

Bacheloroppgave Gruppe 2

**Utvikling av Utstøte-mekanisme**

***Development of Ejection-mechanism***

Ivan Gushkov, Jan Erik Schopmeier, Henrik Meyer Solhaug

21. april 2020

her må vi vel ha det standarddokumentet Fredrik hadde med

# Forord

Dette er en bacheloroppgave som omhandler utvikling og konstruering av en forbedret utstøtemekanisme

takke: Detlef Evangelus? Olav? Monika? Melvin Per Øystein Fredrik Thevik Øyvind Haave (hydraulikk ekspert)

markedet kan være alle som har den type maskin

COVID-19 suger pikk fordi:

- Vi får ikke bra kommunikasjon med eksperter på universitetet
- Hadde en periode på nærmest 1 mnd hvor vi ikke møtast

# Sammendrag

# Abstract

# Ord, uttrykk og forkortelser

- UP: Utstøteplaten, hvor kraften påføres
- FIUP: den formintegrerte utstøteplaten
- VRC: vacuum riserless casting
- PRC: pressure riserless casting
- Toppform: øvre del av en støpeform
- Bunnform: nedre del av en støpeform
- Utstøpemekanisme: delen av støpemaskinen som dytter støpegodset ut av støpeformen
- Flaskehals: noe som hindrer full gjennomstrømning eller full virksomhet
- Pga: på grunn av
- Blå plate: den konstruksjonsbærende platen hvor toppformform og hele utstøtemekanismen er festet til
- Coating: Belegg i støpeform som beskytte formen og hjelpe til at støpegodset løsne fra formen
- KO-hydraulikk: (Knock Out) den delen av hydraulikksystemet som utfører utstøting
- vha.: ved hjelp av
- dødtid: tiden det tar fra en endring i pådraget skjer, til den kan registreres

# Innhold

<b>Forord</b>	<b>ii</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract</b>	<b>iv</b>
<b>Ord, uttrykk og forkortelser</b>	<b>v</b>
<b>I Innledning</b>	<b>1</b>
<b>1 Beskrivelse av Oppgaven</b>	<b>2</b>
1.1 Oppgavetekst . . . . .	2
1.2 Bakgrunn for oppgaven . . . . .	3
1.3 Bedriften . . . . .	3
1.4 Støpemaskin og Prosess . . . . .	4
1.5 Læringsmål . . . . .	6
1.6 Prosjektets begrensninger . . . . .	6
<b>2 Om oss</b>	<b>8</b>
<b>3 Rapportens Disposisjon</b>	<b>9</b>
<b>II Teori og Metoder</b>	<b>10</b>
<b>1 Produktutvikling</b>	<b>11</b>
1.1 PU-Journal . . . . .	12
1.2 PU-metoder . . . . .	12
1.2.1 Brainstorming . . . . .	12

1.2.2	Morfologiske tabeller . . . . .	12
1.2.3	Evalueringsmetoder . . . . .	12
1.3	Inspeksjon av maskin . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>14</b>
2.1	Newtons tredje lov . . . . .	14
2.2	Hydrostatikk og hydraulikk . . . . .	14
2.3	Materialteknikk . . . . .	14
2.4	Spenning og materialpåkjenning . . . . .	14
2.5	Bjelkemekanikk . . . . .	14
2.6	Utmatting . . . . .	14
2.7	Styring . . . . .	15
2.8	Elementanalyse . . . . .	15
2.9	Evalueringsteknikker . . . . .	15
<b>III</b>	<b>Beskrivelse av system og problem</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>Støpemaskinens komponenter og deres funksjoner</b>	<b>17</b>
1.1	Beskrivelse av maskinen . . . . .	17
1.2	Hydraulikk anlegget . . . . .	18
<b>2</b>	<b>Tekniske begrensninger</b>	<b>19</b>
2.1	Begrensninger i arbeidsrommet . . . . .	19
<b>3</b>	<b>Støpeprosessen</b>	<b>21</b>
3.1	Støpesyklus . . . . .	21
3.2	Ideell utstøte-prosess . . . . .	21
3.3	Feil utstøte-prosess . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Analyse av Problem</b>	<b>24</b>
4.1	Lastanalyse . . . . .	24
4.1.1	Antagelser og forenklinger i lastanalysen . . . . .	24
4.2	Maskinens egenstyrke . . . . .	24
4.3	Resultater . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Analyse av problem</b>	<b>25</b>



<b>6</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>26</b>
6.1	Funksjonsdiagram . . . . .	26
6.2	Produktkravsspesifikasjoner . . . . .	26
<b>IV</b>	<b>Utvikling</b>	<b>28</b>
<b>1</b>	<b>Utstøtemekanismen</b>	<b>29</b>
1.1	Teknologianalyse . . . . .	29
1.2	Form . . . . .	31
1.3	Sammenlikning med eksisterende løsninger . . . . .	31
1.4	Struktur og utforming . . . . .	31
1.5	Stabilitet . . . . .	31
1.6	Bakgrunn for valg av dimensjoner . . . . .	31
1.7	Materialvalg . . . . .	31
1.8	Morfologisk tabell for konseptidé . . . . .	31
1.9	Evaluering og valg av konsept . . . . .	31
1.10	Produksjonsmetode . . . . .	31
1.11	Endelig spesifisering . . . . .	31
<b>2</b>	<b>Sikkerhetsvurdering</b>	<b>32</b>
2.1	Standarder . . . . .	32
2.2	Erfaring . . . . .	32
2.3	Faremomenter, konsekvenser og hyppighet . . . . .	32
2.4	Hva bør gjøres? . . . . .	32
<b>V</b>	<b>Dimensjonering</b>	<b>33</b>
<b>1</b>	<b>Beregninger</b>	<b>34</b>
<b>2</b>	<b>Modellering og simulering</b>	<b>35</b>
2.1	Beskrivelse . . . . .	35
2.2	Resultater . . . . .	35
2.3	Analyse . . . . .	35
2.4	Konklusjon . . . . .	35

<b>3</b>	<b>Sjekke om maskinen tåler endringene</b>	<b>36</b>
<b>VI</b>	<b>Diskusjon, konklusjon og videre arbeid</b>	<b>37</b>
<b>1</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>38</b>
1.1	Endelig løsning og spesifikasjoner . . . . .	38
1.2	Dimensjonering . . . . .	38
1.3	Simulering av mekanisme . . . . .	38
1.4	Sammenlikning av spenning fra håndberegning og simulering . . . . .	38
1.5	Metodikk . . . . .	38
1.6	Læringsmål . . . . .	38
<b>2</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>39</b>
2.1	Mekanisme . . . . .	39
2.2	Andre evt. deler . . . . .	39
2.3	Oppsummert . . . . .	39
<b>3</b>	<b>Videre arbeid</b>	<b>40</b>
<b>VII</b>	<b>Vedlegg og Kilder</b>	<b>41</b>
<b>1</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>42</b>
1.1	Produktutvikling . . . . .	42

# Figurer

1.1	Maskinens ytre dimensjoner. . . . .	5
1.2	Maskinens koordinatsystem . . . . .	5
1.1	Produktutviklingsmodellen som gruppen følger . . . . .	11
2.1	Maskintegning - Arbeidsrom og dimensjoner på relevante komponenter	20
3.1	Ved en riktig utstøtte-prosess er FIUP parallell med formen. . . . .	22
3.2	Skjermdump fra video av feil/skjev utstøtning . . . . .	23
6.1	Funksjonsdiagram . . . . .	26
1.2	Lineær guide skinne (Yichengmachinery 2020) . . . . .	30
1.1	Produktutviklingsmodellen til French (1999) og modellen brukt av gruppen . . . . .	42

# Tabeller

3.1	Rapportens Disposisjon . . . . .	9
-----	----------------------------------	---

# Del I

## Innledning

# 1. Beskrivelse av Oppgaven

Oppgaven fra oppdragsgiver går ut på å utvikle en ny, eller forbedret funksjonsmodell av en utstøtemekanisme som passer til støpemaskinene de har.

Under utstøting kan støpegodset kile seg fast i støpeformen. Det fører til vrak av godset og kan skade støpeformen. Årsaken til kiling oppstår i formen som er utenfor vårt arbeidsområde. Vi ser på måter utstøtemekanismen kan kompensere for slike situasjoner.

Den nye mekanismen skal være økonomisk forsvarlig passe til det eksisterende systemet rundt og ønskes å være reversibel. Samtidig skal den yte samme kraft som tidligere og sørge for en jevn translasjon, som sikrer rett utstøting av støpegodset. Mer detaljerte tekniske spesifikasjoner er under 6.2.

## 1.1 Oppgavetekst

Aludyne Farsund produserer aluminiums-støp ved hjelp av 11 støpemaskiner. Etter størkning støtes støpet ut av formen ved hjelp av utstøtemekanismen. Aludyne påstår at dagens løsning gir fra seg en ujevn kraftfordeling, som kan resultere i problemer under utstøting. Vi har fått i oppgave å utvikle og/eller bidra til utviklingen av en ny generasjons mekanisme, som sikrer en rett utstøting. Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Aludyne Farsund og omfatter følgende punkter:

1. Kort analyse og beskrivelse av produkt, teknologi og behov.
2. Utvikling av nødvendige spesifikasjoner som grunnlag for arbeidet.
3. Utvikling, evaluering, og presentasjon av alternative konsepter.
4. Valg, videre detaljering og raffinering av de mest lovende konseptene.
5. Utvikling av struktur, utforming, og dokumentasjon av utvalgte komponenter.

6. Evaluering og presentasjon av resultatene.

7. Evaluering av valgt metodikk og resultatene i forhold til læringsmålene.

Oppgaven skal aktiv ta i bruk PU - journal. Senest 3 uker etter oppgavestart skal et A3 ark som illustrerer arbeidet leveres til faglærer. Arket skal også oppdateres en uke før innlevering av bacheloroppgaven. Arbeidet skal risikovurderes. Risikovurdering er en løpende dokumentasjon og skal gjøres før oppstart av enhver aktivitet som kan være forbundet med risiko. Besvarelsen skal ha med signert oppgavetekst, et sammendrag på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse, etc. Ved utarbeidelse av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Ved bedømmelse legges det stor vekt på at resultater er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

## **1.2 Bakgrunn for oppgaven**

Støpemaskiner ble kjøpt inn for et lite komplekst produkt. I løpet av årene har bedriften utviklet seg og bygget ekspertise. Formene og produktene har utviklet seg til verdensklasse, men noen deler av maskinen har ikke forandret seg så mye. Utstøtemekanismen, som skal fjerne støpegodset fra toppformen er en eldre konstruksjon. Det har blitt oppdaget at utstøtemekanismen i noen tilfeller ikke klare å støte ut støpegodset. Bedriften har undersøkt feilkilden og funnet ut hvor nøyaktig utstøtemekanismen må være for å unngå komplikasjoner. Fordi dette ikke var flaskehalsen på produksjonen har de ikke gjort noe videre med det selv.

## **1.3 Bedriften**

Aludyne Norway startet i 1996 som en underselskap av Alcoa, og har byttet navn flere ganger siden. De produserer solid og lett aluminiumsstøpegods til bruk i bilindustrien med lavtrykksstøpeteknologien VRC/PRC. Produktene leveres til kunder som Jaguar Land Rover, Daimler, BMW, Porsche, Ferrari og Bentley. Produktene de lager er av høy kvalitet og nøyaktighet. På grunn av små marginer, er det viktig at alle kritiske produksjonsprosesser foregår med høy nøyaktighet. Aludyne har representert Norge og vært konkurransedyktig på verdensmarkedet i flere tiår. Pro-

duksjonsprosessen deres er i stor grad automatisert og høyteknologisk.

## 1.4 Støpemaskin og Prosess

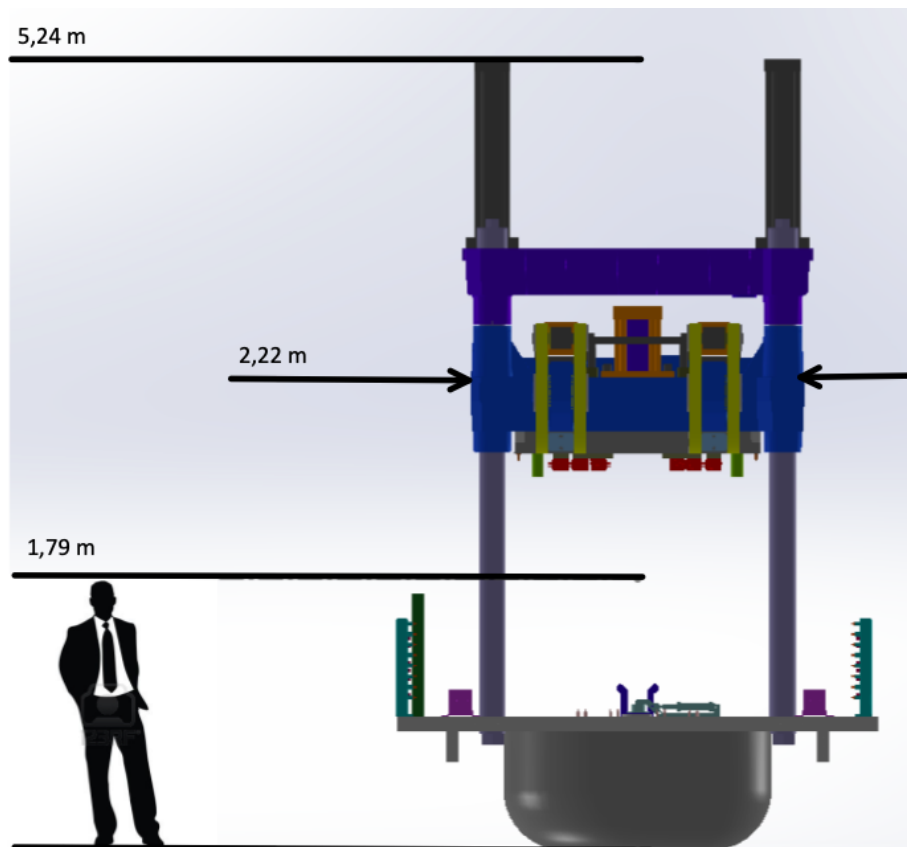
Støpemaskinen er en modifisert versjon av den Aludyne brukte ved oppstart av bedriften. Den har dimensjoner som vist på figur 1.1. Koordinatsystemet som vi skal referere til for resten av rapporten defineres som vist på figur 1.2

Formen fylles med aluminiumssmelte ved hjelp av vakuum-teknologi. Smelten suges opp fra digelen, og inni formen. Etter at støpegodset har størknet, initiere maskinen utstøtesyklusen. For å løsne godset fra bunnform bruker de hydrauliske sylindrene som brukes for å løfte formen. Siden delen sitter fast i toppformen vil den komme lett ut av bunnformen. Så vil en utstøtesystem dytte godset ut, samtidig som en robotarm tar det imot, og støpesyklusen er fullført.

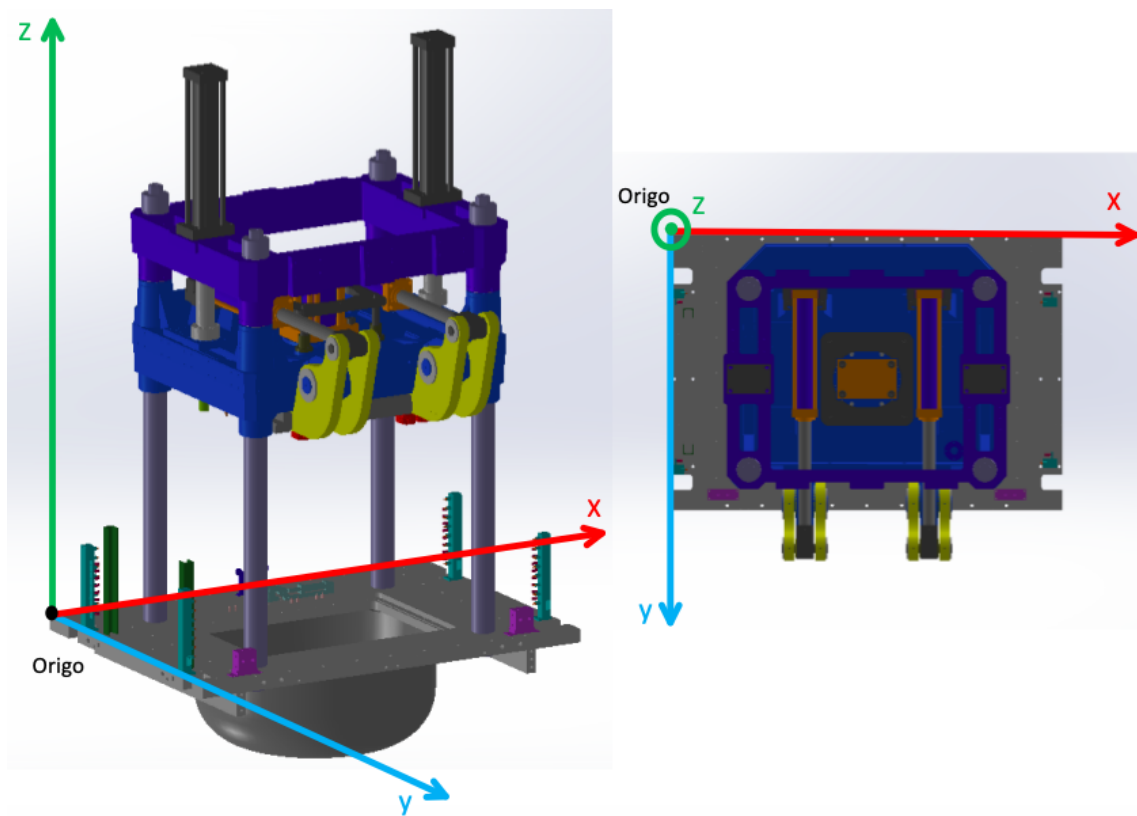
Hver støpesyklus tar rundt tre minutter, og produksjonen kjøres kontinuerlig fra mandag til fredag. Helgene er reservert til vedlikehold av maskin og støpeform.

Aludyne selger flere produkter, og hvert produkt har egen støpeform. Store produkter som (bilde og ref) tar en form for seg selv, mens mindre produkter som (bilde og ref) kan det bli støpte samtidig opp til 4 av i en form. En mer teknisk detaljert beskrivelse av maskinen kommer i Del III: Beskrivelse av system.





Figur 1.1: Maskinens ytre dimensjoner.



Figur 1.2: Maskinens koordinatsystem

## 1.5 Læringsmål

Gruppens ønske med bachelorprosjektet er å generere praktiske kunnskaper innenfor ingeniørryrket. Konstruksjonsteknikk retningen har fokus på produktutvikling, og gruppen vil sette de teoretiske ferdighetene sine til et praktisk formål. Derfor har gruppemedlemene utarbeidet en liste med læringsmål som det skal settes fokus på under bachelorprosjektet:

- Kjøre en realistisk behovsbasert produktutviklingsprosess i samarbeid med en bedrift
- Lære om forskjellige teknologiske løsninger som brukes i industrien
- Utvikle praktiske DAK og simuleringsferdigheter
- Sette seg i en realistisk bedriftskultur og knytte kontakter i industrien
- Utvikle rapportskrivingsferdigheter
- Få prosjekterfaring

## 1.6 Prosjektets begrensninger

Det er en rekke med praktiske begrensninger som gruppen må ha i bakhodet mens vi jobber med bachelorprosjektet. Begrensningene deles i to kategorier, mangel på data og den teoretiske naturen av oppgaven.

### Manglende problemdata

Det eksisterer lite dokumentasjon om utstøttefeilen. Vi vet at vrakstøp prosenten ligger på 2 – 5%. Utstøttefeilen er inkludert i vrakstøpet, men Aludynes drift og vedlikehold logg skiller ikke mellom utstøttefeil og andre type dimensjonsfeil. Informasjonen vi har er begrenset til målinger av avvik fra en spesifikk gang problemet oppstod og video av utstøttefeilen.

### Teoretisk oppgave

Vårt bachelorprosjekt er en teoretisk oppgave. Vi skal ikke gjennomføre praktiske tester av løsningen vi kommer opp med. Eventuell installering og endelig implemen-

tering av løsninger er utenfor prosjektets tid-og resursrammer. Testing og vurdering av løsninger vil derfor bli begrenset til utregninger og DAK-simulering.

## 2. Om oss

**Henrik Meyer Solhaug**

**Jan Erik Schopmeier**

Han er interessert i det tekniske i biler og skurrer på sin egen veteranbil. Faglig liker han komplekse logiske problemer, og har tenkt å gå videre på master i kybernetikk.

Han er kommunikasjons- og nettsideansvarlig, men bidrar på samme linje som den andre gruppemedlemmene ellers.

**Ivan Gushkov**

### 3. Rapportens Disposisjon

Rapporten er strategisk bygd opp for å lede leseren gjennom prosjektarbeidet. Det skal være mulig for en som ikke har jobbet med prosjektet å se grunnlaget for alle valg og beslutninger som gruppen tar. Derfor har gruppen delt rapporten i flere deler, kapitler og underkapitler. Rapportens deler og deres innhold er som følger:

Del	Innhold
<b>I - Innledning</b>	Innledende del som gir bakgrunn og motivasjon for prosjektet og rapporten.
<b>II - Teori og Metoder -</b>	Beskrivelse av metodene som gruppen har brukt underveis i prosjektet for løse problemstillingen, og syntese av all tekniske teorien leseren trenger for å forstå rapporten og kunne følge med på argumentasjonen.
<b>III - Beskrivelse av system</b>	Beskrivelse og analyse av systemet og problemet. Dette gir bakgrunn for produktutviklingsprosessen.
<b>IV - Utvikling</b>	Produktutviklingsdelen, hvor en løsning utvikles på bakgrunn av krav og funksjoner som er utarbeidet sammen med bedriften.
<b>V - Dimensjonering</b>	Valg og dimensjonering av løsningens komponenter.
<b>VI - Diskusjon, konklusjon og videre arbeid</b>	Delen hvor gruppen konkluderer produktutviklingsprosessen og reflekterer over prosessen. Gruppen og veileder via OneDrive og Overleaf
<b>VII - Vedlegg og Kilder</b>	Vedlegg til, og kilder brukte i prosjektet

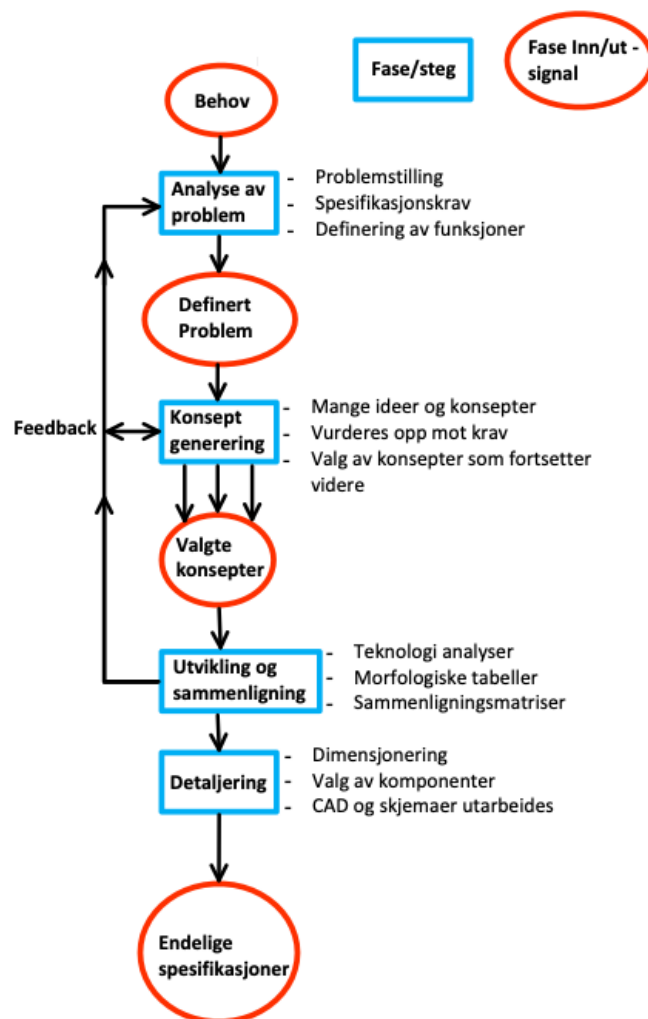
Tabell 3.1: Rapportens Disposisjon

## Del II

### Teori og Metoder

# 1. Produktutvikling

Til utviklingen av utstøtemekanismen bruker vi en systematisk produktutviklingsprosess. Modeller for produktutvikling deler seg inn i deskriptive, og preskriptive. Vi har valgt å jobbe med den deskriptive produktutviklingsprosessen til French (1999, som sitert i Cross 2008, s.30-31). Figur 1.1 viser French sin modell, med faser og deres innhold tilpasset vårt prosjekt. Den originale produktutviklingsmodellen til French finnes i vedlegg 1.1!



Figur 1.1: Produktutviklingsmodellen som gruppen følger

Som andre deskriptive PU-modeller, er vår modell løsningsorientert. Fremgangsmåten er å kjapt komme i gang med generering av konsepter og gjennom dette bedre forstå problemet. Selv om fasene er plasserte i rekkefølge, vil flere av dem skje samtidig. Analyse av problem, Konsept generering og Utvikling og sammenligning kjøres parallelt i en feedback-sløyfe som skal sørge for at problemstillingen og løsningsrommet er så godt utforsket som mulig. Problemstilling og løsning utvikles i takt i en systematisk prosess, som er fleksibel. Rapporten er en lineær representasjon av denne sirkulære prosessen.

## **1.1 PU-Journal**

Vi skal aktiv ta i bruk en produktutviklingsjournal, PU-journal. PU-journalen er en samling av all informasjon, notater, figurer og arbeid som gruppen har generert i forbindelse med bachelorprosjektet, med hensikten å oversiktlig sortere og dokumentere disse. Vår PU-journal strekker seg over tre programmer, OneDrive (fildeling), Overleaf (rapportskriving og møterefater) og OneNote (notater og konseptutvikling). Det sammensatte innholdet av alle disse utgjør PU-journalen.

## **1.2 PU-metoder**

### **1.2.1 Brainstorming**

### **1.2.2 Morfologiske tabeller**

### **1.2.3 Evalueringsmetoder**

For å treffe gode valg i prosjektet trenger vi forskjellige metoder.

#### **Sjekkliste**

En av de mest brukte metodene er en sjekkliste. Der lages en liste med faktorer som er vesentlig for prosjektet. Er alle kravene oppfylt, antar vi at idéen godkjent. Dette er en grov evalueringsmetode som brukes for å grovt sortere ut lovende idéer.



## **Parvis rangering**

To og to alternativer vurderes mot hverandre slik at alle kombinasjoner blir vurdert. Til slutt summeres poeng for hvert alternativ, og det som får flest poeng, anses som det beste.

(Rostaldås 2014)

## **1.3 Inspeksjon av maskin**

Gruppen får dekket to reiser til Farsund under bachelorprosjektet for å samle nødvendig informasjon.

## 2. Teori

### 2.1 Newtons tredje lov

### 2.2 Hydrostatikk og hydraulikk

### 2.3 Materialteknikk

hva skal vi ha der? varme og strekkutvidelse av bjelker og lignende?

### 2.4 Spenning og materialpåkjenning

### 2.5 Bjelkemekanikk

### 2.6 Utmatting

Utstøte-mekanismen funksjon er syklisk. Dette betyr at materialet i mekanismen også opplever sykliske spenninger. Spenninger som opptrer syklisk har en utmattende effekt på materialet. Etter  $N$  antall sykluser kan det oppstå sprekker i materialet, som videre fører til det man kaller utmattelsesbrudd.

Dimensjonering må ta hensyn til utmatting. Det er to forskjellige måter å gjøre dette på. Man kan enten dimensjonere i forhold til *utmattingsfasthet* eller *utmattingsgrensen*. Ved dimensjonering mot en gitt utmattingsfasthet tar man utgangspunkt i en ønsket levetid. Utmattingsgrensen er derimot punktet hvor sykliske belastninger ikke lenger påvirker materialet, og komponenten kan i teorien tåle et uendelig antall sykliske belastninger. (Almar Almar-Næss 2019)

putte inn formel for dette og cite anna sin presentasjon elns

## 2.7 Styring

Sylindrene er synkronisert ved at begge har en målestav inkludert og når sylinder 1 bevege seg nedover vil 2 følge etter, når den får signal om at posisjon ikke lenger er lik sylinder 1. Dette går i en feedback sløyfe så raskt at sylindrene vil gå nærmest synkrone.

## 2.8 Elementanalyse

kan vel bruke den boka vi fant på biblioteket

## 2.9 Evalueringsteknikker

## Del III

### Beskrivelse av system og problem

# 1. Støpemaskinens komponenter og deres funksjoner

## 1.1 Beskrivelse av maskinen

Støpemaskinen består av en rekke deler. Her forklarer vi plasseringen og funksjonen til de mest sentrale og relevante delene.

### **Utstøtesylinder**

I kjernen av utstøte-mekanismen sitter utstøtesylinderen. Den er komponenten som yter kraften i utstøteprosessen. Sylinderen har en stempeldiameter på 250mm og en slaglengde på 10 inch. Den blir tilført 150 bar fra hydraulikkanlegget. BILDE HER

### **Utstøteplaten**

Sylinderen er koblet direkte til utstøteplaten. Den fungerer som et mellomledd hvor den overføre kreftene videre på FIUP med åtte pins. Det hele blir stabilisert av guidesystemet.

Platen er 1195 x 790 mm.

### **Guidesystemet**

Guidesystemet består av fire stenger som er festet i utstøteplaten rundt sylinderen. Stengene går gjennom den blå platen og er festet til en ramme som avstiver stengene i forhold til hverandre. Systemet skal sikre at utstøteplaten er vannrett under bevegelse i høyderetning ved utstøting.

## **Den Formintegrerte Utstøteplaten - FIUP**

FIUP, den formintegrerte utstøteplaten er en plate unik for hver av de forskjellige støpeformene og er en del av formen. De åtte pinnene til utstøteplaten trykker på FIUP, og den fordeler videre kraften på utstøtepinnene i støpeformen. Disse trykker direkte på støpet, og sørger for utstøting.

## **Støpemaskinens Struktur - Den blå platen**

Den blå platen er støpemaskinens hovedstruktur. I den festes det utstøtesylindren, utstøteplaten og det utsvingende systemet. Den kan kjøres opp for å åpnes og gjør svinge ut toppformen.

## **Løftesystem**

To synkroniserte sylindre løfter og senker den blå platen. De er synkronisert vha. en feedbacksløyfe.

Siden det kun er to sylindre er det nødvendig å sikre rett translasjon ift. y-aksen, og det gjør de fire guidestavene som er plassert i hjørnene av maskinen.

## **Utsvingende system**

Det utsvingende systemet er to sylindre som ligger i y-retning på den blå platen, hvor den grå platen samt toppform er festet i. Det brukes for vedlikehold og fjerning av toppform.

# **1.2 Hydraulikk anlegget**

Systemet har to aksiale stempelpumper hvor kun en blir brukt om gangen for å fylle på akkumulatoren. Dette er for å sikre at produksjonen kan fortsettes selv om en av pumpene er i ustand. Systemet opererer med 150 bar.

Dette brukes til både utstøting av støpegodset, løfting/senking av den blå platen, og til det utsvingende systemet.

## 2. Tekniske begrensninger

Løsningen må kunne kjøre en uke i strekk

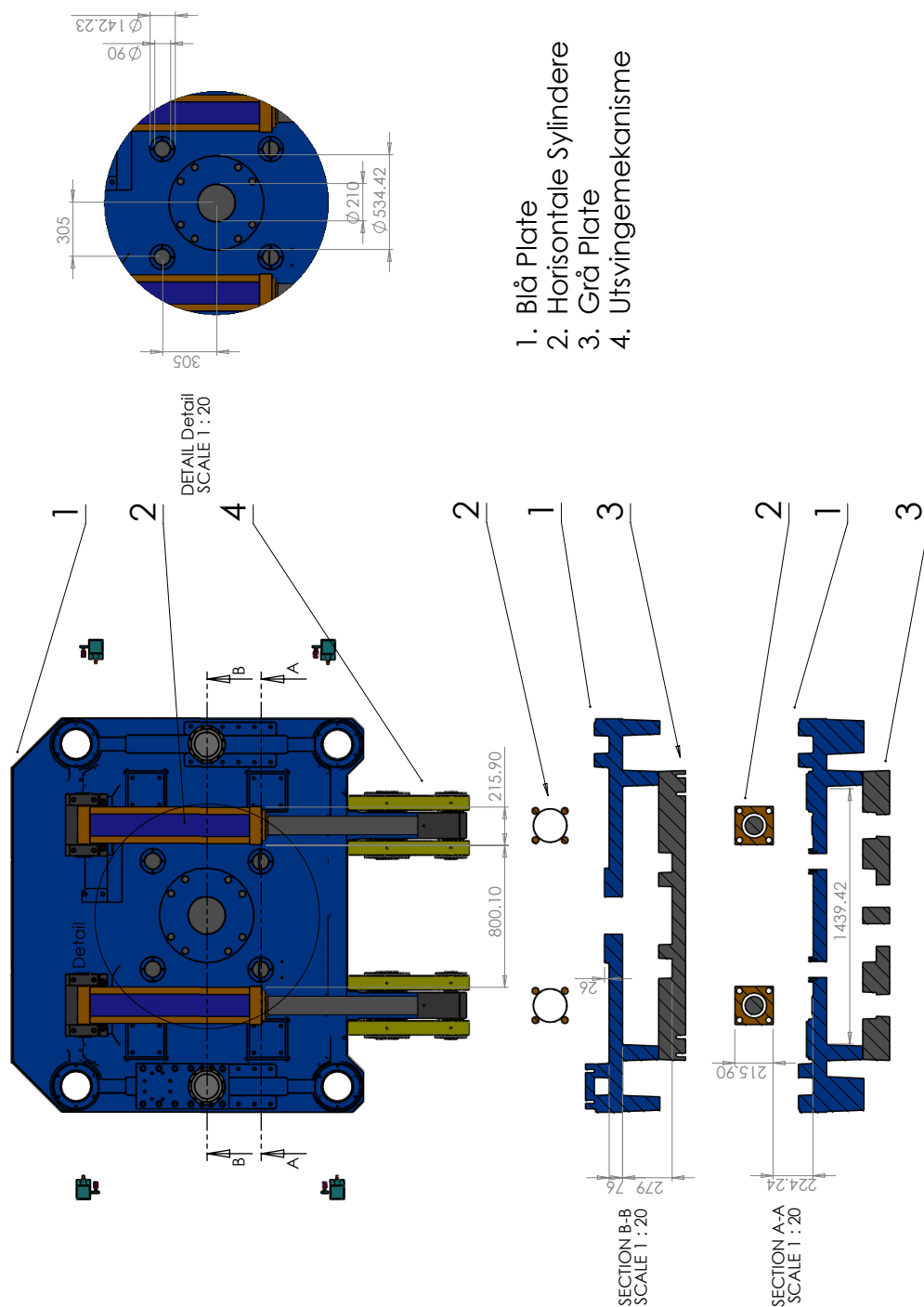
Mekanismen er nødt til å ha en slaglengde på minst 60mm. Dette kreves for å komme i kontakt med FIUP, og støte den tilstrekkelig ned.

Tar utgangspunkt i at den nye mekanismen skal ha tilsvarende kraft som den nåværende mekanismen. Det hydrauliske systemet kjører med 150bar.

### 2.1 Begrensninger i arbeidsrommet

Arbeidsområdet vårt defineres av hovedstrukturen til støpemaskinen og nødvendige systemer for støpemaskinens funksjoner. På figur 2.1 er hovedstrukturen (den blå platen) nummerert med "1". Denne delen er området vi har tilgjengelig for innfestning av utstøtemekanismen. Støpemaskinen har en rammestruktur plassert et stykke over den blå platen, men dette er ikke en begrensende faktor for utstøtemekanismen.

Systemet som svinger ut formen begrenser arbeidsområdet og er satt sammen av tre hoveddeler. På figur 2.1 er disse nummerert som "2", "3", og "4", og er henholdsvis de horisontale sylindrene, den grå platen, og utsvingemekanismen. De horisontale sylindrene er plassert slik som vist på figur 2.1, og begrenser arbeidsrommet i høyderetning på oversiden av den blå platen. Den grå platen begrenser arbeidsrommet på undersiden av den blå platen. Dette systemet kan vi ikke gjøre store endringer på, men mindre maskinering av den grå platen er mulig om det er nødvendig, og ikke svekker støpemaskinens strukturelle integritet.



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.

Figur 2.1: Maskintegning - Arbeidsrom og dimensjoner på relevante komponenter



## 3. Støpeprosessen

### 3.1 Støpesyklus

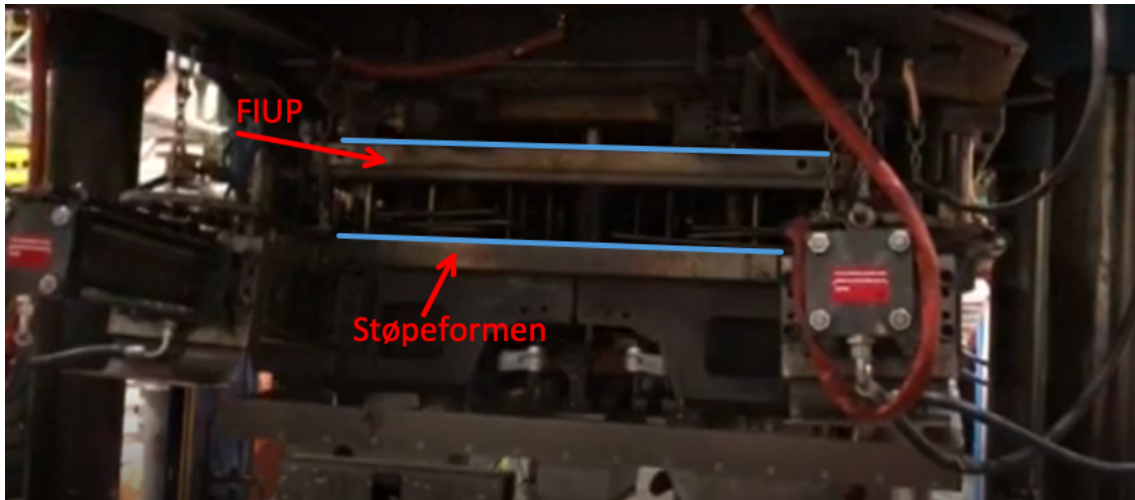
Maskinens støpesyklus er satt sammen av seks steg. Prosessen beskrives slik:

1. Formen fylles med aluminiumssmelte ved hjelp av VRC.
2. Når støpet er tilstrekkelig størknet åpnes formen.
3. En robotarm plasserer seg under toppformen for å ta imot støpegodset.
4. Utstøtemekanismen trykker godset ut av formen slik at robotarmen kan ta det imot.
5. Roboten fjerner støpegodset.
6. Formen lukkes, og maskinen er klar for en ny syklus.

En støpesyklus tar omtrentlig 270 sekunder. Om ingen feil oppstår går maskinen kontinuerlig seks dager i uka. Dette betyr at maskinen omtrentlig utfører 3000 sykluser per planlagt stopp.

### 3.2 Ideell utstøte-prosess

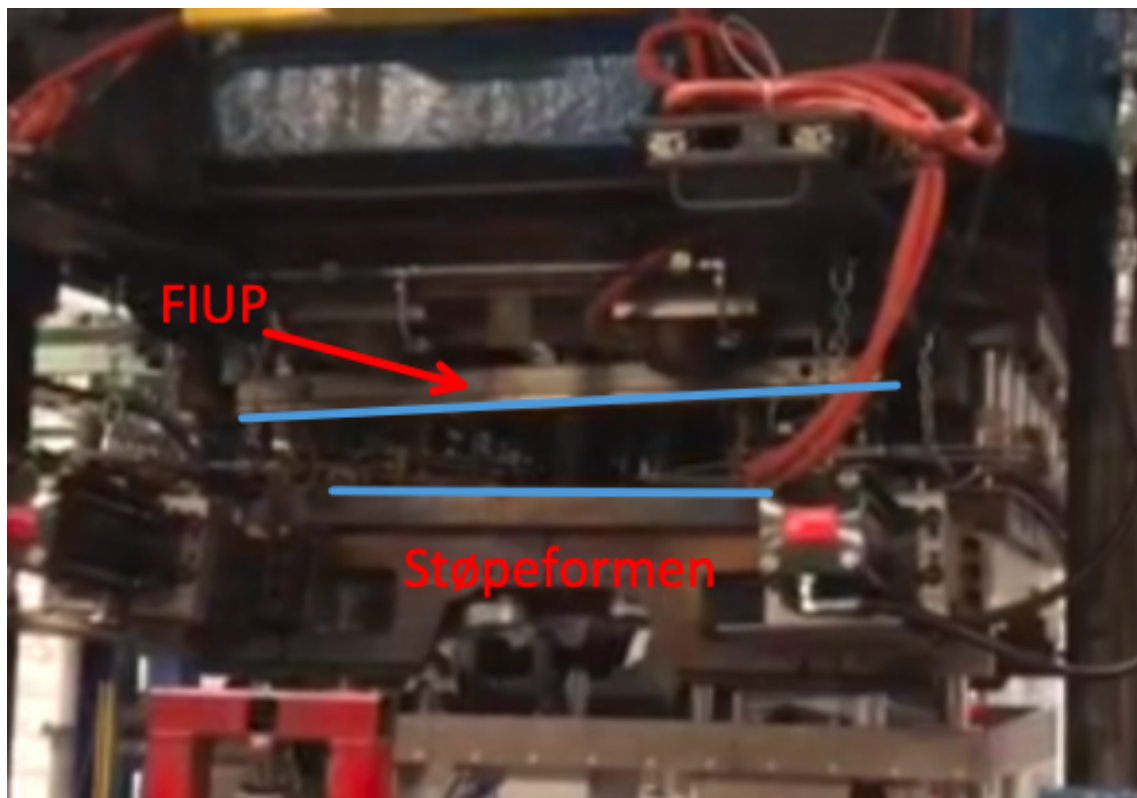
Ved en riktig utstøte-prosess vil sylindren trykke på utstøteplaten og FIUP vil gå jevnt ned i forhold til horisontalplanet, definert som planet parallelt med formen. Se figur 3.1 Aluminiumdelen støtes ut uten å kile seg. Godset vil nå roboten uten dimensjonsavvik eller å skade toppformen.



Figur 3.1: Ved en riktig utstøtte-prosess er FIUP parallell med formen.

### 3.3 Feil utstøtte-prosess

Ved feil utstøtning sitter støpegodset mer fast i formen enn vanligvis. Mange støpegods er usymmetriske og har et større friksjonsareal på en av halvdelene av toppform. Dette fører til at vi får en ujevn kraftfordeling mellom halvdelene. På figur 3.2 ser vi resultatet av ujevn kraftfordeling, som fører til en tydelig ujevnhet av FIUP. Ujevnheten kan være enten bøyning av platen, vinkling av platen eller mest sannsynlig en kombinasjon av de to. Vi skal videre analysere dette i 4.1. Dagens mekanisme klarer ikke å kompensere for ujevn kraftfordeling.



Figur 3.2: Skjermdump fra video av feil/skjev utstøtning

Det eneste som kompenserer for ujevnheten i dagens mekanisme er guidestengene og guiderammen. Kraftpåvirkningen fra stampelet på utstøteplaten er sentrert, så det er ingen aktive komponenter, men heller passive komponenter som kompenserer for avviket med stivheten sin.

I værste fall kan vinkling av FIUP lede til kiling av støpet i formen. I følge Aludynes data vil dette skje ved ujevnheter større enn  $0,7[\text{mm/m}]$  avvik i z-retning fra sentrum til kanten av FIUP. Dette tallet er basert på beregninger som tar hensyn til formens geometri og slippvinkler. Utstøte-prosessen havner da i en ond sirkel hvor videre kraftpåvirkning fører til kraftigere kiling.

## 4. Analyse av Problem

I dette kapitlet analyseres problemet ved hjelp av matematiske modeller. Det er ikke alltid lett å få med seg det komplette bildet ved en beskrivelse av problemet. Ved å framstille problemet matematisk ønsker vi å finne ut hva årsakene til problemet er, og dermed hvilke egenskaper en potensiell løsning må ha.

### 4.1 Lastanalyse

Hva er det som egentlig foregår med FIUP og resten av mekanismen under skjev utstøting? Det er en tydelig avvik av FIUP i forhold til xy-planet, vi ser dette på Aludynes video av feil utstøtting, fig 3.2. Guidesystemet klarer ikke å kompensere for Likevel er det ikke enkelt å si hva årsakene til ujevnheten er. Guidess Vi er nødt til å gjøre antagelser og forenklinger for å regne på systemet.

#### 4.1.1 Antagelser og forenklinger i lastanalysen

Aludyne har konkludert at problemet oppstår i støpeformen. Det kraften som trenges for å støte ut godset er ikke likt fordelt. Støpeformen har vi ingen tilgang til, så vi kan ikke analysere og løse problemet der det oppstår. Likevel kan resultatene av kraftfordelingen observeres høyere opp i mekanismen,

### 4.2 Maskinens egenstyrke

Her må vi vel ha solidworksanalyse av den blå platen

### 4.3 Resultater

## 5. Analyse av problem

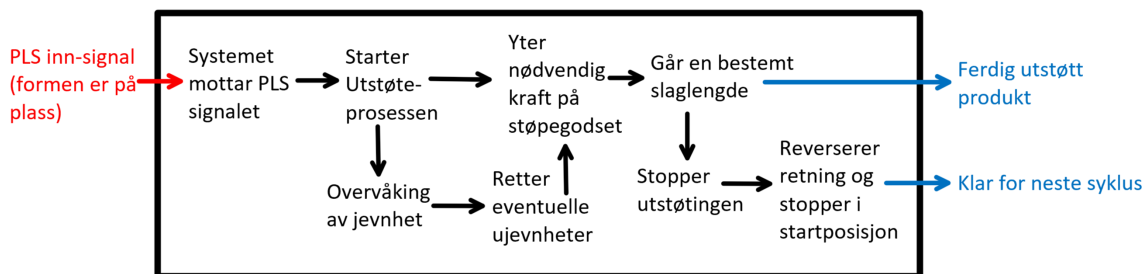
I tilfeller hvor støpegodset kiler seg fast i formen oppstår det utstøtefeil. Dette fører til deformering av støpegodset og kan skade støpeformen betraktelig. For å få produktet ut av formen ved en slik hendelse er operatøren nødt til å ty til alternative løsninger. Problemet medfører tap for bedriften, samt et lavere produksjonsvolum. I følge Aludyne er problemet forårsaket av ujevn friksjonskraft som kommer fra de forskjellige sidene i støpeformen. Det fører til uønsket translasjon fra side til side av utstøteplaten i dens vertikale bevegelse nedover. Den problematiske friksjonskraften er høyest ved oppstart, slitt form, eller ved stopp av produksjonsprosessen hvor støpet kjøler seg ned mens den sitter i formen.

Dagens utstøtemekanismen er ikke rigid nok til å yte tilstrekkelig nøyaktighet i en kald utstøtingssituasjon. Da er støpemaskinen under nødvendig driftstemperatur. Disse kaldoppstart skjer etter vedlikehold, eller en annen uforutsett stopp. Det er da friksjonen mellom godset og støpeformen blir uvanlig stor, ofte mer på den ene siden. Når utstøtemekanismen da trykker ned, løsner den ene siden og godset og da kiler det seg i formen. Dette gir dimensjonsavvik på godset og kan skade coatingen i formen.

hva vi antar må bli gjort for at det skal gå sjansen for en skjev utstøting øker drastisk

# 6. Konklusjon

## 6.1 Funksjonsdiagram



Figur 6.1: Funksjonsdiagram

## 6.2 Produktkravsspesifikasjoner

### Mål

- Tillatt avvik på UP på 0,7 [mm/m].

### Krav

- Det nye systemet skal yte samme kraft som det gamle.
- Mekanismen skal ha en minimumsslaglengde på 60 [mm].
- Ny løsning kan ikke kreve et høyere trykk enn 150 [bar], grunnet maks tilgjengelig trykk fra hydraulikksystem.
- Hydraulikkvæsken kan ikke overstige en temperatur på 45-50°C.
- Levetid i utgangspunktet 15 år. Slitasjedeler byttes ved behov, evalueres mot økonomi.

- Maskinering av den blå platen (eller andre komponenter tilhørende komponenter tilhørende hovedstrukturen) kan kun gjøres i montert tilstand. Dette betyr at maskineringen kun kan utføres av mobilt utstyr, og er derfor begrenset av kapasiteten til mobilt utstyr.
- Den blå platen, utsvingemekanismen og andre sentrale deler kan ikke demonteres under konseptløsningens sammensetningsprosess (design for assembly).
- Konfigurasjonen av maskinens andre systemer kan ikke endres som en del av konseptløsningen. Dette inkluderer komponenter som utsvingesystemet og maskinens løftesystem.
- Planlagt vedlikehold er begrenset av bedriftens store vedlikeholdsdatoer, som er hver sjetten eller tolvte måned.
- Konseptet skal være automatiserbart og kunne integreres i bedriftens PLS-struktur.

### Ønsker

1. Endringen fra gammelt utstøtesystem til nytt utstøtesystem skal være reversibel. Eventuell maskinering skal ikke hindre reversibiliteten.
2. Vedlikehold skal være så enkelt som mulig (tilgang til mekanismen for vedlikehold skal ikke kreve demontering av sentrale komponenter).
3. Løsningen skal være økonomisk forsvarlig. Vi har et forbedringspotensiale på 1-2% vrakstøp, som resulterer i 900.000kr per år per maskin.

## Del IV

### Utvikling



# 1. Utstøtemekanismen

## 1.1 Teknologianalyse

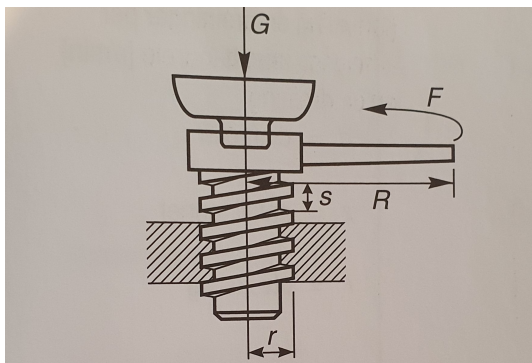
Her forklarer vi forskjellige teknologier som kan være relevante for å løse problemet, og som vi har kommet bort i under konseptutviklingsfasen.

### Løfteskrue

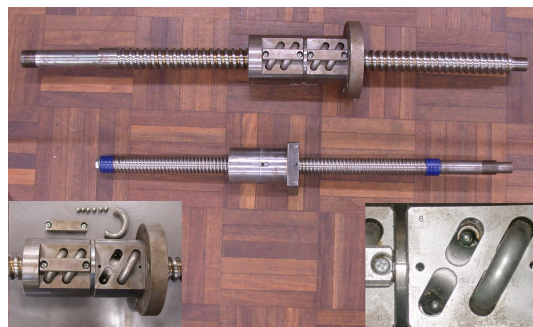
En løfteskrue er en mekanisk lineær aktuator som oversetter rotasjonsbevegelse til lineær bevegelse. En gjenget hylse gir en spiralformet løpebane for gjengene .

### Kuleskrue

En kuleskrue er en løfteskrue, men gjengene baserer seg på et kulelagerprinsipp. Et gjenget skaft gir en spiralformet løpebane for kulelageret. Dette øker presisjonen og minsker friksjonen. (Wikipedia 2019a)



(a) Løfteskrue (Johannesen 2002)



(b) Servoventil (Wikipedia 2019c)

### Guide skinner

Guide skinner brukes til å bevege store laster på lineære strekninger. Ofte brukt for å transportere produkter langs et samlebånd.



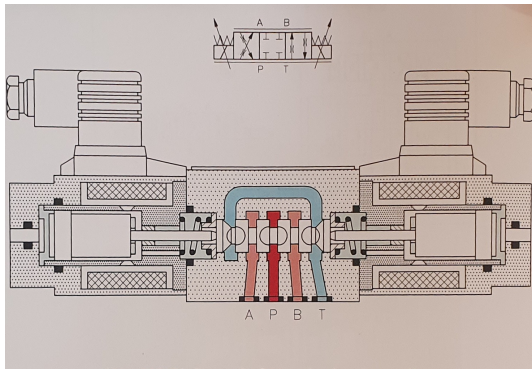
Figur 1.2: Lineær guide skinne (Yichengmachinery 2020)

### **Proporsjonalventil**

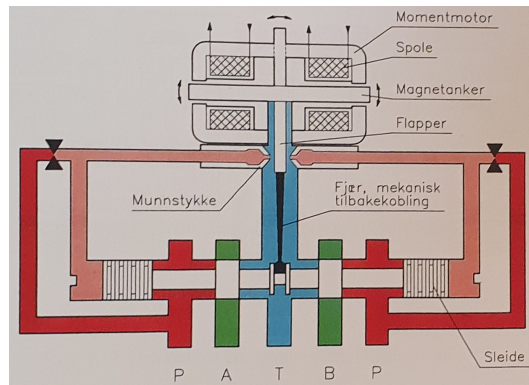
En proporsjonal ventil er en sleideventil som ved hjelp av en proporsjonal magnet ikke bare tillater spesifikke posisjoner, men også en kontinuerlig overgang mellom ventilåpningene. Proporsjonale ventiler brukes spesielt i hydraulikk og pneumatikk der varierende volumstrøm er nødvendig. De har vanligvis en ikke-lineær volumstrømningskarakteristikk og er derfor mindre egnet enn servoventiler for styringsfunksjoner. (Wikipedia 2019b)

### **Servoventil**

En servoventil er en variant av en proporsjonalventil. Den tillater en hvilken som helst stilling av ventilåpningen, og dermed fluidstrømmen. Den skiller seg fra den vanlige proporsjonalventilen i utformingen av sleidekanten, den vil gi en rask reaksjon ettersom en liten sleidebevegelse umiddelbart vil påvirke væskestrømmen. Dette gjør servoventiler svært verdifulle, spesielt i reguleringsteknikken. Imidlertid gjør presisjonen som er nødvendig for produksjonen dem dyre. (Wikipedia 2019c) (Bye 2013)



(a) Proporsjonalventil (Bye 2013)



(b) Servoventil (Bye 2013)

## 1.2 Form

## 1.3 Sammenlikning med eksisterende løsninger

## 1.4 Struktur og utforming

## 1.5 Stabilitet

## 1.6 Bakgrunn for valg av dimensjoner

## 1.7 Materialvalg

## 1.8 Morfologisk tabell for konseptidé

## 1.9 Evaluering og valg av konsept

## 1.10 Produksjonsmetode

## 1.11 Endelig spesifikasjon

## 2. Sikkerhetsvurdering

### 2.1 Standarder

### 2.2 Erfaring

### 2.3 Faremomenter, konsekvenser og hyppighet

### 2.4 Hva bør gjøres?

Del V

Dimensjonering

# 1. Beregninger

## 2. Modellering og simulering

### 2.1 Beskrivelse

### 2.2 Resultater

### 2.3 Analyse

### 2.4 Konklusjon

### 3. Sjekke om maskinen tåler endringene



## Del VI

### Diskusjon, konklusjon og videre arbeid

# 1. Diskusjon

1.1 Endelig løsning og spesifikasjoner

1.2 Dimensjonering

1.3 Simulering av mekanisme

1.4 Sammenlikning av spenning fra håndberegning  
og simulering

1.5 Metodikk

1.6 Læringsmål

## 2. Konklusjon

### 2.1 Mekanisme

### 2.2 Andre evt. deler

### 2.3 Oppsummert

### 3. Videre arbeid

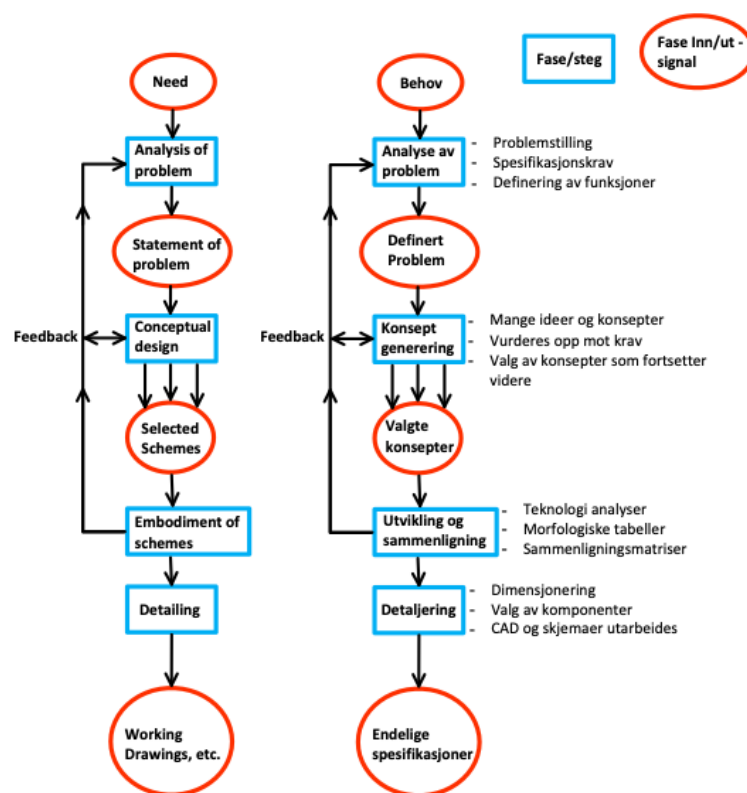
Det må sjekkes om nøyaktigheten til innfesting av formen er bra nok.

## Del VII

### Vedlegg og Kilder

# 1. Vedlegg

## 1.1 Produktutvikling



Figur 1.1: Produktutviklingsmodellen til French (1999) og modellen brukt av gruppen

# Bibliografi

- Almar Almar-Næss, SNL (2019). *Utmatting*. URL: [https://snl.no/utmatting-\\_teknikk](https://snl.no/utmatting-_teknikk) (sjekket 16.04.2020).
- Bye, P. (2013). *Hydraulikk*. 1st. Bye, P.
- Cross, N. (2008). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*. 4th. John Wiley & Sons LTD.
- Johannesen, J (2002). *Tekniske Tabeller*. 2nd. Cappelen.
- Rostaldås, Olsson Johansen Langlo (2014). *Praktisk Prosjektledelse: Fra ide til gevinst*. 2nd. Fagbokforlaget.
- Wikipedia (2019a). *Ball Screw*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ball\\_screw](https://en.wikipedia.org/wiki/Ball_screw) (sjekket 09.04.2020).
- (2019b). *Proportionalventil*. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Proportionalventil> (sjekket 19.04.2020).
- (2019c). *Servoventil*. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Servoventil> (sjekket 17.04.2020).
- Yichengmachinery (2020). *Linear Guide Rail*. URL: <http://www.yichengmachinery.com/tbr-linear-guide-rail/> (sjekket 20.04.2020).