske kultur kjennetegnes av debatt, kritisk refleksjon, faktabasert kunnskap, saklighet og høy etisk bevissthet. Vi utfordrer konvensjonelle ideer og løsninger.	Vi er i åpen og løsningsorientert dialog med omverden og vektlegger samhandling eksternt og internt. Vi tar samfunnsansvar og påvirker, korrigerer og utvikler hverandre og omgivelsene gjennom dialog og formidling av kunnskap. NTNU vektlegger medbestemmelse og aktiv medvirkning fra studenter og ansatte.	Alle ansatte og studenter har et ansvar for å bidra til et arbeids- og studiemiljø preget av respekt og omtanke. Vi legger til rette for personlig vekst og kompetanseutvikling. Vi bidrar til mangfold og likestilling i samfunnet og i egen virksomhet, og vi fremmer likeverd og toleranse. Ved NTNU viser vi respekt for ulike holdninger og meninger.

Figur 3 NTNUs Verdier

(Hente fra: <https://www.ntnu.no/ntnus-strategi/overordnet-mal>)

4.14 Eksisterende produkter/tjenester

Det finnes utallige mange versjoner av stoler og krakker. Vi prøvde å søke rundt etter stoler som skulle vise tilhørighet til et universitet, skole eller andre former for utdanningsorganisasjoner, men dette fant vi ikke.

4.15 Konkurrenter/andre løsninger

Vi har ikke oppfattet at NTNU har planer om å videreselge krakken vi skal utvikle til privatpersoner, eller andre organisasjoner. Med andre ord så skal denne krakken kun benyttes internt hos NTNU. Her blir konkurrenter andre leverandører av møbler til bedrifter og organisasjoner. Det er derfor viktig at vår krakk klarer å vise tilhørighet til NTNU, hvis ikke kan de like gjerne bestille fra andre leverandører.

4.16 Kunde/brukere

Kunden blir NTNU, ettersom at det er de som har gitt ut oppdraget og er mest sannsynlig de eneste som kommer til å lage krakkene. Derimot brukerne kan variere. Brukerne kan være studenter, ansatte eller besøkende hos NTNU.

4.17 Inspirasjon

NTNU er ikke kjent for å produsere noen fysiske produkter, de er et universitet så de holder først og fremst på med utdanning. Ettersom at NTNU ikke er forbundet med noen fysiske produkter, er det vanskelig å hente inspirasjon. Vi har derfor valgt å fokusere på logoen til NTNU:



Figur 4 NTNUs logoen

(Hente fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Bruksregler+for+NTNU-logoen>)

Her tenker vi å spille så mye som mulig på fargebruk og formene fra logoen.

4.18 Utrykk inntrykk

Det er vanskelig å gi ett produkt definert inntrykk eller uttrykk som symboliserer NTNU sine verdier og visjoner. Vi legger derfor ikke så mye fokus på hvilke inntrykk og uttrykk stolen skal gi, men fokuserer mer på fargebruk og former i forhold til logoen til NTNU.

4.19 Materialer

NTNU har hatt stort fokus på miljø og samfunnsansvar de siste årene. Derfor er det viktig for oss at vi lager dette produktet av noe som skal kunne resirkuleres og/eller kan lages av resirkulerte materialer. (NTNU, U.Å)

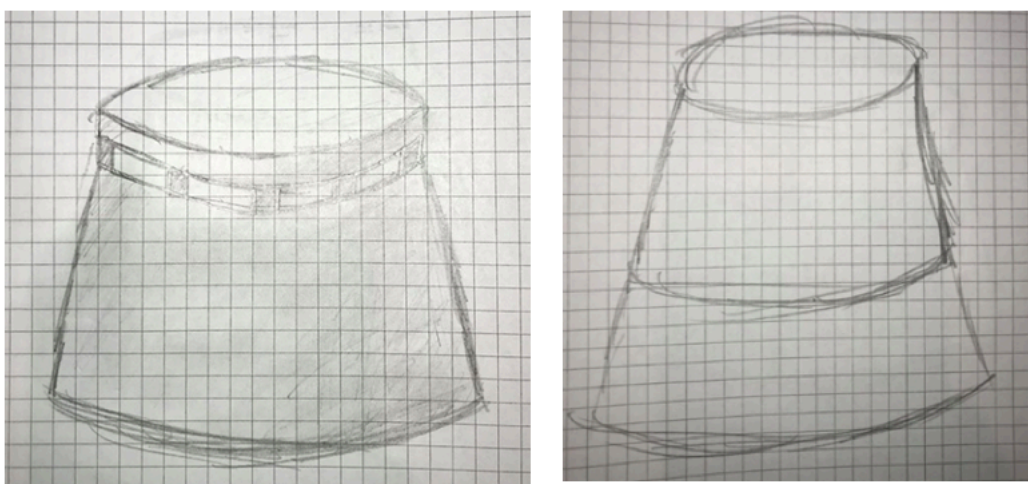
4.20 Farger

Vi skal spille på NTNU blåfargen i logoen. Mer presist er dette blåfargen RGB:0, 80, 158. (NTNU Alumni, U.Å)

4.2 Logisk visuelle søketeknikker

4.21 Skisser

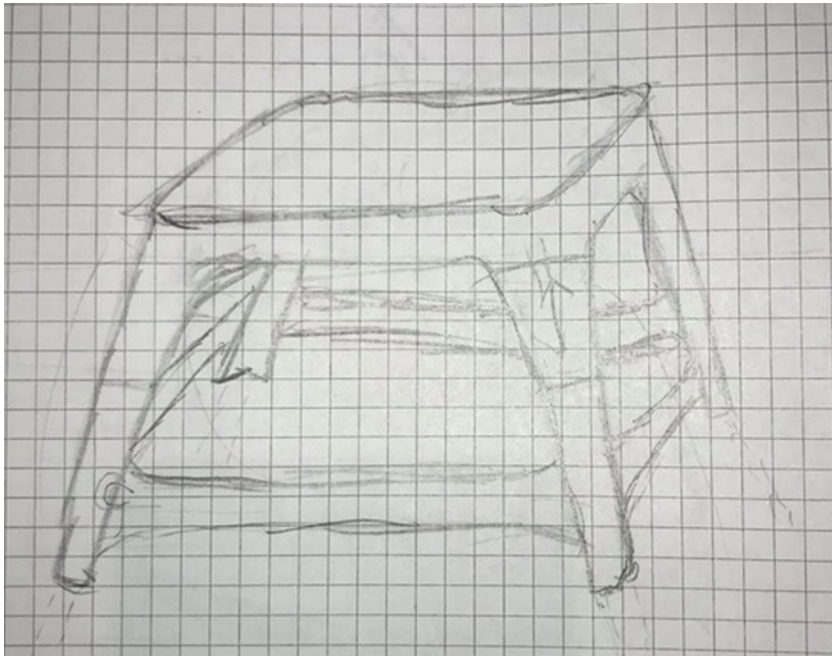
4.211 Konsept 1



Figur 5 Krakk konsept 1.

Konsept 1 var den enkleste krakken vi kom fram til. Her er det en bøtte som er snudd opp ned. Den hadde vært enkel å stable og lage. For å justere høyden, hadde vi planlagt å ha «ringer» en kunne sette under for å få ønsket høyde. Dette konseptet hadde også mange muligheter for personalisering langs veggene i form av hull eller innrissinger. Dette var også et design vi mente vi kunne lage av plastikk. Ulempene med dette designet var at det fort kunne bli litt knotete med deler man måtte sette sammen for å justere høyde og at høydejusteringen var begrenset. Konsept 1 oppfyller de fleste kravene fra kravspesifikasjonene, men vi så på designet som slite utfordrerne og uoriginalt.

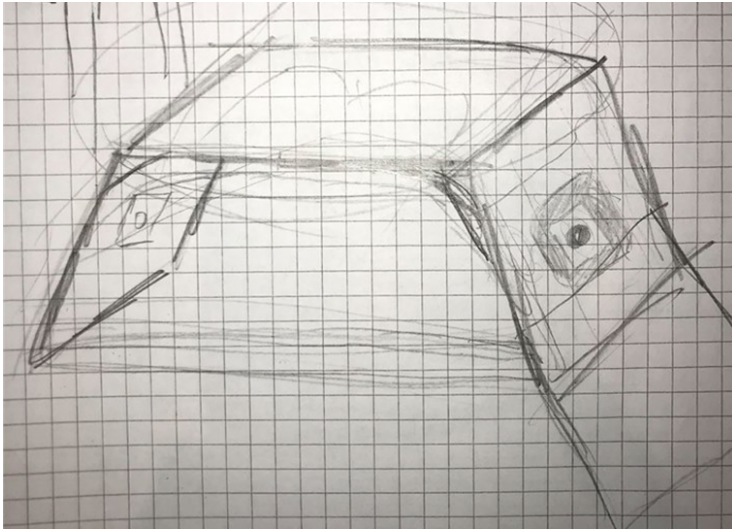
4.212 Konsept 2



Figur 6 Krakk konsept 2.

Konsept 2 hadde mer spennende former enn konsept 1, og hadde et mer utfordrende design. Denne var også mulig å stable. Her hadde vi tenkt oss noen teleskopbein som kunne komme ut i bunnen for å justere høyden. Det vi ikke likte med dette designet var at designet var litt for komplisert, dette kunne gjøre det vanskelig å støpe det i plast. Designet var også lite originalt og kreativt, ettersom at det allerede fantes mye lignende.

4.213 Konsept 3

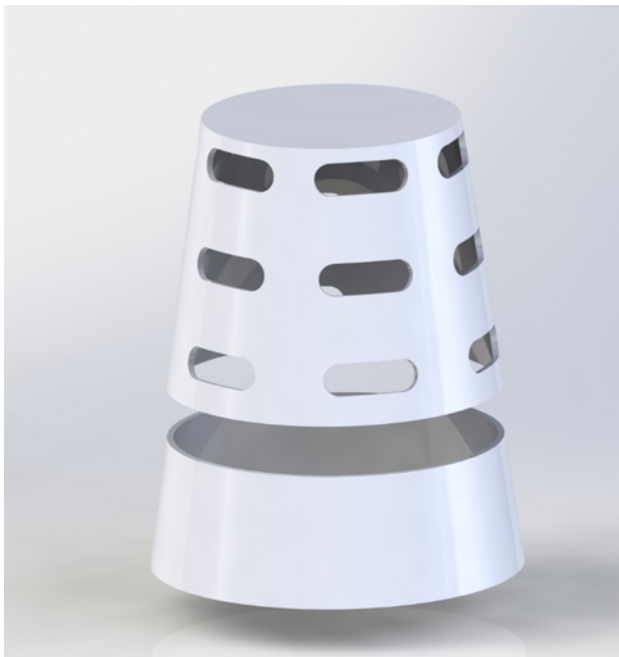


Figur 7 Krakk konsept 3.

Konsept 3 var den vi valgte å gå videre med. Designet oppfylte de fleste kravene. Den kunne enkelt stables, det var ikke for komplisert så den kan støpes av plast, det er mulig med teleskopbein for justering av høyde og designet gir oss mulighet for å vise tilhørighet.

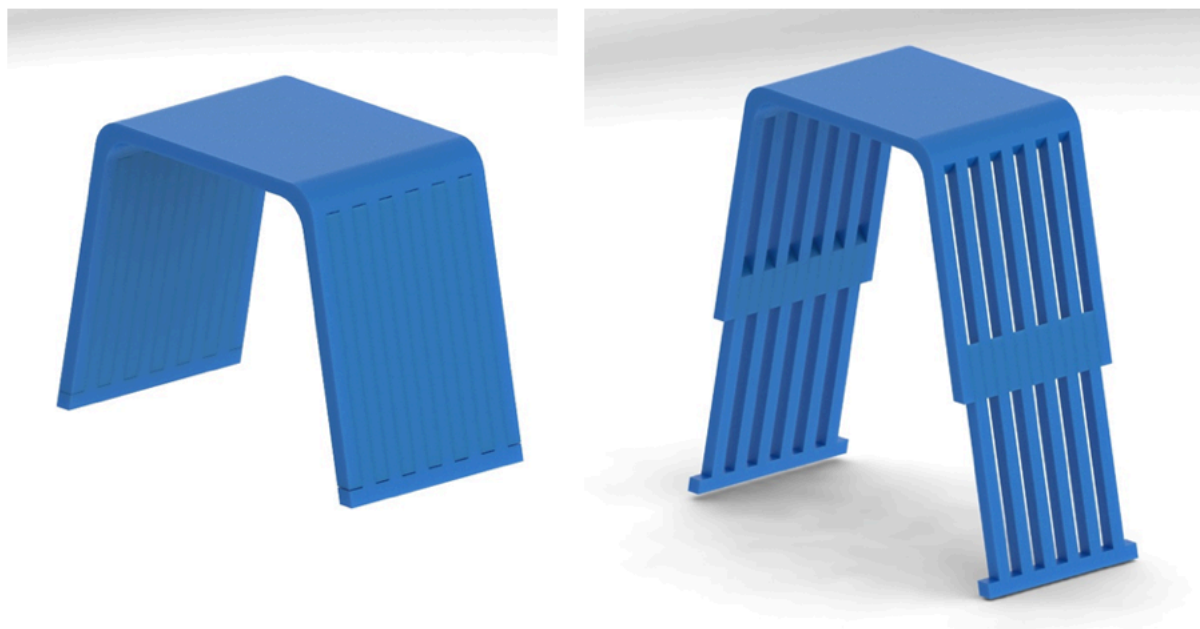
4.22 CAD-modeller

Vi benyttet solidworks for å utvikle CAD modeller av konseptene vi likte.



Figur 8 CAD modell, krakk konsept 1.

Vi hadde ikke helt gitt opp konsept 1, så vi valgte å lage en CAD-modell for å se om det var noe mer vi kom på vi kunne gjøre med designet. Dette hjalp ikke, så vi valgte å gi slipp på konsept 1 og fortsette med utvikling for konsept 3.

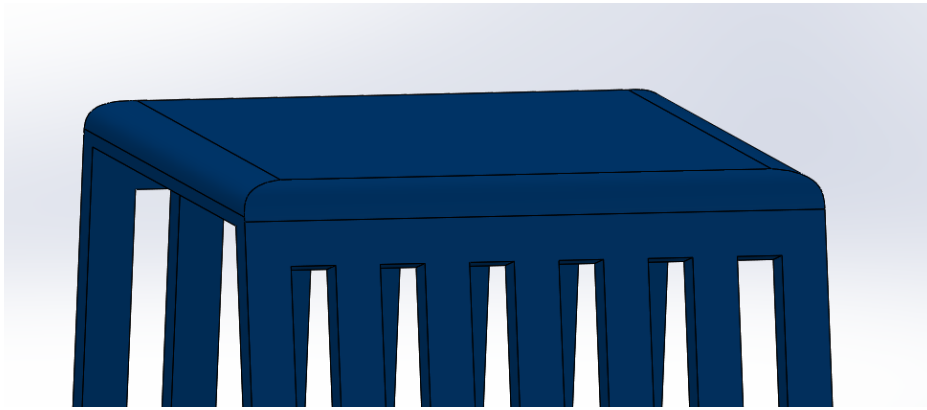


Figur 9 CAD modell, krakk konsept 3.

Vi kom fram til at teleskopbeina ikke trengte å være på innsiden av beina, men kunne være annen hver av bein og teleskopbein. Dette var et design som kunne by på mange spennende utfordringer samtidig som at vi ikke hadde sett noe lignende. Her valgte vi å benytte oss av NTNU blåfargen for å vise tilhørighet.

4.221 Sete

Det var mye vi kunne gjøre med sete, men det stod mellom flatt sete eller sete som var kurvet etter rumpen. Her valgte vi å holde oss til et flatt sete. Dette fordi vi var litt usikre på hva vi kunne få til med tanke på støpning. Det er også lettere å bruke krakken som en midlertidig hylle eller bord om sete er flatt, noe som øker bruksområdene til krakken. Selv om toppen av sete skulle være flatt, valgte vi å avrunde kantene. Dette var for å minske risikoen for at brukeren skulle miste blodtilførselen til beina mens de sitter på stolen. (*Rooms and Rest, U.Å*)



Figur 10 Sete

4.222 Overgang mellom sete og bein



Figur 11 Overgang, 5 cm avrunding på innsiden og utsiden.



Figur 12 overgang, 5 cm avrunding på utsiden.



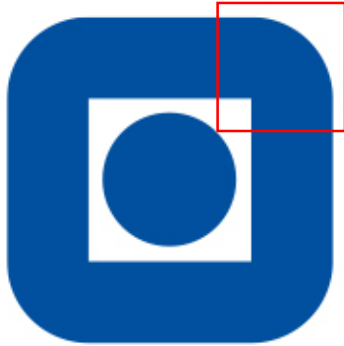
Figur 13 overgang, 2.5 cm avrunding på utsiden og innsiden.



Figur 14 Overgang, 2.5 cm avrunding på utsiden.



Figur 15 overgang, ingen avrundinger.



Figur 16 NTNU logoen

(Hente fra: <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/Norsk/Bruksregler+for+NTNU-logoen#section-Bruksregler+for+NTNU-logoen-Hovedlogo+uten+visjon>)

Vi ville ha former fra NTNU logoen inn i krakken. Vi så at overgangen mellom sete og beina hadde en mulighet for å vise tilhørighet. Her prøvde vi å få med den avrundete kanten på utsiden og skarp kant på innsiden fra logoen. Vi prøvde oss fram med forskjellige variasjoner av 5 cm og 2,5 cm avrundete kanter på både innsiden og utsiden. Ved hjelp av sammenligning kom vi fram til at vi var mest fornøyd med 2.5 cm avrundet kant på utsiden og rett på innsiden. Her får vi da et lite element fra logoen inn i designet, uten at det blir for tynt med materialer i overgangen (dette er med tanke på vekt kapasitet).

4.23 Mekaniske egenskaper

4.231 Bein

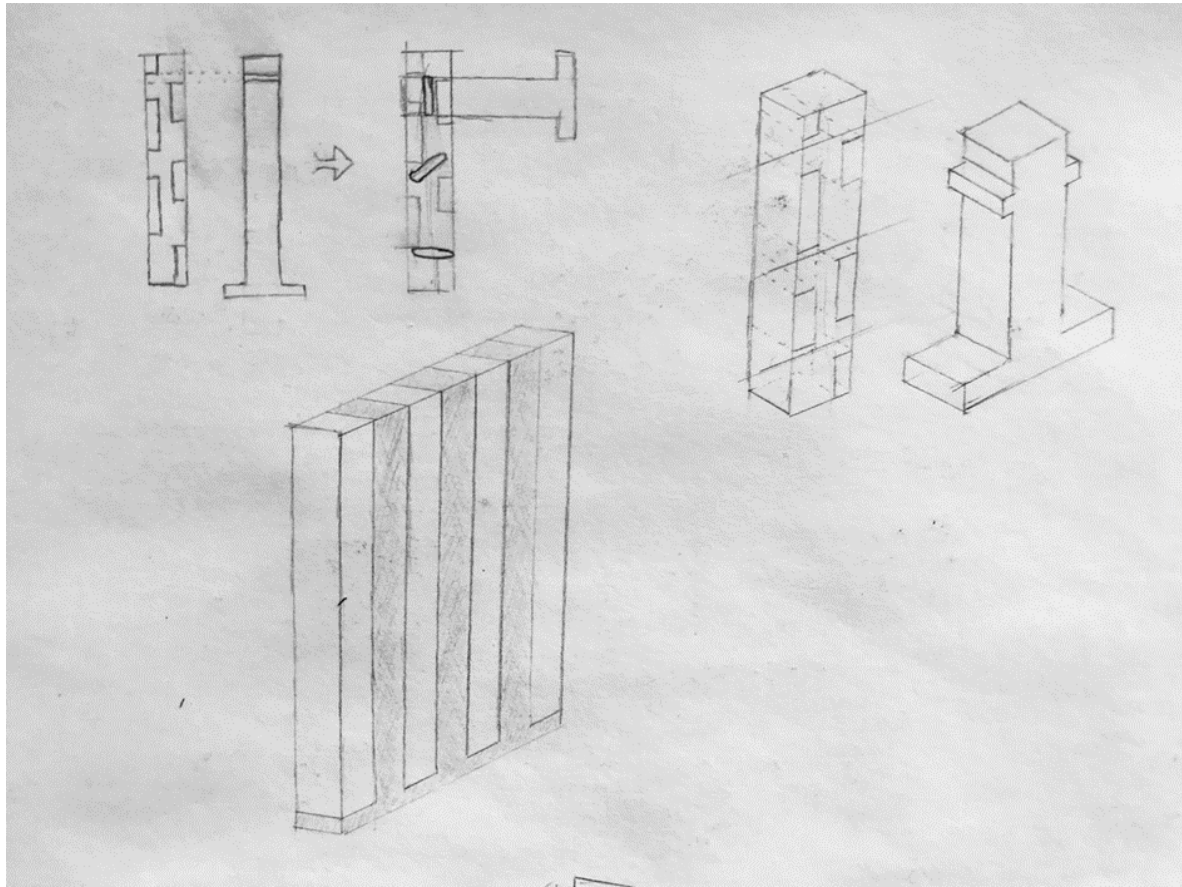
Vi ønsker å lage så mye som mulig av krakken i plast. Krakken skal også kunne lages på NTNU. Dette gjør det da vanskelig å benytte seg av tradisjonelle metoder for å justere høyden på krakken. Dette er den mest tradisjonelle:



Figur 17 Tradisjonelle metoder for å justere høyden

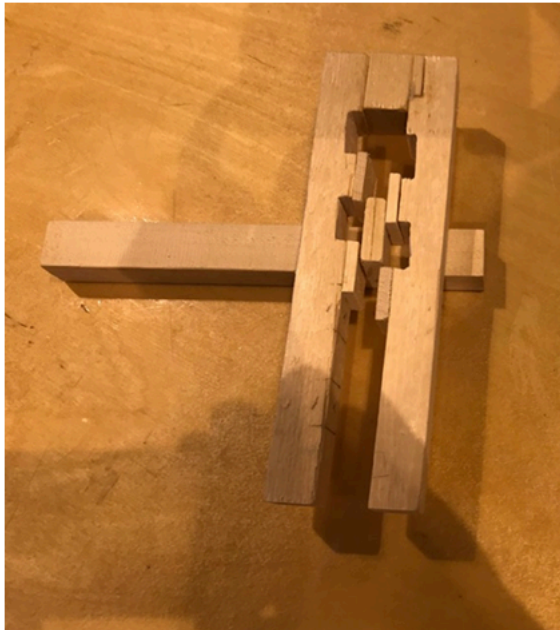
Her benytter man spaken på siden av stolen for å justere høyden. Vi måtte utvikle en annen metode for å justere høyden på vår krakk ettersom at den enkelt må kunne lages på NTNU og den helst skal være av plast. Beina i vårt design består av to hoveddeler, en del som sitter fast i sete og en del som skal kunne dras opp og ned for å justere høyden. Lengden på beina er på 40 cm. Dette gir krakken en høyde på minimum 40 cm (pluss sete) og en høyde på maks ca. 70 cm over bakken (dette er med 10 cm overlapping mellom beina som sitter fast i sete og beina som treffer gulvet). Men vi måtte utvikle en mekanisme som kunne låse beina i ønsket posisjon mens man satt på den, og låse de opp når man ville justere høyden. Vi ønsket også at denne låsemekanismen skulle være binær. Med binær mener vi at beina enten skal være låst, eller ikke låst. Det skal være mulig å se om beina er låst eller ikke før en bruker setter seg på den. Dette vil minimere farer som at krakken faller ned når brukeren setter seg på den. Her kom vi opp med 2 konsepter. Vi valgte å lage små prototyper av treverk for å teste disse mekanismene.

4.2311 Høydejustering konsept 1



Figur 18 Skisser til høydejustering konsept 1

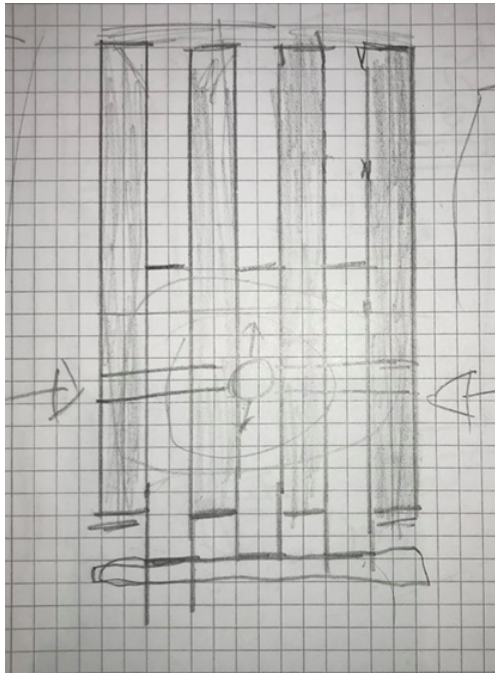
I konsept 1 hadde vi spor på innsiden av beina. Man skal brette beina inn for å kunne dra de til den høyden man ønsket dem, for å så brette dem ut for å låse de. Dette var en god løsning med tanke på at løsningen skulle være binær. De nedre beina satt fast når de var brettet ut, og bevegelige når de var brettet inn. Vi lagde en liten modell for å teste ut denne mekanismen:



Figur 19 Modell til høydejustering konsept 1

Etter å ha laget en liten modell og testet mekanismen, konkluderte vi at dette ikke egnet seg. Dette var av to hovedårsaker. Den første var at med alle de små sporene som skal gå på innsiden av hvert bein, blir dette utrolig mange små detaljer som tar lang tid å lage og trenger god presisjon. Den andre var vekten. Stolen skulle tåle 130 kg, med rask matte blir dette $130 / 2 = 65$ kg på hver side, $65 / 6 = 10,833$ for hvert bein (planen er å ha 7 bein på hver side). Dette gir en kraft på ca. 11 kg på det lille hakket man lener beinet på.

4.2312 Høydejustering konsept 2



Figur 20 Skisser til høydejustering konsept 2

Konsept 2 gikk ut på å klemme beina sammen til friksjonen ble stor nok til å holde 130 kg. Her lagde vi en liten modell av treverk. Vi brukte klemmer for å lage fiksjon mellom beina, og en klemme for å se om det var mulig å skyve på beina.

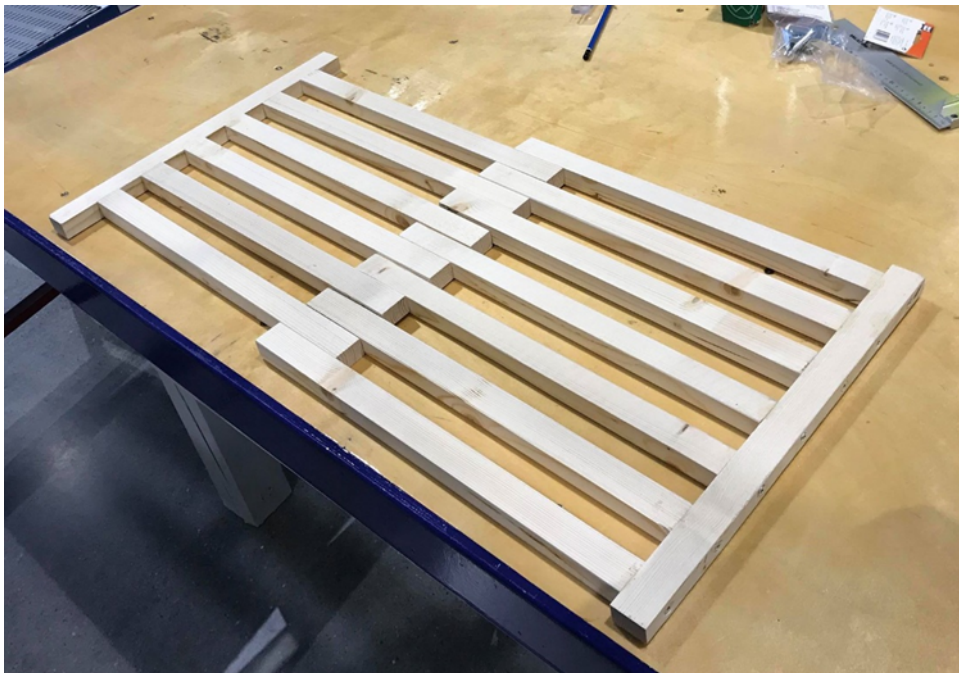


Figur 21 Liten modell til konsept 2

Kraften som klemte beina sammen og skapte friksjon var sterk nok til å motstå kraften fra klemmen i andre retning. Dette var lønningen vi valgte å jobbe videre med. Men det måtte fortsatt utvikles en låsemekanisme for å klemme og holde beina sammen.

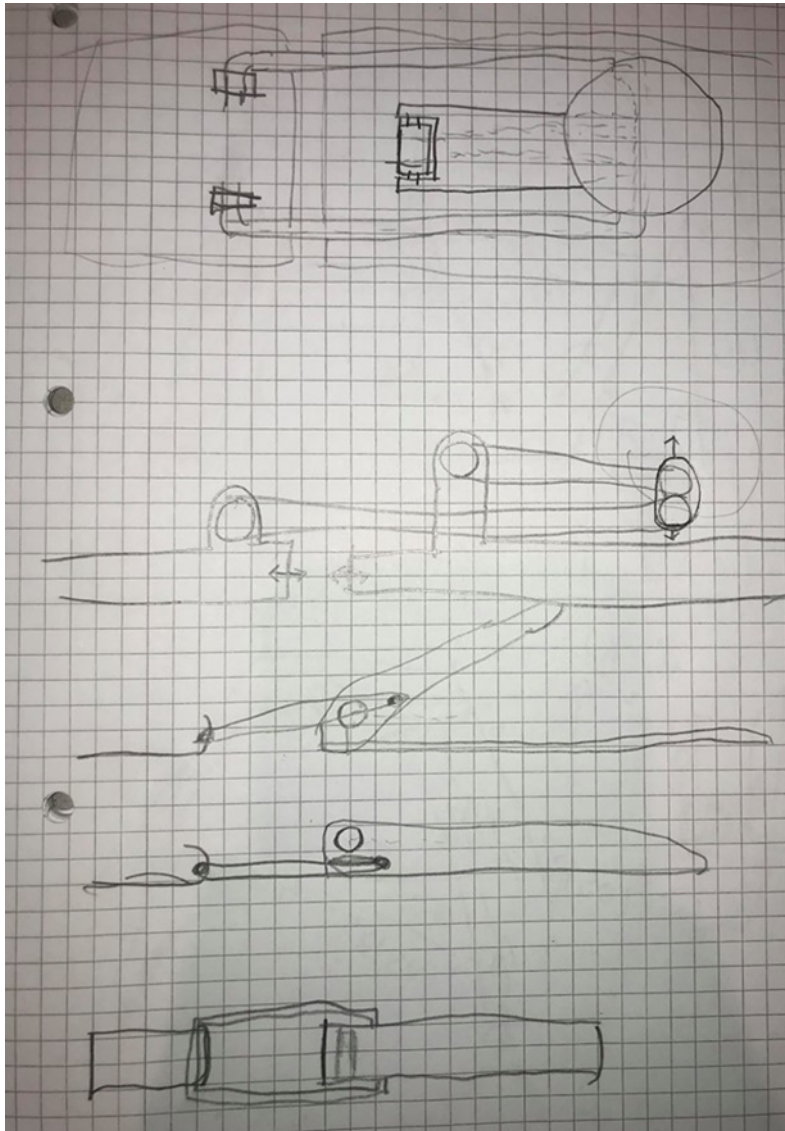
4.232 Låsemekanisme

Vi startet med å lage en større prototype for å teste potensielle låsemekanismer. Denne var laget av treverk i ca. 1:1 skala med like mange bein som vi ønsket som på det ferdige produktet.



Figur 22 Treverk prototype

Vi ønsket fortsatt en binær løsning for å stramme og løsne opp friksjonen mellom beina. Etter noen raske skisser kom vi fram til et allerede eksisterende produkt, eksenterlås. Eksenterlåsen er binær med at om den er åpen, er beina løse og er den lukket er beina strammet og faste.

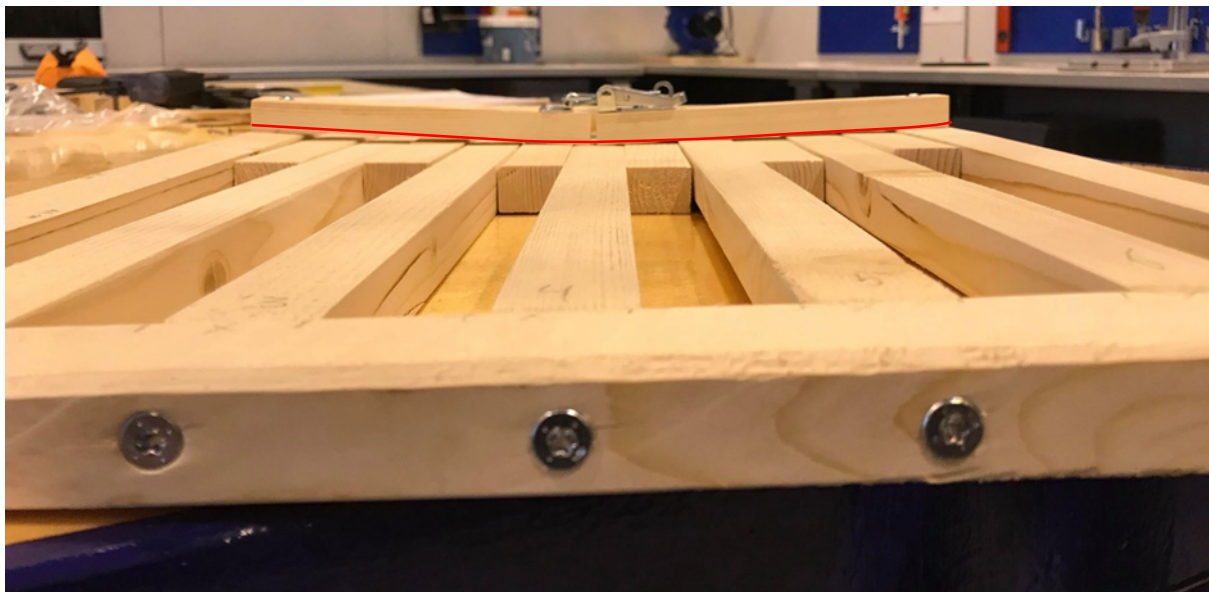


Figur 23 Skisser til låsemekanismer

Vi prøvde løsningen på 1:1 prototypen vår av treverk. Her hadde vi to planker som vi festet hver av dem på det ytterste beinet før de møttes i midten med noen få millimeter mellomrom, og eksenterlåsen skrudd fast i mellomrommet.

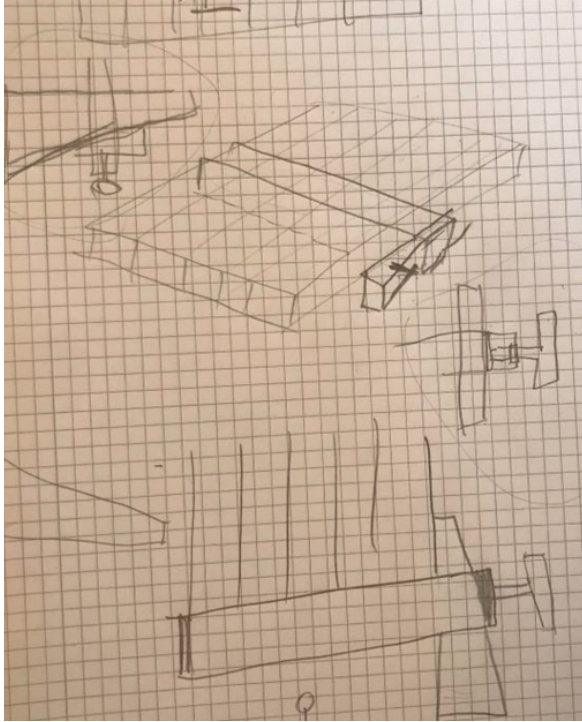


Figur 24 Låsemekanismer konsept 1



Figur 25 Låsemekanismer konsept 1

Løsningen fungerte delvis. Eksenterlåsen dro beina sammen, men jo mer kraft/strammere jo mer bulte/kurvet beina oppover (se bilde over og rød linje). Dette kommer av at vi bare strammer beina på en side. Vi kunne hatt en eksenterlås på andre siden av beina også, men dette betyr at brukeren må bruke 4 eksenterlåser for å kunne endre høyde på krakken. Dette så vi på som noe som var lite brukervennlig og knotete. Så her måtte vi finne en metode å stramme beina på innsiden og utsiden samtidig.



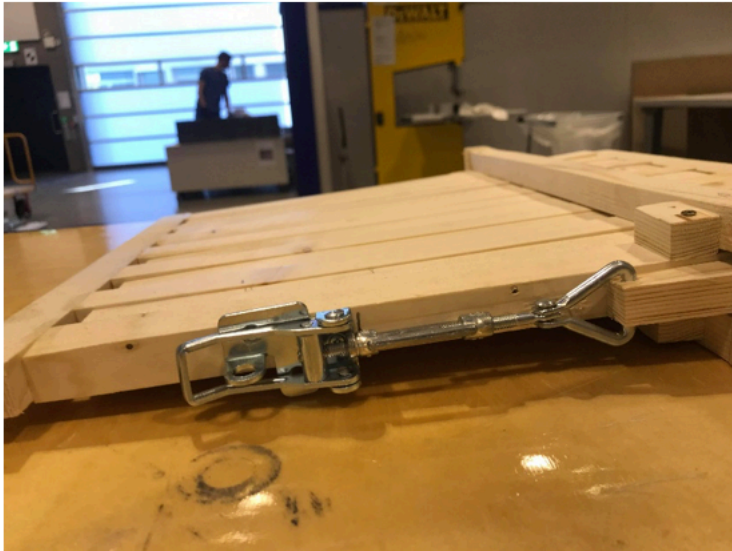
Figur 26 Skisser til låsemekanismer konsept 2



Figur 27 Låsemekanismer konsept 2

Her kom vi fram til løsningen man ser ovenfor. Her har vi en form for ramme rundt beina. Rammen skal være helt løs, utenom en skrue som passer på at den ikke sklir nedover. Vi vurderte om vi skulle ha en kile man dor opp og ned for å låse beina, eller om vi skulle ha en skrue (litt som en ventil) for å stramme dem. Ingen av løsningen vi hadde var binære. Løsningen med kile var også utrolig vanskelig å justere uten en hammer. Vi dro derfor inn

eksenterlåsen fra tidligere for å justere høyden på kilen. Eksenterlåsen gjorde det mulig å dra kilen opp og ned med en hånd, samtidig som at løsningen blir binær (åpen, så er beina løse, lukket er beina låst).



Figur 28 Eksenterlåsen

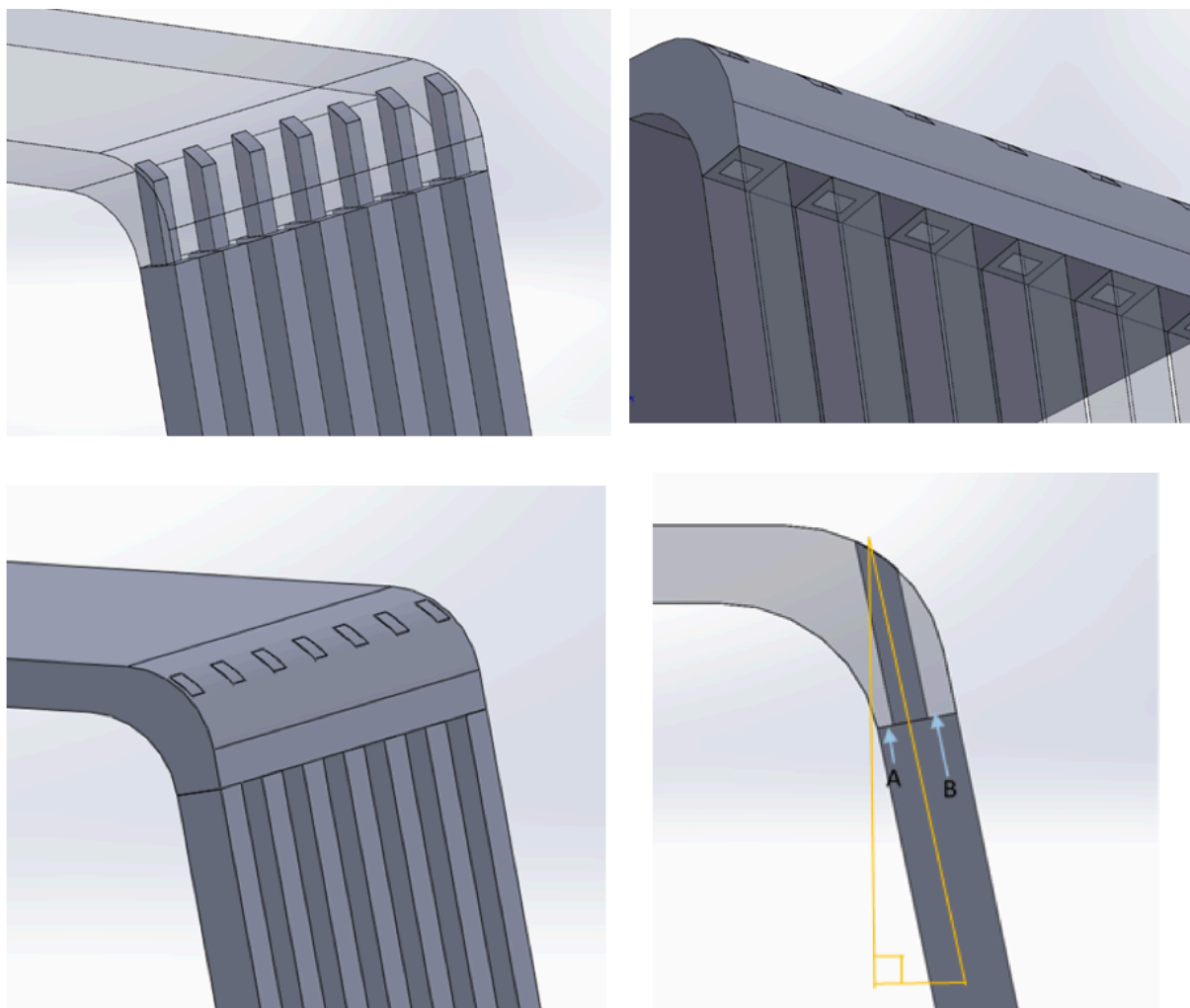
Krakken er avhengig av friksjonen mellom beina for at høydejusteringen skal fungere, og at krakken ikke skal falle ned mens man sitter på den. Som det meste annet vil stolen og delene bli slitt ut over tid. Derfor måtte vi se etter løsninger som kunne «stramme opp» friksjonen underveis, ettersom at den mest sannsynlig kommer til å bli løsere med årene. Det hadde vært mulig å bare bytte ut kilen når friksjonen ble for slakk. Men vi mente at dette kunne bli litt tungvint for brukeren. Vi fant så en løsning som gjorde at vi kunne stramme inn lengden mellom eksenterlåsen og kilen (se rød sirkel i bilde over). Dette gjorde også at man ikke trengte å være like presis med hvor høyt over kilen man måtte festet eksenterlåsen, ettersom at man enkelt kunne justere lengden i etterkant.

4.24 Fester og overganger

De fleste stoler og krakker som selges er ofte i støpt i en del. Dette hadde vært det beste for oss også. Men dette krever store kompliserte støpeformer. Vi støper derimot bjelker som vi setter sammen til en krakk. Disse bjelkene må festes på en måte for at krakken ikke skal falle fra hverandre. Her skal vi se litt nærmere på overgangen fra sete til beina.

Vi fant ut hvordan overgangen mellom sete og bein skulle se ut tidligere i oppgaven, men dette er på utsiden. Vi trengte en metode for å feste beina til sete. Her kom vi opp med to konsepter:

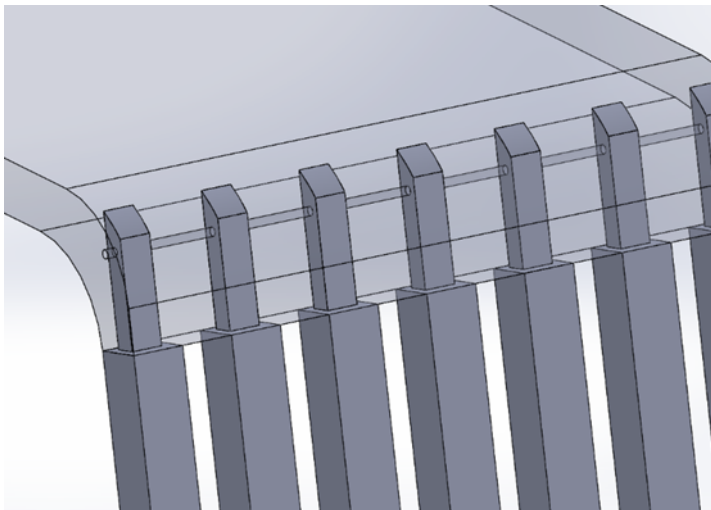
4.241 Overgang mellom sete og bein konsept 1



Figur 29 Overgang mellom sete og bein konsept 1

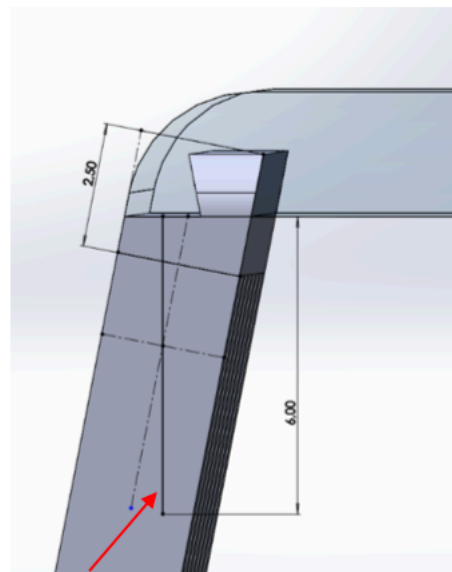
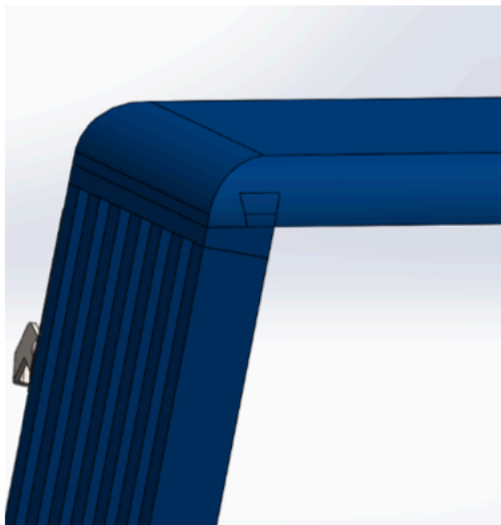
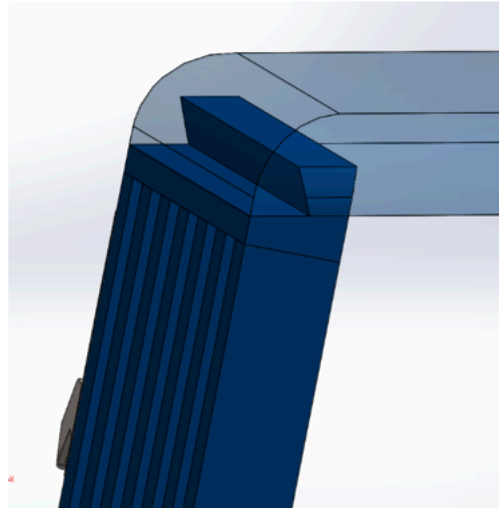
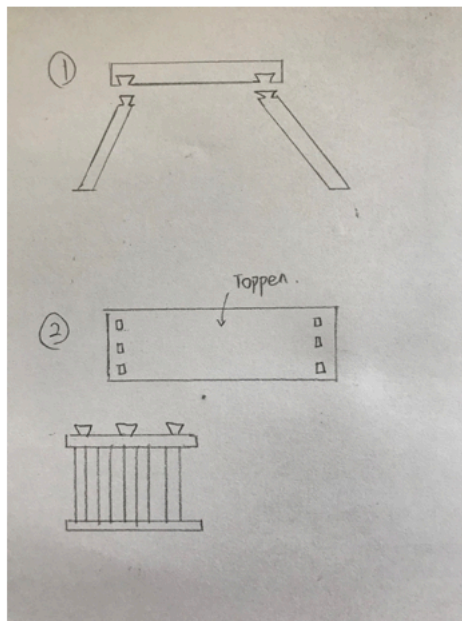
Hos konsept 1 har vi en kant hvor vekten fra sete kan hvile på beina, samtidig som en bolt inn i sete fra beina som stopper beina fra å bøye seg utover. Vi valgte å ha større avstand mellom boltene og ut (B på bilde over) enn boltene og inn (A på bilde over). Sete kurver innover, dette gir boltene på side B mindre masse å lene seg mot, derfor har vi valgt å lage denne siden litt lengre enn A og ikke sentrert.

Denne løsningen stopper beina i å bevege seg i alle retninger utenom ned. Dette kan føre til at beina faller ut av sete når man skal løfte og flytte på stolen. Her stod det mellom å lime boltene fast inni hullene i sete, eller en liten stake. Vi var skeptiske til å bruke lim, ettersom at dette fester beina permanent til sete. Dette kan gjøre det vanskelig å bytte ut deler om det er nødvendig. Vi valgte derfor å lage ett lite hull gjennom sete og alle boltene for å kunne sette inn en liten stake. Denne staken er ikke nødvendig for å holde på vekten når man sitter på krakken, men for å holde beina fast når man løfter krakken. Det er derfor ikke noe behov for at denne staken tåler noe stor belastning.



Figur 30 Overgang mellom sete og bein konsept 1

4.242 Overgang mellom sete og bein konsept 2



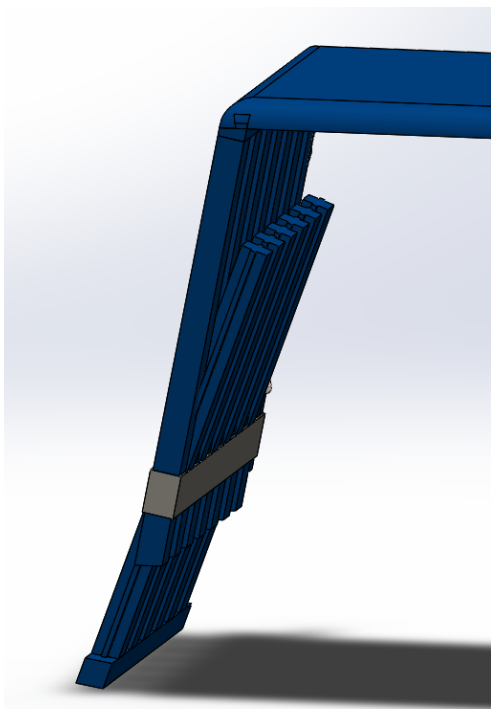
Figur 31 Overgang mellom sete og bein konsept 2

I konsept nr. 2 valgte vi å feste alle beina fast i en bjelke, før vi festet dem til sete. Man bruker skruer for å feste beina til den horisontale bjelken (se rød pil på bilde over) før man så kan skyve alle beina inn i sete. Vi valgte å gå for denne løsningen. Årsaken til at vi valgte denne løsningen var fordi denne krever mindre kompliserte bearbeidingsmetoder. Med dette mener vi at konsept 1 krever flere presise hull gjennom sete som må være i en bestemt vinkel. Hvis ikke disse hullene er presise, vil ikke beina stå riktig i forhold til hverandre som vil føre til

problemer med friksjonen mellom beina senere. Derimot på konsept 2 er ikke overgangen avhengig av mellomrommet mellom beina, fordi man har en mellombjelke. Så her er det bare å kappe til mellombjelken og sete, skru beina fast i mellombjelken for å så skyve beina pluss mellombjelken inn i sporet på undersiden av sete.

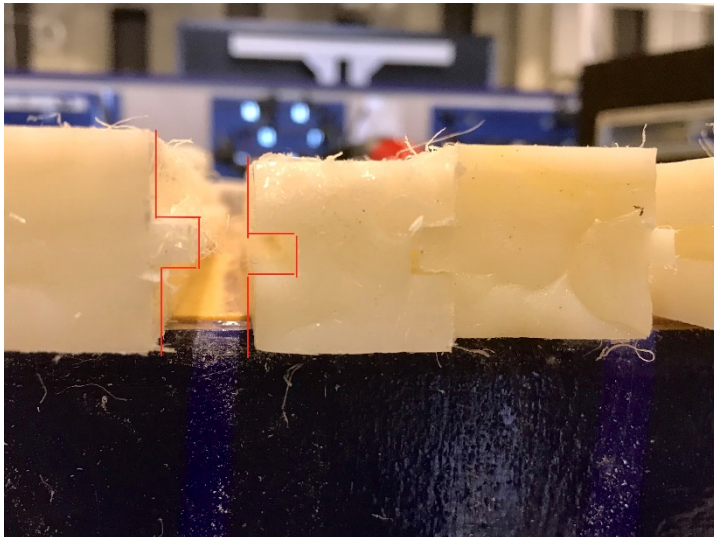
4.25 Spor inni bjelkene

Det er viktig at beina som sitter fast i sete og beina som skal strekkes ut går parallelt med hverandre. Om de ikke går parallelt med hverandre vil beina som skal trekkes ut bli stående i feil vinkel, noe som fører til at det blir mindre kontaktoverflate til friksjon. Vi har allerede en ramme for å holde beina smalet der vi skaper friksjon, men vi frykter at dette ikke er nok for å hindre de nederste beina i å skli ut når man legger vekt på dem som i eksemplet under.



Figur 32 Spor inni bjelkene

Vår løsning er å kutte spor mellom hver plastbjelke. Her har alle beina som sitter fast i sete spor inn, mens alle beina som er løse har spor ut. Dette gjør at beina kan bevege seg parallelt fritt opp og ned uten og rotere eller skli fra hverandre. En av grunnene til at vi valgte å ha sporende gående ut på beina nede og ikke omvendt var at det er færre bein nede en oppe (7 bein oppe og 6 bein nede). Dette kunne ta bort styrke fra krakken i en del som allerede var svakere en den andre.



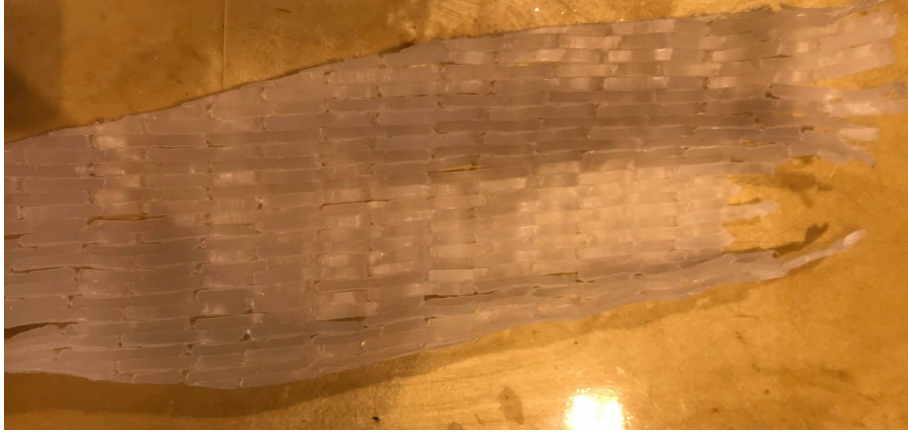
Figur 33 Spor inni bjelkene

4.3 Test av plast

4.31 Størrelse

4.311 Små biter

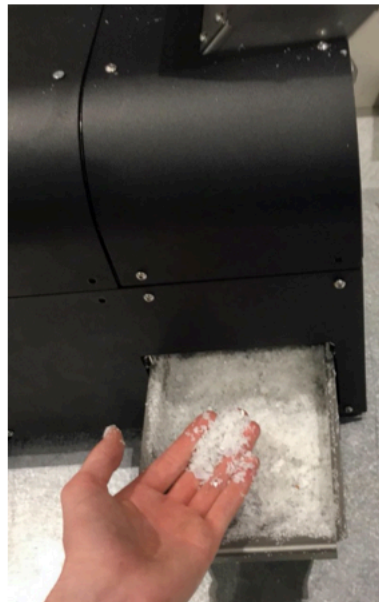
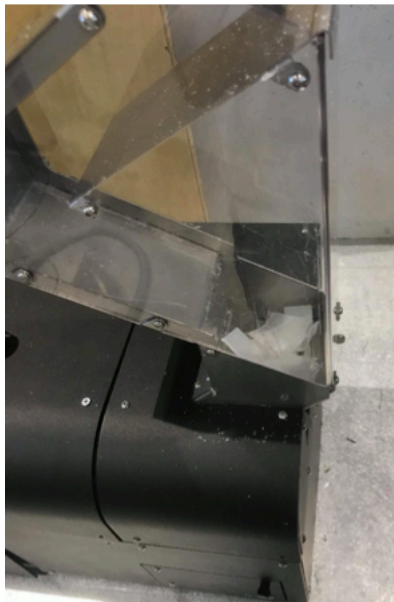
Vi måtte først dele plastkannene opp i store biter for å kunne vaske dem. Etter dette prøvde vi å bruke en makuleringsmaskin beregnet for papir for å dele opp plastikken.



Figur 34 Små biter

Det var vanskelig å dele plastikken opp med en makuleringsmaskin ettersom at den stadig vekk hang seg opp. Plastikken ble heller ikke delt opp i mindre biter, men fikk et mønster på overflaten. Vi bestemte oss for at makuleringsmaskinen ikke egnet seg til denne type bruk.

Vi bestemte oss for å finne en annen løsning for å dele plastikken opp i små biter. Her kom vi over en makuleringsmaskin laget for å makulere opp 3D-printede deler slik at dette kan smeltes ned igjen og lage nytt filament til 3D-printeren.

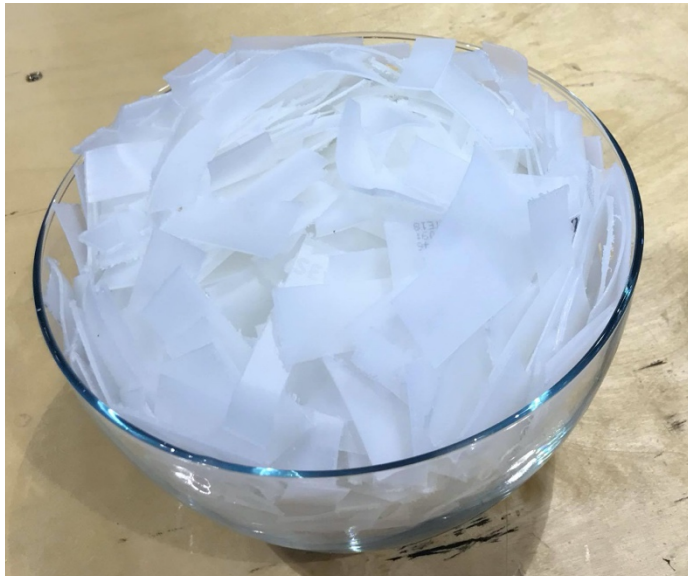


Figur 35 Makuleringsmaskin

Denne makuleringsmaskinen fungerte mye bedre enn den forrige vi teste ut. Vi fikk plastikken ut i pulverform. Den hang seg ikke opp like ofte som den forrige makuleringsmaskinen, men det hendte fortsatt at den hang seg opp fra tid til annen. Maskinen ble varm etter mye bruk. Dette førte til at plastikken vi matet inn ikke ble kappet opp, men ble for myk på grunn av varmen og derfor hang seg fast i maskinen. Plastikken vi matet inn måtte også kappes opp til medium store biter (ca. 2x7 cm) for å få plass inn i maskinen. Selv om dette var den mest plasseffektive størrelsen på plassen når det kom til lagring, var dette også den størrelsen som krevde mest arbeid og tid å lage.

4.312 Medium biter

Her måtte vi også dele plastkannen opp i store biter først for å kunne vaske dem før vi delte dem opp til medium biter. Disse kunne vi enkelt lage ved å stable flere av de store bitene oppå hverandre og kappe dem opp med båndsaen.



Figur 36 Medium biter

Vi fikk ikke like god tettheten på disse som med de små bitene når det kom til lagring. Medium størrelse tok også mye kortere tid å lage enn de små bitene, ettersom at man slapp hele delen med makuleringsmaskinen.

4.313 Store biter

Store biter trengte bare 2-4 kutt med båndsaen for å få ønskelig størrelse. Dette var også størrelsen vi brukte når vi vasket dem.

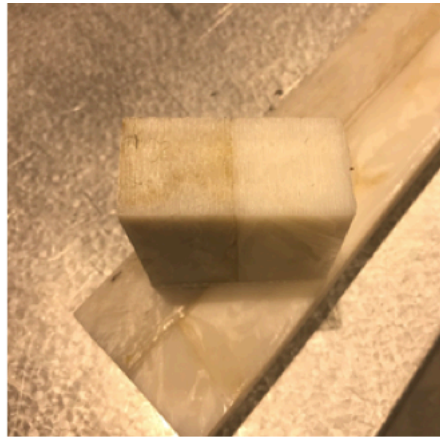


Figur 37 Store biter

Dette var den mest tidseffektive størrelsen. Men plastikken tokk mye plass, spesielt om man ikke hadde stablet matchene deler. Dette var størrelsen vi benyttet mest. Dette var fordi vi mistet tilgang til laboratoriet og båndsgen. Plastikken måtte derfor kuttes opp for hånd med kniv. Dette var en utrolig slitsom oppgave, så her var løsningen som krevde færrest kutt best for oss. Vi jobbet også i små kvantiteter hjemme, så lagringsplass var ikke en viktig faktor.

4.314 Smelting i forhold til størrelsen

Vi kommer mer inn på smelting av plast i neste punkt, men her skal vi snakke om smelting av platen i forhold til størrelsen. Vi prøvde å se om de forskjellige størrelsene på platen ga forskjellige resultater inni ovnen. Det var lite forskjell mellom medium og store biter, så her sammenligner vi resultatene mellom medium og små biter.



Figur 38 Smelting

Størrelsen på plasten spilte også en viktig rolle på resultatet fra smeltingen. De minste bitene hadde en veldig kornete overflate. Det var også mange små luftbobler gjennom hele deigen med smeltet plast. Disse små luftboblene måtte presses ut ved å kna deigen med smeltet plast. Dette krevde mye krefter og det var vanskelig å få ut alle luftboblene. De små bitene ga også plastikken en større overflate enn hva de andre størrelsene hadde. Dette førte til at plastikken ble for brent og ujevnt smeltet, noe som ga de ferdigstøpte bjelkene en mørkere gul farge enn de andre. Plastikkbiter som var kappet opp til medium størrelse oppførte seg bedre i ovnen enn de små. De smeltet jevnt i ovnen. Det var større luftbobler, men det var færre av dem, og det var enklere å kna ut få store bobler enn mange små. Fargen på ferdigstøpt bjelke var også lysere og renere med medium biter enn de små bitene. Som sagt så var forskjellene mellom medium og store biter minimale til ikkeeksisterende, så vi valgte å ikke ta med store biter i denne sammenligningen. Vi konkluderte derfor at det ikke var nødvendig eller verdt tiden å kappe plastikken opp i de minste bitene.

4.32 Smelting

Valget av ovn sto mellom inkubatorovn, vakuumovn og hybelovn. Vi valgte bort vakuumovnen tidlig, ettersom at den var lite tilgjengelig og luftbobler i plastikken var et mindre problem enn vi trodde det skulle bli. Inkubatorovnen var den vi benyttet i starten og hadde planer om å bruke gjennom hele oppgaven. Men ettersom at campus ble stengt på grunn av COVID-19, mistet vi tilgang på denne ovnen. Vi endte derfor opp med å bruke en

liten hybelovn til å smelte plastikken. Denne var liten, enkel å flytte og godt egnet til å jobbe med hjemme.

Vi hadde ikke mange krav til valg av ovn, men kontroll av temperatur var den mest kritiske for å få god kvalitet på det ferdige produktet. For å finne riktig temperatur til å smelte plastikken jobbet vi oss metodisk fram. Vi hadde ett brett med plastikk i ovnen, hvor vi startet med lav temperatur på ca. 90° C. Her økte vi temperaturen med 10° C for hvert intervall på 20 minutter til plastikken begynte å vise tegn på at den hadde smeltet. Etter flere tester kom vi fram til at ovnen burde stå på 170-180° C for best resultat og mest effektiv smelting. Hvis temperaturen var lavere en dette måtte vi lengre på at platen skulle smelte. Hvis temperaturen var høyere en dette ble plastikken brent, noe som førte til misfarging i sluttproduktet.

Når vi smelter plast, må vi også ta hensyn til kontrollen av mengde og tid. Under samme temperatur, jo større mengde smelting som kreves hver gang, jo lenger tid tenger å bruke. Når vi bruker den første formen til støpning, må vi smelte totalt 800 gram plast. Hvis 800 gram plast deles inn i 4 ganger til å smelte, tar hver smeltetid omtrent 25 minutter. Hvis den deles inn i 3 ganger til å smelte, er smeltetiden omtrent 40 minutter. Ved hvert intervall etter smelting må vi forme platen for å gjøre materialet mer passer med formen.

Når vi smeltet platen, måtte vi ta hensyn til hvor lenge platen skulle være i ovnen i forhold til hvor mye plastikk vi hadde i ovnen. Vi måtte smelte 800 g plastikk hver gang for å lage en bjelke. Men det var ikke plass til all platen i ovnen med en gang. Vi måtte derfor fylle ovnen med så mye plast vi kunne, la dette smelte, før vi så kunne legge inn mere plast sammen med platen som allerede var smeltet i ovnen. Hvor mye vi fikk plass til i ovnen av gangen kom an på hvordan platen var kuttet opp og hvordan det kunne stables i ovnen. Vi kom fram til at de 800 g vi måtte smelte for å lage en bjelke, måtte deles opp i 3 eller 4 intervaller i ovnen. Her varierte intervallene fra platen var smeltet og til vi kunne legge inn mere plast fra 20 til 40 minutter (denne tiden var avhengig av hvor mye usmeltet plast vi hadde i ovnen). Vi fant også ut at vi fikk best resultat på støpningen om vi lot platen ligge nye 30-40 min i ovnen etter at all platen var smeltet. Da var platen utrolig varm og myk, som førte til at den formet seg lett etter støpeformen når vi presset den sammen.

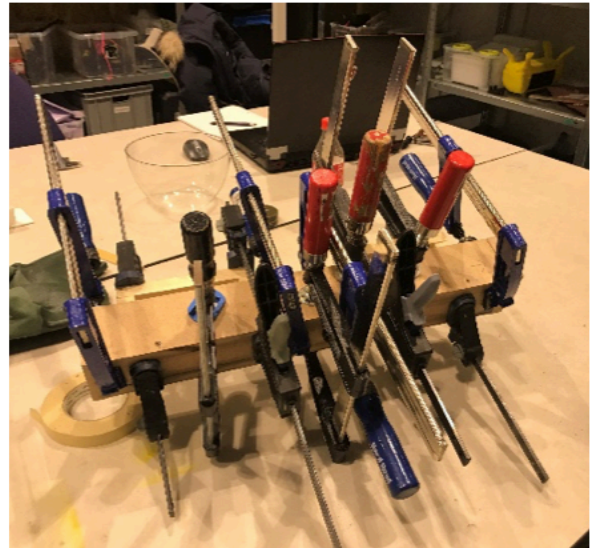
4.33 Støpeform

4.331 Støpeform 1

Den første støpeformen var laget av fiberplater. Fiberplater er laget av finmalt trefiber som er bundet sammen av voks og harpiks og presset sammen under høyt trykk (*Einar Bøhmer, 2009*). Vi benyttet fiberplater ettersom at vi hadde dette lett tilgjengelig, det var billig, enkel å bearbeide og hadde glatte overflater. Dette gjorde at vi kunne lage formen raskt, som igjen førte til at vi raskt kunne teste støpning og starte med utviklingen av støpeform 2. Formen bestod av 4 vegger og en bunn som var skrudd og limt sammen og et løst lokk med to håndtak. Håndtakene var noe vi satt på for å enklere kunne dra lokket ut av formen etter støpning.

For å bruke formen måtte vi først smelte plastikken. Her kom vi fram til at vi måtte smelte ca. 0.8 kg for å fylle formen. Dette kom vi fram til ved å fylle en bøtte med 5 liter vann, for å så fylle på med plastikk til vannet hadde steget med en liter. Vi tokk så plastikken ut av bøtten, tørket det og veide det. Dette ga oss tettheten på ca. 0,84 kg per liter. Dette er var ingen nøyaktig oppmåling tettheten, men det fungerte bra og raskt nok til å kunne regne ut hvor ca. hvor mye plast vi trengte i støpeformen (den teoretiske tettheten på HDPE er på 0.94 kg per liter, dette står det mere om i teoridelen. Her var vi 100g per liter unna med vår egen test).

Etter at platen var smeltet til en gjennomsiktig klump, måtte den strekkes ut av to personer for hånd til den fikk plass i formen. Vi kunne så sette lokket på og sette på klemmer og stramme disse inn. Klemmene hjalp til å klemme ut noen av luftboblene, samtidig som at den presset plastikken opp mot veggene slik at vi fikk flate overflater på den ferdigstøpte bjelken. Materialet vi brukte for å lage formen var ikke sterkt nok, så det ga etter når vi begynte å presse lokket ned. Dette førte til at vi måtte bruke enda flere klemmer på sidene og lokket for at formen ikke skulle gi for mye etter.



Figur 39 Støpeform 1

4.332 Støpeform 2

Støpeform nr. 2 bar laget av kryssfiner. Kryssfiner er treplater limt sammen av tynne treskiver med fiberretningen i vekslende retninger på hverandre (Sverre Tronstad. 2009). Ettersom at kryssfiner inneholde lange fibre, vil styrken på denne være større enn hos fiberplatene fra støpeform 1. Dette var noe vi ønsket, ettersom at støpeform 1 ga etter når man presset den sammen. Det var viktig at denne formen skulle tåle mer, fordi her skulle vi utsette formen for høyere press (en stor pressemaskin som hadde kraft på flere tonn) enn det støpeform 1 hadde fått med håndklemmer.

Kryssfinerplatene hadde en glatt overflate som var malt. Vi kappet en liten bit av kryssfinerplaten og en liten plate av metall (dette var tynne metallplater vi hadde tilgang på i labben, som det ikke var noe problem at vi benyttet oss av. Vi er ikke sikker på nøyaktig hvordan metall dette var, men vi antok at det var noe form for galvanisert metall. Hvilken type metall dette var, var ikke veldig relevant for oss i forhold til oppgaven. Derfor valgte vi å ikke fokusere på dette.). Vi satte lappen av metall og kryssfiner inn i ovnen med en plastbit på hver av dem.

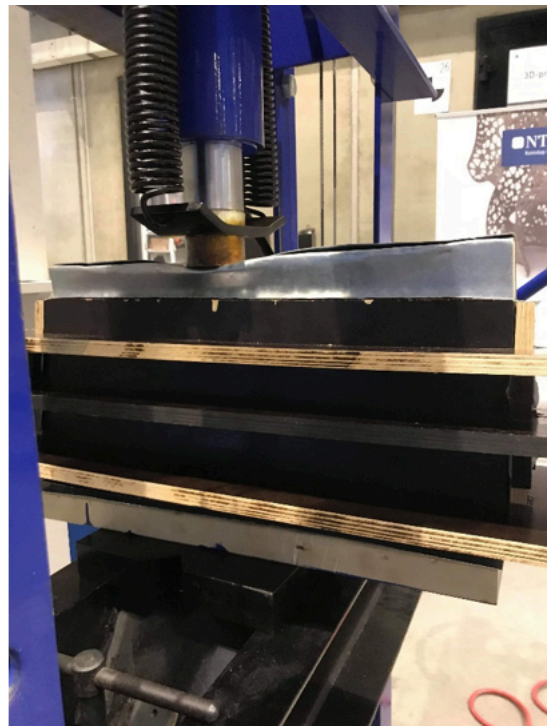


Figur 40 Materialer til støpeform

Etter at plasten hadde smeltet tok vi platene ut av ovnen og lot plasten kjøle seg ned. Her kom vi fram til at kryssfinerplaten hadde merker på seg etter plastikken, mens metallplaten var fortsatt glatt og ren. Plastikken fra kryssfinerplaten hadde også gule merker på seg, vi mistenker at dette kommer fra malingen på overflaten. Dette betydde at metallplaten var en bedre overflate til støpning enn kryssfinerplaten. Derfor valgte vi å ha metallplaten på innsiden av formen, slik at det bare var den som var i kontakt med plastikken, mens kryssfiberplatene var på utsiden for å gi styrke til formen.

Vi ønsket at støpeformen skulle kunne lage en større blokk enn støpeform 1. Denne blokken kal kunne kappes opp i mindre deler for å lage bein til krakken, eller skal kunne sveises sammen en ny blokk for å kunne lage sete. Her kom vi fram til at formen skulle kunne lage 3 bein. Da var ikke støpeformen for stor til å passe inni inkubator ovnen, støpeformen passet inni pressen og det var en håndterlig mengde med plast å smelte av gangen for oss.

Formen består av 4 vegger som sitter fast i hverandre med en metallplate som dekker overflatene på innsiden. Sidene ble holdt på plass av «finner». Disse var med på å øke styrken til formen, slik at den ikke skulle bule utover når vi presset plastikken sammen. Lokket og bunnen var løse deler. Dette var for å kunne enkelt presse plastikken ut av formen når den var ferdigstøpt. Toppen måtte også være løs og høy, slik at pressemaskinen skulle kunne presset lokket ned i formen som så gjorde at plasten ble presset sammen og fylte hulrommene i formen.



Figur 41 Støpeform 2

4.34 Sammenligning og bruk av støpeformer

Planen var å finjustere og utvikle støpeform 2 til at den kunne brukes for å utvikle bjelker til å lage prototyper og en full versjon av krakken. Men dagen vi skulle teste støpeformen for første gang var dagen campus ble stengt på grunn av COVID-19. Vi fikk derfor bare testen støpeform 2 en gang. Men støpeform 2 fungerte ikke helt som vi ønsket denne gangen. Planen var å først smelte plastikken på brett i inkubatorovnen, for å så ha plastikken i formen og formen i ovnen. Dette var for å varme formen opp med plastikken som skulle gjøre at plastikken var så myk som mulig når vi presset den sammen. Når vi hadde formen og plastikken inni ovnen, begynte det å komme små mengder med røyk. Vi mistenker at dette var limet som holdt treplatene i kryssfinerplaten sammen eller malingen på overflatene som ble svidd. Dette var svært små mengder med røyk og lukt. Ettersom at dette var et godt ventilert rom, så vi valgte å la formen stå i ovnen. Vi fikk ikke helt temperaturen vi ønsket på platen på innsiden av formen. Her var temperaturen litt for lav. Vi valgte å ikke sette temperaturen opp men heller la formen så litt lengre i ovnen. Dette var i frykt for å enten brenne plastikken eller støpeformen. Tid så heller ikke ut til å hjelpe, så til slutt valgte vi å ta den ut av ovnen og presse den sammen. Den lave temperaturen førte til at plastikken vi hadde hatt i formen ikke klarte å smelte helt sammen. Man kan se på bilde under (figur 42) at resultatet fra støpeform 2 ikke er en jevn klump, men flere klumper klemt sammen. Dette kan føre til svakheter i sluttproduktet, som igjen kan føre til at vi ikke oppnår vektkravene på 130 kg. Pressen derimot så ut til å fungere så bra den kunne med tanken på at vi ikke hadde nådd ønsket temperatur på platen. En høyere temperatur på plastikken hadde gjort den mykere, som hadde ført til en bedre effekt av pressen.

Vi fikk best resultat av støpeform 1 (se bilde under). Her hadde vi en hvitere og jevnere farge på bjelken fra støpeform 1. Vi fikk også en jevnere, flatere og glattere overflate på bjelkene fra støpeform 1. Men dette var også en form vi hadde muligheten til å finjustere støpeprosessen til. Ettersom at COVID-19 gjorde at campus stengte og vi måtte jobbe videre hjemmefra, var det uaktuelt å bruke støpeform 2. Dette var fordi støpeform 2 krevde en stor ovn og en stor presse, noe vi ikke hadde tilgang på hjemme. Støpeform 1 derimot trengte bare noe små klemmer og en liten ovn til å smelte platen. Så selv om støpeform 1 egentlig bare

var ment som en prototype og bare kunne støpe en og en bjelke, var det denne vi benyttet oss av gjennom hele prosjektet.



Figur 42 Støpeprodukter

4.35 Bearbeiding

4.351 Oppdeling av støpt plast

Smeltetemperaturen på plast er omtrent 130 grader. Når vi bruker en bordsag til skjæring, kan plasten smelte på grunn av varmeenergien generert av friksjon under skjæring. Etter testingen ble det funnet at varmeenergien som genereres under skjæring ikke er nok til å smelte plasten, og plast vil ikke deformeres i friksjonen med sagbladet, så det er mulig å bruke en bordsag for videre bearbeiding. Under skjæreplassen vil det bli generert mye avfall. Formene på disse avfallsstoffene er glødetråd og pulver. Fordi HDPE-plast er 100% resirkulerbart, kan vi samle inn disse avfallsstoffene igjen og bruke dem igjen for å lage nye bjelker. For å minimere sløsing av ressurser, koblet vi ikke bordsagen og støvsuger. Vi kunne da etter kapping feie opp plastrestene og smelte de ned igjen.



Figur 43 Spon fra kapping

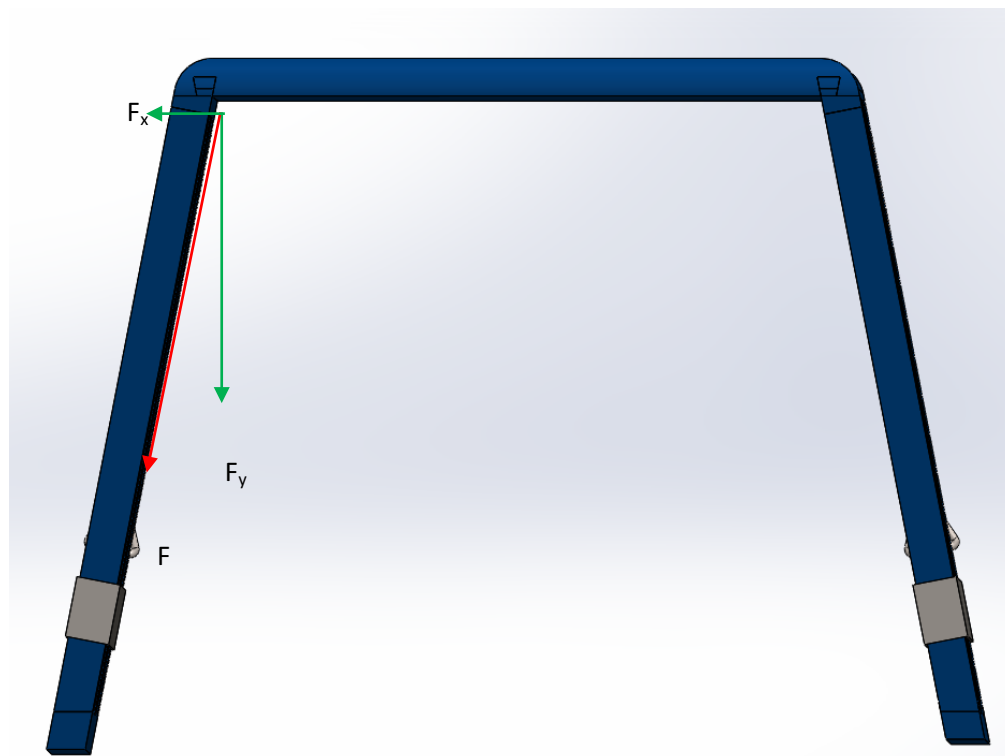
4.352 Sveising av plast

Når vi lager sete, må vi sveise flere bein sammen. Først kan vi smelte overflaten som skal sveises ved hjelp av en varmpistol. Vi trenger å varme jevnt overflaten som skal sveises, slik at materialet blir smelte. Plasten vil bli gjennomsiktig etter å ha absorbert nok varmeenergi. På dette tidspunktet har plasten tilstrekkelig viskositet og plastisitet. Vi trenger bare å slå

sammen de to beinene. Her benyttet vi klemmer for å presse beina sammen. Etter avkjøling er plasticsveising fullført.

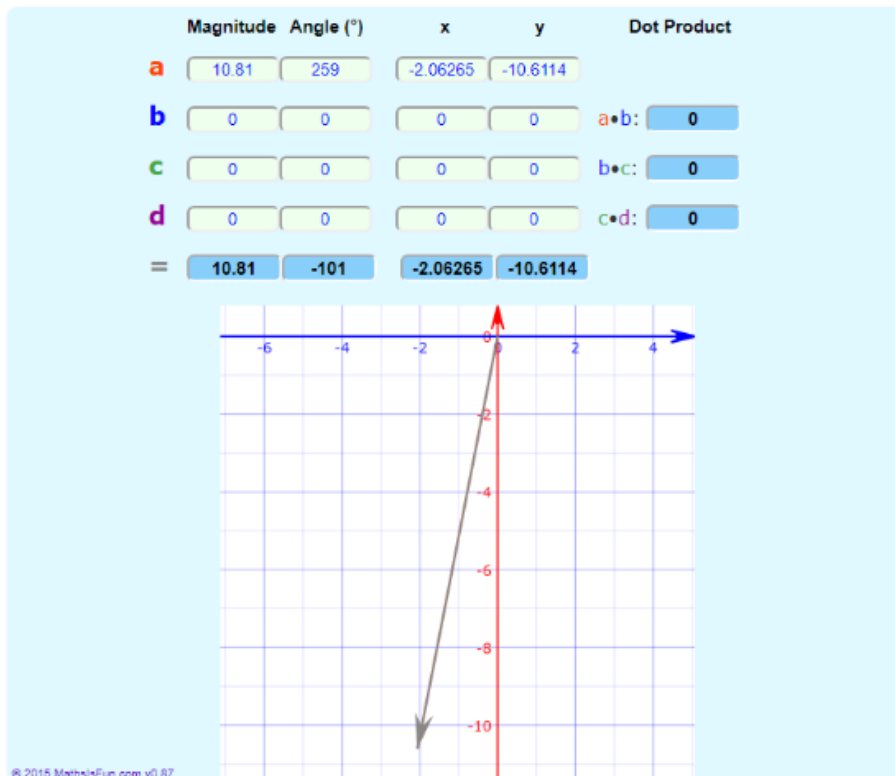
4.36 Styrketest av plastbjelke

Krakken hadde et krav om å tåle 130 kg. Dette betyr at krakken må tåle 65 kg ($130/2$) på hver side, som igjen betyr at et bein må tåle 10.83 kg ($65/6$ ettersom at krakken lener seg på det minste på 6 bein). Men disse 10.83 kg med kraft fordeles i 2 retninger (ettersom at vi har en vinkel på beina), horisontalt og vertikalt. Vi vil prøve å finne ut hvor mye vekt beinet må tåle i hver retning.



Figur 44 Forholdet mellom krefter og retninger

Her benyttet vi oss av kraft vektorer for å finne hvilke krefter som går hvilke retninger. Vektorer er en tallstørrelse med en retning. Her har vi F vektoren, men F_x og F_y er ukjente. Vi plottet dette inn i et koordinatsystem for å få resultat av F_x og F_y .



Figur 45 Forholdet mellom krefter og retninger

(Hjelpemiddel: <https://www.mathsisfun.com/algebra/vector-calculator.html>)

Her benyttet vi oss av en kalkulator og koordinatsystem som regnet alt ut for oss hos mathsisfun.com. Her kom vi fram til at horisontalt (x akse), må en bjelke tåle minimum 2.06 kg og vertikalt må den tåle minimum (y retning) 10.61 kg.



Figur 46 40N



Figur 47 60N



Figur 48 110N

Vi regnet med at bjelkene tålte mer enn 10 kg vertikalt, men vi var usikker på hva de tålte med horisontal belastning. Her kjørte vi et enkelt forsøk hvor vi spente fast den ene siden av bjelken til borde, for å så legge på vekter i andre enden. Her ville vi se hvor mye bjelken øyde seg, eller om den knakk. På bildene belastet vi bjelken med 40 N (4 kg), 60 N (6.11 kg) og 110 N (11.21 kg) i rekkefølge. Bjelken bøyde seg minimalt med 4 og 6 kg belastning. Dette

anser vi som innenfor kravene på at bjelken skal tåle 2.06 kg i horisontal retning, for å oppfyllet kravet om at krakken skal tåle 130 kg.

4.4 Oppskrift

Dette er en oppsummering av resultatene som gir oss en oppskrift/bruksanvisning på hvordan man lager krakken vi har designet. Denne oppskriften er beregnet med støpeformen vi har benyttet.

4.41 Materialer

Ca. 246 6 liters plastkanner (man trenger ca. 6 6 liters kanner for å lage en bjelke med støpeform 1, og man trenger totalt 41 bjelker for å lage hele krakken)

2 eksenterlås.

2 x (80 cm x 4 cm) metallplater (spiller ikke noe rolle hvordan metall dette er laget av, så lenge den ikke er tykkere en 0.3 cm og kan bøyes. Vi benyttet noe vi tror var galvaniserte metallplater vi hadde tilgang på i laboratoriet).

4.42 Oppkapping

Kapp opp plastkanne i mindre biter. Dette gjøres lettest med en båndsag.

4.43 Vasking

Vask av spyleveskerester eller annet innhold, samtidig som du tar bort limrester fra etiketten.

La så platen tørke helt.

4.44 Smelting

Mål opp 0.8 kg plast (denne mengden er regnet ut til å passe støpeform 1)

Set ovnen på 170-180 °C.

Fyll så mange brett med så mye plast du kan, uten at det renner over. Her er det lurt med bakepapir mellom platen og formen, slik at platen ikke fester seg.

La dette ligge i ovnen i 20-40 min til det har begynt å smelte (platen går fra hvit til gjennomsiktig når den har smeltet).

Når platen har begynt å smelte og legge seg flat, kan du legge på mer av den 0.8 kg oppå den allerede smeltede platen.

Vent så nye 20-30 min på at den nye platen skal smelte før du så legger på mere plast, dette gjør du til du har totalt 0,8 kg plast i ovnen. Det er også lurt å klemme sammen den smeltede platen med noen tykke varmeresistente hansker for få ut luftbobler.

Når all platen er i ovnen er det viktig å ha all platen på samme brett, og ikke fordelt utover flere brett (dette er for at platen ikke skal ha noen skjøter eller svake punkter når du legger den i formen senere). La så platen ligge 20-40 nye minutter i ovnen for å få en klump med plast som er smeltet jevnt gjennom hele.

4.45 Støpning

Her er det nødvendig å være to personer.

Ta den varme platen ut av ovnen.

Bruk tykke varmeresistente hansker for å så strekke plastklumpen ut til en lengde og tykkelse som passer støpeformen (her er det viktig å være rask, slik at platen ikke blir kjølt ned og hard før dere får lagt den i formen).

Sett så på lokk og klemmer på formen.

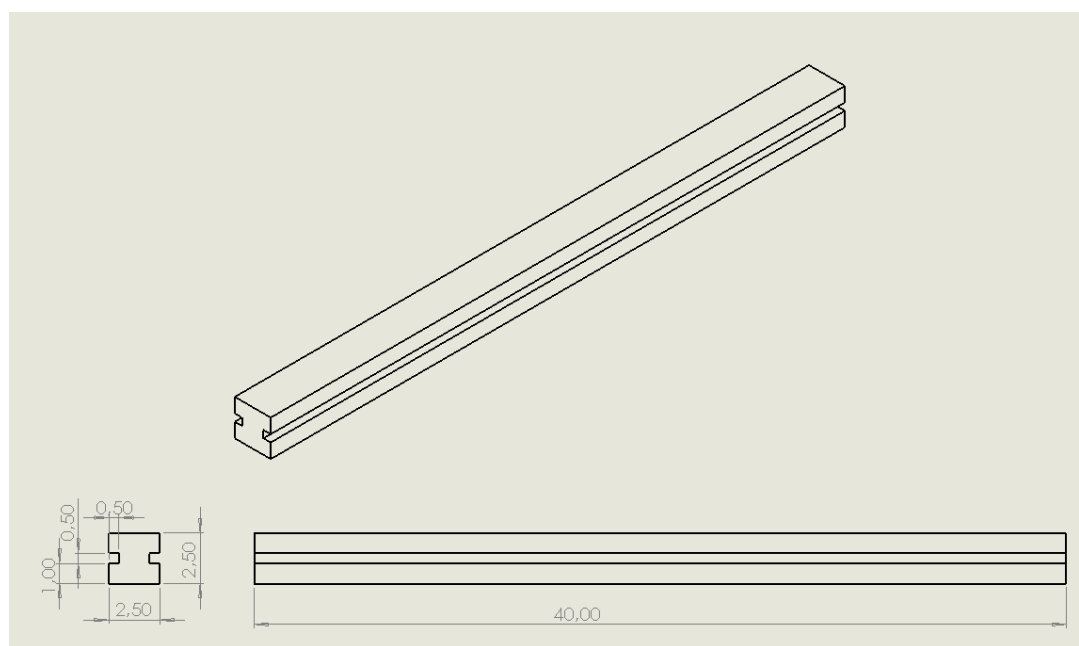
Den kan tas ut av formen etter ca. 1-2 timer.

4.46 Bearbeiding

Du skal nå sitte med totalt 41 bjelker.

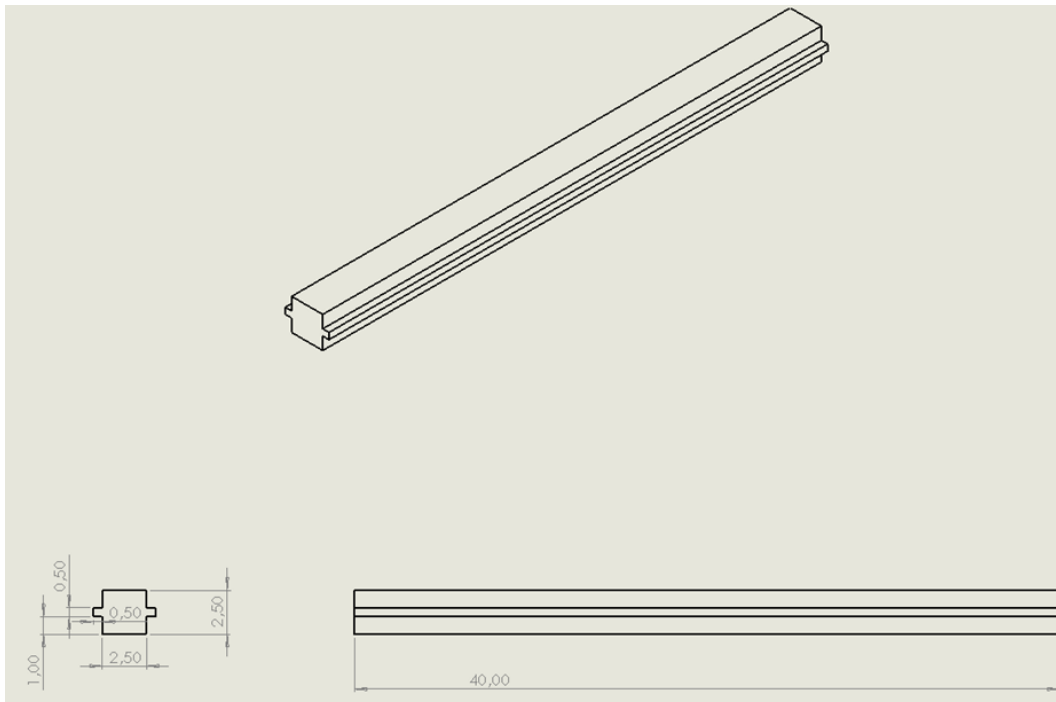
30 av disse skal brukes til bein og 11 til sete.

4.461 Bein:



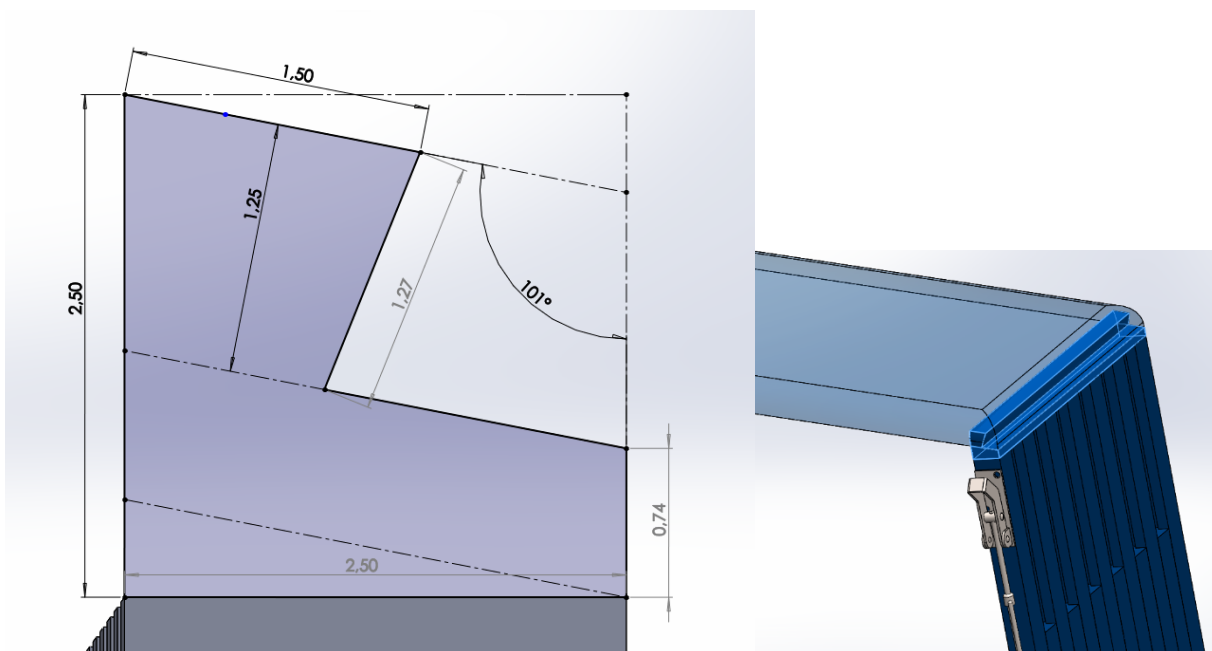
Figur 49 Bein 1

Du skal lage 14 stykker av beinet over med de gitte dimensjonene. Denne kan enkelt lages med en bordsag.



Figur 50 Bein 2

Du trenger 12 stykker av beinet over med de gitte dimensjonene. Denne kan også enkelt lages med en bordsag.

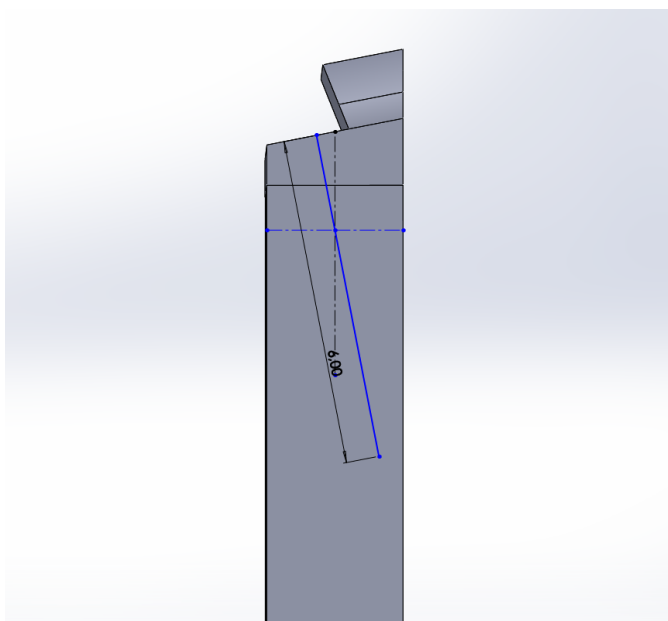


Figur 51 Bein 3

Kapp to bjelker med disse målene og en lengde på 32.5 cm. Denne kan også kappes med en bordsag.

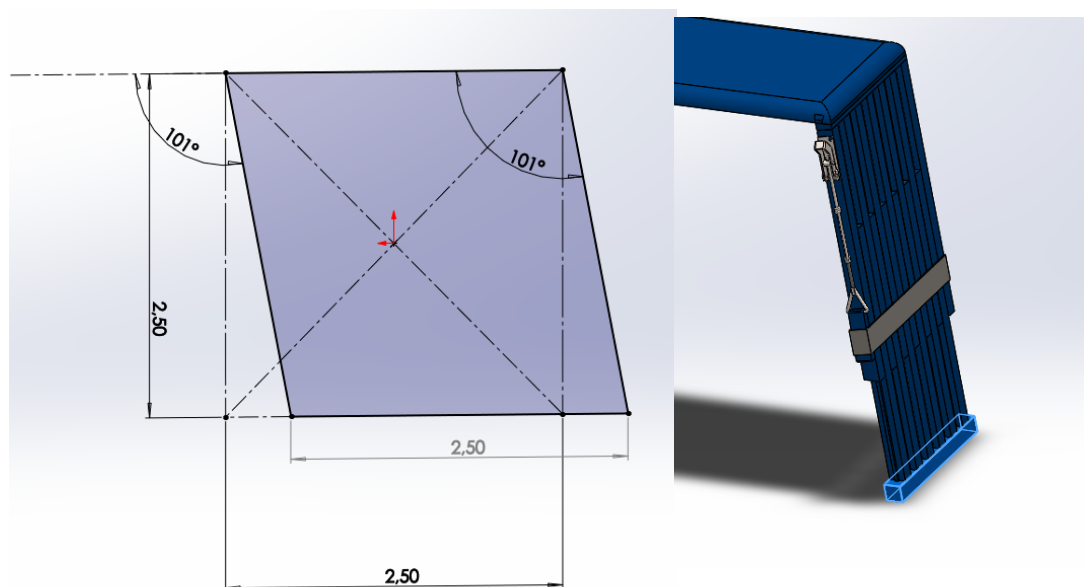
4.462 Feste beina til overgangen mellom sete og bein

Finn fram beina som har sporene innover. Skru disse fast i overgangen til sete som du lagde over. Her er det lurt å bruke beina med spor utover som guide for å ha riktig avstand mellom beina mens du skrur dem fast. Om skruen ikke er lengre enn 6 cm skal det gå fint å skru dem inn i sammen vinkel som overflaten du skrur dem inn fra.



Figur 52 Feste beina til overgangen mellom sete og bein

4.47 Bunn til løse bein



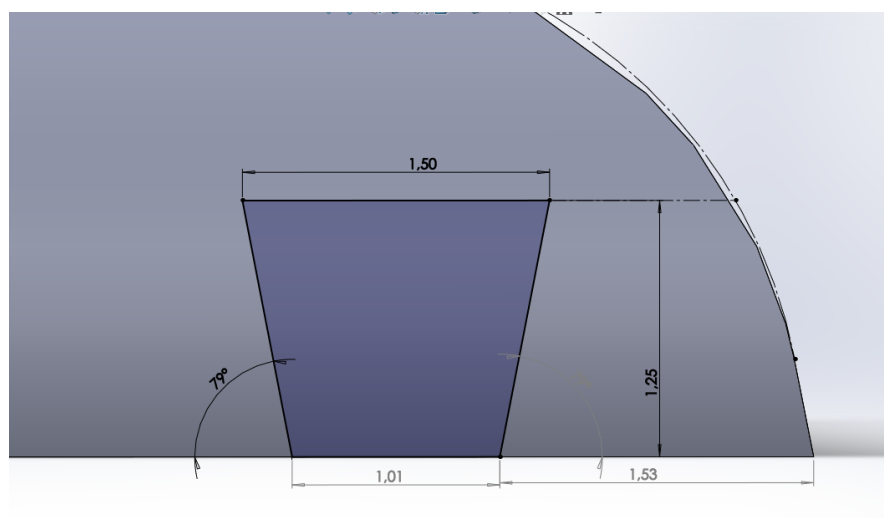
Figur 53 Bunn av løse bein

Kapp to bjelker etter målene på bilde over med en lengde på 32.5 cm. Disse kan du feste til beina i bunnen ved å sette inn en skrue fra bunnen og inn i beina.

4.471 Sete

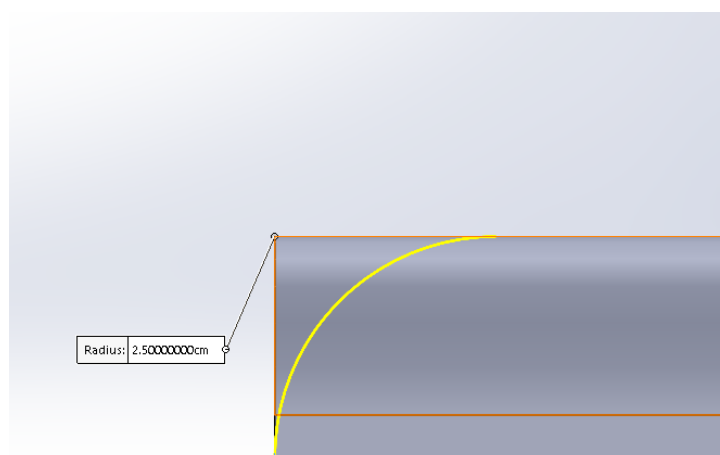
Kapp opp de støpte bjelkene med en bordsag til alle kantene er flate og rette (bjelken bør være over 2.5 x 2.5 x 40 cm) bruk så en varmpistol for å smelte motsigende overflate på bjelkene. Sette så de smeltede sidene mot hverandre og klem dem sammen til du har en større plate på 32.5 x 40 cm. Her anbefales det å bruke en planemaskin for å få tykkelsen på platen og sømmene ned til 2.5 cm (dette var noe vi ikke fikk testet ut).

Skjær så ut sporene for beina gjennom hele sete med disse dimensjonene med en bordsag:



Figur 54 Sete 1

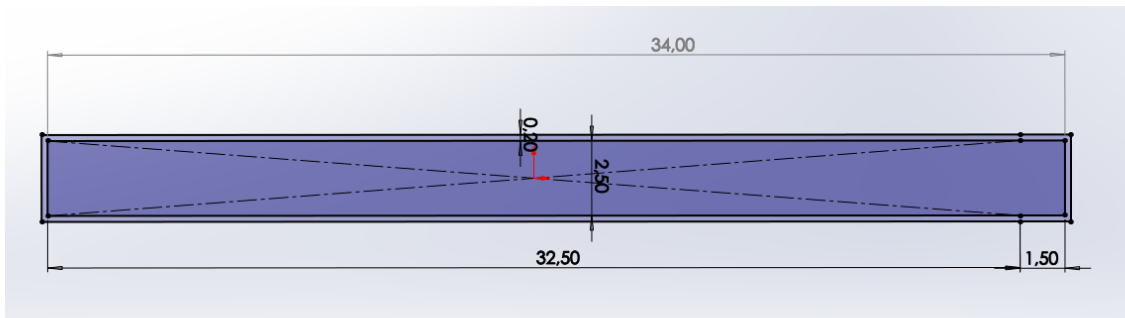
Rund så av alle kantene på oversiden til de har en radius på ca. 2.5 cm.



Figur 55 Sete 2

4.472 Metallramme

Finn så fram eller kapp til to metallplater på 80 cm x 4 cm.



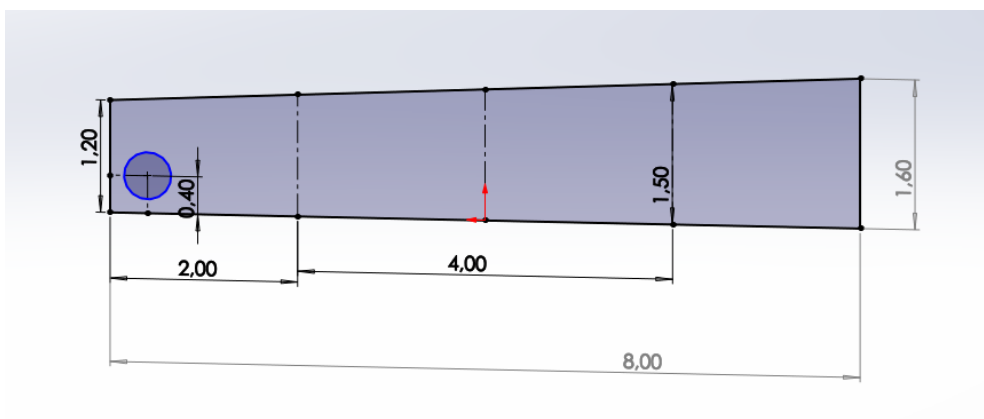
Figur 56 Metallramme

Bøy så metallplaten til målene ovenfor (80 x 2.5) med en kantmaskin. Det vil bli en overlapping på ca. 7 cm. Denne bør plasseres på innsiden av stolen.

For å feste endene sammen i overlappingen benytter du minst to nagler.

4.473 Kile

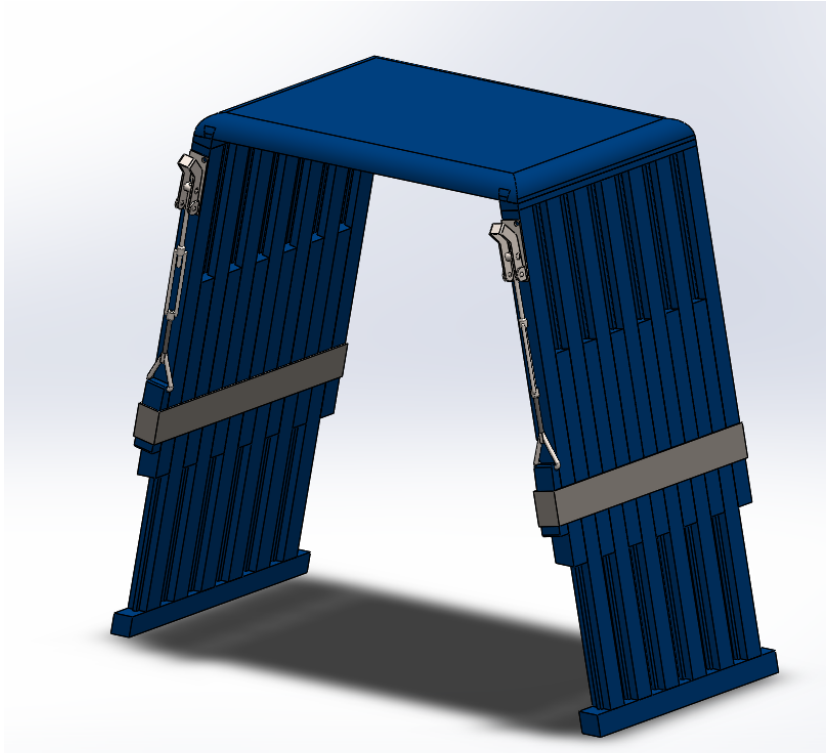
Det skal være kapp rester fra de tidligere delene du har laget. Av en av restene skal du lage to kiler med disse dimensjonene og hullene og dybde på 2.5 cm (det kan hende du må runde av kantene for å få plass til eksenterlåsen):



Figur 57 Kile

4.474 Montering

Nå skal alle delene være bearbeidet, da er det bare å sette de sammen til dette:



Figur 58 Hele krakken

5.0 Analyse:

Av noen uforutsigbare grunner produserte vi bare ett bein til den endelige prototypen. Dermed for testing av prototyper, legger vi mer vekt på å teste funksjonaliteten til produktet, ytelsen til materialet og gjennomførbarheten til låsemekanismer. Følgende vil være en tilbakemelding fra en tester med en vekt på 70 kg som vil utføre forskjellige tester på prototypen.

Krakken kan brukes for folk å sitte, og beinet på den ene siden av krakken kan ha minst 70 kg. Når testeren setter seg, opplever han ikke at den synker, og opplever heller ikke noe risting. Krakken gir ingen lyd når testeren setter seg eller forlater krakken. Når vi bruker låsemekanismer ved siden av krakken for å justere høyden på krakken, har stolen også samme stabilitet, derfor kan vi tenke at denne krakken er stabil og sikker. Krakken er laget av HDPE-plast. Dette er et ikke-giftig og luktfritt materiale, og vil ikke være skadelig for menneskekroppen. Brukstemperaturen til dette materialet kan være så høyt som 100 grader, og det har kaldt motstand. Dette materiale er uopløselig i ethvert organisk løsningsmiddel

ved romtemperatur, og er motstandsdyktig mot korrosjon av syrer, alkalier og forskjellige salter løsningsmiddel. Når vann eller væske helles på krakken, har krakken av plast også egenskapene til å ikke adsorbere vann, så det er enkelt å rydde opp.

Krakken har et spennende design. Fargen på krakken er en kombinasjon av rent hvitt og metallisk sølv. Det kan sies at krakkens utseende stemmer overens med estetikken til folk flest. Totale vekt til krakken er omtrent 11.3 kg, med tanke på at produktet vil bli brukt i skolelaboratoriet, noe som betyr at brukergruppen er en voksen, så det er lett for folk å flytte. Krakken kan justeres i høyden ved hjelp av låsemekanismer ved siden av. Dette er for å passe bedre til høyden til forskjellige brukere. Krakkenes høyde kan være så høy som 60-70 cm over bakken. Denne høyden områder er også mer egnet for bruk i skolelaboratoriet, fordi laboratoriet har et høyere bord enn vanlig bordet.

6.0 Diskusjon:

6.1 COVID-19

Da vi utførte bacheloroppgaven, møtte vi noen uforutsigbare hendelser, noe som førte til at bacheloroppgaven vår ikke kunne gjennomføres i henhold til planen. Da vi begynte på bacheloroppgaven lagde vi en fremtidsplan slik at bacheloroppgaven vår kunne ha en rimelig ordning for å sikre oss at den ble fullført før leveringstiden. Da vi begynte på bacheloroppgaven lagde vi en framtidplan, denne skulle gi oss struktur på hva vi måtte gjøre når for å kunne opprettholde innleveringsfristen. Vi hadde også utarbeidet en risikoreport for å se på grunner til at vi ikke skulle klare å fullføre bacheloroppgaven. Men det utenkelige skjedde selvfølgelig mars 2020. Koronaviruset, også kalt COVID-19 begynte å spre seg raskt. For å forhindre spredningen av viruset besluttet den norske regjeringen seg for å stenge alle skolene fra 12. mars. Dette førte til at alle elever og skoleansatte måtte jobbe hjemmefra.

Dette førte igjen til at vi mistet tilgang på skolen og laboratoriet. Noe som stoppet alt det praktiske arbeidet vårt i en liten periode. Vi prøvde å tilpasse arbeidet så mye som mulig til å jobbe hjemmefra, men det var selvfølgelig ikke den samme produktiviteten med tanke på manglede verktøy og maskiner som ville gjort mye av arbeide langt mer effektivt. Vi fikk heldigvis tak i en liten hybelovn gjennom Tor Erik for å fortsette å smelte og støpe plast hjemmefra. Men dette krevde SJA (sikker jobb analyse, se vedlegg). Dette gjorde det mulig for oss å finjustere smelting og støpningen av plastbjelkene, samtidig utvikle en halvside av krakken for å teste friksjon.

6.2 Måloppnåelse

Arbeidsbenkene har forskjellige høyder på forskjellige steder i laboratoriet. For å gjøre det mer egnet for de forskjellige arbeidsbenkene i de forskjellige høydene, kan krakkene justeres til forskjellige høyder. Samtidig er beina til krakkene i en viss vinkel, slik at de kan stables oppå hverandre under lagring. Dette gjør at plassen i laboratoriet kan utnyttes bedre.

Produksjonsmaterialet for det meste laget av plasten HDPE, som er resirkulert fra lokale bensinstasjoner. Når krakken er skadet eller endt levetid, kan vi bruke den gamle krakken og samme produksjonsmetode for å lage en ny krakk. Dette gir materialene i krakken en evig syklus. Det at de gamle materialene bare kan brukes til en ny krakk, fører til mindre press på miljøet og minimalt med avfall. Enkelte designtrekk i krakken viser også tilhørighet. Men når det kommer til farge, var planen ha krakken i NTNU blå. Dette ved å enten male den, eller tilsette fargestoffer til plasten. Vi fikk dessverre ikke muligheten til å prøve ut disse mulighetene. Vi fryktet også at vi ikke kunne konkludere om krakken ville tåle målet med vekt på 130 kg, men vi fikk heldigvis tilgang på laboratoriet i siste liten til å utvikle en prototype for å teste dette (se nærmere på punkt 6.31). Her fikk vi konkludert at krakken ville tåle 130 kg.

6.3 Kritikk av resultater

6.31 Friksjon

Vi fikk mot slutten av oppgaven tilgang på campus igjen. Vi valgte derfor å ta muligheten til å lage ett sett av beina i plasten vi hadde støpt, dette var for å teste friksjonsløsningen i plast. Vi

testet den ved å lene all vekten på beina, som var ca. 70 kg i dette tilfelle (se Figur 59). Friksjonen mellom beina var høy nok til å holde vekten oppe, men friksjonen var høyere enn det vi ønsket. Med dette mener vi at det ble litt for vanskelig å skyve beina opp og ned. Vi tror dette kan løses ved å pusse innsidene på beina ned. Dette var dessverre noe vi ikke hadde tid til å teste ut.



Figur 59 Friksjon testing

6.32 Sete

Vi fikk testet det å sveise sammen 2 bjelker. Men vi testet aldri om dette ville fungere med flere bjelker, eller bearbeidingen sete krever etter sammensveisingen. Vi hadde planer om å bruke en planemaskin for å gjøre overflatene på sete flate og regner med at dette skal fungere, men dette er noe vi aldri fikk testet ut i praksis.

6.33 Kryp

Det var enkelte steder vi valgte å benytte skruer for å feste plastdelene til hverandre. Plast er derimot et mykt materiale og kan bli påvirket av krypting. «Kryp, tidsavhengig deformasjon i et materiale på grunn av ytre belastning.» (*Store norske leksikon. 2009*). Ettersom at det er konstant belastning mellom plasten og skruene, vil plasten mest sannsynlig bli deformert over

tid. Dette kan føre til at skruene blir løse, eller løsne helt over tid. Her burde vi heller ha utviklet noen overganger som ikke krever skruer.

6.4 Videre arbeid

Gjennom utviklingen av krakken kom vi stadig opp med nye ideer som kunne legges til, men vi hadde ikke alltid muligheten til å se videre på disse grunnet tidspress og COVID-19. Vi har prøvd å velge ut de beste løsningene til produktet ved å utføre praktiske tester og ikke bare teoretisk analyse, men dette var ikke alltid mulig. For eksempel når vi lagde overgangen mellom sete og beina, hadde vi ikke muligheten til å utføre en praktisk test, som betyr at vi ikke vet om alle ideene/teoriene våre er gjennomførbare i praksis. Overgangen mellom sete og beina er også en kritisk del når det kommer til bæreevnen til krakken og det er synd vi aldri fikk testen denne ut i praksis.

Vi nevnte bruk av skruer og kryp i 6.33. Her trenger vi å utarbeide en bedre overgang mellom leddene istedenfor skruer. Her burde hvert ledd istedenfor festet med spor inn og ut (lignende vi har gjort mellom sete og overgangen mellom sete og bein). Men grunnet stengt laboratorium og dårlig tid fikk vi ikke utviklet noen gode løsninger til dette.

Vi mener at vi har klart å utvikle et godt og gjennomtenkt produkt. Men på grunn av mangel på testing av ideer har produktet fortsatt ett stort forbedringspotensial. Vi håper at vi en dag kan lage et komplett produkt, og til slutt redusere presset på miljøet.

7.0 Referanser

Wikipedia. (2005). *High-density polyethylene*. Tilgjengelig fra:

https://en.wikipedia.org/wiki/High-density_polyethylene (Hentet: 15. april, 2020)

Simon Aldra. (2014). *Tur/retur Melhus-Verdal krever 5 liter spylevæske*. Tilgjengelig fra:

<https://www.t-a.no/nyheter/article10415644.ece> (Hentet: 17. april, 2020)

SSB. (2020). *FAKTA OM Bil og transport*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/faktaside/bil-og-transport> (Hentet: 20. april, 2020)

Wikipedia. (2004). *Revisjonshistorikk for «Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet»*. Tilgjengelig fra: https://no.wikipedia.org/wiki/Norges_teknisk-naturvitenskapelige_universitet (Hentet: 20. april, 2020)

NTNU. (U.Å). *Overordnet mål*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/ntnus-strategi/overordnet-mal> (Hentet: 06. mai, 2020)

NTNU. (U.Å). *Miljø og samfunnsansvar ved NTNU*. Tilgjengelig fra:

<https://www.ntnu.no/miljo> (Hentet: 19. april, 2020)

NTNU Alumni. (U.Å). *Grafisk profil*. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/alumni/grafisk-profil> (Hentet: 10. mai, 2020)

Einar Bøhmer. (2009). *Fiberplate*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/fiberplate> (Hentet: 30. april, 2020)

Sverre Tronstad. (2009). *Kryssfinér*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kryssfinér> (Hentet: 03. Mai, 2020)



Store norske leksikon. (2009). *Kryp – konstruksjonsteknikk*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kryp - konstruksjonsteknikk> (Hentet: 20. april, 2020)

Rooms and Rest. (U.Å). *Office Chair Buying Guide: Find the Perfect Office Chair for You*. Tilgjengelig fra: <https://www.roomsandrest.com/p/office-chair-ergonomics-guide#> (Hentet: 20. april, 2020)

Corneliussen, R. G. (2015) *Tilvirkingsteknikk*. 6. utgave. Oslo: Laboremus prepress as.

Vedlegg



Sikker jobb-analyse

 NTNU HMS	Sikker jobb-analyse (SJA) - generell	utarbeidet av	Nummer	Dato	
		HMS-avd.	HMSRV2606	29.03.11	
		Godkjent av	side	Erstatter	
		Rektor	1 av 4		

SJA tittel: Bruk av ovn for smelting/ resirkulering av plast	
Dato:2673-2020	Sted:
Kryss av for utfylt sjekkliste: <input checked="" type="checkbox"/>	Gjøvik

Deltakere:		
Tor Erik Nicolaisen	Kagni Meng	
Thomas Fjellestrand		
SJA-ansvarlig: TE Nicolaisen		

<p>Arbeidsbeskrivelse: (Hva og hvordan?)</p> <p>Det brukes en vanlig stekeovn (Liten bordmodell) Temp område 0- 230 grader celcius. Oppklippet PE plast legges i metallskål som settes inn i ovnen på ca 150 grader. Tid varierer med batch størrelse (totalt 2 til 4 timer i oven).</p> <p>Etter endt oppvarmingssyklus tas metallformen ut av ovnen med hansker, plastmassen helles ned i en form som trykkesett lett ved hjelp av en vanlig skruetvinge.</p> <p>Etter at plastmassen er størknet og kjølt ned (ca. 2-4 timer etter støpning), støtes den støpte delen ut av formen. Dette ved hjelp av ovennevnte skruetvinge.</p> <p>Prosedyren er utviklet i S-labben på campus Gjøvik under kontrollerte forhold,</p> <p>På grunn av at studenter ikke har adgang til Campus utfører studentene dette arbeidet på en balkong der de bor. I denne forbindelse bemerkes følgende.</p> <p>Arbeidet skal ikke utføres hvis det er fare for at regn kan nå arbeidsområdet.</p> <p>Arbeidet skal utføres ute og ikke inne i oppholdsrom.</p> <p>Det må brukes verneutstyr i form av Visir, lange hansker og smedforkle.</p> <p>Det skal alltid være minst 2 til stede under arbeidet</p> <p>Disse skal ha definerte roller.</p> <p>Arbeidsgangen skal gjennomgås ved enkel simulering (tørrtrening) først.</p>
<p>Risiko forbundet med arbeidet:</p> <p>Eksponering for gasser fra smeltende PE plast.</p> <p>Brannskader fra håndtering av smeltet plastmateriale</p>
<p>Beskyttelse/sikring: (tiltaksplan, se neste side)</p> <p>Hansker</p> <p>Beskyttelses visir</p>

NTNU	Sikker jobb-analyse (SJA) - generell	utarbeidet av	Nummer	Dato	
		HMS-avd.	HMSRV2606	29.03.11	
HMS		Godkjent av	side	Erstatter	
		Rektor	2 av 4		

Konklusjon/kommentar:

Arbeidet bør foregå utendørs eller i godt ventilert rom.

Følgende sikkerhets utstyr skal brukes




Lange hansker som tåler varme

Smedforkle etc.

Visir



Forma som plastmassen helles ned i skal stå stødig og det skal være god bevegelighet rundt forma

Hvis overflatetemperaturen på ovnen er høy skal ovnen overvåkes til overflatetemperaturen er lav nok. (Dette er normalt ikke noe problem med denne ovnstypen.)

 NTNU  HMS	Sikker jobb-analyse (SJA) - generell	utarbeidet av	Nummer	Dato	
		HMS-avd.	HMSRV2606	29.03.11	
		Godkjent av	side	Erstatter	
		Rektor	3 av 4		

Anbefaling/godkjenning:	Dato/Signatur:	Anbefaling/godkjenning:	Dato/Signatur:
SJA-ansvarlig:	2/4 -2020	Områdeansvarlig:	TE Nicolaisen
Ansvarlig for utføring:	Thomas Fjellestad	Annen (stilling):	

HMS aspekt	Ja	Nei	Ikke aktuelt	Kommentar / tiltak	Ansv.
Dokumentasjon, erfaring, kompetanse					
Kjent arbeidsoperasjon?	x			Prosedyre etablert av studentene	
Kjennskap til erfaringer/uønskede hendelser fra tilsvarende operasjoner?		x			
Nødvendig personell?			x		
Kommunikasjon og koordinering					
Mulig konflikt med andre operasjoner?			x		
Håndtering av en evt. hendelse (alarm, evakuering)?			x		
Behov for ekstra vakt?	x			Minst 2 under arbeidet. Vokte ovnen hvis den har høy overflatetemperatur	
Arbeidsstedet					
Uvante arbeidsstillinger?		x			
Arbeid i tanker, kummer el.lignende?		x			
Arbeid i grøfter eller sjakter?		x			
Rent og ryddig?	x				
Verneutstyr ut over det personlige?		x			
Vær, vind, sikt, belysning, ventilasjon?	x			Arbeidet skal foregå ute på balkong	
Bruk av stillaser/lift/seler/stropper?		x			
Arbeid i høyden?		x			
Ioniserende stråling?		x			
Rømningsveier OK?	x				
Kjemiske farer					
Bruk av helseskadelige/giftige/etsende kjemikalier?		x			
Bruk av brannfarlige eller eksplosjonsfarlige kjemikalier?		x			
Må kjemikaliene godkjennes?		x			
Biologisk materiale?		x			
Støv/asbest?		x			
Mekaniske farer					
Stabilitet/styrke/spenning?		x			
Klem/kutt/slag?		x			
Støy/trykk/temperatur?					
Behandling av avfall?		x			
Behov for spesialverktøy?		x			
Elektriske farer					
Strøm/spenning/over 1000V?		x			
Støt/krypstrøm?		x			
Tap av strømtilførsel?		x			

NTNU	Sikker jobb-analyse (SJA) - generell	utarbeidet av	Nummer	Dato	
		HMS-avd.	HMSRV2606	29.03.11	
HMS		Godkjent av	side	Erstatter	
		Rektor	4 av 4		

Området				
Behov for befarings?		x		
Merking/skilting/avsperring?		x		
Miljømessige konsekvenser?		x		
Sentrale fysiske sikkerhetssystemer				
Arbeid på sikkerhetssystemer?		x		
Frakobling av sikkerhetssystemer?		x		
Annet				

