



# Høgskulen på Vestlandet

## Bacheloroppgave Maskin

ING3039

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	30-04-2018 20:20	<b>Termin:</b>	2018 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	09-05-2018 12:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Bacheloroppgave med muntlig presentasjon/eksaminasjon		
<b>SIS-kode:</b>	203 ING3039 1 PRO-1 2018 VÅR		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

<b>Navn:</b>	Eivind Eidem Ersland
<b>Kandidatnr.:</b>	10
<b>HVL-id:</b>	137636@hvl.no

### Informasjon fra deltaker

<b>Tittel *:</b>	Konstruksjon av ROV-skid		
<b>Tro- og loverklæring *:</b>	Ja	<b>Inneholder besvarelsen konfidensiell materiale?:</b>	Nei
<b>Jeg bekrefter at jeg har registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt *:</b>	Ja		

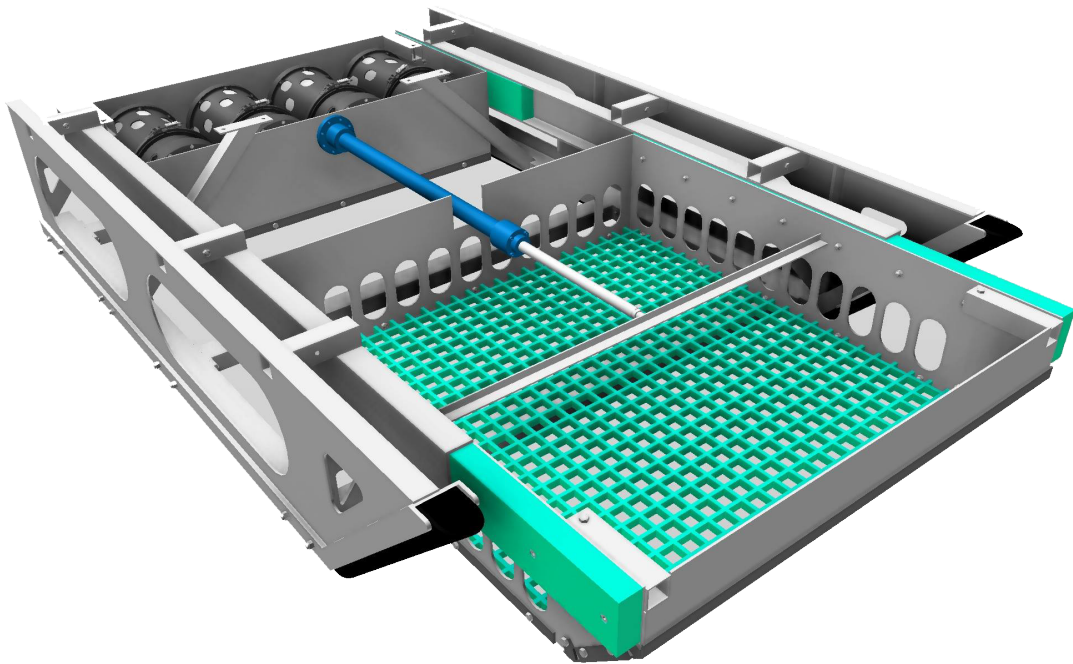
### Gruppe

<b>Gruppenavn:</b>	Konstruksjon av ROV-skid
<b>Gruppenummer:</b>	7
<b>Andre medlemmer i gruppen:</b>	Vebjørn Bauge

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja

## Konstruksjon av ROV-skid



Bachelorprosjekt utført ved  
Høgskolen på Vestlandet – Studie for ingeniørfag

---

*Maskin, Marin konstruksjonsteknikk*

Av: Eivind Eidem Ersland  
Vebjørn Bauge

*Kand.nr.* 10  
*Kand.nr.* 17

M07

# BACHELORPROSJEKT

**Studenten(e)s navn:** Eivind Eidem Erslund  
Vebjørn Bauge

**Linje & studieretning** Bachelor i ingeniørfag, maskin  
Marin konstruksjonsteknikk

**Oppgavens tittel:** *Konstruksjon av ROV-skid*

**Oppgavetekst:**

Reach Subsea har uttrykt et ønske om å konstruere en mer funksjonell ROV-skid.

Skid er en konstruksjon som boltes fast under en ROV for å gi den flere funksjonsmuligheter og gjøre ROV-en mer brukervennlig. En skid inneholder i dag en skuffe hvor verktøy som brukes subsea lagres for å frigjøre manipulatorene til andre oppgaver. Ønsket fra Reach Subsea er å utvikle skid og skuff til å inneholde flere mekaniske tilkoblingspunkter for hurtig montering av utstyr som sugekopper, skrustikker eller annet mekanisk utstyr.

I denne forbindelse ønsker Reach Subsea å utvikle en ny skid med flere praktiske egenskaper. Konstruksjonen skal styrkeberegnes for hånd og i et digitalt styrkeberegningsprogram. Det skal lages en tredimensjonal tegning av det ferdige produktet med tilhørende bestillingsliste for alle deler.

**Endelig oppgave gitt:** Fredag 2. mars 2018

**Innleveringsfrist:** Onsdag 9.mai 2018 kl. 12.00

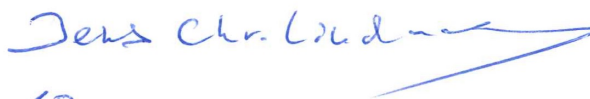
**Intern veileder:** Ståle B. Pettersen - HVL, tlf: 52 70 26 66

**Ekstern veileder:** Sveinung Dalen - Reach Subsea, tlf: 916 95 878

**Adresse ekstern veileder:** Garpeskjærveien 2, 5527 Haugesund

**Godkjent av  
studieansvarlig:  
Dato:**

18/4-18





Oppgavens tittel Konstruksjon av ROV-skid		Rapportnummer <i>(Fylles ikke ut)</i>
Utført av Eivind Eidem Ersland og Vebjørn Bauge		
Linje Maskiningeniør		Studieretning Marin konstruksjonsteknikk
Gradering Åpen	Innlevert dato 09.05.12	Veiledere Ståle B. Pettersen

**Ekstrakt**

Oppgaven omhandler konstruksjon og dimensjonering av skid til en arbeids-ROV. Skiden skal være utstyrt med en skuff og ha flere funksjonsmuligheter for å gjøre ROV-en mer brukervennlig.

Designet skal være solid med materialer som beskytter skuffen og andre viktige deler av konstruksjonen. For at konstruksjonen skal vare så lenge som mulig, bør utsatte deler være utskiftbare.

For å begrense bruk av oppdriftsmateriale skal skiden være så lett som mulig.

Skisser og endelig produkt er modellert i Inventor. Styrkeberegninger er gjort for hånd og i det digitale styrkeberegningsprogrammet ANSYS.

Det er laget bestillingsliste for deler som trengs for å konstruere skiden.

## Forord

Denne bacheloroppgaven er utført som en avsluttende del av utdanning på Høgskulen på Vestlandet (HVL), Campus Haugesund. Oppgaven er et resultat av hva gruppen har lært i løpet av studietiden på ingeniørstudiet maskiningeniør, marin konstruksjonsteknikk.

Oppgaven handler om å designe en ROV-skid som skal være mer funksjonell og kunne effektivisere flere undervannsoperasjoner. Etter å ha valgt retningen marin konstruksjonsteknikk ønsket gruppen å jobbe med en konstruksjonsoppgave, ønsket til Reach Subsea om ny skid passet da bra.

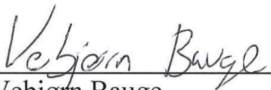
I oppgaven har gruppen samarbeidet med Reach Subsea, med Sveinung Dalen som ekstern veileder og kontaktperson. Gruppen ønsker å rette en spesiell takk til Dalen. Hans kunnskap, engasjement og tilgjengelighet har gjort at oppgaven har dagsaktuelt innhold.

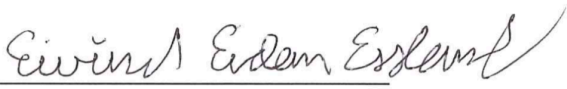
Gruppen vil rette en stor takk til intern veileder Ståle B. Pettersen, høgskulelektor som har gitt god veiledning, og har vært tilgjengelig gjennom arbeidet med oppgaven.

Det rettes også en stor takk til høgskulelektor Runald Meyer og førsteamanuensis Jens Christian Lindaas ved HVL. Begge har vært til stor hjelp gjennom oppgaven.

Til slutt ønsker gruppen å takke Åge Holsbrekken i Kystdesign for omvisning i Kystdesigns lokaler, og for å bidra med dokumenter og informasjon som har vært viktige i gjennomføringen av oppgaven.

Haugesund 09.05.18

  
Vebjørn Bauge

  
Eivind Eiden Ersland

## Innholdsfortegnelse

<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>VI</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>VI</b>
<b>ORDLISTE</b> .....	<b>VII</b>
<b>FORKORTELSER</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 REACH SUBSEA .....	1
1.2 VALG AV OPPGAVE .....	1
1.3 ROV-SKID.....	1
1.4 UTFORDRINGER MED SUBSEA-UTSTYR .....	2
1.5 PROBLEMSTILLING OG MÅL .....	2
1.6 AVGRENSNINGER.....	2
1.7 DISPOSISJON.....	3
<b>2 METODE</b> .....	<b>4</b>
2.1 DIMENSJONERING .....	4
2.2 SIKKERHETSFAKTOR.....	4
2.3 DAK-PROGRAM .....	4
2.3.1 Autodesk Inventor.....	4
2.3.2 ANSYS Workbench .....	4
2.4 MATERIALER.....	5
2.4.1 Aluminium.....	5
2.4.2 Polyoxymetylen – POM.....	5
2.4.3 Skruer .....	5
2.5 OVERFLATEBEHANDLING .....	5
2.6 FYSISKE BEGRENSNINGER .....	6
2.7 LEVETID.....	6
<b>3 FUNKSJONSØNSKER/KRAV FRA REACH SUBSEA</b> .....	<b>7</b>
3.1 SKIDENS STRUKTUR.....	7
3.1.1 Beskyttelsesbjelker i bunnrammen.....	7
3.1.2 Quick-connectors .....	7
3.1.3 Avstivning i høyderetning .....	8
3.1.4 Feste mellom skid og ROV.....	8
3.1.5 Skuffeskinner.....	8
3.2 SKUFF .....	9
3.2.1 Beskyttelse foran .....	9
3.2.2 Quick-connectors .....	9
3.2.3 Designkriterier.....	9
<b>4 DESIGN DISKUSJON</b> .....	<b>10</b>
4.1 SKIDENS STRUKTUR.....	10
4.1.1 Meier.....	10
4.1.2 Skuffeskinner.....	11
4.1.3 Feste til sylindere.....	11
4.1.4 Beskyttelsesbjelker.....	11
4.1.5 Skidens sider .....	11
4.1.6 Plater.....	11
4.1.7 Bjelkeprofiler .....	12
4.2 SKUFF .....	12
4.2.1 Skuffebunn.....	13
4.2.2 Skuffestruktur .....	13
4.3 DESIGNPROSESS .....	13
4.3.1 Forslag 1.....	14
4.3.2 Forslag 2.....	14

4.3.3	Forslag 3.....	15
4.3.4	Forslag 4.....	15
4.3.5	Forslag 5: Endelig design.....	15
<b>5</b>	<b>DIMENSJONERING.....</b>	<b>18</b>
5.1	POM-SKINNER .....	18
5.2	SKUFFER .....	27
5.2.1	Sidevegger.....	27
5.2.2	Bunnen i skuffene .....	31
5.2.3	Vinkelprofiler.....	34
5.2.4	Quick-connectors i skuff.....	36
5.2.5	Insert i quick-connectors.....	40
5.3	SKID STRUKTUR.....	42
5.3.1	U-profil glideskinne.....	42
5.3.2	Vertikale støtter.....	45
5.4	SIDEVEGG .....	47
5.5	FESTE MELLOM ROV OG SKID .....	48
5.6	SVEIS MELLOM FLATPROFIL OG SIDE.....	50
5.7	OPPSUMMERING AV DELER.....	52
<b>6</b>	<b>DISKUSJON .....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>OPPSUMMERING.....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>I</b>
<b>9</b>	<b>VEDLEGG.....</b>	<b>II</b>
9.1	FORMELLISTE .....	II
9.2	ARBEIDSPPLAN .....	IV
9.3	ALUMINIUM FRA NORSK STÅL .....	V
9.4	SUPPURTER BUNNRAMME.....	XIV
9.5	BESTILLINGSLISTE .....	XIV
9.6	DREDGER .....	XV
9.7	2D-TEGNINGER.....	XVII

## Figurliste

Figur 1 – «Construction Support»-skipet Normand Reach. Skipet eies av Solstad Offshore (SOFF) og er chartret av Reach Subsea på en langtidskontrakt. Bildet er hentet fra <a href="http://reachsubsea.no/content/gallery/test/2014-0408-825-normandreach-oscv03-aukra-haraldmvalderhaug_ret.jpg">http://reachsubsea.no/content/gallery/test/2014-0408-825-normandreach-oscv03-aukra-haraldmvalderhaug_ret.jpg</a> . Brukt med tillatelse.....	1
Figur 2 - Beskyttelsesbjelker.....	7
Figur 3 - Quick-connectors .....	8
Figur 4 - Sideveis avstiver      Figur 5 - Vertikale avstivere .....	8
Figur 6 - Skid med forklaring av deler. Bildet er laget av Eivind Eidem Ermland .....	10
Figur 7 – Skuff i front med navngitte deler. Tegnet av Eivind Eidem Ermland .....	13
Figur 8 - Forslag 1. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ermland.....	14
Figur 9 - Forslag 2. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ermland.....	14
Figur 10 - Illustrasjon av beskyttelsesbjelke. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ermland....	15
Figur 11 - Forslag 3. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ermland.....	15
Figur 12 - Forslag 4. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ermland.....	15
Figur 13 – Skid ferdig. Tegnet av Eivind Eidem Ermland.....	16
Figur 14 - Skuff foran. Tegnet av Eivind Eidem Ermland.....	16
Figur 15 – Skuff bak. Tegnet av Eivind Eidem Ermland.....	17

Figur 16 – Anbefalinger for tillatt spenning. Tabellen er laget av Eivind Eidem Ersland, anbefalinger er hentet fra Mechanical and Metal Trades Handbook (Fischer, Tillatte spenninger, 2011). .....	18
Figur 17 - Mekaniske minimumsverdier. Tabellen er laget av Eivind Eidem Ersland og verdiene er hentet fra Norsk Stål sin produktkatalog (Stål, 2018). .....	18
Figur 18 - Skuffe i front kjørt helt ut. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	19
Figur 19 - POM-skinne og U-profil isolert. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	20
Figur 20 - POM-skinns tverrsnitt ved borehull. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	21
Figur 21 - POM-skinne i U-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	22
Figur 22 - Utklipp fra ANSYS - lager og last på POM-skinne. Bildet er tatt av Eivind Eidem Ersland. ....	23
Figur 23 – Utklipp fra ANSYS - analyse av POM-skinne. Bildet er tatt av Eivind Eidem Ersland. ....	24
Figur 24 - Hulltrykksspenningen antas å fordele seg over det skraverte arealet. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	25
Figur 25 - Illustrasjon av avskjæring av skruer. Tegnet av Eivind Eidem Ersland. ....	26
Figur 26 - Sideveggene skal ha utsparinger for å drenere vann. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	27
Figur 27 - Strekklast jevnt fordelt over tverrsnitt. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	28
Figur 28 - Orientering av kilsveis for sammenføyning av skuffesider. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	29
Figur 29 - Illustrasjon av fremgangsmåte for å dimensjonere kilsveis. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	30
Figur 30 - Prinsipp for styrkeberegning av POM-bunn i skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	31
Figur 31 - 4 stk. 10L hydrauliske kompensatorer fra Kystdesign i bakre skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. 3D-fil av kompensatoren er tilsendt av Kystdesign. ....	32
Figur 32 – Jevnt fordelt kraft med røde piler fra kompensator på POM-bunn. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	33
Figur 33 - Orientering på bjelken som er brukt i dimensjonering av POM-bunnen. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	34
Figur 34 - Snitt av vinkel festet til sidevegg med en skrue. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	35
Figur 35 - Navngitte dimensjoner på en ISO 4762 skrue. Bildet er hentet fra Norelem sine nettsider og er redigert av Eivind Eidem Ersland. Hentet fra <a href="https://www.norelem.de/xs_db/BILD_DB/Z/Z0/Z07/www/750/Z07160.jpg">https://www.norelem.de/xs_db/BILD_DB/Z/Z0/Z07/www/750/Z07160.jpg</a> . Brukt med tillatelse. ....	35
Figur 36 - Kilsveis på quick-connectors i skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	36
Figur 37 - Illustrasjon av beregningsmodell for quick-connectors i skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	37
Figur 38 - Fritt legeme diagram for momentet om punkt 3. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	39
Figur 39 - Tverrsnittsarealet firkant-profilen ligger på i front. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	40
Figur 40 - Tverrsnitt av en 40x40-profil i en 50x50-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	41
Figur 41 - Inset regnes som fast innspent bjelke med last. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	41

Figur 42 - Reaksjonskrefter på POM-skinne og fritt legeme diagram. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	43
Figur 43 - U-profil med lager og last. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.....	44
Figur 44 - Analyse av u-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.....	44
Figur 45 - Krefter på u-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	45
Figur 46 – Lager og last på vertikal støtte. Tegnet av Eivind Eidem Ersland .....	46
Figur 47 – Utklipp av resultat av analyse i ANSYS. Tegnet av Eivind Eidem Ersland.....	47
Figur 48 - Last og lager på sidevegg i analyse. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland...	48
Figur 49 - Analyse av sidevegg. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.....	48
Figur 50 - Anbefalt plassering av skruer og sveis. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland. ....	50
Figur 51 - Kilsveis i øvre del av sidevegg. Bildet er laget av Vebjørn Bauge.....	50
Figur 52 – Spenning i sveis. Tegnet av Vebjørn Bauge .....	51

## Sammendrag

Denne rapporten tar for seg konstruksjon og dimensjonering av en skid med skuff til ROV. Oppgaven er gitt av Reach Subsea AS, som ser forbedringspotensial i dagens eksisterende skider.

Skiden skal ha flere nye tilkoblingspunkter for raskt å kunne koble til verktøy og den skal ha to skuffer. Den må være solid for å tåle de mange belastninger en skid blir utsatt for. Skiden er designet for å være så lett som mulig for å spare bruken av oppdriftsmateriale.

I dimensjoneringen har sikkerhetsfaktor 3 blitt brukt. Siden skiden regnes som et verktøy er det ingen lover, forskrifter eller standarder som gjelder for skiden.

Styrkeberegninger av kritiske deler og tverrsnitt er gjort for hånd ved hjelp av styrkeberegningsformler fra fysikken og digitalt i ANSYS Workbench. Beregningene viser at skiden tåler de krefter og belastninger den er designet for å tåle.

Det er laget en 3D-modell av komplett sammenstilling av skiden i Autodesk Inventor Professional 2017 og bestillingsliste for deler som trengs.

Designet blir presentert som en løsning til Reach Subsea. Bedriften står fritt til å arbeide videre med skiden og gjøre eventuelle endringer etter eget ønske.

## Summary

This report deals with the design and dimensioning of a ROV-skid with a drawer.

The assignment is given by Reach Subsea AS, which sees improvement potential today's existing skids.

The skid will have two drawers and new connection points to quickly attach tools. It must be solid to withstand the many loads a skids are exposed to. The skid is designed to be as light as possible to limit the use of buoyancy material.

In dimensioning, security factor 3 has been used. Since a skid is considered a tool, there are no laws, regulations or standards that apply to the skid.

Strength calculations of critical parts and cross sections are done by hand using formulas from physics. Digital calculations have been done in ANSYS Workbench. The calculations show that the skid can withstand the fores and loads it is designed to withstand.

A 3D-model of complete assembly of the skid has been made in Autodesk inventor Professional 2017 and an order list for needed parts.

The designed is presented as a solution to Reach Subsea. The company is free to continue working with the skid and make any changes as desired.

## Ordliste

**Ankerwire** – Vaier som er koblet til anker  
**Breakdown** – Nedetid  
**D-gummi** – Gummilist med tverrsnitt i form av en D  
**Dredger** – Verktøy for å fjerne bunnsedimenter  
**Flens** – Et område som er utvidet med en kant  
**Insert** – Innretning som festes i quick-connector  
**Quick-connector** – Feste for rask montering  
**Risere** – Kabel fra brønn til overflate  
**Steg** – delen som kobler to flenser sammen til en profil  
**Subsea** – Under havoverflaten  
**Thruster** – Rov-ens propeller

## Forkortelser

**DAK** – Dataassistert konstruksjon  
**HMSK** – Helse, miljø, sikkerhet og kvalitet  
**HVL** – Høgskulen på Vestlandet  
**POM** - Polyoxymetylen  
**ROV** – Remotely operated vehicle



# 1 Innledning

## 1.1 Reach Subsea

Selskapet holder til på Risøy i Haugesund, ble startet i 2008 og hadde 80 ansatte i 2016 (Proff, 2018). Det disponerer per i dag fem skip spesialisert for forskjellige offshore-operasjoner og tilbyr flere typer ROV-er. Reach Subsea har en utbredt ekspertise innen planlegging og utførelse av subsea operasjoner og har dermed blitt kjent for å være en bedrift i verdensklasse på sitt område.

Hovedsakelig driver selskapet med prosjektering og utføring av operasjoner ved hjelp av topp-moderne ROV-er. I utførelsen tilstreber selskapet å følge arbeidsmetoder basert på anbefalinger fra faget HMSK. Helt fra planleggingsfasen av nye operasjoner sørges det for å aktivt involvere offshore mannskapet. På denne måten utnyttes ressurser i selskapet optimalt for å få til en mest mulig tilfredsstillende gjennomføring for kunden.



Figur 1 – «Construction Support»-skipet Normand Reach. Skipet eies av Solstad Offshore (SOFF) og er chartret av Reach Subsea på en langtidskontrakt. Bildet er hentet fra [http://reachsubsea.no/content/gallery/test/2014-0408-825-normandreach-osc03-aukra-haraldmvalderhaug\\_ret.jpg](http://reachsubsea.no/content/gallery/test/2014-0408-825-normandreach-osc03-aukra-haraldmvalderhaug_ret.jpg). Brukt med tillatelse.

Selskapets visjon:

*”Vår visjon er å være den foretrukne operatøren for de som trenger den beste mulige subsea partneren, en som alltid presterer over forventning”*

## 1.2 Valg av oppgave

Da gruppen gikk i gang med å velge oppgave var det ønskelig å samarbeide med en bedrift som hovedsakelig arbeider på et område relatert til studieretningen marin konstruksjonsteknikk. Reach Subsea var da aktuell som en godt etablert lokal aktør innen dette feltet. Etter kontakt med Reach Subsea, kom det frem at de ville designe en egen skid fra bunnen av med flere praktiske funksjoner samlet i en og samme skid. Dette passet bra med gruppas ønske om å arbeide med design og konstruksjon. Eksempler på dagens løsninger og relaterte problemstillinger presenteres i videre i kapitlet

## 1.3 ROV-skid

En skid laget for en ROV er en innretning som monteres under ROV-en for å øke funksjonaliteten. Det finnes skider spesielt utrustet med ferdig monterte verktøy som er laget for en oppgave som for eksempel rørinspeksjon, og det finnes mer generelle løsninger som skal kunne brukes til flere typer oppgaver. Typisk vil en flerbruksskid ha en skuff foran som er tilgjengelig for manipulatoren slik

at verktøy som skal brukes subsea kan hentes opp av manipulatorene om nødvendig. Skuffen kan også brukes til å hente gjenstander på havbunnen.

#### 1.4 utfordringer med subsea-utstyr

Det er mange momenter som må vurderes i forbindelse med påvirkning av sjøvann når det skal konstrueres utstyr som skal brukes ved subsea operasjoner. ROV-er jobber ofte dypt under havoverflaten hvor det følgelig er høyt trykk. Dårlig sikt er også et problem når sollys ikke lenger vil være til hjelp fra hundre meter under havoverflaten. For at ROV-en skal være vektløs i vann trengs det oppdriftsmateriale, derfor er det en fordel at vektbesparing tas hensyn til ved design av ROV-konstruksjoner og tilhørende komponenter. Når ROV-en blir heist opp og ned i havet går den gjennom en splasj-sone. Dette er overgangen mellom luft og sjø, hvor tunge laster blir utsatt for store krefter. Det er dermed viktig å unngå store flater, og sørge for at skiden dreneres godt for å unngå unødvendig vekt av at vann samles i skiden

Undervannsmiljøet stiller store krav til både utstyr og operatører. Som følge av det kjemiske miljøet blir konstruksjoner utsatt for korrosjon, det må da velges materialer som er korrosjonsbestandige nok til å holde nødvendig styrke ut levetiden. Operatører møter på utfordringer som dårlig sikt på grunn av oppvirvling av havbunnssedimenter som følge av strømninger fra omgivelsene eller ROV-ens egne thrustere. Disse problematiske forholdene gjør at kollisjoner ofte forekommer og følgelig forårsaker stor slitasje på utsatte komponenter.

#### 1.5 Problemstilling og mål

Etter samtale med Reach Subsea kommer det frem at mange breakdowns under ROV-operasjoner kan unngås ved å utvikle en skid med funksjoner ment for å avlaste ROV-ens manipulatorer. Et annet problem som ofte oppstår er mangel på lagringsplass til verktøy og utstyr som skal brukes av ROV-en på arbeidsstedet. Dette resulterer i unødvendig bruk av tid på å returnere til overflaten for å hente nye komponenter. Større lagringsplass er også en fordel fordi det gir mulighet for å hente opp ting fra havbunnen, som for eksempel en mindre elektrisk observasjons ROV.

Målet med oppgaven er å designe en skid som tilfredsstillende alle ønsker fra Reach Subsea. og utføre styrkeberegninger for kritiske områder.

#### 1.6 Avgrensninger

For å begrense arbeidsmengden i oppgaven må det gjøres noen avgrensninger. Oppgaven handler om design og dimensjonering av skid, med 3D-modell og bestillingsliste. Det er noen forhold som faller naturlig utenfor besvarelsen av oppgaven.

Etter ønske fra bedriften er det lagt til rette for montering av en hydraulisk sylinder med slaglengde på 800-1000 mm som skal manøvrere skuffen. Sylindere til denne bruk må ofte spesialbestilles, og har derfor ikke blitt prioritert i oppgaven. Når informasjon om sylindere kraftforhold ikke er kjent er det ikke gjort beregninger for hvor stor belastning festet til sylindere blir utsatt for. Her kan det være nødvendig med mer støtte.

I design og konstruksjon kan det være gunstig å bruke mest mulig av samme type deler for at det skal være lettere å bestille inn, og for å unngå for mye restmateriale. Dette er i liten grad tatt høyde for i oppgaven.

Skuffene er dimensjonert for å kunne gå ut en viss lengde, og fremdeles holde sin last. Det må lages en løsning som sørger for at skuffene ikke går for langt ut. Det er ikke tatt med i oppgaven. Skiden er designet med to skuffer. For å kunne bruke samme sylinder på begge skuffene må det lages en mekanisme for å kunne låse den skuffen som ikke skal kjøres ut/inn av sylindren.

I tillegg er det gjort følgende avgrensninger i oppgaven:

- I beregninger av sveis er det ikke regnet med kvalitetsklasse på sveisen.
- Det er ikke tatt i bruk noen standarder eller forskrifter i designet av skiden.
- Det er ikke valgt plassering av offeranoder.

### 1.7 Disposisjon

Rapporten er bygget opp i samme rekkefølge som oppgaven er utført. Relevant informasjon som design og funksjonsønsker fra Reach Subsea blir først presentert. Deretter introduseres idéer rundt design og løsninger på bedriftens ønsker. Designprosessen kommer frem med forskjellige utkast, frem til det endelige designet. Til slutt blir det utført styrkeberegninger, og det ferdige produktet 3D-modelleres med de endelige dimensjonene.

## 2 Metode

### 2.1 Dimensjonering

Ifølge bedriften faller ikke en ROV-skid nødvendigvis inn under krav spesifisert i noen standard eller forskrift da den kategoriseres som et verktøy. Den vil dermed kunne designes etter råd basert på bedriftens erfaringer. Alle krefter som skiden skal tåle defineres før beregninger på kritiske tverrsnitt og flater kan utføres. Styrkeberegning gjøres med en godt gjennomtenkt sikkerhetsfaktor drøftet videre i kapittel 2.2. For å være sikker på at materialene er dimensjonert for å tåle alle laster skiden blir utsatt for, gjøres utregninger for hånd basert på forenklet bjelketeori med konservative valg av modell. Dette drøftes nærmere når utregninger utføres i kapittel 5.

### 2.2 Sikkerhetsfaktor

For å sikre at svikt ikke oppstår i materialene i skiden brukes en sikkerhetsfaktor i utregningene for å være på den sikre siden i valg av dimensjon på styrkebærende materiale.

Det er mange momenter som spiller inn når det skal velges sikkerhetsfaktor. Som formildende faktorer er gruppen trygg på kreftene skiden blir utsatt for på land i form av vekt på ROV og TMS, og vekter fra utstyr som skal kunne fraktes i skuffen. Det er liten fare for personskade om skiden blir ødelagt. Derimot er det vanskelig å estimere størrelsen på kreftene som forekommer i bruk av skiden, og hvor kreftene treffer. På grunn av usikkerheten rundt kollisjonskreftene velges det en relativt høy sikkerhetsfaktor i dimensjoneringen av skiden.

I møte med Jens Christian Lindaas ved HVL – Haugesund, ble gruppen anbefalt å bruke en sikkerhetsfaktor på 1,5 mot statiske laster. I tillegg kan det oppstå dynamiske laster i form av kollisjoner og andre uforutsette hendelser. I denne forbindelse anbefaler Lindaas å bruke en dynamisk forsterkningsfaktor på 2. Disse to multipliseres sammen og den totale sikkerhetsfaktoren mot svikt blir 3. Da Lindaas har lang erfaring innen feltet velger gruppen å stole på hans anbefalinger.

### 2.3 DAK-program

#### 2.3.1 Autodesk Inventor

Det dataassisterte konstruksjonsprogrammet (DAK-program) Autodesk Inventor brukes i prosjektet for å lage 3D-modeller av deler som skiden skal lages av, 3D-modell av alle delene sammensatt til én montert skid og 2D-tegninger for å spesifisere dimensjoner på delene. 2D-tegning av ferdigmontert skid med deleliste lages også ut i fra Inventor modeller.

#### 2.3.2 ANSYS Workbench

Den ferdige skiden skal beregnes for hånd for å avgjøre dimensjoner. Noen av beregningene utføres i DAK-programmet ANSYS Workbench. Her tegnes 3D-modeller for de styrkebærende delene av strukturen, deretter påsettes samme laster som er regnet på for hånd. Etter analyse av situasjonene illustrerer programmet hvor store spenninger som

oppstår i den aktuelle strukturen i form av farger, maks- og minimumsverdier og det kan velges områder får å se lokale-/punkt-spenninger.

## 2.4 Materialer

### 2.4.1 Aluminium

Skiden skal, som oppgitt av bedriften, dimensjoneres med plater og profiler av aluminium i tilgjengelige kvaliteter i rammekonstruksjonen. Aluminium brukes på grunn av at det er korrosjonsbestandig og grunnet dets gode styrke-/vekt-forhold sammenlignet med stål, dette er viktig da det begrenser behovet for oppdriftsmateriale. For at materialet skal være tilstrekkelig sjøvannsbestandig velges det aluminium med magnesium som hoved legeringselement. Disse har etter EU-standard EN 537, 5 eller 6 som første siffer av de fire som beskriver legeringen (Husø Ø. , 2010).

### 2.4.2 Polyoxymetylen – POM

I deler av skuffens struktur brukes polyoxymetylen (POM). POM er tilgjengelig i forskjellige kvaliteter som velges ut i fra tiltenkt bruksområde. I denne oppgaven har vi valgt å bruke POM-H. I forhold til andre kvaliteter har denne høyere mekanisk styrke, stivhet og hardhet. God formstabilitet og lav fuktabsorpsjon er også en nødvendig egenskap, hvilket denne kvaliteten besitter. For å innføre en glidefunksjon i skinnene som skuffen monteres på, brukes det også her POM grunnet dets lave friksjonskoeffisient (Astrup, 2018). Dette vil gi en tilstrekkelig lav friksjon mellom skuffen og skinnene ifølge Reach Subsea.

### 2.4.3 Skruer

Ved bruk av skruer som festemiddel brukes det kun stålskruer i syrefast A4-kvalitet. Denne kvaliteten er sjøvannsbestandig nok for tiltenkt bruk i følge bedriften. Kombinasjonen av metallene fører til at aluminium agerer som offeranode, da metallet befinner seg høyere på spenningsrekka enn stål (NDLA, 2018). Når det benyttes stål skruer brukes det vanligvis plast som isolasjon mellom metallene, men etter kommunikasjon med Reach Subsea kommer det frem at dette ikke er nødvendig, da levetiden på skiden ikke er lang nok til at svikt vil inntreffe. I tillegg må det strategisk plasseres offeranoder av magnesium på skiden. Reach Subsea påpeker også at det må brukes NYLOC mutter for å feste skruene, disse i samme A4-kvalitet. Dette er låsemuttere med en ikke-metallisk insert som motvirker torsjon (Fastenright.com, 2018).

Bedriften bruker aldri skruer mindre enn dimensjonen M10 for en bærende funksjon. Hvis det derimot er behov for innfesting av diverse ikke-bærende deler kan eventuelt M8 eller M6 brukes.

## 2.5 Overflatebehandling

Etter krav fra bedriften skal aluminiumen i skiden sandblåses. Sandblåsing fjerner ytterbelegget i metallet slik at korrosjon fordeles jevnt over hele overflaten. Behandlingen sørger også for en matt overflate som ikke vil reflektere lys i vannet, og kunne gi en forstyrrende videofeed.

## 2.6 Fysiske begrensninger

Skiden skal designes til å passe en ROV av typen Supporter fra Kystdesign. Bunnrammen til en Supporter er 1620 mm bred og 2375 mm lang (se vedlegg 9.4). Lengden og bredden blir gitt av rammen på understellet til ROV-en. I rammen på ROV-en er det 100x50 mm u-profiler av aluminium. Skiden har ingen eksakte høydebegrensninger, men det er spesifisert fra bedriften at den bør være mellom 450 og 500 mm. Skuffen må dimensjoneres slik at den passer inn i skidens ramme. Informasjonen om rammen til Supporter er mottatt på e-post fra Åge Holsbrekken i Kystdesign.

## 2.7 Levetid

Siden skiden ikke er berørt av noen forskrifter eller standarder er det ingen krav for hvor lenge skiden skal designes for å vare. Av økonomiske, miljømessige og praktiske årsaker er det ønskelig at den varer lengst mulig. En skid til bruk offshore blir utsatt for mye slitasje. Det korrosive miljøet og høye trykket fører til mye slitasje. Den dårlige sikten og ellers vanskelige forhold fører også til mye slitasje i form av kollisjoner. Funksjoner som skal designes, som at kritiske deler kan skiftes ut vil kunne øke levetiden. Reach Subsea estimerer at en skid med deres bruk kan ha en levetid på opptil 5 år.

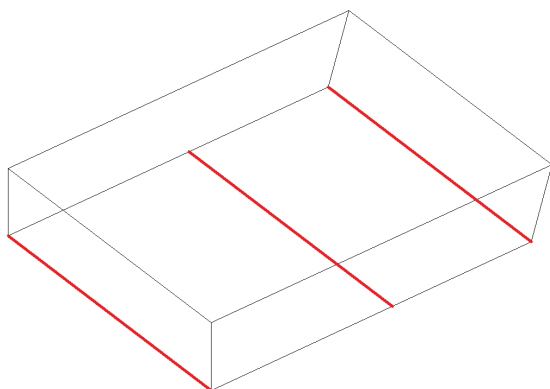
### 3 Funksjonsønsker/krav fra Reach Subsea

I dette kapitlet presenteres ønsker og krav fra Reach Subsea. Alt faglig innhold kommer fra bedriften.

#### 3.1 Skidens struktur

##### 3.1.1 Beskyttelsesbjelker i bunnrammen

Undersiden av skiden skal, som illustrert i figur 2, ha tre bjelker på tvers. Bjelkene skal ta imot dynamisk belastning fra underlaget. Når ROV-en lander på ujevn struktur eller havbunn skal de tre bjelkene beskytte de innvendige skuffene, tilhørende sylindere og eventuelt annet utstyr inne i skiden. Bjelkene bør boltes til skid-strukturen slik at de enkelt kan byttes ut når de blir ødelagt. Utskiftningen skal kunne skje når skiden står på dekk med ROV-en påmontert.

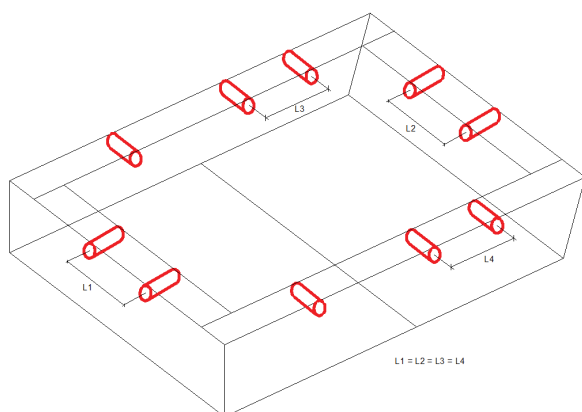


Figur 2 - Beskyttelsesbjelker

##### 3.1.2 Quick-connectors

I øverste del av strukturen skal det festes rør som illustrert i figur 3. Disse skal brukes som quick-connectors for å feste diverse verktøy og utstyr raskt og enkelt til skiden. Rørene skal komme i par, med en standardisert senteravstand mellom rørene. Utstyr festes til quick-connectors ved at mindre rør tres inn i rørene på skiden og låses fast med en gjennomgående bolt. Disse quick-connectorene skal være i skiden på alle fire sider. På sidene skal det være et tredje rør for å kunne feste ekstra store verktøy på langsiden. Eksempel på verktøy som kan festes her er en dredger som vises i vedlegg 9.6.

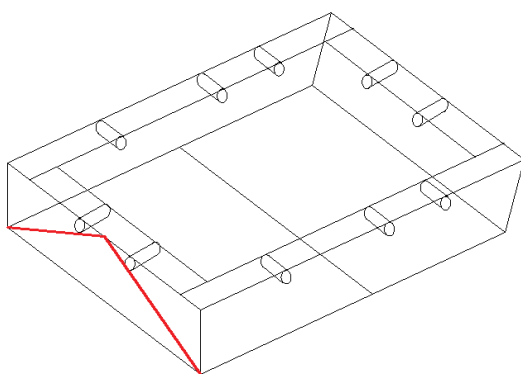




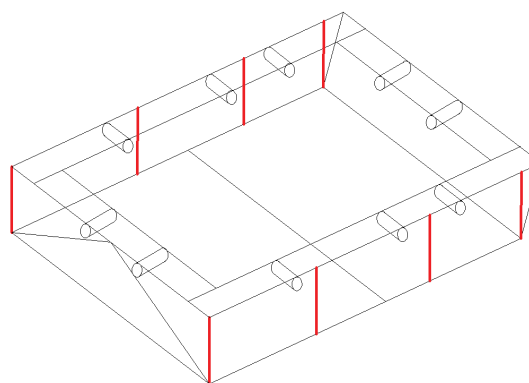
Figur 3 - Quick-connectors

### 3.1.3 Avstivning i høyderetning

Skiden må ha en struktur som stiver av hele skiden mot sideveis deformasjon. Eksempelvis bak, som illustrert i figur 4. I tillegg bør det designes avstivere langs skidens meier som sørger for stivhet mot deformasjon i høyderetningen. Disse vil også beskytte skuffen mot belastning fra eventuelle fremmedlegemer fra siden og er illustrert i figur 5.



Figur 4 - Sideveis avstiver



Figur 5 - Vertikale avstivere

### 3.1.4 Feste mellom skid og ROV

Under ROV-er er det standardiserte fester for skider og annet utstyr. Dette er fire solide punkt sentralt i ROV-bunnrammen i følge bedriften. For å muliggjøre bruk av festene må det designes en struktur i skiden som krever ekstra materiale. For å spare vekt og plass inne i konstruksjonen skal skiden skrues direkte i bunnrammen på ROV-en uten bruk av de standardiserte festene. Dermed må strukturen i øvre del av skiden tåle denne belastningen.

### 3.1.5 Skuffeskiner

Skinnene som skuffen skal gli inn og ut på skal gå tvers igjennom skiden slik at den kan gli fra akterkant og helt frem. Gjennomgående skinner vil muliggjøre bruk av både skuff foran og bak, eller én lang skuff. Ved bruk av én lang skuff blir det nødvendig med en avdeler laget i POM-materiale for å forhindre at løst verktøy havner helt bakerst i skuffen.



## 3.2 Skuff

For å ha mest mulig plass i skuffen bør den være så bred som mulig. Det må være plass til å montere ett lys på hver side av skuffen i form av et hull med 80 mm i diameter. Bunnen skal lages av POM, den vil da ha god styrke og samtidig være dimensjonelt stabil. Det er også ønskelig med en skuff bak som kan oppbevare gjenstander som skiden bruker, men ikke trenger direkte tilgang til med manipulatorene, som trykk-kompensatorer eller oppdriftsmateriale. Den bakre skuffen vil bare åpnes når skiden står på dekk.

På båter kan det være trangt der ROV-en er plassert når den ikke er i bruk. Dette kan gjøre det vanskelig å få plass til å dra en stor skuff helt ut. For eksempel oppgir bedriften at ROV-er ofte er orientert med fronten ut mot dekkssiden. Da kan det bli problematisk å få tilgang til en skuff som kjøres ut i front. Derfor kan det være mer gunstig å bruke to skuffer, en foran og en bak.

### 3.2.1 Beskyttelse foran

Ifølge Reach Subsea er ROV-er erfaringsmessig alltid fremtunge. Dette skaper et behov for beskyttelse i forkant, da ROV-er ofte lander på skuffen. Her kan for eksempel tykke profiler eller d-gummi brukes.

### 3.2.2 Quick-connectors

Det skal konstrueres quick-connectors i begge skuffene. Dette krever at skuffens struktur må være sterk nok til feste og bruk av diverse verktøy. Denne får ikke nødvendigvis samme senteravstand som de andre Quick-connectorene på skiden da det er mest naturlig å ha festene på hver side av skuffen.

### 3.2.3 Designkriterier

Både skuffestrukturen og skuffeskinnene skal dimensjoneres for å tåle en vekt på minst 500 kg. Dette er for å ha mulighet til å frakte en observasjons ROV (OBS-ROV) med skuffen. OBS-ROV-en vil ikke gå ned i skuffen, men ligge oppå. POM-en i bunnen av skuffen trenger dermed ikke å tåle 500 kg. Det må være en god klaring mellom skuffen og beskyttelsesbjelkene under skiden. Beskyttelsesbjelkene vil bøyes oppover når de er utsatt for nok slag. Det er da viktig at bjelkene ikke blir slått opp i skiden.

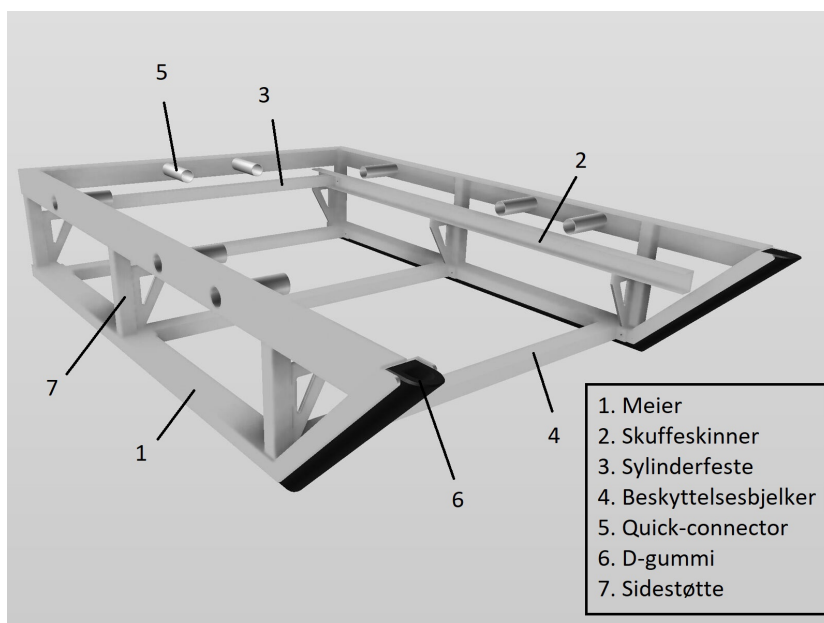
## 4 Design diskusjon

Det er flere faktorer som spiller en rolle i designet av skiden. Når den står på land bærer den vekten av ROV og TMS. Skiden blir utsatt for store krefter når ROV-en kolliderer og når den heises opp og ned i vannet. Det er viktig at deler som er utsatt kan skiftes ut. Utskiftningen må kunne skje så raskt og enkelt som mulig. Boltede sammenføringer er da en god løsning. Det er viktig at det er lett å komme til delene som skal være utskiftbare når skiden står på dekk tilkoblet ROV-en. En åpen og luftig skid vil i tillegg til å gjøre utskiftning av deler enklere, muliggjøre plassering av oppdriftsmateriale eller annet utstyr inne i konstruksjonen. For å ha lengst mulig levetid bør det velges løsninger som begrenser slitasje. Med hensyn på HMS er det ikke ønskelig med skarpe kanter på skiden for å unngå personskader. Skarpe kanter kan også skade utstyr som ledninger, risere og ankerwirer.

For å skape en dempende effekt mot vibrasjoner og belastninger og for å fordele krefter jevnt bør det brukes en tynn gummilist i alle boltede forbindelser

Det er viktig å velge vektbesparende løsninger i designet til skiden.

Videre i dette kapittelet refereres det til deler som navngitt i figur 6.



Figur 6 - Skid med forklaring av deler. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund

### 4.1 Skidens struktur

#### 4.1.1 Meier

Nederst på skiden er meiene som skal ha kontakt med bakken når skiden står i ro. På meiene brukes det d-gummi for å hindre at ROV-en skal skli når den står på dekk, som meier brukes en u-profil med flensene pekende ned. Da blir meiene stive i alle retninger. D-gummien kan stabilt plasseres mellom flensene og festes med en bolt ovenfra. Da kan d-gummien skiftes ut om den blir for slitt. I fronten av skiden vinkles meiene oppover for at den skal skli lettere unna i tilfelle sammenstøt med andre gjenstander.

#### 4.1.2 Skuffeskinner

Som skuffeskinner brukes det u-profiler på hver innside av skiden med flensene pekende mot hverandre. På skuffen festes det POM-bjelker som skal gli i skinnene. Skinnene skal gå gjennom hele skiden. Dette muliggjør bruken av to skuffer, en foran og en bak.

#### 4.1.3 Feste til sylinder

##### 4.1.3.1 Ën skuff

Mellom skuffeskinnene festes en bjelke som skal holde bakenden av sylindere som manøvrerer skuffen. Stempelet festes i skuffen. Det er ønskelig fra Reach at denne bjelken skal kunne flyttes langs skinnene for å kunne justere hvor langt ut skuffen skal ha mulighet til å gå, eller i motsatt tilfelle å kunne gjemme skuffen inn under skiden. For enkelt å kunne flytte denne bjelken kan det sveises en flens i hver ende og skrues bolter inn fra siden gjennom glideskinnene med en mutter på andre siden. Se del nr. 3 på figur 6.

##### 4.1.3.2 To skuffer

Hvis skiden har to skuffer, en foran og en bak, vil begge skuffene bli styrt av samme sylinder. Sylindere er festet i begge skuffene. Det må være mulighet for å skru fast begge skuffer. Hvis den ene skuffen er låst vil den andre skuffen bli dratt ut om sylindere kjøres ut. Det må da lages enkle løsninger for å kunne låse begge skuffer, slik at det kan byttes på hvilken skuff som kjøres inn eller ut. Dette gjør at begge skuffene ikke kan være i bruk samtidig, men siden den bakre skuffen bare vil brukes til utstyr som skiden ikke trenger direkte tilgang til, vil det ikke være nødvendig.

#### 4.1.4 Beskyttelsesbjelker

Som nevnt i kapittel 3.1.1 er det et ønske om å montere beskyttelsesbjelker på undersiden av skiden. Tidligere har Reach ettermontert slike bjelker på eksisterende skider. Bjelkene må være utskiftbare da de vil være blant de mest utsatte delene på skiden. Det er flere forskjellige profiler å bruke. Det bør brukes en bjelke med en eller flere flenser for å skape stivhet i flere retninger. For enkelt å kunne skifte ut bjelkene må de boltes fast i meiene, istedenfor eventuelt å sveises.

#### 4.1.5 Skidens sider

Sidene hovedoppgave vil være å ta imot kreftene fra vekten til ROV og TMS på opptil 7500 kg i luft. Det er flere måter å løse dette på. I arbeidet med prosjektet ble det vurdert to forskjellige løsninger; plater eller enkle profiler.

##### 4.1.6 Plater

Et alternativ er å bruke plater som sider. For å spare vekt og for å gjøre skiden mer åpen bør det vannskjæres hull i platene.

Med å bruke vannskårne plater vil det være enkelt å designe og forme sidene som man vil. Det vil dermed være mulig å legge til ekstra støtte på steder der det skulle være nødvendig, og det gir frihet til design. Når sidene består av plater vil den være spesielt stiv i lengderetning, og det vil ikke være nødvendig med mer avstivning.

Platene gjør at sidestykkene vil være i én enkel del, dette vil begrense bruk av sveis eller andre sammenføyingsmetoder som kan være utsatte punkt når skiden blir utsatt for støt. Færre sammenføyingspunkter vil også redusere faren for eventuelle feil ved montering, og det vil potensielt være mer sannsynlig at strukturen tåler det den er dimensjonert for å tåle.

For å spare vekt må sideplatene være tynne, og stives opp på innsiden for å kunne stå mot de horisontale kreftene som måtte påføres. Dette vil gjøres kombinert med delene som skuffeskinnen skal monteres på.

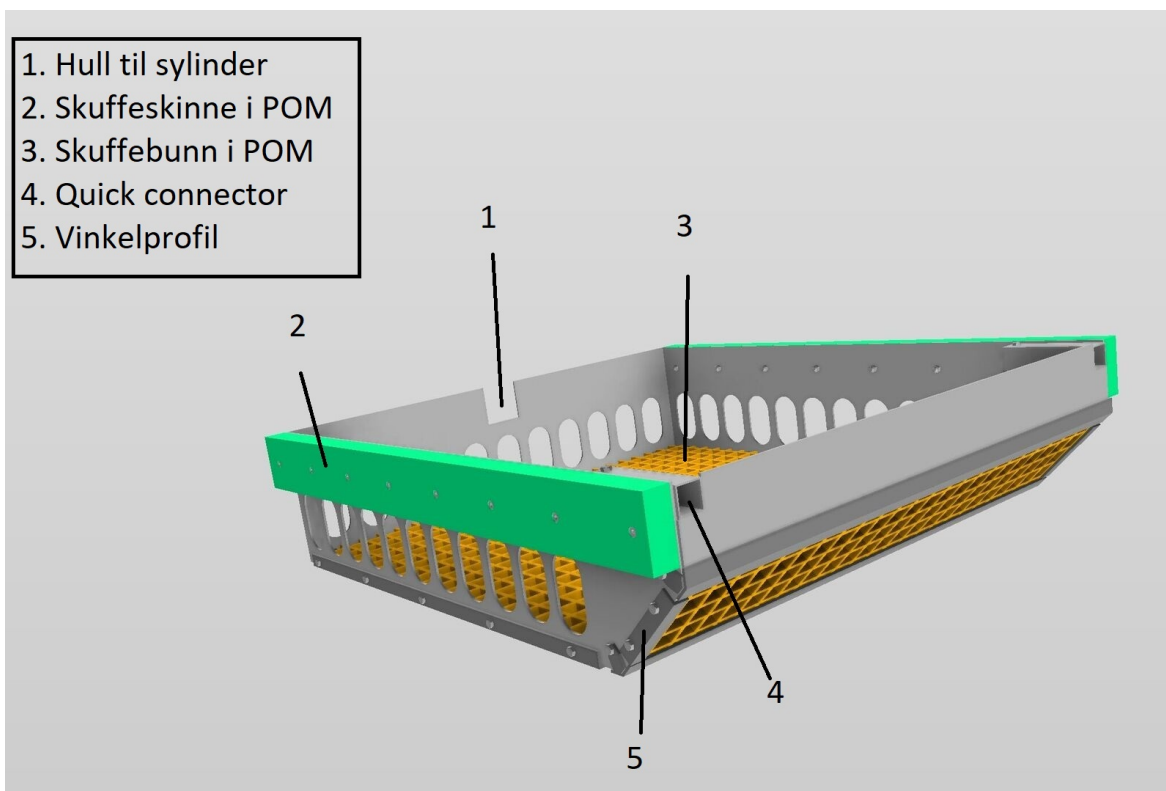
#### 4.1.7 Bjelkeprofiler

Ved å konstruere sidene av skiden ved bruk av bjelkeprofiler er teorien å ha noen loddrette bjelker som vil tåle vekten av ROV og TMS. Det vil være mulig å velge profiler som gjør at skiden vil være bestandig mot uforutsette støt og krefter når den er i bruk. Skiden vil med bruk av profiler på sidene ha gode muligheter for å være åpen, og gi god tilgjengelighet til alle deler i skiden. På grunn av at profilene har flens og steg i forskjellige retninger vil en skid med profiler på sidene være stiv uten særlig avstivning ellers i skiden.

I arbeidet med oppgaven blir det vurdert flere typer profiler. I valg av profiler er det ønskelig å finne løsninger med høy styrke og stabilitet, med lavest mulig vekt. De mest aktuelle profilene var firkanttrør og i-profiler på grunn av deres gode styrke i begge retninger.

#### 4.2 Skuff

Det skal være mulig å bruke ROV-en med den fremste skuffen ute. Den er da en veldig utsatt del av skiden. Skuffen foran skal være dimensjonert for å tåle 500 kg for å kunne hente store ting på havbunnen. Eksempelvis en havarett elektrisk OBS-ROV. Designet på skuffen vil på lik linje med skidens meier være vinklet foran for at den skal skli unna i tilfelle sammenstøt med andre gjenstander. For å kunne ha skuffen så stor som mulig, og samtidig bruke en sylinder med lang slaglengde, kan sylindere bli festet på innsiden av skuffen istedenfor bak, se figur 7 på neste side. På siden av skuffen skrur det inn POM-skiner som skal gli i skidens skuffeskiner.



Figur 7 – Skuff i front med navngitte deler. Tegnet av Eivind Eidem Erslund

#### 4.2.1 Skuffebunn

For å få minst mulig påkjenning på skuffen bør den ha et design som gjør at vann dreneres godt. Et ønske fra Reach er å designe bunnen av skuffen av POM-plater som er utskåret til en gitterstruktur for god drenering. POM har god formstabilitet, som gjør at materialet ikke lett blir deformert om det skulle bli utsatt for slag. Sidene vil være en bærende struktur og ta imot kreftene fra lasten på skuffen.

#### 4.2.2 Skuffestruktur

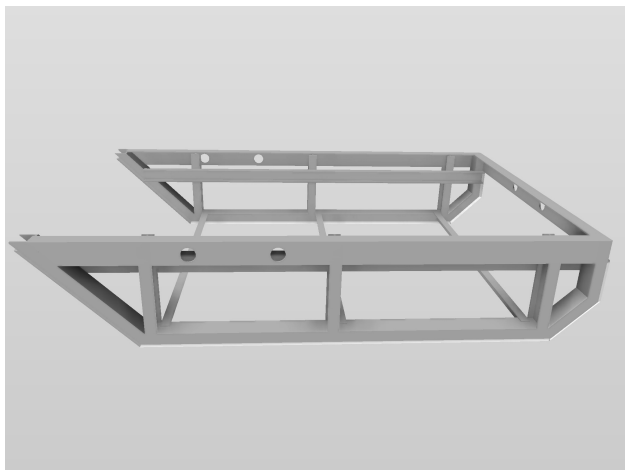
For å kunne bære en vekt på 500 kg må skuffens struktur være sterk. Sidene i skuffen lages av aluminiumsplater. For å spare vekt, og for å øke skuffens dreneringsevne skjæres det hull i platene. Nederst på skuffen monteres en vinkel, både for å gi ekstra beskyttelse mot kollisjoner, og for å gi støtte under POM-en i bunn. Skuffebunnen festes til skuffen med en flatprofil på oversiden av bunnen som skrues fast nedenfra. Dette gjør det mulig å skifte ut skuffebunnen på en enkel måte. For å tillate frihet til noe bevegelse festes skuffebunnen bare på to sider. I skuffens front skjæres det ut hull til quick-connectors i hver ende. Quick-connectorene sveises fast på innsiden av skuffen.

#### 4.3 Designprosess

I dette kapitlet blir det presentert noen forslag til design av skiden med drøftinger av de forskjellige delene. Noen løsninger blir beholdt fra start, mens andre løsninger blir skiftet ut.

#### 4.3.1 Forslag 1

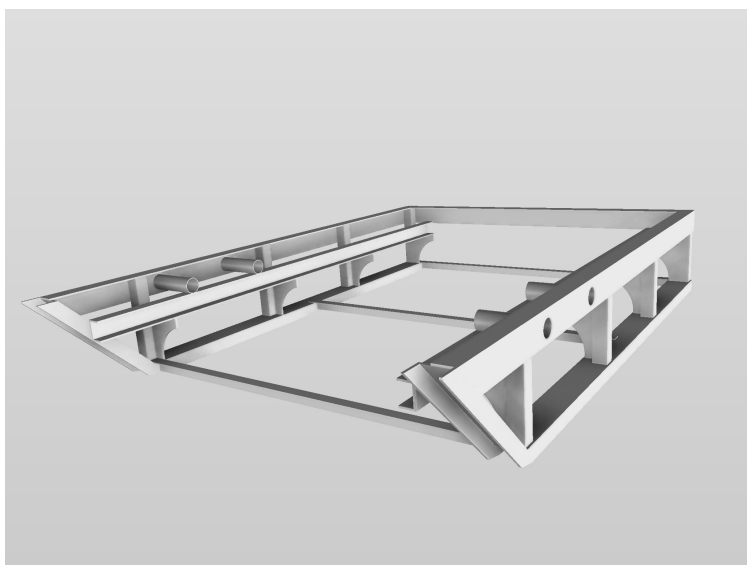
Det første designet er en løsning med i-profiler i sidene som vertikal støtte. Bjelken på toppen som skal boltes i ROV-ens ramme er en l-profil med flens som går ned på sidene. L-profilen har hull til quick-connectors på begge sider og bak. Skidens meier er en u-profil som er vinklet opp både foran og bak. Som beskyttelsesbjelker under brukes t-profiler som skrues i meiene ovenfra. Skuffeskinnene er en u-profil som er sveist rett på i-profilene i sidene.



Figur 8 - Forslag 1. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ersland

#### 4.3.2 Forslag 2

I det andre designet er i-bjelkene på sidene byttet ut med firkantprofiler for mer stivhet. Det er laget støtter til skuffeskinnene for at skuffene skal komme lenger ut fra sidene. Det gjør at det er plass til lys på begge sider av skuffen, og quick-connector rørene kan festes i skuffeskinnene. Støttene gir også mer sideveis stivhet til skiden. Meiene er ikke lenger vinklet bak da erfaringer fra bedriften tilsier at det ikke er nødvendig. Dette skaper mer plass inne i skiden.



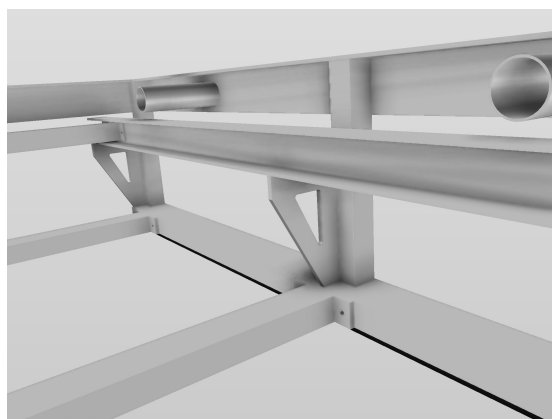
Figur 9 - Forslag 2. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ersland.

### 4.3.3 Forslag 3

Etter konsultasjon med bedriften har løsningen med å skru beskyttelsesbjelke under fast i meiene blitt byttet ut da det er ugunstig å lage gjengede forbindelser i aluminium. Den nye løsningen er å sveise en flens på enden av bjelken, og ha skruer gjennom meiene og flensen med mutter på andre siden. For ekstra stivhet i alle retninger er t-profilen som beskyttelsesbjelke byttet ut med en u-profil. Det er lagt til et tredje quick-connector rør helt bak på begge sider for å kunne feste ekstra langt utstyr langs hele siden på skiden. I denne løsningen er det montert en i-profil med flens som skuffens sylinder kan monteres fast i.



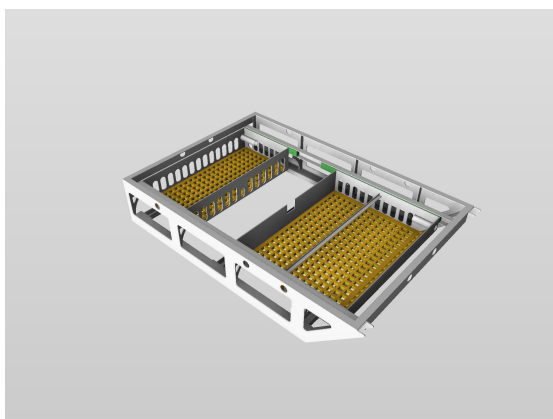
Figur 11 - Forslag 3. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ersland.



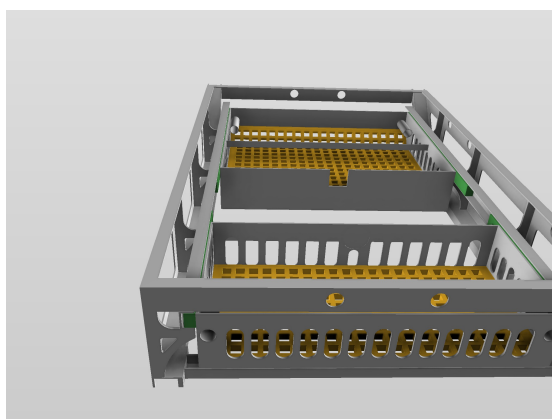
Figur 10 - Illustrasjon av beskyttelsesbjelke. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ersland.

### 4.3.4 Forslag 4

Profilene som støtte på sidene er byttet ut med vannskårne plater. Dette gir større frihet til design, og gir mer plass inne i skiden. Det er tegnet inn to skuffer, en foran og en bak. Begge skuffene styres av samme sylinder. Støttene til skuffeskinnene går nå i hele høyden til skiden for mer støtte. Det er ikke lenger nødvendig med en l-profil på toppen. Den er nå byttet ut med en flatprofil som skrur inn i ROV-ens bunnramme.



Figur 12 - Forslag 4. Bildet er tegnet av Eivind Eidem Ersland.

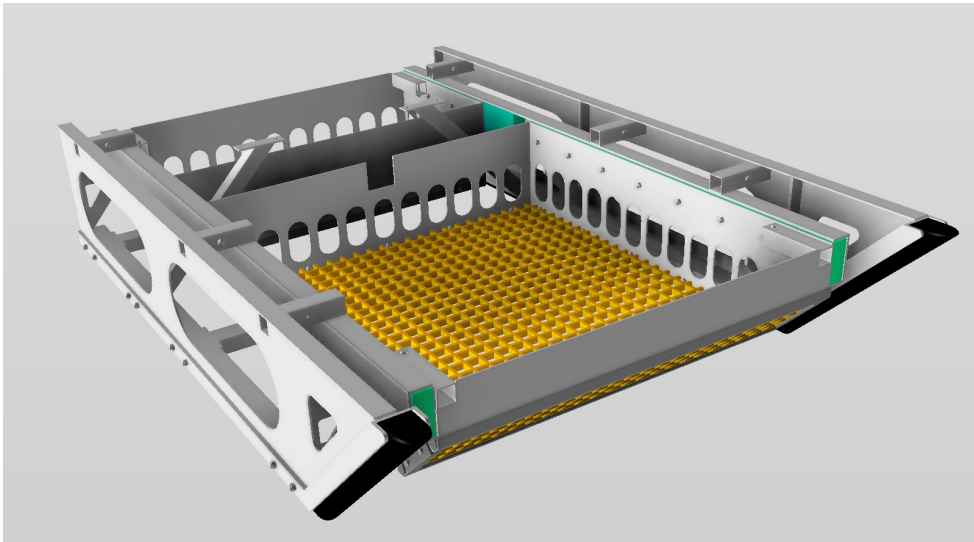


### 4.3.5 Forslag 5: Endelig design

Dette er det endelige designet til skiden. Alle quick-connector rør er byttet ut med firkantede rør. Dette er for at enden av rørene lettere skal kunne festes på innsiden. Flaten



til firkantrøret vil eksempelvis være enklere å sveise fast med kilsveis enn det runde røret. Skuffeskinnene er flyttet lenger opp for at quick-connector rørene kan sveises oppå skinnene. De tversgående bjelkene foran og bak er tatt bort fordi de ikke har annen funksjon enn quick-connectors. Når de nå finnes i begge skuffene anser gruppen det som unødvendig å gjøre skiden tyngre for å få et par ekstra. Eventuelt kan det designes egne boltbare fester til bunnrammen av ROV-en som fjernes når de ikke er i bruk, men dette er ikke undersøkt nærmere.

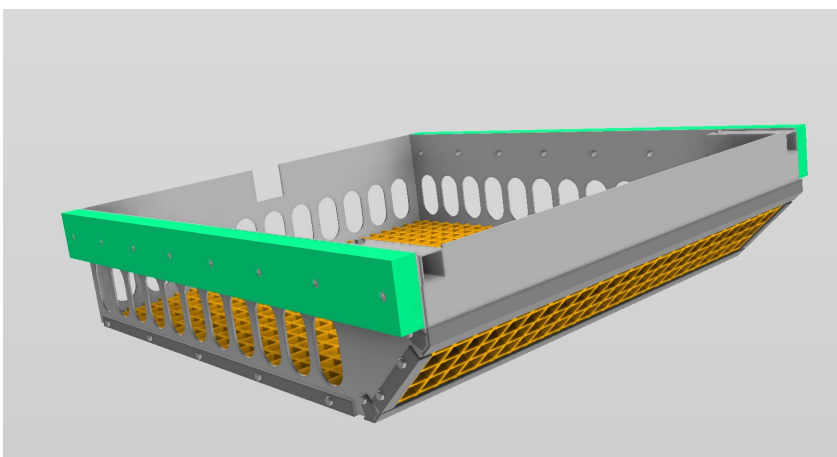


Figur 13 – Skid ferdig. Tegnet av Eivind Eidem Ersland

Det er lagt til en sideveis avstivelse helt i midten av skiden istedenfor å ha den bak, som nevnt i kapittel 3.1.3. Avstivelsen består av to firkantrør som går 45° opp fra meiene, og festes i bunnrammen til ROV-en (se vedlegg 9.4). Den er boltbar og kan skiftes ut eller tas bort. Når den er i midten istedenfor bak er det ikke nødvendig å ta den bort for å kjøre ut den bakre skuffen. Om ønskelig kan avstiveren også plasseres helt bak. Da må den demonteres for å dra ut skuffen bak.

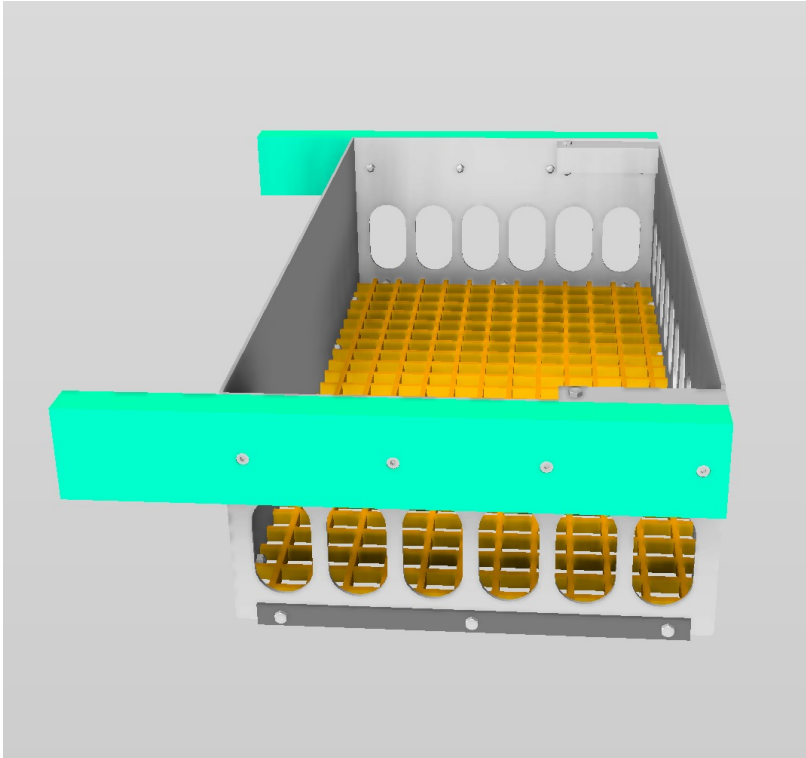
For å gjøre skiden mer åpen er hullene gjort større, og det er tre vertikale støtter istedenfor fire. Mellom skuffen og sidene er det laget en plate med hull for montering av lys på hver side av skuffen.

Skuffene har alle funksjonene som nevnt i kapittel 4.2.



Figur 14 - Skuff foran. Tegnet av Eivind Eidem Ersland





*Figur 15 – Skuff bak. Tegnet av Eivind Eidem Ermland*

## 5 Dimensjonering

I dimensjoneringen av profiler, plater og sveis innføres det en tillatt spenning ( $\sigma_{\text{till}}$ ) for forskjellige lastesituasjoner. Dette er den maksimale spenningen som er tillatt i hver situasjon. Figur 16 er en tabell utarbeidet etter anbefalinger for tillatte spenninger i stål. I denne konstruksjonen brukes det hovedsakelig aluminium, men disse anbefalingene følges da det ikke er funnet noen spesifikt for aluminium. Alle dimensjoner på profiler og plater som brukes i kapittelet finnes i vedlegg 9.3.

Oversikt over tillatte spenninger	
Type spenning	Anbefaling
Strekkspenning	$\sigma_{\text{strekk, till}} = \text{Strekkfasthet } \sigma_{\text{yield}} / \text{Flytegrense } \sigma_f$
Kompresjonsspenning	$\sigma_{\text{kompr, till}} = \text{Strekkfasthet } \sigma_{\text{yield}}$
Bøyenspenning	$\sigma_{\text{bøy, till}} = 1,2 \times \text{Strekkfasthet } \sigma_{\text{yield}}$
Torsjonsspenning	$\tau_{\text{t, till}} = 0,65 \times \text{Strekkfasthet } \sigma_{\text{yield}}$
Skjærspenning	$\tau_{\text{s, till}} = 0,6 \times \text{Strekkfasthet } \sigma_{\text{yield}}$

Figur 16 – Anbefalinger for tillatt spenning. Tabellen er laget av Eivind Eidem Ersland, anbefalinger er hentet fra *Mechanical and Metal Trades Handbook (Fischer, Tillatte spenninger, 2011)*.

I figur 17 er mekaniske minimumsverdier for materialene som brukes i dimensjoneringen oppsummert. Tillatte spenninger for de forskjellige situasjonene som regnes på i kapittelet er alle utarbeidet fra anbefalinger i figur 16 og verdier i figur 17, deretter deles verdien på sikkerhetsfaktoren som er valgt for oppgaven.

Mekaniske minimumsverdier på materialer		
Legering/material	Strekkfasthet - $\sigma_{\text{yield}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Flytegrense - $\sigma_f$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Aluminium - 5083	305	215
Aluminium - 6082	295	255
POM-H	78	-
A4 – 70	700	450
A4 – 80	800	600
Aluminium - 6060	215	160

Figur 17 - Mekaniske minimumsverdier. Tabellen er laget av Eivind Eidem Ersland og verdiene er hentet fra *Norsk Stål sin produktkatalog (Stål, 2018)*.

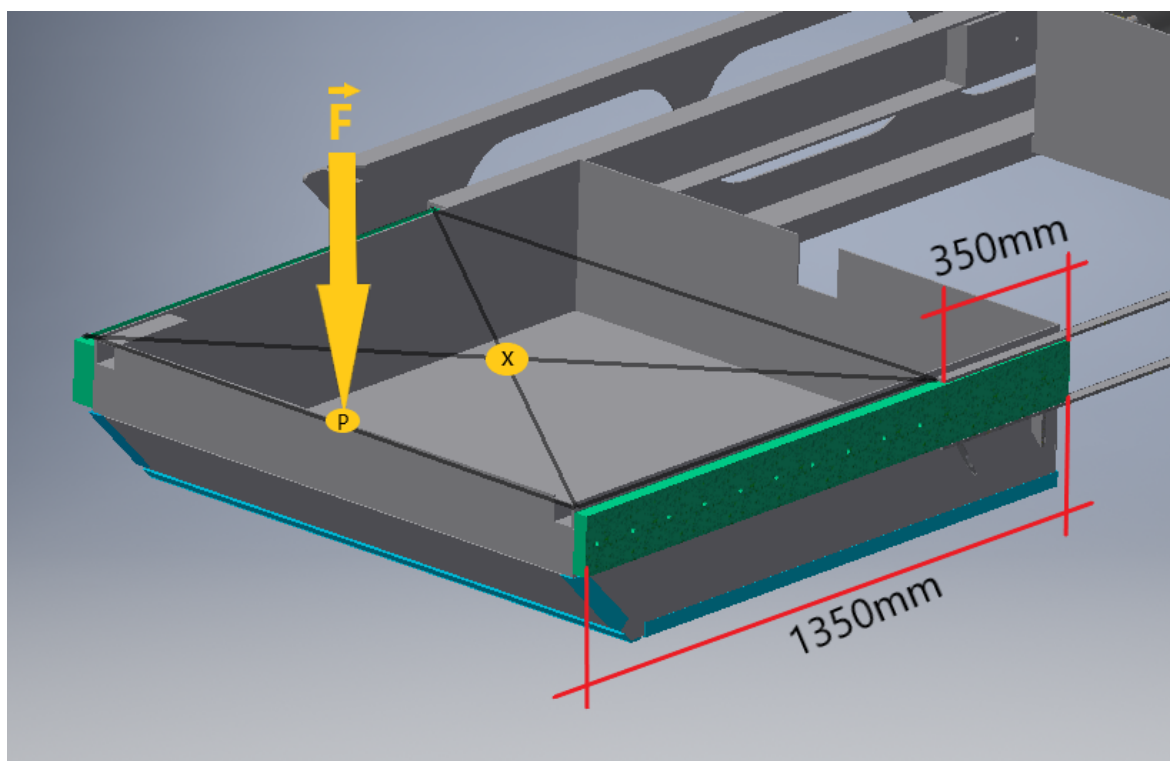
Alle formler som brukes i dette kapittelet er samlet i vedlegg 9.1. Vedlegget gjengir en kort beskrivelse av formelen, referansenummer brukt i teksten og hvor formelen er hentet fra.

Alle ANSYS-analyser blir kjørt etter von-Mises teori. Når det opptrer spenninger i flere retninger ansees dette som en trygg modell å bruke. Dette er den mest foretrukne teorien å måle spenninger etter i industrien (Learn Engineering, 2018). Det undersøkes ikke finere mesh kvalitet i ANSYS enn det som er valgt som standard i programmet for å begrense arbeidsmengden. Dette kan potensielt gi noe unøyaktige verdier.

### 5.1 POM-skinner

Glideskinnene i POM som skal festes til hver sin sidevegg på skuffen, dimensjoneres for å tåle en last på 500 kg i luft ytterst på skuffen når den er kjørt 1000 mm ut av sylindere.

Situasjonen som oppstår illustreres på figur 18. Når en struktur plasseres på skuffen, som illustrert med grå kryssende linjer, vil angrepspunktet til kraften befinne seg i punkt X hvis massesenteret til strukturen er sentrert. Dette kan variere, derfor velges det å dimensjonere ut i fra at kraften har angrepspunkt ytterst på skuffa i punkt P.



Figur 18 - Skuffe i front kjørt helt ut. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Kraften F finnes med formelen:

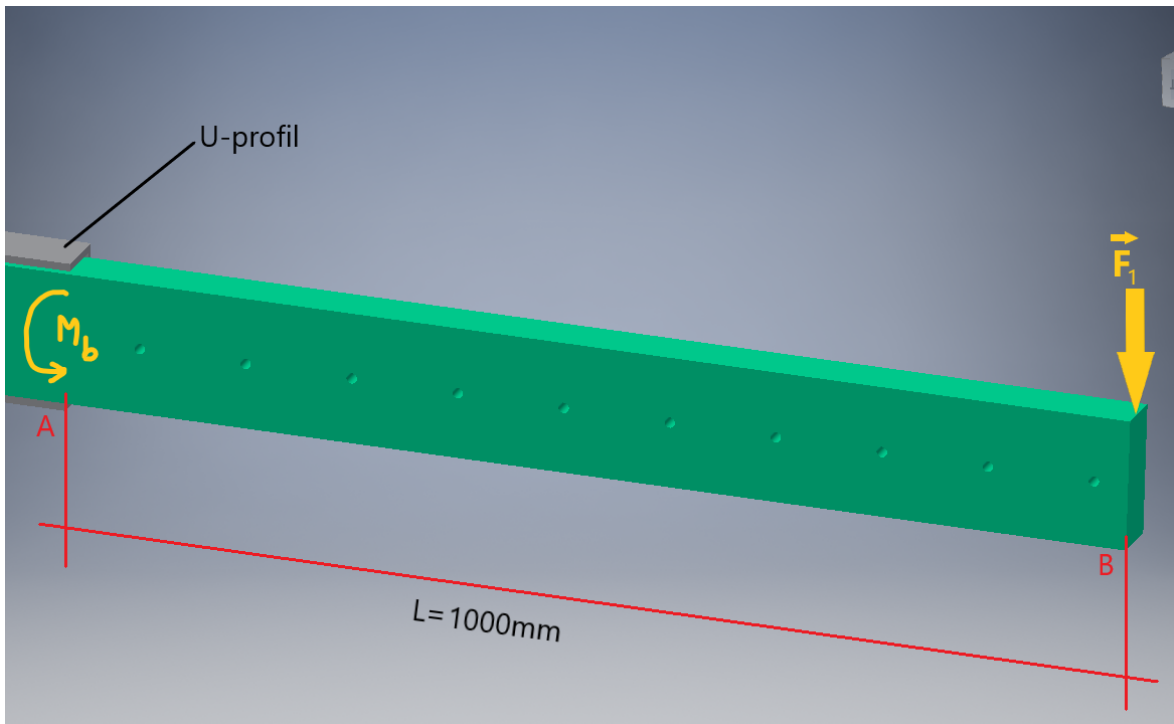
$$F = ma \quad (1)$$

$$m = 500[kg]$$

$$g = 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$F = 500[kg] \cdot 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] = 4905[N]$$

Sideveggene i skuffen som skal boltes sammen med POM-skinnene vil trolig bidra med å stive av skinnene, men for å være på den sikre siden utføres beregningene med utgangspunkt i at POM-skinnene må ta opp all last. Situasjonen som skinnene dimensjoneres for er illustrert i figur 19. Ved beregning betraktes skinnen som en kragbjelke fast innspert i posisjon A.



Figur 19 - POM-skinne og U-profil isolert. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

Det antas at vekten på 500 kg fordeles likt på de to skinnene. Motstandsmomentet  $M_b$  som oppstår i posisjon A på figur 18 som følge av kraften  $F_1$  finnes med formelen:

$$M_b = F_1 \cdot L \quad (2)$$

$$F_1 = \frac{F}{2}$$

$$L = 1000[\text{mm}] = 1[\text{m}]$$

$$\rightarrow M_b = \frac{F}{2} \cdot l = \frac{4905[\text{N}]}{2} \cdot 1[\text{m}] = 2452,5[\text{Nm}]$$

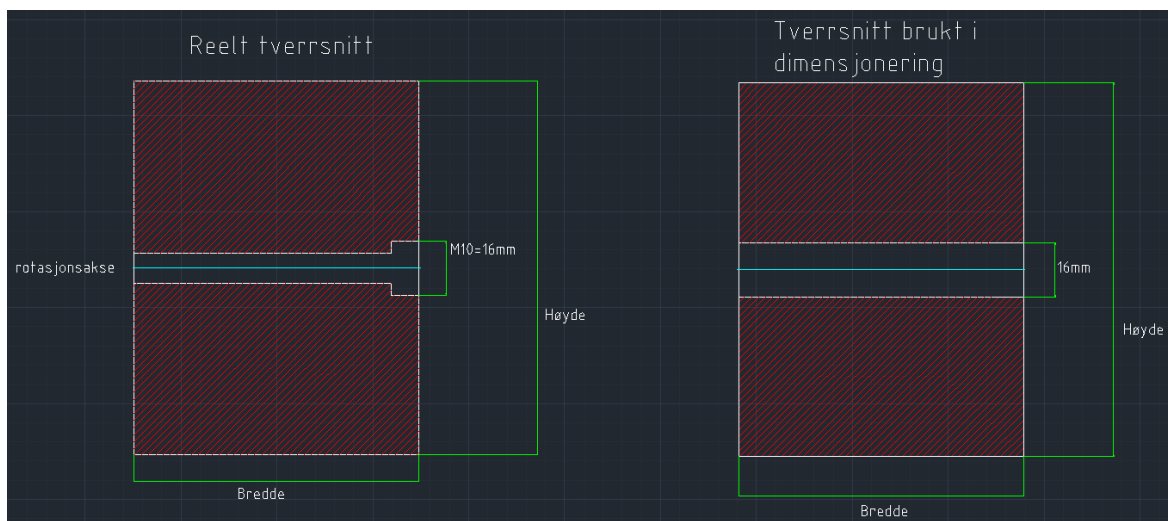
Tverrsnittsarealet til skinnen må være stort nok til å tåle spenningen som oppstår som følge av momentet i posisjon A. Spenningen finnes ved formelen:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} \quad (3)$$

Motstandsmomentet er gitt ved formelen:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (4)$$

Det aktuelle tverrsnittsarealet som tar opp spenning illustreres i figur 20. For at skruehodet ikke skal være i veien for u-profilen når skuffen beveges inn og ut, lages det en utsparring som illustrert i det reelle tverrsnittet. For å være på den sikre siden i dimensjoneringen brukes tverrsnittet til høyre i figuren i utregningen av skinnens motstandsmoment.

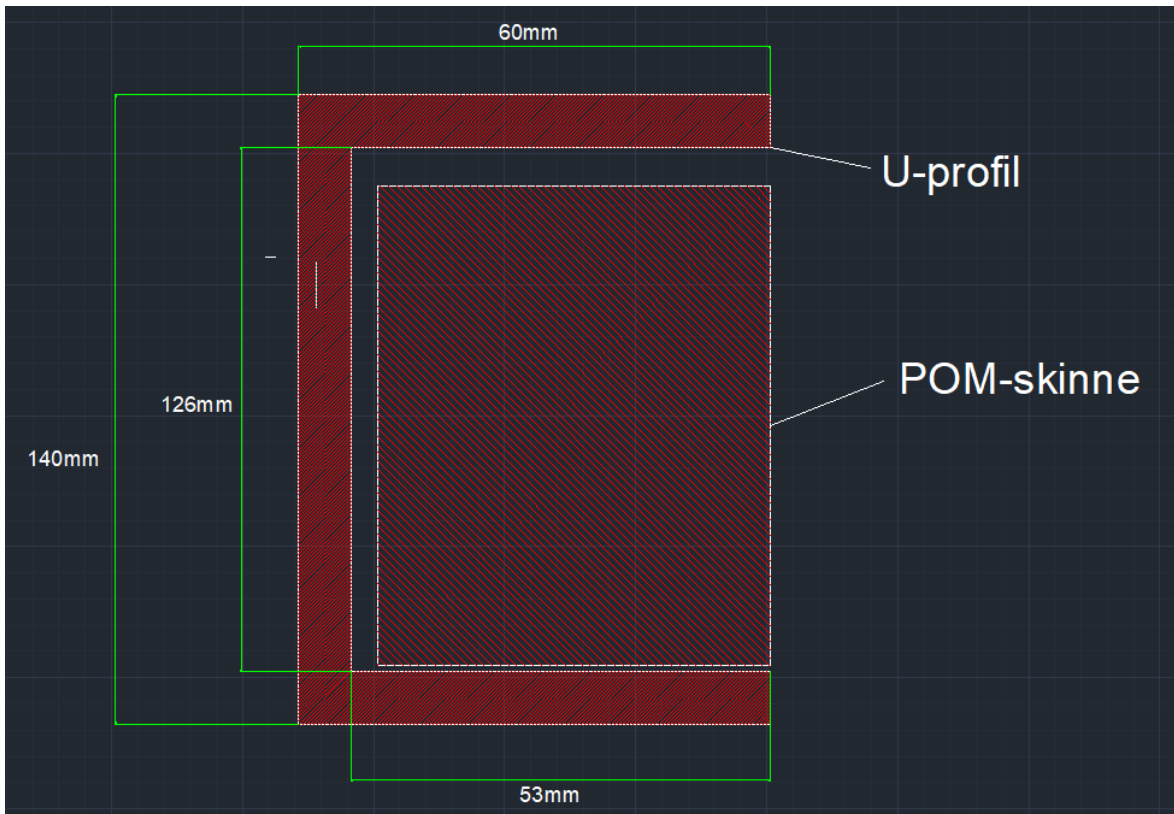


Figur 20 - POM-skinnens tverrsnitt ved borehull. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Når borehullet trekkes i fra det totale arealet blir formelen for motstandsmomentet:

$$W = \frac{b \cdot (h - 16)^2}{6}$$

Norsk Stål leverer, blant andre, en u-profil med ytre mål på 60x140x60 mm og 7 mm i veggtykkelse. En POM-skinne med 50 mm i bredde etterlater da 3 mm mellom indre vegg i u-profilen og skinnen som illustrert i figur 21. Det undersøkes derfor om høyden som kreves for å få en skinne med tilstrekkelig motstandsmoment får plass i den indre høyden i u-profilen.



Figur 21 - POM-skinne i U-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Erstrand.

Formlene for bøyespenning og motstandsmoment skrives om for å få et uttrykk for høyden:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} \quad (3)$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{\left(\frac{b \cdot (h - 16[mm])^2}{6}\right)}$$

$$\frac{b \cdot (h - 16[mm])^2}{6} = \frac{M_b}{\sigma_b}$$

$$\rightarrow h = \sqrt{\frac{M_b \cdot 6}{\sigma_b \cdot b}} + 16[mm]$$

Inn for bøyespenningen ( $\sigma_b$ ) settes tillatt spenning ( $\sigma_{b\text{øy,till}}$ ). Det velges her å ikke oppskalere tillatt spenning for bøy ut i fra strekkfastheten (selv om det er oppgitt i figur 16) da det anses som kritisk at en POM-skinne svikter. Finner tillatt spenning:

$$\sigma_b = \sigma_{b\text{øy,till}} = \frac{\sigma_{\text{yield,POM}}}{SF}$$

$$\sigma_{bøytill} = \frac{78 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} = 26 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Verdien for tillatt spenning settes inn i uttrykket for høyden:

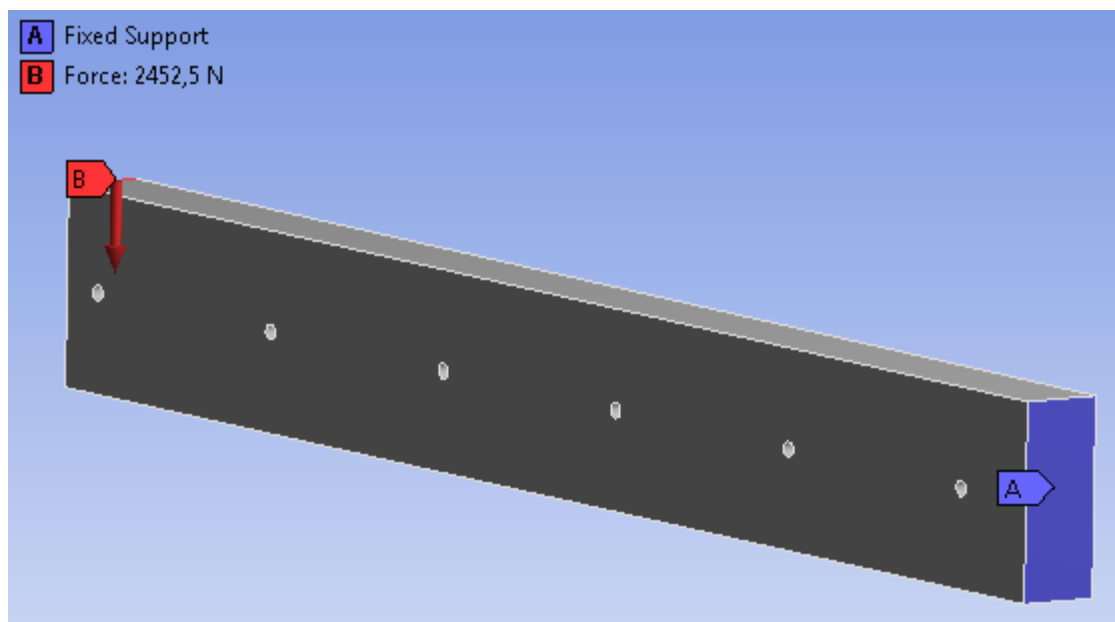
$$h = \sqrt{\frac{M_b \cdot 6}{\sigma_{bøytill} \cdot b}} + 16[mm]$$

$$h = \sqrt{\frac{2452,5 \cdot 10^3 [Nmm] \cdot 6}{26 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot 50 [mm]}} + 16[mm] = 122,3918736[mm]$$

$$h \approx 123[mm]$$

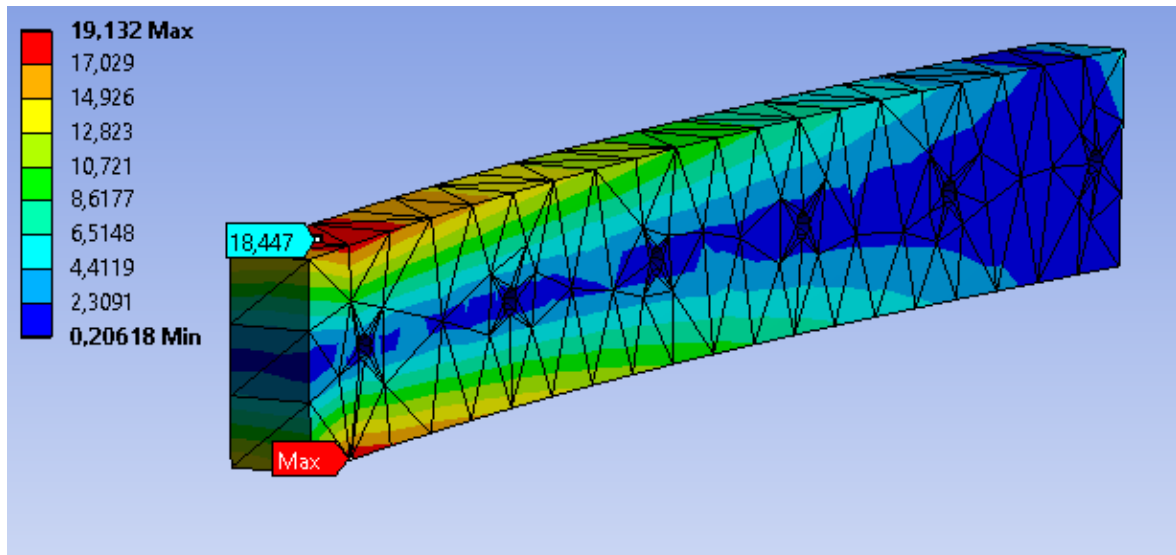
En høyde på 123 mm gjør at skinnen passer inn i u-profilen med 3 mm til overs, det samme som i bredden.

Det utføres også en ANSYS-analyse av skinnen for å sjekke spenningene som oppstår. Lager og last i analysen er illustrert i figur 22. Det brukes her en skinne med samme høyde og bredde som angitt over, men lengden er satt til 1000 mm. Lager settes til fast innspent i den ene enden og last tilsvarende den som er brukt i dimensjoneringen over (250 kg i luft) påsettes i andre enden. På denne måten er analysen ment å gjenspeile den situasjonen skinnen er dimensjonert for med håndberegninger.



Figur 22 - Utklipp fra ANSYS - lager og last på POM-skinne. Bildet er tatt av Eivind Eidem Erslund.

Analysen gjengir en maksimal spenningsverdi  $\sigma_{maks,ANSYS} = 19,132 \text{ N/mm}^2$  som illustrert i figur 23. Denne verdien angir kompresjonsspenning og sjekkes opp mot tillatt kompresjonsspenning for materialet (Meccanica, 2018).



Figur 23 – Utklipp fra ANSYS - analyse av POM-skinne. Bildet er tatt av Eivind Eidem Ersland.

$$\sigma_{kompr,till} = \frac{\sigma_{yield,POM-H}}{SF} = \frac{78 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3}$$

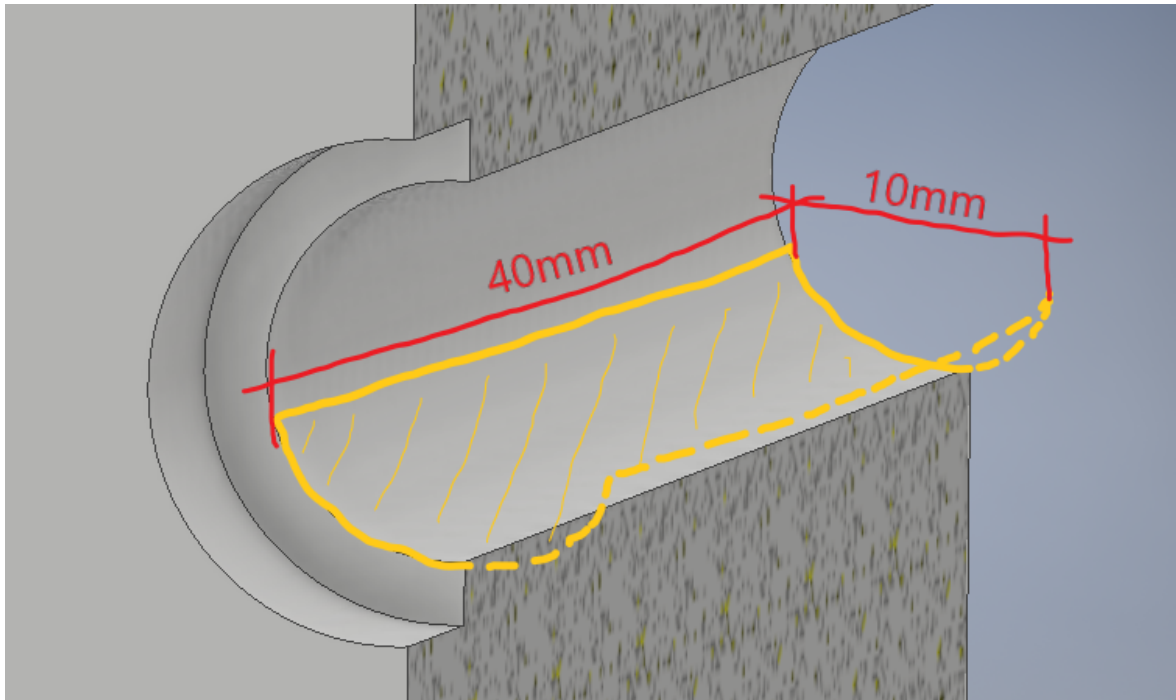
$$\sigma_{kompr,till} = 26 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\rightarrow \sigma_{maks,ANSYS} < \sigma_{kompr,till}$$

Den maksimale spenningen som gjengis av ANSYS-analysen er mindre enn tillatt spenning for materialet med god margin. Avviket mellom tillatt spenning og den gjengitt i analysen kan komme av at analysen er kjørt med det reelle tverrsnittet fra figur 20.

Hulltrykksspenningen ( $\sigma_h$ ) i borehullene i POM-skinnene kommer av trykkraft fra skruen på hullflaten og antas å være jevnt fordelt uten spenningstopper (Husø Ø. , Styrkeberegning av sveiser, 2010). Det gjøres dermed kun en forenklet beregning hvor det regnes med hele diameteren på skruen (M10) multiplisert med lengden etter bolthodet. Målene er illustrert i figur 24.





Figur 24 - Hulltrykkspenningen antas å fordele seg over det skraverte arealet. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

Først beregnes spenningen som oppstår i hullet hvis det antas at kun én M10-skrue holder opp samme last som POM-skinnene er dimensjonert for – 250 kg per skinne:

$$\sigma_h = \frac{F}{A} \quad (19)$$

$$\sigma_h = \frac{250[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]}{40[\text{mm}] \cdot 10[\text{mm}]} = 6,13125 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

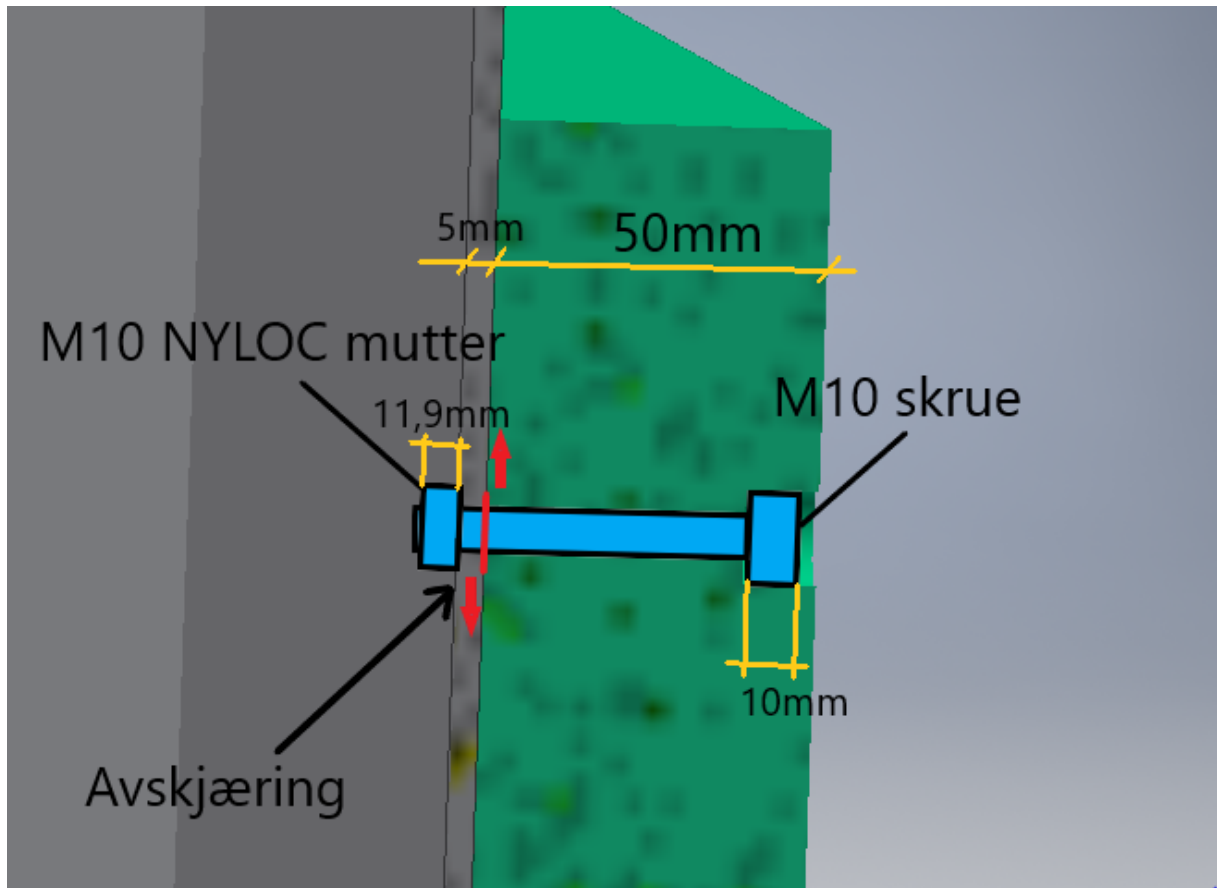
Sikkerhetsfaktoren mot den tillatte spenningen i POM-en blir da:

$$SF = \frac{\sigma_{\text{till}}}{\sigma_h}$$

$$SF = \frac{26 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]}{6,13125 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]} \approx 4,24$$

Etter denne forenklede modellen for hulltrykkspenningen innfris kravet om sikkerhetsfaktor  $SF = 3$  (eller høyere).

Mellom skuffens sidevegg og POM-skinne må skruene sjekkes for avskjæring. Situasjonen er illustrert i figur 25.



Figur 25 - Illustrasjon av avskjæring av skruer. Tegnet av Eivind Eidem Erslund

Minimum lengde på skruens stamme ( $L_{min}$ ) kommer av bredden på POM-skinen, tykkelsen på sideveggen og høyden av NYLOC-mutteren. Det trekkes fra 2 mm av tykkelsen på POM-en fordi skruens hode ikke skal stikke ut av POM-skinen.

$$\begin{aligned} L_{min} &= (50[\text{mm}] - h_{skruehode} - 2[\text{mm}]) + t_{vegg} + h_{mutter} \\ L_{min} &= (50[\text{mm}] - 10[\text{mm}] - 2[\text{mm}]) + 5[\text{mm}] + 11,9[\text{mm}] \\ L_{min} &= 54,9[\text{mm}] \approx 55[\text{mm}] \end{aligned}$$

Skruen må være minimum 55 mm lang for at gjengene skal nå gjennom mutteren. For å sjekke at skjærspenning i skruene ikke blir kritisk som følge av avskjæringen undersøkes det først om kun én M10 skrue er i stand til å holde hele lasten POM-skinne er dimensjonert for – 250 kg per skinne. Utrekningene blir gjort for en skrue med fasthetsklasse 70, det vil da også kunne brukes skruer med fasthetsklasse 80.

$$\sigma_{jf} = \sqrt{3\tau^2} \quad (10)$$

$$\tau = \frac{F}{n \cdot \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} \quad (11)$$

$$\rightarrow \tau = \frac{250[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]}{1 \cdot \left(\frac{\pi(10[\text{mm}])^2}{4}\right)} \approx 31,23 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\rightarrow \sigma_{jf} = \sqrt{3 \left( 31,23 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \right)^2} \approx 54,09 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Tillatt skjærspenning for materialet sjekkes mot jevnføringsspenningen.

$$\tau_{s,till} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{yield,70}}{SF} = \frac{0,6 \cdot 700 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} = 140 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

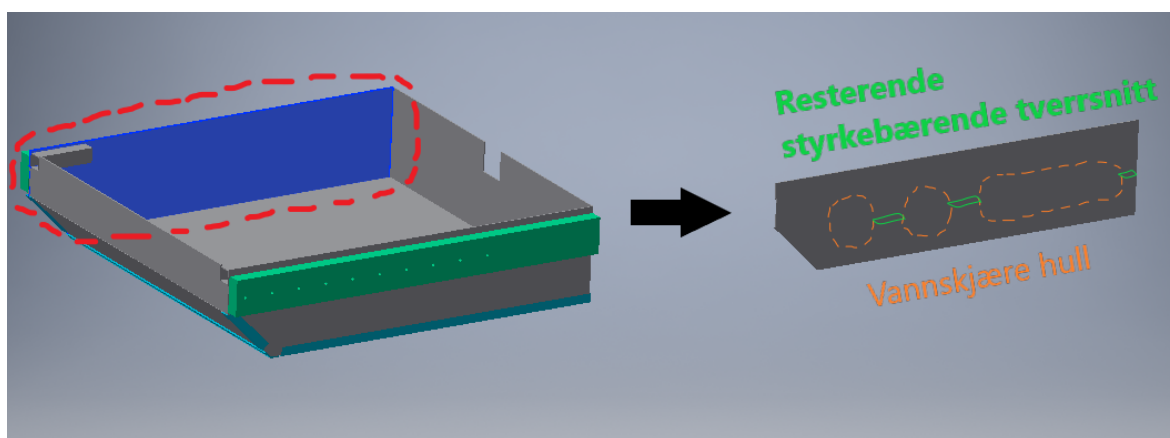
$$\rightarrow \sigma_{jf} < \tau_{s,till}$$

Skruene som fester POM-skinnene til sideveggene i skuffene vil tåle skjærspenningen.

## 5.2 Skuffer

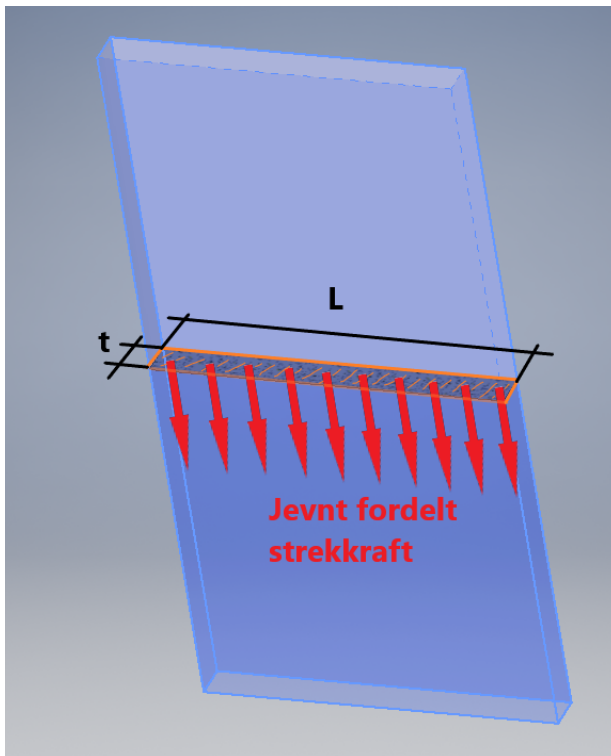
### 5.2.1 Sidevegger

Sideveggene i skuffene, illustrert i figur 26, er tenkt å lages av vannskårne aluminiumsplater. Fremgangsmåten her er å velge en platetykkelse for så å sjekke hvor langt et tverrsnitt må være for å holde oppe normalkreftene som virker i høyderetning. Det vil trolig være mer enn nok styrke i en sidevegg til å holde oppe kreftene som overføres fra bunnen av skuffa, men det må sjekkes.



Figur 26 - Sideveggene skal ha utsparinger for å drenere vann. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

Situasjonen som regnes på illustreres i figur 27. Sideveggen kan gjerne være så tynn som mulig, da denne begrenser den indre bredden i skuffa, men den må potensielt tåle udefinerte dynamiske laster. Av denne grunn overdimensjoneres sideveggene i forhold til lasten det regnes på.



Figur 27 - Strekklast jevnt fordelt over tverrsnitt. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

Det velges først en plate med tykkelse  $t = 4$  mm i legeringen 5083. Lengden det trengs av denne platen for å holde oppe en strekkraft fra skuffebunnen finnes ved å snu om på formelen:

$$\sigma_{strekk} = \frac{F}{A} \quad (16)$$

$$A = L \cdot t$$

$$\sigma_{strekk,till} = \frac{\sigma_{f,5083}}{SF} = \frac{215[MPa]}{3} \approx 71,67 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Kraften en sidevegg skal holde oppe settes til 250 kg. Dette er mer enn bunnen i skuffen skal tåle, men hvis en struktur legges på skuffa som tidligere illustrert i figur 18 må tverrsnittet på toppen av veggen tåle trykkspenningene. Denne utregningen viser derfor også at det er tilstrekkelig material i sideveggene til å holde oppe en struktur plassert på skuffa og ikke i bunnen. Setter tillatt spenning inn for strekkspenningen.

$$\sigma_{strekk} = \sigma_{strekk,till} = \frac{F}{L \cdot t}$$

$$L = \frac{F}{\sigma_{strekk,till} \cdot t} = \frac{250[kg] \cdot 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]}{71,67 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot 4[mm]} = 8,554835[mm] \approx 9[mm]$$

Det er tilstrekkelig med en 9 mm lang vegg med en tykkelse på 4 mm. I det endelige designet vil sideveggene ha gjennomgående tverrsnitt fra topp av skuffa og ned til bunnen som er større enn dette for å sikre mot dynamiske laster.

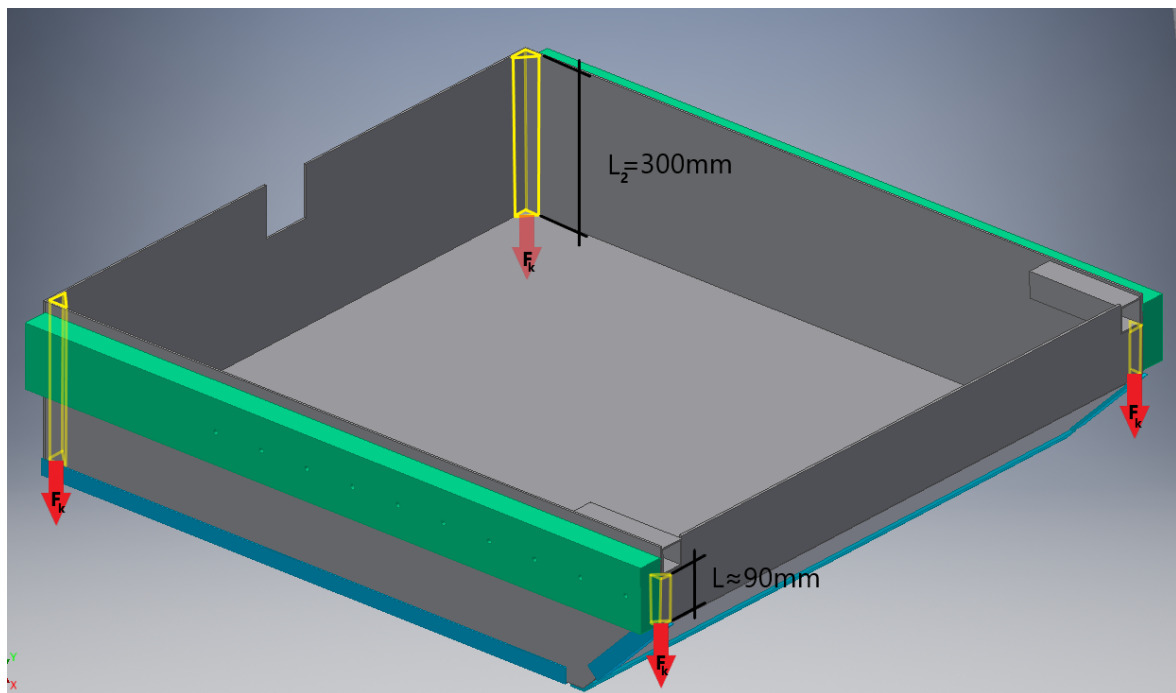
Sammenføring av sideveggene gjøres med kilsveis i hjørnene. Ved bruk av kilsveis kan man ikke regne med et a-mål som er større enn « $0,7 \times \text{minste platetykkelse}$ ». I tillegg er minste tillatte a-mål = 3 mm. Disse reglene får innvirkning på platetykkelsen ( $t = 4 \text{ mm}$ ) som er brukt i utregningene over (Dahlvig, 1991).

$$a\text{-mål} = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 4 [\text{mm}] = 2,8 [\text{mm}]$$

$$a\text{-mål} = 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 5 [\text{mm}] = 3,5 [\text{mm}]$$

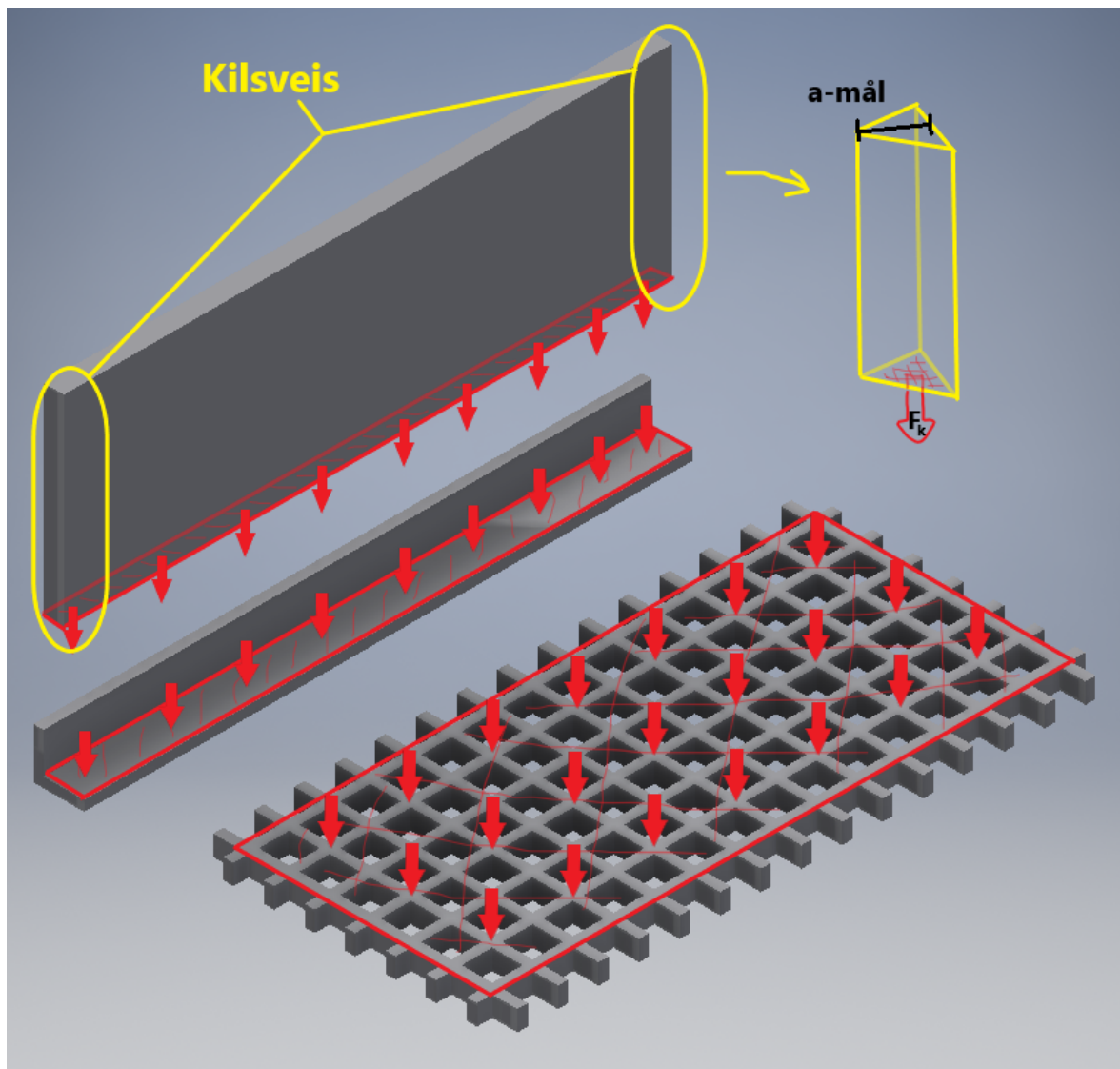
Et a-mål = 2,8 mm er ikke tillatt. Norsk Stål leverer også plater med 5 mm tykkelse med målene 2000x5000 mm. Det er ofte kostnadsbesparende å bruke samme platetykkelse på forskjellige deler av en konstruksjon, da kan flere deler skjæres ut av samme plate. Platetykkelsen på alle sidevegger i skuffene settes derfor foreløpig til  $t = 5 \text{ mm}$ .

Kilsveisene har lengderetning vertikalt og er illustrert på figur 28. Det undersøkes først hvilken kraft ( $F_{\text{kapasitet}} = F_k$ ) én sveis kan ta opp hvis det sveises langs hele høyden, som vist på figuren, med minimum tillatt a-mål på kilsveis,  $a_{\text{min}} = 3 \text{ mm}$ .



Figur 28 - Orientering av kilsveis for sammenføring av skuffesider. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Modellen det regnes på går her ut på at sideveggene med POM-glideskinner er opplagret. Når det plasseres en masse på skuffebunnen flyter spenningen gjennom vinklene i bunn av skuffen som er festet til sideveggene. De blir følgelig utsatt for en vertikalt rettet kraft. Prinsippet er illustrert i figur 29 med røde piler for kraft.



Figur 29 - Illustrasjon av fremgangsmåte for å dimensjonere kilsveis. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Den tillatte spenningen avgjøres av anbefaling for skjærspenning. Det sjekkes først hva de korteste sveisene i front tåler. For å sørge for en konservativ utregning tillates det å sveise med endekrater. Den effektive lengden av sveisen ( $l_{eff}$  = lengden som tar opp spenning) blir dermed forkortet.

$$l_{eff} = L - 2a_{min} \quad (5)$$

$$L = 90[mm]$$

$$\tau_{s,till} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{yield,5083}}{SF} = \frac{0,6 \cdot 305 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} = 61 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{s,till} = \frac{F_k}{A_{sveis}}$$

$$\rightarrow F_k = \tau_{s,till} \cdot A_{sveis} = \tau_{s,till} \cdot (a_{min} \cdot l_{eff})$$

$$F_k = 61 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot (3[mm] \cdot (90[mm] - 2 \cdot 3[mm]))$$

$$F_k = 15372[N]$$

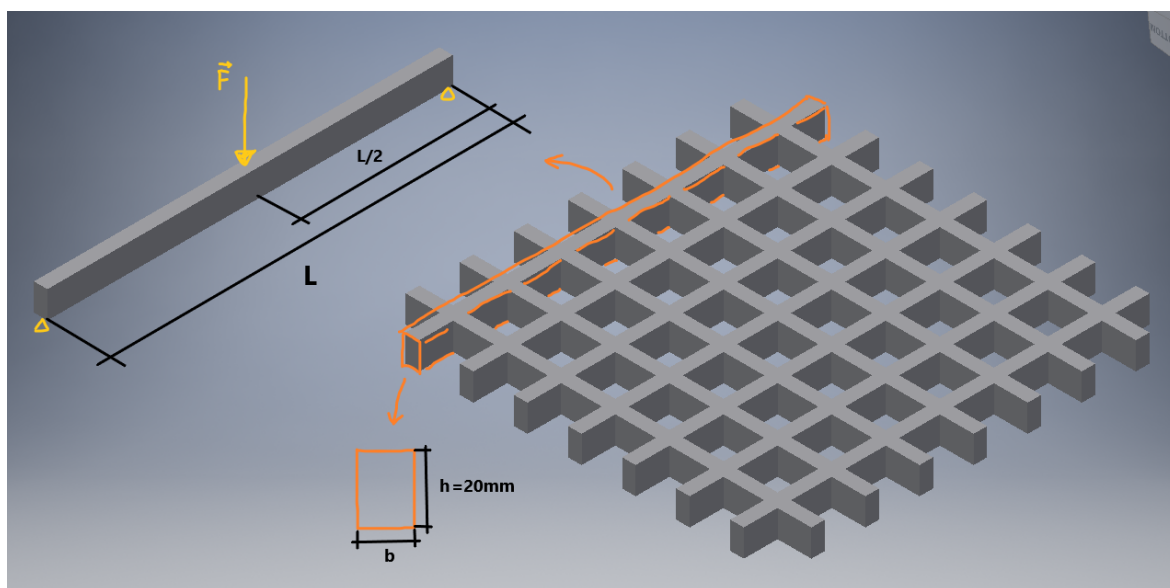
Dette tilsvarer en vekt i luft:

$$m = \frac{F_k}{g} = \frac{15372[N]}{9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} \approx 1567[kg] \quad (1)$$

Sveisene vil tåle mer vekt, etter denne beregningsmodellen, enn hva skuffene skal utsettes for i form av last fra verktøy og utstyr.

### 5.2.2 Bunnen i skuffene

Bunnen i skuffene skal lages i POM. Her vil det tas utgangspunkt i en 20 mm tykk plate av POM da bedriften har anbefalt denne tykkelsen. For at bunnen skal være godt drenert, slik at vann forsvinner relativt uhindret, må det lages utsparinger av en form i denne platen. Disse utsparingene bør være jevnt fordelt i hele bunnen. I dimensjoneringen av bunnen lages det en modell som følger bjelketeori. Prinsippet illustreres i figur 30.



Figur 30 - Prinsipp for styrkeberegning av POM-bunn i skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Den maksimale bøyespenningen oppstår når en gitt last har angrepspunkt midt på bjelken, som vist i figur 30. Det velges en bredde  $b = 10$  mm, for å finne kraften én bjelke kan støtte i posisjonen som er anvist. Formelen for bøyespenning og bøyemoment kombinert gir:

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} \quad (3)$$

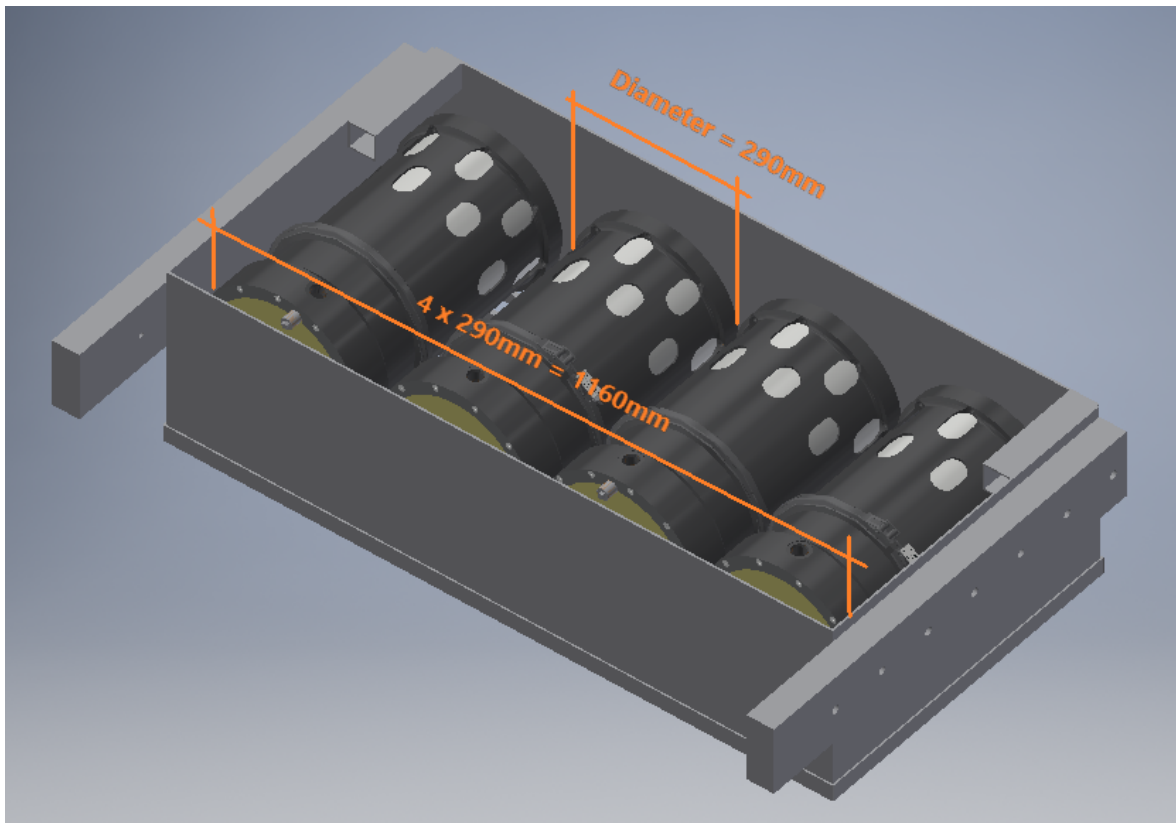
$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (4)$$



$$M_b = \frac{F \cdot L}{4} \quad (8)$$

$$\rightarrow \sigma_b = \frac{\left(\frac{F \cdot L}{4}\right)}{\left(\frac{b \cdot h^2}{6}\right)}$$

Bøyepeningen ( $\sigma_b$ ) erstattes med tillatt spenning ( $\sigma_{b\text{øy,till}}$ ). Lengden bestemmes ut i fra at det er ønskelig fra bedriften å få plass til fire 10-liters hydrauliske kompensatorer i bakre skuff. Disse orienteres som anvist i figur 31.



Figur 31 - 4 stk. 10L hydrauliske kompensatorer fra Kystdesign i bakre skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund. 3D-fil av kompensatoren er tilsendt av Kystdesign.

Største diameter på kompensatorene er på 290 mm som vist i figuren (Kystdesign, 2018). Dette gir et behov for total bredde inne i skuffa på 1160 mm. Denne lengden rundes opp til  $L = 1200$  mm for å tillate mellomrom. Det tas ikke høyde for ekstra plassbehov i bredden for tilkobling av hydraulikk-slanger fra ROV-en til kompensatorene. Den kraften en bjelke med målene 10x20x1200 mm kan støtte på midten blir som følger:

$$\sigma_{b\text{øy,till}} = \frac{1,2 \cdot \sigma_{yield,POM}}{SF}$$

$$\frac{1,2 \cdot \sigma_{yield,POM}}{SF} = \frac{\left(\frac{F \cdot L}{4}\right)}{\left(\frac{b \cdot h^2}{6}\right)}$$



Ligningen skrives om for å gi et uttrykk for kraften F:

$$F = \frac{1,2 \cdot \sigma_{yield,POM}}{SF} \cdot \left( \frac{b \cdot h^2}{6} \right) \cdot \frac{4}{L}$$

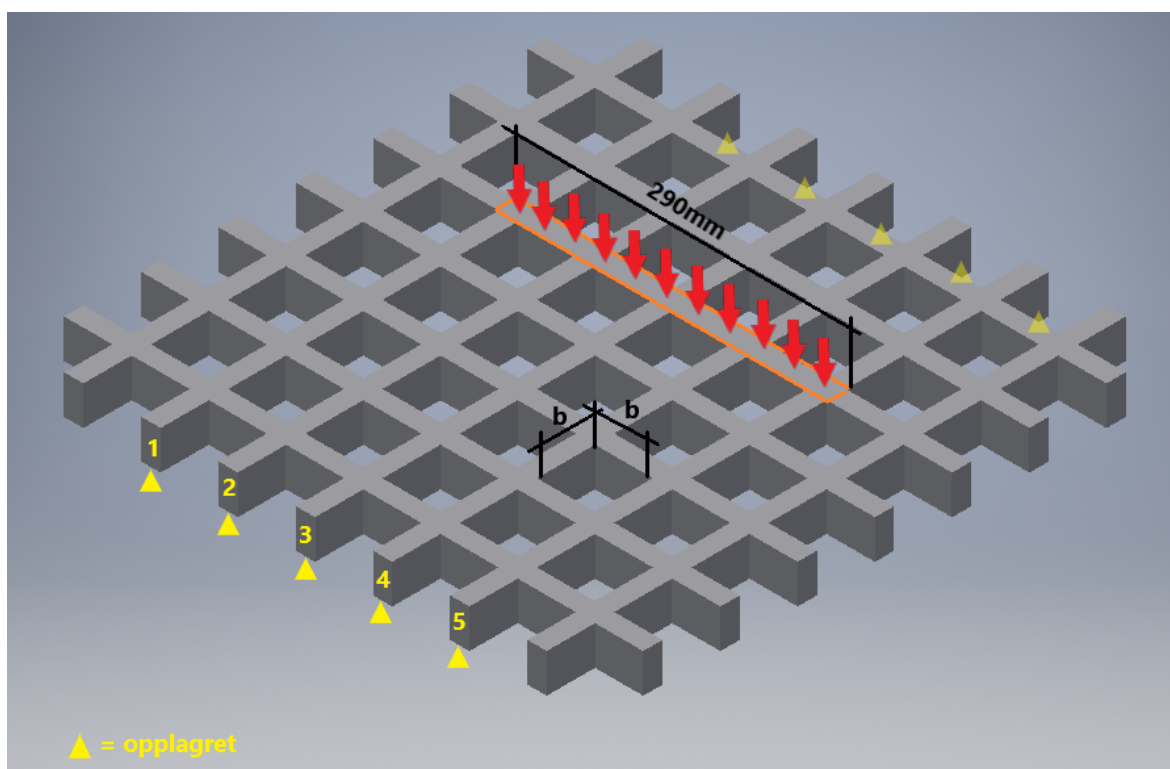
$$F = \frac{1,2 \cdot 78 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} \cdot \left( \frac{10[mm] \cdot (20[mm])^2}{6} \right) \cdot \frac{4}{1200[mm]}$$

$$F \approx 69[N]$$

Dette tilsvarer en masse lik:

$$m = \frac{F}{g} = \frac{69[N]}{9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} \approx 7[kg] \quad (1)$$

Én stykk 10-liters kompensator veier 20,5 kg i luft (Kystdesign, 2018), denne fylles med væske. Etter samtale med bedriften ble det enighet om å dimensjonere etter en vekt på 30 kg i luft per kompensator. Det antas at vekten av kompensatorene overføres via en brakett til underlaget slik at det oppstår en jevn kraftfordeling, dette illustreres i figur 32.



Figur 32 – Jevnt fordelt kraft med røde piler fra kompensator på POM-bunn. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Antallet bjelker som er med på å holde opppe lasten (antall aktive bjelker =  $n_{b,a}$ ) avhenger av bredden (b) på utsparingene:

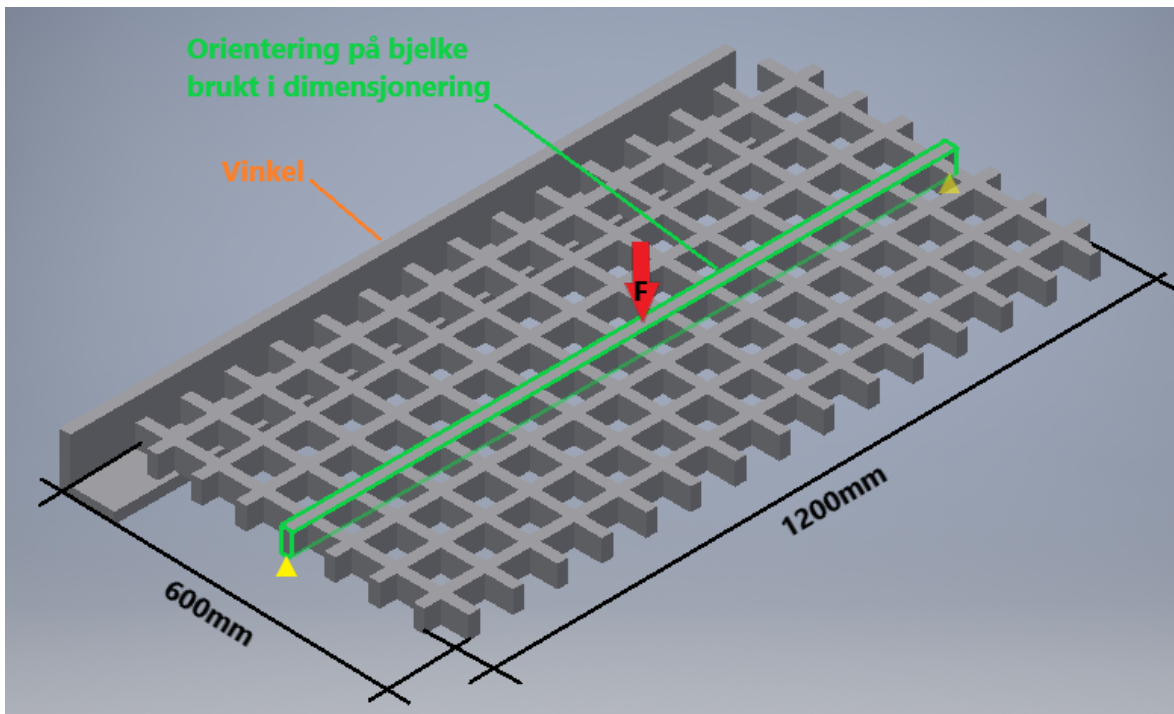
$$n_{b,a} = \frac{\text{lengde av kraftfordeling}}{\text{bredde av bjelke} + \text{bredde av utsparing}}$$

$$n_{b,a} = \frac{290[mm]}{10[mm] + 40[mm]} = 5,8$$

Med utsparinger med mål på 40x40 mm blir  $n_{b,a} = 5,8$ . Dette rundes ned til nærmeste hele tall for å finne vektkapasitet ( $k_v$ ) over bredden kraften fordeles:

$$k_v = 5 \cdot 7[kg] = 35[kg]$$

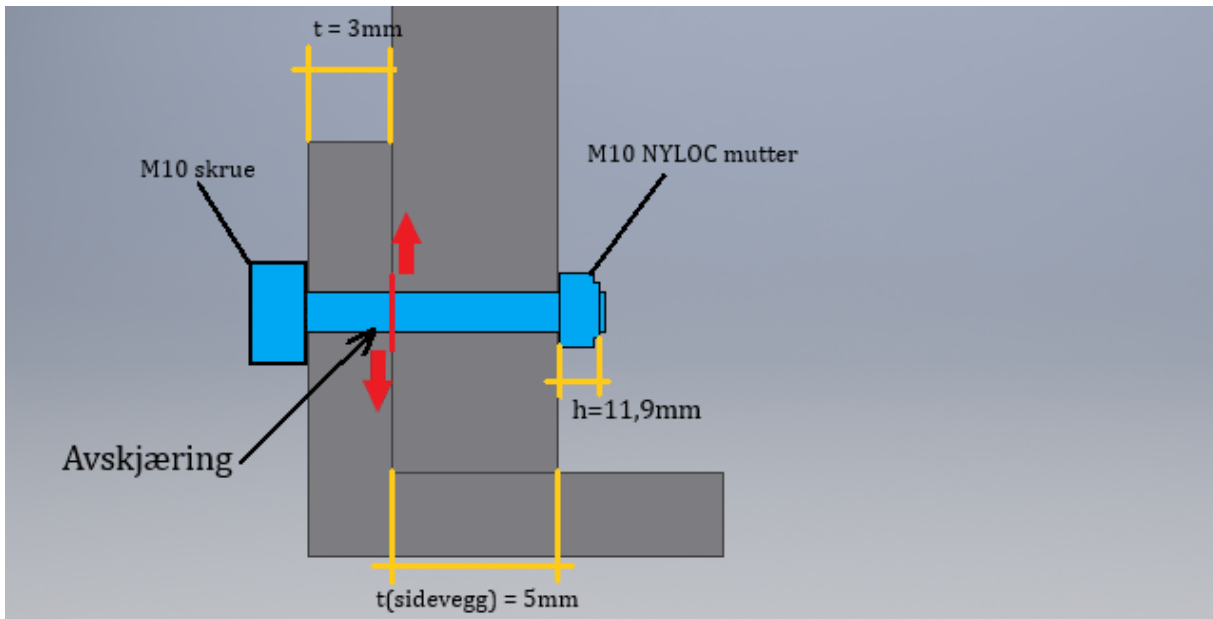
Vekten av en kompensator i luft ble satt til 30 kg. Da vekten én bjelke godkjennes for, ble regnet ut fra en plassering av kraften som angitt i figur 33, men plasseringen i realiteten vil bli lenger inn til veggen og fordelt via flere enn én flate som illustrert i figur 32, regnes  $k_v$  (35 kg) som en akseptabel og konservativ kapasitet. I tillegg til dette blir POM-bunnen støttet opp på alle fire sider av en vinkel som illustrert på én side i figur 32. Det er dermed ikke på kun to av sidene at bunnen får støtte. Den er altså overdimensjonert, men målene beholdes da denne delen også vil bli utsatt for udefinerte dynamiske laster.



Figur 33 - Orientering på bjelken som er brukt i dimensjonering av POM-bunnen. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

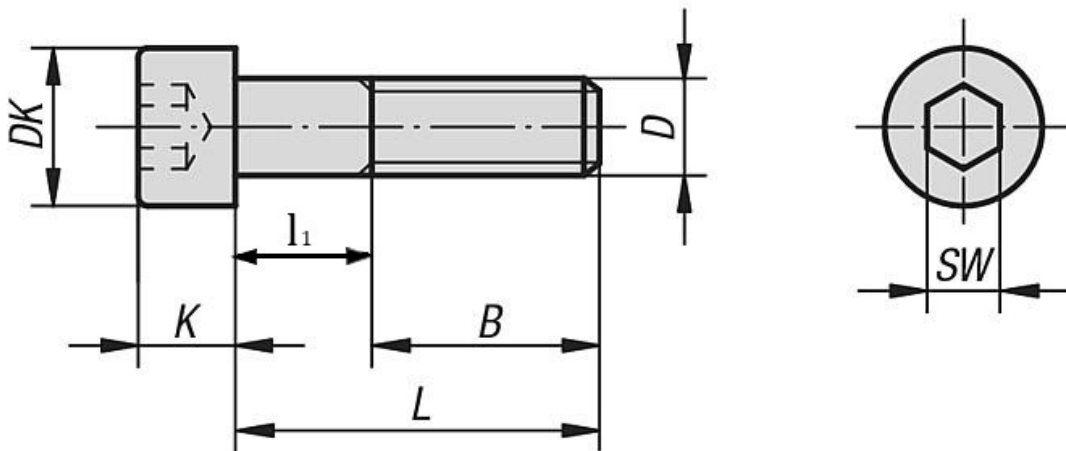
### 5.2.3 Vinkelprofiler

Vinkelen som er illustrert på forrige figur skal sørge for å holde bunnen i skuffene posisjonert. Det skal monteres en vinkel på alle fire sider av de to skuffene og den skal festes med skruer til sideplatene som illustrert i figur 34.



Figur 34 - Snitt av vinkel festet til sidevegg med en skrue. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Dette skal bli en avskjæringsforbindelse. Det er da viktig at lengden fra bolthodet og til der gjengene starter ( $l_1$  på figur 35) er lenger enn 3 mm slik at det er en fullstendig diameter (uten gjenger) der avskjæringen finner sted.



Figur 35 - Navngitte dimensjoner på en ISO 4762 skrue. Bildet er hentet fra Norelem sine nettsider og er redigert av Eivind Eidem Erslund. Hentet fra [https://www.norelem.de/xs\\_db/BILD\\_DB/Z/Z0/Z07/www/750/Z07160.jpg](https://www.norelem.de/xs_db/BILD_DB/Z/Z0/Z07/www/750/Z07160.jpg). Brukt med tillatelse.

En M10-skrue av typen ISO 4762 har lengden  $l_1 = 4,5$  mm for alle skruer med lengden  $L \leq 40$  mm (Fischer, et al., 2011). Minimum lengde som trengs ( $L_{min}$ ) kommer av tykkelsen på vinkel og sideplate og høyden på NYLOC-mutter. Disse målene er angitt i figur 34.

$$L_{min} = t_{vinkel} + t_{sidevegg} + h_{mutter}$$

$$L_{min} = 3[mm] + 5[mm] + 11,9[mm] = 19,9[mm]$$

Det må brukes M10-skruer med minimum lengde  $L_{min} = 20$  mm slik at gjengene når gjennom mutteren.

Skruens tverrsnitt må tåle avskjæringen. Jevnføringsspenningen finnes etter formel for skjærspenningen som oppstår. Denne må være mindre enn eller lik tillatt spenning. Det undersøkes først om kun én skrue er i stand til å holde en vekt på 120 kg alene, og at denne skruen er av fasthetsklasse 70.

$$\sigma_{jf} = \sqrt{3\tau^2} \quad (10)$$

$$\tau = \frac{F}{n \cdot \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)} \quad (11)$$

$$\rightarrow \tau = \frac{120[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]}{1 \cdot \left(\frac{\pi(10[\text{mm}])^2}{4}\right)} \approx 14,99 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\rightarrow \sigma_{jf} = \sqrt{3 \left(14,99 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]\right)^2} \approx 25,96 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\tau_{s,till} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{yield,70}}{SF}$$

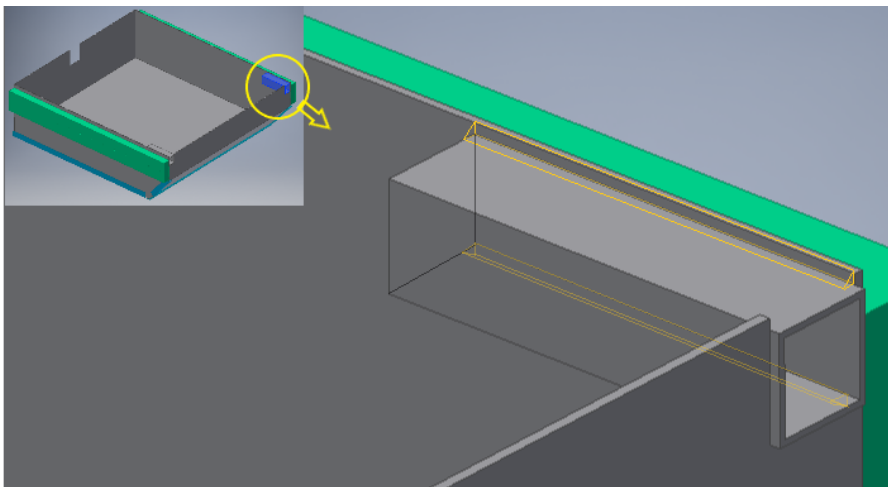
$$\rightarrow \tau_{s,till} = \frac{0,6 \cdot 700 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]}{3} \approx 140 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$$

$$\rightarrow \sigma_{jf} < \sigma_{till}$$

Skruene vil tåle skjærspenningen som oppstår med god margin da kun én skrue er i stand til å ta hele lasten skuffebunnen er dimensjonert for. Lasten antas å være av neglisjerbar størrelse i forhold til vinklens kapasitet, da den vil fordeles over flere vinkler og skruer enn regnet på. Det sjekkes derfor ikke flere tverrsnitt av vinklene.

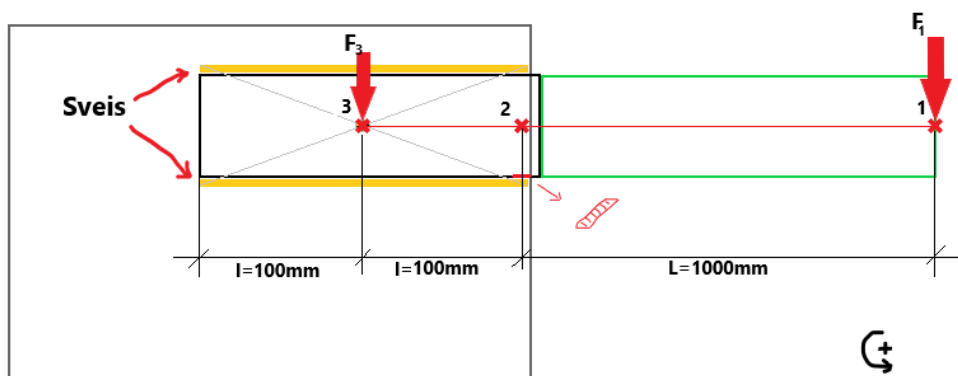
#### 5.2.4 Quick-connectors i skuff

Her er det valgt å bruke firkantede rør. I skuffene skal disse festes til sideveggene med kilsveis som vist på figur 36.



Figur 36 - Kilsveis på quick-connectors i skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

For å dimensjonere sveisen brukes følgende modell illustrert i figur 37. Profilen betraktes som en flatprofil festet til vegg med kilsveis. Denne forenklingen kan brukes da kreftene som normalt ville revet profilen ut fra veggen regnes som støttet opp av flaten profilen ligger på i front. Denne flaten er illustrert i figuren ved punkt 2. Det grønne området regnes som en forlengelse av den sveisede profilen og blir utsatt for en last i punkt 1 markert med rød pil ( $F_1$ ). Lasten som dimensjoneres for her settes til 150 kg da dette er den tyngste eksempellasten oppgitt av bedriften. Det antas at lasten blir likt fordelt på de to firkantprofilene i skuffene, da blir  $F_1 = 75$  kg. Sveisene, markert med gult, sørger for en motkraft for å hindre rotasjon om punkt 2. Denne motkraften har angrepspunkt i sveisens massesenter, punkt 3, som anvist i figuren.



Figur 37 - Illustrasjon av beregningsmodell for quick-connectors i skuff. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

Størrelsen på motkraften ( $F_3$ ) som trengs finnes ved å sette opp en likning for momentet om punkt 2. Positiv rotasjonsretning regnes som mot klokken.

$$\sum M_2 = 0 \rightarrow F_3 \cdot l - F_1 \cdot L = 0$$

$$F_3 = \frac{F_1 \cdot L}{l} = \frac{75[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot 1000[\text{mm}]}{100[\text{mm}]} = 7357,5[\text{N}]$$

Sjekker hva sveisen tåler med et a-mål = 3 mm. Hver sveiselengde blir her 200 mm, men det tillates endekrater i beregningene. Flytegrensen for beregning av tillatt spenning bestemmes av det svakeste materialet. Her er det firkantprofilen som har en flytgrense  $\sigma_{f,6060} = 160 \text{ N/mm}^2$ . Finner et uttrykk for jevnføringsspenningen i sveisen:

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp} + \tau_{\parallel})^2} \leq \sigma_{till} = \frac{\sigma_{f,6060}}{SF}$$

Ved denne belastningen av sveis blir  $\tau_{\parallel} \approx 0$  og  $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$  (Husø Ø., Styrkeberegning av sveiser, 2010).

$$\rightarrow \sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\sigma_{\perp}^2} = \sqrt{4\sigma_{\perp}^2} = 2\sigma_{\perp} \quad (14)$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{a \cdot l} \quad (18)$$

$$\rightarrow \sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{a \cdot l_{eff}} \quad , \quad l_{eff} = 2(2l - (2a))$$

$$\rightarrow \sigma_{jf} = 2\sigma_{\perp} = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{a \cdot l_{eff}} = \sqrt{2} \cdot \frac{F}{a \cdot l_{eff}}$$

$$\rightarrow \sigma_{jf} = \sqrt{2} \cdot \frac{7357,5[N]}{3[mm] \cdot 2(2 \cdot 100[mm] - (2 \cdot 3[mm]))} \approx 8,94 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Sjekker hva utnyttelsesfaktoren (UF) av sveisen blir:

$$UF = \frac{\sigma_{jf}}{\sigma_{till}} = \frac{8,94 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{\left( \frac{160 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} \right)} \approx 0,168 \rightarrow 16,8\% \text{ utnyttelse}$$

Med en sikkerhetsfaktor = 3 tatt i betraktning regnes 16,8% utnyttelse av sveisen for å være en akseptabel verdi.

I kapittel 5.2.1 ble det valgt en større platetykkelse for å følge regelen om at minste tillatte a-mål er «0,7 x minste platetykkelse» (Dahlvig, 1991). Firkant profilen som er medregnet å bruke her har veggtykkelse t = 3 mm. Setter opp en likning for å få a-målet som kreves for å motvirke F<sub>3</sub>. For enkelthetens skyld tillates det ikke endekrater i denne beregningen.

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{a \cdot 2L} \quad (18)$$

$$L = 2l$$

$$a = \sqrt{2} \frac{F}{\sigma_{\perp} \cdot 2L}$$

$$2\sigma_{\perp} = \sigma_{jf} \rightarrow \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{jf}}{2} \quad , \quad \sigma_{jf} \leq \sigma_{till} = \frac{\sigma_f}{SF}$$

$$\rightarrow \sigma_{\perp} = \frac{\left( \frac{\sigma_f}{SF} \right)}{2} = \frac{\left( \frac{160 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} \right)}{2} \approx 26,67 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Innfører at tillatt spenning ( $\sigma_{till}$ ) er lik normalspenning ( $\sigma_{\perp}$ ):

$$\rightarrow a = \sqrt{2} \cdot \frac{7357,5[N]}{26,67 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot 2 \cdot 200[mm]} \approx 0,98[mm]$$

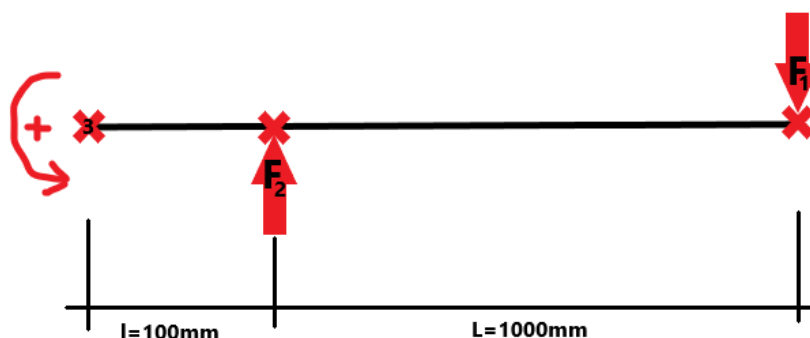
For å motvirke  $F_3$  er det tilstrekkelig med en sveis på over og undersiden med et a-mål på 0,98 mm.

$$a_{min} = 0,7 \cdot t_{min,plate}$$

$$t_{min,plate} = \frac{a_{min}}{0,7} = \frac{0,98[mm]}{0,7} = 1,4[mm]$$

Hvis det hadde fungert i praksis å lage en sveis med a-mål mindre enn 3 mm ville det vært tilstrekkelig med  $a = 0,98$  mm. Da hadde det holdt med en platetykkelse  $t_{min,plate} = 1,4$  mm for å innfri regelen. Ettersom minimum tillatt a-mål er 3 mm velges dette for de aktuelle sveisene. Det er nå sjekket at selv om veggtykkelsen på firkantprofilen er for liten i forhold til a-målet på sveisen, vil ikke dette ha noen innvirkning da det egentlig ikke er behov for et så stort a-mål.

Tverrsnittet firkantprofilen hviler på i front sjekkes for trykkspenningen som vil oppstå. Denne spenningen kommer av en kraft ( $F_2$ ) fra firkantprofilen ned på tverrsnittet i punkt 2. Det brukes samme modell som i figur 37, men settes opp likning for at momentet om punkt 3 blir null. Fritt legeme diagram er vist i figur 38 med positiv rotasjonsretning mot klokken.

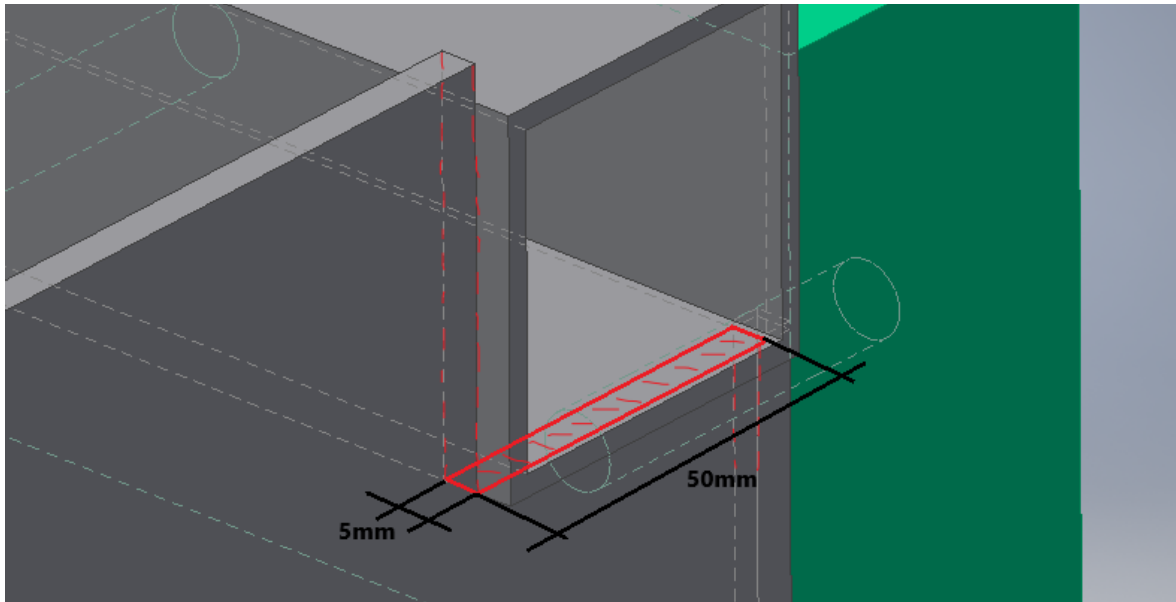


Figur 38 - Fritt legeme diagram for momentet om punkt 3. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

$$\sum M_3 = 0 \rightarrow F_2 \cdot l - F_1 \cdot (L + l) = 0$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot (L + l)}{l} = \frac{75[kg] \cdot 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \cdot (1000[mm] + 100[mm])}{100[mm]} = 8093,25[N]$$

Arealet illustreres i figur 39. Dette må tåle trykkspenningen som følge av kraften  $F_2 = 8093,25$  N.



Figur 39 - Tverrsnittsarealet firkant-profilen ligger på i front. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Finner spenningen tverrsnittet må tåle. Denne må være mindre eller lik tillatt spenning. Flytegrensen til materialet profilen ligger på i front er  $\sigma_{f,5083} = 215 \text{ N/mm}^2$ .

$$\sigma = \frac{F_2}{A} \leq \sigma_{till} \quad (16)$$

$$\sigma = \frac{8093,25[N]}{5[mm] \cdot 50[mm]} = 32,273 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_{till} = \frac{\sigma_f}{SF} = \frac{215 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} \approx 71,67 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\rightarrow \sigma < \sigma_{till}$$

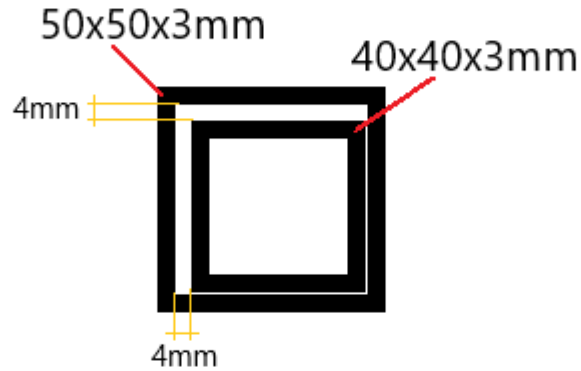
Tverrsnittet vil tåle belastningen. Det understrekes også at kapasiteten til sveisen som befinner seg i det aktuelle hjørnet ( $F_k = 15372 \text{ N}$ ) er høyere enn kraften ( $F_2 = 8093,25 \text{ N}$ ) som flaten under firkant-profilen presses ned med.

### 5.2.5 Insert i quick-connectors

I de fastmonterte 50x50-profilene skal det kunne tres inn en profil som låses av med en gjennomgående bolt. Arbeidsomfanget i denne oppgaven er begrenset til å ikke omhandle utformingen av selve inserten, men valget av dimensjon på profilene argumenteres for med beregninger.

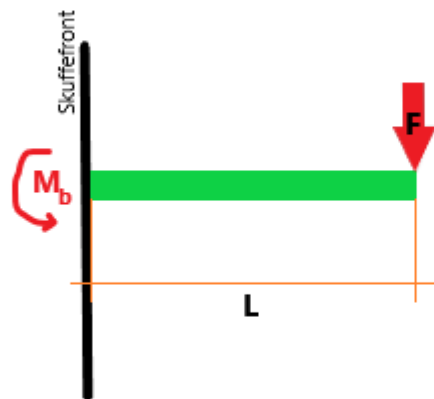
Inn i de fastmonterte 50x50-profilene er det plass til en 40x40-profil. Begge disse lagerføres av Norsk Stål i aluminiumslegering 6060 og har en veggtykkelse på 3 mm. 40x40-profilen passer inn med klaring som vist på figur 40.





Figur 40 - Tverrsnitt av en 40x40-profil i en 50x50-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

50x50-profilen er festet med sveis dimensjonert for å tåle last-situasjonen det er regnet på over. 40x40-profilen sjekkes for lengden den kan stikke ut av skuffen i front med samme last (75 kg per side). Profilen regnes som fast innspent der den stikker ut av 50x50-profilen i front, situasjonen er illustrert i figur 41.



Figur 41 - Insert regnes som fast innspent bjelke med last. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Finner et uttrykk for lengden (L).

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W} \quad (3)$$

$$M_b = F \cdot L \quad (2)$$

Motstandsmomentet for 40x40-profilen ( $W_{40}$ ) finnes ved å trekke fra det indre hulrommet. Siden profilen er kvadratisk er høyden og bredden det samme:

$$\rightarrow W_{40} = \frac{B^3 - b^3}{6} = \frac{(40[\text{mm}])^3 - (34[\text{mm}])^3}{6} = 4116[\text{mm}^3]$$

Bøyepeningen ( $\sigma_b$ ) erstattes med tillatt spenning. Den tillatte spenningen kommer av anbefaling for bøyesituasjon.

$$\sigma_{b\text{øy,till}} = \frac{1,2 \cdot \sigma_{\text{yield},6060}}{SF}$$

$$\begin{aligned}\rightarrow \sigma_{bøytill} &= \frac{F \cdot L}{W_{40}} \\ \rightarrow \frac{1,2 \cdot \sigma_{yield}}{SF} &= \frac{F \cdot L}{W_{40}}\end{aligned}$$

Uttrykket gjøres om for å isolere et uttrykk for lengden (L).

$$\begin{aligned}L &= \frac{1,2 \cdot \sigma_{yield,6060} \cdot W_{40}}{SF \cdot F} \\ L &= \frac{1,2 \cdot 215 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot 4116 [mm^3]}{3 \cdot 75 [kg] \cdot 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} \approx 481 [mm]\end{aligned}$$

En 40x40-profil i 6060-legering tåler å stikke 481 mm ut av 50x50-profilen med en last på 75 kg som illustrert på figur 41 etter denne modellen. Det antas at dette er en mer kritisk lastsituasjon enn hva som vil bli utført i praksis, men dette undersøkes ikke nærmere. Blir det behov for en større lengde kan det velges en massiv firkant stang (uten hulrom). Norsk Stål lagerfører denne med målene 40x40 mm i 6082-legering.

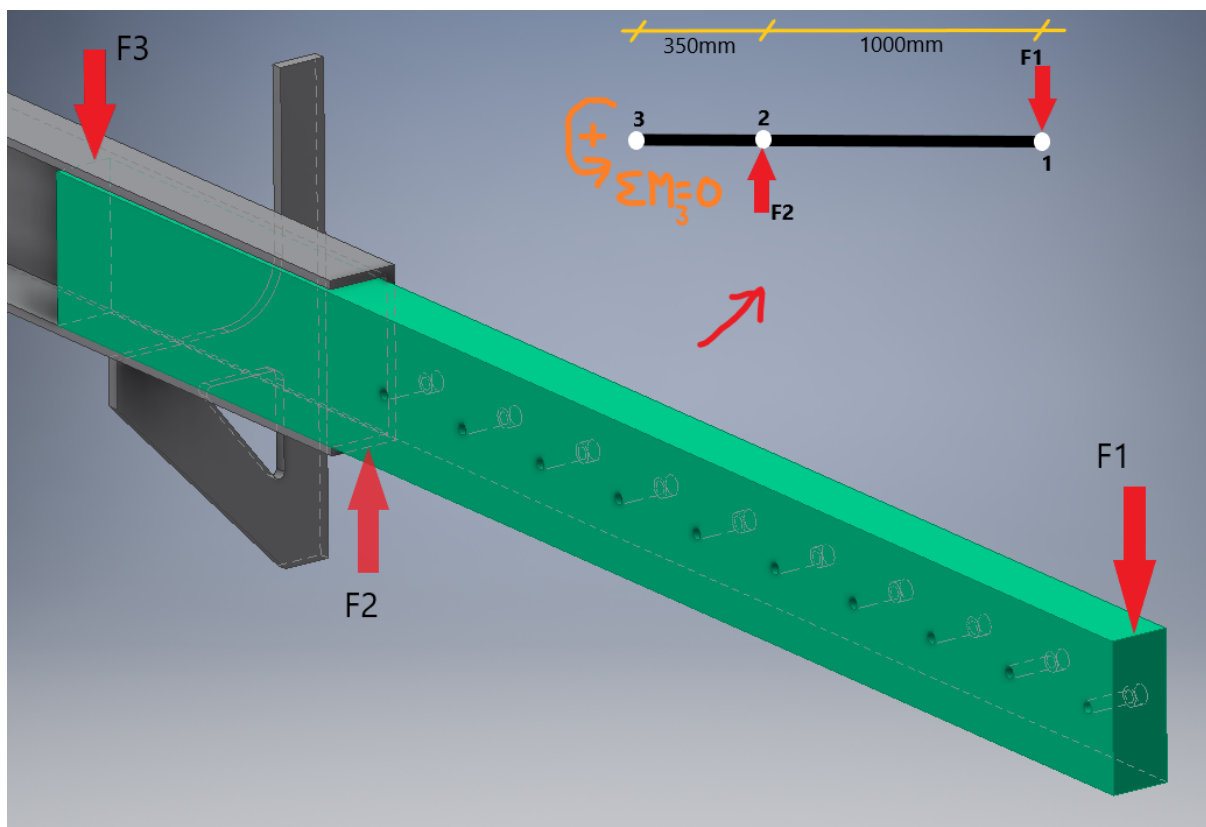
$$\begin{aligned}L &= \frac{1,2 \cdot \sigma_{yield,6082} \cdot W_{40, stang}}{SF \cdot F} \\ L &= \frac{1,2 \cdot 295 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot \left( \frac{(40 [mm])^3}{6} \right)}{3 \cdot 75 [kg] \cdot 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]} \approx 1710 [mm]\end{aligned}$$

Lengden blir nå 1710 mm. Denne stangen vil veie mer enn den hule 40x40-profilen, men tåler også mer.

## 5.3 Skid struktur

### 5.3.1 U-profil glideskinne

Profilen som POM-skinnen skal gli i må tåle lasten POM-skinnen er dimensjonert for. Dette anses som den mest kritiske situasjonen u-profilen vil bli utsatt for. I figur 42 er det laget en enkel modell for kreftene som skyver på POM-en fra u-profilen. Kraften  $F_2$  får en like stor og motsatt rettet motkraft fra POM-en på u-profilen. Denne motkraften identifiseres for å kjøre en analyse i ANSYS.



Figur 42 - Reaksjonskrefter på POM-skinne og fritt legeme diagram. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

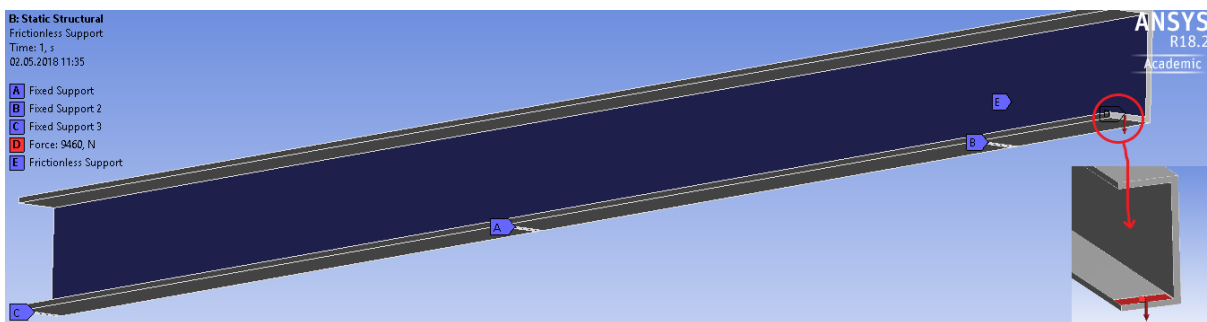
Kraften  $F_2$  finnes ved å sette opp likning for at momentet om punkt 3 blir 0.

$$\sum M_3 = 0 \rightarrow F_2 \cdot 350[\text{mm}] - F_1 \cdot 1350[\text{mm}] = 0$$

$$\rightarrow F_2 = \frac{F_1 \cdot 1350[\text{mm}]}{350[\text{mm}]} = \frac{250[\text{kg}] \cdot 9,81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot 1350[\text{mm}]}{350[\text{mm}]}$$

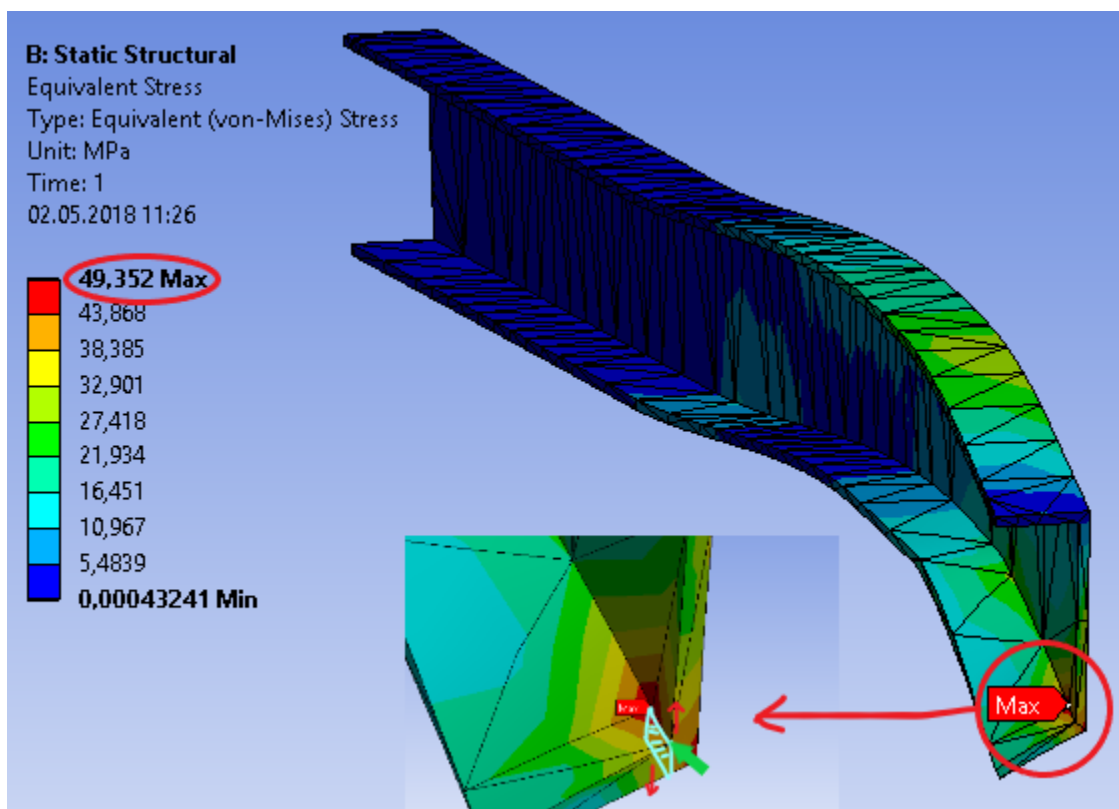
$$F_2 \approx 9460[\text{N}]$$

Kraften  $F_2$  plasseres på u-profilen i ANSYS for å se hvilke spenninger som oppstår. For å kunne markere en angrepsflate for kraften i ANSYS skjæres det ut et område i fronten av u-profilen hvor POM-skinne vil ligge. Det antas at kraften  $F_2$  fordeles over denne flaten. Den har et areal på 20x50 mm og er 0,5 mm dypt. Alle lager som er påsatt samt lasten i det utskårne området er illustrert i figur 43. For lager A, B og C gjelder det samme som for kraften, et lite område (tilsvarende kontaktflaten mellom u-profil og støttene som holder den oppe) er skåret ut for å markere en flate for lager. Avstanden mellom A, B og C er ca. 970 mm. Det er også påsatt friksjonsfritt lager i område E. Ved nedbøying på grunn av lasten som er påsatt vil u-profilen deformeres sideveis inn mot skuffa. Det antas at dette ikke vil skje i praksis nettopp fordi skuffens POM-skinne støtter i mot vegg E som et friksjonsfritt lager.



Figur 43 - U-profil med lager og last. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Resultatet etter analyse er presentert i figur 44 med et nærbilde av plasseringen på maksimal spenning.



Figur 44 - Analyse av u-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Den maksimale spenningen ( $\sigma_{max,ANSYS}$ ) finner sted i hjørnet av området som ble skåret ut for å få en angrepsflate for kraften. Tillatt spenning avgjøres etter figur 44 for å se om den overskrides. Da det tolkes som at en avskjæring potensielt vil finne sted i dette området (illustrert på figur 44 i forstørret område) velges det å sette tillatt spenning etter anbefaling for skjæringsituasjon. U-profilen leveres av Norsk Stål i en 6082-legering.

$$\sigma_{max,ANSYS} = 49,352 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\tau_{s,till} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{yield,6082}}{SF} = \frac{0,6 \cdot 295 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3}$$

$$\tau_{s,till} = 59 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

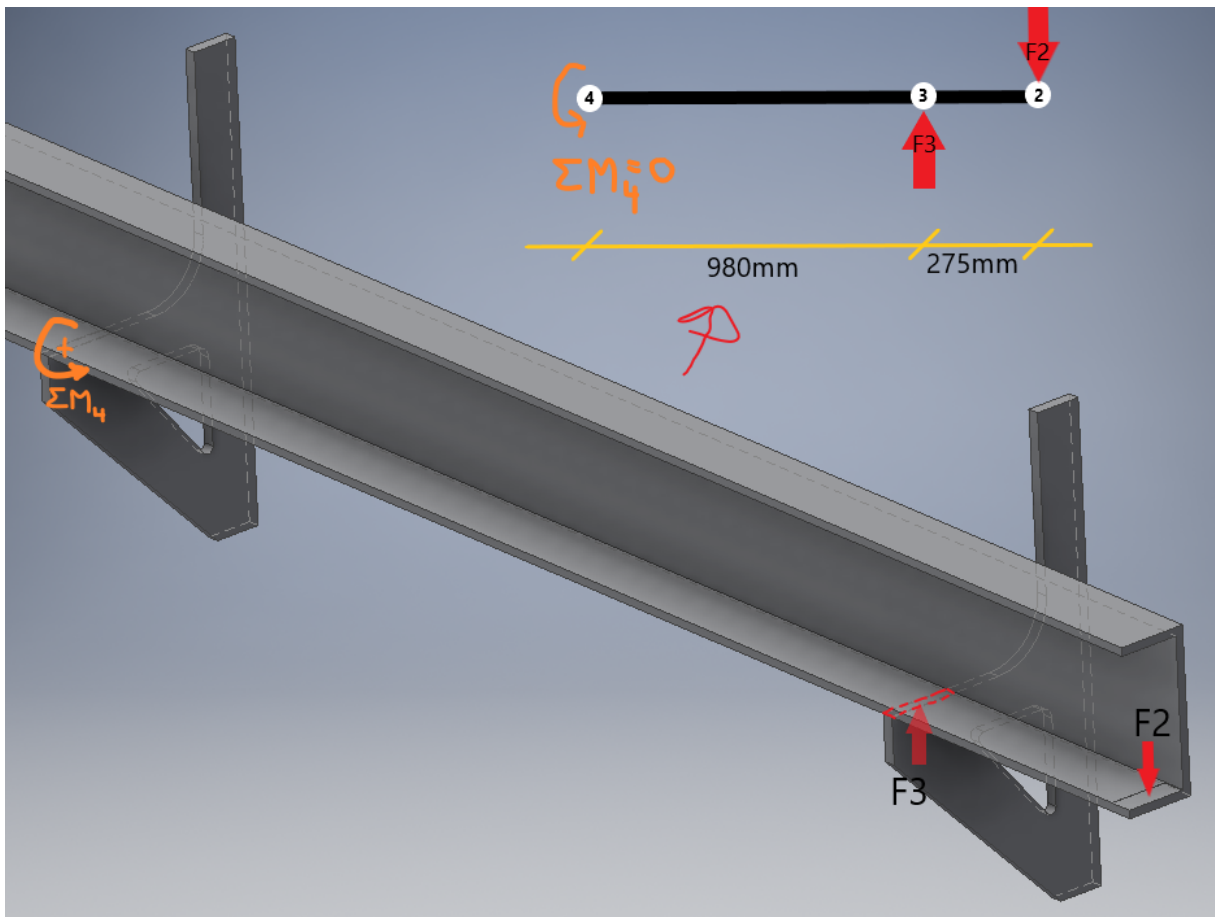
$$\rightarrow \sigma_{max,ANSYS} < \tau_{s,till}$$

Etter denne modellen oppgir ANSYS verdier som tilsier at u-profilen vil tåle belastningen.

Lokasjonen for maks-spenningen kan komme av utskjæringen som er gjort for å kunne definere en angrepsflate. Forventet plassering av maks-spenning er mer mot enden av profilen, markert på figuren med grønn pil. Dette er en mulig feilkilde, det kan dermed argumenteres for å anta at den faktiske maksimale spenningen som opptrer finnes i dette området, men begge spenningene etter denne analysen er mindre enn tillatt spenning.

### 5.3.2 Vertikale støtter

For å avgjøre den mest kritiske lasten de vertikale støttene utsettes for jobbes det videre med kraften  $F_2 = 9460 \text{ N}$ . U-profilen regnes som en bjelke som roteres om punkt 4. Situasjonen er illustrert i figur 45.



Figur 45 - Krefter på u-profil. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

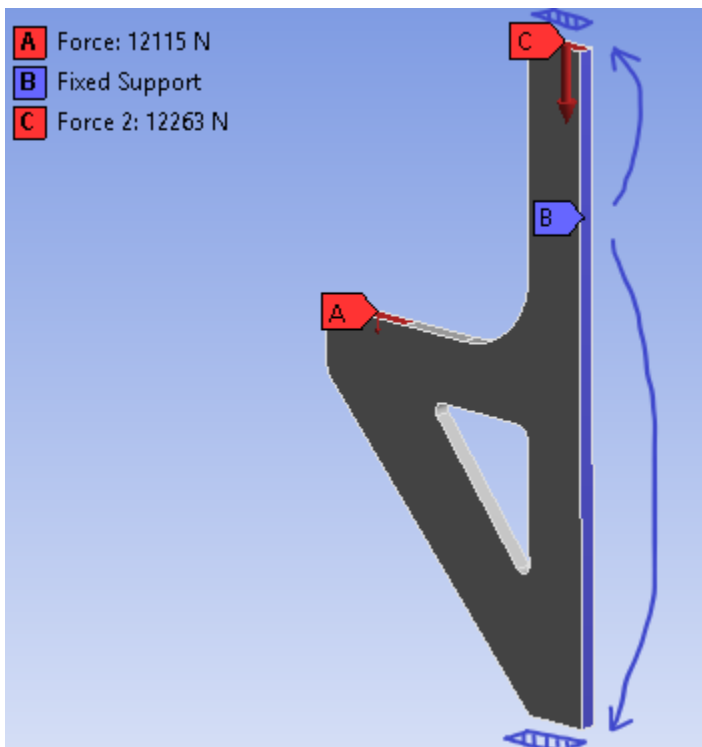
Kraften  $F_3$  på profilen får en like stor og motsatt rettet kraft som virker ned på støtten. Denne motkraften vil bli påsatt den vertikale støtten i ANSYS for å sjekke spenninger.

$$\sum M_4 = 0 \rightarrow F_3 \cdot 980[\text{mm}] - F_2 \cdot (275[\text{mm}] + 980[\text{mm}]) = 0$$

$$\rightarrow F_3 = \frac{F_2 \cdot (275[\text{mm}] + 980[\text{mm}])}{980[\text{mm}]} = \frac{9460[\text{N}] \cdot (275[\text{mm}] + 980[\text{mm}])}{980[\text{mm}]}$$

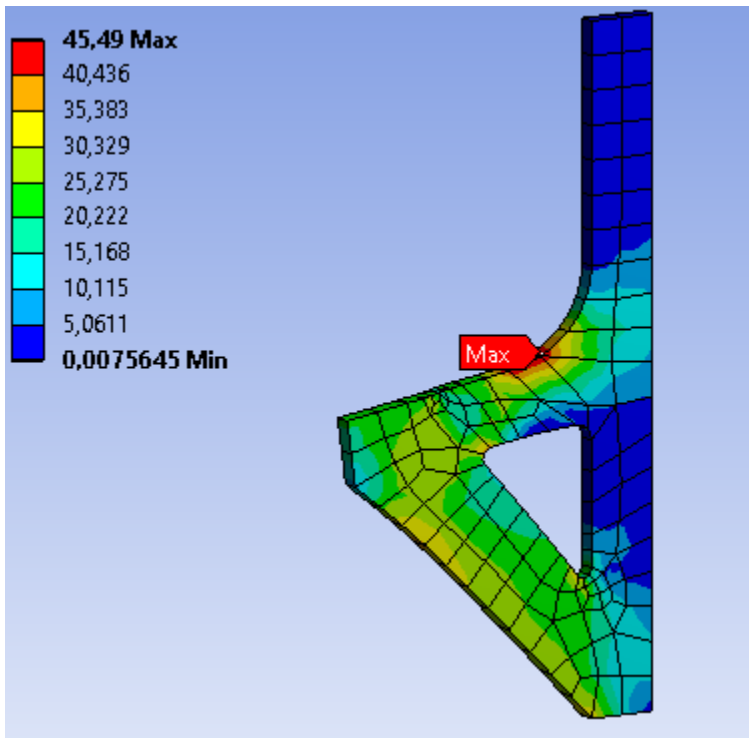
$$F_3 \approx 12115[\text{N}]$$

Kraften  $F_3$  settes på kontaktflaten mellom støtten og u-profilen i ANSYS. Det velges å angi at støtten er lagret i alle tre flater merket med blått på figur 46 fordi disse flatene skal sveises fast til annet materiale som vil hindre bevegelse. Det angis også en kraft i posisjon C på figuren som gjenspeiler en sjettedel av vekten av ROV og TMS (7500 kg).



Figur 46 – Lager og last på vertikal støtte. Tegnet av Eivind Eidem Erslund

Et utklipp fra resultatet av analysen er presentert i figur 47. Det kan virke som det er mulig å gjøre en større utsparring i denne støtten, da den skråstilte delen ikke er den mest kritiske, men delen optimaliseres ikke videre i denne rapporten. Den største spenningen som oppstår er  $\sigma_{\text{maks,ANSYS}} = 45,49 \text{ N/mm}^2$ .



Figur 47 – Utklipp av resultat av analyse i ANSYS. Tegnet av Eivind Eidem Ersland.

Den maksimale spenningen fra ANSYS-analysen sjekkes opp mot tillatt spenning for delen. Denne støtten er tenkt å skjæres ut av en aluminiumsplate i 5083-legering. Ut i fra last- og lager-plasseringen antas det at det er strekkspenninger som oppstår i området ved  $\sigma_{maks,ANSYS}$ . Tillatt spenning bestemmes derfor etter anbefaling for strekksituasjon.

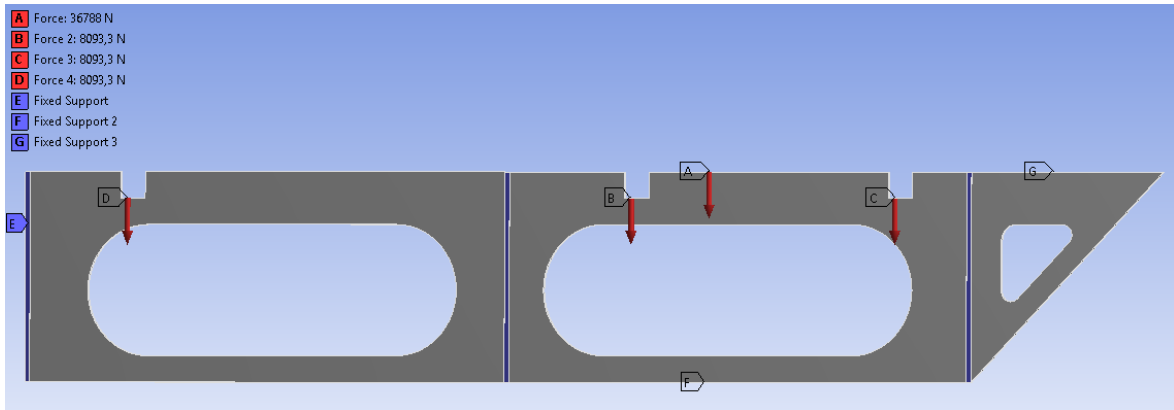
$$\sigma_{strekktill} = \frac{\sigma_{f,5083}}{SF} = \frac{215 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} \approx 71,67 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\rightarrow \sigma_{maks,ANSYS} < \sigma_{strekktill}$$

Tillatt spenning overskrides ikke i følge ANSYS-analysen.

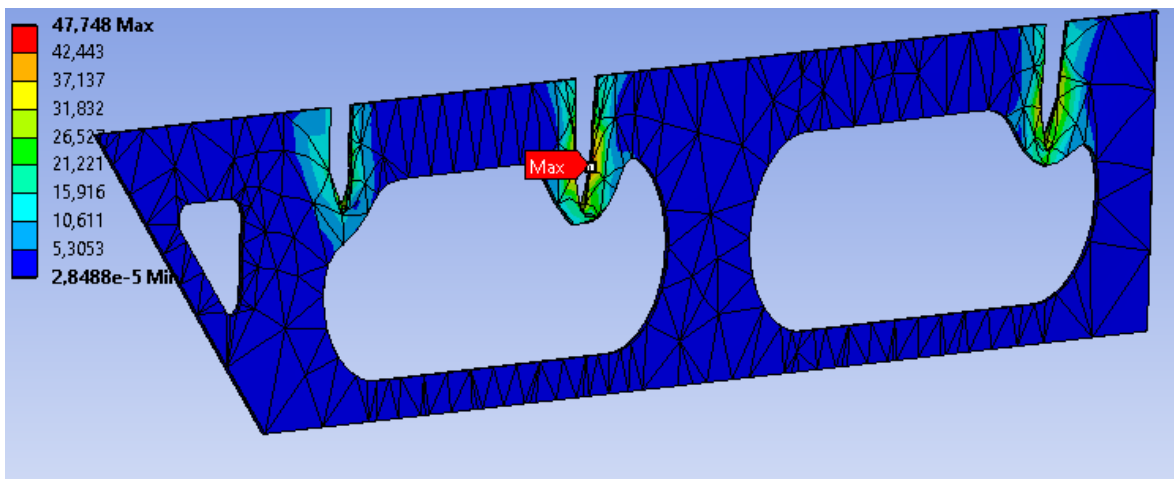
#### 5.4 Sidevegg

Veggen de vertikale støttene skal sveises fast til analyseres i ANSYS. Lager og last illustreres i figur 48. Det plasseres en jevnt fordelt last på øvre kant av sideveggen ( $F_A$ ) som gjengir halvparten av vekten av ROV og TMS (750 kg) i luft. Kreftene  $F_B$ ,  $F_C$  og  $F_D$  har samme størrelse som  $F_2$  i kapittel 5.2.4 – Quick-connectors i skuff. Det sjekkes dermed om utsparingene til quick-connectors på sidene tåler lasten som quick-connectors i skuffene er dimensjonert for.



Figur 48 - Last og lager på sidevegg i analyse. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Resultatet etter analysen er illustrert i figur 49. Den maksimale spenningen som oppstår ser ut til å komme av lasten påsatt i posisjon B fra forrige figur.



Figur 49 - Analyse av sidevegg. Bildet er laget av Eivind Eidem Erslund.

Den største spenningen analysen gjengir ( $\sigma_{maks,ANSYS}$ ) sjekkes opp mot tillatt spenning for materialet (5083-legering). Det er uvisst hvilken type spenning som oppstår her, for å være på den sikre siden settes derfor tillatt spenning etter anbefaling for skjærspenning, da denne gir lavest verdi.

$$\tau_{s,till} = \frac{0,6 \cdot \sigma_{yield,5083}}{SF} = \frac{0,6 \cdot 305 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} = 61 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\rightarrow \sigma_{maks,ANSYS} < \tau_{s,till}$$

Tillatt spenning er større enn maksspenning i analysen. Veggens tåler dermed lastene ut i fra denne modellen.

## 5.5 Feste mellom ROV og skid

Skiden skal skrues fast i bunnrammen til ROV-en. Skruene skal tilsammen bære vekten av hele skiden, eventuelle laster i skuff og tilkoblet utstyr. På grunn av at konstruksjonens vekt ikke har en betydelig økning om det brukes flere skruer, settes vekten av skid ( $m_{skid}$ ) en del høyere enn det som antas å være realistisk. Dette gjøres for å være på den sikre siden i dimensjonering av festingen.



Den totale vekten på skiden blir satt til  $m_{skid} = 2000 \text{ kg}$

$$F_{skid} = m_{skid}g \quad (1)$$

$$F_{skid} = 2000[\text{kg}] \cdot 9.81 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$F_{skid} = 19620[\text{N}]$$

Det må regnes ut hvor mange skruer som trengs. Antar at vekt blir fordelt jevnt på alle skruene. Regner for å finne ut hvor mange M10 bolter som trengs for å bære kraften fra skiden.

Tar utgangspunkt i A4 – 70 skruer. Finner tillatt spenning etter anbefalinger fra figur 16 for strekkspenning. Regner ut tillatt spenning for hver skrue.

$$\sigma_{strekk,till} = \frac{\sigma_{f,70}}{SF}$$

$$\sigma_{strekk,till} = \frac{450 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]}{3} = 150 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Bruker tillatt spenning og spenningsareal for M10 skrue for å finne skruens tillatte totallast. Spenningsarealet til M10 er  $58 \text{ mm}^2$  (Husø, Forspenning av skrue, 2010).

$$F_{a,till} = \sigma_{strekk,till} \cdot A_s \quad (13)$$

$$F_{a,till} = 150 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right] \cdot 58[\text{mm}^2] = 8700[\text{N}]$$

Deler på faktor for forspenning for å finne den tillatte lasten skruen kan tåle. På grunn av at skruene vil være dynamisk belastet er  $k = 2$  (Husø, Forspenning av skrue, 2010).

$$F_{1,till} = \frac{F_a}{k} \quad (12)$$

$$F_{1,till} = \frac{8700[\text{N}]}{2} = 4350[\text{N}]$$

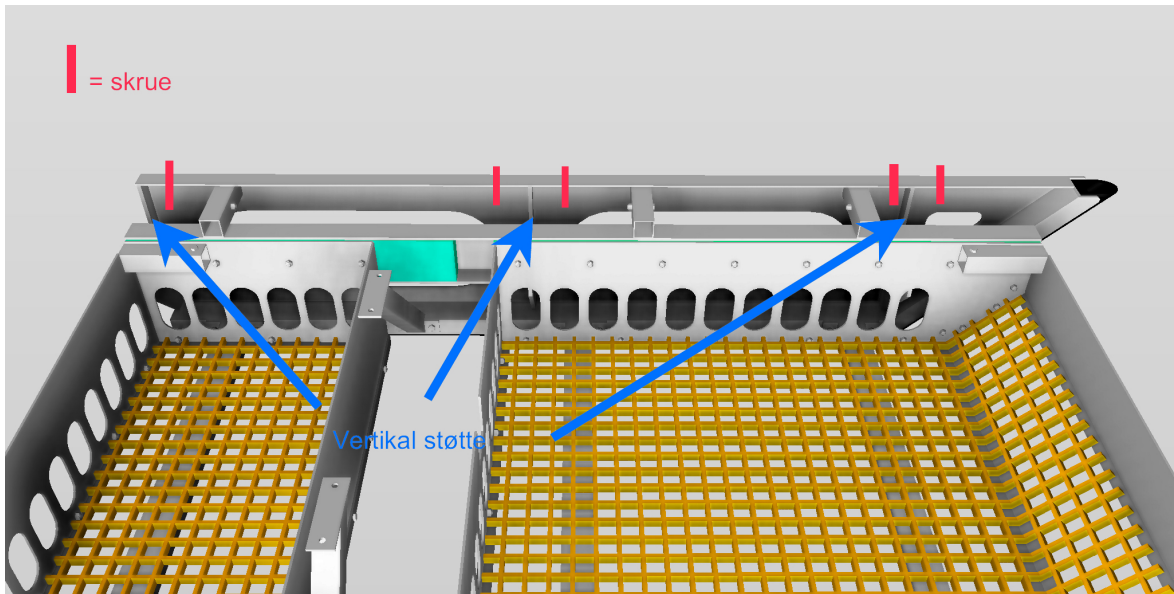
Ved å dele den tillatte lasten en skrue kan tåle på den totale lasten av skiden finnes antall M10 skruer som trengs for å feste skiden til ROV-en.

$$\text{Antall skruer} = \frac{F_{skid}}{F_1}$$

$$\text{Antall skruer} = \frac{19620[\text{N}]}{4350[\text{N}]} = 4.51$$

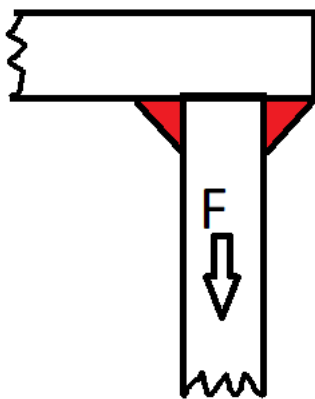
Det trengs minst 4,5 skruer for å skru skiden i ROV-en. Det vil si at det må brukes fem skruer. Det antas at skidens vekt er jevnt fordelt. For at vekten av skiden skal bli jevnt fordelt rundt rammen av ROV-en vil det være naturlig bruke mer enn fem skruer.

Gruppen anbefaler å bruke minimum fem skruer per side. Ved bruk av kun fem skruer illustreres en anbefalt omtrentlig plassering av skruene i figur 50 som begrunnes med at det her vil finnes mer sveis som holder skiden fast i toppskinnen (vertikale støtter sveises til toppskinnen i samme området).



Figur 50 - Anbefalt plassering av skruer og sveis. Bildet er laget av Eivind Eidem Ersland.

## 5.6 Sveis mellom flatprofil og side

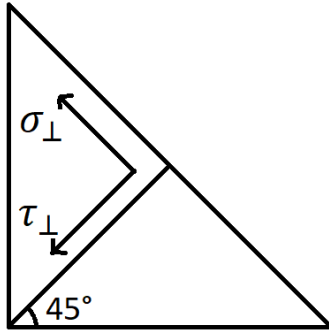


Figur 51 - Kilsveis i øvre del av sidevegg. Bildet er laget av Vebjørn Bauge.

Skidens sider sveises i flatprofilene som skrues inn i ROV-ens ramme. Sveisene bør deles i sveisestrenger jevnt fordelt langs hele sammenføyningen. Det sveises likt på begge sider av hver plate. Velger å regne med et a-mål = 3 mm.

Hver side av skiden må bære halvparten av vekten. Kraften sveisen må tåle blir da:

$$F_{\frac{skid}{2}} = \frac{F_{skid}}{2} = \frac{19620[N]}{2} = 9810[N]$$



Figur 52 – Spenning i sveis. Tegnet av Vebjørn Bauge

I en 45° sveis i et hjørne er  $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$ . Kan da sette opp:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \sin(45) \cdot \sigma = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A_s} \quad (15)$$

Bruker samme informasjon om at  $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$ , for å finne et uttrykk for jevnføringsspenning.

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2} = \sqrt{4\sigma^2} = 2\sigma_{\perp} = 2 \cdot \frac{F}{\sqrt{2} \cdot A_s} \quad (14)$$

Jevnføringsspenningen må være mindre eller lik den tillatte spenningen for at sveisen skal holde. Setter opp likning for å finne minimum lengde på sveis.

$$\begin{aligned} \sigma_{jf} &\leq \sigma_{till} \\ \frac{2 \cdot F}{\sqrt{2} \cdot l \cdot a} &\leq \sigma_{till,6082} \end{aligned}$$

$$l_{min} = \frac{2F_{\frac{skid}{2}}}{\sigma_{till,6082} \cdot \sqrt{2} \cdot 3[mm]} = \frac{2 \cdot 9810[N]}{\frac{0,6 \cdot 295 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]}{3} \cdot \sqrt{2} \cdot 3[mm]}$$

$$l_{min} = 78,4[mm]$$

En total sveiselengde på 78 mm, med a mål på 3 mm på er tilstrekkelig for å holde vekten av skiden. Det bør sveises på begge sider av sideplaten. For å fordele vekten jevnt anbefales det å bruke mer enn minimumskravet. Det kan være naturlig å plassere sveisene i sammenheng med skruene som er skrudd i ROV-en.

## 5.7 Oppsummering av deler

I dette delkapittelet følger en oppsummering av valg av dimensjoner på alle deler. Bestillingsliste finnes i vedlegg 9.5.

### 1. POM-skiner

- Bjelke av POM-H. Minimum 123 mm høyde, 50 mm bredde.
- M10 tilpasset skrue med innvendig sekskant. Minimum 55 mm lengde. Det er tatt utgangspunkt i en ISO 4762 skrue i dimensjoneringen, men dette er ikke en tilpasset skrue. Den kan erstattes av en ISO 7379 M10x40 skrue fra Norelem (Norelem, 2018). Det må brukes syrefast skrue – A4-kvalitet – fasthetsklasse 70 eller bedre.

### 2. Skuffer

- Sidevegger:
  - Vannskårne aluminiumsplater i 5083-legering sammenføres med kilsveis i hjørner som anvist på figur 27 med minimum a-mål = 3 mm.
  - Utsparinger bør utføres med avrundede hull for å holde veggen stiv og må etterlate gjennomgående tverrsnitt fra topp til bunn av platen med minimum 9 mm lengde.
- Bunnen i skuffene:
  - Plate av POM-H. Minimum 20 mm tykkelse og maks 1200 mm bredde. Lengde etter indre lengde på hver skuff.
  - Utsparinger gjøres i form av jevnt fordelte kvadratiske hull på 40x40 mm med 10 mm avstand mellom hvert hull (se figur 31).
- Vinkelprofiler:
  - Aluminium-vinkelprofil i 6082-legering med målene 30x30x3 mm. Eventuelt kan det byttes tykkelse til 5 mm for å få bedre beskyttelse.
  - Festes til sidevegg med ISO 4762 M10x20 skrue. Hvis det brukes vinkel med 5 mm tykkelse finner avskjæringen sted i gjenget del av stammen (se figur 33), men det antas at dette ikke blir kritisk da lasten er relativt lav.
- Quick-connectors i skuff:
  - Kvadratisk rør av aluminium i 6060-legering med målene 50x50x3 mm. Festes til sidevegg med kilsveis som anvist på figur 35 med minimum a-mål = 3 mm.
  - Insert i quick-connectors kan lages av standard 40x40 mm rør av aluminium fra Norsk Stål. En utregning er gjort for rør med veggtykkelse på 3 mm og en for en massiv 40x40 mm stang.

### 3. Skid struktur

- U-profil glideskinne
  - U-profil av aluminium i 6082-legering med ytre mål 60x140x60 mm og veggtykkelse på 7 mm.
  - Sammenføres til vertikale støtter med kilsveis, minimum a-mål = 3 mm.

- Vertikale støtter
  - Lages av vannskårne aluminiumsplater i 5083-legering med 10 mm i veggtykkelse.
  - Festes med kilsveis til u-profil i bunn, sidevegg langs høyden og toppskinne (langs kanter av blå flater på figur 46). Minimum a-mål = 3 mm.
- Sidevegger
  - Lages av vannskåret aluminiumsplate i 5083-legering med 5 mm i veggtykkelse.
  - Festes med kilsveis til vertikale støtter, toppskinne og u-profiler (meiene). Minimum a-mål = 3 mm.
- Feste mellom ROV og skid
  - Det trengs minimum fem stk. M10-skruer for å holde hele lasten av skiden. Anbefalt plassering av skruene er illustrert i figur 50.
- Sveis mellom toppskinne og sidevegg
  - Det er tilstrekkelig med en 78 mm lang kilsveis per side med minimum a-mål = 3 mm for å holde oppe vekten av skiden. Det er naturlig å sveise på begge sider som illustrert i figur 51. Gruppen vil anbefale å plassere sveisestrengene i samme område som skruene på figur 50 fordi her er det fullstendig gjennomgående tverrsnitt fra toppskinne til bunnen (uten utsparing).
- Quick-connectors i sidevegg
  - Kvadratiske aluminiumsrør i 6060-legering med målene 50x50 mm og 3 mm veggtykkelse plasseres i øvre del av sideveggene (se figur 48) og festes her med punktsveis. Bakenden legges på u-profil glideskinnene og sammenføyes med kilsveis på begge sider av firkantprofilen. Grunnet styrken i sveisen som ble dimensjonert for quick-connectors i skuffene antas det at sistnevnte sveis er sterk nok til å motstå alle laster som følge av påfestet utstyr.
- Toppskinne
  - En skinne av aluminium i 6082-legering og målene 50x5 mm sveises fast til sidevegger og vertikale støtter som tidligere beskrevet.

#### 4. Ikke-dimensjonerte deler

Gruppen har valgt å begrense arbeidsomfanget med å ikke definere noen last og følgelig ikke utføre noen beregninger på disse delene, da påkjenningene de skal utsettes for ikke er kjent eller ikke er hensiktsmessig å regne på.

- Beskyttelsesbjelker
  - Her er det valgt å bruke en u-profil av aluminium i 6082-legering med samme lengde på flens som meiene, 50 mm. Steglengden er på 75 mm, dette er den korteste steglengden på en standard u-profil Norsk Stål leverer, og velges da steget har neglisjerbart bidrag til stivhet mot last fra underlaget.

- Sideveis avstivere
  - I oppgaven er det tegnet inn et 50x50 rør av aluminium med veggtykkelse på 3 mm og påsveiset flens i hver ende for å kunne bolte profilen fast i skidens meier og ROV-ens bunnramme med en 45 graders vinkel mellom bakkeplan og profilen.
  
- D-gummi
  - Festes til meiene med gjennomgående skrue og NYLOC-mutter. Da skruen ikke blir styrkebærende, men kun er til for posisjonering vil gruppen anbefale 5-10 jevnt fordelte syrefaste skruer – A4-kvalitet – størrelse M10 eller M12.
  - Kvalitet: Neopren 70 SH (Gummi, 2018).
  
- Meiene
  - Lages av en u-profil av aluminium i 6082-legering, ytre mål på 50x100x50 mm og veggtykkelser på 8 og 6 mm.

## 6 Diskusjon

Oppgaven har gått ut på å finne designløsninger som oppfyller bedriftens krav, og støtte gruppens løsninger med utregninger som viser at de tåler den planlagte bruken.

Designprosessen gikk ut på å løse bedriftens ønsker og krav på best mulig måte. For å spare vekt og for å gjøre konstruksjonen så enkel som mulig, tilstrebet gruppen å bruke færrest mulig deler. Når designet var skissert ble det gjort utregninger for å kunne dimensjonere skiden til å tåle bruket, uten å velge deler som er for tykke og følgelig for tunge. Som nevnt i kapittel 1.6 er det i liten grad tatt hensyn til at det i noen tilfeller kan være gunstig å bruke profiler og plater med samme dimensjoner. For eksempel er det brukt u-profiler i tre forskjellige dimensjoner som skuffeskinner, meier og som beskyttelsesbjelker under.

Det er gjort klart at skiden bør være så lett som mulig. Derfor er det valgt vektbesparende løsninger så langt det lar seg gjøre. Det er krevende å lage en solid skid som skal tåle mye, ha mange funksjoner, og samtidig spare vekt. To store solide skuffer veier mer enn det én skuff ville gjort. De gjennomgående skuffeskinnene veier mer enn andre løsninger, men er nødvendig for at skuffen skal kunne gli helt gjennom skiden. Beskyttelsesbjelkene under skiden og quick-connector rørene gir også ekstra vekt. For at skuffen trygt skal kunne bære 500 kg trengs det også en spesielt sterk bærende struktur. På grunn av at det i utregningene brukes konservative modeller av verst tenkelige scenario, blir deler ofte overdimensjonert, og potensielt tyngre enn nødvendig.

Gruppen har ikke særlig kjennskap til hvordan d-gummien i skidens meier reagerer når den blir tungt belastet av ROV-en. Nå er designet slik at skidens beskyttelsesbjelker under festes med skruer fra siden gjennom meiene og d-gummien. Det er mulighet for at d-gummien presser så mye på skruene at det blir problematisk å skifte de ut. Hvis dette er tilfelle kan gummiene bygges ned med hardplast, slik at skruene får et fritt rom gjennom meiene. Dette er et alternativ som kan vurderes i en senere prosess av bedriften.

## 7 Oppsummering

En skid er designet etter ønsker og krav fra Reach Subsea. Skiden har quick-connector løsninger for rask tilkobling av verktøy og to skuffer med god lagringsplass. Det er gjort beregninger som viser at skiden tåler antatte krefter den blir utsatt for.

Beregninger, med sikkerhetsfaktor 3, er gjort for hånd og i styrkeberegningsprogrammet ANSYS. Der er laget en 3D-modell av den ferdigdesignede skiden i Autodesk Inventor, samt 2D-tegninger med mål av alle deler.

Skiden konstrueres i sandblåst aluminium, med POM i skuffebunn og som skinner montert på skuffen. I boltede forbindelser brukes det stålskruer i syrefast A4-kvalitet og NYLOC låsemuttere.

Som meier til skiden brukes u-profil i aluminium. Profilenes flenser peker nedover, slik at d-gummi kan monteres mellom flensene, og skrues fast fra siden.

Skuffeskinnene er helt gjennomgående i skidens lengderetning. Skiden har to skuffer, en foran og en bak, som bruker de samme skinnene. Konstruksjonen er slik at begge skuffene går i de samme skuffeskinnene og bruker samme hydrauliske sylindere. Den skuffen som ikke er i bruk må skrues fast, den andre sitter løst.

Under skiden, mellom meiene, er det tre u-profiler som skal beskytte skuffer, sylindere og annet utstyr inne i skiden. På hver ende av profilen sveises en flens som gjør at bjelkene kan boltes fast fra siden gjennom meiene.

På sidene av skiden, til å bære ROV og TMS, og for å beskytte skidens innhold fra sidene, brukes plater av aluminium. For å gjøre skiden åpen og lettere skjæres hull i platene.

Skidens skuffer lages av plater av aluminium, med bunn av POM. Det skrues på vinkelprofiler av aluminium som beskyttelse. For å øke skuffens dreneringsevne vil POM-en i bunn ha en gitterstruktur. I platene på sidene skjæres det hull for å spare vekt, og for å øke dreneringsevne.



## 8 Referanser

- Astrup. (2018, 03 01). *POM*. Hentet fra Astrup:  
[https://astrup.no/content/download/5111/18663/version/2/file/Des\\_Kap\\_12.pdf](https://astrup.no/content/download/5111/18663/version/2/file/Des_Kap_12.pdf)
- Dahlvig, G. (1991). I G. Dahlvig, S. Christensen, & G. Strømsnes, *Konstruksjonselementer* (s. 33). 1930 Aurskog: Yrkesopplæring ans 1984.
- Fastenright.com. (2018, Mai). *Fastenright*. Hentet fra Nyloc nuts:  
<https://www.fastenright.com/general-fixings/nyloc-nylon-insert-nuts/sl12>
- Fischer, U. (2011). Formel for bøyespennning. I M. H. Ulrich Fischer, *Mechanical and Metal Trades Handbook* (ss. 31-32). 42781 Haan-Gruiten, Germany: Verlag Europa Lehrmittel.
- Fischer, U. (2011). Tillatte spenninger. I U. Fischer, *Mechanical and Metal Trades Handbook* (s. 41). Haan-Gruiten, Germany: Europa Lehrmittel.
- Fischer, U., Heinzler, M., Näher, F., Paetzold, H., Gomeringer, R., Kilgus, R., . . . Stephan, A. (2011). *Mechanical and Metal Trades Handbook*. 42781 Haan-Gruiten, Germany: Verlag Europa Lehrmittel.
- Gummi, R. (2018, Mai). *gummi.no*. Hentet fra Fakta om gummi:  
<https://www.gummi.no/aktuelt/fakta-om-gummi>
- Husø, Ø. (2010). *Aluminium*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Husø, Ø. (2010). Forspenning av skrue. I Ø. Husø, *Mekanisk konstruksjon og teknisk design* (ss. 124-125). Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Husø, Ø. (2010). Styrkeberegning av sveiser. I Ø. Husø, *Mekanisk konstruksjon og teknisk design* (s. 116). 0130 Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Kilsveis. (1997). I S. C. Gunnar Dahlvig, *Konstruksjonselementer* (s. 33). Ås: Yrkesopplæring ans.
- Kystdesign. (2018, Mai). *Kystdesign AS*. Hentet fra kystdesign.no:  
<https://kystdesign.no/hydraulics/compensators/>
- Learn Engineering*. (2018, April). Hentet fra [www.learnengineering.org](http://www.learnengineering.org):  
<http://www.learnengineering.org/2012/12/what-is-von-mises-stress.html>
- Meccanica. (2018, April). *meccanica.no*. Hentet fra Bøyespennning:  
<http://meccanica.no/fasthet/boyespenning.htm>
- NDLA. (2018, 02 22). *Spenningsrekka*. Hentet fra NDLA:  
<https://ndla.no/nb/node/14600?fag=7>
- Norelem. (2018, April). *Norelem*. Hentet fra ISO 7379:  
<https://www.norelem.de/de/en/Products/Product-overview/Flexible-standard-component-system/Connecting-elements-ball-end-thrust-screws-and-baseplates-grub-screws-and-thrust-pads-torque-bolts-and-threaded-inserts-lifting-eye-bolts-hoist-rings-lifting-bolts/C>
- Proff. (2018, 04 11). *Reach Subsea*. Hentet fra Proff.no:  
<https://www.proff.no/selskap/reach-subsea-as/haugesund/olje-og-gass/IGFCUCN0VFQ/>
- Stål, N. (2018, Mai). *Produktkatalog*. Hentet fra norskstaal.no:  
<http://pub.webbook.no/norskstaal/>

## 9 Vedlegg

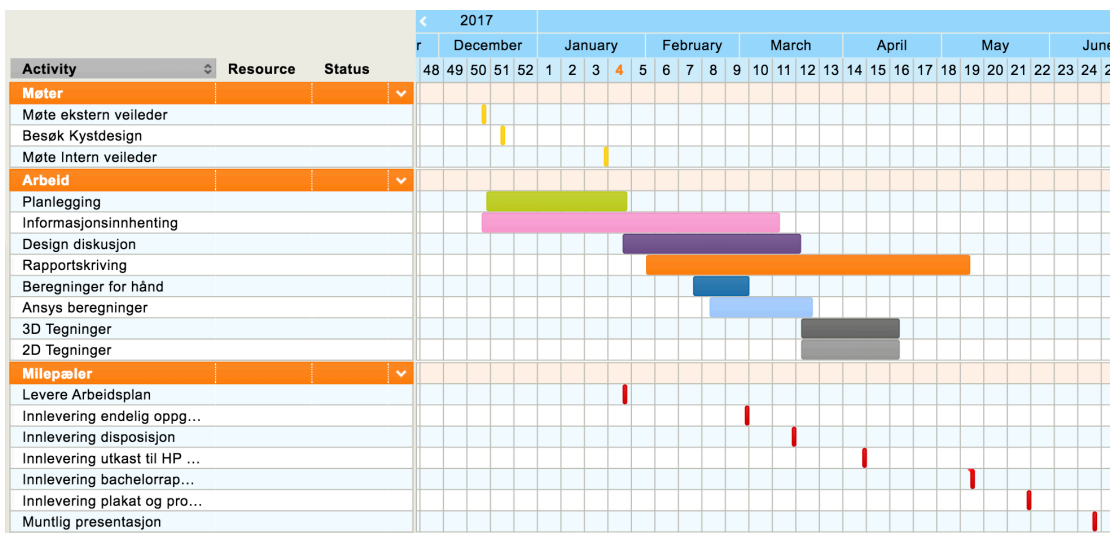
### 9.1 Formelliste

Formel	Ref.	Forklaring	Kilde
$F = mg$ <p>F – kraft [N] m – masse [kg] g – tyngdeakselerasjon [m/s<sup>2</sup>]</p>	(1)	Generell formel for kraft.	(Fischer, Mechanical and Metal Trades Handbook, 2011) side 33.
$M_b = F \cdot L$ <p>M<sub>b</sub> – Bøyemoment [Nm] F – kraft [N] L – lengde [m]</p>	(2)	Bøyemoment i bjelke fast innspent i en ende.	(Fischer, Mechanical and Metal Trades Handbook, 2011) side 43.
$\sigma_b = \frac{M_b}{W}$ <p>σ<sub>b</sub> – Bøyespennning [N/mm<sup>2</sup>] M<sub>b</sub> – Bøyemoment W – Motstandsmoment</p>	(3)	Bøyespennning for bjelke fast innspent i en ende.	(Fischer, Mechanical and Metal Trades Handbook, 2011) side 43.
$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ <p>W - Motstandsmoment b – bredde h – høyde</p>	(4)	Motstandsmomentet til en bjelke med et rektangulært tverrsnitt.	(Fischer, Mechanical and Metal Trades Handbook, 2011) side 44.
$l_{eff} = L - 2a$ <p>l<sub>eff</sub> – effektiv lengde L – total lengde a – a-mål på sveisen</p>	(5)	Effektiv lengde av en sveis er den lengden som regnes at tar opp spenning.	(Dahlvig, Konstruksjonselementer, 1991) side 32.
$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \sigma_{\perp} \cdot \sigma_{\parallel} + 3(\tau_{\perp} + \tau_{\parallel})^2}$ <p>σ<sub>jf</sub> – Jevnføringsspenning [N/mm<sup>2</sup>] σ<sub>⊥</sub> – Normalspenning normalt på sveisens lengderetning [N/mm<sup>2</sup>] σ<sub>∥</sub> – Normalspenning parallelt med sveisens lengderetning [N/mm<sup>2</sup>] τ<sub>⊥</sub> – Skjærspennning normalt på sveisens lengderetning [N/mm<sup>2</sup>] τ<sub>∥</sub> – Skjærspennning parallelt med sveisens lengderetning [N/mm<sup>2</sup>]</p>	(6)	Generell formel for jevnførende spenning i sveis.	(Dahlvig, Konstruksjonselementer, 1991) side 34.
$\sigma_{jf} = \sqrt{3\tau_{\parallel}^2}$ <p>σ<sub>jf</sub> – Jevnføringsspenning [N/mm<sup>2</sup>] τ<sub>∥</sub> – Skjærspennning parallelt med sveisens lengderetning [N/mm<sup>2</sup>]</p>	(7)	Formel for jevnførende spenning i kilsveis som bare er belastet i lengderetning.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 116.

$M_b = \frac{F \cdot L}{4}$ <p><math>M_b</math> – Bøyemoment [Nm]  <math>F</math> – Kraft [N]  <math>L</math> – Lengde [m]</p>	(8)	Bøyemoment i bjelke opplagret i hver ende med last på midten.	(Fischer, Mechanical and Metal Trades Handbook, 2011) side 43.
$UF = \frac{\sigma_{jf}}{\sigma_{till}}$ <p><math>\sigma_{jf}</math> – Jevnføringsspenning [N/mm<sup>2</sup>]  <math>\sigma_{till}</math> – Tillatt spenning [N/mm<sup>2</sup>]</p>	(9)	Vanlig prosentregning – størrelsesforhold mellom jevnførende- og tillatt spenning.	
$\sigma_{jf} = \sqrt{3\tau^2}$ <p><math>\sigma_{jf}</math> – Jevnføringsspenning [N/mm<sup>2</sup>]  <math>\tau</math> – Skjærspenning [N/mm<sup>2</sup>]</p>	(10)	Jevnførende spenning i en skruer kun utsatt for skjærspenning.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 133.
$\tau = \frac{F}{n \cdot \left(\frac{\pi d^2}{4}\right)}$ <p><math>\tau</math> – Skjærspenning [N/mm<sup>2</sup>]  <math>F</math> – Kraft [N]  <math>n</math> – antall skruer  <math>d</math> – diameter på skruens stamme</p>	(11)	Skjærspenning i en skruer utsatt for avskjæring.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 133.
$F_i = k * F_1$ <p><math>F_i</math> – Forspenningskraften  <math>k</math> – Faktor for forspenning.  <math>F_1</math> – Beregnet last på skruen</p>	(12)	Formel for forspenningskraft .	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 124.
$\sigma_n = \frac{F_a}{A_s}$ <p><math>\sigma_n</math> – Spenning  <math>F_a</math> – Totallasten på skruen  <math>A_s</math> – Spenningsarealet</p>	(13)	Spenning for strekkbelastede skruer	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 125.
$\sigma_{jf} = \sqrt{4\sigma_{\perp}^2} = 2\sigma_{\perp}$ <p><math>\sigma_{jf}</math> – Jevnføringsspenning [N/mm<sup>2</sup>]  <math>\sigma_{\perp}</math> – Normalspenning normalt på sveisens lengderetning [N/mm<sup>2</sup>]</p>	(14)	Jevnførende spenning i sveis belastet normalt på sveisens lengderetning.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 117.
$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp}$ <p><math>\sigma_{\perp}</math> – Normalspenning  <math>\tau_{\perp}</math> – Skjærspenning</p>	(15)	Normalspenning er lik skjærspenning i 45 graders kilsveis.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 116.
$\sigma = \frac{F}{A}$ <p><math>\sigma</math> – Spenning [N/mm<sup>2</sup>]  <math>F</math> – Kraft [N]  <math>A</math> – Areal [mm<sup>2</sup>]</p>	(16)	Generell formel for spenning i et materiale.	(Fischer, Mechanical and Metal Trades Handbook, 2011) side 42.

$\tau_{\parallel} = \frac{F}{a \cdot l}$ $\tau_{\parallel}$ – Skjærspenning parallelt med sveisens lengderetning [N/mm <sup>2</sup> ] F – Kraft [N] a – sveisens a-mål [mm] l – sveisens lengde [mm]	(17)	Skjærspenning parallelt med sveisens lengderetning i sveis belastet i lengderetning.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 116.
$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{F}{a \cdot l}$ $\sigma_{\perp}$ – Normalspenning normalt på sveisens lengderetning [N/mm <sup>2</sup> ] F – Kraft [N] a – sveisens a-mål [mm] l – sveisens lengde [mm]	(18)	Spenning i kilsveis som er belastet normalt på lengderetning.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 116.
$\sigma_h = \frac{F}{A}$ $\sigma_h$ – Hulltrykksspenning [N/mm <sup>2</sup> ] F – Kraft [N] A – Areal [mm <sup>2</sup> ]	(19)	Formel for hulltrykkspenning.	(Husø Ø. , Mekanisk konstruksjon og teknisk design, 2010) side 134.

## 9.2 Arbeidsplan



### 9.3 Aluminium fra norsk stål

Alle aluminiumsdelene Norsk Stål leverer (Stål, 2018).

## 10 Aluminium


Aluminiumplater EN AW 1050A/1200 H14/H24			
F.o.m. 8 mm Tykkelse gjelder følgende: Mekaniske verdier som valset.			
Varegruppe: 6000			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313211	0,50 x 1000 x 2000 U PAP	2,80	1,40
313212	0,70 x 1000 x 2000	3,82	1,96
313213	1,00 x 1000 x 2000	5,60	2,80
313214	1,00 x 1250 x 2500	8,75	2,80
313215	1,25 x 1000 x 2000	7,00	3,50
313216	1,25 x 1250 x 2500	10,95	3,50
313217	1,50 x 1000 x 2000	8,40	4,20
313218	1,50 x 1250 x 2500	13,13	4,20
313219	1,50 x 1500 x 3000	18,90	4,20
313220	2,00 x 1000 x 2000	11,20	5,60
313221	2,00 x 1250 x 2500	17,30	5,60
313222	2,00 x 1500 x 3000	25,20	5,60
313223	2,50 x 1000 x 2000	14,00	7,00
313224	2,50 x 1250 x 2500	21,88	7,00
313225	3,00 x 1000 x 2000	16,80	8,40
313226	3,00 x 1250 x 2500	26,25	8,40
313227	4,00 x 1000 x 2000	22,40	11,20
313228	4,00 x 1250 x 2500	35,00	11,20
313229	5,00 x 1000 x 2000	28,00	14,00


Aluminiumplater Stucco			
EN AW 1050A/1200 H14/H24			
Varegruppe: 6002			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313204	0,75 x 1000 x 2000 mm	4,20	2,10
313205	1,00 x 1000 x 2000 mm	5,60	2,80


Aluminiumplater perforerte EN AW 5052/5754			
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1			
Varegruppe: 6049			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313243	1,5 x 1000 x 2000 Ø 5 mm	4,97	0,40

Aluminiumplater eloksalkvalitet EN AW 5005 H14			
B57S. Without PVC Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1 CE- merket			
Varegruppe: 6020			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313234	2,0 x 1000 x 2000	11,2	5,6
313235	3,0 x 1000 x 2000	16,8	8,4

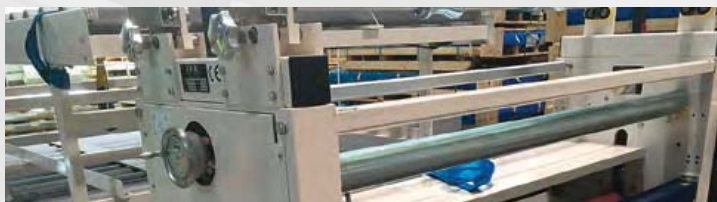
Aluminiumplater natureloksert EN AW 5005 H14			
Natureloksert 10-15 my med folie CE-merket			
Varegruppe: 6100			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	
313236	1,00 x 1000 x 2000	5,60	
313237	1,00 x 1250 x 2500	8,75	
313238	1,25 x 1250 x 2500	10,95	
313239	1,50 x 1000 x 2000	8,40	
313240	1,50 x 1250 x 2500	13,13	
313241	1,50 x 1250 x 3000	15,75	
313242	2,00 x 1000 x 2000	11,20	

Aluminium plate lakkert			
Varegruppe: 6127			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m <sup>2</sup>
313184	1 x 1250 x 2500 SORT AC8301	8,75	2,80
313186	1 x 1250 x 2500 HVIT AC1371	8,75	2,80
313188	1 x 1250 x 2500 SØLV 9006	8,75	2,80

Aluminiumplater EN AW 5052/5754 H24/H34			
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1 CE-merket			
Varegruppe: 6021			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	
313273	0,75 x 1000 x 2000 mm	4,20	
313274	1,00 x 1000 x 2000 mm	5,60	
313275	1,00 x 1250 x 2500 mm	8,75	
313276	1,00 x 1500 x 3000 mm	12,60	
313277	1,25 x 1000 x 2000 mm	7,00	
313278	1,25 x 1250 x 2500 mm	10,95	
313279	1,25 x 1500 x 3000 mm	15,75	
313280	1,50 x 1000 x 2000 mm	8,40	
313281	1,50 x 1250 x 2500 mm	13,13	
313282	1,50 x 1500 x 3000 mm	18,90	
313283	2,00 x 1000 x 2000 mm	11,20	
313285	2,00 x 1250 x 2500 mm	17,50	
313286	2,00 x 1500 x 3000 mm	25,20	

Aluminiumplate lakkert PROF 2000			
Farge hvit RAL9016/AC1961 alt. RAL9010/AC18E3 PW/ baksidelakk. Leveres med beskyttelsesfolie. Pakker a ca.1000 kg			
Varegruppe: 6129			
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m <sup>2</sup>
313200	1,5 x 1250 x 2500 mm 9010	13,13	4,20
313195	1,5 x 1250 x 2500 mm 9016	13,13	4,20
313197	2,0 x 1000 x 2000 mm 9016	11,20	5,60
313201	2,0 x 1250 x 2500 mm 9010	17,50	5,60
313198	2,0 x 1250 x 2500 mm 9016	17,50	5,60
313199	2,0 x 1500 x 3000 mm 9016	25,20	5,60

 **NORSK STÅL**



**Prøv oss på foliering!**

Med vår nye foliemaskin kan vi foliebelegge alle plater  
opptil 6 mm tykkelse og 1500 mm bredde.  
Vi kan foliere både 1-sidig og 2-sidig.

[www.norskstaal.no](http://www.norskstaal.no)

KAPITTEL 10 • ALUMINIUM

**Aluminiumplater  
EN AW 5052/5754  
H22/H32**



Gjelder for tykkelser t.o.m. 6 mm  
F.o.m. 8 mm gjelder følgende:  
Tilstand O/H111  
Kontrollsertifikat iflg.  
EN 10204-3.1 CE-merket

**Varegruppe: 6030**

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313245	2,5 x 1000 x 2000 mm	14,00	7,00
313246	2,5 x 1250 x 2500 mm	21,90	7,00
313247	2,5 x 1500 x 3000 mm	31,50	7,00
313248	3,0 x 1000 x 3000 mm	25,20	8,40
313249	3,0 x 1000 x 2000 mm	16,80	8,40
313250	3,0 x 1250 x 2500 mm	26,25	8,40
313252	3,0 x 1250 x 3000 mm	31,50	8,40
322935	3,0 x 1250 x 2500 mm	26,25	8,40
313253	3,0 x 1500 x 3000 mm	37,80	8,40
322936	3,0 x 1500 x 3000 mm	37,80	8,40
313254	4,0 x 1000 x 2000 mm	22,40	11,20
313255	4,0 x 1250 x 2500 mm	35,00	11,20
313256	4,0 x 1500 x 3000 mm	50,40	11,20
313257	5,0 x 1000 x 2000 mm	28,00	14,00
313258	5,0 x 1250 x 2500 mm	43,75	14,00
313259	5,0 x 1500 x 3000 mm	63,00	14,00
313260	6,0 x 1000 x 2000 mm	33,60	16,80
313261	6,0 x 1250 x 2500 mm	52,50	16,80
313262	6,0 x 1500 x 3000 mm	75,60	16,80
313263	8,0 x 1000 x 2000 mm	44,80	22,40
321253	8,0 x 1270 x 2520 mm	71,70	22,40
332585	8,0 x 1500 x 3000 mm	100,80	22,40
313265	10,0 x 1000 x 2000 mm	56,00	28,00
321254	10,0 x 1270 x 2520 mm	89,60	28,00
332586	10,0 x 1500 x 3000 mm	126,00	28,00
313267	12,0 x 1000 x 2000 mm	67,20	33,60
313268	15,0 x 1000 x 2000 mm	84,00	42,00
321255	15,0 x 1270 x 2520 mm	134,40	42,00
332587	15,0 x 1500 x 3000 mm	189,00	42,00
313270	20,0 x 1000 x 2000 mm	112,00	56,00
321256	20,0 x 1270 x 2520 mm	179,20	56,00
332588	20,0 x 1500 x 3000 mm	252,00	56,00
313272	25,0 x 1000 x 2000 mm	140,00	70,00

**Aluminium  
skipsplater EN AW  
5052/5754 H24/  
H34**



Kontrollsertifikat iflg.  
EN 10204-3.2 - DNVGL CE merket

**Varegruppe: 6024**

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk
313306	4 x 2000 x 6000 mm	134,4
313308	5 x 2000 x 6000 mm	165,5
313310	6 x 2000 x 6000 mm	198
313312	7 x 2000 x 6000 mm	230,4
313314	8 x 2000 x 6000 mm	264

**Aluminium  
skipsplater EN AW  
5083 H116/H321**



Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.2 - DNVGL  
CE-merket

**Varegruppe: 6025**

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313316	3 x 2000 x 5000 mm	84,00	8,40
313317	4 x 2000 x 5000 mm	112,00	11,20
313318	5 x 2000 x 5000 mm	138,00	13,80
313319	6 x 2000 x 5000 mm	165,00	16,50
313320	7 x 2000 x 5000 mm	192,00	19,20
313321	8 x 2000 x 5000 mm	220,00	22,00
313322	10 x 2000 x 5000 mm	275,00	27,50
313323	12 x 2000 x 5000 mm	330,00	33,00
313324	15 x 2000 x 5000 mm	413,00	41,30
313325	20 x 2000 x 5000 mm	550,00	55,00
313326	25 x 2000 x 5000 mm	687,00	68,70
313327	30 x 2000 x 5000 mm	825,00	82,50

ALUMINIUM • KAPITTEL 10

**Aluminium  
dørkeplater EN AW  
5052/5754, O/H111**



Kontrollsertifikat iflg.  
EN 10204-3.1 CE-merket

Varegruppe: 6040

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313287	3 x 1000 x 3000 mm ONE BAR	27,00	9,00
313288	3 x 1000 x 4000 mm ONE BAR	36,00	9,00
313289	3 x 1250 x 2500 mm FIVE BAR	27,30	8,74
313290	3 x 1500 x 3000 mm FIVE BAR	38,00	8,44
313291	4 x 1000 x 2000 mm ONE BAR	24,50	12,25
313292	4 x 1000 x 2000 mm FIVE BAR	24,50	12,25
313293	4 x 1000 x 4000 mm ONE BAR	49,50	12,38
313294	4 x 1000 x 4000 mm FIVE BAR	49,50	12,38
313295	4 x 1250 x 2500 mm FIVE BAR	36,40	11,65
313296	4 x 1500 x 3000 mm FIVE BAR	52,50	11,67
313297	5 x 1000 x 2000 mm ONE BAR	29,50	14,75
313298	5 x 1000 x 4000 mm ONE BAR	59,00	14,75
313299	5 x 1000 x 4000 mm FIVE BAR	59,00	29,50
313300	5 x 1250 x 2500 mm FIVE BAR	46,83	14,99
313301	5 x 1500 x 3000 mm FIVE BAR	67,50	15,00

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk	Kg/m2
313302	6 x 1000 x 4000 mm ONE BAR	69,50	17,38
313303	6 x 1000 x 4000 mm FIVE BAR	69,00	17,25
313304	7 x 1000 x 4000 mm ONE BAR	79,00	19,75

**Aluminium  
dørkeplater**




Blank overflate EN AW 3003 H224  
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1

Varegruppe: 6045

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk
313333	4 x 1500 x 3000 mm FIVE BAR	54,9

**Aluminium  
Dørkeplater,  
Riskorn**



EN AW 5754 H224

Varegruppe: 6042

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk
121195	2 x 1250 x 2500 mm RISKORN	18,70

**AMAG**  
AUSTRIA METALL

**ALUMINIUM  
FOR THE  
BEST**

AUTOMOTIVE AEROSPACE MARINE GENERAL ENGINEERING



KAPITTEL 10 • ALUMINIUM

<b>Aluminiumbånd</b>		
EN AW 1050A/1200 H14/H24 Indre diam: 508 mm.		
Varegruppe: 6006		
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk
313140	1000 x 0,70 mm	150
313142	1000 x 1,00 mm	150
313143	1000 x 1,00 mm	500



<b>Aluminiumbånd Stucco</b>		
EN AW 1050A/1200 H14/H24. Indre dia: 508 mm.		
Varegruppe: 6007		
Varenr.	Dimensjon	Kg/stk
313144	600 x 0,75 mm 150 kg	150
313145	1000 x 0,70 mm 150 kg	150
313146	1000 x 0,70 mm 500 kg	500
313147	1000 x 1,00 mm 150 kg	150



<b>Aluminium bolt EN AW 6082-T6</b>			
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1 CE-merket			
Varegruppe: 6300			
Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
332441	6 mm x Ø x 6 m	0,1	0,6
332442	8 mm x Ø x 5 m	0,14	0,7
332443	10 mm x Ø x 5 m	0,21	1,05
332444	12 mm x Ø x 6 m	0,31	1,86
332446	16 mm x Ø x 6 m	0,55	3,3
313157	10 mm x Ø x 6 m	0,21	1,26
313158	12 mm x Ø x 6 m	0,31	1,86
313159	16 mm x Ø x 6 m	0,55	3,3
332414	20 mm x Ø x 5 m	0,86	4,3
313160	20 mm x Ø x 6 m	0,86	5,16
313161	25 mm x Ø x 6 m	1,34	8,04
313162	30 mm x Ø x 6 m	1,93	11,58
313163	40 mm x Ø x 6 m	3,52	21,12
313164	50 mm x Ø x 6 m	5,5	33
313165	60 mm x Ø x 6 m	7,92	47,52



Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313166	70 mm x Ø x 6 m	10,78	64,68
313167	80 mm x Ø x 6 m	14,07	84,42
313168	100 mm x Ø x 3-3,5 m	22	
313169	130 mm x Ø x 3-3,5 m	37,15	
313170	150 mm x Ø x 3-3,5 m	49,46	
313171	160 mm x Ø x 3-3,5 m	56,3	
313172	170 mm x Ø x 3-3,5 m	63,52	
313173	180 mm x Ø x 3-3,5 m	71,2	
313174	200 mm x Ø x 3-3,5 m	88	
313175	220 mm x Ø x 3-3,5 m	106,4	
313176	230 mm x Ø x 3-3,5 m	116,3	
313177	250 mm x Ø x 3-3,5 m	137,4	
315363	300 mm x Ø x 3-3,5 m	197,8	

<b>Aluminium firkant EN AW 6082-T6</b>			
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1 med CE-merking.			
Varegruppe: 6302			
Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313178	20 mm x 4-KT x 6 m	1,08	6,48
313179	25 mm x 4-KT x 6 m	1,7	10,2
313180	30 mm x 4-KT x 6 m	2,43	14,58
313181	40 mm x 4-KT x 6 m	4,48	26,88
313182	50 mm x 4-KT x 6 m	7	42



<b>Aluminium strømskinner EN AW 6060</b>			
Ligger kun på lager i Harstad. Kontrollsertifikat iflg. NS-EN 10 204-3.1 CE-merket			
Varegruppe: 6304			
Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
315380	30 x 10 mm x 6 m	0,84	5,04
315381	40 x 10 mm x 6 m	1,12	6,72
315382	50 x 10 mm x 6 m	1,40	8,40
315383	60 x 10 mm x 6 m	1,68	10,08
315384	80 x 10 mm x 6 m	2,24	13,44
315385	100 x 10 mm x 6 m	2,80	16,80

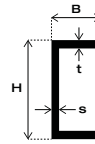


**ALUMINIUM • KAPITTEL 10**

<b>Aluminiumskinner EN AW 6082-T6</b>			
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1 CE-merket			
<b>Varegruppe: 6305</b>			
Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313432	15 x 3 mm x 6 m	0,13	0,78
313433	20 x 3 mm x 6 m	0,17	1,02
332450	20 x 5 mm x 6 m	0,28	1,68
313434	25 x 3 mm x 6 m	0,21	1,26
313437	25 x 5 mm x 6 m	0,35	2,10
313442	25 x 6 mm x 6 m	0,42	2,52
313451	25 x 8 mm x 6 m	0,56	3,36
315333	30 x 2 mm x 5 m	0,17	0,85
313435	30 x 3 mm x 6 m	0,26	1,56
313438	30 x 5 mm x 6 m	0,42	2,52
313444	30 x 6 mm x 6 m	0,51	3,06
313452	30 x 8 mm x 6 m	0,68	4,08
313436	40 x 4 mm x 6 m	0,45	2,70
313439	40 x 5 mm x 6 m	0,56	3,36
313445	40 x 6 mm x 6 m	0,68	4,08
313453	40 x 8 mm x 6 m	0,90	5,40
313459	40 x 10 mm x 6 m	1,12	6,72
313479	40 x 20 mm x 6 m	2,24	13,44
313441	50 x 5 mm x 6 m	0,70	4,20
313446	50 x 6 mm x 6 m	0,84	5,04
313454	50 x 8 mm x 6 m mds-m03	1,12	6,72
313460	50 x 10 mm x 6 m	1,40	8,40
313480	50 x 20 mm x 6 m	2,80	16,80
313440	60 x 5 mm x 6 m	0,84	5,04
313447	60 x 6 mm x 6 m	1,01	6,06
313455	60 x 8 mm x 6 m mds-m03	1,35	8,10
313461	60 x 10 mm x 6 m	1,68	10,08
313471	60 x 15 mm x 6 m	2,52	15,12
313481	60 x 20 mm x 6 m	3,35	20,10
313483	60 x 30 mm x 6 m	5,04	30,24
313448	65 x 6 mm x 6 m	1,10	6,60
313449	75 x 6 mm x 6 m	1,26	7,56
313456	75 x 8 mm x 6 m	1,68	10,08
313462	75 x 10 mm x 6 m	2,10	12,60
313472	80 x 15 mm x 6 m	3,36	20,16
313443	100 x 5 mm x 6 m	1,36	8,16
313450	100 x 6 mm x 6 m	1,62	9,72
313457	100 x 8 mm x 6 m mds-m03	2,24	13,44
313463	100 x 10mm x 6 m mds-m03	2,80	16,80
313468	100 x 12 mm x 6 m	3,36	20,16
313473	100 x 15 mm x 6 m	4,10	24,60
313477	100 x 20 mm x 6 m	5,60	33,60
313458	120 x 8 mm x 6 m	2,72	16,32

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313464	120 x 10 mm x 6 m	3,36	20,16
313474	120 x 15 mm x 6 m	5,04	30,24
313465	150 x 10 mm x 6 m mds-m03	4,20	25,20
313470	150 x 12 mm x 6 m	5,04	30,24
313475	150 x 15mm x 6 m mds-m03	6,30	37,80
313478	150 x 20 mm x 6 m	8,40	50,40
313466	200 x 10 mm x 6 m	5,60	33,60
313476	200 x 15mm x 6 m mds-m03	8,40	50,40
313482	200 x 20 mm x 6 m	11,20	67,20
313467	250 x 10 mm x 6 m	7,00	42,00

<b>Aluminium U-profil EN AW 6082-T6</b>			
Lengder a 6 m. Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1 CE-merket			
<b>Varegruppe: 6309</b>			
Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313349	20 x 20 x 20 x 2 mm x 6 m	0,31	1,86
313350	20 x 30 x 20 x 3 mm x 6 m	0,54	3,24
313351	30 x 40 x 30 x 3 mm x 6 m	0,78	4,68
313352	35 x 50 x 35 x 4 x 3 mm x 6 m	1,16	6,96
313354	40 x 75 x 40 x 5 x 4 mm x 6 m	1,83	10,98
313353	45 x 50 x 45 x 5 mm x 6 m	1,81	10,86
313355	50 x 75 x 50 x 7 x 6 mm x 6 m	2,92	17,52
313356	50 x 100 x 50 x 8 x 6 mm x 6 m	3,61	21,66
313357	60 x 140 x 60 x 7 x 7 mm x 6 m	4,80	28,80
313359	60 x 200 x 60 x 8 x 4,5 mm x 6 m	5,00	30,00
313358	65 x 125 x 65 x 9 x 6 mm x 6 m	5,08	30,48
313360	100 x 200 x 100 x 5 mm x 6 m	5,46	32,76
313361	100 x 220 x 100 x 10 x 6 mm x 6 m	8,75	52,50



<b>Aluminium T-profil EN AW 6082-T6</b>			
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1 CE-merket			
<b>Varegruppe: 6299</b>			
Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313344	30 x 30 x 3 mm x 6 m	0,48	2,88
313345	40 x 40 x 4 mm x 6 m	0,86	5,16
313346	50 x 50 x 5 mm x 6 m	1,32	7,92
313347	50 x 50 x 6 mm x 6 m	1,59	9,54
313348	60 x 60 x 6 mm x 6 m	1,92	11,52



KAPITTEL 10 • ALUMINIUM

### Aluminiumvinkel EN AW 6082-T6



Likebenet / Ulikebenet. Kontrollsertifikat iflg.  
EN 10204-3.1 CE-merket

Varegruppe: 6307

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313485	15 x 15 x 2 mm x 6 m	0,16	0,96
313486	20 x 20 x 2 mm x 6 m	0,22	1,32
313487	20 x 20 x 3 mm x 6 m	0,31	1,86
313488	25 x 25 x 3 mm x 6 m	0,40	2,40
313489	30 x 30 x 3 mm x 6 m	0,48	2,88
313490	30 x 30 x 5 mm x 6 m	0,78	4,68
313491	40 x 40 x 4 mm x 6 m	0,86	5,16
313492	40 x 40 x 5 mm x 6 m	1,05	6,30
313493	50 x 50 x 5 mm x 6 m mds-m03	1,33	7,98
313494	50 x 50 x 6 mm x 6 m	1,58	9,48
313495	60 x 60 x 6 mm x 6 m mds-m03	1,92	11,52
313496	65 x 65 x 6 mm x 6 m	2,09	12,54
313497	65 x 65 x 8 mm x 6 m mds-m03	2,74	16,44
313498	75 x 75 x 9 mm x 6 m mds-m03	3,56	21,36
313499	100 x 100 x 10 mm x 6 m mds-m03	5,32	31,92
313500	40 x 20 x 2 mm x 6 m	0,31	1,86
313501	40 x 25 x 2 mm x 6 m	0,36	2,16
332436	50 x 30 x 4 mm x 6 m	0,84	5,04
332438	50 x 40 x 4 mm x 6 m	0,95	5,70
313502	50 x 40 x 5 mm x 6 m	1,20	7,20
313503	60 x 30 x 5 mm x 6 m	1,20	7,20
313504	60 x 40 x 5 mm x 6 m	1,31	7,86
313505	65 x 50 x 6 mm x 6 m	1,84	11,04
313506	75 x 50 x 6 mm x 6 m	2,00	12,00
313507	75 x 50 x 7 mm x 6 m	2,32	13,92
313508	75 x 50 x 8 mm x 6 m mds-m03	2,62	15,72
313509	100 x 50 x 6 mm x 6 m	2,42	14,52
313510	100 x 50 x 7 mm x 6 m	2,81	16,86
313511	100 x 50 x 8 mm x 6 m	3,18	19,08
313512	100 x 65 x 6 mm x 6 m	2,69	16,14
313513	100 x 65 x 8 mm x 6 m	3,52	21,12
313514	100 x 65 x 9 mm x 6 m	3,94	23,64
313515	100 x 75 x 8 mm x 6 m	3,70	22,20
313516	125 x 75 x 9 mm x 6 m	4,75	28,50
313517	130 x 65 x 8 mm x 6 m	4,19	25,14
320623	130 x 65 x 10 mm x 6 m mds-m03	5,10	30,60
313519	130 x 75 x 9 mm x 6 m	4,94	29,64
313518	150 x 75 x 9 mm x 6 m	5,45	32,70
313520	150 x 100x10 mm x 6 m	6,72	40,32
313521	200 x 100x10 mm x 6 m	8,12	48,72

### Aluminium bingeprofil EN AW 6082-T6



Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1  
CE-merket

Varegruppe: 6311

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313335	5718 SIDEPROF x 7 m	2,45	17,15

### Aluminium båtfenderlist EN AW 6082-T6



Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1  
CE-merket

Varegruppe: 6310

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313334	26 x 57,4 x 8 mm x 6 m	1,55	9,30

### Aluminium rør runde EN AW 6060-T6




Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1  
CE-merket

Varegruppe: 6295

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313373	Ø 16 x 1,50 mm x 6 m	0,19	1,14
313374	Ø 20 x 2,00 mm x 6 m	0,32	1,92
313375	Ø 25 x 2,00 mm x 6 m	0,40	2,40
313376	Ø 25 x 3,50 mm x 6 m	0,67	4,02
313377	Ø 32 x 3,50 mm x 6 m	0,88	5,28
313378	Ø 40 x 3,50 mm x 6 m	1,12	6,72
313379	Ø 50 x 3,50 mm x 6 m	1,43	8,58
313380	Ø 60 x 5,00 mm x 6 m	2,42	14,52
313381	Ø 60 x 3,50 mm x 6 m	1,74	10,44
313382	Ø 65 x 3,50 mm x 6 m	1,89	11,34
313383	Ø 75 x 4,00 mm x 6 m	2,50	15,00
313384	Ø 90 x 4,00 mm x 6 m	3,03	18,18
313385	Ø 100 x 4,00 mm x 6 m	3,29	19,74
313386	Ø 125 x 4,00 mm x 6 m	4,26	25,56
313387	Ø 150 x 5,00 mm x 6 m	6,32	37,92
313388	Ø 150 x 8,00 mm x 5 m	9,63	48,15
313389	Ø 200 x 5,00 mm x 6 m	8,58	51,48
313390	Ø 250 x 5,00 mm x 6 m	10,70	64,20

**Aluminium rør runde  
EN AW 6082-T6**




Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1  
CE-merket

Varegruppe: 6296

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313362	Ø 32 x 3,50 mm x 6 m mds-m03	0,88	5,28
313363	Ø 40 x 3,50 mm x 6 m	1,12	6,72
313364	Ø 50 x 3,50 mm x 6 m	1,43	8,58
313367	Ø 50 x 10,00 mm x 6 m	3,50	21,00
313365	Ø 55 x 2,50 mm x 6 m	1,16	6,96
313366	Ø 60 x 3,50 mm x 6 m	1,74	10,44
313368	Ø 60 x 10,00 mm x 6 m	4,25	25,50
313369	Ø 80 x 10,00 mm x 6 m	6,16	36,96
313370	Ø 90 x 4,00 mm x 6 m	3,03	18,18
313371	Ø 100 x 10,00 mm x 6 m	7,70	46,20
313372	Ø 120 x 10,00 mm x 6 m	9,40	56,40
318972	Ø 300 x 10,00 mm x 5 m	25,90	129,50
321279	Ø 350 x 10,0 mm x 6 m	30,40	182,40

**Aluminium rør  
kvadratiske og  
rektangulære  
EN AW 6060 T6**



Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1  
CE-merket

Varegruppe: 6297

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
315364	RETTHOLT 100 x 18 x 2,0 x 5 m	1,25	7,85
313393	20 x 20 x 2,0 x 6 m	0,40	2,40
313394	25 x 25 x 2,0 x 6 m	0,52	3,12
313395	30 x 30 x 2,0 x 6 m	0,63	3,78
313396	40 x 40 x 2,0 x 6 m	0,85	5,10
313397	40 x 40 x 3,0 x 6 m	1,21	7,26
313398	50 x 50 x 3,0 x 6 m	1,58	9,48
332433	100 x 100 x 4,0 x 6 m	1,21	7,26
313399	34 x 20 x 2,0 x 6 m	0,56	3,36
313401	40 x 20 x 2,0 x 6 m	0,63	3,78
313402	50 x 20 x 2,5 x 6 m	0,91	5,46
313403	50 x 34 x 2,5 x 6 m	1,11	6,66
313404	50 x 40 x 2,5 x 6 m	1,19	7,14
332430	60 x 40 x 3,0 x 6 m	1,60	9,60
313405	90 x 30 x 2,5 x 6 m	1,61	9,66
332431	100 x 50 x 4,0 x 6 m	3,10	18,60



**HYDAL ALUMINIUM PROFILER AS**

Din leverandør av ekstruderte aluminiumsprofiler

[WWW.HAP.HYDAL.COM](http://WWW.HAP.HYDAL.COM)

KAPITTEL 10 • ALUMINIUM

**Aluminium rør  
kvadratiske og  
rektangulære EN  
AW 6082-T6**

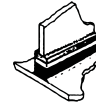


Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1  
CE-merket

Varegruppe: 6287

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313416	40 x 40 x 2,5 x 6 m	1,07	6,42
313417	40 x 40 x 4,0 x 6 m	1,61	9,66
313418	50 x 50 x 4,0 x 6 m	2,06	12,36
313419	57 x 57 x 6 x 4 x 6 m	2,93	17,58
313423	80 x 80 x 5 x 6 m mds-m03	4,05	24,30
313425	100 x 100 x 4 x 6 m	4,30	25,80
313426	100 x 100 x 5 x 6 m mds-m03	5,13	30,78
313427	100 x 100 x 12,5 x 6 m	11,50	69,00
313429	150 x 150 x 5 x 6 m	7,80	46,80
313420	60 x 30 x 2,5 x 6 m	1,16	6,96
313421	80 x 40 x 3,0 x 6 m	1,92	11,52
313422	80 x 50 x 4,0 x 6 m	2,73	16,38
313424	100 x 50 x 5 x 6 m	3,90	23,40
313428	150 x 100 x 5 x 6 m	6,48	38,88
313430	200 x 100 x 5 x 6 m	7,80	46,80

**Aluminium-stål  
sveise-forbinder**



Ultrad-testet  
Stål: SS 2134  
Alum.: SS 4007  
Alum.: SS 4140  
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1

Varegruppe: 6380

Varenr.	Dimensjon	Kg/m	Kg/stk
313337	28 x (20+3+10) x 3,8 M	5,40	20,52

**Aluminium bend  
90 grader  
EN AW 5754/6060**



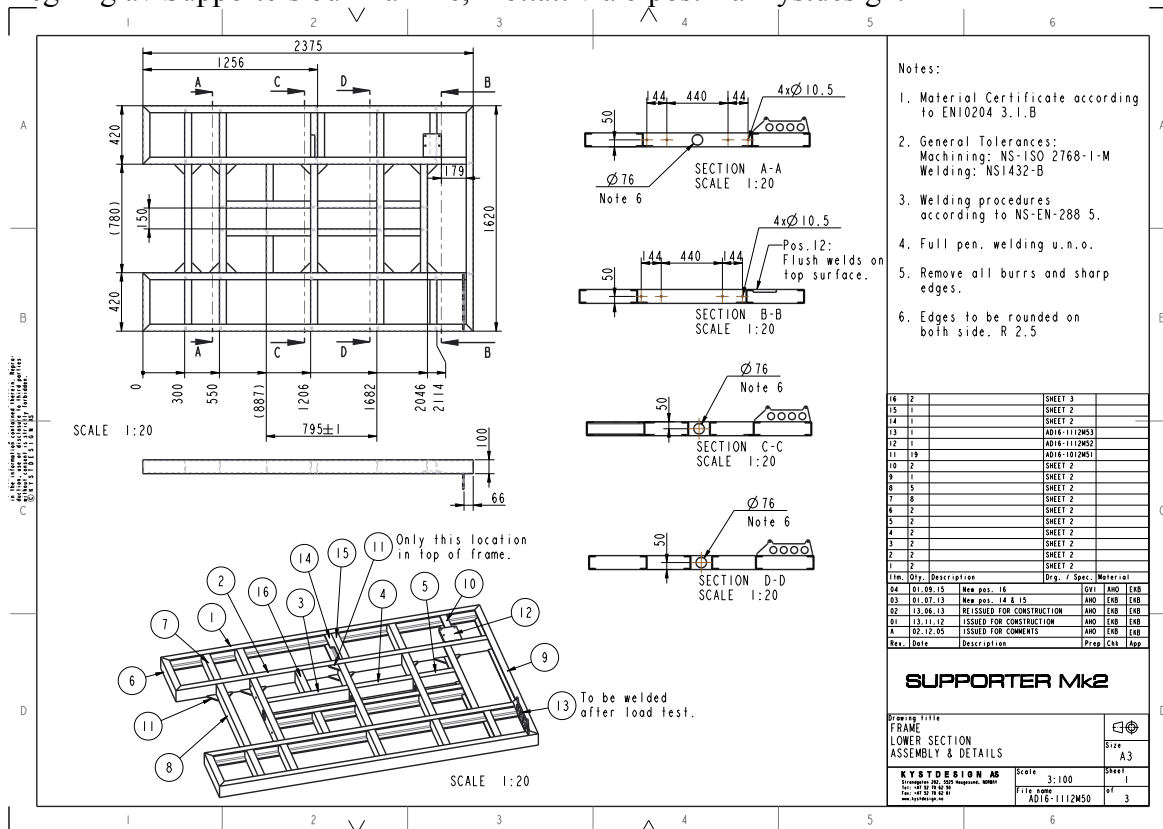
Kontrollsertifikat iflg. EN 10204-3.1

Varegruppe: 6317

Varenr.	Dimensjon	Kg/stk
313406	Ø 25 x 2,5 mm	0,02
313407	Ø 32 x 3,0 mm	0,05
313408	Ø 40 x 3,0 mm	0,08
313409	Ø 50 x 3,0 mm	0,12
313410	Ø 60 x 3,5 mm	0,22
313411	Ø 65 x 4,0 mm	0,26
313412	Ø 90 x 4,0 mm	0,52
313413	Ø 75 x 5,0 mm	0,44
313414	Ø 100 x 5,0 mm	0,88
313415	Ø 150 x 5,0 mm	2,10

## 9.4 Suppurter bunnramme

Tegning av Supporters bunnramme, mottatt via e-post fra Kystdesign.



## 9.6 Dredger

Eksempel på utstyr som skal festes i quick-connector, dredger fra Deep C (C, 2018).

### Deep C® ROV Dredge



The Deep C® ROV Dredge is a compact dredging unit, mounted to and powered by the ROV. The hydraulic requirement is perfect match to most WROV, hence the tool can be fully utilized with output from typical standard available ports for ROV tooling. The Deep C ROV Dredge is light in weight and easily installed on the ROV.

#### KEY FEATURES:

- Unrestricted dredge sizes up to 10"
- High removal capacity
- Compact and robust design
- Perfect match with ROV hydraulic output
- Long transport distance capacity
- Range of various suction head designs
- Very light in water and easy to carry for ROV
- Can connect/disconnect subsea
- Customized designs available for specific ROV requirements



**TECHNICAL SPECIFICATIONS:**

Dredge size (inches)	6"	8"	10"
Unrestricted inner diameter (mm)	150 mm	200 mm	250 mm
Hydraulic requirement (lpm/ bar)	60 lpm @ 180 bar	60 lpm @ 180 bar	60 lpm @ 180 bar
Flow rate water (lpm)	5 800 lpm	8 500 lpm	11 700 lpm
Theoretical removal rate (t/ hr)*	60 t/hr	60 t/hr	60 t/hr
Unit weight air (kg)	60 kg	70 kg	90 kg
Unit weight water (kg)	40 kg	45 kg	55 kg

\*) Dependent on material and influx of sediments

**TRANSPORT SIZES:**

**6" ROV Dredge**

Transport Box with forklift pockets

Length: 120 cm  
Width: 80 cm  
Height: 75 cm  
Apprx weight: 100 kg

**8" ROV Dredge**

Transport box with forklift pockets

Length: 180 cm  
Width: 80 cm  
Height: 75 cm  
Apprx weight: 120 kg

**10" ROV Dredge**

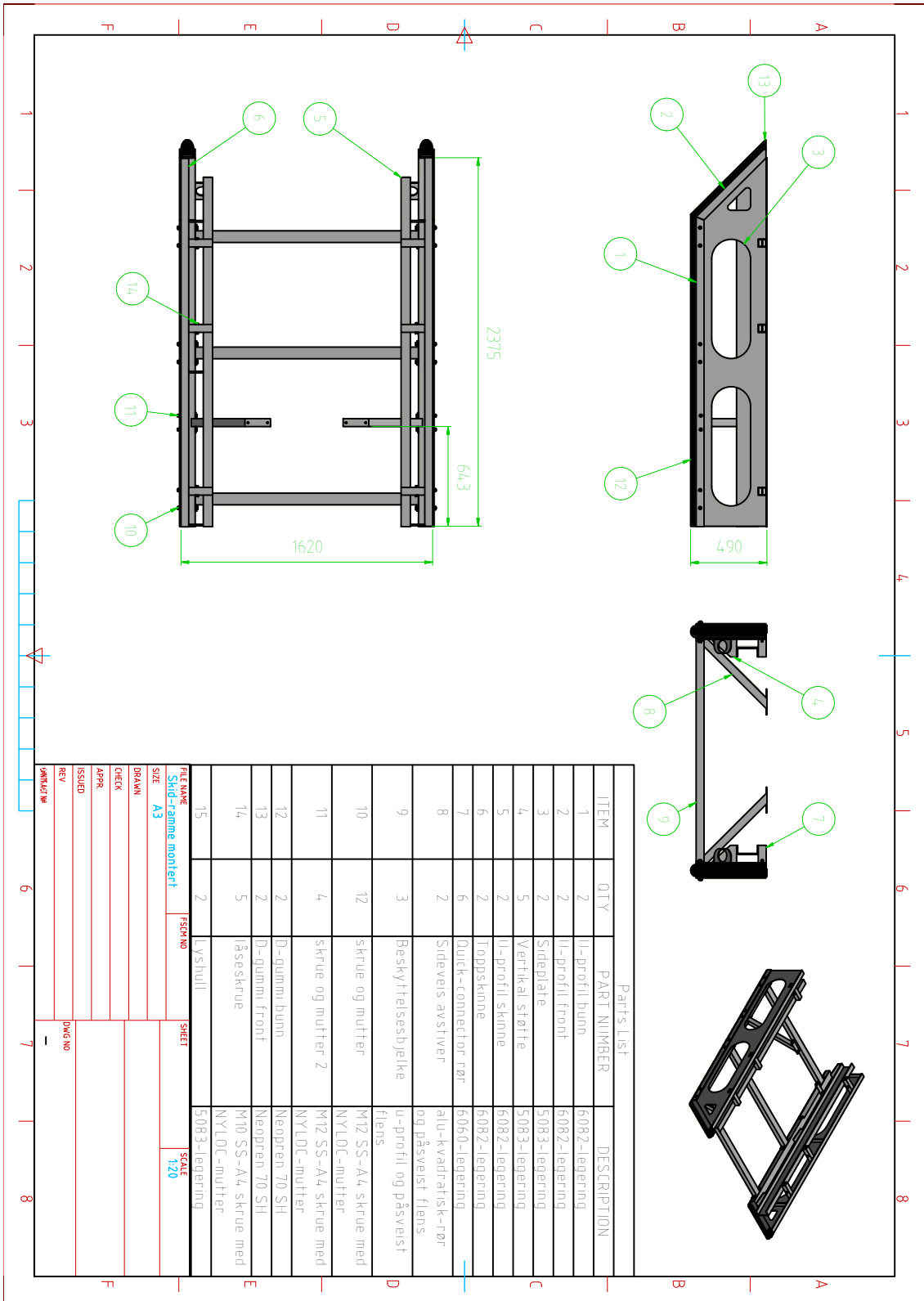
Transport Box with forklift pockets

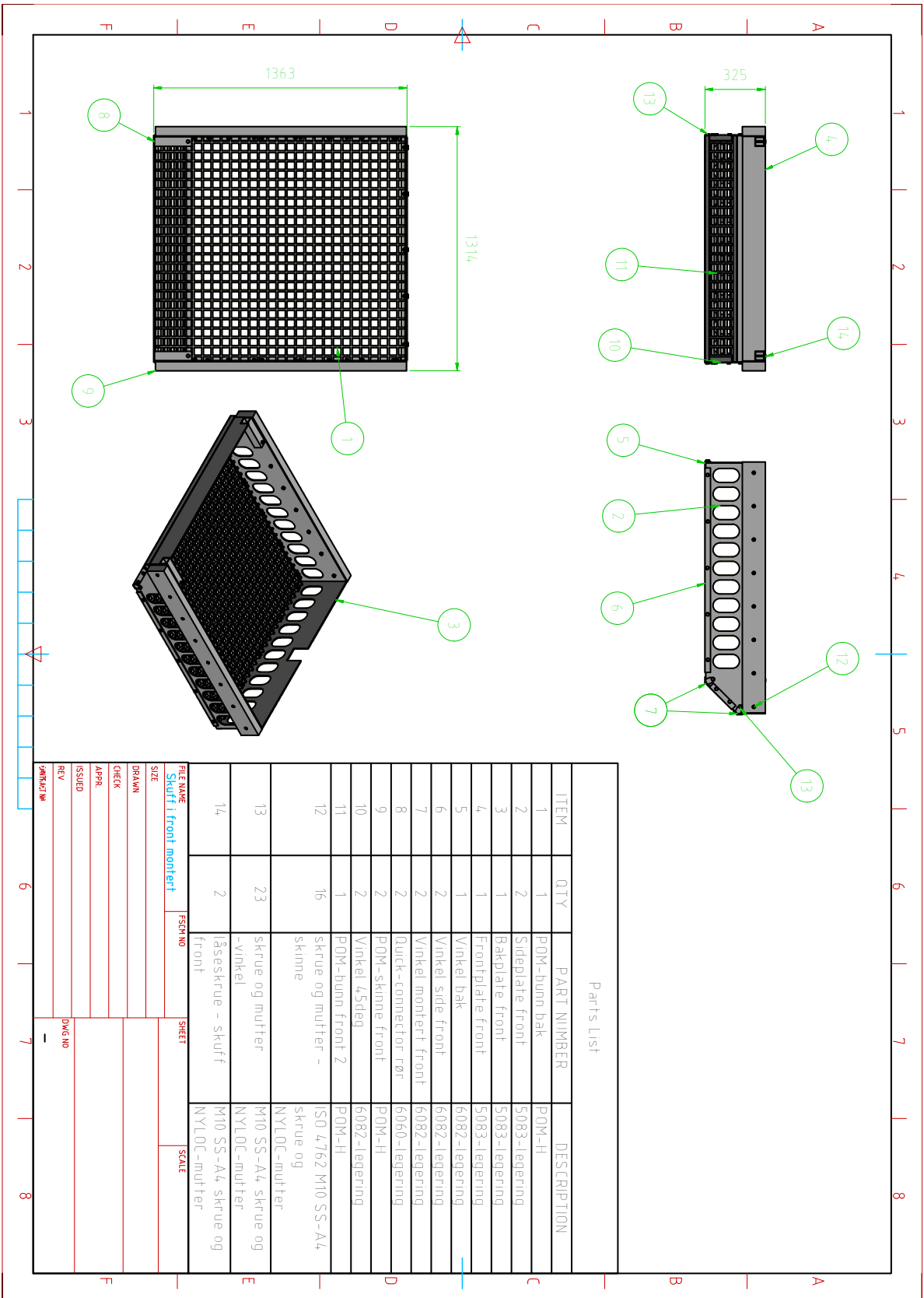
Length: 240 cm  
Width: 80 cm  
Height: 75 cm  
Apprx weight: 190 kg

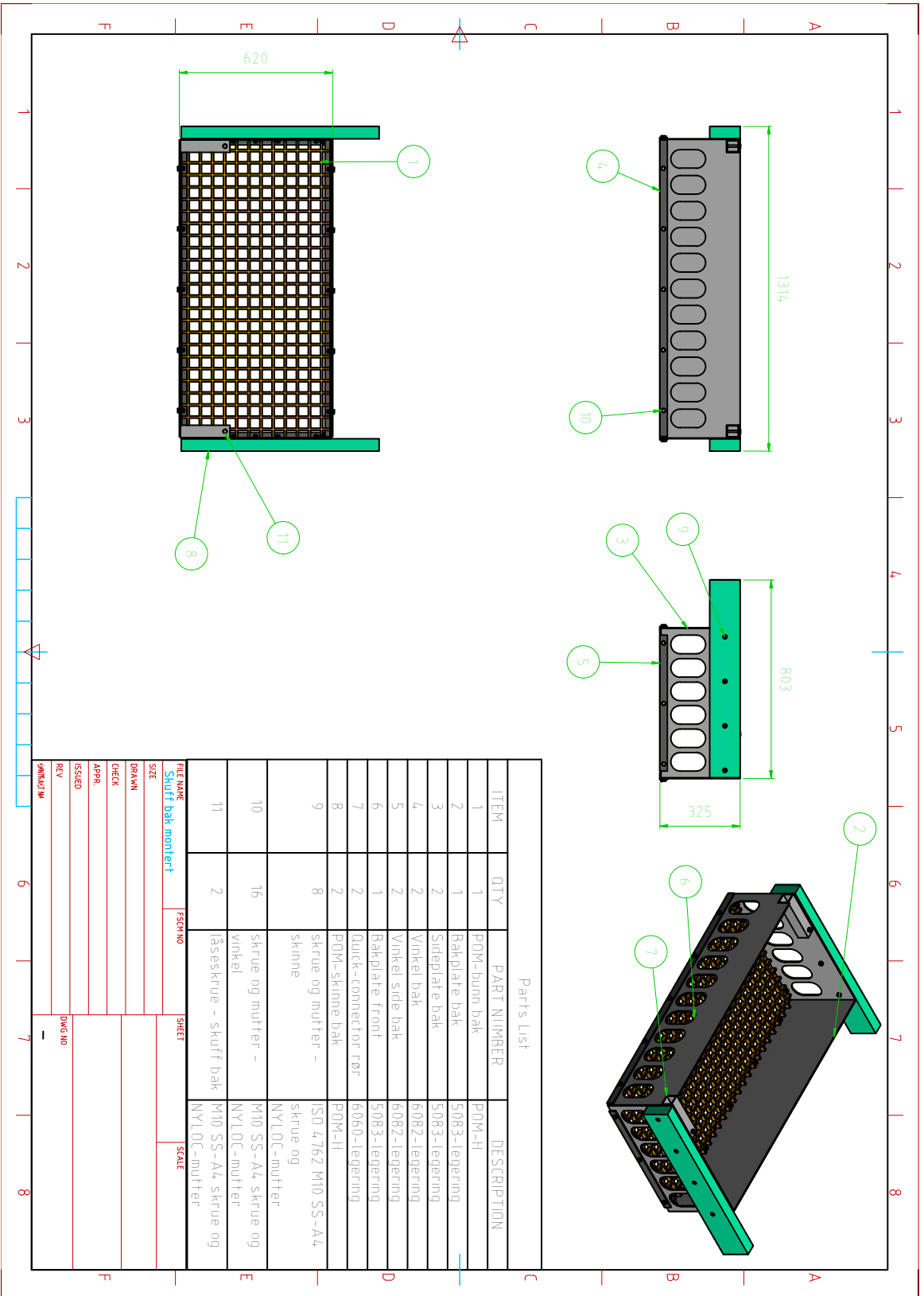




9.7 2D-tegninger



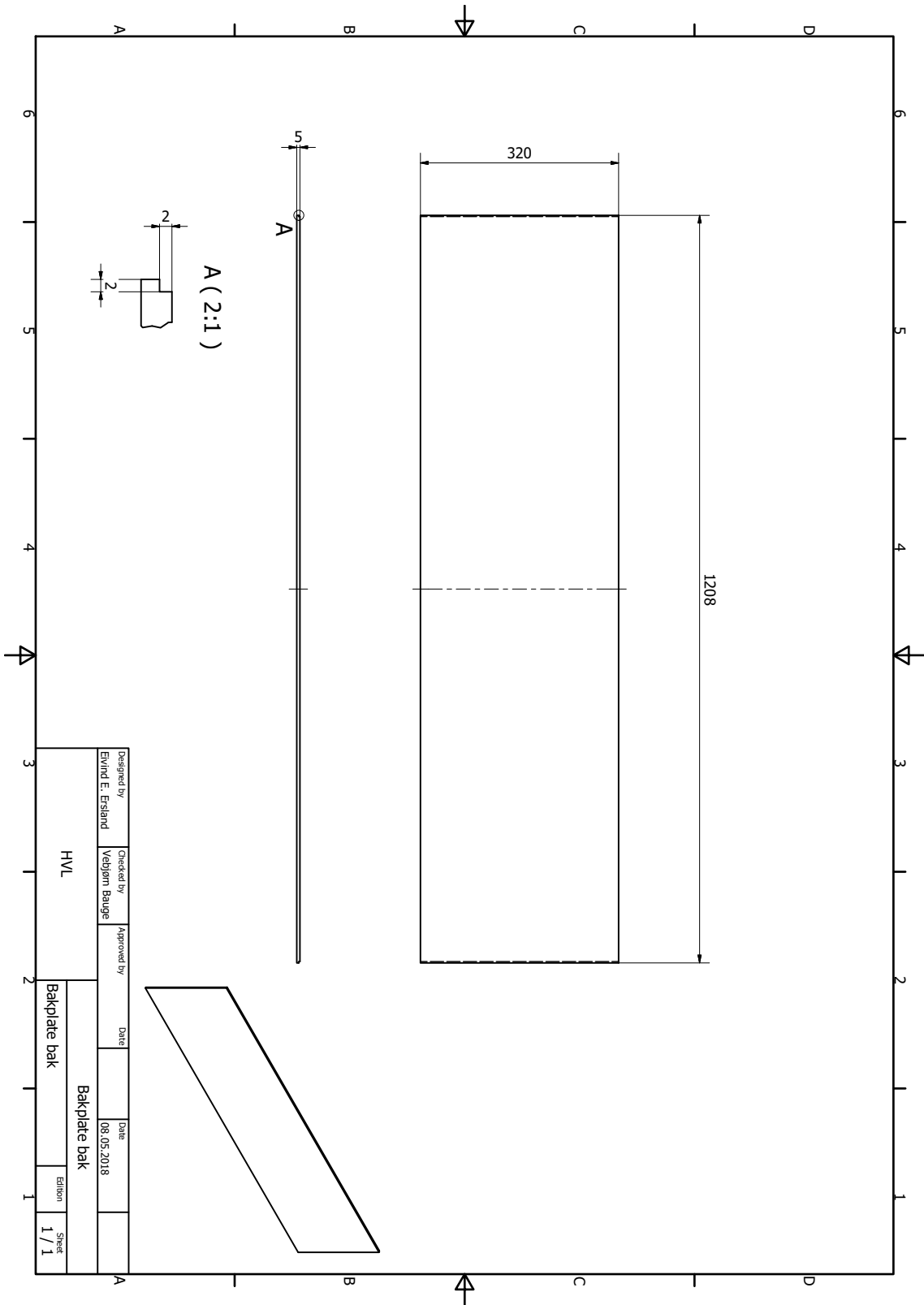


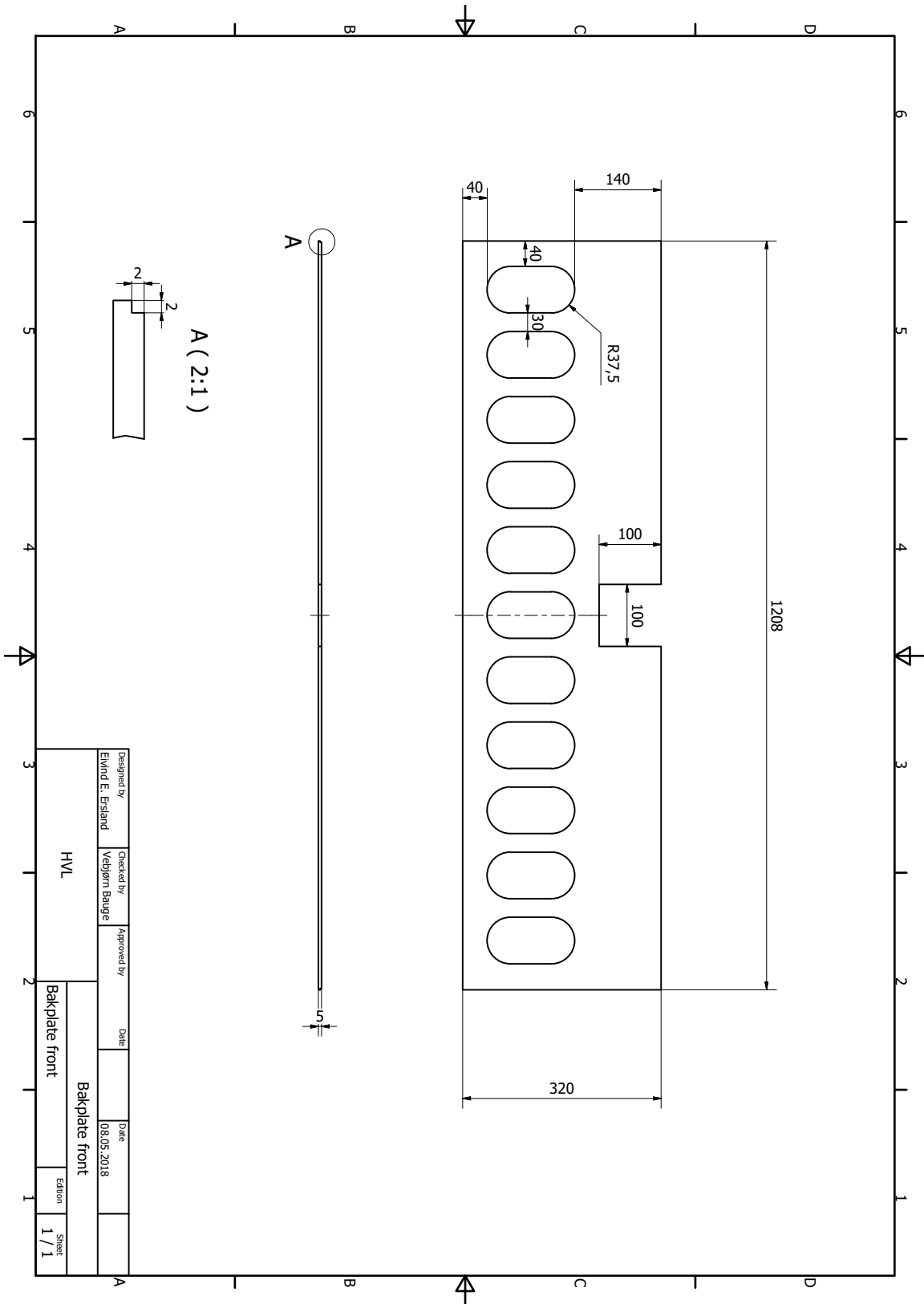


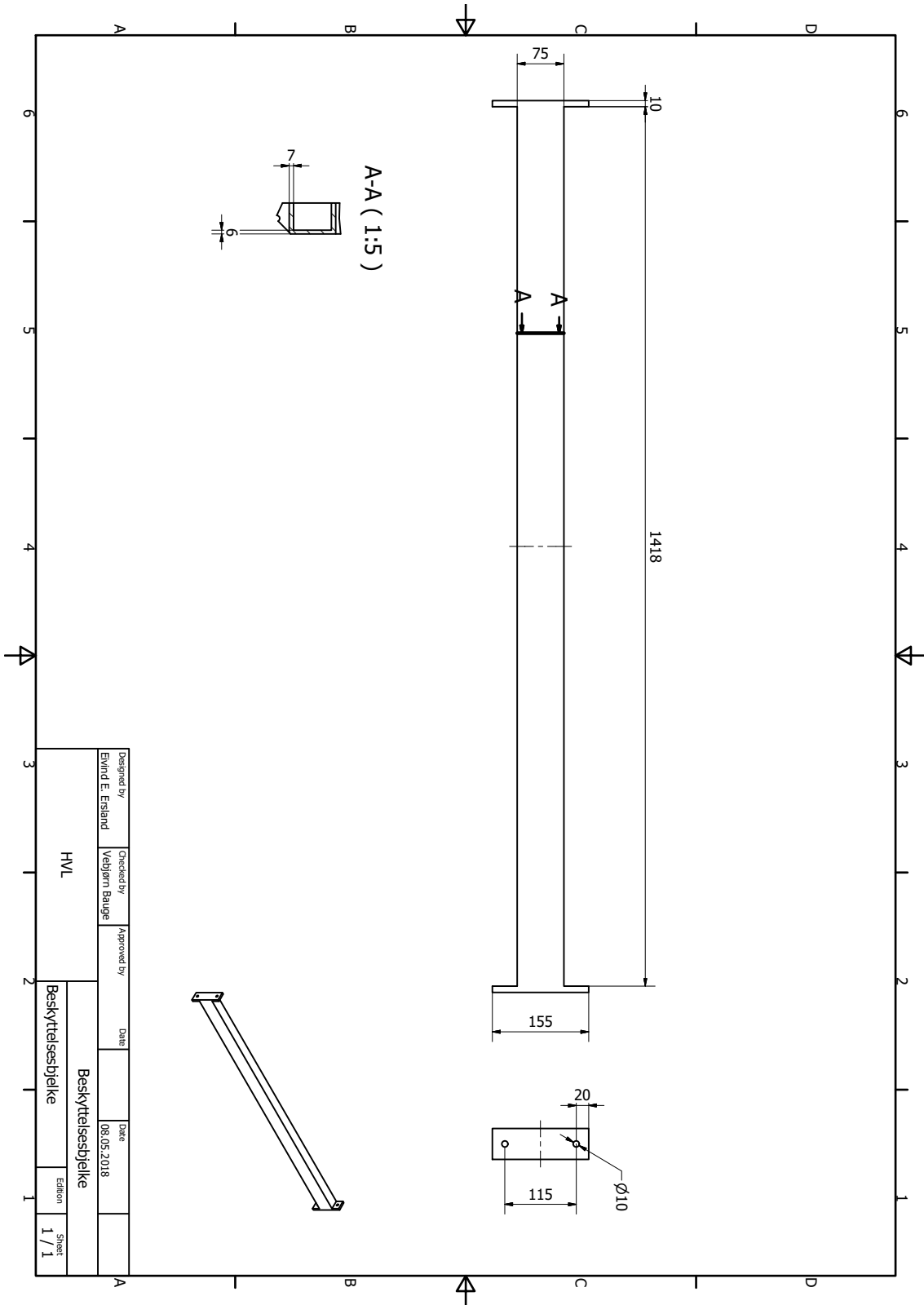
Parts List

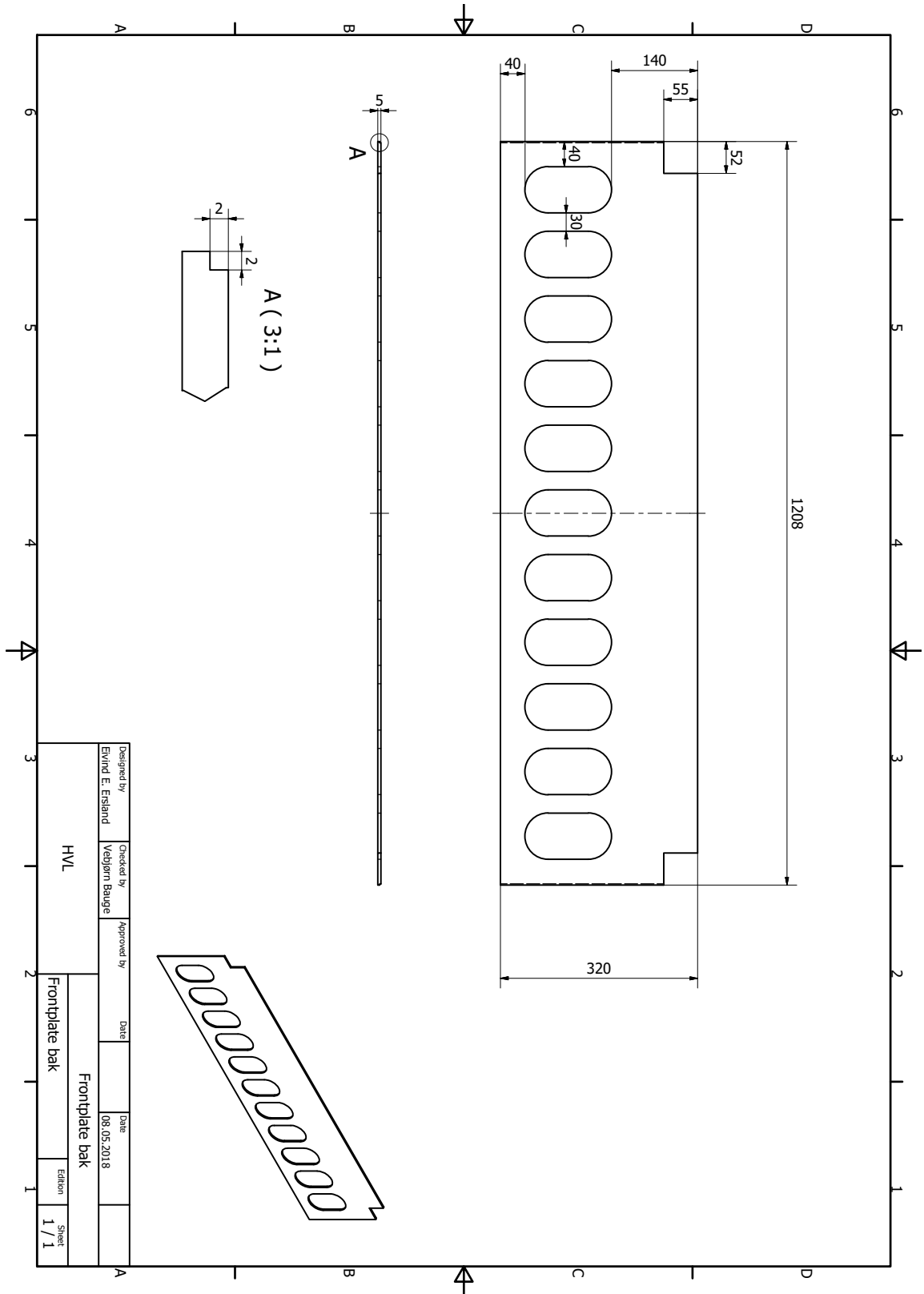
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	PQM-bunn bak	PQM-IH
2	1	Bakplate bak	5083-legering
3	2	Sideplate bak	5083-legering
4	2	Vinkel bak	6082-legering
5	2	Vinkel side bak	6082-legering
6	1	Bakplate front	5083-legering
7	2	Quick-connector rør	6060-legering
8	2	PQM-skinne bak	PQM-IH
9	8	skruer og mutter - skinne	ISO 4762 M10 SS-A4 skruer og NYLONC-mutter
10	16	skruer og mutter - vinkel	M10 SS-A4 skruer og NYLONC-mutter
11	2	låseskruer - skuff bak	M10 SS-A4 skruer og NYLONC-mutter

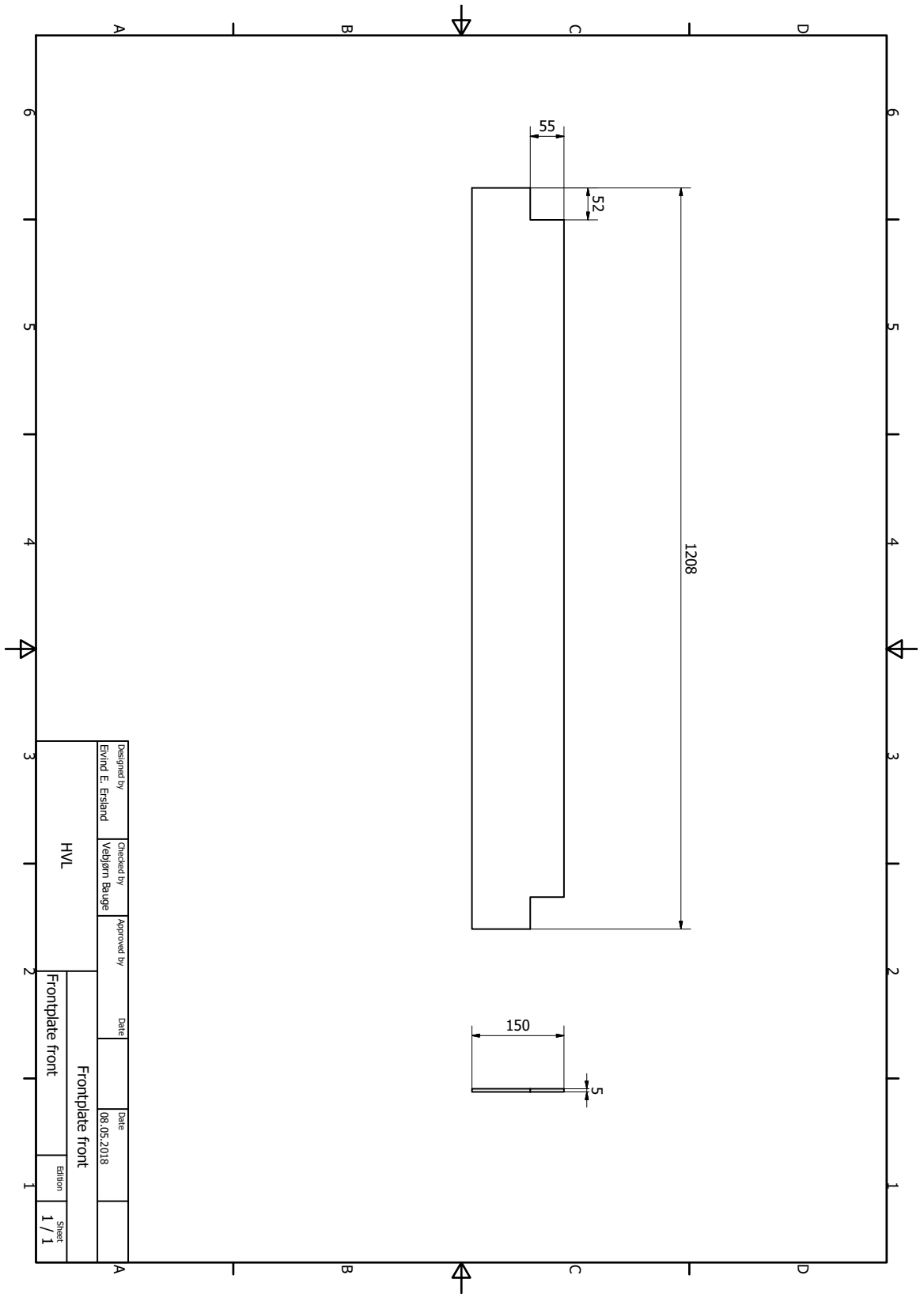
FILE NAME	FSOX NO	SHEET	SCALE
Skuff bak montert			
SIZE			
DRAMAN			
CHECK			
APPRO			
ISSUED			
REV			
ÅRSKILT NO			



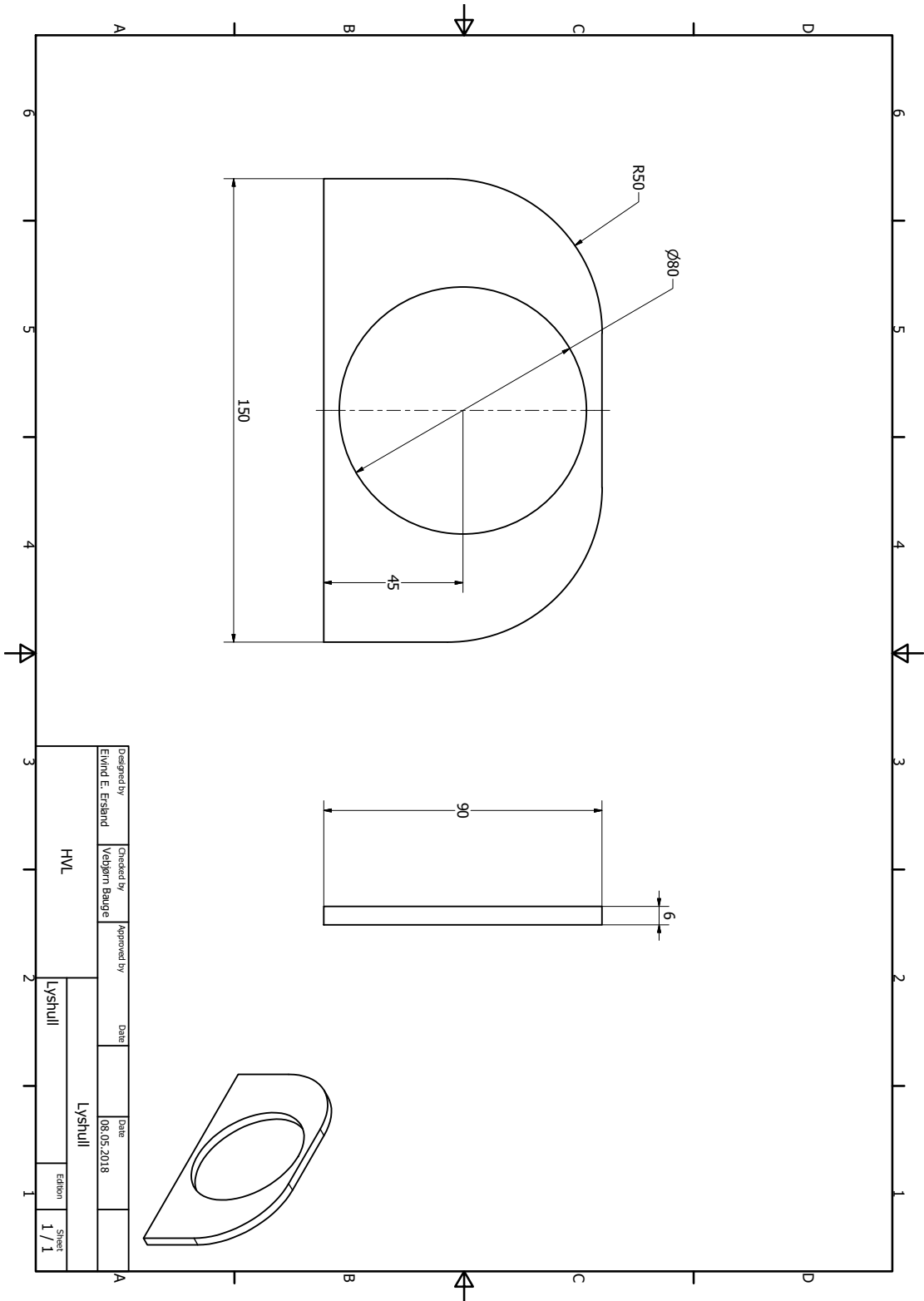


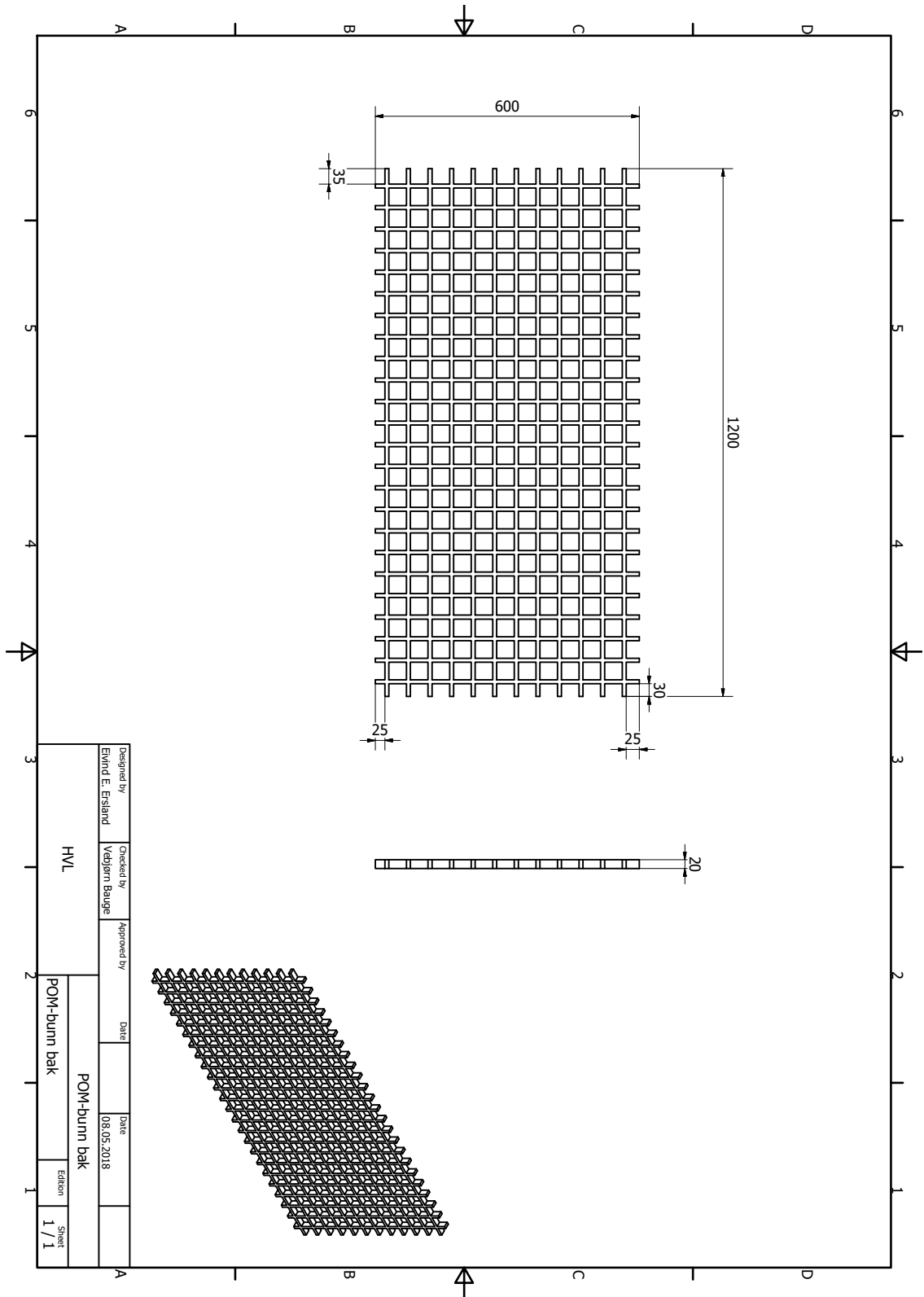


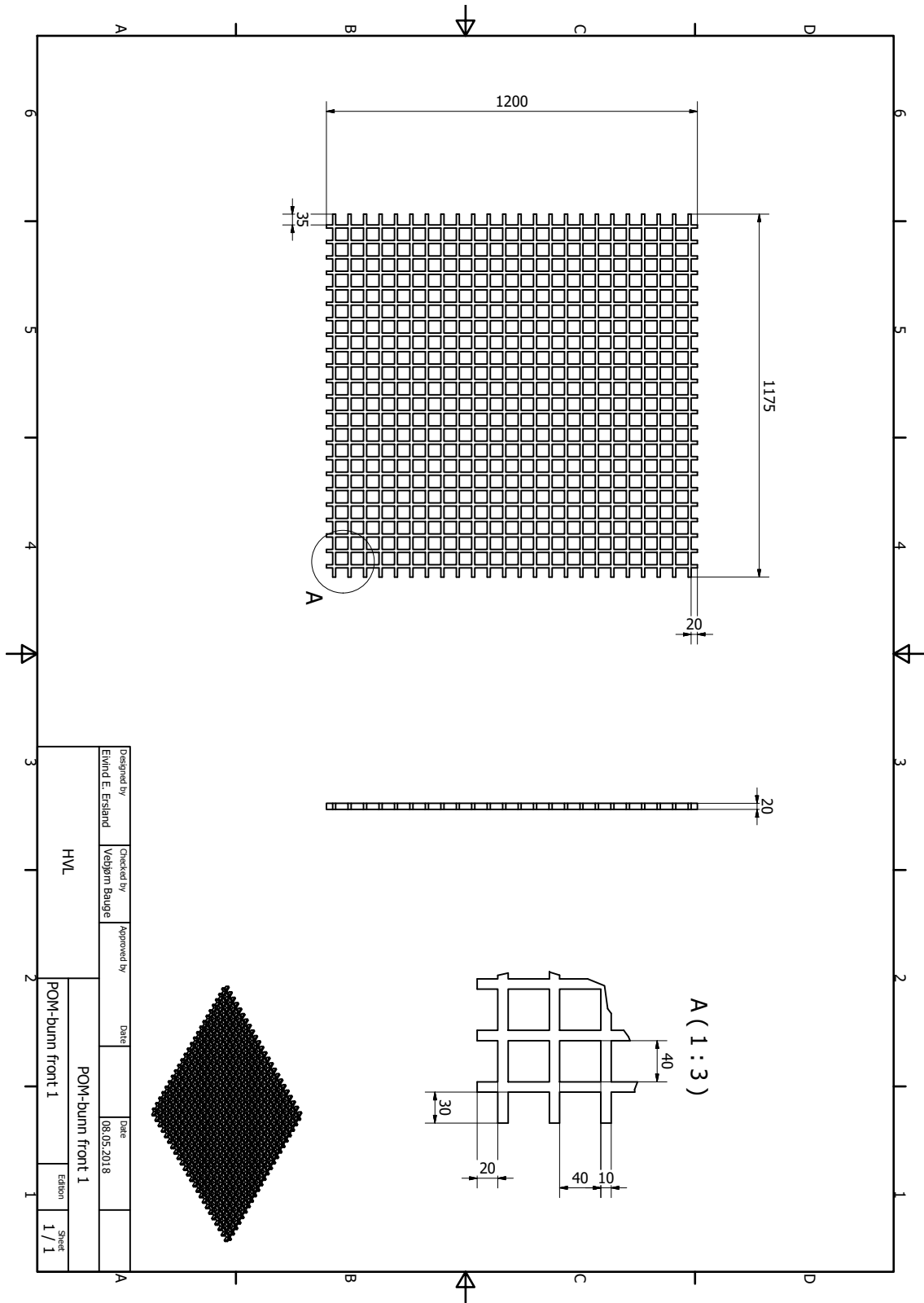


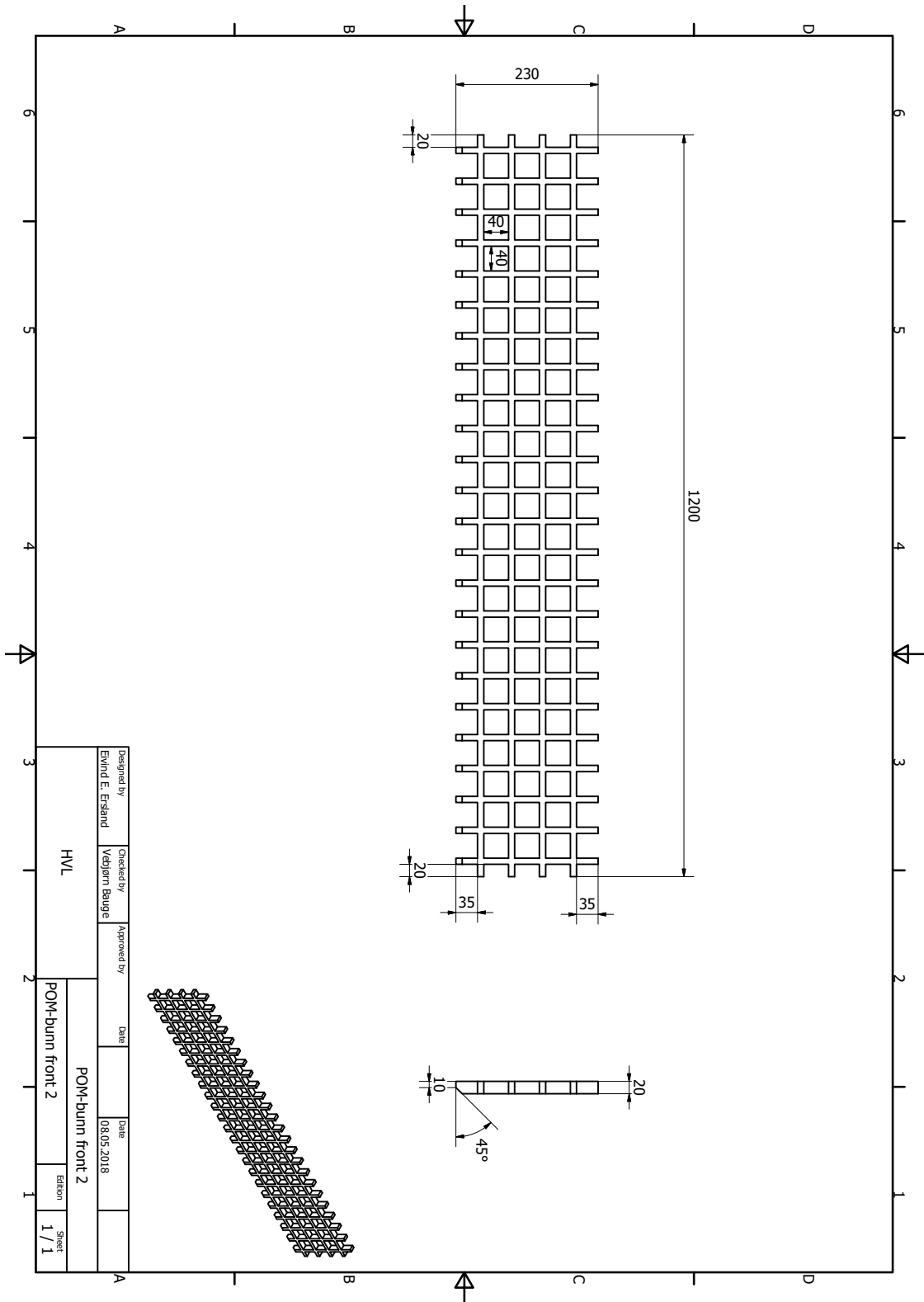


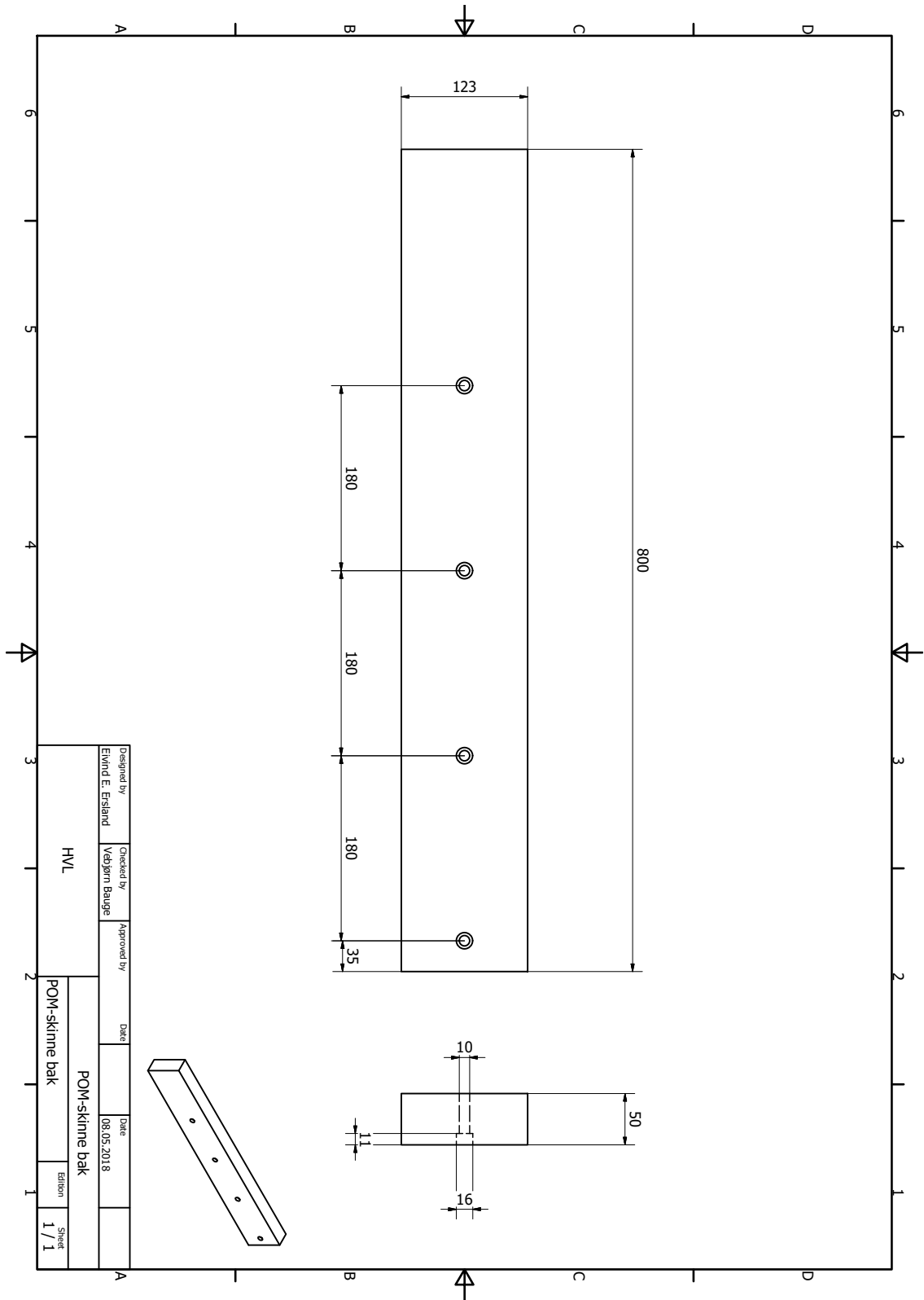


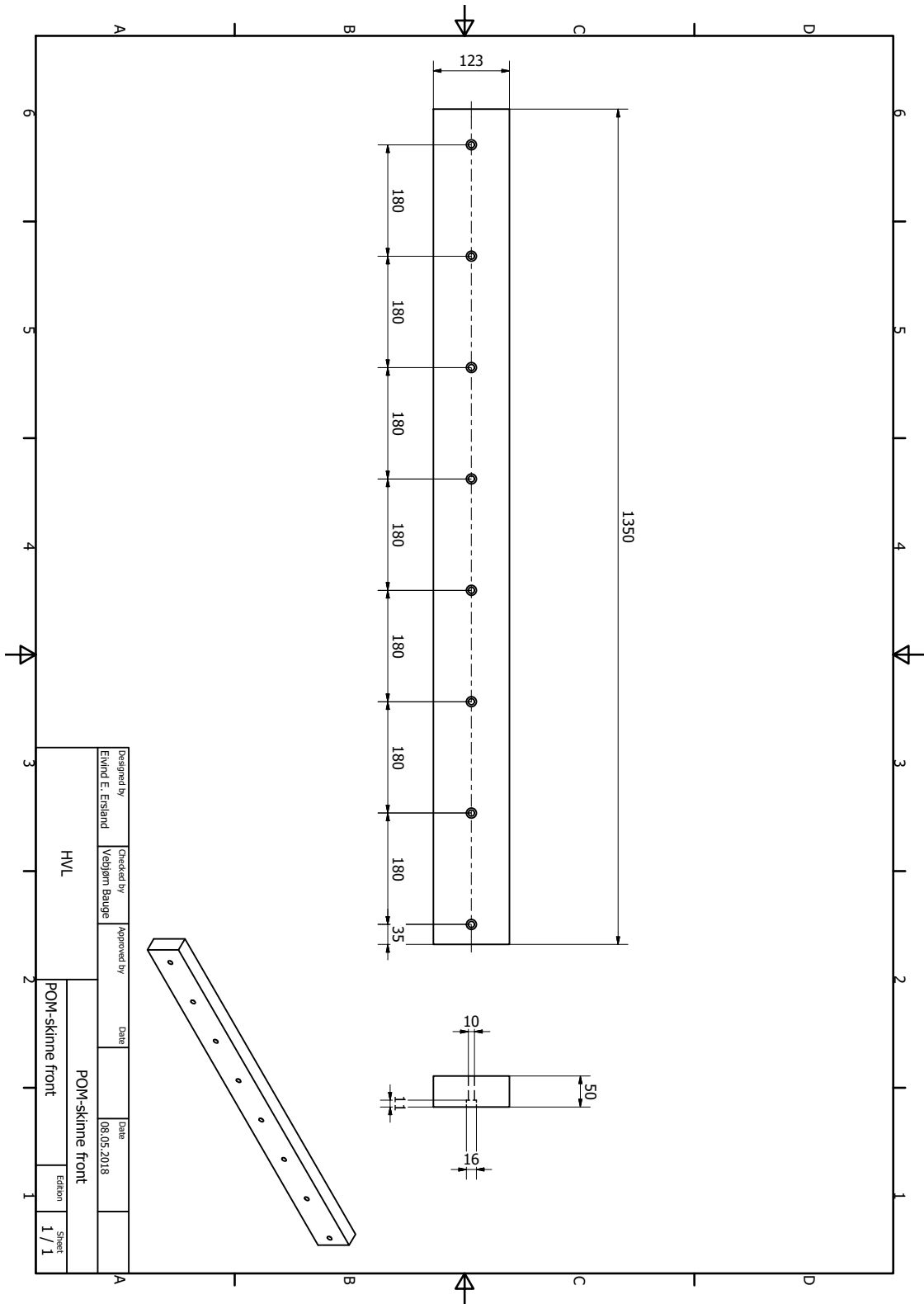




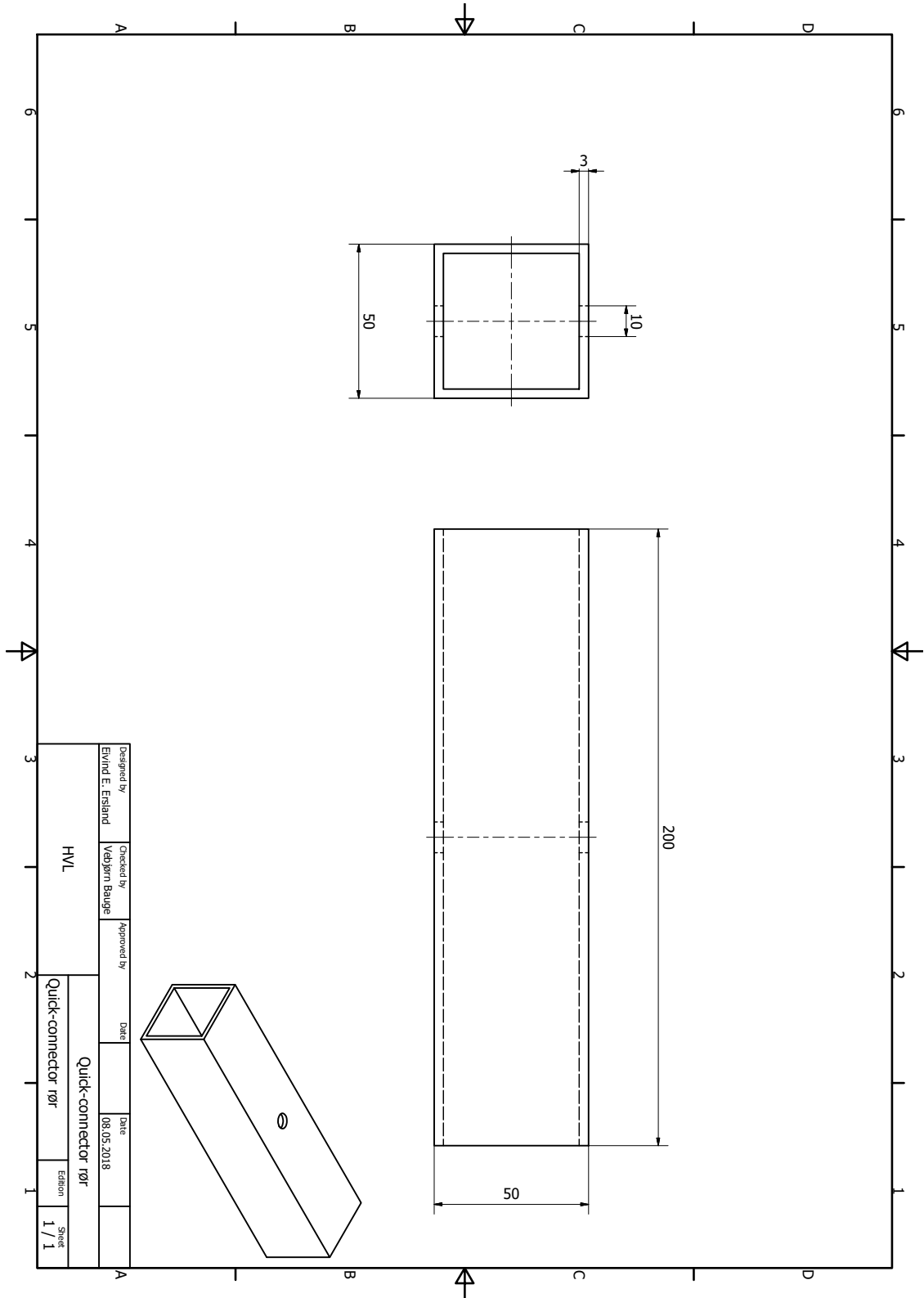


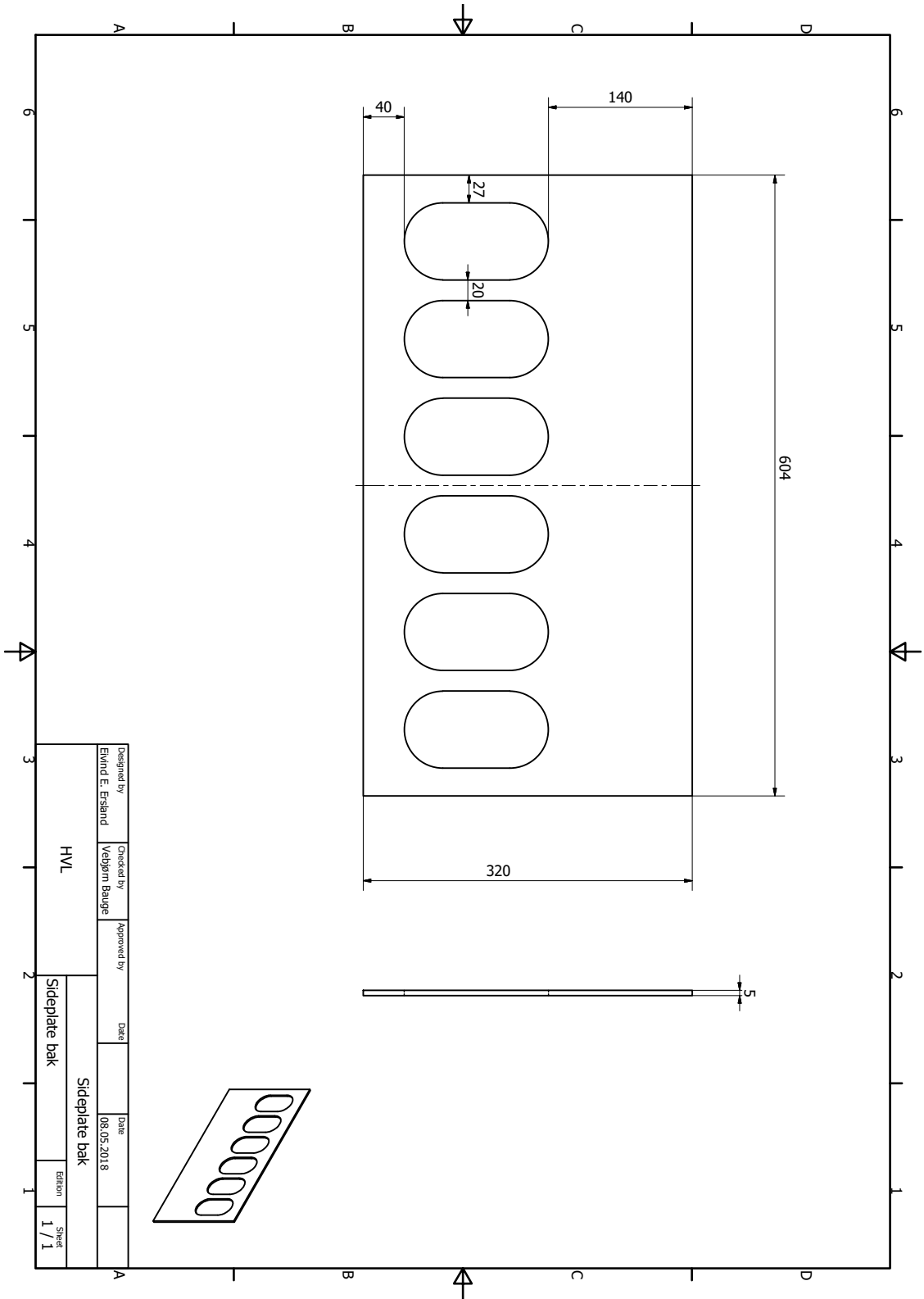




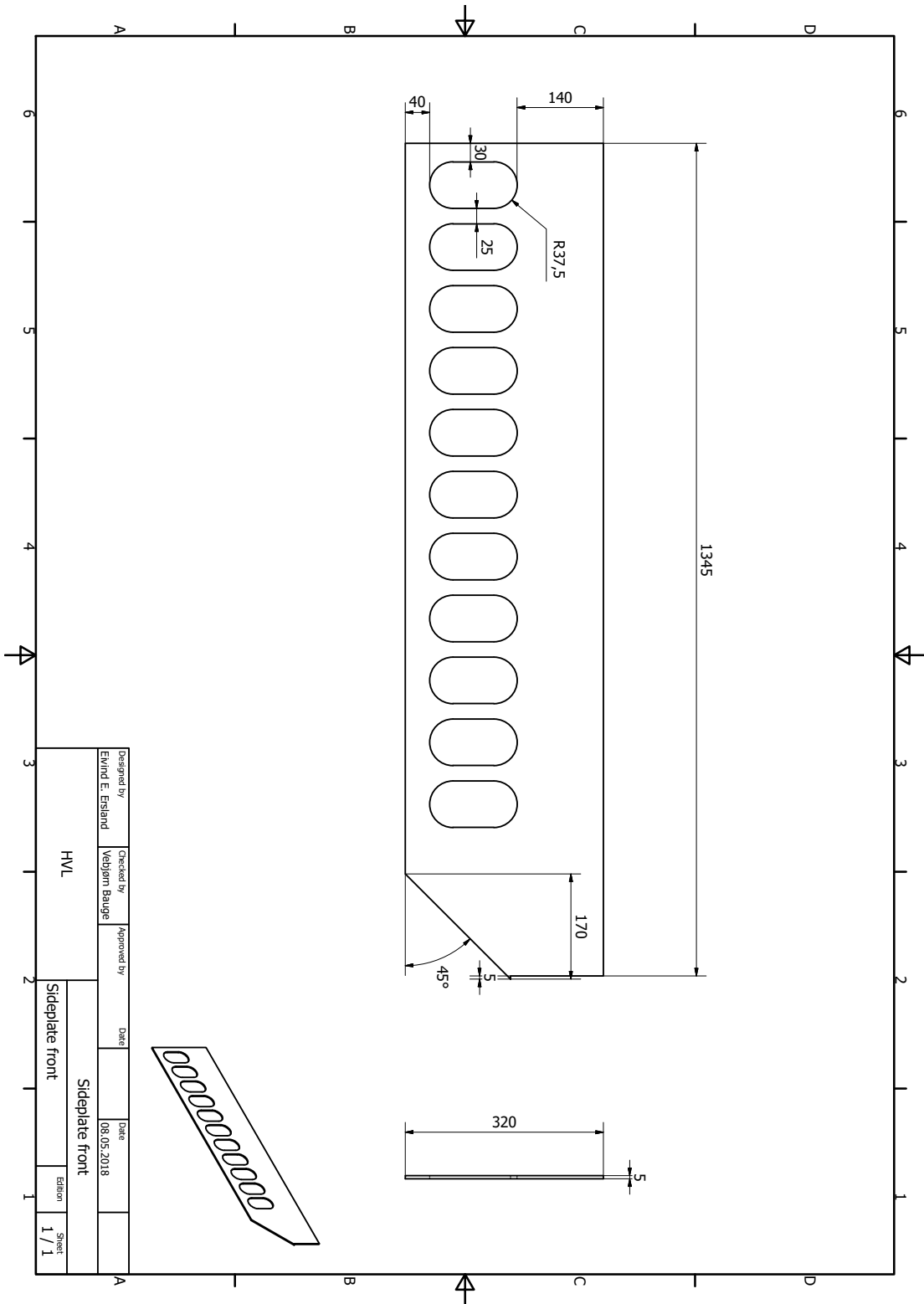


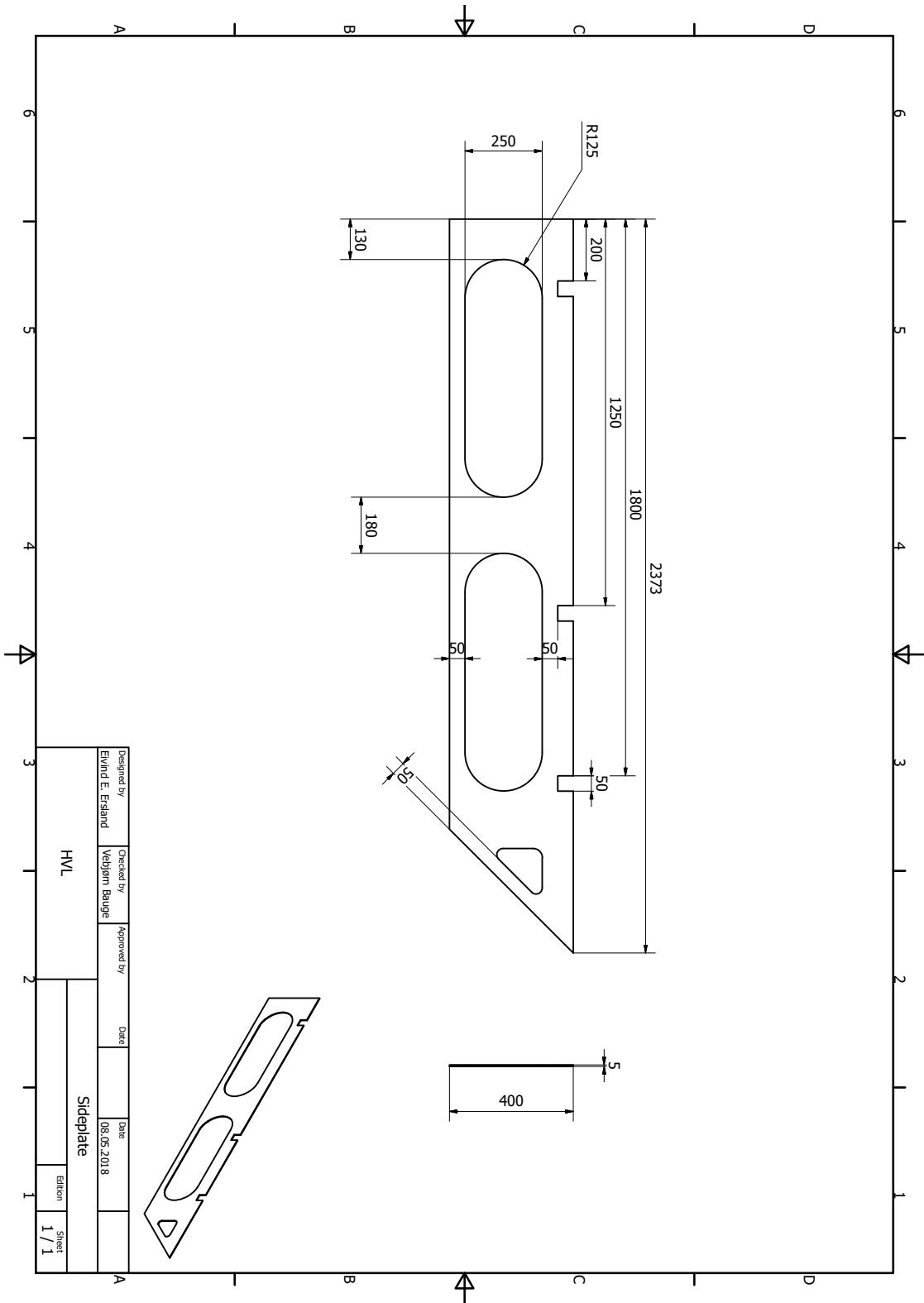
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Eivind E. Eistland	Vedbjørn Baauge			08.05.2018	
HVL			POM-skinne front		
			POM-skinne front		
			Edition		Sheet
			1 / 1		1 / 1

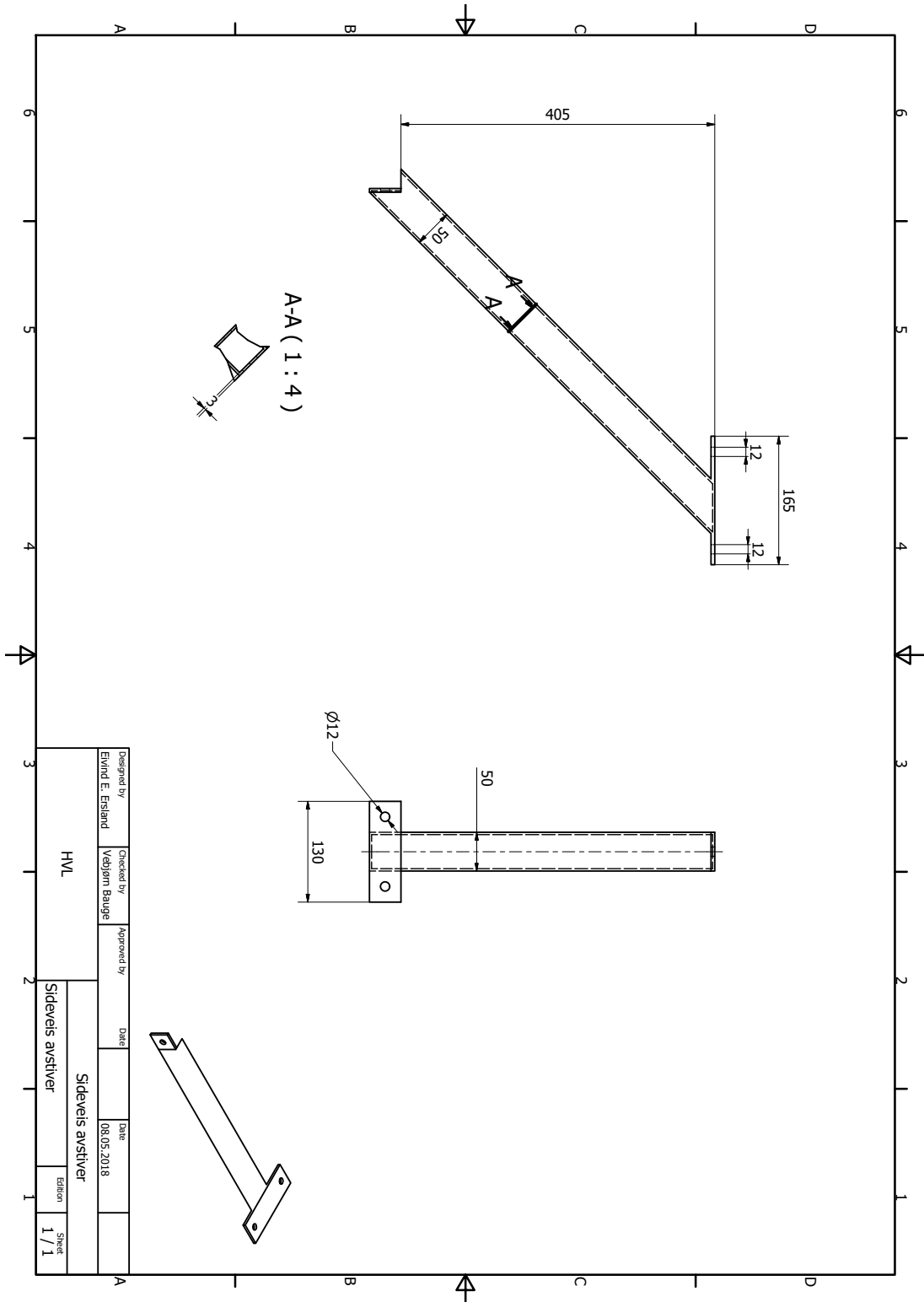


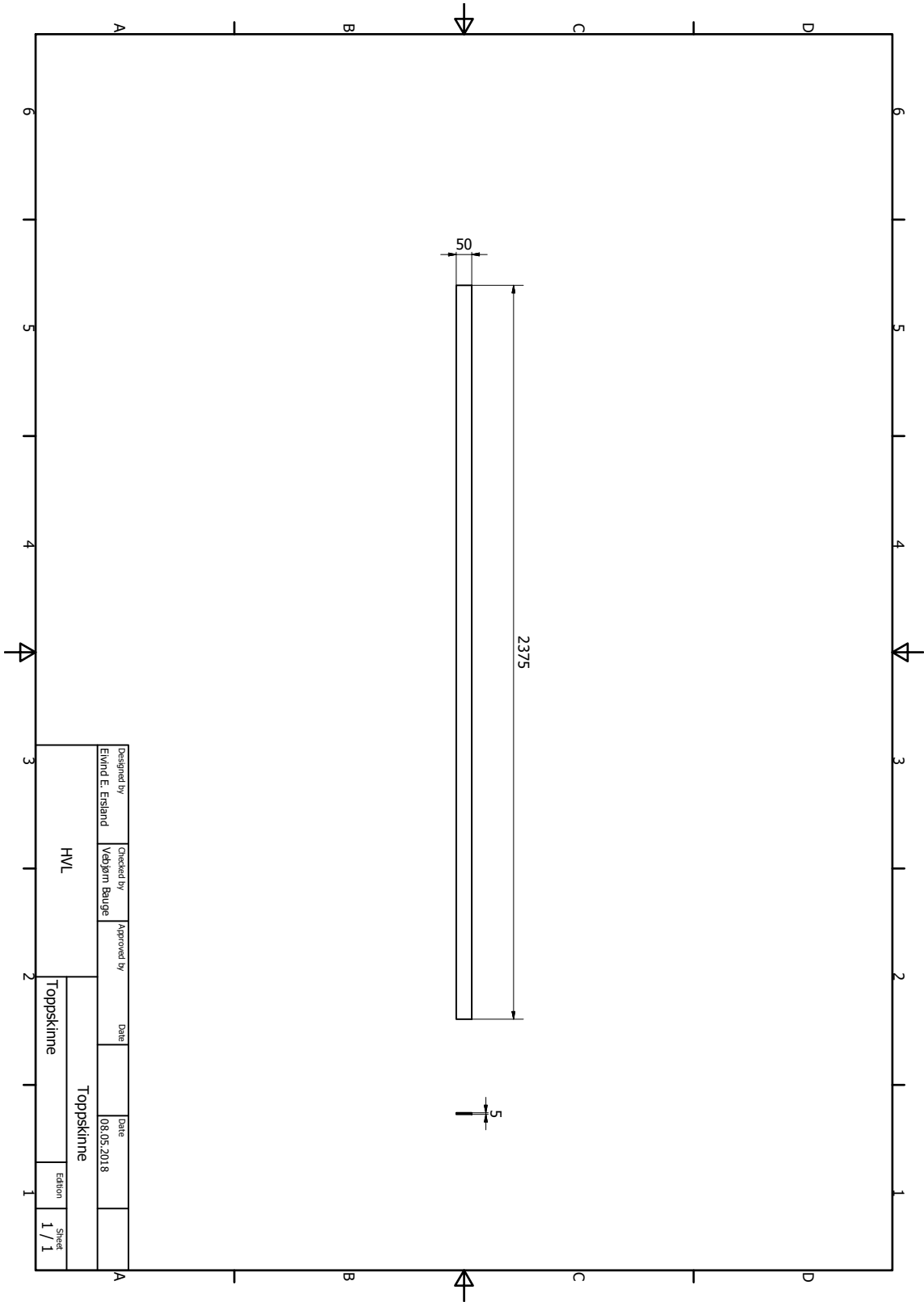


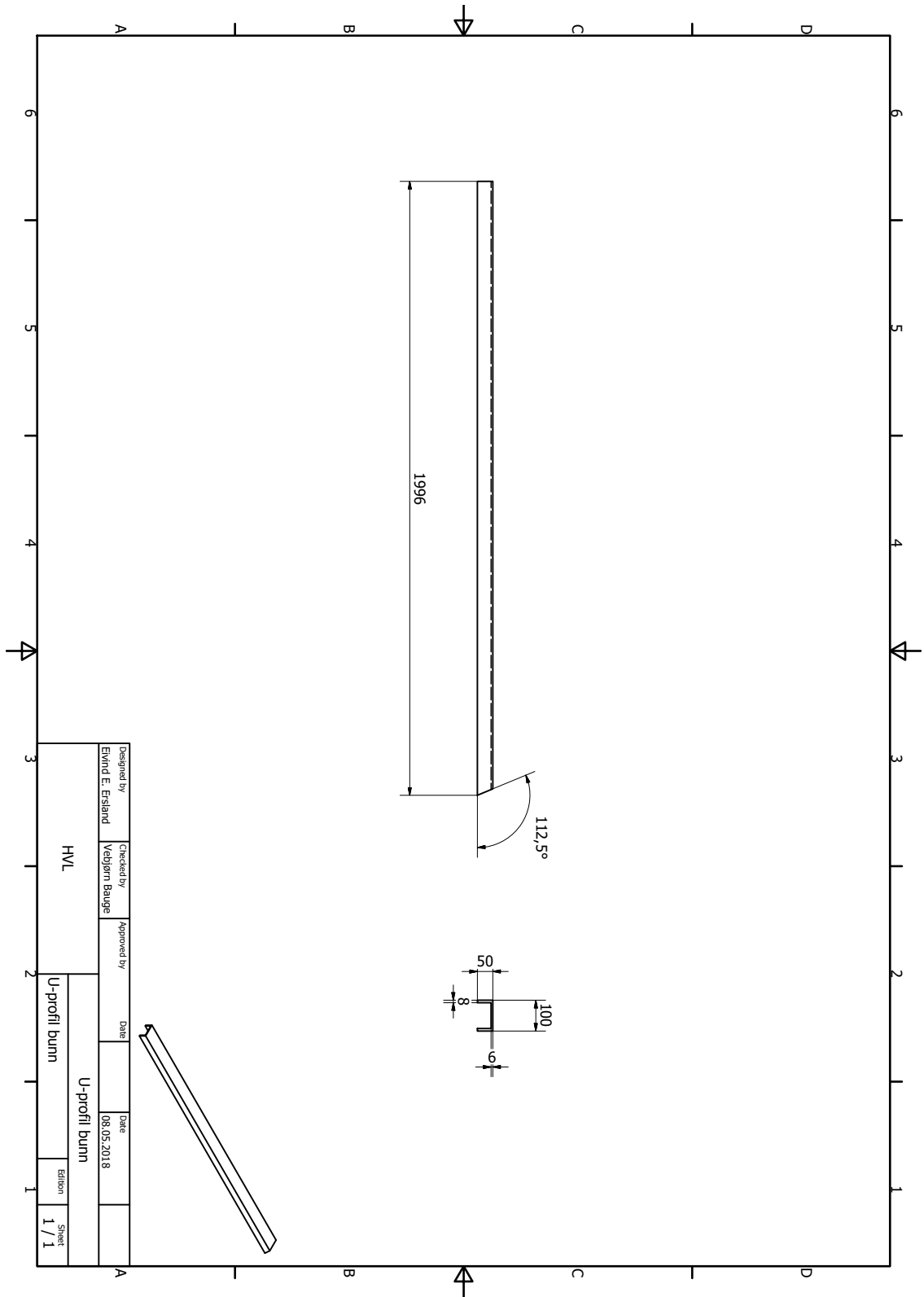


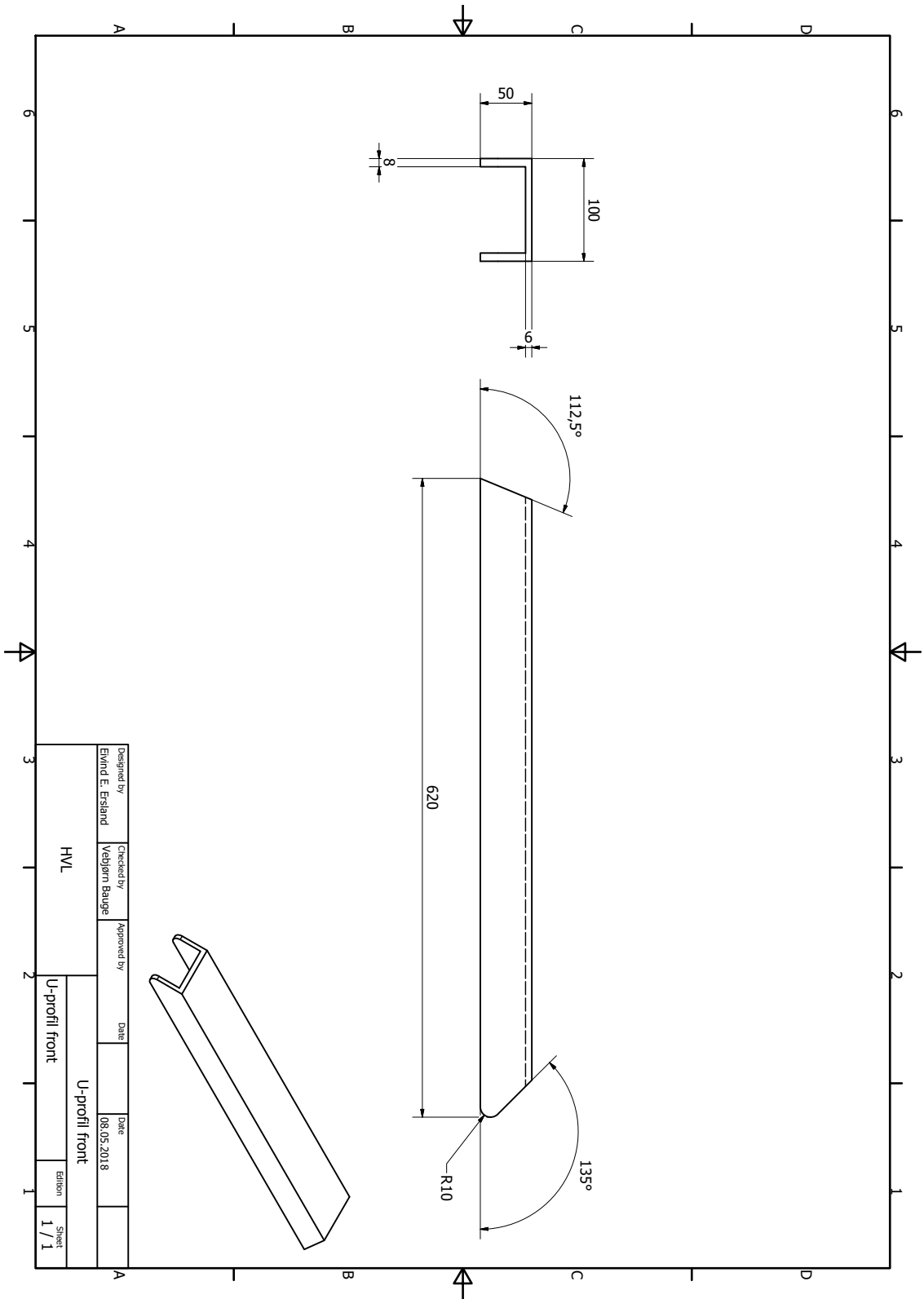


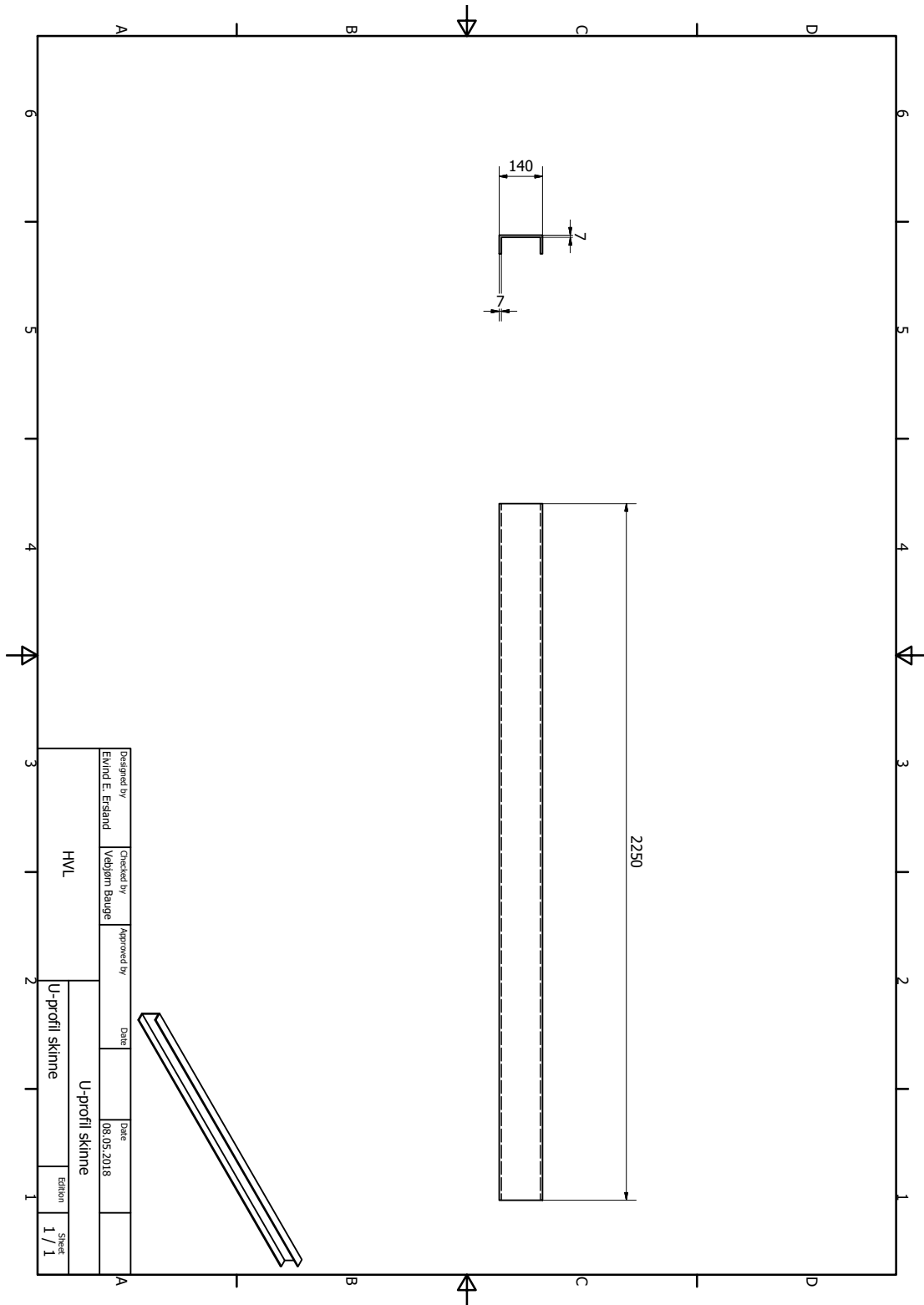


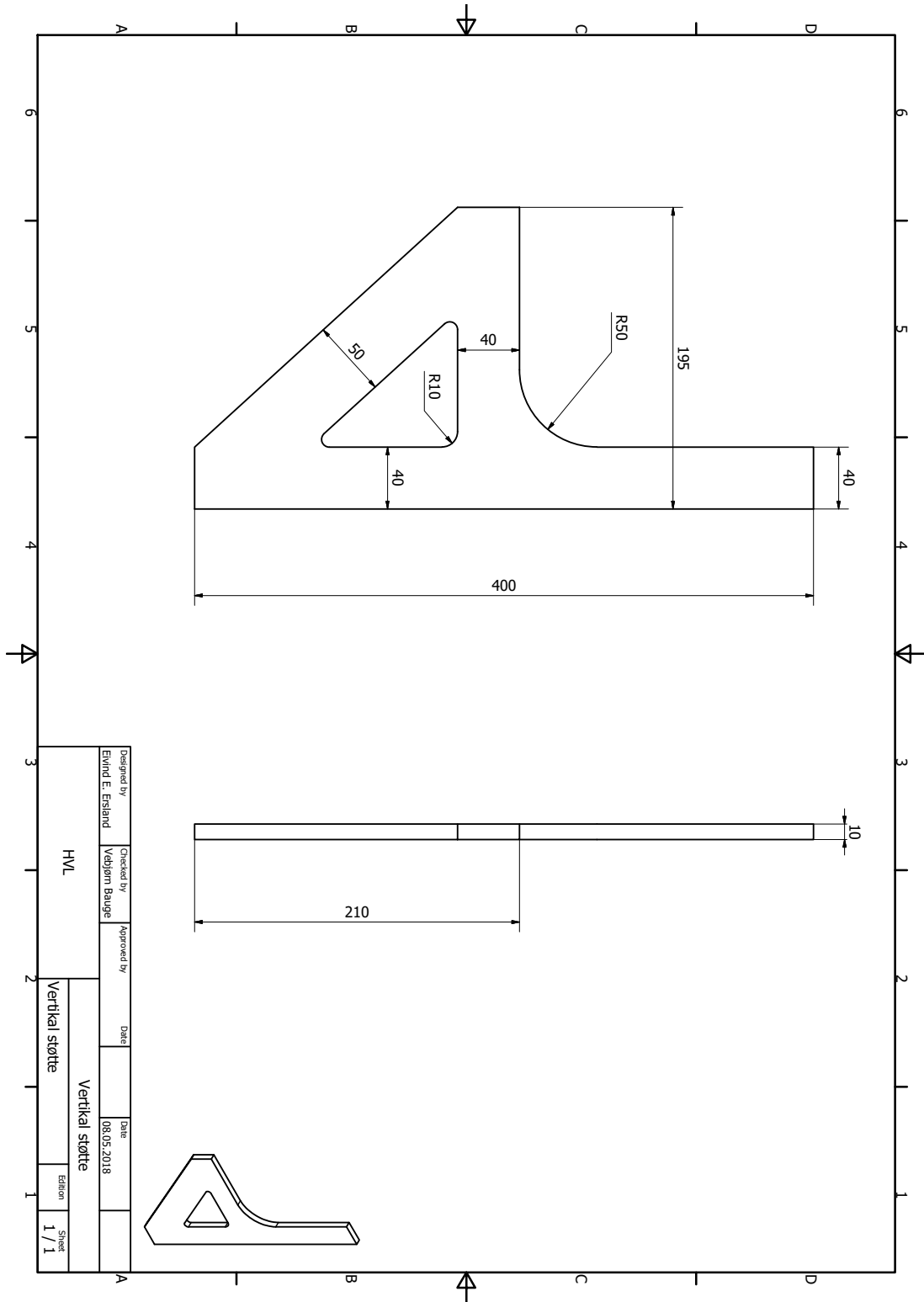




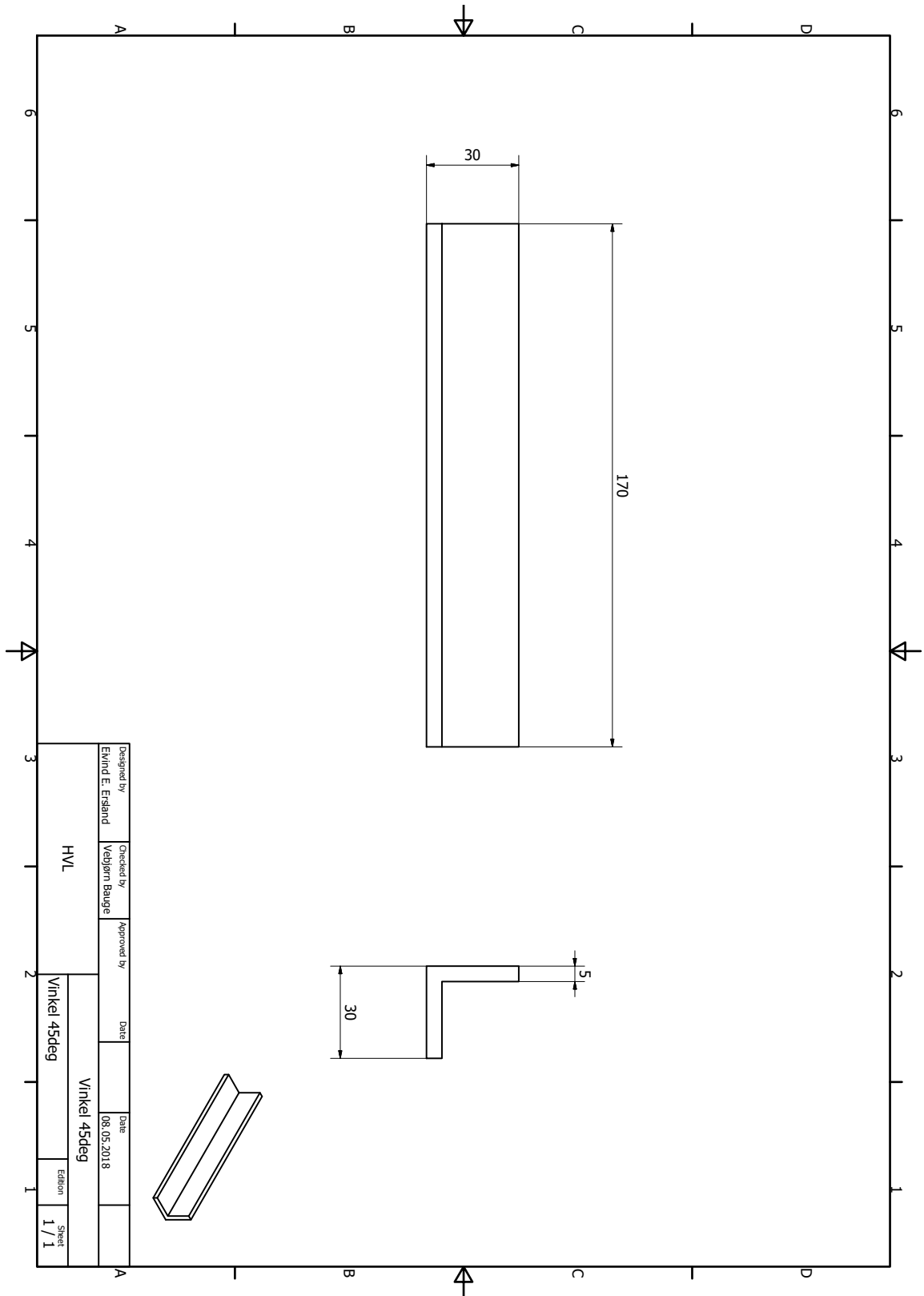


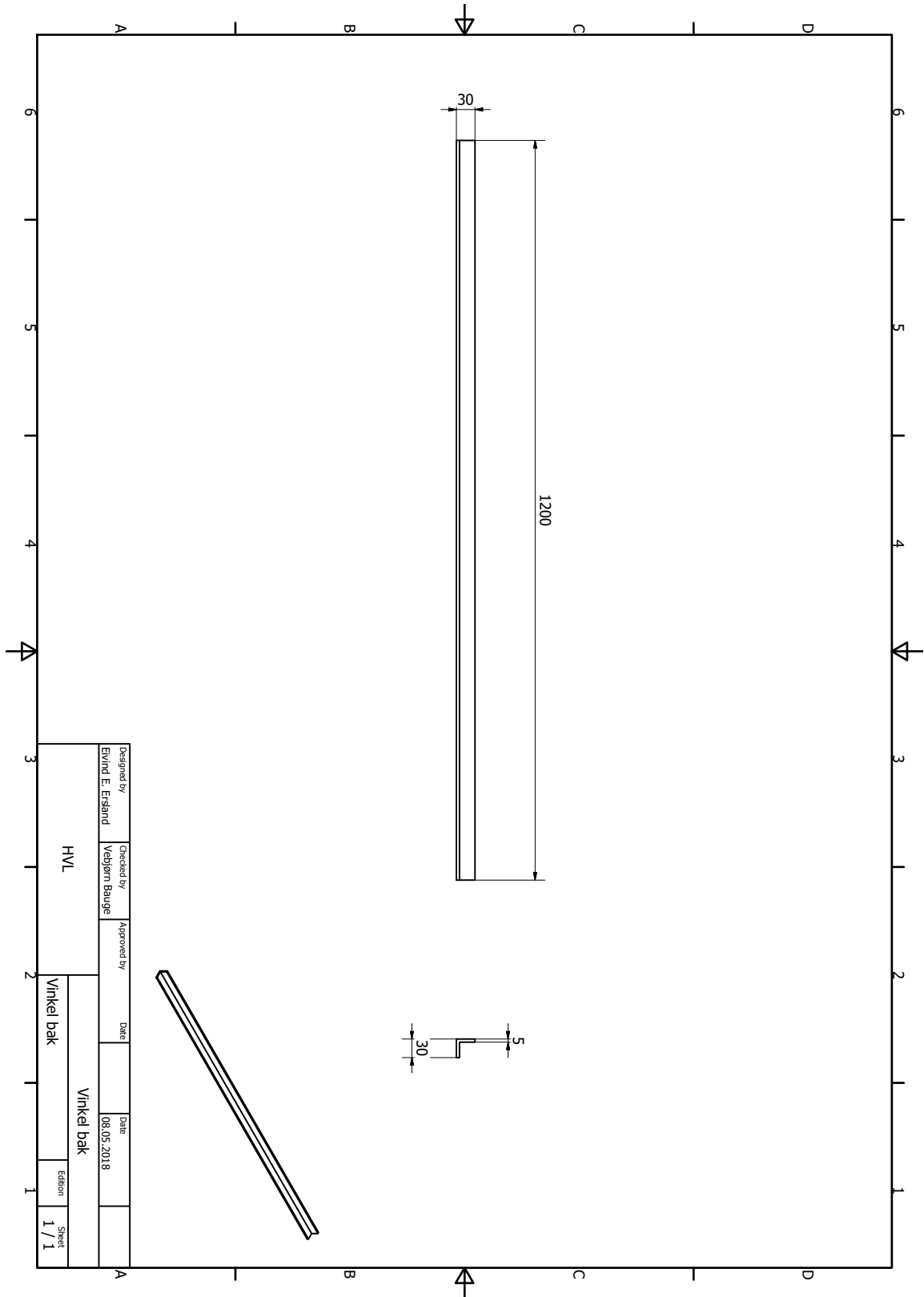


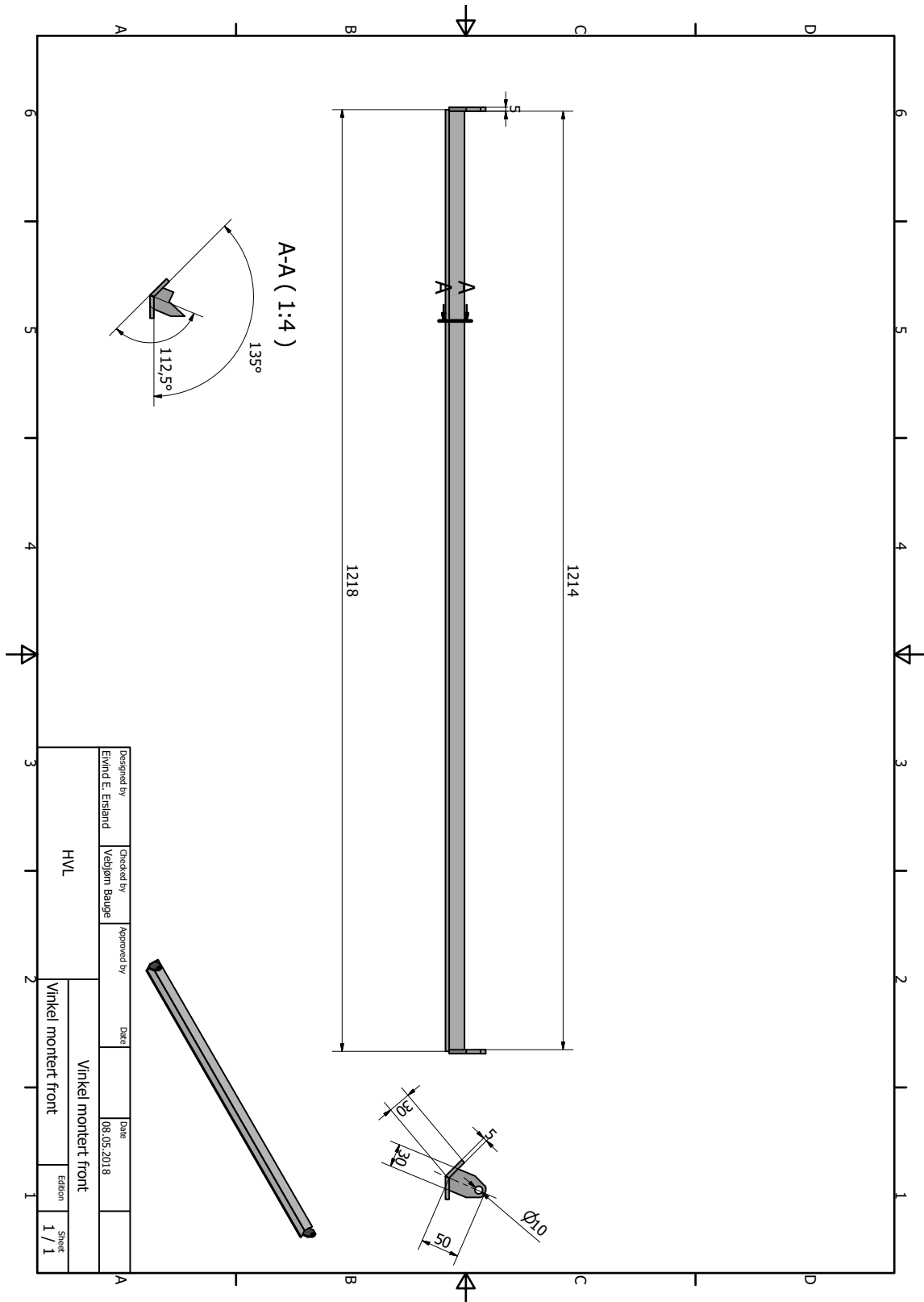












Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Einrid E. Eistand	Vejblom Baugø			08.05.2018	
HVL			Vinkel montert front		
			Vinkel montert front		
			Edition		
			Sheet		
			1 / 1		

