

Teknologi , produksjon og kostnadsanalyse for  
oljetank GOPS 600

Technology, production and cost analysis for  
oil reservoir GOPS 600

Sindre K. Ingjer

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITTENSKAP  
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI  
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2011





## Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet som avsluttende del av det femårige mastergradsstudiet maskin, prosess- og produktutvikling ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT) ved Universitetet for Miljø og Biovitenskap (UMB).

Opgaven er utarbeidet i samarbeid med Rainpower Hymatek AS. Da muligheten for å skrive for en bedrift bød seg, var det liten tvil om hva som var aktuelt å velge. Det at oppgaven er den første brikken i en større bedriftsplan, har bidratt sterkt til motivasjon og fremgang. Gjennomføringen har vært en krevende og lærerik prosess, med elementer innen en rekke fagfelt. Selve produktutviklingsarbeidet er undertegnedes mest givende fagfelt, men det skal sies at arbeidet som er gjort med økonomi delen på slutten av oppgaven er også et meget spennende fagfelt.

Jeg vil rette en spesiell takk til Jon Einar Holum og Kristoffer Kjelstadli ved Rainpower som har bistått undertegnende gjennom hele prosjektet. Viere rettes det takk til hovedveileder og førsteamanuensis ved IMT, Jan Kåre Bøe, med smittende engasjement og inspirasjon, som har rettleidet arbeid- og prosess gjennom prosjektperioden (og for øvrig gjennom hele studietiden på Ås). Bjørn Brenna på verkstedet og overingeniør Håkon Gihle Raddum for rettleiding og tilbakemeldinger på produkt og arbeidstegninger. Til slutt rettes det takk til hele den herlige gjengen på loftet fløy 4, som har gjort lange kvelder korte.

UMB Ås 16.5.2011

Sindre K. Ingjer

## Sammendrag

Rainpower Hymatek har et ønske om egenproduksjon av oljetrykksanlegg i sitt verksted på Sørumsand. Den største kostnadsbæreren av et slikt oljetrykksanlegg er oljetanken. Rainpower Hymatek ønsket derfor bistand med utvikling av den hyppigst brukte oljetanken med luftvolum på 600 l (GOPS 600). Oppgaven kan sies å være et reelt oppdrag og den første brikken i en større bedriftsplan.

Arbeidet gjennom hele prosessen ble delt inn i mindre håndterlige pakker. Arbeidsnedbrytning er et nyttig verktøy for å kunne forstå helheten i et hvert prosjekt. Oppgaven kan sies å være delt opp i tre hoveddeler. Først startet oppgaven med bakgrunnsundersøkelser om bedrift og produkt, deretter med produktutviklingen av egen tank. Analysedelen i oppgaven er todelt. Det er blitt gjort strukturelle analyser på løfteører og tanklokk, og økonomiske analyser av fabrikasjon.

Løfteørene er håndberegnet etter vanlig fasthetslære med hensyn på maskinforskriftens krav til løfteutstyr. Videre er det utført FEM-analyser av tanklokk, for å se på muligheten av tykkelsesreduksjon og kostnadsbesparelser.

Det er gjort inngående økonomiske analyser av en egenproduksjon hos Rainpowers verksted, med kombinasjon opp mot mottatte anbud. Egenproduksjonen er også brutt ned i håndterbare pakker, slik at det har vært mulig å se på forbedringspotensialer for visse produksjonsgrener. Mye av Rainpowers maskineri er beregnet på tungindustri, og er derfor ikke direkte rettet mot en effektiv tankfabrikasjon. Den største flaskehalsen i Rainpowers produksjonslinje er hullboring, og opptar henholdsvis 42 % og 44 % av total produksjonstid og kostnad. Videre viser analysene usikkerhet rundt resultatet av knekkeprosessen, da denne maskinen er beregnet på meget tykke stålplater. Disse to prosessstypene har vært den største faktoren for å se på muligheten for å sette noe av tilvirkningen ut på anbud for å oppnå maksimal produksjonseffektivitet og samlet økonomisk gevinst.

Det er utarbeidet et produksjonsunderlag for tanken til GOPS 600 anlegget, med arbeidstegninger for platebearbeidingen, sveising og sammenstilling. Det er konkludert med at en todelt tilvirkning, der de første prosess-stegene med skjæring, hulling og knekking gjøres eksternt hos Landteknikk. Mens selve sveisingen og sammenstillingen av tanken gjøres hos Rainpower. Samlet fabrikasjon for 10 tanker er da 201 200 kr. Besparelsen i forhold til å gjøre alt på Rainpower verksted er bare 20 800 kr. Men det vil ikke være noen tvil om at å involvere Landteknikk vil skape et optimalt levert produkt. Det er argumentert for at dette er den beste løsningen, før en eventuell produksjonstest på Rainpower verksted, i kombinasjon med hovedsegmentet av fremstilte varer. Testen vil gi svar på resultat, effektivitet og leveransepunktighet av tankproduksjonen.

Denne oppgaven vil fungere som et utgangspunkt for den videre utviklingen av full egenproduksjon av oljetrykksanlegg hos Rainpower. Oppgaven vil også fungere som en rettesnor for en mulig fremtidig oppgradering av maskineri, for blant annet å kunne effektivisere og imøtekomme diverse produksjon for eksterne kunder.



---

## Abstract

Rainpower Hymatek has a desire for their own production of hydraulic power units in their workshop at Sørumsand. The biggest cost bearer of this system is the oil reservoir. Rainpower Hymatek wanted assistance with the development of the most frequently used oil tank with air volume of 600 l (GOPS 600). The task can be said to be a real mission and the first piece in a larger business plan.

The work process was divided into smaller manageable packages. Work breakdown structure is a useful tool for understanding the totality of any project. The task can be said to be divided into three main parts. First, the mission began with background investigations of corporate and product, then the product development of the tank. The analysis section of this paper is twofold; structural analysis of lifting lugs and the tank lid, and economic analysis of fabrication.

Lifting lugs are hand calculated according to standard strength of materials in terms of hardware requirements of the regulations for lifting equipment. Furthermore, a FEM-analysis of the tank lid was conducted in order to investigate the possibility of thickness reduction and cost savings.

It's done thorough economic analysis of Rainpower's production line, with the combination to the received bids. Rainpower's production is broken down into manageable packages, so it has been possible to look at the potential for improvement in certain branches of production. Much of Rainpower's machinery is designed for heavy duty machining, and is therefore not directly aimed at an effective tank fabrication. The biggest bottleneck in the Rainpower's production line is hole drilling, occupying respectively 42% and 44% of the total production time and cost. Further analysis shows the uncertainty around the results of the buckling process, as this machine is designed for very thick steel plates. These two process types have been the biggest factor to look at the possibility of outsource some of the manufacturing in order to achieve maximum production efficiency and overall economic benefits.

A manufacturing base for the GOPS 600 facility has been developed, included are the working drawings for plate processing, welding and assembly. It is concluded that a two-part construction, where the first processing steps of cutting, hole drilling and buckling is done remotely from Landteknikk. While the welding and assembly of the tank is done at Rainpower. Overall fabrication of 10 tanks is then 201.200 kr. Savings compared to doing everything on Rainpower workshop is only 20.800 kr. But there should be no doubt that involving Landteknikk will create an optimal product supplied. It is argued that this is the best solution, before a production test at Rainpower workshop, in conjunction with the main segment of manufactured goods. The test will provide answers on the results, efficiency and delivery punctuality of tank production.

This paper will serve as a starting point for the further development of full production of hydraulic power units at Rainpower's factory. It will also serve as a guideline for a possible future upgrade of machinery, also to increase efficiency and meet various productions needs for external customers.

## Innholdsfortegnelse

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract .....	III
1 Innledning.....	1
1.1 Bedriftsbeskrivelse .....	1
1.2 Problemstillinger og teknologiske flaskehalsar .....	2
1.3 Intellektuelle rettigheter og forskrifter .....	3
1.3.1 Forskrifter og standarder: .....	3
2 Prosjektplanlegging .....	4
2.1 Produktmål .....	4
2.2 Prosesstrinn og delmål .....	4
2.3 Arbeidsplan.....	5
2.4 Begrensninger: .....	6
3 Metode og terminologi .....	7
3.1 Symboler og terminologi .....	8
3.2 Formler benyttet i oppgaven.....	9
3.3 Nøkkeltbegreper og ordforklaringer.....	10
4 Bakgrunnsundersøkelser .....	11
4.1 Dagens anbud- og tjenestekrets.....	11
4.2 Verksted Sørumsand .....	13
4.3 Outsourcing (Tjenesteutsetting) .....	14
4.3.1 Kvalitet.....	14
4.3.2 Tid .....	15
4.3.3 Pålitelighet.....	15
4.3.4 Fleksibilitet .....	15
4.3.5 Kopiering.....	15
4.3.6 Kostnad.....	16
4.3.7 Dokumentasjon og ansvar .....	16
4.4 Markedsbehov og potensiale .....	17
4.4.1 Kostnadssammenlikning av komponenter .....	17
4.4.2 Diskusjon av enhetskostnader.....	18

---

4.4.3	Grov kostnadskalkyle på tankproduksjonen hos Rainpower .....	18
4.4.4	Diskusjon av grov kostnadskalkyle .....	19
4.5	Eksisterende løsninger .....	20
4.6	OPS 300 .....	20
4.7	600 l standardtank fra Slåttland .....	22
5	Produktspesifisering .....	23
5.1	Design- og konstruksjonsgrunnlag .....	23
5.1.1	Tankutforming og volum .....	23
5.1.2	Plassering av motor og pumpe .....	23
5.1.3	Plassering av annet tank tilbehør .....	24
5.1.4	Oljeforurensning .....	24
5.1.5	Rengjøring og vedlikehold .....	25
5.1.6	Varmeoverføring .....	25
5.2	Kundekrav til GOPS 600 .....	26
5.3	Metriske grensespesifikasjoner på komponenter .....	28
6	Ide- og konseptgenerering .....	29
6.1	Komponentplassering .....	29
6.2	Innvendig tankhøyde .....	30
6.3	Total tankhøyde .....	30
6.4	Tankvolum .....	31
6.5	Knekkradius .....	32
6.6	Elementdesign .....	33
6.6.1	Forming av tank med plater .....	33
6.6.2	Funksjonsalternativer av lokk-support .....	35
6.6.3	Design av tanksupport .....	36
6.6.4	Motorlokk .....	37
6.6.5	Andre lokk .....	38
6.6.6	Skilleplate .....	39
6.7	Foretrukne funksjonsalternativer .....	39
6.8	Modell i Solidworks .....	39

7	Beregninger .....	43
7.1	Dekomponering av krefter under løft .....	43
7.2	Løfteører .....	45
7.2.1	Dimensjonering av løfteører .....	45
7.2.2	Dimensjonering av sveis .....	46
7.2.3	Kontroll av grunnmateriale. ....	47
7.3	Bolter til tanklokk .....	48
8	Simuleringer .....	49
8.1	Tanklokk under løft .....	49
8.2	Påført kraft på lokk fra motorer .....	51
8.2.1	Tanklokk 6 (mm) .....	51
8.2.2	Tanklokk 4 (mm) .....	53
8.3	Plateforbruk og optimering .....	55
8.3.1	4mm-plate .....	56
8.3.2	6mm-plate .....	57
8.3.3	Sjekk ved bruk av 4x1250x2500 plateformater på samtlige komponenter. ....	58
9	Work Breakdown Structure (Arbeidsnedbrytingsstruktur) .....	59
9.1	Produksjons-prosedyrer .....	60
9.1.1	Oppdelende bearbeidingsprosesser .....	60
9.1.2	Knekking og bøyning .....	61
9.1.3	Boring: .....	61
9.1.4	Sveising av austenittiske stål: .....	62
9.2	Produksjon hos Rainpower .....	63
9.3	Fremstillingsrekkefølge hos Rainpower .....	65
9.4	Estimert tankproduksjon .....	66
9.5	Ressursplanlegging .....	73
9.5.1	Kartlegging av ressursbehov .....	73
9.5.2	Produksjonsopplag .....	74
10	Gjennomføringsprosess og produksjon .....	75
10.1	Valg av eksterne leverandører .....	77

11	Framstilling og produksjonskostnader .....	79
11.1	Mottatte anbud .....	79
11.1.1	Kombinasjon av produksjon: .....	80
12	Diskusjon og prosessevaluering .....	82
12.1	Generelt om oppgaven.....	82
12.2	Gjennomføringsprosess.....	82
12.3	Bakgrunnsundersøkelser .....	83
12.4	Diskusjon av resultater .....	83
13	Konklusjon .....	84
13.1	Anbefalinger .....	84
13.2	Videre arbeid .....	84
14	Kilder.....	86
15	Møtereferat .....	87
16	Vedlegg.....	89
	Vedlegg 1	
	GOPS Systembeskrivelse_RevP1	I
	Vedlegg 2	
	Korrespondanse mellom bedrift og student	XV
	Vedlegg 3	
	OPS 300	XXVI
	Vedlegg 4	
	GOPS 600-Sammenstilling-RevP-2	XXVII
	Vedlegg 5	
	Slåttland standard tank 90-2500L-Rev5	XXVIII
	Vedlegg 6	
	Ruukki lagerprogram 10.05.2010	XXIX
	Vedlegg 7	
	Bevi motorer - Sg/Sh series	XXX
	Vedlegg 8	
	Bosch Rexroth NG 25	XXXII
	Vedlegg 9	
	Bosch Rexroth PGH	XXXIII
	Vedlegg 10	
	KTR Mellomflens PL300-04-35-00	XXXIII
	Vedlegg 11	
	Korrespondanse mellom Ruukki og student	XXXIV
	Vedlegg 12	
	Kostnadsetterspørseel fra leverandører	XXXV
	Vedlegg 13	
	Mellomberegning av kostnadsetterspørseel og kombinasjon av delproduksjon	XXXIX
	Vedlegg 14	
	Renderte bilder av tank med komponenter	XLI
	Vedlegg 15	
	Arbeidstegninger	XLIII

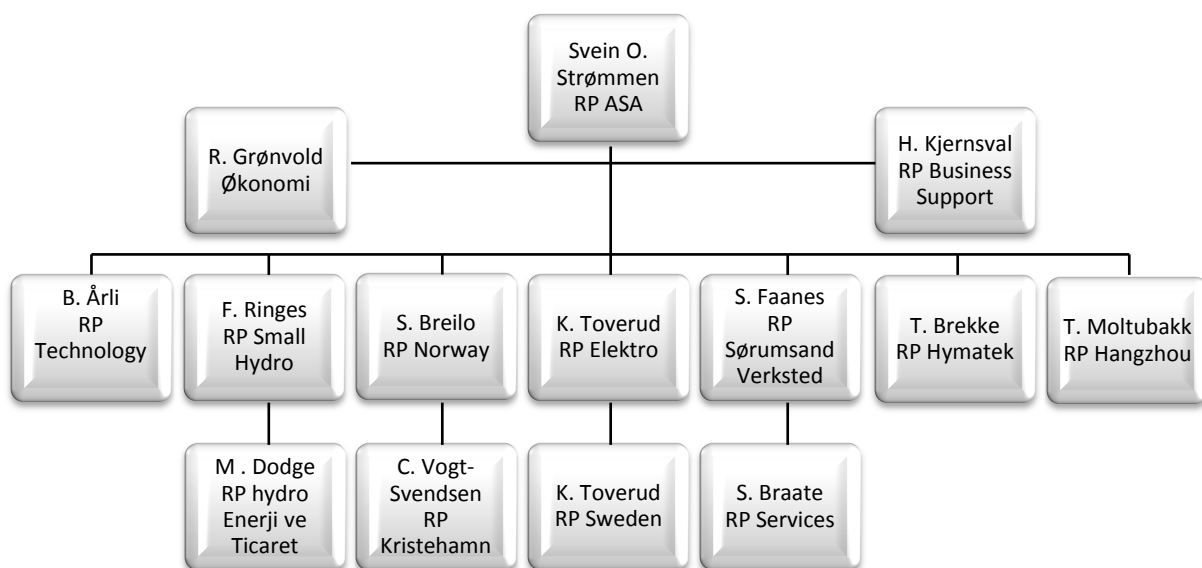
# 1 Innledning

## 1.1 Bedriftsbeskrivelse

Rainpower konsernets historie har røtter tilbake til Kværner Brug A/S for over 150 år siden, da de begynte å utnytte elvekraften fra Loelva. GE overtok virksomheten etter at Kværner hadde vært på eiere i flere generasjoner. I 2005 kjøpte NLI, et norsk eid selskap, Sørumsand Verksted og i 2007 ble også GE Energy Norway kjøpt opp. Dette har ført til at en ”bred vannkraftkompetanse som inkluderer teknologiutvikling, konstruksjon, vannkraftlaboratorium, regulator, magnetisering og produksjon samlet under Rainpower ASA. Rainpowers første driftsår var 2008, og selskapet er aktiv med prosjekter både i Norge og internasjonalt” [5].

I løpet av 2011 vil Rainpower ha virksomhet Norge, Sverige, Kina, Sveits Tyrkia og Peru. Dagens tekniske miljø omfatter om lag 100 personer som dekker en rekke fagområder knyttet til vannkraftproduksjon. Ved utgangen av 2009 bestod Rainpower konsernet av totalt 293 ansatte. Rainpower ASA hadde en omsetning på 459,8 millioner kroner i 2009. Resultatet etter skatt ble 24 millioner kroner [6].

“Rainpower Hymatek har som flere andre Rainpowerbedrifter sine røtter i vannkraftens gullalder i Norge. I NEBB, ABB og ALSTOM har det norske miljøet utviklet og produsert turbinregulatorer, spenningsregulatorer og magnetiseringssystemer. Ved fusjonen av ABB og ALSTOMs kraftvirksomheter, som senere ble overtatt av Alstom, ble mye av produktansvaret flyttet ut Norge. I 2003 valgte en gruppe bestående av alle ansatte i ALSTOMs norske regulatorvirksomhet å starte sin egen virksomhet – Hymatek - som siden 2008 har vært en del av Rainpowergruppen. På Bryn utvikles og produseres fortsatt turbinregulatorer, spenningsregulatorer og magnetiseringssystemer, samt aggregatregulatorer for små og store vannkraftaggregater” [1].



**Figur 1-1 – Organisasjonskart over Rainpower konsernet.**

## 1.2 Problemstillinger og teknologiske flaskehals

“Rainpower GOPS serie er et kompakt hydraulikkanlegg for regulering av vantturbiner og finnes i syv forskjellige størrelser. Disse er navngitt GOPS 100, GOPS 400, GOPS 600, GOPS 1200, GOPS 1800, GOPS 3000, GOPS 3600. Betegnelsen GOPS betyr “Governor Oil Pressure System” og serien dekker Francis, Pelton, Kaplan og pumpeturbiner. (RPT) Nummerbetegnelsen indikerer totalt luftvolum i tank. Nominelt oljevolum vil ligge på ca. halvparten av nummerværdien. Eks. “GOP600” har 600 l luftvolum og 300 l nom. oljevolum. Oljenivået er da ca midt på tanken under normal drift.

Enhetene er utstyrt med standardfunksjoner som Rainpower finner nødvendig for sikker drift av aggregatet. Øvrige funksjoner er tilgjengelige utover dette og kan leveres etter krav/ønske fra kunde/konsulent. GOPS enhetene skal utformes slik at de er gjenkjennelige som et Rainpower produkt. Dette gjøres hovedsakelig med utformingen av kassestørrelse og layout. Dvs. alle GOPS 600 som leveres er like og evt. krav til GOPS som kommer som følge av manglende plass el lignende vil føre til at GOPS blir navngitt med eksempelvis GOPS 600 “stasjonsnavn” for å skille den enkelte fra de andre i serien. GOPS beholdes for å definere enhetens størrelse og funksjon.” Fra Vedlegg 1

Produksjon og montasje av disse oljetrykksanleggene, blir i dag satt ut på anbud til utvalgte leverandører. Da Rainpower i senere tid har sett at prisene på produksjon av slike oljetrykksanlegg og krav til oppfølging av leverandører har økt samtidig som kvaliteten av produksjonen har gått noe ned, ønsker Rainpower nå å se på muligheten for egenproduksjon av oljetrykksanlegg i sitt verksted på Sørumsand. Den største kostnadsbæreren av et slikt oljetrykksanlegg er oljetanken. Det er derfor særdeles viktig at en slik utredning baseres på et godt design og konstruksjon av oljetank med tanke på produksjon og funksjonalitet. Rainpower Hymatek ønsker derfor bistand med utvikling av en slik tank. Oppgaven vil sentralisere seg om tank med totalt luftvolum på 600L (GOP600) som er den hyppigste brukte tankstørrelsen. Design, konstruksjon og produksjon av denne tanken vil være en rettesnor for samtlige tanker i GOPS serien da disse vil være relativt like funksjonelt og med likt produksjons-teknisk underlag.

### Det skal:

- Utvikles design og konstruksjon av 600l oljetank til GOPS 600 som vil være rettleidende for alle tanker i Rainpowers sortiment.
- Gjøres en produksjons-teknisk utredelse av tankproduksjon hos Rainpower med ferdigutviklede arbeidstegninger klare til å brukes i deres portefølje.
- Gjennomføres beregninger på strukturelt utsatte komponenter.
- Gjøres en økonomisk beregning av tankfabrikasjon hos Rainpowers eget verksted.
- Gjennomføres utredelse av alternative tilvirkningsmetoder.
- Finne en produksjonskombinasjon av å gjøre selv på Rainpowers eget verksted kontra å sette ut utvalgte tjenester på anbud, som er basert på lønnsomhet, kvalitet og kapasitet på bakgrunn av ulike komponentgruppers kompleksitet og/eller på bakgrunn av maskinelle svakheter.

### 1.3 Intellektuelle rettigheter og forskrifter

Free Patents Online har blitt brukt til å søke etter beskyttet materiale. Søkeordene som ble brukt er "oil reservoir", "hydraulic tank" og "oil tank" [7]. Det har ikke lyktes å finne noen form for beskyttelse når det gjelder struktur og sammensetning på tanker til bruk på vanlige trykkanlegg. Dette regnes som allmenn kjennskap og vil ikke kunne beskyttes av et patent da disse kun varer i 20 år [8]. Derimot vil utseende og utforming kunne beskyttes hvis det skiller seg tydelig fra tidligere kjent design [9]. Derimot vil det være ulike detaljerte områder på tanken som festemekanismer etc. som vil kunne være patentert, men det har ikke lyktes å finne noe om dette.

#### 1.3.1 Forskrifter og standarder:

Under følger noen relevante forskrifter brukt i denne oppgaven.

Maskinforskriften (forskrift om maskiner 4.1.2.5) [10]

Norsk Standard NS-EN 982:1996+A1:2008 - Maskinsikkerhet - Sikkerhetskrav til fluidsystemer og komponenter [11].

5 Sikkerhetskrav og / eller tiltak

5.2 Tilleggskrav

5.2.2 Fjerning av komponenter

- Bør begrense tapet av væske
- Bør ikke kreve drenering av reservoaret
- Bør ikke kreve omfattende demontering av tilstøtende deler



## 2 Prosjektplanlegging

### 2.1 Produktmål

Følgende hovedmål settes for arbeidet i prosjektet:

Utrede konstruksjons og bruksegenskaper hos oljetanker og gjennomføre en teknologisk, produksjonsteknisk og kostnadmessig lønnsomhetsvurdering, med underlag og anbefalinger spesifikt for GOPS-600, som også vil være gjeldende for andre tankstørrelser i Rainpowers sortiment.

### 2.2 Prosesstrinn og delmål

Følgende delmål inngår i arbeidet med å nå hovedmålsettingen for prosjektet:

#### Delmål 1

- Bakgrunnsundersøkelser om bedrift og produkt.

#### Delmål 2

- Produktspesifisering og konseptgenerering av produktet.

#### Delmål 3

- Tidlig utarbeidelse av arbeidstegninger for anbud.

#### Delmål 4

- Håndberegninger av utvalgte elementer og FEM-analyser.

#### Delmål 5

- WBS av Rainpowers produksjon.

#### Delmål 6

- Økonomiske betraktninger rundt intern og ekstern produksjon.

#### Delmål 7

- Ferdigstillelse av oppgave

## 2.3 Arbeidsplan

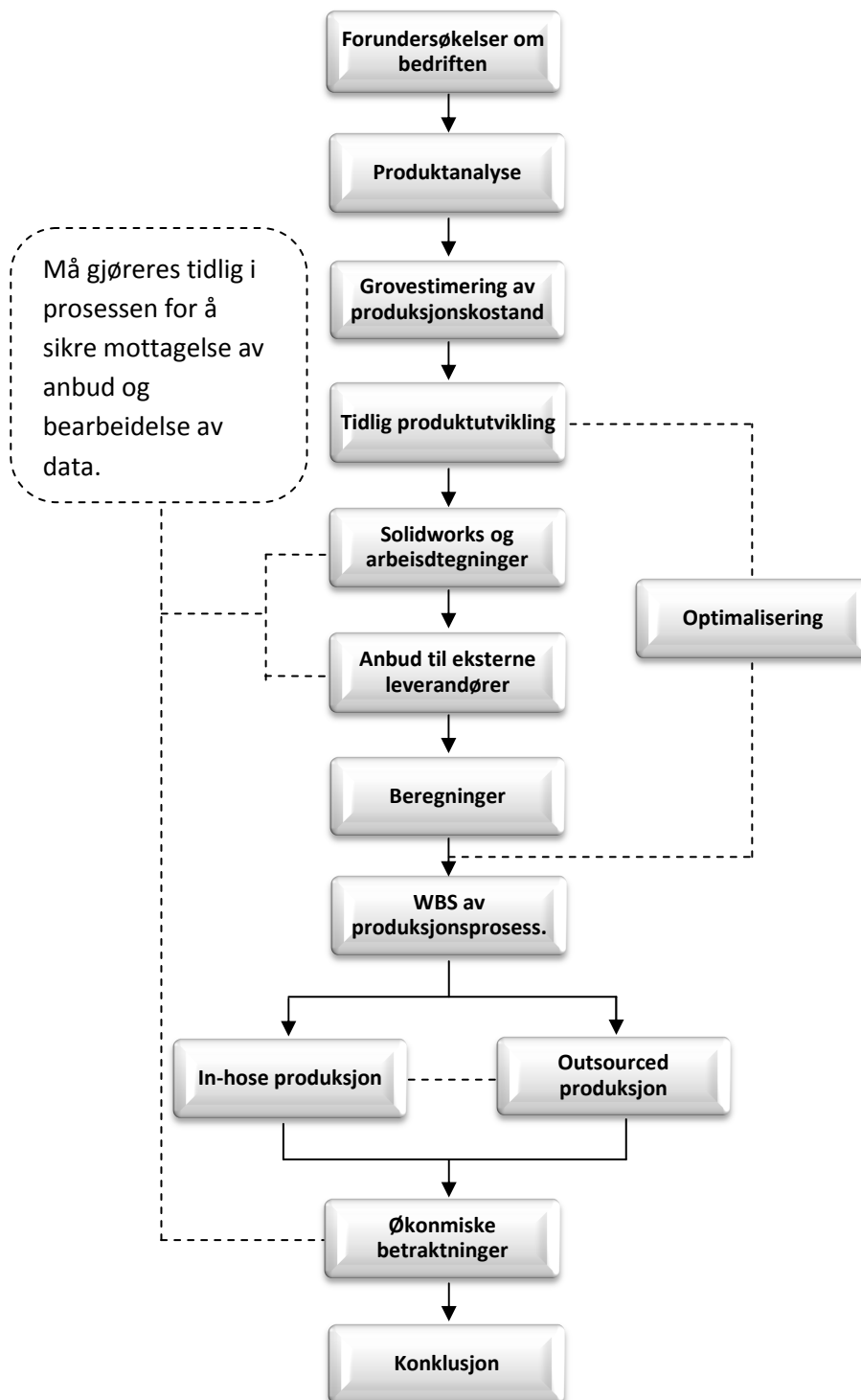
**Tabell 2-1 – Arbeidsplanlegging.**

Prosjektaktiviteter:	Tidsrom														
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai										
Bakgrunnsundersøkelser om bedriften	■	■	■	■											
Eksisterende og konkurrerende produkt		■	■												
Tidlig kostnadsvurdering					■	■									
Konstruksjonsunderlag om oljetanker			■	■											
Rainpowers produktkrav				■											
Ide og konseptgenerering				■	■	■									
Modell i Solidworks					■	■	■								
Konstruksjonstegninger						■	■	■		■					
Håndberegninger av utvalgte elementer					■	■									
FEM-analyser av kritiske elementer					■	■									
Plateutnyttelse og optimalisering							■	■							
Egnede produksjonsmetoder								■	■	■					
Produksjon og maskinering hos Rainpower		■				■								■	
Økonomiske betraktninger												■	■	■	
Oppgaveskriving	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppgaveskrivingen foregår mer eller mindre konstant gjennom prosjektet.</li> <li>• Mottatte kostnadsvurderinger fra leverandører vil lagres og brukes senere i rapporten i de økonomiske betraktningene. I mellomtiden fortsetter arbeidet med andre viktige elementer.</li> </ul>															

## 2.4 Begrensninger:

- Rainpower Hymatek bruker tanker i størrelses orden 300, 600, 800, 1200 liter. Det er besluttet å se på 600 liter som er den mest brukte størrelsen i deres systemer. En regner med at mye av design og layout på 600 l tanken vil kunne videreføres å brukes på de andre tankene.
- Denne oppgaven tar kun for seg utvikling av tanken til GOPS 600 serien der hydraulikk tankene vil være første fase i en større bedriftsplan om å kostnadseffektivisere utvikling og produksjon av komplette oljetrykkanlegg på Rainpower Hymatek Sørumsand.
- Det er satt begrensninger ved kravet til plass og plasseringen av diverse hydraulisk utstyr, som de ulike systemene GOPS 600 styrer. Da hvert enkelt anlegg styrer flere ulike operasjoner ut i fra turbintype og lokasjon krever. Dette er plasseringen av eksempelvis blokker og ventiler, samt hensynet til rørlegging til komponentene. I denne oppgaven er det satt av et avgrenset tanklokk område for GOPS-600 systembeskrivelsens største ventil og blokk.
- Materialet som er brukt i oppgaven er satt til AISI 304 / EN 1.4301
- Det er satt begrensninger til prosesslayout på Rainpowers verksted. Da plassering av maskineri er tilpasset verkstedets viktigste oppgaver vil ikke dagens layout kunne tilpasse seg et begrenset produksjonsopplag på hydrauliske tanker.
- Utenlandske aktører vil ikke bli vurdert ved forespørsel av varer eller tjenester
- Det vil ikke bli vurdert innkjøp av alternativt maskineri i denne oppgaven. For å kunne gjøre dette trengs det dypere innsikt i verkstedets økonomi og Rainpowers fremtidsplaner for verkstedet.

### 3 Metode og terminologi



**Figur 3-1 – Metode for arbeidsprosessen arrangert i kronologisk rekkefølge**

- Arbeidet med 3D- modelleringen og arbeidstegningene må gjøres på et tidlig stadium i prosjektfasen for å sikre mottagelse av anbud benyttet i de økonomiske betraktningene. Mottatte kostnadsvurderinger vil sammenliknes med en grundigere kostnadsvurdering av tankproduksjonen hos Rainpowers verksted. Videre tankutvikling og optimalisering fortsetter da i mellomtiden. Selv om ikke tankelementer er 100 % ferdigstilte, vil ikke mindre endringer i konstruksjonen endre produksjonskostanden i stor grad.

### 3.1 Symboler og terminologi

Tabell 3-1 – Symboler og terminologi.

Symbol	Navn	Enhet
$h$	Høyde	mm
$l$	Lengde	mm
$b$	Bredde	mm
$\delta$	Vinkel	grader
$\gamma$	Vinkel	grader
$\beta$	Vinkel	grader
$g$	Tyngdeakselerasjon	$m/s^2$
$d$	diameter	mm
$A$	Areal	$mm^2$
$V$	Volum	$dm^3$
$p$	Trykk	MPa
$M$	Masse	Kg
$F$	Kraft, generelt	N
$F_x$	Kraft i x-retning	N
$F_y$	Kraft i y-retning	N
$F_z$	Kraft i z-retning	N
$\Sigma F$	Sum av krefter	N
$V$	Skjærkraft	N
$M$	Moment	Nmm
$\sigma$	Normalspenning	MPa
$\tau$	Skjærspenning	MPa
$\sigma_s$	Strekkspenning	MPa
$\sigma_b$	Bøyespenning	MPa
$\sigma_{jf}$	Jevnførende spenning (von Mises)	MPa
$W$	Tverrsnittsmodul	$mm^3$
$R_{p0,2}$	Materialets flytegrense	MPa
$R_M$	Materialets strekkfasthet	MPa
$n_f$	Sikkerhet mot materialflyt	-
$n_b$	Sikkerhet mot brudd	-

### 3.2 Formler benyttet i oppgaven

Areal:  $A = b * l$  (1)

Volum:  $V = h * b * l$  (2)

Kraft:  $F = m * g$  (3)

Sum av krefter:  $\sum F = F_1 \pm F_2 \dots \pm F_n$  (4)

Moment:  $M = F * l$  (5)

Tverrsnittsmodul  
for rektangel:  $W_x = \frac{1}{6} * (b * h^3), W_y = \frac{1}{6} * (h * b^3)$  (6)

Tillatt spenning med  
sikkerhet mot materialflyt:  $\sigma_{till.F} = \frac{R_{p0,2}}{n_f}$  (7)

Tillatt spenning med  
sikkerhet mot brudd:  $\sigma_{till.F} = \frac{R_M}{n_B}$  (8)

Skjærspenning:  $\tau = \frac{V}{A}$  (9)

Strekkspenning:  $\sigma_s = \frac{F}{A}$  (10)

Bøyespenning:  $\sigma_b = \frac{M_b}{I} * y = \frac{M_b}{W}$  (11)

Skjærflytespenning:  $\tau_f = \frac{\sigma_s}{2}$  (12)

Jevnførende spenning:  $\sigma_{jf} = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_s)^2 + 3 * \tau^2}$  (13)

Spenning i sveisemetallet  
ved lastbærende kil- og  
K-sveiser:  $\sigma_w = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + 3 * \tau_{\parallel}^2}$  (14)

Hulltrykkspenning:  $\sigma_h = \frac{F}{A} = \frac{F}{D * t}$  (15)

Effektiv forankringslengde:  $\tau = \frac{F}{2 * l_{eff} * t}$  (16)

Forkorting av plate  
etter knekking:  $Z = \frac{6-0,1R}{4} * t + 0,4 * R$  (17)

Lengde av plate  
etter knekking:  $L = L_1 + L_2 - Z + L_n - Z_n$  (18)

### 3.3 Nøkkelbegreper og ordforklaringer

**Tabell 3-2 – Nøkkelbegreper og ordforklaringer.**

Nøkkelord eller begrep	Forklaring
In-house produksjon	Intern produksjon
Outsourced produksjon	Ekstern produksjon
Motor/pumpe, Pumpemotor	Betegnelse på motor og pumpe montert sammen.
FAT (Factory acceptance test)	Test som foregår hos leverandøren av oljetrykksystemet før overrekkelsen.
Svøp	Kombinasjon av tanksider og bunn
Ressursenheter	Benevning på behov av antall ressurser. I denne oppgaven er behovet antall arbeidere.
Skilleplate	Plate som deler tankens sug- og returside.
Prelim-kalkulasjon	Grovestimat av totalproduktet som skjer i tilbudsfasen opp mot kunde.
Know how	Amerikansk uttrykk for intern kjennskap mellom mennesker som deler felles kunnskap.
Inspeksjonsluke	Avtakbare lokk for inspeksjon i oljetanken.
Komponentlokk	Avtakbart lokk med plass til ulike komponenter.
Motrokk	Avtakbart lokk for montering av motor, mellomflens og pumpe.

## 4 Bakgrunnsundersøkelser

Bakgrunnsundersøkelsene omhandlet i dette kapitlet er gjort for å forstå viktige forutsetninger om bakgrunnen til at Rainpower ønsker egenproduksjon av oljetrykkanlegg og oljetank på egne fasiliteter. Det vil bli diskutert om oljetrykkanlegg som helhet, men mesteparten av teksten vil sentreres om oljetanken

### 4.1 Dagens anbud- og tjenestekrets

Frem til nå har Rainpower stått for dimensjoneringen av trykkanleggene. Dette omfatter dimensjonering av pumpestørrelser, tankstørrelser, akkumulatorstørrelser og spesifikke krav som kunden måtte ha til de aktuelle trykkanleggene. Rainpower hører så med sine leverandører om leveranse i henhold til spesifikasjon. Oljetankene som følger systemene blir produsert av eksterne leverandører som så blir en del av sluttproduktet med tilhørende komponenter fra ulike underleverandører. Forløpet mot leverandør foregår i denne rekkefølgen:

#### 1. Dimensjonering

Dette skjer allerede i tilbudsfasen mot kunden og kalles en prelim-kalkulasjon. Leverandør vet da ennå ikke noe om denne jobben. I enkelte tilfeller blir underleverandør forespurt i tilbudsfasen for å være mer sikkert på pris.

#### 2. Anbud mot leverandør av trykksystem

Underleverandører forespørres og vurderes ut fra pris og leveringstid.

#### 3. Ordreplassering

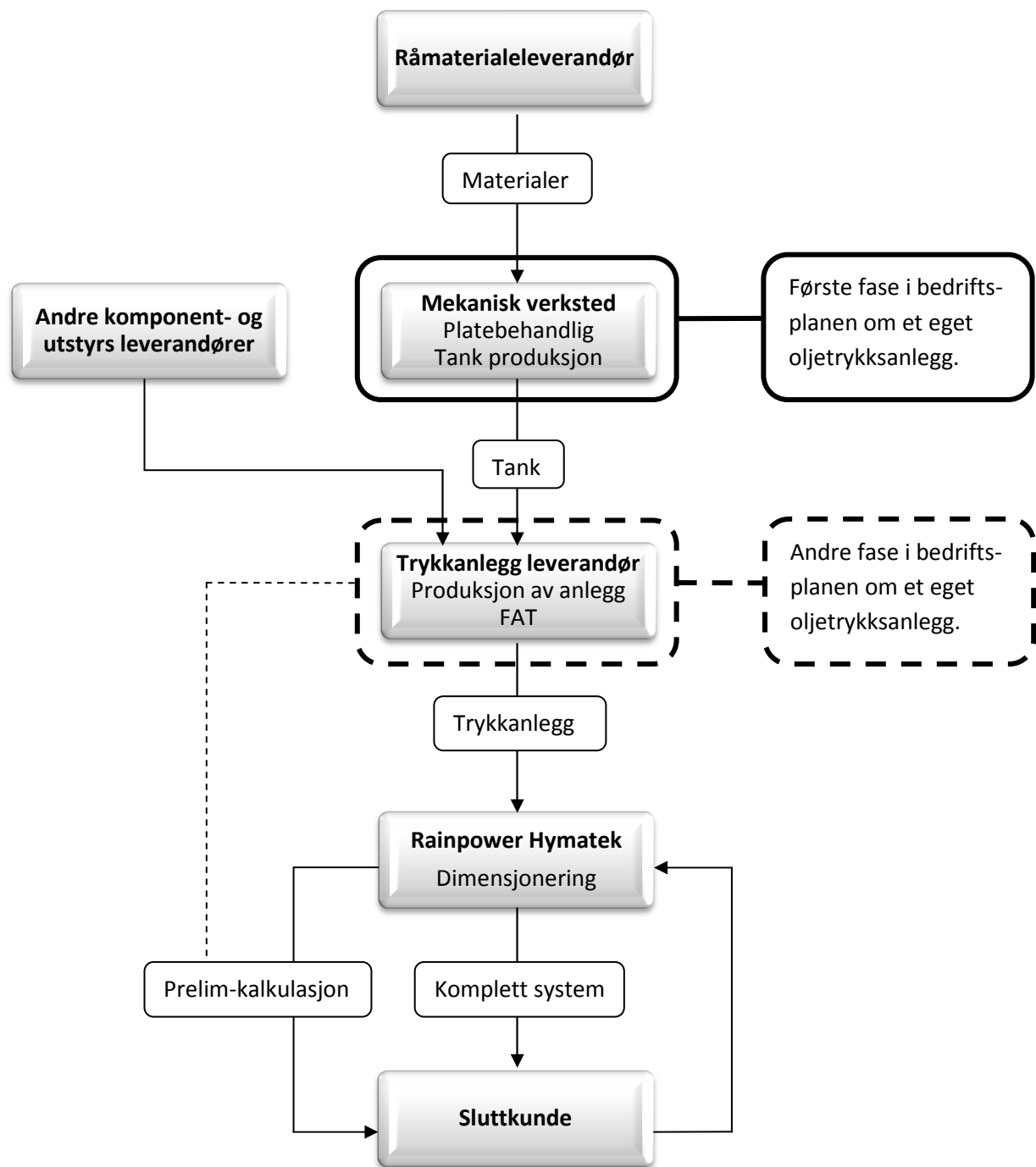
Ordre plasseres hos utvalgt leverandør.

#### 4. Trykkanlegg-leverandør

Deretter bestiller Rainpowers underleverandør tank og eventuelt braketter fra deres underleverandører, og samtlige komponenter som ventiler, blokker akkumulator etc. Dette monteres så i henhold til gjeldende lover, regler og anbefalinger som følger de ulike komponentene. Til slutt holdes det en FAT hos leverandør (Factory Acceptance Test) når anlegget er klart for test.

Basert på Vedlegg 2





**Figur 4-1 - Flytskjema er et tillegg til forklaringen om "Dagens anbud- og tjenestekrets". I tillegg illustrer skjema også varer og tjenester gjennom hele forsyningskjeden. Tekstboks med heltrukket linje forklarer hvilken del i kretsløpet som denne oppgaven sentres om. Tekstboks med stiptet linje vil være neste steg i bedriftsplanen om et eget oljetrykksanlegg.**

## 4.2 Verksted Sørumsand

Her forklares generelt om Rainpower verkstedet Sørumsand. Informasjonen er hentet fra Rainpowers nettsider og er ikke egnet for analyser av verkstedet. Disse opplysningene vil være et grunnlag for en mer inngående undersøkelse av maskineri og fasiliteter av verkstedet kan gjøres.

### Om verkstedet:

”Rainpowers verksted på Sørumsand er i kundekretser anerkjent som et av verdens beste vannkraftverksteder og fremstår som et av de fremste og mest komplette tungmekaniske miljøer i Norge. Her jobber fagarbeidere innenfor platearbeid, sveising, industrimekanikk og CNC-maskinering. Rainpower Fabrication er godkjent opplæringsbedrift for i alt sju fag: Platearbeid, sveising, industrimekanikk, CNC-maskinering, industriell overflatebehandling, NDT-kontroll og dimensjonskontroll. Arbeidet på Sørumsand er i dag konsentrert om vannkraft, med noen leveranser til annen industri.” [1]

Areal: 10800 m<sup>2</sup>

Kapasitet: 150 tonn x 7,5 m, 90.000 timeverk pr. år

Rundt 100 ansatte:

- plate og sveis
- maskinering
- montasje og anleggsoppfølging
- overflatebehandling
- vedlikehold
- kvalitetsstyring
- ledelse
- planlegging og kostnadsestimering
- konstruksjon

### Sertifiseringer:

NS-EN ISO 9001:2000 (kvalitetsstyring)

OHSAS 18001 (helse og sikkerhet)

NS-EN 14001 (miljø)

NS-EN ISO 3834-2 (sveising)



Figur 4-2 – Oversiktsbilde fra verkstedet [1].

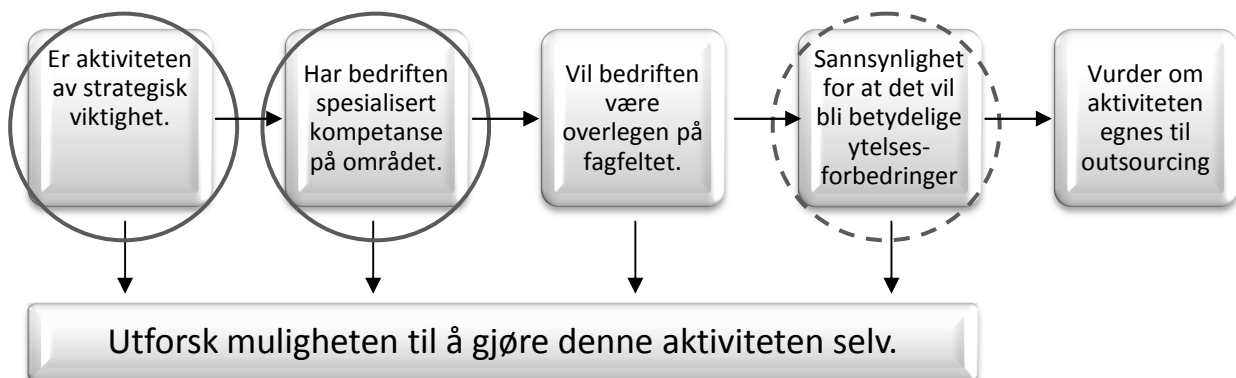


Figur 4-3 – Flyfoto over verkstedet. Totalt areal 10800 m<sup>2</sup> [1].

### 4.3 Outsourcing (Tjenesteutsetting)

Det er flere viktige faktorer å ta hensyn til ved å flytte tidligere outsourcing av produkter og tjenester in-house. Rainpower Hymatek sitter med spesialisert kunnskap innen flere fagfelt, og vurderer derfor å bruke egen erfaring og ekspertise til å produsere trykkanleggene selv, på Rainpowers egne fasiliteter. Når det gjelder produksjon av oljetankene tilhørende disse anleggene, har verkstedet på Sørumsand mange meget erfarne mekaniske arbeidere. Blant annet består verkstedet av en arbeidsstokk med meget lang og bred erfaring innen sveising og maskinering, blant annet på grunn av ekstremt høye krav til toleranseavvik ved produksjon av turbinhjul og andre turbinkomponenter.

Figur 4-4 er hentet fra boken Operations Management [4] s.155, og beskriver viktige aktiviteter som det må tas hensyn til ved å gå fra tidligere ekstern til intern produksjon. I Figur 4-4 er postene av viktighet markert med hel og halv-trukket sirkel. Den første posten er markert grunnet tankens posisjon i en større bedriftsstrategi der Rainpower har visjon om produksjon av komplette trykkanlegg selv, inkludert tank. Post to er markert grunnet verkstedets brede produksjonskompetanse. Det fjerde leddet er markert med stiplet sirkel grunnet usikkerhet rundt ytelsesforbedringene som kan gjøres på Rainpowers verksted i forhold til andre ledende leverandører på markedet med hensyn på kvalitet og effektivitet. Dette kapittelet baseres på [4] s.152-155 og er satt opp mot gjeldende produkt og bedrift.



**Figur 4-4 - Metode som synliggjør viktige momenter som må tas hensyn til ved å gå fra tidligere ekstern produksjon til intern produksjon. Teksten er direkte oversatt fra engelsk til norsk og er hentet fra boken Operations Management [4].**

#### 4.3.1 Kvalitet

Ved å produsere oljetankene selv vil ulike former for kvalitetssvikt være lettere å oppdage, og en kan raskt gjøre endringer i produksjon og rutiner. På den annen side vil en leverandør av oljetanker kunne besitte spesialisert kunnskap og erfaring spesielt rettet mot produktet. Siden verkstedet tidligere har produsert tanker til ulike formål, vil forskjellen på kvalitet og kjennskap utliknes selv om dette er flere år siden.

### 4.3.2 Tid

Rainpower må ha tilgjengelig tid og arbeidskraft til å utføre operasjonene som ligger til grunn ved valget av å gjøre selv. Hvor lang tid det tar å produsere en tank avhenger blant annet av design og kompleksitet av produktet, samt begrensninger det vil kunne være til maskineri og verktøy, og tilgjengeligheten av ressurser i et allerede tett produksjonsprogram. Det er viktig at tankproduksjonen ikke påvirker annen tilvirkning, slik det oppstår forsinkelser med andre vitale oppgaver på verkstedet. Det er også viktig å merke seg at produksjon på eget verksted vil eliminere eventuelle transportforsinkelser som kan oppstå fra eksterne leverandører.

### 4.3.3 Pålitelighet

Leveransepålitelighet er viktig da forsinkelser i leveranse koster. Forsinkelser i leveranse vil også kunne forplante seg i utover i systemet og forsinke andre deler av en produksjon. Det vil ofte være lettere å overvåke en produksjon som foregår på ens egne fasiliteter, og påskynde leveransen av produktet hvis dette skulle være nødvendig. På en annen side vil bedrifter som lever av å levere spesialiserte produkter og tjenester til andre, være meget klar over betydningen av forsinkelser i leveranse og hva dette vil påføre dem av for eksempel frafallende kunder. En intern produksjon vil kunne ta dette ansvaret lettere enn spesialiserte leverandører ville ha gjort.

### 4.3.4 Fleksibilitet

Rainpower ønsker seg et trykkanlegg som lett kan gjenkjennes som et "Rainpower trykksystem". Det er viktig at formen og utseendet samt arrangementet av komponenter og komponentgrupper gjøres på en lik måte (teknisk er disse systemene like). Dette er viktig da dette vil virke som reklame for å styrke Rainpowers profil i et konkurrerende marked. På grunn av at Rainpower ikke selv utvikler detaljtegninger over systemene, og ulik fleksibilitet hos de forskjellige underleverandørene, har dette til nå vist seg vanskelig gjennomførbart. Leverandørene av trykkanleggene har også sine egne underleverandører som de bestiller tank, braketter og annet utstyr fra, slik at det samlede utseendet av systemet som blir levert Rainpower, alltid vil bli ulikt visuelt.

### 4.3.5 Kopiering

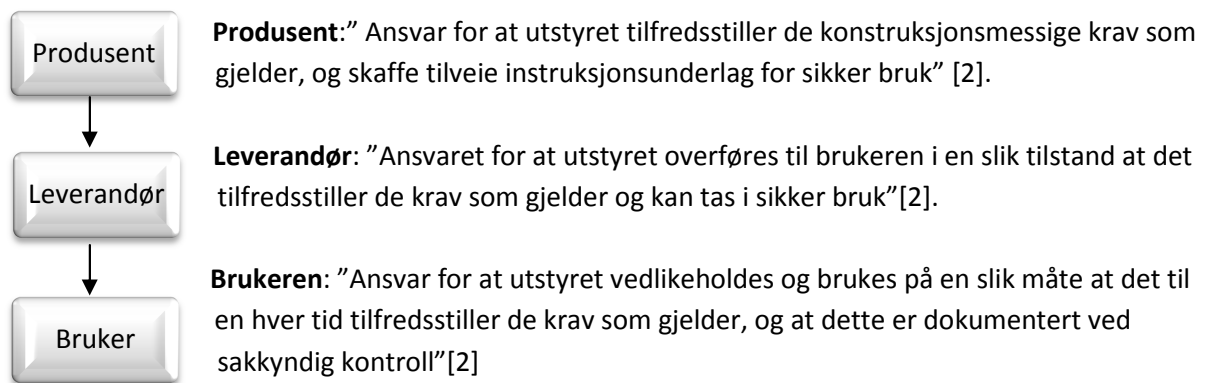
Rainpower ser sporadiske hendelser på overlevering av tekniske løsninger til underleverandører når produksjonen settes ut, noe som øker faren for kopiering. I et skjerpet marked vil dette være viktig for å kunne ha eventuelle konkurransefortrinn fremfor sine konkurrenter.

### 4.3.6 Kostnad

Hovedgrunnen til tjenesteyting er kostnadsbesparelsene som kan gjøres. Bedriftene som gjør disse operasjonene, masseproduserer ofte produktet og er ofte mer effektive til dette. De er også meget motiverte til hele tiden å effektivisere sin egen produksjon på grunn av at dette har direkte innvirkning på overskuddet. På grunn av erfaringen og høy kvalitet som Rainpowers verksted sitter på, er det all grunn til å anta at fortjenesten på tankene som ellers har gått til eksterne verksted og leverandører, heller vil være fortjeneste til Rainpower. Eksterne leverandører tar også profitt på komponenter som er kjøpt inn hos deres underleverandører. Ved produksjon av små volum vil det være vanskelig å få fordelene eksterne leverandører kan ha ved masseproduksjon. Det er viktig å merke deg at produksjonen på Rainpowers verksted skal produsere flere størrelser enn kun tankstørrelsen i denne oppgaven.

### 4.3.7 Dokumentasjon og ansvar

Ansvarskjeden ved produksjon og omsetning av et produkt.



**Figur 4-5 – Figuren er hentet fra [2] og viser ansvarskjeden ved produksjon og omsetning av et produkt.**

Kravet til dokumentasjon og ansvar vil øke med mengden av arbeid en velger å gjøre selv. Ved produksjon av et komplett trykkanlegg vil en måtte stå til ansvar for ulike krav som måtte foreligge i henhold til maskinforskriften og brukerforskriften. I tillegg til disse forskriftene vil en sannsynlig komme i kontakt med produktansvarsloven, produktkontrollloven, forurensingsloven, og bygningsloven. På anleggene som kan leveres som standard vil ikke dette være noe problem for Rainpower å dokumentere, men systemene som krever mer engineering per leveranse grunnet kunde krav, bør trolig fortsette å settes ute på tilbud hos leverandører. Kravet til dokumentasjon og ansvar vil kreve større ressurser hos Rainpower som vil gå utover sluttprisen til kunde.

## 4.4 Markedsbehov og potensiale

Det vil her bli gjort en grov kostnadsvurdering av tankproduksjonen. Først vil kostnaden over alle tilhørende hovedkomponenter på trykkanlegget summeres i en liste for sammenlikning. Deretter vil den estimerte kostnaden per tank bli sammenliknet med den grove kostnadsvurderingen gjort i samarbeid med Rainpowers verksted.

### 4.4.1 Kostnadssammenlikning av komponenter

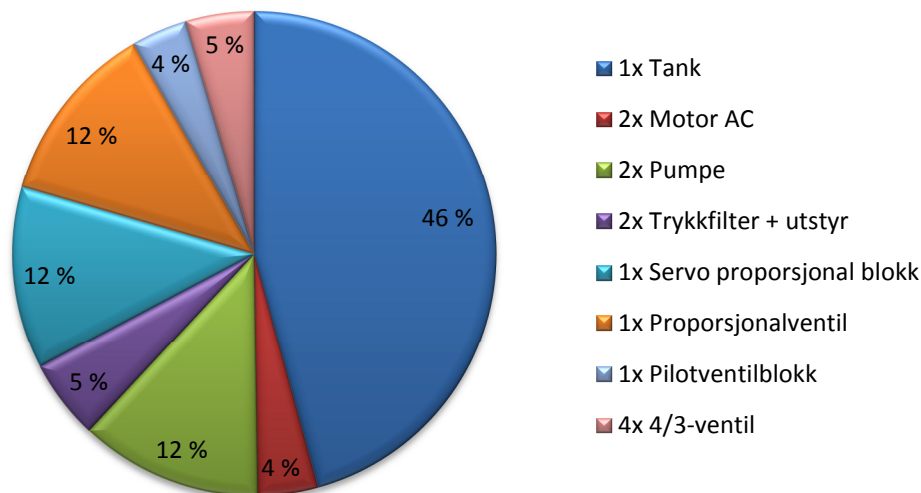
Hovedandelen av oljetrykkanleggene levert av Rainpower er til Francis aggregater med tankstørrelser på 600l luftvolum, to stk. motorer, NG 16 proporsjonalventil og blæreakkumulator. Matrisen for denne konfigurasjonen sees i *Tabell 4-1*. Dette er brukt som grunnlag for å finne et grovestimat over kostnadene de enkelte komponentene tar i et trykkanelegg. Rainpower regner med at enhetsprisen for tanken vil tilsvare 60 000 kr ut fra deres oljetrykkleverandør. Enkeltkostnadene på de andre komponentene er omtrentlige priser Rainpower regner med å betale.

**Tabell 4-1 – Tall hentet fra Vedlegg 1. Eksempel på konfigurasjonsmatrise som forklarer enhetens type og størrelse. Matrisen beskriver et Francis aggregat med tankstørrelse rundt 600 l, to stk oljepumper, blæreakkumulator og NG16 proporsjonalventil.**

GOPS	-	600	-	F	-	2	-	16	-	3	-	B
------	---	-----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---

**Tabell 4-2 – Oppsummering av enhetskostnader for de enkelte hovedkomponentene i systemet.**

Komponenter	Type	Stk. pris	Stk. ant.	Samlet pris
Tank	600 l	60 000	1	60 000
Motor AC	Busck-MS132MA-4	2 630	2	5 260
Pumpe	PGF eller PGH	8 000	2	16 000
Trykkfilter + utstyr	Standard	3 500	2	7 000
Servo proporsjonal blokk	NG16	16 000	1	16 000
Proporsjonalventil	NG16	16 000	1	16 000
Pilotventilblokk	C3ST-4	2 450	2	4 900
4/3-ventil	Standard	1 500	4	6 000
<b>SUM NOK</b>	-	-	-	<b>131 160</b>



**Figur 4-6 – Kakediagrammet oppsummerer enhetskostnadene i GOPS 600 systemet. Dette synliggjør tankens rolle i det totale systemet.**

#### 4.4.2 Diskusjon av enhetskostnader

Av kakediagrammet ser en at tanken utgjør 46 % av de samlede kostnadene over komponenter som ofte er den største kostnadsbæreren i systemet. Produksjonskostnaden på tankene kan variere mye fra de ulike leverandørene. Grunnen til at tanken tar så stor del av enhetskostnadene er på grunn av at tankene er et custom produsert produkt. Mange av de andre inngående komponentene er serieproduserte hyllevarer. Potensialet for kostnadsreduksjon av tankene er høyt med riktig produksjonsteknikk, riktig maskineri og utstyr kombinert med en erfaren arbeidsstokk. Med et godt design og smarte løsninger vil tankens porsjon av komponentkostnadene reduseres.

#### 4.4.3 Grov kostnadskalkyle på tankproduksjonen hos Rainpower

Under den tidligere Kværner ledelsen ble det produsert oljetanker til ulike formål. Alt produksjonsunderlag om dette ikke er per dags dato mulig å fremdrive. Derimot vil ansatte som nå jobber på verkstedet under Rainpower organisasjonen inneha viten rettet må tynnplatebearbeidelse og tankproduksjon. Grovestimatet av tankproduksjonen er gjort i samarbeid med produksjonsansvarlige hos Rainpower verksted. Grunnlaget for beregningene er en standard 600 l tank fra Slåttland og "GPS 300" lokk-konfigurasjon med alle hullboringer utledet i 4.6. Det er brukt en gjennomsnittlig timerate på 700 kr. Materialkostnader er ikke med i denne beregningen.

**Tabell 4-3 – Grovestimat gjort i samarbeid med produksjonsansvarlig hos Rainpower.**

Operasjon	Timer	Pris	SUM NOK
Skjære	2.5	700	1 750
Boring / gjennomslag	7	700	4 900
Oppfestning / sveising	7	700	4 900
Grade/ rengjøring	3.5	700	2 450
Sammenstilling	3.5	700	2 450
Slingring	6.5	700	4 450
Sum tankproduksjon	21	-	21 000

**Tabell 4-4 – Sammenlikning av grovestimatet og prisen for tankene Rainpower regner med å betale i en levert pakkelsning fra deres leverandør. Avansen leverandøren tar per tank er da tre ganger av deres innkjøpspris.**

	Pris per stk.(kr)	Pris 10 stk. (kr)
Kjøpt på anbud	60 000	600 000
Selvprodusert	21 000	210 000
Differanse	39 000	390 000
Avanse	2,86	-

#### 4.4.4 Diskusjon av grov kostnadskalkyle

Hvis Rainpowers kalkulering på 60 000 kr per tank er riktig, og en tar utgangspunkt i denne estimerte tankproduksjonen ut fra tankprodusent, betyr det at leverandøren av trykkanlegget bruker en avanse på rundt tre av deres inn pris. Slik det fremkommer av kakediagrammet samt det grove kostnadsestimatet for produksjonen vil det da være fornuftig å se videre på egenutviklingen av tanken.



## 4.5 Eksisterende løsninger

Rainpower sitter ikke på produksjonstegninger av tanker. I dette kapittelet er det derfor tatt utgangspunkt i skjema Rainpower har over tidligere anlegg for utredelse av komponentplassering og løsninger. For en produksjonsteknisk utredelse av design og konstruksjon er det tatt utgangspunkt i en 600 l standard tank fra Slåttland. OPS 300 er den gamle betegnelsen på systemet. Totalt luftvolum er 600 l.

## 4.6 OPS 300

Fra Vedlegg 3:

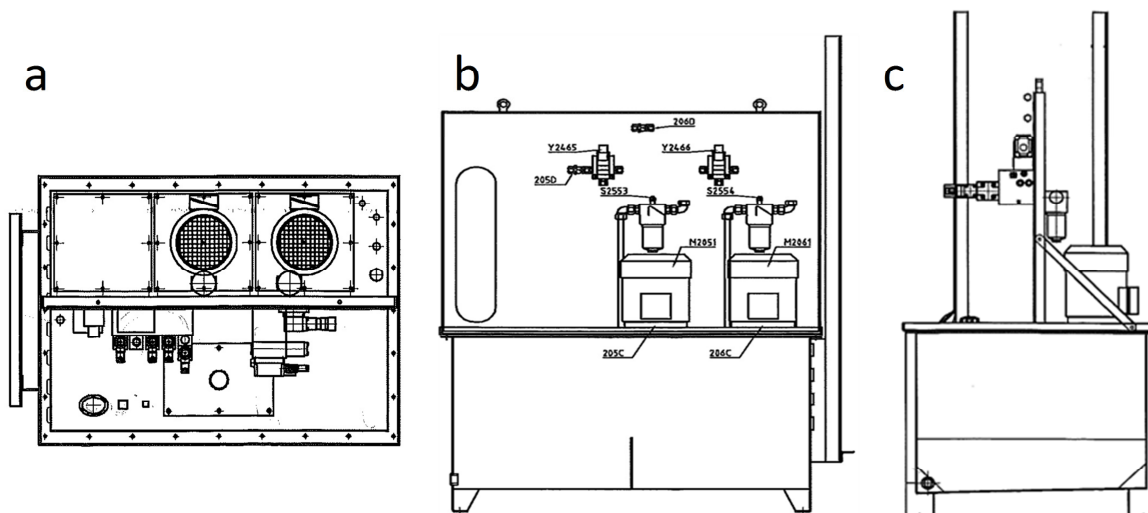
**Form** - Rektangulært prisme

**Størrelse lokk (L,B)** - ukjent

**Volum** - 600 dm<sup>3</sup>

**Motor/pumpe konfigurasjon** - Neddykket pumpe

**Komponenter** – maksimalt 2 x 11 kW AC, 1 x 3kW DC



**Figur 4-7** – Bildene viser et tidligere levert anlegg med tank på 600l luftvolum. a) Anlegget sett fra oven og ned. b) Anlegget sett forfra. Montasjevæggen på bildet er en kostnadsfrembringende del av tanken det nå ønskes slutt på. Hyppigere bruk av blokkløsninger sparer plass og vil gjøre denne overflødig. c) Anlegget sett fra siden.

### Monteringsvegg:

Denne blir brukt til montering av hydrauliske komponenter som blokk, ventiler, filter, festepunkter til slanger, løfteører, etc. Denne veggens fjerning ønskes da de har fått beskjed fra leverandører at denne utgjør et betydelig kostnadstillegg på tank-konstruksjonen. Rainpowers aggregat vil i større grad nytte seg av blokkløsninger for et mer kompakt og elegant design som minimerer rørlegging, lekkasjefare fra slangetilkoblinger og kostbare fittings. Alt av utstyr vil da monteres direkte på tanklokket.

**Skillevegg:**

Er montert på tvers av tanken og vil ikke dele sug og retur siden av tanken hvis en AC motor blir brukt til oppstart. Det beste vil være å montere denne på langs med tanken slik at den skiller sug- og returside gjennom hele tanken.

**Inspeksjonsluke:**

Plasseringen av denne er på toppen av tanklokket. Dette vil gjøre tanken sikrere mot lekkasje isteden for montering på sidene.

**Komponentplassering på tanklokket:**

*Figur 4-7* viser tanken delt i to soner, en side med pumpemotorer og en side med komponenter. Pumpemotor er plassert på demonterbare lokk som er skrudd fast på selve tanktoppen. Dette er for å kunne demontere pumpen uten å ta av hele tanktoppen. I noen tilfeller er oljepumpa større enn selve hullet som er nødvendig for montasje av motor mot pumpe. Det vil da ikke være mulig å demontere oljepumpe gjennom lokket hvis ikke slike demonterbare plater eksisterer. Videre ser en på *Figur 4-7* en ledig plass til en DC-motor som brukes i tilfelle strømstans. Oljetrykkanlegget er da avhengig av ekstern strøm og kan da regulere turbinanlegget uten elektrisitet fra strømmettet.

**Produksjon av tanklokk**

Tanklokket er et custom lokk der Rainpower har egne retningslinjer for plassering av komponenter etc. Lokket er delt opp i et hovedlokk og mindre komponentlokk. Et slikt custom lokk som er brukt i dette oppsettet er et kostnadsfrembringende element grunnet komplisering og økt produksjonsmengde. Slik en kan se av Vedlegg 4 kombineres hovedlokket med 6 mindre komponentlokk. Siden komponentlokkene må være noe større enn hullgjennomføringen på tanklokket, betyr dette større materialbruk hvis en ikke kan bruke restmaterialet til andre tankdeler. Dette er eksempel støttestruktur til bein, braketter (hvis materialtykkelsen tillater dette) eller alternativt skillevegg i tanken.

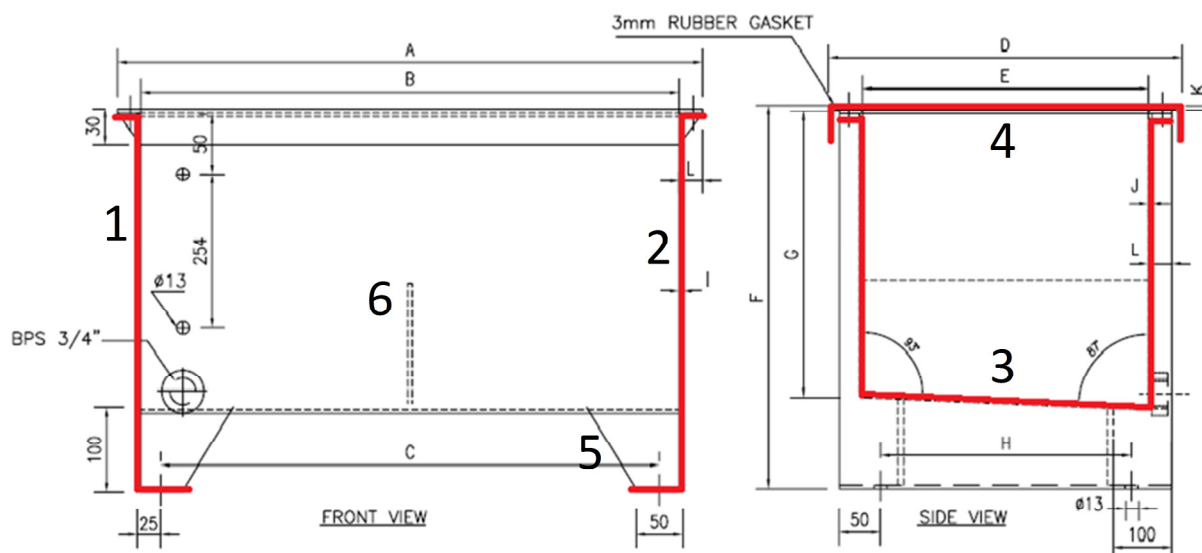
## 4.7 600 l standardtank fra Slåttland

I dette kapittelet forklares tankproduksjonen av 600 l standard tank fra Slåttland. Vedlegg 5

**Form** - Rektangulært prisme

**Størrelse lokk (A,D)** - (1260 x 934)mm

**Volum** - 600 dm<sup>3</sup> ±5 %



**Figur 4-8** – De røde strekene representerer hver et tankelement og hjelper å synliggjøre funksjon og bearbeidelsesmetoden som er brukt.

**Tabell 4-5** – Oppsummering av tilvirkningsprosessen for Slåttland 600 l oljetank.

Komponent	Funksjon	Anvisning
<b>1 og 2</b>	Vegg i lengderetning Bein Lokk support	Disse er knekt i to omganger og er markert i rødt og nummerert i figur..
<b>3</b>	Vegg i bredderetning Tankbunn Lokk support	Denne delen er knekt i fire omganger og er markert i rødt og nummerert i figur..
<b>4</b>	Lokk	Knekt i fire omganger
<b>5</b>	Beinavstivning	Sveist
<b>6</b>	Skillevegg	Sveist

Dette designet motiverer til rimelig fabrikasjon og er økonomisk riktig ved å holde deleantallet nede i tillegg til at flere av delene har multifunksjoner (vegg + bein og vegger + bunn). De resterende komponentene til denne tanken er da avstivning til bein og skillevæggen i tanken som begge sveises i stilling. Multifunksjonskomponentene krever mindre sveising og oppspenning av deler. Knekkingen av hjørnene bidrar også til å redusere faren for lekkasje som kan oppstå i sveisesømmer. Hvis det oppstår lekkasje i sveisesømmer er tanken nødt til å sendes tilbake for inspeksjon. Den må så tømmes, renses og utbedre punktene som lekker. Dette scenarioet vil være kostbart for begge parter da dette fører til tapte inntekter for kunden samt uforutsette utgifter for leverandøren.

## 5 Produktspesifisering

Design og konstruksjonsgrunnlaget som blir omtalt i dette kapittelet er hentet ut fra diverse lektyre om hydraulikk. Mye av opplysningene som legges frem her er ikke lovpåbundet, men er know how og generell kunnskap for å kunne oppnå et effektivt og godt design av oljetrykkanlegg.

### 5.1 Design- og konstruksjonsgrunnlag

#### 5.1.1 Tankutforming og volum

Det finnes ikke noen standard utforming på hydrauliske tanker. En kule har størst volum per overflate og er derfor mest materialbesparende. Derimot er denne formen produksjonsteknisk mest komplisert og vil ofte ikke egne seg til hydrauliske tanker da montering av utstyr kompliseres. En sylinderformet tank er mye brukt der det er snakk om meget store innvendige volum og der tankene er trykksatt, siden kraften blir spredt jevnt over flatene. De er økonomisk og produksjonsteknisk effektive. Den mest brukte formen på tanker oljetrykkanlegg er rektangulære prismer. Dette har en rekke fordeler med tanke på tilgjengelig areal for plassering av komponenter på tanken.

Tankstørrelsen beregnes ut i fra den begrensende faktor:

- 4x volumstrømmen
- 3x arbeidsvolumet (dvs. mediene i rørene og sylindrerne)
- Alle tanker skal romme ekstra plass på minst 10 – 15 % av det totale væskevolumet. Dette gir mulighet for termisk ekspansjon av oljen i tillegg til tilbakerenning fra rør etc. Under driftsstans.
- Hvis det ikke er ønskelig å bruke ekstern kjøling må tanken beregnes på kombinasjonen mellom høyeste tillatte oljetemperatur og omgivelsestemperatur.

Mange tanker utstyres også med løfteører for transport og bør beregnes med full tank.

#### 5.1.2 Plassering av motor og pumpe

Plassering av motor/pumpe gjøres hovedsakelig på tre måter for å møte eventuelle krav til plass og funksjon.

- På tanken
- Neddykket i tanken
- Ved siden, over eller under tanken med ramme.

Plassering på, eller neddykket i tanken begrenses hovedsakelig av vekten og den fysiske størrelsen til komponentene. Eksempelvis vil en 37kW motor veie opptil 260kg. Med vekten av pumpen og annet utstyr vil som kobles på motoren, vil den totale vekten risikere å komme opptil 300kg. For å bære denne tyngden kreves det høye utmattingssegenskaper av tankkonstruksjonen. Fordelen med mindre motor/pumpe som monteres neddykket eller på tanken er plassbesparelsen dette frigjør. Negativt vil vibrasjonene fra de roterende delene kunne forplante seg i tankkonstruksjonen og skape skumdannelse i tanken.

### 5.1.3 Plassering av annet tank tilbehør

#### **Kjølekrets:**

Brukes hvis oljen ikke har kapasitet til å bli avkjølt av omgivelsene. Hovedsakelig brukes vannkjøling og luftkjøling. Denne kretsen kan plasseres på tanken for plassbesparelse. Dette vil i tillegg se bedre ut da alle komponenter holdes innenfor tankens rammer.

#### **Pustefilter**

Pustefilter fungerer som trykkregulering når tankes oljenivå varierer. Dette kombineres ofte med en påfyllingstrakt. Ikke noe krav eller anbefalinger på hvor dette bør plasseres i forhold til sug eller retur.

#### **Nivåglass**

De fleste reservoar har et visuelt seglass hvor en kan se oljestanden i reservoaret.

### 5.1.4 Oljeforurensning

Forurensninger i oljen er ikke unngåelig selv ved bruk av filtre og annet utstyr. Med Forurensninger i oljen menes avleiringer av slam og partikler som unnslipper systemets filtreringsprosess. På grunn av temperaturvariasjoner vil det dannes kondensvann i oljetanken. En meget liten del av dette vannet vil bli oppløst i oljen. Resten av vannet danner en emulsjon med oljen eller bli separert og legger seg på bunnen. Selv små forurensninger i oljen kan utgjøre skader på utstyr som vil være kostbare å reparere eller føre til driftsstans som kan få store økonomiske konsekvenser for både leverandør og bruker av utstyret. Det er flere motmiddel som brukes for å unngå dette.

#### **Returfilter:**

Returfiltre er ofte plassert på innsiden av tanken for å spare plass og gir samtidig et penere layout. Ved bruk av et internt returfilter er det viktig å passe på at forurensninger som samles i filteret ikke kommer i reservoaret under skifte av patron. Eksterne returfiltre er lettere tilgjengelige for service og holder mulige forurensninger på utsiden av tanken, men til gjengjeld må det legges opp rør som vil oppta mer plass.

#### **Skillevegg:**

Skilleveggen i oljetankene plasseres ofte midt i tanken og deler sug og retursiden. Skilleveggen funksjon er å la returoljen få lengst mulig transportvei fra retur til suget. Derfor bør innløpet til pumpen og retur ligge i samme ende av reservoaret. Dette fører til en rekke fordeler. Oljen får lengre transportvei slik at den får bedre kjøling og eventuelle forurensninger bunnfelles. Luftbobler og skum som oppstår i retur rekker også å flyte til toppen slik at en unngår mulig kavitasjon i pumpen. Skilleveggen må være høy nok til å holde på forurensningene til tanken rengjøres og at partikler får tid til å bunnfelles fra retur til sugesiden.

#### **Andre motmidler:**

Videre bør det brukes magneter i tanken for å fange magnetiske partikler. Disse plasseres ofte på skilleveggen. For å fange tyngre partikler som kan ha unnsloppet filtreringen kan det lages en neddykning i tankbunnen. Alle tanker produseres med hellende bunn for å samle avsetninger.

### 5.1.5 Rengjøring og vedlikehold

Rengjøring og service er viktige elementer som må tas med i designprosessen. Det må være muligheter for å tømme avleiringer på både sug- og retur siden, hvis en skillevegg er brukt. Ideelt sett bør luker være store nok til at servicepersonell kan manøvrere rengjøringsutstyr i tanken og være store nok til at personell kan komme til alle steder av tanken. Det er vanlig å ha inspeksjonsluker lokalisert på sidene for å lette tilkommeligheten inne i tanken. Noen velger likevel å plassere inspeksjonslukene på toppen av tanken for å sikre seg mot mulig lekkasje.

### 5.1.6 Varmeoverføring

Geometrisk sett har en rektangulær prismeformet tank størst varmeoverføringsareal per volum. Teoretisk, fordi varmen stiger, holder toppen av tanken det største potensialet for varmeoverføring til omgivelsene. I spesielt skitne miljøer vil forurensninger ofte samles på reservoartoppen og fungere som isolasjon. Dette reduserer den effektive varmeoverføringen fra toppen av reservoaret, slik at reservoarsidene utgjør mest av varmeoverføringen. En høy og smal geometri sparer mer gulvplass og gir en stor overflate for varmeoverføring, men vil gå på bekostning av arealet utstyret krever for montering på tanklokket.

Dette kapittel 5.1 er basert på [12-14].

## 5.2 Kundekrav til GOPS 600

I dette kapitlet defineres hvilke krav Rainpower stiller til tankene i sin GOPS – serie. Alle data under er enten hentet fra Vedlegg 1, eller utarbeidet samarbeid med Rainpower.

**Form** - Ved det andre besøket hos Rainpower ble det diskutert sammen med produksjonsansvarlig på verkstedet, alternative utforminger på tanken, blant annet muligheten for en sylinderformet tank med plassering av komponenter på den ene sirkulære flaten. Forslaget ble lagt frem av produksjonsansvarlig grunnet at dette er en kostnadseffektiv fremstillingsprosess Rainpower. Rainpower fabrikkerer blant annet rørstrekket inn og ut fra turbinene. Leverte plateelementer blir så valset til sirkulære tverrsnitt. Utfordringen med denne utformingen melder seg ved ulike tekniske detaljer, komponentplassering, tilgang til komponenter under rutinesjekk, plassering i forhold til rommet utstyret skal stå i, og tidligere design og gjenkjennelse. Det ble derfor konkludert med at formen skulle være et rektangulært prisme.

**Volum** - 600 - dm<sup>3</sup> - ± 5 %

**Motor/pumpe konfigurasjon** - Toppmontert, Neddykket pumpe.

**Krav til plass pga. komponenter** - 2 x 11 kW DC, 1 x 11 kW AC, NG 25 fra Bosch Rexroth,

**Tabell 5-1 – Satte platetykkelser for de ulike tankelementene. Grunnen til at det benyttes rustfritt stål (AISI 304 / EN 1.4301) er det ikke trenger å overflatebehandles.**

GOPS	100	400	600	1200	1800	2500	3600
Materiale	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304
Platetykkelse for tanktopp, intern delevegg og evt monteringsplater for pumpemotorer.	≥ 6mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm
Andre konstruksjonsplater	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm

### Tanklokk:

Tanklokk produseres med knekte kanter som skal fungere som en dryppkant for evt lekkasjer fra ventiler og koblinger.

### Motor/pumpe:

Det skal brukes en neddykket pumpe/motor konfigurasjon. I likhet med OPS 300 er disse er nødt til å monteres på eksterne avtakbare lokk for enklest mulig tilkommelighet ved eventuell reparasjon eller tilsyn. En neddykket konfigurasjonen er preferert fremfor andre plasseringsmuligheter ved bruk av motorstørrelser på opptil 11kW. I tillegg til å være plassbesparende vil en med en neddykket pumpe oppnå markant mindre støy. Det er viktig å bruke vibrasjonsdempende tilleggsutstyr til motoren samt en stivest mulig tank for å hindre vibrasjoner samt strukturell styrke.

### Inspeksjonsluke

Toppmontert inspeksjonsluke grunnet faren for lekkasje.

**Materiale:****Tabell 5-2 – Materialdata for EN 1.4301 / AISI 304 – 2B kaldvalset[15].**

Råmaterialeleverandør	Ruukki Norge
Materiale	EN 1.4301 / AISI 304 – 2B kaldvalset
Struktur	Austenittisk (X5CrNi18-10) (Krom 18-20 %, Nikkel 8-10,5 %, Karbon - maks 0,08 %)
Tykkelse (mm)	0,5 – 6
Standardformater for levering (mm)	(4x1250x2500 (Vedlegg 2)), (6x2000x4000, 6x2000x6000 (Vedlegg 6) leverte formater fra Ruukki Norge
Tekniske data fra [15] og [16]	Materialdata
Hardhet, Brinell	123
Strekkfasthet (MPa)	540-750
Flytegrense $R_{p0,2}$ (MPa)	230
E-Modulus(GPa)	193-200
Posions tall	0,29

**Egenskaper og bruk:**

Denne legeringen blir brukt til blant annet husholdningsutstyr og prosessutstyr grunnet meget god korrosjonsmotstand. Det har høy duktilitet og gode formings egenskaper. Det er hovedsakelig ikke-magnetisk, men kan bli noe magnetisk i kalbearbeidingssoner. Lavt karboninnhold betyr mindre utfelling av kromkarbid i korngrensene under sveising noe som betyr lite mottakelighet for interkrystallinsk korrosjon.

Det er viktig å merke seg at rustfritt stål er forskjellig fra vanlig karbonstål under kaldforming eller bearbeiding med skjærende verktøy.

- Austenittisk stål får en høyere fasthetsøkning.
- Høyere verktøyslitasje.
- Lettere kaldsveiset til skjærverktøyet.

Basert på [15-17]



### 5.3 Metriske grensespesifikasjoner på komponenter

Grensespesifikasjonene i dette kapittelet definerer kravet til nødvendig størrelse og styrke til tanklokket. I samarbeid med Rainpower er det besluttet i å ta utgangspunkt i 4 pols motorer bra BEVI.

**Tabell 5-3 – Motorstørrelsene er hentet fra Vedlegg 7 og henhold til Rainpowers brukte størrelser vedlegg 1.**

Bevi - Motor type	Effekt 50 Hz (kW)	Nettovekt (kg)	IEC Flenstype
ISSh 90L-4	1,5	14	B5 og B14
ISSg100L-4B	3	26	B5 og B14
IPSSg112M4A	5,5	39	B5 og B14
ISSg132S-4	5,5	62	B5
ISSg132M-4	7,5	73	B5
IPSSg132M-4A	11	82	B5

**Tabell 5-4 – Vedlegg 7 – Dimensjonene på flensene vil definere ytterverder på motorlokkene, gjennomføring i motorlokk og på tanklokk.**

IEC flenstype	B14A (liten flens)				B5 (stor flens)			
	M	N	P	S	M	N	P	S
90	115	95	140	M8x4	165	130	200	12x4
100	130	110	160	M8x4	215	180	250	15x4
112	130	110	160	M8x4	215	180	250	15x4
132					265	230	300	15x4

**Tabell 5-5 – Vedlegg 8 NG-ventilserien er de største ventilene og vil være med på å definere kravet til plassering på tanklokket. NG 25 er GOPS 600 største brukte ventiler.**

Bosch NG ventilserie	(HxBxL)	Vekt (kg)
NG 25	242x382x118	18,4

**Tabell 5-6 – Vedlegg 9 Største pumpe definert av.**

Bosch PGH serie	Høyde (mm)
PGH5-2X/250	306

**Tabell 5-7 – KTR mellomflens valgt fra KTR online seleksjonsprogram Vedlegg 10.**

KTR - Mellomflens	Høyde (mm)
PL 400/4/35	168
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mellomflensen er valgt ut av KTR online seleksjonsprogram og er definert ut i fra største brukte motoren og pumpa i systemet Vedlegg 10</li> </ul>	

## 6 Ide- og konseptgenerering

Det første som gjøres i dette kapittelet er å spesifisere størrelsen på tanken. Dette gjøres først ved å definere kravet til størrelsen av tanklokk definert av komponentene som skal brukes og hvordan de skal plasseres. Deretter defineres nødvendig innvendig høyde som vil være sammenlagt høyde av største pumpe og tilhørende mellomflens neddykket i tanken. Fra dette kan total høyde og innvendig volum defineres.

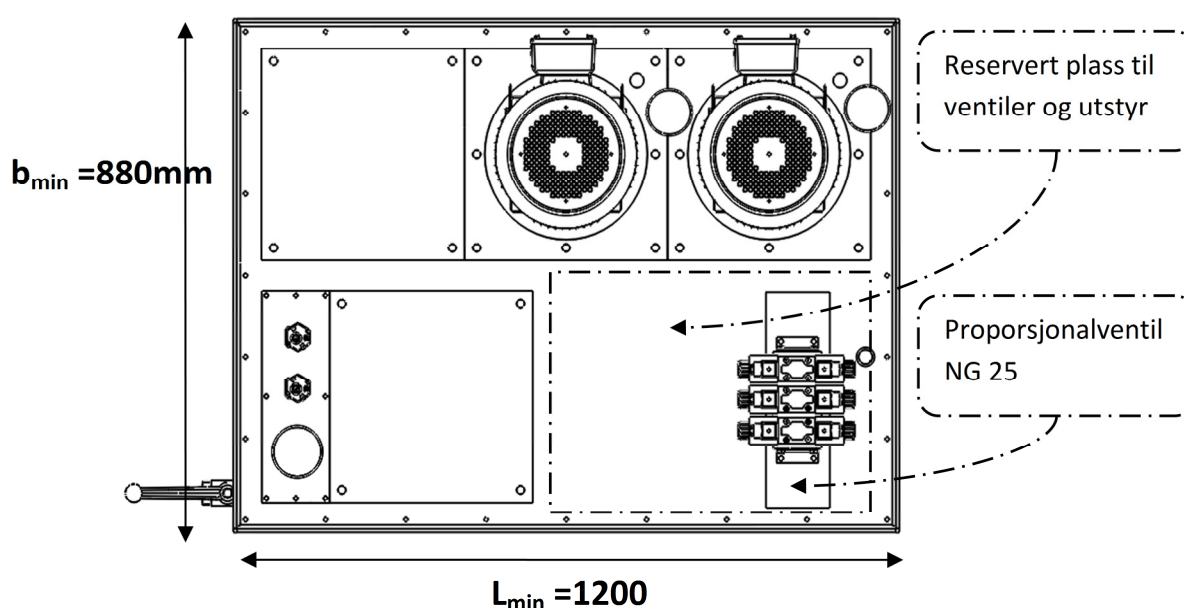
### 6.1 Komponentplassering

For å finne topplokkets nødvendige størrelse er det tatt utgangspunkt i tidligere levert GOPS 600 anlegg. Utstyr og komponenter som plasseres på tanklokket og vil definere nødvendig krav til tanklokkstørrelse. Da hvert enkelt anlegg styrer flere ulike operasjoner ut i fra turbintype og lokasjon er det satt begrensninger til plasseringen av diverse hydraulisk utstyr som eksempelvis blokker og ventiler samt hensynet til rørlegging til komponentene. I denne oppgaven er det satt av et avgrenset område på tanklokket for GOPS 600 systembeskrivelsens største ventil.

De viktigste begrensende faktorene ved definering av lokkareal er derfor:

- Antall motorer. (5.2)
- Størrelsen på tilhørende motorlokk (6.6.4)
- Størrelsen på inspeksjonsluke og komponentlokk. (6.6.5)

På *Figur 6-1* vises et eksempel på lokk med komponenter som er i henhold til kundekrav i 5.2. Motorene er i størrelse 132 med tilhørende motorlokk og største proporsjonalventil (NG25) brukt i GOPS-600 Systemet. Her kommer det frem at nødvendig lengde vil være minimum 1200mm og 880mm.



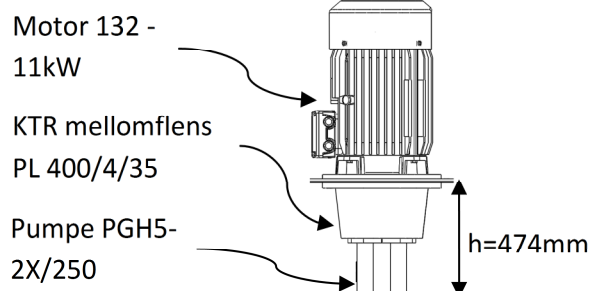
**Figur 6-1 – Figuren viser krav til tanklokkareal. På bildet er det plassert to stk. 132-size motorer som leverer effekt på 11kW. Minste lengde er 1200mm og minste bredde er 880. Disse størrelsene vil sikre plass til alle komponenter. Størrelsen er på det innvendige tankarealet.**

## 6.2 Innvendig tankhøyde

Minste mulige tankhøyde defineres av den totale høyden av pumpehuset og mellomflensen til den største motor/pumpe konfigurasjonen til GOPS 600 systemet. Mellomflensen er valgt ut av KTR online seleksjonsprogram og er definert ut i fra største brukte motoren og pumpa i systemet. Av *Figur 6-2* kommer det frem at minste mulige tankhøyde på sugesiden skal være 474 mm.

**Tabell 6-1 – Brukte størrelser for å finne minste innvendige tankhøyde.**

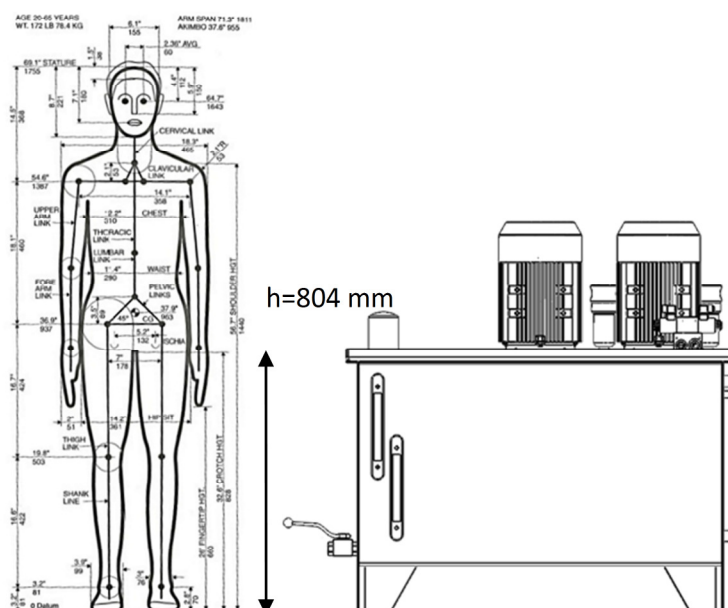
Komponent	Type	Høyde (mm)
Mellomflens	132-size	168
Pumpe	PGH	306
Totalt		≈474



**Figur 6-2 – Forklaring på definisjoner i Tabell 6-1. (Dimensjonene på figuren er ikke forholdsmessig like.)**

## 6.3 Total tankhøyde

For å definere den maksimale tankhøyden er det tatt utgangspunkt i 50-prosentil mannen. Det er viktig at tankens tilhørende utstyr er lett tilgjengelig under montering og demontering. Den maksimale tankhøyden tenkes da å tilsvare "crotch height" (828mm) på 50-prosentil mannen. på *Figur 6-3* vises eksempel på tankstørrelse i kombinasjon med en figur som tilsvareer mannens 50prosentil mål. På figuren er tankens totale høyde uten dryppkant 804 mm. Slik det kommer fram av figuren vil dette være en komfortabel tankhøyde å forholde seg til ved for eksempel inspeksjon av utstyr.



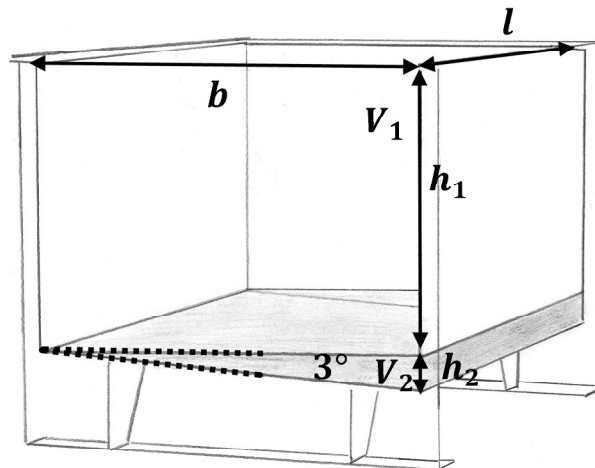
**Figur 6-3 – 50-prosentil mannen[3] sett i forhold til total tankhøyde. Høyden vil gi en behagelig arbeidstilling under vedlikehold etc.**

## 6.4 Tankvolum

Størrelsene som er brukt i volumberegningen er gjort på bakgrunn av å opprettholde tidligere design for å få et tradisjonelt utseende. Minste innvendige tankhøyde må være over 474 mm funnet i 6.2. Målsetting for indre tanklengde- og bredde prøves frem for å finne riktig volum. Målet er at tankens volum ikke skal avvike mer en  $\pm 5\%$  i henhold til 5.2. Det er laget Excel-skjema for å finne volumet hvor en kan sette inn verdier for høyde, lengde og bredde. I volumberegningen brukes en helning på tankbunnen lik  $3^\circ$ .

**Tabell 6-2 – Utdrag fra Excel- skjema for estimering av tankvolumet.**

Høyde (mm)	600
Bredde (mm)	830
Lende (mm)	1150
Helning ( $^\circ$ )	3
Volum 1	572,7
Volum 2	20,8
Totalt volum	593,5
Prosent avvik	1 %



**Figur 6-4 – Forklarende modell for volumberegning.**

Formler brukt i Excel- skjema:

Høyde  $h_2$ :

$$h_2 = \tan 3^\circ * 830 \text{ mm} = 43,5 \text{ mm}$$

Finner totalt volum:

$$V_1 = (1150 * 830 * 600)/10^6 = 572,7 \text{ dm}^3 \quad (2)$$

$$V_2 = \frac{(1150 * 830 * 43,5)/10^6}{2} = 20,8 \text{ dm}^3 \quad (2)$$

$$V_{tot} = V_1 + V_2 = 593,5 \text{ dm}^3$$

Sjekker at volumet er innenfor  $\pm 5\%$  i henhold til 5.2:

$$\frac{593,5 \text{ dm}^3}{600 \text{ dm}^3} = 0,99 = 1\% \text{ fravik} = \text{OK}$$

## 6.5 Knekkradius

Knekking blir karakterisert som en vanskelig bearbeidingsprosess på grunn av at resultatet varierer med en rekke faktorer. Blant annet materialtype, valseretning, og tykkelsesvariasjoner.

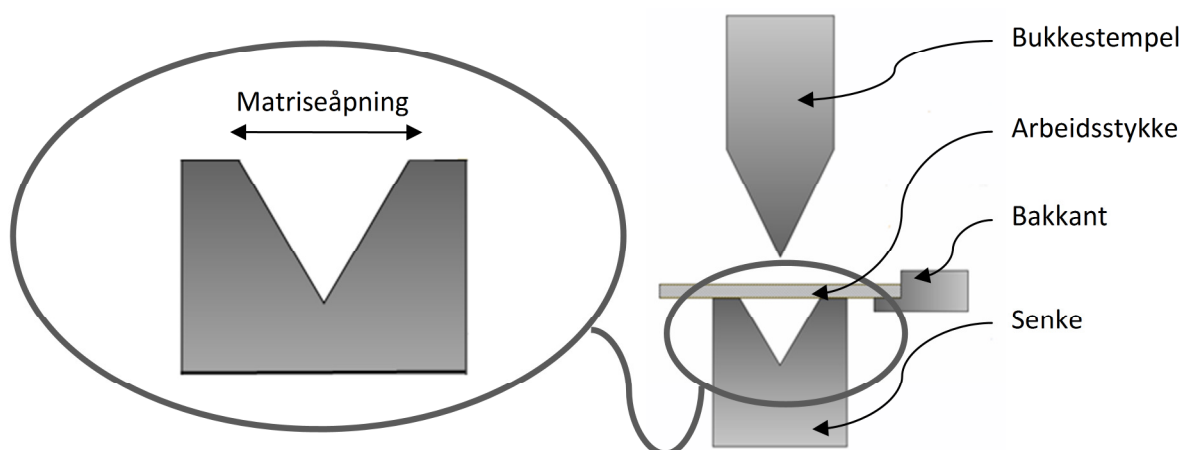
Under knekking eller bøying av plater er det viktig at bøyen ikke får for liten radius da materialet i knekken eller bøyen vil kunne strekke seg så mye at det sprekker på yttersiden. Platene blir også knekt eller bøyd mer enn den ønskede vinkelen på grunn av at elastetetsgrensen til materialet må overskrides. Knekkradius kan velges i tabeller og varierer med tykkelse på plateelementet og materialtypen [17]. Hvis det blir brukt manuelle kantknekker det det vanlig for verkstedene å gjøre tester med det gjeldende materialet og ønsket knekkradius for å oppnå ønsket resultat. Det har ikke lyktes å finne knekkdata for AISI 304/EN 1.4301. Ruukki Norge har derfor blitt kontaktet og forespurt om anbefalte knekkverdier, men ble isteden bedt om å se på Outokumpu side materialsider [16]. Heller ikke her finnes det konkrete verdier Vedlegg 11. Dette underbygger verkstedets nødvendighet med å inneha erfaring med materialet og foreta tester hvis dette skulle være nødvendig.

Minste lengde på kanter etter knekk bør heller ikke være mindre enn selve matriseåpningen, ellers vil materialet kunne skli og forflytte seg under prosessen.

Fra Verksted håndboka 6.utgave [18] s.86 er det oppgitt ulike minste knekkradius for standard konstruksjonsstål. Elastetetsmodulen til AISI 304/EN 1.4301 er omtrent det samme som S235 JR. Siden det ikke er oppgitt knekkdata for settes minste knekkradius til:

$$\text{tykkelse } 4\text{mm} = r_{\min} = 4\text{mm}$$

$$\text{tykkelse } 6\text{mm} = r_{\min} = 7\text{mm}$$



Figur 6-5 – Forklarende modell av knekkforløpet av plater.

## 6.6 Elementdesign

Komponentene i dette kapittelet skapes ut i fra en metallplate. Noen av de viktigste faktorene ved design av disse komponentene vil være:

- Materialbesparelse.
- Multifunksjonalitet.
- Produksjonseffektivitet.
- Hensyn til begrensninger av anleggsmidler (maskinell og menneskelige begrensninger).

### 6.6.1 Forming av tank med plater

Hovedkomponentene i tanken er bestemt definert som vegger, bunn og lokk. Disse kan produseres på et utall måter. Under er det oppsummert fire eksempler på fornuftige løsninger. Inspirasjonen kommer fra modulær origami der et sett like deler blir en ferdig modell. De stiplede linjene i *Figur 6-6* representerer der platen er tenkt knekt, mens hel-trukne linjer representerer formens ytterkanter. Figurene forklarer kun formen og sier ikke noe om størrelsesforhold i forhold til andre elementer.

#### 1: *Figur 6-6 a*:

- Denne modellen krever minimalt med sveising som er spart produksjonstid. Multifunksjonelle elementer der tankbunn- og sider utgjør kun en del. Minuset ved denne modellen er håndtering av en stor tung stålplate ved kantknekking. Størrelsen og formen vil også skape problemer ved knekking i vanlige kantknekker.

#### 2: *Figur 6-6 b*:

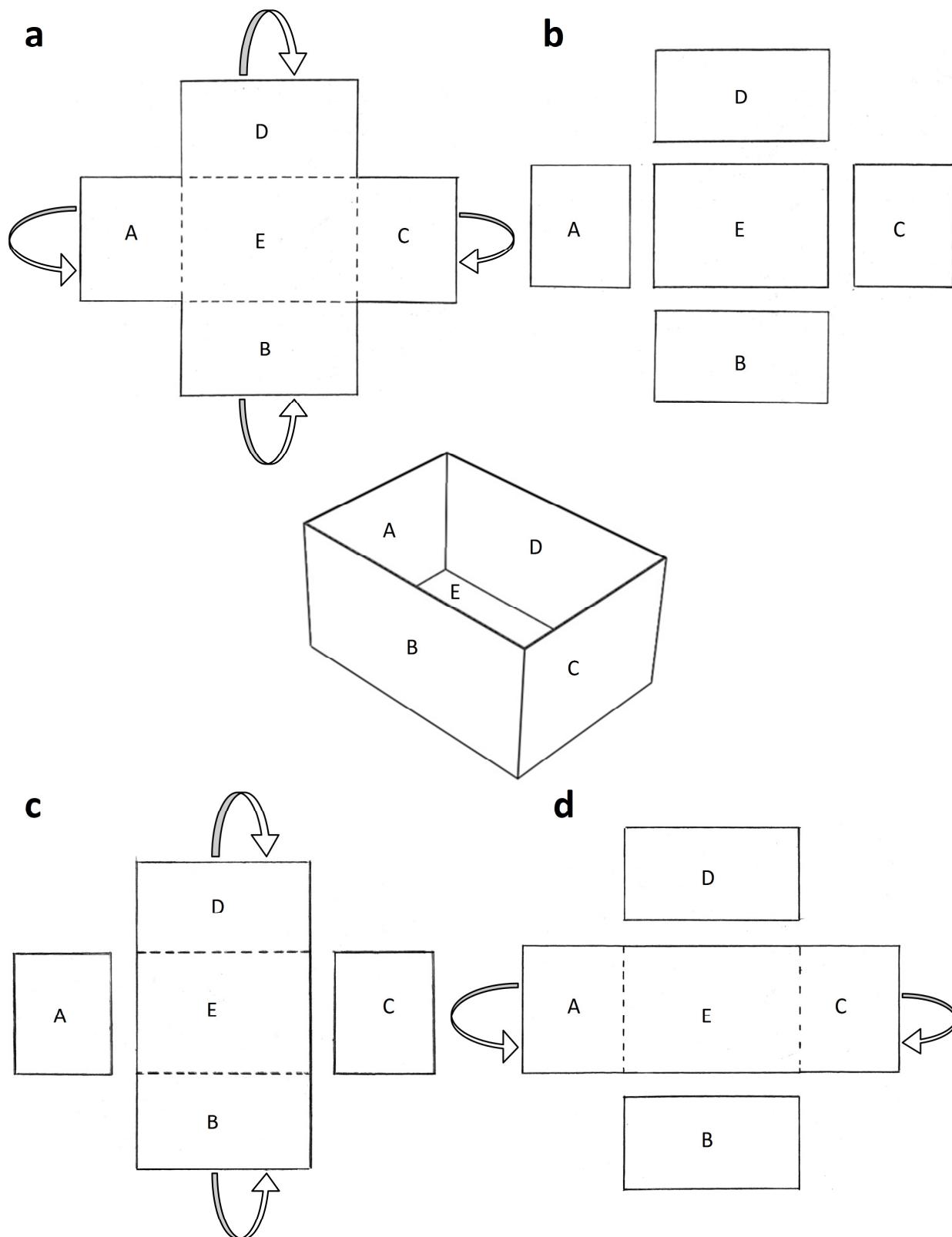
- Denne modellen er uten multifunksjon der alle tanksidene og bunnen er alle en del. Mindre elementer forenkler transport og håndtering. Minimalt med overflødig materiale siden alle elementer er tilpasset kun en funksjon. Lite produksjonseffektiv og krever blant annet mer sveising og lengre oppspenningstid enn de andre modellene og vil da i større grad være utsatt for lekkasje.

#### 3: *Figur 6-6 c*:

- Produksjonseffektiv modell der elementene A og C kan fungere både som vegg og bein. En stor plate vil kunne være vanskelig å håndtere.

#### 4: *Figur 6-6 d*:

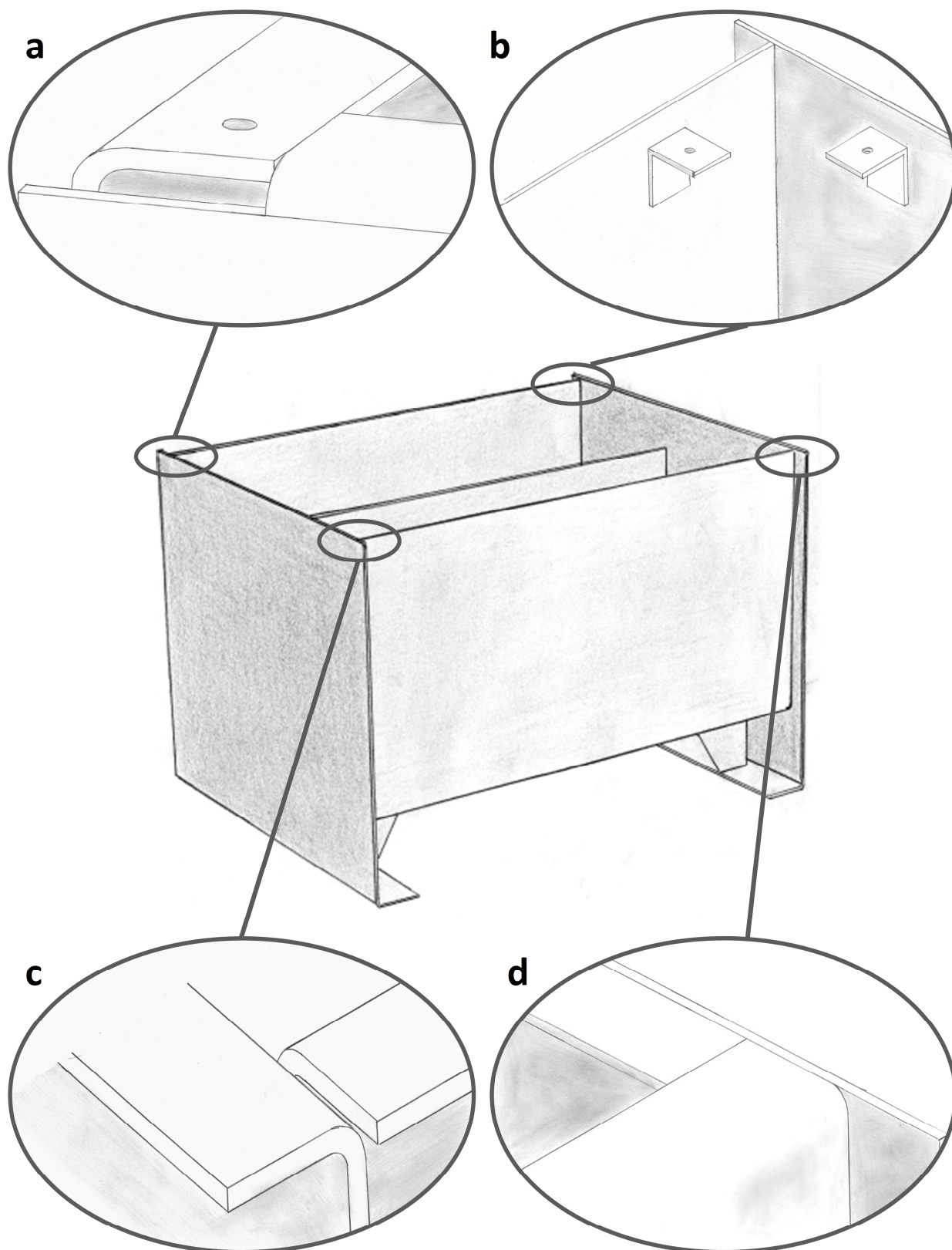
- Produksjonseffektiv modell der elementene B og D kan fungere både som vegg og bein. Krever noe mer materiale og sveising enn modell c, ved å bruke langsiden som både vegg og bein.



Figur 6-6 – En origamisk betraktning av formgivning av plater.



### 6.6.2 Funksjonsalternativer av lokk-support



**Figur 6-7 – funksjonsalternativer på lokksupport. a) Hjørner er knekt inn mot tanken. Dette skaper en åpning som må tettes for å sikre tetthet. b) Bruk av braketter under topplinjen anretter dryppkant, men vil være vanskelig å holde tett. c) hjørner knekk fra tanken. Sikrer maksimal utnyttelse av lokkareal. d) bruk av flens. Forhøyer produksjonstid under sveising.**



### Forklaring til funksjonsalternativene av lokk-support:

#### 1: Figur 6-7 a:

- Eksempel der hjørnene er knekt inn i tanken. Denne løsningen skaper en åpning i endene som må tettes noe som skaper lengre produksjonstid. Størrelsen på denne åpningen vil kreve ekstra fyllmateriale i tillegg til sveis for tetthet. Ved å knekke hjørnene inn i tanken mister en i tillegg en del av det nødvendige flatearealet for montering av komponenter helt inn mot tankveggene.

#### 2: Figur 6-7 b:

- Fordelen med brakettene er at lokket kan monteres under tanklinjen og kan derfor virke som dryppkant. Brakettene vil kreve ekstra tid til sveising samt oppspenning. Vil skape utfordringer til tettet langs lokkets rand hvis dette skal være demonterbart. Lokket må passe meget bra med tankens indre mål. Toleransene må heller ikke være for små slik at det vil skape problemer med demontering.

#### 3: Figur 6-7 c:

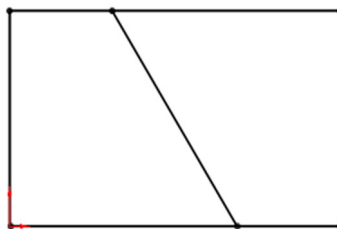
- Eksempel der hjørnene er knekt fra tanken. Dette er en mye brukt metode på grunn av enkel bearbeiding der en kun må tette riftet som oppstår i tankhjørnene. Størrelsen på varierer med størrelsen på knekkradius. Ved å knekke fra tanken utnyttes lokkarealet bedre og komponenter kan plasseres helt inn mot tankens indre vegger.

#### 4: Figur 6-7 d:

- Her er den ene knekte siden kombinert med en langsgående flens. Flensingen kan eventuelt gjøres på begge sider, men vil kreve ekstra produksjonstid. Bildet viser flens og knekk inn mot tanken, men kan også gjøres ut fra tank.

### 6.6.3 Design av tanksupport

Størrelsen av disse vil variere med tankhøyden.



**Figur 6-8 – Eksempel på hvordan beinsupport kan utformes. En smart løsning er å dele en kvadratisk plate slik som på bildet.**

#### 6.6.4 Motorlokk

Utgangspunktet for motorlokket og gjennomføringshullet i tank er gjort med tanke på IEC standarden for motor- og flensstørrelser som er oppgitt i alle de fleste produsentenes motorkataloger. På *Figur 6-9* er det laget gjennomføring til trykklinja fra pumpe. Fordelene med dette er kortere og mindre kompleks frammontering. Skal denne gjennomføringen sitte direkte på hovedlokket mister motorlokket noe av sin fordel ved at trykkledningen fra pumpe/motor fortsatt ikke er fullstendig separert fra resten av konstruksjonen. For hver aktuelle motor og flensstørrelse type B5, er gjennomføringshullet i tank kvadratisk og lik størrelse som største ytre mellomflensdiameter, mens motorlokket har grenseverdier likt med det aktuelle gjennomføringshullet ganget med en faktor på 1.25. Det samme gjelder for motor og flensstype B14, men bredden er ganget med faktor 1,65 for å gi plass til trykkgjennomføringen fra pumpe. Dette vil gi nok plass rundt sidene av motorlokket mot tanklokket for støtte, samt hulling til feste i tank. Boltestørrelsen rundt motorlokkranden vil ha samme størrelse for alle motorstørrelser slik at tanklokket blir likt for alle motorlokk.

Motorlokket sikrer blant annet at (i henhold til “5.2.2 Fjerning av komponenter”):

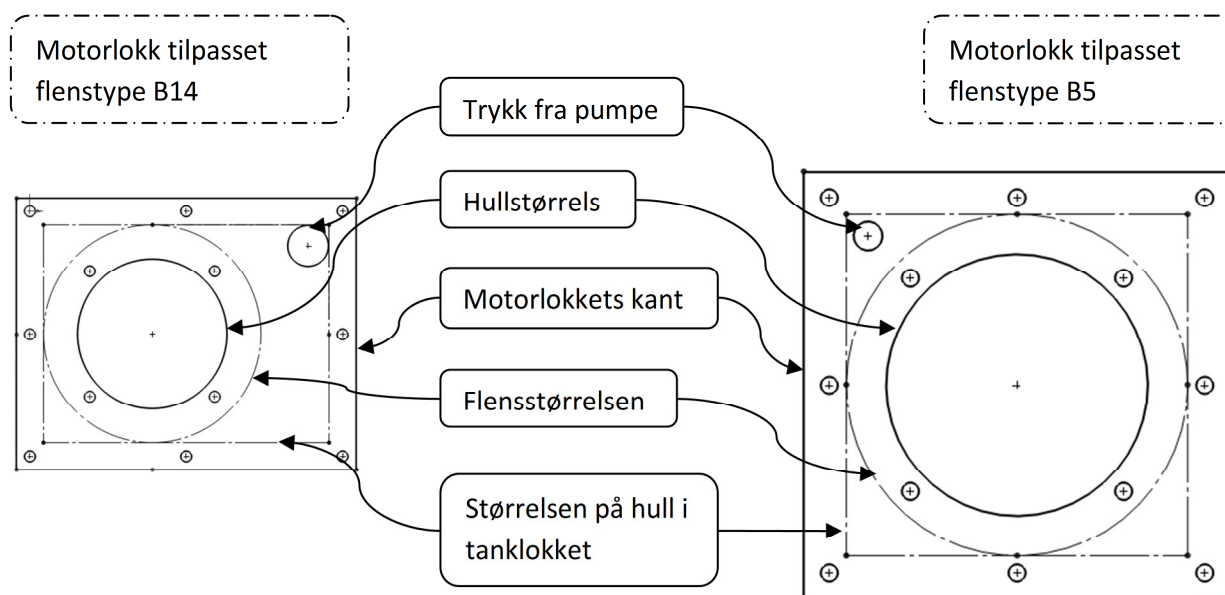
- Bør ikke kreve drenering av reservoaret 1.3.1.
- Bør ikke kreve omfattende demontering av tilstøtende deler 1.3.1

**Tabell 6-3 – Oversikt over motorlokkstørrelser og hulling i tanklokk.**

IEC flens størrelser	Hullstørrelse (HxB)	Størrelse lokk: (HxB)x1,25	Hullstørrelse (HxB)	Størrelse lokk (Hx1,25), (Bx1,65)
	B5		B14A	
90	200x200	250x250	140x140	175x175
100	250x250	≈ 313x313	160x160	200x200
112	250x250	≈ 313x313	160x160	200x200
132	300x300	375x375	-	-

#### Alternativer til et produksjonsunderlag:

- Et eller flere lokk som er ment å fungere for størrelser innenfor et intervall. For eksempel at det største lokket definert ut i fra den største motoren brukes til samtlige mindre motorer. Dette fører til mindre detaljer og færre produksjonskrav å forholde seg til.
- Hver motor har et lokk ment spesifikt for denne størrelsen. Fordelene er materialbesparelser og et penere layout.



**Figur 6-9 – Motorlokket til venstre er tilpasset motorer med flenstype B14. Motorlokket til høyre er tilpasset motorer med flenstype B5.**

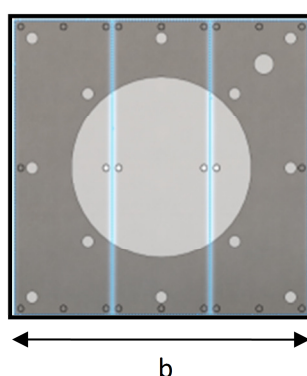
### 6.6.5 Andre lokk

#### Inspeksjonsluke

Størrelsen på dette lokket er hensiktsmessig smart å la få de samme dimensjonene som det største motorlokket. Dette tillater til færre kutt i oppdelingen av platene som er økonomisk riktig. I Vedlegg 4 er pustefilteret plassert på dette lokket. Denne kan hensiktsmessig plasseres på komponentlokket hvis den tilgjengelige plassen tillater dette.

#### Komponentlokk

I Vedlegg 4 skal dette lokket huse plass til elektronisk måling av oljestand og temperatur. Størrelsen på dette lokket er tiltenkt å ha samme høyde som motorlokket, men  $1/3$  av bredden. I likhet med inspeksjonsluken minimerer antall nødvendige kutt i platedelingen.



**Figur 6-10 – Bildet illustrer de mindre komponentlokkene plassert på motorlokket. Størrelsen av disse er satt til  $1/3$  av bredden til motorlokket.**

### 6.6.6 Skilleplate

Fra 5.1.4 bør skilleveggen må være høy nok til å holde på forurensningene til tanken rengjøres og at partikler får tid til å bunnfelles fra retur til sugesiden. Skilleplaten tenkes da å stå noe over oljeplaten under normal drift. Oljenivået står da ca. midt på den innvendige tankhøyden.

## 6.7 Foretrukne funksjonsalternativer

**Tabell 6-4 – Oppsummering av foretrukne funksjonsalternativer.**

Funksjon	Metode	Forklaring
Design hovedelementer	c	Det er valgt å gå for alternativ "c". Metoden er produksjonseffektiv og multifunksjonell, der elementene A og C kan fungere både som vegg og bein.
lokksupport	c	Det er valgt å gå for alternativ "c". Hjørner er knekk fra tanken og sikrer maksimal utnyttelse av lokkarealet.
Motorlokk	a	Det er valgt å gå for eksempel nr.1 og kun bruke IEC flensstørrelse 132 for samtlige størrelser.

## 6.8 Modell i Solidworks

For å lage tanken er det brukt funksjonen "sheet metal" i programmet Solidworks. Denne funksjonen lar brukeren lage komponenter som skal knekkes, i tilstanden etter knekkeprosessen er utført. Dette lar brukeren fange design og opprinnelig intensjonen av det ferdige produktet uten å måtte lage delen i en flat tilstand. Tanken kan derfor designes med hensyn på indre målene funnet i 6.4. "Sheet metal" funksjonen lager så automatisk knekklinjer i arbeidstegningene på grunnlag av parameterne en velger for knekkradius. Dette er en meget nyttig funksjon som sparer brukeren for mye tid. En annen viktig faktor det er viktig å dimensjonere med ved knekking av plater, er forkortelsen av lengden som oppstår etter knekkingen. Solidworks gjør dette automatisk i arbeidstegningene. Alle de knekte elementene vil da få størrelser med flere desimaler. Forkorting av plateelementer kan gjøres på flere forskjellige måter. For eksempel ved å bruke en reduksjonsfaktor (K-faktor) per knekk som finnes i tabeller eller etter formler.

Formel for forkorting ved flere bøyer etter hverandre ved radius mindre enn 10mm [18] s.87:

Utrettet lengde:

$$L = L_1 + L_2 - Z + L_n - Z_n \quad (18)$$

$$Z = \frac{6-0,1R}{4} * t + 0,4 * R \quad (17)$$

Sjekk av endret lengde i Solidworks på en av tanksidene der  $t=4$  mm og  $R=4$  mm. I Solidworks er  $L=928,85$  mm:

$$Z = \frac{6-0,1*4}{4} * 4 + 0,4 * 4 = 7,2 \text{ mm} \quad (17)$$

$$L = 104 + 798 + 40 - (2 * 7,2) = 927,6 \text{ mm} \quad (18)$$

Differansen mellom Solidworks sin utregnende forkortede lengde og formel fra [18] er kun 1,25 mm. Dette ansees for å være ok da det høyst sannsynlig må gjøres tester før den endelige knekkingen på komponentene gjøres 6.5.

**Tabell 6-5 – Vekt av tankelementene og antatt vekt med komponenter.**

Komponenter	Antall	Vekt (kg)
Svøp	1	76,5
Sider	1	27,0
Skillevegg	1	15,9
Tanklokk	1	40,5
Motorlokk 132 size	2	4,6
Inspeksjonsluke	2	6,7
Komponentlokk	1	2,2
Støtte bein liten	2	0,8
Støtte bein stor	2	1,0
Tank	-	175,2
Olje (densitet ved 20°C= 0,89 kg/dm <sup>3</sup> )	-	267
Tank med komponenter og olje	-	≈700kg
Det antas at den samlede vekten inklusive alle komponenter og olje vil kunne bli rundt 700kg.		

**Forklaring til Figur 6-11:**

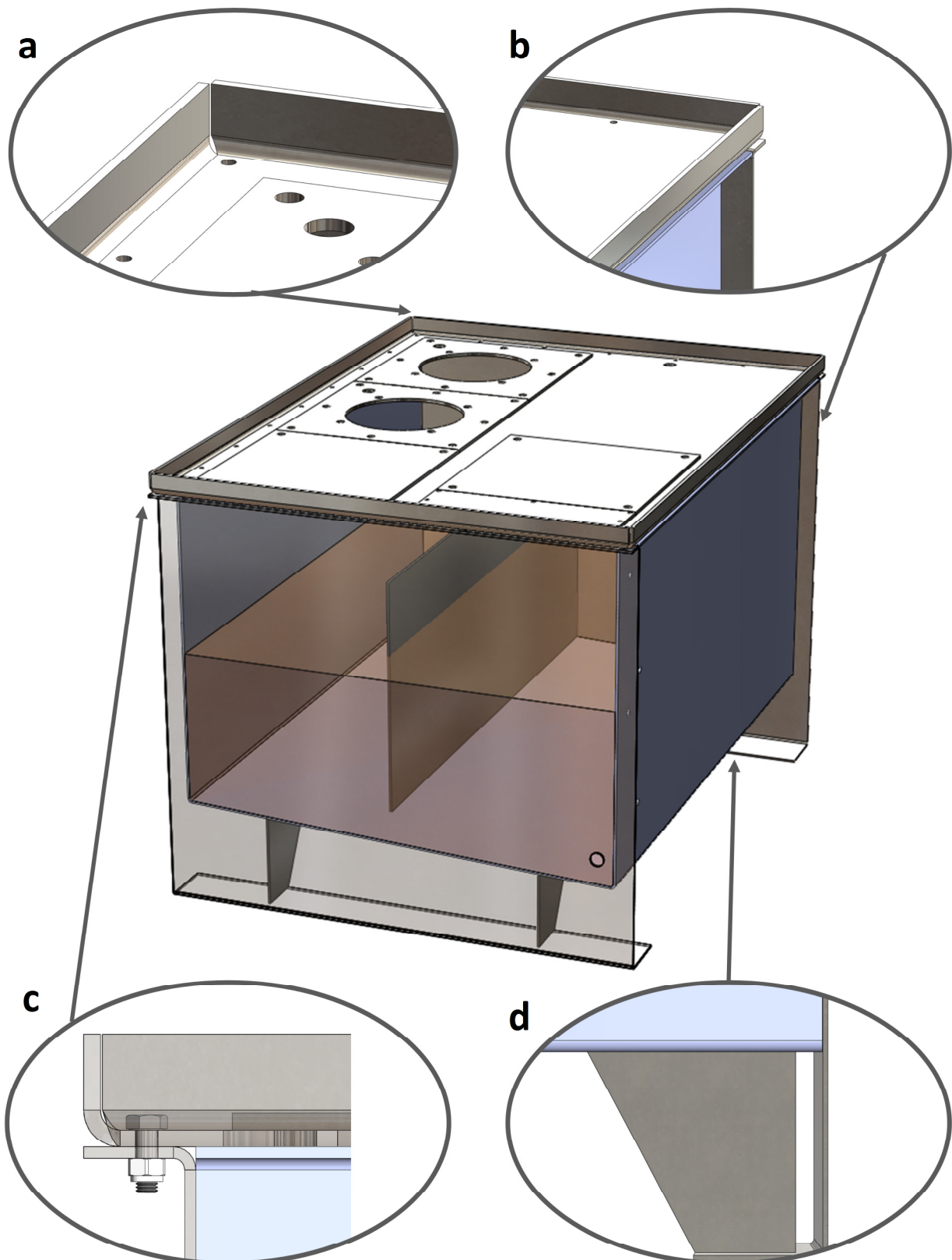
**Figur 6-11 a)** Dryppkant er 34 mm høy. Denne høyden gjør at mindre lekkasjer sikres på tanken og minimerer fare for oljespill rundt tank. Siden denne høyden varierer med matrisen som blir brukt kan det vise seg at denne må økes ytterligere. (6.5).

**Figur 6-11 b)** Ytterkant fra tanksiden og svøpet er nå 36 mm. Dette betyr at det er god sveisebredde.

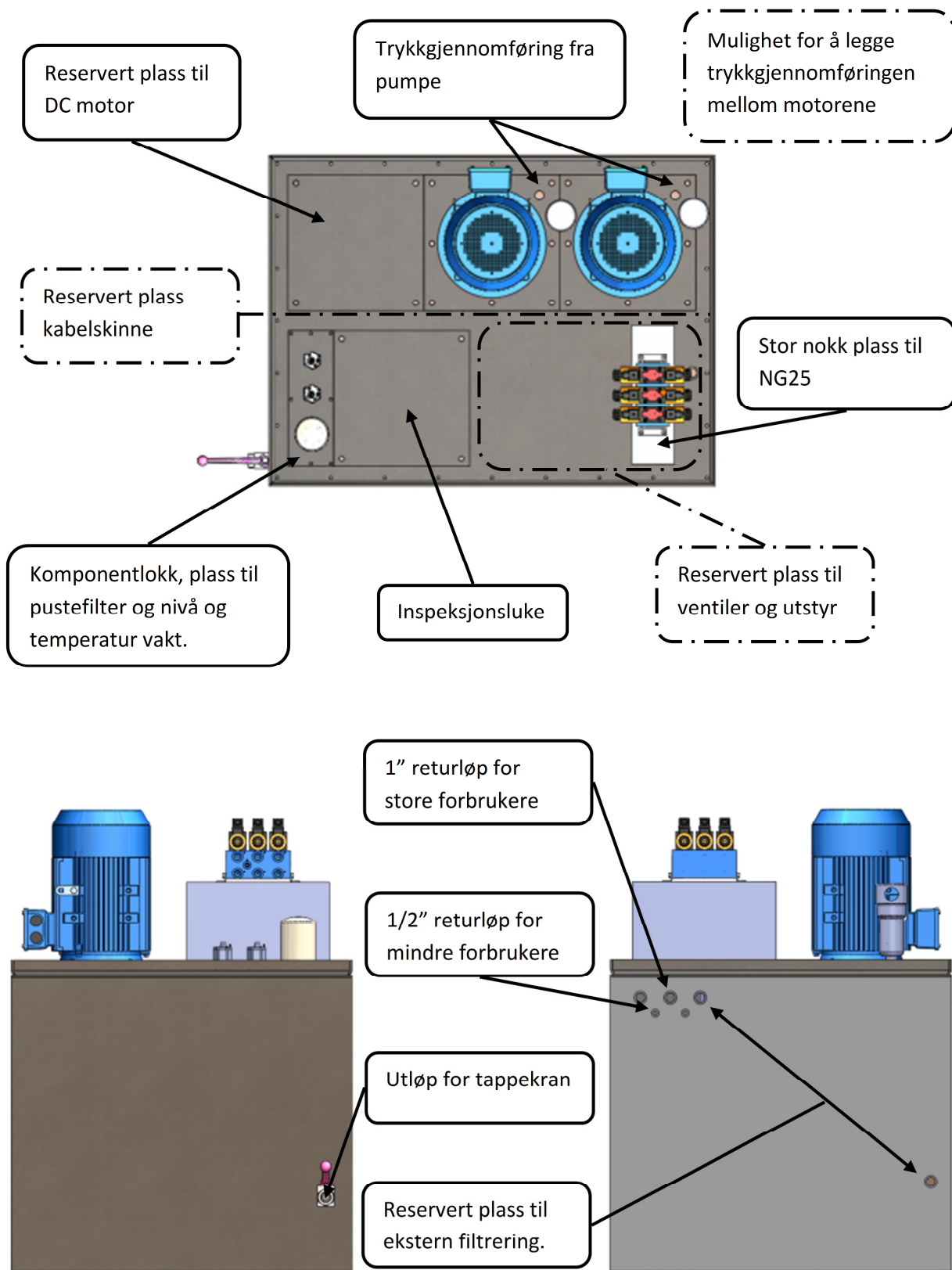
**Figur 6-11 c)** Viser bolt i størrelse M8 som er brukt tidligere leverte tanker. Det er ekstra plass rundt boltene slik at størrelsen på denne kan endres hvis dette er ønskelig.

**Figur 6-11 d)** Avstanden mellom baksiden av støttebeinene og tanksidene er 20mm. Grunnen til at disse er plassert noe ut fra tanksidene er på grunn av uønsket oppsamling av støv og fuktighet på et lite tilgjengelige steder. Liknende komponenter i som er plassert og sveist helt inn mot hjørner er ofte avgradert i hjørnene. Dette trengs ikke her da det er god lufting mellom støttebein og tankveggen er såpass stor.

**Figur 6-11** Oljen er under maksimalhøyden til skilleplaten og deler mellom sug- og retursiden.



**Figur 6-11 – Bildet viser den ferdige tanken med oljenivå under drift. a) Dryppkant på bildet er 34 mm høy. Denne bør være minst være lik lenden av inngangen på matrisen. b) Ytterkanten mellom tanksiden og svøpet er nå 36 mm. Dette betyr at det er god sveisebredde. c) Viser bolt størrelse M8. d) Støttebeinene er plassert 20mm ut fra tankveggen. Dette hindrer ansamling av støv og fuktighet for å unngå korrosjon.**



**Figur 6-12 – Bildet viser den ferdige tanken med mange påmonterte komponenter. Tanker er i henhold til GOPS systembeskrivelsen Vedlegg 1**



## 7 Beregninger

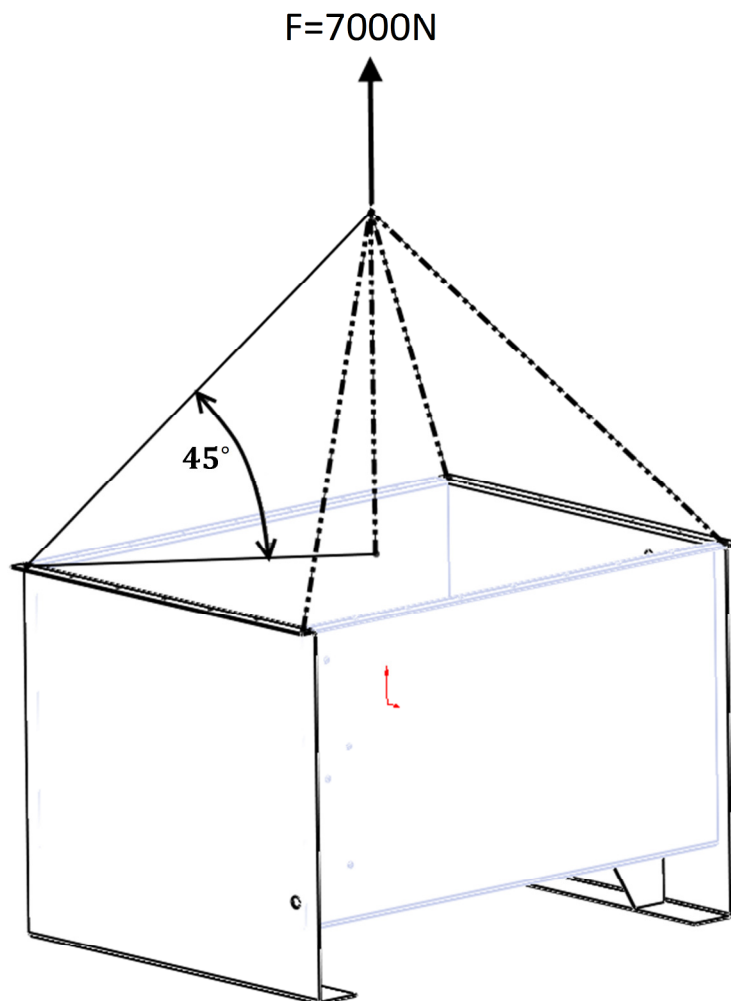
Alle tankene i GOPS – serien skal utstyres med løfteører. Det er valgt å lage egne løfteører av overskuddsmaterialet som en vil få ved tankproduksjonen hvis dette lar seg gjøre. Løfteørene plasseres i hvert hjørne slik som vist på *Figur 7-2* for stabilitet slik at tanken kan løftes med alle komponenter og med 300 l olje. Løfteørene har tidligere blitt montert på hver side midt på lengderetningen siden det ikke er vanlig å løfte tanken på plass med olje og komponenter installert. Det er likevel valgt å ta hensyn til dette, i tilfelle det skulle være nødvendig å raskt flytte på denne i et eventuelt nødtilfelle. Dimensjoneringen i dette kapittelet gjøres etter vanlig fasthetslære. Løfteørene regnes kun å bli belastet et fåtall av ganger i hele aggregatets levetid. Disse vil da ikke bli beregnet på et eventuelt hensyn på utsvingende eller vekslende belastning. Det er da heller ikke nødvendig å beregne sveisen for utmatting.

### 7.1 Dekomponering av krefter under løft

Det antas en løftevinkel på 45grader.

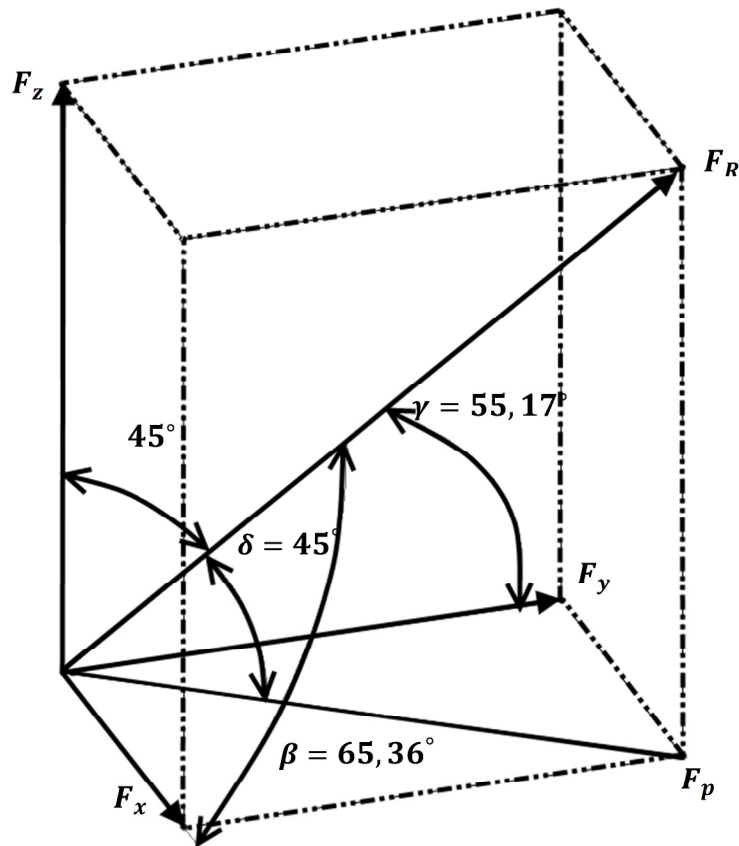
Finner total løftekraft fra *Tabell 6-5*:

$$F = m * g = 700 \text{ kg} * 9,81 = 6867 \text{ N} \approx 7000 \text{ N} \quad (3)$$



*-Figur 7-1 - Totale løftekraft er satt til 7000N og løftevinkel på 45°.*





Figur 7-2 – Dekomponeringen av krefter i rommet.

Summen av kreftene i z-retning for likevekt:

$$\sum F_z \Rightarrow F_z = \frac{1}{4} F = \frac{1}{4} * 7000N = 1750N \quad (4)$$

De resterende kreftene blir da:

$$F_z = F_p = 1750N$$

$$F_R = \frac{F_z}{\cos \delta} = \frac{1750}{\cos 45} = 2474,87N$$

Krefter til bruk i ANSYS:

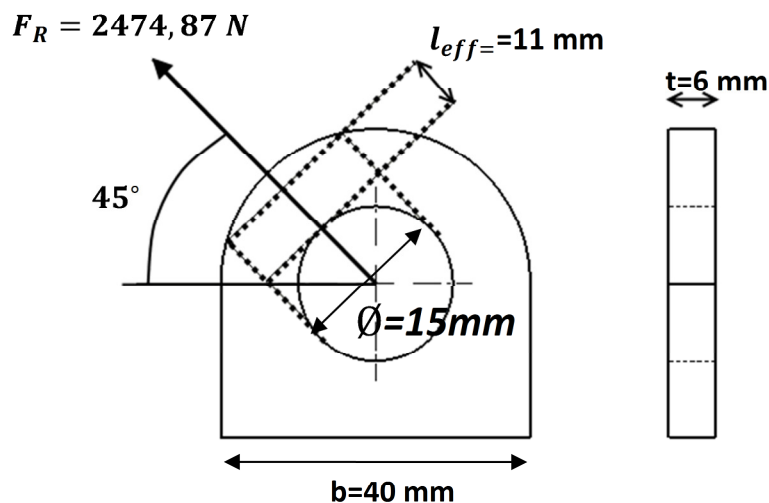
$$F_x = F_z * \cos \beta = 2474,87 * \cos 65,36 = 1031,8N$$

$$F_y = F_z * \cos \gamma = 2474,87 * \cos 55,17 = 1413,51$$

## 7.2 Løfteører

### 7.2.1 Dimensjonering av løfteører

Sikkerhetsfaktoren for løfteørene settes lik 5 som er i henhold til maskinforskriften (forskrift om maskiner 4.1.2.5) [10]. Antar at løftesjakkel ved løft fyller hele hullet. Først beregnes den nødvendige tykkelsen på godset. Deretter beregnes løfteørene med hensyn på effektiv forankringslengde. Det er viktig at denne ikke blir for liten slik at det kan oppstå skjærbrudd. Størrelsen på løfteøret er tiltenkt slik som målene i Figur 7-3.



Figur 7-3 - Figuren til venstre viser resulterende kraft på hvert løfteøre.

#### Beregner nødvendig godstykkelse med formel for hulltrykkspenning:

Sikkerhet mot flyt i settes til 5 i henhold til maskinforskriften:

$$\sigma_{till.F} = \frac{R_{p0,2}}{n_f} = \frac{230}{5} = 46 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$\sigma_h = \frac{F_R}{D \cdot t} = \frac{2474,87}{15 \cdot 6} = 27,50 \text{ MPa} < 46 \text{ MPa} = \text{OK} \quad (15)$$

- Dette betyr at overskuddsmaterialet fra 6mm plate kan benyttes hvis ønskelig.

#### Beregner nødvendig forankringslengde:

Skjærflytegrensen ligger på omtrent halvparten av flytegrensen for strekk (konstruksjonselementer [19] s.9-10:

$$\tau_f = \frac{\sigma_s}{2} = \frac{230}{2} = 115 \text{ MPa} \quad (12)$$

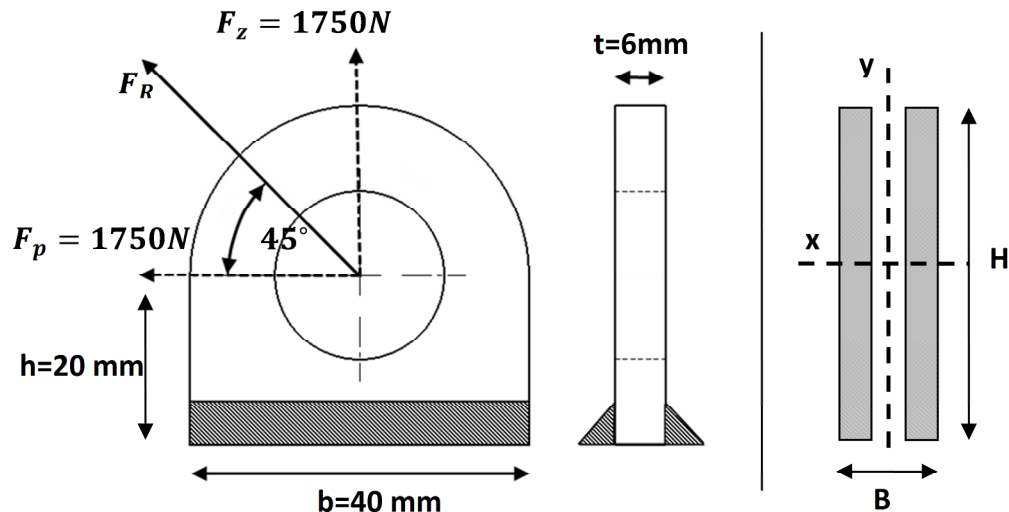
Velger å sette sikkerhet til 5 også her:

$$\tau_{till} = \frac{\tau}{5} = \frac{215}{5} = 23 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F_R}{2 \cdot l_{eff} \cdot t} = \frac{2474,87}{2 \cdot 11 \cdot 6} = 18,8 \text{ MPa} < 23 \text{ MPa} = OK \quad (16)$$

## 7.2.2 Dimensjonering av sveis

Kraften på 2500N virker 45grader gjennom løfteøret. Ørene tenkes kilsveises. Største a-mål skal ikke være større enn 0,7\*minste platetykkelse. Kilsveiser som overfører krefter må minst være på 3mm. a-målet settes da til 4 mm [19]:



Figur 7-4 – Sveisefigur. a-mål settes til 4mm. Tykkelsen er 6mm.

Areal sveis:

$$A_{sveis} = 2 \cdot (b \cdot a) = 2 \cdot 40 \cdot 4 = 320 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

Tverrsnittsmodul for sveis:

$$W_{b,sveis} = \frac{1}{6} \cdot (h \cdot b^3) = 2 \cdot \frac{1}{6} (4 \cdot 40^2) = 2133,33 \text{ mm}^3 \quad (6)$$

Moment påført sveis:

$$M_{b,sveis} = F_p \cdot h = 1750 \cdot 20 = 35000 \text{ Nmm}$$

Strekkspenning i sveis:

$$\sigma_s = \frac{F_z}{A_{sveis}} = \frac{1750}{320} = 5,47 \text{ MPa} \quad (10)$$

Bøyenspenning i sveis:

$$\sigma_b = \frac{M_{b,sveis}}{W_{b,sveis}} = \frac{35000}{2133,33} = 16,41 \text{ MPa} \quad (11)$$

Skjærspenning parallelt med sveis:

$$\sigma_{\tau\parallel} = \frac{F_p}{A_{sveis}} = \frac{1750}{320} = 5,47 \text{ MPa}$$

Total spenning i sveisen blir da.

$$\sigma_s + \sigma_b = 5,47 + 16,41 = 21,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{21,88}{\sqrt{2}} = 15,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \quad (14)$$

$$\sqrt{15,47^2 + 3 * 15,47^2 + 3 * 5,88^2} = 32,57 \text{ MPa} \quad (14)$$

Bruker sikkerhet på 5 også her. Dette er antageligvis en for høy sikkerhet, men velger likevel å bruke denne. Sikkerhet mot flyt:

$$sf = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{jf,sveis}} = \frac{230}{32,57} = 7,06 \geq 5 = OK$$

- Sikkerhetsfaktor er innenfor tillatt belastning.

### 7.2.3 Kontroll av grunnmateriale.

Kontroll av løfteørens grunnmateriale:

Areal grunnmaterialet:

$$A_{sveis} = 2 * (b * a) = 2 * 40 * 4 = 320 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

Tverrsnittsmodul grunnmaterialet:

$$W_{y,sveis} = \frac{1}{6} * (h * b^3) = \frac{1}{6} * (6 * 40^3) = 1600 \text{ mm}^3 \quad (6)$$

Moment påført grunnmaterialet:

$$M_{b,\text{øre}} = F_p * h = 1750 * 20 = 35000 \text{ Nmm} \quad (5)$$

Strekkspenning:

$$\sigma_s = \frac{F_x}{A_{\text{øre}}} = \frac{1750}{320} = 3,65 \text{ MPa} \quad (10)$$

Bøyenspenning:

$$\sigma_{b,\emptyset re} = \frac{M_{b,\emptyset re}}{W_{b,\emptyset re}} = \frac{35000}{1600} = 21,88 \text{ MPa} \quad (11)$$

Jevnførende spenning i grunnmaterialet:

$$\sigma_{jf,\emptyset re} = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_s)^2} = \sqrt{(21,88 + 3,65)^2} = 22,19 \text{ MPa} \quad (13)$$

Sikkerhet mot flyt i grunnmaterialet:

$$sf = \frac{R_{p0,2}}{\sigma_{jf,\emptyset re}} = \frac{230}{22,19} = 10,37 \geq 5 = OK$$

### 7.3 Bolter til tanklokk

Slik tanken er laget nå festes tanklokket til tanksidene med bolter størrelse M8. løfteørene plasseres så tett mot skruehullet som mulig uten at det lager problemer for skruehodet og skive. I sjekken av boltene antas det at lokket er uendelig stivt. Boltene blir derfor kun påført stekk- og skjærspenning. Boltene skal festes med bolter på undersiden av lokk og regner derfor ikke med at de er gjenget i avskjæringstverrsnittet og fyller hullet helt ut. I denne beregningen sjekkes grensetilfelle der hver av de resulterende kreftene under løft, påføres kun hver av hjørneboltene på lokket. I realiteten vil flere av de nærliggende boltene være med på å dele denne resultantkraften. Velger austenittiske bolter i fasthetsklasse A2 -70 fra Tingstad. Dette er den normale fasthetsklassen for kaldformede produkter [20]. Spenningsarealet for M8 bolt er 52,27 mm.

Setter sikkerhet mot brudd til 5. Tillat jevnførende spenning må da være under:

$$\frac{R_M}{sf} = \frac{700}{5} = 140 \text{ MPa}$$

Krefter på bolt utledet i 7.1:

$$F_z = F_p = 1750 \text{ N}$$

Strekkspenning i bolt:

$$\sigma_{s,bolt} = \frac{F_z}{A_{s,bolt}} = \frac{1750}{50,27} = 34,81 \text{ MPa} \quad (10)$$

Skjærspenning i bolt:

$$\tau_{bolt} = \frac{F_p}{A_{s,bolt}} = \frac{1750}{50,27} = 34,81 \text{ MPa} \quad (9)$$

Jevnførende spenning:

$$\sigma_{jf,bolt} = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_s)^2 + 3 * \tau^2} \quad (13)$$

$$\sqrt{34,81^2 + (3 * 34,81^2)} = 69,62 \text{ MPa} < 140 \text{ MPa} = OK \quad (13)$$

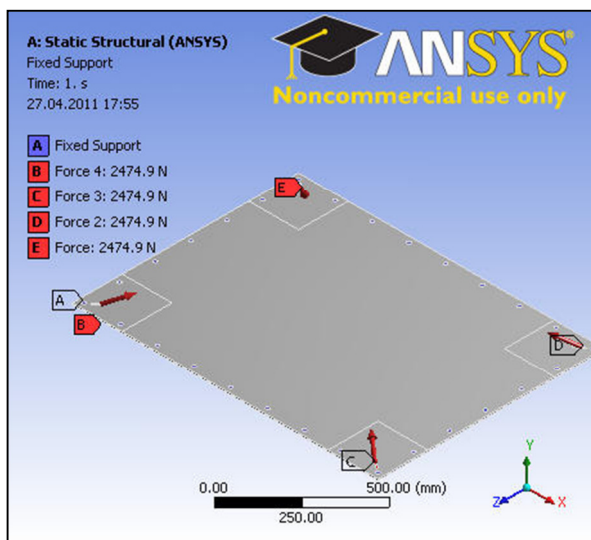
- Det skal merkes at denne sjekken kun tok utgangspunkt i hver hjørnebolt. Det virkelige spenningstilfellet vil bli mer komplisert da spenningen vil bli fordelt over flere av boltene. Siden lokket i virkeligheten ikke er uendelig stivt blir boltene også påført moment. Momentet blir fort dimensjonerende selv ved kort arm. Det er derfor valgt å sjekke spenningstilfellet i ANSYS simulering sammen med spenninger påført tanklokket under løft.

## 8 Simuleringer

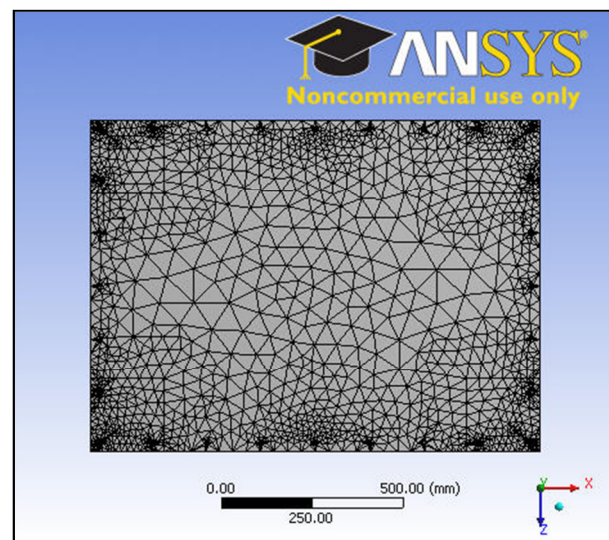
### 8.1 Tanklokk under løft

Det er valgt å sjekke spenningene og nedbøyning på tanklokket under løfting. Denne simuleringen tar også for seg spenningene i boltene rundt lokkranden. Det er laget en forenklet modell til bruk i Ansys der det er valgt å se bort i fra uthullingene på tanklokket på grunn av at disse vil bli festet med lokk og dermed være med på å stive opp strukturen. Hullene på lokkranden er fjernet og skalert opp til radius på 7mm. Dette tenkes å virke som bolteskiver som vil plasseres under hvert skruehode for å fordele spenningene over et større areal. Det er brukt "fixed support" på alle flatene som simulerer underlagsskivene. På *Figur 8-1* er det laget kvadratiske soner i hjørnene slik at det kan lages bedre mesh hvor de største spenningene vil opptre. Det er også laget soner for løfteørene som representerer kontaktarealet uten sveisens a-mål. Meshingen er gjort med "tetrahedrons".

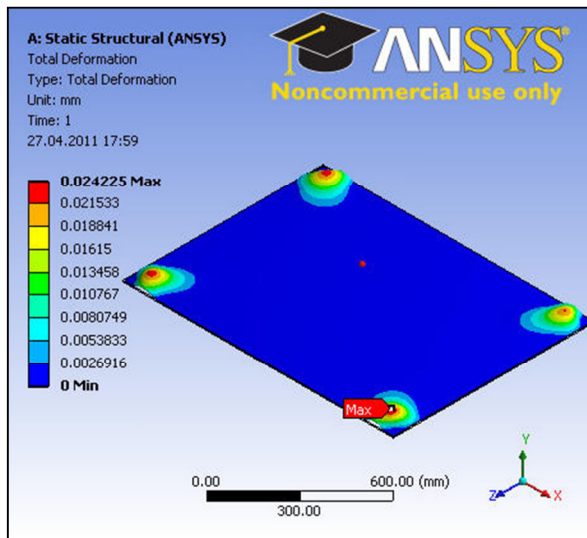
Bruker kreftene funnet i 7.1:  $F_x = 1031,8N$ ,  $F_y = 1413,51N$ ,  $F_z = 1750N$



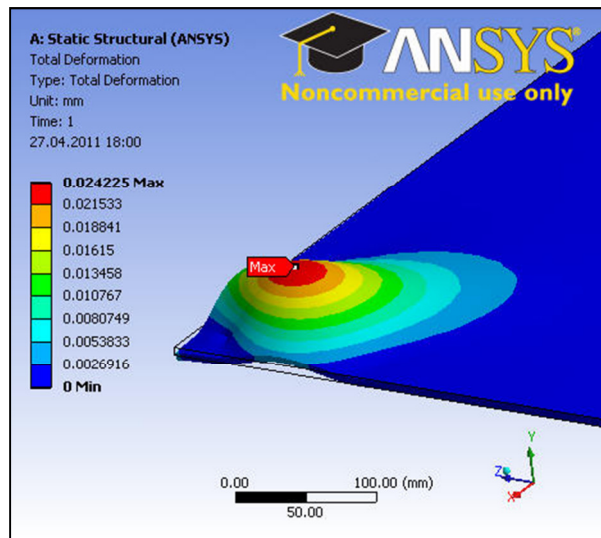
*Figur 8-1 – Bruker kreftene  $F_x$ ,  $F_y$  og  $F_z$  fra dekomponeringen. Det er brukt "fixed support" på alle flatene som simulerer underlagsskivene.*



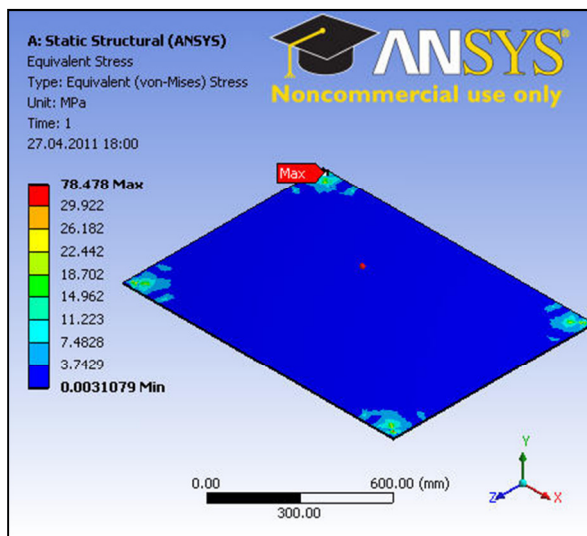
*Figur 8-2 – Det er laget kvadratiske soner i hjørnene slik at det er mulig å finjustere meshet i de mest spenningsbelastede sonene. Meshet på den resterende flaten kan da oppskaleres slik av en kan utnytte det begrensede antallet av noder fra studentversjonen. Meshingen er gjort med "tetrahedrons".*



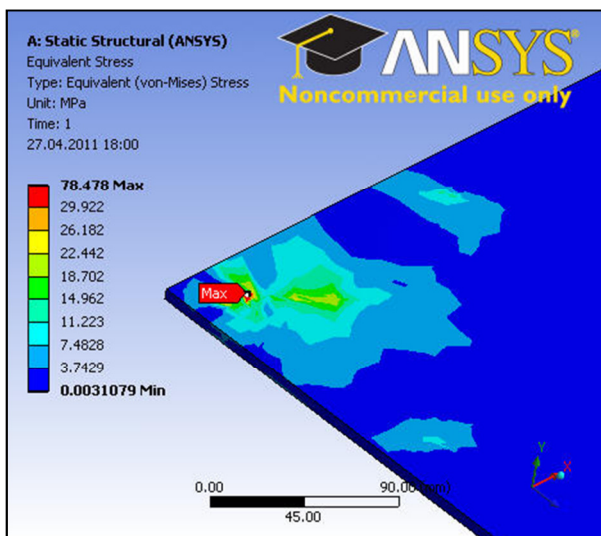
**Figur 8-3 – Oversiktsbilde på hele tankklokket som viser en oppskalert nedbøyning. Største nedbøyning inntreffer som forventet rundt hver påførte kraft.**



**Figur 8-4 – Nærbilde av et av hjørnene som viser en oppskalert nedbøyning. Virkelig nedbøyning er 0,02 mm.**

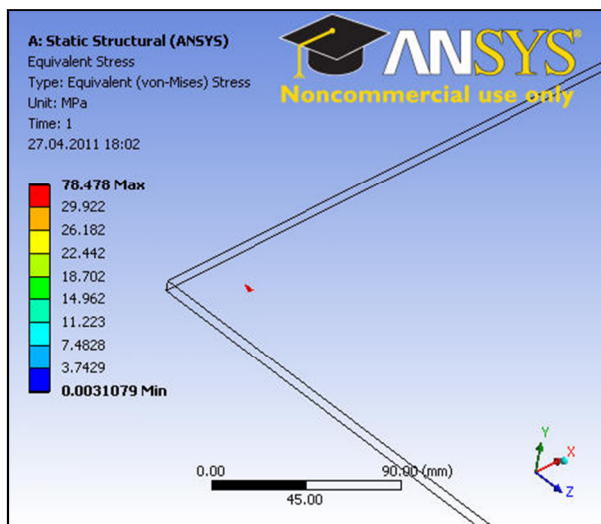


**Figur 8-5 – Oversiktsbilde av spenningsplottet for hele tankklokket. De største spenningsene opptrer som forventet i hjørnene ved de påførte kreftene.**

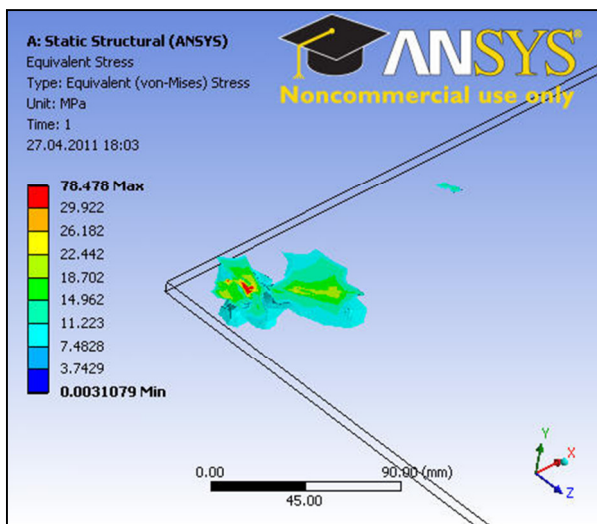


**Figur 8-6 – Nærbilde av et av hjørnene der den største spenningen opptrer. Slik an kan se av bildet tar de tre mest nærliggende boltene i hvert hjørne opp mesteparten av de påførte kreftene. Maksimal spenningstopp er 78,5 MPa.**





**Figur 8-7 – Største spenningsstopp opptrer i fremkant av hver underlagsskive nærmest påført kraft.**



**Figur 8-8 – Område som er utsatt for spenninger så lite som 10 MPa.**

**Tabell 8-1 – Oppsummering av maks spenningsstopp og maksimal nedbøyning for simulering av løfteørenes påvirkning på tanklokket.**

Maks spenningsstopp (MPa):	Maks nedbøyning (mm):
<b>78,48</b>	<b>0,02</b>

Figur 8-3 og Figur 8-4 viser oppskalert nedbøyning. Den maksimale nedbøyning av platen er 0,02mm. Av Figur 8-5 og Figur 8-6 ser en som forventet at den største spenningen skjer rundt opplager og kraft i hvert hjørne. Figur 8-7 viser lokal spenningskonsentrasjon. Denne spenningen kan neglisjeres da den opptrer i et meget lite område på platen. Vider viser Figur 8-8 soner utsatt for spenninger over 10MPa. Slutningen en kan dra av dette er at det kan være mulig å bruke en mindre tykkelse på tanklokket.

## 8.2 Påført kraft på lokk fra motorer

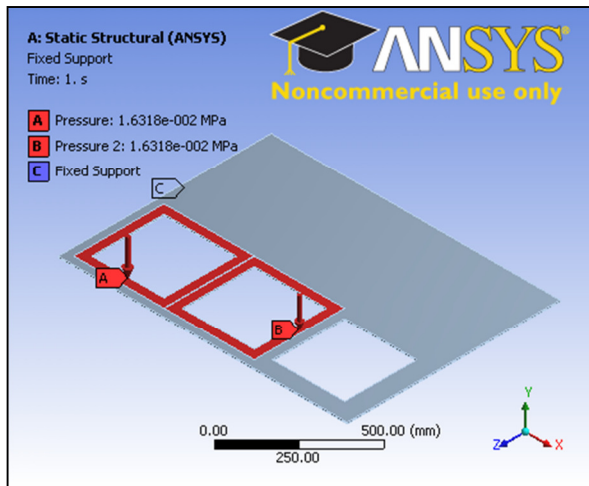
### 8.2.1 Tanklokk 6 (mm)

På grunn av de største motorenes vekt på 82kg er det valgt å sjekke spenning og nedbøyning påført tanklokket. På Figur 8-9 ser en påførte trykk overført fra motor og motorlokkene. Tanklokket regnes som fast opplagret rundt lokkranden med skruer festet til svøp og tanksider. Det er viktig å notere at tanklokket blir belastet av flere komponenter men det er valgt å se bort i fra spenningene disse påfører tanklokket da disse sitter på deler av lokket som er uniformt. Vekten av disse komponentene er også så lave at de er valgt å se bort ifra under denne simuleringen.

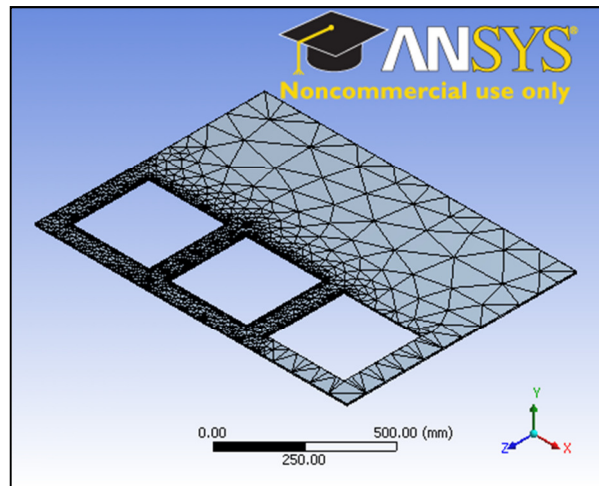


**Tabell 8-2 - Påført trykk på hver rand fra motorlokkene.**

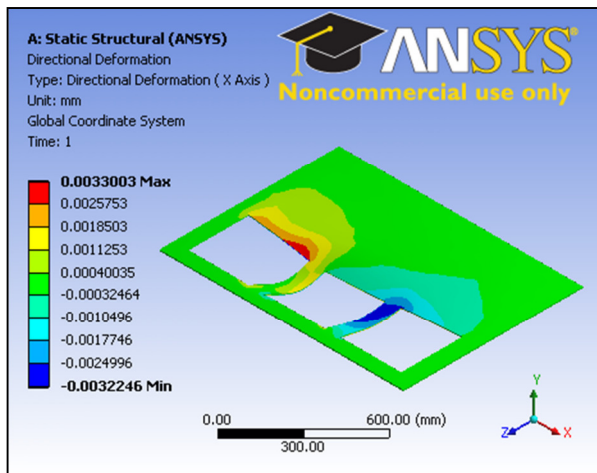
Komponent:	Vekt (kg)	Kraft (N):	Areal av flate (mm <sup>2</sup> )	Trykk per flate (MPa):
Motor 1 – 132 size	82	804,42	50250	0,016008
Motor 2 – 132 size	82	804,42	50250	0,016008



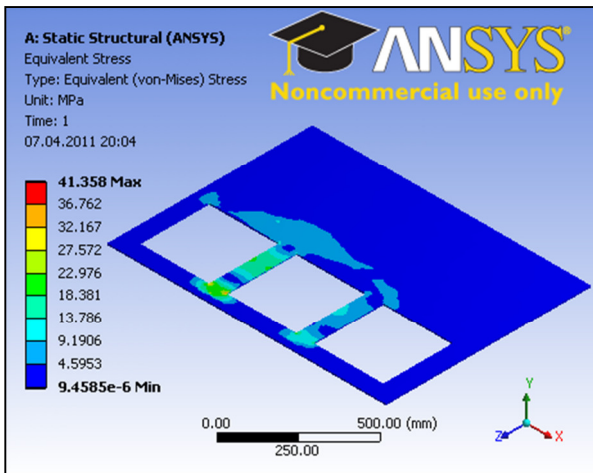
**Figur 8-9 – Opplageret som er brukt er “fixed support” langs undersiden av lokkranden. De røde sonene definerer der motorlokkene møter tanklokket. Det er valgt å påføre disse sonene for et eget omregnet trykk.**



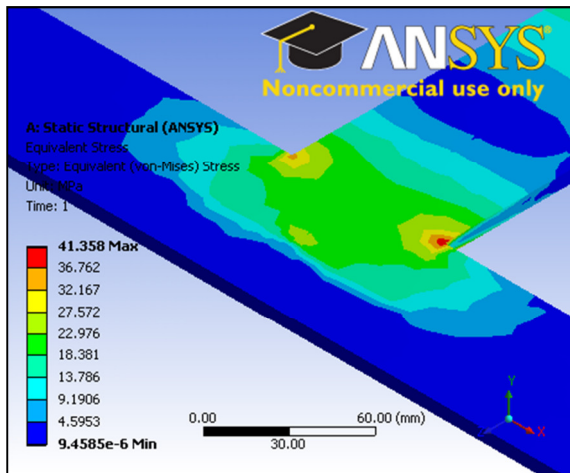
**Figur 8-10 – Mesh optimering rundt hver av lokkrandene. Meshet er optimert rundt det påførte trykket.**



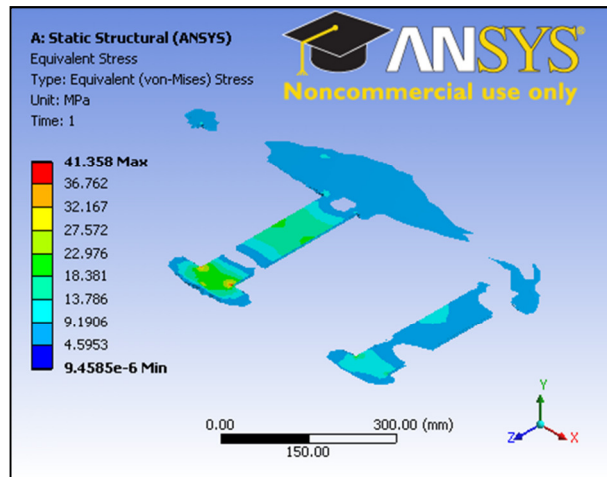
**Figur 8-11 – Oversiktsbilde av en oppskalert nedbøyning av plateelementet**



**Figur 8-12 – Oversiktsbilde av spenningspletet på plateelementet.**



**Figur 8-13 – Viser neglisjerbare spenningskonsentrasjoner i hjørner**



**Figur 8-14 – Viser materiale utsatt for spenninger over 5MPa**

Drøfting av resultater:

**Tabell 8-3 - Oppsummering av maks spenningstopp og maksimal nedbøyning for simulering av motorens påvirkning på 6mm tanklokk.**

Maks spenningstopp (MPa):	Maks nedbøyning (mm):
<b>41,36</b>	<b>0,0033</b>

Slik det fremkommer av spenningsplottene og nedbøyningen er disse verdiene godt innenfor det tillatte området. *Figur 8-13* viser neglisjerbare lokale spenningskonsentrasjoner som opptrer i skarpe kanter. På *Figur 8-14* vises andelen av materialet utsatt for spenninger så lite som 5MPa. Dette betyr at tanklokkets tykkelse kan reduseres for materialbesparelser.

### 8.2.2 Tanklokk 4 (mm)

Kjører den samme simuleringen ovenfor der tykkelsen på tanklokket er endret til 4mm og sjekker at alle spenninger og nedbøyning er innenfor tillatte verdier.

**Tabell 8-4 - Oppsummering av maks spenningstopp og maksimal nedbøyning for simulering av motorens påvirkning på 4mm tanklokk.**

Maks spenningstopp (MPa):	Maks nedbøyning (mm):
<b>49,50</b>	<b>0,71</b>

### Diskusjon av simuleringer:

På grunn av en meget liten forskjell i spenninger og nedbøyning av platetykkelsene kan en trekke konklusjonen om at tanklokket kan reduseres til 4mm hvis dette er ønskelig. Det er viktig å merke seg at disse simuleringene ikke har tatt hensyn til skruehull i tanklokk og spenningene motorene vil påføre konstruksjonen under bruk. Det er valgt å se bort fra dette siden en regner med at disse spenningene er såpass små. Ved å bruke en mindre tykkelse på tanklokket kan en også gå ned på tykkelsen på motorlokk samt komponentlokk. Sett i forhold til de andre tankene i GOPS-serien kan en trekke slutningen om at alle tankserier under GOPS-600 kan bruke 4mm lokk da disse seriene bruker mindre motorer med mindre vekt på en mindre lokkstruktur.

**Tabell 8-5 – Oppsummering av totalvekt som kan spares ved å bruke slankere lokk.**

Per 10 stk.	Tanklokk	Motorlokk	Inspeksjonsluke	Komponentlokk
Masse av 6mm lokk (kg)	405,3	138,9	67,2	22,3
Masse av 4mm lokk (kg)	273,7	92,7	44,8	14,9
Differanse (kg)	131,6	46,2	22,4	7,4
Sum differanse (kg)	207,6			
Forhold til totalvekt på 1750 kg (%)	0,1			

Slik det kommer frem av *Tabell 8-5* kan en spare omtrent 210 kg per 10 produserte tanker av størrelsen GOPS 600. Ser enn dette i forhold til total tankvekt for ti tanker utgjør dette kun 0,1 %. Det er lite hensiktsmessig å sammenlikne materialbesparelse ut i fra et estimat av materialbruken i forhold til totalvekt. Den totale materialkostnaden er avhengig av hvor mye av hver plate en kan benytte. Beregner en materialkostnad kun på bakgrunn av den totale vekten betyr det at plateformatene utnyttes 100 % noe som ikke er realiteten. Besparelser som eventuelt kan gjøres vil bli nærmere diskutert i 8.3.3 etter at forbruket av plateformatene er kartlagt.

### 8.3 Plateforbruk og optimering

I dette kapitlet estimeres plateforbruket og komponenter optimalisert i forhold til leverte standard plateformat hvis nødvendig.

De viktigste faktorene vedrørende optimalisering i forhold til standardleverte plateformatene er:

- Bearbeidingsøkonomi
- Materialbesparelser
- Minst mulig overflødig kast
- Uendrede funksjoner

Alle overnevnte faktorer spiller sammen og vil gå på bekostning av hverandre. Med bearbeidingsøkonomi i dette kapitlet menes platenes første bearbeidingsprosess som vil være plateskjæring. Det er her viktig å minimere antall kutt som vil redusere skjærtiden forbundet med denne prosessen. Plasseringen av komponentene gjøres da hensiktsmessig slik at de deler kutt i bredde og lengderetning. Det er også viktig å plassere komponenter på en arealmessig effektiv måte ved å utnytte plateformatene maksimalt for å redusere overflødig kastmateriale. Eksempelvis, siden motorlokkene, inspeksjonsluken og komponentlokket er designet slik at de deler mange av de samme dimensjonene kan disse plasseres samlet på en måte som gjør at de kan dele kutt. Det er også attraktivt hvis overflødig materiale er tilnærmet kvadratiske og over en viss størrelse slik at det kan lagres og brukes ved en senere anledning. Til slutt er det viktig at endringene som blir gjort ikke går ut over funksjoner.

På *Figur 8-16* er motorlokkene og inspeksjonsluken gjengitt visuelt like siden de deler de samme ytre dimensjonene. Det samme gjelder for tankveggene på *Figur 8-15*. Det tas ikke hensyn til skjærbredden en mister per kutt for plateutnyttelsen.

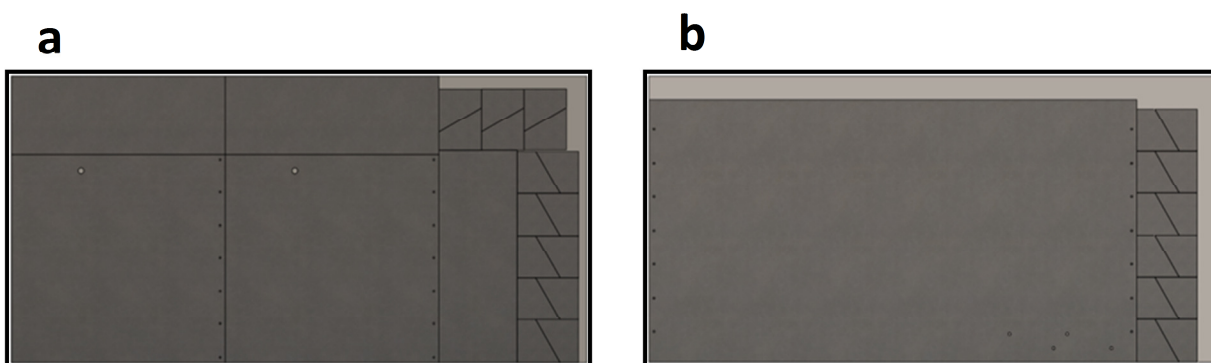
**Tabell 8-6 – Platestørrelsene slik tanken er nå.**

Komponenter	Antall:	Tykkelse	Størrelse (mm)	plateformat
Svøp	10	4	1150 x 2144,3	1250x2500
Sidevegger	20	4	910 x 928,8	
Skilleplate	10	4	448 x 1027	
Beinstøtte liten	20	4	182 x 185	
Beinstøtte stor	20	4	154 x 169	
Tanklokk	10	6	969,4 x 1289,4	2000x4000 2000x6000
Motor lokk 132 size	30	6	375 x 375	
Inspeksjonsluke	10	6	375 x 375	
Komponentlokk	10	6	125 x 275	

### 8.3.1 4mm-plate

#### Endring av skilleplate:

Slik skilleplatene er nå vil det være fornuftig å nedskalere de noe slik at en får en mer effektiv plateutnyttelse på formatet. Det er viktig at høyden på disse ikke nedskaleres så mye at maksimalt oljenivå vil kunne flyte fritt over toppen. *Figur 6-11* viser hvor oljenivået i den gjeldene tanken vil ligge med 300 l olje. Bredden kan reduseres slik at de tilsvarer bredden av tanksidene og høyden kan reduseres slik at hele platen på *Figur 8-15 a)* vil utnyttes. Dette vil spare tid i skjærbordet med færre kutt og mindre restmateriale. Ny størrelse på skilleplaten blir da 321x910.



*Figur 8-15 - Eksempel plassering av komponenter på 1250x2500 formatet. a) Eksempel på plassering og kombinasjon av tanksider, skillevegg og støttebein. Totalt kreves 5 plater for tanksidene. De andre elementene vil bli plassert rundt der det er plass. b) Eksempel på plassering og kombinasjon av svøp og støttebein. På grunn av størrelsene til svøpene kreves totalt 10 plater til denne komponenten.*

*Tabell 8-7 – Oppsummering av totalt plateforbruk for komponenter med platetykkelse 4mm. Totalt forbruk er 15 plater. Total materialkostnad er 45.000kr.*

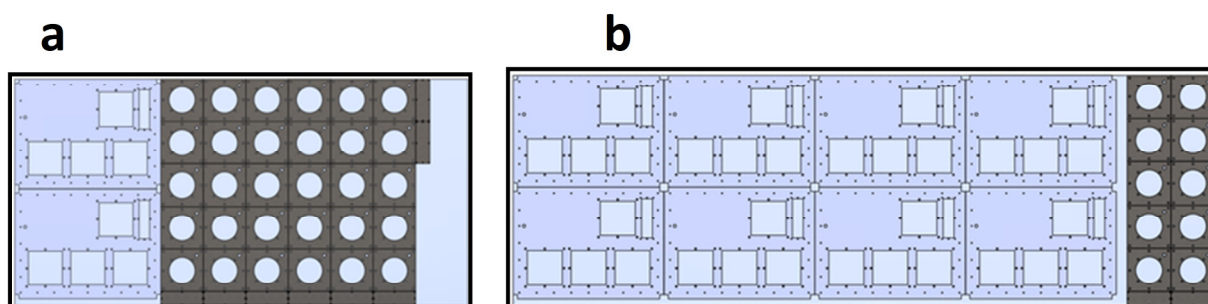
Plateformat	Kvanta.	Sum, nok
1250x2500	15	3 000
Sum materialer	-	45 000

For å ekstrahere alle elementene som benytter 4mm plater trengs det til sammen 15 stk. plater i formatet 1250x2500. *Figur 8-15* viser eksempel på plateutnyttelsen. Det vises kun to eksempler på plasseringen av komponentene på plateformatene.

### 8.3.2 6mm-plate

#### Endring av tanklokk:

Slik an kan se av *Figur 8-16* kan bredden at tanklokket økes slik at det treffer kanten av plata og en sparer et kutt tilsvarende hele lengden av denne. I tillegg vil det totale restmaterialet reduseres. Ved å øke bredden av tanklokket vi enten høyden av dryppkant eller den totale bredden av tanken måtte økes tilsvarende 61mm. Lengden av lokket kan endres tilsvarende 23mm per lokk slik at raden av tanklokk treffer motorlokkene. Begge disse alternativene vil fungere meget bra, kantene til dryppkant vil bli enklere å knekke med økt høyde, og en økning i tankens totale bredde vil gi bedre plass til komponenter på tanklokket. Endringene resulterer i at restmaterialet holdes på et minimum.



**Figur 8-16 – Eksempel på plateutnyttelsen av 6mm lokk. Det trengs til sammen 1.stk 2000x4000 og 1.stk 2000x6000 plater for alle 6mm elementene. På bildet gjengis motorlokk og inspeksjonsluke like siden disse er av like ytre dimensjoner.**

**Tabell 8-8 - Oppsummering av totalt plateforbruk for komponenter med platetykkelse 6mm. Totalt forbruk er 2 plater, i ulike størrelser. Total materialkostnad er 26841,6 kr. Det har ikke lyktes å åpne Ruukkis leveranseprogram fra 2011. materialkostnadene endres den 1. i hver måned. Materialkostnad er fra Ruukkis leveranseprogram 1.jan 2010 så denne summen er ikke helt korrekt, men vil allikevel gi en pekepinn på omtrentlig materialkostnad for 6 mm plater.**

Plateformat	Kvanta.	Sum, nok
2000x6000	1	15 552
2000x4000	1	11 289,6
Sum materialer		26 841,6

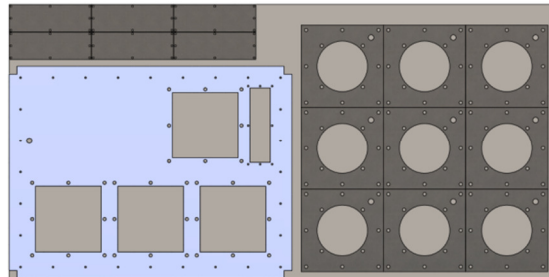
For å ekstrahere alle elementene som benytter 6mm plater trengs det til sammen 1 stk. 2000x6000 og 1 stk. 2000x4000 plate. Disse er valgt ut i fra Ruukkis leveranseprogram (Vedlegg 6).

**Tabell 8-9 – Oppsummering av total plate kvanta og sum.**

Plateformat	Kvanta.	Sum, nok
4x1250x2500	15	45 000
6x2000x4000	1	11 289,6
6x2000x4000	1	15 552
Sum materialer (kr)	-	71 841,6



### 8.3.3 Sjekk ved bruk av 4x1250x2500 plateformater på samtlige komponenter.



**Figur 8-17 – Eksempel på plateutnyttelse av lokk på 4x1250x2500 plate.**

**Tabell 8-10 – Oppsummering av materialkostnader ved bruk av 4x1250x2500 plateformater på samtlige komponenter.**

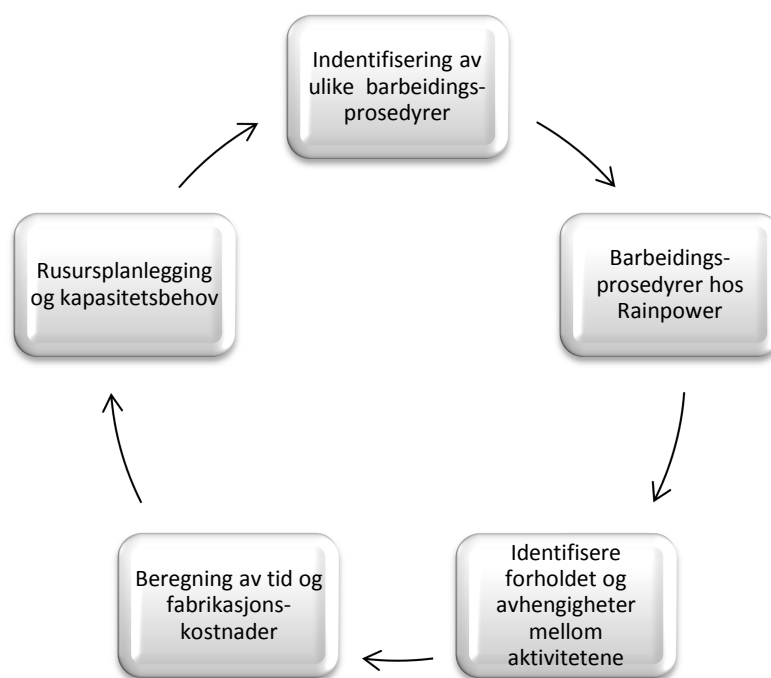
Plateformat	Kvanta.	Sum, nok
1250x2500 til lokk	10	30 000
1250x2500 til andre elementer	15	45 000
Sum materialer		75 000

Fra 8 kommer det frem at det er mulig å nedskalere tykkelsen slik de en kan bruke 4 mm plater til samtlige komponenter. Med det satte standardformatet på 1250x2500 vil dette kreve til sammen 10 stk. plater for å ekstrahere samtlige lokk. Uten å endre på 4 mm standardformatet viser det seg at total platekostnad faktisk vil gå opp med rundt 3 000kr. Grunnen til dette er at det er mulig å utnytte de større plateformatene i større grad. Ved å endre på den satte betingelsen på plateformatet er mulig å redusere materialkostnaden hvis Rainpower kan benytte plateformater større en 1250x2500 med 4 mm tykkelse.

## 9 Work Breakdown Structure (Arbeidsnedbrytingsstruktur)

Work Breakdown Structure eller arbeidsnedbrytingsstruktur som det kalles på norsk er en hierarkisk nedbryting av den arbeidsoppgaven prosjektet skal utføre. Arbeidsnedbrytingsstrukturen definerer hva som skal gjøres, hvordan det skal gjøres, hvilken rekkefølge bestanddelene skal gjøres i, og estimert tid [4]. Gjennom dette kapittelet defineres en arbeidsnedbrytingsstruktur for produksjonen og på grunnlag av tidsfasen prosjektet er inne i, prinsippet er det samme. Dette vil blant annet synliggjøre avhengighetsforhold mellom prosesser, definere nødvendig produksjonstid, identifisere mulige problemer og flaskehals. *Figur 9-1* viser tankegangen i denne gjennomføringen.

Arbeidet som utføres i dette kapittelet avgjør videre om det vil være aktuelt å se på alternative steder eller metoder for tilvirkning.



**Figur 9-1 – Viser de ulike stegene som må gjennomføres i nedbrytingsprosessen for produksjonen.**

1. Det første steget i prosessen er først å finne ulike bearbeidingsprosedyrer som egner seg til tankproduksjonen. 9.1
2. Deretter beskrives bearbeidingsprosedyrerene hos Rainpower og maskineri som vil inngå i prosessen. 9.2
3. Dette legger grunnlaget for avhengighetsforholdet mellom aktivitetene som vil bli definert i dette steget. 9.3
4. Så gjøres en detaljert fabrikasjonsberegning av kostnader og brukt tid for de ulike aktivitetene som må gjennomføres. Dette er nødvendig slik at eventuelle flaskehals synliggjøres. 9.4
5. Alle disse bestanddelene muliggjør for planlegging av ressurser og måling av nødvendig kapasitetsbehov slik at en kan drøfte og finne et fornuftig produksjonsopplag. 9.5



## 9.1 Produksjons-prosedyrer

I dette kapitlet defineres bearbeidingsprosedyrer som vil egne seg til produksjonen av tanken.

### 9.1.1 Oppdelende bearbeidingsprosesser

#### Maskinsaks:

Maskinsakser kommer i mange utførelser og former. Parallellsakser er en type maskinsakser som klipper hele bredden i ett kutt. Skal det klippes ut mange elementer fra en stor plate vil dette kreve mange kutt. Elementene som skal klippes er nødt til å være rektangulære. Ved store produksjoner brukes en plateoppsamler og plateteller [17].

#### Plasmaskjæring:

Plasma er en høyionisert, elektrisk ledende gass som blir dannet i en likestrømsbue i plasmabrenneren. Gassen er elektrisk ledende og forlater skjærdysen med en fart på opptil lyd hastigheten. Temperaturen på gassen kommer opp i ca. 30.000 °C. Materialet i kuttet smelter, men forbrennes ikke. Hvis skjærehastigheten kan være svært raskt, blir varmeledningen innover i materialet meget liten, og strukturen inntil skjærkanten blir praktisk talt ikke påvirket. Bevegelsesenergien som overføres er så stor at smeltebadet blåses bort. Hovedsakelig finnes to typer plasmaskjæring, ikke-overført lysbue og overført lysbue. Ved skjæring av rustfritt materiale brukes ikke-overført lysbue som kan skjære ikke ledende materialer [17, 21].

#### Laser:

De to mest brukte lasertypene som blir brukt er, gasslasere av typen CO<sub>2</sub>-lasere og faststofflasere av typen Nd-Yag-laser. CO<sub>2</sub>-lasere brukes mest til høye produksjonshastigheter og tykke materialer. De andre tilleggs gassene som blir tilført avhenger i type materiale som skal skjæres. Nd-Yag-laser blir mest brukt til finbearbeiding, hullboring og mikrobearbeiding. Laserskjæring blir mer og mer brukt der materialtykkelsen er opp til 10-15mm. En ulempe ved plater med tykkelse på over 6 mm vil overflaten i vil ruheten i snittet ligge på rundt 50-100 µm. materialer som kan skjæres er karbonstål, rustbestandige stål, tre, papir, tekstiler, plast og keramikk [21].

Fordelene med laserskjæring:

- Laserstrålen som verktøy har ingen slitasje og er universelt anvendbar.
- Ingen eller liten formendring på produktene.
- Bredden på skjærfugen er svært liten og ligger i området 0,1 – 0,2mm noe som betyr spart materiale.
- Ingen mekanisk kraftpåvirkning på arbeidsstykket under skjæreplassen som betyr enklere fiksturer for fastspenning.

### Vannstråleskjæring:

Det finner i hovedsak to metoder for vannstråleskjæring. Vannknivmetoden og abrasivjetmetoden. Disse to metodene er temmelig like og bruker mye av de samme komponentene. Forskjellen er at abrasivmetoden bruker et fordosert slipemiddel som i skjærdysen blandes med vannstrålen. Trykket i skjærdysen ved vannknivmetoden er på opptil 4000 bar, mens med abrasivmetoden kan ligge på inntil 3600 bar. Slipemiddelet kan være sand, aluminiumoksid, silisiumkarbid, diamant osv. Dette gjør at en kan skjære i de fleste materialer, harde som myke, som for eksempel kopper, bly, aluminium, herdet stål, titan, gummi, glass, rustfritt og verktøystål. Unntaket er herdet glass [21].

Fordelene med vannskjæring:

- Skjæresnittet blir tilnærmet som maskinert, man slipper derved noen form for etterarbeid med fjerning av slagg, sliping etc. (norsk vannskjæring as)
- Vannskjæring skjer med en nøyaktighet på +/- 0,1 mm. (norsk vannskjæring as)  
Nøyaktigheten er så god at man kan skjære gjengehull. Dette betyr at man kan gjenge direkte i det utskårede hullet uten å forbore.
- Siden den termiske belastningen er svært liten vil det ikke oppstå strukturendringer i skjæresnittet.
- Vannskjæring er en kaldbearbeidingsmetode og derfor får en ikke en herdesone rundt skjæresnittet.
- Skjærfugen er svært tynn og en sparer materiale.

### 9.1.2 Knekking og bøyning

Knekking (bukking) er en skarpkantet bearbeiding av platen, mens bøyning er en bearbeiding som gir større radius, en avrunding, i bøyn. Knekking gir en plastisk varig formendring. Dette kan være en komplisert operasjon da flere faktorer vi ha innvirkning på resultatet. Dette avhenger av materialtypen, valseretningen og eventuelle tykkelsesvariasjoner gjennom platen. I tillegg har nese radien og åpningen på matrisen og bøyevingen stor betydning for resultatet. En kantknekkemaskin lar en knekke plater med mange forskjellige vinkler. Ved serieproduksjon brukes ofte CNC-styrte maskiner som kan kombineres med automatisert innmating og håndtering av platene. Knekking er en kostnadseffektiv prosess når det brukes for små til middels store serier, fordi det ikke krever betydelige mengder av verktøy [17].

### 9.1.3 Boring:

Detter er en fellesbetegnelse for all innvendig avsponing (hullboring, gjenging, brotsjing og forsinking). Hullboring er av de vanligste bearbeidingsmetodene [17].

Ellers kan hullingen gjøres i en og samme operasjon som plateoppdelingen med både vannskjæring og laser med såpass nøyaktighet at en kan gjenge direkte i det utskårede hullet uten å forbore.

#### 9.1.4 Sveising av austenittiske stål:

Austenittiske rustbestandige stål er meget sveisbare. Stålet er godt formbart og har god slagseighet. Tilsetningsmaterialet bør være så likt som grunnmaterialet som mulig.

Enkelte typer kan være følsomme for varmesprekker og interkrystallisk korrosjon. Siden varmeledningsevnen bare er halvparten av ulegerte stål betyr dette at varmen ledes dårligere bort fra sveisesonen. Sveisestrømmen bør derfor ikke være særlig høyere enn at en sikrer god innsmelting. Hvis stålet holdes i området 450 °C – 900 °C for lenge vil det bli skilt ut kromkarbid i korn grensene. Kornene i materialet blir fattige på krom i det ytre sjiktet som da får nedsatt korrosjonsmotstand.

Det er ikke uvanlig at austenittisk rustfrie stål danner sprekker i sveisen og grunnmaterialet under størkning. De største sprekke vil oppstå i sveisens senterlinje der den smelter sist.

Sveisingen av rustbestandige stål gjøres med de samme metodene som andre stål. TIG-sveising og MIG/MAG vil alle egne seg bra.

#### Muttersveising:

Et alternativ til gjenging i gods vil være å punkt sveise muttere i riktige dimensjoner under godset som egentlig skulle vært gjenget. Dette vil egne seg til plater med lite gods og hull utsatt for mindre spenninger.

## 9.2 Produksjon hos Rainpower

I dette kapittelet vil det bli diskutert maskineri og prosesser ved produksjon av tankene på Rainpowers verksted på Sørumsand.

### NUMOREX NXB 6500 – CNC Plasma and Flame Cutting Machine



**Figur 9-2 – Bilder tatt hos Rainpower. Til venstre vises skjærbordet. Øverst til høyre vises et eksempel på et sirkulært kutt med diameter på omtrent 200 mm. Nederst til høyre vises eksempel på et mindre sirkulært kutt på omtrent 80 mm.**

Dette er en gass- og plasmaskjærer som kan skjære stålplater i størrelsesorden 4100x9600mm med tykkelse opptil 300mm. Denne maskinen er nøyaktig nok ved rette kutt, men kan ikke måle seg med konkurrerende løsninger som vannskjæring ved mindre sirkulære dimensjoner. Av erfaring vil ikke denne kunne brukes til sirkulære diameter mindre enn 20 mm. Dette betyr at den ikke vil kunne brukes til hulling av skruehull og gjennomføringer, men vil være egnet til utskjæring av hull til flens og motor i motorlokkene, samt komponentlokkene der hullene er av større dimensjoner der kravet til nøyaktighet og presisjon ikke er en avgjørende faktor. Øverst til høyre på *Figur 9-2* vises et eksempel på en sirkulær utskjæring i en 50mm tykk stålplate med diameter på omtrentlig 200 mm. På motorlokkene vil brenneren starte i senter av det sirkulære utsnittet, fortsette ut til randen og skjære ut hullet som skal fjernes, motsatt av eksemplet her. Bildet nederst til høyre på *Figur 9-2* viser et eksempel på skjær på den samme platen, men her med en diameter på omtrent 80 mm. Her har brenneren startet i senter og halvveis utført skjærprosessen. Materialet en mister per kutt er omtrent 4 mm (2mm ut fra hver side av plasmastrålen). Denne maskinen er ikke kompatibel med DWG eller andre CAD filer og derfor nødt for å forhåndsprogrammeres med et eget eksternt program som så mates i maskinen. Dette kan også gjøres i displayet til maskinen, men dette er en gammel og tidkrevende metode. Under brenneprosessen fylles vann-nivået i karet til rett under plateoverflaten.

**Kantknekke:**

Denne kantknekken er manuelt operert og er designet for knekking av meget tykke plateformater. Ved knekking av plater med tykkelse 4-6mm vil ikke dette være en optimal løsning. Dette krever ansatte med god erfaring til maskineri for å kunne få et tilfredsstillende resultat. Slik som med alle manuelle kantknekker vil det måtte gjennomføres en serie med tester for å kunne tilnærme seg riktig knekkvinkel og radius i relasjon til de utarbeidede arbeidstegningene. Det vil bli nødvendig med noe etterbehandling (godvilje) etter knekkingen slik at svøp, sider og lokk passer og får en fullgod passform.

**Figur 9-3 – Bilde av kantknekka tatt hos Rainpower. Designet for knekking av meget tykke plateformater.**

**Boring og gjengemaskin:**

Manuelt styrt maskin. Ved boring av hull på svøp og tanksider er en nødt til å rotere på elementene på grunn av elementenes størrelse.

**Figur 9-4 – Bilde av hullboringsmaskin tatt hos Rainpower.**

**Sveising:**

Rainpower regnes å ha noen av Norges fremste sveisere og sveiser de fleste metaller. Tankene vil bli sveiset med MIG/MAG metoden.

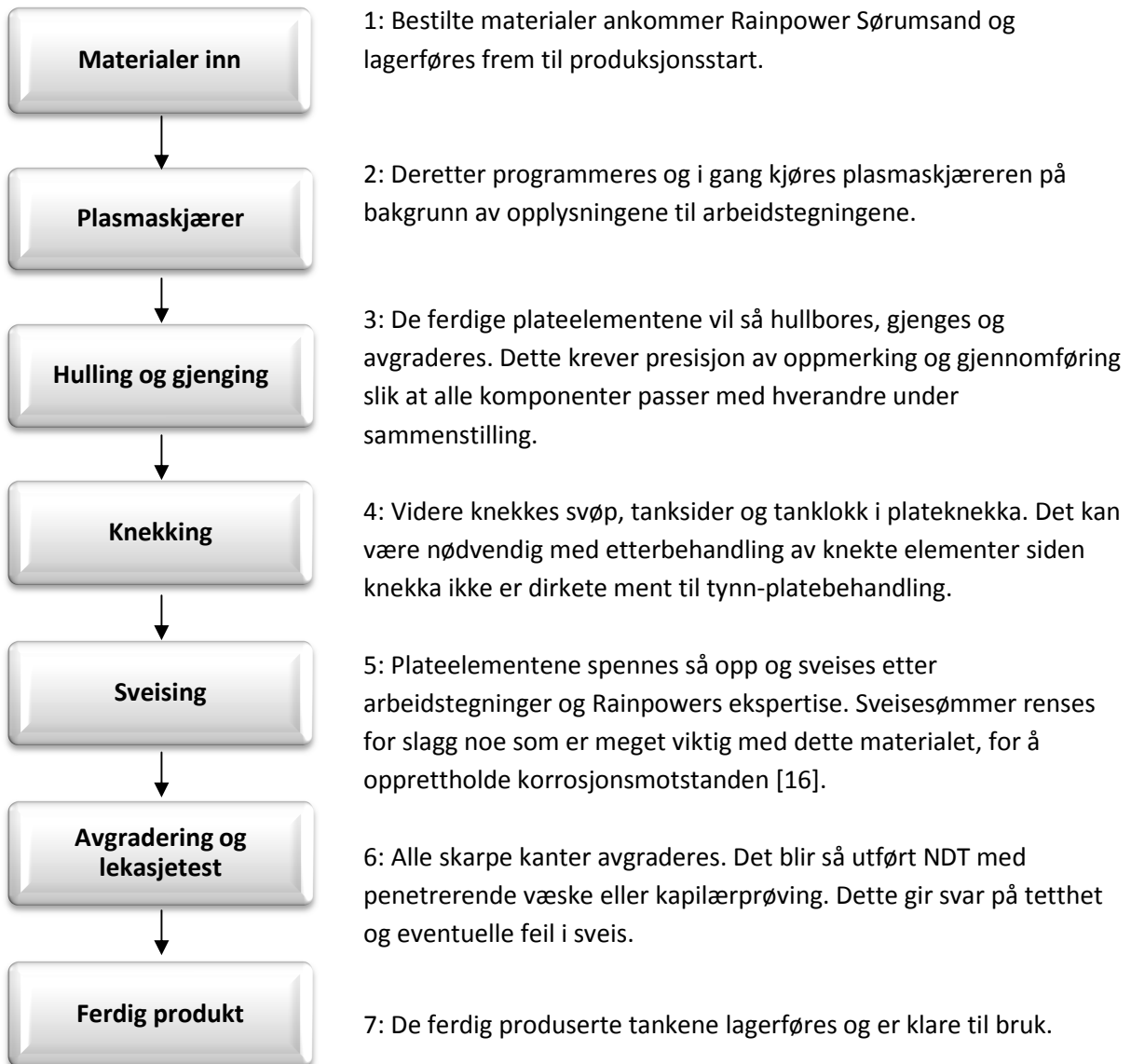
**Sjekk av sveisesømmer (NDT –Non Destructive Testing):**

Det er viktig at det ikke kan oppstå lekkasje i sveisesømmer da dette kan utvikles til å bli en meget dyr affære. Det vil bli brukt to ikke destruktive prøvemetoder til å sjekke sveisesømmer og tetthet. Sveisene sjekkes med en penetrerende farget væske som vil trenge inn i eventuelle feil i overflaten. Alle synlig væske fjernes så fra overflatene før en fremkallervæske som vil trekke ut gjenstående væske fra sveiser med overflatefeil. Det kan så gjøres en visuell kontroll for å finne eventuelle sprekker. En annen metode Rainpower vurderer å benytte er kapillærprøving. Dette gjøres ved å fylle tanken med parafin eller annen væske med lav overflatespenning som vil trenge gjennom de miste gjennomgående sprekker [22].



### 9.3 Fremstillingsrekkefølge hos Rainpower

Fremstillingsprosessen hos Rainpower følger en typisk produktlayout der hver komponent følger en forhåndsbestemt prosessrute mot et ferdig produkt. Flyten gjennom fremstillingsprosessen er forutsigbar, lett og lokalisere og kontrollere. Alle elementene inngående i tanken er skal gjennom de samme fremstillingsprosessene og er nødt til å følge denne forhåndsbestemte ruten (unntaket er kantknekken). Eventuelle flaskehalsar i produksjonen er da lett å lokalisere [4] s.193.



**Figur 9-5 – Kronologisk rekkefølge på produksjonen hos Rainpower.**

## 9.4 Estimert tankproduksjon

Tabell 9-1 – Timerater hos Rainpower. Vedlegg 2

<b>Skjærbord:</b>				
Timrate(kr)	Skjærhastighet (min/m)	Loading per tank (t)		
500	3	1,5-2		
<b>Sveising:</b>				
Timrate(kr) a-mål 3-5mm	Sveisehastighet (min/m) a-mål=4mm	Loading per tank (t)	Oppspenning per tank (min)	
625 <sup>(1)</sup>	15		60	
<b>Hullboring</b>				
Borehastighet (per hull)	½ - 1 min			
Timerate(kr)	850 <sup>(2)</sup>	750	600 <sup>(3)</sup>	
<b>Hullboring - Typisk: En plate med 40 hull</b>				
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	15	10	15
Finner verktøy	5	20		5
Håndtere	90	40	20	40
Total Tid (t)	275			
<b>Hullboring - 5 plater (hvis de kan bores i pakke)</b>				
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60
Finner verktøy	5	20		5
Utføre	90	180	30	180
Total tid (t)	635			
<b>Knekking</b>				
Timerate(kr)	Tid per tank			
700	2			
<b>Sammenstilling</b>				
Timerate(kr)	Tid per tank			
700	3.5			
<p><sup>(1)</sup>Er det trangt/lite sveis, så går tiden opp</p> <p><sup>(2)</sup>Prisen pr/hull er veldig avhengig av hvor mange hull det er i hver plate, og hvor mange plater en kan bore sammen. (Boring i "Pakker") OBS! Gjenging kan ikke gjøres i pakker!</p> <p><sup>(3)</sup>OBS! Da er det ikke tatt høyde for annen grading enn selve hullene, og at platene er flate. Dette er fortsatt kun ett kjapt overslag for å synliggjøre at det ikke er noen standard pris på ett hull, da det er mange faktorer som påvirker tiden.</p>				

**Tabell 9-2 – Estimat av skjærbordkostnad.**

<b>Skjærbord:</b>				
<b>Timerate (kr/t)</b>	<b>500</b>			
4mm plater	Total skjærlengde (m)	Skjærhastighet (min/m)	Loading av plater. (min)	Sum, NOK (kr)
Totalt 1250x2500	64,8	3	60	-
Tid (t)	4,24	-	-	-
Sum NOK	-	-	-	2 120
6mm plater	Total skjærlengde (m)	Skjærhastighet (min/m)	Loading av plater. (min)	Sum, NOK
2000x6000	77	3	30	2 175
2000x4000	55	3	30	1 625
Tid (t)	7,6	-	-	-
Sum NOK	-	-	-	3 800
<b>Total tid (t)</b>	<b>11,8</b>			
<b>Sum NOK</b>	<b>≈5 920</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det tas ikke hensyn til tiden skjærhodet bruker på å forflyttes fra et kutt til et annet da dette varier med lengde.</li> <li>• Går ut i fra at optimering av alle tankdelene er gjort slik som slik at de fyller platen. Forklart i 8.3</li> <li>• Tar allikevel ikke hensyn til den økte størrelsen til kvadratet i hvert tanklokkhjørne. (Dette vil ikke påvirke resultatet i stor grad)</li> <li>• Det er ikke tatt hensyn til mulige retningslinjer Rainpower måtte ha til plasseringen av komponentene. Eksempelvis, hensyn til for valseretning materialet knekkes best med.</li> </ul>				

**Figur 9-6 – Eksempel på beregning av skjærlengde. De blå linjene representerer kuttet fra plasmaskjæreren.**



Tabell 9-3 – Estimat av hullboring.

<b>Hullboring - 5 plater</b>				
<b>Svøp – 18 hull</b>				
Timerate(kr)	850		750	600
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60
Finner verktøy	5	20		5
Utføre	41 <sup>(1)</sup>	81 <sup>(1)</sup>	14 <sup>(1)</sup>	81 <sup>(1)</sup>
Totalt 5 plater (min)	192		34	146
Totalt 10 plater (min)	384		68	292
Totalt 10 plater (t)	12,4			
Pris	5 440		850	2 920
Sum NOK 10 plater	<b>9 210</b>			
<b>Hullboring - 5 plater</b>				
<b>Tankside 1 – 13 hull</b>				
Timerate(kr)	850		750	600
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60
Finner verktøy	5	20		5
Utføre	30 <sup>(1)</sup>	69 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>	59 <sup>(1)</sup>
Totalt 5 plater (min)	169		30	124
Totalt 10 plater (min)	338		60	248
Totalt 10 plater (t)	10,8			
Pris	4 788		750	2 480
Sum NOK 10 plater	<b>8 018</b>			
<b>Hullboring - 5 plater</b>				
<b>Tankside 2 – 8 hull</b>				
Timerate(kr)	850		750	600
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60
Finner verktøy	5	20		5
Utføre	18 <sup>(1)</sup>	36 <sup>(1)</sup>	6 <sup>(1)</sup>	36 <sup>(1)</sup>
Totalt 5 plater (min)	124		26	101
Totalt 10 plater (min)	248		52	202
Totalt 10 plater (t)	8,4			
Pris	3 513		650	2 020
Sum NOK 10 plater	<b>6 183</b>			
<b>Hullboring - 5 plater</b>				
<b>Tanklokk – 68 hull</b>				
Timerate(kr)	850		750	600
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60

Finner verktøy	5	20		5
Utføre	153 <sup>(1)</sup>	306 <sup>(1)</sup>	51 <sup>(1)</sup>	306 <sup>(1)</sup>
Totalt 5 plater (min)	529		71	371
Totalt 10 plater (min)	1058		142	742
Totalt 10 plater (t)	32,4			
Pris	14 988		1775	7420
Sum NOK 10 plater	<b>24 183</b>			
<b>Hullboring - 5 plater</b>				
<b>Motorlokk – 13 hull</b>				
Timerate(kr)	850		750	600
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60
Finner verktøy	5	20		5
Utføre	30 <sup>(1)</sup>	69 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(1)</sup>	59 <sup>(1)</sup>
Totalt 5 plater (min)	169		30	124
Totalt 10 plater (min)	338		60	248
Totalt 10 plater (t)	10,8			
Pris	4 788		750	2 480
Sum NOK 10 plater	<b>8 018</b>			
<b>Hullboring - 5 plater</b>				
<b>Inspeksjonsluke– 4 hull</b>				
Timerate(kr)	850		750	600
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60
Finner verktøy	5	20		5
Utføre	9 <sup>(1)</sup>	18 <sup>(1)</sup>	3 <sup>(1)</sup>	18 <sup>(1)</sup>
Totalt 5 plater (min)	97		23	83
Totalt 10 plater (min)	196		46	166
Totalt 10 plater (t)	6,8			
Pris	2 777		575	1 660
Sum NOK 10 plater	<b>5 012</b>			
<b>Hullboring - 5 plater</b>				
<b>Komponentlokk – 8 hull</b>				
Timerate(kr)	850		750	600
Utførelse:	Merke (min):	Bore (min):	Kontroll (min):	Grade (min):
Håndtere	15	30	20	60
Finner verktøy	5	20		5
Utføre	18 <sup>(1)</sup>	36 <sup>(1)</sup>	6 <sup>(1)</sup>	36 <sup>(1)</sup>
Totalt 5 plater (min)	124		26	101
Totalt 10 plater (min)	248		52	202
Totalt 10 plater (t)	8,4			
Pris	3 513		650	2 020
Sum NOK 10 plater	<b>6 183</b>			

<b>Totalt tid (t)</b>	<b>90</b>
<b>Totalkostnad hullboring (kr)</b>	<b>66 807</b>
<sup>(1)</sup> Mottatte tall for hullboring er gjort med plate på eksempel med 40 hull. Det vil omregnes en faktor ( $\frac{\text{gjeldene verdi fra Tabell 9-2}}{40} * \text{antall hull for komponent}$ ) på utførelsen, da tiden for håndtering og finne verktøy gjelder for samtlige plater. Alle verdier rundes opp til nærmeste hele tall.	

**Tabell 9-4 – Estimat av kantknekke.**

<b>Kantknekke:</b>				
Timerate (kr/t)	700			
Komponenter	Totalt antall stk.	Estimert arb.tid (min)	Loading .stk (min)	Sum NOK
Svøp	10	120	60	2 100
Sider	20	120	60	2 100
Lokk	10	120	60	2 100
Total tid (t)	8	-	-	-
<b>Total sum</b>	-	-	-	<b>6 300</b>

**Tabell 9-5 – Estimat av Sveising.**

<b>Sveising:</b>				
Timerate(kr)	625			
Sveiselengde per tank(m)	Sveisehastighet (min/m) a-mål=4mm	Loading per tank (min)	Oppspenning per tank (min)	Sum NOK
6m <sup>(1)</sup>	15	60	60	2 187,5
Total tid 10 tanker (t)	35	-	-	-
Sum NOK per 10 tank	-	-	-	21 875
<sup>(1)</sup> Funnet i Solidworks ved å markere og summere opp alle forbindelser som skal sveises				

**Tabell 9-6 – Estimat av gradering og rengjøring.**

<b>Grade og rengjøring:</b>		
Timerate(kr)	700	
Tid per tank (t)	10 tanker (t)	Sum NOK
3,5 <sup>(1)</sup>	35	<b>24 500</b>
<sup>(1)</sup> estimat gjort i 4.4.3		

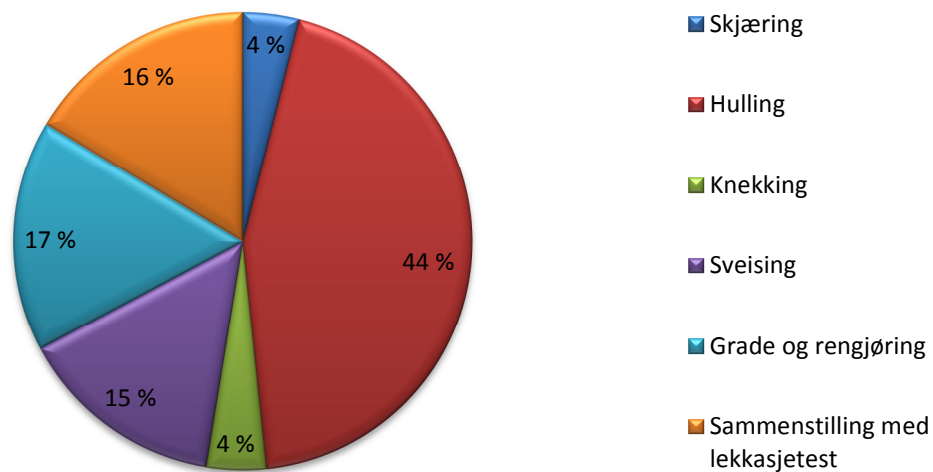
**Tabell 9-7 – Estimat av sammenstilling og lekkasjetest.**

<b>Sammenstilling med lekkasjetest:</b>		
Timerate(kr)	700	
Tid per tank (t)	10 tanker (t)	Sum NOK
3,5 <sup>(1)</sup>	35	<b>24 500</b>
<sup>(1)</sup> estimat gjort i 4.4.3		

**Tabell 9-8 – Oppsummering av totalt brukt tid og kostnad Totalkostnad for 10 tanker er 221.000 kr.**

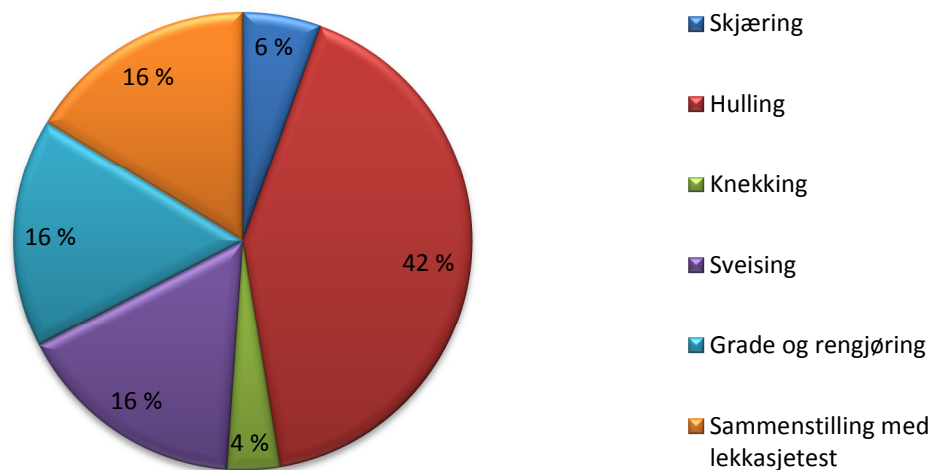
<b>Oppsummering 10 tanker</b>	
Total produksjonstid (t)	215
Sum arbeidskostnader (kr)	149.902
Sum materialer (kr)	71 841,6
<b>Totalkostnad for 10 tanker</b>	<b>221 743,6 ≈ 222 000</b>

## Prosentandel av total kostnad



**Figur 9-7 –** Kakediagrammet viser en prosentvis oppdeling av produksjonskostnader over de ulike prosessene. Hullboringen hos Rainpower er den mest kostnadsfrembringende prosessen med 45 % av total produksjonskostnad.

## Prosentandel av total produksjonstid



**Figur 9-8 -** Kakediagrammet viser en prosentvis oppdeling av produksjonstiden over de ulike prosessene. Hullboringen hos Rainpower er den mest tidfrembringende prosessen med 42 % av total produksjonstid.

## 9.5 Ressursplanlegging

I dette kapitlet diskuteres fremstillingsprosessen med hensyn på kapasitet og krav til ressursbehov.

### 9.5.1 Kartlegging av ressursbehov

Hvis en tar utgangspunkt i estimert produksjonstid i *Tabell 9-8* ser en at total produksjonstid for 10.stk krever 215 arbeidstimer. Siden arbeidsvolumet er estimert kan en beregne antall ressursenheter en trenger for å fullføre aktivitetene innen det tidsintervallet som settes [23].

$$\frac{\text{antall arbeidstimer}}{\text{antall uker} * \text{antall timeverk per uke}}$$

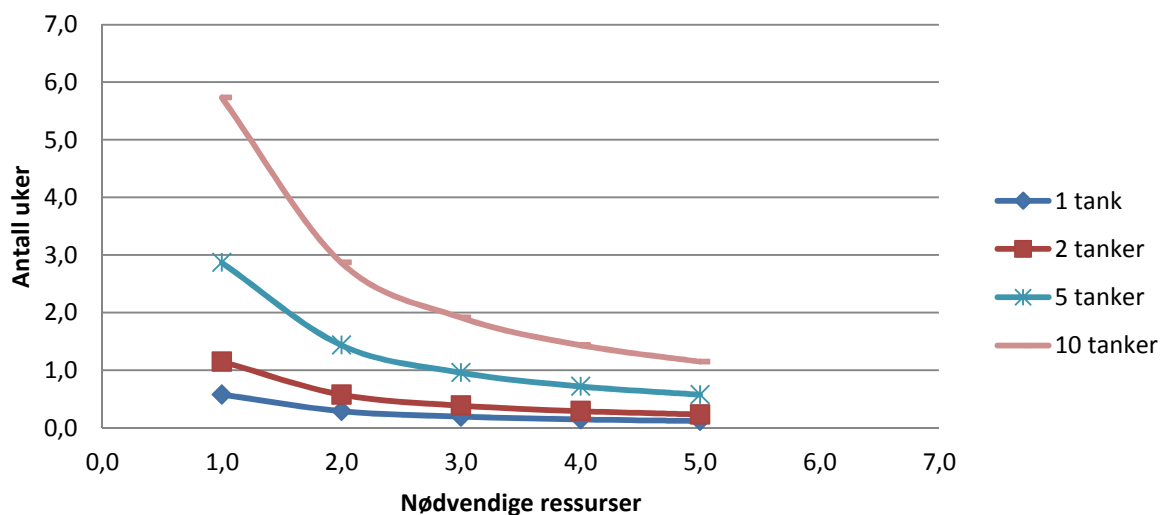
$$\frac{21,5}{\text{antall uker} * 37,5}$$

**Tabell 9-9 – Estimert over hvor mange arbeidere som kreves for å fullføre tankproduksjonen innen spesifisert tid.**

Antall tanker	1 uke	2 uker	3 uker	4 uker	5 uker
1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1
2	1,1	0,6	0,4	0,3	0,2
5	2,9	1,4	1,0	0,7	0,6
10	5,7	2,9	1,9	1,4	1,1

— ≈0   
 — ≈1   
 — ≈2   
 — ≈3   
 — ≈6

### Ressursbehov for tankproduksjonen



**Figur 9-9 – Ressursbehov for ulike produksjonsopplag. Det er valgt opplag på en, to, fem og ti tanker.**

## 9.5.2 Produksjonsopplag

### Alternativ 1: Produksjonsopplag 1 og 1:

Det første alternativet for produksjonen hos Rainpower vil være å først skjære ut alle tankelementene. Siden alle elementene er nøye plassert på leverte standardformater for materialbesparelser er disse nødt til å skjæres ut i en omgang. Deretter sorteres alle elementer i pakker (alle elementer til en tank for seg, eller alle like elementer for seg) for så å lagres. Tankene vil deretter produseres opp etter behov ettersom bestillinger fra Rainpowers kunder blir gjort. Denne metoden legger lite krav på nødvendig personell slik det kommer frem i *Tabell 9-9* og *Figur 9-9*. I et allerede tett produksjonsprogram vil ikke tankproduksjonen da påvirke annen tilvirkning slik det oppstår forsinkelser med andre vitale oppgaver på verkstedet 4.3.2.

### Alternativ 2: Produksjonsopplag - 10 og 10:

Alternativ to vil være å kjøre en komplett fremstilling på samtlige tanker gjennomført på en uke. Slik det kommer frem av *Tabell 9-9* vil dette kreve mye ressurser, 6 personer med arbeidsuke på 37,5 t. For å kunne gjennomføre dette er det noen gitte forutsetninger som må være oppfylt. Rainpower må kunne dirigere denne kapasitetsmengden fra annet vitalt arbeid. Dette kan vise seg å være vanskelig for maskineri det kun er en eller få av. Hvis kapasiteten på en gitt maskin er full vil materialer hope seg opp på dette produksjonsstadiet. Eksempelvis vil hullboringen være en flaskehals på grunn av lang produksjonstid (42 %) av tankens samlede produksjonstid. Volumetrisk vil også 10 tanker kreve mye lagerplass i forhold til ferdigkuttete elementer i alternativ1.

### Alternativ 3: Produksjonsopplag n og n:

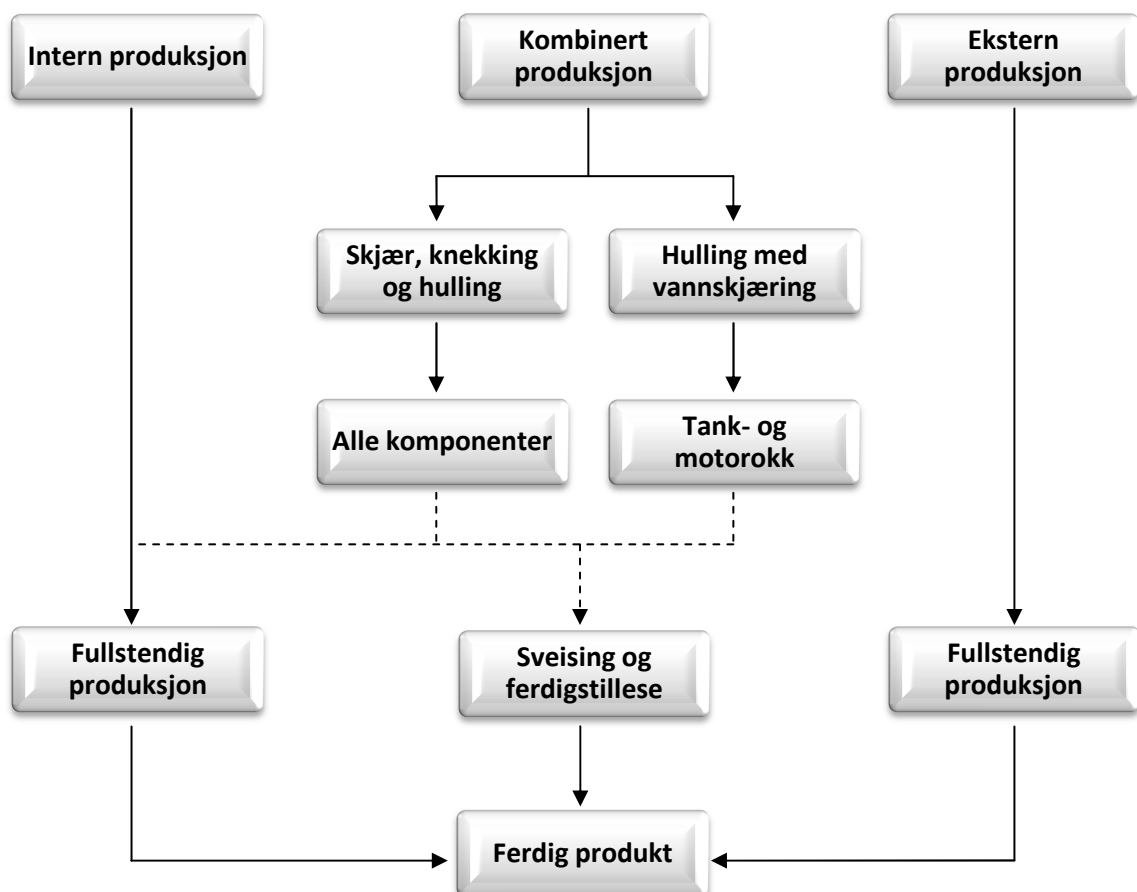
Alternativ tre vil være en kombinasjon av disse to ytterlighetene. Tankene produseres opp i serier ettersom bestillinger kommer til verkstedet. For eksempel hvis det kommer inn en bestilling som er avhengig av to tanker, produseres det opp isteden 4 stykk tanker slik at lagerbeholdningen og varer i arbeid holdes på et minimalt nivå. Lagerbeholdningen er da alltid tilstede og et vist opplag av tanker alltid er klare for videre trykkanlegg-produksjonen. Fordelen med dette alternativet synliggjøres hvis bestillinger på trykkanlegg kommer inn på et tidspunkt som er lite forenlig med resten av produksjonen på verkstedet. Tankproduksjonen er da nødt til å vente noe som kan føre til forsinkelser videre utover i kjeden til trykkanleggene.

## 10 Gjennomføringsprosess og produksjon

Gjennomførings- og produksjonsprosessen kan gjøres på flere forskjellige måter hvor det er et felles mål om å oppnå en rimeligst mulig fremstillingsprosess med høyest mulig kvalitet til riktig tid. Per i dag har Rainpower kapasitet og mulighet til å produsere disse tankene på et opplag av 10 stk. i året.

Produksjonen kan gjøres på tre følgende måter der det tas hensyn på spesifikke komponentgrupper og produksjonsmetoder.

- Fullstendig produksjon på Rainpowers verksted.
- Fullstendig produksjon hos ekstern leverandør. (Mottatte tall vill bli sammenliknet med intern produksjon hos Rainpower for å se om produksjonen er konkurransedyktig.)
- Kombinasjon av disse to metodene der visse komponenter på bakgrunn av deres kompleksitet eller på bakgrunn av maskinelle svakheter rettet mot den spesielle delen behandles eksternt for så å sveises og sammenstilles hos Rainpower.



**Figur 10-1 – Eksempel på hvordan produksjonen hos Rainpower kan suppleres med andre tilvirkningsmetoder og steder. Produksjonen kan hovedsakelig deles opp i 3 grener. 1) Fullstendig produksjon hos Rainpower. 2) Kombinert intern og ekstern produksjon. 3) Komplette ekstern produksjon.**



### Diskusjon av produksjon:

Slik en kan se kakediagrammene *Figur 9-7* og *Figur 9-8* er hulling den klart største kostnadsfrembringende samt tidkrevende posten. Skjæring, hulling og knekking utgjør til sammen over 50 % av både kostnadene og produksjonstiden. Ser en nærmere på hullboringen utgjør tanklokkene og motorlokkene til sammen 43,2 timer av denne postens totale produksjonstid på 90 timer (48 %). Det er derfor valgt å se nærmere på disse prosessene og hva som kan gjøres alternativt.

#### Alternativ 1:

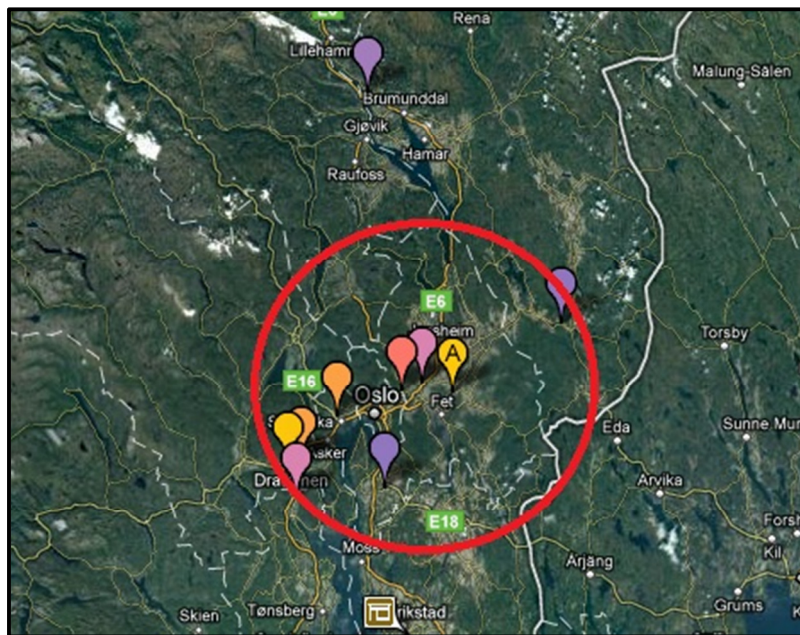
Alternativ 1 vil være å sette skjæringen, hullingen og knekking på anbud da disse aktivitetene ligger etter hverandre kronologisk. Ekstern leverandør for-fabrikkerer alle tankelementer slik at disse er klare for sveising og sammenstilling hos Rainpower. Knekkeprosessen hos Rainpower kan vise seg å by på utfordringer mot et ønsket resultat. Bedrifter som for eksempel bruker CNC-styrte knekker eller knekker spesielt rettet mot tynn-plater vil kunne oppnå et oppimot et feilfritt resultat der det ikke vil være tvil om komponenter vil passe sammen ved sammenstilling. Alternativet er attraktivt hvis kostnad og kvalitet på jobben kan måle seg med en komplett intern produksjon eller ekstern produksjon. Dette vil samtidig redusere det totalt nødvendige arbeidsvolumet og tankproduksjonens begjæring av ressurser. Produksjonstiden vil altså reduseres til det halve *Tabell 9-8* (107,5 timer). Denne metoden vil også fungere godt sammen med alle alternativene fra 9.5.2, kanskje spesielt alternativ 1, siden kombinasjonen disse mellom enkelt kan produsere opp antall tanker etter ordre uten å legge beslag på for mye ressurser.

#### Alternativ 2:

Følgene av at skjærbordet ikke har spesifikasjoner til å skjære ut mindre hull enn 20 mm er disse nødt til å gjøres i manuelt i bormaskinen. Tanklokket er den delen med desidert flest hull og derfor vil være tankens totalt mest tidkrevende del med 32 timer tilvirkningstid for bare hullboringen alene (*Tabell 9-3*). Motorlokket er også en tidkrevende komponent med et opplag på 30 stk. Det er derfor naturlig å vurdere en alternativ fabrikkasjonsmetode for disse komponentene. Vannskjæring kan være et alternativ her. Som forklart i 9.1.1 er denne prosessen et nøyaktig, raskt, og et kostnadseffektivt alternativ til oppdeling av komponenter samt hulling.

## 10.1 Valg av eksterne leverandører

Valget av eksterne aktører i anbudsrunderen er gjort innenfor en omtrentlig radius på 10mil (unntak Landteknikk AS og Ringsaker industriservice AS). Dette for at leveransekostnadene ikke skal bli den avgjørende kostnadsfaktoren. Utenlandske aktører er ikke vurdert i denne oppgaven. For å søke frem mulige bedrifter for en kostnadsvurdering er det blant annet brukt søketjenesten Proff.no. Dette nettstedet lar brukeren søke opp virksomheter etter deres produkter og tjenester. Bedriftene som er kontaktet er ulike aktører på markedet som har kjennskap til tankproduksjon og bearbeidelse av rustfrie stålplater, eller har liknende oppgaver i sin aktive portefølje.



**Figur 10-2 – Det er hensiktsmessig å kontakte bedrifter innenfor omtrentlig samme område, slik at ikke leveransekostnadene vil være den avgjørende faktor på totalkostnaden. De fleste forespurte bedriftene ligger innenfor den markerte røde sirkelen på 10mil, bortsett fra Landteknikk fabrikk i Trondheim og Ringsaker industriservice i Moelv. Rainpowers verksted er gul nål markert med "A".**

**Tabell 10-1 – Oversikt over alle kontaktede leverandører. Alle leverandører bortsett fra to er lokalisert innenfor en radius på 5 mil.**

Virksomhet:	Lokasjon:	Produkt og tjenester:
Landteknikk	Trondheim	Tanker, prosessindustri
Norsk vannskjæring	Sande i Vestfold	Vannskjæring
Rudmekanikk	Rud	Vannskjæring
Folloveien mek.	Ås	Tanker
PG Construction AS	Lierstranda	Tanker, moduler etc.
Norsk Stanseindustri AS	Skedsmokorset	Div.
WikTek AS	Kongsvinger	Div.
Ringsaker industriservice AS	Moelv	Div.
SB VERKSTED AS	Drammen	Trykktanker med mer.
Varia Construction AS	Skytta	Div.

**Mottatte kostnadsvurderinger:**

Under omtales kort om bedriftene som har kommet med kostnadsvurdering på tanken.

**Folloveien mekaniske verksted AS:**

Denne aktøren er spesialist på tankproduksjon av rustfritt stål. Folloveien mekaniske leverer tanker til mange av de største leverandørene av trykkanlegg i Norge deriblant Bosch Rexroth, Systemhydraulikk AS, Parker mm. Produksjonsprosessen her er todelt der custom komponenter som tanklokk, motorlokk og andre lokk leveres vannskjæringsfirma. Tankene er mer eller mindre standardiserte størrelser. På grunn av at kunden i besitter spesialisert kunnskap spesielt rettet mot produktet vil denne kunden kunne bistå med konstruktiv rettleiding opp mot kundeønsker.

**Landteknikk AS:**

Landteknikk Fabrikk er en spesial-produsent av gårdstanker, transporttanker og andre produkter i rustfritt stål med næringsmiddelindustrien som hovedmarked. De tilbyr også spesialkonstruerte produkter for ulike typer kunder, samt underleveranser til andre produksjonsbedrifter. Mye av maskinparken er CNC-styrt. Til knekkingen bruker de blant annet et eget verktøysett for knekking av rustfritt materiale. Denne leverandøren vil høyst sannsynlig kunne omstille produksjonen, til å i møte komme spesielle ønsker og endringer på produkt med rask reaksjonstid.

**Norsk stanse industri AS (NSI):**

Er vi en av Norges store produsenter innen tynnplatebearbeiding og plateprodukter. NSI tilbyr oppdragsproduksjon for en rekke varierte bransjer. Bedriften har topp moderne og automatisert utstyr. Av produktkartet over tidligere leverte produkter og løsninger kommer det ikke frem at de har direkte drevet med tank-konstruksjoner før, men mange av produktene bærer de samme fremstillingsmetodene som en tankproduksjon. på grunn av en moderne CNC-styrt maskinpark vil denne leverandøren også kunne raskt endre på produkt med rask reaksjonstid.

**PGCON:**

PG Construction AS er produsent for marine og offshore konstruksjoner. Av produktportefolien på sidene deres ser en at de har laget tanker til offshore industrien i rustfritt materiale.

**Norsk vannskjæring:**

Spesialisert bedrift som hovedsakelig konsentrerer seg om vannskjæring av et bredt sortiment av produkter.

**Rudmekanikk:**

Rud mekanikk AS er et mekanisk verksted som er underleverandør og samarbeidspartner for bedrifter, arkitekter, entreprenører og privatpersoner. De produserer alt fra små mekaniske komponenter til større ferdige tekniske løsninger og kan levere fra 0-serie til mellomstore serier.

## 11 Framstilling og produksjonskostnader

### 11.1 Mottatte anbud

I *Tabell 11-1* oppsummeres alle mottatte anbud fra de kontaktede leverandørene. Sammenliknet med Rainpowers totale produksjon på 222 000 kr og komplett fremstilling fra leverandører, har Rainpower en konkurransedyktig pris. Eneste leverandøren som slår de er Landteknikk med en totalpris på 170 600 kr, 51 400 kr rimeligere. Som forklart tidligere er de spesialister på tanker i rustfritt stål og kombinasjonen av utstyr og produksjon spesielt rettet mot typlatebearbeiding, er antageligvis være den avgjørende faktor. I forhold til Folloveien mek. og PGCON er de henholdsvis 78 000 kr og 109 500 kr rimeligere.

**Tabell 11-1- Mottatte anbud fra de kontaktede leverandørene.**

Virksomhet	Vannskjæring av lokk.	Platebehandling: svøp og sider	Komplett platebehandling	Komplett fremstilling
10 stk. tanker				
Folloveien mek. AS		150 000		300 000
Landteknikk Fabrikk			133 300 <sup>(1)</sup>	170 600
NSI			145 000	
PGCON			175 500 <sup>(1)</sup>	331 500 <sup>(1)</sup>
Ringsaker Industriservice AS				
Norsk vannskjæring	69 500			
Rudmekanikk	79 975			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle tilbud er med materialkostnader, uten mva. og uten levering.</li> <li>• Kostnadsvurdering fra de ulike leverandører finnes i Vedlegg 12</li> </ul>				
<sup>(1)</sup> Eget estimat av kostnadsvurdering				

**Tabell 11-2 – Transportkostnader fra Trondheim til Sørumsand. Totalsum for ti tanker er 6200 kr uten mva.**

Transport kostander fra Trondheim med Nord Cargo	
Mengde	Sum NOK
10 Europaller	6 200 <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> Transportkostnaden er uten mva.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etter samtale med Nord Cargo må det benyttes en pall per tank under transport.</li> </ul>	

### 11.1.1 Kombinasjon av produksjon:

Produksjonskombinasjonen kan gjøres på et utall måter. I dette kapittelet kombineres et utvalg av metoder som tilsynelatende virker mest fornuftig.

**Tabell 11-3 – Produksjonskombinasjon av anbud og intern produksjon hos Rainpower.**

	Prosessmetode 1	Prosessmetode 2	Prosessmetode 3	Sum NOK
Alt1	Folloveien mek. - Behandling: svøp og sider	Norsk vannskjæring- Vannskjæring av lokk.	Rainpower – Knekkning av tanklokk. Hullboring av inspeksjonsluke og komponentlokk	
	150 000	69 500	13 295 <sup>(4)</sup>	<b>≈232 800</b>
Alt2	Rainpower - Produksjon av svøp og sider med komplett sammenstilling	Norsk vannskjæring- Vannskjæring av lokk.	Rainpower – Hullboring av inspeksjonsluke og komponentlokk	-
	147 700 <sup>(1)</sup>	69 500	11 195 <sup>(3)</sup>	<b>≈227 700</b>
Alt3	Landteknikk - Komplette platebehandling	Rainpower – Ferdigstillelse av delproduserte komponenter	-	-
	130 300	70 875 <sup>(2)</sup>	-	<b>≈201 200</b>
Alt4	NSI - Komplette platebehandling	Rainpower - Ferdigstillelse av delproduserte komponenter	-	-
	145 000	70 875 <sup>(2)</sup>	-	<b>≈215 900</b>
<sup>(1)</sup> - <sup>(4)</sup> Mellomberegning delproduksjon. Se Vedlegg 13				

#### Alternativ 1:

Siden Folloveien mekaniske innehar spisskompetanse spesielt rettet mot produktet vil disse være en kandidat til produksjon. Tilfellet er å kombinere en delvis produksjon av svøp og tanksider og få levert disse til Rainpowers verksted. Prosessen som gjenstår da er å knekke kantene til dryppkanten på tanklokket i tillegg til hullboring av inspeksjonslukene og komponentlokket. Dette vil kreve minimalt med ressurser fra Rainpowers side og vil være et alternativ hvis i perioder med liten mulighet til frigjøring av tilgjengelig personell. Sett i forhold til de andre forslagene i *Tabell 11-3* er dette den dyreste metoden. Totalt vil dette alternativet være 10 800 kr dyrere enn totalproduksjon hos Rainpower og anses derfor som ikke aktuelt.

**Alternativ 2:**

Her produserer Rainpower selv alle komponenter bortsett fra tanklokket og motorlokk. Dryppkanten til tanklokket er nødt til å knekkes for en komplett sammenstilling. Denne metoden vil også kreve mindre ressurser fra Rainpower side ved å overlate de to mest tidkrevende komponentene til andre. Kvaliteten på de vannskjærte lakkene vil være eksemplariske. I forhold til totalproduksjonen hos Rainpower er dette alternativet 5 700 kr dyrere.

**Alternativ 3:**

Det rimeligste alternativet i *Tabell 11-3* er en kombinasjon mellom en delvis Landteknikkproduksjon kombinert med ferdigstillelsen hos Rainpower. En topp moderne maskinstall vil gi tankens første prosess-steg et feilfritt resultat. Rainpower kan da fokusere på ferdigstillelsen av tankene. Transportkostander for 10 pallplasser fra Trondheim til Sørumsand kommer på 6 200kr. Siden platene tar betydelig mindre plass vil transporten ikke utgjøre veldig stor forskjell på totalsummen i dette tilfellet. I forhold til totalproduksjonen hos Rainpower er dette alternativet 20 800 kr rimeligere.

**Alternativ 4:**

Samme som alternativ 4, men levert fra NSI. Alternativet tilsvarer en besparelse på 6 100 kr i forhold til Rainpowers totalproduksjon. Fordelen med dette alternativet kan vise seg å være hvis endringer som må gjøres nær leveringsfrist. Siden NSI er plassert på Skedsmokorset, kun et steinkast unna Rainpower verksted kan det være enklere å ... Levering fra plassert ordre er 3-4 uker.

## 12 Diskusjon og prosessevaluering

Denne oppgaven balanserer mellom produktutvikling, konstruksjon, logistikk og økonomi. Siden undertegnede fagfelt ikke har hovedtyngden på økonomiske fag, kan det muligens være at flere prosedyrer er utelatt. Oppgaven er satt opp i en kronologisk rekkefølge, selv om deler av gjennomføringen ikke fulgte dette handlingsforløpet. Dette er heller ikke tilfellet i en reell produksjonsprosess, der kostnadsetterspørsel ofte må gjøres på grunnlag av et ufullstendig produkt. Det samme var tilfellet i dette prosjektet, der arbeidstegningene var nødt til å sendes eventuelle leverandører før produktet var ferdigstilt og optimalisering kunne gjennomføres.

I dette kapitlet fremmes en diskusjon om prosjektgjennomføringen av masteroppgaven. Det vil bli belyst erfaringer og eventuelle prosedyrer som kunne vært gjort annerledes.

### 12.1 Generelt om oppgaven

På grunn av oppgavens natur og på grunn av flere allerede satte betingelser i kundekravene har det ikke blitt lagt like mye vekt på essensielle steg i produktutviklingen. Dette er eksempelvis, rangering av viktige produkttegnegenskaper, seleksjonsmatrise av funksjonsalternativene for å komme frem til er preferert løsning etc. De ulike funksjonsalternativene er dåg forklart og konkludert.

Det er valgt å legge renderte bilder til vedleggene. Disse kan benyttes i en eventuell katalog av oljetrykkanlegget.

### 12.2 Gjennomføringsprosess

Undertegnede har fått god veiledning av Rainpower under hele gjennomføringen av arbeidet. Mesteparten av kommunikasjonen har foregått på mail, mens det har blitt avholdt møter hos Rainpower når undertegnede har følt behov for dette. Jon Einar Holum har da kun på kort varsel kunne stille opp. Det har til sammen blitt gjennomført tre besøk på Rainpower, der to av besøkene blant annet har vært gjennomgang på verkstedet. Disse besøkene har vært meget nyttige for å få bedre innsikt i maskineri og Rainpowers produksjonslinje.

Hvis muligheten hadde vært der, kunne bakgrunnsundersøkelsene om bedriften og produktet fra prosjektstart fram til arbeidet med “ide og konseptgenereringen” med fordel vært hos Rainpower. Viktig informasjon og detaljer som ellers er kommunisert ved mail og ved besøk hos bedriften, kunne da blitt lagret og hentet fram når behovet for dette hadde meldt seg. På denne måten hadde det vært lettere å fange opp ønsker og råd angående produktet. Undertegnede har da isteden rådført seg med UMB verksted for teknisk hjelp. Derimot kan det være hensiktsmessig å sitte på en annen lokasjon i prosjektfasen fra “ide og konseptgenerering” til prosjektslutt, slik at en kan belyse tema fra andre vinkler.

En annen nyttig detalj hadde vært hvis GOPS systembeskrivelsen (Vedlegg 1) hadde vært ferdig utarbeidet på et tidligere tidspunkt. Denne ble først mottatt i starten av mars etter det andre møtet. Selv om de viktigste produktspesifikasjonene allerede var mottatt, inneholder denne mange viktige betingelser som til fordel hadde vært nyttig å ha allerede ved oppgavestart. Det er viktig å nevne at denne kun er et utkast og inneholder diverse mindre feil og mangler. Det brukte underlaget er som sakt oppsummert i “Kundekrav til GOPS 600” kap 5.2.



## 12.3 Bakgrunnsundersøkelser

Det ble vurdert i å beregne tankens avgitte kjøleeffekt i tillegg til og bruke Solidworks Flow Simulation for en grundigere analyse av oljestrømmen i tanken. Dette ble lagt fram som en mulighet av undertegnede i diskusjonen omkring oppgaveutformingen på det første møtet hos Rainpower, tidlig i januar. På grunn av manglende tid til å innhente nødvendig data, oppdatere seg på programvaren etc., i tillegg til fokus på andre viktige punkter som måtte gjennomføres valgte undertegnede å ikke gjøre dette. På Oiltech.se kan en laste ned et program som blant annet lar brukeren finne nødvendig kjølebehov og tilhørende komponenter ut fra en rekke forutsetninger om systemet.

## 12.4 Diskusjon av resultater

Produksjonsberegningene for Rainpower er gjort etter timeratene som er mottatt. Det var egentlig meningen at Rainpower skulle beregne dette, men på grunn av manglende tilgjengelig tid måtte undertegnede gjøre dette selv. Det skal noteres at undertegnede har brukt en betydelig sum tid som har gått med til beregning av materialforbruk til ferdigstillelse. På grunn av at beregningen på noen av produksjonspostene (grading og rengjøring, samt sammenstilling og lekkasjetest) er hentet fra den tidlige kostnadsvurderingen i 4.4.3 kan altså beregningen av totalproduksjon avvike noe fra et eksakt estimat. Dette ble tatt opp med Rainpower som så gikk gjennom produksjonsberegningene og konkluderte med at dette ville stemme meget bra overens med en beregning hos Rainpower. Sammenliknet med de mottatte tilbudene stemmer også denne summen overens med et reelt resultat.

I de økonomiske betraktningene er alle mottatte tilbud er behandlet på lik linje slik at det er mulig å gjøre en sammenlikning mellom disse. Derimot er det naturlig å tro at noen av prisene ikke er like nøye utregnet og behandlet seriøst. Kanskje spesielt PGCON der undertegnede mottok et meget raskt overslag og måtte regne ut kostnad på del- og totalproduksjon selv av de medfølgende timeratene. Uansett vil det alltid være en viss slingring i estimert produksjon og gjennomført produksjon.

Størrelsen på 4 mm standardplatene er fra Rainpower satt til 1250x2500 mm. Dette vil presse materialprisen opp. Ved å gå for større standardformater som leveres fra Ruukki kan komponentene bedre tilpasses i tillegg til at en tjener på kvantumkjøp ved større formater. I forhold til total kostnad tilsvarer materialkostnadene 32 % som enkelt kan reduseres.

Punktene i konklusjonen om produksjons- opplag og kombinasjon med ekstern leverandør er gjort på bakgrunn av hvordan undertegnede mener det vil være best per dags dato. Det anbefales at det gjøres tester med produksjonsserier på noen få tanker for å se hvordan resultat, effektivitet og leveransepunktighet vil utarte seg i kombinasjon med hovedsegmentet av fremstilte varer.



## 13 Konklusjon

Første post i Rainpowers bedriftsplan om et egetprodusert oljetrykkanlegg er gjennomført, og legger grunnlaget for den videre veien mot dette målet. Tanken som er utviklet til GOPS 600 er i henhold til Rainpowers systembeskrivelse av GOPS systemet. Det er formulert et produksjonsunderlag for tanken til GOPS 600 anlegget med arbeidstegninger for platebearbeidingen, sveising og sammenstilling. For å oppnå et resultat med høyest kvalitet, rimeligst kostnad og med best mulig leveransepresisjon, konkluderes det med en todelt fremstillingsprosess hos Landteknikk og Rainpower, før en eventuell test av produksjonsgjennomføringen blir foretatt. Total besparelse er 20 800 kr. For å unngå å legge beslag på for mye ressurser om gangen vil tankene så produseres opp i mindre serier. Rainpower har da til enhver tid et lite lager av tanker, slik at montering kan starte umiddelbart etter beregninger og kalkulasjoner på oljetrykksystemet er foretatt.

### 13.1 Anbefalinger

- Det er utarbeidet et produksjonsunderlag for tanken til GOPS 600 anlegget med arbeidstegninger for platebearbeidingen, sveising og sammenstilling.
- Tanken dekker plasseringskravet til utstyr i henhold til GOPS systembeskrivelsen.
- Ergonomisk tankhøyde som sikrer en behagelig på- og demontering av komponenter og utstyr.
- Beregnede løfteører kan løfte hele tanken med påmonterte komponenter, medregnet 300 l olje. Disse kan tilvirkes av overskuddsmateriale.
- En todelt produksjon i samarbeid med Landteknikk vil gi tanken et feilfritt resultat, presis leveransepresisjon både fra Landteknikk og fra Rainpower verksted. Total besparelse -20 800 kr
- Et produksjonsopplag på meget små serier vil sikre leveransepresisjon, varer i arbeid holdes på et minimalt nivå, samtid som det alltid står et lite opplag av tanker klar videre montering av utstyr.
- Oppgaven vil fungere som en rettesnor for en mulig fremtidig oppgradering av maskineri, for blant annet å kunne effektivisere og imøtekomme diverse produksjon for eksterne kunder.

### 13.2 Videre arbeid

- Det har ikke vært tid til å endre tanklokk, svøp og tanksider etter jobben med plateutnyttelsen. Dette er ikke nødvendig men vil eliminere kastmateriale i tillegg til å gjøre tanklokkarealet større for komponentplassering.
- Det er kun tatt utgangspunkt i IEC flenstype B5 og B14A. Ikke B14B.
- På grunn av at arbeidstegningene måtte lages på et tidlig stadium i arbeidsprosessen for å sikre data til de økonomiske betraktningene, er det detaljer på tank som kan endres for et mer optimalt design. Videre er det noen mindre detaljer det ikke har vært tid til å påføre, da prosjektet har måttet progressere videre i prosjektet:

- Slik hullingen til komponentlokk og inspeksjonsluke er nå er de ikke gjort helt symmetrisk. Gjennomføringen for inspeksjonsluken kan økes da denne ikke skal oppta spesielt med spenninger. Videre er det ikke reservert plass til ekstern kjøling på tanklokket. Størrelsen på dette oppsettet varierer med nødvendig kjølebehov. Siden komponentlokket er designet med  $1/3$  av bredden til inspeksjonsluken kan inspeksjonsluken om ønskelig enkelt reduseres slik at alle lokkene (komponentlokk, inspeksjonsluke og lokk til ekstern kjøling) får de samme dimensjonene. Alternativt kan inspeksjonsluken defineres som  $3/4$  av bredden av motorlokket og på den måten beholdes den samlede totale bredden på disse lokkene.
- Det er ikke blitt definert hvilke av tankhullene som skal gjenges. Planen var å rett opp i dette på et senere steg i optimaliseringen men på grunn av lite resterende til har det måttet utelates.
- Det er ikke laget gjennomføring i komponentlokket til temperatur- og nivåvakt, eller pustefilteret. Dette er ikke gjort pga. tilgjengelig tid til spesifisering av komponentene.

## 14 Kilder

- [1] Rainpower. (2011). *Om Rainpower*. Tilgjengelig fra: <http://rainpower.no/>.
- [2] Bøe, J. K. (2009). *Produktutvikling og produktdesign*. 218.
- [3] Tilley, A. R. (2002). *The measure of man and woman: human factors in design*. New York: Wiley. 98 s. s.
- [4] Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. (2007). *Operations management*. Harlow: FT Prentice Hall/Financial Times. XXIV, 728
- s.
- [5] Rainpower. (2011). *Om Rainpower*. Tilgjengelig fra: <http://www.rainpower.no/nb/om-oss/oversikt>.
- [6] Rainpower. (2009). *Årsrapport for 2009*. Tilgjengelig fra: [http://www.rainpower.no/images/stories/news\\_and\\_media/2009\\_no.pdf](http://www.rainpower.no/images/stories/news_and_media/2009_no.pdf).
- [7] Online, F. P. (2011). *Patentbeskyttelse* Tilgjengelig fra: <http://www.freepatentsonline.com/>.
- [8] Patentstyret. (2011). *Hva er et patent?* Tilgjengelig fra: <http://www.patentstyret.no/no/Patent/Hva-er-et-patent/>.
- [9] Patentstyret. (2011). *Hva er en design?* Tilgjengelig fra: <http://www.patentstyret.no/no/Design/Hva-er-en-design/>.
- [10] Lovdata. (2011). *Krav til vern mot skade på liv og helse ved konstruksjon og bygging av maskiner* Tilgjengelig fra: <http://www.lovdata.no/for/sf/ad/td-20090520-0544-006.html>.
- [11] *Maskinsikkerhet: Sikkerhetskrav for fluidsystemer og komponenter. Hydraulikk (NS-EN 982:1996+A1:2008)*. (2008). Oslo: Standard Norge. 25 s. s.
- [12] Brautaset, K. (1983). *Innføring i oljehydraulikk*. [Oslo]: Universitetsforl. 340 s. s.
- [13] Nestun, J. (1999). *Hydraulikk i teori og praksis*. Oslo: Yrkesopplæring ans. 291 s.
- [14] [www.hydraulicspneumatics.com](http://www.hydraulicspneumatics.com). (2011). *Generelt om hydraulikk tanker*. Tilgjengelig fra: <http://www.hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/ReservoirsAcces/Article/True/6448/TechZone-ReservoirsAcces>.
- [15] <http://www.aerospacemetals.com>. (2011). *AISI 304 / EN 1.4301*. Tilgjengelig fra: <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MQ304A>.
- [16] Outokumpu. (2011). *EN 1.4301, AISI 304*. Tilgjengelig fra: <http://www.outokumpu.com/43395.epibrw>.
- [17] Andersen, J. (2008). *Produksjonsteknikk: Vg2 produksjons- og industriteknikk*. Oslo: Gyldendal undervisning. 352 s. s.
- [18] Hartvigsen, H., Lorentsen, R., Michelsen, K. & Seljevoll, S. (2006). *Verkstedhåndboka*. [Oslo]: Gyldendal undervisning. 254 s. s.
- [19] Dahlvig, G., Christensen, S. & Strømsnes, G. (1991). *Konstruksjonselementer*. [Ås]: Yrkesopplæring. 486 s.
- [20] Tingstad. (2011). *Rustfrie skrueprodukter*. Tilgjengelig fra: [http://www.tingstad.no/upload\\_images/6A87AA6CA6DB477B8F74E0FB02AA6D0C.pdf](http://www.tingstad.no/upload_images/6A87AA6CA6DB477B8F74E0FB02AA6D0C.pdf).
- [21] Corneliussen, R. G. (2000). *Tilvirkningsteknikk*. Bergen: Fagbokforl. 396 s. s.
- [22] Prøving, N. F. f. l.-d. (2011). *Non-Destructive Testing*. Tilgjengelig fra: [http://ndt.no/index.php?expand=811&show=811&topmenu\\_2=811](http://ndt.no/index.php?expand=811&show=811&topmenu_2=811).
- [23] *Teoretisk grunnlag*. (2003). Praktisk prosjektledelse, b. B. 1. [Oslo]: Norsk forening for prosjektledelse. XV, 401 s. s.

## 15 Møtereferat

### MØTE 1 - ÅS

**Dag:** 11.1.2011

**Deltagere:** Kristoffer Kjelstadli, Jan Kåre Bøe og Sindre Ingjer

**Agenda:** Diskusjon rund oppgave.

**Møtereferat:**

- Samlet møte med studieveiler Jan Kåre Bøe og veileder fra bedrift Kristoffer Kjelstadli. Det ble diskutert rundt oppgaven. Krav til gjennomføring etc. Ble enige om å møte Kristoffer Kjelstadli og Jon Einar Holum på Rainpower for et mer inngående møte før endelig valg av oppgave og signering av oppgavekontrakt.

### MØTE 2 - Rainpower

**Dag:** 17.1.2011

**Deltagere:** Jon Einar Holum, Kristoffer Kjelstadli og Sindre Ingjer

**Agenda:** Diskusjon rund oppgave. Til rette legging av oppgave.

**Møtereferat:**

- Første møtet med veiledere fra Rainpower. Møtet startet med diskusjon og tilrettelegging av oppgaven. Hva skal gjøres, hva kan neglisjeres. Ble enige om å implementere mer produktutvikling og produksjon. Mindre økonomi (se an)
- Tidligere løsninger ble presentert (OPS 300). Ønsker, krav, fordeler/ulempes. Plassering av utstyr. Regner med å betale 60.000 kr per leverte tankkonstruksjon med montasjevegg. Denne ønskes fjernet da Rainpower har fått beskjed om at denne er en fordyrende faktor. Hyppigere bruk av blokkløsninger.
- Nok informasjon her til å fortsette planleggingsprosess, bakgrunnsundersøkelser om bedrift, produkt og tidlig produktutvikling.

Besøket ble avsluttet med lunsj sammen med Kristoffer Kjelstadli og Jon Einar og andre på Rainpower.

**MØTE 3 - Rainpower****Dag:** 1.3.2011**Deltagere:** Jon Einar Holum og Sindre Ingjer**Agenda:**

- Hva finnes av utstyr for bearbeiding av plater. (svies, knekk, kapp etc.)
- Hva er estimert timeforbruk ved produksjon pr enhet. Antar et minste produksjonsvolum på 10stk.
- Montasje tid. Hva mener våre montører det går med av timer pr produserte enhet.

**Møtereferat:**

- Diskusjon av fremgang.
- Visning på i verkstedet og detaljer om maskineri
- Møte med produksjonsansvarlig Espen Hagen. Estimert tankproduksjon, ble gjort på grunnlag av tidligere leverte tanker og knekkdesign av Slåttland standardtank. Grovt regnet kom vi fram til 21.000 iberegnet noe slingring. Rainpower har tidligere produsert tanker, men da under den Tidligere Kværner ledelsen. Dette produksjonsunderlaget var ikke mulig å finne igjen på kort tid.
- Diskusjon av tilhørende komponentpriser og GOPS system. Ble enige om å få ettersendt flere komponentpriser og GOPS systembeskrivelse.

Besøket ble avsluttet med lunsj sammen med Jon Einar og andre på Rainpower.

**MØTE 4 - Rainpower****Dag:** 3.5.2011**Deltagere:** Jon Einar Holum og Sindre Ingjer**Agenda:** Bilder av maskineri, fyller inn på mangelfulle punkter.**Møtereferat:**

- Startet med rundgang på verkstedet. Det ble tatt bilder og diskutert med maskinoperatører angående detaljer om maskineriet. Spesielt kom det fram mye nyttig detaljer om skjærbordet.
- Gjennomgang av maskintegninger
- Gjennomgang av detaljert produksjons beregning gjort på bakgrunn av mottatte timerater. Kom fram til at dette estimatet er meget reelt.

## 16 Vedlegg

Vedlegg 1	GOPS Systembeskrivelse_RevP1	I
Vedlegg 2	Korrespondanse mellom bedrift og student	XV
Vedlegg 3	OPS 300	XXVI
Vedlegg 4	GOPS 600-Sammenstilling-RevP-2	XXVII
Vedlegg 5	Slåttland standard tank 90-2500L-Rev5	XXVIII
Vedlegg 6	Ruukki lagerprogram 10.05.2010	XXIX
Vedlegg 7	Bevi motorer - Sg/Sh series	XXX
Vedlegg 8	Bosch Rexroth NG 25	XXXII
Vedlegg 9	Bosch Rexroth PGH	XXXIII
Vedlegg 10	KTR Mellomflens PL300-04-35-00	XXXIII
Vedlegg 11	Korrespondanse mellom Ruukki og student	XXXIV
Vedlegg 12	Kostnadsetterspørseel fra leverandør	XXXV
Vedlegg 13	Mellomberegning av kostnadsetterspørseel og kombinasjon av delproduksjon	XXXIX
Vedlegg 14	Renderte bilder av tank med komponenter	XLI
Vedlegg 15	Arbeidstegninger	XLIII

Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>1</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<i>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</i>		

Ordre nr. / Order No.	Kunde / Customer	Prosj. dok. nr. / Proj. Doc. No.
Indeks / Index	Anlegg / Site	Filnavn / File Name GOP Systembeskrivelse_RevP1.doc

## Innhold

Innledning .....	3
1. Konfigurering av GOPS .....	4
2. Design .....	6
2.1 Oljekasse .....	6
2.2 Koblinger .....	8
2.3 Rør .....	8
2.3.1 Tillatte rørdimensjoner: .....	8
2.3.2 Oljehastigheter: .....	8
2.4 Komponenter .....	8
2.5 Oljepumper/motorer .....	9
2.6 Oljefilter .....	9
2.7 Reguleringsventiler .....	9
2.8 Retningsventiler .....	9
2.9 Monteringsplater, blokker patroner .....	10
2.10 Instrumenter for overvåkning .....	10
2.11 Komponentmerking .....	10
3. Tilleggsfunksjoner .....	11
3.1 Redusert trykkuttak for styring av brems .....	11
3.2 Oljekjøler .....	11
3.3 Oljevermer .....	11
3.4 Mekanisk hydraulisk rusevern .....	11
4. Komponentspesifikasjoner .....	12
4.1 Styreventiler .....	12
4.1.1 Proporsjonalventiler .....	12
4.1.2 Proporsjonalstyrt retningsventil .....	12
5. Akkumulator .....	13
5.1 Generelt .....	13
5.1.1 Blæreakkumulator .....	13
5.1.2 Stempel akkumulator .....	13
6. Overflatebehandling .....	14
7. Testing .....	14
8. Standarder .....	14
9. Dokumentasjon .....	14

P1	21.02.2011		JEH		
Rev.	Dato / Date	Beskrivelse / Description	Sign.	Avd. / Dept.	Godkj. / Appr.



RAINPOWER

Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>2</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<i>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</i>		



Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>3</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

## Innledning

Dette dokumentet er mens som en teknisk beskrivelse av hvordan GOPS aggregatene er skal designes og produseres og skal følgelig brukes av prosjektledere/salg og leverandører som et oppslagsverk for å få svar på evt spørsmål knyttet til standard GOPS leveranser. For aggregater som krever spesialtilpasning grunnet plassmangel i stasjonen el krav stilt av kunde/konsulent avklares disse med sistnevnte og videreføres leverandør.

Rainpower GOPS serie er et kompakt hydraulikkanlegg for regulering av vannturbiner og finnes i syv forskjellige størrelser. Disse er navngitt **GOPS 100, GOPS 400, GOPS 600, GOPS 1200, GOPS 1800, GOPS 3000, GOPS 3600**. Betegnelsen GOPS betyr "Governor Oil Pressure System" og serien dekker Francis, Pelton, Kaplan og pumpeurbiner. (RPT) Nummerbetegnelsen indikerer totalt luftvolum i tank. Nominelt oljevolum vil ligge på ca halvparten av nummerværdien. Eks. "GOPS 600" har 600L luftvolum og 300L nom oljevolum. *Oljenivået er da ca midt på tanken under normal drift.*

Enhetene er utstyrt med standardfunksjoner som Rainpower finner nødvendig for sikker drift av aggregatet. Øvrige funksjoner er tilgjengelige utover dette og kan leveres etter krav/ønske fra kunde/konsulent. GOPS enhetene skal utformes slik at de er gjenkjennelige som et Rainpower produkt. Dette gjøres hovedsakelig med utformingen av kassestørrelse og layout. Dvs alle GOPS 300 som leveres er like og evt krav til GOPS som kommer som følge av manglende plass el lignende vil føre til at GOPS blir navngitt med eksempelvis GOPS 300 "stasjonsnavn" for å skille den enkelte fra de andre i serien. GOPS beholdes for å definere enhetens størrelse og funksjon.



Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>4</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<i>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</i>		

## 1. Konfigurering av GOPS

Konfigureringen av GOPS foregår ved hjelp av en konfigurerings matrise. Ut fra dette kan enhetens type og størrelse lett gjenkjennes ved senere serviceaktiviteter.

Hovedandelen av de trykkoljeanleggene som er levert i Rainpower tid er til Francis aggregat med tankstørrelse rundt 600L, to stk oljepumper, blæreakkumulator og NG16 proporsjonalventil.

Denne vil i følge matrisen hete:

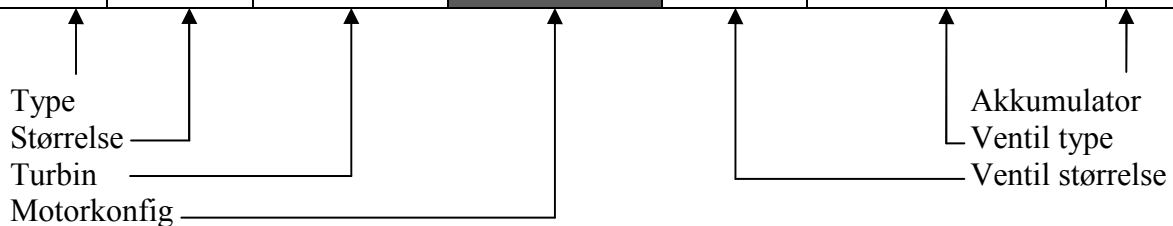
GOPS	-	600	-	F	-	2	-	16	-	3	-	B
------	---	-----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---

Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>5</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	

*Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower.  
This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.*

Dette er gitt av konfigurasjonsmatrisen nedenfor:

Type	Størrelse	Turbin type	Motor konfigurasjon	Ventil størrelse	Ventil type (regventil)	Akkumulator
		F=Francis P=Pelton K=Kaplan RPT=Pumpe	1=1AC 2=2AC 3=1AC+1DC 4=2AC+1DC	6=NG6 10=NG10 16=NG16 25=NG25 35=NG35	1=ON/OFF 2=Proporsjonalstyrt retningsventil 3=Proporsjonalventil	B=Blære P=Stempel
GOPS	100	F P	1 2 3	6	1 2 3	B
GOPS	400	F P K RPT	2 3 4	6 10 16	2 3	B P
GOPS	600	F P K RPT	2 3 4	6 10 16 25	3	B P
GOPS	1200	F P K RPT	2 3 4	6 10 16 25	3	B P
GOPS	1800	F P K RPT	2 3 4	6 16 25 35	3	B P
GOPS	2500	F P K RPT	2 3 4	10 16 25 35	3	B P
GOPS	3600	F P K RPT	2 3 4	10 16 25 35	3	B P



Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>6</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

## 2. Design

### 2.1 Oljekasse

Tanklokk produseres med knekte kanter som skal fungere som en dryppkant for evt lekkasjer fra ventiler og koblinger.

Oljekassens spesifikasjoner.

GOPS	100	400	600	1200	1800	2500	3600
Materiale	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304
Platetykkelse for tanktopp, intern delevegg og evt monteringsplater for pumpemotorer.	≥ 6mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm	≥6 mm
Andre konstruksjonsplater	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm	≥ 4mm
Totalt tankvolum (luftvolum +/-5%)	100L	400L	600L	1200L	1800L	2500L	3600L
Toppmontert inspeksjonsluke	JA(1)						
Pustefilter, 10my	JA						
Visuell nivå søyle med termometer. (20-80) % av høyden dekkes)	JA						
Tappstuss på laveste punkt	JA						
Tilkobling for ekstern filtrering	JA (2)	JA (2)	JA				
Trykkfilter etter hver pumpe. 10my	JA						
Returfilter	NEI						
Løfte ører	NEI	JA					
Påsveist jordingspunkt	JA						
Oljekjøler m/ termostatventil.	NEI	NEI (3)					



Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>7</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		


1. *Pustefilteret er montert i inspeksjonsluken.*
2. *Ekstern filtrering foregår gjennom tankens tappestuss. Oljen ledes tilbake til tank ved å demontere pustefilteret og bruke denne gjennomføringen til dette formålet. Ekstern filtrering på standardmodellene er å anse som en operasjon som gjøres ved behov.*
3. *Oljekjøler er ikke standard på GOPS serien, men skal monteres ved behov. Vann olje varmeveksler brukes.*

Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev.
	Side / Page	av / of
	Sign. dato / Date	
	8	P1 14 JEH / 21.02.2011
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

## 2.2 Koblinger

Alle interne koblinger med Walform. Leverandør skal kvittere tiltrekking av samtlige koblinger. Dette gjøres ved at det settes et kryss med vannfast tusj på hver tiltrukne mutter. Dette sjekkes på IAT/FAT. Merk! En IAT/FAT som avholdes av RPH blir ikke godkjent hvis dette ikke er oppfylt.

## 2.3 Rør

Alle rør skal være av sømløst stål krom 6 fritt. Tillatt arbeidstrykk 250Bar eller større. Dette gir en sikkerhetsmargin på 1,6 mot høyeste opptredende arbeidstrykk. Typisk overflatebehandling på ikke rustfrie rør er ”blå anodisert”. Rustfrie rør er ikke overflatebehandlet.

### 2.3.1 Tillatte rørdimensjoner:

GOPS	100	200	300	700	900	1500	1800
Walform [mm]	Ø8x1,5	Ø8x1,5	Ø12x2,0	Ø12x2,0	Ø12x2,0	Ø12x2,0	Ø12x2,0
	Ø12x2,0	Ø12x2,0	Ø16x2,0	Ø16x2,0	Ø16x2,0	Ø16x2,0	Ø16x2,0
	Ø16x2,0	Ø16x2,0	Ø20x2,0	Ø20x2,0	Ø20x2,0	Ø20x2,0	Ø20x2,0
	Ø20x2,0	Ø20x2,0	Ø25x2,0	Ø25x2,0	Ø25x2,0	Ø25x2,0	Ø25x2,0
	Ø20x2,0	Ø25x2,0	Ø38x3,0	Ø38x3,0	Ø38x3,0	Ø38x3,0	Ø38x3,0
SAE 3000- 6000 37°			Ø42x4,0 Ø50x5,0	Ø42x4,0 Ø50x5,0	Ø42x4,0 Ø50x5,0	Ø42x4,0 Ø50x5,0	Ø42x4,0 Ø50x5,0

### 2.3.2 Oljehastigheter:

Rør dimensjoneres slik at oljehastigheter ikke overstiger verdier i tabell

	Typisk område	Maks verdi
Trykkør	3-6 m/s	<b>6 m/s</b>
Retur	2-4 m/s	<b>4 m/s</b>
Pumpe sugeside	Ihht produsentens spesifikasjoner. (typisk 0,5 – 1,2m/s)	

## 2.4 Komponenter

Ventiler og ventilblokker monteres på tanklokk. Rør tilkoblinger ut av blokker skal monteres slik at eksternt rør arrangement lett kan monteres rett i blokk uten noen form for rørlegging til ekstra manifold. Tank løp skal gå ned i tank av avsluttes under nivå for kritisk lav oljestand. Disse rørene punkteres med 2mm hull rett under tanklokk for å hindre ”hevert” funksjon ved demontering av dette røret på ekstern forbruker. (servo el lignende som er montert under oljekassens nivå.)



Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>9</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

## 2.5 Oljepumper/motorer

GOPS er utstyrt med en eller flere AC eller DC styrte oljepumper med fast fortreningsvolum. (støysvak tannhjulspumpe) Disse skal monteres vertikalt på tanklokk For GOPS skal disse monteres på egen monteringsplate som gjør det mulig å demontere oljepumpen fra tanken uten å måtte demontere oljekassens tanklokk. GOPS leveres med 230/400VAC som standard.

GOPS	100	400	600	1200	1800	2500	3600
Størrelse AC [kW]	3	3,0 5,5 7,5	5,5 7,5 11,0	7,5 11,0 15,0 18,5	7,5 11,0 15,0 18,5	15,0 18,5 22,0 30,0	Ikke avgjort
Størrelse DC 110VDC (1500rpm) 220VDC (3000rpm)	1,0kW 2,0kW	1,0kW 2,0kW	1,5kW 3,0kW	Ikke avgjort	Ikke avgjort	Ikke avgjort	Ikke avgjort
Maks antall motorer	2	2	4	4	4	4	4

$$\left( P_{P[kW]} = \frac{1}{\eta_{P(tot)}} \cdot \frac{Q_{P[l/min]} \cdot \Delta p_{P[bar]}}{600} \right)$$

## 2.6 Oljefilter

Som standard leveres trykkfilter etter pumpekrets med 10my. Filtrene er utstyrt med tilbakeslagsventil og manuell stengekran etter hvert filter. I tillegg er det montert elektrisk indikator for tett filter.

## 2.7 Reguleringsventiler

For GOPS utstyrt med av / på ventiler for pådrag kan følgende spolespenning leveres:

24 vdc
110vdc
220vdc
230vac

## 2.8 Retningsventiler

For magneter som opererer avlastningsventiler skal 230VAC brukes som spolespenning som standard. Alle andre spoler skal bruke 24/110/220VDC. Dette er anleggsspesifikt og



Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>10</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

må avklares før bestilling. Alle DC magneter skal ha kontakter utstyrt med indikering og spenningsdempe diode. Eks ”Murr” kontakt”

## 2.9 Monteringsplater, blokker patroner

Andre ventiler i serie med reguleringsventiler dimensjoneres på en slik måte at dette ikke har nevneverdig innvirkning på reguleringsventilens volumstrøm.

## 2.10 Instrumenter for overvåkning

For GOPS anleggene fra GOPS200 tom GOPS1800 benyttes analog overvåkning av oljenivå, oljetemp og oljetrykk. For GOPS 100 benyttes Hemomatik giver for indikering av kritisk høy temp, kritisk lavt nivå og lavt nivå.

GOPS	100	400 – 3600
Nivå	Hemomatik	4-20mA (10%-90% av nivå)
Temperatur	Hemomatik	INOR Pt100 4-20mA
Trykk PLS styring	1stk 4-20mA 250Bar trykkgiver	2stk 4-20mA 250Bar trykkgiver
Relè styring	1 stk Hydac EDS1791-P-250	2 stk Hydac EDS1791-P-250
Uten styring	1stk 4-20mA 250Bar	2stk 4-20mA 250Bar

I tillegg skal GOPS leveres med en stk håndholdt manuell trykkmanometer 0-160Bar med minimess testslange som i hovedsak er for feilsøking på installerte minimess punkter. Dette skal være tegnet inn på hydraulikkskjema.

## 2.11 Komponentmerking

Merking av komponenter skal være graverte plastskilt med svart tekst på hvit bakgrunn. Disse limes på komponentene og skal være ihht til merking på hydraulikkskjema.



Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>11</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

### 3. Tilleggsfunksjoner

#### 3.1 Redusert trykkuttak for styring av brems

I enkelte tilfeller så er det ønskelig å styre eksisterende aggregat brems fra ny GOPS. Dette gjøres ved at systemtrykket reduseres fra nominelt arbeidstrykk ned til 5-20Bar. Følgende skal inkluderes:

- Trykkreduksjonsventil
- Kuleventil (stengeventil)
- Trykkuttak etter redusert trykk (minimess)
- Ekstra T løp inn i oljekasse for returolje fra ekstern manøverkrets.

Konfigurasjon nevnt ovenfor er komponenter nødvendig for å tilføre redusert oljetrykk til eksisterende ventiler som vanligvis befinner seg i styreskap for brems. Hvis selve bremsen skal settes på/av fra GOPS er det nødvendig med 1stk retningsventil i tillegg til nevnt utrustning.

#### 3.2 Oljekjøler

Oljekjøleren er en væske/væske varmeveksler med termostatventil som bruker stasjonens kjølevann for å kjøle aggregatets olje hvis temperaturen skulle komme over innstilt verdi. Kjøleren er montert på utsiden av oljetanken og tilkobles eksisterende kjølevann.

Skal dimensjoneres tilsvarende tilført effekt til tank når 1 stk pumpemotor går i tomgang. (avlaster til tank.)

Kalkulert tilført effekt ved tomgang til tank:

$$P_{\text{tilført}[kW]} = \frac{\Delta p_{[\text{bar}]} \cdot Q_{[\text{l/min}]}}{600} + \frac{P_{\text{nom}} \cdot 2Q_{\text{lekkasje}[\text{l/min}]}}{600}$$

Nødvendig kjølebehov

$$Kjølebehov = 2P_{\text{tilført}[kW]}$$

Oljetemp skal ikke gå over 50°C.

Det antas at dimensjonerende temp på kjølevann inn kan nå 20°C på norske anlegg. Største  $\Delta T$  mellom kjølevann og oljetemp blir derfor 30°C. For anlegg stasjonert under andre klimatiske forhold skal dette vurderes enkeltvis.

#### 3.3 Oljevvarmer

GOPS kan leveres med oljevvarmer hvis dette er nødvendig. Denne skal da monteres på tankens innside og leveres med nødvendig kabling.

#### 3.4 Mekanisk hydraulisk rusevern

GOPS kan tilpasses mekanisk hydraulisk rusevern.

Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>12</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

## 4. Komponentspesifikasjoner

### 4.1 Styreventiler

#### 4.1.1 Proporsjonalventiler

Spesifikasjon på proporsjonalventiler iht til tabell:

NG	6	10				16				25	35
	Direktestyr t	2 trinn				2 trinn				2 trinn	2 trinn
Hysterese	<0,2%	<0,1%				<0,1%				<0,1%	<0,1%
Responstid v/100 bar og 0-10% signalendring	≤10[ms]	≤40[ms]				≤80[ms]				≤80[ms] ]	≤130[ms] ]
Overlapp på sleide	<2%	<2%				<2%				<2%	<2%
[L/min]	40 <sup>(1)</sup>	4 0	5 5	7 0	8 5	9 0	12 0	15 0	20 0	370	1000

\*Verdier i tabell er målt med ISO VG 46 ved 40°C, 5 bar pr kant.

(1) NG6 proporsjonalventil oppgis med 35bar per kant. Dvs. nyttbar volumstrøm er langt under 40l/min.

De forskjellige størrelsene av proporsjonalventiler skal ha følgende funksjoner

	NG 6	NG 10	NG 16	NG 25	NG 35
FaillSAFE funksjon ved bortfall av spenning. (Ventil trykksetter B port. Kryssbilde i drift)	JA	NEI	NEI	NEI	NEI
Standard styresignal +/- 10. (4-20mA som opsjon)	JA	JA	JA	JA	JA
+24Vdc som standard matespenning	JA	JA	JA	JA	JA

#### 4.1.2 Proporsjonalstyrt retningsventil

For proporsjonalstyrte retningsventiler brukes kun størrelse NG6. Denne ventilen kan ha innebygd elektronikk hvor ventilen mates med +24vdc og styres med +/-10vdc styresignal, eller ekstern styrekort med samme som overnevnte mate / styrespenning. Som opsjon skal ventilen kunne styres med 4-20mA på begge alternativ.

Ventilen skal kunne levere 25L/min med ikke mer enn 10bar trykkfall over ventilen.

Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>13</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

## 5. Akkumulator

### 5.1 Generelt

GOPS enhetene leveres med nødvendig akkumulatorkapasitet i forhold til faktisk anlegg. Dette beregnes i hvert tilfelle. Akkumulatorenheten skal være designet med tanke på enkel tilgjengelighet for utskifting av komponenter og generelt vedlikehold.

For hver leveranse skal et stk fylleutstyr inkluderes. Dvs hvis en forespørsel inkluderer tre stk identiske GOPS enheter så skal ett stk fylleutstyr tilpasset faktisk akkumulator leveres med det første anlegget som levres. Akkumulatoren leveres som en integrert enhet på GOPS og som enkeltstående der det er behov for større tilgjengelig volum.

GOPS	100	400	600	1200	1800	2500	3600
Akkumulator type	Integrert Blære	Integrert Blære / stempel	Blære / Stempel				
Akkumulator kapasitet	35-50 -100 (2x50)	Konfigurerbar					

Overflatebehandling av akkumulator skal inkluderes dersom denne leveres i annet materiale enn 304. For malingstykkelse se kap 6.

*Det er ikke nødvendig å sandblåse akkumulatorkonstruksjonen.*

#### 5.1.1 Blæreakkumulator

Enkeltstående blæreakkumulator skal bestå av en eller flere 50L akkumulatorene som er tilkoblet en akkumulatorblokk. Akkumulatorblokken skal inneholde stengeventil, drenasje, overtrykksventil, trykkuttak for trykkmåling og rør tilkoblinger. Hvis det benyttes sveist manifold skal denne leveres med sertifikat.

Der det er krav til utskifting av akkumulator under drift skal akkumulatorene kunne monteres med enkeltvis treveis ventil.

#### 5.1.2 Stempel akkumulator

Akkumulator systemet består av en eller flere stempelakkumulatorene med nødvendig antall gassflasker. Stempelet er designet med lavest mulig friksjon. Akkumulatoren(e) utstyres med akkumulatorblokk som inneholder stengeventil, drenasje, overtrykksventil og rør tilkoblinger. Overvåkning av akkumulator oljenivå skjer via 4 stk signalkontakter. Kritisk lavt nivå, lavt nivå, høyt nivå og kritisk høyt nivå. Akkumulatoren(e) skal også ha mulighet for analog overvåkning av oljenivå/stempelposisjon. Signalet skal være 4-20mA for 10%-90%slag.

Rainpower GOPS Teknisk beskrivelse Nytt dokument	Dok. nr. / Doc. No.	Rev. <b>P1</b>
	Side / Page <b>14</b>	av / of <b>14</b>
	Sign. dato / Date <b>JEH / 21.02.2011</b>	
<small>Retten til utnyttelse av denne beskrivelse tilhører Rainpower ASA og må ikke kopieres, utleveres eller forelegges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower. This document and the design is the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any part without Rainpower's permission.</small>		

Akkumulatorens gasside skal inneholde sikkerhetsventil for gass, stengeventil, manometer (gasstrykk) og tilkobling for gass. Skal tåle trykk inntil 220bar.

## 6. Overflatebehandling

Som standard leveres GOPS serien ubehandlet. Det er ikke krav til maling av konstruksjonselementer på GOPS enheter i standard utførelse. Blokker skal anodiseres eller behandles på lignende måte.

Der det er krav til maling av GOPS skal farge avtales med leverandør ihht til kundens ønske. GOPS ytre flater skal da sandblåses og grunnes med 40µm Epigalv eller tilsvarende produkt. Deretter males flater med 100µm Jotun Hardtopp RAL 5010. Innvendige flater skal aldri overflatebehandles.

## 7. Testing

- Alle sveisfuger på tankkonstruksjoner lekkasjeprøves.
- Alle rør avgrades og skytes med ”jet cleaner” før montasje
- Alle aggregat leveres med en avsluttende FAT hvor aggregatet funksjonsprøves og trykktestes.

## 8. Standarder

Alle aggregater fom GOPS 400 tom GOPS 3600 leveres ihht til IEC 61362

## 9. Dokumentasjon

For aggregater som er av første gangs leveranse eller aggregater som inneholder ”nye” komponenter så skal følgende dokumentasjon leveres:

- Tegningsunderlag
- Komponentliste
- Datablad

For alle aggregater skal følgende dokumentasjon leveres til hvert aggregat:

- Test dokumentasjon (FAT)
- Sertifikat på akkumulatører
- Sertifikat / samsvarserklæring på at aggregatet er ihht til maskindirektivet (2006/42)

## Vedlegg 2 Korrespondanse mellom bedrift og student

**Subject:** RE: Produksjonskostnad 10 tanker  
**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>  
**Date:** Mon, May 2, 2011 7:45 am  
**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" <sindre.ingjer@student.umb.no>

Hei.

Dette virker reelt. Med tanke på at espen hagen tidligere estimerte ca 25k pr tank ved produksjon av ti stk så burde dette absolutt være i riktig retning.

Du er her ved 900tiden i morgen?

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]  
Sent: Friday, April 29, 2011 3:02 PM  
To: Kjelstadli, Kristoffer; Holum, Jon Einar  
Subject: Produksjonskostnad 10 tanker

Hei!

Her er estimatet jeg har gjort på bakgrunn av opplysningene jeg fikk.

(materialkostnadene for 6mm platene er fra 2010) (har ikke tatt hensyn til gjenging)

Virker dette reelt?

Mvh. Sindre Ingjer

**Subject:** RE:

**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>  
**Date:** Fri, April 29, 2011 7:45 am  
**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei.

6 meter skulle ikke være noe problem. Tirsdag passer bra.

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]  
Sent: Thursday, April 28, 2011 10:45 AM  
To: Kjelstadli, Kristoffer; Holum, Jon Einar  
Subject:

Hei!

Ser at aisi 304 2B - 6mm kun kommer i 2000x4000 og 2000x6000  
Tar skjærbordet plater opptil 6m, eller må jeg gå for 4m?

Mvh. Sindre

**Subject:** RE: FW: rater.

**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>

**Date:** Wed, April 27, 2011 10:51 am

**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei.

Ja, dette må vi nok få til.

Hvilken dag passer best for deg?

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]

Sent: Wednesday, April 27, 2011 10:25 AM

To: Holum, Jon Einar

Subject: Re: FW: rater.

Hei!

Da bruker jeg disse tallene som grunnlag for en beregning jeg gjør selv. Fikk mail av Jan Kåre nå. Det viser seg at skolen bruker en egen konfidensialitetsavtale, så trenger underskrift på denne.

Hadde det vært mulig å hatt et møte en dag feks. i neste uke slik at jeg kunne fått underskrift og satt inn litt her og der jeg trenger dette. Jeg har skrevet litt generelt om maskineriet av de opplysningene jeg har plukket opp av rundgangen på verkstedet, men skulle gjerne ha satt inn litt konkrete tall om de forskjellige maskinene (navn, maks grenser osv,). Tenkte kanskje ta bilde av skjærkanten fra plasmaskjæreren osv. for å bruke som eksempel.

Mvh. Sindre

**Subject:** FW: rater.

**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>

**Date:** Wed, April 27, 2011 8:06 am

**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei. Her er beregningsunderlaget for arbeid I verkstedet.

Materialkost for rustfri plate er 960,- pr m<sup>2</sup> for 4mm tykkelse. Hver plate har standardmål på 1250mm\*2500mm. En 4mm tykk plate veier 32kg/m<sup>2</sup>

Håper dette hjelper.

Med vennlig hilsen,

[cid:image001.jpg@01CC0409.1D125820]

Jon Einar Holum  
product responsible oil  
pressure systems  
Rainpower Hymatek AS

M:+47 900 54 525

[jon.holum@rainpower.no](mailto:jon.holum@rainpower.no)<<mailto:kristine.fjorstad@rainpower.no>>

[www.rainpower.no](http://www.rainpower.no)<<http://www.rainpower.no/>>

Hei.

Kan du kjapt svare på dette:

Timerater for sveis rustfritt (a mål 3-5mm): Inntill A4=15 min. pr.- meter enkel sveis a`625/time, er det trangt/lite sveis, så går tiden opp.

Kost pr hull 6mm platetykkelse (bore Ø25mm):

Kost pr hull 6mm platetykkelse (bore + gjenge Ø8mm):

Selve hullboringene er ikke mer enn ca ½-1 min. pr. stykk + samme tid for gjenging, men vi må merke og håndtere platene og verktøyopsett både for merking, boring, kontroll og grading.

D.v.s. at prisen pr/hull er veldig avhengig av hvor mange hull det er i hver plate, og hvor mange plater vi kan bore sammen. (Boring i "Pakker") OBS! Gjenging kan vi ikke gjøre i pakker!

Typisk: En plate med 40 hull:

Merke:

Bore:

Kontroll:

Grade.

Håndtere:

15min

15min

10min

15min

Finne verktøy

5min.

20min.

5min.

Utføre

90min.

40min

20min.

40min.

5 plater (Hvis de kan bores i pakke):

Håndtere:

15min

30min

20min

60min

Finne verktøy

5min.

20min.

5min.

Utføre

90min.

180min

30min.

180min

For å gjenge:

40min./plate + 15min./plate i håndtering., kontrollen øker også med noen min./plate, grading blir det samme.

OBS! Da er det ikke tatt høyde for annen grading enn selve hullene, og at platene er flate. Dette er fortsatt kun ett kjapt overslag for å synliggjøre at det ikke er noen standard pris på ett hull, da det er mange faktorer som påviker tiden.

Rater merking og boring: 850/time, kontroll: 750/time og grading 600/time.

**Subject:** RE: Arbeidstegninger

**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>

**Date:** Tue, April 26, 2011 11:22 am

**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei.

Jeg har sett på tegningene dine her og dette ser jo veldig bra ut. Ser ut til at du har fått med deg det meste. Jeg har vært i kontakt med verkstedet, men de hadde dessverre ikke kapasitet nå til å kikke på timeestimatene. Jeg vet faktisk ikke om dette er noe de får til før du evt skal levere. Det jeg har funnet ut er at skjærebordet bruker 3min/m og timeraten er ca 500,- i tillegg må det legges inn en faktor på 1,5-2 på det totale timetallet som skal dekke tid brukt på å hente plater, og ta ut ferdige plater etc.

Jeg skal få frem materialkost, sveise kost pr m, hullkost og generelle timerater i morgen.

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]

Sent: Wednesday, April 06, 2011 11:12 AM

To: Kjelstadli, Kristoffer; Holum, Jon Einar

Subject: RE: Arbeidstegninger

Hadde vært fint å fått tilbakemelding på tegningene i løpet av leste uke tenker jeg, sammen med platestørrelsene og materialpris på plater.

Lurer på å ta en tur igjen for å ta bilder og info om de forskjellige maskinene som inngår i produksjonen ect, samt fylle inn info der jeg føler jeg trenger dette?

Mvh. Sindre



**Subject:** RE: Arbeidstegninger  
**From:** "Kjelstadli, Kristoffer" <Kristoffer.Kjelstadli@Rainpower.no>  
**Date:** Mon, April 4, 2011 7:14 pm  
**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" <sindre.ingjer@student.umb.no> ([more](#))

Hei Sindre!

Veldig bra jobbet! Både jeg og JEH er borte denne uken! Men skal se om jeg ikke finner noen til å svare på spørsmålene dine. Når må du ha svar?

- Kristoffer

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]  
Sent: Monday, April 04, 2011 4:14 PM  
To: Kjelstadli, Kristoffer; Holum, Jon Einar  
Subject: Arbeidstegninger

Hei!

Her medfølger arbeidstegningene på tanken. Kunne du sendt disse til verkstedet for et mere nøyaktig kostnadsvurdering enn den vi gjorde tidligere. DEL 7 - PL. 6 x 969,4 x 1289,4.pdf er litt rotete, men dette får jeg endre på senere.

Ser du noe som kan gjøres anderledes? Eventuelt fått en tilbakemelding fra verksted om hva som kan forbedres.

Jeg har vært i veiledning hos Jan K. som ga meg tips til alternative aktører på tankproduksjon. Han mente jeg burde få kostnadsoverslag fra tre ulike til å sammenlikne med.

Jeg tok kontakt med Folloveien mek. som ligger her på Ås som leverer tanker til flere store aktører på markedet som blandt annet Systemhydraulikk, Parker (tror jeg) og deres leverandør Bosch. Han ga meg et omtrentlig overslag 30.000 kr per tank med custom tanklokk, men skulle komme tilbake til meg med en mere nøyaktig pris. Han bruker eksterne leverandører for produksjon av tanklokk og motorlokk. Disse blir vannskjært og kommer helt ferdige. Eneste som skal gjøres på disse er knekking av kanter til "oljesump" og eventuelt gjenging av hull.

Vidre så tok jeg kontakt med Norsk Vannskjæring AS og fikk en nøyaktig pris på 69500 for 10 stk. av mitt tanklokk og 30stk motorlokk. Prisen er med materialer, eks. moms og frakt.

Tanken er som sagt å innhente priser for sammenlikning og finne den rimligste metoden.

Når det kommer til standardformatene dere får levert fra Ruukki så lurer jeg på om jeg kan ta utgangspunkt i alle oppgitte på Ruukki.no (1000x2000 mm, 1250x2500 mm, 1500x3000 mm, 2000x4000 mm og 2000x6000 mm) eller om det var kun noen av disse. Det hadde også vært fint om jeg kunne fått deres materialpris fra Ruukki.

Mvh. Sindre

**Subject:** RE: status  
**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>  
**Date:** Tue, March 29, 2011 8:50 am  
**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" <sindre.ingjer@student.umb.no>

Hei.

Dette ser bra ut.

Har følgende kommentarer:

Er de pumpelukkene/hullene like store? Dette er nødvendig for konfigureringen av pumpene. Og det må være plass til tre stk pumper. (Aggregatene leveres med 2ac evt 2ac + 1 dc.) Inspeksjonsluke må inn.

For skotnipler så bruker vi gjerne 1" bsp for de litt større tank returløp. For mindre forbrukere som bremsestyring etc så holder det med 1/2" bsp retur. Disse bør plasseres på den siden av tanken som blokka monteres. Det er som regel nødvendig med 3-5 returløp hvorav 3stk er 1" og resten er 1/2". I tillegg til disse brukes 2 stk 1" nipler på siden av tanken hvor man kan koble på et eksternt filteraggregat. den ene plasseres da langt nede på tankens kortside (sugeside) og den andre plasseres høyt oppe diagonalt fra den som er montert nede.

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]  
Sent: Monday, March 28, 2011 11:37 AM  
To: Kjelstadli, Kristoffer; Holum, Jon Einar  
Subject: status

Hei!

Jeg har laget et forslag på tank og kan sees på medfølgende bilde. Arbeidstegningene er snart ferdige som bjørn brenna skal se over. Eneste som jeg ikke har satt på enda er ulike rørgjennomføringer. Vet du hvor de skal plasseres, ca hvor mange som brukes og hvordan type gjenger som blir brukt på disse?

Arbeidstegningene tenkte jeg sende til ulike mek. verksted for kostnadsoverslag. Jeg tenkte det kunne være greit å spørre om to senarioer.  
1 - Verkstedet gjør en komplett jobb med platebehandlig og montring.  
2 - Verkstedet kun gjør platebehandlingen slik at alle deler er klare til å sveises og monteres hos Rainpower.

Forhåpentligvis får jeg et noenlunde konkret svar som kan sammenliknes med med et mer detaljert overslag fra Rainpowers side.

Har du noen tanker om dette?

Mvh. Sindre

**Subject:** RE: [Fwd: RE: Div]

**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>

**Date:** Thu, March 10, 2011 1:19 pm

**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

ei.

Retningsventilene er pilotventilene. Det sitter noen patronventiler i NG blokk som styres av trykk fra pilotventilene. Disse funksjonene som er implementert i blokka er for eksempel servosystem auto eller manuell, hurtiglukker stoppstille driftstille.

I noen tilfeller så styres eksterne funksjoner ute i systemer. Generatorbrems, hydraulisk opererte ventiler etc. det er da stort sett de samme "pilotventilene" men de kalles da retningsventiler på bakgrunn av funksjon. Øke minke i manuell er for eksempel en 4/3 ng6 ventil med fjærretur i begge retninger. Går til midtposisjon når den ikke er aktivert på noen av sidene. Pilotventilene er samme som overnevnte, men med en 4/2 konfigurasjon med raster. Dette betyr at ventilen står enten i den ene posisjonen eller den andre. Rasterfunksjonen sørger for at ventilen står i gitt posisjon så lenge den ikke er aktivert i den ene eller andre retningen.

Skal se hva jeg kan få til av hydraulikkskjema til deg når jeg er tilbake på kontoret. Sitter for tiden i Sveits.

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]

Sent: Thursday, March 10, 2011 12:12 PM

To: Holum, Jon Einar

Subject: [Fwd: RE: Div]

Fler spørsmål her.

Oppsumert av komponenter har jeg:

1x Tank	6001
2x Motor AC	Busck-MS132MA-4
2x Pumpe	PGF
2x Trykkfilter+utstyr	standard
1x Servo proporsjonal blokk	NG16
1x Proporsjonalventil	NG16
1x Pilotventilblokk	C3ST
4x Pilotventil	standard
4x 4/3 ventil	Standard

Er det retningsventilene pilotventilene styrer?  
NG proporsjonalventilene blir levert med egen pilotventil ser jeg.

Er ikke 100% stødig på tolkning av flytskjema hvis det er veldig mye nytt , men kanskje du kunne sendt meg et flytskjema på GOPS 600 så jeg kunne fått bedre oversikten?

Mvh. Sindre

**Subject:** RE: Div

**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>

**Date:** Thu, March 10, 2011 8:33 am

**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei.

Vi har stort sett brukt den pumpe som heter "PGF". Når denne blir for liten så bruker vi "PGH". Ser at det trolig blir vanskelig å plassere 3 pumper ved siden av hverandre på lokket med 11kW ac pumper i bruk. Hadde jeg hatt detaljtegningen på filterblokka så hadde dette vært ideelt nå.

5,5kW og 7,5 kW er mest brukt på denne.

Den blokka du har satt inn som ngl6 blokk er trolig noe for liten. Denne bygger vel ikke særlig mer enn hva ngl6 ventilen bruker av plass alene, og blokka kommer under denne.

Typisk blokk for pilotventiler: <http://www.nihab.com/index.php?id=9> finner under "katalog" "C3ST"

Både blokk for pilotventil og blokk for proporsjonalventil brukes alltid på gops størrelser fra 400 og oppover. Typisk antall pilotventiler er 4 stk, men gjerne flere.

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]

Sent: Tuesday, March 08, 2011 7:12 PM

To: Holum, Jon Einar

Subject: Div

Hei !

Har du peiling på hvilken pumpe serie fra Bosch har levert til 600-serien? og alternativt hvilke pumpestørrelser som kombineres med de ulike motorstørrelsene? å definere motorlokk- og hullstørrelsen til motor/pumpe montering og trenger derfor ekstremalverdiene til pumpe slik at hullet ikke blir for lite. Alternativt gå ut i fra at pumpe ikke er større enn hva flensdiameteren er. Tenker at det kan være greit å sjekke dette ved bruk av motorene med liten flenstype (B14). Tenkte lage en liste over størrelsene på disse lokkene og hullen til de ulike motorene for materialbesparelse.

Ellers tok jeg utgangspunkt i kombinasjonen NG16 ventil og blokk og Busck-MS160M-4 11kW ved utregning av samlet komponentpris på system. Eller brukes en annen motorstørrelse mot NG 16?

For å definere nødvendig lokkareal tenkte jeg å gå ut i fra lokket på GOPS 600 filen jeg fikk. Ut i fra GOPS systembeskrivelsen bruker 600-serien motorer på 5,5, 7,5 og 11 kW der 7,5 og 11 kW fåes med B5 flens (stor). Mener du sa at det er 5,5kW om blir mest brukt her. I den vedlagte filen ser du et bilde på størrelsen på 11kW og 5,5kW i forhold til lokket. Greit å bruke dette som utgangspunkt?

Mvh. Sindre Ingjer

**Subject:** underlag kost.  
**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>  
**Date:** Wed, March 2, 2011 10:46 am  
**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" <sindre.ingjer@student.umb.no>

Komponentpriser (alle priser eks mva):

Busck Elmotor. Effekt elmotor iht S1 drift.

MS 100LA-4, 2,2kW, 4 polet B35(fot og flens)	NOK 1170,-
MS 112M-4, 4kW, 4 polet B35(fot og flens)	NOK 1670,-
MS 132S-4, 5,5kW, 4 polet B35(fot og flens)	NOK 2320,-
MS 132MA-4, 7,5kW, 4 polet B35(fot og flens)	NOK 2630,-
MS 160M-4, 11kW, 4 polet B35(fot og flens)	NOK 4040,-
MS 160L-4, 15kW, 4 polet B35(fot og flens)	NOK 4540,-
TE 180M-4, 18,5kW, 4 polet B35(fot og flens)	NOK 5670,-

Blokker:

Servo proporsjonal blokk (NG6) for pelton aggregat til GOPS 600.  
4000,- Tilhørende logikkelementer til overnevnte blokk.  
4360,- Servo proporsjonal blokk (NG16) for francis aggregat.  
16000,- Servo proporsjonal blokk (NG25) for francis aggregat.  
30000,-

Ventiler:

Standard 4/3 eller 4/2 retningsventil med magneter  
1500,- pr stykk

Proporsjonalventil NG6	8000-10000,-
Proporsjonalventil NG16	14000-16000,-
Proporsjonalventil NG25	ca 35000,-

Jeg har ikke noe god informasjon på filter og pumpe kost dessverre, men for pumper så kan du bruke 8000 anslagsvis og for filterelementer 1000pr stk og 2500 for filterblokk/holder.

**Subject:** RE: tank

**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>

**Date:** Wed, February 23, 2011 9:50 am

**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei.

Ja, dette skal vi få til.

Jeg ser for meg tirsdag 01.03. 0900-1200

Jeg foreslår følgende agenda.

1. Hva finnes av utstyr for bearbeiding av plater. (svies, knekk, kapp etc)
2. Hva er estimert timeforbruk ved produksjon pr enhet. Antar et minste produksjonsvolum på 10stk.
3. Montasje tid. Hva mener våre montører det går med av timer pr produserte enhet.

Jeg kontakter aktuelt personell i løpet av uka, og ser hva de har av tilgjengelig tid denne dag. Mulig datoen bør flyttes, men kommer da tilbake med info om dette.

**Subject:** RE: tank  
**From:** "Holum, Jon Einar" <Jon.Holum@Rainpower.no>  
**Date:** Mon, February 21, 2011 10:08 am  
**To:** "sindre.ingjer@student.umb.no" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei.

Har mottatt mailen din, og svarer mer utdypende i løpet av dagen.

JE

-----Original Message-----

From: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]  
Sent: Wednesday, February 16, 2011 10:32 AM  
To: Kjelstadli, Kristoffer; Holum, Jon Einar  
Subject: tank

Hei Kristoffer og Jon Einar. En litt lang mail her.

Vedlagt følger det jeg har skrevet på oppgaven til nå. Har markert med rødt der jeg mener jeg trenger litt input fra dere.

kap 1.3 - Tenkte jeg kunne fungere som et tillegg til problemstillingen. Den denne modellen er nok veldig forenklet så hadde vært fint å fått litt hjelp på denne.

kap 1.4 - Er utredning av ulike faktorer som er viktige å tenke ved å bestemme seg for å gjøre tidligere outsourcing selv. Noen annen info jeg kunne supplementert med her?

kap 1.5 - Tror jeg skulle tatt et besøk igjen for å fylle ut disse punktene.

kap 1.6 - Trenger noen tall her som vi snakket om.

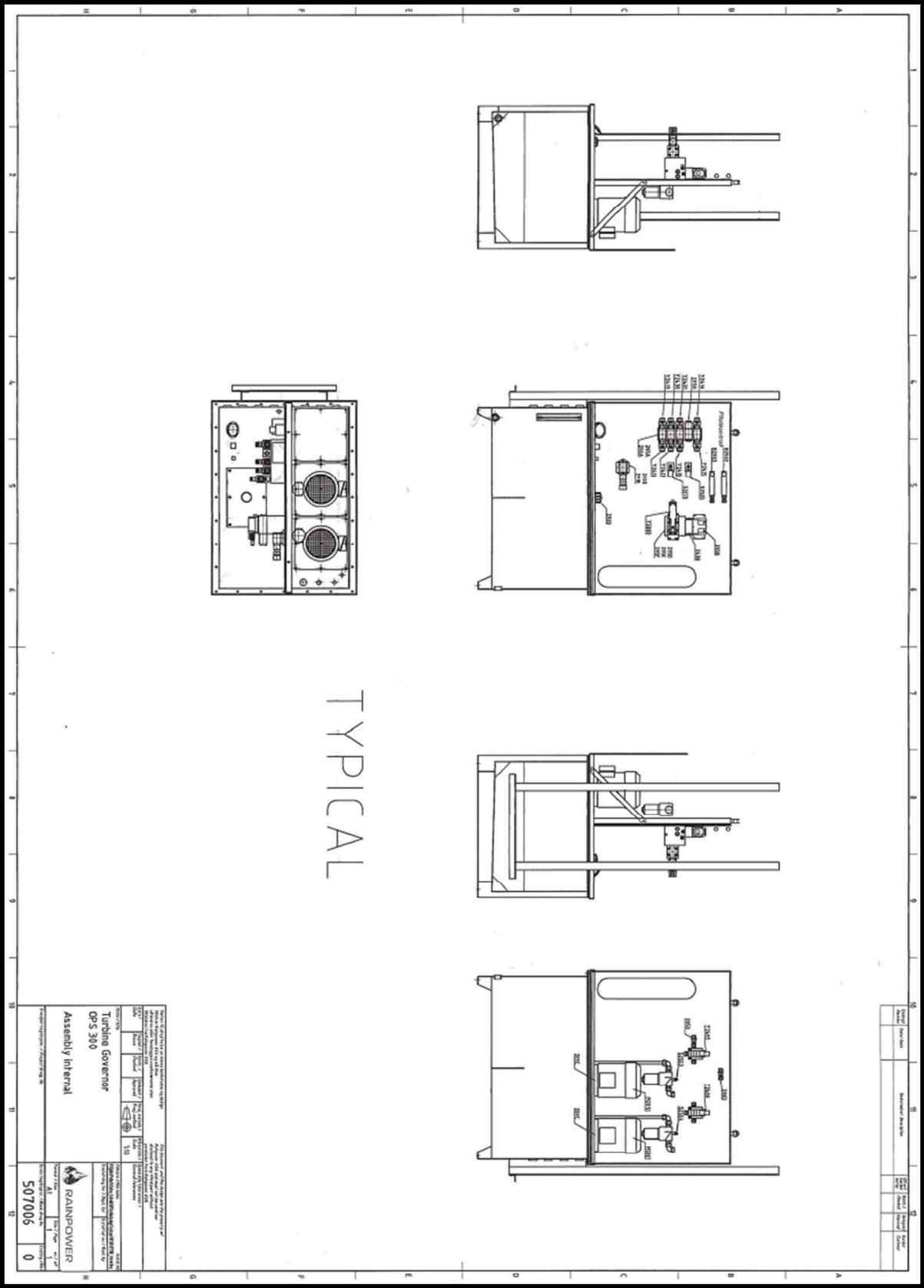
kap 3.2 - Tanken her å finne ut hvor mye plass de ulike komponentene krever av tanklokket. Tenkte kanskje ta utgangspunkt i komponenter fra eksempelvis Bosch her? el.motor fra Lonne?

Noen andre punkter som du tror dere har noen punkter jeg kan fylle inn viktig info på?

Jeg tenkte jeg skulle begynne å se på selve utviklingen av tanken neste uke så jeg skulle gjerne sett detaljer på tidligere tanker for å kunne begynne å konstruere en egen.

Mvh. Sindre Ingjer

# Vedlegg 3 OPS 300





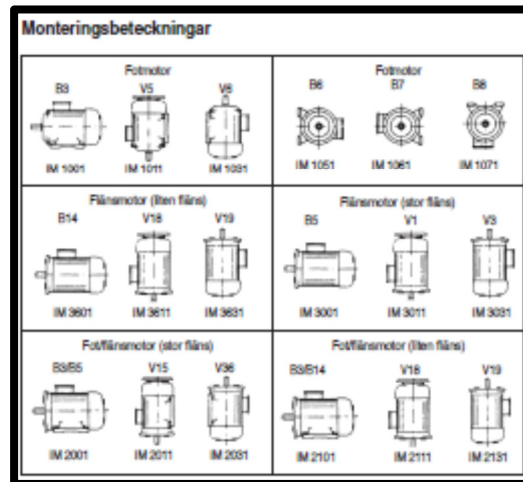




## Vedlegg 6 Utdrag fra Ruukki lagerprogram 10.05.2010

RUUKKI		more with metals		Lagerprogram 2010						
RUSTFRIE KALDVALSEDE PLATER										
Kvalitet EN 1.4301, tilsv. AISI304 og SS2333 • Overflate 2B, halvblank.										
Toleranser etter DIN 59382.										
Sertifikat 3.1. etter EN 10204.										
Gruppe 6000		Søk: RU-STØP-Dim			Kvantumstrinn, kr pr kg ekskl. legeringstillegg					
Tykkelse	Bredde	Lengde	Kg/m2	PL	Kg/stk	0-49kg	50-199kg	200-499kg	>500kg	
0,50	1000	2000	4,00	PL	8,00	107,30	66,00	41,30	33,00	
0,60	1000	2000	4,80	PL	9,60	100,40	61,80	38,60	30,90	
0,70	1000	2000	5,60	PL	11,20	93,60	57,60	36,00	28,80	
0,70	1250	2500	5,60	PL	17,50	93,60	57,60	36,00	28,80	
0,90	1000	2000	7,20	PL	14,40	88,10	54,20	33,90	27,10	
0,90	1250	2500	7,20	PL	22,60	88,10	54,20	33,90	27,10	
1,00	1000	2000	8,00	PL	16,00	86,50	53,20	33,30	26,60	
1,00	1250	2500	8,00	PL	25,00	86,50	53,20	33,30	26,60	
1,00	1500	3000	8,00	PL	36,00	86,50	53,20	33,30	26,60	
1,25	1000	2000	10,00	PL	20,00	85,50	52,60	32,90	26,30	
1,25	1250	2500	10,00	PL	31,30	85,50	52,60	32,90	26,30	
1,50	1000	2000	12,00	PL	24,00	82,90	51,00	31,90	25,50	
1,50	1250	2500	12,00	PL	37,50	82,90	51,00	31,90	25,50	
1,50	1500	3000	12,00	PL	54,00		51,00	31,90	25,50	
1,50	2000	4000	12,00	PL	96,00		55,00	34,40	27,50	
2,00	1000	2000	16,00	PL	32,00	81,30	50,00	31,30	25,00	
2,00	1250	2500	16,00	PL	50,00		50,00	31,30	25,00	
2,00	1500	3000	16,00	PL	72,00		50,00	31,30	25,00	
2,00	2000	4000	16,00	PL	128,00		54,00	33,80	27,00	
2,50	1000	2000	20,00	PL	40,00	81,30	50,00	31,30	25,00	
2,50	1250	2500	20,00	PL	62,50		50,00	31,30	25,00	
2,50	1500	3000	20,00	PL	90,00		50,00	31,30	25,00	
3,00	1000	2000	24,00	PL	48,00	81,30	50,00	31,30	25,00	
3,00	1250	2500	24,00	PL	75,00		50,00	31,30	25,00	
3,00	1500	3000	24,00	PL	108,00		50,00	31,30	25,00	
3,00	2000	4000	24,00	PL	192,00		54,00	33,80	27,00	
3,00	2000	6000	24,00	PL	288,00		54,00	33,80	27,00	
4,00	1000	2000	32,00	PL	64,00		50,00	31,30	25,00	
4,00	1250	2500	32,00	PL	100,00		50,00	31,30	25,00	
4,00	1500	3000	32,00	PL	144,00		50,00	31,30	25,00	
4,00	2000	4000	32,00	PL	256,00		54,00	33,80	27,00	
4,00	2000	6000	32,00	PL	384,00		54,00	33,80	27,00	
5,00	1000	2000	40,00	PL	80,00		50,00	31,30	25,00	
5,00	1250	2500	40,00	PL	125,00		50,00	31,30	25,00	
5,00	1500	3000	40,00	PL	180,00		50,00	31,30	25,00	
5,00	2000	4000	40,00	PL	320,00		54,00	33,80	27,00	
5,00	2000	6000	40,00	PL	480,00		54,00	33,80	27,00	
6,00	2000	4000	48,00	PL	384,00			29,40	27,00	
6,00	2000	6000	48,00	PL	576,00				27,00	

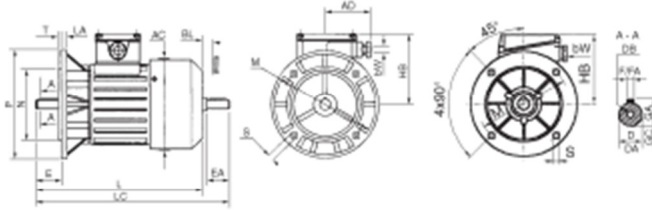
# Vedlegg 7 Bevi motorer Sg/Sh series



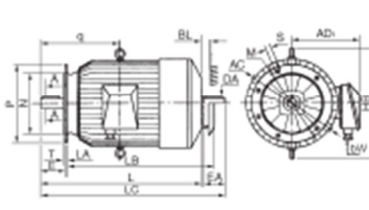
STANDARDMOTORER / STANDARD MOTORS																	
Poltal/Number of poles <b>4</b> 1500 r/m	Märkt effekt kW sHz	Varvtal rpm sHz	Märktström (A) sHz			Märkt effekt kW sHz	Varvtal rpm sHz	Märktström (A) sHz	Verkningsgrad %	Effektfaktor Cos φ	Startström Ia/In	Startmoment Ma/Me	Kjøpmoment Mmax/Me	Nettvekt (kg)			
			220-240V 230V	380-400V 400V	s25V										Full load current (A) sHz	Full load current (A) sHz	Full load current (A) sHz
			220-240V 230V	380-400V 400V	s25V										Output kW sHz	Full load speed rpm sHz	Full load current (A) sHz
Sg	56-4A	0,06	1400	0,43	0,25	0,19	0,07	1660	0,25	55	0,66	3,3	1,8	2,0	2,7		
Sg	56-4B	0,09	1380	0,50	0,34	0,26	0,105	1660	0,34	61	0,65	3,2	1,9	2,0	2,9		
* STg	56X-4C	0,12	1400	0,86	0,5	0,38	0,14	1660	0,5	59	0,62	3,0	2,2	2,2	4,0		
Sg	63-4A	0,12	1380	0,70	0,40	0,31	0,14	1660	0,4	64	0,72	3,2	2,0	2,0	3,6		
Sg	63-4B	0,18	1380	1,1	0,65	0,50	0,21	1660	0,65	64	0,70	3,2	2,0	2,0	4,2		
* STg	63X-4C	0,25	1400	1,65	0,95	0,72	0,3	1660	0,95	69	0,60	3,6	2,6	2,7	5,1		
Sg	71-4A	0,25	1380	1,5	0,85	0,65	0,3	1660	0,85	66	0,68	3,0	2,0	2,0	4,8		
Sg	71-4B	0,37	1360	2,0	1,2	0,92	0,43	1630	1,2	68	0,72	3,1	2,1	2,0	5,9		
* Sg	71X-4C	0,55	1360	3,5	2,0	1,5	0,85	1680	2,0	70	0,82	3,0	2,5	2,4	7,4		
Sg	80-4A	0,55	1400	2,95	1,7	1,3	0,85	1680	1,7	70	0,68	3,6	2,1	2,1	7,5		
Sg	80-4B	0,75	1390	3,5	2,0	1,5	0,9	1670	2,0	75	0,73	4,0	2,1	2,1	8,8		
* Sg	80X-4C	1,1	1380	5,0	2,9	2,2	1,3	1660	2,9	75	0,76	4,0	1,7	2,0	11		
* Sg	80X-4D	1,5	1380	7,45	4,3	3,3	1,8	1655	4,3	71	0,72	3,8	2,4	2,2	13,3		
ISSh	90S-4	1,1	1405	4,5	2,6	2,0	1,3	1690	2,6	76,7	0,80	4,9	2,2	2,8	14		
ISSh	90L-4	1,5	1410	6,1	3,5	2,7	1,8	1710	3,5	79	0,78	5,3	2,5	2,8	16,5		
* IPSSh	90L-4	2,2	1410	9,1	5,2	4,0	2,6	1705	5,2	78	0,78	5,5	2,7	2,9	19,4		
ISSg	100L-4A	2,2	1425	8,3	4,8	3,7	2,6	1720	4,8	82	0,80	6,1	2,5	2,8	25		
ISSg	100L-4B	3	1415	11,4	6,9	5,3	3,5	1715	6,9	82,7	0,81	6,1	2,6	2,7	26		
* IPSSg	100L-4	4	1425	15,4	8,9	6,8	4,8	1720	8,9	80,8	0,80	6,6	2,9	3,2	28,9		
ISSg	112M-4	4	1435	14,4	8,3	6,3	4,8	1725	8,3	85,1	0,82	6,3	2,6	3,0	34		
* IPSSg	112M-4A	5,5	1425	19,6	11,3	8,6	6,6	1720	11,3	83,9	0,84	6,5	2,5	3,1	39		
ISSg	132S-4	5,5	1450	19,1	11,6	8,8	6,6	1750	11,6	85,5	0,84	6,9	2,2	3,1	62		
ISSg	132M-4	7,5	1450	25,3	14,6	11,1	9,0	1750	14,6	87,0	0,85	6,7	2,4	3,1	73		
* IPSSg	132M-4	9,2	1450	31,3	18,0	13,7	11,0	1745	18,0	88	0,84	8,0	2,6	3,2	84		
IPSSg	132M-4A	11	1450	38,3	22,0	16,8	13,2	1745	22,0	87	0,83	7,1	2,5	3,2	82		
ISSg	160M-4	11	1460	36,2	20,9	15,9	13,2	1760	20,9	89	0,85	7,0	2,3	3,1	105		
ISSg	160L-4	15	1460	48,0	27,7	21,1	18	1760	27,7	89,5	0,87	7,3	2,4	3,2	125		
ISSg	180M-4	18,5	1470	56,8	32,8	24,9	22,2	1770	32,8	90,5	0,90	6,8	2,4	2,9	165		
ISSg	180L-4	22	1465	67,2	38,8	29,5	26,4	1760	38,8	91	0,90	7,3	2,7	2,8	175		
* IPSSg	180L-4	30	1465	91,5	52,6	40,1	36	1765	52,6	91,4	0,90	7,5	2,8	2,7	200		
2Sg	200L-4	30	1472	91,8	53	40,6	38	1765	54	92,5	0,88	7,1	2,9	2,5	265		
2Sg	225S-4	37	1475	114	66	49,9	43	1770	70	92,6	0,88	6,3	2,1	2,2	320		
2Sg	225M-4	45	1480	137	79	60	52	1775	83	94	0,88	7,0	2,4	2,3	345		
2Sg	250M-4	55	1483	161	93	71	63	1780	102	93,5	0,91	7,3	2,4	2,6	425		
2Sg	280S-4	75	1485	222	128	97,5	88	1780	134	94,2	0,90	7,3	2,5	2,5	565		
2Sg	280M-4	90	1485	262	151	115	103	1780	167	94,8	0,91	7,3	2,6	2,6	635		
2Sg	315S-4	110	1480	317	183	139	126	1780	194	94,2	0,92	6,8	2,3	2,2	720		
2Sg	315M-4A	132	1487	386	223	170	150	1780	230	94,9	0,90	7,6	2,3	2,5	750		
2Sg	315M-4B	160	1483	467	269	205	182	1780	285	95,5	0,90	8,2	2,0	2,5	800		
Sg	355S-4	200	1489	591	340	260	225	1785	340	95,3	0,89	6,5	2,0	2,8	1120		
SEE	355M-L4A	250	1489	737	424	323	280	1785	424	96,3	0,89	7,3	2,0	2,4	1610		
SEE	355M-L4B	315	1489	910	523	398	350	1785	523	96,6	0,90	7,6	2,2	2,5	1810		

# FLÄNSMOTORER / FLANGE MOTORS

Motorstorlek / Frame size 56-180



Motorstorlek / Frame size 200-315



## Montageform / Mounting arrangement B5 (IM 3001)

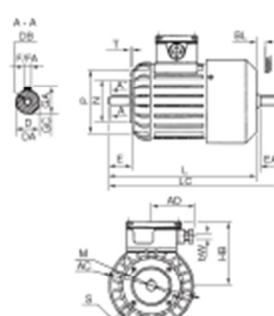
Typ / Type	Pantal No. of Poles	M	N	P	LA	SB	S	T	ØW	D/DA	EEA	F/FA	GA/GC	DB	AC	AD	BL	HB	L	LB	LC	q
*SKg 56 A	2-4	100	80	120	8	7	4	3	M20x1,5	9	20	3	10,2	M3	117	74	11	98	188	11	213,5	
B	2-6																		196		221,5	
STKg 56 C	2-4																		204		229,5	
SKg 63 A	2-6	115	95	140	9	10	4	3	M20x1,5	11/14	23/30	4	12,5	M4	126	70	11	102	202	11	233	
B																			214		245	
STKg 63 C																			228		260	
SKh 71 A	2-8	130	110	160	9	10	4	3,5	M20x1,5	14	30	5	16	M5	141	70	12	111	223	12	261	
B																			245		283	
SKh 80 A	2-8	165	130	200	10	12	4	3,5	M20x1,5	19	40	6	21,5	M6	150	70	15	120	266		317	
B																			278		329	
C																			306		357	
D																			318		369	
ISSKh 90 S	2-8	165	130	200	8	12	4	3,5	M20x1,5	24	50	8	27	M8	185	75	15	130	305	15	360	
L	2-8																		330		385	
IPSSKh 90 L	2-6																		354		409	
ISSKg 100 L	2-8	215	180	250	11	15	4	4	M20x1,5	28	60	8	31	M10	206	75	20	140	376		441	
IPSSKg 100 L	2																		411		476	
IPSSKg 100 L	4																		411		476	
ISSKg 112 M	2-8	215	180	250	12	15	4	4	M25x1,5	28	60	8	31	M10	245	100	20	164	384		440	257
IPSSKg 112 M	2																		411		476	
IPSSKg 112 MA	4																		411		476	
ISSKg 132 S	2-8	265	230	300	12	15	4	4	M25x1,5	38	80	10	41	M12	274	100	40	178	463		540	284
ISSKg 132 SB	2																		501		587	
ISSKg 132 M	2-8																		501		587	
IPSSKg 132 S	2																		531		617	
IPSSKg 132 M	2-6																					
ISSKg 160 M	2-8	300	250	350	13	19	5	5	M40x1,5	42	110	12	45	M16	323	110	40	210	612		738	350
ISSKg 160 L	2-8																		656		782	
ISSKg 180 M	2-4	300	250	350	13	19	5	5		48	110	14	51,5	M16	360	110	40	228	705		825	358
ISSKg 180 L	4-8																		756		876	
IPSSKg 180 L	2-4																					
2SKg 200 L	2	350	300	400	16,5	18	4	5	M50x1,5	55/55	110/110	16/16	59/59	M20	450	355	30	570	810		923	395
2SKg 200 L	4-8	350	300	400	16,5	18	4	5	M50x1,5	55/55	110/110	16/16	59/59	M20	450	355	30	570	825		938	395
2SKg 225 S	4-8	400	350	450	18	18	8			60/55	140/110	18/16	64/59	M20	505	375	35	620	860		975	430
225 M	2									55/48	110/110	16/14	59/51,5						855		970	415
225 M	4-8									60/55	140/110	18/16	64/59						895		1010	445
2SKg 250 M	2	500	450	550	19				M63x1,5	60/55	140/110	18/16	64/59	M20	540	415	45	675	980		1002	480
250 M	4-8									65/60	140/140	18/18	69/64						965		1117	
2SKg 280 S	2	500	450	550	20					65/60	140/140	18/18	69/64	M20	620	450	45	755	1040		1188	515
280 S	4-8									75/65	140/140	20/18	79,5/69									
280 M	2									65/60	140/140	18/18	69/64									
280 M	4-8									75/65	140/140	20/18	79,5/69									
2SKg 315 S	2	600	550	660	22	22	8	6	M76x3	65/65	140/140	18/18	69/69	M20	620	450	50	790	1180		1323	614
S	4-8									80/65	170/140	22/18	85/69						1210		1353	

\* Sg 56-4A och 56-4B går också att få utan fläkt och fläktklåpa.  
Sg 56-4A and 56-4B also available without fan and cowl.

## Montageform / Mounting arrangement B14/C2 (IM 3601)

Typ / Type	Pantal No. of Poles	M	N	P	SB	S Ant	T	ØW	D/DA	EEA	F/FA	GA/GC	AC	AD	BL	HB	L	LC
*SKg 56 A	2-4	65	50	80	M5	4	2,5	M20x1,5	9	20	3	10,2	117	74	11	98	188	213,5
B	2-6																196	221,5
STKg 56 C	2-4																204	229,5
SKg 63 A	2-6	75	60	90	M5	4	2,5	M20x1,5	11/14	23/30	4	12,5	126	70	11	102	202	233
B																	214	245
STKg 63 C																	228	260
SKh 71 A	2-8	85	70	105	M6	4	2,5	M20x1,5	14	30	5	16	141	70	12	111	223	261
B																	245	283
SKh 80 A	2-8	100	80	120	M6	4	3	M20x1,5	19	40	6	21,5	150	70	15	120	266	317
B																	278	329
C																	306	357
D																	318	369
ISSKh 90 S	2-8	115	95	140	M8	4	3	M20x1,5	24	50	8	27	185	75	15	130	305	360
L	2-8																330	385
IPSSKh 90 L	2-6																354	409
ISSKg 100 L	2-8	130	110	160	M8	4	3,5	M20x1,5	28	60	8	31	206	75	20	140	376	441
IPSSKg 100 L	2																411	476
IPSSKg 100 L	4																411	476
ISSKg 112 M	2-8	130	110	160	M8	4	3,5	M25x1,5	28	60	8	31	245	100	20	164	384	440
IPSSKg 112 M	2																384	440
IPSSKg 112 MA	4																384	440

Motorstorlek / Frame size 56-112

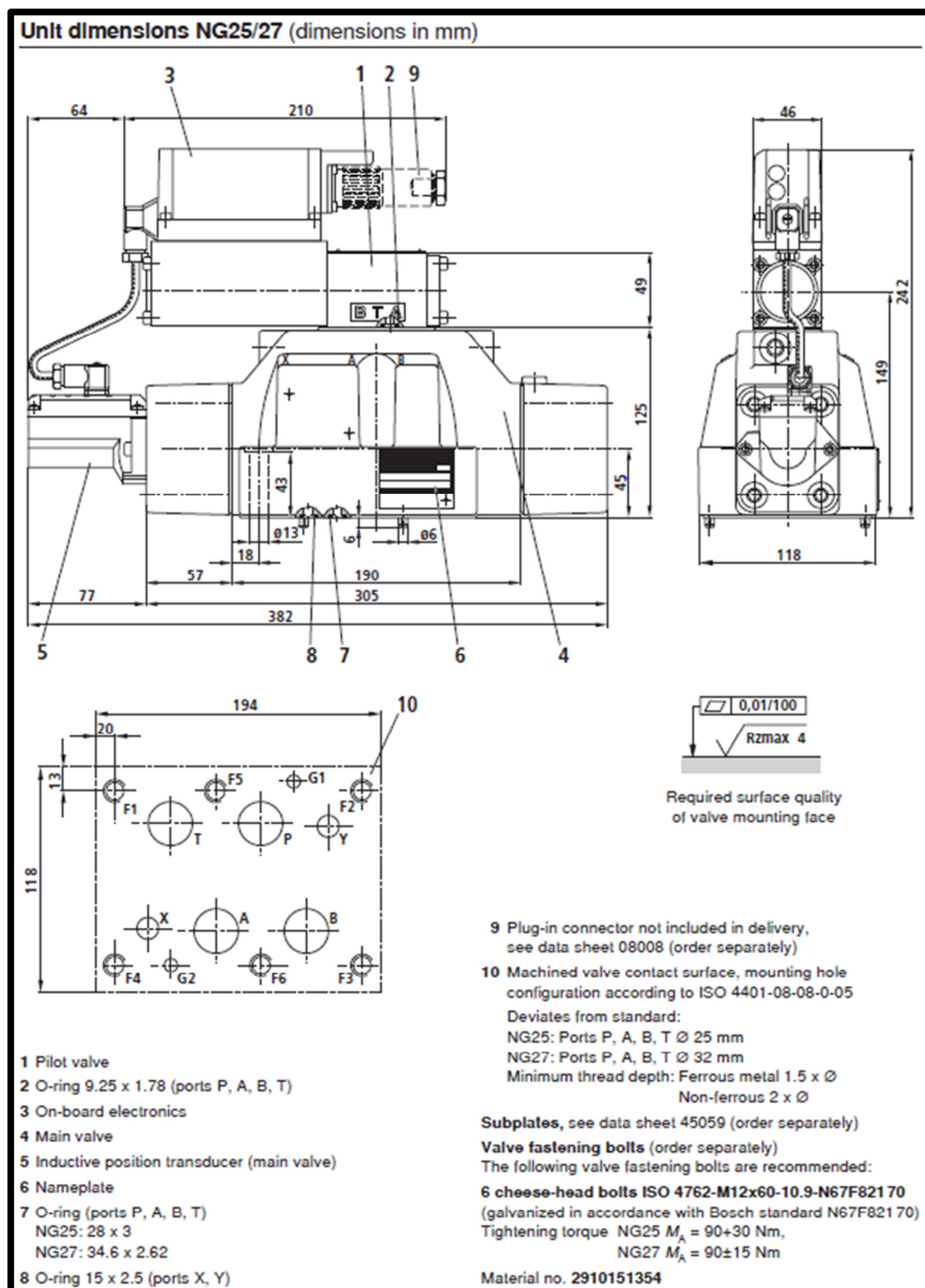


\* Går också att få utan fläkt och fläktklåpa.  
Also available without fan and cowl.

Rätt till ändringar förbehålles.  
BEVI reserves the right to change the design, technical specification, and dimensions without prior notice.



## Vedlegg 8 NG 25



## Vedlegg 9 PGH pumpe

**Unit dimensions of frame size 5 (nominal dimensions in mm, Δ preferred types)**

PGH5-2X/...<sup>R</sup>...VU2  
<sub>L</sub>

Drive shaft splined,  
 SAE 2-hole mounting  
 flange  
 (middle and rear pump  
 for multiple pumps)

Shaft 38-4;  
 SAE J 744 JUL 88;  
 involute splined shaft  
 ANSI B92.1a-1976, 17T 12/24 DP 30°

Type	Size	Material no.		L1	L2	L3	S	P
		*R* clockwise	*L* counter-clockwise					
PGH5-2X/063..R11VU2		R900932172 Δ	R900086533	217	114.5	172	1 1/2"S <sup>1)</sup>	1"H <sup>1)</sup>
PGH5-2X/080..R11VU2		R900086516 Δ	R900086534	225	118.5	180	2"S <sup>1)</sup>	1 1/4"H <sup>1)</sup>
PGH5-2X/100..R11VU2		R900086517 Δ	R900086535	234	123	189	2"S <sup>1)</sup>	1 1/4"H <sup>1)</sup>
PGH5-2X/125..R11VU2		R900086518 Δ	R900086536	246	129	201	2"S <sup>1)</sup>	1 1/4"H <sup>1)</sup>
PGH5-2X/160..R07VU2		R900086520 Δ	R900086538	264	138	219	3"S <sup>1)</sup>	2"S <sup>1)</sup>
PGH5-2X/200..R07VU2		R900086521 Δ	R900086539	282	147	237	3"S <sup>1)</sup>	2"S <sup>1)</sup>
PGH5-2X/250..R07VU2		R900086522 Δ	R900086540	306	159	261	3"S <sup>1)</sup>	2"S <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> S = standard pressure series,  
 H = high pressure series;  
 for precise dimensions, see  
 table on page 17

<sup>2)</sup> For multiple pumps the  
 combination part starts here

<sup>3)</sup> Pumps shown for clockwise  
 rotation; for counter-clockwise  
 rotation, the pressure port is on  
 the opposite side!

**Suction and pressure ports (nominal dimensions in mm)**

## Vedlegg 10 KTR Mellomflens PL300-04-35-00

Mass- und Konstruktionsänderungen behalten wir uns vor. We reserve the right to make dimensional and design changes.		Schutzvermerk nach DIN 34 beachten Note protection mark acc. to DIN 34	
Allgemeintoleranz nach DIN ISO 2768-mH General tolerances acc. to DIN ISO 2768-mH		Masstab Scale	1:3.33
		Format DIN Size	A3
bellhousing PL 300/04/35-00		KTR Kupplungstechnik GmbH D-48407 Rheine	
Order details		Name	Datum
1 1 BELLHOUSING PL 300/04/35-00		WEBHydraulik	2011.05.10
103016043500		Lfd.-Nr. Current number	10201105101119975
Description		DIM ARE IN MM UNITS ARE ISO METRIC EXCEPT AS NOTED	

## Vedlegg 11

## Korrespondanse mellom Ruukki og student

**Subject:** VS: Materialdata - EN 1.4301

**From:** "Eidet Kai" <kai.eidet@ruukki.com>

**Date:** Wed, March 23, 2011 1:27 pm

**To:** "'sindre.ingjer@student.umb.no'" [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei Sindre, har ikke noe knekkedata til deg. Men du kan ta en titt på Outokumpu sien nettside: <http://www.outokumpu.com/Products/>

Du kan få standard plater fra lager og ønsket lengde og tykkelse fra Service senter som klippes fra coil. Se også <http://dim.outokumpu.com/DimensionProgram.UI/VIEW/default.htm?mode=total>

Kai Eidet, MSc.  
Business manager  
Professor Birkelandsvei 21  
Postboks 140 Furuset  
N-1001 Oslo

Hei!

Jeg er en student ved UMB Ås som for tiden skriver masteroppgave i samarbeid med Rainpower AS på Sørumsand. I forbindelse med dette har jeg noen spørsmål angående materialdata for rustfritt stål - AISI 304/EN 1.4301.

1: Hva er anbefalte bukkingsradier/minste bøyeradius for EN 1.4301 kald- og varmvalset plater tykkelse 4mm, 5mm, 6mm?

2: Fåes kaldvalset (4301-2B 0,50 - 6,00 mm) og (varmvalset 4301 No1 3,00 - 30,0 mm) i alle standard platestørrelser oppgitt på nettsiden deres?

Mvh. Sindre Ingjer  
UMB Ås



## Vedlegg 12

## Kostnadsetterspørsmål fra leverandører

### LANDTEKNIKK

**Subject:** Priser på Oljetanker.

**From:** "Frode Husby" <Frode.Husby@landteknikk.no>

**Date:** Fri, April 15, 2011 11:34 am

**To:** [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei.

Da har jeg fått satt ned priser for deg på 600l oljetanker.

Pris på 10 stk oljetanker Komplette jobb med platebehandling og montering:  
Nok.56900,- eks moms.

Pris på 10 stk oljetanker med bare skjæring og knekking av deler.  
Nok.19600,- eks moms

Pris på 10 stk oljetanker med komplett jobb med platebehandling og  
montering og material. Nok.170600,- eks moms.

Ønsker deg en Riktig God Påske.

Mvh.

Frode Husby.

Landteknikk Fabrikk AS.

Terminalen 6.Heimdal.

Tlf:97464716.

### NSI

**Subject:** Pris på rustfrie deler

**From:** "Johnny Bakken (NSI)" <Johnny@nsi.as>

**Date:** Fri, April 15, 2011 10:13 am

**To:** [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Hei Sindre.

For denne jobben må vi be om Kr. 145.000,-

Leveres i AISI 304, og ferdig knekt.

Leveringstiden er 2-3 uker i fra mottatt ordre.

Dette tilbudet er gyldig frem til 30.04.2011. Prisen på rustfritt materiale  
endres den 1. i hver mnd.

Prisen er eks. mva. og frakt.

Med vennlig hilsen

Johnny Bakken

Salgskonsulent/ Prosjektleder

Tlf: +47 91730532

[johnny@nsi.as](mailto:johnny@nsi.as) <<mailto:johnny@nsi.as>>

[www.nsi.as](http://www.nsi.as)

## PGCON

**Subject:** SV: SV: Kostnadsvurdering, tank  
**From:** "Eduardo Lopez" <eduardo@pgcon.no>  
**Date:** Wed, April 13, 2011 12:53 pm  
**To:** sindre.ingjer@student.umb.no

Hei Igjen  
Jeg kan hjelpe deg noe på vei  
Med noen enkle tall

Mat. Kost.  
RF=35kr pr.kg  
Summen ganges opp med 25% dette gir grunnlag for salgspris

### Timekostnader

Laser skjæring  
Time kost ca +- 950kr  
Forbruk ca 6 timer

Knekking  
Time kost ca.750kr  
Forbruk ca 4 timer

Manuelt arbeid (handling/oppstilling osv.)  
Timekost ca.650kr  
Forbruk ca 2 timer

Sveising  
Time kost ca.650  
Forbruk ca 24 timer

Disse tallene vil gi deg grunnlag for et salgs pris ut som fks. oss

Med vennlig hilsen  
Best regards  
Produksjons og planleggingsjef  
Eduardo Lopez  
Tlf: 928 90 383  
Mail: [Eduardo@pgcon.no](mailto:Eduardo@pgcon.no)  
Web: [www.pg-construction.no](http://www.pg-construction.no)

## NORSK VANNSKJAERING

**Subject:** SV: vannskjæring av komponenter

**From:** Norsk Vannskjæring AS <POST@NORSK-VANNSKJAERING.NO>

**Date:** Fri, April 1, 2011 1:45 pm

**To:** [sindre.ingjer@student.umb.no](mailto:sindre.ingjer@student.umb.no)

Heisann!

Da har jeg sett på dette, og kan tilby dette skåret ferdig for totalt: 69.500,-.

Prisen er inklusive materialer, skjæring og oppstart/programmeringskostnad. Regner med at det er en trykkfeil på materialtypen på den ene filen, og at begge plater skal være i AISI 304-L. (det stod Aisi 206 på den ene..). Alle priser er ex: Mva, og fraktomkostninger.

Med vennlig hilsen  
Norsk Vannskjæring AS

Finn Tore Olafsen  
Tel. 33 77 87 70  
Fax 33 77 87 71  
Web: [www.norsk-vannskjaering.no](http://www.norsk-vannskjaering.no)  
E-post: [post@norsk-vannskjaering.no](mailto:post@norsk-vannskjaering.no)

-----Opprinnelig melding-----

Fra: Sindre Ingjer [<mailto:sindre.ingjer@student.umb.no>]

Sendt: 1. april 2011 12:29

Til: [post@norsk-vannskjaering.no](mailto:post@norsk-vannskjaering.no)

Emne: vannskjæring av komponenter

Hei!

Jeg er en student som går på maskin prosess og produktutvikling siste halvåret på UMB i Ås hvor jeg for tiden skriver masteroppgave i samarbeid med Rainpower AS.

Jeg lurer på om det er mulig å få et kostnadsoverslag på vannskjæring av komponentene i de medfølgende filene.

Stk. antall er som følgende:

Del 7 - 10 . stk

Del 8 - 30 . stk

Dette hadde vært til stor hjelp.

Mvh. Sindre Ingjer

Sindre Ingjer

**TILBUD NR. : 912909/10092**

SIDE : 1 AV 1  
DATO : 11/04/11

ATT : Sindre Ingjer

FORESPØRSEL DATO :  
FORESPØRSEL NR. : Mail av 06.04.11  
VÅR REF. : Helge Johansen

TLF :  
FAX :

GYLDIG TIL :

BETALINGSBET. : 14 Dager  
LEVERINGSBET. : FOB RUD NL 95

Jeg viser til Deres forespørsel og kan tilby følgende pris.

#	ANTALL	VAREBETEGNELSE	LEVERING	STK. PRIS	SUM
1	10,00	Del 7 AISI 304		5.770,00	57.700,00
2	30,00	Del 8 AISI 304		742,50	22.275,00
<b>SUM EKS. MVA.</b>				6.512,50	79.975,00

Vi håper tilbudet er i henhold til deres ønske.

Med hilsen  
Rud Mekanikk A/S

Helge Johansen  
helge@rudmekanikk.no

## Vedlegg 13 Mellomberegning av kostnadsetterspørsel og kombinasjon av delproduksjon

Produksjon hos Landteknikk		
	Estimert produksjonskostnad	Estimert totalkostnad med materialer
Pris på 10 stk oljetanker Komplette jobb med platebehandling og montering:	Nok.56900,- eks moms.	-
Pris på 10 stk oljetanker med bare skjæring og knekking av deler.	Nok.19600,- eks moms.	133300,- eks moms.
Pris på 10 stk oljetanker med komplett jobb med platebehandling og montering og material.	Nok.170600,- eks moms.	-
Total materialkostnad	113700 <sup>(1)</sup>	-
<sup>(1)</sup> Materialkostnaden for 10 stk tanker er estimert ut i fra: <i>Komplett fremstilling med materier – Komplett fremstilling uten materialer</i> $170600 - 56900 = 113700 \text{ kr}$		

Produksjon hos PGCON			
	Estimert produksjonstid tid	Timerater	Sum Nok
Laserskjæring	6	950	5700
Knekking	4	750	3000
Manuelt arbeid	2	650	1300
Sveising	24	650	15600
Materialkostnad (43,75 kr kg )			75687,5
<b>Delbearbeiding 10 tanker</b>	120		175687,5 ≈ 175500
<b>Total produksjon 10 tanker</b>	360	-	331687,5 ≈ 331500

Delproduksjon 1 - Produksjon av svøp og tanksider med komplett sammenstilling hos Rainpower.	
	Sum Nok
Skjærbord (4mm plater)	2120
Hullboring svøp	9210
Hullboring side 1	8018
Hullboring side 2	6183
Kantknekke	6300
Sveising	21875
Grade rengjøring	24500
Sammenstilling og lekkasjetest	24500
Sum materialer 15 stk. 4x1250x2500 (Tabell 8-10)	45000
<b>Totalkostnad for 10 tanker</b>	<b>147706 ≈ 147.700</b>

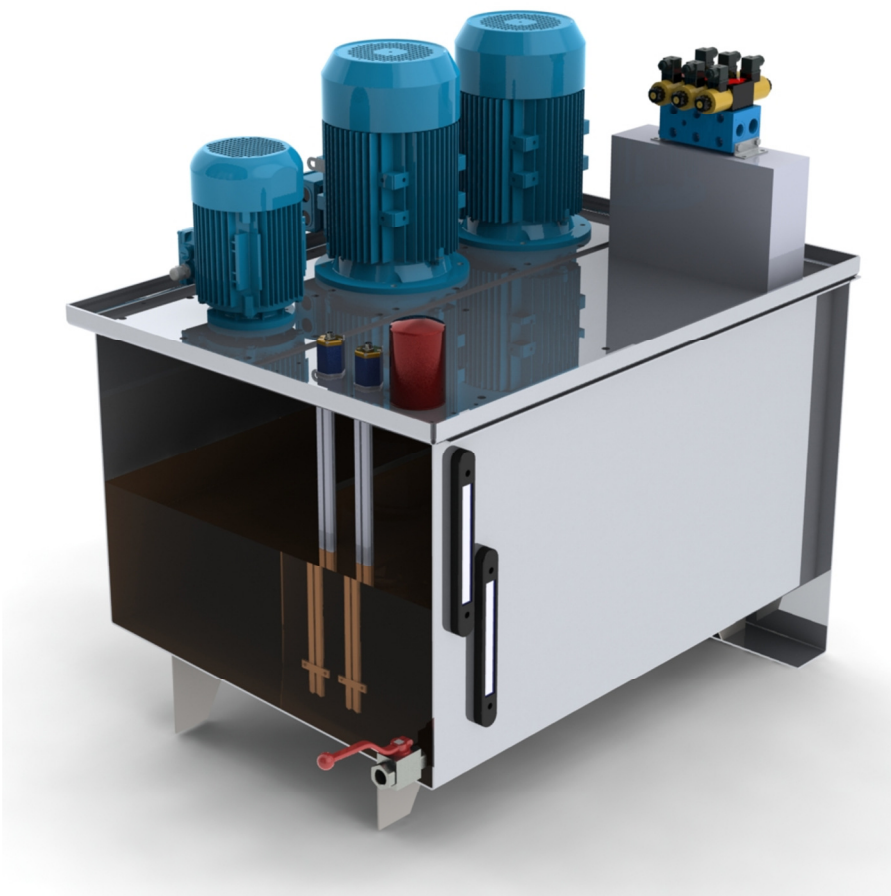
Delproduksjon 2 - Ferdigstillelse av delproduserte komponenter hos Rainpower.	
	Sum Nok
Sveising	21875
Grade rengjøring	24500
Sammenstilling og lekkasjetest	24500
<b>Totalkostnad for 10 tanker</b>	<b>70875</b>

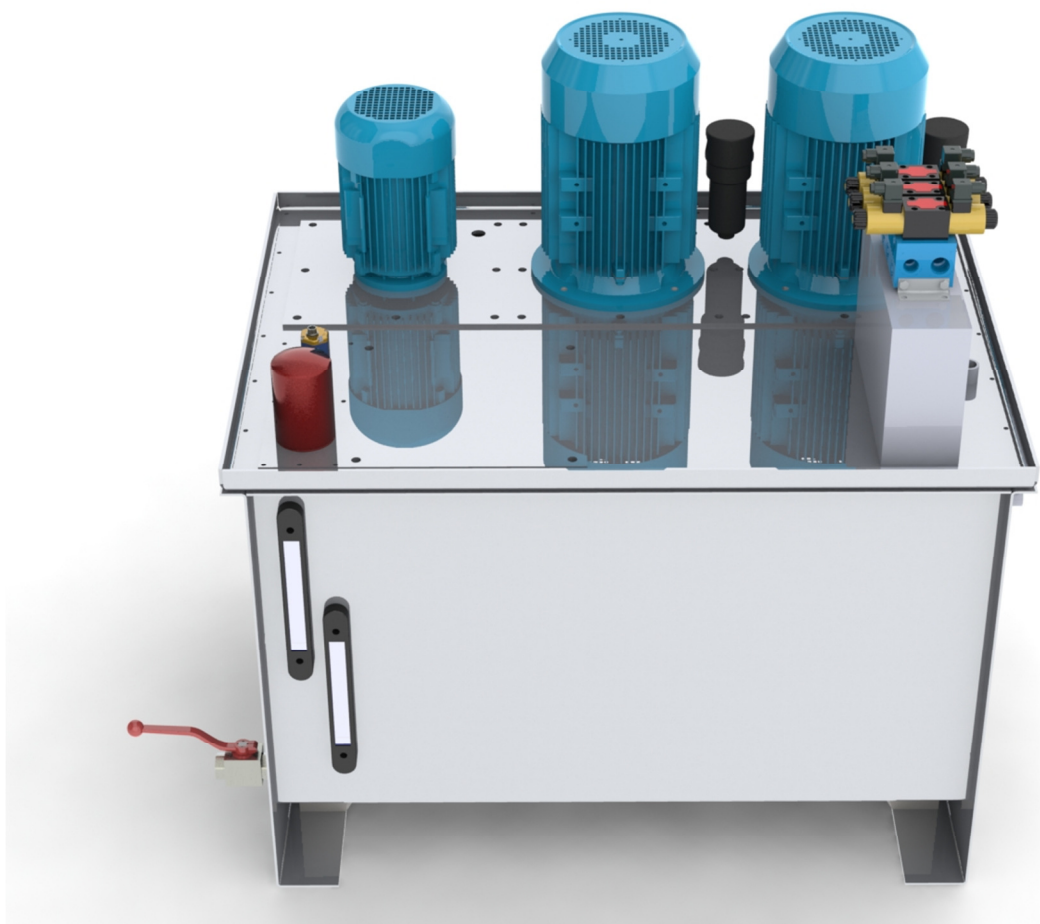
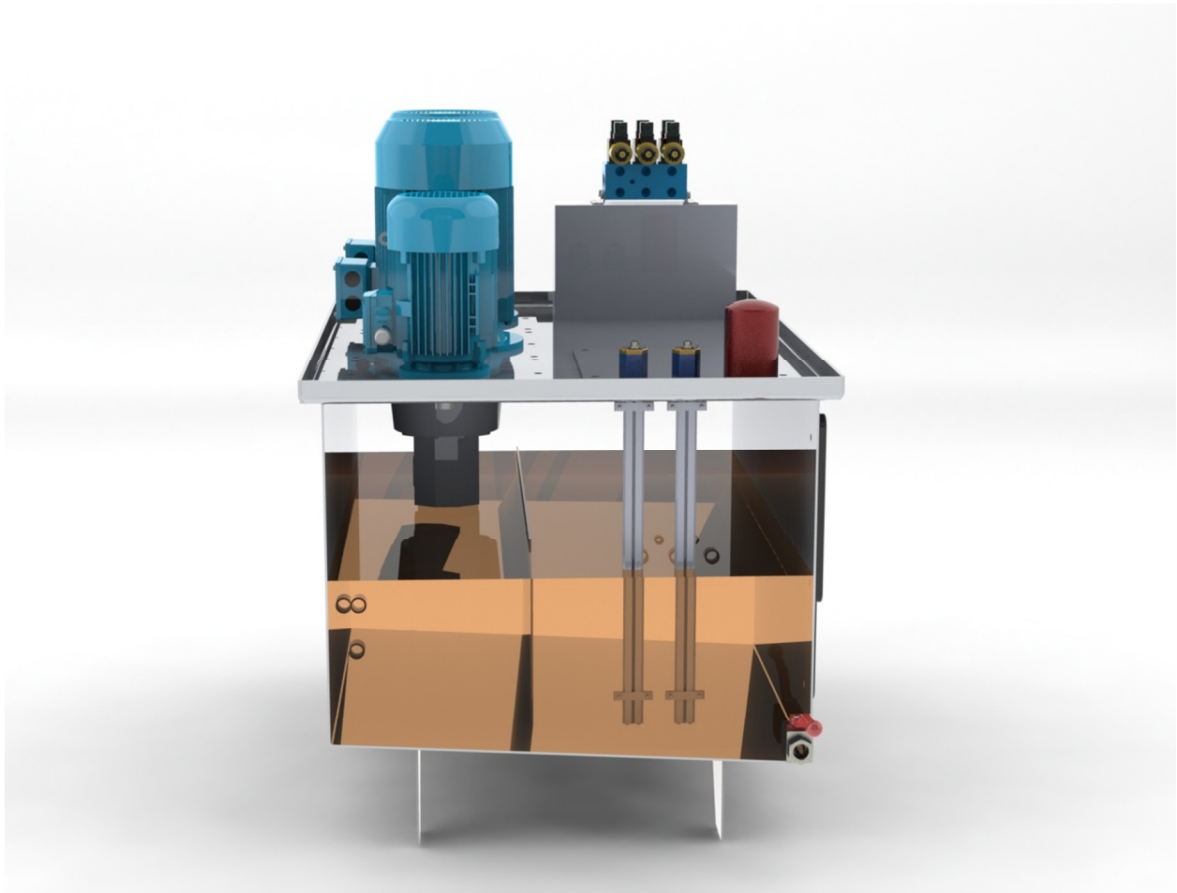
Delproduksjon 3 - Rainpower – Hullboring av inspeksjonsluke og komponentlokk	
	Sum Nok
komponentlokk	6183
Inspeksjonsluke	5012
<b>Totalkostnad for 10 tanker</b>	<b>11.195</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det tas ikke hensyn til materialkostnadene på disse loddene</li> </ul>	

Delproduksjon 4 - Rainpower – Knekking av tanklokk. Hullboring av inspeksjonsluke og komponentlokk	
	Sum Nok
Knekking av tanklokk	2100
komponentlokk	6183
Inspeksjonsluke	5012
<b>Totalkostnad for 10 tanker</b>	<b>13.295</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Det tas ikke hensyn til materialkostnadene på disse loddene</li> </ul>	

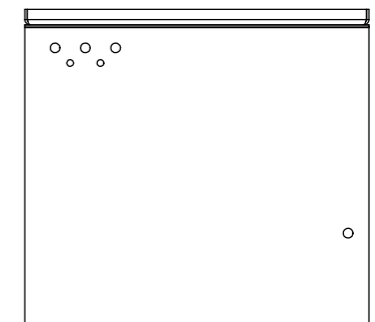
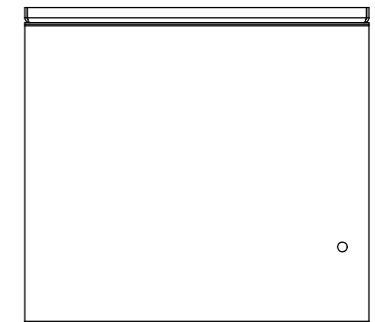
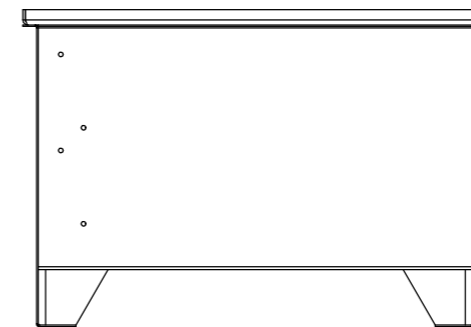
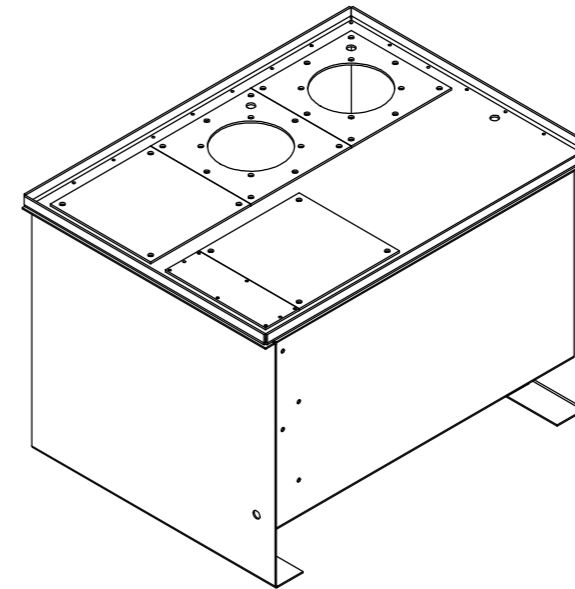
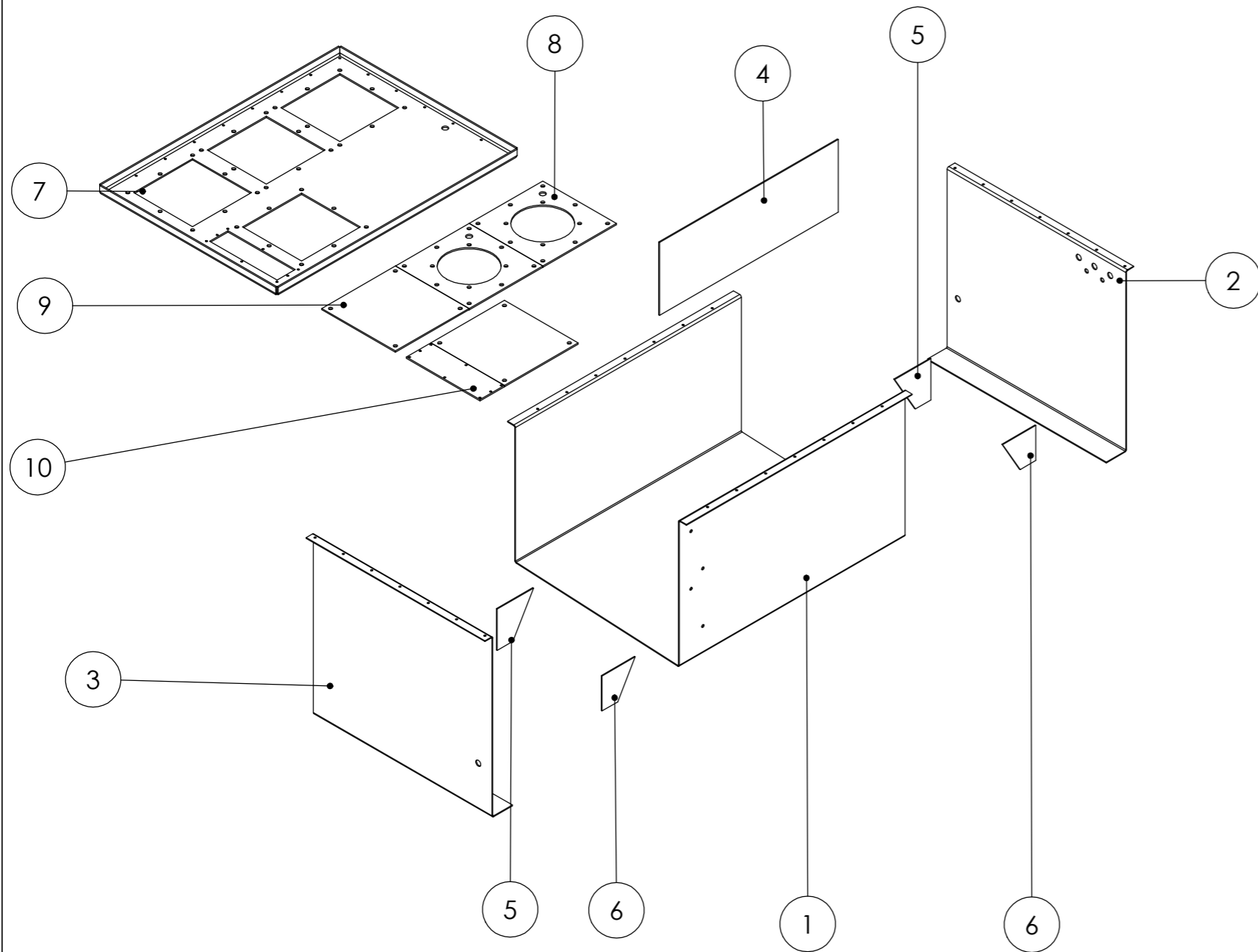
## Vedlegg 14

## Renderte bilder av tank med komponenter





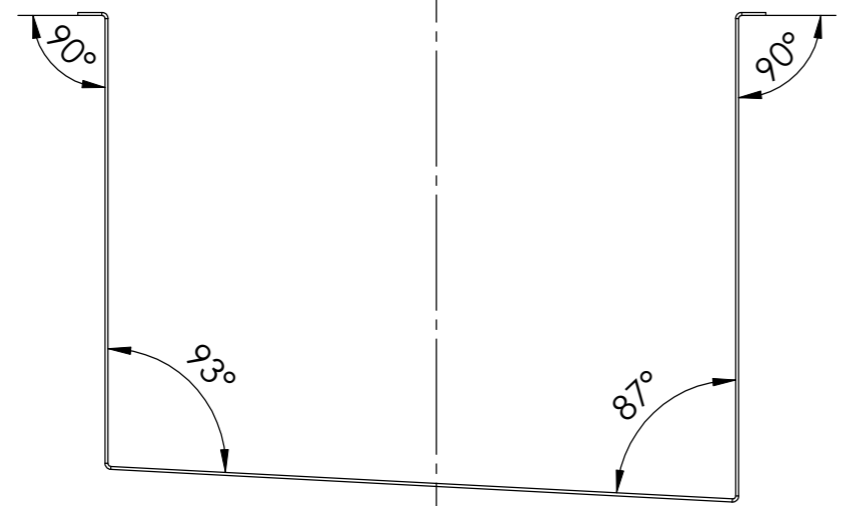
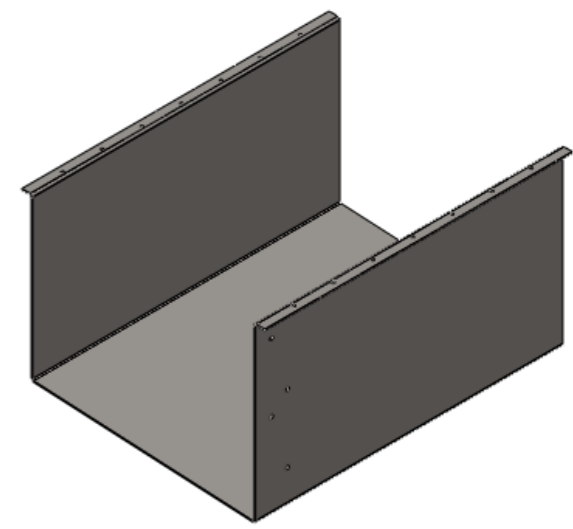
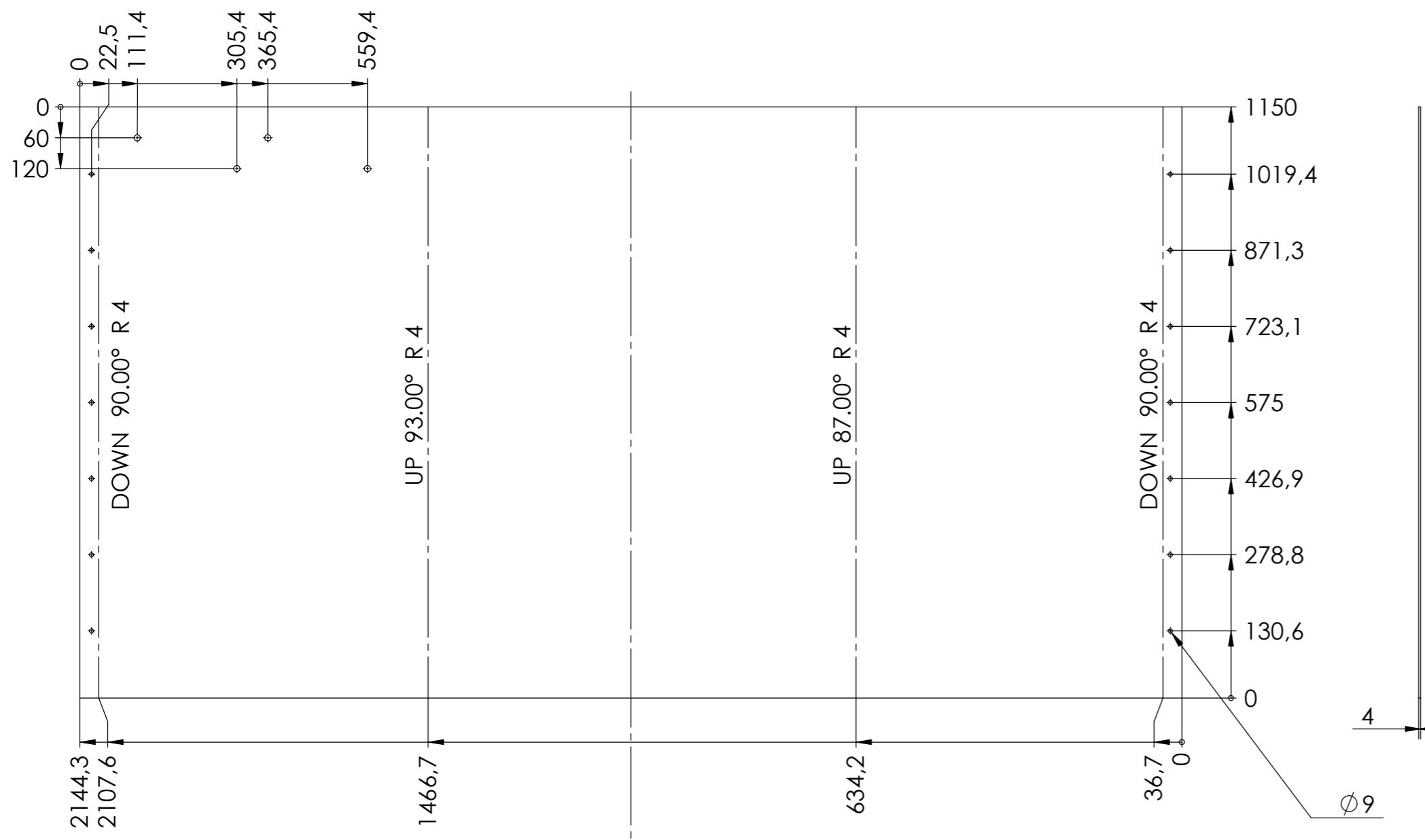




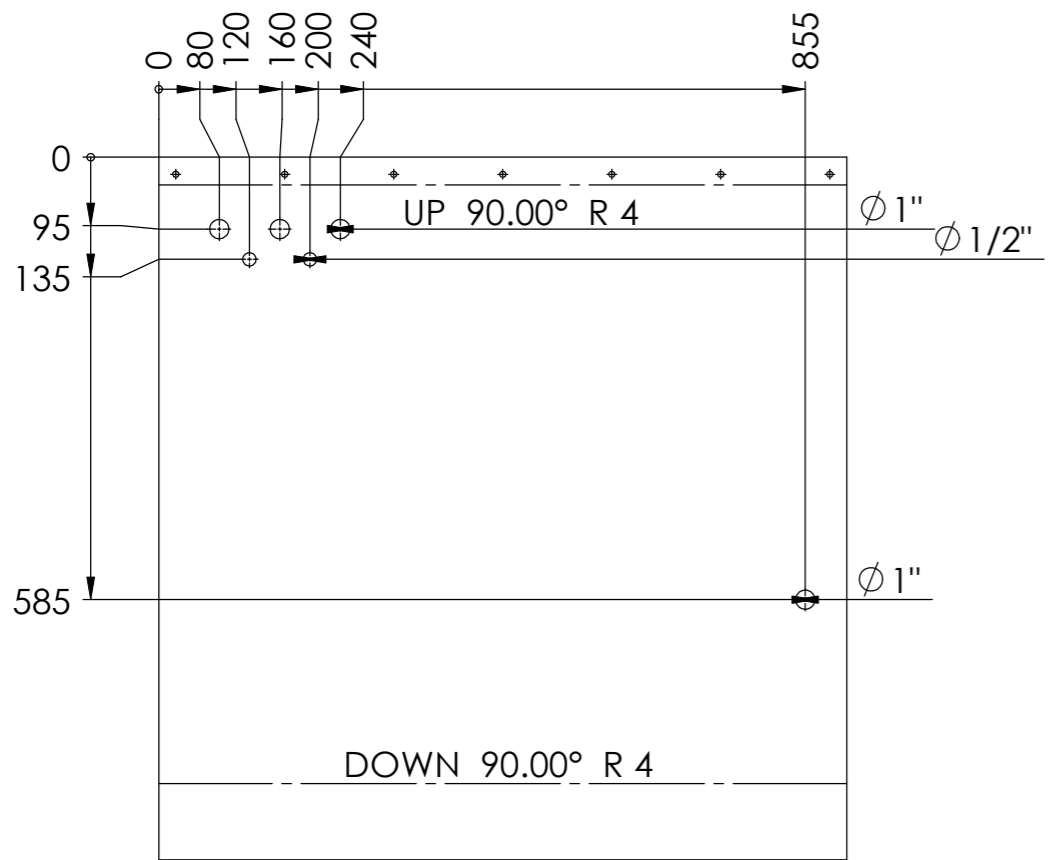
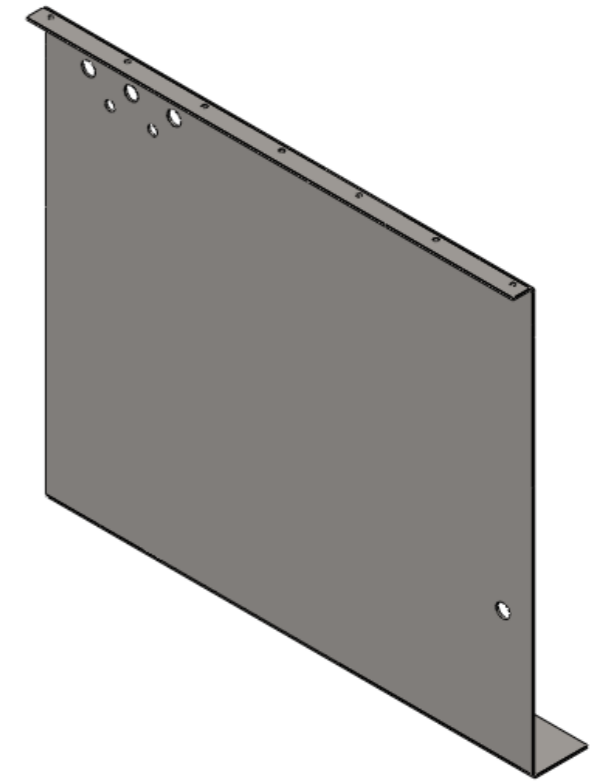
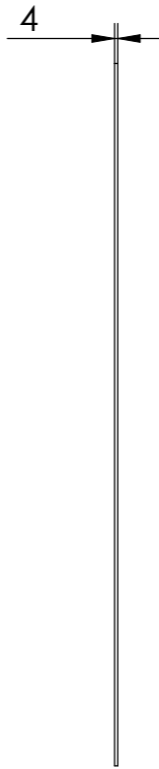
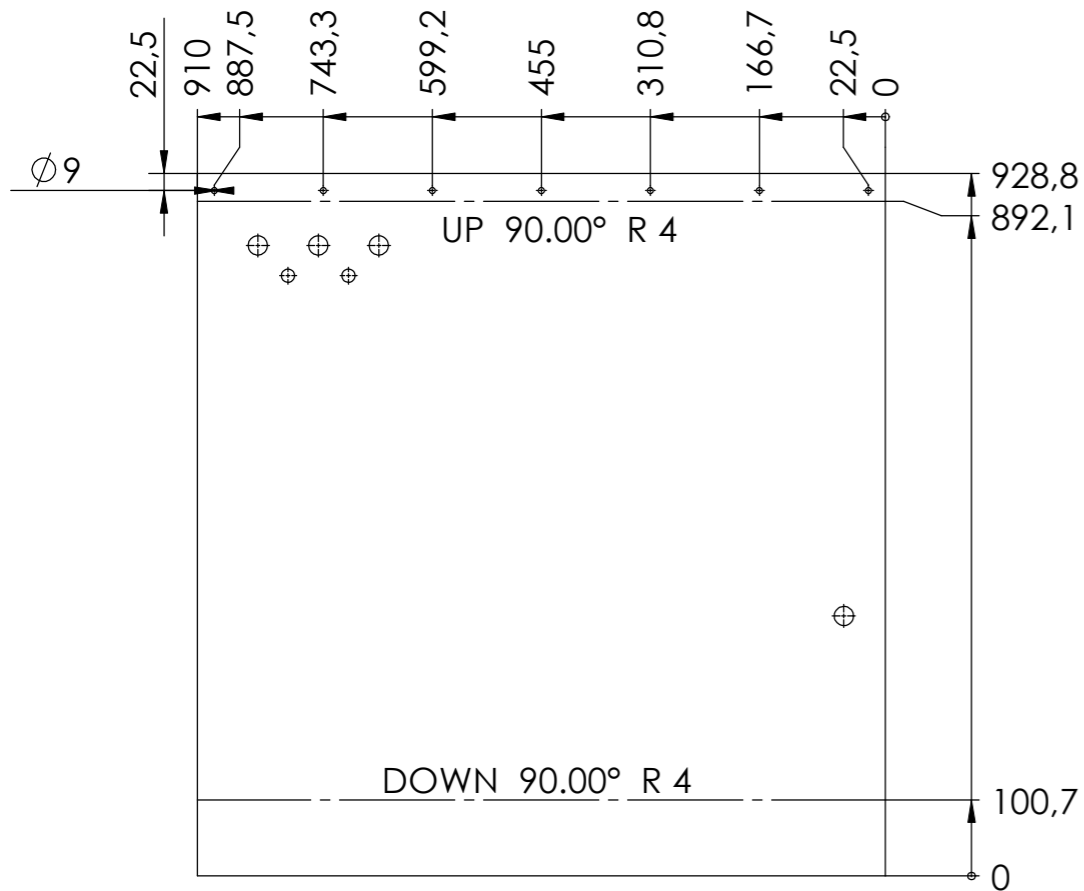
DELE NR.	DELE NAVN	MATERIALE	ANT.
1	PL. 4 x 1150 x 2144,3	AISI 304 / EN 1.4301	1
2	PL. 4 x 910 x 928,8	AISI 304 / EN 1.4301	1
3	PL. 4 x 910 x 928,8	AISI 304 / EN 1.4301	1
4	PL. 4 x 321 x 910	AISI 304 / EN 1.4301	1
5	PL. 4 x 182 x 185	AISI 304 / EN 1.4301	2
6	PL. 4 x 154 x 169	AISI 304 / EN 1.4301	2
7	PL. 6 x 969,4 x 1289,4	AISI 304 / EN 1.4301	1
8	PL. 6 x 375 x 375	AISI 304 / EN 1.4301	2
		AISI 304 / EN 1.4301	2
		AISI 304 / EN 1.4301	1

**SolidWorks Educational License  
Instructional Use Only**

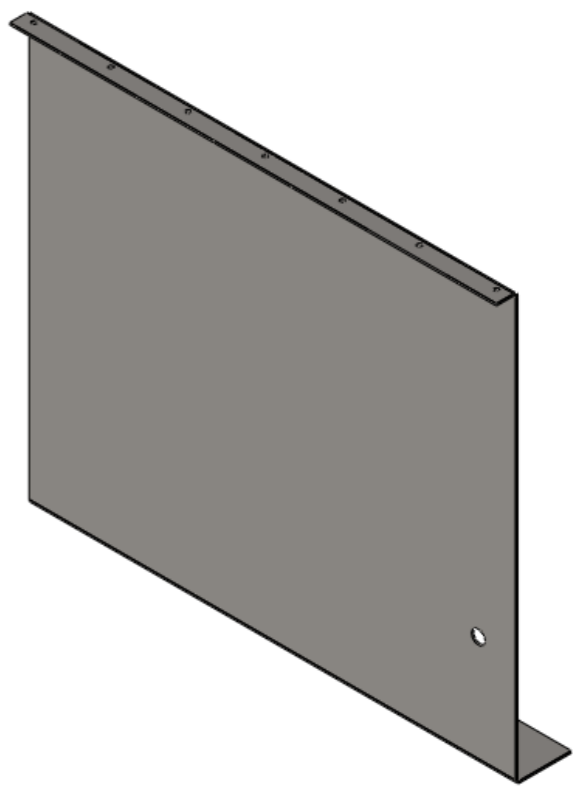
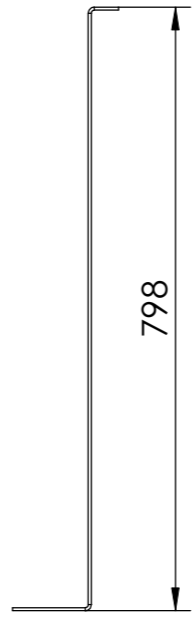
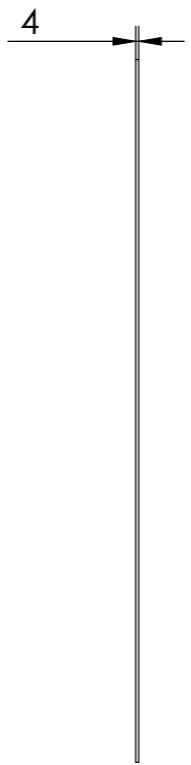
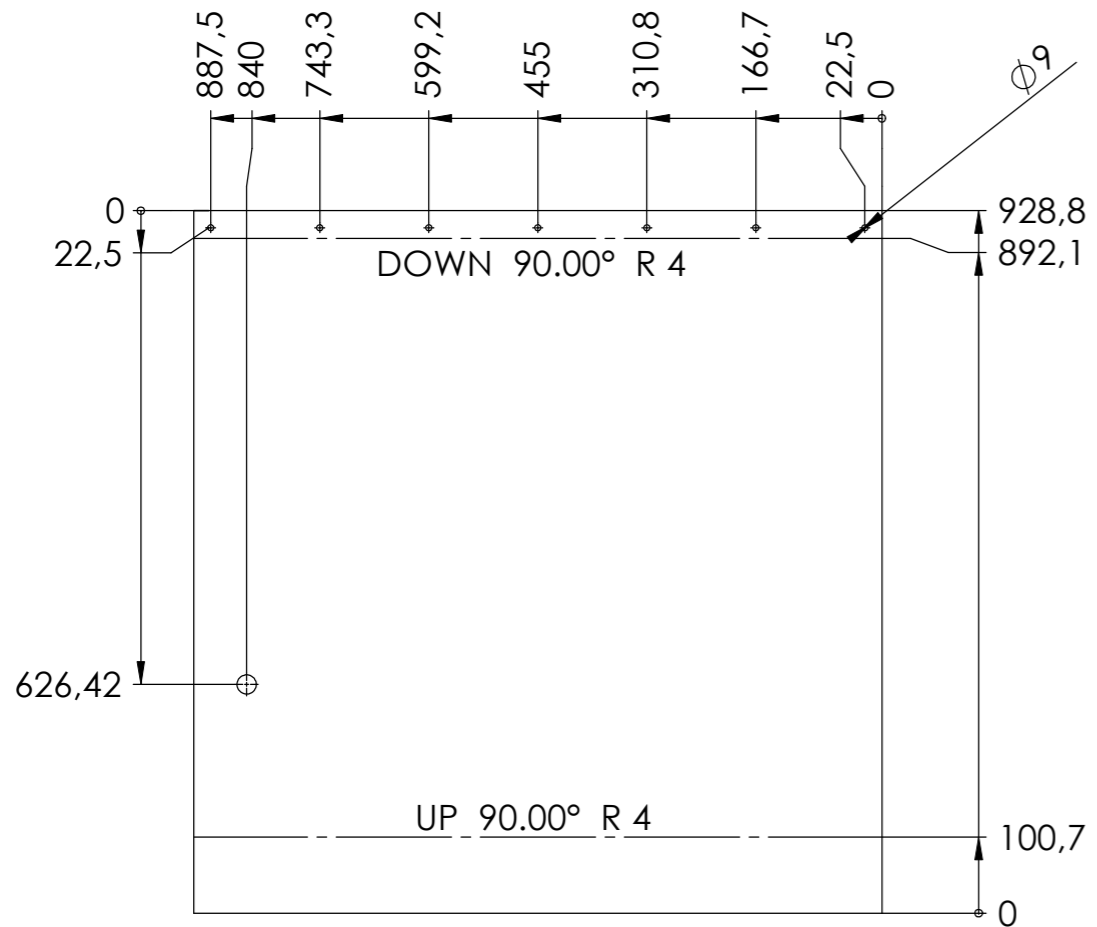
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Lev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA		
	Utgitt/Issued Ansv./Resp.	Dato/ Date	Tegnet/ Drawn	Kontr./ Checked	Godkjent/ Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk/ Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
		31.03.2011	S.Ingjier				1:20		
Ord.nr./Ord.nr. Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	<b>GOPS 600</b>							Filnavn/Filename	
								<b>Sammenstilling</b>	
	Erstatning for / Repl. for		Erstattet av / Repl. by						
	Format / Size		Side / Page						
<b>A3</b>		<b>1/12</b>							
Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO							Basis tegninger. / Basic drwg. no		



RAINPOWER HYMATEK A/S	Lev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
	Utgitt/Issued Ansvar/Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode/Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances
		31.03.2011	S. Ingjer				1:10	
GOPS 600	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	Filnavn/Filename DEL 1 - PL. 4 x 1150 x 2144,3						
		Erstatning for / Repl. for			Erstattet av / Repl. by			
		Format / Size A3			Side / Page 2/12			
	Ord.nr/Ord.nr Indeks/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no



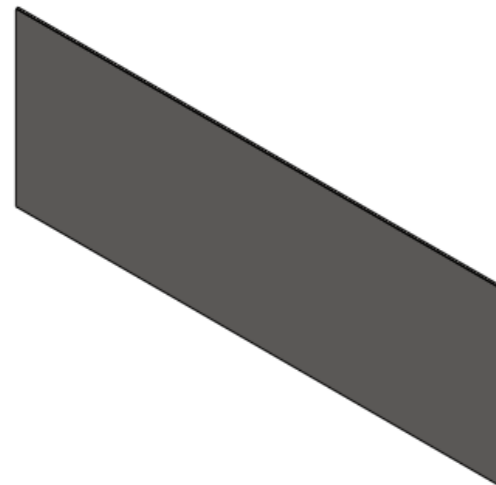
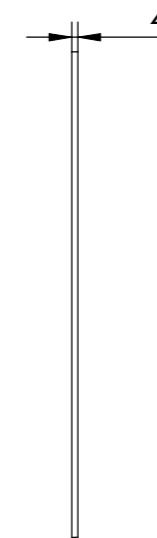
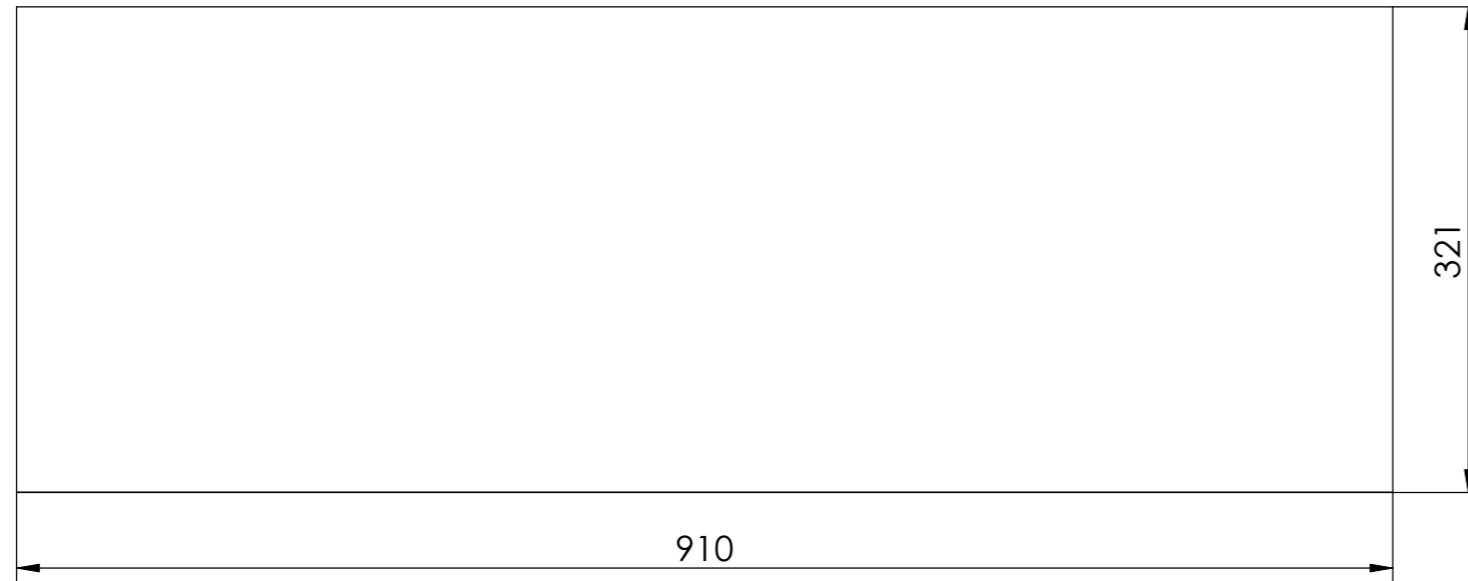
		Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA		This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA					
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Lev. dato / Date of del.	Dato / Date	Tegnet / Drawn	Kontr. / Checked	Godkjent / Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk / Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
	Utgitt / Issued	31.03.2011	S. Ingjer				1:10		
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Bestiller / Purchaser	<b>GOPS 600</b>						Filnavn / Filename	<b>DEL 2 - PL. 4 x 910 x 928,8</b>
	Anlegg / Site							Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
								Format / Size	Side / Page
	Ord.nr / Ord.n	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no	



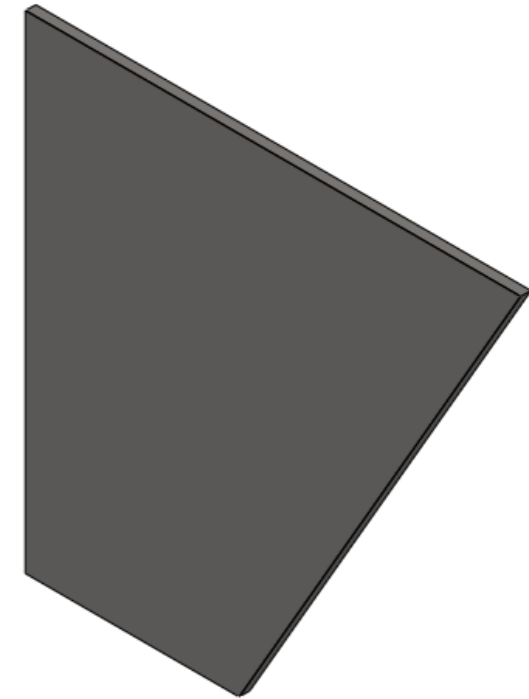
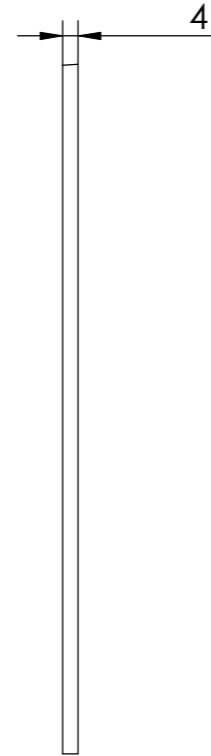
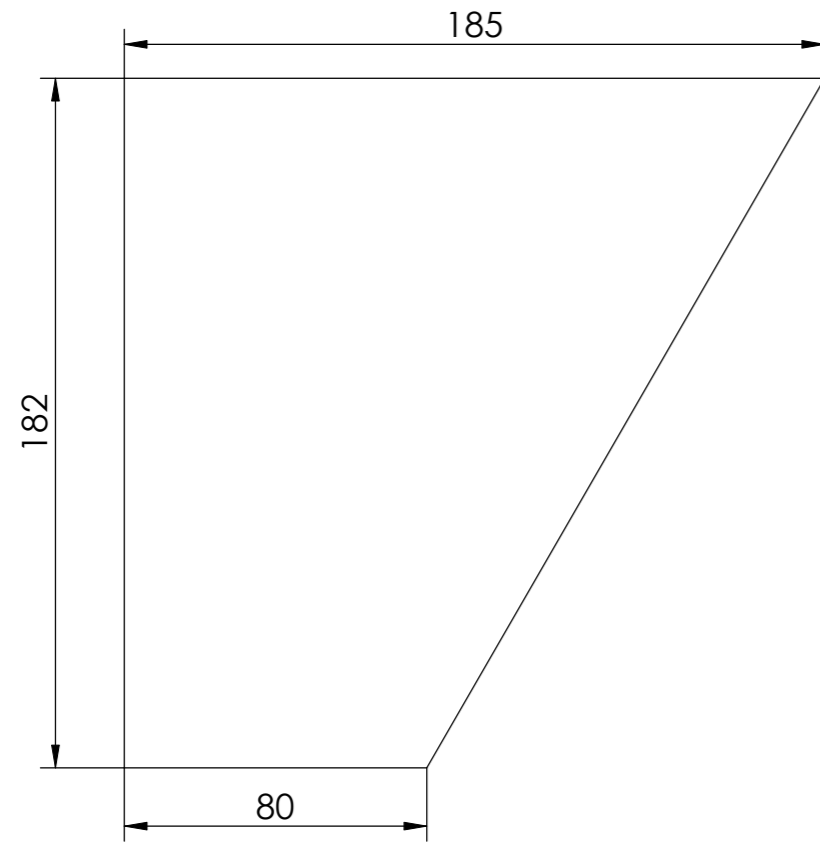
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Rev. data Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
	Utgitt/Issued Ansvar/Resp.	Dato/ Date	Tegnet/ Drawn	Kontr. / Checked	Godkjent / Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk/ Scale	Generelle toleranser / General tolerances
		31.03.2011	S.Ingjer				1:10	
	Ord.nr/Ord.n Index/Index	<b>GOPS 600</b>						Filnavn/Filename <b>DEL 3 - PL. 4 x 910 x 928,8</b>
Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	Erstatning for / Repl. for							Erstattet av / Repl. by
	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Format / Size <b>A3</b>	Side / Page <b>4/12</b>
							Basis tegninger. / Basic drwg. no	

DEFINISJON	DEFINISJON	MATERIAL	ANT.
		AINSI 304 / EN 1.4301	1

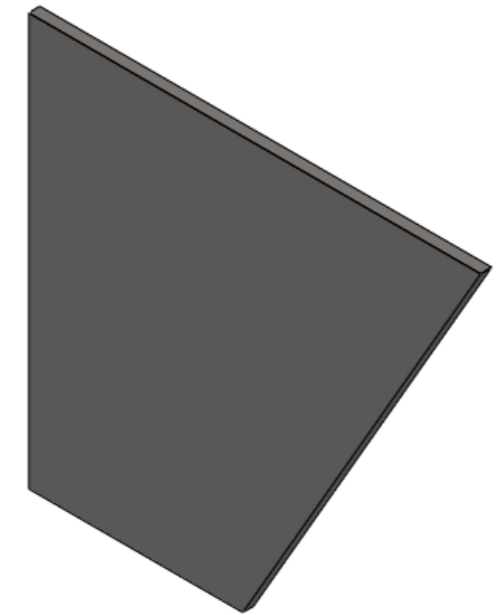
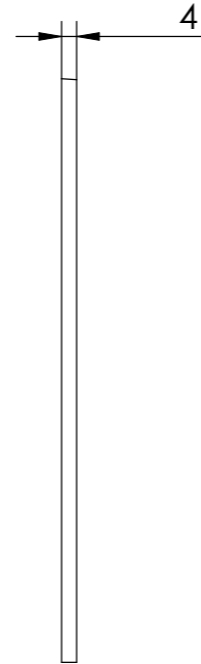
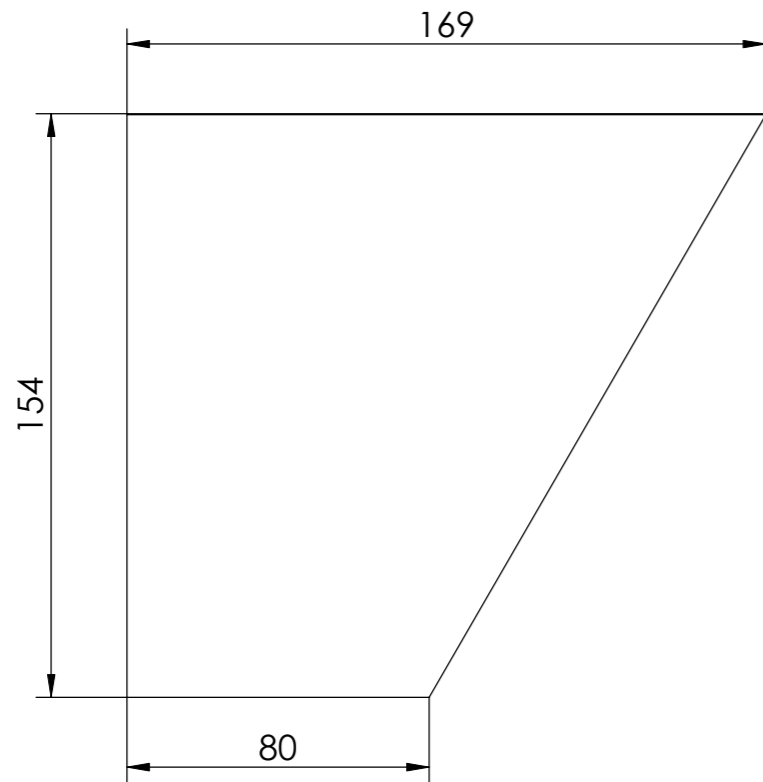
**SolidWorks Educational License**  
**Instructional Use Only**



	Rev. dato Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA						This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
	Utgitt/Issued Ansvar/Resp.	Dato/ Date	Tegnet/ Drawn	Kontr. / Checked	Godkjent / Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk/ Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
		31.03.2011	S.Ingjær				1:5		
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	<b>GOPS 600</b>						Filnavn/Filename <b>DEL 4 - PL. 4 x 321 x 910</b>	
								Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
								Format / Size <b>A3</b>	Side / Page <b>5/12</b>
Ord.nr/Ord.n Indeks/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no		

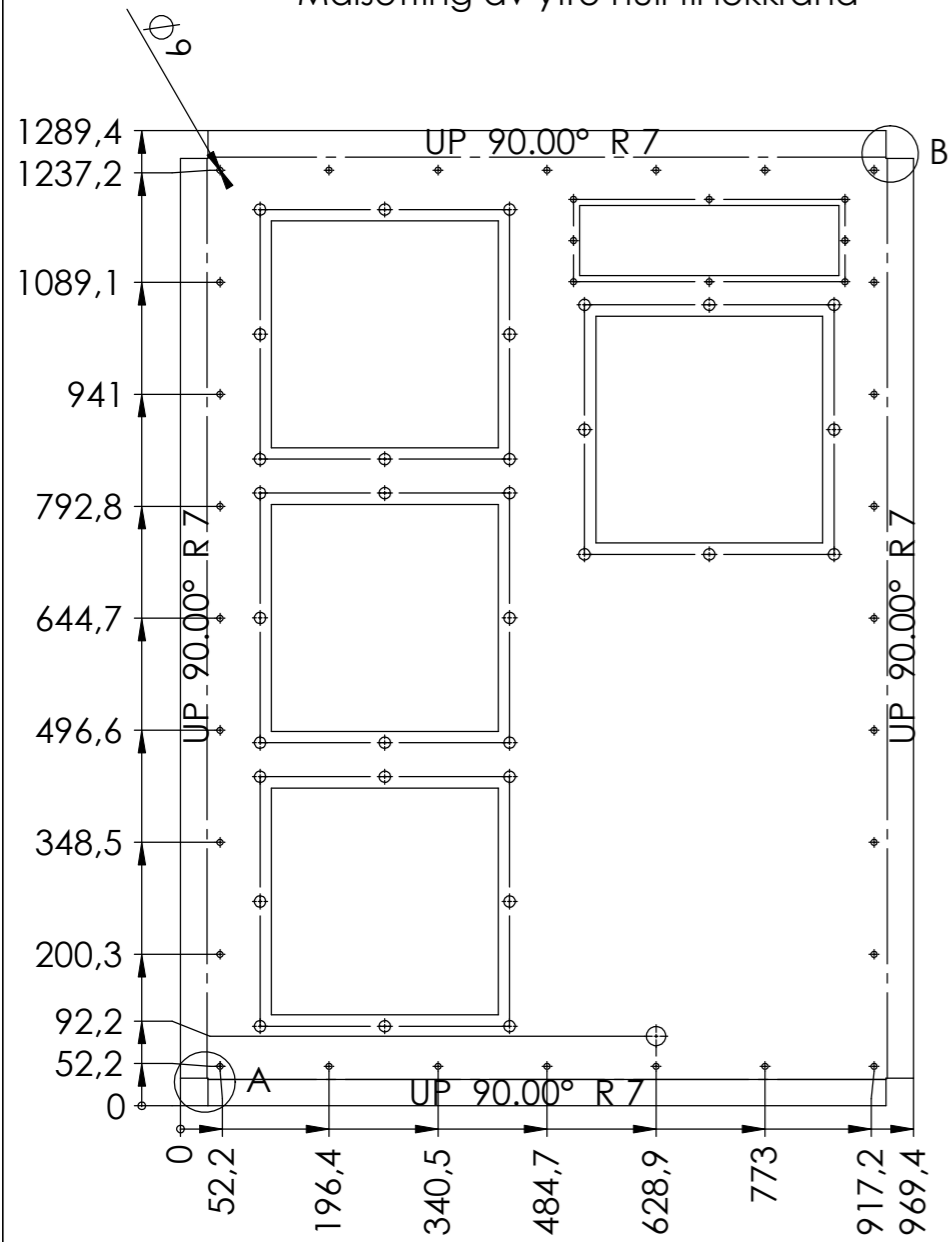


	Lev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA						This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA			
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Utgitt/Issued / Ansvar/Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances			
		31.03.2011	S.Ingjer				1:2				
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Bestiller/Purchaser / Anlegg/Site	<b>GOPS 600</b>						Filnavn/Filename			
								DEL 5 - PL. 4 x 182x185		Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
	Ord.nr/Ord.nr / Indeks/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Format / Size	Side / Page		
								A3	6/13		
								Basis tegninger. / Basic drwg. no			

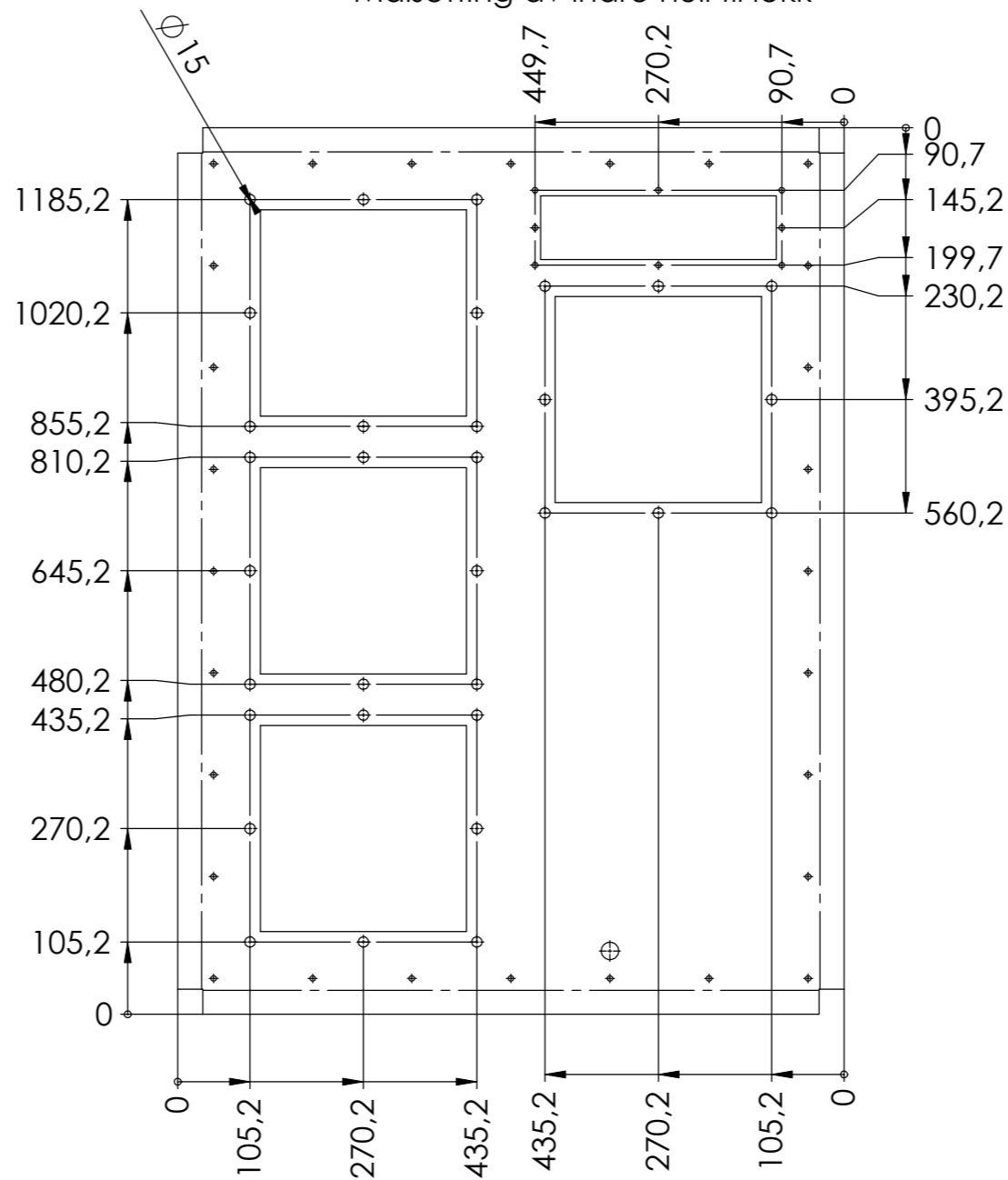


	Rev. dato Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA						This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Utgitt/Issued Ansv./Resp.	Dato/ Date	Tegnet/ Drawn	Kontr. / Checked	Godkjent / Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk/ Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
		31.03.2011	S.Ingjær				1:2		
<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	<b>GOPS 600</b>						Filnavn/Filename <b>DEL 6 - PL. 4 x 154 x 169</b>	
								Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
								Format / Size <b>A3</b>	Side / Page <b>7/12</b>
Ord.nr/Ord.n Index/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no		

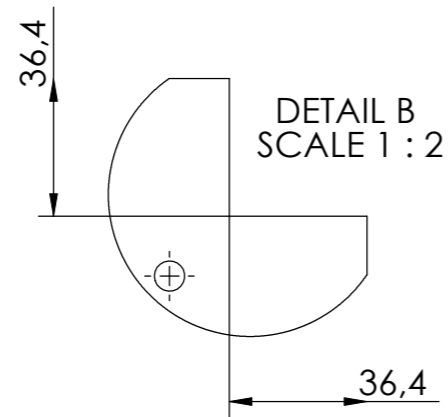
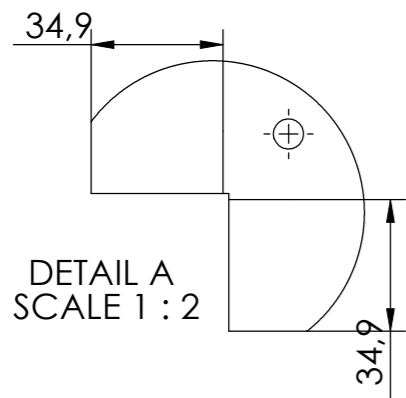
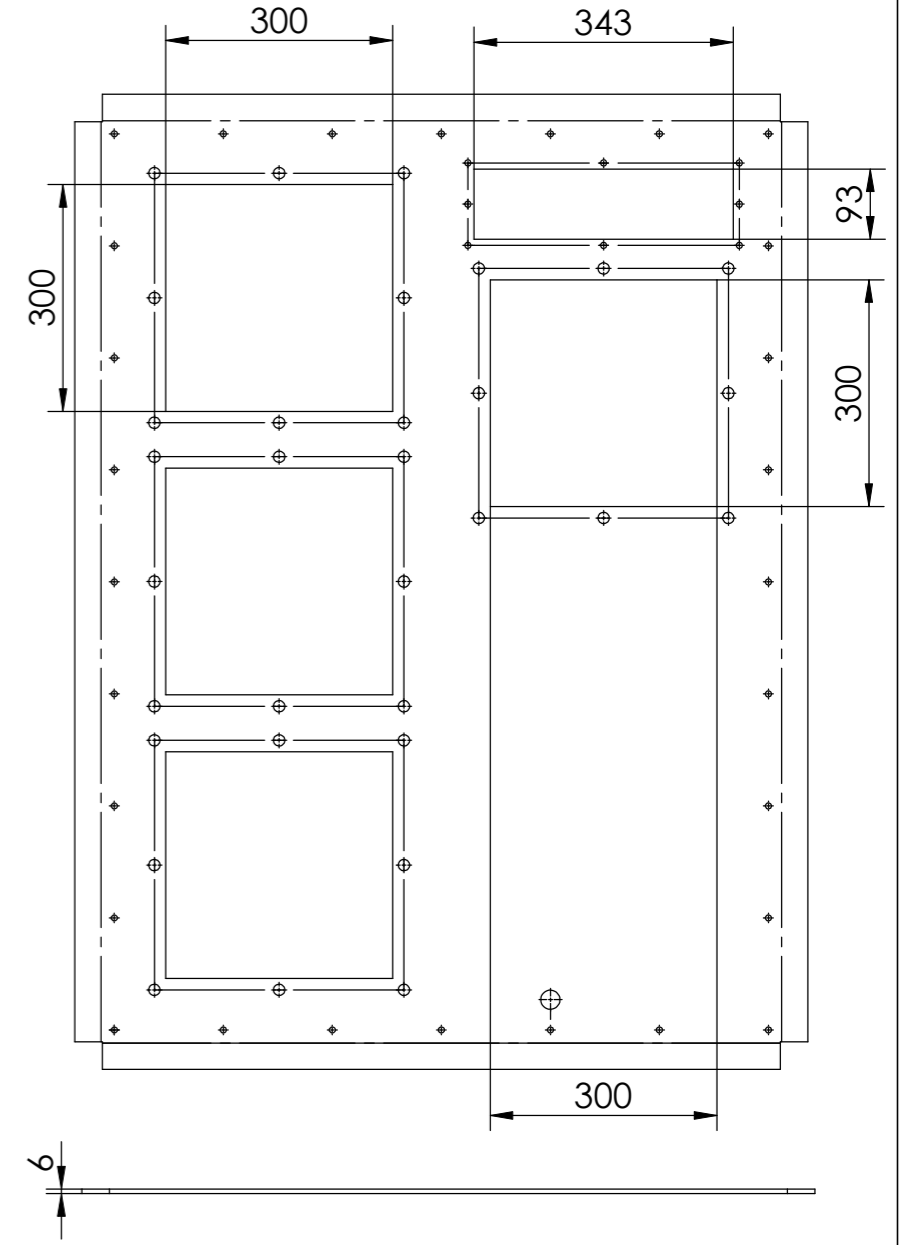
Målsetting av ytre hull til lokkrand



Målsetting av indre hull til lokk



Målsetting av gjennomføring av lokk

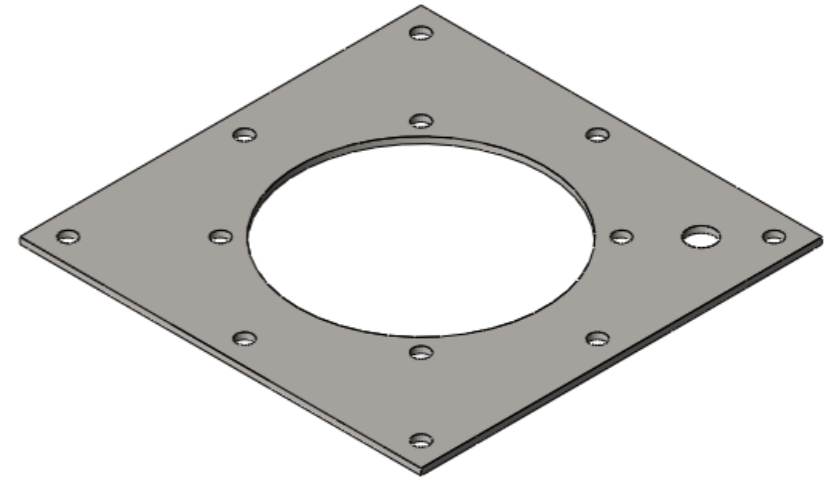
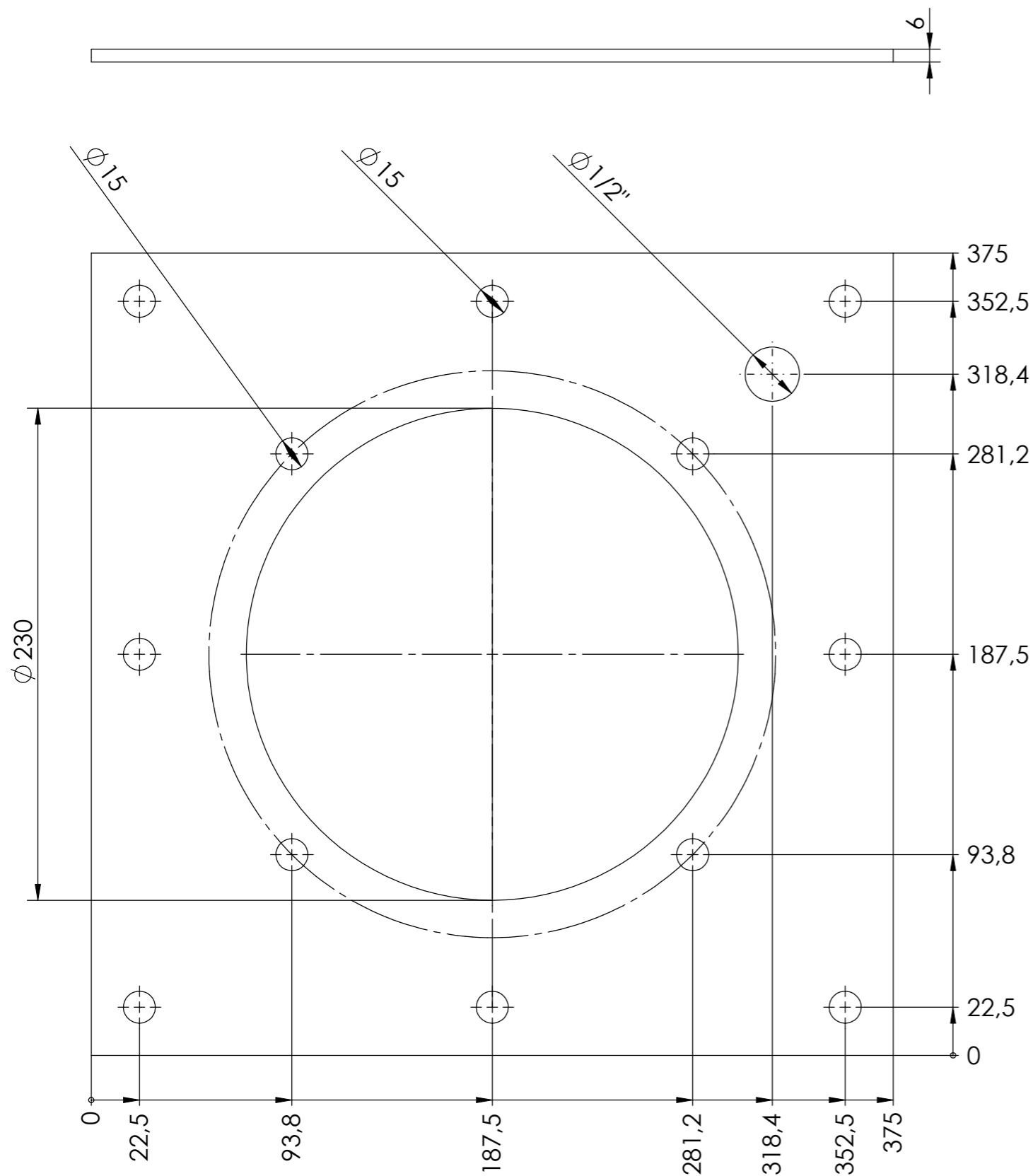


Lev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA						This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
	Dato / Date	Tegnet / Drawn	Kontr. / Checked	Godkjent / Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk / Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
Utgitt / Issued Ansv./Resp.	01.04.2011	S.Ingjer				1:10		
Ord.nr/Ord.nr Bestiller/Purchaser Indeks/Index Anlegg/Site	<b>RAINPOWER HYMATEK AS</b>						Filnavn/Filename	
							<b>DEL 7 - PL. 6 x 969,4 x 1289,4</b>	
							Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
<b>GOPS 600</b>						Format / Size	Side / Page	
						<b>A3</b>	<b>8/11</b>	
Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no		

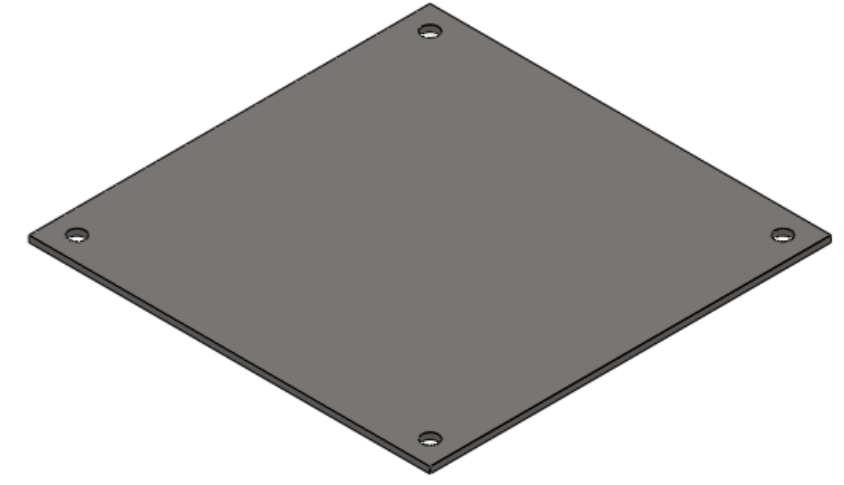
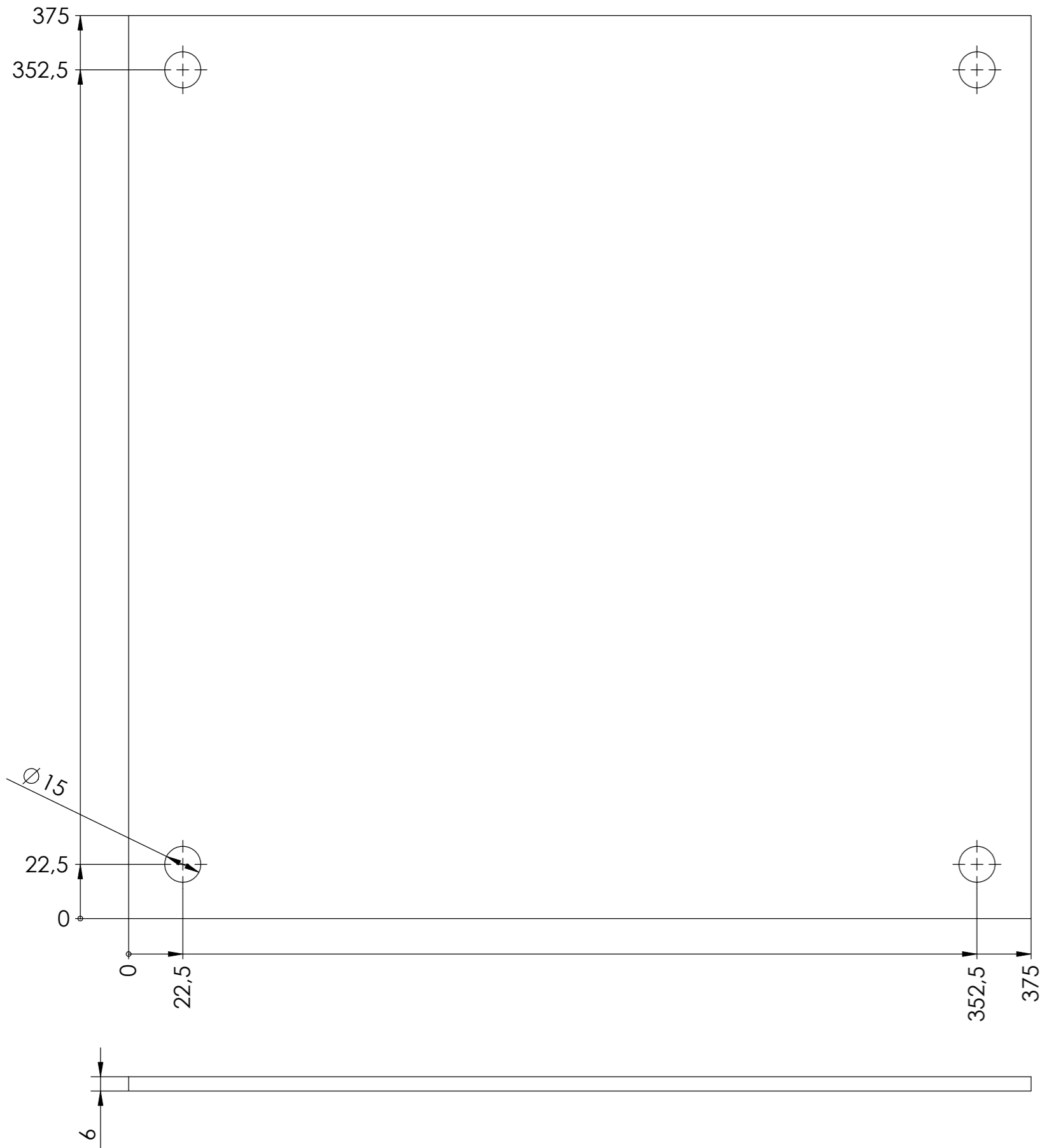
DFI F NR	DFI F NAVN	MATERIALE	ANT.
		AISI 304 / EN 1.4301	1

**SolidWorks Educational License**  
**Instructional Use Only**





		Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA				This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA			
<b>RAINPOWER HYMATEK AS</b>	Lev. dato / Date of del.	Dato / Date	Tegnet / Drawn	Kontr. / Checked	Godkjent / Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk / Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
	Utgitt / Issued Ansv./Resp.	01.04.2011	S.Ingjier				1:2,5		
<b>GOPS 600</b>	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site							Filnavn/Filename	
	Ord.nr/Ord.nr Indeks/Index							DEL 8 - PL. 6 x 375 x 375	
								Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
								Format / Size	Side / Page
								A3	9/12
		Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no	

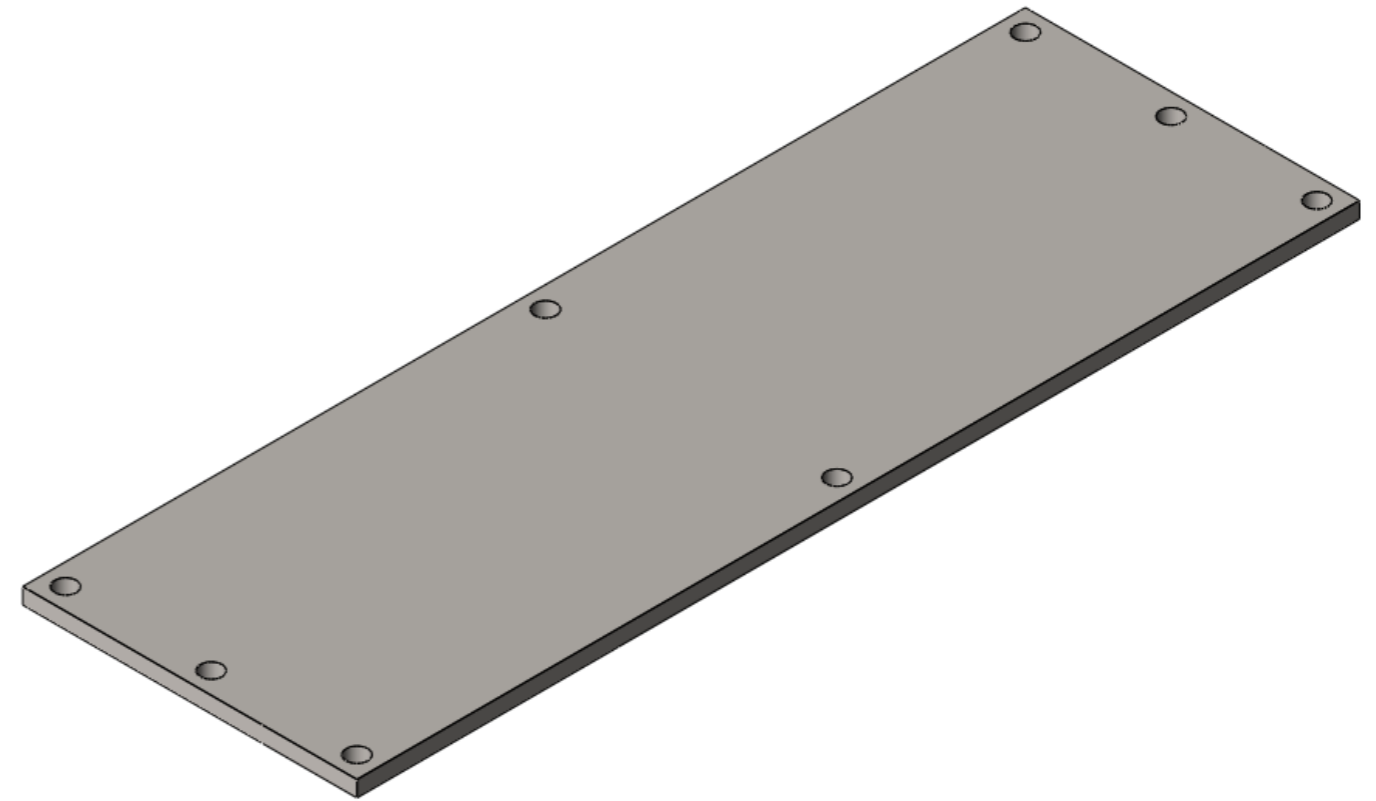
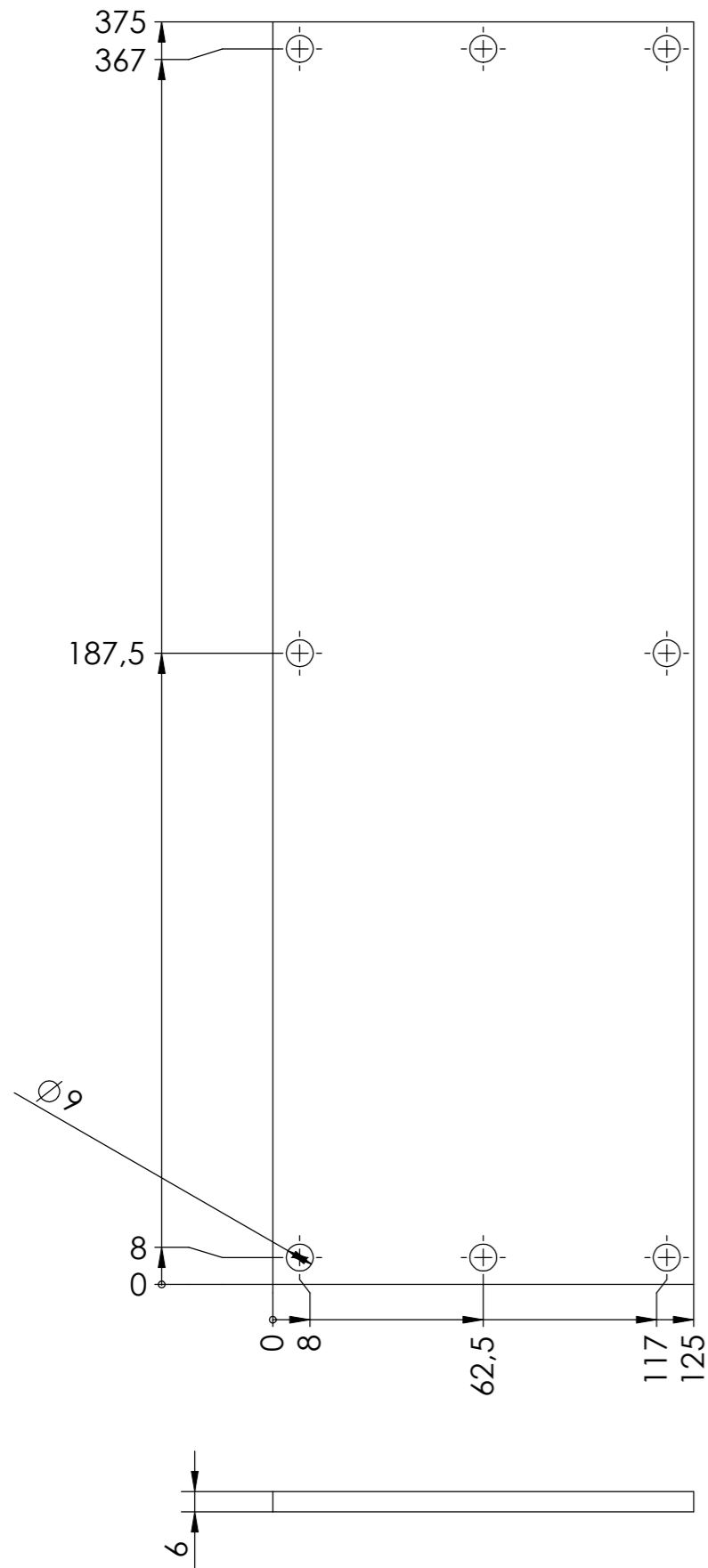


<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Rev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA		
	Utgitt/Issued Ansvar/Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode/Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
		31.03.2011	S.Ingjier				1:2		
	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	<b>GOPS 600</b>						Filnavn/Filename	
								DEL 9 - PL. 6 x 375 x 375	
								Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
		Format / Size		Side / Page					
		A3		10/12					
		Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no	

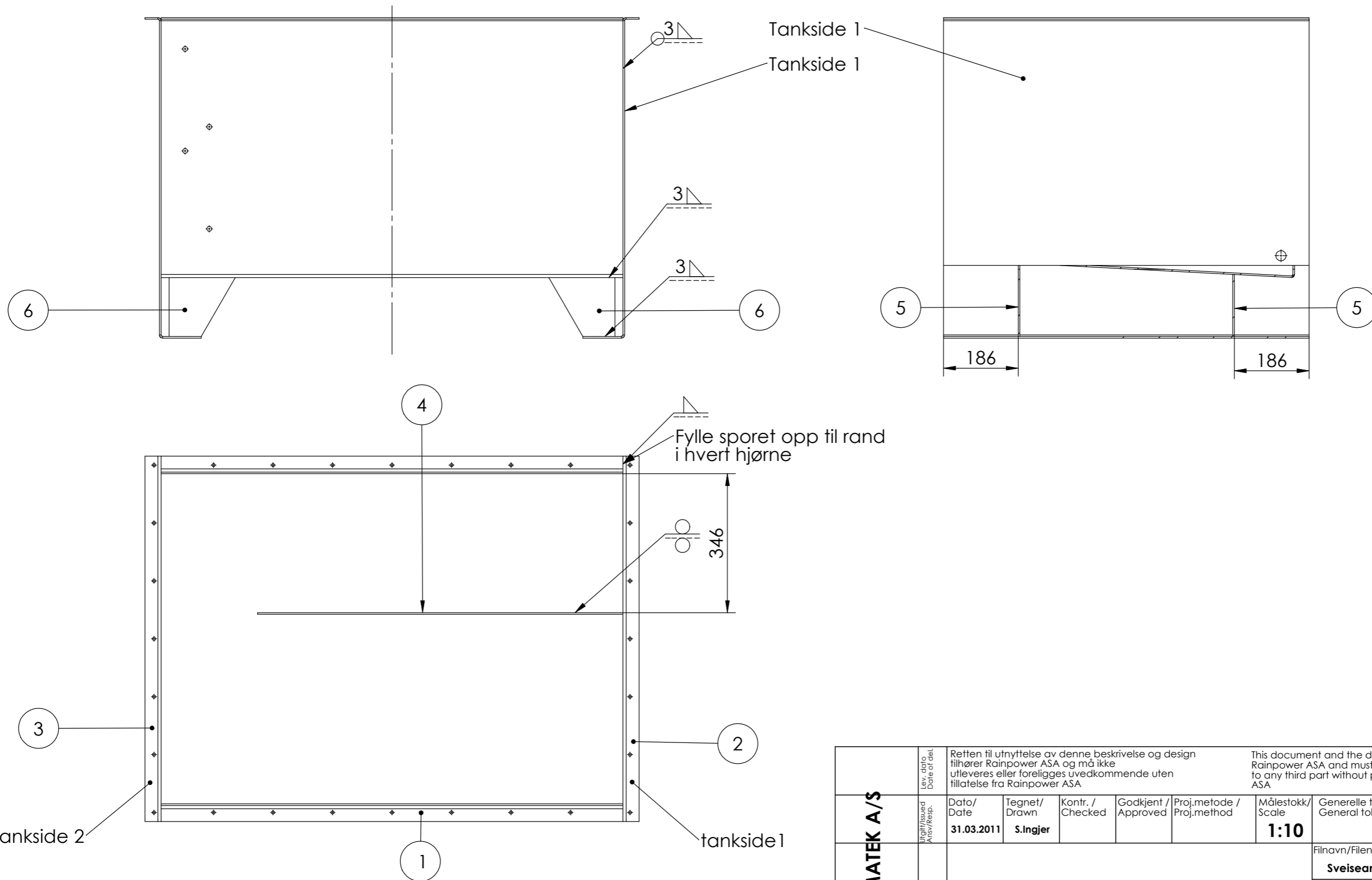
**SolidWorks Educational License**  
**Instructional Use Only**

MATERIALE  
 AISI 304 / EN 1.4301

QTY.  
 2



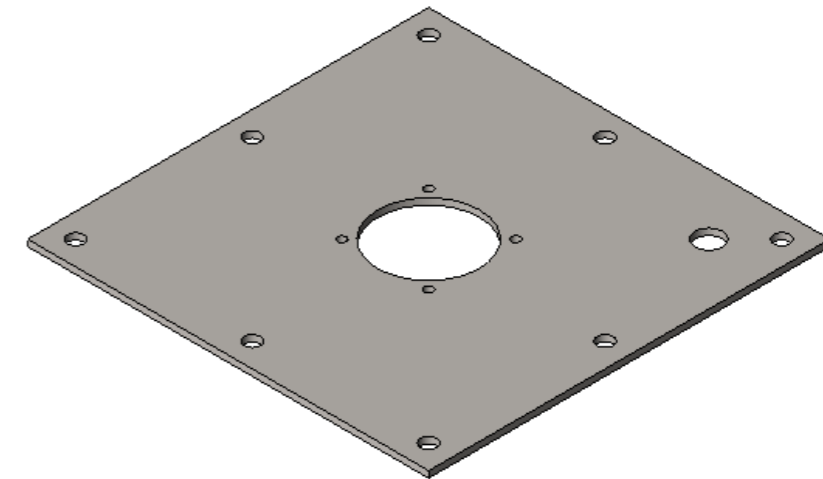
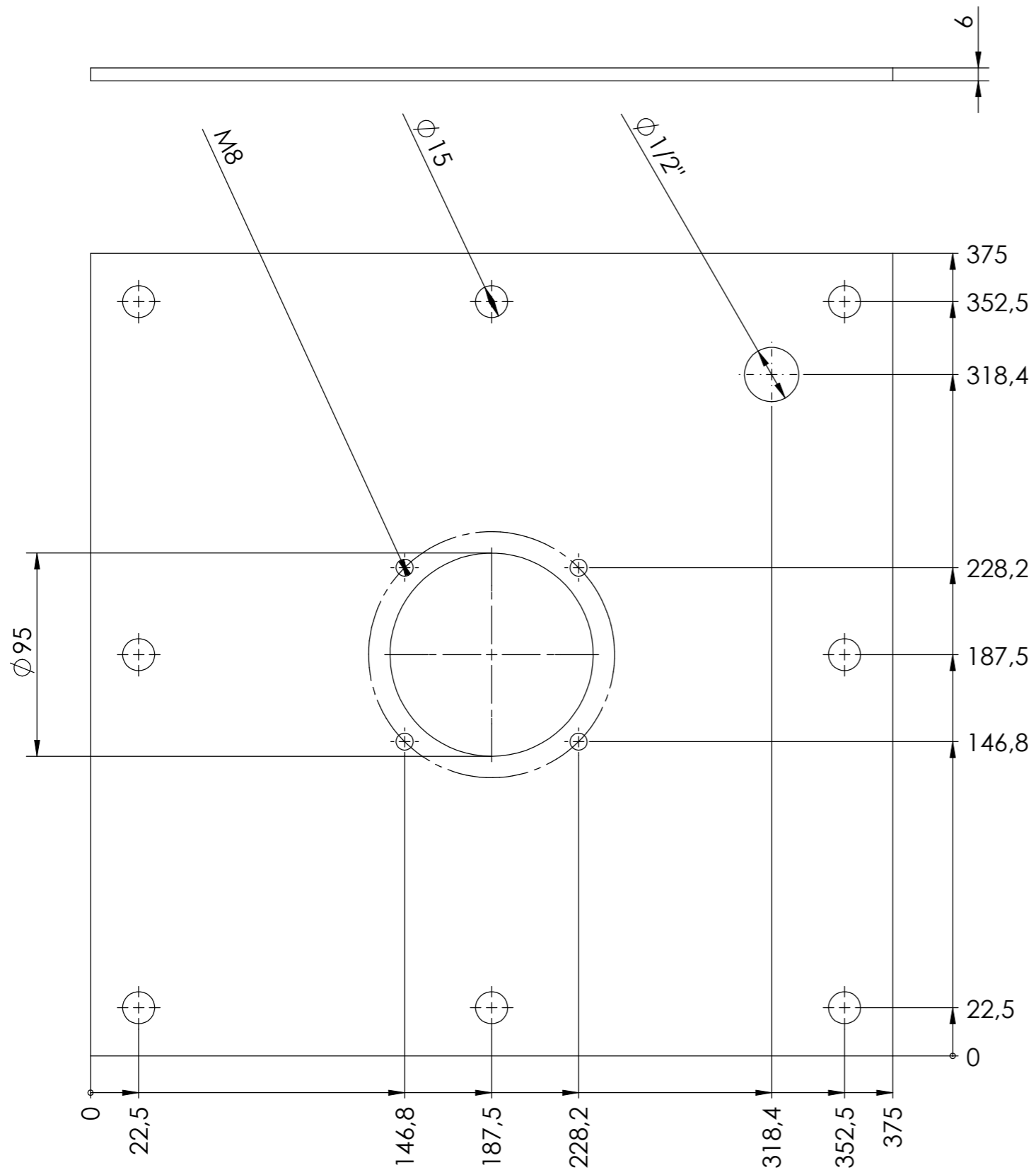
RAINPOWER HYMATEK A/S	Rev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
	Utgitt/Issued Ansv./Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode/Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances
		31.03.2011	S.Ingjer				1:2	
Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	GOPS 600						Filnavn/Filename	
							DEL 10 - PL. 6 x 125 x 375	
							Erstatning for / Repl. for	Erstattet av / Repl. by
Ord.nr/Ord.nr Indeks/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Format / Size	Side / Page
							A3	11/12
						Basis tegninger. / Basic drwg. no		



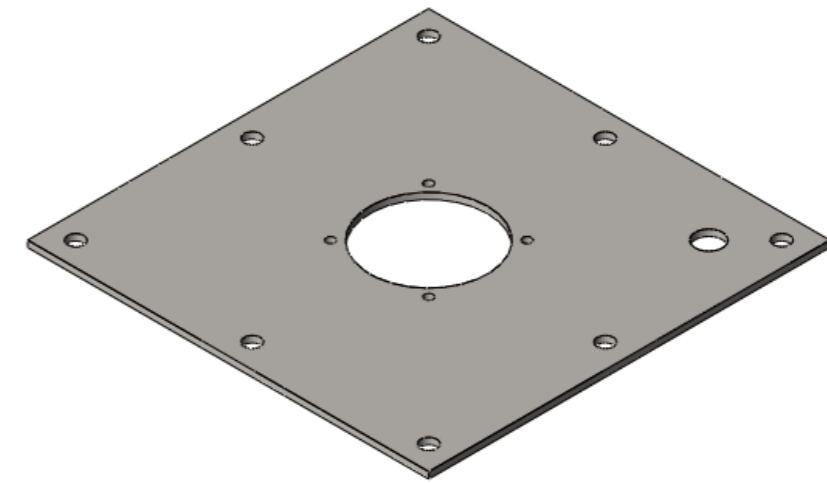
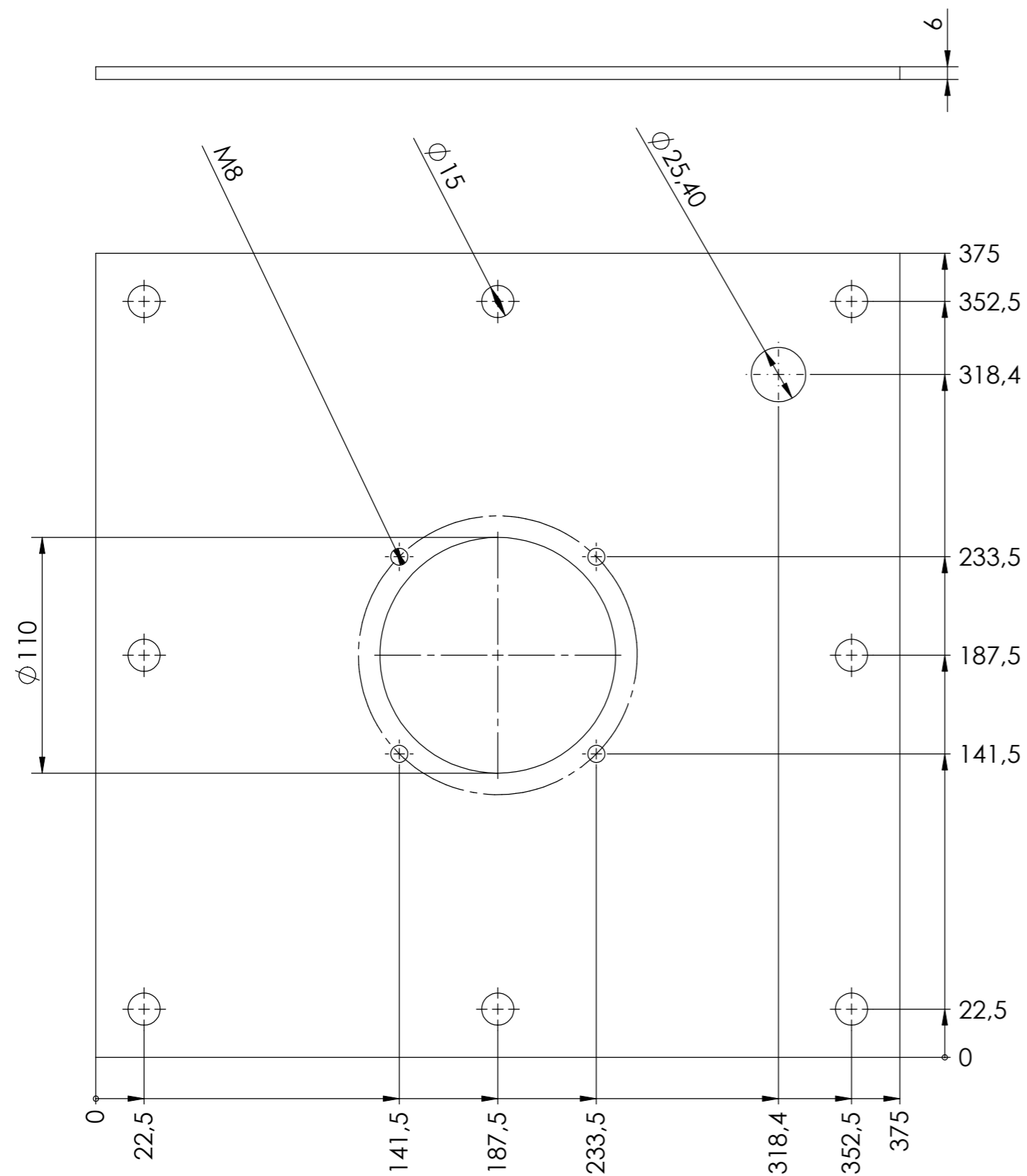
DELE NR.	DELE NAVN	MATERIALE	ANT.
1	PL. 4 x 1150 x 2144,3	AISI 304 / EN 1.4301	1
2	PL. 4 x 910 x 928,8	AISI 304 / EN 1.4301	1
3	PL. 4 x 910 x 928,8	AISI 304 / EN 1.4301	1
4	PL. 4 x 321 x 910	AISI 304 / EN 1.4301	1
		AISI 304 / EN 1.4301	2
		AISI 304 / EN 1.4301	2

<b>RAINPOWER HYMATEK A/S</b>	Lev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
	Utgitt/Issued Ansvar/Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode/Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances
		31.03.2011	S.Ingjer				1:10	
	Bestiller/Purchaser Indeks/Index	<b>GOPS 600</b>						Format / Size
	Prosjekt tegninger. / Project Drwg . NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no	

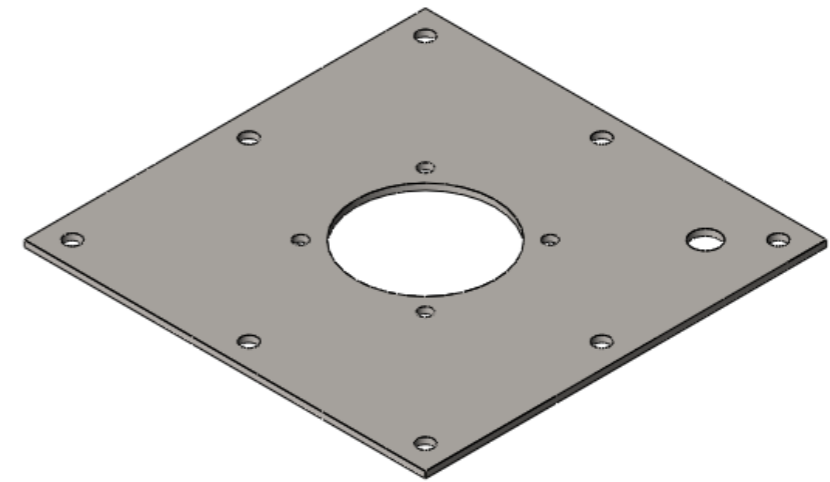
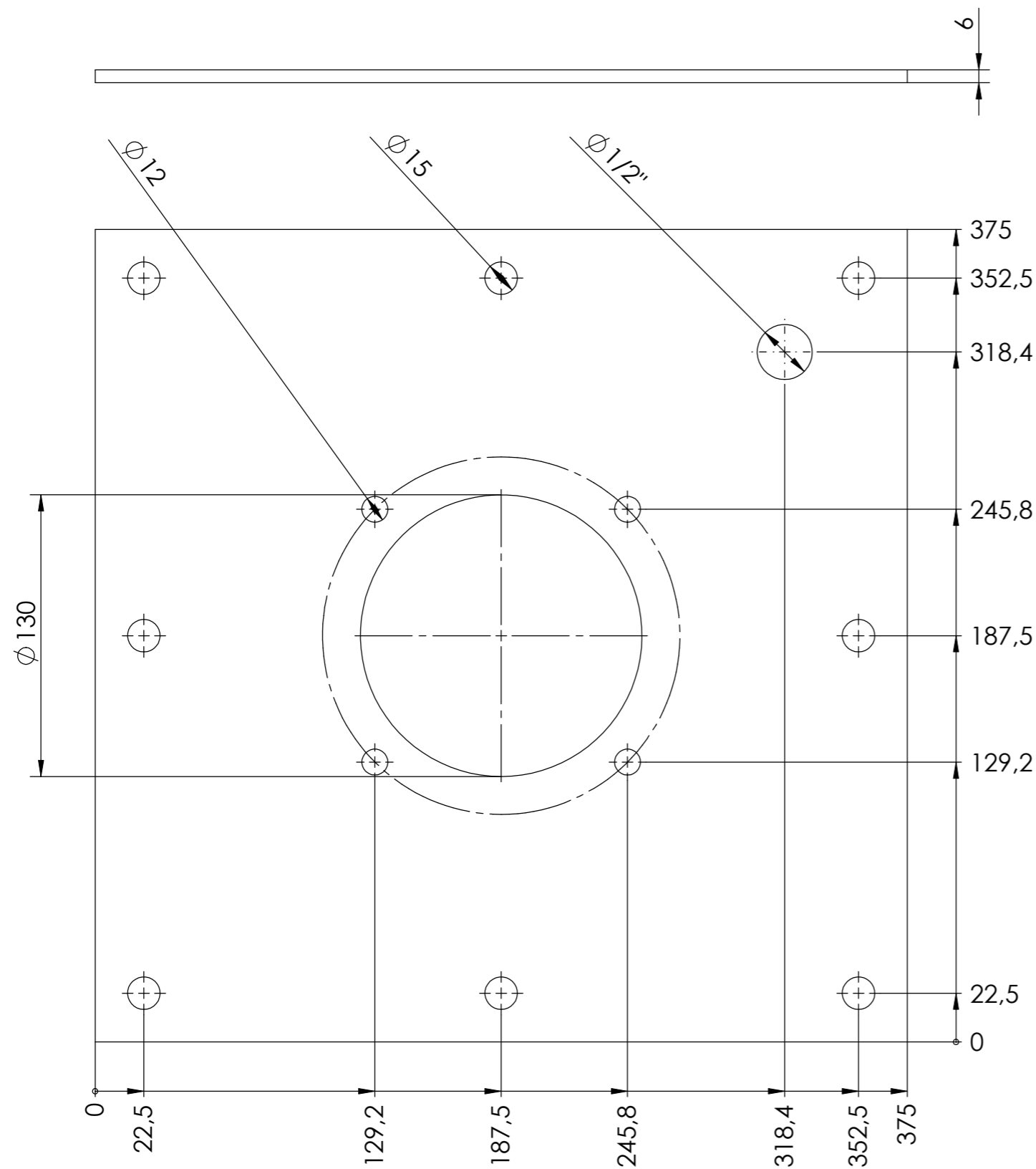
**SolidWorks Educational License**  
**Instructional Use Only**



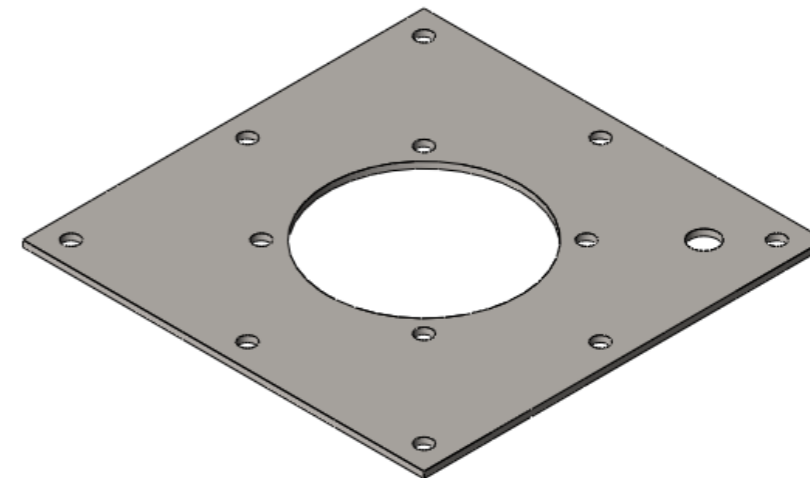
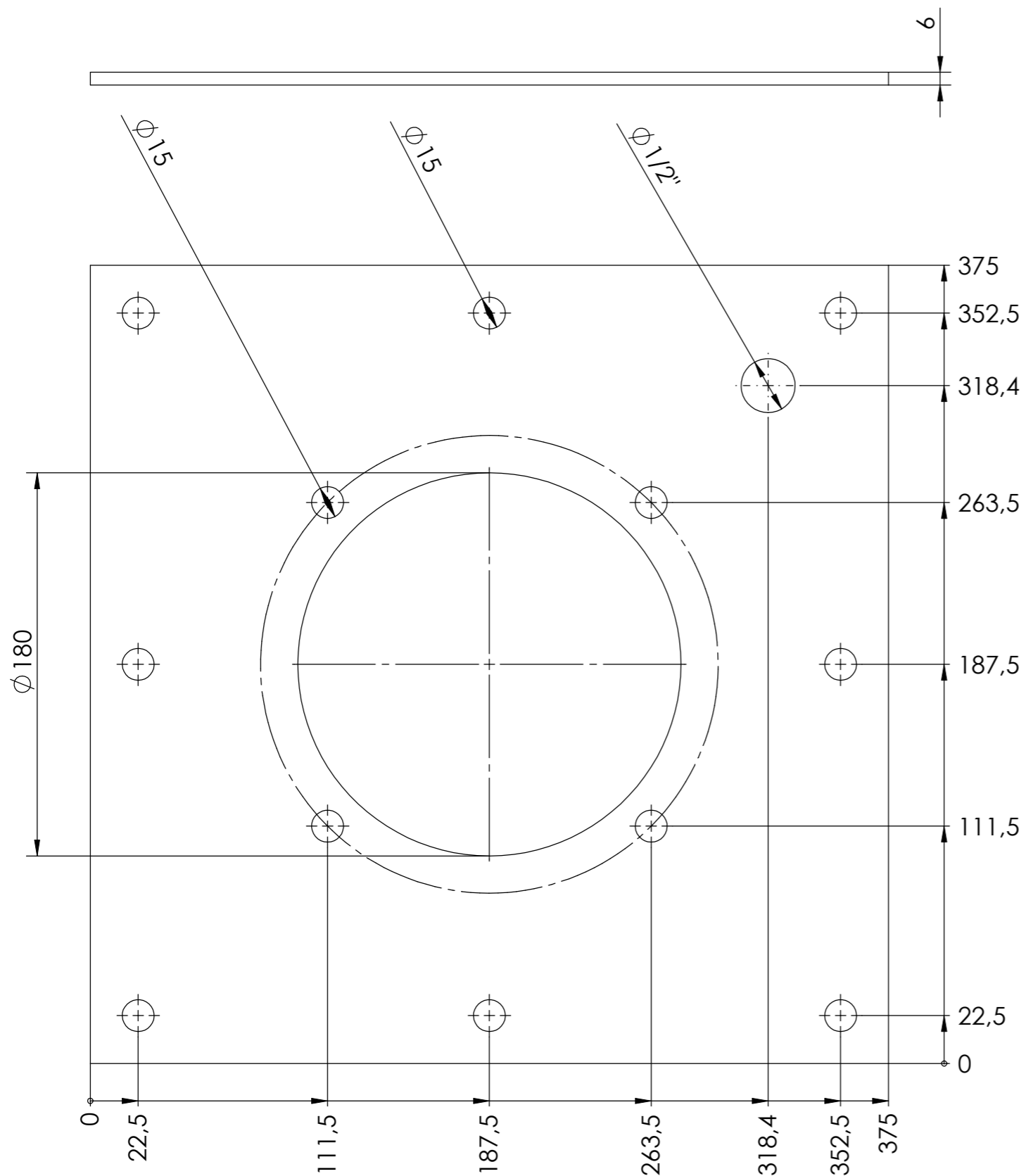
	Rev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA		
<b>RAINPOWER HYMATEK AS</b>	Utgitt/Issued Ansv./Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode/Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
		01.04.2011	S.Ingjer				1:2.5		
<b>GOPS 600</b>	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	Filnavn/Filename						B14-90 - PL. 6 x 375 x 375	
		Erstatning for / Repl. for						Erstattet av / Repl. by	
	Ord.nr/Ord.nr Indeks/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Format / Size	
		<b>A3</b>						Side / Page	
		Basis tegninger. / Basic drwg. no							



<b>RAINPOWER HYMATEK AS</b>	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges utedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA		This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA					
	Lev. dato / Date of del.	Dato / Date	Tegnet / Drawn	Kontr. / Checked	Godkjent / Approved	Proj.metode / Proj.method	Målestokk / Scale	Generelle toleranser / General tolerances
	Utgitt/Issued Ansv./Resp.	01.04.2011	S.Ingjer				1:2.5	
	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	<b>GOPS 600</b>						Filnavn/Filename
Ord.nr/Ord.nr Indeks/Index	Erstatning for / Repl. for							Erstattet av / Repl. by
	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Basis tegninger. / Basic drwg. no	



<b>RAINPOWER HYMATEK AS</b>	Lev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges uvedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA	
	Utgitt/Issued Ansvar/Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode/Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances
		01.04.2011	S.Ingjær				1:2.5	
	Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	<b>GOPS 600</b>						Filnavn/Filename
	Erstatning for / Repl. for							Erstattet av / Repl. by
Ord.nr/Ord.nr Indeks/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO						Format / Size	Side / Page
							<b>A3</b>	
							Basis tegninger. / Basic drwg. no	



RAINPOWER HYMATEK AS	Lev. dato / Date of del.	Retten til utnyttelse av denne beskrivelse og design tilhører Rainpower ASA og må ikke utleveres eller foreligges utedkommende uten tillatelse fra Rainpower ASA					This document and the design are the property of Rainpower ASA and must not be used nor disclosed to any third part without permission from Rainpower ASA		
	Utgitt/Issued Ansv./Resp.	Dato/Date	Tegnet/Drawn	Kontr./Checked	Godkjent/Approved	Proj.metode/Proj.method	Målestokk/Scale	Generelle toleranser / General tolerances	
		01.04.2011	S.Ingjær				1:2.5		
Bestiller/Purchaser Anlegg/Site	Filnavn/Filename							B5-100/112 - PL. 6 x 375 x 375	
	Erstatning for / Repl. for							Erstattet av / Repl. by	
	<b>GOPS 600</b>								
Ord.nr/Ord.nr Indeks/Index	Prosjekt tegninger. / Project Drwg. NO							Format / Size	
								A3	
								Side / Page	
								Basis tegninger. / Basic drwg. no	