

# Bacheloroppgave

**IP305012 Bachelor i ingeniørfag Produkt- og  
systemdesign**

**Konstruksjon av testrigg for vinsjer**

1902, 1908, 1922

Totalt antall sider inkludert forsiden: 64

Innlevert Ålesund, 28.05.2015

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

Du/ dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og <a href="#">Forskrift om eksamen</a> §§30 og 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se <a href="#">Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter <a href="#">høgskolens studieforskrift</a> §30	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av <a href="#">kilder og referanser på biblioteket sine nettsider</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

# Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Lars Petter Bryne

## Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiÅ med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja  nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja  nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13](#)/[Fvl. §13](#))

Dato: 28.05.2015

**OPPGAVENS TITTEL:**

Konstruksjon av testtrigg for vinsjer

**KANDIDATNUMMER:**

1902

1908

1922

<b>FAGKODE:</b> IP305012	<b>FAGNAVN:</b> Bacheloroppgave	<b>DATO:</b> 29.05.2015
<b>STUDIUM</b> Produkt- og systemdesign	<b>ÅRSTRINN:</b> 3	<b>ANT SIDER/VEDLEGG:</b> 64 / 11

**VEILEDER(E):**

Lars Petter Bryne

Anders Eidså

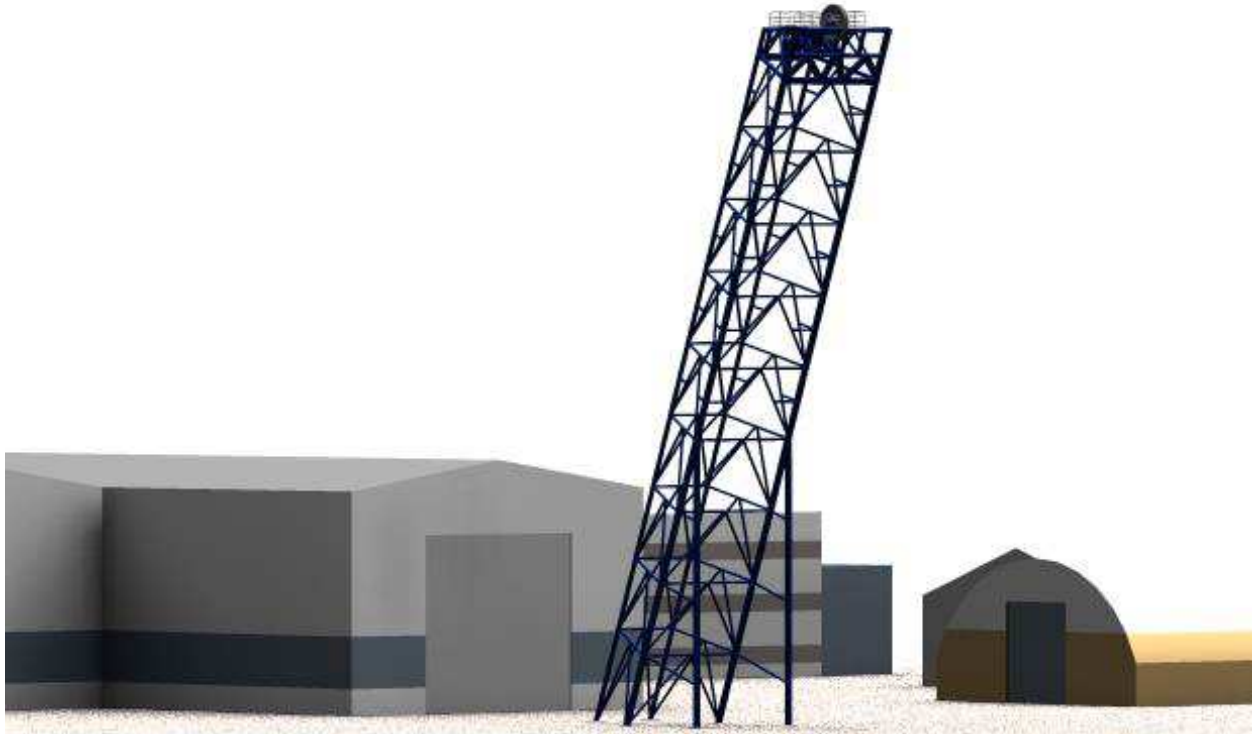
**SAMMENDRAG:**

Denne tekniske rapporten presenterer konstruksjon av testtrigg for vinsjer. Målet med denne oppgaven har vært å designe og dimensjonere et testtårn, som muliggjør testing av Ulmatecs nåværende og fremtidige vinsjer. Testtårnet dimensjoneres etter en last på 125 tonn og en minimum løftehøyde på 30 meter. Testtårnets funksjon og design har hele tiden vært i hovedfokus, men det krevdes også utredelse av tekniske løsninger. Design, styrkeberegninger, dimensjonering og maskintegninger danner det ferdige produktet. Utviklingsarbeidet har vært et kompromiss mellom funksjon, produksjonstekniske løsninger og økonomi. Konstruksjonen er utført i henhold til DNV Lifting Appliances 2.22, men skal ikke typegodkjennes. For å løse oppgaven har det vært kombinert opparbeidede fagkunnskaper fra studiet. Aktuelle programvarer har blitt brukt for verifikasjon av manuelle beregninger, samt utførelser av analyser. Arbeidsprosessen har vært preget av et tett og godt samarbeid med oppdragsgiver, hvor regelmessig oppfølging og dialog har fått oss til å jobbe mot et felles mål.

# Konstruksjon av testrigg for vinsjer

---

Bacheloroppgave for Ulmatec AS



Kandidatnummer:

1902

1908

1922

## Hovedprosjekt

For

Armand Misund, Magnus Pettersen og Stig Morten Skaar

Produkt- og systemdesign

Vårsemester 2015

Tittel:

### Konstruksjon av testrigg for vinsjer

Prosjektets hovedmål er å dimensjonere og konstruere en testrigg som muliggjør testing av Ulmatec's vinsjer. Det som skal testes er moment, akselerasjon, maks hastighet ved maks last og nødstop (brems) ved maks last. Riggen skal overdimensjoneres etter dagens behov, dette for at Ulmatec ønsker å ha muligheten til å teste kraftigere vinsjer i fremtiden, samt testing av Cursorwinch (double drum, single motor).

Oppgaven går ut på å komme frem til den beste løsningen, både styrkemessig, produksjonsteknisk og økonomisk.

Kandidatene skal i denne oppgaven gjennomføre følgende:

1. Sette seg godt inn i krav til denne type konstruksjoner og utstyr, funksjon, regelverk, byggeforskrifter osv.
2. Foreslå ulike tekniske løsninger på problemet.
3. Sammen med oppdragsgiver velge ett konsept som skal videreutvikles.
4. Utføre konstruksjons-/dimensjoneringsarbeid til det valgte konseptet.
5. I den grad det er tid skal det utarbeides dokumentasjon, produksjonsunderlag, arbeidstegninger og kostnadsestimater for hovedkomponentene i konstruksjonen.

Veileder ved HIÅ er Lars P. Bryne, og kontaktperson ved Ulmatec er Anders Eidså.

Besvarelsen redigeres som en teknisk rapport, med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte og diskuteres utførlig.

**HOVEDPROSJEKT**

Avdeling for maritim teknologi og operasjoner

HØGSKOLEN  
I ÅLESUND

Kandidatene skal i arbeidet med hovedprosjektet lage en tydelig fremdriftsplan med kritiske milepeler, samt presentere oppgaven og redegjøre for hvordan de tenker å gå fram for å løse den, samt status på presentasjonstidspunktet.

Presentasjon av milepelene foregår på følgende datoer:

Milepel-1Tidspunkt ... : **tirsdag 27. januar 2015, kl.12.15 - 14.00**Sted ..... : **auditorium *Sukkertoppen***

Ved denne presentasjonen leveres også inn et A3 ark som illustrerer oppgavens utfordringer. En mal for dette finnes på *Classfrontier - Hovedprosjekt*. Arket skal oppdateres ved sluttinnlevering av hovedprosjektet.

Milepel-2Tidspunkt ... : **mandag 23. mars 2015, kl.12.15 - 14.00**Sted ..... : **auditorium *Sukkertoppen***Sluttpresentasjon

Ved semesterslutt skal det endelige resultatet presenteres.

Tidspunkt ... : **torsdag 28. mai 2015, kl.08.15 - 15.00**Sted ..... : **auditorium *Kaupangen***

Samtlige presentasjoner er obligatoriske. Omfanget og arbeidsbelastningen av 20 studiepoeng er i følge departementet angitt som 540 studentarbeidstimer pr. student.

For innlevering av avsluttende oppgaver til bachelorstudiet ved HiÅ vises det til:

<https://www.hials.no/nor/Forside/Student/Studentservice/Eksamen-og-karakterer/Innleveringer> hvor det står beskrevet hva som kreves.

Avdelingen skal også ha prosjektrapport, statusrapport, tegninger og lignende levert på en CD, som legges ved hovedprosjektrapporten.

Ålesund 19. januar 2015

Lars P. Bryne  
Programansvarlig  
Produkt og systemdesign

Mottatt:Dato: 21.01.15Signatur: Amanda M. MisundSignatur: Magnus PettersenSignatur: Stig Morten Skar

## Forord

Denne oppgaven er en avsluttende bacheloroppgave i studiet Bachelor i Ingeniørfag, Produkt- og Systemdesign, ved Høgskolen i Ålesund. Omfanget tilsvare 20 studiepoeng, som omfatter en total arbeidsmengde på minimum 1600 arbeidstimer. Læringsmålene med oppgaven er å kombinere tilegnet kunnskap gjennom studiet, hvor en anvender de ulike fagdisiplinene til å løse problemstillinger på en kvalifisert måte. På denne måten lærer en å bruke tilegnet kunnskap på en praktisk måte for å kunne systematisk og strukturert utføre prosjektprosessen.

Med dette ønsker vi å rette en takk til vår veileder ved Høgskolen i Ålesund, Høgskolelektor Lars Petter Bryne, som har bidratt med rådgivning, faglige innspill og oppfølging.

Vi ønsker også å takke oppdragsgiver, Ulmatec AS for tillit, samarbeid og engasjement. I denne sammenheng, Anders Eidså og Jostein Myklebust som har vært våre kontaktpersoner i Ulmatec.

Videre vil vi også takke øvrige kontaktpersoner, og ansatte ved Høgskolen i Ålesund, som har bidratt med teknisk data, rådgivning og kunnskap.

Prosjektet er gjennomført i tidsrommet 5.januar – 29.mai 2015.

Ålesund, 29.mai 2015

Armand Misund  
Magnus Pettersen  
Stig Morten Skaar



## Sammendrag

Denne tekniske rapporten presenterer konstruksjon av testrigg for vinsjer. Målet med denne oppgaven har vært å designe og dimensjonere et testtårn, som muliggjør testing av Ulmatecs nåværende og fremtidige vinsjer. Testtårnet dimensjoneres etter en last på 125 tonn og en minimum løftehøyde på 30 meter. Testtårnets funksjon og design har hele tiden vært i hovedfokus, men det krevdes også utredelse av tekniske løsninger. Design, styrkeberegninger, dimensjonering og maskintegninger danner det ferdige produktet. Utviklingsarbeidet har vært et kompromiss mellom funksjon, produksjonstekniske løsninger og økonomi. Konstruksjonen er utført i henhold til DNV Lifting Appliances 2.22, men skal ikke typegodkjennes. For å løse oppgaven har det vært kombinert opparbeidede fagkunnskaper fra studiet. Aktuelle programvarer har blitt brukt for verifikasjon av manuelle beregninger, samt utførelser av analyser. Arbeidsprosessen har vært preget av et tett og godt samarbeid med oppdragsgiver, hvor regelmessig oppfølging og dialog har fått oss til å jobbe mot et felles mål.

## Summary

This technical report presents the design of a test rig for winches. The aim of this thesis is to design and dimension a test tower, which enables testing of Ulmatecs current and future winches. The test tower is designed for a load of 125 tons and a minimum lifting height of 30 meters. Test towers function and design has always been the main focus, but it also required focus on technical solutions. Design, strength calculations, dimensioning and machine drawings form the finished product. Development work has hosted a compromise between function, technical production solutions and economy. The construction is made according to DNV Lifting Appliances 2.22, but will not be type approved. It has been combined knowledge from this study, to solve the assignment. For verification of manual calculations and analysis, it is used appropriate software. During the work process, close collaboration, regular meetings and a good dialogue with the assigner, has led us towards a shared goal.

## Innholdsfortegnelse

Oppgavetekst .....	I
Forord .....	III
Sammendrag .....	IV
Tabelloversikt .....	VIII
Figuroversikt.....	IX
Bildeoversikt.....	X
Symbolliste og terminologi.....	XIII
1 Introduksjon .....	2
1.1 Introduksjon av oppdragsgiver .....	2
1.2 Målsetning.....	2
1.3 Rapportens oppbygning .....	2
1.4 Programvare.....	2
1.4.1 Microsoft Word .....	2
1.4.2 Microsoft Onedrive.....	2
1.4.3 Microsoft Excel .....	3
1.4.4 Nauticus 3D-Beam .....	3
1.4.5 Siemens NX.....	3
2 Forarbeid .....	4
2.1 Planleggingsfase .....	4
2.1.1 Fremdriftsplan .....	4
2.1.2 Oppgavens «Gate system» .....	4
3 Designkriterier .....	5
3.1 Gitte parametere .....	5
3.3 Testtårnets lodd .....	7
4 Konseptfase .....	8
4.1 Konseptdrøfting.....	8
4.2 Konsepter .....	9
4.2.1 Konsept 1 – Klassisk fagverkstårn .....	9
4.2.2 Konsept 2 – Fagverkstårn på sokkel.....	9
4.2.3 Konsept 3 – Krysskonstruksjon .....	9
4.2.4 Konsept 4 – Buet tårn .....	10
4.2.5 Konsept 5 – Fagverkstårn i vinkel .....	10
4.2.6 Konsept 6 - Teleskoptårn .....	10
4.2.7 Konsept 7 – Nedfellbart fagverkstårn .....	11
4.3 Analyse av valgt konsept .....	11
4.3.1 Fagverk .....	11
4.3.2 Sammenligning av fagverksstrukturer .....	11

4.3.3	Nedbøyning .....	12
4.3.4	Vinkeltest.....	12
4.3.5	Videre utredning.....	13
4.3.6	Krysskonstruksjon med bølgedesign.....	14
4.3.7	Endelig design.....	15
5	Utførelse.....	16
5.1	Virkende krefter .....	16
5.2	Vaier .....	17
5.2.1	Valg av vaier.....	17
5.2.2	Sikkerhetsfaktor mot brudd.....	17
	Dimensjonering av vaier .....	17
5.2.3	Valg av endestykke på vaier.....	18
5.2.4	Sammenkobling mellom vaierne .....	18
5.2.5	Weak Link i systemet .....	18
5.3	Løpehjul.....	19
5.4	Akseldimensjonering .....	19
5.5	Valg av lager til løpehjul .....	20
5.5.1	Vurderinger som ble tatt .....	21
5.5.2	Pressmonn .....	21
5.5.3	Alternativ lagerløsning.....	21
5.6	Akselbukker for øvre løpehjul.....	22
5.6.1	Dimensjoneringskriterier .....	22
5.6.2	Innfestning av akselbukker .....	24
5.7	Akselbukker for nedre løpehjul .....	26
5.7.1	Dimensjoneringskriterier .....	26
5.8	Knekking .....	28
5.8.1	Sikkerhet mot knekking .....	28
5.8.2	Knekkberegning av bjelkene .....	29
5.8.3	Analysing av normalspenninger .....	29
5.9	Sammenføyning.....	30
5.9.1	Valg av sveisemetode og sveiseprosedyre.....	30
5.9.2	Sammenføyning av enkeltmoduler.....	30
5.9.3	Sammenføyning av modulene .....	32
5.10	Testtårnets defleksjon .....	32
5.11	3D Modellering i Siemens NX .....	33
5.12	Assembly i Siemens NX.....	34
5.13	Maskintegninger.....	34
5.14	FEM analyse.....	34

5.14.1	Analyse av modul 1:.....	35
5.15	Fundamentering til bakken.....	38
5.15.1	Dimensjoneringskriterier .....	38
5.15.2	Dimensjonering .....	38
5.15.3	Sveiseberegninger av labber til konstruksjonens bein.....	39
5.15.4	Dimensjonering av festebolter .....	39
5.15.5	Støttekanter.....	39
5.15.6	Fundamentplater.....	41
5.16	Festebolter .....	42
5.16.1	Smøremiddel .....	42
5.16.2	Tiltrekningsmoment .....	42
5.17	Spenningsbehandling av konstruksjonen .....	43
5.18	Overflatebehandling.....	44
5.18.1	Demping under loddet.....	44
5.19	HMS.....	44
5.19.1	Arbeidsplattform .....	45
5.19.2	Inngjerding av testområdet .....	45
5.19.3	Belysning .....	46
5.19.4	Vaierbrudd.....	46
5.19.5	Sikre vaier til løpehjul .....	46
5.19.6	Andre sikkerhetsaspekter som bør vurderes .....	47
5.20	Framkommelighet til testtårnet .....	47
5.21	Priskalkyle.....	48
	Diskusjon og konklusjon .....	49
	Kildeliste.....	50

## Tabelloversikt

Tabell 2-1 Fremdriftsplan	4
Tabell 4-1 Sammenligning av design og pris	14
Tabell 5-1 Tabell som angir bruddstyrke ved ulike dimensjoner	18
Tabell 5-2 Akselberegning	20
Tabell 5-3 Toleranse og pressmonn, løpehjul på bakken	21
Tabell 5-4 Toleranse og pressmonn, løpehjul på toppen	21
Tabell 5-5 Dimensjoner for akselbukker på toppen	23
Tabell 5-6 Nødvendig antall bolter	28
Tabell 5-7 Bjelker med lavest sikkerhetsfaktor mot knekking	29
Tabell 5-8 Sveisedata for modulene	30
Tabell 5-9 Data og informasjon rundt sikkerhet mot brudd på sveisene , modul 5,6 og 7	31
Tabell 5-10 Data og informasjon rundt sikkerhet mot brudd på sveisen, modul 8 og 9	31
Tabell 5-11 Sveisedata for sammenføring av modulene	32
Tabell 5-12 Defleksjon i forskjellige akser	32
Tabell 5-13 Påførte krefter	35
Tabell 5-14 Resultater fra FEM-analyse	37
Tabell 5-15 $P_x$ , $P_y$ , $P_z$ : reaksjonskrefter i global x,y, og z-retning	38
Tabell 5-16 Antall bolter nødvendig	39
Tabell 5-17 Gjengelengde på grunnlag av boltens og godsets bruddkraft	41
Tabell 5-18 Gjengelengde og borrelengde	41
Tabell 5-19 Friksjonskoeffisient i gjenger	42
Tabell 5-20 Friksjonskoeffisient mellom boltehode og anleggsflate	42
Tabell 5-21 Tiltrekningsmoment med resulterende forspenning	43
Tabell 5-22 Priskalkyle	48

## Figuroversikt

Figur 3-1 Prinsippskisse av testtårn	5
Figur 4-1 Klassisk fagverkstårn	9
Figur 4-2 fagverkstårn på sokkel	9
Figur 4-3 Krysskonstruksjon	9
Figur 4-4 Buet tårn	10
Figur 4-5 Fagverkstårn i vinkel	10
Figur 4-6 Teleskoptårn	10
Figur 4-7 Nedfellbart fagverkstårn	11
Figur 4-8 Sammenligning av fagverksstrukturer	11
Figur 4-9 Nedbøying	12
Figur 4-10 Vinkeltest	12
Figur 4-11 Kritisk punkt	13
Figur 4-12 Dobbel krysskonstruksjon	13
Figur 4-13 Krysskonstruksjon	13
Figur 4-14 Fagverkstårn	14
Figur 4-15 Krysskonstruksjon med bølgedesign	14
Figur 4-16 Videreutvikling av bølgedesign	15
Figur 4- 17 Endelig design	15
Figur 5-1 Konseptskisse testtårn	16
Figur 5-2 Vaier	17
Figur 5-3 Endestykker på vaier	18
Figur 5-4 Anbefalt dimensjoner på løpehjul	19
Figur 5-5 Løpehjul	19
Figur 5-6 Aksel	19
Figur 5-7 Snitt av montert lager	20
Figur 5-8 Akselbukk i toppen av testriggen	22
Figur 5-9 Opplagerkrefter	22
Figur 5-10 Uønsket spenningskonsentrasjon	23
Figur 5-11 Fordelte spenninger i annlegsflate	23
Figur 5-12 Akselbukk med mål	24
Figur 5-13 Sveisesnitt	25
Figur 5-14 Akselbukk med friksjonskraft	25
Figur 5-15 Oversikt over Trykk og strekk i konstruksjonen	29
Figur 5-16 Testtårnets defleksjon	32
Figur 5-17 Sketsjing	33
Figur 5-18 Ekstrudering av sketsjer	33
Figur 5-19 Ekstrudering og speiling	33
Figur 5-20 Ferdig Modul	33
Figur 5-21 Assembly	34
Figur 5-22 Tetraeder med fire nodepunkter	35
Figur 5-23 3D Tetraeder elementer (5mm tetthet) på akselbukk	35
Figur 5-24 Modul 1, krefter og opplagring	35
Figur 5-25 Modul 1, von mises	36
Figur 5-26 Modul 1, von mises andre forsøk	36
Figur 5-27 Modul 1, defleksjon	37
Figur 5-28 Modul 1, von mises tredje forsøk	37
Figur 5-29 Pålitelighet, Mesh	37
Figur 5-30 Visualisering av reaksjonskrefter i z- og x-retning.	38
Figur 5-31 Effektivt sveiseareal for støttekanter til labb	40

Figur 5-31 Arebidsplattform	45
Figur 5-33 Inngjerding	45
Figur 5-34 Tiltak mot vaierpisking	46
Figur 5-35 Bæyle til løpehjul	46
Figur5-36 Bøyle	46

## Bildeoversikt

Bilde 4-1 Moodboard	8
Bilde 5-1 Løsning på fremkomst	47
Bilde 5-2 Stige med ryggbøyle	47

## Vedleggs oversikt

### Vedlegg A: Maskintegninger

1. 1000.1 Modul 1 (Bunnmodul)
2. 1000.2 Modul 2
3. 1000.3 Modul 3
4. 1000.4 Modul 4 (Toppmodul)
5. 1000.5 Akselbukk, øvre
6. 1000.6 Lokk akselbukk, øvre
7. 1000.7 Akselbukk, bunn
8. 1000.8 Aksel
9. 1000.9 Vaierhjul
10. 1000.10 Distansering
11. 1000.11 Frontstøtte
12. 1001.0 Sammenstillingstegning

### Vedlegg B: FEM-analyse

1. Modul 1 (Bunnmodulen)
2. Modul 2
3. Modul 3
4. Aksel, nedre
5. Aksel, øvre
6. Akselbukk, øvre
7. Akselbukk, nedre
8. Løpehjul, øvre
9. Løpehjul, nedre

### Vedlegg C: 3D moller

1. Modul 1 (bunnmodul)
2. Modul 2
3. Modul 3
4. Modul 4 (toppmodul)
5. Akselbukk, øvre
6. Lokk akselbukk, øvre
7. Akselbukk. Bunn
8. Aksel
9. Vaierhjul

### Vedlegg D: Krefter som virker på toppen av konstruksjonen

### Vedlegg E: Excel- beregninger

1. Krefter på hjulet
2. Akselberegninger
3. Sveiseberegninger
4. Knekkberegninger
5. Bolteberegninger

### Vedlegg F: Litteratursøk

1. Fagverksstruktur, refererer til «atlas Tube» i kildelista



### **Vedlegg G: Datablad**

1. Maling
2. Akselstålet, S165M
3. Sfærisk lager, 24060-2CS5/VTI143\*
4. Alternativt glidelager, GEP 300 FS
5. Gulvrist til topplatformen
6. Vaier-socket, GN CR SO4
7. Vaier, Diepa B55
8. Veak-link, GN sjakkell H10 Super-mutterbolt
9. Sjakkell mellom tårnets og vinsjens aksling, GN sjakkell H10-mutterbolt
10. Sikkerhetsgjerde, NIVÅ2 BRAVO
11. Pressmonn utregninger

### **Vedlegg H: Sveiseprosedyre:**

### **Vedlegg I: Diverse skisser fra konseptfasen**

### **Vedlegg J: Møtereferater**

1. Møtereferater, veileder
2. Møtereferater, Oppdragsgiver

### **Vedlegg K: Arbeidslogg**

## Symbolliste og terminologi

Navn	Forklaring	Benevning
Stage gate modell	Prosjektstyringsverktøy	
Gate	Gate er en kontrollpost for arbeid som har blitt gjort	-
SWL	Safety work load	N
MBL	Minimum breaking load	N
DAF	Dynamisk amplifikasjonsfaktor	-
$SF_M$	Materialsikkerhetsfaktor	-
P	Massetetthet	kg/m <sup>3</sup>
m	Masse	kg
g	Gravitasjonskonstant	m/s <sup>2</sup>
h	Høyde	mm (m)
b	Bredde	mm (m)
l	Lengde	mm (m)
r	Radius	mm (m)
$\sigma$	Spenning pga strekk eller trykk	MPa (N/mm <sup>2</sup> )
$\tau$	Skærspenning	MPa (N/mm <sup>2</sup> )
Mb	Bøyemoment	Nmm (Nm)
Dp	Skivediameter	mm
FF	Friksjonskraft	N
$F_k$	Knekk kraft	N
Moodboard	Tavle med bilder for inspirasjon, idemyldring	-
k-stag	En type fagverksutførelse	-
Footprint	Flatearealet en konstruksjon/komponent opptar	mm <sup>2</sup>
Defleksjon	Relativ forflytning	mm
Sjakkell	Hengslet metalløkke for sammenkobling	-
Weal-link	Svakeste ledd i kjeden	-
Rundsling	Stroppe av kunstfiber	-
$C_0$	Statisk belastning lager	N
Boss	Utforing	-
Varmepåvirket sone	Varmepåvirket sone, den delen av grunnmaterialet utenfor smeltesonen i en sveiseforbindelse som er blitt så oppvarmet og avkjølt at struktur og egenskaper er blitt forandret.	
Labb	Festeplate under ben	

# 1 Introduksjon

## 1.1 Introduksjon av oppdragsgiver

Ulmatec fremstår som totalleverandør av spesialiserte marine løsninger for rigger og skip, basert på kundens behov og ønsker. Bedriftens virksomhet har historie helt tilbake til 1917, mens Ulmatec først ble etablert i år 2000. Firmaet er inndelt i 3 hovedområder Ulmatec Energy, Ulmatec Handling og Ulmatec Service.

Avdelingen Ulmatec Engineering som er vår oppdragsgiver, er underlagt Ulmatec service. Ulmatec Engineering er lokalisert på Hareid, med fasiliteter som engineering avdeling, verkstedhaller og kaianlegg. Avdelingen på Hareid er spesialisert på prosjektering av skreddersydde systemløsninger og komponenter til bruk på offshorefartøy. Der de er mest kjent for sine håndteringsverktøy av undervannsinstallasjoner, moonpool/hangardløsninger og vinsjer. Ulmatecs stadig økende satsing inn mot vinsjemarkedet, har ført til en nødvendig kvalitetssikring av morgendagens vinsjer. Et testtårn for å reelt kunne teste vinsjens spesifikasjoner er nå nødvendig, og utfra dette behovet blir vår oppgave formet i tett samarbeid med kontaktpersoner fra oppdragsgiver.

## 1.2 Målsetning

Målsetningen med oppgaven er å kombinere tilegnet kunnskap gjennom studiet, hvor en anvender de ulike fagdisiplinene til å løse problemstillinger på en kvalifisert måte. På denne måten lærer en å bruke tilegnet kunnskap på en praktisk måte for å kunne systematisk og strukturert utføre prosjektprosessen.

## 1.3 Rapportens oppbygning

Som anført i oppgaveteksten, bygges rapporten opp som en teknisk rapport. Oppbygningen er kronologisk etter fremdrift i bacheloroppgaven, hvor det først fremlegges planleggingsprosessen for prosjektet. Videre fremlegges designkriterier og låste parametere for oppgaven, som danner en ramme for konseptfasen. Sistnevnte setter grunnlaget for utførelsen av tårnets dimensjonering og tekniske løsninger, som omtales i kapitlet 4. Formler, resultater og løsninger fremlegges underveis, samt at resultater oppsummeres i eget kapittel. Rapporten avsluttes med diskusjon og konklusjon.

## 1.4 Programvare

Programvarer som har blitt brukt i prosjektet

### 1.4.1 Microsoft Word

Brukt til teknisk rapport.

### 1.4.2 Microsoft Onedrive

Onedrive er en nettbasert fil-delings-tjeneste som lar brukerne laste opp og synkronisere filer på en felles nett plattform, en såkalt «nettsky».

Gruppemedlemmer har aktivt brukt denne programvaren. Onedrive tillater at flere personer kan skrive på samme dokument samtidig. Også brukt som felles lagrings bank for bilder, regneark, dokumentasjon osv.

### 1.4.3 Microsoft Excel

For manuelle beregninger og kontrollregning har Excel vert et godt verktøy. Repetitive utregninger lar seg enklere utføre i stor skala, ved oppsett av regneark. Hvor nødvendig data organiseres, for så at det anvendes til utregninger i regnearket. Excel er også et universalverktøy som er kompatibelt med en rekke andre programvarer, og kan med fordel anvendes for å overføre data mellom programvarer. Programvaren har vert til stor hjelp under gjennomføringen av bacheloroppgaven.

### 1.4.4 Nauticus 3D-Beam

Nauticus 3D-Beam er et dataverktøy for modellering og analysing av strukturer. Programvaren er utviklet av *Det Norske Veritas*. 3D-Beam egner seg godt til enkle strukturer i planet, så vel som 3-dimensjonale konstruksjoner av større kompleksitet.

Modellerte konstruksjoner kan påføres laster og andre påvirkningselementer som er av betydning for en fullgod analyse, som tyngdeakselerasjon, krefter, temperaturpåvirkning, vindlast osv. Muligheter for å definere materialeegenskaper og kvaliteter, samt angi stålprofiler. Med dette gir 3D-Beam en høyst tilfredsstillende analyse, med oversiktlige tabeller for spenninger, skjærkrefter, normalkrefter, nedbøying osv. En rapport av analysen kan lagres som et dokument i utskriftsformat.

### 1.4.5 Siemens NX

Siemens NX, tidligere kjent som NX Unigraphics. Er en avansert CAD/CAM/CAE/PLM programvare. Programvaren er tilsvarende til, og direkte konkurrent med Solidworks.

Siemens NX har blitt brukt til 3D modellering av testtårnet, maskintegninger og FEM – Analyser. Modelleringen er basert på modellen som tidligere er utviklet i 3D-Beam. Herfra er det også hentet virkende krefter for gjennomføring av FEM-analyse på komponenter.

## 2 Forarbeid

### 2.1 Planleggingsfase

Planleggingsfasen startet med oppsett av stage gate modell, og innhenting av nødvendig dokumentasjon som designkriterier, lasttilfeller og regelverk. Videre ble det etablert tekniske hjelpemidler som oppsett for arbeidslogg, statusoppdatering, teknisk rapport og fremdriftsplan. Onedrive ble opprettet som felles lagringsplattform for gruppens medlemmer, som tillater felles oversikt og forenkler deling av dokumenter, informasjon, bilder osv.

Teknisk rapport skrives parallelt med oppgavens gjennomføring. Dette er fordelaktig for gjennomføring og endelig resultat.

Tidlig i planleggingsfasen fremkommer en avgjørende faktor for oppgavens gjennomføring. Den tillatte byggehøyden er essensiell for retningsbestemmelse av konstruksjonens utførelse. Fremskaffelse av arealplan, reguleringsplan og oversiktskart av aktuelt byggeområde igangsettes. Videre kontaktes Hareid Kommune med forespørsel om bygging. Byggesøknad er ikke en del av oppgavens omfang, dette gjennomførtes derfor ikke. Men en tilbakemelding fra kommunene var nyttig, som indikasjon for sannsynlighet av byggingens realisering og videre kurs for konseptutredninger.

#### 2.1.1 Fremdriftsplan

Av hensyn til oversiktighet og struktur, kartlegges det på et tidlig stadium oppgavens fremdrift. Arbeidsprosesser er kategorisert og satt opp med ukentlig oversikt. «Gater» er innført som kontrollposter, for grundige målvurderinger underveis, hvor alt foregående arbeid kontrolleres. Fremdriftsplan er satt opp som vist i tabell 2.1.

	Januar				Februar				Mars				April				Mai			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planlegging																				
Identifisere																				
Skrive rapport																				
Konseptdrøfting																				
Kartlegge regelverk																				
Design og tekniske løsninger																				
3D-Beam																				
Manuelle beregninger																				
3D Modellering																				
FEM-Analyse																				
Maskintegninger																				
Presentasjon																				

Tabell 2-1 Fremdriftsplan

#### 2.1.2 Oppgavens «Gate system»

I henhold til fremdriftsplanen ble det satt på 4 «gater», der hver gate er en kontrollpost for arbeid som har blitt gjort. Gate evalueringer er gjort i tett samarbeid med oppdragsgiver. Arbeidet kontrolleres og kvalitetssikres, før en går videre i prosessen. De ulike gatene innbefatter:

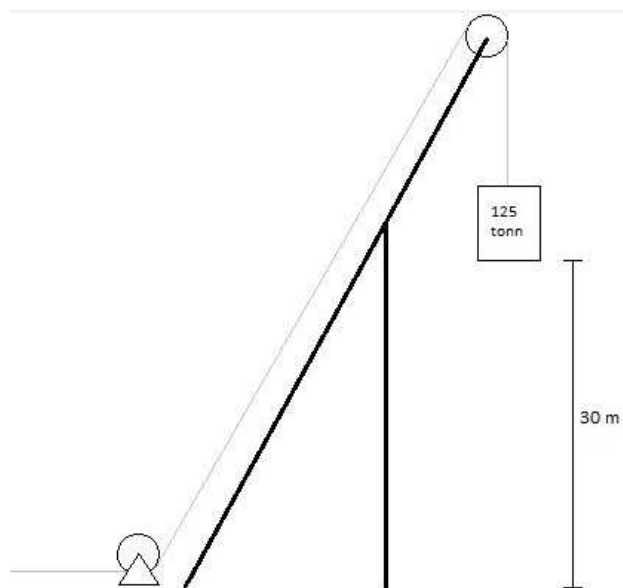
Gate 1: Et grundig konseptstudie skal være utført, dette skal munne ut i et møte med oppdragsgiver, der det blir valgt ut konsepter det skal jobbes videre.

Gate 2: Denne perioden skal det jobbes videre med de valgte konseptene, som videre skal lede til valg av endelig konsept. Hvor det skal tas hensyn til regelverk og beregninger ved valg av tekniske løsninger.

Gate 3: En intern gate for å kontrollere de manuelle beregningene og 3D-beam resultater, før modelleringsarbeidet starter.

Gate 4: Den siste gaten er for å kontrollere det helhetlige arbeidet som har blitt gjort før endelig ferdigstillelse av prosjektet.

### 3 Designkriterier



Figur 3-1 Prinsippkisse av testtårn

#### 3.1 Gitte parametere

For vurdering av aktuelle løsninger må det etableres designkrav som holder prosessen innenfor ulike rammer, krav og begrensninger. Designkriteriene er fastsatte på grunnlag av Ulmatecs ønsker og behov, samt tilbakemelding fra Hareid kommune.

Oppdragsgiver fremlegger fastsatte krav til testtårnet:

Løftehøyde:	30 meter
Løftekapasitet (SWL):	125 tonn
DAF:	settes til 2
Materialsikkerhetsfaktor:	settes lik 1,5

Testtårnet skal konstrueres i henhold til DNV Lifting Appliances 2.22, hvor DAF og materialsikkerhetsfaktor ikke skal settes lavere enn gitt av oppdragsgiver.

Videre ønsker oppdragsgiver at det tas hensyn/stilling til følgende:

### **Økonomi**

- Innenfor rimelighetens grenser
- Arbeidstimer til bygging til bygging av tårnet
- Designets kompleksitet
- Sveising, kontra bolteforbindelse
- Priser på materiale og komponenter

### **Byggehøyde**

- Allment hensyn
- Kontakt med Plan- og bygningsetat i Hareid Kommune

### **Design**

- «Monument» på Hareid
- Permanent eller monterbart ved bruk
- Betaler mer for et godt design
- Omdømme

### **Brukervennlighet**

- Fremkommelighet/tilkomst
- Vedlikeholdsrutiner
- HMS for brukere
- Enkel opprigging (hvis ikke permanent)

### 3.3 Testtårnets lodd

Ved konstruering og dimensjonering av testtriggen må loddet tas i betraktning. Vekten på loddet er fastsatt til 125 tonn. Kriteriet er dimensjonerende for loddets fysiske størrelse, som må fastsettes. Dette vil påvirke både tårnets høyde, utforming og grunnmål. Derfor er det viktig å få kartlagt dette på et tidlig stadium, før konseptfasen kan påbegynnes. For å kunne simulere ønskede belastninger, er ett fritthengende lodd det eneste egnede alternativ.

Det er ikke spesifisert i oppgaven at det skal utarbeides tekniske løsninger til loddet, men det er sett på alternativer til fysiske dimensjoner, fordi det vil påvirke tårnets utforming.

Det har blitt vurdert ulike geometriske utforminger på loddet, Der kvadratisk- og sylindrisk utforming ble sett på som de mest hensiktsmessige utformingene. Den kvadratiske utformingen ble valgt med hensyn på tilvirkning og økonomi. Denne utformingen ga den laveste høyden på loddet og den beste materialutnyttelsen.

Mål og verdier er beregnet med tanke på at loddet lages av stål med en egenvekt på  $\rho=7850 \text{ Kg/m}^3$ . Valgte fysiske mål på loddet blir:

- Loddet masse (m): 125 000 kg
- Loddets høyde (h): 4 000 mm
- Loddets bredde (b): 2 000 mm
- Loddets lengde (l): 2 000 mm



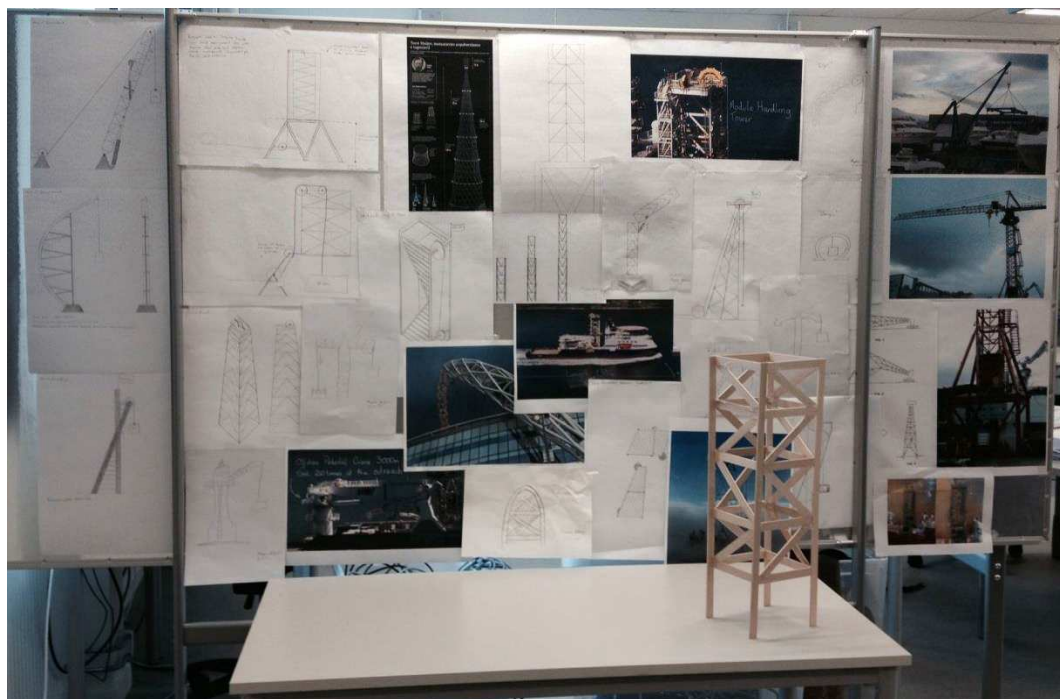
## 4 Konseptfase

Etter samtaler med Hareid Kommune, fremkommer det at byggehøyde sannsynligvis ikke vil bli ett problem, men det må sendes byggesøknad for behandling. Det utredes derfor forslag til permanente og sammenleggbare konstruksjoner i konseptfasen.

### 4.1 Konseptdrøfting

Fagverkskonstruksjoner er et klassisk eksempel på utførelse av denne type konstruksjon, samtidig vil det være en fordel å tenke nytt. En ekskursjon i nærområde for inspirasjon og visualisering er på sinn plass. Bilder av kraner og lignende konstruksjoner tas for å kunne se tilbake på detaljer.

Samtlige gruppe-medlemmer jobber individuelt av hensyn til kreativt spillerom. Senere fremlegges skisser i fellesskap og diskuteres «over bordet». Skissert henges opp på en whiteboard-tavle ved felles arbeidspult, som et «moodboard».



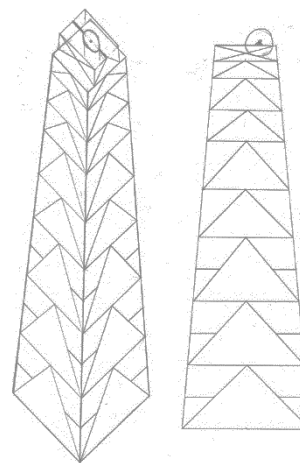
Bilde 4-1 Moodboard

De beste løsningene fremlegges og drøftes i fellesskap med oppdragsgiver. Det er viktig med et større antall forslag, for å utforske mange muligheter. Favoriserte konsept følges opp. Viser til vedlegg H for skisser og inspirasjonsbilder.

## 4.2 Konsepter

### 4.2.1 Konsept 1 – Klassisk fagverkstårn

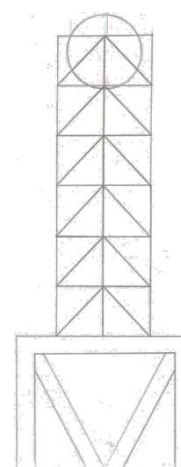
Standard fagverkstårn med k-stag. Dette er en kjent konstruksjon hvor det finnes mye litteratur å støtte seg på, både ved konstruksjon og beregning. Kan enkelt bygges i moduler for transport, montering og senere forlengelse vertikalt. Opptar lite areal på bakken, har et lite «footprint». Har et industrielt og gammeldags design, og er godt synlig fra alle vinkler.



Figur 4-1 Klassisk fagverkstårn

### 4.2.2 Konsept 2 – Fagverkstårn på sokkel

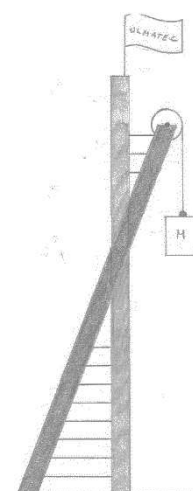
Standard fagverkskonstruksjon satt på en forhøyet base, altså en sokkel. Kjent konstruksjon hvor det finnes mye litteratur å støtte seg på ved konstruksjon og beregning. Kan også bygges i moduler for lettere transport, sammenstilling og senere forlengelse vertikalt. Har også et lite «footprint». Sålen letter tilkomsten under tårnet, og muliggjør tilkomst med truck for å løfte lodd. Dette er en mye brukt løsning ved permanente kraner montert på anleggsområder. Har et industrielt og gammeldags design som er godt synlig fra alle vinkler.



Figur 4-2 Fagverkstårn på sokkel

### 4.2.3 Konsept 3 – Krysskonstruksjon

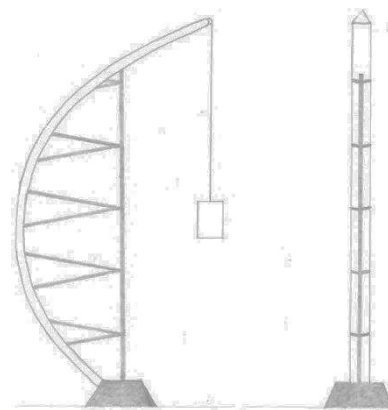
To bærende bjelker i et kryss, med støttestag. Tar lite plass i dybden, og er lite synlig bakfra hvor det er bebyggelse. Slank og høyreist konstruksjon, skiller seg positivt ut i forhold til standard fagverkstårn. Fremstår «fremoverlent» og nyskapende. Har et svakt punkt i krysset hvor de bærende bjelkene møtes, og man må sannsynligvis bruke større dimensjoner enn det som er standard lagervare.



Figur 4-3 Krysskonstruksjon

#### 4.2.4 Konsept 4 – Buet tårn

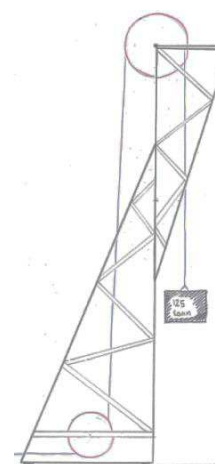
Hovedstag i bueutførelse, med fagverk som støtte.  
Bygger lite i dybden, lite synlig bakfra hvor det er bebyggelse.  
Slank og høyreist konstruksjon, skiller seg positivt ut i forhold til standard fagverkstårn. Spektakulært design.  
Komplisert design med tanke på styrkeberegning. Buenprofilen må bygges opp av plater, kan dermed ikke bruke standard lagerførte profiler.



Figur 4-4 Buet tårn

#### 4.2.5 Konsept 5 – Fagverkstårn i vinkel

Krysskonstruksjon forsterket i kryssningspunktet.  
Tar lite plass på bakken, altså lite «footprint».  
Komplisert fagverksoppbygging. Vanskelig å lage i moduler for transport og montering.

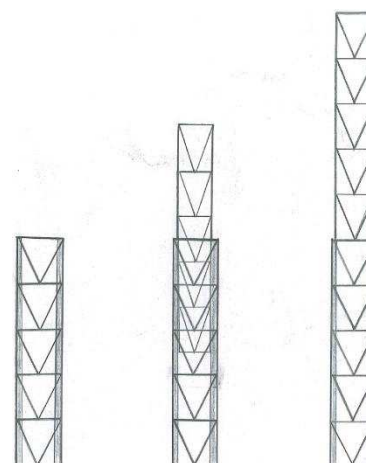


Figur 4-5  
Fagverkstårn i vinkel

#### 4.2.6 Konsept 6 - Teleskoptårn

Standard fagverksmoduler som er felt inni hverandre. De innerste modulene heves for å oppnå ønsket løftehøyde, av samme prinsipp som en teleskopstav/stige.

Tårnet er bygget opp av er standard fagverk som kan bygges i moduler for lettere transport og sammenstilling. Har også et lite «footprint». Lav byggehøyde når tårnet ikke er i bruk, litt over 1/3 av totalhøyde.  
Fordyrende og kompliserende løsning sett i forhold til permanent konstruksjon. Hevemekanismen må tåle stor påkjenning og kan bli en utfordring.



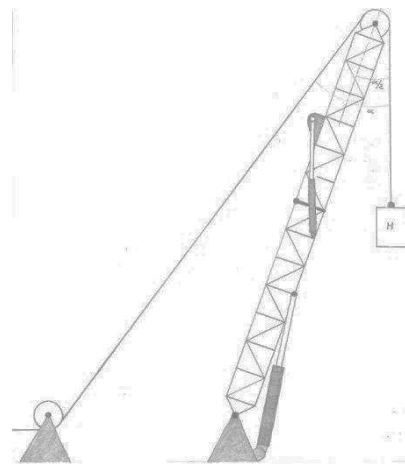
Figur 4-6 Teleskoptårn

### 4.2.7 Konsept 7 – Nedfellbart fagverkstårn

Fagverkstårn som heves/senkes ved hjelp av hydraulisk sylinder, og kan legges helt flatt på bakken. Når nedfelt, kan fremre del legges oppå bakerste del for å ta opp mindre plass. Løpehjul på bakken er plassert i en avstand til tårnet som gjør at resultantkraften fra vaier har samme vinkel som tårnet.

Standard

Fagverk som kan bygges i moduler for lettere transport og sammenstilling. Nedsenket bygger det kun få meter i høyden, og vil ikke være til sjenanse for bebyggelse. Krever dermed ikke byggesøknad til kommunen. Tar opp mye plass på bakken både på grunn av lengden sammenslått, og på grunn av avstanden mellom tårn og løpehjul på bakken. Kompliserende og fordyrende med hydraulikk kontra permanent konstruksjon.



Figur 4-7 Nedfellbart fagverkstårn

## 4.3 Analyse av valgt konsept

Etter Ulmatecs ønske, jobbes det videre med «krysskonstruksjonen». Denne skal sammenlignes med et standard fagverkstårn. Pris, design og fysisk størrelse skal overveies, gjerne i gitt rekkefølge. Innledningsvis blir det gjort litt arbeid rundt uttesting av konstruksjonselementer. Det studeres styrkemessig og hensiktsmessig utførelse. Ideell vinkel på konstruksjonen og type fagverksoppbygging.

### 4.3.1 Fagverk

Fagverk er karakteristiske med sin utforming, oftest bestående av trekanter. Trekanter er stabile geometriske figurer som ikke endrer sin form ved belastning, så sant sidene er fikserte. Disse trekantene er utformet av bjelker (staver) forbundet i knutepunkter. Knutepunktene er å anse som «ledd». Nettopp disse leddene gir aksialbelastninger i bjelkene, som utsetter de for trykk eller strekk. Bøyemoment og skjærkraft finnes ikke i bjelkene, som følge av at knutepunktene er å anse som leddet.

Viser til kildeliste, kilde 11.

Fagverk egner seg godt til dette byggeformålet, siden det er svært materialeeffektivt og gir god styrke. For mer om fagverksteori, se vedlegg F.

### 4.3.2 Sammenligning av fagverksstrukturer

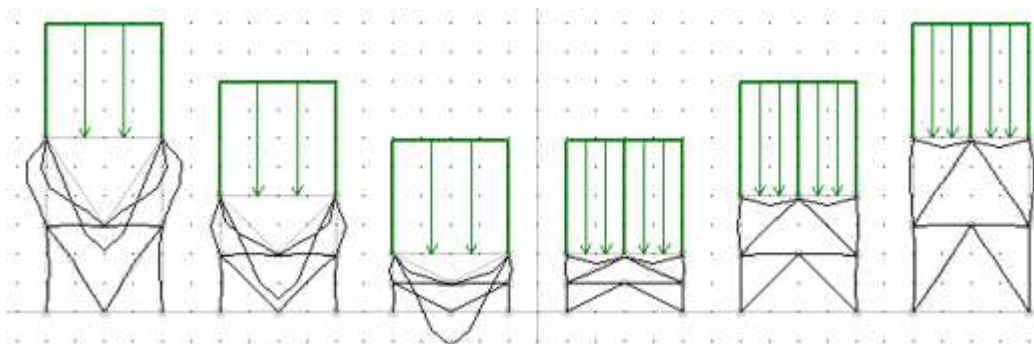


Figur 4-8 Sammenligning av fagverksstrukturer

Sammenligner forskjellige fagverkstrukturer i 3D-Beam, for å finne den som egner seg best. Her studeres retning på k-stag, om det er gunstig med stagene pekende opp eller ned i vertikal retning, fra senter. Samtidig hvilken vinkel som egner seg på stagene. Sett fra venstre på figur 4-8: 56°, 45°, 27°, 27°, 45°, 56°. Fra et konstruksjonsmessig perspektiv: dess lavere vinkel, dess flere seksjoner. Altså vil dette medføre større antall bjelker og eventuelt mer sammenstillingstid.

### 4.3.3 Nedbøyning

Det finnes en del litteratur på området, men mye forskjellig, alt etter formål. Derfor er det ikke noen felles konklusjon, har derfor valgt å analysere dette med hensyn på lasttilfelle. Dette er en forenkling, men gir en fullgod indikasjon.

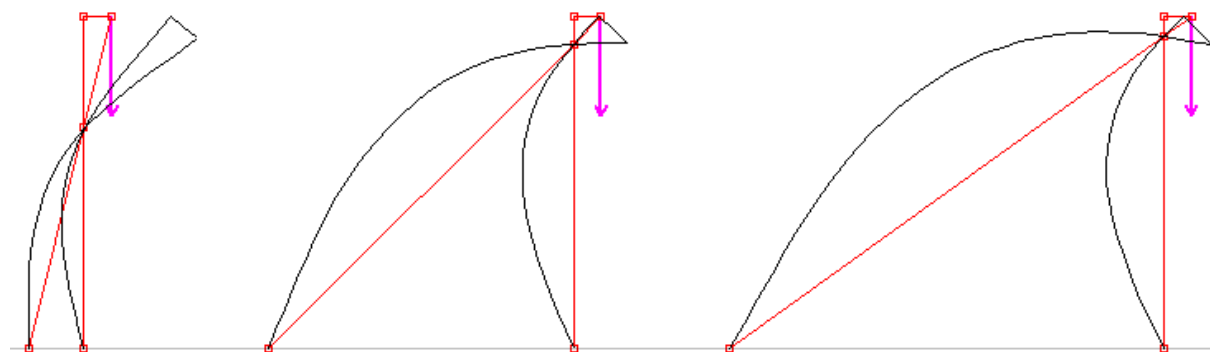


Figur 4-9 Nedbøyning

Setter på en jevnt fordelt last ovenfra, for å teste nedbøyningen i de forskjellige fagverksutførelsene. Her fremkommer det at k-stag med stag som peker opp i vertikal retning mot senter av overliggende bjelke, med en vinkel på  $45^\circ$ , er den som er best styrkemessig. Der er ikke en betydelig forskjellen på  $45^\circ$  og  $56^\circ$ . Mens under  $45^\circ$ , fremkommer en mer tydelig deformasjon. Illustrasjon av nedbøyning er hentet fra 3D-Beam og vises på figur 4-9. Figur 4-9 er den samme som figur 4-8, bare med påført lasttilfelle. Vær oppmerksom på at lasttilfellene er lik, selv om det kan se ut som de tre figurene til høyre er påført mer last. Dette skyldes at den øverste bjelkene er «oppdelt», og det forekommer dermed sånn i grafikken.

### 4.3.4 Vinkeltest

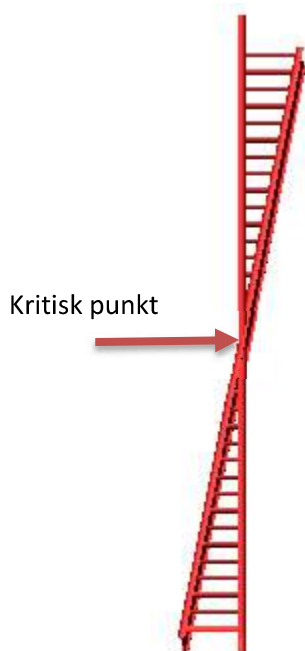
Denne analysen utføres for kartlegging av den mest egnede vinkelen for skråliggende støttebjelke til krysskonstruksjonen. Sett fra venstre på figur 4-10 er støttebjelkens vinkel fra horisontalaksen:  $75^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $35^\circ$ . Som antatt vil en størst mulig vinkel gi mest utbytte hva det angår styrke. Det er ikke ønskelig at konstruksjonen skal ta opp for mye plass. Samtidig kan ikke vinkelen bli for stor, da dette vil medføre konflikt mellom konstruksjonen og loddet som skal senkes og heves i vertikal retning. Det må derfor bli et kompromiss mellom plass og styrke.



Figur 4-10 Vinkeltest

### 4.3.5 Videre utredning

Med resultater fra tidligere tester, startes nå utvikling av en 3D modell i 3D-Beam, for analysering. Grunnstrukturen ligger i konseptet fra konseptfasen. Men det viser seg at konstruksjonen avviker noe fra dette, etter hvert som den bearbeides i 3D-Beam.



Figur 4-12 Kritisk punkt



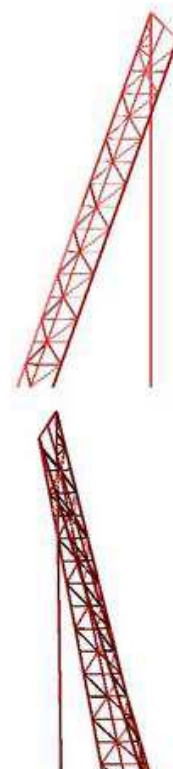
Figur 4-11 Dobbel krysskonstruksjon

I all sin enkelthet krever denne konstruksjonen tilsynelatende lite material, og ansees derfor som en økonomisk løsning. I praksis gir denne type design en svakhet i forhold til bikking av konstruksjonen sideveis. Samtidig har denne utførelsen kritiske svakheter i forhold til knekking og i krysningpunktet for støttebjelken, Se figur 4-11. Det diskuteres om barduner kan være en løsning for å holde konstruksjonen, men dette vil føre til mye tapt areal og ansees derfor ikke som ønskelig.

Ved å «speile» konstruksjonen og lage den dobbel, vil det gi grunnlag for bedre støtte, se figur 4-12. Konstruksjonen består nå av to identiske deler, med en plattform imellom. Den krever nå mer enn dobbelt så mye material som det første alternativet og har fortsatt et kritisk punkt for konstruksjonens styrke.

Konstruksjonen som vist på figur 4-12 møter i sin helhet ikke til forventninger og forkastes.

Krysskonstruksjonen følges videre opp og videreutvikles for å eliminere tidligere svakheter. Det legges vekt på å beholde designuttrykket i denne prosessen. Med hensyn på modularitet og utbedring av tidligere nevnte svakheter, har det nå gått i retningen av en fagverksarm, som vist på figur 4-13. For å holde konstruksjonen er det satt inn en vertikal bjelke som støtte. Denne utførelsen eliminerer det svake punktet og forbedrer konstruksjonens stabilitet. Samtidig har det blitt introdusert et nytt problem med knekking av vertikalstøtten. Optimalt sett er den også for nærme loddets bane, hvor det i verste fall kan oppstå problemer om loddet mot formodning skulle falle ned og velte.



Figur 4-13 Krysskonstruksjon

Utfra designkriterier og på bakgrunn av resultater fra tidligere tester av fagverk, er det modellert ett standard fagverkstårn. Som tidligere nevnt, er det et ønske fra oppdragsgiver at det fremlegges en sammenligning av krysskonstruksjonen og et standard fagverkstårn, se figur 4-14.

En sammenligning av fagverkstårn og krysskonstruksjonen settes opp i en tabell, som fremlegges under møte med oppdragsgiver, se tabell 4-1. Verdier for de respektive modellene blir hentet fra 3D-Beam. Disse er ikke eksakte og endelige, men formålet er å få en grov oversikt over differanser mellom de to forskjellige utførelsene av testtårnet. Det er dermed ikke optimalisert stålprofiler med hensyn på vekt, men det vil allikevel gi tilfredsstillende indikasjoner som gjør det mulig å sammenligne designene. Oppdragsgiver har opplyst om en kilopris for stål det skal tas betraktning til, 50 kr/kg sveiset, overflatebehandlet og levert.



Figur 4-14  
Fagverkstårn

Analyse for alternativer til testtriggkonstruksjon			
Fysiske mål, vekt og pris			
	Derrick	X-konstruksjon	
Lengde	6	18	m
Bredde	6	6	m
Totalhøyde	36	42	m
Grunnareal	36	54	m <sup>2</sup>
Stålvækt	45	40	tonn
Prisanslag	2 250 000,00	2 000 000,00	kr
Stålpris:	50,- pr.kg		

	Derrick	X-konstruksjon
<b>Positivt</b>	Kjent konstruksjonstype Kan enkelt bygges i moduler Tar opp forholdsvis lite areal Kan enkelt forlenges vertikalt	Positiv estetisk utførelse Skjermer mindre for utsikt Mindre stålvækt, lavere pris Nytenkende design
<b>Nøytralt</b>	Industrielt design Klassisk/tradisjonelt design	Lodd henger "fritt"
<b>Negativt</b>	Setter tydelig preg i landskap Godt synlig fra alle vinkler	Noe komplisert sammenstilling Tar opp mer areal Nødvendig byggehøyde

Tabell 4-1 Sammenligning av design og pris

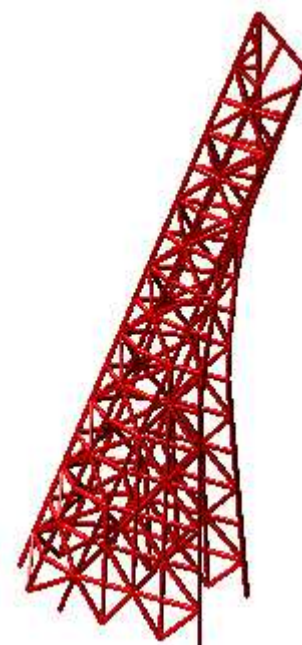
#### 4.3.6 Krysskonstruksjon med bølgedesign

Konklusjonen fra oppdragsgiver blir at det skal fortsettes med krysskonstruksjonen, hvor det er konstruksjonens design som er utslagsgivende for denne avgjørelsen. Oppdragsgiver setter stor pris på noe utenom det konvensjonelle. Det fattes enighet i å utvikle krysskonstruksjonen med et «bølgepreg».

Støtten som tidligere holdt oppe konstruksjonen, fjernes til fordel for to støttepilarer i fagverksstruktur. Disse følger tårnet nesten fra toppen, til de avrettes i vertikalt retning, mot grunnflaten hvor de er opplagret. En solid og robust konstruksjon, som utfyller konstruksjonens bøyemomentskurve ved belastning. Som ønsket av oppdragsgiver, er det tatt stilling til å gi konstruksjonens støttende del en estetisk utførelse, som gir testtårnet et uttrykk av en «bølge». Det er tatt hensyn til arbeidsplattform på toppen av testtårnet, men ikke tegnet inn foreløpig. Konstruksjonen består av et større antall bjelker, hvor et overveiende antall ikke er identiske. Dette vil medføre større byggekostnader enn ønskelig. Det fortsettes derfor med en ny konstruksjon, hvor det i større grad tas hensyn til standardisering av bjelker og modulisering.

##### Teknisk data:

- Total høyde: 42 m
- Grunnareal: 65,3 m<sup>2</sup>
- Vekt: 66,5 tonn
- Total defleksjon: 255 mm



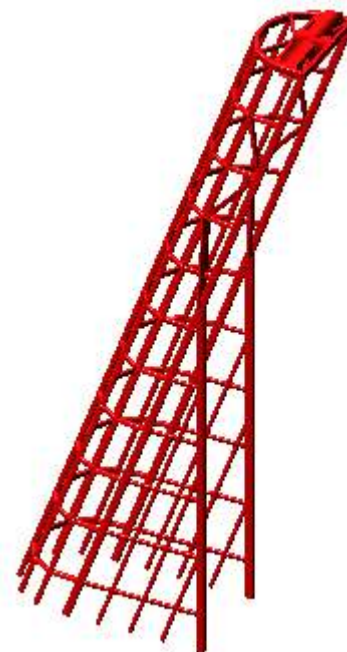
Figur 4-15 Krysskonstruksjon med bølgedesign

#### 4.3.6.1 Videreutvikling

Med blick mot moderne utførelse, er dette en konstruksjon med mer avrundede former en tidligere utforminger. I stor grad er det tatt hensyn til at bjelker skal være standardiserte og konstruksjonen modulisert, av konstruksjonsmessige og økonomiske årsaker. Rent styrkemessig er ikke denne konstruksjonen tilfredsstillende. Å sette inn fagverksstruktur for forsterking av konstruksjonen, vil gi et stort bidrag til denne problematikken. Men vil virke «ødeleggende» for designet, og medføre en totalvekt som ikke kan forsvares økonomisk.

##### Teknisk data:

- Total høyde: 40 m
- Grunnareal: 64 m<sup>2</sup>
- Vekt: 70 tonn
- Total defleksjon: 603 mm



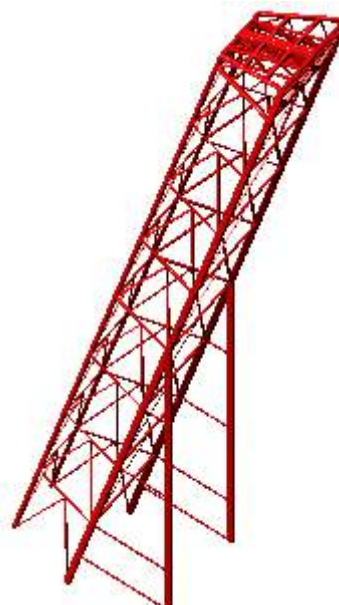
Figur 4-16 Videreutvikling av bølgedesign

#### 4.3.7 Endelig design

Etter en omfattende iterasjonsprosess, utvikles et endelig design som er tilfredsstillende. Her er det tatt hensyn til styrke, utseende og fysiske mål. Under konstruering av denne konstruksjonen er det særlig tatt i betraktning hva som er praktisk mulig og tatt hensyn til sammenstilling, modulisering og sveising. Profiler som er valgt til konstruksjonen er valgt som et kompromiss mellom vekt, styrke og sikkerhet mot knekking.

##### Teknisk data:

- Total høyde: 40 m
- Grunnareal: 87,3 m<sup>2</sup>
- Vekt: 56,5 tonn
- Total defleksjon: 183 mm



Figur 4-17 Endelig design

##### 4.3.7.1 Profilvalg

Profilene som egner seg, fremkommer av en iterasjonsprosess ved modellering av konstruksjonen i 3D-Beam. Av materialkvalitet er det valgt å bruke konstruksjonsstål S355JR. Profilene er plukket ut fra varesortimentet til Smith Stål. Det ble sett som mest gunstig å bruke hule firekantprofiler, da disse gir mest styrke i forhold til vekt, samtidig vil en firekantprofil kreve mindre sveising enn H-bjelke. Hovedbjelker og støttebjelker i front er av størrelse 450x250x12,5 mm og 250x250x12,5 mm, mens fagverksstrukturen består av 150x150x6 mm. For ytterligere informasjon om hvor de forskjellige profilene er brukt, se vedlegg A Maskintegninger.



## 5 Utførelse

Konseptfasen er nå avsluttet og Gate 2 er passert i samarbeid med oppdragsgiver. Videre jobbes det mot Gate 3, som omfatter dimensjonering og valg av tekniske løsninger. Utførelsen av testtårnet er avhengig av tekniske løsninger og fysiske dimensjoner til komponenter.

### 5.1 Virkende krefter

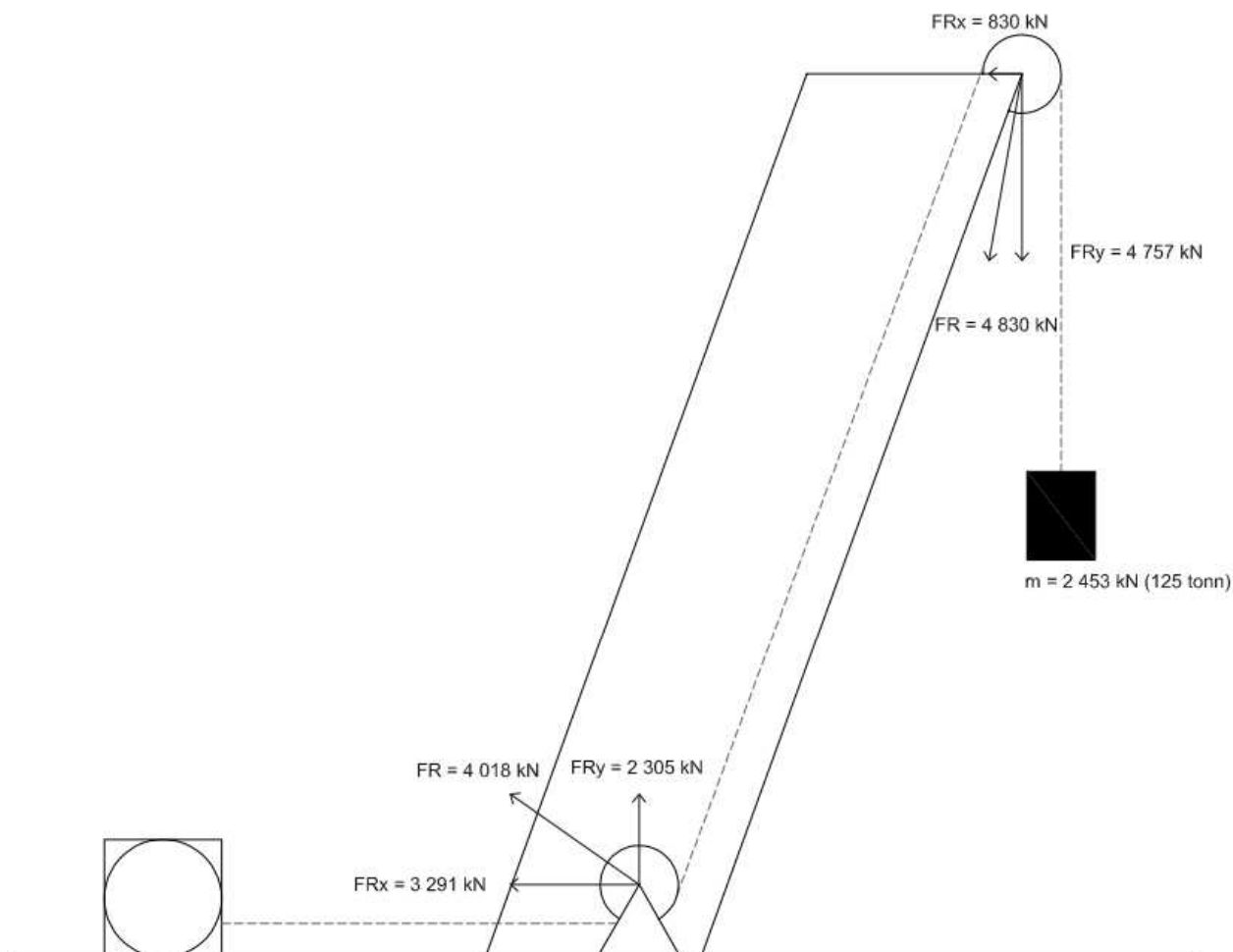


Figure 5-1 Konseptskisse testtårn

Lasten heises vertikalt opp av en vaier, som går opp til toppen av tårnet. Her vil vaieren endre retning via et løpehjul, og bli ført ned til bakkenivå. På bakkenivå vil vaieren på nytt endre retning via et nytt løpehjul, som fører vaieren i horisontal retning mot testområdet.

Siden vaieren endrer retning når den passerer løpehjulene, blir det en kraft i både x- og y-retning som påvirker alle delene på konstruksjonen. Løpehjulet på bakkenivå er forankret i bakken, og vil derfor ikke påvirke konstruksjonen. Kraftene her må allikevel beregnes, da aksel, lager og akselbukker skal dimensjoneres.

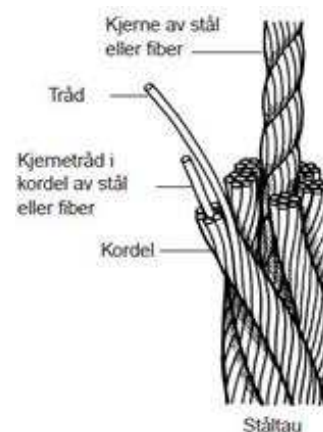
## 5.2 Vaier

Vaier, også kalt ståltau er bygd opp av individuelle tråder, sammensatt til en kordel. Et antall kordeler er slått rundt en senterkjerne til en ferdig vaier.

Vaieren som dimensjoneres, skal stå permanent på løpehjulene som tilhører testtårnet. Vinsjens vaier kobles på tårnets vaier ved testing, på denne måten slipper en å spole på vaier ved testing.

### 5.2.1 Valg av vaier

For rådgiving og veiledning av egnet vaier type ble firmaet Erling Haug AS kontaktet, som er en totalleverandør av vaier og løfteutstyr. Einar Osen og Stein Watten, som er salgsrepresentanter i Erling Haug, har bidratt med sin kompetanse. Diepa B 55 vaier, fra standarden NS-EN 12385, ble anbefalt. Dette er en rotasjonsfattig vaier med galvaniserte tråder og høy bruddstyrke.



Figur 5-2 Vaier, hentet fra [www.certex.no](http://www.certex.no)

Rotasjonsfattig vaier brukes for å oppnå en så liten rotasjonstendens som mulig ved store løftehøyder. Dette oppnår man ved at vaieren er bygd opp av flere lag kordeler. Hvert lag er slått i motsatt retning av det nærmest liggende laget, slik at vridningsmomentet i de ulike lagene arbeider mot hverandre. Viser til kildeliste, kilde 12.

### 5.2.2 Sikkerhetsfaktor mot brudd

I henhold til DNV Lifting Appliances 2.22, skal vaierens sikkerhetsfaktor ( $S_f$ ) finnes av formelen under, der SWL (Safety Working Load) er den ukjente. Betingelser for sikkerhetsfaktoren:  $3 \leq S_f \leq 5$

$$SWL = m * g = 1226,25 \text{ kN}$$

$$S_f = \frac{10^4}{0,885 * SWL + 1910} = 3.3386$$

Formel, se kildeliste, kilde 9. CH.2 Sec.3, 2.5.3.

### Dimensjonering av vaier

Vaierprodusent tester vaierenes bruddstyrke ved strekktesting. Alternativt kan 10% av trådene i hver kordel strekktestes til brudd hver for seg. Bruddstyrken til vaieren kan da bestemmes ved hjelp av formelen, se kildeliste, kilde 9. CH.2 Sec.1, 9.4.2.

$$P = f * t * k$$

f = gjennomsnittlig bruddstyrke av en tråd i kN  
t = totalt antall tråder  
k = tapsfaktor på grunn av spinning/fletting av vaier

Faktorene som inngår i formelen er det bare produsenten som kjenner til. For å bestemme nødvendig vaierdimensjon, må man derfor bruke tabeller gitt av produsenten, som angir bruddstyrke ved ulike tverrsnitt.

Vaier dimensjoneres etter følgende forutsetninger:

SWL = 125 tonn, Sf = 3.34, DAF = 2

Dimensjonerende last =  $SWL * DAF * Sf = 8\ 188\ kN$

Fra tabell på Diepa sine nettsider, kan en finne nødvendig diameter for dimensjonerende last. 94 mm i diameter har bruddlast rett under dimensjonerende last, velger derfor 95 mm i diameter som har noe høyere bruddlast enn dimensjonerende last. Vaierkatalog fra diepa, se vedlegg G.

Diameter		Weight kg/100m	Min. breaking force 1770 N/mm <sup>2</sup>			Min. breaking force 1960 N/mm <sup>2</sup>		
mm	inch		kN	kp	lbs	kN	kp	lbs
94		4289	7329	745200	1642800	8115	828000	1825400
95		4381	7485	761150	1678000	8289	845750	1864500

Tabell 5-1 Tabell som angir bruddstyrke ved ulike dimensjoner

Tabell, se kildeliste, kilde 1.

### 5.2.3 Valg av endestykke på vaier

Den permanente vaieren som er installert på testtårnet må ha et koblingspunkt i hver ende av vaieren, for å kunne kobles til loddet og vinsjenes vaier. Her velges det å bruke det en «GN CR Socket SO4», som vist på figur 5-2, levert fra Erling Haug AS. Endestykkene velges med hensyn på vaierdimensjonen, dette med hensyn til MBL. Informasjon om valgt endestykke, se vedlegg G.



Figur 5-3 Endestykker på vaier, hentet fra [www.haug.no](http://www.haug.no)

### 5.2.4 Sammenkobling mellom vaierne

Som sammenkobling mellom testtårnets- og vinsjens vaier, må det brukes en sjakkell for sammenkobling mellom endestykke på to vaierne. Type sjakkell velges med tanke på om den er fysisk mulig å montere, samt at sjakkellens bruddlast ikke er lavere enn MBL. Sjakkelltypen som velges er en GN H10-mutterbolt.

Den valgte sjakkellen har en SWL = 200 tonn og en sikkerhet mot brudd på 5, sjakkellens bruddlast er da lik 1 000 tonn.

### 5.2.5 Weak Link i systemet

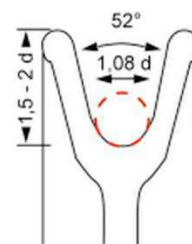
I DNV Lifting Appliances fremkommer det krav om weak-link, se kildeliste, kilde 9. CH.2 Sec.6, 4.2.4.

Med rådgivning fra Erling Haug AS v/ Steinar Watten, innføres weak-link (svakeste ledd), mellom lodd og vaier. Her blir det fremlagt flere ulike alternativ, som å bruke sjakkell, vaier med mindre diameter eller rundsling. Eneste kriteriet er at det velges en komponent som har en bruddlast nærliggende designlast, altså  $SWL * DAF = 250\ \text{tonn}$ .

Til dette formål velges å bruke en sjakkell av type «GN sjakkell H10 Super-mutterbolt», med SWL= 55 tonn og en sikkerhet på 5. noe som gir ei bruddlast på 275 tonn. Dermed har det svakest leddet blitt innført i systemet.

### 5.3 Løpehjul

Løpehjul til vaieren må dimensjoneres etter krav, for å gi minst mulig slitasje på vaier. DNV Lifting Appliances gir retningslinjer både for skivediameter, og spor radius. For lite spor ødelegger trådene og kordelene i vaieren, som gir kortere levetid for vaier. For stort spor gjør at vaier ligger dårlig, med risiko for deformering av vaier og skader i sporet.



Figur 5-4 Anbefalte dimensjoner på løpehjul, hentet fra [www.cartex.no](http://www.cartex.no)

Minimum skivediameter gitt av  $D_p = 18 * d$  hvor  $d =$  diameter vaier

Skivesporet i løpehjulet skal ha en radius:  $0,52 * d < r > 0,57 * d$ , hvor  $0,53 * d$  er anbefalt.

Se kildeliste, kilde 9. CH.2 Sec.3, 2.6.1. Og kilde 12.

Det er valgt en skivediameter  $D_p = 22 * d = 2\ 090$  mm. Kun et avgrenset parti av vaieren vil passere løpehjulet gjentatte ganger under bruk. Dette vil bli det området hvor vaieren får mest slitasje, på grunn av vinkelendring. For å redusere denne slitasjen, velges det å øke skivediameteren utover minimumskrav.



Figur 5-5 Løpehjul

### 5.4 Akseldimensjonering

Aksler for løpehjulene skal dimensjoneres. Ett løpehjul i toppen av konstruksjonen og ett løpehjul ved konstruksjonens innfestning på bakkenivå. Akslene skal stå opplagret i lagerbukker, to lagerbukker på hver aksel, hvor løpehjulet blir den roterende delen. Torsjonsmoment vil derfor ikke oppstå. Dette er å anse som ren bæreaksel. Bøyemomentet vil være konstant, virkende på samme side av akselen til enhver tid. Utmattingspåkjenning vil derav heller ikke oppstå.

Beregningen settes opp i Excel regneark, for mulige endringer ved et senere tidspunkt. Oppdragsgiver har opplyst om at stålkvalitet S165M er ønskelig og godt egnet til aksel. Følgende formel er anvendt for bestemmelse av akselens diameter:

$$\sigma_{jf} = \frac{M_b}{W} = \frac{\frac{F * l}{4}}{\frac{\pi * d^3}{32}}$$



Figur 5-6 Aksel

Formel, se kildeliste, kilde 13. side 306 formel (8.1).

Diameteren rundes opp til nærmeste hele tall for å være konservativ, samt av praktiske årsaker med tanke på løpehjul, lager og hvilke dimensjoner som er tilgjengelig fra leverandører.

Lasten som medfører bøyemoment er ganget med en DAF = 2. I tillegg til at det er satt en sikkerhetsfaktor for akselmaterialets flytegrense SF = 2, ved beregning av akselens minste tillatte diameter. Dette er muligens å anse som rikelig, da akselen ikke utsettes for utmattingspåkjenning. Men det er greit å være konservativ, hva det angår belastninger ved nødbrems i systemet. Akslene vil da kunne bli utsatt for en voldsom påkjenning, som kan medføre en varig deformasjon om de ikke er tilstrekkelig dimensjonert for denne type forhold.

Kontrollerer akslenes nedbøyning:

$$\frac{f}{l} \leq \frac{1}{3000} \text{ altså } \frac{f}{l} \leq 0,0003$$

$f$  – største nedbøyning

$l$  – akselens lengde

**Resultater for akselberegning:**

	Aksel til løpehjul i toppen		Aksel til løpehjul i bunn	
Nødvendig akseldiameter	263	mm	245	mm
Valgt akseldiameter	300	mm	300	mm
Sikkerhetsfaktor med valgt diameter	3,0	-	3,7	-
Maksimal nedbøyning	0,05	mm	0,04	mm
$f/l$	0,00009	-	0,00007	-

Tabell 5-2 Akselberegning

## 5.5 Valg av lager til løpehjul

Ut fra at det ikke opptrer aksielle krefter, samt at aksling ikke roterer, velges lagrene med hensyn på tillatt statisk belastning ( $C_0$ ).

For å velge et lager som har tilfredsstillende  $C_0$ , sammenlignes denne oppimot resultatkraften, der kriteriet som vist under må være innfridd for å kunne velge det nødvendige lageret.

$$F_{\text{resulterende}} \leq C_0$$

Lagrene til hjulet på toppen:  $4967 \text{ KN} \leq C_0$

Lagrene til hjulet på bakken:  $2008 \text{ KN} \leq C_0$

For veiledning og anbefaling av lager, har Harry Opdal fra SKF Norge blitt kontaktet. Etter denne samtalen ble det bestemt å bruke sfæriske rullelager på løpehjulene. Lagrene blir levert av SKF og har benevnelsene som vist under.

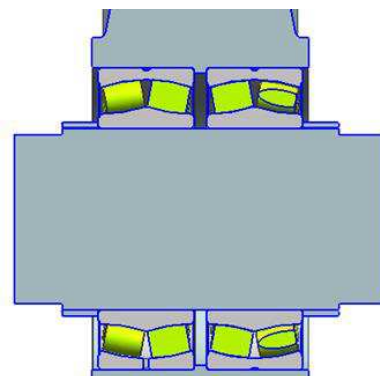
23160-2CS5/VT143 for vaierhjulet på toppen.

24060-2CS5/VT143 for vaierhjulet på bakken.

Se vedlegg G, for datablad på lagrene.

Siden det velges å bruke sfæriske rullelager, blir det nødvendig å bruke to like lager ved siden av hverandre. Dette for å ha en jevn gange der kreftene blir jevnt fordelt. Lagrene til topphjulet tåler en statisk belastning hver på  $C_0 = 5100 \text{ KN}$ , mens den typen som står i løpehjulet på bakken  $C_0 = 4750 \text{ KN}$  hver. Lagrene i begge løpehjulene har tetning av nitrilgummi (HNBR) som er forsterket med stålring på baksiden. Som figur 5-4 viser, er det en diagonal låsing på lagrene. Distanseringen ligger inntil innerringen på lagrene, og brøstningskanten på løpehjulet ligger mot lagrenes ytterringer. Dette er anbefalt låsemetode for sfæriske lager, gitt av SKF.

Viser til kildeliste, kilde 14 og datablad i vedlegg G.



Figur 5-7 Snitt av monterte lager

### 5.5.1 Vurderinger som ble tatt

Det ble vurdert å lage smørekanaler i akslene med direkte smøring på lagrenes innerring. Men det ble sett på som mest egnet å bruke tette lager, fordi tetningen vil hindre korrosjon av lagrene, samt det rimeligste alternativet med tanke på tilvirkning og vedlikehold.

Det velges og ikke regne på lagerlevetid, da antall rotasjoner ikke vil bli et problem. Korrosjon vil heller bli et mulig problem, som kan reduserer levetiden på lagrene. Tette lagre vil gi motstandsdyktighet mot denne problematikken

Ved valg av lager blir det brukt en konservativ tankegang, der hvert lager er dimensjoner for å tåle hele lasten. Dette i tilfelle et av lagrene skal miste sin ytelse eller funksjonalitet.

### 5.5.2 Pressmonn

Som nevnt tidligere er det akslingen som er stillestående og da fast montert i akselbukker. Det er ytterringer på lagrene som er montert i løpehjul, som sørger for å rotere løpehjulet om akslingen. For at kraften skal bli tatt opp i lagrenes ruller, legges det til rette for en lett presspasning mellom lager og løpehjul. Pasningen mellom aksel og lager blir en lett glidepasning. Hadde presspasning blitt valgt i istedenfor glidepasning, ville en ikke hatt kontroll på de indre opptredende spenningene. Lagrene har oppgitte toleranser fra SKF. Tabeller under viser toleranser, og minste- og største pressmonn. For fullstendig utregning, se vedlegg G.

Pressmonnet mellom lager og aksel		
Navn	Laveste ( $\mu\text{m}$ )	Høyeste ( $\mu\text{m}$ )
Lager	(-) 35	0
Aksel (h6)	(-) 32	0
Minste pressmonn	(-) 22,2 $\mu\text{m}$	
Største pressmonn	(+) 25,2 $\mu\text{m}$	
pasningstype	mellompasning	

Pressmonnet mellom lager og aksel		
Navn	Laveste ( $\mu\text{m}$ )	Høyeste ( $\mu\text{m}$ )
Lager	(-) 35	0
Aksel (h6)	(-) 32	0
Minste pressmonn	(-) 22,2 $\mu\text{m}$	
Største pressmonn	(+) 25,2 $\mu\text{m}$	
pasningstype	mellompasning	

Pressmonnet mellom lager og løpehjul		
Navn	Laveste ( $\mu\text{m}$ )	Høyeste ( $\mu\text{m}$ )
Lager	0	(-) 45
Løpehjul (G7)	(+) 20	(+) 83
Minste pressmonn	(+) 34,7 $\mu\text{m}$	
Største pressmonn	(+) 113,3 $\mu\text{m}$	
pasningstype	Presspasning	

Pressmonnet mellom lager og løpehjul		
Navn	Laveste ( $\mu\text{m}$ )	Høyeste ( $\mu\text{m}$ )
Lager	0	(-) 45
Aksel (H6)	(+) 15	(+) 93
Minste pressmonn	(+) 32,5 $\mu\text{m}$	
Største pressmonn	(+) 121,5 $\mu\text{m}$	
pasningstype	Presspasning	

Tabell 5-3 Toleranse og pressmonn, løpehjul på bakken

Tabell 5-4 Toleranse og pressmonn, løpehjul på toppen

### 5.5.3 Alternativ lagerløsning

Som nevnt i 5.5 velges det sfæriske rullelager. Dette er ifølge oppdragsgiver en fullgod løsning, men det er ønskelig å vurdere glidelager som en alternativ løsning. Dette siden glidelager er et alternativ som vil bli vurdert, ved videre utredning av oppdragsgiver. Glidelageret det velger å fremvise er av typen GEP 300 FS.

Fordeler med valg av glidelager, er at det totale antallet lager kan reduseres fra 4 til 2, sett i forhold til sfæriske lager. Dette vil gi en markant økonomisk gevinst, siden prisen pr. lager er omtrent lik.

Ved bruk av glidelager behøver en bare et lager i hvert hjul, på grunn av glidelagerets bredde og funksjonalitet. Vedlagt ligger datablad for dette glidelageret, se vedlegg G.

## 5.6 Akselbukker for øvre løpehjul

Det skal dimensjoneres akselbukker til aksel for øvre løpehjul. Det er ønskelig at disse er lavest mulig for minst mulig bøyemoment, mindre maskinering, pris og vekt. Løpehjulet blir derfor felt ned i arbeidsplattformen på toppen av tårnet, som vist på figur 5-7. Akselen roterer ikke, og er derfor en ren bæreaksel. Den hviler på bukken uten noen form for lager, og blir låst til bukken med et lokk på toppen, som er festet med bolter.



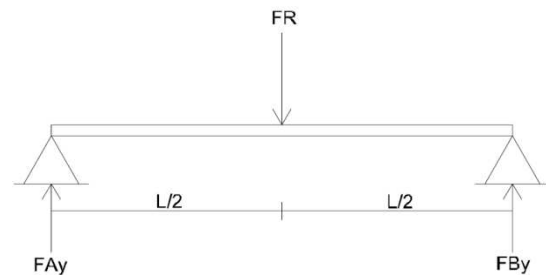
Figur 5-1 Akselbukk i toppen av testrigg

### 5.6.1 Dimensjoneringskriterier

Generelle krefter blir hentet fra delkapittel 5.1, andre krefter og momenter vil bli beregnet for hvert enkelt tilfelle. På grunn av resultantkraftens vinkel, blir akselbukkene utsatt for krefter i x- og y-retning. Bukken må dimensjoneres etter den samlede virkningen av disse kreftene.

$$\sum MBy = 0 \rightarrow FAy = \frac{FR}{2}$$

Belastningen som virker på hvert opplager er lik  $FR/2$ .



Figur 5-2 Opplagerkrefter

Resultantkraft fra øvre løpehjul (FR)	= 4 830 kN
Akselens opplagerkrefter (FA = FB)	= $FR/2 = 2\,415$ kN
Aksel opplagerkraft x-retning (FAx, FBx)	= 419 kN
Aksel opplagerkraft y-retning (FAy, FBy)	= 2 379 kN
Materialsikkerhetsfaktor (SF)	= 1,5
$\sigma$ material	= 355 MPa
$\sigma$ tillatt	= $\sigma$ material / $SF_m = 236$ MPa
Høyde, akselbukk	= 300 mm

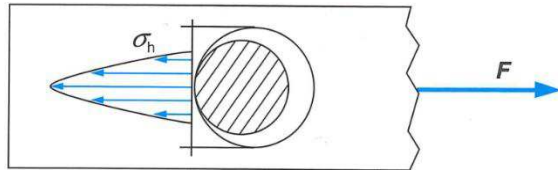
De dimensjonerende opplagerkreftene kommer fra resultantkraften til løpehjulet. På grunn av materialsikkerhetsfaktoren, settes tillat flatetrykk lik  $\sigma$  tillatt 236 MPa.

#### 5.6.1.1 Nødvendig godstykkelse

Dimensjoneringene starter med akselskålen i bukken, ved å finne nødvendig godstykkelse som gir hulltrykksspenning lik  $\sigma$  tillatt. Videre må nødvendig bredde beregnes.

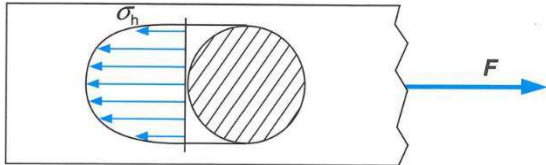
Akselens opplagerkrefter (FA, FB) blir overført ved trykk mellom aksel og akselbukk. Det resulterer i en trykkspenning mellom aksel og anleggsflaten, som gir hulltrykksspenning ( $\sigma_h$ ).

Om den sirkulære anleggsflaten er større enn bolten, vil dette resultere i en uønsket spenningskonsentrasjon på midten av anleggsflaten. Se figur 5-9.



Figur 5-3 Uønsket spenningskonsentrasjon

Når akselen fyller den sirkulære anleggsflaten, blir hulltrykkspenningen jevnere fordelt over anleggsflaten. Se figur 5-10.



Figur 5-4 Fordelte spenninger i anleggsflate

For å sikre jevn fordeling av hulltrykkspenningen vil den sirkulære anleggsflaten bli angitt med toleranse.

Hulltrykkspenningen er gitt av formelen:  $\sigma_h = \frac{F}{A} = \frac{F}{d \cdot t}$

For en mer konservativ utregning, brukes tverrsnittsarealet av hullet ( $d \cdot t$ ) istedenfor arealet langs anleggsflaten. Dette gir en litt høyere spenning enn i virkeligheten.

$\sigma_h$  settes lik  $\sigma_{till}$ , minimum godstykkelse:  $\sigma_h = \frac{F}{d \cdot t} \rightarrow t = 36 \text{ mm}$

### 5.6.1.2 Nødvendig bredde

Akselbukkens bredde er gitt av nødvendig motstandsmoment, for å tåle bøyemomentet fra opplagerkraftens x-komponent.

Opplagerkraftens x-komponent ganget bukkens høyde, gir det dimensjonerende bøyemomentet.

$$M_b = FA2x \cdot h = 125\,820\,660 \text{ Nmm}$$

Nødvendig motstandsmoment:

$$W_{n\ddot{o}d} = \frac{M_b}{\sigma_{till}} = 531\,637 \text{ mm}^3$$

Minste bredde (b):

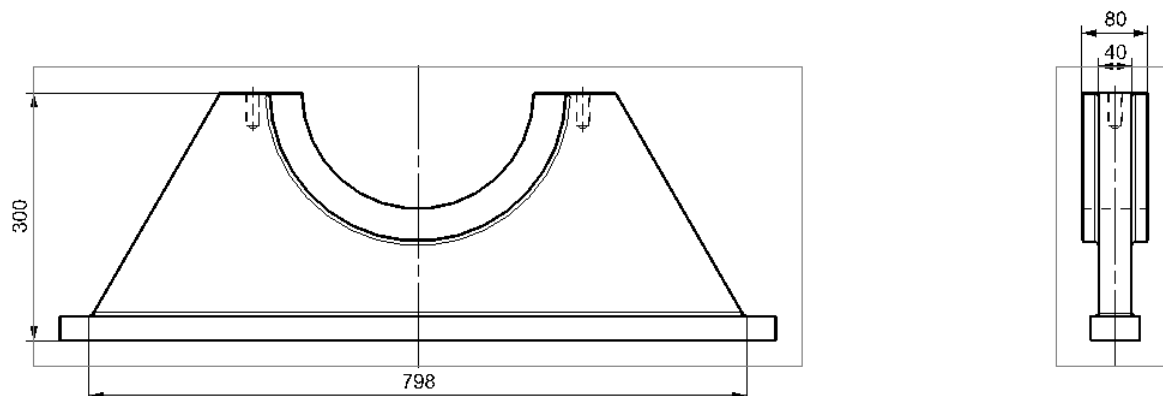
$$W = \frac{t \cdot b^2}{6} \rightarrow b = 296 \text{ mm}$$

Akselbukkenes dimensjoner blir da:

Dimensjoner for akselbukker på toppen		
	Minimum (mm)	Valgte (mm)
Høyde (h)	300	300
Bredde (b)	296	798
Godstykkelse (t)	36	40

Tabell 5-5 Dimensjoner for akselbukker på toppen





Figur 5-5 Akselbukk med mål

Av praktiske årsaker, avviker valgte dimensjoner fra minimumsdimensjoner. Ved FEM-analyse ble det avdekket spenningskonsentrasjoner mellom aksel og akselbukk (akselskålen), som oversteg  $\sigma_{till}$ . Det ble derfor nødvendig å lage et boss i akselbukkens akselskål, som avlastning. Se figur 5-11, høyre. Her vises akselbukken sett forfra, med bossen som bygger ut over akselbukkens bredde. Med boss, ble høyeste spenning i hver akselbukk 201 MPa. Se vedlegg E for utregninger og vedlegg B for FEM-resultater.

### 5.6.2 Innfestning av akselbukker

Akselbukkene på toppen skal festes til konstruksjonen ved sveising. Denne innfestningsmetoden ansees som mest gunstig, da bjelker i konstruksjonen består av rektangulære hulprofiler. Akselbukkene har lokk som er boltet fast i selve bukken, som gjør det enkelt å montere/demontere aksel og hjul.

Det settes et fornuftig og praktisk a-mål på 10mm, med tanke på bunnsokkelens tykkelse som er 30 mm. Bukkene blir sveist med rørtråd, der typen konkav kilsveis uten fuge blir valgt. Sveisen beregnes i to snitt, snitt A-A og snitt B-B.

Kraftbildet som vil virke på sveisen analyseres, og det vil her opptre bøyepenninger og skjærspenninger som er dimensjonerende for de ulike snittene. Trykkspenninger som opptre utelukkes, fordi de ikke blir tatt opp i sveisen, men i akselbukkens flate som trykkes ned mot modulen.

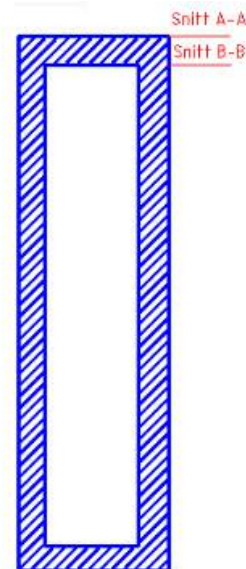
**Snitt A-A:**

Det skraverte området på figur 5-12, viser en illustrasjon over sveisearealet i ett snitt. Målene på bukken blir her videre brukt for å beregne annet arealmoment ( $I$ ), nøytralaksens spenningsavstand ( $Y$ ) og sveisens effektive sveiseareal.

$$\sigma_{b\theta y} = \frac{F_x * Arm * Y}{I}$$

$$\sigma_{tot} = \frac{\sigma_{b\theta y}}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma_{\perp}^2}$$



Figur 5-6 Sveisesnitt

Formler, se kildeliste, kilde 13. Side 39 formel (2.5), side 40 formel (2.7) og formel (2.8)

I snitt A-A vil parallelle skjærspenninger være neglisjerbare. Her er det bøyesspenningene som er dimensjonerende. Ved utregning gir dette en sikkerhet SF = 6,3

**Snitt B-B:**

Beregningene i dette snittet er lik som er vist i snitt A-A. Forskjellen er at her må det medregnes skjærspenninger ( $\tau$ -parallel), som opptrer i sveisene i bukkens lengderetning. Snitt B-B har ved utregning en sikkerhet mot brudd på SF= 5,9

$$\tau_{\perp} = \frac{\sigma_{tot}}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2}$$

Formler, se kildeliste, kilde 13.

**5.6.2.1.1 Utredning av friksjonskraft**

Beregningene som er gjennomført ovenfor er svært konservative, siden friksjonskraften (FF) ikke er subtrahert fra den horisontale kraften.

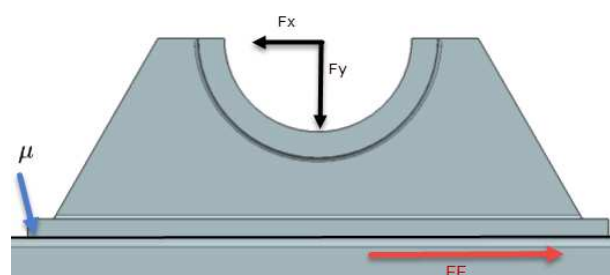
Friksjonskraften kommer som en konsekvens av trykkraften ( $F_y$ ), som virker vertikalt mot bukkens innfestningsflate på toppmodulen.

Flatene mellom bukken og modulen gir tilfellet stål mot stål ved tørre overflater, som har en friksjonskoeffisient( $\mu$ ) på 0,15.

$$F_F = F_y * \mu = 357 \text{ kN}$$

Friksjonskraften er motsatt rettet av  $F_x$ . Reelle krefter som sveisen utsettes for blir da:

$$F_{Resterende} = F_x - FF = 63 \text{ kN}$$



Figur 5-7 Akselbukk med friksjonskraft

## 5.7 Akselbukker for nedre løpehjul

Vaieren føres via det øvre løpehjulet ned mot bakken, og går via det nedre løpehjulet tilnærmet horisontalt mot testvinsjen. Det nedre løpehjulets aksel er opplagret i akselbukker.

### 5.7.1 Dimensjoneringskriterier

Generelle krefter blir hentet fra kapittel 5.1, andre krefter og momenter vil bli beregnet for hvert enkelt tilfelle. På grunn av resultantkraftens vinkel, blir akselbukkene utsatt for krefter i x- og y-retning. Bukken må dimensjoneres etter den samlede virkningen av disse kreftene.

Resultantkraft fra nedre løpehjul	(FR2)	= 4 018 kN
Aksel opplagerkraft	(FA2 = FB2)	= 2 009 kN
Aksel opplagerkraft x-retning	(Fa2x/Fb2x)	= 1 152 kN
Aksel opplagerkraft y-retning	(Fa2y/Fb2y)	= 1 646 kN
Materialsikkerhetsfaktor	(SF)	= 1,5
$\sigma$ material		= 355 MPa
$\sigma$ tillatt		= $\sigma$ material/ SF = 236 Pa
Høyde akselbukker		= 1 300 mm

De dimensjonerende opplagerkreftene kommer fra resultantkraften til løpehjulet. På grunn av materialsikkerhetsfaktoren, settes tillatt flatetrykk lik  $\sigma$  tillatt 236 MPa.

#### 5.7.1.1 Nødvendig godstykkelse

Fremgangsmåten ved dimensjoneringen av akselbukkene til nedre løpehjul, vil være lik som for akselbukkene til øvre løpehjul. Det vil i tillegg bli dimensjonert bolter for å feste akselbukkene til bakken.

Akselens opplagerkrefter (FA2, FB2) blir overført ved trykk mellom aksel og akselbukk. Det resulterer i en trykkspenning mellom aksel og anleggsflaten, som gir hulltrykkspenning ( $\sigma_h$ ).

Minimum godstykkelse:

$$\sigma_h = \frac{F}{d \cdot t} \rightarrow t = \frac{F}{d \cdot \sigma_h} = 30 \text{ mm}$$

#### 5.7.1.2 Nødvendig flateareal på grunn av avriving

Nedre akselbukk blir utsatt for en resulterende kraft vertikalt opp i en vinkel på 55 grader fra horisontalplanet. Det er derfor nødvendig å finne minimum areal på godset til akselbukken, normalt på resultantkraften.

Nødvendig areal normalt på resultantkraften:

$$\sigma_{till} = FA2/A \rightarrow A = FA2/\sigma_{till} = 8 489 \text{ mm}^2$$

Gitt en godstykkelse på 30 mm, må akselbukken ha en samlet bredde på hver side av akselhullet, hvor resultantkraften står normalt:

$$A = t \cdot b \rightarrow b = A/t = 280 \text{ mm}$$

#### 5.7.1.3 Nødvendig bredde

Akselbukkens bredde er gitt av nødvendig motstandsmoment, for å tåle bøyemomentet fra opplagerkraftens x-komponent. Opplagerkraftens x-komponent ganger bukkens høyde, gir det dimensjonerende bøyemomentet.

$$M_b = Fa2x * h = 1\,497\,987\,499 \text{ Nmm}$$

Nødvendig motstandsmoment:

$$W_{nød} = \frac{M_b}{\sigma_{till}} = 6\,329\,525 \text{ mm}^3$$

Minste bredde (b):

$$W = \frac{t * b^2}{6} \rightarrow b = 1\,119 \text{ mm}$$

Minimum dimensjoner for akselbukkene blir da:

$$H = 1300 \text{ mm}$$

$$t = 30 \text{ mm}$$

$$b = 1\,119 \text{ mm}$$

Virkelige mål avviker fra minimumsdimensjoner av praktiske årsaker. Se vedlegg A, maskintegninger.

#### 5.7.1.4 Innfesting av akselbukk

For ikke å belaste tårnet med krefter fra de nedre akselbukkene, festes disse til bakken med bolter. Det blir støpt ned fundamentplater i stål under akselbukkene, som blir boret og gjenget før montering av bukkene.

Bolteforbindelsen dimensjoneres etter et scenario hvor kun halvparten av boltene tar opp belastningen, det blir derfor brukt en sikkerhetsfaktor på 2 i beregningene.

Det må først bestemmes opplagerkreftene til selve akselbukken. For å skille mellom akselens opplagerkrefter (FA2, FB2), blir akselbukkens opplagerkrefter kalt FC2 og FD2.

Akselbukken blir påvirket av akselens opplagerkrefter i x- og y-retning, som virker 1 300 mm over akselbukkens grunnflate.

Akselbukkens opplagerkrefter er derfor gitt av:

$$\sum MD2 = 0$$

$$FC2y * L + FRy * L/2 - FRx * h = 0$$

$$FC2y = 515\,575 \text{ N (trykk)}$$

$$\sum MC2 = 0$$

$$-FD2y * L - FRx * h - FRy * L/2 = 0$$

$$-FD2y = 2\,161\,227 \text{ N (strek)}$$

Her fremkommer det at opplagerkraften FC2y virker nedover mot tårnet, og gir et trykk mellom akselbukken og tårnet. Opplagerkraften FD2y virker oppover og gir derfor strekk i boltene. Boltene ved FD2 blir derfor utsatt for både strekk- og skjærkrefter, og disse blir da de dimensjonerende.

Det kombinerte lasttilfellet boltene ved FD2 blir utsatt for, må beregnes etter deviasjonshypotesen som gir oss den jevnførende spenningen i boltene ( $\sigma_{jf}$ ).

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{(FD2y/As)^2 + 3 * (FA2x/A)^2}$$

$\sigma_{jf}$  løst med hensyn på arealet ( $A_s$ ), gir minimum boltearealet.

$$A_s = \sqrt{\frac{FD2y^2 + 3 * FA2x^2}{\sigma_{till}^2}} = 9\,806 \text{ mm}^2$$

Minimum bolteareal må fordeles over et likt antall bolter på hver side av akselbukken. En bolt har et tvernsnittsareal i ugjenget del kalt A, og et effektivt spenningsareal kalt  $A_s$ .  $A_s$  er et redusert areal i forhold til arealet i ugjenget del, det vil derfor bli bruk  $A_s$  for å finne nødvendig antall skruer.

Antall skruer er gitt av formelen:

$$ant = \text{minimum areal} / A_s$$

Nødvendig antall bolter for ulike boltedimensjoner:

antall bolter					
Boltetype	Tverrsnittsareal bolt ( $A_s$ )		ant. = min.areal/boltareal (ds)		
M16	157	mm <sup>2</sup>		58,6	stk
M20	245	mm <sup>2</sup>		37,5	stk
M24	353	mm <sup>2</sup>		26,0	stk
M30	561	mm <sup>2</sup>		16,4	stk
M36	817	mm <sup>2</sup>		11,3	stk

Tabell 5-6 Nødvendig antall bolter

Det vil her være praktisk å velge 12 stk. M36 bolter, altså 6 stk. på hver side av akselbukkene.

## 5.8 Knekking

Knekking er en potensiell fare som er vanskelig å forutse, dette med tanke på å best mulig definere bjelkenes opplagringsbetingelser i en sammensatt konstruksjon. De bjelkene som er utsatt for aksielle trykkrefter må kontrolleres mot knekking. Virkende trykkrefter i de respektive bjelkene, hentes fra 3D-Beam.

### 5.8.1 Sikkerhet mot knekking

Ved valg av sikkerhetsfaktor mot knekking, brukes DNV Lifting Appliances 2.22 som retningslinje. Viser til kildeliste, kilde 9, Ch.2 Sec.2, 3.3.2.

Her velges sikkerhetsfaktoren utfra lasttilfellet som er mest passende.

De 3 ulike lasttilfellene inneholder kraning med vind, kraning uten vind, eller kraning med eksepsjonelle belastninger.

Med tanke på at vind vil oppstå under testing, velges det å bruke sikkerhetsfaktoren som fremkommer av lasttilfelle 1. Siden knekking er vanskelig å forutse, velges det å forholde seg til beregningsmetode for elastisk knekking som er mer konservativ en for plastisk knekking. Elastisk knekking blir også kalt Euler's teori, der bjelken teoretisk knekker før trykkspenningen når materialets flytegrense. Lasttilfelle 1 og forholdet med elastisk knekking fører til at minste tillatte sikkerhetsfaktor mot knekking blir SF =1,86. Det valgte lasttilfellet inkluderer vindkraften i sikkerhetsfaktoren.

## 5.8.2 Knekkberegning av bjelkene

Konstruksjonen består av totalt 213 bjelker som er utsatt for trykkrefter. Disse bjelkenes tillatte trykkraft beregnes ved hjelp av følgende formel:

$$F_k = \frac{E * I * \pi^2}{(K * L)^2}$$

$E$  = materialets elastisitesmodul (206 000 N/mm<sup>2</sup>)  
 $I$  = tverrsnittets minste arealmoment (variabel)  
 $L$  = Effektiv lengde (variabel)  
 $K$  = Innspennings konstant, (1,0)

Formel, se kildeliste, kilde 15. Side 47.

Knekkberegningene er utarbeidet med tanke på å komme ut med opptredende sikkerhetsfaktor. Den beregnede knekkraften ( $F_k$ ) deles så på aksialkraften, som er hentet fra beregningene i 3D-Beam. Det sjekkes så mot kravet, at opptredende  $S_f \geq 1,86$ .

Data		Tillatt knekkraft [kN]		Normalkraft [kN]	Sikkerhetsfaktor
Bjelke nr.	Lengde [mm]	Fz	Fy	Nx	Sf
37	5590	775	775	255	3
127	5590	775	775	395	2
128	5590	775	775	395	2
83	5590	775	775	243	3,2
85	5590	775	775	255	3

Tabell 5-7 Bjelker med lavest sikkerhet mot knekking

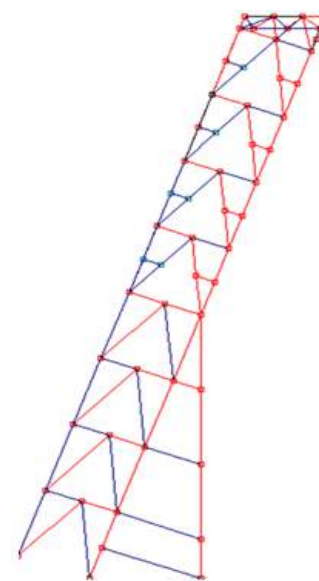
I tabell 5-7 fremkommer de mest utsatte bjelkene med tanke på knekking. Felles for disse bjelkene, er at de er konstruksjonens lengste. Parameterne som har stor innvirkning på sikkerhetsfaktoren, er altså bjelkens effektive lengde ( $L$ ) og tverrsnittets minste arealmoment ( $I$ ).

For fullstendig oversikt over bjelkenes sikkerhet mot knekking, se vedlegg E.

## 5.8.3 Analysering av normalspenninger

Figur 5-14 viser konstruksjonen sett fra siden, der bjelker med trykkrefter er markert rødt, mens bjelkene med strekkrefter er markert blått. Lasten i front gir trykkrefter i fremkant og strekkrefter i bakkant av konstruksjonen. Den vertikale støtten avlaste konstruksjonen der den er innfestet. Her endres mønsteret for fordeling av strekk- og trykkrefter.

Som nevnt tidligere har konstruksjonsprosessen vært preget av en iterasjon, og det også med tanke på knekking. Fagverkskonstruksjonen var opprinnelig av firkantrør med dimensjonene 100x100x4 mm. Dette viste seg å være for svakt med tanke på knekking, og det ble derfor brukt 150x150x6 mm. Men selv med denne dimensjonen ble den tillatte knekkraften for høy i den øverste halvdel av fagverkstrukturen. Bjelkenes lengde på fagverksstøttene var da 5 590 mm. Fremfor for å øke dimensjonene ytterligere ble det valgt å halvere bjelkenes lengde, ved å legge til ekstra støttebjelker. Ved sveiseberegninger, blir det nødvendig å øke profilenes tykkelse ytterligere, fra 6 mm til 8 mm. Dette vil ikke ha negativ innvirkning på knekking, og det er derfor ikke beregnet sikkerhet mot knekking på nytt.



Figur 5-8 Oversikt over trykk og strekk i konstruksjonen

Det ble aldri vurdert å erstatte konstruksjonsstålet med høyfast stål, siden e-modulen er lik. Hvordan definere innspenningen av bjelkene mest mulig riktig er vanskelig å si med sikkerhet, siden konstruksjonen er sveist. I dette tilfelle ble det valgt å bruke innspenningskonstanten ( $K$ ) = 1, i formelen for knekkraft. Noe som indikerer at bjelken er fast i begge ender, kan rotere og gjør opplagringen fleksibel. Dette gir konservative beregninger.

For å minimere fri knekk lengde, er det gunstig å ha lukkede knutepunkt. Altså støtte i alle akser om bjelkens knutepunkt.

## 5.9 Sammenføyning

Konstruksjonen består av 9 moduler, i 4 ulike varianter. Disse modulene skal enkeltvis sveises for så å sveises sammen til den endelige konstruksjonen. Felles er at det benyttes én sveisemetode for hele tårnet. Fugeløsning og sveisespesifikasjoner er individuelt utfra om det er en moduler som sveises, eller om det er modulene som sveises sammen til hverandre. De nødvendige og kritiske sveisene beregnes for å finne sikkerhetsfaktor.

### 5.9.1 Valg av sveisemetode og sveiseprosedyre

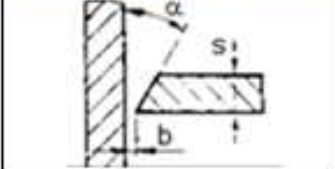
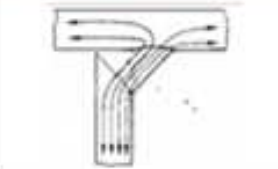
Det velges å bruke rørtrådsveising for all sveising på konstruksjonen. Dette er en metode som er svært godt egnet med tanke på materialtykkelsene. Rørtrådsveising er en svært effektiv sveisemetode, og gir mindre termisk vridning i forhold til andre vurderte metoder.

Med anbefaling fra oppdragsgiver henvises det til følgende sveiseprosedyrer, ES.EN288-3 og ES.EN og NORSOK M-101/ISO 15614-1. Se vedlegg H.

### 5.9.2 Sammenføyning av enkeltmoduler

Hver enkelt modul er sveiset med kilsveis som har  $\frac{1}{2}$  v-fuge og full gjennombrenning.

Grunnen til  $\frac{1}{2}$  V-fuge, er at profilene er lukkede firkanttrør som gjør v-fuge umulig. Det velges en rotåpning på 1 mm for å lettere oppnå full gjennombrenning, og for å unngå en skarp kjervannviser på rotsiden.

Fugetype (1/2 V-fuge)	Kraftflyt	Dataoversikt	
		navn:	Verdi:
		Materialtykkelse (s)	8-12,5 mm
		Vinkel ( $\alpha$ )	45°
		Rotåpning (b)	1 mm

Tabell 5-8 Sveisedata for modulene

Ved ensidige kilsveiser skal man multiplisere sveisens a-mål med 0,8. Dette for å få et korrigert a-mål som gir det riktige sveiseareal. Denne regelen er hentet fra undervisningsmaterieell i faget Tilvirkningsteknologi ved Høgskolen i Ålesund.

#### 5.9.2.1 Beregning av modulenes kilsveiser

Ved sveiseberegningene velges de mest kritiske sveisene som dimensjonerende, dette er i de bjelkene med størst aksial- og bøye spenninger. Torsjonsspenningene i konstruksjonen er så små, at de er neglisjerbare ved beregningene. Alle spenninger er hentet fra Nauticus 3D-Beam, og det effektive tverrsnittsarealet til bjelkene fra 3D-modellen i Siemens NX.

Under følger beregningene som har blitt utført for å komme fram til jevnførende spenning, som gir den opptredende sikkerhetsfaktoren mot brudd i sveisen.

$$\sigma_{strekk} = \frac{\text{Bjelkens aksial kraft}}{\text{Sveisens effektive areal}}$$

$$\sigma_{tot} = \sigma_{strekk} + \sigma_{bøy}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{tot}}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 4\tau_{\perp}^2}$$

$$SF = \sigma_{flyt} / \sigma_{jf}$$

De 4 nederste modulene får en høy sikkerhet mot brudd i sveisene, og sees ikke på som kritisk. De utvalgte sveisene på disse modulene kan sjekkes i sin helhet i vedlegg F.

Tabell 5-9 viser oversikt over de mest kritiske sveisene i modul 5, 6 og 7.

Her er bjelkene listet opp med spesifikasjoner, krefter, spenninger og sikkerhetsfaktor mot brudd i sveisene:

modul nr	Bjelke nr	Aksial kraft (N)	Bøyenspenning N/mm <sup>2</sup>	Effektivt sveise areal mm <sup>2</sup>	Sikkerhet mot brudd
5	42	515435	33	4029	1,56
5	359	503014	23	4029	1,70
6	43	556856	23	4029	1,56
6	332	540378	18	4029	1,65
7	45	534882	27	4029	1,57
7	94	544115	20	4029	1,62

Tabell 5-9 Data og informasjon rundt sikkerhet mot brudd på sveisene, modul 5, 6 og 7

Sveisene med de høyeste jevnførende spenningene, som gir den laveste sikkerheten, oppsummeres i tabell 5-10. Felles for alle de mest utsatte sveisene, er at de befinner seg i de 2 øverste modulene.

modul nr	Bjelke nr	Aksial kraft (N)	Bøyenspenning N/mm <sup>2</sup>	Effektivt sveise areal mm <sup>2</sup>	Sikkerhet mot brudd
8	321	722461	10	4029	1,20
8	241	572001	34	4029	1,43
8	48	571171	26	4029	1,50
9	175	2134669	71	23091	1,54
9	188	1790656	80	13827,2	1,20
9	204	1585795	82	14366	1,30
9	189	1585795	82	14603	1,32
9	203	2030396	62	18465	1,46

Tabell 5-10 Data og informasjon rundt sikkerhet mot brudd på de mest kritiske sveisene.

Etter sveiseberegningene ble utført den første gangen, var det for mange sveiser med lav sikkerhet mot brudd. For å utbedre dette, ble det vurdert to alternativer for å få et større sveiseareal. Kneplater i de kritiske knutepunktene, eller øke profilens materialtykkelse. Begge disse alternativene vil øke det effektive sveisearealet, som har stor innvirkning på sikkerhetsfaktoren. Det ble valgt å øke profiltykkelsen fra 6 til 8mm på alle 150x150 hulprofilene, fordi arbeidsprosessene ved tilvirkning og sveising av kneplater ville blitt mer ressurskrevende.

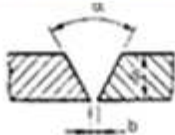
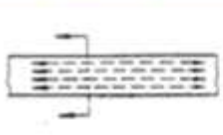
Det bemerkes at bjelke nr. 188 og 321 har en sikkerhetsfaktor mot brudd i sveisen på 1,2, som er den laveste sikkerhetsfaktoren, som eventuelt bør kontrolleres ved ytterligere utredning.



### 5.9.3 Sammenføyning av modulene

Oppdragsgiver ønsker at modulene skal sveises sammen, da en bolteforbindelse vil kreve langt mer vedlikehold i ettertid.

Ved sammensveising av modulene vil firkanttrørene med parvis like dimensjoner ligge butt i butt, henholdsvis 450x250x12,5 mm og 250x250x12,5 mm.

Fugetype (1/2 V-fuge)	Kraftflyt	Dataoversikt	
		navn:	Verdi:
		Materialtykkelse (s)	12,5 mm
		Vinkel ( $\alpha$ )	50°
		Rotåpning (b)	1 mm

Tabell 5-11 Sveisedata for sammensveising av modulene

Ved fullstendig gjennombrenning i en buttsveis blir kraftflyten rettlinjet, og a-målet tilsvarende godstykkelsen på materialet. Dette fører til at sveisens styrke blir minst like sterk som bjelkens opprinnelige styrke. Det svakeste området vil være i varmepåvirket sone. Buttsveisene beregnes derfor ikke.

### 5.10 Testtårnets defleksjon

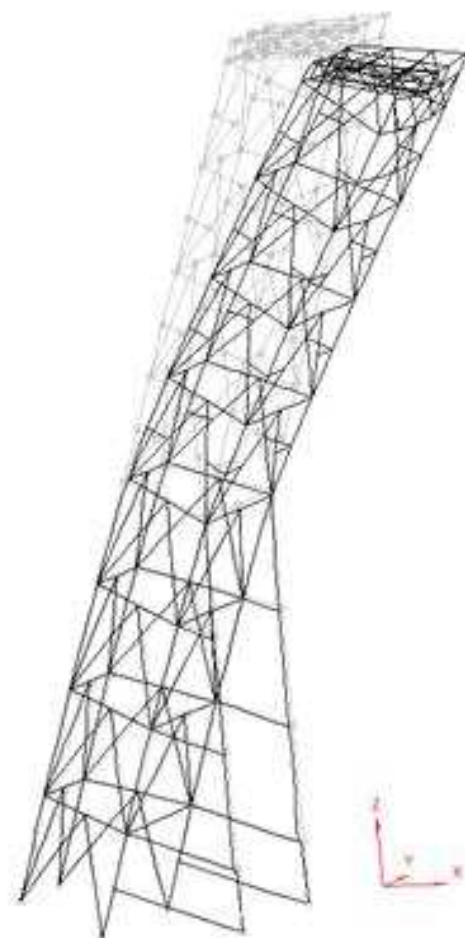
Tårnets defleksjonsverdier er hentet 3D-Beam. Programmet angir defleksjonen/forflyttelsen av knutepunktene, bjelkene og hele konstruksjonen sett under ett. Den totale defleksjonen i ulike retninger fremkommer i tabell 5-12.

Retning:	Verdi:	
Defleksjon i X-retning	160,3 mm	
Defleksjon i Z-retning	5,8 mm	
Defleksjon i Y-retning	2,7 mm	
Total defleksjon	183 mm	

Tabell 5-12 Defleksjon i forskjellige akser

Koordinatsystemet er som vist i nedre høyre hjørne på figur 5-15. Tabell 5-12 viser at den største defleksjonen er i X-retning.

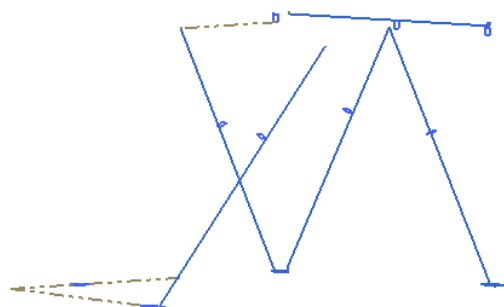
Figur 5-15 visualiserer defleksjonen. Der toppen av de vertikale sidestøttene er innfestet i konstruksjonen, vises det 13 mm forflyttelse. Deretter er den økende i vertikal retning og når sin største verdi i toppen av konstruksjonen.



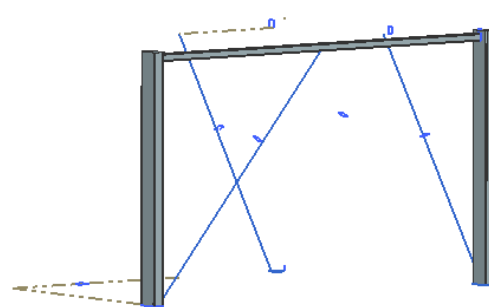
Figur 5-9 Testtårnets defleksjon

## 5.11 3D Modellering i Siemens NX

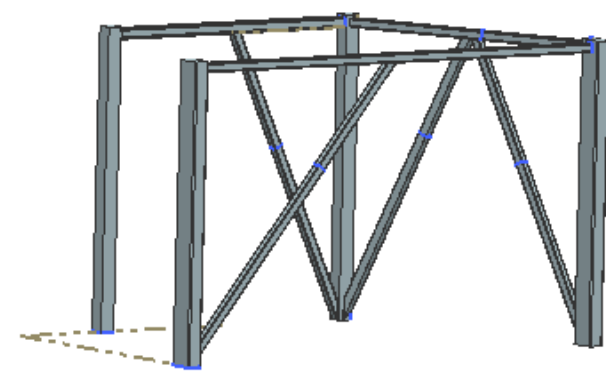
På bakgrunn av endelig design, modelleres testriggen i Siemens NX. Det ble forsøkt å importere nodekoordinater fra 3D-Beam inn i NX, ved hjelp av Excel regneark. Koordinatpunktene var fullt mulig å importere, men ikke stålprofilenes geometri. Det ble derfor ansett som lite hensiktsmessig. Mål, avstander osv. fra 3D-beam benyttes til å lage sketsjer i NX. Underveis blir det noe iterasjon, med hensyn på praktisk utførelse av konstruksjonen, med noen endringer i forhold til utgangspunktet fra 3D-Beam. Sketsjene er 2-dimensjonale, altså i planet. Ved hjelp av et verktøy i NX, «extrude», ekstruderes sketsjene til 3-dimensjonale figurer. Siden testtårnet har en symmetriakse, kan det med fordel lages en sketsj av hver identiske side, for så å speile denne profilen om et symmetrisk senterplan. Videre bearbejdes profilene med forskjellige typer verktøy i programvaren, for å påføre radier, hulrom, maskinerte kanter osv. Illustrasjon av fremgangsmåte vises på bildeserie:



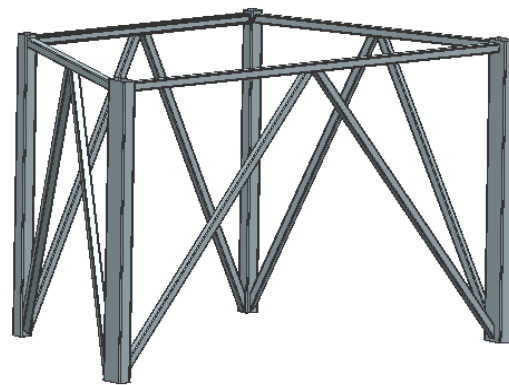
Figur 5-10 Sketsjing



Figur 5-11 Ekstrudering av sketsjer



Figur 5-12 Ekstrudering og speiling



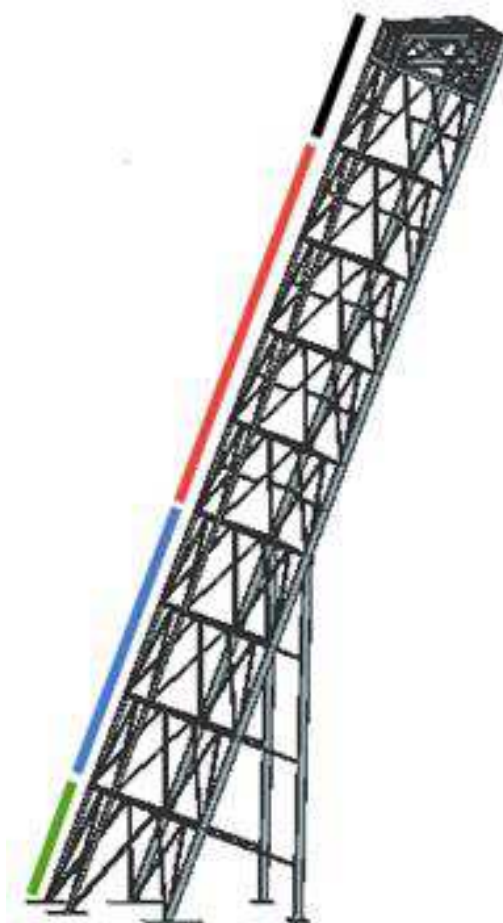
Figur 5-13 Ferdig modul

Fra et tidligere stadium, ble det bestemt at konstruksjonen skal bestå av moduler. Henholdsvis fire typer moduler for selve testriggen. En grunnmodul i bunn, en modul i toppen hvor øvre løpehjul for vaier står, to øvrige typer moduler mellom bunn og topp, totalt 9 moduler. I tillegg har testriggen to støttepilarer i fronten som støtte for konstruksjonen. Testtårnet er bygget opp med hensyn på standardprofiler, altså mest mulig bruk av gjengående mål på bjelker og profiler. Hver modul bygger på en og samme grunnstruktur, men med noen tillegg eller endringer. Og består bevisst av standardprofiler som er tilgjengelige fra stålleverandører, henholdsvis rektangulære profiler.

## 5.12 Assembly i Siemens NX

Som en endelig sammenstilling av testtårnet, settes moduler og komponenter sammen i en assembly i NX. Dette gjøres ved at konstruksjonens deler systematisk settes sammen relativt i forhold til hverandre, ved hjelp av «constrains».

Modul #4 (Toppmodul): 1 stk  
 Modul #3: 4 stk  
 Modul #2: 3 stk  
 Modul #1 (Bunnmodul): 1 stk



Figur 5-14 Assembly

## 5.13 Maskintegninger

3D modeller i NX, settes rett inn i programvarens tegnefunksjon, «drafting». 3D modellene settes da inn som to-dimensjonale tegninger i svart/hvitt. Målsetting, toleranser, utfylling av tittelfelt osv., følger ISO standarder for maskintegninger, gitt av støttelitteratur Maskintegning. Se kildeliste, kilde 16.

Endelig settes alle deltegninger sammen i en tegningspakke, med en sammenstillingstegning som forside. Denne gir oversikt over alle komponenter som omfatter tegningspakken. Maskintegninger er laget med hensyn til at komponenter eventuelt skal produseres i et annet land enn Norge, derfor er kommentarer og merknader på engelsk.

## 5.14 FEM analyse

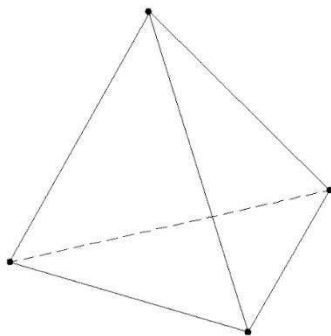
*Finite Element Method*, forkortet FEM analyse, er en av de mest anerkjente metoder for å beregne spenninger og deformasjoner. Forenklet forklart virker denne slik at en deler modellen opp i et gitt antall elementer og setter de inn i en stivhetsmatrise. Løsningen av matrisen gir bevegelse i hvert element. Spenningene er gitt av disse bevegelsene.

Tidligere har testtårnet blitt simulert i 3D – Beam, hvor en får oversikt over spenninger, defleksjon, krefter i konstruksjonen osv. Det velges videre å ta FEM analyse i NX, siden 3D modeller allerede er modellert i denne programvaren. Resultater fra NX og 3D – Beam sammenlignes, som en kvalitetskontroll.

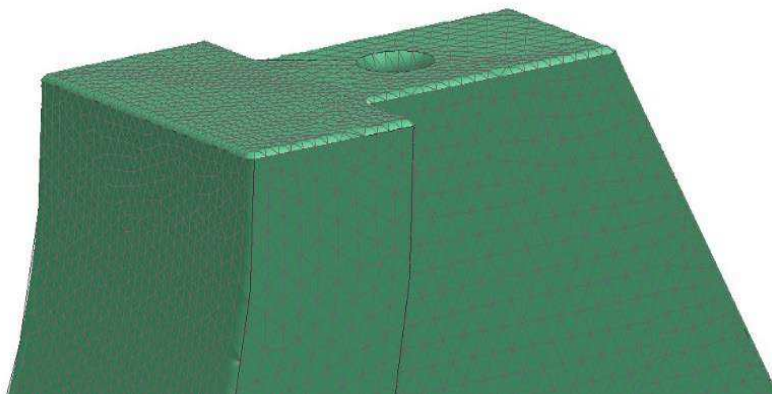
I utgangspunktet var det ment å ta en analyse av hele testtårnet, med samtlige komponenter montert. Dette lot seg ikke enkelt gjøre i NX.

Det ble derfor utført på en noe forenklet måte, hvor det tas FEM analyse av hver enkelte komponent. Komponenter det går igjen flere av, tas det kun analyse av den som er mest utsatt for spenninger. Krefter som virker, hentes ut fra tidligere analyse i 3D - Beam.

FEM-analyse medfører innledningsvis å sette analysekriterier. Krefter, valg av material og valg av geometrisk struktur som analysen skal kjøres med. Det kan velges mellom flere strukturer, alt etter utforming og nøyaktighetsgrad. Valget falt på 3D tetraeder elementer med fire nodepunkter. Ti nodepunkters tetraeder elementer er også et alternativ, men vil kreve svært mye kapasitet av datamaskinen. Førstnevnte ansees som tilstrekkelig nøyaktig. Tettheten for strukturen settes forskjellig, alt etter hvilken komponent som analyseres, gjerne som anbefalt av programvaren.

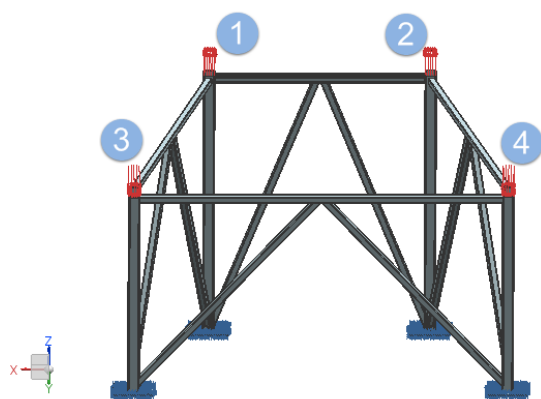


Figur 5-15 Tetraeder med fire nodepunkter



Figur 5-16 3D tetraeder elementer (5 mm tetthet) på akselbukk.

#### 5.14.1 Analyse av modul 1:

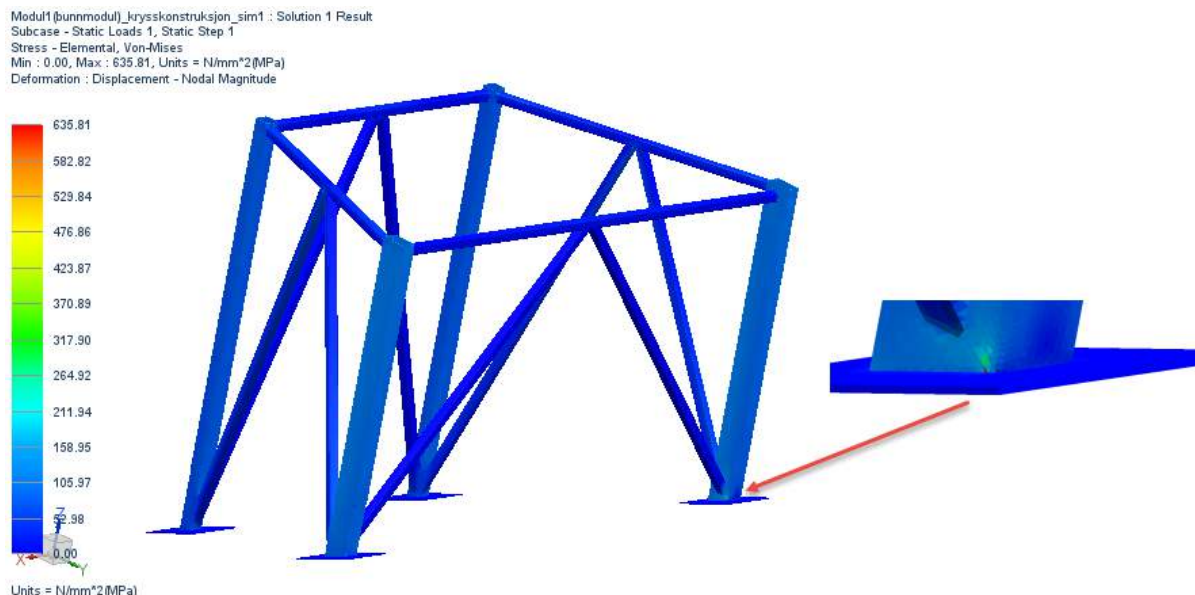


Figur 5-17 Modul 1, krefter og opplagring

Påførte krefter (kN)			
Posisjon	X – Akse	Y – Akse	Z – Akse
1	-21	262	856
2	21	262	856
3	-20	-686	-1 649
4	20	-686	-1 649

Tabell 5-13 Påførte krefter

Påførte krefter er som tidligere nevnt hentet fra 3D - Beam. Kreftene som er brukt er ikke ganget med materialsikkerhetsfaktor på 1,5, og derfor settes tillat spenning lik 236 MPa. Krefter er satt med en vinkel på 20 grader, siden testtårnet står med denne hellingen.



Figur 5-18 Modul 1, Von Mises

**Mesh:** 3D tetraeder, 4 nodepunkter

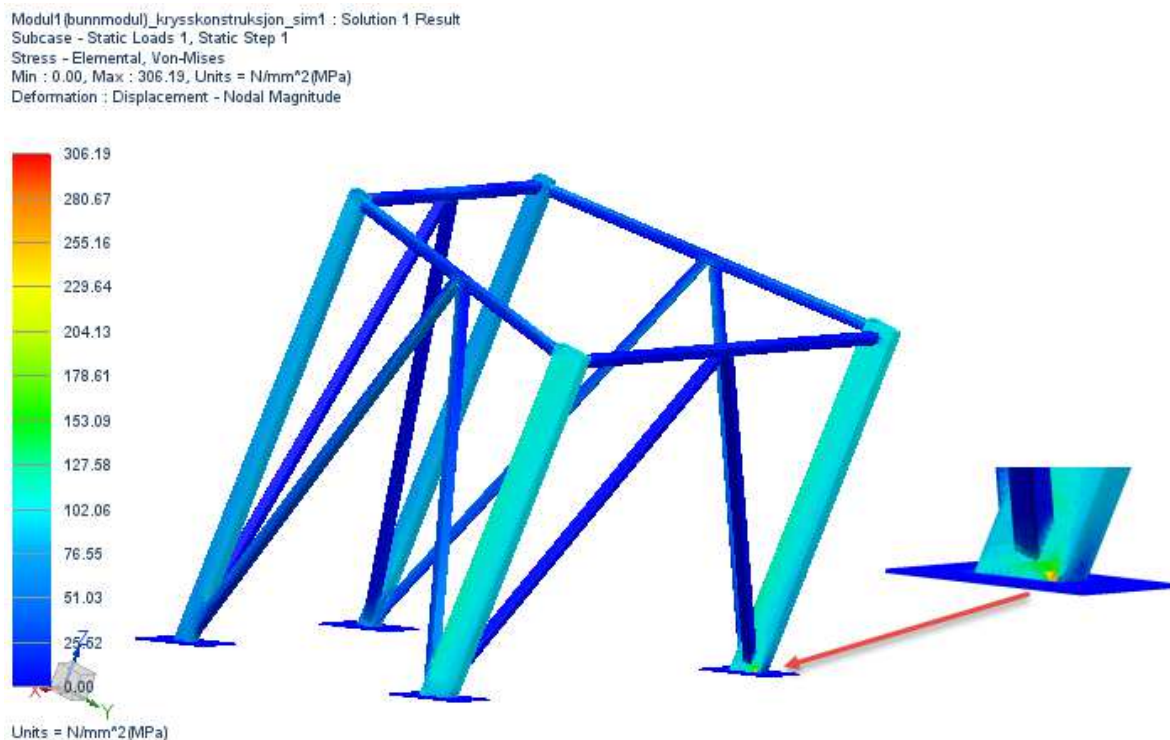
**Elementstørrelse:** 30 mm

**Kvalitetskontroll av mesh:** 93 % pålitelighet

**Kontakt:** Overflate til overflate «liming» (Surface-to-surface gluing)

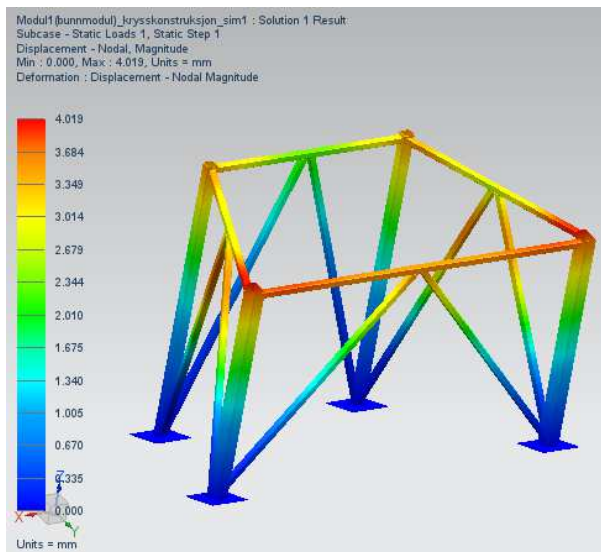
**Opplagring:** Fast innspent på hjørnebjelkers underside (4 stk.).

Resultatet av FEM analyse på modul 1 gir dramatiske spenninger i et element, se figur 5-24. En så konsentrert spenningstopp kan tyde på numerisk feil i elementet. Samtidig viser kvalitetskontrollen for påliteligheten av elementene seg noe lav, 93 %. Forsøker videre med samme betingelser, bare økt elementstørrelse, 50:

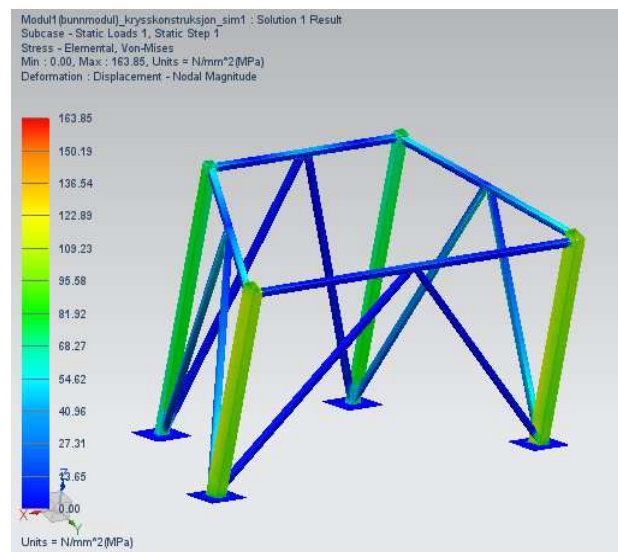


Figur 5-19 Modul 1, Von Mises. Andre forsøk.

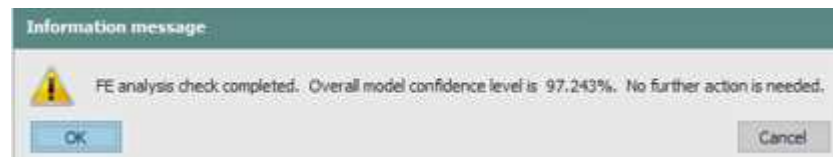
Heller ikke andre forsøk gir tilfredsstillende resultater. Påliteligheten til «mesh» havner på 95 % og spenningene er for høye. Fortsatt er det store spenninger tilknyttet et veldig begrenset område. Gjør et nytt forsøk med elementstørrelse 70 mm:



Figur 5-20 Modul 1, defleksjon



Figur 5-21 Modul 1, Von Mises. Tredje forsøk



Figur 5-22 Pålitelighet, Mesh

Ved tredje forsøk viser jevnførende spenning 164 MPa < 236 MPa. Troverdighetsgraden til elementoppdelingen er i overkant av 97 % som vist på figur 3-26. Spenningstoppen som tidligere ble indikert på ett element, er ikke lenger til stede. Samtidig er det usikkert om en skal feste lit til den høye spenningen som ved tidligere forsøk opptrådte i ett konsentrert element. Da det viser seg at den har store avvik, for hvert forsøk med forskjellig elementstørrelse. Det er nærliggende å tro at det skyldes en numerisk feil i elementet, siden flere forsøk ikke får verdier som konvergerer mot en endelig løsning. En kan derfor se bort ifra den høye spenningen som opptrer i dette avgrensede området. Ellers er spenningene i lik størrelsesorden for resten av figuren, for hvert forsøk sammenlignet med hverandre.

Det settes det merknad ved at troverdighetsgraden på elementoppdelingen øker med større elementstørrelse. FEM analyse av øvrige komponenter finnes i vedlegg B.

FEM - Analyse, maksimal verdier for opptredende spenninger og deformasjon		
	Jevnførende spenning (Von Mises) [Mpa]	Defleksjon [Mpa]
Modul 1 (bunnmodul)	164	4
Modul 2	184	3,5
Modul 3	286	10,7
Modul 4 (toppmodul)	-	-
Aksel - nedre	129	0,07
Aksel - øvre	155	0,09
Akselbukk - nedre	159	1
Akselbukk - øvre	201	0,2
Løpehjul - nedre	13	0,05
Løpehjul - øvre	16	0,06

Tabell 5-14 Resultater fra FEM-analyse

## 5.15 Fundamentering til bakken

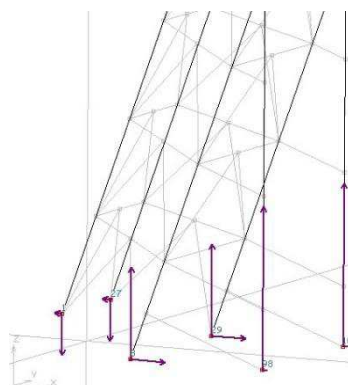
Testtårnet festes til bakken med bolter. Det blir støpt ned en fundamentplate i stål under hver «fot» av tårnet som blir boret og gjenget ved montering av første modul. Det vil også bli sveiset støttekanter rundt hver fot, for å ta opp horisontale krefter. Det er ikke gjort beregninger på betongsålen som konstruksjonen må stå på, da dette er utenfor oppgaven. Fundamenteringen er derfor begrenset til dimensjonering av festebolter, nødvendig gjengelengde og skjærdisker.

### 5.15.1 Dimensjoneringskriterier

Reaksjonskreftene som virker på hver «fot» er hentet fra 3D-Beam. Figur 5-29 viser retningen på reaksjonskreftene, og størrelse i forhold til hverandre i x- og z-retning. Tabell 5-15 viser verdien av de ulike kreftene, hvor negative verdier angir at kraften virker i motsatt retning av koordinatsystemet i figur 5-29.

Node No.	$P_x$ [N]	$P_y$ [N]	$P_z$ [N]
1	-112707	-27429	-524902
3	468886	-28568	1142925
27	-112764	27444	-525015
29	468889	28555	1142984
98	63245	267	2037372
106	63255	-269	2037378

Tabell 5-15  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ : Reaksjonskrefter i global x-, y-, og z-retning.



Figur 5-23 Visualisering av reaksjonskreftene i z- og x-retning.

Newtons tredje lov sier at når det virker en kraft  $p_a$  et legeme, virker det en like stor og motsatt rettet kraft  $fra$  legemet. Det er denne kraften  $fra$  legemet reaksjonskreftene representerer. Kraften som virker på underlaget/boltene, er derfor motsatt rettet av pilene på figur 5-29. Figuren viser ikke de horisontale kreftene i y-retning, som fremkommer av tabell 5-15. For å forenkle beregningene, blir ikke disse kreftene tatt opp i festboltene, men i påsveidede støttekanter rundt foten.

Fra figur 5-29 ser vi at z-aksen er vertikal, og positiv retning er oppover. En kan derfor si at positive verdier for  $P_z$  i tabell 5-15, gir en trykk-kraft mot underlaget, og negative verdier gir en strekk-kraft opp fra underlaget. Tabellen viser at det kun er de to bakerste føttene, node 1 og 27 som har krefter i negativ z-retning, som medfører strekk i boltene. Dette blir derfor de dimensjonerende lasttilfellet for boltene.

### 5.15.2 Dimensjonering

Dimensjoneringen starter med å finne nødvendig boltediameter som skal tåle strekkbelastningen vertikalt. Videre må støttekantene dimensjoneres, her må man se på flatetrykket som oppstår mellom fot og støttekant, samt beregne sveisene til støttekantene.

Det vil her bli beskrevet metoder, inndata og resultater for dimensjonering og styrkeberegning av festebolter og støttekanter. Fullstendige utregninger er gjort i Excel for lettere å kunne endre på dimensjoner underveis, disse blir gitt i vedlegg E.

### 5.15.3 Sveiseberegninger av labber til konstruksjonens bein

Som nevnt tidligere sveises hele konstruksjonen med sveisemetoden rørtråd, det samme gjelder fotplaten.

Resultanten er gitt av de største kreftene i x- og y-retning som finnes på node 29 i tabell 5-15 side 50. Den resulterende kraften som beregnes under, brukes som (F) verdien når a-målet regnes ut.

$$F = \sqrt{Px^2 + Py^2} = 470 \text{ kN}$$

Effektiv sveiselengde blir grunnlinjen på profilene, i den retning hvor det forekommer størst kraft. Altså i positiv x-retning, i henhold til figur 5-29.

Effektiv sveiselengde = 478 mm \* 2 sider

Sikkerhetsfaktoren settes til SF = 4, som gir en  $\sigma_{till} = 89 \text{ MPa}$

$$A \text{ mål} = \frac{F}{\cos(45) * \text{Eff. sveiselengde} * \sigma_{till}}$$

A-målet blir da 8 mm og ingen fuge sees på som nødvendig, kun en ensidig kilsveis brukes.

### 5.15.4 Dimensjonering av festebolter

Ved dimensjoneringen er det tatt utgangspunkt i bolter av fasthetsklasse 8.8 med flytegrense  $\sigma_{flyt} = 640 \text{ MPa}$ . Sikkerhetsfaktoren settes også her til 2, som gir  $\sigma_{tillat} = 320 \text{ MPa}$ .

Finner minste nødvendige areal for å tåle strekk-kraften  $P_z$  som opptrer i de bakerste føttene, node 1 og 27:

$$\delta_{tillat} = \frac{P_z}{A_{bolt}} \rightarrow A_{bolt} = \frac{P_z}{\delta_{tillat}} = 1750 \text{ mm}^2$$

Det ble satt opp en tabell i excel med spenningsareal ( $A_s$ ) til bolter fra størrelse M16 til M36, og minimum totalt areal:

antall bolter					
Boltetype	Tverrsnittareal bolt ( $A_s$ )		ant. = min. areal/boltareal (ds)		
M16	157	mm <sup>2</sup>		10,4	stk
M20	245	mm <sup>2</sup>		6,7	stk
M24	353	mm <sup>2</sup>		4,6	stk
M30	561	mm <sup>2</sup>		2,9	stk
M36	817	mm <sup>2</sup>		2,0	stk

Tabell 5-16 Antall bolter nødvendig

Tabell 5-16 viser at det er nødvendig med 2 stk. M36 bolter og 2,9 stk. M30 bolter. Det vil da være praktisk å velge 4 stk. M30 bolter pr. fot.

### 5.15.5 Støttekanter

#### 5.15.5.1 Flateareal

Hver labb sikres mot horisontal bevegelse, ved å sveise på støttekanter rundt hver labb, se figur 5-31 side 40. Ved dimensjonering av støttekantene, må det finnes nødvendig tverrsnittsareal på labb og støttekant for å sikre tilstrekkelig lavt flatetrykk, samt sveiseberegninger til støttekantene. Tillatt flatetrykk er satt til  $\sigma_{tillat} = \sigma_{flyt}/SF = 236 \text{ MPa}$ . Om dette skulle vise seg å være et høyt flatetrykk i praksis, er det mulig å endre dette i ettertid. Fremgangsmåten for videre utregninger vil være den samme. I følge tabell 5-15 side 50, virker horisontale krefter både i x- og y-retning. Velger derfor å bruke resultanten av disse til å dimensjonere flatearealet mellom støttekant og labb, samt i sveiseberegningene.



F er den samme som beregnes i kap. 5.15.3 og hentes derfor direkte derifra.

Nødvendig flateareal:

$$\delta_{tillat} = \frac{F}{A} \rightarrow A = 1985 \text{ mm}^2$$

Støttekantene blir utformet som vinkler, og de blir plassert en i hvert hjørne på hver labb. For å sikre at maks flatetrykk mellom støttekantene og labben er lik  $\sigma_{tillat}$ , må nødvendig godstykkelse beregnes.

Ut i fra sveiseberegningene til støttekantene som er beskrevet i neste delkapittel, er lengdene til støttekantene gitt. Hver støttekant har en anleggslengde mot labben på 75 mm, i to retninger. Nødvendig godstykkelse (t) på støttekanter og labber blir da:

$$\text{Min. areal støttekant} = L * t \rightarrow t = \frac{\text{Min. areal støttekant}}{L} = 13,2 \text{ mm}$$

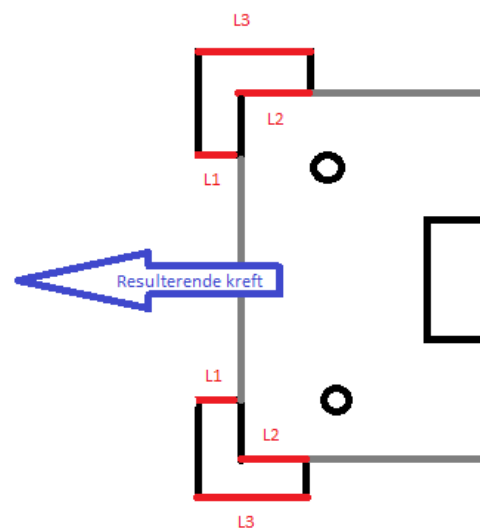
Det blir valgt plate med standardtykkelse 20 mm.

### 5.15.5.2 Sveiseberegninger av støttekant

Sikkerhetsfaktoren settes til SF = 2, som fører til en  $\sigma_{til} = 177,5 \text{ MPa}$ . Støttekantene designes etter å ha en tilstrekkelig sveiselengde og et a-mål i henhold til tykkelsen på støttekanten. Den effektive sveiselengden er summen av parallelle flater i kraftens retning, som vises på figur 5-30. Her illustreres konstruksjonens labb med støttehjørnene sett ovenfra, der summeringen av effektiv sveiselengde = (L1 + L2 + L3)\*2 støttehjørner.

$$A \text{ mål} = \frac{F}{\cos(45) * \text{eff sveiselengde} * \sigma_{til}}$$

Det beregnede a-målet blir 6 mm ved de gitte kriteriene som er nevnt ovenfor. Ingen fuge sees på som nødvendig, kun en ensidig kilsveis.



Figur 5-24 Effektivt sveiseareal for støttekanter til "labb"

### 5.15.6 Fundamentplater

Under hver nedre akselbukk og under hver fot på tårnet, støpes det ned stålplater, som borres og gjenges ved montering. Hver stålplate må være større enn det flatearealet som hviler på dem. Tykkelsen er gitt av nødvendig gjengelengde og borehullsdybde.

Gjengelengden velges på grunnlag av boltens- og godsets bruddkraft, slik at gjengene i godset blir noe sterkere enn gjengene i bolten. Dette er hensiktsmessig om overbelastning mot formodning oppstår, da vil gjengene i bolten gi etter først.

Innvendig gjenge		Utvendig gjenge									
Bruddgrense $R_m$ i $N/mm^2$ (=Mpa) ca	Tilsvarende fasthetsklasse for mutter	Bruddgrense $R_m$ i $N/mm^2$									
		400 – (500)		500 – (800)		800 – (1000)		1000 – (1200)		1200 – (1400)	
		Tilsvarende fasthetsklasse for skruen									
		4.6 4.8		5.6 5.8		8.8 9.8		10.9		12.9	
130-(200)		1,5	D	2	D	2,4	D	2,6	D	–	
200-(280)		1	D	1,5	D	2	D	2,2	D	2,4	D
280-(350)		1	D	1	D	1,5	D	1,8	D	2	D
350-(430)	4	1	D	1	D	1,2	D	1,5	D	1,8	D
430-(540)	5	0,8	D	1	D	1	D	1,2	D	1,5	D
540-(650)	6	0,8	D	0,8	D	1	D	1	D	1,2	D
650-(750)		0,8	D	0,8	D	1	D	1	D	1	D
750-(900)	8	0,8	D	0,8	D	0,8	D	1	D	1	D
900-(1100)	10	0,8	D	0,8	D	0,8	D	1	D	1	D
1100-(1300)	12	0,8	D	0,8	D	0,8	D	1	D	1	D

Tabell 5-17 Gjengelengde på grunnlag av boltens og godsets bruddkraft

Nedstøpte stålplater i kvalitet St355JR har en gjennomsnittlig strekkfasthet på  $Re = 550$  MPa, mens boltene i fasthetsklasse 8.8 har strekkfasthet  $Re = 830$  MPa. Tabell 5-17, viser da at minimum gjengelengde med disse forutsetningene er lik  $1 \cdot$  diameteren til bolten ( $L_1$ ).

Forsenkingsdiameter  $d_h$ , gjengelengde  $G$  og borehullsdybde  $L_2$

Gjenge D	For- senknings- diameter $D_h$ H14 <sup>2)</sup>	Innskruingslengde $L_1$ <sup>1)</sup>											
		0,8 D		1 D		1,2 D		1,5 D		1,8 D		2 D	
		G min	$L_2$	G min	$L_2$	G min	$L_2$	G min	$L_2$	G min	$L_2$	G min	$L_2$
M 3	3,4	4	7	4	7	5	8	6	9	7	10	7,5	10,5
M 3,5	3,9	4,5	8	5	8,5	6	9,5	7	10,5	8	11,5	8,5	12
M 4	4,5	5	9	6	10	7	11	8	12	9	13	10	14
M 4,5	5	5,5	9,5	6,5	10,5	7,5	11,5	9	13	10	14	11	15
M 5	5,5	6	10,5	7	11,5	8	12,5	9,5	14	11	15,5	12	16,5
M 6	6,6	8	13	9	14	10	15	12	17	14	19	15	20
M 7	7,6	9	14	10	15	11,5	16,5	14	19	16	21	17	22
M 8	9	10	16	11,5	17,5	13	19	15,5	21,5	18	24	19,5	25,5
M 10	11	12	19,5	14	21,5	16	23,5	19	26,5	22	29,5	24	31,5
M 12	13,5	14	22,5	16,5	25	19	27,5	22,5	31	26	34,5	28,5	37
M 14	15,5	16	25,5	19	28,5	22	31,5	26	35,5	30	39,5	33	42,5
M 16	17,5	19	28,5	22	31,5	25	34,5	30	39,5	35	44,5	38	47,5
M 18	20	21	32	25	36	28,5	39,5	34	45	39	50	43	54
M 20	22	23	34	27	38	31	42	38	49	43	54	47	58
M 22	24	24,5	35,5	29	40	33	44	42	53	46,5	57,5	51	62
M 24	26	28	41	32,5	45,5	37	50	45	58	52	65	56,5	69,5
M 27	30	30	43	35,5	48,5	41	54	51	64	57	70	62,5	75,5
M 30	33	33	48	39	54	45	60	57	72	63	78	69	84
M 33	36	36	51	42	57	49	64	59	74	69	84	75	90
M 36	39	40	57	47	64	54	71	65	82	76	93	83	100
M 39	42	42	59	50	67	58	75	69	86	81	98	89	106

Tabell 5-18 Gjengelengde og boreddybde

Fra tabell 5-18 side 41, fastsettes nødvendig gjengelengde og borehullsdybde for aktuell bolt dimensjon og L1. Akselbukkene har bolt dimensjon M36, som da har nødvendig borehullsdybde lik 64 mm. Tårnet har M30 bolter, som gir nødvendig borehullsdybde lik 54 mm.

Det blir derfor brukt stålplater med en standard godstykkelse på 70 mm, nedstøpt under både tårnet og de nedre akselbukkene.

## 5.16 Festebolter

Både nedre akselbukker og tårnet festes med varmforsinkede bolter. Varmforsinkede bolter har relativt god beskyttelse mot korrosjon, uten at det går utover materialegenskapene i aktuell kvalitetsklasse, og passer godt i et miljø ved kysten.

### 5.16.1 Smøremiddel

Ved tiltrekning av bolter og skruer vil det anvendte momentet gå med til å indusere en strekkraft i skruen (forspenning), og til å overvinne friksjonskrefter i gjenger og anleggsflater. Omtrent 85-90 % av momentet går med til å overvinne friksjonskrefter, og bare 10-15% til å gi skruen forspenning. Derfor vil relativt små variasjoner i friksjonsforholdene gi store variasjoner i oppnådd forspenning i skruen. Bruk av smøremiddel gir jevnere friksjonsforhold og lavere spredning i oppnådd forspenning.

Det anbefales et smøremiddel som ikke har negativ innvirkning på skrueforbindelsen med hensyn på galvaniske effekter i det miljøet skrueforbindelsen eksponeres for.

Se kildeliste, kilde 17.

### 5.16.2 Tiltrekningsmoment

For å bestemme tiltrekningsmoment, kan det benyttes tabeller som viser tiltrekningsmoment for ulike bolt dimensjoner og fasthetsklasser. Her må man på forhånd finne friksjonskoeffisienten mellom henholdsvis gjenger, samt underlag og bolthode/mutter.

Friksjonstill i anleggsflaten $\mu_k$			Skrukehode							
Anleggsflate			Ubehandlet St 41						EiZn	
Matr.	Off.beh	Bearb.	T ørr	Smidd		Dreid		Slippt	Smidd	
				Olje	MoS2	Olje	MoS2		Olje	T ørr
Stål	Ingen	Slippt		0.16		0.10		0.16	0.10	
			til	0.22		0.18		0.22	0.18	
Stål	EiZn	Mask.	0.12	0.10	0.08	0.10	0.08		0.10	0.10
			til	0.18	0.12	0.12	0.12		0.18	0.18
GG	Ingen	Slippt		0.10				0.10	0.10	0.10
			til	0.18				0.18	0.18	0.18
GG	Ingen	Mask.		0.14		0.10		0.14	0.10	0.10
			til	0.20		0.18		0.22	0.18	0.16
AlMg	Ingen	Mask.		0.08	0.08	0.08				
			til	0.20	0.20	0.20				

GG = Støpejern  
AlMg = Aluminium

Tabell 5-19 Friksjonskoeffisient i gjenger ( $\mu_G$ )

Friksjonstill i anleggsflaten $\mu_k$			Skrukehode							
Anleggsflate			Ubehandlet St 41						EiZn	
Matr.	Off.beh	Bearb.	T ørr	Smidd		Dreid		Slippt	Smidd	
				Olje	MoS2	Olje	MoS2		Olje	T ørr
Stål	Ingen	Slippt		0.16		0.10		0.16	0.10	
			til	0.22		0.18		0.22	0.18	
Stål	EiZn	Mask.	0.12	0.10	0.08	0.10	0.08		0.10	0.10
			til	0.18	0.12	0.12	0.12		0.18	0.18
GG	Ingen	Slippt		0.10				0.10	0.10	0.10
			til	0.18				0.18	0.18	0.18
GG	Ingen	Mask.		0.14		0.10		0.14	0.10	0.10
			til	0.20		0.18		0.22	0.18	0.16
AlMg	Ingen	Mask.		0.08	0.08	0.08				
			til	0.20	0.20	0.20				

GG = Støpejern  
AlMg = Aluminium

Tabell 5-20 Friksjonskoeffisient mellom bolthode og anleggsflate ( $\mu_k$ )

På bakgrunn av friksjonskoeffisienter og boltedimensjon, kan nødvendig tiltrekningsmoment og oppnådd forspenning avleses i tabell 5-21.

Tabellene angir forspenningskrefter $F_m$ og tiltrekningsmomenter $M_A$ . Tabellen gjelder for sekskantskruer DIN 931/933 og sylinderskruer etter DIN 912 med full stammediameter.															
Tiltrekningsmomenter og forspenningskrefter															
Nom. dia.	F.kl. ISO	Oppnådd middelforpenning $F_m$ i N for $\mu_g =$							Tiltrekningsmoment $M_A$ i Nm for $\mu_k =$						
		0.08	0.10	0.12	0.15	0.16	0.20	0.25	0.08	0.10	0.12	0.15	0.16	0.20	0.25
M16	8.8	81.000	78.000	75.000	73.000	70.000	64.000	58.000	165	180	200	215	230	260	300
	10.9	114.000	110.000	105.000	102.000	98.000	90.000	82.000	235	260	280	300	320	370	420
	12.9	137.000	132.000	126.000	123.000	118.000	108.000	98.000	280	310	340	360	390	440	510
M18	8.8	98.000	95.000	91.000	88.000	84.000	78.000	70.000	230	250	280	290	310	360	410
	10.9	138.000	134.000	127.000	124.000	119.000	109.000	98.000	320	350	390	410	440	500	580
	12.9	166.000	160.000	153.000	148.000	142.000	131.000	118.000	390	420	470	490	530	600	690
M20	8.8	127.000	122.000	117.000	113.000	109.000	100.000	90.000	320	350	390	410	440	510	580
	10.9	178.000	172.000	164.000	160.000	153.000	141.000	127.000	450	500	550	580	630	710	820
	12.9	214.000	207.000	197.000	192.000	184.000	169.000	153.000	550	600	660	700	750	850	980
M22	8.8	158.000	153.000	146.000	142.000	136.000	125.000	113.000	440	480	530	560	600	690	790
	10.9	222.000	215.000	205.000	199.000	191.000	176.000	159.000	620	680	750	790	850	970	1110
	12.9	265.000	260.000	246.000	239.000	230.000	211.000	191.000	740	810	900	950	1020	1160	1350
M24	8.8	183.000	176.000	168.000	164.000	157.000	145.000	130.000	560	610	670	710	770	870	1000
	10.9	255.000	248.000	237.000	230.000	221.000	203.000	183.000	780	860	950	1000	1080	1220	1400
	12.9	405.000	390.000	375.000	365.000	350.000	320.000	290.000	1400	1500	1650	1750	1900	2150	2500
M27	8.8	239.000	232.000	221.000	215.000	206.000	190.000	172.000	820	890	990	1050	1130	1300	1450
	10.9	335.000	325.000	310.000	300.000	290.000	265.000	241.000	1150	1250	1400	1450	1600	1800	2050
	12.9	405.000	390.000	375.000	365.000	350.000	320.000	290.000	1400	1500	1650	1750	1900	2150	2500
M30	8.8	290.000	280.000	270.000	260.000	250.000	231.000	209.000	1110	1210	1350	1400	1550	1750	2000
	10.9	410.000	395.000	380.000	370.000	355.000	325.000	295.000	1550	1700	1900	2000	2150	2450	2800
	12.9	490.000	475.000	455.000	440.000	425.000	390.000	350.000	1850	2050	2250	2400	2600	2950	3400

Tabell 5-21 Tiltrekningsmoment med resulterende forspenning for ulike fasthetsklasser og dimensjoner

## 5.17 Spenningsbehandling av konstruksjonen

Tilvirkningen av testtårnets 9 moduler vil, ifølge oppdragsgiver bli utført av en samarbeidsprodusent i Øst Europa. Ved sveising har leverandøren nødvendige sveiseprosedyrer å følge, i henhold til Ulmatec sine krav. Vedlagt ligger sveiseprosedyrene som vedlegg H.

For å minimere deformasjon og indre spenninger under sveising, følges fastsatte sveiseprosedyrer, og tiltak iverksettes for å minimere lokale indre restspenninger i konstruksjonen. Dette kan være tiltak som forvarming av tykke profiler, bruk av kjølebakker, jigger og/eller klamper.

Det vil alltid være restspenninger etter sveising som en ikke har kontroll over. Derfor ansees det som nødvendig å spenningsgløde modulene før de settes sammen. Det velges å bruke en ikke destruktiv metode for avspenning av modulene, en metode som firmaet META-LAX bruker. Denne avspenningsmetoden heter «Meta-Lax stress Relief», en metode som tilfører vibrasjonsspenninger som skal utligne de termiske spenningene fra sveisingen. En effektiv metode som krever en avspenningstid fra 30 - 120 min, avhengig av modulens geometri og størrelse. En annen metode som kan vurderes å bruke er «Meta-Lax Weld Conditioning» som blir benyttet under sveiseprosessen. Dette er en metode som svært effektivt fjerner fysiske vridninger under sveising, og anbefales å bruke om utstyr som jigger og klamper ikke blir brukt.

Viser til kildeliste, kilde 18.

## 5.18 Overflatebehandling

Jotun er verdensledende leverandør av marine malinger som anbefaltes som leverandør. Det velges å anbefale en type maling som er godt egnet for konstruksjonens geografiske lokalisering, ved kysten. Malingstypen som anbefales er «Water Fine Acrylic» med produktnummer 772.

Denne typen er svært rustbeskyttende og godt egnet på stålkonstruksjoner i et korrosivt miljø.

Malingen er en to-komponents polyamid herdet epoksymaling. Fordeler ved valg av denne er stor mekanisk slitasjemotstand, rask tørketid og er HMS vennlig.

Fargevalget på testtriggen velges til å samsvare med fargene i Ulmatecs logo, for å bevare en helhet og et maritimt preg. Fargen BLUE NCS 0138, ansees som den mest samsvarende i henhold til fargeutvalg fra Jotun. Datablad, sikkerhetsblad og brukermanual ligger vedlagt som vedlegg G.

Angående stålets overflate før maling, stiller Jotun her flere krav som er oppgitt i datablad. Det er viktig å følge disse kravene, om malingens garanti skal være gjeldende.

### 5.18.1 Demping under loddet

På bakkeområdet under loddet må det være et dempende underlag, dette med tanke på støtavlastning når loddet treffer bakken. Det vil også være et viktig tiltak for å minimere skadene loddet kan påføre tårnets fundamentering, og kritiske komponenter ved et eventuelt fritt fall.

Det sees på som nødvendig å ha en tilstrekkelig sikkerhetszone på 3,5m\*3,5m under loddet, gjerne en sandgrop. Sandgropen bør ha en viss dybde med sand for å oppnå tilstrekkelig dempeeffekt.

## 5.19 HMS

For bruk av testtriggen må det foreligge prosedyrer og manualer som bygger oppunder HMS aspektet. Her ansees det som svært viktig å ha opparbeidede testprosedyrer, brukermanualer, vedlikeholdsplaner og en fullstendig HMS-plan. Disse må være fremlagt for alle som er involvert i bruk og vedlikeholdet av testtriggen.

For å forhindre tekniske feil er det viktig å etablere vedlikeholdsplaner. Disse setter krav til hyppighet av tilstandsstyrt vedlikehold og periodisk vedlikehold av konstruksjonen. Her bør det spesifiseres om det er tilfredsstillende med en visuell kontroll eller om det må til fysiske målinger. Det bør holdes oppsyn med sveiser, bolter, vaier og sjakkeloverføringer.

Oppgaveteksten spesifiserer ikke, å lage nødvendige prosedyrer, men det velges å belyse viktigheten av å ha opparbeide og tydelige retningslinjer. Konsekvensene ved eventuelle menneskelige feil, uaktsomhet eller slurv kan føre til alvorlige konsekvenser. Under kommer det flere viktige sikkerhetsperspektiv for å vise at det er tenkt på tekniske løsninger, som kan bidra til å forhindre problemstillingene.

### 5.19.1 Arbeidsplattform

Av sikkerhetsmessige og praktiske årsaker, er det tatt høyde for en 18 m<sup>2</sup> arbeidsplattform i toppen av konstruksjonen. Denne skal gjøre det enklere å foreta vedlikehold og montering/demontering, på en sikker og forsvarlig måte. Se figur 5-31.



Figur 5-25 Arbeidsplattform

#### 5.19.1.1 Rekkverk på arbeidsplattform

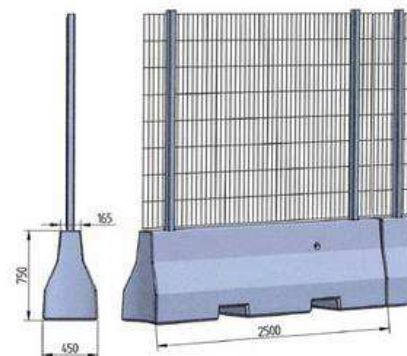
Rekkverk skal bygges etter fastsatt standard, NS 2648. Her er det gitte spesifikasjoner for utførelse, form og mål. Rekkverket vises på figur 5-31. Rekkverket er modellert etter dimensjoner og krav i henhold til standarden, som er hentet fra boken «Sjøteknikk - bind 2», se kildeliste, kilde 6.

#### 5.19.1.2 Dekke til arbeidsplattform

Som dekke til arbeidsplattformen, brukes det rister etter standard mål, som enkelt kan anskaffes. Se vedlegg G for datablader.

### 5.19.2 Inngjerding av testområdet

For sikring av området rundt testtårnet bør det være en form for inngjerding. Her framlegges en løsning, fra leverandøren Solheim Gjerdenett AS. En god løsning som gjør det enkelt å demontere og flytte gjerdene, for framkomst av truck til tårnet. Løsningen er vedlikeholdsfri siden stålgjerdet er el-forsinket. Figur 5-32 viser gjerdet montert i lett transportable betongstøtter.



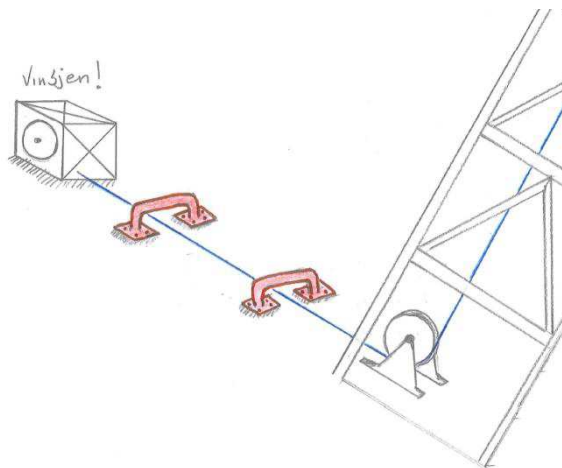
Figur 5-26 Inngjerding

### 5.19.3 Belysning

Selv om det kanskje ikke skal foregå testing på nattestid, vil det allikevel ikke være optimale lysforhold i enkelte tidsrom. Det inngjerdede området bør tilstrekkelig opplyses, slik det muliggjør testing under ulike forhold. Siden tårnet er i størrelsesorden 30 - 60 meter høyt, kan det være nødvendig å undersøke krav til installasjon av lys i sammenheng med fly- eller helikoptertrafikk i området. Etter samtaler med Arne Paulsen fra Avinor opplyses om at det må vurderes ved videre utredning, i forhold til reglement.

### 5.19.4 Vaierbrudd

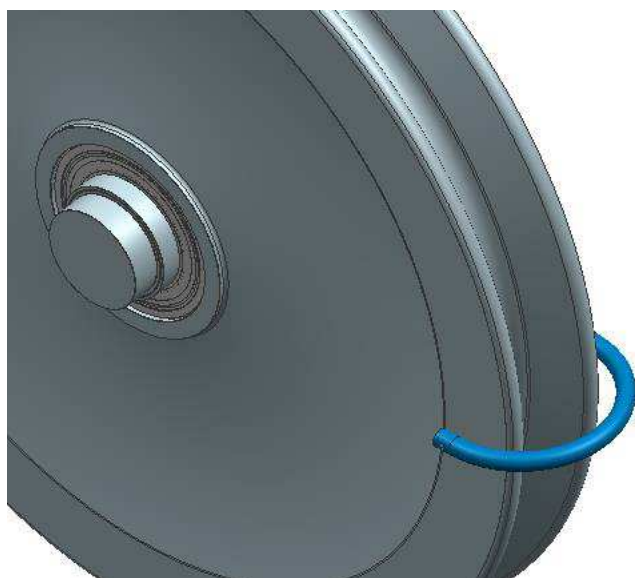
Om det skulle oppstå brudd på vaieren vil dette være en alvorlig fare for folk som befinner seg rundt testtårnet. Ved brudd er det trolig at det vil oppstå en piske effekt på vaieren, som en ikke har kontroll på. Den største faren vil være på bakkenivå, hvor vaieren løper fritt. Figur 5-34 viser et tiltak for å minimere faren for pisking, ved vaierbrudd. Bøylene som er farget rødt på figuren, er fastmontert. Bøylene vil redusere aksjonsradiusen, miste kraft og fart. Bøylene kan demonteres etter bruk.



Figur 5-27 Tiltak mot vaierpisking

### 5.19.5 Sikre vaier til løpehjul

Ved løpehjulene pålegges det å installere en anordning, som skal hindre vaieren i å spore av løpehjul. Eksempelvis kan dette være en bøyle. Bøylene kan monteres ved sveising til konstruksjonen, eller alternativt med bolteforbindelse. Viser med dette til krav om sikring: *DNV Lifting Appliances, Ch.2 Sec.3, 2.6.4: All sheaves and blocks shall be so arranged that the wire rope cannot run off the sheave.*



Figur 5-29 Bøyle til løpehjul



Figur 5-28 Bøyle

### 5.19.6 Andre sikkerhetsaspekter som bør vurderes

På grunnlag av konstruksjonens plassering og høyde, bør behovet for montering av en lynavleder vurderes. Det vil i sammenheng med lynavleder også oppstå potensialforskjell, og lokal jording er nødvendig.

Testområdet strekker seg over et større område, og det bør vurderes å ha flere nødstoppstasjoner. Mulig tilleggs plassering av nødstoppstasjon kan være ved siden av testtårnet /loddet.

### 5.20 Framkommelighet til testtårnet

For å ha en trygg framkomst til arbeidsplattformen på toppen av tårnet, blir det valgt å framlegge en standardisert løsning fra en leverandør. En leverandør som leverer en komplett løsning, i henhold til arbeidsmiljølovens krav, samt er CE-merket.

Firmaet Brødrene Midthaug AS v/ Karsten Inge Midthaug ble derfor kontaktet for veiledning og tilbud.

Løsningen som ble foreslått og diskutert som aktuell, er en løsning med stige, ryggboyle og vekslingsrepo, som vist på bilde 5-1. Denne løsningen krever ingen ekstra sikring av personell ved bruk.

Midthaug har gitt et prisoverslag på en helhetlig løsning, skreddersydd til testtårnet.

Prisoverslaget, 117 500 kr eks. moms. Her er det medregnet 15 % rabatt og frakt til Hareid.

Tilbudet ligger som vedlegg, se vedlegg G.



Bilde 5-1 Løsning for framkomst



Bilde 5-2 Stige med ryggboyle



## 5.21 Priskalkyle

Ved innhenting av informasjon om komponenter og materiale, ble det også etterspurt veiledende priser. Disse prisene framlegges i priskalkylen under, en kalkyle som inneholder tårnet og de viktigste tilhørende funksjonskomponentene. Prisene inkluderer ikke eventuelle rabatter. Alle oppgitte priser er eksklusivt mva.

Komponent	Antall	Lengde [m]	Vekt [kg]	Pris pr. m/kg/stk	Pris (Kr)
Testtårn	1	-	63 810	50	3 190 500
Aksel til løpehjul	2	1	-	38 700	44 118
Sfærisk lager	4	-	-	22 000	88 000
Akselbukk topp	2	-	78	12	1 872
Akselbukk bunn	2	-	800	12	19 200
Vaier	1	100	-	3 901	390 100
Fremkomstløsning	1	-	-	-	100 735
<b>Totalt:</b>					<b>3 834 525</b>

Tabell 5-22 Priskalkyle

## Diskusjon og konklusjon

Innledningsvis påbegynnes prosjektet med planlegging for å sette en struktur for gjennomføring. Det etableres et gate system, for å sikre progresjon, struktur og kvalitetssikring av arbeid underveis. Dette har veiledet oss mot våre delmål og overordnede mål, og fungert som et fint prosjektstyringsverktøy. Allerede under denne planleggingsprosessen, ble det tatt høyde for tilleggs mål i oppgaven.

I forbindelse med oppgavens konseptfase, har det blitt utført flere ekskursjoner. Her ble det hentet inspirasjon som har ført til et bredt utvalg av konseptideer og skisser. Dette har gitt oss et godt beslutningsgrunnlag for endelig konsept, som vi har videreutviklet videre i prosjektet. Det har vært av stor nytteverdi å kunne se ulike løsninger i praksis, og trekke paralleller mot vår oppgave.

Vi jobbet etter oppsatt fremdriftsplan. Det fungerer bra, med jevn progresjon gjennom prosjektet. Underveis i prosjektet blir det noe unødvendig iterasjon, som følge av rekkefølgen deloppgaver ble utført i. Dette kunne vært unngått, med en grundigere analyse av hva som var de dimensjonerende kriteriene. Vi ser nå viktigheten av å på forhånd gjøre enkle analyser for å kartlegge dimensjonerende faktorer.

Ved bruk av analyseverktøy ble det avdekket spenningskonsentrasjoner på grunn av deformasjoner, selv om manuelle beregninger tilsa at spenningene skulle være innenfor grenseverdiene. Vi hadde ikke erfaring nok til å kunne forutse dette på forhånd, men det har gitt oss en økt forståelse.

Det endelige resultatet oppfyller oppgavens krav og kriterier. Hvor testtårnet er dimensjonert og beregnet etter spesifikasjoner som angitt. Testtårnet er 45 meter høyt, for å kunne tilfredsstillende oppgavens krav om en minimum løftehøyde på 30 meter. Oppgaven var veldig åpen, med få fastsatte kriterier. Vi var derfor nødt til å støtte oss på regelverk, rådføre oss med oppdragsgiver og veiledere samt ta kvalifiserte antagelser på egen hånd.

Ved en nærmere gjennomgang anbefales det å se nærmere på sveiseberegninger og FEM-analyse. Vi er usikre på om laveste oppnådde sikkerhetsfaktor på sveiseberegninger er tilstrekkelige. Dette gjelder for et begrenset antall bjelker som har en sikkerhetsfaktor mellom 1,2 – 1,5. Øvrige har en sikkerhetsfaktor  $SF \geq 1,5$  og ansees av oss som tilstrekkelige. Av FEM-analysen forekommer det spenningskonsentrasjoner, som er over grenseverdiene. Ved å bruke en større elementstørrelse, reduseres spenningene. Det antas at dette skyldes en numerisk feil i matrisen, men bør kontrolleres.

---

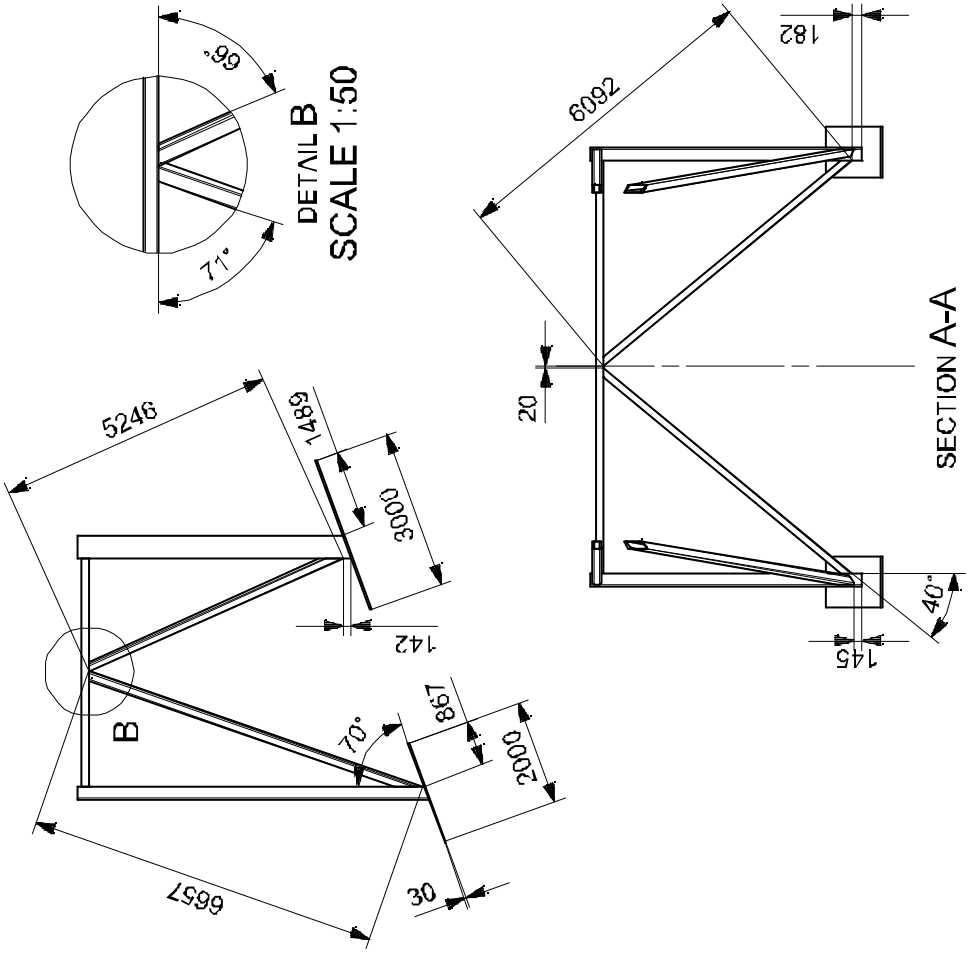
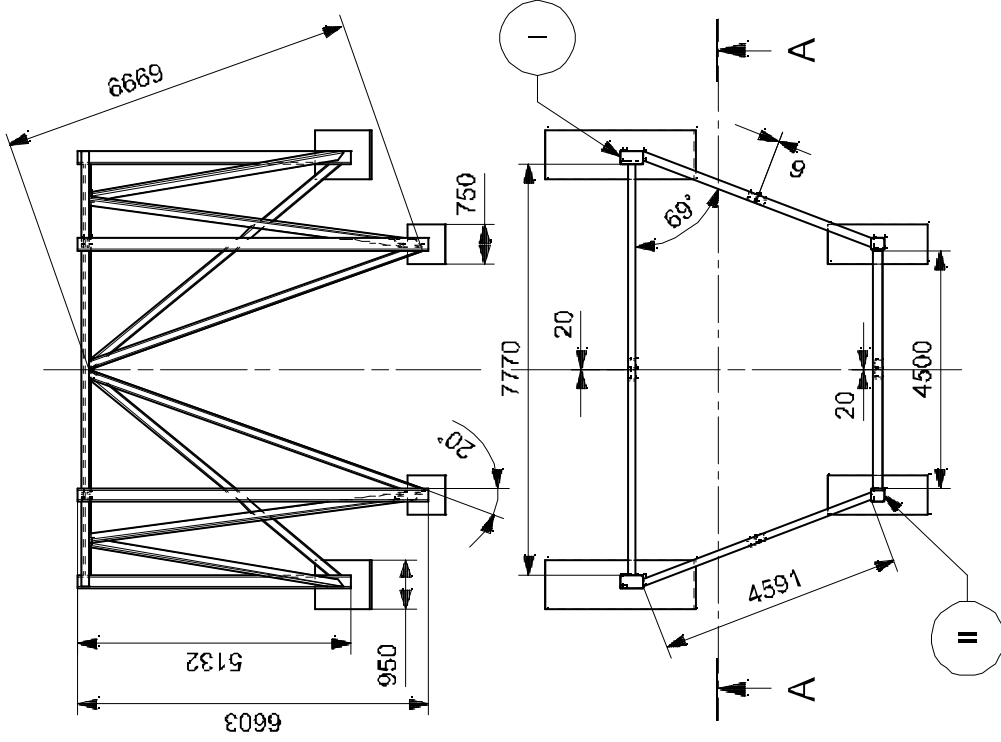
## Kildeliste

- 1 Diepa nettside (2015) Tilgjengelig fra <http://diepa.de/index.php/products/wire-ropes/wire-ropes-detail/diepa-b-50535558.html> Hentet: Mars 2015
- 2 Erling Haug nettside (2015) Tilgjengelig fra <http://www.haug.no/> Hentet: Mars 2015
- 3 Tingstad nettside (2015) Tilgjengelig fra <http://www.tingstad.no/default.asp?menu=116&id=> Hentet Mai 2015
- 4 Vollen, Ø. (2011) Mekanikk for ingeniører Statikk og fasthetslære. 2 utgave. NKI Forlaget AS
- 5 Vaier: [http://www.haug.no/no/staltau-wire/handtering-og-installasjon\\_13180](http://www.haug.no/no/staltau-wire/handtering-og-installasjon_13180)  
St vert i kontakt med, Sein watten og Einar Osen, ved Erling Haug
- 6 NS standarder , med tanke på rekkverk og trapper , « utvalg av Norsk Standard» sjøteknikke bind 1 , 2 utgave 1998
- 7 Vert i kontakt med per egil rosenblad anngående knekking i DNV
- 8 3DK nettside (2015) Tilgjengelig fra [www.3dk.no](http://www.3dk.no) Hentet april 2015
- 9 Det Norske Veritas AS (Juni 2013) DNV Lifting Appliances 2.22 Tilgjengelig fra [www.dnv.com](http://www.dnv.com)  
Hentet Februar 2015
- 10 Arvid Nilsson nettside (2015) Tilgjengelig fra <http://www.arvidnilsson.com/no/Produkter--Losninger/Teknisk-informasjon/> Hentet Mai 2015
- 11 Meccanica nettside (2015) Tilgjengelig fra <http://meccanica.no/statikk/fagverk.html> Hentet Mars 2015
- 12 Certex nettside (2015) Tilgjengelig fra [http://www.certex.no/no/1-staltau/teknisk-informasjon\\_12632](http://www.certex.no/no/1-staltau/teknisk-informasjon_12632) Hentet Mars 2015
- 13 Dalvig, G. Christensen, S og Strømsnes, G (2000) KONSTRUKSJONSELEMENTER. 2. utgave. Gyldendal Norsk Forlag AS
- 14 SKF nettside (2015) Tilgjengelig fra [www.skf.no](http://www.skf.no) Hentet Mars 2015
- 15 Pedersen, S. Gustavsen, J. Kaasa, S. Olsen, O (1998) TEKNISK FORMELSAMLING MED TABELLER. 7. utgave. Gyldendal Norsk Forlag AS
- 16 Lundkvist, B. Øien, I (2009). MASKINTEGNING. 8. utgave. Gyldendal Norsk Forlag AS.
- 17 Tingstad nettside (2015) Tilgjengelig fra [http://www.tingstad.no/upload\\_images/47982071955A42268608DCF2AD263AD4.pdf](http://www.tingstad.no/upload_images/47982071955A42268608DCF2AD263AD4.pdf) Hentet Mai 2015
- 18 Meta-lax nettside (2015) Tilgjengelig fra <http://www.meta-lax.com/> Hentet April 2015

# Vedlegg A

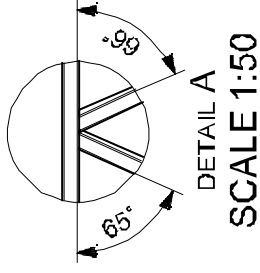
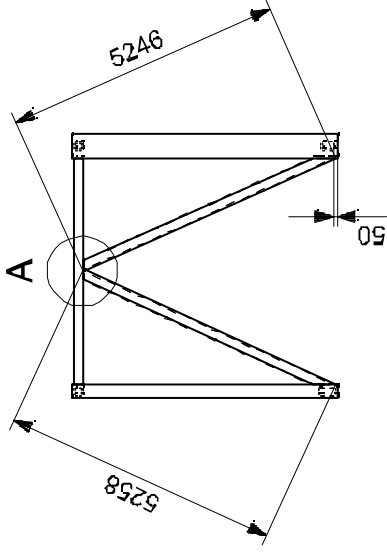
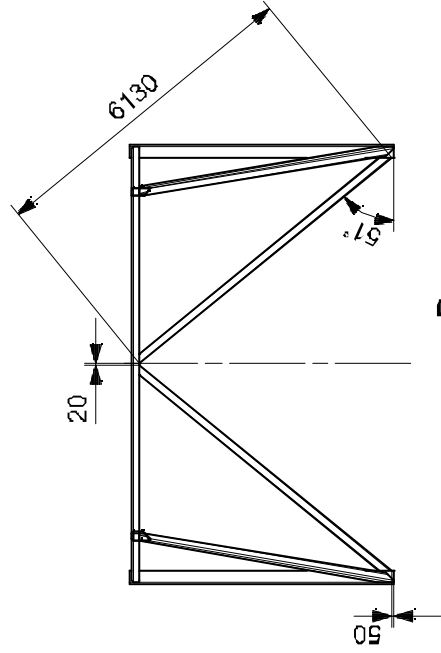
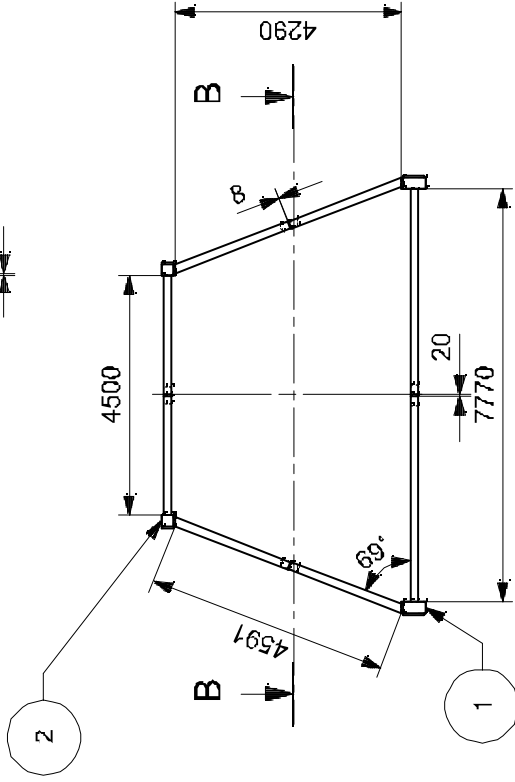
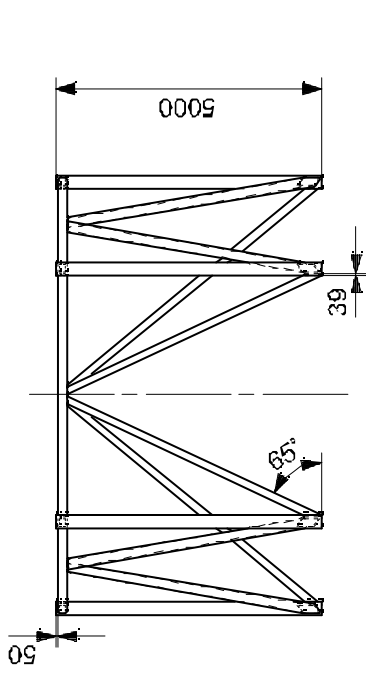
## **Maskintegninger:**

- 1000.1 Modul1 (Bunnmodul)**
- 1000.2 Modul 2**
- 1000.3 Modul 3**
- 1000.4 Modul 4 (Toppmodulen)**
- 1000.5 Akselbukk, øvre**
- 1000.6 Lokk akselbukk, øvre**
- 1000.7 Akselbukk, nedre**
- 1000.8 Aksel**
- 1000.9 Vaierhjul**
- 1000.10 Distansering**
- 1000.11 Frontstøtte**
- 1001.0 Sammenstilling**



Reference	Profile	Count
1	450 x 250 x 12.5	2
2	250 x 250 x 12.5	2
Other	150 x 150 x 8	12

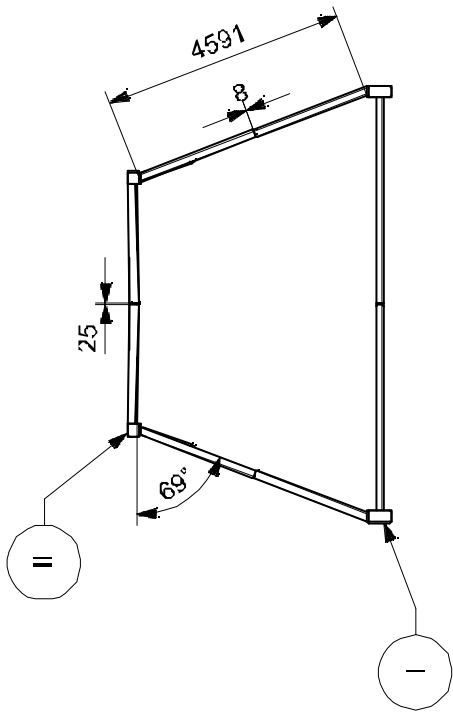
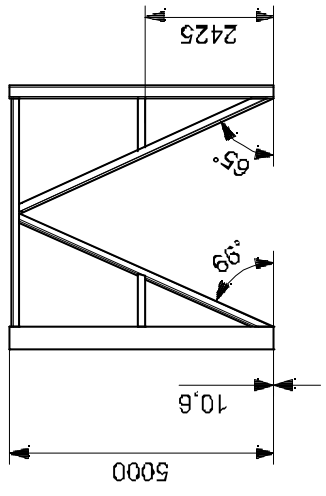
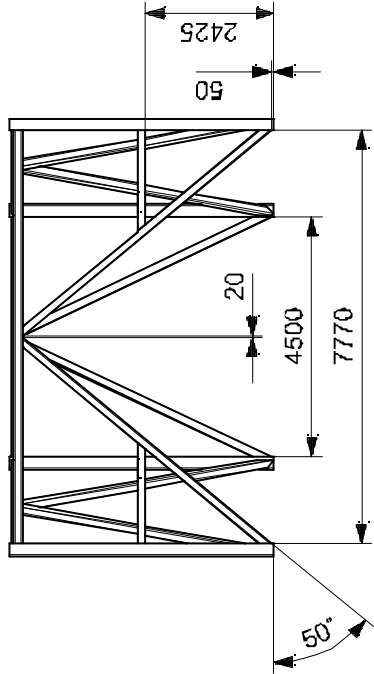
29.05.2015	Base module	HIALS	HIALS
Rev.: Date:	Description:	Design by:	Checked by:
Tolerances when not specified	Welding: <b>NORSOK M-101</b>	Surface roughness: $R_a$ (1 μ)	
Machining: <b>NS-ISO 2768-1</b>	Casting:		
Format: <b>A3</b>	Scale: <b>1:100</b>	Projection:	
<b>Module 1</b>			
Customer: <b>Ulmatec</b>	DWG no.:	1000.1	
NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT			



DETAIL A  
SCALE 1:50

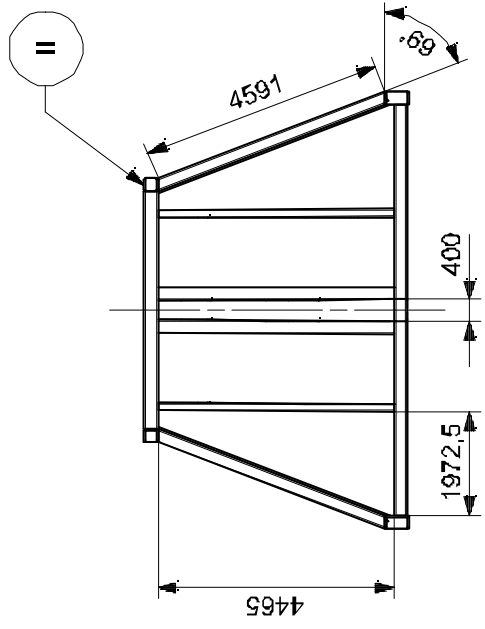
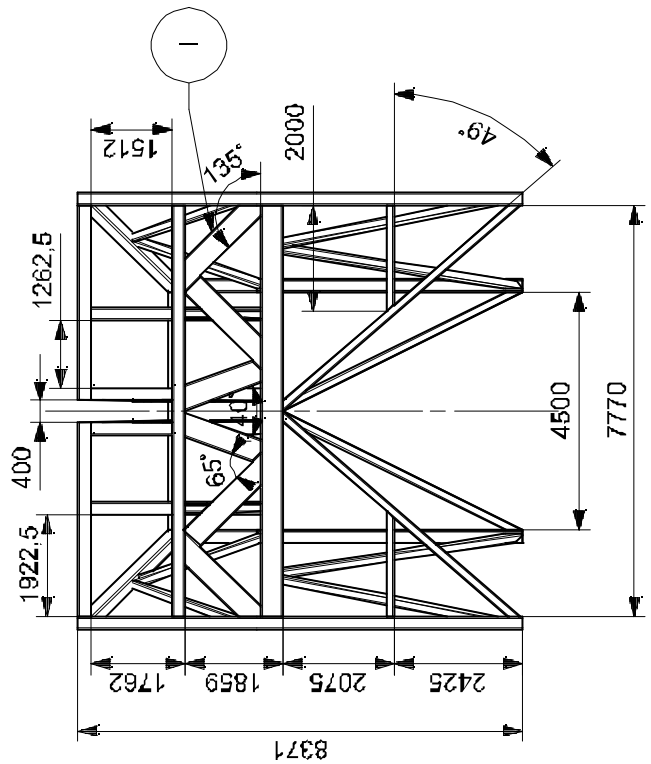
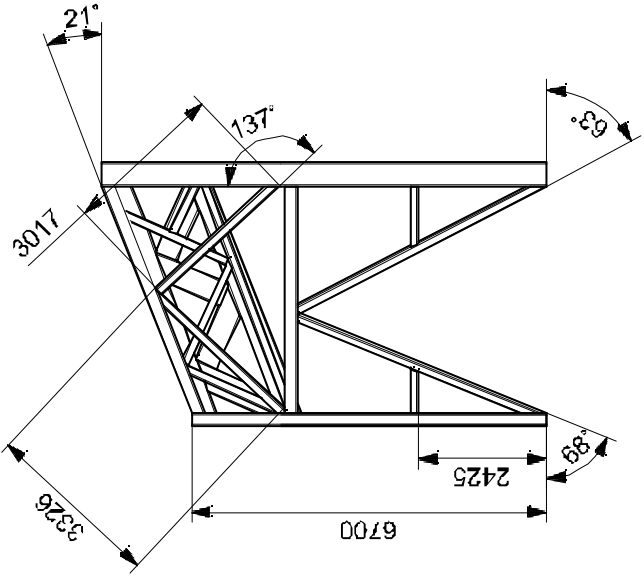
Reference	Profile	Count
1	450 x 250 x 12.5	2
2	250 x 250 x 12.5	2
Other	150 x 150 x 8	12

23.05.2015	Truss frame		HIALS	HIALS
Rev. : Date:	Description:	Design by: /Checked by: /Approved by:		
Tolerances when not specified		Welding: NORSOK M-101		
Machining: NS-ISO 2768-1		Casting:		
Format: A3	Scale: 1:100	Projection:	Surface roughness: $R_a$ (1μ)	
Module 2				
Customer: Uimatec	DWG no.:	1000.2	NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT	



Reference	Profile	Count
1	450 x 250 x 12.5	2
2	250 x 250 x 12.5	2
Other	150 x 150 x 8	18

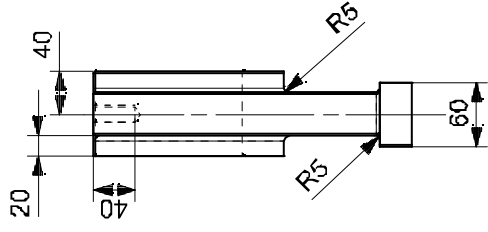
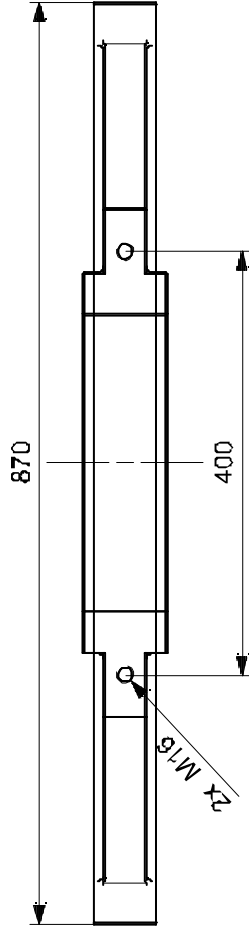
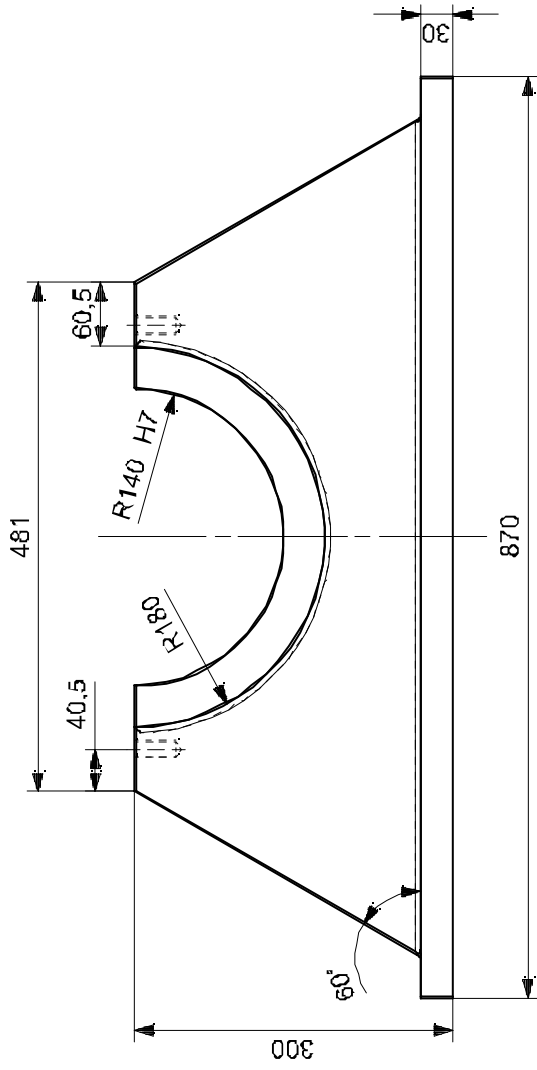
29.05.2015	Truss Frame	HIALS	HIALS
Rev.: Date:	Description:	Design by: / Checked by: / Approved by:	
Tolerances when not specified		Welding: <b>NORSOK M-101</b>	
Machining:		Casting:	
Format: A3	Scale: 1:100	Surface roughness: $R_a$ / $\sqrt{1.6}$	
		Projection:	
<b>Module 3</b>			
Customer: <b>Ultimatec</b>	DWG no.:	<b>1000.3</b>	Rev.:
NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT			



Reference	Profile
1	450 x 250 x 12.5
2	250 x 250 x 12.5
Other	150 x 150 x 8

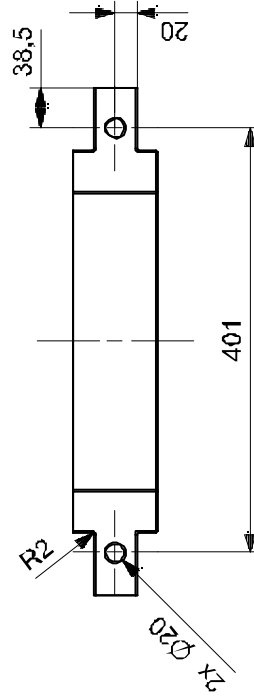
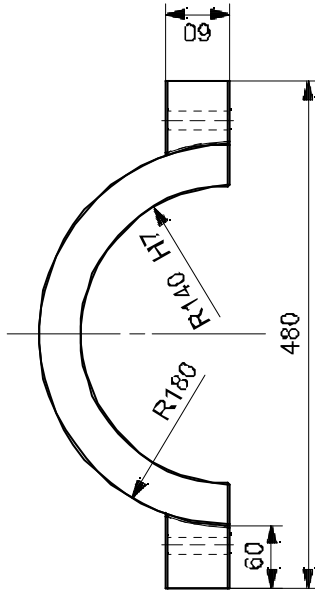
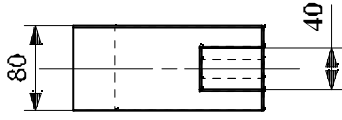
29.05.2015	Top truss frame		HIALS	HIALS
Rev.: Date:	Description:		Design by:	Checked by:
Tolerances when not specified		Welding:	Approved by:	
Machining: NS-ISO 2768-1		Castings:	R <sub>a</sub> / (μ)	
Format: A3	Scale: 1:100	Projection:	Surface roughness:	
Module 4				
Customer: Ulmatec	DWG no.:	1000.4	NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT	





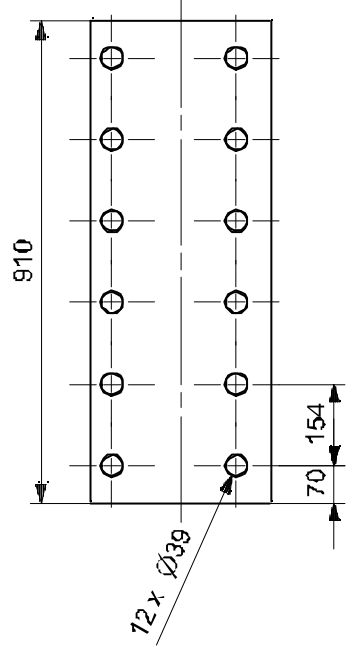
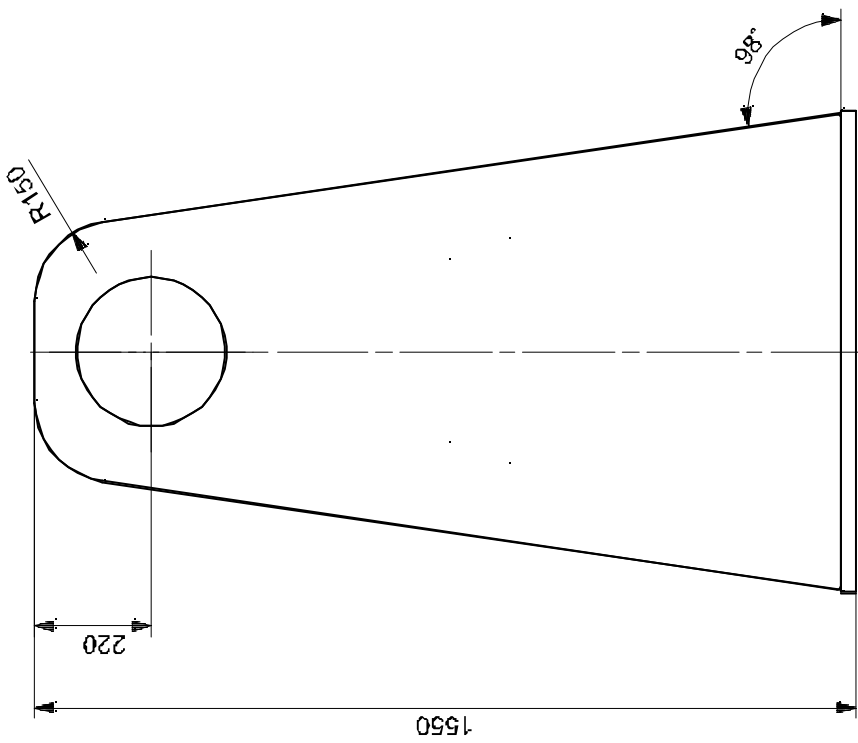
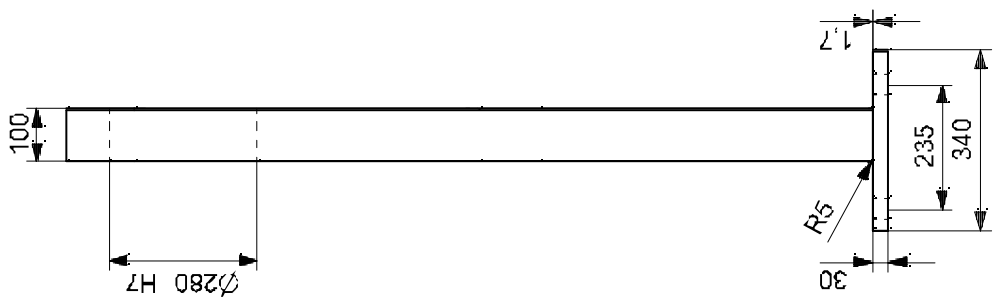
Edges: 1 x 45°

29.05.2015	Axle Support	HIALS	HIALS
Rev.: Date:	Description:	Design by:	Checked by: Approved by:
Tolerances when not specified		Surface roughness: $R_a$ / $\sqrt{1.6}$	
Machining: NS-ISO 2768-1	Welding: Castings:	Projection:	
Format: A3	Scale: 1:5	SUMMIT SYSTEMS	
Customer: Ulmalec		NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT	
DWG no.: 1000.5		Rev.:	



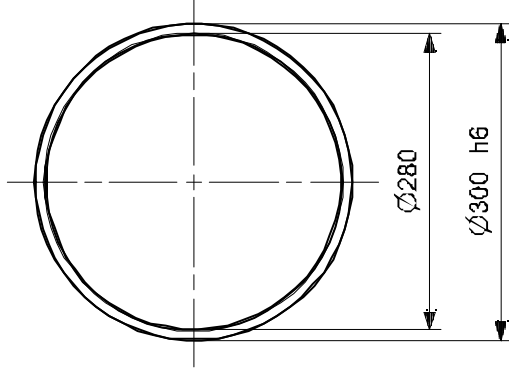
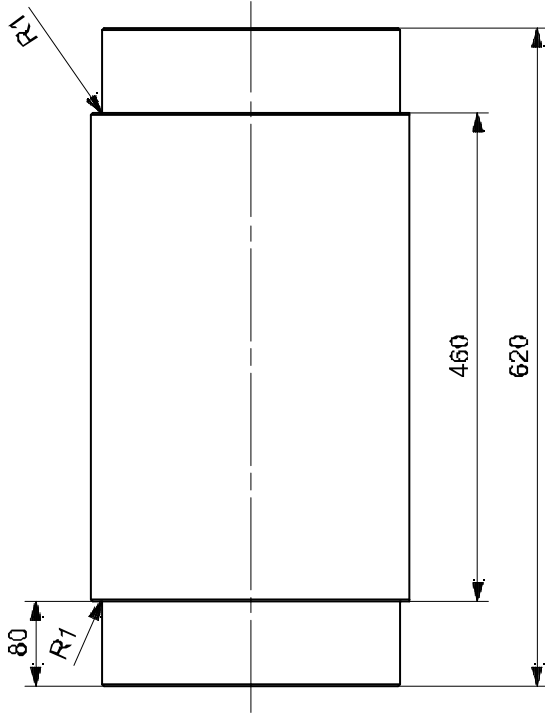
Edges: 1 x 45°

29.05.2015	Axle Support Cover		HIALS	HIALS
Rev. : Date:	Description:	Design by:	Checked by: Approved by:	
Tolerances when not specified		Surface roughness: $R_a$ / $\sqrt{1.6}$		
Machining: NS-ISO 2768-1	Welding: Castings:	Projection:		
Format: A3	Scale: 1:5	SUMMIT SYSTEMS		
Customer: Ulimatec		NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT		
DWG no.:		1000.6		
Rev.:				





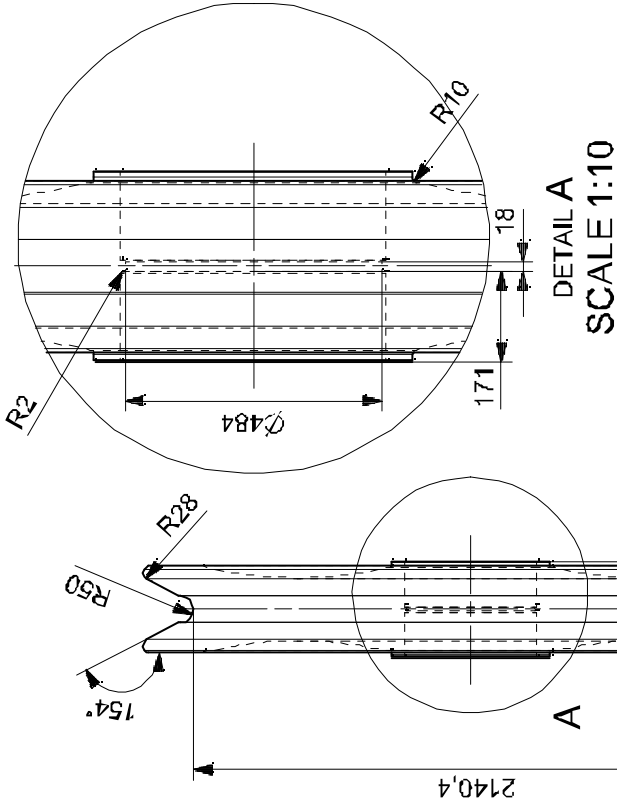
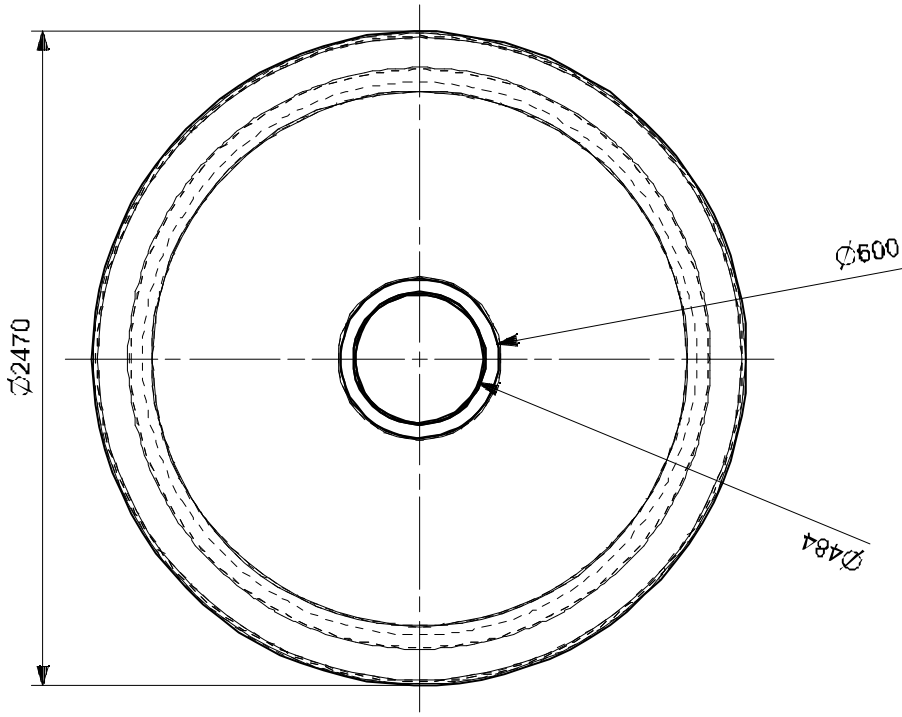
Edges: 1x45°

29.05.2015	AXLE SUPPORT	HIALS	HIALS
Rev. : Date:	Description:	Design by:	Checked by:
Tolerances when not specified		Surface roughness: $R_a$	
Machining: NS-ISO 2768-1	Welding: Castings:	Projection:	
Format: A3	Scale: 1:10	SUMMIT SYSTEMS	
Customer: Ultimatec		Rev.:	
DWG no.: 1000.7		NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT	



Edges: 1 x 45°

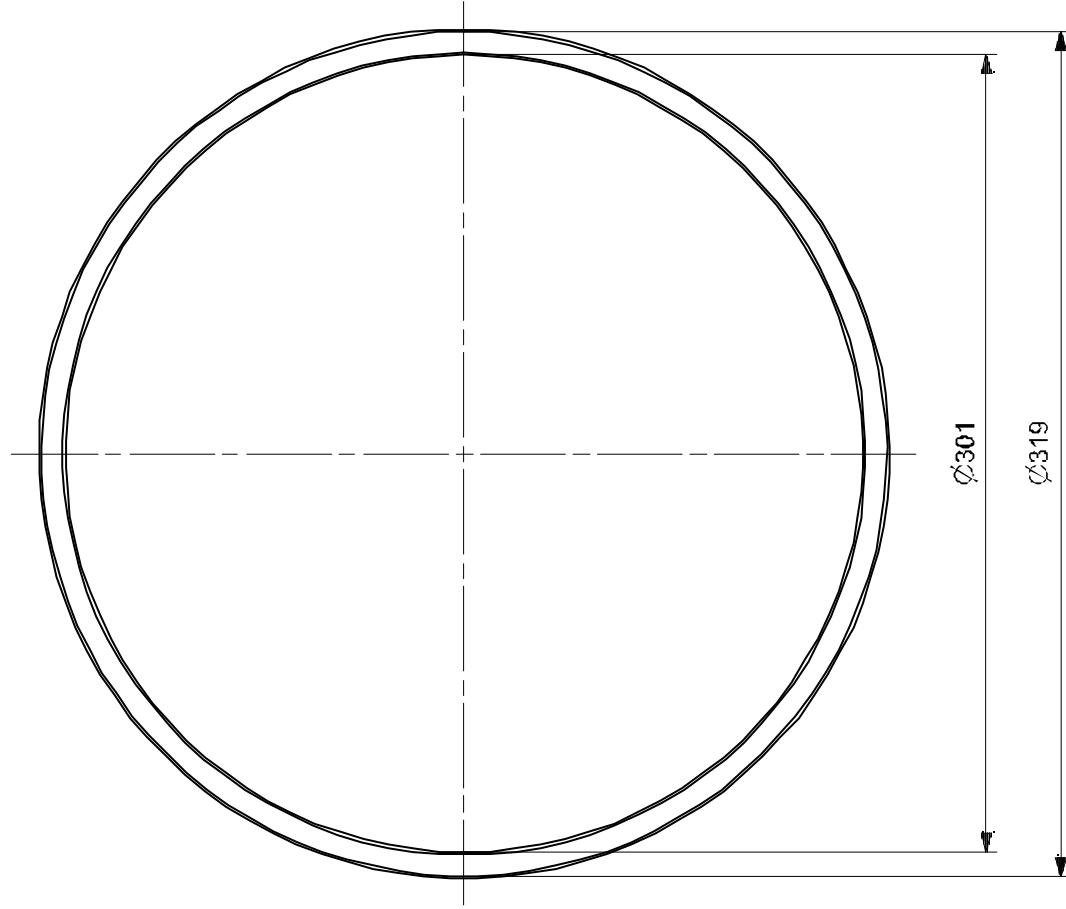
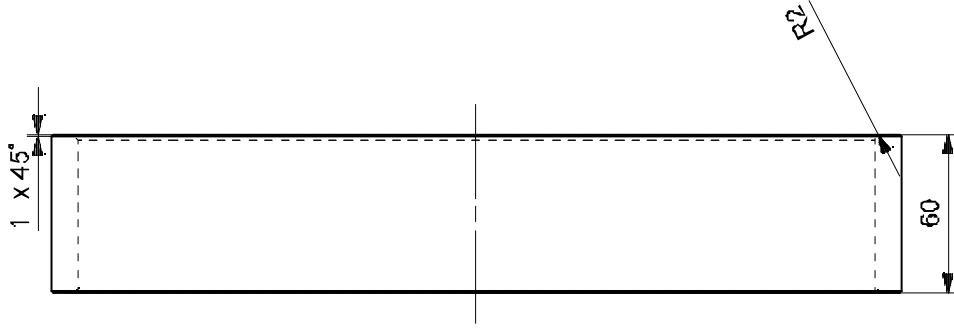
1	29.05.15	Axle	HIALS	HIALS
Rev.: Date:		Description:	Design by:	Checked by: / Approved by:
Tolerances when not specified		Welding:	Surface roughness: $R_a$ $\nabla$ (1 $\mu$ )	
Machining: NS-ISO 2768-1		Castings:	3.2	
Format: A3	Scale: 1:5	Projection:	 <b>SUMMIT SYSTEMS</b>	
Axle				
Customer: Ulmatec	DWG no.:	1000.8	Rev.:	
NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT				



DETAIL A  
SCALE 1:10

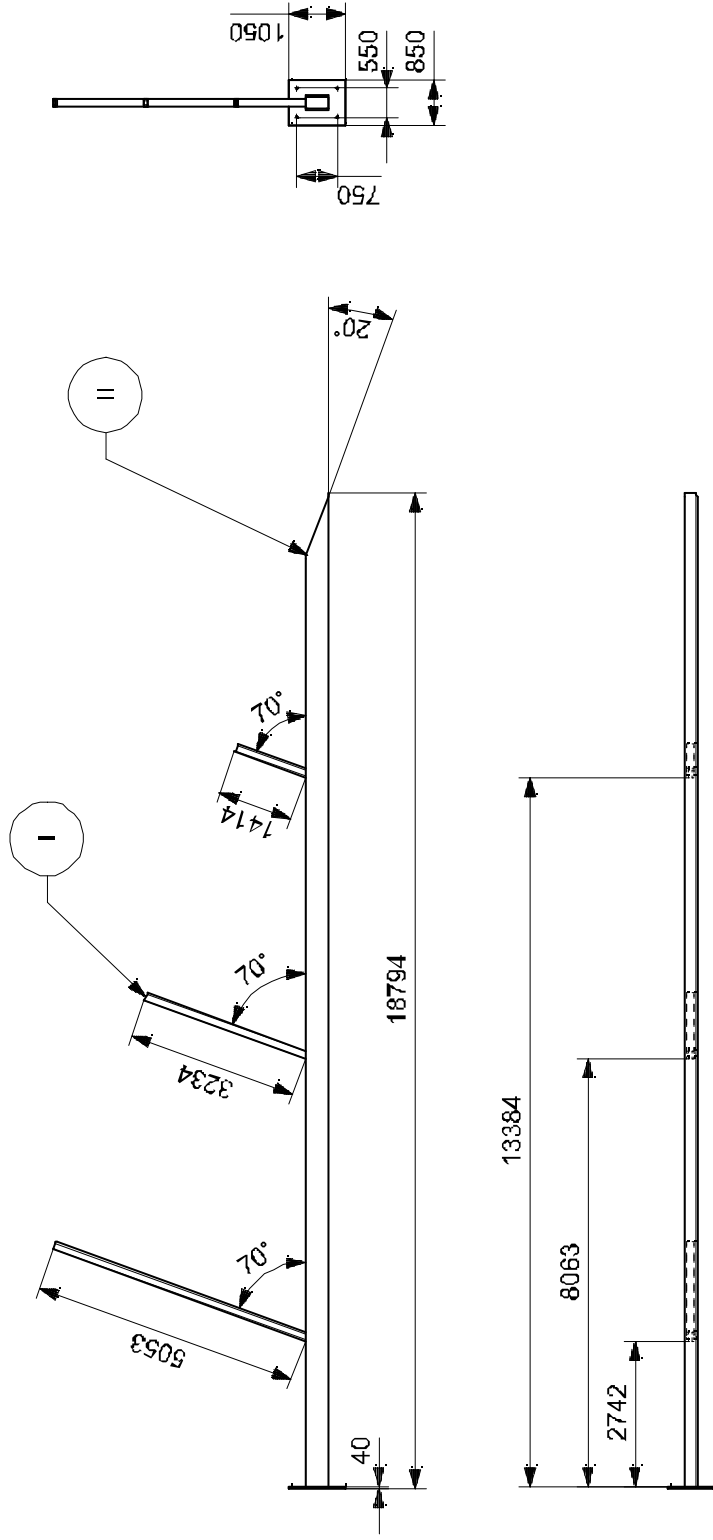
Remaining edges: 1x45°

29.05.2015	Sheave	HIALS	HIALS
Rev.: Date:	Description:	Design by:	Checked by: Approved by:
Tolerances when not specified		Surface roughness: $R_a$ $\nabla$ (1 $\mu$ )	
Machining: NS-ISO 2768-1		3,2	
Format: A3	Scale: 1:20	Projection:	
Sheave		 SUMMIT SYSTEMS	
NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT		Rev.	



Remaining edges: 1 x 45°

1	29.05.2015	Distance ring for axle	HIALS	HIALS
Rev. : Date:		Description:	Design by:	Checked by: / Approved by:
Tolerances when not specified		Welding:	Surface roughness: $R_a$ / $\nabla$ (1 $\mu$ )	
Machining: NS-ISO 2768-1		Casting:	Projection:	
Format: A3		Scale: 1:2	SUMMIT SYSTEMS	
Customer: Ulimatec		DWG no.:	NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT	
		1000.10	Rev.:	

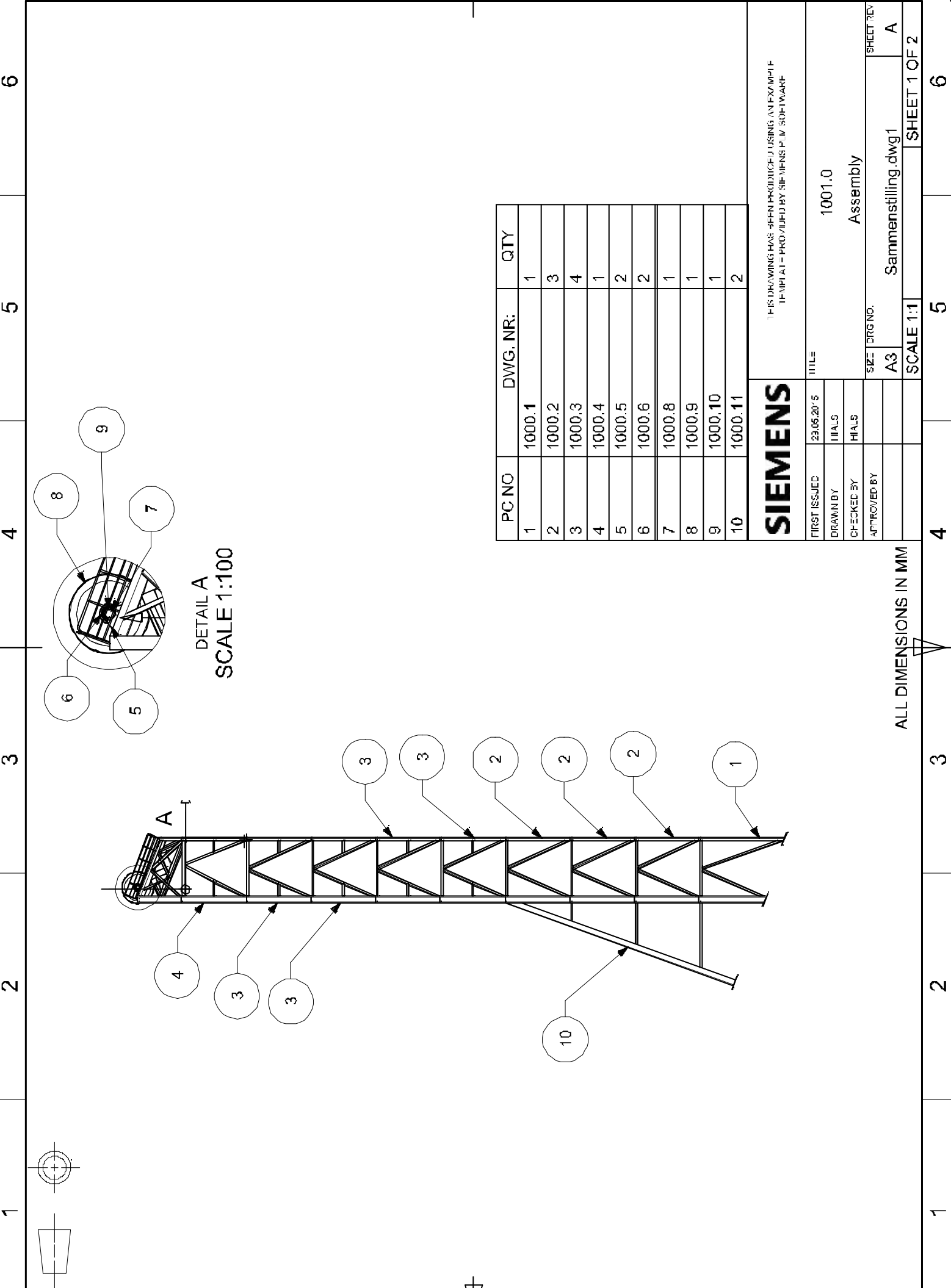


Edges: 1 x 45°

Reference	Profile	Count
I	150 x 150 x 8	3
II	450 x 250 x 12,5	1

23.05.2015	Date:	Front Support	HIALS	HIALS
Description:		Design by: Approved by:		
Tolerances when not specified		Surface roughness: $R_a$		
Machining: NS-ISO 2768-1		Welding: NORSOK M-101		
Format: A3		Casting:		
Scale: 1:100		Projection:		
Customer: Ultimatic		SUMMIT SYSTEMS		
DWG no.:		Rev.:		
1000.11		NOT TO BE REPRODUCED AND/OR MADE AVAILABLE TO A THIRD PARTY WITHOUT OUR WRITTEN CONSENT		

6 5 4 3 2 1



A B C D

PC NO	DWG. NR.	QTY
1	1000.1	1
2	1000.2	3
3	1000.3	4
4	1000.4	1
5	1000.5	2
6	1000.6	2
7	1000.8	1
8	1000.9	1
9	1000.10	1
10	1000.11	2

**SIEMENS**

THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE  
 OF THE SOFTWARE PRODUCED BY SIEMENS P.M. SOFTWARE

FIRST ISSUED	23.06.2015	TITLE	1001.0
DRAWN BY	HIA.S	Assembly	
CHECKED BY	HIA.S		
APPROVED BY			
		SIZE	A3
		DRG NO.	Sammenstilling.dwg1
		SCALE	1:1
		SHEET NO.	A
			SHEET 1 OF 2

ALL DIMENSIONS IN MM

1 2 3 4 5 6



# Vedlegg B

## **FEM-Analyse**

- Modul 1 (Bunnmodulen)
- Modul 2
- Modul 3
- Aksel, nedre
- Aksel, øvre
- Akselbukk, øvre
- Akselbukk, nedre
- Løpehjul, øvre
- Løpehjul, nedre

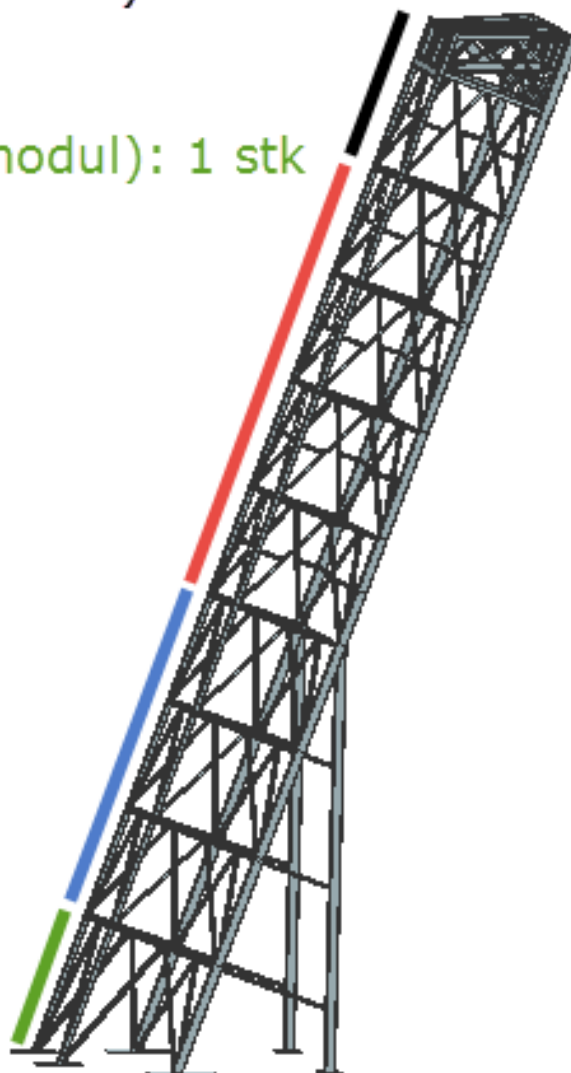
# Oversikt over moduler

Modul #4 (Toppmodul): 1 stk

Modul #3: 4 stk

Modul #2: 3 stk

Modul #1 (Bunnmodul): 1 stk



# MODUL 1

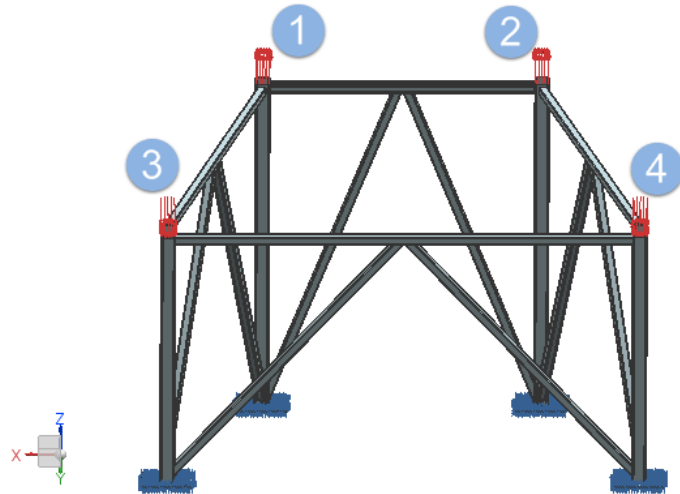
Mesh: 3D Tetrahedral Mesh,  
CTETRA(4)

Element Size: 80 mm (Forsøk 3)

Pålitelighet, mesh: 97 %

Connection: Surface-to-surface gluing

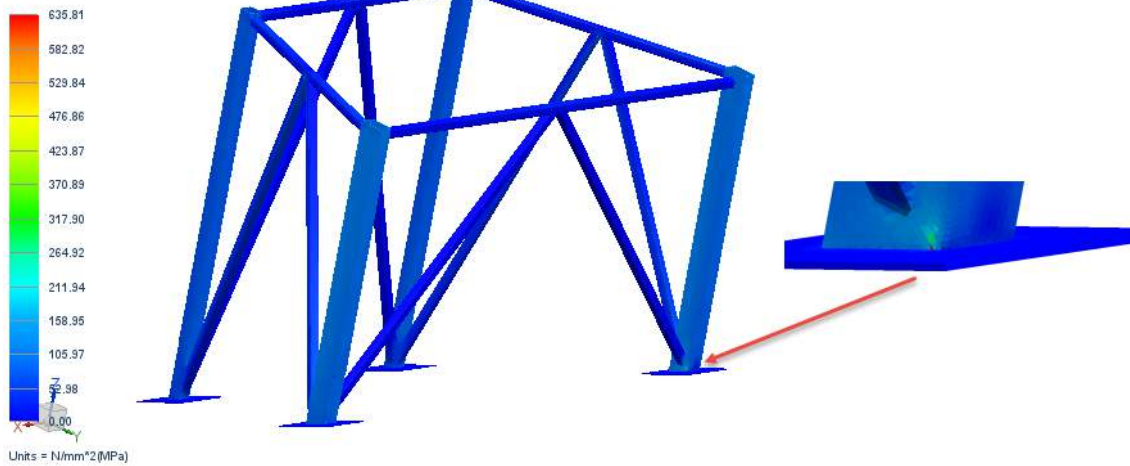
Innspenning med fri rotasjon, låst  
translasjon. Innspenning i senter  
under bjelker i bunn.



Posisjon	X – Akse (kN)	Y – Akse (kN)	Z – Akse (kN)
1	-21	262	856
2	21	262	856
3	-20	-686	-1 649
4	20	-686	-1 649

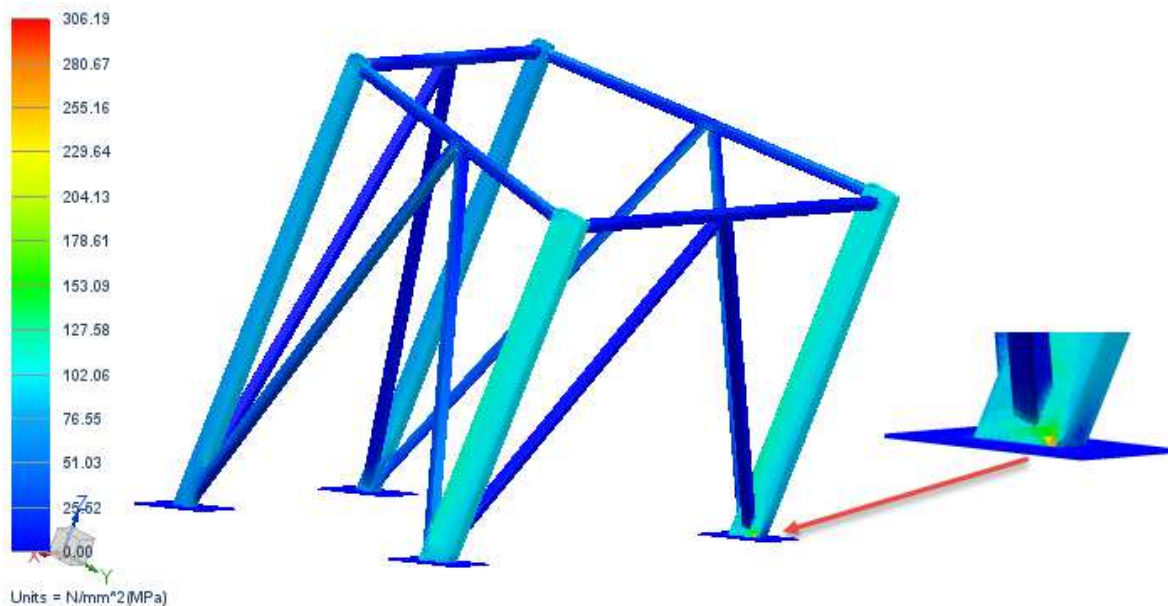
## Forsøk 1, Mesh: 40 mm

Modul1 (bunnmodul)\_Jrystkonstruksjon\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.00, Max : 635.81, Units = N/mm<sup>2</sup> (MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



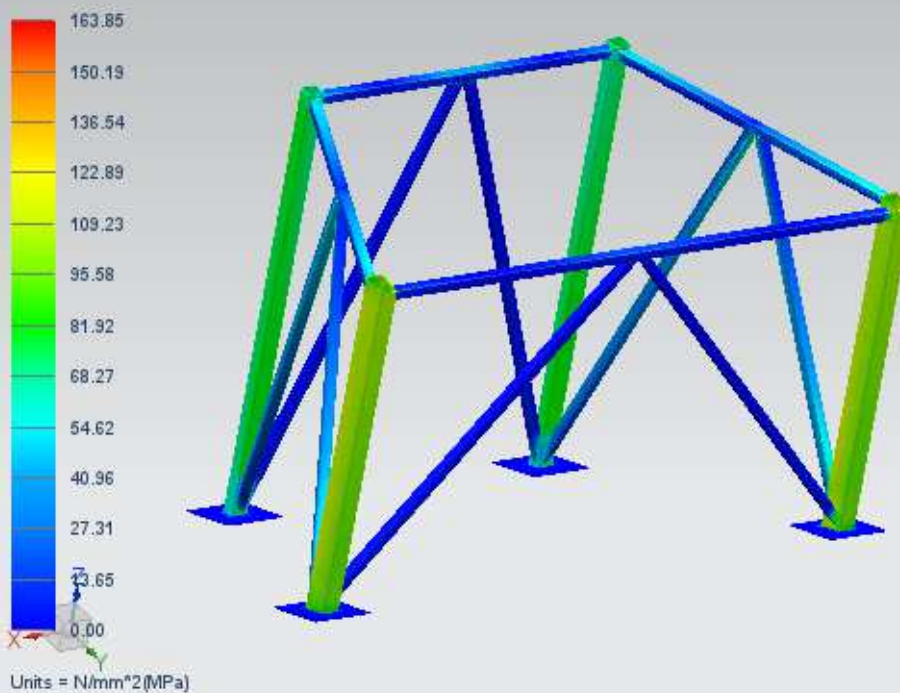
### Forsøk 2, Mesh: 60 mm

Modul1 (bunnmodul)\_krysskonstruksjon\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.00, Max : 306.19, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

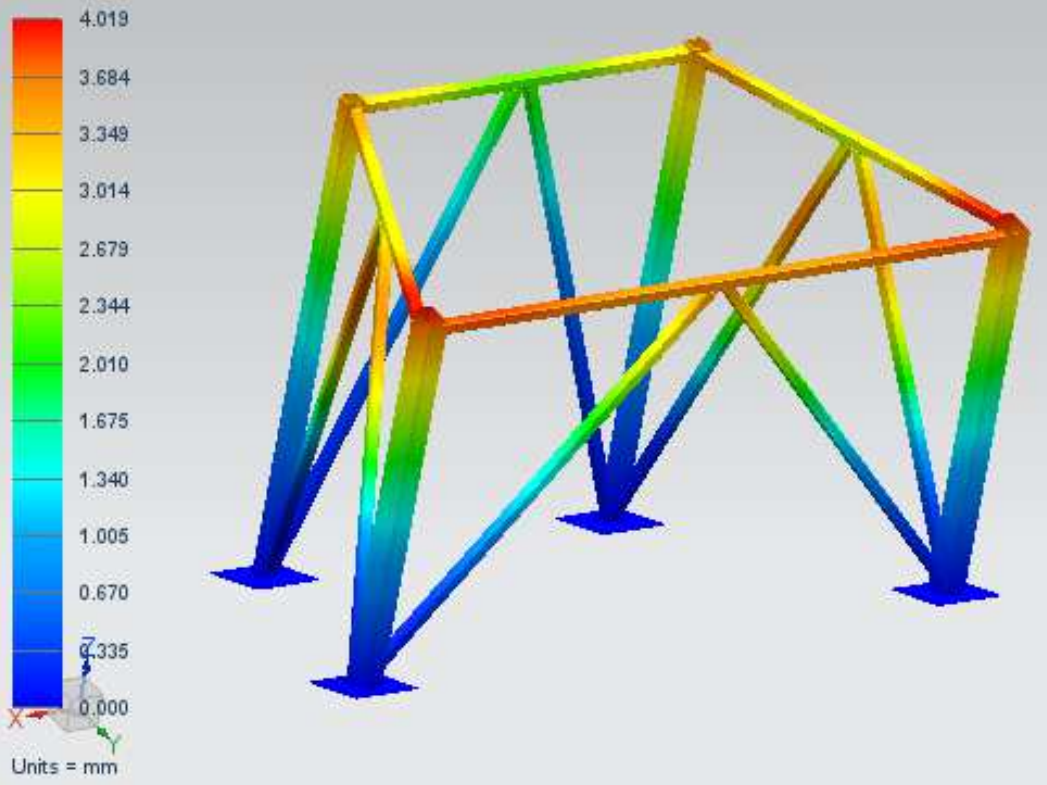


### Forsøk 3, Mesh: 80 mm

Modul1 (bunnmodul)\_krysskonstruksjon\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.00, Max : 163.85, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Modul1 (bunnmodul)\_krysskonstruksjon\_sim1 : Solution 1 Result:  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.000, Max : 4.019, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



## MODUL 2

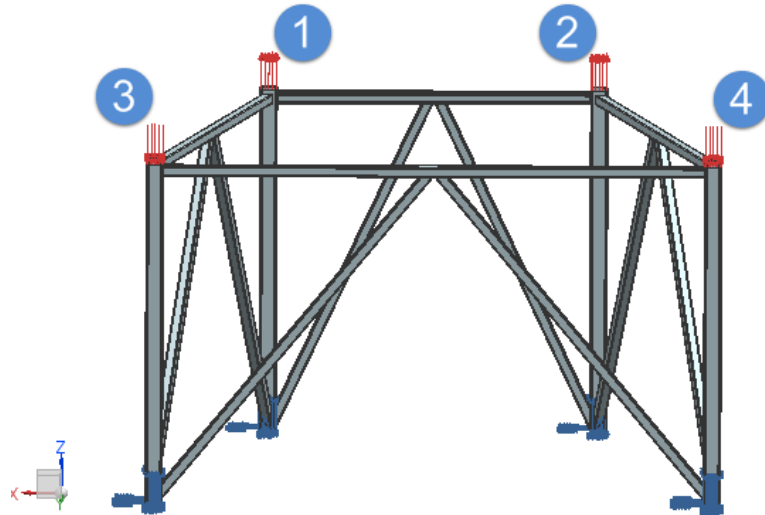
Mesh: 3D Tetrahedral  
Mesh, CTETRA(4)

Element Size: 80 mm  
(anbefalt av NX)

Pålitelighet, mesh: 97%

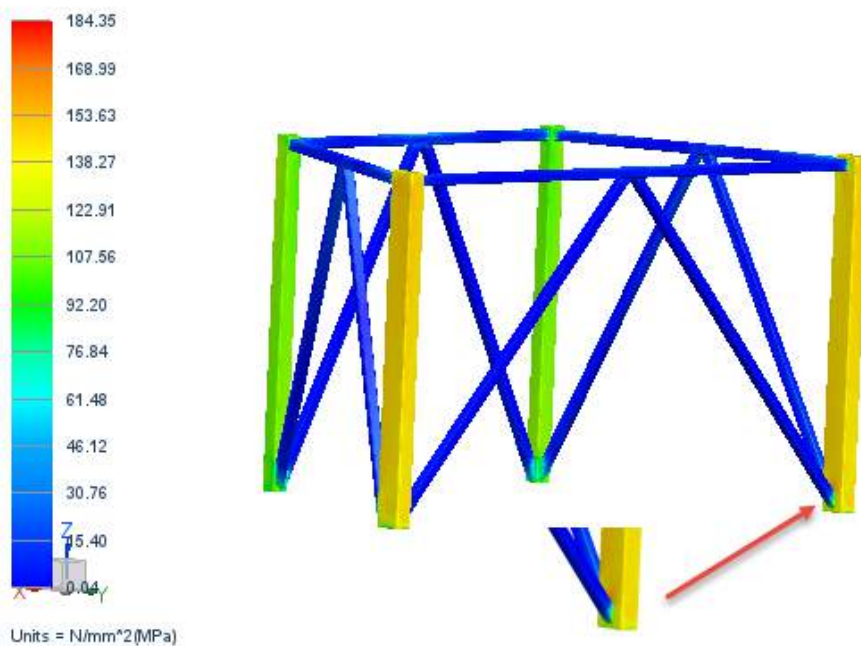
Connection: Surface-to-  
surface gluing

Innspenning med fri  
rotasjon, låst translasjon.  
Innspenning i senter under  
bjelker i bunn.

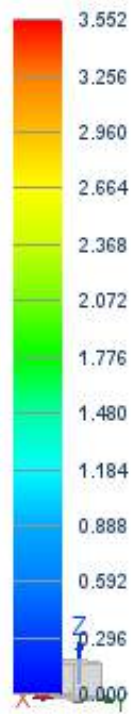


Posisjon	X – Akse (kN)	Y – Akse (kN)	Z – Akse (kN)
1	-4	438	1 228
2	4	438	1 228
3	-268	-856	-2 316
4	268	-856	-2 316

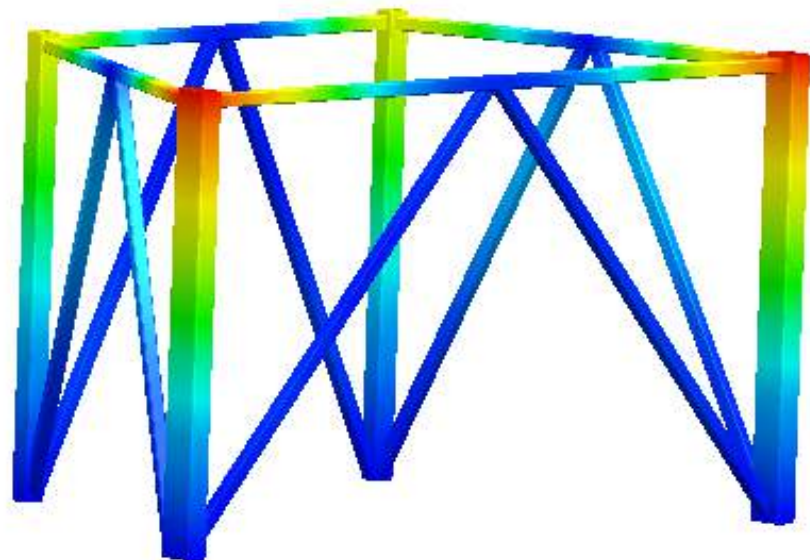
Modul2\_krysskonstruksjon\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.04, Max : 184.35, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Modul2\_krysskonstruksjon\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.000, Max : 3.552, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Units = mm



# MODUL 3

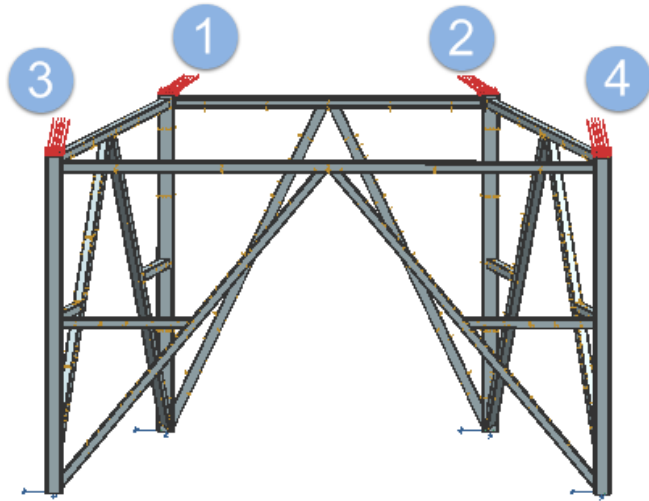
Mesh: 3D Tetrahedral Mesh, CTETRA(4)

Element Size: 80 mm (Anbefalt av NX)

Pålitelighet, mesh: 96 %

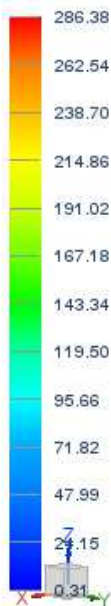
Connection: Surface-to-surface gluing

Innspenning med fri rotasjon, låst translasjon. Innspenning i senter under bjelker i bunn.

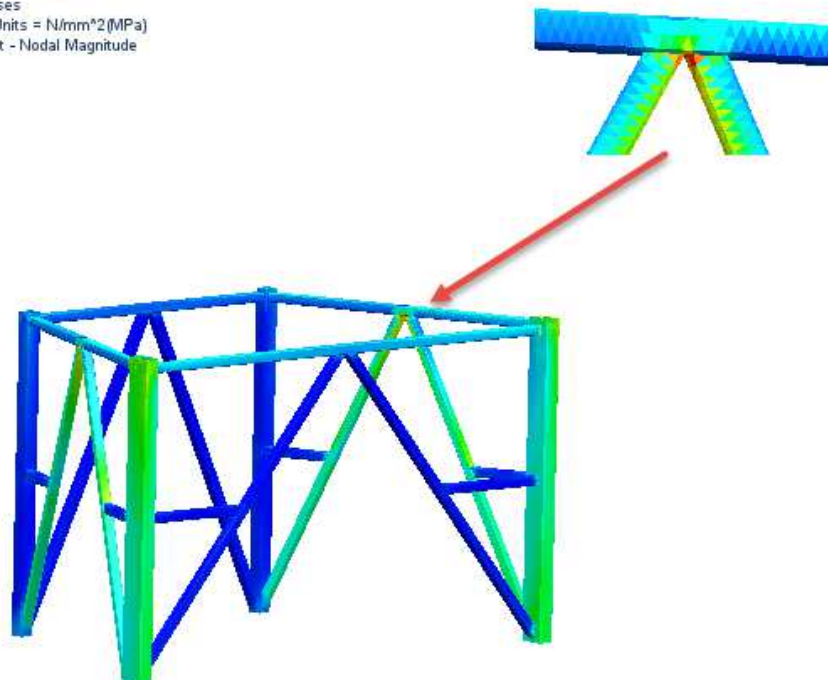


Posisjon	X – Akse (kN)	Y – Akse (kN)	Z – Akse (kN)
1	254	135	-1 961
2	-254	135	-1 961
3	408	-412	-1 901
4	-408	-412	-1 901

Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.31, Max : 286.38, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

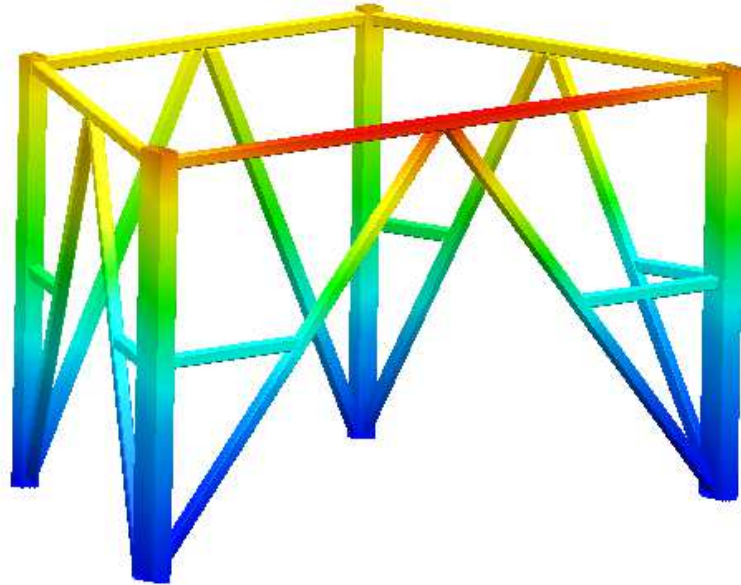
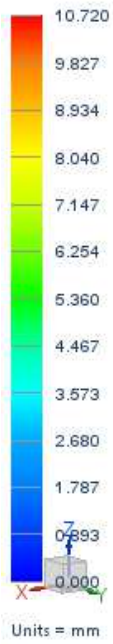


Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)





Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.000, Max : 10.720, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



## Aksel - nedre

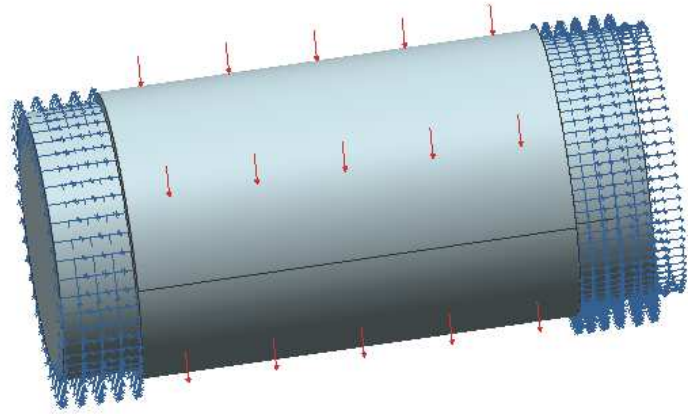
Mesh: 3D Tetrahedral Mesh, CTETRA(4)

Element Size: 20 mm

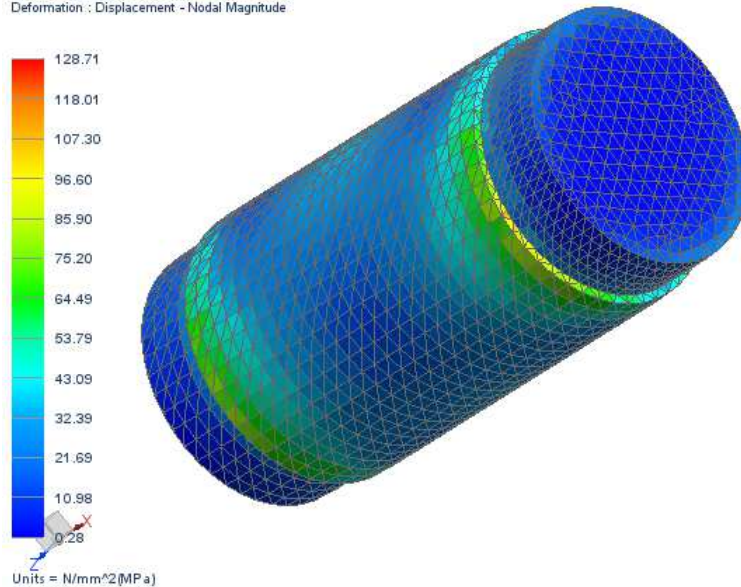
Pålitelighet, mesh: 98 %

Innspenning på sider hvor lagerbukker skal stå, fri rotasjon, låst translasjon.

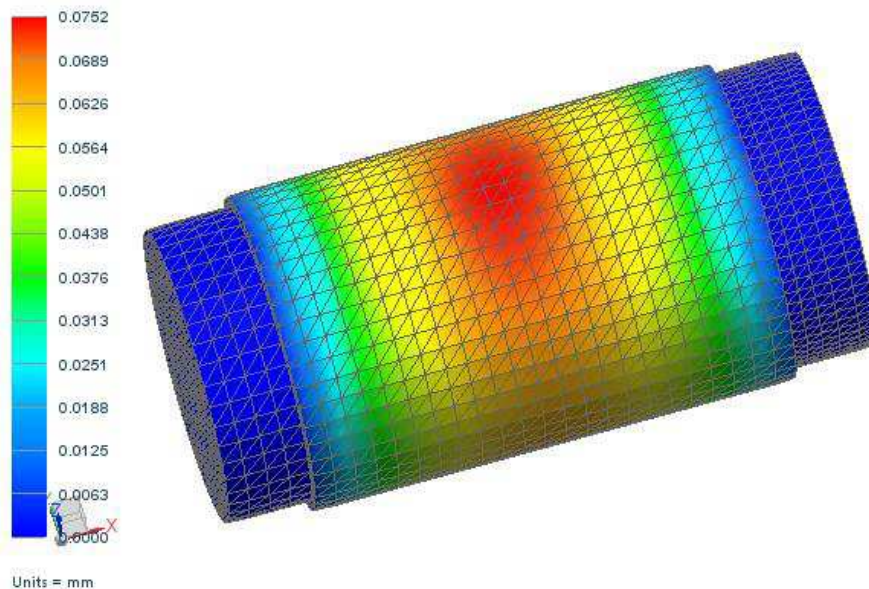
Påført kraft: Resultant,  $F = 4018 \text{ kN}$



aksel\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.28, Max : 128.71, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



aksel\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.0000, Max : 0.0752, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



## Aksel - øvre

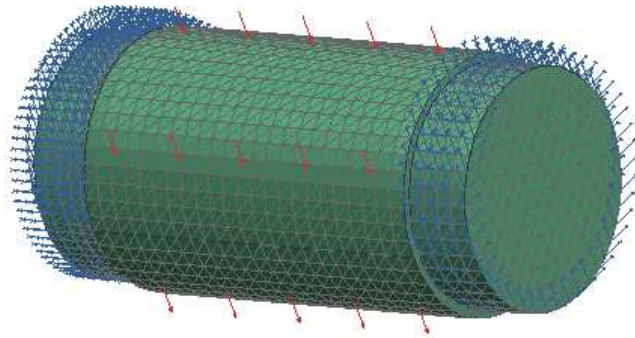
Mesh: 3D Tetrahedral Mesh,  
CTETRA(4)

Element Size: 20 mm

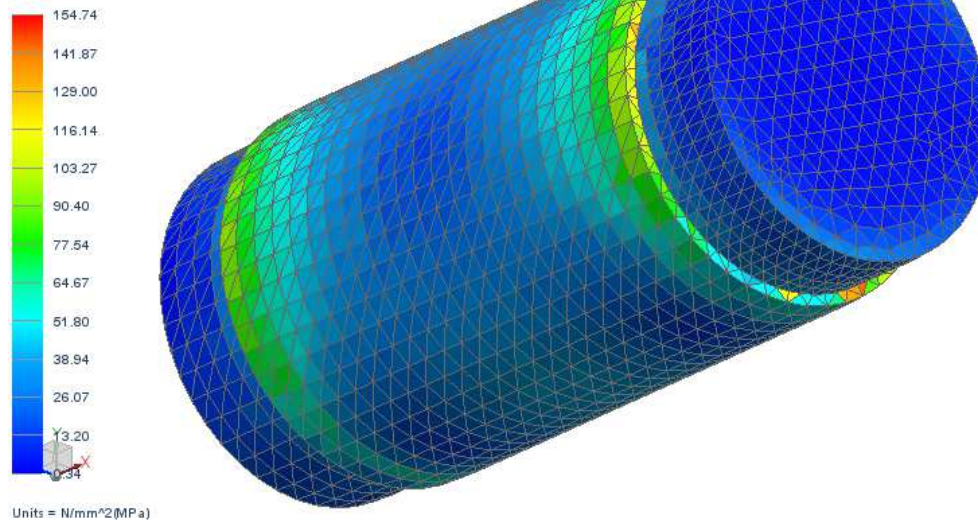
Pålitelighet, mesh: 98 %

Innspenning på sider hvor  
lagerbukker skal stå, fri rotasjon,  
låst translasjon.

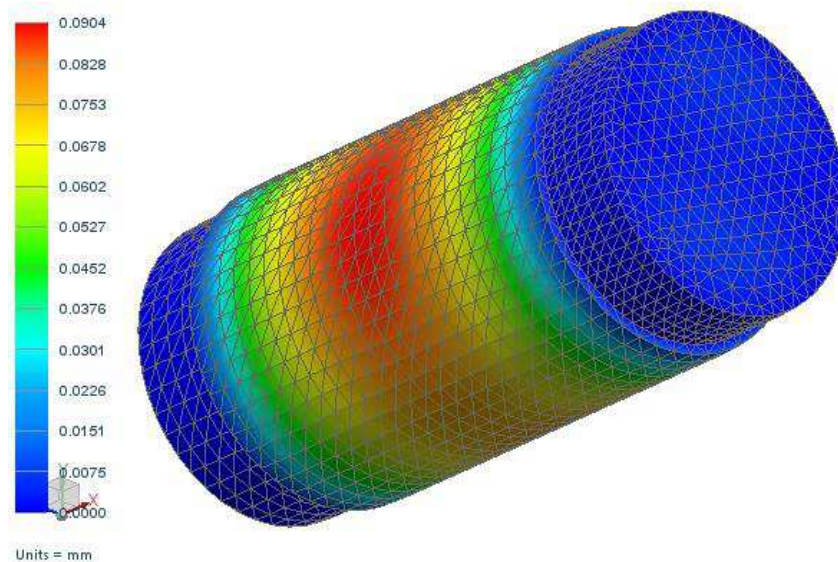
Påført kraft: Resultant,  $F = 4830$   
kN



aksel\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.34, Max : 154.74, Units = N/mm<sup>2</sup> (MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



aksel\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.0000, Max : 0.0904, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



## Akselbukk - øvre

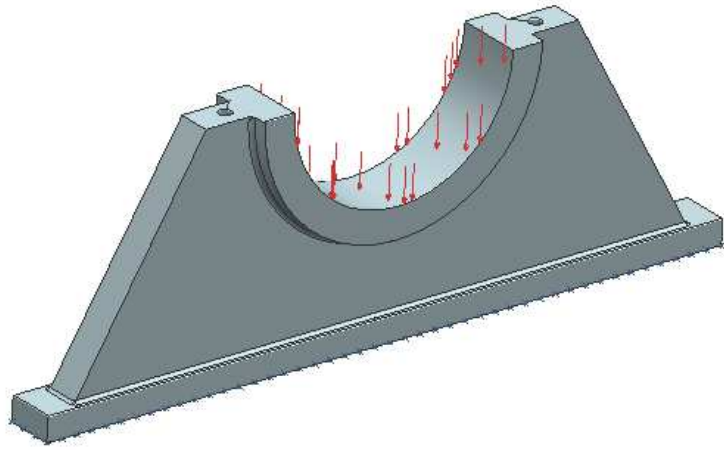
Mesh: 3D Tetrahedral Mesh,  
CTETRA(4)

Element Size: 32 mm

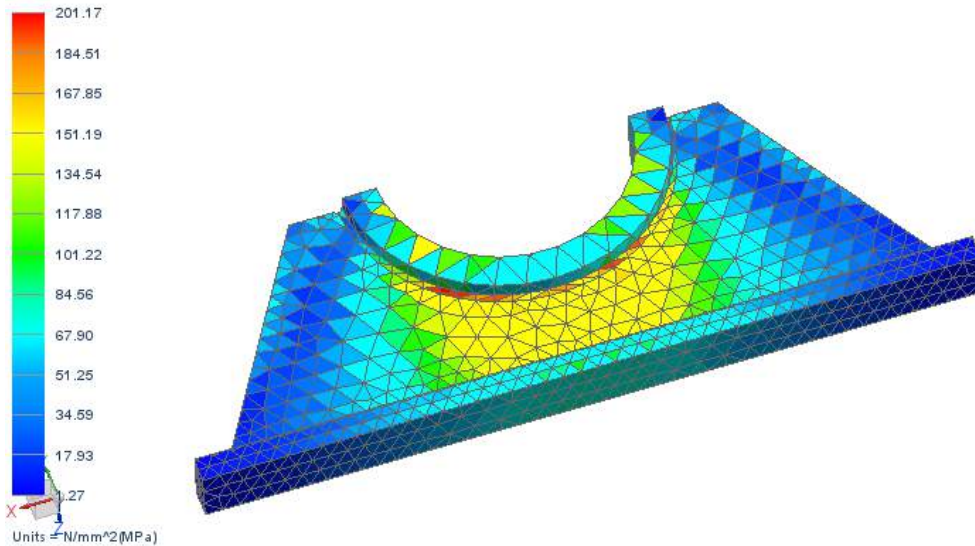
Pålitelighet, mesh: 97 %

Fast opplagret på underside  
(sveiset).

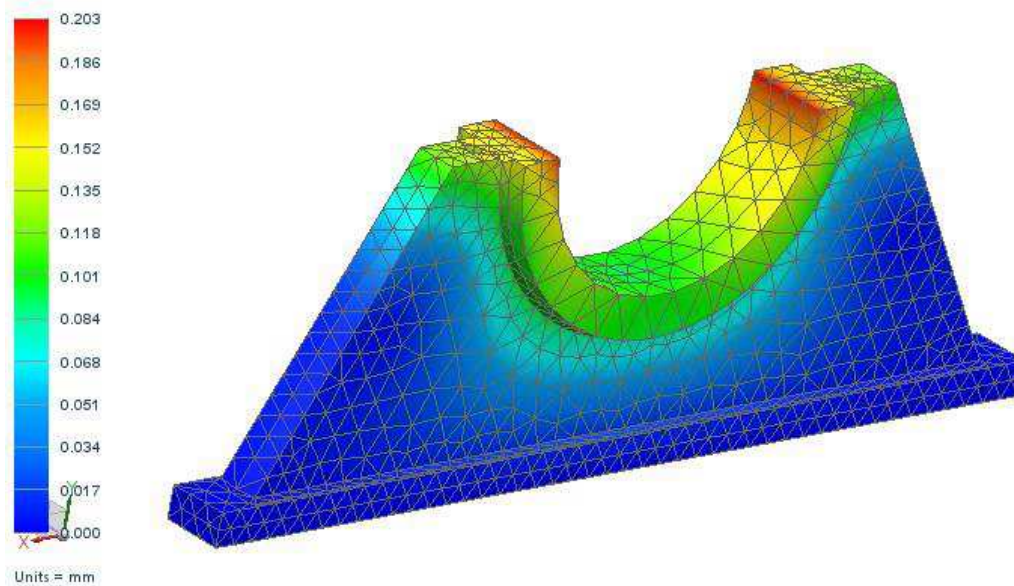
Påført kraft: Resultant/2,  $F = 2415$   
kN



akselbukk\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 1.27, Max : 201.17, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



akselbukk\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.000, Max : 0.203, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



## Akselbukk - nedre

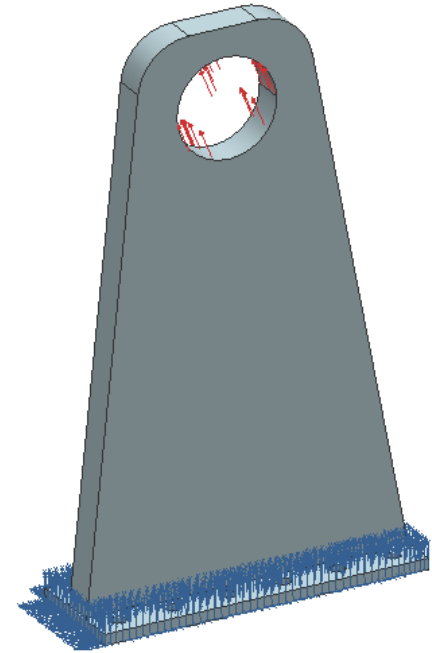
Mesh: 3D Tetrahedral Mesh, CTETRA(4)

Element Size: 20 mm

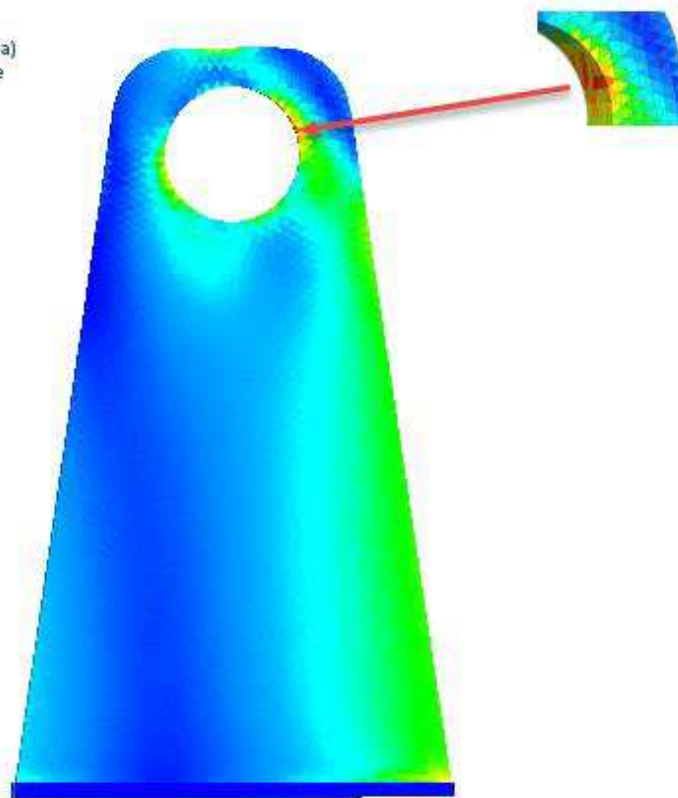
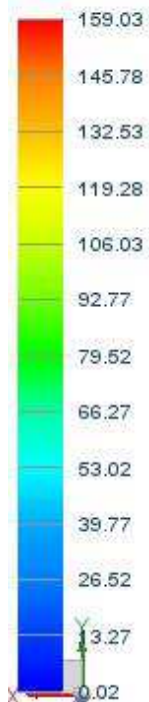
Pålitelighet, mesh: 97 %

Låst translasjon, underside

Påført kraft: Resultant/2,  $F = 2009 \text{ kN}$  55 grader

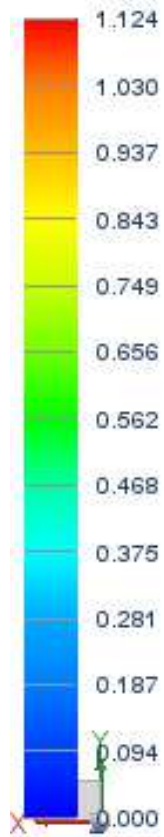


akselbukk\_nedre\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.02, Max : 159.03, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

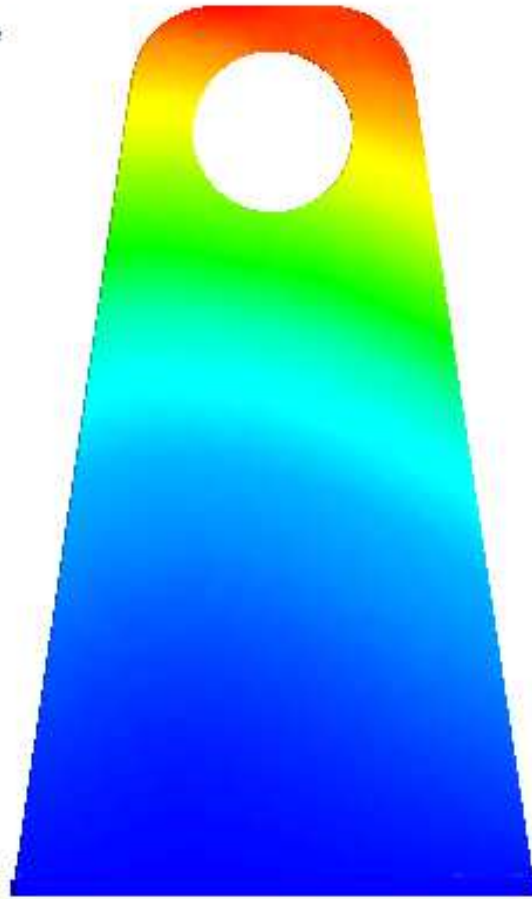


Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)

akselbukkk\_nedre\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.000, Max : 1.124, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Units = mm



## Løpehjul - øvre

Mesh: 3D Tetrahedral Mesh, CTETRA(4)

Element Size: 50 mm

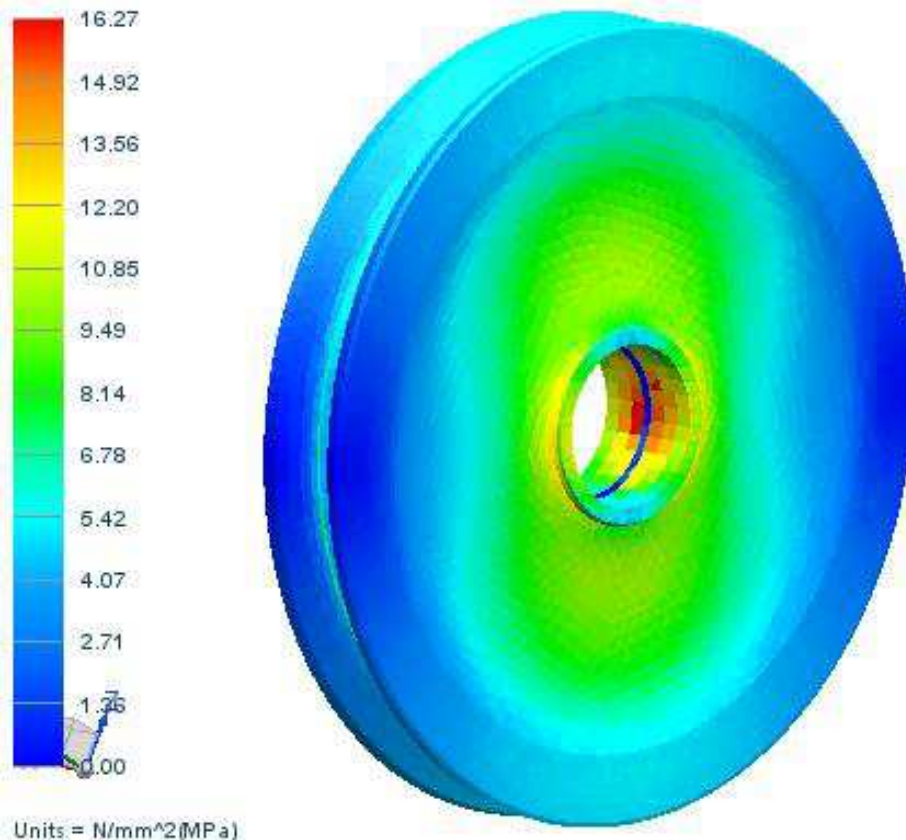
Pålitelighet, mesh: 98 %

Låst translasjon i senter av hjulet

Påført kraft: Resultant,  $F = 4018$  kN

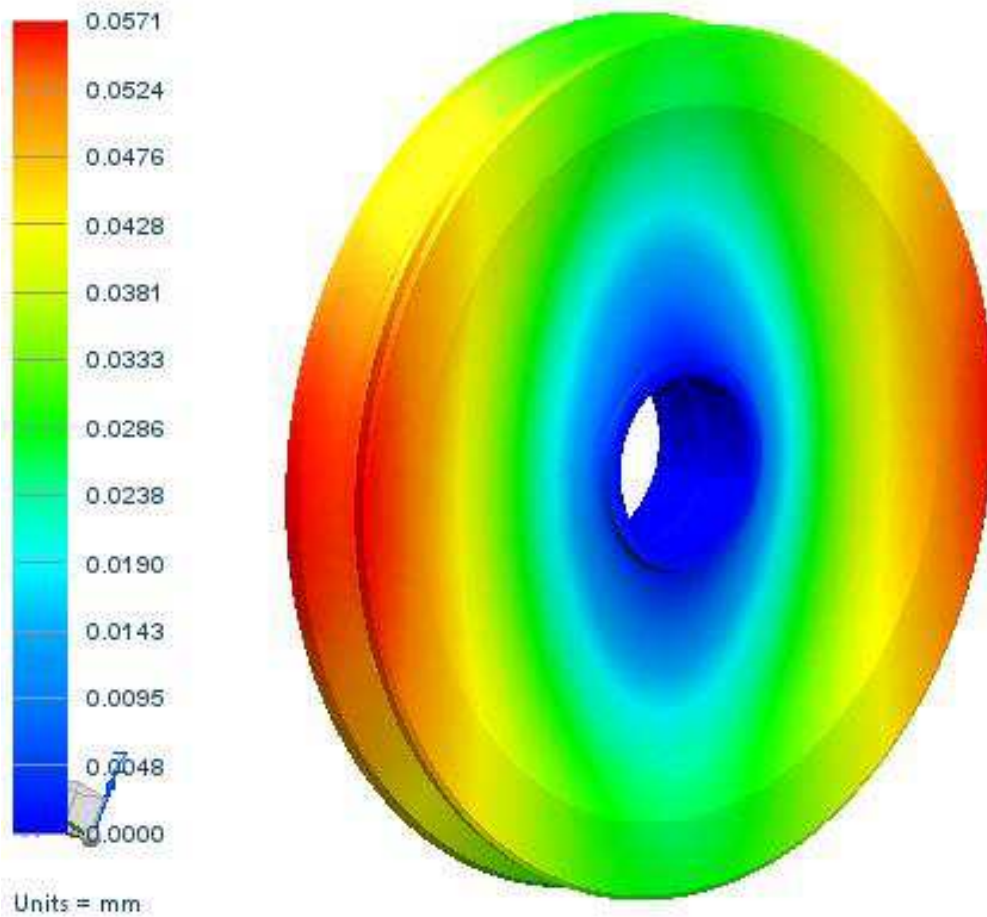


løpehjul\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.00, Max : 16.27, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)

lopehjul\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.0000, Max : 0.0571, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude





## Løpehjul - nedre

Mesh: 3D Tetrahedral Mesh, CTETRA(4)

Element Size: 50 mm

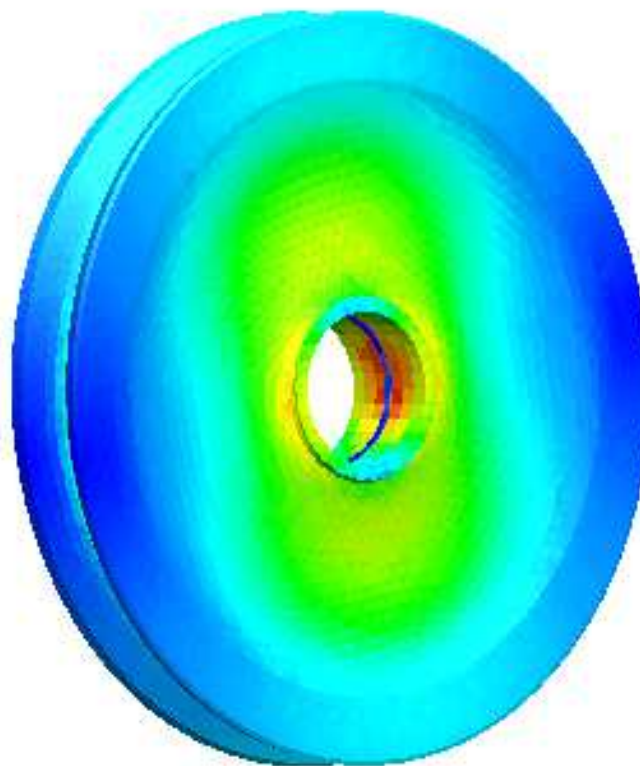
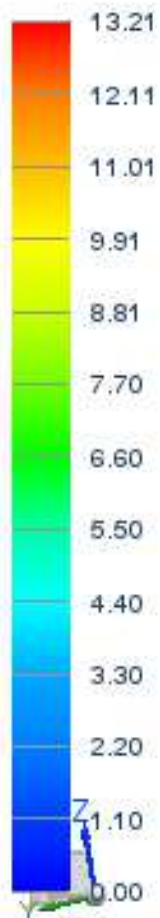
Pålitelighet, mesh: 98 %

Låst translasjon i senter av hjulet

Påført kraft: Resultant,  $F = 4018$  kN

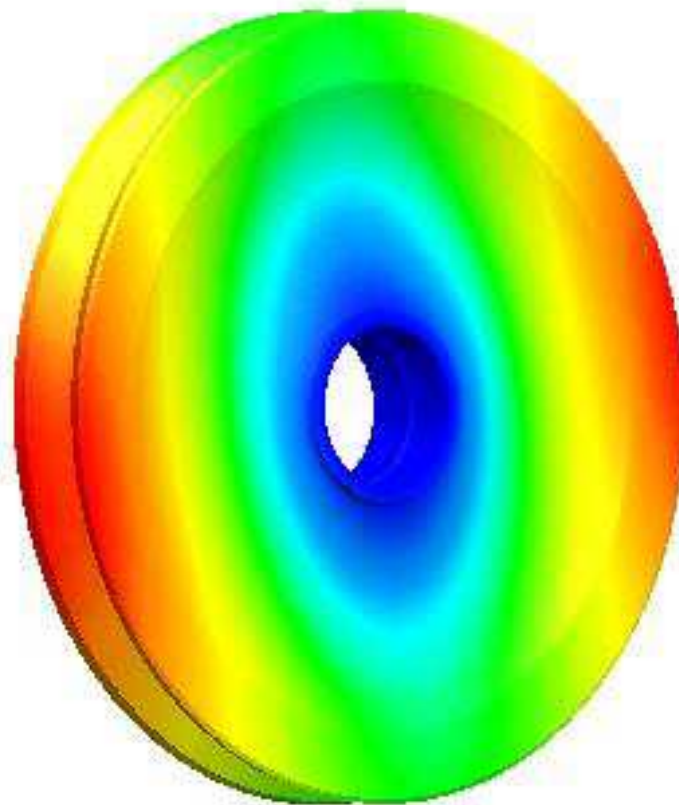
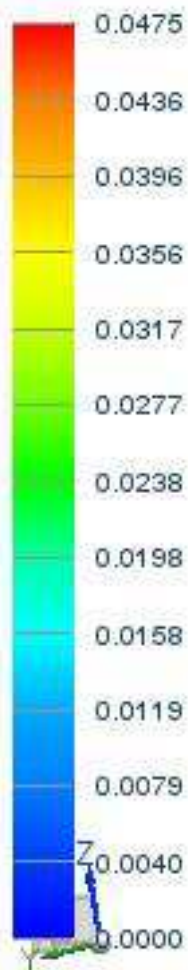


løpehjul\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Von-Mises  
Min : 0.00, Max : 13.21, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)

lopehjul\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Displacement - Nodal, Magnitude  
Min : 0.0000, Max : 0.0475, Units = mm  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude

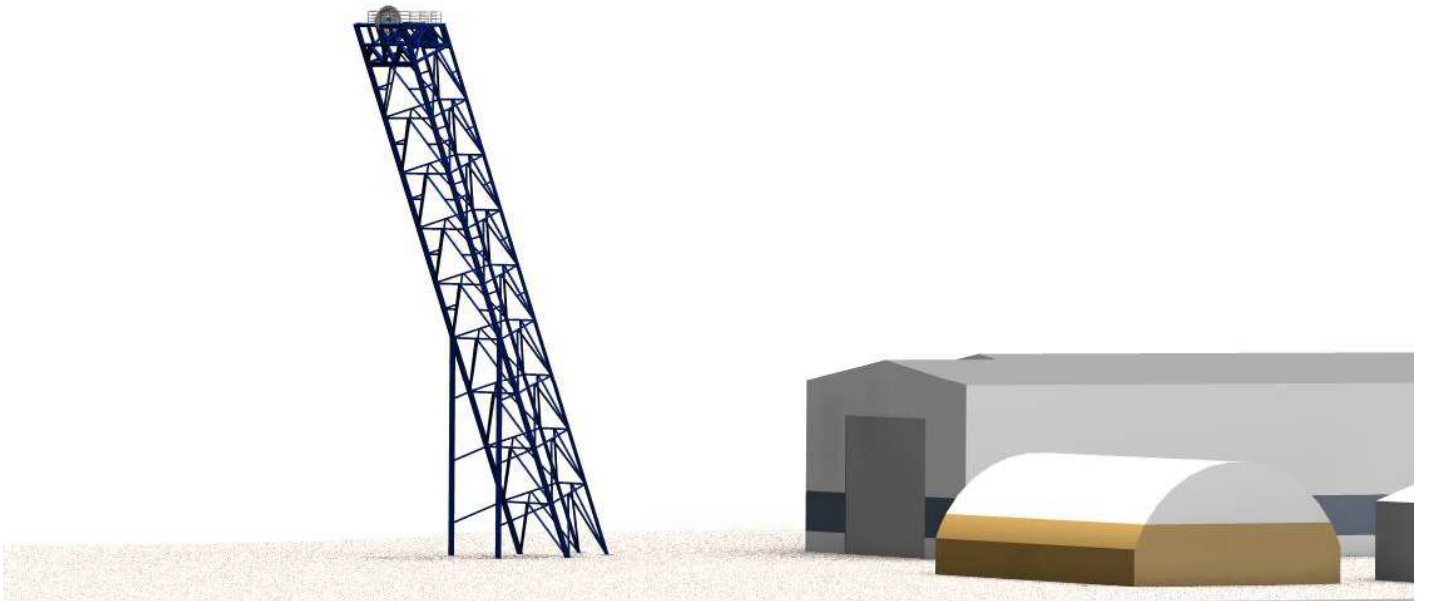
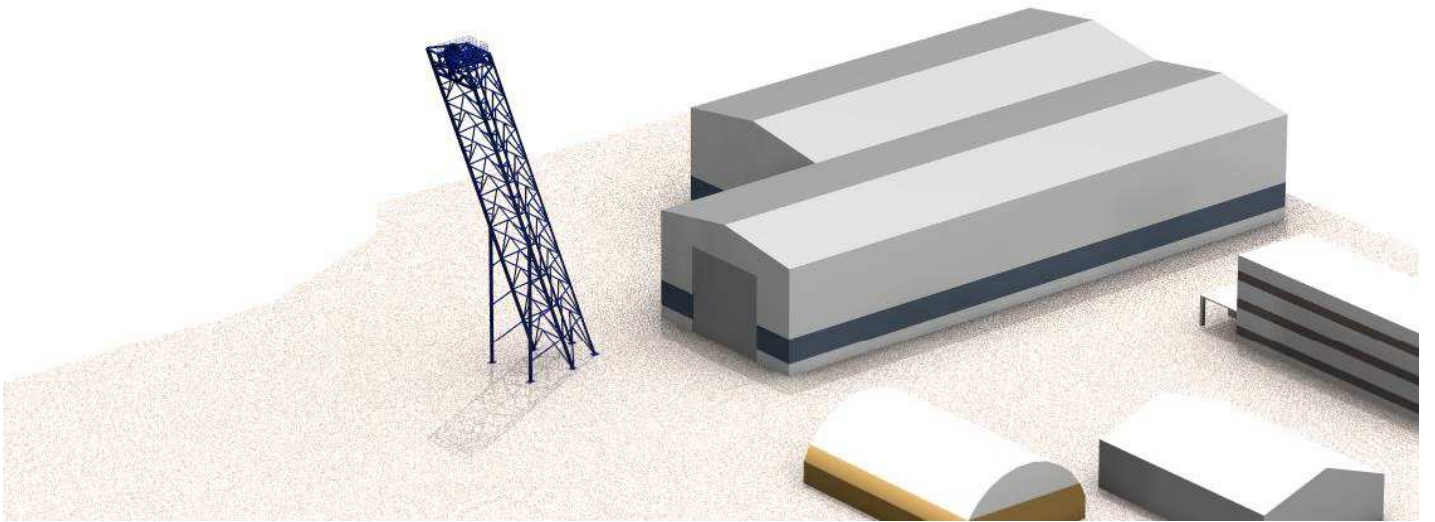
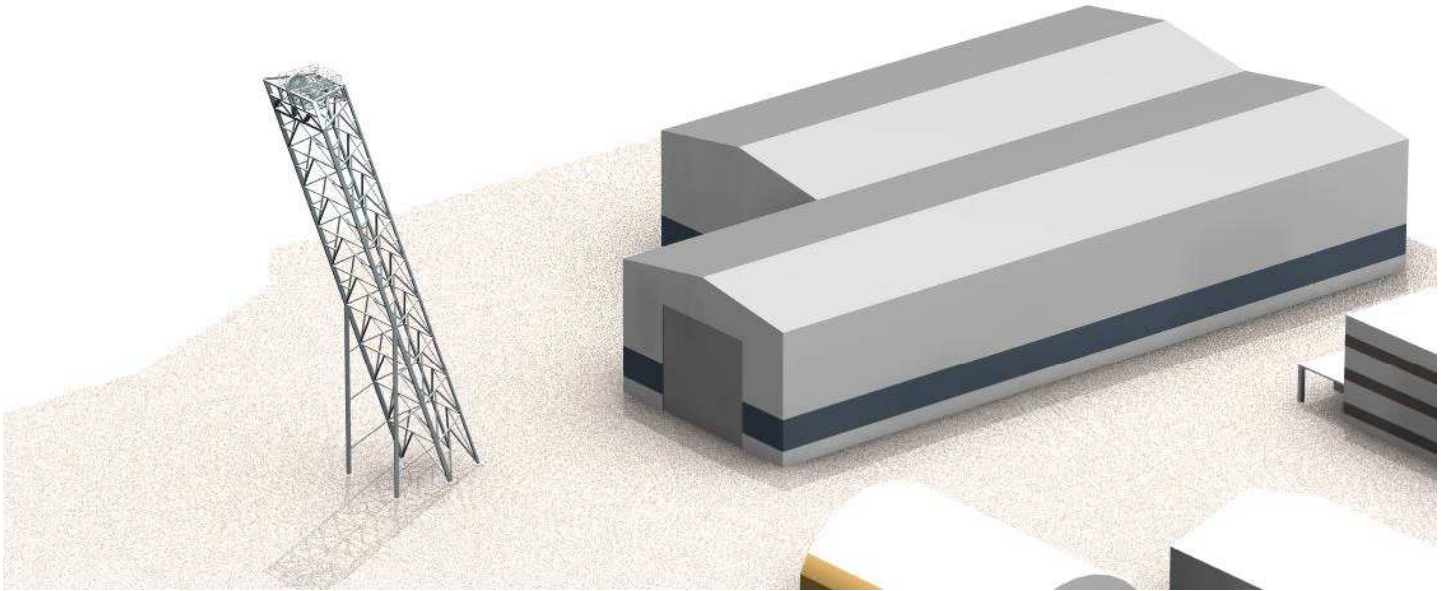


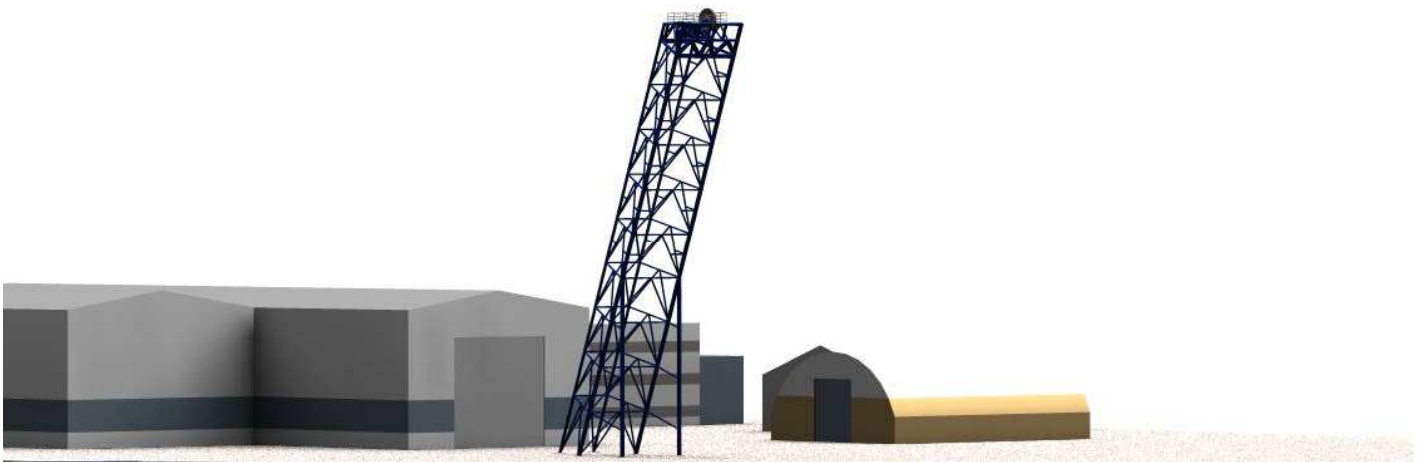
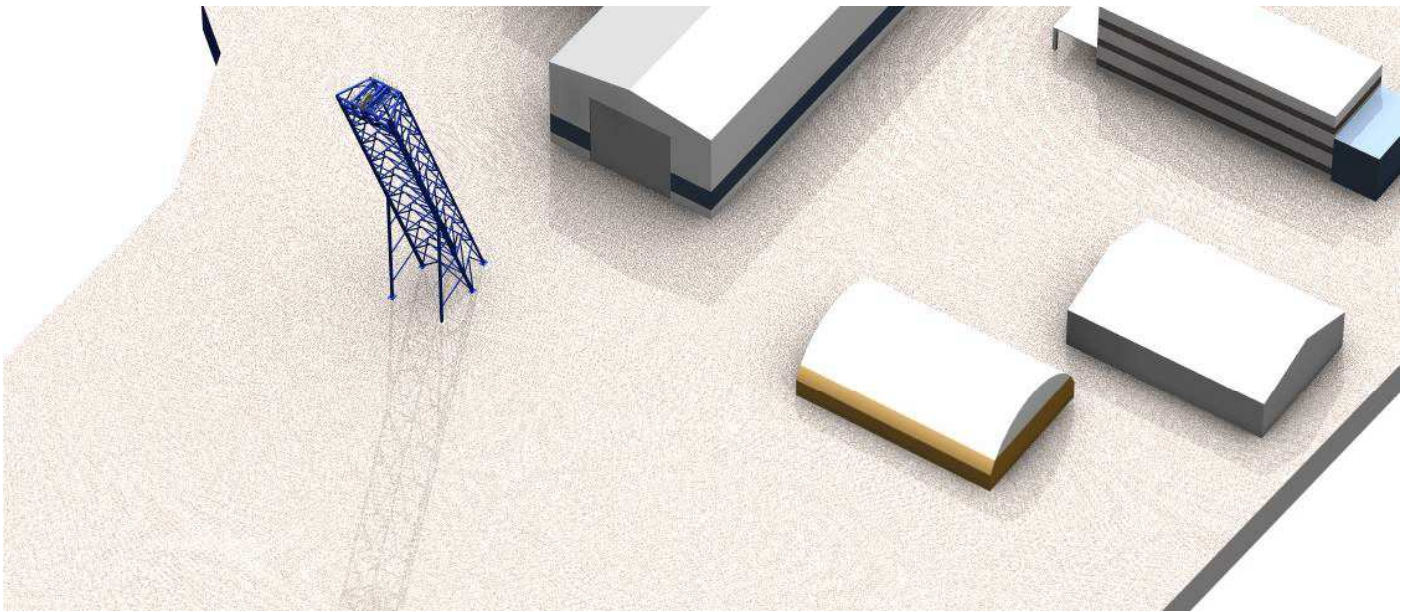
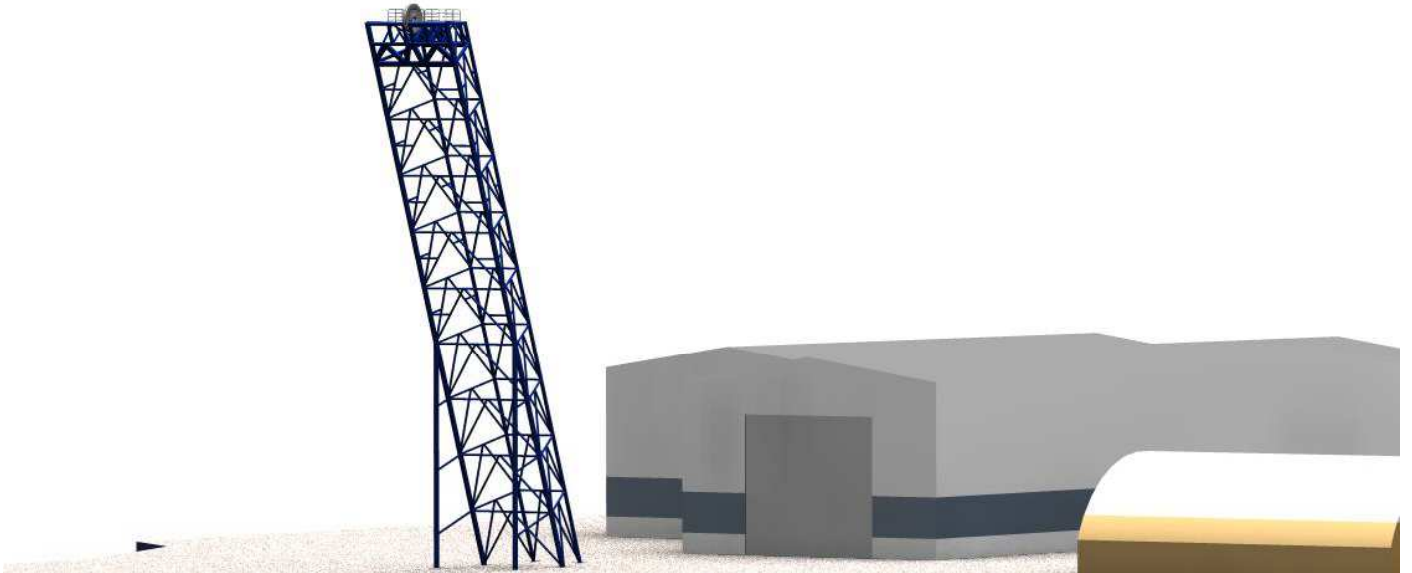
Units = mm

# Vedlegg C

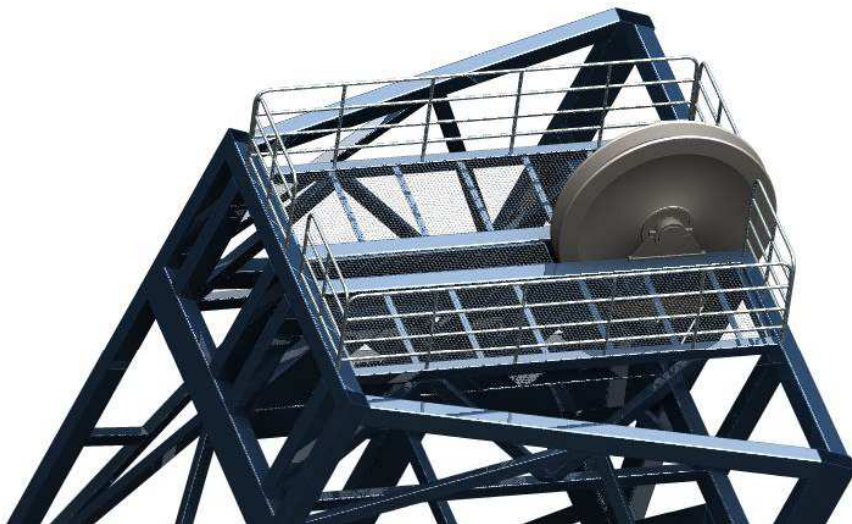
## **3D-modeller**

- Perspektiv modeller
- Modul 1 (Bunnmodul)
- Modul 2
- Modul 3
- Modul 4 (toppmodul)
- Akselbukk, øvre
- Lokk akselbukk, bunn
- Akselbukk, bunn
- Aksel
- Løpehjul

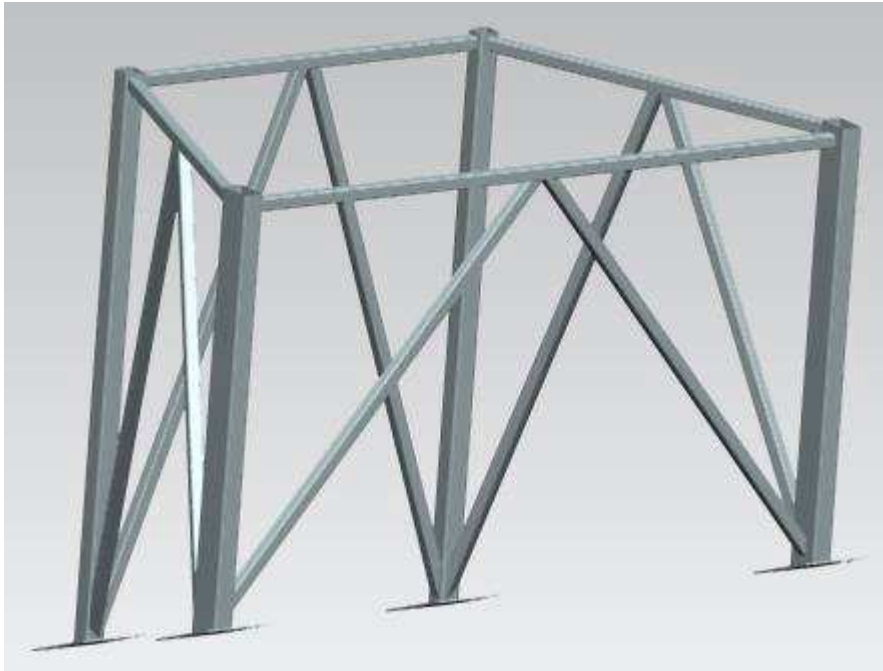






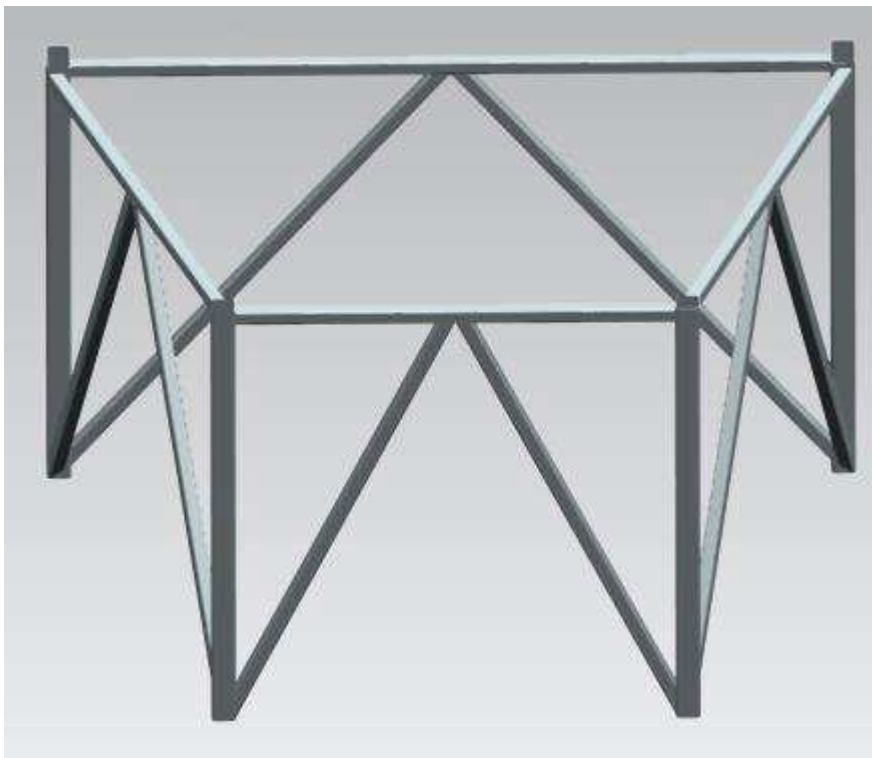
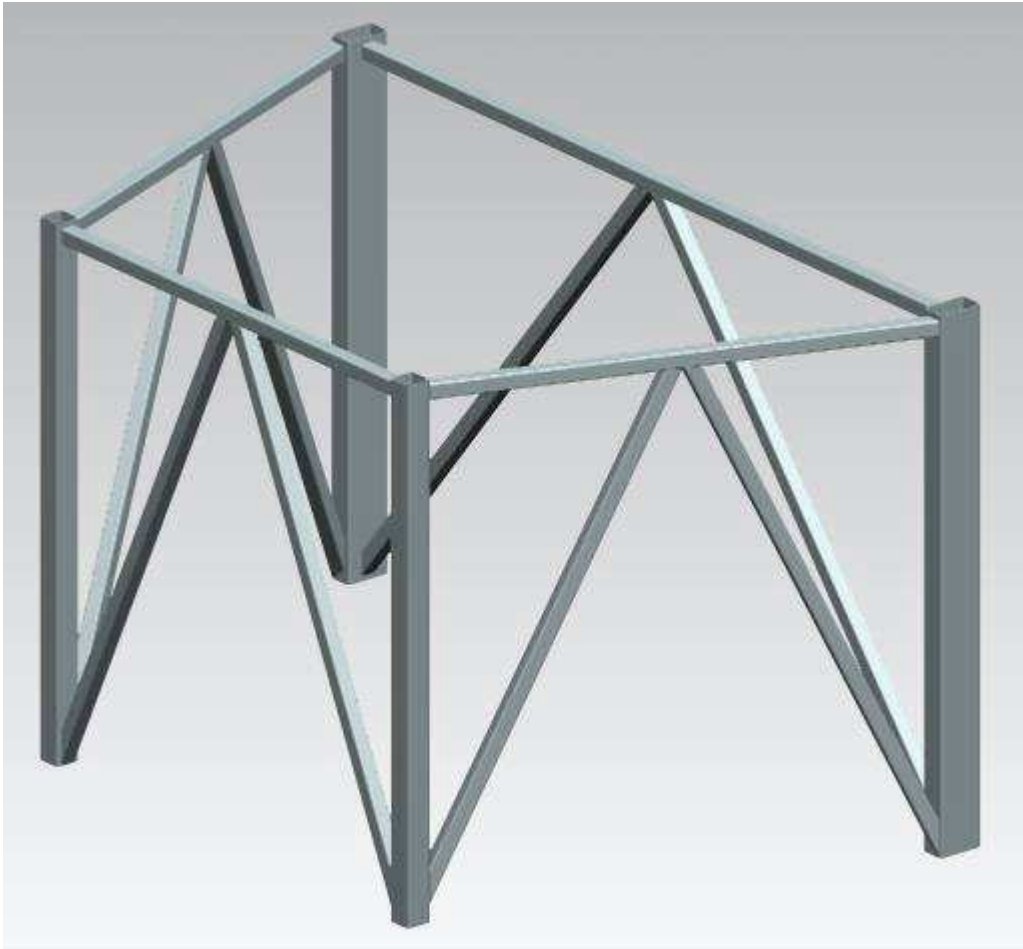


# MODUL 1 (Bunnmodul)

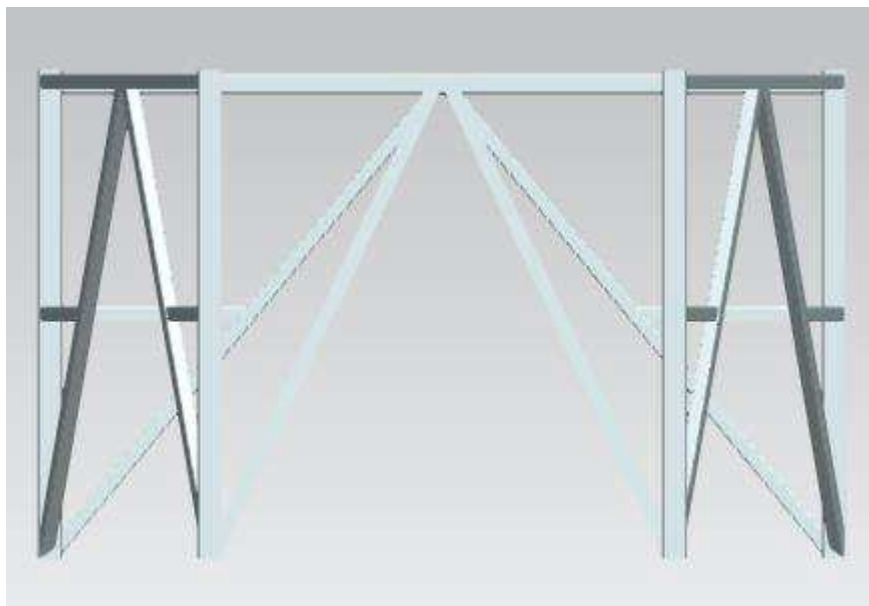
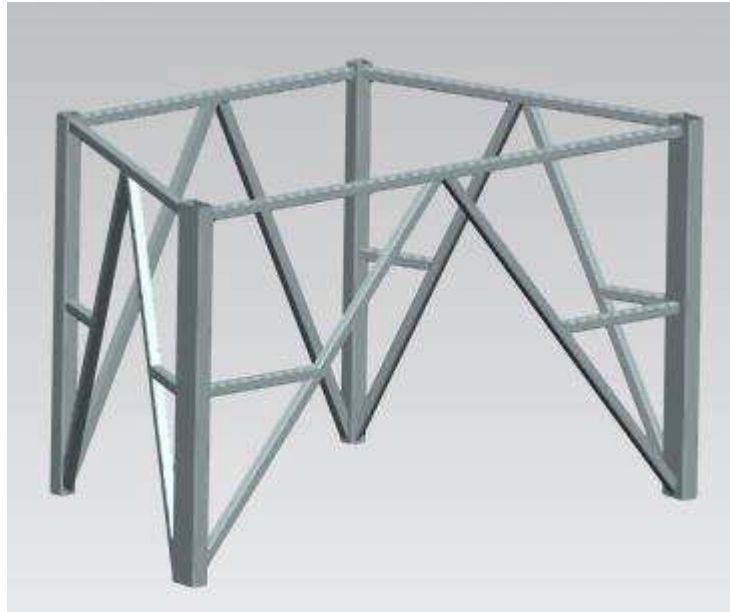




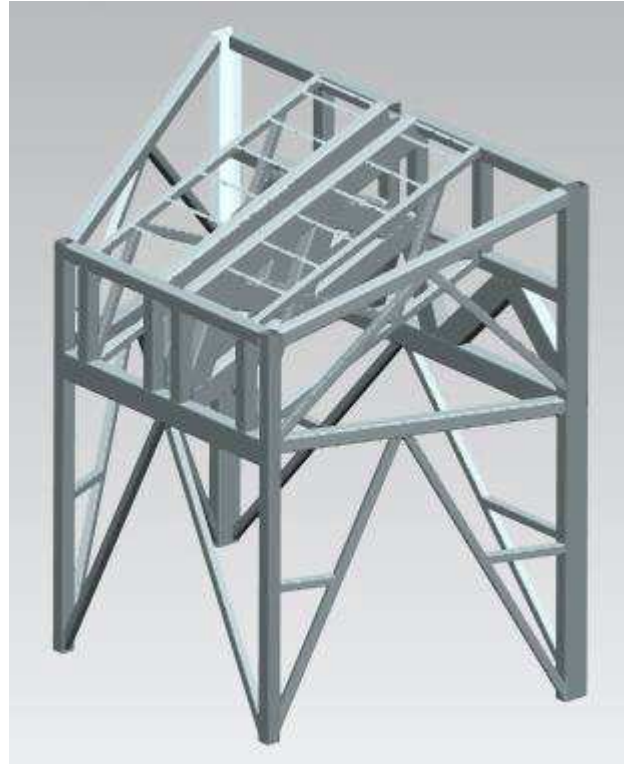
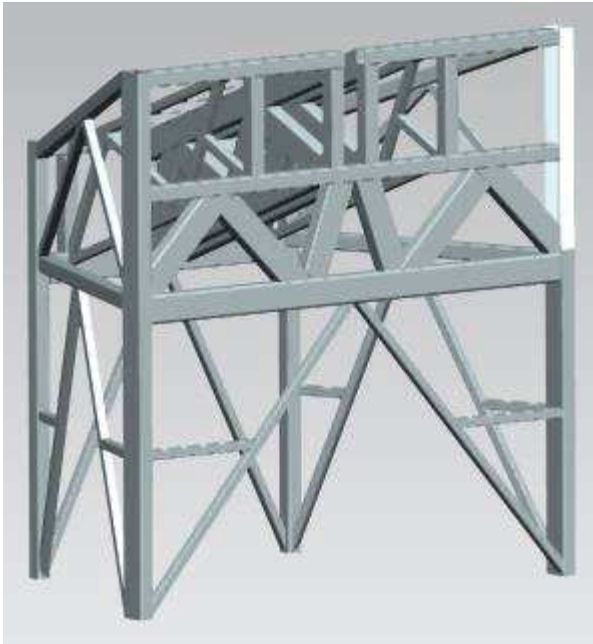
## Modul 2



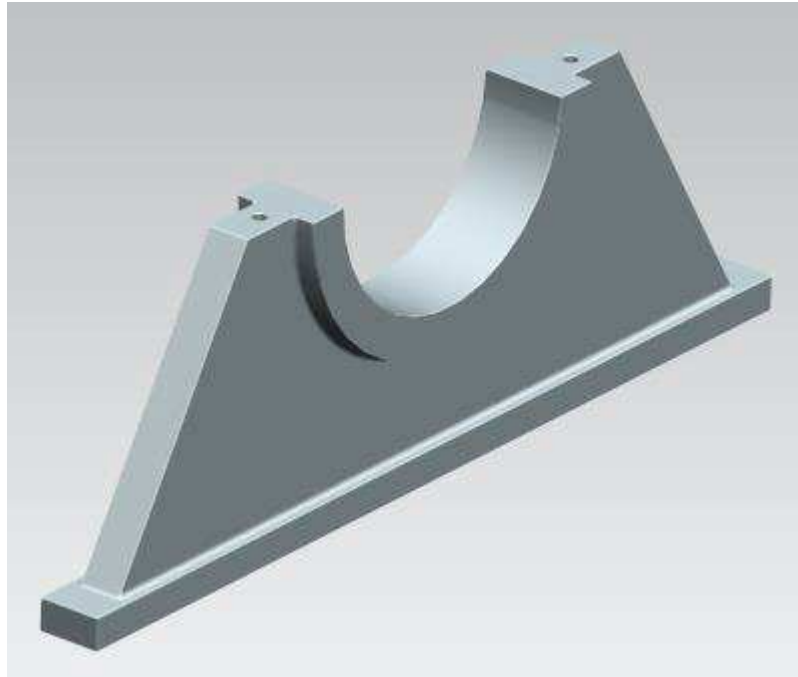
# MODUL 3



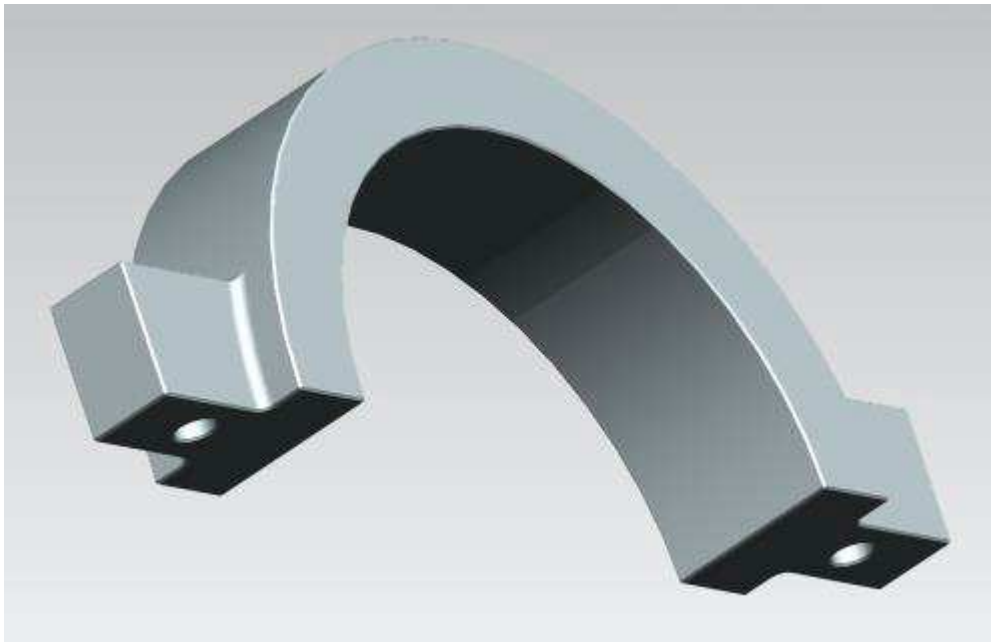
## MODUL 4 (Toppmodul)



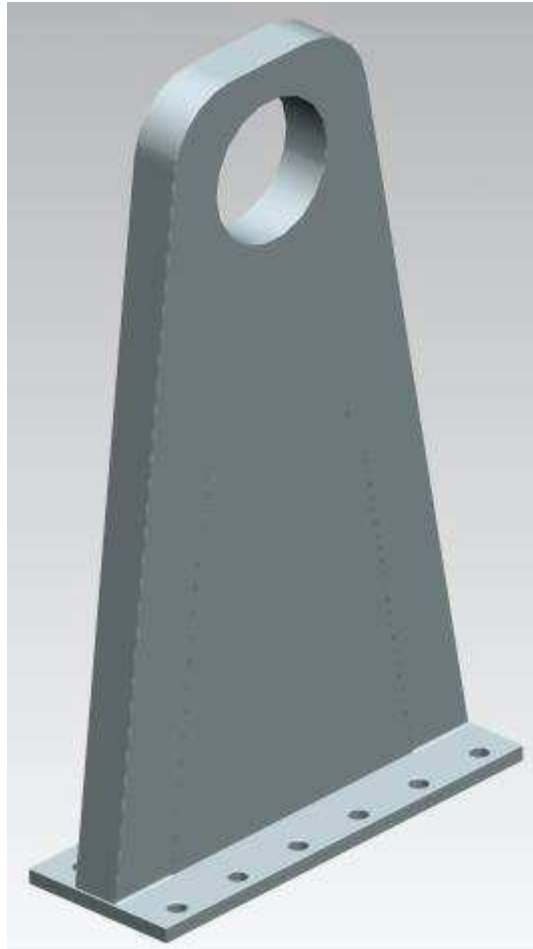
## AKSELBUKK – ØVRE



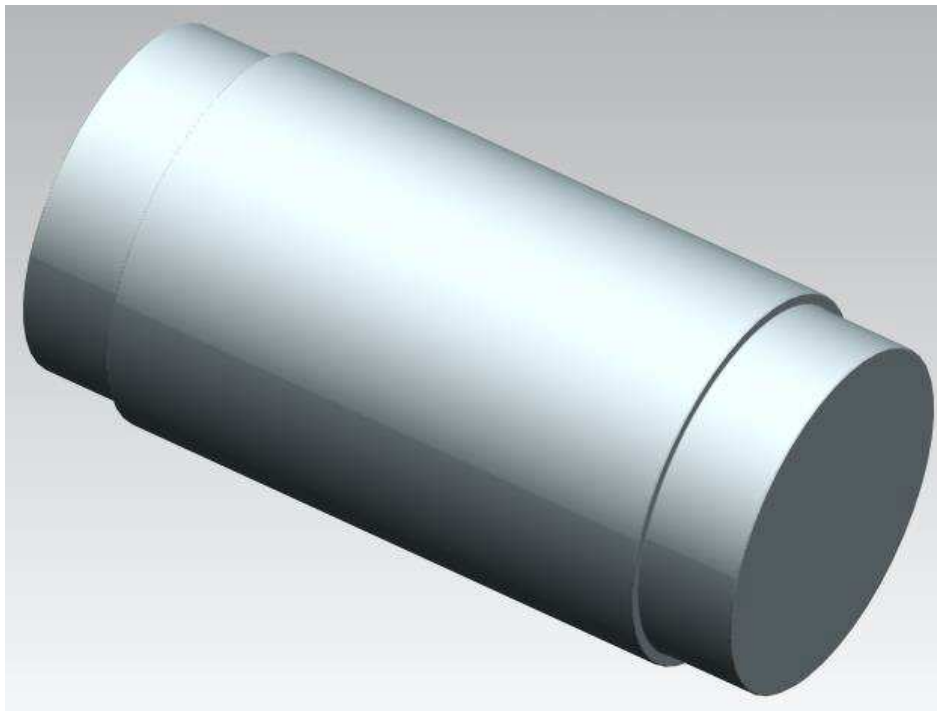
## LOKK AKSELBUKK – ØVRE



## AKSELBUKK – BUNN



## AKSEL



# VAIERHJUL



# Vedlegg D

**Krefter som virker på konstruksjonen**

## Krefter som virker på konstruksjonen

Her kartlegges kreftene som virker på konstruksjonen. Verdiene som blir funnet i her blir senere brukt i oppgaven for å gjøre styrkeberegninger. Vekt av løpehjul aksel og akselbukker er neglisjerbare i forhold til last, og blir sett bort i fra ved disse utregningene.

Lasten heises vertikalt opp av en vaier, som går opp til toppen av tårnet. Her vil vaieren endre retning via et løpehjul, og bli ført ned til bakkenivå. På bakkenivå vil vaieren på nytt endre retning via et nytt løpehjul, som fører vaieren i horisontal retning mot testområdet.

Siden vaieren endrer retning når den passerer løpehjulene, blir det en kraft i både x- og y-retning som påvirker alle delene på konstruksjonen. Løpehjulet på bakkenivå er forankret i bakken, og vil derfor ikke påvirke konstruksjonen. Kraftene her må allikevel beregnes, da aksel, lager og akselbukker skal dimensjoneres.

Dynamisk applikasjons faktor (DAF)	= 2
Gravitasjonskonstant (g)	= 9,81 m/s <sup>2</sup>
Vekt av lodd (F1)	= 125 tonn
Kraft for å løfte lodd (F2)	= 125 tonn
F1 * DAF * g	= 2 452 500 N
F2 * DAF * g	= 2 452 500 N

Krefter som virker på tårnet og dets komponenter kommer fra løpehjulet på toppen av tårnet, og er gitt av følgende forhold.

Summen av krefter i x- og y-retning

$$\text{x-komponent F1: } F1x = 0 \text{ N}$$

$$\text{Y-komponent F1: } F1y = 2\,452\,500 \text{ N}$$

$$\text{X-komponent F2: } F2x = \sin(20) = F2x/F2 \rightarrow F2x = F2 * \sin(20) = \\ 2\,452\,500 \text{ N} * \sin(20) = 838\,804 \text{ N}$$

$$\text{Y-komponent F2: } F2y = \cos(20) = F2y/F2 \rightarrow F2y = F2 * \cos(20) = \\ 2\,452\,500 \text{ N} * \cos(20) = 2\,304\,596 \text{ N}$$

Summen av krefter i x-retning:

$$FRx = F1x + F2x = 0 \text{ N} + 838\,804 \text{ N} = 838\,804 \text{ N}$$

Summen av krefter i y-retning:

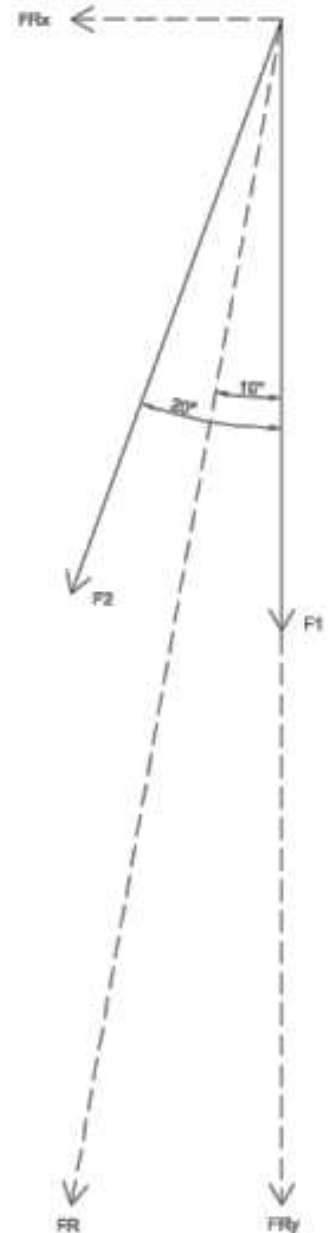
$$FRy = F1y + F2y = 2\,452\,500 \text{ N} + 2\,304\,596 \text{ N} = 4\,757\,096 \text{ N}$$

Resultant (FR) av F1 og F2:

$$FR = \sqrt{FRx^2 + FRy^2} = 4\,830\,482 \text{ N}$$

Retning resultant:

$$\tan^{-1}(FRx/FRy) = 10^\circ \text{ (fra negativ y - akse)}$$





# Vedlegg E

## **Excel-beregninger**

- Krefter på hjulet
- Akselberegninger
- Sveiseberegninger
- Knekkberegninger
- Bolteberegninger
- Utrekning av krefter
- Dimensjonering av akselbukk

## Krefter på hjulet

Gravitasjonskonstant	<b>g</b>	9,81	m/s <sup>2</sup>
Masse	<b>m</b>	125 000	Kg
Vinkel mellom komponenter	<b>α</b>	20°	(90° - 70°)
Hjulets masse	<b>m<sub>hjul</sub></b>	8000	Kg
Wiretension	<b>T</b>	1 226 250	N
Dynamisk amplitikasjonsfaktor	<b>DAF</b>	2	-
Materialfaktor	<b>SF<sub>m</sub></b>	1	-
<b>KREFTER</b>			
$\Sigma F_y = \Sigma ma_y$	<b>O<sub>y</sub></b>	4 914 056	N
$\Sigma F_x = \Sigma ma_x$	<b>O<sub>x</sub></b>	838 804	N

(90° - 70°)

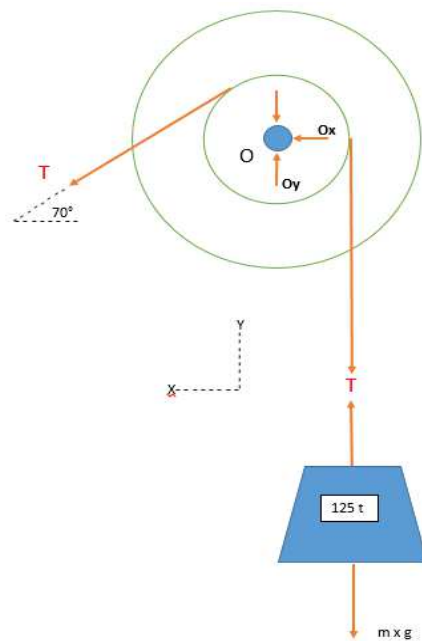
Fra NX

T = m x g

Endres etter bruksområde (1,5)

$$\Sigma F_y = T + m_{hjul} * g + \cos(\alpha) * DAF * SF_m$$

$$\Sigma F_x = T * \sin(\alpha) * DAF * SF_m$$



# AKSELBEREGNINGER

Material	Flytegrense Re [MPa]	Strekfasthet Rm [N/mm <sup>2</sup> ]	Massetetthet [kg/m <sup>3</sup> ]
S165M	750	1000	7 790

Aksel til topphjul			
Flytegrense	<b>R<sub>e</sub></b>	750	MPa
Sikkerhetsfaktor	<b>SF</b>	2	-
Tillatt spenning	<b>σ<sub>till</sub></b>	375	MPa
Akselens lengde	<b>L</b>	540	mm
Bøyemoment	<b>M<sub>b</sub></b>	672 992 815	Nmm
Minste tillatte diameter	<b>d<sub>min</sub></b>	263	mm
<b>Valgt diameter</b>	<b>d</b>	<b>300</b>	<b>mm</b>
Akselens masse	<b>m</b>	297,3	kg
Sikkerhetsfaktor med valgt diameter	<b>SF<sub>d</sub></b>		<b>3,0</b>

$$\sigma_{till} = R_e / SF$$

$$M_b = F_{res} * L / 4$$

$$d_{min} = (M_b * 32 / \pi * \sigma_{till})^{1/3}$$

$$m = A * L * \rho$$

$$SF_d = R_e * \pi * d^3 / M_b * 32$$

Nedbøyning			
Resulterende kraft	<b>F<sub>res</sub></b>	4 985 132	N
Lengde	<b>L</b>	540	mm
E-modul	<b>E</b>	210 000	Mpa
Annet arealmoment	<b>I</b>	397 607 820	mm <sup>4</sup>
Maks nedbøyning	<b>f<sub>max</sub></b>	0,05	mm

$$I = \pi * d^4 / 64$$

$$f_{max} = F_{res} * L^3 / L * E * 192$$

Krav: mindre en (1/3000) 0,0003  
 f/l 0,00009 OK!

Aksel til topphjul			
Flytegrense	<b>R<sub>e</sub></b>	750	MPa
Sikkerhetsfaktor	<b>SF</b>	2	-
Tillatt spenning	<b>σ<sub>till</sub></b>	375	MPa
Akselens lengde	<b>L</b>	540	mm
Bøyemoment	<b>M<sub>b</sub></b>	542 422 035	Nmm
Minste tillatte diameter	<b>d<sub>min</sub></b>	245	mm
<b>Valgt diameter</b>	<b>d</b>	<b>300</b>	<b>mm</b>
Akselens masse	<b>m</b>	297,3	kg
Sikkerhetsfaktor med valgt diameter	<b>SF<sub>d</sub></b>		<b>3,7</b>

$$\sigma_{till} = R_e / SF$$

$$M_b = F_{res} * L / 4$$

$$d_{min} = (M_b * 32 / \pi * \sigma_{till})^{1/3}$$

$$m = A * L * \rho$$

$$SF_d = R_e * \pi * d^3 / M_b * 32$$

Nedbøyning			
Resulterende kraft	<b>F<sub>res</sub></b>	4 017 941	N
Lengde	<b>L</b>	540	mm
E-modul	<b>E</b>	210 000	Mpa
Annet arealmoment	<b>I</b>	397 607 820	mm <sup>4</sup>
Maks nedbøyning	<b>f<sub>max</sub></b>	0,04	mm

Fra annet regneark

$$I = \pi * d^4 / 64$$

$$f_{max} = F_{res} * L^3 / L * E * 192$$

Krav: mindre en (1/3000) 0,0003  
 f/l 0,00007 OK!

## Sveiseberegninger:

beregninger utført på dei mest kritiske områdene, derrav på alle dei 8 modulene konstruksjonen består av. Der formlene ikke er gitt, er verdien hentet fra 3D-beam

Navn	verdi	benemning
Flytgrense	355	N/mm <sup>2</sup>

### Kritiske sveiser på modul nr 1

bjelke 33		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sweisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	194156	N
$\sigma$ bøy	14	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	48,2	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	44,0	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	87,94	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	4,04	

As = A\*0,8  
 $\sigma$  strekk = F / As  
 $\sigma$  vinkelrett = ( $\sigma$  bøy+  $\sigma$  strekk)/  
 $\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma$  vinkelrett<sup>2</sup>  
 sf=Re/ $\sigma_{jf}$

Bjelke 4		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sweisens areal (As)	4029,52	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	113983	N
$\sigma$ bøy	23	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	28,3	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	36,3	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	72,53	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	4,89	

As = A\*0,8  
 $\sigma$  strekk = F / As  
 $\sigma$  vinkelrett = ( $\sigma$  bøy+  $\sigma$  strekk)/  
 $\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma$  vinkelrett<sup>2</sup>  
 sf=Re/ $\sigma_{jf}$

### Kritiske sveiser på modul nr 2

bjelke 83		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sweisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	259897	N
$\sigma$ bøy	16	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	64,5	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	56,9	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	113,84	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	3,12	

As = A\*0,8  
 $\sigma$  strekk = F / As  
 $\sigma$  vinkelrett = ( $\sigma$  bøy+  $\sigma$  strekk)/  
 $\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma$  vinkelrett<sup>2</sup>  
 sf=Re/ $\sigma_{jf}$

bjelke 36		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	257293	N
$\sigma$ bøy	11	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	63,9	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	52,9	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	105,86	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	3,35	

$$A_s = A \cdot 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) /$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 \cdot \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

### Mest kritisk sveis på modul 3

bjelke 38		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	268390	N
$\sigma$ bøy	15	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	66,6	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	57,7	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	115,41	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	3,08	

$$A_s = A \cdot 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) /$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 \cdot \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 85		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	271461	N
$\sigma$ bøy	18	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	67,4	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	60,4	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	120,73	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	2,94	

$$A_s = A \cdot 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) /$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 \cdot \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

### Mest kritiske sveis i modul 4

bjelke 28		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sweisens areal (As)	4028,8	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	438516	N
σ bøøy	14	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	108,8	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	86,9	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	173,73	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	2,04	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = R_e / \sigma \text{ jf}$$

bjelke 61		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sweisens areal (As)	3889,6	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	239370	N
σ bøøy	5	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	61,5	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	47,1	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	94,10	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	3,77	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = R_e / \sigma \text{ jf}$$

### Mest kritiske sveis i modul 5

bjelke 41		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sweisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	508165	N
σ bøøy	14	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	126,1	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	99,1	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	198,15	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,79	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = R_e / \sigma \text{ jf}$$

bjelke 42		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	515435	N
σ bøøy	33	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	127,9	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	113,8	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	227,57	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,56	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma_{\text{strekk}} = F / A_s$$

$$\sigma_{\text{vinkelrett}} = (\sigma_{\text{bøøy}} + \sigma_{\text{strekk}}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\text{jf}} = \sqrt{4} * \sigma_{\text{vinkelrett}}^2$$

$$sf = R_e / \sigma_{\text{jf}}$$

bjelke 328		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	494298	N
σ bøøy	17	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	122,7	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	98,8	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	197,52	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,80	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma_{\text{strekk}} = F / A_s$$

$$\sigma_{\text{vinkelrett}} = (\sigma_{\text{bøøy}} + \sigma_{\text{strekk}}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\text{jf}} = \sqrt{4} * \sigma_{\text{vinkelrett}}^2$$

$$sf = R_e / \sigma_{\text{jf}}$$

bjelke 359		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	503014	N
σ bøøy	23	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	124,8	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	104,5	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	209,07	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,70	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma_{\text{strekk}} = F / A_s$$

$$\sigma_{\text{vinkelrett}} = (\sigma_{\text{bøøy}} + \sigma_{\text{strekk}}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\text{jf}} = \sqrt{4} * \sigma_{\text{vinkelrett}}^2$$

$$sf = R_e / \sigma_{\text{jf}}$$

## Mest kritiske sveis i modul 6

bjelke 43		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	556856	N
$\sigma$ bøy	23	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	138,2	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	114,0	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	227,96	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,56	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 332		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	540378	N
$\sigma$ bøy	18	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	134,1	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	107,6	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	215,11	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,65	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 92		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	565672	N
$\sigma$ bøy	12	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	140,4	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	107,8	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	215,50	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,65	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$



bjelke 357		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	567864	N
$\sigma$ bøy	8	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	140,9	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	105,3	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	210,61	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,69	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

### Mest kritiske sveisene i modul 7

bjelke 45		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	535882	N
$\sigma$ bøy	27	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	133,0	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	113,1	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	226,26	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,57	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 336		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	516034	N
$\sigma$ bøy	22	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	128,1	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	106,1	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	212,22	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,67	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 252		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	476152	N
$\sigma$ bøøy	7	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	118,2	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	88,5	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	177,01	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor f	2,01	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 94		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	544115	N
$\sigma$ bøøy	20	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	135,0	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	109,6	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	219,25	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,62	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

### Mest kritiske sveisene i modul 8

bjelke 321		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	3635,2	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	722461	N
$\sigma$ bøøy	10	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	198,7	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	147,6	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	295,20	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,20	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 241		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	572001	N
σ bøøy	34	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	142,0	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	124,4	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	248,83	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,43	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma_{\text{strekk}} = F / A_s$$

$$\sigma_{\text{vinkelrett}} = (\sigma_{\text{bøøy}} + \sigma_{\text{strekk}}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\text{jf}} = \sqrt{4} * \sigma_{\text{vinkelrett}}^2$$

$$sf = Re / \sigma_{\text{jf}}$$

bjelke 48		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	571171	N
σ bøøy	26	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	141,7	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	118,6	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	237,23	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,50	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma_{\text{strekk}} = F / A_s$$

$$\sigma_{\text{vinkelrett}} = (\sigma_{\text{bøøy}} + \sigma_{\text{strekk}}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\text{jf}} = \sqrt{4} * \sigma_{\text{vinkelrett}}^2$$

$$sf = Re / \sigma_{\text{jf}}$$

bjelke 344		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	559687	N
σ bøøy	16	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	138,9	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	109,5	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	219,06	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,62	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma_{\text{strekk}} = F / A_s$$

$$\sigma_{\text{vinkelrett}} = (\sigma_{\text{bøøy}} + \sigma_{\text{strekk}}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{\text{jf}} = \sqrt{4} * \sigma_{\text{vinkelrett}}^2$$

$$sf = Re / \sigma_{\text{jf}}$$

bjelke 95		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	472132	N
$\sigma$ bøøy	19	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	117,2	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	96,3	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	192,57	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,84	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 340		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	8	mm
Profilens Bredde B	150	mm
Profilens Høgde H	150	mm
Sveisens areal (As)	4029,5	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	455630	N
$\sigma$ bøøy	21	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	113,1	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	94,8	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	189,61	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,87	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

### Mest kritiske sveisen i modul 9

bjelke 175		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	22	mm
Profilens Bredde B	450	mm
Profilens Høgde H	250	mm
Sveisens areal (As)	23091,2	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	2134699	N
$\sigma$ bøøy	71	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ strekk	92,4	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ vinkelrett = $\tau$ vinkelrett	115,6	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma$ jamførende ( $\sigma_{jf}$ )	231,15	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,54	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = Re / \sigma_{jf}$$

bjelke 181		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	12,5	mm
Profilens Bredde B	450	mm
Profilens Høgde H	250	mm
Sveisens areal (As)	19091,2	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	1339959	N
σ bøøy	21	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	70,2	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	64,5	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	128,96	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	2,75	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = R_e / \sigma \text{ jf}$$

bjelke 188		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	12,5	mm
Profilens Bredde B	450	mm
Profilens Høgde H	250	mm
Sveisens areal (As)	13827,2	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	1790656	N
σ bøøy	80	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	129,5	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	148,1	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	296,28	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,20	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = R_e / \sigma \text{ jf}$$

bjelke 185		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	12,5	mm
Profilens Bredde B	250	mm
Profilens Høgde H	250	mm
Sveisens areal (As)	13827,2	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	1446574	N
σ bøøy	62	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	104,6	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	117,8	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	235,63	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,51	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$$

$$sf = R_e / \sigma \text{ jf}$$

bjelke 204		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	12,5	mm
Profilens Bredde B	450	mm
Profilens Høgde H	250	mm
Sveisens areal (As)	14366,4	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	1585795	N
σ bøøy	82	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	110,4	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	136,0	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	272,07	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,30	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jmf} = \sqrt{4} * \sigma \text{ vinkelrett}^2$$

$$sf = Re / \sigma \text{ jf}$$

bjelke 186		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	12,5	mm
Profilens Bredde B	250	mm
Profilens Høgde H	250	mm
Sveisens areal (As)	16666,0	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	1453529	N
σ bøøy	62	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	87,2	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	105,5	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	211,02	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,68	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4} * \sigma \text{ vinkelrett}^2$$

$$sf = Re / \sigma \text{ jf}$$

bjelke 189		
Navn	Verdi	Benemning
godstykkelse (a)	12,5	mm
Profilens Bredde B	450	mm
Profilens Høgde H	250	mm
Sveisens areal (As)	14603,8	mm <sup>2</sup>
aksial kraften (F)	1585795	N
σ bøøy	82	N/mm <sup>2</sup>
σ strekk	108,6	N/mm <sup>2</sup>
σ vinkelrett = τ vinkelrett	134,8	N/mm <sup>2</sup>
σ jamførende (σjf)	269,53	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor sf	1,32	

$$A_s = A * 0,8$$

$$\sigma \text{ strekk} = F / A_s$$

$$\sigma \text{ vinkelrett} = (\sigma \text{ bøøy} + \sigma \text{ strekk}) / \sqrt{2}$$

$$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4} * \sigma \text{ vinkelrett}^2$$

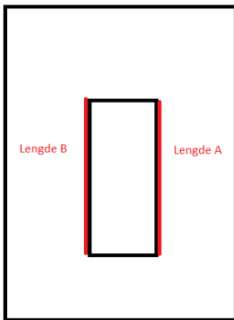
$$sf = Re / \sigma \text{ jf}$$

## Profilene til labbene

Beregning av nødvendig a-mål på sveisens effektive lengder som er merket A og B som på skissa

Navn:	Verdi:	Benemning:
Kraft (F)	469758	N
Flytgrense (Re)	355	N/mm <sup>2</sup>
sikkerhetsfaktor (sf)	4	
Lengde A	479	mm
Lengde B	479	mm
Total Lengde T	958	mm
$\sigma$ tilatt	89	N/mm <sup>2</sup>
a-målet (a)	7,8	mm

$T=A+B$   
 $\sigma = Re/sf$   
 $a= F/(0707*T*\sigma \text{ tilatt})$



Illustrasjonsskisse

## Sveising av bukken til toppmodulen :

Beregning av opptredende sikkerhetsfaktor ved gitt a-mål. Beregningene blir gjort i to snitt.

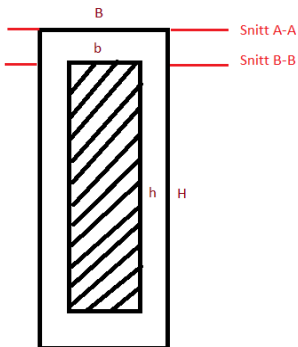
Navn	Verdi	benemning	
Flytgrense	355	Mpa	
Amål sveis (a)	10	mm	
Bredde b	60	mm	
Bredde B	80	mm	$B=b+(2*a)$
Høgda H	890	mm	
Høgda h	870	mm	$h=H-(2*a)$
Fx krafta (Fx1)	419402	N	$Fx1=FX/2$
Fy krafta (Fy1)	2378548	N	$FY1=FY/2$
Arm opptil lagere (arm)	300	mm	
Sveisens areal (As)	19000		$As=H*B-(h*b)$

### Snitt A-A

Navn	Verdi	benemning	
distanse y	445		$y= H/2$
Tregghetsmomentet I	1407278333		$I=(B*H^3)-(b*h^3)/(12)$
$\sigma$ bøøy ( $\sigma$ bøøy)	39,8	Mpa	$\sigma \text{ bøøy}=(Fx1*arm*y)/I$
$\sigma$ trykk ( $\sigma$ trykk)	125,2	MPa	$\sigma \text{ trykk} = Fy1/As$
$\sigma$ total ( $\sigma$ tot)	28,1	MPa	$\sigma \text{ tot} = \sigma \text{ bøøy} / \sqrt{2}$
$\sigma$ jamførende ( $\sigma$ jf)	#REF!	MPa	$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$
Sikkerhet mot brudd sf	#REF!		$sf = re/\sigma \text{ jf}$

### Snitt B-B

Navn	verdi	benemning	
Distanse y	435		$y= H/2$
tregghetsmoment I	1407278333		$I=(B*H^3)-(b*h^3)/(12)$
$\sigma$ bøøy	38,9	MPa	$\sigma \text{ bøøy}=(Fx1*arm*y)/I$
$\sigma$ tot	38,9	MPa	$\sigma \text{ trykk} = Fy1/As$
$\tau$ parallel	24,1	MPa	$\sigma \text{ tot} = \sigma \text{ bøøy} / \sqrt{2}$
$\tau$ vinkel	27,5	MPa	$\tau \text{ vinkel} = \sigma \text{ tot} / \sqrt{2}$
$\sigma$ jamnførende	60,1	MPa	$\sigma \text{ jf} = \sqrt{4 * \sigma \text{ vinkelrett}^2}$
sikkerhet mot brudd	5,9		$sf = re/\sigma \text{ jf}$



Illustrasjonsskisse



## Skjærkraftthjørner til labane

Beregning av nødvendig a-mål på sveisend effektive lengder som er merket A, B og C som på skissa

Navn:	verdi	benemining
Kraft (F)	469758	N
Flytgrense (Re)	355	N/mm <sup>2</sup>
sikkerhetsfaktor (sf)	2	
Lengde A	80	mm
Lengde B	80	mm
Lengde C	160	mm
Total Lengde T	640	mm
$\sigma$ tilatt	178	N/mm <sup>2</sup>
a-målet (a)	5,8	mm

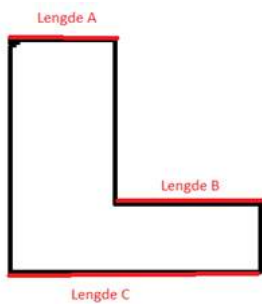
$$\sigma_{jf} = \sqrt{4} * \sigma \text{ vinkelrett}^2$$

$$C = A + B$$

$$T = (A + B + C) * 2$$

$$\sigma = Re / sf$$

$$a = F / (0,707 * T * \sigma \text{ tilatt})$$



## Beregning av sikkerhet mot Knekking

Beregning av konstruksjonens bjelker som er utsatt for trykkrefter Dette siden det er disse som kan vere utsatte for knekking.

under kommer man ut med en sikkerhet mot knekking, der insatte verdier er hentet fra 3D-beam derfor ingen formler bak utregningene. Formelen for knekkkraft som vist under, Samt aksialkraft dele på knekkraften er dei eneste brukte formlene her, disse gjentas igjennom heile regnearket

$$F = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

where

$F$  = maximum or critical force (vertical load on column),

$E$  = modulus of elasticity,

$I$  = area moment of inertia,

$L$  = unsupported length of column,

$K$  = column effective length factor, whose value depends on the conditions of end support of the column, as follows.

For both ends pinned (hinged, free to rotate),  $K = 1.0$ .

For both ends fixed,  $K = 0.50$ .

For one end fixed and the other end pinned,  $K = 0.699....$

For one end fixed and the other end free to move laterally,  $K = 2.0$ .

$KL$  is the effective length of the column.

Navn	verdi	benemning
$\pi$	3,141593	
elatitetsmodul	206000	N/mm <sup>2</sup>
K	1	
Sikkerhet	1,86	

## Knekking av bjelker posisjon 2

dimensjoner				Arealmoment	
Høgda	Bredda	platetykkelse	radius	Iz	Iy
400	400	20	10	730300000	730300000

Data		Tilatt belastning		Normalkraft	sikkerhetsfaktor
Bjelke nr	Lengde	Fz	Fy	Nx	Sf>1,86
167	200	37120034471	37120034471	283499	130935,3
168	200	37120034471	37120034471	283080	131129,1
180	1349	815914146	815914146	2038423	400,3
194	1429	727014585	727014585	2032696	357,7
203	1429	727014585	727014585	2030396	358,1
205	1349	815914146	815914146	2038596	400,2
209	1349	815914146	815914146	348852	2338,9
210	1349	815914146	815914146	347871	2345,5

### Knekking av bjelker posisjon 3

dimensjoner				Arealmoment	
Høgda	Bredda	platetykkelse	radius	Iz	Iy
450	250	13	10	181230000	454820000

Data		Tilatt belastning		Normalkraft	sikkerhetsfaktor
Bjelke nr	Lengde	Fz	Fy	Nx	Sf>1,86
2	2340	67309568	168922020	1386221	48,6
6	5000	14738631	36988490	1589741	9,3
9	5000	14738631	36988490	1806362	8,2
12	5000	14738631	36988490	1968744	7,5
15	2500	58954524	147953962	3438187	17,1
18	2500	58954524	147953962	2906075	20,3
21	2500	58954524	147953962	2107163	28,0
24	2500	58954524	147953962	1210431	48,7
50	2340	67309568	168922020	1386246	48,6
54	5000	14738631	36988490	1589725	9,3
57	5000	14738631	36988490	1806304	8,2
60	5000	14738631	36988490	1968638	7,5
63	2500	58954524	147953962	3438035	17,1
66	2500	58954524	147953962	2905863	20,3
69	2500	58954524	147953962	2106872	28,0
72	2500	58954524	147953962	1210059	48,7
130	940	417005175	1046528134	55430	7523,1
138	940	417005175	1046528134	55374	7530,7
147	200	9211644320	23117806488	483670	19045,3
148	200	9211644320	23117806488	439579	20955,6
149	2105	83147977	208670546	58266	1427,0
155	200	9211644320	23117806488	439579	20955,6
158	200	9211644320	23117806488	483670	19045,3
165	1687	129407981	324765977	1007260	128,5
166	1687	129407981	324765977	1006798	128,5
177	2105	83147977	208670546	58280	1426,7
179	1349	202475860	508139219	1586223	127,6
183	1417	183457244	460409555	32240	5690,4
184	1417	183457244	460409555	29398	6240,5
185	1757	119331407	299477519	1446574	82,5
186	1757	119331407	299477519	1453529	82,1
187	1757	119331407	299477519	351031	339,9
189	1491	165723315	415903979	768089	215,8
193	1293	220326005	552936455	733862	300,2
195	1757	119331407	299477519	352822	338,2
199	1491	165723315	415903979	785535	211,0
201	1293	220326005	552936455	743368	296,4
204	1349	202475860	508139219	1585795	127,7
208	1428	180616857	453281238	130681	1382,1
211	1428	180616857	453281238	130530	1383,7
212	5320	13016930	32667661	2041845	6,4
214	2660	52063807	130660822	1381909	37,7
216	2830	46003788	115452423	2055783	22,4

218	5321	13015463	32663978	2057740	6,3
220	5323	13005683	32639435	2052914	6,3
221	2660	52063807	130660822	1381934	37,7
222	5321	13015463	32663978	2057751	6,3
225	2830	46003788	115452423	2055792	22,4
226	5323	13005683	32639435	2052924	6,3
228	5320	13016930	32667661	2041854	6,4
243	2500	58954524	147953962	1189107	49,6
244	2500	58954524	147953962	1189485	49,6
247	2500	58954524	147953962	2097203	28,1
248	2500	58954524	147953962	2097497	28,1
249	2500	58954524	147953962	2904355	20,3
250	2500	58954524	147953962	2904139	20,3
257	2500	58954524	147953962	3423869	17,2
258	2500	58954524	147953962	3424023	17,2

### Knekking av Bjelke posisjon, 4

dimensjoner				Arealmoment	
Høgda	Bredda	platetykkelse	radius	Iz	Iy
150	150	6	3	2340000	1230000

Data		Tilatt belastning		Normalkraft	sikkerhetsfaktor
Bjelke nr	Lengde	Fz	Fy	Nx	Sf>1,86
134	2604	701834	368913	66977	10,5
136	1710	1627964	855724	122625	13,3
139	2604	701834	368913	67077	10,5
141	1710	1627964	855724	122840	13,3

### Knekking av bjelke, 6

dimensjoner				Arealmoment	
Høgda	Bredda	platetykkelse	radius	Iz	Iy
250	250	13	10	110650000	110650000

Data		Tilatt belastning		Normalkraft	sikkerhetsfaktor
Bjelke nr	Lengde	Fz	Fy	Nx	Sf>1,86
20	2500	35994692	35994692	51689	696,4
23	2500	35994692	35994692	117198	307,1
32	2500	35994692	35994692	279659	128,7
68	2500	35994692	35994692	52173	689,9
71	2500	35994692	35994692	117711	305,8
80	2500	35994692	35994692	279351	128,9
129	940	254602564	254602564	79428	3205,5
131	1500	99985256	99985256	1534	65179,4
135	1860	65040818	65040818	90098	721,9
143	1860	65040818	65040818	89951	723,1
145	1500	99985256	99985256	1568	63766,1
146	940	254602564	254602564	79872	3187,6

153	1500	99985256	99985256	104330	958,4
154	1500	99985256	99985256	104275	958,9
156	1500	99985256	99985256	441376	226,5
157	1500	99985256	99985256	440437	227,0
159	1500	99985256	99985256	436964	228,8
160	1500	99985256	99985256	436218	229,2
169	2005	55961549	55961549	715428	78,2
170	1500	99985256	99985256	373447	267,7
171	940	254602564	254602564	295320	862,1
172	940	254602564	254602564	73708	3454,2
173	940	254602564	254602564	312338	815,2
174	940	254602564	254602564	74346	3424,6
206	2005	55961549	55961549	715251	78,2
207	505	882136361	882136361	620931	1420,7
264	2018	55242860	55242860	65928	837,9
266	800	351510665	351510665	236439	1486,7
268	940	254602564	254602564	33852	7521,0
276	505	882136361	882136361	620768	1421,0
278	2510	35705608	35705608	248118	143,9
282	2019	55204555	55204555	65939	837,2
285	800	351510665	351510665	236147	1488,5
287	940	254602564	254602564	35727	7126,3
295	1500	99985256	99985256	37371	2675,5
297	2510	35705608	35705608	248559	143,7
323	2500	35994692	35994692	128880	279,3
324	2500	35994692	35994692	66679	539,8
347	2500	35994692	35994692	129389	278,2
350	2500	35994692	35994692	67171	535,9

## Knekking av bjelke, 7

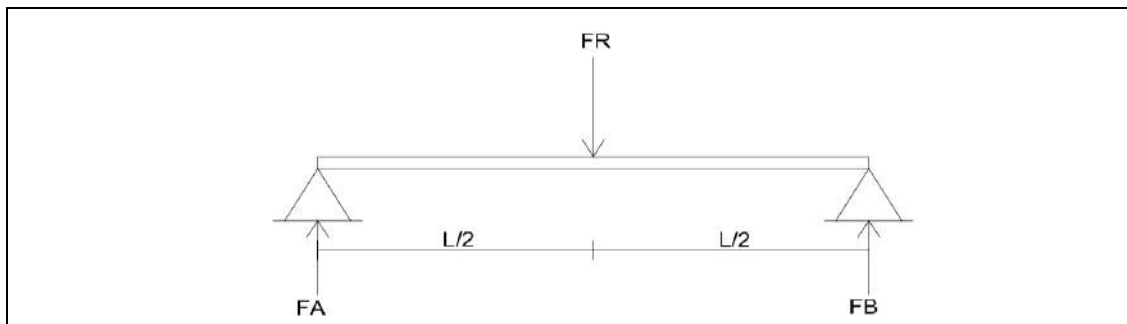
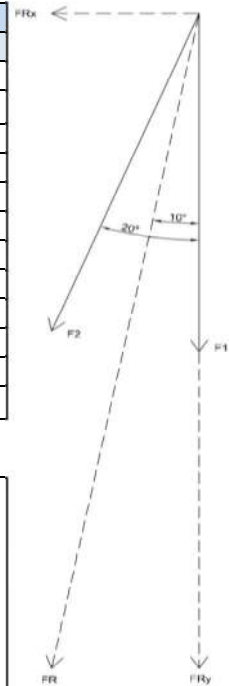
dimensjoner				Arealmoment	
Høgda	Bredda	platetykkelse	radius	Iz	Iy
150	150	6	3	11920000	11920000

Data		Tilatt belastning		Normalkraft	sikkerhetsfaktor
Bjelke nr	Lengde	Fz	Fy	Nx	Sf>1,86
13	2500	3877603	3877603	234163	16,6
16	2500	3877603	3877603	248110	15,6
19	2500	3877603	3877603	245734	15,8
22	2500	3877603	3877603	117198	33,1
25	2500	3877603	3877603	17656	219,6
26	2500	3877603	3877603	81391	47,6
27	2500	3877603	3877603	106506	36,4
28	2500	3877603	3877603	360280	10,8
33	5590	775512	775512	175642	4,4
35	5590	775512	775512	242798	3,2
37	5590	775512	775512	255521	3,0
39	5590	775512	775512	199218	3,9
42	2795	3102049	3102049	499084	6,2

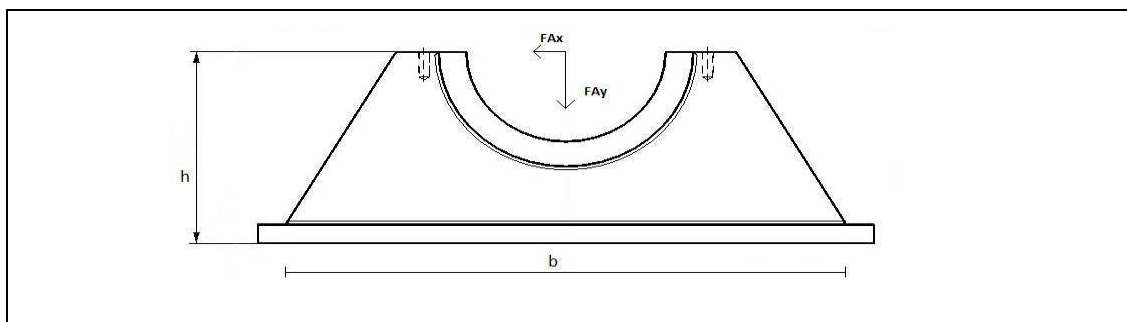
44	2795	3102049	3102049	559875	5,5
46	2795	3102049	3102049	538527	5,8
48	2795	3102049	3102049	582707	5,3
61	2500	3877603	3877603	234175	16,6
64	2500	3877603	3877603	248125	15,6
67	2500	3877603	3877603	245743	15,8
70	2500	3877603	3877603	216548	17,9
73	2500	3877603	3877603	17641	219,8
74	2500	3877603	3877603	81381	47,6
75	2500	3877603	3877603	106493	36,4
76	2500	3877603	3877603	360269	10,8
81	5590	775512	775512	175606	4,4
83	5590	775512	775512	242775	3,2
85	5590	775512	775512	255493	3,0
87	2795	3102049	3102049	199187	15,6
90	2795	3102049	3102049	499122	6,2
92	2795	3102049	3102049	559914	5,5
94	2795	3102049	3102049	538570	5,8
96	2795	3102049	3102049	582788	5,3
97	2500	3877603	3877603	1754	2210,7
98	2500	3877603	3877603	3087	1256,1
99	2500	3877603	3877603	1294	2996,6
100	2500	3877603	3877603	5068	765,1
101	2500	3877603	3877603	957	4051,8
102	2500	3877603	3877603	1890	2051,6
107	2500	3877603	3877603	1922	2017,5
108	2500	3877603	3877603	983	3944,7
109	2500	3877603	3877603	5090	761,8
110	2500	3877603	3877603	1314	2951,0
111	2500	3877603	3877603	3105	1248,8
112	2500	3877603	3877603	1770	2190,7
125	5590	775512	775512	1390	557,9
126	5590	775512	775512	1297	597,9
127	5590	775512	775512	394953	2,0
128	5590	775512	775512	394922	2,0
219	1818	7331752	7331752	24134	303,8
229	1818	7331752	7331752	24134	303,8
237	3268	2268956	2268956	2112	1074,3
238	3268	2268956	2268956	2143	1058,8
239	3268	2268956	2268956	458659	4,9
240	3268	2268956	2268956	458688	4,9
241	3268	2268956	2268956	2614	868,0
242	3268	2268956	2268956	511153	4,4
245	3268	2268956	2268956	502580	4,5
246	3268	2268956	2268956	502614	4,5
251	3268	2268956	2268956	459279	4,9
252	3268	2268956	2268956	459307	4,9
253	3268	2268956	2268956	8870	255,8
254	3268	2268956	2268956	8900	254,9
255	3268	2268956	2268956	1806	1256,3

256	3268	2268956	2268956	1833	1237,8
259	3268	2268956	2268956	9146	248,1
260	3268	2268956	2268956	9173	247,4
261	2500	3877603	3877603	703556	5,5
262	1757	7848758	7848758	54908	142,9
271	1491	10900082	10900082	104225	104,6
274	1293	14491453	14491453	28679	505,3
275	1429	11866375	11866375	37652	315,2
277	1417	12066492	12066492	29048	415,4
281	1757	7848758	7848758	55855	140,5
290	1491	10900082	10900082	105207	103,6
293	1293	14491453	14491453	28746	504,1
294	1429	11866375	11866375	38067	311,7
296	1417	12066492	12066492	29256	412,4
300	8420	341813	341813	17977	19,0
301	4210	1367283	1367283	808	1692,2
305	4210	1367283	1367283	795	1719,9
306	6537	567222	567222	3535	160,5
307	6537	567222	567222	3561	159,3
308	6537	567222	567222	3491	162,5
309	6537	567222	567222	3513	161,5
310	6537	567222	567222	3453	164,3
311	6537	567222	567222	3479	163,0
321	2500	3877603	3877603	625350	6,2
327	1250	15510410	15510410	9297	1668,3
330	2795	3102049	3102049	491214	6,3
331	1250	15510410	15510410	2635	5886,3
334	2795	3102049	3102049	563382	5,5
335	1250	15510410	15510410	5507	2816,5
338	2795	3102049	3102049	535365	5,8
339	1250	15510410	15510410	7638	2030,7
342	2795	3102049	3102049	554923	5,6
343	1250	15510410	15510410	7642	2029,6
344	2795	3102049	3102049	554982	5,6
351	1250	15510410	15510410	5508	2816,0
352	2795	3102049	3102049	535420	5,8
356	1250	15510410	15510410	2636	5884,1
357	2795	3102049	3102049	563422	5,5
358	1250	15510410	15510410	9298	1668,1
359	2795	3102049	3102049	491252	6,3

Krefter i x- og y-retning på øvre aksel				
	Symbol	Formel	Utrekning	Benevning
Dynamisk applikasjons faktor (DAF)	DAF	Gitt av oppdragsgiver	2	-
Gravitasjonskonstant	g	Gitt	9,81	m/s <sup>2</sup>
Vekt av lodd i Newton * DAF	F1	Gitt	2 452 500	N
Kraft for å løfte lodd i Newton * DAF	F2	Gitt	2 452 500	N
X-komponent av F1	F1x	$F1x = \sin(0) * F1$	0	N
Y-komponent av F1	F1y	$F1y = \cos(0) * F1$	2 452 500	N
X-komponent av F2	F2x	$F2x = F2 * \sin(20)$	838 804	N
Y-komponent av F2	F2y	$F2y = F2 * \cos(20)$	2 304 596	N
Summen av krefter i x-retning	FRx	$FRx = F1x + F2x$	838 804	N
Summen av krefter i y-retning	FRy	$FRy = F1y + F2y$	4 757 096	N
Resultant	FR	$FR = \sqrt{FRx^2 + FRy^2}$	4 830 482	N



Kraft fra aksel som virker på akselbukk (aksel opplagerkraft)				
Opplagerkraft (FA = FB)	FA = FB	$\sum MBy = 0$		
		$FA * L - FR * (L/2) = 0$		
		$FA * L = FR * (L/2)$		
		$FA = (FR/2)$	2 415 241	N



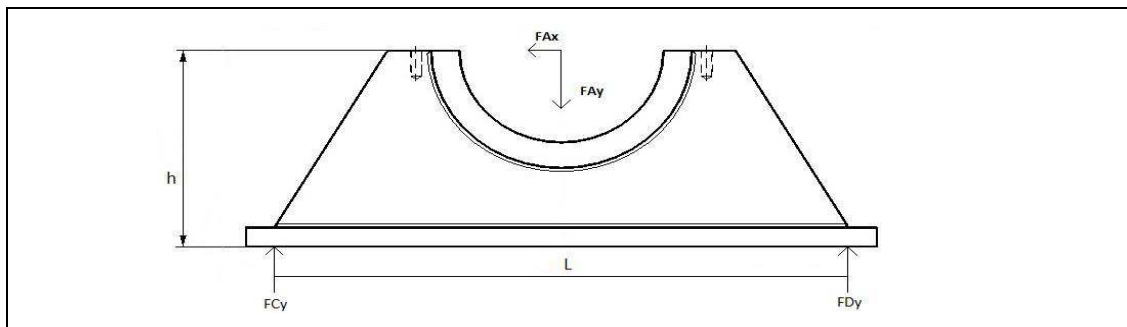
Kraft fra aksel som virker på akselbukk i x- og y-retning				
x - komponent	FAx	$FAx = FA * \sin(10)$	419 402	N
y - komponent	FAy	$FAy = FA * \cos(10)$	2 378 548	N

Bøyemoment som virker på akselbukk på grunn av Fax				
Høyde arm	h		300	mm
Kraf i x-retning	FAx	$kg * 9,81m/s^2$	419 402	N
Bøyemoment	M	$M = h * FRx$	125 820 660	Nmm

Minimum godstykkelse akselbukk (t)				
Minste diameter aksel	∅	Gitt av tidligere beregninger	280	mm
σ <sub>till</sub>	σ <sub>till</sub>	$\sigma_{till} = \sigma_{flyt}/SF \text{ material}$	237	N/mm <sup>2</sup>
Minste godstykkelse	t	$t = (FR/2)/d * \sigma_{till}$	36	mm

Minimum bredde akselbukk i x-retning (b)				
σ <sub>till</sub>	σ <sub>till</sub>	$\sigma_{till} = \sigma_{flyt}/SF \text{ material}$	237	N/mm <sup>2</sup>
Nødvendig motstandsmoment	W <sub>nødv</sub>	$W_{nødv} = Mb/\sigma_{till}$	531637	mm <sup>3</sup>
Minste bredde	b	$W = (t*b^2)/6 \rightarrow b = \sqrt{(6 * W)/t}$	296	mm





Opplagerkrefter akselbukk				
FCy	$\Sigma MD$	$\Sigma MD = 0$ $FCy * L - FRy * L/2 - FRx * h = 0$ $* L = FRy * L/2 + FRx * h$ $FCy = FRy / 2 + (FRx * h) / L$	1 614 580	N (Trykk)
FDy	$\Sigma MC$	$\Sigma MC = 0$ $-FDy * L + FRx * h - FRy * L/2 = 0$ $FDy * L = -FRx * h + FRy * L/2$ $-FDy = (-FRx * h) / L + FRy / 2$	763 968	N (Strekk)

Dimensjonering festebolter akselbukk				
Re bolter	N/mm2	Kvalitetsklasse 8.8	640	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat} = Re \text{ bolter} / SF = 640 \text{ N} / 2$	320	N/mm <sup>2</sup>
Minste areal bolter	A	$\sigma_{till} = \sqrt{((FBy/A)^2 + 3 * (Fx/A)^2)}$ $\sigma_{till}^2 = (FBy^2/A^2) + 3 * (Fx^2/A^2)$ $FBy^2 + 3 * Fx^2$ $A = \sqrt{((FDy^2 + 3 * Fx^2) / \sigma_{till}^2)}$	3294,3810	mm <sup>2</sup>

antall bolter					
Boltetype	Tverrsnittareal bolt (As)				
M16	157	mm <sup>2</sup>	ant. = min. areal / boltareal (As)	21,0	stk
M20	245	mm <sup>2</sup>		13,4	stk
M24	353	mm <sup>2</sup>		9,3	stk
M30	561	mm <sup>2</sup>		5,9	stk
M36	817	mm <sup>2</sup>		4,0	stk

Dimensjonering festebolter tårn					
	Symbol	Formel	Utregning	Benevning	
Dimensjonerende kraft	Pz	Gitt av tabell XX	524 902	N	
Re bolter	N/mm2	Kvalitetsklasse 8.8	640	N/mm <sup>2</sup>	
$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat} = Re \text{ bolter} / SF = 640 \text{ N} / 2$	320	N/mm <sup>2</sup>	
Minste areal molter	A	$\sigma_{tillat} = F / A \rightarrow A = F / \sigma_{tillat}$	1640	mm <sup>2</sup>	

antall bolter					
Boltetype	Tverrsnittareal bolt (As)				
M16	157	mm <sup>2</sup>	ant. = min. areal / boltareal (ds)	10,4	stk
M20	245	mm <sup>2</sup>		6,7	stk
M24	353	mm <sup>2</sup>		4,6	stk
M30	561	mm <sup>2</sup>		2,9	stk
M36	817	mm <sup>2</sup>		2,0	stk

Støttekanter				
Horisontal resultantkraft fra tabell XY	Hor. Res	$Res = \sqrt{(Px^2 + Py^2)}$	469 758	N
Re stål	Re	ST355 har Re = 355 N/mm <sup>2</sup>	355	N/mm <sup>2</sup>
Sikkerhetsfaktor	SF	Gitt	1,5	
$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat} = Re / SF = 355 \text{ N} / 1,5$	236,7	N/mm <sup>2</sup>
Nødvendig areal	A	$\sigma_{tillat} = F / A \rightarrow A = F / \sigma_{tillat}$	1985	mm <sup>2</sup>
Lengde labb	L	Gitt	150	mm
Godstykkelse	t	$A = L * t \rightarrow t = A / L$	13,2	mm

Krefter i x- og y-retning nedre aksel				
	Symbol	Formel	Utrekning	Benevning
Dynamisk applikasjons faktor (DAF)	DAF	Gitt av oppdragsgiver	2	-
Gravitasjonskonstant	g	Gitt	9,81	m/s <sup>2</sup>
Vaier fra tår i Newton * DAF	F3	$F3 = 125 \text{ tonn} * 9,81 \text{ M/s}^2 * \text{DAF}$	2 452 500	N
Ut fra nedre løpehjul i N * DAF	F4	$F4 = 125 \text{ tonn} * 9,81 \text{ M/s}^2 * \text{DAF}$	2 452 500	N
x-komponent av F3	F3x	$F3x = \cos(70) * F3$	838 804	N
y-komponent av F3	F3y	$F3y = \sin(70) * F3$	2 304 596	N
x-komponent av F4	F4x	$F4x = \cos(0) * F4$	2 452 500	N
y-komponent av F4	F4y	$F4y = \sin(0) * F4$	0	N
Summen av krefter i x-retning	FRx	$FRx = F3x + F4x$	3 291 304	N
Summen av krefter i y-retning	FRy	$FRy = F3y + F4y$	2 304 596	N
Resultant	FR	$FR = \sqrt{FRx^2 + FRy^2}$	4 017 941	N
Retning resultant	°	$FR^\circ = \tan^{-1}(FRx/FRy)$	55	°

Kraft fra aksel som virker på akselbukk (aksel opplagerkraft)				
Opplagerkraft (FA2 = FB2)	FA2 = FB2	$\sum M_{By} = 0$ $FA2 * L + FR * (L/2) = 0$ $FA2 * L = -FR * (L/2)$ $FA2 = -FR/2$	2 008 970	N (Strekk)

Kraft fra aksel som virker på akselbukk i x- og y-retning				
x - komponent	Fa2x	$FAx = FA * \cos(55)$	1 152 298	N
y - komponent	FA2y	$FAy = FA * \sin(55)$	1 645 652	N

Bøyemoment som virker på akselbukk på grunn av Fax				
Høyde arm	h		1300	mm
Kraf i x-retning	FA2x	$kg * 9,81m/s^2$	1 152 298	N
Bøyemoment	M	$M = h * FAx$	1 497 987 499	Nmm

Minimum godstykkelse akselbukk (t)				
Minste diameter aksel	∅	Gitt av tidligere beregninger	280	mm
σ <sub>till</sub>	σ <sub>till</sub>	$\sigma_{till} = \sigma_{flyt}/SF \text{ material}$	237	N/mm <sup>2</sup>
Minste godstykkelse	t	$t = (FR/2)/d * \sigma_{till}$	30	mm

Minimum bredde akselbukk i x-retning (b)				
σ <sub>till</sub>	σ <sub>till</sub>	$\sigma_{till} = \sigma_{flyt}/SF \text{ material}$	237	N/mm <sup>2</sup>
Nødvendig motstandsmoment	W <sub>nødv</sub>	$W_{nødv} = Mb/\sigma_{till}$	6 329 525	mm <sup>3</sup>
Minste bredde	b	$W = (t*b^2)/6 \rightarrow b = \sqrt{(6 * W)/t}$	1 119	mm

Opplagerkrefter akselbukk				
FC2y	∑MD2	$\sum MD2 = 0$ $FC2y * L + FRy * L/2 - FRx * h = 0$ $FC2y * L = FRx * h - FRy * L/2$ $FC2y = (FRx * h)/L - FRy /2$	515 575	N (Trykk)
FD2y	∑MC2	$\sum MC2 = 0$ $-FD2y * L - FRx * h - FRy * L/2 = 0$ $-FD2y * L = FRx * h + FRy * L/2$ $-FD2y = (FRx * h)/L + FRy/2$	2 161 227	N (Strekk)

### Dimensjonering festbolter akselbukk

Re bolter	N/mm <sup>2</sup>	Kvalitetsklasse 8.8	640	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat}$	$\sigma_{tillat} = Re \text{ bolter} / SF = 640 \text{ N} / 2$	320	N/mm <sup>2</sup>
Minste areal bolter	A	$\sigma_{till} = \sqrt{((FD2y/As)^2 + 3 * (FA2x/As)^2)}$ $\sigma_{till}^2 = (FD2y^2/As^2) + 3 * (FA2x^2/As^2)$ $\sigma_{till}^2 * As^2 = FD2y^2 + 3 * FA2x^2$ $As = \sqrt{(FD2y^2 + 3 * FA2x^2)}$	9193	mm <sup>2</sup>

### antall bolter

Boltetype	Tverrsnittareal bolt (As)		ant. = min. areal / boltareal (ds)		
M16	157	mm <sup>2</sup>		58,6	stk
M20	245	mm <sup>2</sup>		37,5	stk
M24	353	mm <sup>2</sup>		26,0	stk
M30	561	mm <sup>2</sup>		16,4	stk
M36	817	mm <sup>2</sup>		11,3	stk

### Nødvendig godstykkelse rundt aksle på grunn av avriving

Godstykkelse	t	Gitt	30	mm
$\sigma_{till}$	$\sigma_{till}$	$\sigma_{till} = \sigma_{flyt} / SF \text{ material}$	236,67	N/mm <sup>2</sup>
Nødvendig areal	$A_{min}$	$\sigma_{till} = F_{res} / A \rightarrow A = F_{res} / \sigma_{till}$	8489	mm <sup>2</sup>
Nødvendig bredde	b	$A = t * b \rightarrow b = A / t$	280	mm

# Vedlegg F

**Litteratursøk**

**- Fagverksstruktur, refererer til «atlas tube» i kildelisten**

Fagverkslitteratur er hentet fra Atlas Tube sin internettside, atlastube.com. Video om fagverk kan sees på <http://www.atlastube.com/video/hss-connections/truss-connections>

## Truss Connections

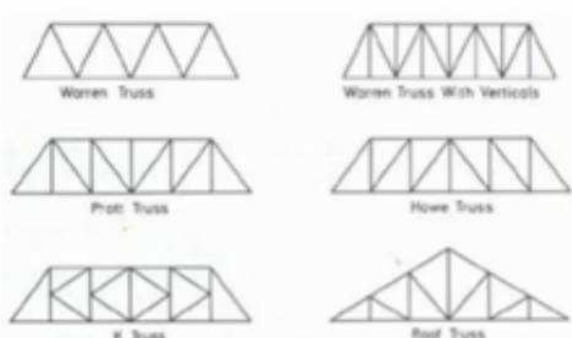
Atlas Tube  
Pipe and Tube Division

Press Esc to exit full screen mode.


**Connections at the panel points of a planar truss**

Trusses are typically analyzed with all members "pinned"

Truss connections are designed as tension/compression connections



Types of simple Plane truss



JMC Steel Group  
Pipe and Tube Solutions

## Truss Connections — Joint Types

Atlas Tube  
Pipe and Tube Division



T or Y-Joint



X-Joint

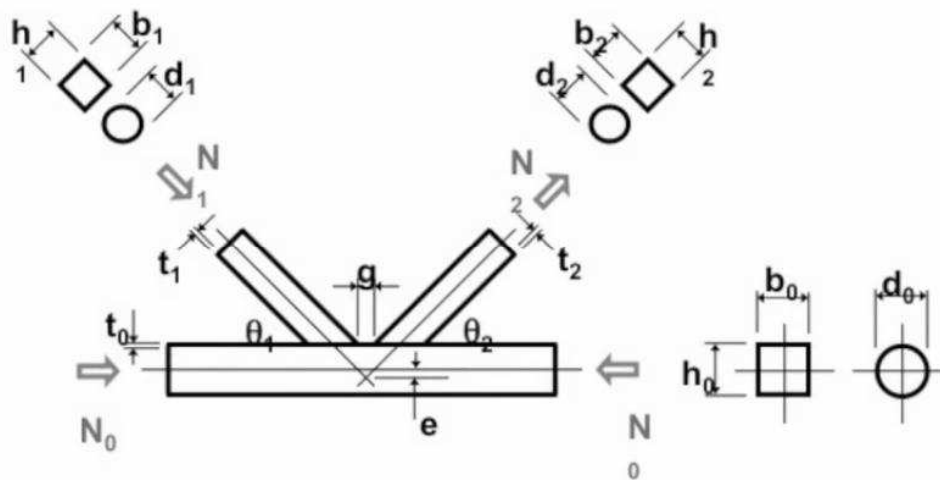


Gap K-Joint



Overlap K-Joint

JMC Steel Group  
Pipe and Tube Solutions



Brace 1 usually compression brace

Minimum weight does not equal minimum cost


Keep the number of different sizes small

Try to minimize number of connections

– Warren trusses

Understand effects of joint configuration and connection design criteria before analyzing truss and selecting member sizes!

## Truss Fabrication Costs — Effect of Joint Type

<b>Cheapest</b>	<b>RHS chord — gap joints</b>
	RHS chord — 100% overlap joints
	CHS chord — gap joints
	RHS chord — partial overlap joints
	CHS chord — 100% overlap joints
<b>Costliest</b>	<b>CHS chord — partial overlap joints</b>

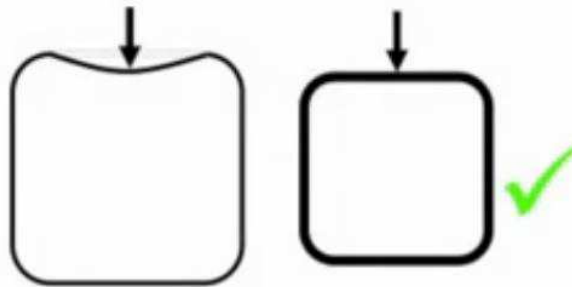
## Gap Joints — Parametric Effects

Parameter	Direction	Effect on Joint
Chord width to thickness ratio	Down	Capacity up
Bracing to chord width ratio	Up	Capacity up
Bracing angle	Down	Capacity up
Chord factored to yield stress ratio	Less compressive	Capacity up

## Overlap Joints – Parametric Effects

Parameter	Direction	Effect on Joint
Chord width to thickness ratio	Down	Capacity up
Bracing width to thickness ratio	Down	Capacity up
Overlap	Up	Capacity up
Chord factored to yield stress ratio	Less compressive	Capacity up
Bracing angle	Down	Capacity up

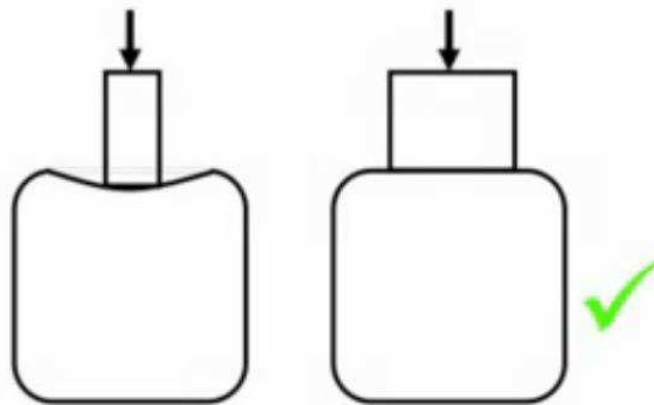
## Parameter Effects Gap & Overlap Joints



Chord width to thickness ratio  
Keep ratio down to increase joint capacity  
Round HSS  $15 \leq D/t \leq 30$   
Square HSS  $15 \leq B/t \leq 25$



## Parameter Effects Gap Joints



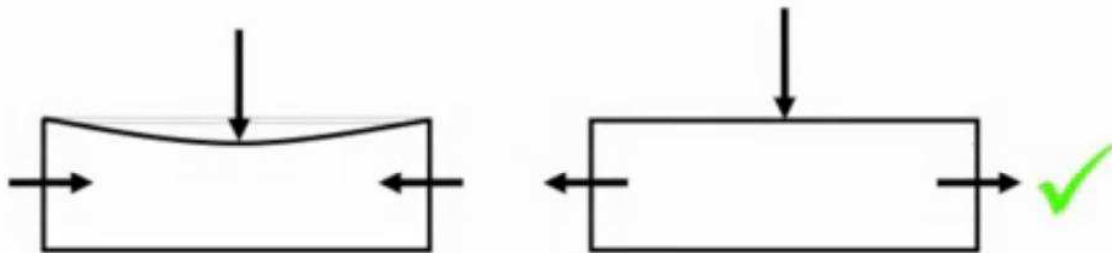
Bracing to chord width ratio  
Keep ratio up to increase joint capacity  
Keep  $B_b/B$  as high as possible and  
keep  $t_b/t$  as low as possible

## Parameter Effects Gap & Overlap Joints



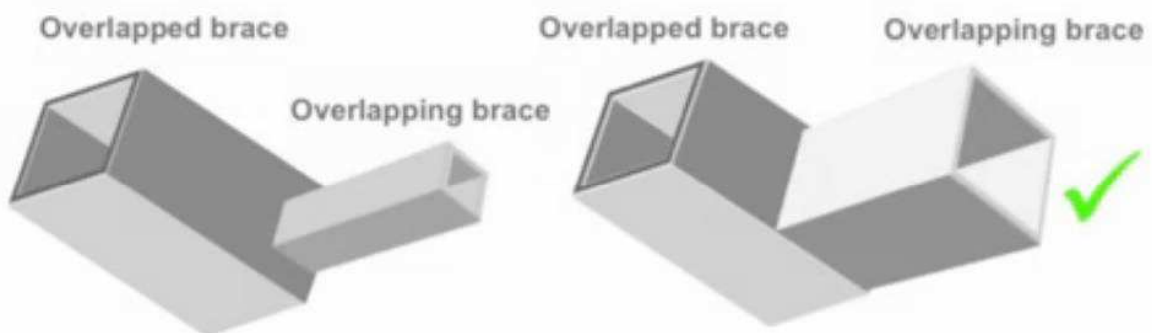
Bracing angle  
Keep bracing angle  $\Phi$  down to increase  
joint capacity

## Parameter Effects Gap & Overlap Joints



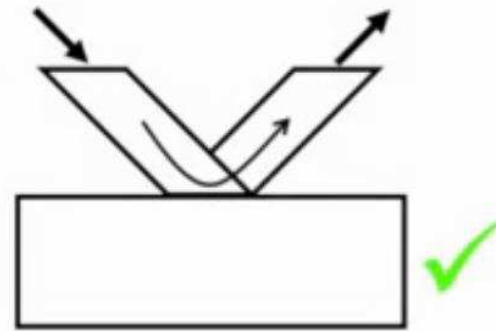
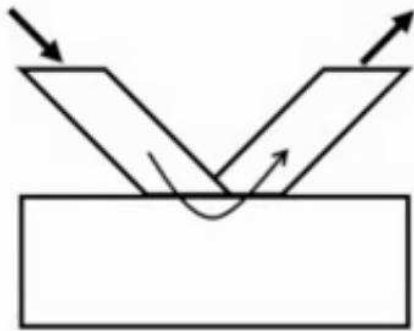
Chord factored to yield stress ratio  
Keep compressive stress down to  
increase joint capacity

## Parameter Effects Overlap Joints



Bracing width to thickness ratio  
Try to match branch members width to  
increase joint capacity

## Parameter Effects Overlap Joints



**Overlap**  
The higher percentage of overlap, the higher the joint strength

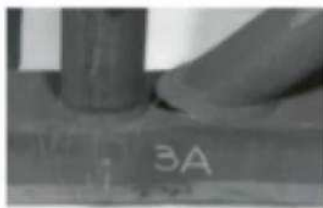
## Failure Modes



Chord face deformation (yielding)



Chord or bracing localised buckling



Chord punching shear



Chord shear



Chord side wall buckling



Bracing effective width

### Approach 1

Weld proportioned to develop yield strength of connected branch at all locations around the branch.

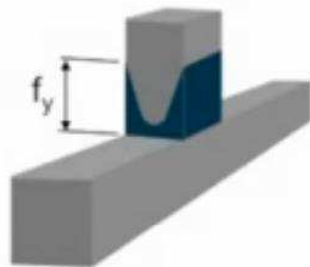
- Upper limit of weld size
- Conservative
- Appropriate if plastic stress redistribution is required in connection

### Approach 2

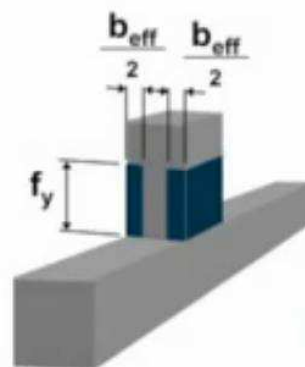
Weld proportioned to resist applied forces

- Need to account for effective weld lengths

## Bracing Effective Width RHS to RHS Chord

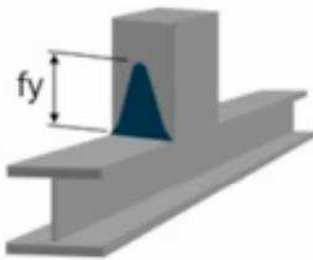


Axial stress distribution

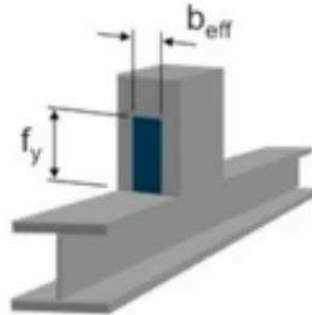


Hypothetical  
axial stress distribution

## Bracing Effective Width W Section Chord



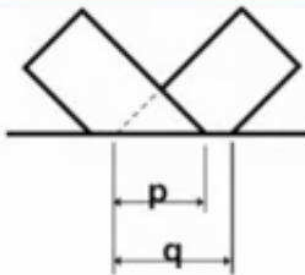
Axial stress distribution



Hypothetical  
axial stress distribution



## Overlap Detail



$$\text{Overlap} = p$$

$$\text{Overlap \%} = p/q \times 100$$

Overlap bracings should NEVER  
be made like this >

- Difficult to fabricate
- Up to 20% weaker



- Use division plate as alternative
- Helps to reinforce joint

Generally for economics specify a fillet weld for tubular joints

Proper joint design should allow you to avoid complete joint penetration welds



For dynamically loaded trusses, weld sequence is important

### Joint capacity is dependant upon

- Brace angle
- Bracing width to chord width ratio
- Chord width to thickness ratio
- Gap or overlap bracings
- Chord compressive stress



## Joint Design Considerations

The joint strength is determined by the selected chord and bracing member sizes, grades and geometry

These are decided by the



**DESIGNER**

# Vedlegg G

## Litteratursøk

- Maling
- Akselstål, S165M
- Sfærisk lager, 24060-2CS5/VTI143\*
- Alternativt glidelager, GEP 300 FS
- Gulvrist til plattformen
- Vaier-socket, GN CR S04
- Vaier, Diepa B55
- Veak-link, GN sjakkell H10 super-mutterbolt
- Sjakkell mellom tårnets og vinsjens vaier,  
GN sjakkell H10-mutterbolt
- Sikkerhetsgjerde, NIVÅ BRAVO
- Pressmonn utregninger



## WaterFine Primer

### Product description

This is a two component waterborne polyamide cured epoxy coating. It is a surface tolerant, very fast drying, highly penetrating product containing flash rust inhibitors. Specially designed for new construction where fast dry to handle and over coating times are required. Can be used as primer, mid coat, finish coat or as single coat system in atmospheric environments. Suitable for properly prepared carbon steel, aluminium and concrete substrates.

### Typical use

Suitable for structural steel and piping to be exposed to corrosive environments up to very high. Recommended for offshore environments, refineries, power plants, bridges, buildings and mining equipment.

### Colours

grey, red

### Product data

Property	Test/Standard	Description
Solids by volume	ISO 3233	46 ± 2 %
Gloss level (60 °)	ISO 2813	gloss (70-85)
VOC-Solvent Emission Directive	SED (1999/13/EC)	49 g/kg

The provided data is typical for factory produced products, subject to slight variation depending on colour.

All data is valid for mixed paint.

Gloss level: According to Jotun Performance Coatings' definition.

### Recommended film thickness per coat

Film thickness and spreading rate	Dry film thickness (µm)	Wet film thickness (µm)	Theoretical spreading rate (m <sup>2</sup> /l)
Minimum	60	135	7,6
Maximum	125	270	3,7
Typical	100	220	4,6

### Surface preparation

To secure lasting adhesion to the subsequent product all surfaces shall be clean, dry and free from any contamination.

### Surface preparation summary table

Substrate	Surface preparation	
	Minimum	Recommended
Carbon steel	St 2 (ISO 8501-1)	Sa 2½ (ISO 8501-1)
Aluminium	Cleanliness corresponding to description of Sa 1 (ISO 8501-1)	The surface shall be hand or machine abraded with non-metallic abrasives or bonded fibre machine or hand abrasive pads to impart a scratch pattern to the surface and to remove all polish from the surface.
Coated surfaces	Clean, dry and undamaged compatible coating (ISO 12944-4 6.1)	Clean, dry and undamaged compatible coating (ISO 12944-4 6.1)
Concrete	Low pressure water washing to a rough, clean, dry and laitance free surface.	Minimum 4 weeks curing. Moisture content maximum 5 %. Low pressure water washing to a rough, clean, dry and laitance free surface.

## Application

### Application methods

The product can be applied by

- Spray: Use airless spray.
- Brush: Recommended for stripe coating and small areas. Care must be taken to achieve the specified dry film thickness.
- Roller: May be used for small areas. Not recommended for first primer coat. Care must be taken to achieve the specified dry film thickness.

### Product mixing ratio (by volume)

To secure proper mixing a mechanical stirrer should be used to stir up both components separately before mixture. During the mixing of the two components thoroughly stir down to the bottom of the can (mix for at least 5 minutes). The temperature of the two components is recommended to be 20 °C when mixing.

WaterFine Primer Comp A	1	part(s)
WaterFine Primer Comp B	1,2	part(s)

### Thinner/Cleaning solvent

- Thinner: Water
- Cleaning solvent: Jotun Thinner No. 17 / Jotun Thinner No. 4

### Guiding data for airless spray

Nozzle tip (inch/1000): 17-23

Pressure at nozzle (minimum): 150 bar/2100 psi

## Drying and Curing time

Substrate temperature	5 °C	10 °C	23 °C	40 °C
Surface (touch) dry	1 h	1 h	45 min	45 min
Walk-on-dry	5 d	2 d	1 d	1 d
Dried to over coat, minimum	24 h	10 h	1.5 h	1.5 h
Dried/cured for service	20 d	14 d	7 d	5 d

Drying and curing times are determined under controlled temperatures and relative humidity below 85%, and within the DFT range of the product.

Surface (touch) dry: The state of drying when slight pressure with a finger does not leave an imprint or reveal tackiness. Dry sand sprinkled on the surface can be brushed off without sticking to or causing damage to the surface.

Walk-on-dry: Minimum time before the coating can tolerate normal foot traffic without permanent marks, imprints or other physical damage.

Dried to over coat, minimum: The shortest time allowed before the next coat can be applied.

Dried/cured for service: Minimum time before the coating can be permanently exposed to the intended environment/medium.

## Induction time and Pot life

Paint temperature	23 °C
Induction time	15 min
Pot life	3 h

The paint is not to be used after exceeded pot life time.

## Heat resistance

	Temperature	
	Continuous	Peak
Dry, atmospheric	120 °C	140 °C

Peak temperature duration max. 1 hour.

The temperatures listed relate to retention of protective properties. Aesthetic properties may suffer at these temperatures.

## Product compatibility

Depending on the actual exposure of the coating system, various primers and topcoats can be used in combination with this product. Some examples are shown below. Contact Jotun for specific system recommendation.

Previous coat: inorganic zinc shop primer, zinc epoxy, epoxy  
Subsequent coat: acrylic, epoxy, epoxy mastic, polyurethane, polysiloxane

## Packaging (typical)

	<b>Volume (litres)</b>	<b>Size of containers (litres)</b>
WaterFine Primer Comp A	9	10
WaterFine Primer Comp B	11	20

The volume stated is for factory made colours. Note that local variants in pack size and filled volumes can vary due to local regulations.

## Storage

The product must be stored in accordance with national regulations. Keep the containers in a dry, cool, well ventilated space and away from sources of heat and ignition. Containers must be kept tightly closed. Handle with care.

### Shelf life at 23 °C

WaterFine Primer Comp A	24 month(s)
WaterFine Primer Comp B	6 month(s)

In some markets commercial shelf life can be dictated shorter by local legislation. The above is minimum shelf life, thereafter the paint quality is subject to re-inspection.

## Caution

This product is for professional use only. The applicators and operators shall be trained, experienced and have the capability and equipment to mix/stir and apply the coatings correctly and according to Jotun's technical documentation. Applicators and operators shall use appropriate personal protection equipment when using this product. This guideline is given based on the current knowledge of the product. Any suggested deviation to suit the site conditions shall be forwarded to the responsible Jotun representative for approval before commencing the work.

## Health and safety

Please observe the precautionary notices displayed on the container. Use under well ventilated conditions. Do not inhale spray mist. Avoid skin contact. Spillage on the skin should immediately be removed with suitable cleanser, soap and water. Eyes should be well flushed with water and medical attention sought immediately.

## Colour variation

---

Products primarily meant for use as primers and antifoulings may have slight color variations from batch to batch. Such products may fade and chalk when exposed to sunlight and weathering.

---

## **Disclaimer**

The information in this document is given to the best of Jotun's knowledge, based on laboratory testing and practical experience. Jotun's products are considered as semi-finished goods and as such, products are often used under conditions beyond Jotun's control. Jotun cannot guarantee anything but the quality of the product itself. Minor product variations may be implemented in order to comply with local requirements. Jotun reserves the right to change the given data without further notice.

Users should always consult Jotun for specific guidance on the general suitability of this product for their needs and specific application practices.

If there is any inconsistency between different language issues of this document, the English (United Kingdom) version will prevail.

---

# SAFETY DATA SHEET



## WaterFine Acrylic Primer

### SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

#### 1.1 Product identifier

<b>Product name</b>	: WaterFine Acrylic Primer
<b>Product code</b>	: 772
<b>Product description</b>	: This is a one component physically drying waterborne acrylic coating. It is fast drying. Can be used as primer or mid coat in atmospheric environments. Suitable for properly prepared carbon steel, stainless steel, aluminium, galvanised steel, shopprimed steel, concrete and a range of aged coating surfaces.
<b>Product type</b>	: Liquid.
<b>Other means of identification</b>	: Not available.

#### 1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

##### Identified uses

Uses in Coatings - Industrial use  
Uses in Coatings - Professional use

#### 1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Jotun Paints (Europe) Ltd.  
Stather Road  
Flixborough, Scunthorpe  
North Lincolnshire  
DN15 8RR  
England

Tel: +44 17 24 40 00 00  
Fax: +44 17 24 40 01 00  
SDSJotun@jotun.com

#### 1.4 Emergency telephone number

Contact National Poison Centre via Hospital or Registered Medical Practitioner

### SECTION 2: Hazards identification

#### 2.1 Classification of the substance or mixture

**Product definition** : Mixture

##### Classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP/GHS]

Aquatic Chronic 2, H411

##### Classification according to Directive 1999/45/EC [DPD]

The product is classified as dangerous according to Directive 1999/45/EC and its amendments.

**Classification** : N; R51/53

**Environmental hazards** : Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

See Section 16 for the full text of the R phrases or H statements declared above.

See Section 11 for more detailed information on health effects and symptoms.

#### 2.2 Label elements

## SECTION 2: Hazards identification

**Hazard pictograms** :



**Signal word** : No signal word.

**Hazard statements** : Toxic to aquatic life with long lasting effects.

**Precautionary statements**

**General** :  Keep out of reach of children.

**Prevention** : Avoid release to the environment.

**Response** : Not applicable.

**Storage** : Not applicable.

**Disposal** :  Dispose of contents and container in accordance with all local, regional, national and international regulations.

**Supplemental label elements** : Contains 1,2-benzisothiazol-3(2H)-one (BIT). May produce an allergic reaction.

**Additional information** : Not applicable.

### 2.3 Other hazards

**Other hazards which do not result in classification** : None known.

## SECTION 3: Composition/information on ingredients

**Substance/mixture** : Mixture

Product/ingredient name	Identifiers	%	Classification		Type	Notes
			67/548/EEC	Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP]		
trizinc bis (orthophosphate)	REACH #: 01-2119485044-40 EC: 231-944-3 CAS: 7779-90-0 Index: 030-011-00-6	>=2,5, <25	N; R50/53	Aquatic Acute 1, H400 Aquatic Chronic 1, H410	[1]	-
2-(2-butoxyethoxy) ethanol	REACH #: 01-2119475104-44 EC: 203-961-6 CAS: 112-34-5 Index: 603-096-00-8	>=1, <5	Xi; R36	Eye Irrit. 2, H319	[1] [2]	-
zinc oxide	REACH #: 01-2119463881-32 EC: 215-222-5 CAS: 1314-13-2 Index: 030-013-00-7	>=0, 25, <2, 5	N; R50/53	Aquatic Acute 1, H400 Aquatic Chronic 1, H410	[1]	-
ammonia	EC: 215-647-6 CAS: 1336-21-6 Index: 007-001-01-2	<5	C; R34 N; R50	Skin Corr. 1B, H314 Eye Dam. 1, H318 Aquatic Acute 1, H400	[1]	B
			<b>See Section 16 for the full text of the R-phrases declared above.</b>	<b>See Section 16 for the full text of the H statements declared above.</b>		

There are no additional ingredients present which, within the current knowledge of the supplier and in the concentrations applicable, are classified as hazardous to health or the environment, are PBTs or vPvBs or have been assigned a workplace exposure limit and hence require reporting in this section.

Type

## SECTION 3: Composition/information on ingredients

- [1] Substance classified with a health or environmental hazard  
 [2] Substance with a workplace exposure limit  
 [3] Substance meets the criteria for PBT according to Regulation (EC) No. 1907/2006, Annex XIII  
 [4] Substance meets the criteria for vPvB according to Regulation (EC) No. 1907/2006, Annex XIII  
 [5] Substance of equivalent concern

Occupational exposure limits, if available, are listed in Section 8.

## SECTION 4: First aid measures

### 4.1 Description of first aid measures

- General** : In all cases of doubt, or when symptoms persist, seek medical attention. Never give anything by mouth to an unconscious person. If unconscious, place in recovery position and seek medical advice.
- Inhalation** : Remove to fresh air. Keep person warm and at rest. If not breathing, if breathing is irregular or if respiratory arrest occurs, provide artificial respiration or oxygen by trained personnel.
- Skin contact** : Remove contaminated clothing and shoes. Wash skin thoroughly with soap and water or use recognised skin cleanser. Do NOT use solvents or thinners.
- Eye contact** : Check for and remove any contact lenses. Immediately flush eyes with running water for at least 15 minutes, keeping eyelids open. Seek immediate medical attention.
- Ingestion** : If swallowed, seek medical advice immediately and show the container or label. Keep person warm and at rest. Do NOT induce vomiting.
- Protection of first-aiders** : No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. It may be dangerous to the person providing aid to give mouth-to-mouth resuscitation.

### 4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed

#### Potential acute health effects

- Eye contact** : No known significant effects or critical hazards.
- Inhalation** : No known significant effects or critical hazards.
- Skin contact** : No known significant effects or critical hazards.
- Ingestion** : No known significant effects or critical hazards.

#### Over-exposure signs/symptoms

- Eye contact** : No specific data.
- Inhalation** : No specific data.
- Skin contact** : No specific data.
- Ingestion** : No specific data.

### 4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

- Notes to physician** : Treat symptomatically. Contact poison treatment specialist immediately if large quantities have been ingested or inhaled.
- Specific treatments** : No specific treatment.

## SECTION 5: Firefighting measures

### 5.1 Extinguishing media

- Suitable extinguishing media** : Recommended: alcohol-resistant foam, CO<sub>2</sub>, powders, water spray.
- Unsuitable extinguishing media** : Do not use water jet.

### 5.2 Special hazards arising from the substance or mixture

- Hazards from the substance or mixture** : In a fire or if heated, a pressure increase will occur and the container may burst. This material is toxic to aquatic life with long lasting effects. Fire water contaminated with this material must be contained and prevented from being discharged to any waterway, sewer or drain.



## SECTION 5: Firefighting measures

**Hazardous thermal decomposition products** : Decomposition products may include the following materials:  
 carbon dioxide  
 carbon monoxide  
 phosphorus oxides  
 metal oxide/oxides

### 5.3 Advice for firefighters

**Special protective actions for fire-fighters** : Promptly isolate the scene by removing all persons from the vicinity of the incident if there is a fire. No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training.

**Special protective equipment for fire-fighters** : Fire-fighters should wear appropriate protective equipment and self-contained breathing apparatus (SCBA) with a full face-piece operated in positive pressure mode. Clothing for fire-fighters (including helmets, protective boots and gloves) conforming to European standard EN 469 will provide a basic level of protection for chemical incidents.

## SECTION 6: Accidental release measures

### 6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

**For non-emergency personnel** : No action shall be taken involving any personal risk or without suitable training. Evacuate surrounding areas. Keep unnecessary and unprotected personnel from entering. Do not touch or walk through spilt material. Avoid breathing vapour or mist. Provide adequate ventilation. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate. Put on appropriate personal protective equipment.

**For emergency responders** : If specialised clothing is required to deal with the spillage, take note of any information in Section 8 on suitable and unsuitable materials. See also the information in "For non-emergency personnel".

### 6.2 Environmental precautions

: Avoid dispersal of spilt material and runoff and contact with soil, waterways, drains and sewers. Inform the relevant authorities if the product has caused environmental pollution (sewers, waterways, soil or air). Water polluting material. May be harmful to the environment if released in large quantities. Collect spillage.

### 6.3 Methods and materials for containment and cleaning up

**Small spill** : Stop leak if without risk. Move containers from spill area. Dilute with water and mop up if water-soluble. Alternatively, or if water-insoluble, absorb with an inert dry material and place in an appropriate waste disposal container. Dispose of via a licensed waste disposal contractor.

**Large spill** : Stop leak if without risk. Move containers from spill area. Approach the release from upwind. Prevent entry into sewers, water courses, basements or confined areas. Wash spillages into an effluent treatment plant or proceed as follows. Contain and collect spillage with non-combustible, absorbent material e.g. sand, earth, vermiculite or diatomaceous earth and place in container for disposal according to local regulations. Dispose of via a licensed waste disposal contractor. Contaminated absorbent material may pose the same hazard as the spilt product.

### 6.4 Reference to other sections

: See Section 1 for emergency contact information.  
 See Section 8 for information on appropriate personal protective equipment.  
 See Section 13 for additional waste treatment information.

## SECTION 7: Handling and storage

The information in this section contains generic advice and guidance. The list of Identified Uses in Section 1 should be consulted for any available use-specific information provided in the Exposure Scenario(s).

### 7.1 Precautions for safe handling

## SECTION 7: Handling and storage

Due to the organic solvents content of the mixture:

Prevent the creation of flammable or explosive concentrations of vapours in air and avoid vapour concentrations higher than the occupational exposure limits.

In addition, the product should only be used in areas from which all naked lights and other sources of ignition have been excluded. Electrical equipment should be protected to the appropriate standard.

Keep away from heat, sparks and flame. No sparking tools should be used.

Avoid contact with skin and eyes. Avoid the inhalation of dust, particulates, spray or mist arising from the application of this mixture. Avoid inhalation of dust from sanding.

Eating, drinking and smoking should be prohibited in areas where this material is handled, stored and processed.

Put on appropriate personal protective equipment (see Section 8).

Never use pressure to empty. Container is not a pressure vessel.

Always keep in containers made from the same material as the original one.

Comply with the health and safety at work laws.

### Information on fire and explosion protection

Vapours are heavier than air and may spread along floors. Vapours may form explosive mixtures with air.

When operators, whether spraying or not, have to work inside the spray booth, ventilation is unlikely to be sufficient to control particulates and solvent vapour in all cases. In such circumstances they should wear a compressed air-fed respirator during the spraying process and until such time as the particulates and solvent vapour concentration has fallen below the exposure limits.

### 7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Store in accordance with local regulations.

#### Notes on joint storage

Keep away from: oxidising agents, strong alkalis, strong acids.

#### Additional information on storage conditions

Observe label precautions. Store in a dry, cool and well-ventilated area. Keep away from heat and direct sunlight.

Keep container tightly closed.

Keep away from sources of ignition. No smoking. Prevent unauthorised access. Containers that have been opened must be carefully resealed and kept upright to prevent leakage.

### 7.3 Specific end use(s)

**Recommendations** : Not available.

**Industrial sector specific solutions** : Not available.

## SECTION 8: Exposure controls/personal protection

The information in this section contains generic advice and guidance. The list of Identified Uses in Section 1 should be consulted for any available use-specific information provided in the Exposure Scenario(s).

### 8.1 Control parameters

#### Occupational exposure limits

Product/ingredient name	Exposure limit values
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	<b>EH40/2005 WELs (United Kingdom (UK), 12/2011).</b> TWA: 10 ppm 8 hours. STEL: 15 ppm 15 minutes. TWA: 67,5 mg/m <sup>3</sup> 8 hours. STEL: 101,2 mg/m <sup>3</sup> 15 minutes.

**Recommended monitoring procedures** : If this product contains ingredients with exposure limits, personal, workplace atmosphere or biological monitoring may be required to determine the effectiveness of the ventilation or other control measures and/or the necessity to use respiratory protective equipment. Reference should be made to monitoring standards, such as the following: European Standard EN 689 (Workplace atmospheres - Guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy) European Standard EN 14042 (Workplace atmospheres - Guide for the application and use of procedures for the assessment of exposure to chemical and biological agents) European Standard EN 482 (Workplace atmospheres - General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents) Reference to national guidance documents for methods for the determination of hazardous substances will also be

**SECTION 8: Exposure controls/personal protection**

required.

Derived no effect levels

Product/ingredient name	Type	Exposure	Value	Population	Effects
trizinc bis(orthophosphate)	DNEL	Long term Dermal	83 mg/kg bw/day	Workers	Systemic
	DNEL	Long term Inhalation	5 mg/m <sup>3</sup>	Workers	Systemic
	DNEL	Long term Dermal	83 mg/kg bw/day	Consumers	Systemic
	DNEL	Long term Inhalation	2,5 mg/m <sup>3</sup>	Consumers	Systemic
zinc oxide	DNEL	Long term Oral	0,83 mg/kg bw/day	Consumers	Systemic
	DNEL	Long term Dermal	83 mg/kg bw/day	Workers	Systemic
	DNEL	Long term Inhalation	5 mg/m <sup>3</sup>	Workers	Systemic
	DNEL	Long term Dermal	83 mg/kg bw/day	Consumers	Systemic
	DNEL	Long term Inhalation	2,5 mg/m <sup>3</sup>	Consumers	Systemic
	DNEL	Long term Oral	0,83 mg/kg bw/day	Consumers	Systemic

Predicted no effect concentrations

Product/ingredient name	Type	Compartment Detail	Value	Method Detail
trizinc bis(orthophosphate)	PNEC	Fresh water	20,6 µg/l	-
	PNEC	Marine	6,1 µg/l	-
	PNEC	Sewage Treatment Plant	52 µg/l	-
zinc oxide	PNEC	Fresh water sediment	117,8 mg/kg dwt	-
	PNEC	Marine water sediment	56,5 mg/kg dwt	-
	PNEC	Soil	35,6 mg/kg dwt	-
	PNEC	Fresh water	20,6 µg/l	-
	PNEC	Marine	6,1 µg/l	-
	PNEC	Sewage Treatment Plant	52 µg/l	-
	PNEC	Fresh water sediment	117,8 mg/kg dwt	-
	PNEC	Marine water sediment	56,5 mg/kg dwt	-
	PNEC	Soil	35,6 mg/kg dwt	-

**8.2 Exposure controls**

**Appropriate engineering controls** : Good general ventilation should be sufficient to control worker exposure to airborne contaminants.

Individual protection measures

**Hygiene measures** : Wash hands, forearms and face thoroughly after handling chemical products, before eating, smoking and using the lavatory and at the end of the working period. Appropriate techniques should be used to remove potentially contaminated clothing. Wash contaminated clothing before reusing. Ensure that eyewash stations and safety showers are close to the workstation location.

**Eye/face protection** : Safety eyewear complying with an approved standard should be used when a risk assessment indicates this is necessary to avoid exposure to liquid splashes, mists, gases or dusts. If contact is possible, the following protection should be worn, unless the assessment indicates a higher degree of protection: safety glasses with side-shields.

Skin protection

**SECTION 8: Exposure controls/personal protection**

- Hand protection** : There is no one glove material or combination of materials that will give unlimited resistance to any individual or combination of chemicals. The breakthrough time must be greater than the end use time of the product. The instructions and information provided by the glove manufacturer on use, storage, maintenance and replacement must be followed. Gloves should be replaced regularly and if there is any sign of damage to the glove material. Always ensure that gloves are free from defects and that they are stored and used correctly. The performance or effectiveness of the glove may be reduced by physical/chemical damage and poor maintenance. Barrier creams may help to protect the exposed areas of the skin but should not be applied once exposure has occurred.
- May be used, gloves(breakthrough time) 4 - 8 hours: polyvinyl alcohol (PVA) Recommended, gloves(breakthrough time) > 8 hours: Viton®, 4H, neoprene, butyl rubber, PVC, fluor rubber, nitrile rubber
- For right choice of glove materials, with focus on chemical resistance and time of penetration, seek advice by the supplier of chemical resistant gloves. The user must check that the final choice of type of glove selected for handling this product is the most appropriate and takes into account the particular conditions of use, as included in the user's risk assessment.
- Body protection** : Personal protective equipment for the body should be selected based on the task being performed and the risks involved and should be approved by a specialist before handling this product.
- Other skin protection** : Appropriate footwear and any additional skin protection measures should be selected based on the task being performed and the risks involved and should be approved by a specialist before handling this product.
- Respiratory protection** : If workers are exposed to concentrations above the exposure limit, they must use appropriate, certified respirators. Use respiratory mask with charcoal and dust filter when spraying this product.(as filter combination A2-P2). In confined spaces, use compressed-air or fresh-air respiratory equipment. When use of roller or brush, consider use of charcoalfilter.
- Environmental exposure controls** : Emissions from ventilation or work process equipment should be checked to ensure they comply with the requirements of environmental protection legislation. In some cases, fume scrubbers, filters or engineering modifications to the process equipment will be necessary to reduce emissions to acceptable levels.

**SECTION 9: Physical and chemical properties****9.1 Information on basic physical and chemical properties****Appearance**

- Physical state** : Liquid.
- Colour** : Various colours.
- Odour** : Characteristic.
- Odour threshold** : Not available.
- pH** : Not available.
- Melting point/freezing point** : Not available.
- Initial boiling point and boiling range** : Not available.
- Flash point** : Not available.
- Evaporation rate** : Not available.
- Flammability (solid, gas)** : Not available.
- Burning time** : Not applicable.
- Burning rate** : Not applicable.
- Upper/lower flammability or explosive limits** : 0.6 - 9.4%
- Vapour pressure** : Highest known value: 3.2 kPa (23.8 mm Hg) (at 20°C) (water). Weighted average: 3.03 kPa (22.73 mm Hg) (at 20°C)

**SECTION 9: Physical and chemical properties**

<b>Vapour density</b>	: Highest known value: 7.5 (Air = 1) (propanoic acid, 2-methyl-, monoester with 2, 2,4-trimethyl-1,3-pentanediol). Weighted average: 6.43 (Air = 1)
<b>Relative density</b>	: 1.28 g/cm <sup>3</sup>
<b>Solubility(ies)</b>	: Easily soluble in the following materials: cold water and hot water.
<b>Partition coefficient: n-octanol/ water</b>	: Not available.
<b>Auto-ignition temperature</b>	: Not available.
<b>Decomposition temperature</b>	: Not available.
<b>Viscosity</b>	: Not applicable.
<b>Explosive properties</b>	: Not available.
<b>Oxidising properties</b>	: Not available.

**9.2 Other information**

No additional information.

**SECTION 10: Stability and reactivity**

<b>10.1 Reactivity</b>	: No specific test data related to reactivity available for this product or its ingredients.
<b>10.2 Chemical stability</b>	: The product is stable.
<b>10.3 Possibility of hazardous reactions</b>	: Under normal conditions of storage and use, hazardous reactions will not occur.
<b>10.4 Conditions to avoid</b>	: No specific data.
<b>10.5 Incompatible materials</b>	: No specific data.
<b>10.6 Hazardous decomposition products</b>	: Under normal conditions of storage and use, hazardous decomposition products should not be produced.

**SECTION 11: Toxicological information****11.1 Information on toxicological effects**

There are no data available on the mixture itself. The mixture has been assessed following the conventional method of the Dangerous Preparations Directive 1999/45/EC and classified for toxicological hazards accordingly. See Sections 2 and 15 for details.

Exposure to component solvent vapour concentrations in excess of the stated occupational exposure limit may result in adverse health effects such as mucous membrane and respiratory system irritation and adverse effects on the kidneys, liver and central nervous system. Symptoms and signs include headache, dizziness, fatigue, muscular weakness, drowsiness and, in extreme cases, loss of consciousness. Solvents may cause some of the above effects by absorption through the skin. Repeated or prolonged contact with the mixture may cause removal of natural fat from the skin, resulting in non-allergic contact dermatitis and absorption through the skin. If splashed in the eyes, the liquid may cause irritation and reversible damage. Swallowing may cause nausea, diarrhoea and vomiting.

Product/ingredient name	Result	Species	Dose	Exposure
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	LD50 Dermal	Rabbit	2700 mg/kg	-
	LD50 Dermal	Rabbit	2700 mg/kg	-
	LD50 Oral	Rat	4500 mg/kg	-

**Acute toxicity estimates**

Not available.

**Specific target organ toxicity (single exposure)**

Not available.

**Specific target organ toxicity (repeated exposure)**

Not available.

**Aspiration hazard**

Not available.

## SECTION 12: Ecological information

### 12.1 Toxicity

Product/ingredient name	Result	Species	Exposure
trizinc bis(orthophosphate) zinc oxide	Acute LC50 0,14 mg/l	Fish - Oncorhynchus mykiss	96 hours
	Acute EC50 >1000 ppm Fresh water	Daphnia - Daphnia magna	48 hours
ammonia	Acute LC50 1,1 to 2,5 ppm Fresh water	Fish - Oncorhynchus mykiss	96 hours
	Acute EC50 0,101 mg/l Fresh water	Daphnia	96 hours
	Acute LC50 0,89 mg/l Fresh water	Fish	96 hours

**Conclusion/Summary** : Water polluting material. May be harmful to the environment if released in large quantities. This material is toxic to aquatic life with long lasting effects.

### 12.2 Persistence and degradability

Product/ingredient name	Test	Result	Dose	Inoculum
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	-	>60 % - 28 days	-	-

**Conclusion/Summary** : Not available.

Product/ingredient name	Aquatic half-life	Photolysis	Biodegradability
trizinc bis(orthophosphate)	-	-	Not readily
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	-	-	Readily
zinc oxide	-	-	Not readily
ammonia	-	-	Readily

### 12.3 Bioaccumulative potential

Product/ingredient name	LogP <sub>ow</sub>	BCF	Potential
trizinc bis(orthophosphate)	-	60960	high
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	0,56	-	low
zinc oxide	-	60960	high
ammonia	<1	-	low

### 12.4 Mobility in soil

**Soil/water partition coefficient (K<sub>oc</sub>)** : Not available.

**Mobility** : Not available.

### 12.5 Results of PBT and vPvB assessment

**PBT** : Not applicable.

**vPvB** : Not applicable.

**12.6 Other adverse effects** : No known significant effects or critical hazards.

## SECTION 13: Disposal considerations

The information in this section contains generic advice and guidance. The list of Identified Uses in Section 1 should be consulted for any available use-specific information provided in the Exposure Scenario(s).

### 13.1 Waste treatment methods

Do not allow to enter drains or watercourses. Material and/or container must be disposed of as hazardous waste.

**European waste catalogue (EWC)** : 08 01 11\* Waste paint and varnish containing organic solvents or other dangerous substances If this product is mixed with other wastes, this code may no longer apply. If mixed with other wastes, the appropriate code should be assigned. For further information, contact your local waste authority.

## SECTION 14: Transport information

**Transport within user's premises:** always transport in closed containers that are upright and secure. Ensure that persons transporting the product know what to do in the event of an accident or spillage.

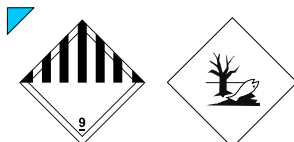
Transport in accordance with ADR/RID, IMDG/IMO and ICAO/IATA and national regulation.

### International transport regulations

**14.1 UN number** : 3082

**14.2 UN proper shipping name** : Environmentally hazardous substance, liquid, n.o.s. (trizinc bis(orthophosphate), zinc oxide). Marine pollutant (trizinc bis(orthophosphate), zinc oxide)

**14.3 Transport hazard class(es)** : 9



**Marking** : The environmental hazardous / marine pollutant mark is only applicable for packages containing more than 5 litres for liquids and 5 kg for solids.

**14.4 Packing group** : III

**14.5 Environmental hazards** : Yes.

**14.6 Special precautions for user** : **Transport within user's premises:** always transport in closed containers that are upright and secure. Ensure that persons transporting the product know what to do in the event of an accident or spillage.

### Additional information

**ADR / RID** : Tunnel restriction code: (E)  
Hazard identification number: 90

**IMDG** : **Emergency schedules (EmS)**  
F-A, S-F

**14.7 Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code** : Not available.

## SECTION 15: Regulatory information

**15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**

### EU Regulation (EC) No. 1907/2006 (REACH)

#### Annex XIV - List of substances subject to authorisation

##### Substances of very high concern

None of the components are listed.

**Annex XVII - Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles** : Not applicable.

### Other EU regulations

**Europe inventory** : Not determined.

**Black List Chemicals** : Not listed

**Priority List Chemicals** : Not listed

**Integrated pollution prevention and control list (IPPC) - Air** : Not listed

**Integrated pollution prevention and control list (IPPC) - Water** : Not listed

## SECTION 15: Regulatory information

**Chemical Weapons Convention List Schedule I Chemicals** : Not listed

**Chemical Weapons Convention List Schedule II Chemicals** : Not listed

**Chemical Weapons Convention List Schedule III Chemicals** : Not listed

**15.2 Chemical Safety Assessment** : This product contains substances for which Chemical Safety Assessments are still required.

## SECTION 16: Other information

✔ Indicates information that has changed from previously issued version.

**Abbreviations and acronyms** : ATE = Acute Toxicity Estimate  
 CLP = Classification, Labelling and Packaging Regulation [Regulation (EC) No. 1272/2008]  
 DNEL = Derived No Effect Level  
 EUH statement = CLP-specific Hazard statement  
 PNEC = Predicted No Effect Concentration  
 RRN = REACH Registration Number

### Procedure used to derive the classification according to Regulation (EC) No. 1272/2008 [CLP/GHS]

Classification	Justification
Aquatic Chronic 2, H411	Calculation method

**Full text of abbreviated H statements** : H314 Causes severe skin burns and eye damage.  
 H318 Causes serious eye damage.  
 H319 Causes serious eye irritation.  
 H400 Very toxic to aquatic life.  
 H410 Very toxic to aquatic life with long lasting effects.  
 H411 Toxic to aquatic life with long lasting effects.

**Full text of classifications [CLP/GHS]** : Aquatic Acute 1, H400 ACUTE AQUATIC HAZARD - Category 1  
 Aquatic Chronic 1, H410 LONG-TERM AQUATIC HAZARD - Category 1  
 Aquatic Chronic 2, H411 LONG-TERM AQUATIC HAZARD - Category 2  
 Eye Dam. 1, H318 SERIOUS EYE DAMAGE/ EYE IRRITATION - Category 1  
 Eye Irrit. 2, H319 SERIOUS EYE DAMAGE/ EYE IRRITATION - Category 2  
 Skin Corr. 1B, H314 SKIN CORROSION/IRRITATION - Category 1B

**Full text of abbreviated R phrases** : R34- Causes burns.  
 R36- Irritating to eyes.  
 R50- Very toxic to aquatic organisms.  
 R50/53- Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.  
 R51/53- Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

**Full text of classifications [DSD/DPD]** : C - Corrosive  
 Xi - Irritant  
 N - Dangerous for the environment

**Date of printing** : 24.07.2014.

**Date of issue/ Date of revision** : 24.07.2014.

**Date of previous issue** : 25.04.2014.

**Version** : 3.01

**Notice to reader**



## **SECTION 16: Other information**

The information in this document is given to the best of Jotun's knowledge, based on laboratory testing and practical experience. Jotun's products are considered as semi-finished goods and as such, products are often used under conditions beyond Jotun's control. Jotun cannot guarantee anything but the quality of the product itself. Minor product variations may be implemented in order to comply with local requirements. Jotun reserves the right to change the given data without further notice.

Users should always consult Jotun for specific guidance on the general suitability of this product for their needs and specific application practices.

If there is any inconsistency between different language issues of this document, the English (United Kingdom) version will prevail.

## WaterFine Primer

---

### Product description

This is a two component waterborne polyamide cured epoxy coating. It is a surface tolerant, very fast drying, highly penetrating product containing flash rust inhibitors. Specially designed for new construction where fast dry to handle and over coating times are required. Can be used as primer, mid coat, finish coat or as single coat system in atmospheric environments. Suitable for properly prepared carbon steel, aluminium and concrete substrates.

### Scope

The Application Guide offers product details and recommended practices for the use of this product.

The Application Guide (AG) must be read in conjunction with the relevant specification, Technical Data Sheet (TDS) and Safety Data Sheet (SDS) for all the products used as part of the coating system.

### Referred standards

Reference is generally made to ISO Standards. When using standards from other regions it is recommended to reference only one corresponding standard for the substrate being treated.

---

## Surface preparation

The required quality of surface preparation can vary depending on the area of use, expected durability and if applicable, project specification.

### Process sequence

Surface preparation and coating should normally be commenced only after all welding, degreasing, removal of sharp edges, weld spatter and treatment of welds is complete. It is important that all hot work is completed before coating commences.

### Soluble salts removal

Soluble salts have a negative impact on the coating systems performance. Jotun's general recommendations for maximum soluble salts (sampled and measured as per ISO 8502-6 and -9) content on a surface are:

Areas exposed to (ISO 12944-2):

C1-C4: 200 mg/m<sup>2</sup>

### Carbon steel

#### Initial rust grade

The steel shall preferably be Rust Grade A or B (ISO 8501-1). It is technically possible to apply the coating to grades higher than B, but it is practically challenging to ensure specified film thickness on such a rough surface, hence risk of reduced lifetime of the coating system. When steel of Rust Grade C or D is coated, the frequency of inspection and testing should be increased.

#### Metal finishing

Defective welds shall be replaced and treated to an acceptable finish before painting. Temporary welds and brackets shall be ground to a flat finish after removal from the parent metal. For areas in corrosivity category C1 to C4 (ISO 12944-2) all irregularities, burrs, slivers, slag and spatter on welds, sharp edges and corners shall conform to minimum grade P2 (ISO 8501-3) Table 1, or as specified. All edges shall have a rounded radius of minimum 2 mm subjected to three pass grinding or equally effective method.

#### Pitting repair

Pittings in steel can be difficult to cover fully with most coatings. In some areas it is practically feasible to use filler to fill pittings. This should then be done either after the initial surface preparation or after application of first coat.

### Abrasive blast cleaning

#### Cleanliness

After pre-treatment is complete, the surface shall be dry abrasive blast cleaned to Sa 2½ (ISO 8501-1) using abrasive media suitable to achieve a sharp and angular surface profile. Minimum acceptable blast cleaning standard is Sa 1 (ISO 8501-1).

#### Surface profile

Recommended surface profile 30-85 µm, grade Fine to Medium G; Ry5 (ISO 8503- 2).

#### Dust contamination

At the completion of abrasive blasting the prepared surface shall be cleaned to remove residues of corrosion product and abrasive media and inspected for surface particulate contamination. Maximum contamination level is rating 2 (ISO 8502-3) as per Figure 1. Dust size no greater than class 2.

### Hand and Power Tool Cleaning

#### Power tool cleaning

For minor touch-up work mechanical preparation to minimum cleanliness St 2 (ISO 8501-1) may be acceptable, subject to exposure conditions and expected durability. Suitable methods are disc grinding, hand sanding or hand wire brushing. Ensure the surface is free from mill scale, residual corrosion, failed coating and is suitable for painting. Do not use power wire brushing due to the risk of polishing the surface. The surface should appear rough and mat. Overlapping zones to intact coating shall have all leading edges feathered back by sanding methods to remove all sharp leading edges and establish a smooth transition from the exposed substrate to the surrounding coating. Consecutive layers of coating shall be feathered to expose each layer and new coating shall always overlap to an abraded existing layer. Abrade intact coatings around the damaged areas for a minimum 100 mm to ensure a mat, rough surface profile, suitable for over coating.

### Galvanised steel

#### Abrasive blast cleaning

Cleanliness corresponding to the description of Sa1 (ISO 8501-1)

#### Water jetting

Water jetting to cleanliness corresponding to the description of Wa1 (ISO 8501-4) Alternatively inspect the surface for oil, grease and other contamination and if present, remove with an alkaline detergent. Agitate the surface to activate the cleaner and before it dries, wash the treated area using plenty of fresh water.

### Aluminium

#### Abrasive blast cleaning

Cleanliness corresponding to the description of Sa1 (ISO 8501-1)

#### Water jetting

Water jetting to cleanliness corresponding to the description of Wa1 (ISO 8501-4) Alternatively inspect the surface for oil, grease and other contamination and if present, remove with an alkaline detergent. Agitate the surface to activate the cleaner and before it dries, wash the treated area using plenty of fresh water.

### Concrete

Concrete should be a minimum of 28 days old, applying any coating before this time will greatly increase the chance of the coating de-bonding. The moisture content of the concrete should be checked prior to the application of the coating and should not be greater than 5%. Concrete substrates should be mechanically prepared to leave a clean, sound and dry base on which a coating system can be applied.

Clean – Free of oils, grease, dust, dirt, chemicals, loose coating, curing compounds, form release oils, sealers or hardeners must be removed prior to coating.

Sound – Concrete that has unsound areas (voids, hollow spots, and friable surface) may have to be removed, replaced or repaired with materials that are compatible with the selected coating system.

Dry – It is important to address dryness because most coatings require a dry surface for proper adhesion.

Moisture contained within the concrete that moves towards the surface through the pores of the concrete may prevent adequate coating adhesion.

Dry abrasive "Brush Blast" cleaning to NACE No. 4/SSPC-SP 7. Where the concrete has become contaminated with oils, grease, or fuels, water emulsifiable degreasers-cleaners may be used to remove these contaminants. It is important to only clean an area that can be fully washed down after degreasing before any of the cleaner can dry on the surface.

Ultra high pressure water jetting can be used to remove laitance and reveal blowholes and imperfections.

Ensure concrete is dry before coating application.

### Water cleaning

Water cleaning will remove laitance and reveal blow holes and imperfections. The concrete needs to dry before coating application.

### Coated surfaces

#### Organic primers/intermediates

The surface of previous coats shall be free from contamination by water, hydrocarbon based products, wax, mud, mortar droppings and loose, chalked and flaking coating. Inspect the surface for oil, grease and other contamination and if present, remove with an alkaline detergent. Agitate the surface to activate the detergent and before it dries, wash the treated area using plenty of fresh water. When applied on coatings past maximum over coating interval light abrading may be required to achieve proper intercoat adhesion.

#### Shop primers

Organic shop primers are accepted as temporary protection of steel plates and profiles. Before being overcoated the shop primer must be fully cured, clean, dust free, dry and undamaged. Inorganic zinc shop primers must be free of zinc salts (white rust). Corroded and damaged areas must be mechanically cleaned to minimum St 2 (ISO 8501-1).

## Application

### Acceptable environmental conditions - before and during application

Before application, test the atmospheric conditions in the vicinity of the substrate for the dew formation according to ISO 8502-4.

#### Standard grade

Air temperature	5 - 50	°C
Substrate temperature	5 - 40	°C
Relative Humidity (RH)	10 - 75	%

The following restrictions must be observed:

- Only apply the coating when the substrate temperature is at least 3°C above the dew point
- Do not apply the coating if the substrate is wet or likely to become wet
- Do not apply the coating if the weather is clearly deteriorating or unfavourable for application or curing
- Do not apply the coating in high wind conditions

## Product mixing

### Product mixing ratio (by volume)

To secure proper mixing a mechanical stirrer should be used to stir up both components separately before mixture. During the mixing of the two components thoroughly stir down to the bottom of the can (mix for at least 5 minutes). The temperature of the two components is recommended to be 20 °C when mixing.

WaterFine Primer Comp A	1	part(s)
WaterFine Primer Comp B	1,2	part(s)

### Induction time and Pot life

**Paint temperature** **23 °C**

Induction time	15 min
Pot life	3 h

The paint is not to be used after exceeded pot life time.

The temperature of base and curing agent is recommended to be 18 °C or higher when the paint is mixed.

### Thinner/Cleaning solvent

Thinner: Water

Cleaning solvent: Jotun Thinner No. 17 / Jotun Thinner No. 4

## Application data

### Airless Spray Equipment

Pump ratio (minimum) :	42:1
Pump output (litres/minute) :	1.3-2.2
Pressure at nozzle (minimum) :	150 bar/2100 psi
Nozzle tip (inch/1000) :	17-23
Filters (mesh) :	70

Material hose length :

Several factors influence, and need to be observed to maintain the recommended pressure at nozzle. Among factors causing pressure drop are:

- long paint- and whip hoses
- low inner diameter hoses
- high paint viscosity
- large spray nozzle size
- inadequate air capacity from compressor
- wrong or clogged filters

## Recommended film thickness per coat

Film thickness and spreading rate	Dry film thickness	Wet film thickness	Theoretical spreading rate
	( $\mu\text{m}$ )		( $\text{m}^2/\text{l}$ )
Minimum	60	135	7,6
Maximum	125	270	3,7
Typical	100	220	4,6

### Wet film thickness (WFT) measurement and calculation

To ensure correct film thickness, it is recommended to measure the wet film thickness continuously during application using a painter's wet film comb (ISO 2808 Method 1A). Use a wet-to-dry film calculation table to calculate the required wet film thickness per coat.

A wet to dry film thickness chart is available on the Jotun Web site.

### Dry film thickness (DFT) measurement

When the coating has cured to hard dry state the dry film thickness can be checked to SSPC PA 2 or equivalent standard using statistical sampling to verify the actual dry film thickness. Measurement and control of the WFT and DFT on welds is done by measuring adjacent to and no further than 15 cm from the weld.

### Ventilation

Sufficient ventilation is very important to ensure proper drying/curing of the film.

### Stripe coating

The stripe coat sequence can be either of the following:

1. Surface preparation, stripe coat, full coat.
2. Surface preparation, full coat, stripe coat. This sequence can be used when a large substrate area has been prepared and leaving the substrate exposed for a long time while doing stripe coating could lead to surface deterioration. It is important to pay special attention to edges, openings, rear sides of stiffeners, scallops etc. and to apply a stripe coat to these areas where the spray fan may not reach or deposit an even film.

When applying a stripe coat to bare metal use only a stiff, round stripe coating brush to ensure surface wetting and filling of pits in the surface.

If applying the stripe coat after a full primer coat has been applied, the stripe coat can be applied by either brush or by airless spray using a tip with a narrow spray fan. Stripe coating shall be of a different colour to the main primer coat and the topcoat colour and should be applied in an even film thickness, avoiding excessive brush marks in order to avoid entrapped air. Care should be taken to avoid excessive film thickness. Pay additional attention to pot life during application of stripe coats. Jotun recommends a minimum of one stripe coat. However, in extremely aggressive exposure conditions there may be good reason to specify two stripe coats.

### Coating loss

The consumption of paint should be controlled carefully, with thorough planning and a practical approach to reducing loss. Application of liquid coatings will result in some material loss. Understanding the ways that coating can be lost during the application process, and making appropriate changes, can help reducing material loss.

Some of the factors that can influence the loss of coating material are:

- type of spray gun/unit used
- air pressure used for airless pump or for atomization
- orifice size of the spray tip or nozzle
- fan width of the spray tip or nozzle
- the amount of thinner added
- the distance between spray gun and substrate

- the profile or surface roughness of the substrate. Higher profiles will lead to a higher "dead volume"
- the shape of the substrate target
- environmental conditions such as wind and air temperature

## Drying and Curing time

Substrate temperature	5 °C	10 °C	23 °C	40 °C
Surface (touch) dry	1 h	1 h	45 min	45 min
Walk-on-dry	5 d	2 d	1 d	1 d
Dried to over coat, minimum	24 h	10 h	1.5 h	1.5 h
Dried/cured for service	20 d	14 d	7 d	5 d

Drying and curing times are determined under controlled temperatures and relative humidity below 85%, and within the DFT range of the product.

Surface (touch) dry: The state of drying when slight pressure with a finger does not leave an imprint or reveal tackiness. Dry sand sprinkled on the surface can be brushed off without sticking to or causing damage to the surface.

Walk-on-dry: Minimum time before the coating can tolerate normal foot traffic without permanent marks, imprints or other physical damage.

Dried to over coat, minimum: The shortest time allowed before the next coat can be applied.

Dried/cured for service: Minimum time before the coating can be permanently exposed to the intended environment/medium.

## Maximum over coating intervals for atmospheric exposure

Substrate temperature	5 °C	10 °C	23 °C	40 °C
Itself	3 mth	3 mth	3 mth	2 mth
acrylic	7 d	7 d	5 d	1 d
epoxy	3 mth	3 mth	3 mth	2 mth
polysiloxane	10 d	10 d	7 d	5 d
polyurethane	10 d	10 d	7 d	5 d

## Other conditions that can affect drying / curing / over coating

### Repair of coating system

Damages to the coating layers:

Prepare the area through sandpapering or grinding, followed by thorough washing. When the surface is dry the coating may be over coated by itself or by another product, ref. original specification.

Always observe the maximum over coating intervals. If the maximum over coating interval is exceeded the surface should be carefully roughened in order to ensure good intercoat adhesion. Damages exposing bare substrate:

Remove all rust, loose paint, grease or other contaminants by spot abrasive blasting, mechanical grinding, water and/or solvent washing. Feather edges and roughen the overlap zone of surrounding intact coating. Apply the coating system specified for repair.

### Repair of damaged areas

Sags and runs can be caused by too high wet film thickness, too much thinner added or the spray gun used too close to the surface.

Repair by using a paint brush to smooth the film when still wet.

Sand down to a rough, even surface and re-coat if the coating is cured. Orange peel can be caused by poor flow/levelling properties of the paint, poor atomization of the paint, thinner evaporating too fast or the spray gun held too close to the surface.

This can be rectified by abrading the surface and applying an additional coat after having adjusted the application properties or the application technique. Dry spray can be caused by poor atomization of the paint, spray gun held too far from the surface, high air temperature, thinner evaporating too fast or coating applied in windy conditions. Sand down to a rough even surface and re-coat. Pinholes can be caused by entrapped solvents in the film or by incorrect application technique.

Pinholes can be repaired as per procedure for damages to the coating layer or to the substrate, ref. above.

### Coating film continuity

When required by the specification, the coating shall be tested for film discontinuity according to ASTM D 5162, test method A or B as appropriate for the actual dry film thickness.

All recorded defects shall be repaired by best practical means.

## Quality assurance

The following information is the minimum recommended. The specification may have additional requirements.

- Confirm all welding and other metal work, whether internal or external to the tank, has been completed before commencing pre-treatment and surface preparation of the substrate
- Confirm installed ventilation is balanced and has the capacity to deliver and maintain the RAQ
- Confirm the required surface preparation standard has been achieved and is held prior to coating application
- Confirm that the climatic conditions are within recommendation in the AG and held during the application
- Confirm the required number of stripe coats have been applied
- Confirm each coat meets the DFT requirements of the specification
- Confirm the coating has not been adversely affected by rain or any other agency during curing
- Observe adequate coverage has been achieved on corners, crevices, edges and surfaces where the spray gun cannot be positioned so that its spray impinges on the surface at 90°
- Observe the coating is free from defects, discontinuities, insects, spent abrasive media and other contamination
- Observe the coating is free from misses, sags, runs, wrinkles, fat edges, mud blistering, blistering, obvious pinholes, excessive dry spray, heavy brush marks and excessive film build
- Observe the uniformity and colour are satisfactory

All noted defects should be fully repaired to conform to the coating specification.

### Caution

This product is for professional use only. The applicators and operators shall be trained, experienced and have the capability and equipment to mix/stir and apply the coatings correctly and according to Jotun's technical documentation. Applicators and operators shall use appropriate personal protection equipment when using this product. This guideline is given based on the current knowledge of the product. Any suggested deviation to suit the site conditions shall be forwarded to the responsible Jotun representative for approval before commencing the work.

For further advice please contact your local Jotun office.

### Health and safety

Please observe the precautionary notices displayed on the container. Use under well ventilated conditions. Do not inhale spray mist. Avoid skin contact. Spillage on the skin should immediately be removed with suitable cleanser, soap and water. Eyes should be well flushed with water and medical attention sought immediately.

### Accuracy of information

Always refer to and use the current (last issued) version of the TDS, SDS and if available, the AG for this product. Always refer to and use the current (last issued) version of all International and Local Authority Standards referred to in the TDS, AG & SDS for this product.

### Colour variation



Some coatings used as the final coat may fade and chalk in time when exposed to sunlight and weathering effects. Coatings designed for high temperature service can undergo colour changes without affecting performance. Some slight colour variation can occur from batch to batch. When long term colour and gloss retention is required, please seek advice from your local Jotun office for assistance in selection of the most suitable top coat for the exposure conditions and durability requirements.

### Reference to related documents

The Application Guide (AG) must be read in conjunction with the relevant specification, Technical Data Sheet (TDS) and Safety Data Sheet (SDS) for all the products used as part of the coating system.

When applicable, refer to the separate application procedure for Jotun products that are approved to classification societies such as PSPC, IMO etc.

## Symbols and abbreviations

min = minutes

h = hours

d = days

°C = degree Celsius

° = unit of angle

µm = microns = micrometres

g/l = grams per litre

g/kg = grams per kilogram

m<sup>2</sup>/l = square metres per litre

mg/m<sup>2</sup> = milligrams per square metre

psi = unit of pressure, pounds/inch<sup>2</sup>

Bar = unit of pressure

RH = Relative humidity (% RH)

UV = Ultraviolet

DFT = dry film thickness

WFT = wet film thickness

TDS = Technical Data Sheet

AG = Application Guide

SDS = Safety Data Sheet

VOC = Volatile Organic Compound

MCI = Jotun Multi Colour Industry (tinted colour)

RAQ = Required air quantity

PPE = Personal Protective Equipment

EU = European Union

UK = United Kingdom

EPA = Environmental Protection Agency

ISO = International Standards Organisation

ASTM = American Society of Testing and Materials

AS/NZS = Australian/New Zealand Standards

NACE = National Association of Corrosion Engineers

SSPC = The Society for Protective Coatings

PSPC = Performance Standard for Protective Coatings

IMO = International Maritime Organization

## Disclaimer

The information in this document is given to the best of Jotun's knowledge, based on laboratory testing and practical experience. Jotun's products are considered as semi-finished goods and as such, products are often used under conditions beyond Jotun's control. Jotun cannot guarantee anything but the quality of the product itself. Minor product variations may be implemented in order to comply with local requirements. Jotun reserves the right to change the given data without further notice.

Users should always consult Jotun for specific guidance on the general suitability of this product for their needs and specific application practices.

If there is any inconsistency between different language issues of this document, the English (United Kingdom) version will prevail.



# Astrup MDS

## 1.4418 QT900

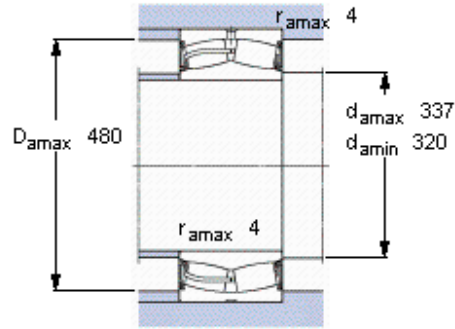
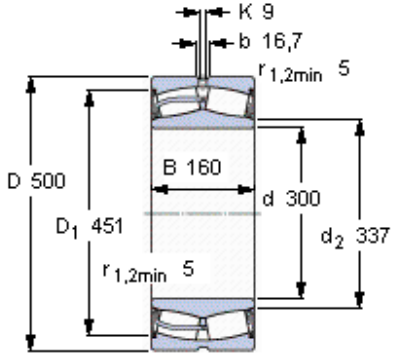
**1.4418 QT900**

KVALITET, MANGFOLD OG GODT SAMARBEID

Material Description					Quality					
Hot rolled/ forged stainless bar steel Grinded, stainless bars steel Hardened and tempered					EN 1.4418 / S165M / SS 2387 QT 900					
Chemical composition										
	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	Ni %	P %	S %	N %	
	0,02 0,05	0,3 0,7	0,6 1,0	15,0 17,0	0,8 1,25	4,5 5,5	≤0,04	0,005 0,015	0,02 0,015	
Mechanical properties										
Yield strength	Tensile strength		Elongation	Contraction	Impact Value		Hardness		Hardness	
Rp 0,2 % /N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )		A5 %	Z %	Kv/J (-40 °C)		HRC		HB	
Min 750	Min 900		Min 16	Min 40	Min 32				Min 280	
	Max 1100								Max 340	
Technical requirements										
EN 10088-3 QT900 X4CrNiMo 16-5-1 Heat treatment: Hardening at 1000° C / cooled in air followed by tempering at 580-640° C / cooled in air. UT-testing ≥ 25mm acc. to EN 10308 type 1a, tab.2, class 4.										
Certificate										
Acc to EN 10204/3.1										
Form of supply										
Lengths from 3-7 meter, depending on diameter. Max weight per subject: 5000 kg										
Marking										
Astrup purchase number. Each bar to be marked or hard stamped with charge number, quality and dimension.										

Spherical roller bearings, cylindrical and tapered bore

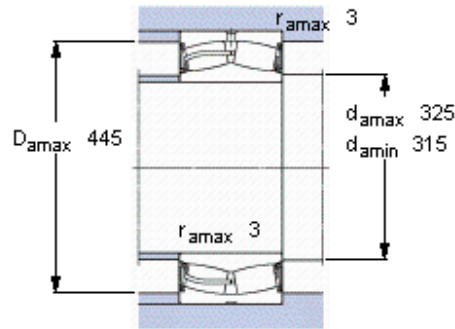
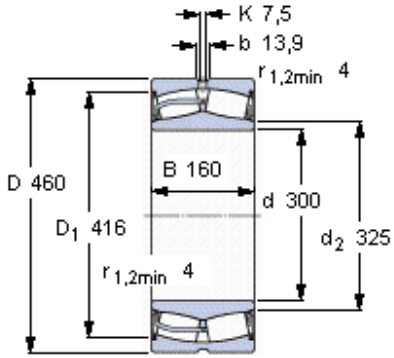
Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings	Limiting speed	Designation
d	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed		* SKF Explorer bearing
mm			kN		r/min		-
<b>300</b>	500	160	3373	5100	-	260	23160-2CS5/VT143 *



**Calculation factors**  
 $e$  0,28  
 $Y_1$  2,4  
 $Y_2$  3,6  
 $Y_0$  2,5

Spherical roller bearings, cylindrical and tapered bore

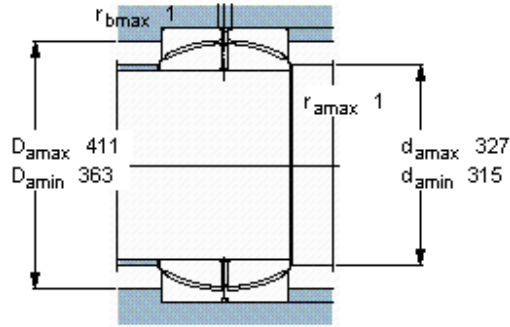
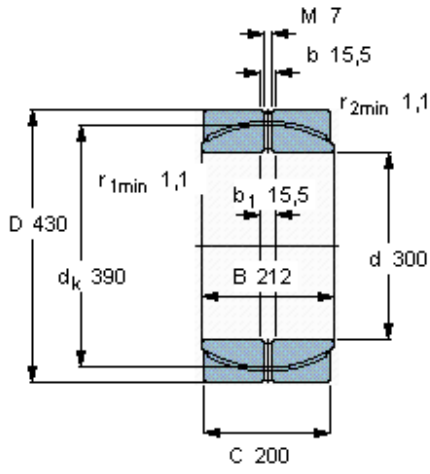
Principal dimensions			Basic load ratings		Speed ratings	Limiting speed	Designation
d	D	B	dynamic C	static C0	Reference speed		
mm			kN		r/min		
<b>300</b>	460	160	2827	4750	-	240	<b>* SKF Explorer bearing</b> 24060-2CS5/VT143 *



**Calculation factors**  
 $e$  0,33  
 $Y_1$  2  
 $Y_2$  3  
 $Y_0$  2

Radial spherical plain bearings, Maintenance-free radial spherical plain bearings

Principal dimensions				Angle of tilt	Basic load ratings		Designation
d	D	B	C	±	dynamic C	static C0	
mm				degrees	kN		-
<b>300</b>	430	212	200	2	5600	8300	GEP 300 FS



**Specific load factor**

K 80

**Material constant**

$K_M$  1055

## Mesh Panels

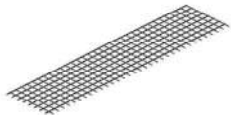
Corrugated Mesh and Steel Mesh are particularly suitable for guards, enclosures and partitioning in conjunction with Clamp Profiles.

Order No

0.0.428.36

Product

Corrugated Mesh St bright zinc-plated 4mm 40x40



Weight (kg/m <sup>2</sup> )	4.5
Length	1312
Width	317

## Mesh Panels

Corrugated Mesh and Steel Mesh are particularly suitable for guards, enclosures and partitioning in conjunction with Clamp Profiles.

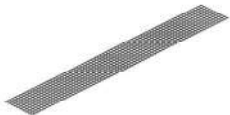
Order No

0.0.428.36

Product

Corrugated Mesh St bright zinc-plated 4mm 40x40

---



Weight (kg/m <sup>2</sup> )	4.5
Length	2700
Width	377

## Mesh Panels

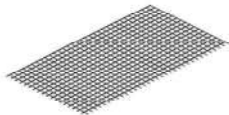
Corrugated Mesh and Steel Mesh are particularly suitable for guards, enclosures and partitioning in conjunction with Clamp Profiles.

Order No

0.0.428.36

Product

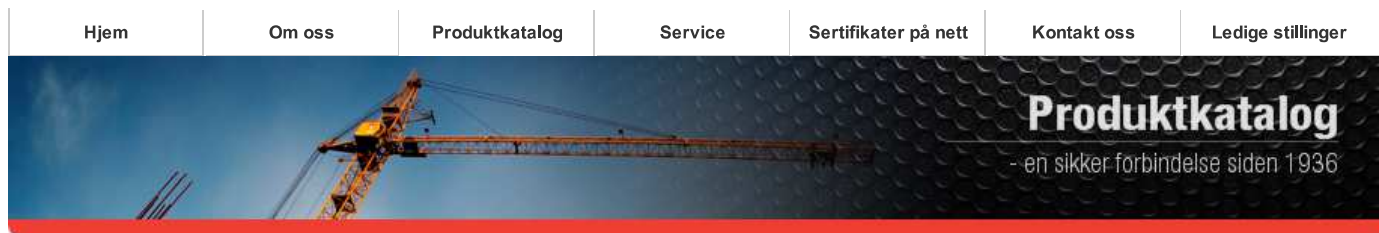
Corrugated Mesh St bright zinc-plated 4mm 40x40



Weight (kg/m <sup>2</sup> )	4.5
Length	1312
Width	721



Ring oss: +47 73 53 97 00  
Epost: [firmapost@haug.no](mailto:firmapost@haug.no)



## Produktkatalog

### 1. STÅLTAU OG REDSKAPER

Teknisk informasjon  
Håndtering og installasjon  
Ståltau  
Redskap av ståltau  
Tilbehør ståltau/wire

### 2. KJETTING OG REDSKAPER

### 3. SJAKLER OG BLOKKER

### 4. TALJER, VINSJER OG LØFTEÅK

### 5. LØFT OG SURREING

### 6. JERNVARER

### 7. FIBERTAU

### 8. ANKRING OG FORTØYNING

### 9. BRANN OG REDNING

### 10. SKIPSUTSTYR

### 11. BÅTUTSTYR

### 12. FALLSIKRING OG BEKLEDNING

### 13. ØVRIGE PRODUKTER

### BROSJYRER

### BRUKERVEILEDNINGER

Hurtig søk

Hurtig søk

Velg produkt

Produktkatalog

Hjem / Produktkatalog / 1. STÅLTAU OG REDSKAPER / Tilbehør ståltau/wire / GN CR Socket SO4



## GN CR Socket SO4



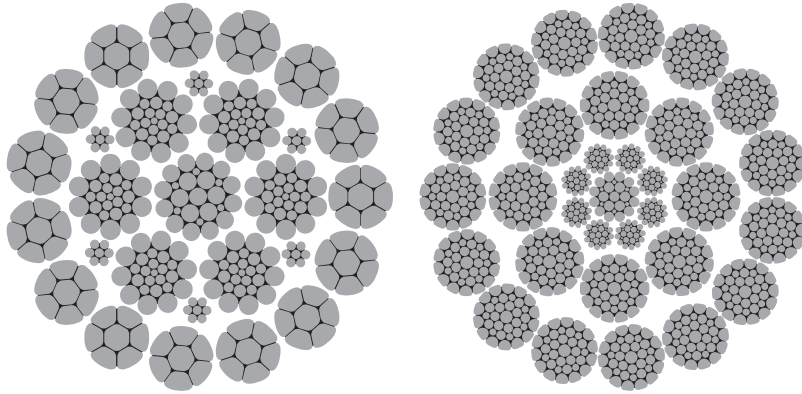
Materiale: Støpestål.  
Sikkerhetsfaktor: 5:1.  
Ytterbehandling: Lakkert/galvanisert.



Art.nr	Wire dia (mm)	MBL tonn	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)	F(mm)	G(mm)	Vekt(kg)
	31-36	140	140	85	38	39	75	124	35	6,5
	38-42	160	160	110	42	44	92	130	38	8
	43-48	200	188	128	50	51	110	180	45	17
10.1047005229	49-54	250	215	125	55	57	115	200	50	23
10.1047005249	55-60	300	23	145	65	63	135	230	57	33
10.1047005261	61-68	400	250	160	75	73	160	265	65	50
10.1047005279	69-75	500	280	175	80	79	170	278	70	59
10.1047005281	76-80	600	315	210	85	86	184	300	75	74
10.1047005299	81-86	700	340	205	100	92	204	320	90	89
10.1047005309	87-93	800	360	220	105	99	215	340	95	104
10.1047005311	94-102	900	380	240	110	108	234	376	100	134
	108-115	1000	450	260	125	120	252	400	110	180
	122-130	1250	517	293	140	140	275	460	125	310

Erling Haug AS - P.O.Box 6200 Sluppen, 7486 Trondheim, Norway - Phone: +47 73 53 97 00 - Besøksadresse: Vestre kanalkai 24, 7010 Trondheim

All statements, technical information and recommendations contained herein are believed to be reliable, but no guarantee is given as to their accuracy and/or completeness. The user must determine the suitability of the products for their own particular purpose, either alone or in combination with other products and shall assume all risk and liability in connection therewith. Whilst every attempt has been made to ensure accuracy in the content of the tables, the information contained in this catalogue does not form part of any contract.



**PRODUCT**

DIEPA B50 Ordinary lay  
DIEPA B53 Ordinary lay with internal plastic component  
▶ DIEPA B55 Lang lay  
DIEPA B58 Lang lay with internal plastic component

**PROPERTIES**

- Rotation resistant
- Compacted outer strands
- High breaking force

**TECHNICAL DATA**

Load-bearing wires 105 Ø 4 – 49 mm RCN.23-2  
in outer strands/ 255 Ø 50 – 99 mm RCN.27  
RCN acc. to ISO 4309 540 Ø 100 – 120 mm RCN.31

Total number of wires  
154 Ø 4 – 5 mm  
238 Ø 6 – 10 mm  
328 Ø 11 – 49 mm  
549 Ø 50 – 99 mm  
1053 Ø 100 – 120 mm

Fill factor 0.7145

Spinning loss factor  
0.8350 at 1770 N/mm<sup>2</sup>  
0.8350 at 1960 N/mm<sup>2</sup>  
0.8150 at 2160 N/mm<sup>2</sup>



Diameter mm	Diameter inch	Weight kg/100m	Min. breaking force 1770 N/mm <sup>2</sup>		Min. breaking force 1960 N/mm <sup>2</sup>		Min. breaking force 2160 N/mm <sup>2</sup>				
			kN	lbs	kN	lbs	kN	lbs			
13	1/2	78	134	13650	30000	149	15170	33400	160	16280	35800
14		83	141	14350	31600	156	15950	35100	168	17100	37400
15	3/8	95	162	16550	36400	181	18400	40500	194	19750	43500
16		109	186	18950	41700	207	21050	46400	222	22600	49800
17	1/2	122	211	21490	47300	234	23860	52500	251	25620	56400
18		141	240	24500	54000	267	27250	60000	287	29250	64400
19	3/4	176	300	30550	67300	333	33950	74800	358	36450	80300
20		196	334	34050	75000	371	37850	83400	398	40600	89500
21	1	218	371	37800	83300	412	42000	92500	442	45100	99400
22		238	406	41400	91200	451	46000	101400	485	49400	108900
23	1 1/4	240	414	42230	93100	460	46920	103400	494	50390	111000
24		282	481	49000	108000	534	54450	120000	578	58450	128800
25	1 1/2	301	512	52200	115000	569	58000	127800	611	62300	137300
26		313	529	53880	118700	587	59870	131900	631	64290	141700
27	1 3/4	350	554	56450	124400	616	62750	138300	661	67350	148400
28		383	652	66500	146600	725	73900	162900	778	79350	174900
29	1 3/4	396	675	68800	151600	750	76460	168500	805	82080	180900
30		404	692	70500	155400	769	78350	172700	825	84100	185400
31	1 3/4	461	786	80150	176600	874	89050	196300	938	95450	210800
32		489	829	84520	186300	921	93900	207000	989	100800	222200
33	1 3/4	495	844	86000	189500	937	95550	210600	1006	102550	226000
34		525	895	91250	201100	995	101400	223500	1068	108900	240000
35	1 3/4	592	1009	102850	226700	1121	114250	251800	1204	122710	270500
36		629	1072	109300	240900	1126	114750	252900	1209	123250	271700
37	1 3/4	665	1132	115400	254400	1258	128250	282700	1351	137700	303500
38		701	1194	121750	268400	1327	135300	298200	1425	145250	320200
39	1 3/4	705	1201	122390	269800	1334	136010	299800	1432	146010	321800
40		777	1323	134900	297400	1471	149900	330400	1579	160950	354800
41	1 3/4	816	1390	141700	312300	1545	157500	342200	1659	169100	372700
42		827	1409	143650	316600	1566	159650	351900	1682	171410	377800
43	1 3/4	898	1529	155900	343600	1700	173250	381900	1825	186000	410000
44		940	1601	163250	359900	1780	181400	399900	1910	194750	429300
45	1 3/4	959	1634	166600	367200	1816	185130	408100	1950	198770	438200
46		1027	1750	178400	393400	1945	198250	437000	2088	212850	469200
47	1 3/4	1072	1827	186250	410600	2030	206950	456200	2180	222250	489900
48		1111	1877	191300	421700	2085	212530	468500	2239	228210	503100
49	1 3/4	1165	1986	202450	446300	2207	224950	495900	2370	241550	532500
50		1214	2068	210800	464700	2298	234250	516400	2467	251500	554400
51	1 3/4	1253	2135	217620	479700	2372	241790	533000	2547	259600	572300
52		1263	2152	219350	483500	2391	243700	537200	2567	261650	576800
53	1 3/4	1313	2237	228000	502600	2485	253350	558500	2668	272000	599400
54		1364	2323	236850	522100	2582	263200	580200	2772	282600	623000
55	1 3/4	1414	2410	245710	541600	2679	273400	601900	2876	293180	646300
56		1468	2503	255100	562300	2781	283450	624800	2986	304350	670900
57	1 3/4	1522	2594	264450	583000	2883	293850	647800	3095	315500	695500
58		1577	2695	274000	604000	2984	304400	671000	3209	326850	720500

**DIEPA B 50** (D1315 Z)  
**DIEPA B 53** (D1315 ZP)  
**DIEPA B 55** (D1315 CZ)  
**DIEPA B 58** (D1315 CZP)

**DIEPA B 50** (D1315 Z)  
**DIEPA B 53** (D1315 ZP)  
**DIEPA B 55** (D1315 CZ)  
**DIEPA B 58** (D1315 CZP)



Diameter	Weight	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force	
mm	kg/100m	1770 N/mm <sup>2</sup>	1770 N/mm <sup>2</sup>	1960 N/mm <sup>2</sup>	1960 N/mm <sup>2</sup>	2160 N/mm <sup>2</sup>	2160 N/mm <sup>2</sup>	
inch		kN	kp	kN	kp	kN	kp	
			lbs		lbs		lbs	
58	1.585	2.702	273430	607200	3.002	304010	3.223	328570
59	1.633	2.790	283450	625300	3.090	312520	3.324	338450
60	1.690	2.887	293550	647100	3.197	324150	3.438	350200
61	1.747	2.986	303650	669300	3.307	337300	3.557	362150
62	1.806	3.011	306940	676600	3.345	341020	3.592	366150
63	1.866	3.086	313800	691800	3.418	348450	3.676	374350
64	1.927	3.188	324150	714600	3.530	360200	3.797	388750
65	1.927	3.292	334750	737900	3.645	371950	3.921	399350
66	1.988	3.336	340050	749600	3.707	377850	3.980	405690
67	2.051	3.397	345400	761400	3.762	383800	4.046	412100
68	2.114	3.504	356300	786400	3.880	395900	4.174	425100
69	2.158	3.613	367400	809900	4.000	408150	4.303	438250
70	2.179	3.723	378500	834600	4.087	416200	4.388	447300
71	2.245	3.835	389500	859600	4.122	420450	4.434	451600
72	2.311	3.949	401550	885200	4.247	433300	4.568	465200
73	2.368	4.037	411480	907100	4.485	457180	4.703	479000
74	2.379	4.064	413250	911000	4.500	459150	4.815	490840
75	2.447	4.181	425100	937100	4.630	472400	4.840	492950
76	2.516	4.299	437200	963800	4.761	485800		
77	2.587	4.420	449400	990700	4.894	499350		
78	2.658	4.542	461800	1018000	5.029	513100		
79	2.730	4.665	474400	1045800	5.166	527100		
80	2.804	4.790	487100	1073800	5.305	541250		
81	2.819	4.816	489730	1079600	5.333	544140		
82	2.878	4.917	500000	1102300	5.445	555600		
83	3.058	5.225	531390	1160300	5.731	584850		
84	3.107	5.308	539750	1189900	5.878	599700		
85	3.185	5.442	553350	1219900	6.025	614850		
86	3.264	5.577	567050	1250100	6.176	630100		
87	3.308	5.652	574750	1267000	6.258	636610		
88	3.344	5.714	581000	1280800	6.327	645550		
89	3.425	5.852	595150	1311900	6.480	661200		
90	3.507	5.992	609300	1343200	6.636	677050		
91	3.567	6.095	619800	1366400	6.749	688480		
92	3.590	6.134	623750	1375100	6.793	693050		
93	3.674	6.278	638350	1407300	6.951	709250		
94	3.759	6.423	653100	1439800	7.113	725450		
95	3.836	6.555	666580	1469500	7.258	740640		
96	3.845	6.570	668050	1472700	7.275	742300		
97	3.932	6.718	683150	1506000	7.439	759050		
98	4.020	6.868	698400	1539600	7.605	776000		
99	4.115	7.031	715040	1576300	7.786	794490		
100	4.198	7.173	729450	1608100	7.943	810500		
101	4.289	7.329	745200	1642800	8.115	828000		
102	4.381	7.485	761150	1678000	8.289	845750		
103	4.474	7.625	765210	1686900	8.332	850230		
104	4.574	7.844	777300	1713600	8.444	863600		
105	4.662	7.965	793550	1749400	8.641	881750		
106	4.702	8.035	810700	1801300	8.897	907860		
107	4.758	8.129	826650	1822400	9.001	918500		
108	4.854	8.294	843400	1859300	9.184	937100		
109	4.952	8.460	860350	1896700	9.369	955900		
110	5.011	8.561	870630	1919300	9.480	967370		
111	5.050	8.629	877500	1934500	9.555	974950		

On request

Diameter	Weight	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force	Min. breaking force
mm	kg/100m	1770 N/mm <sup>2</sup>	1770 N/mm <sup>2</sup>	1960 N/mm <sup>2</sup>	1960 N/mm <sup>2</sup>	2160 N/mm <sup>2</sup>	2160 N/mm <sup>2</sup>
inch		kN	kp	kN	kp	kN	kp
			lbs		lbs		lbs
103	5.150	8.799	894750	1972500	9.744	994150	2.191700
104	5.250	8.970	912000	2.011000	9.933	1.013400	2.234500
105	5.329	9.105	925900	2.041200	10.082	1.028770	2.268000
106	5.352	9.144	929850	2.049900	10.125	1.033150	2.277600
107	5.454	9.319	947650	2.089100	10.319	1.052950	2.321300
108	5.557	9.496	965600	2.128700	10.515	1.072900	2.365300
109	5.657	9.665	983870	2.168800	10.702	1.092070	2.407500
110	5.662	9.673	983750	2.168700	10.712	1.093050	2.409700
111	5.767	9.854	1.002050	2.209100	10.912	1.113350	2.454400
112	5.873	10.036	1.020500	2.249700	11.113	1.133900	2.499700
113	5.981	10.219	1.039150	2.290900	11.316	1.154600	2.545400
114	5.994	10.242	1.041530	2.294600	11.341	1.157250	2.551200
115	6.089	10.404	1.057950	2.332300	11.520	1.175550	2.591600
116	6.198	10.590	1.076950	2.374200	11.727	1.194600	2.638000
117	6.308	10.779	1.096100	2.416400	11.935	1.217850	2.684800
118	6.342	10.835	1.101890	2.429200	11.999	1.224330	2.699100
119	6.420	10.969	1.115400	2.459000	12.146	1.239300	2.732100
120	6.532	11.160	1.134850	2.501800	12.358	1.261000	2.780000
121	6.645	11.353	1.154550	2.545300	12.572	1.282850	2.828100
122	6.699	11.446	1.163960	2.566000	12.674	1.292320	2.851100
123	6.759	11.548	1.174350	2.588900	12.788	1.304850	2.876600
124	6.874	11.745	1.194350	2.633000	13.006	1.327050	2.925400
125	6.990	11.943	1.214500	2.677400	13.225	1.349450	2.974900

On request

# Produktkatalog

- en sikker forbindelse siden 1936

## Produktkatalog

Hjem / Produktkatalog / 3. SJAKLER OG BLOKKER / Sjakler / GN Sjakkel H10 Super-mutterbolt



## GN Sjakkel H10 Super-mutterbolt



Materiale: Seigherdingsstål.  
Sikkerhetsfaktor: 5:1.  
Ytterbehandling: Lakkert/galvanisert.



1. STÅLTAU OG REDSKAPER
2. KJETTING OG REDSKAPER
3. SJAKLER OG BLOKKER

Sjakler  
Svivler  
Strekkskruer  
Blokker

4. TALJER, VINSJER OG LØFTEÅK
5. LØFT OG SURREING
6. JERNVARER
7. FIBERTAU
8. ANKRING OG FORTØYNING
9. BRANN OG REDNING
10. SKIPSUTSTYR
11. BÅTUTSTYR

12. FALLSIKRING OG BEKLEDNING
  13. ØVRIGE PRODUKTER
- BROSJYRER
- BRUKERVEILEDNINGER

Hurtig søk

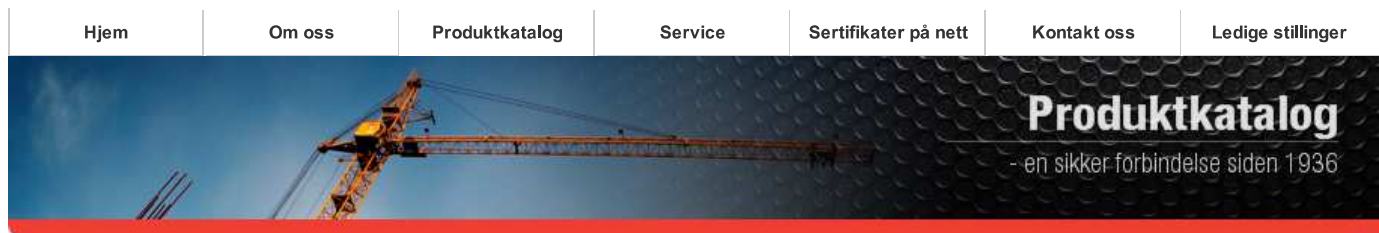
Velg produkt

	SWL(tonn)	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)	F(mm)	Vekt(kg)
	30	38	42	146	99	60	84	8
	40	45	50	178	126	74	106	14
	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>197</b>	<b>138</b>	<b>83</b>	<b>114</b>	<b>19</b>
	85	70	70	254	180	105	140	38
	120	83	83	330	200	127	150	59
	150	90	95	381	238	133	190	110
	175	102	108	400	250	140	230	150
	200	120	121	500	290	180	260	225
	250	125	127	510	325	220	260	300
	300	135	152	495	330	213	305	352
	400	170	178	572	330	210	356	500

Erling Haug AS - P.O.Box 6200 Sluppen, 7486 Trondheim, Norway - Phone: +47 73 53 97 00 - Besøksadresse: Vestre kanalkai 24, 7010 Trondheim

All statements, technical information and recommendations contained herein are believed to be reliable, but no guarantee is given as to their accuracy and/or completeness. The user must determine the suitability of the products for their own particular purpose, either alone or in combination with other products and shall assume all risk and liability in connection therewith. Whilst every attempt has been made to ensure accuracy in the content of the tables, the information contained in this catalogue does not form part of any contract.

Ring oss: +47 73 53 97 00  
Epost: [firmapost@haug.no](mailto:firmapost@haug.no)



## Produktkatalog

1. STÅLTAU OG REDSKAPER
2. KJETTING OG REDSKAPER
3. SJAKLER OG BLOKKER
  - Sjakler
  - Svivler
  - Strekkskruer
  - Blokker
4. TALJER, VINSJER OG LØFTEÅK
5. LØFT OG SURREING
6. JERNVARER
7. FIBERTAU
8. ANKRING OG FORTØYNING
9. BRANN OG REDNING
10. SKIPSUTSTYR
11. BÅTUTSTYR
12. FALLSIKRING OG BEKLEDNING
13. ØVRIGE PRODUKTER
- BROSJYRER
- BRUKERVEILEDNINGER

Hurtig søk

Velg produkt

Hjem / Produktkatalog / 3. SJAKLER OG BLOKKER / Sjakler / GN Sjakkel H10-mutterbolt



## GN Sjakkel H10-mutterbolt



Materiale: Seigherdingsstål.  
Sikkerhetsfaktor: 5:1.  
Ytterbehandling: Lakkert/galvanisert.



Art.nr	SWL(tonn)	A(mm)	B(mm)	C(mm)	D(mm)	E(mm)	F(mm)	Vekt(kg)
	120	89	95	381	238	150	200	110
11.3137001509	150	102	108	400	275	170	230	160
<b>11.3137002009</b>	<b>200</b>	<b>120</b>	<b>125</b>	<b>500</b>	<b>290</b>	<b>180</b>	<b>260</b>	<b>235</b>
	250	125	140	540	305	200	260	285
	300	135	150	600	305	200	305	340
	400	165	175	650	325	225	350	560
	500	175	185	700	350	250	370	685
	600	195	205	700	375	275	405	880
	700	205	215	700	400	300	435	980
	800	210	220	700	400	300	435	1100
	900	220	230	700	420	320	465	1280
	1000	230	240	700	420	340	480	1460

Erling Haug AS - P.O.Box 6200 Sluppen, 7486 Trondheim, Norway - Phone: +47 73 53 97 00 - Besøksadresse: Vestre kanalkai 24, 7010 Trondheim

All statements, technical information and recommendations contained herein are believed to be reliable, but no guarantee is given as to their accuracy and/or completeness. The user must determine the suitability of the products for their own particular purpose, either alone or in combination with other products and shall assume all risk and liability in connection therewith. Whilst every attempt has been made to ensure accuracy in the content of the tables, the information contained in this catalogue does not form part of any contract.

Sikring skaper sikkerhet..



Telefon 51 63 00 00  
 post@systemsikring.com  
 www.systemsikring.com  
 Følg vår nye webside fra 2012.

**SIKRINGSNIVÅ 2 - Nylofor stål gittergjerde - Det økonomiske og innbruddsikre alternativet til flettverk**

NIVÅ 1 ALFA



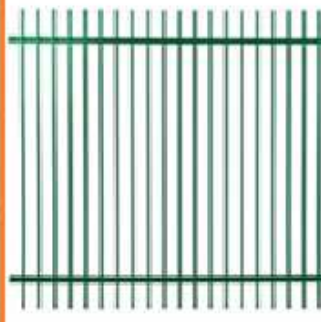
Flettverksgjerde

NIVÅ 2 BRAVO



Stålgittergjerde

NIVÅ 3 CHARLIE



Sprossefylt stål gjerde

NIVÅ 4 DELTA



Finmasket gittergjerde ( SECURIFOR )

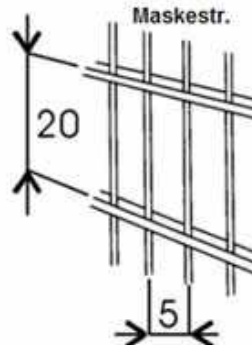
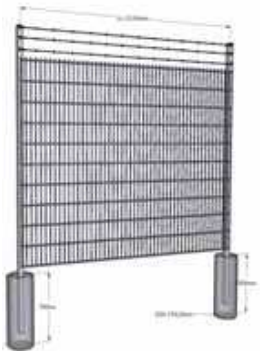
Prismessig liten forskjell mellom flettverk og stålgittergjerde - men kvalitetsmessig som natt og dag! Robust og profesjonelt.

**BEGRENSET TILBUD 2012** - Bytt ut flettverksgjerde med stålgitter - Demonerings fra kr 6.800 og Gratis bortkjøring til godkjent deponi.

\* I de fleste tilfeller kan eksisterende stolper benyttes med forbehold om tilsvarende cc avstand på ca 2500mm.

**Egenskaper** : Reduserer rep og vedlikeholdsutgifter - tåler mer og holder seg lenger - Høyere motstand mot klatring/kutting - Skaper en flott og mer robust ramme rundt virksomheten.

**Veil prisnivå** - Fra kr 650 - 800 pr lm \*varierer mht. ønsket utførelse - **Maskestr.**: 200x50mm - **Spilertykkelse**: Dobble vannrette Ø8mm + enkel vertikal Ø6mm

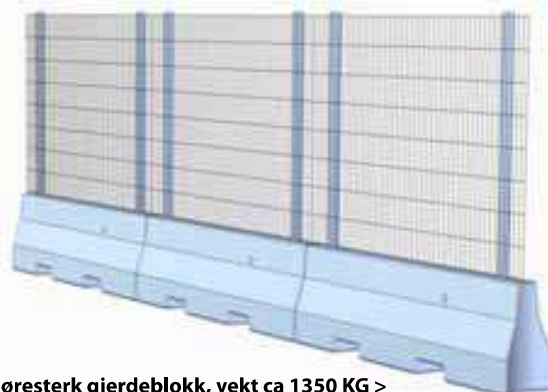


**HØYDER** : Standard 1,8m / 2,0m / 2,5m / 3,0m + - Tilbehør : Tett PVC kledning , piggetråd , alarm sensor, betongblokk, tagger eller flat topp osv.

**STRONGBLOCK** - Kjøresterk og mobil betongblokk med nylofor stål gittergjerde - Kombinerer kraften fra blokken og sikkerheten fra stål gitter panelene:



< 2500 mm >



Kjøresterk gjerdeblokk, vekt ca 1350 KG >



Utviklet i samsvar med retningslinjer fra >



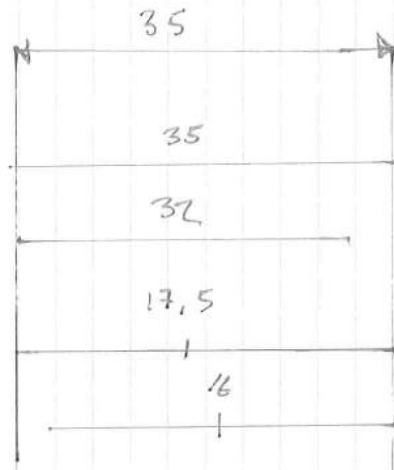
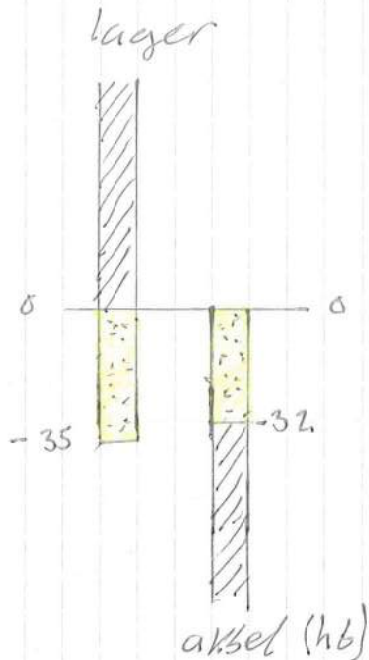
Nasjonalt sikkerhetsmyndighet

NB! Ny forskrift om objektsikring fra NSM



# Beregning av største og minste Pressmann, Løpehjul på Toppen.

## Akssel-Lager



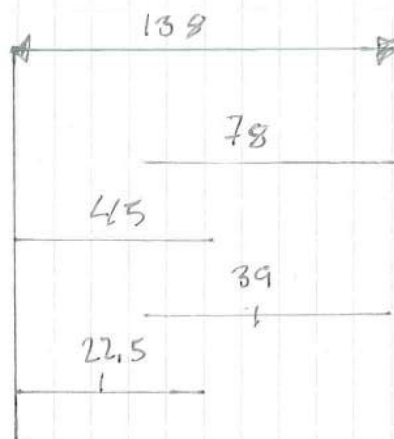
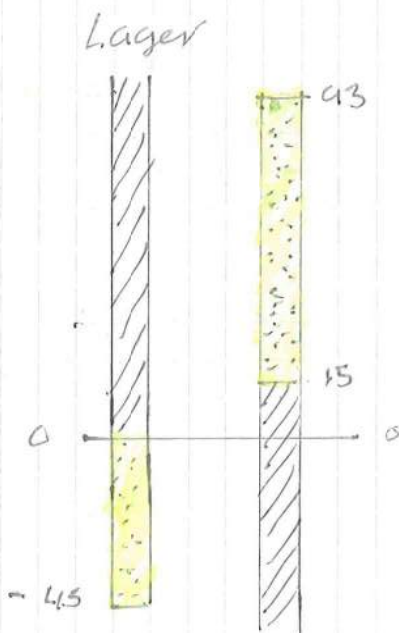
$$G_0 = b \pm \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

$$G_0 = 1,5 \pm \sqrt{17,5^2 + 16^2}$$

$$G_{0 \max} = 25,2 \mu\text{m}$$

$$G_{0 \min} = -22,2 \mu\text{m}$$

## Lager - Løpehjul



$$G_0 = b \pm \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

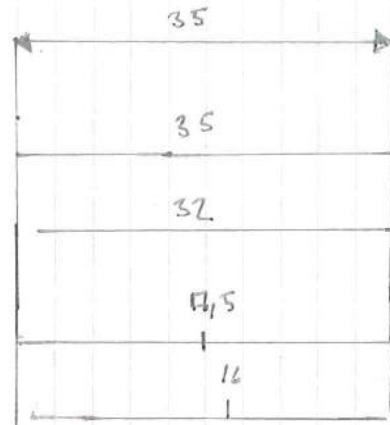
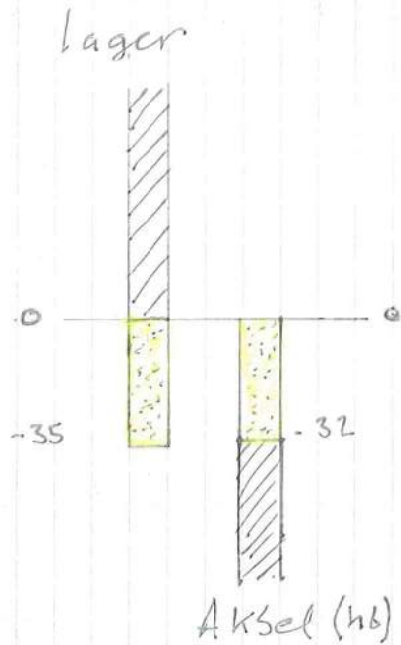
$$G_0 = 76,5 \pm \sqrt{22,5^2 + 39^2}$$

$$G_{0 \max} = 115,7 \mu\text{m}$$

$$G_{0 \min} = 37,2 \mu\text{m}$$

# Beregning av største og minste pressmann, Løpehjul på bakken.

## Aksel - Lager



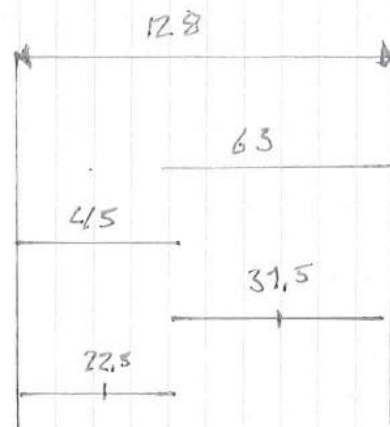
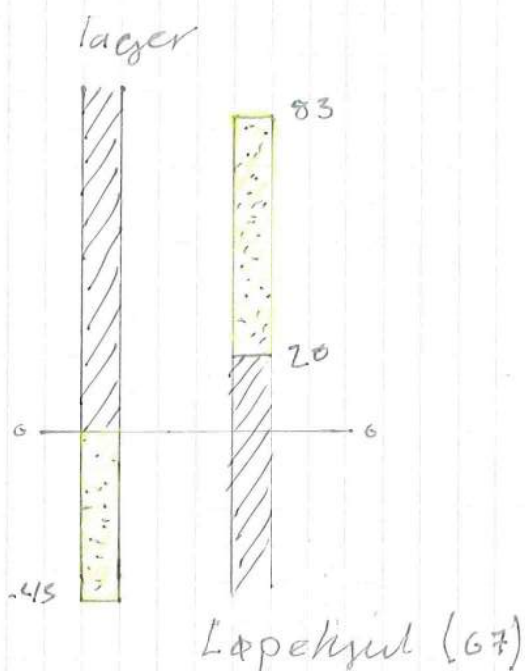
$$G_0 = b \pm \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

$$G_0 = 1,5 \pm \sqrt{17,5^2 + 16^2}$$

$$G_{0 \max} = 25,7 \mu\text{m}$$

$$G_{0 \min} = -22,2 \mu\text{m}$$

## Lager - Løpehjul



$$G_0 = b \pm \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$$

$$G_0 = 74 \pm \sqrt{31,5^2 + 22,5^2}$$

$$G_{0 \max} = 112,4 \mu\text{m}$$

$$G_{0 \min} = 35,6 \mu\text{m}$$



# **Vedlegg H**

**Sveiseprosedyrer**

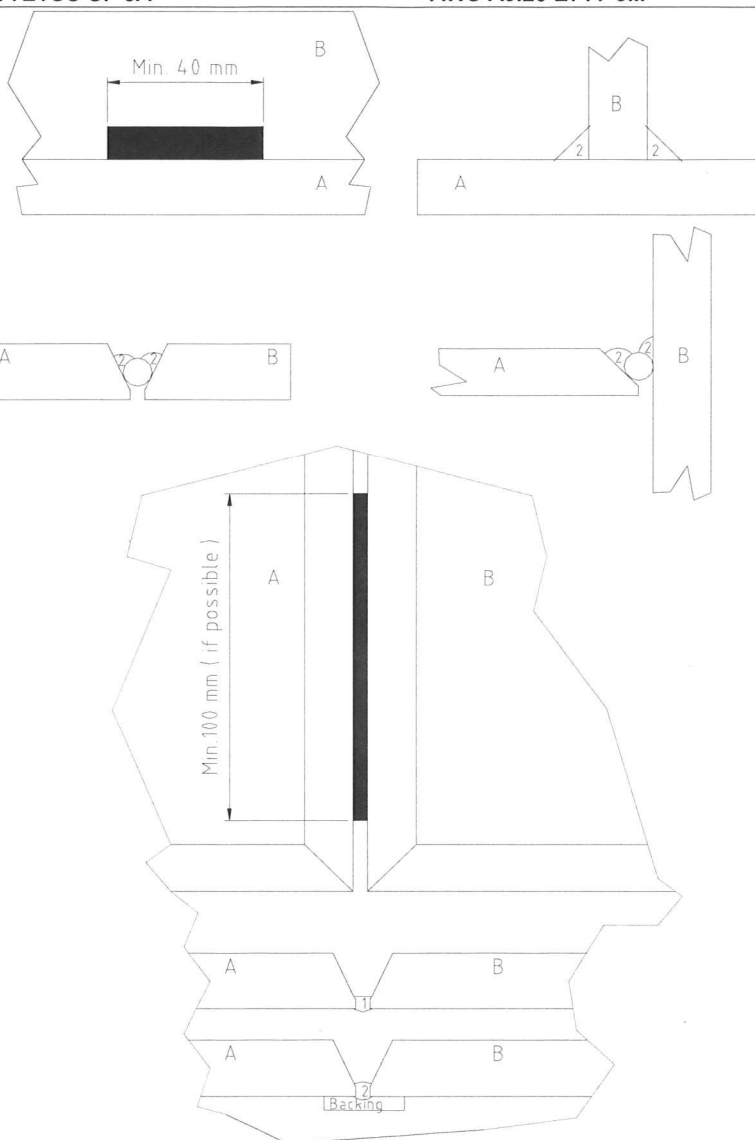


# WPS

## Welding Procedure Specification

Nr: 001 REV:B

Ref WPAR:	PC-2-136-38, PF-2-136-39/41												
Spec NO.:	NORSOK M-101/ISO 15614-1												
Process:	1.	136	Elgacore MXA 55T				AWS A5.29-80 E880T1-K2						
Filler metal	2.	136	Elgacore DWA55E				AWS A5.20-95 E71T-1MJ						
	2.	136	NITTETSU SF 3A				AWS A5.20 E71T-5M						
Shielding gas	1. ATAL		82%Ar/18%CO <sup>2</sup>										
	2. NA												
Pur gas	l/min: NA												
Welding position:	ALL ( - PG )												
Weaving Yes/No:	YES												
Type of joint:	BW +FW												
Root Gap	0-6												
Root face	V,K and X bevels 0 - 2 mm												
Bevel/Groov angle:	35-70°												
Bevel/Groov type:	V- Bevel and T- connections												
Method of preparation:	Flame cutting/ Grinding Gouging/Machining												
Backing:	nb+ mb												
Singel/ doble side:	ss+ds		See sketch										
Gouging:	ng+gg												
Outlet of rod:	15 - 20mm												
Gas nozzle dia.:	18mm												
<b>Heat-treat</b>													
Preheat method:	NA												
Preheat min.°C													
Interpass. temp Max°C:	220°C												
Temp.control:	Tempil stick/Digital												
<b>Identification of base metal</b>													
A. C max: 0,24%	Ce max: 0,45%		PCM max:										
B. C max: 0,24%	Ce max: 0,45%		PCM max:										
	Material specification	Standard/ Classificatoon	Group EN288-3/(287-1)	Condition at delivery	Thicness of material(mm)	Outside pipe diameter (mm)							
A	DH 420	DNV	2 (W03)	TMCP	6-24	D > 500mm							
B	DH 420	DNV	2 (W03)	TMCP	6-24	D > 500mm							
<b>Welding parameter</b>													
		Welding		Current	Voltage	AC	Welding speed	Stretch	Gas	Heat			
Pass nr:	Welding position	Consumables/ Filler material	Dia. mm	[A] Min. Max.	[V] Min. Max.	DC+	mm/min Min Max	length mm	flow l/min	input Min Max			
1	PA,PC,PE	Elgacore MXA 55T	1,2	90 110	14 17	DC+	60 70		15-20	1,26 1,60			
2	PA,PC,PE	Nittetsu SF-3A	1,2	190 210	22 24	DC+	140 160		15-20	1,79 1,89			
2	PA,PC,PE	Elgacore DWA55E	1,2	180 200	23 24	DC+	140 160		15-20	1,77 1,80			
1	PF	Elgacore MXA 55T	1,2	100 120	14 16	DC+	60 70		15-20	1,40 1,65			
2	PF	Nittetsu SF-3A	1,2	160 180	19 21	DC+	90 110		15-20	2,03 2,06			
2	PF	Elgacore DWA55E	1,2	150 170	20 22	DC+	90 110		15-20	2,00 2,04			
										0,00 0,00			
Date	Welded of			Verified				Approved					
13.09.1998	Tor Oddvar Bratlid			Arild Lysfjord				Sindre Walderhaug					



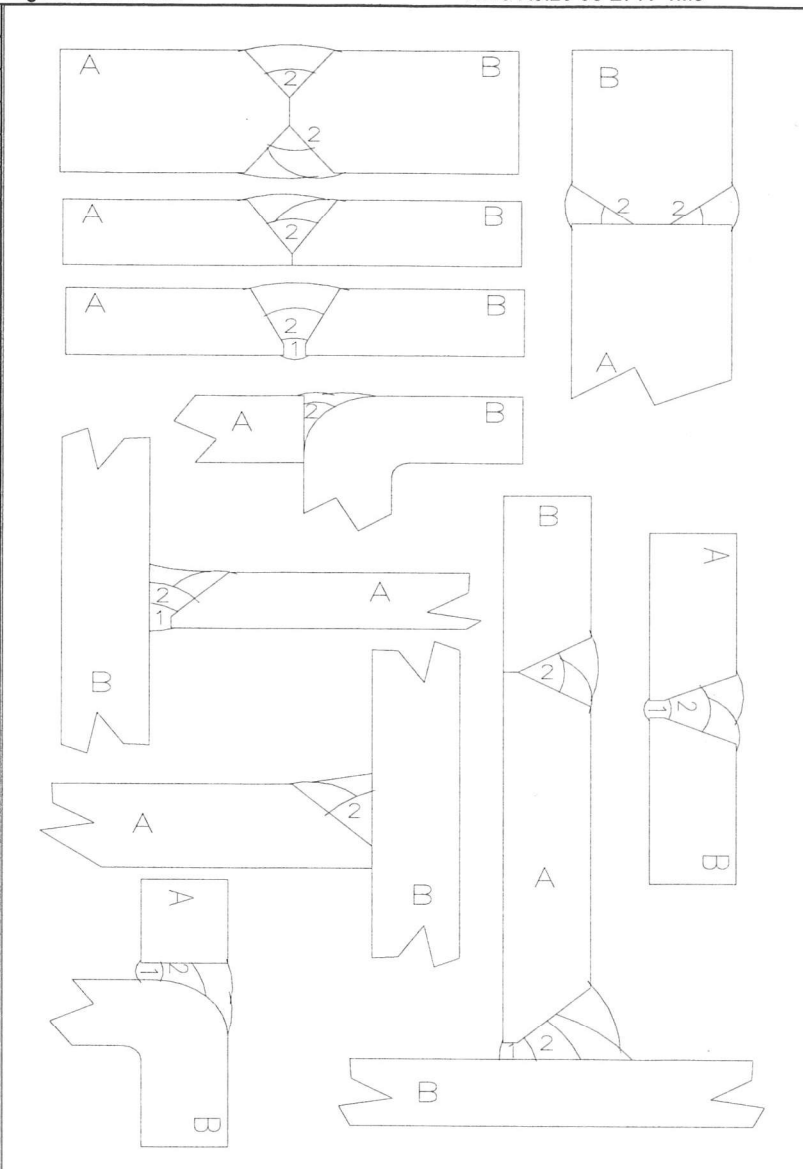


# WPS

## Welding Procedure Specificaton

Nr: 101 REV: B

Ref WPAR:	803	
Spec NO.:	NS.EN288-3	Standard: NORSOK M-Cr-101/DnV Rules
Process-	1. 136	Elgacore MXA 55T AWS A5.29-80 E880T1-K2
Filler metal	2. 136	Elgacore DWA55E AWS A5.20-95 E71T-1MJ
Shielding gas	1. Mison 18 82%Ar/18%CO <sup>2</sup>	
	2. Mison 18 82%Ar/18%CO <sup>2</sup>	
Pur gas	l/min: NA	
Welding position:	ALL (- PG)	
Weaving Yes/No:	YES	
Stringing width:	Max	15mm
Stringing:	Single	Multi run
Throat thickness	a = NA	a = NA
Type of joint:	BW	
Root Gap	0-6	
Root face	V,K and X bevels 0 - 2 mm	
Bevel/Groov angle:	35-50°	
Bevel/Groov type:	V, 1/2V, X, K, Y, 1/2Y	
Method of preparation:	Flame cutting/ Grinding	
Cleaning:	Welding Handbook SV.01 Kap 07	
Backing:	nb+ mb	
Singel/ doble side:	ss+ds	See sketch
Gouging:	ng+gg	
Outlet of rod:	15 - 20mm	
Gas nozzle dia.:	18mm	
Flux:	NA	
Treatment of powder	NA	
Wolfram rod:	NA	
Tack weld procedure		
Repair of weld	The same WPS as main weld + 50°C extra preheating	
Heat-treat		
Preheat method:	NA	
Preheat min.°C	12°C	
Interpass. temp Max°C:	220°C	
Preheat procedure:		
Temp.control:	Tempil stick/Digital	
Identification of base metal		
A. C max: 0,24%	Ce max: 0,40%	PCM max:
B. C max: 0,24%	Ce max: 0,40%	PCM max:



	Material specification	Standard/ Classifictaon	Groop EN288-3/(287-1)	Condition at delivery	Thicness of material(mm)	Outside pipe diameter (mm)
A	S355J2G3	DNV	1(W01)		6-24	D > 500mm
B	S355J2G3	DNV	1(W01)		6-24	D > 500mm

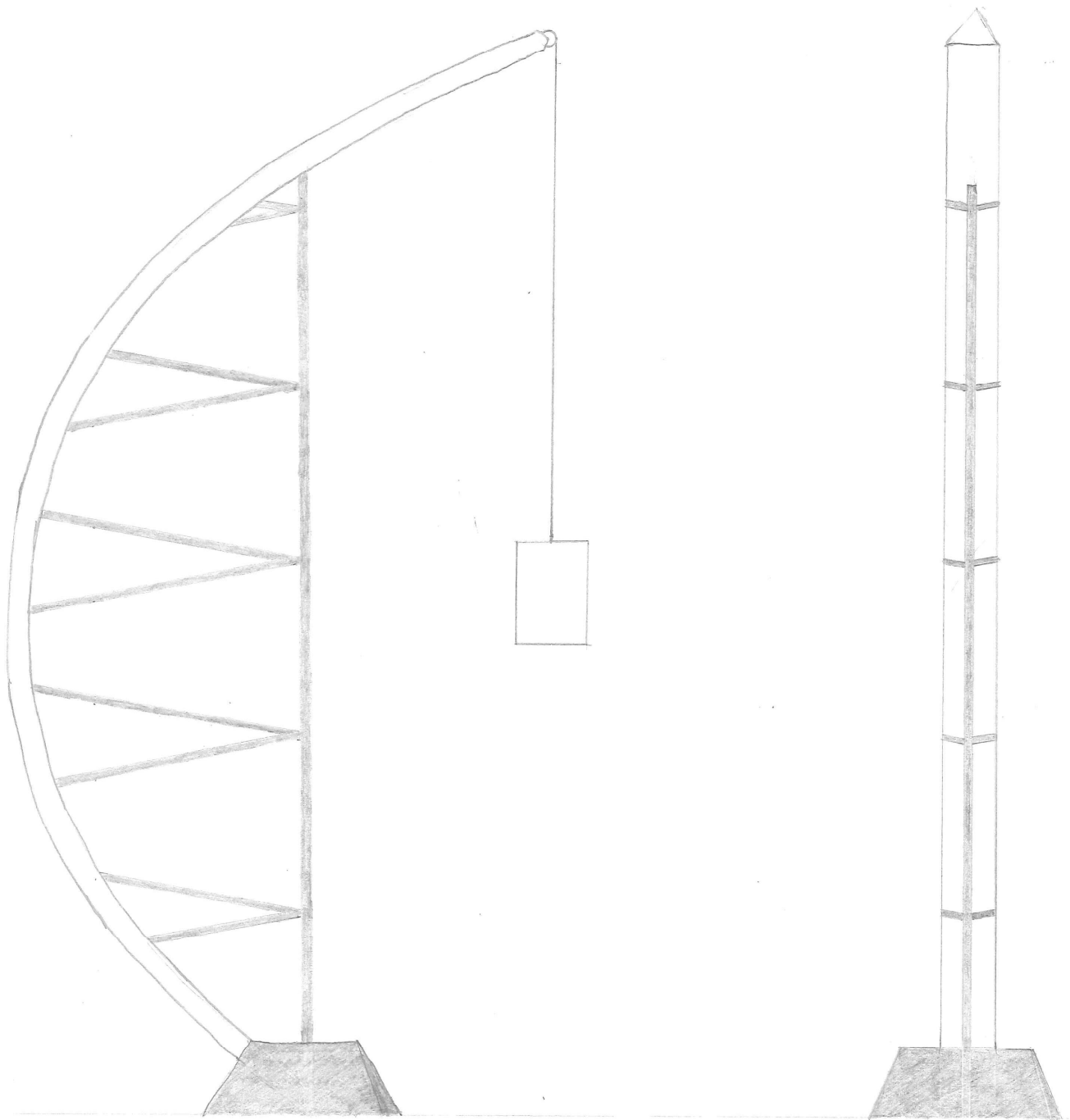
Welding parameter														
Pass nr:	Welding position	Welding Consumables/ Filler material	Dia. mm	Current [A]		Voltage [V]		AC DC+	Welding speed mm/min		Stretch length mm	Gass flow l/min	Heat input	
				Min.	Max.	Min.	Max.		DC-	Min			Max	Min
1	PA,PC,PE	Elgacore MXA 55T	1,2	90	110	14	17	DC+	60	70		15-20	1,26	1,60
2-n	PA,PC,PE	Elgacore DWA55E	1,2	180	250	25	26	DC+	220	300		15-20	1,23	1,30
1	PF	Elgacore MXA 55T	1,2	100	120	14	16	DC+	60	70		15-20	1,40	1,65
2-n	PF	Elgacore DWA55E	1,2	180	220	25	27	DC+	220	250		15-20	1,23	1,43

Date	Welded of	Verified	Approved
		Hans André Skarbakk	Sindre Walderhaug

# Vedlegg I

Diverse skisser fra konseptfasen

13.01.15 Armand Misund

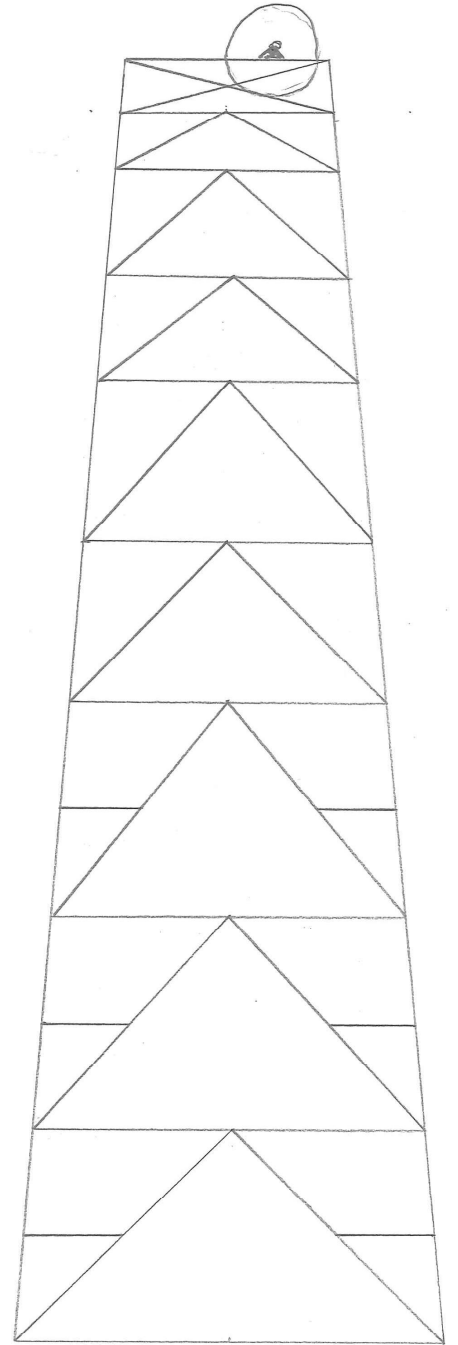
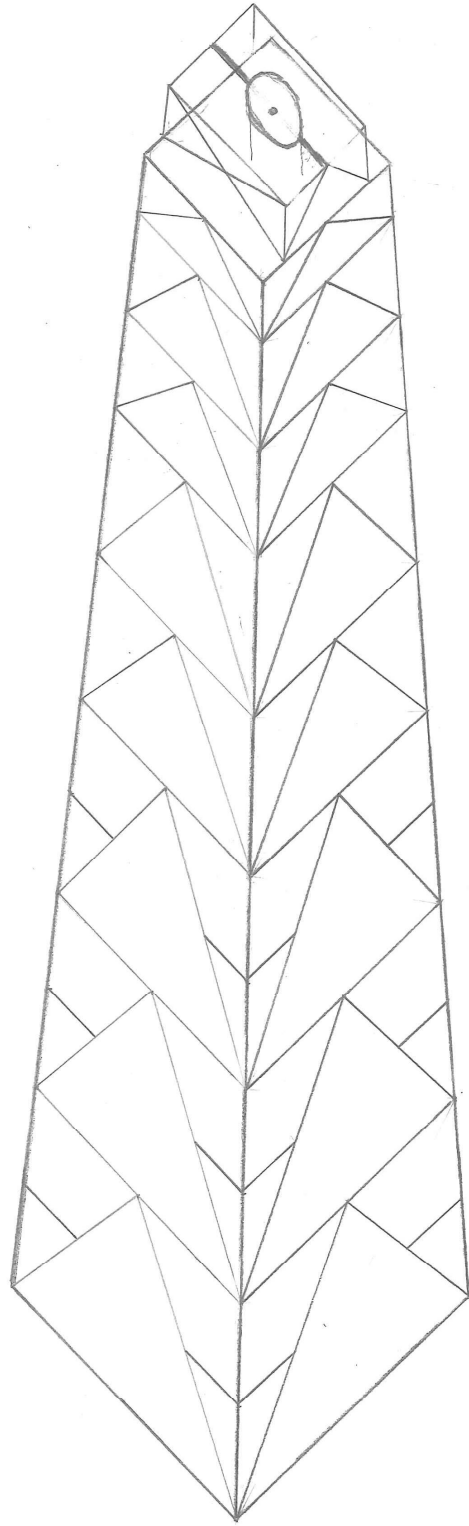


STOR BUE I TREKANTPROFIL

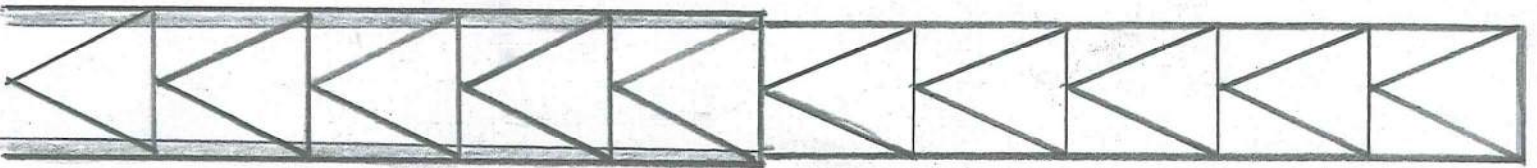
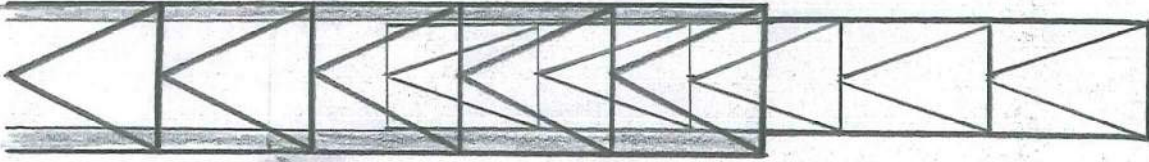
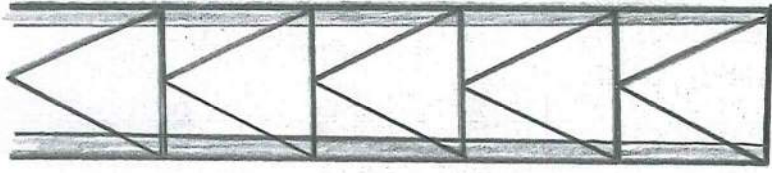
STØTTE STAG ER RUNDE ELLER REKTANGULÆR

HORISONTALE STØTTESTAG PÅ VENSTRE TEGNING SKAL LIGGE BAK HVERANDRE!

13.01.15 Jmard Alisund

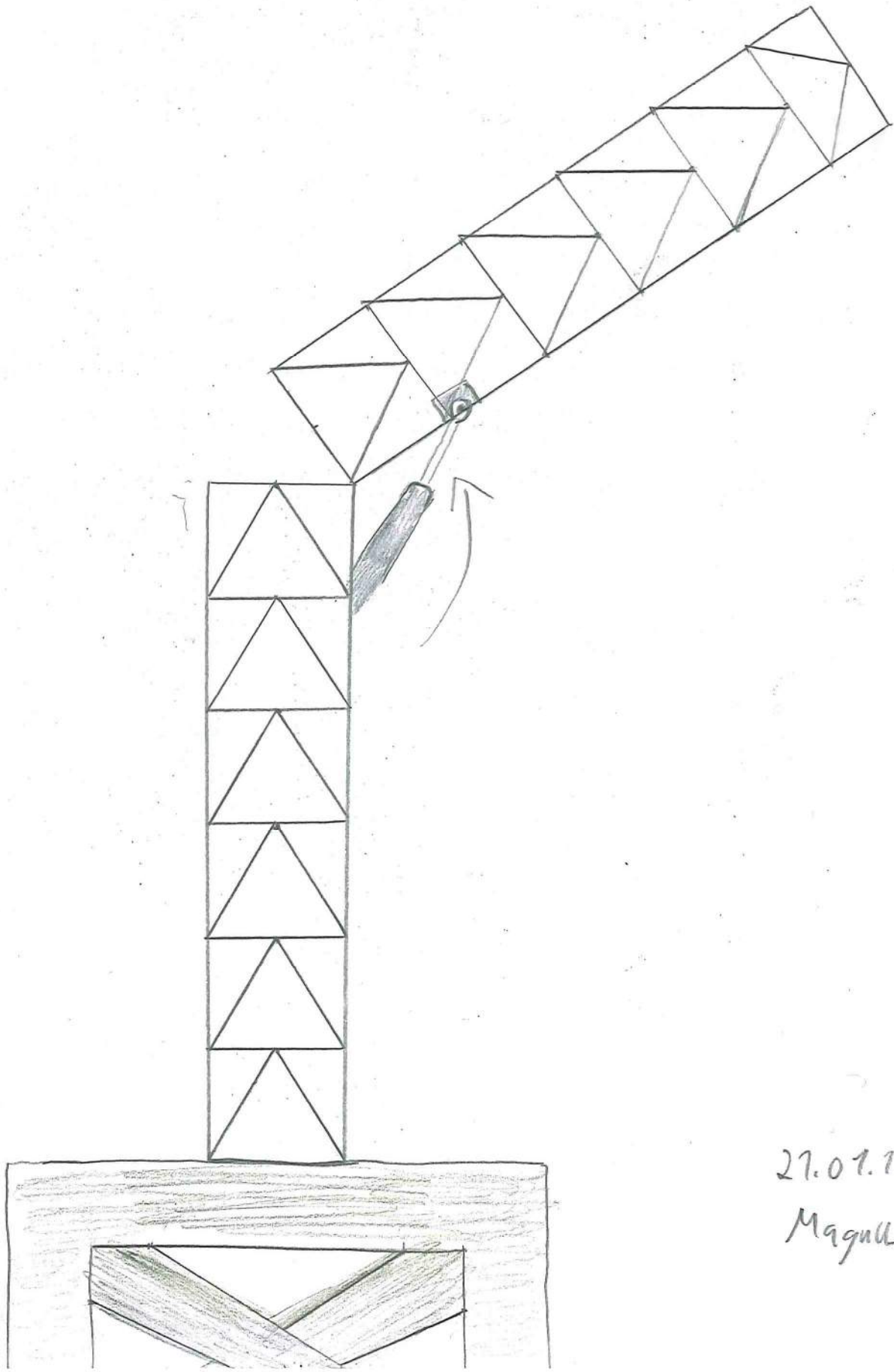


FAGVERKSTÅRN



Magnus Pettersen

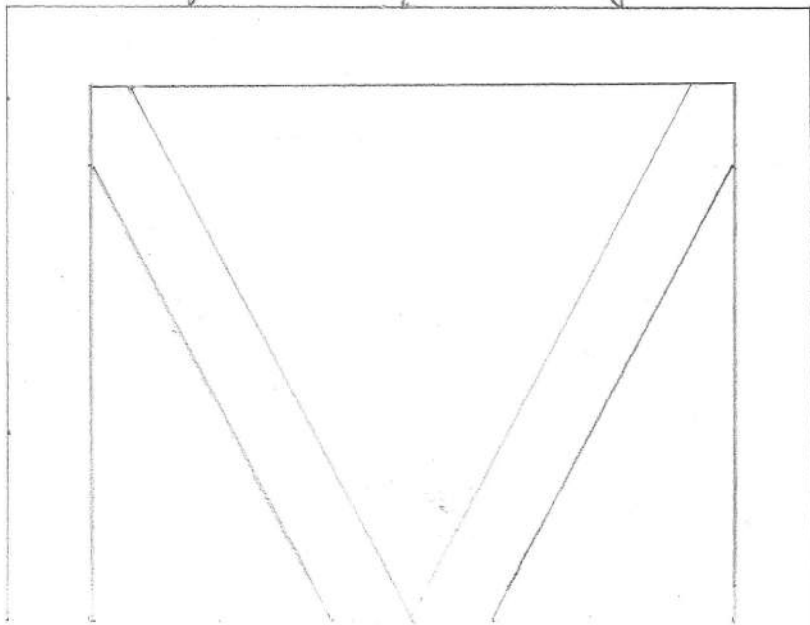
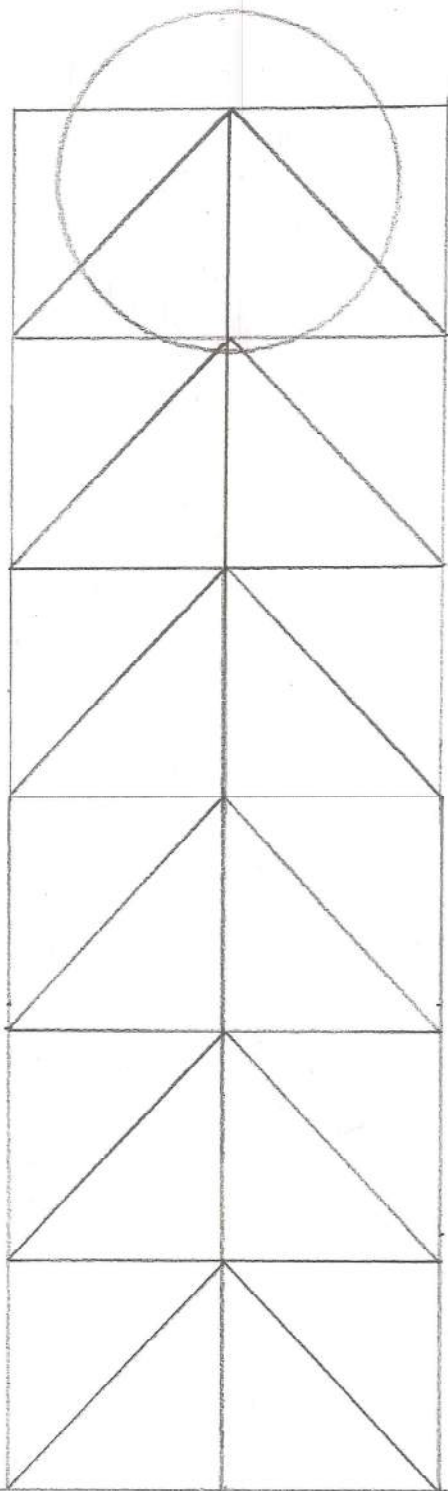
27.01.15



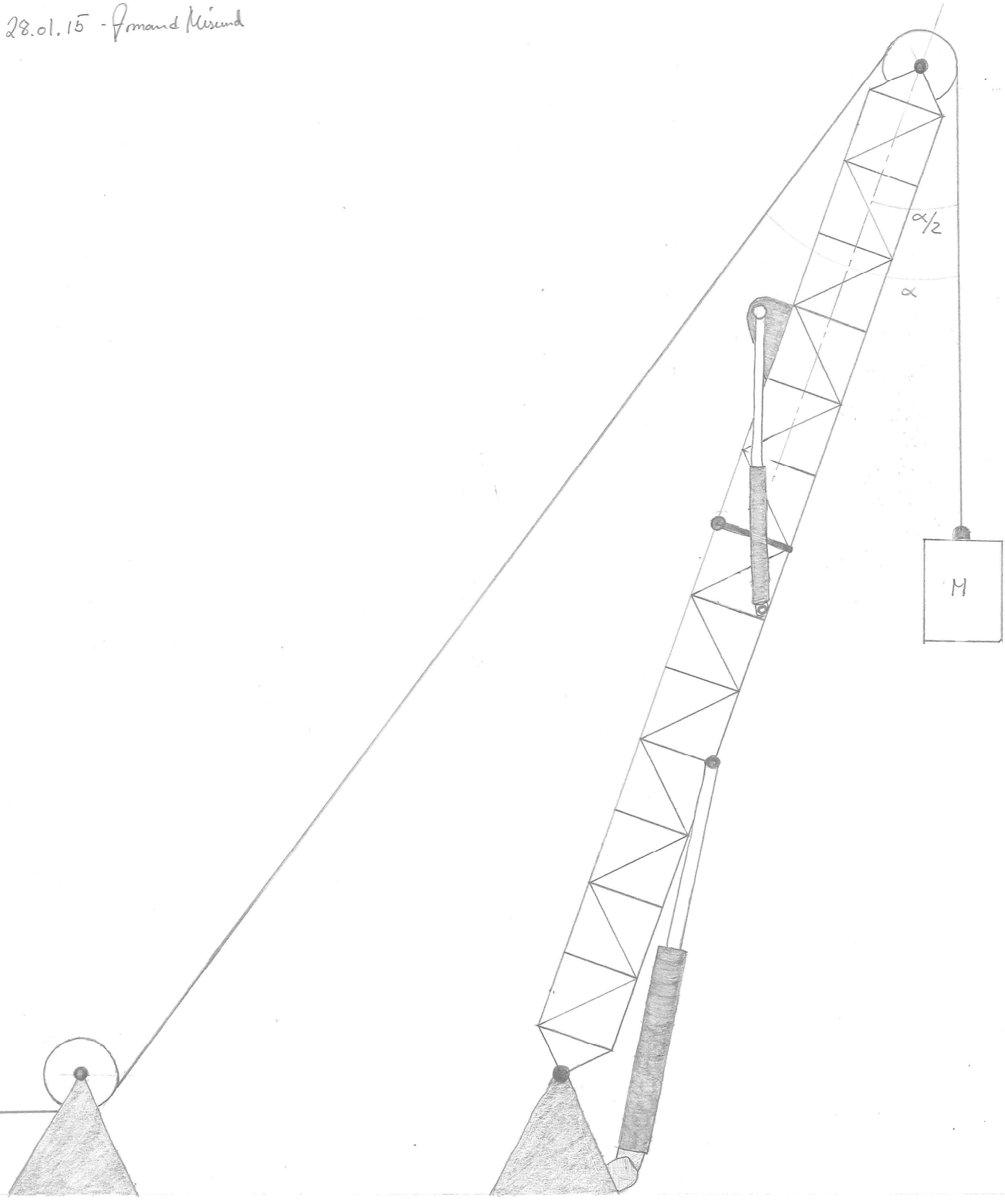
27.01.15

Magnus Pettersen

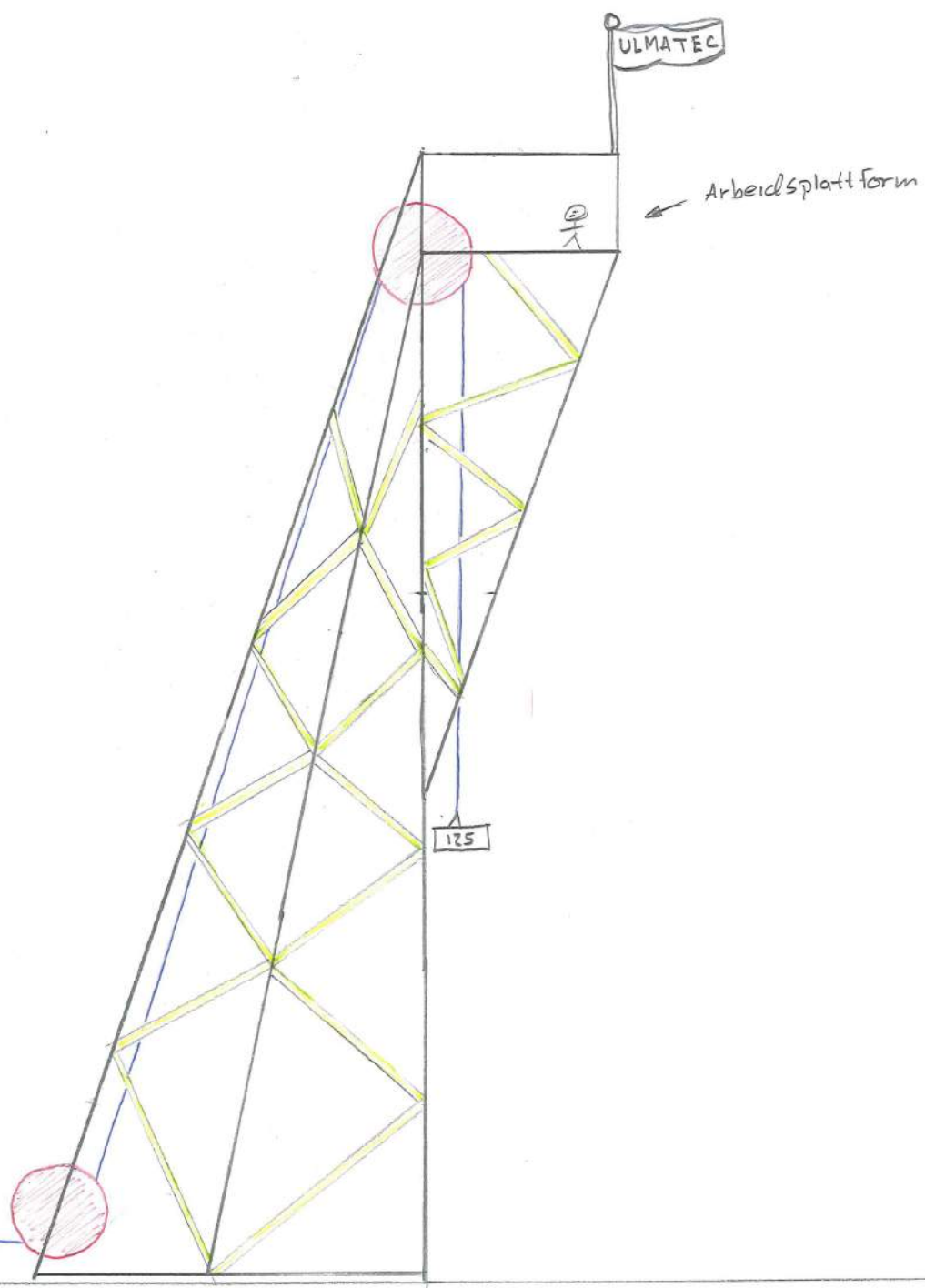




28.01.15 - Armand Misund

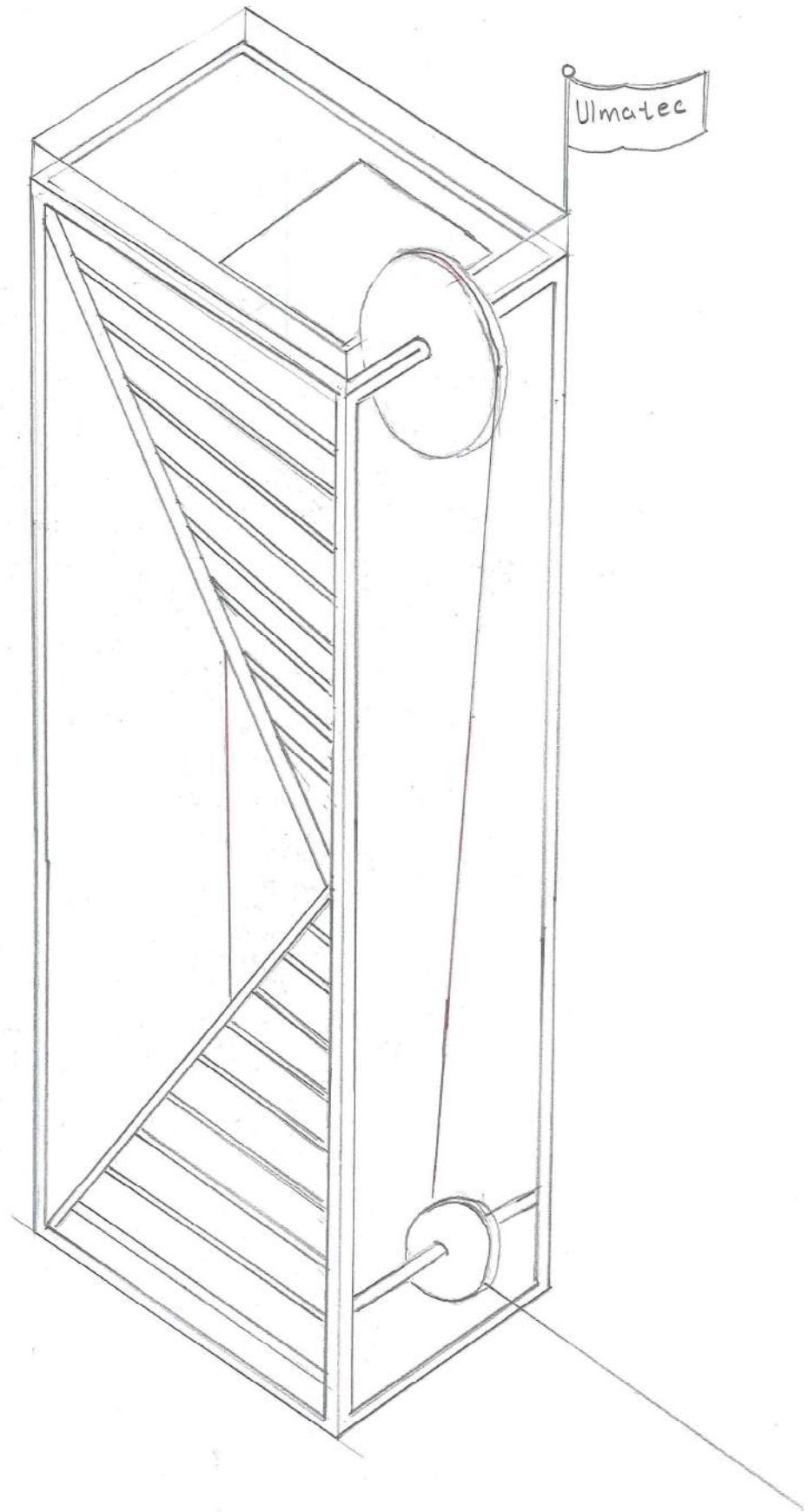


21.01.15 stig Morten Skaar

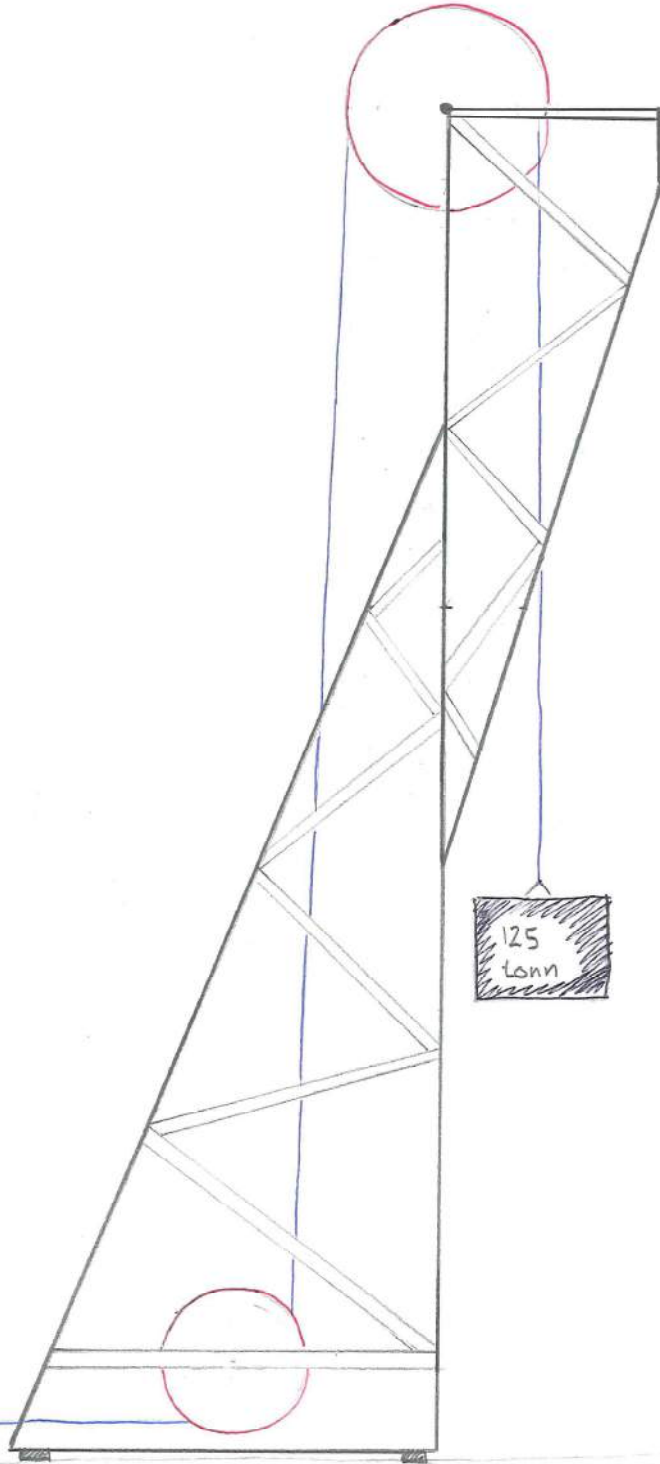


denne berejken som danner resultatet fra kreftene fra skiva....

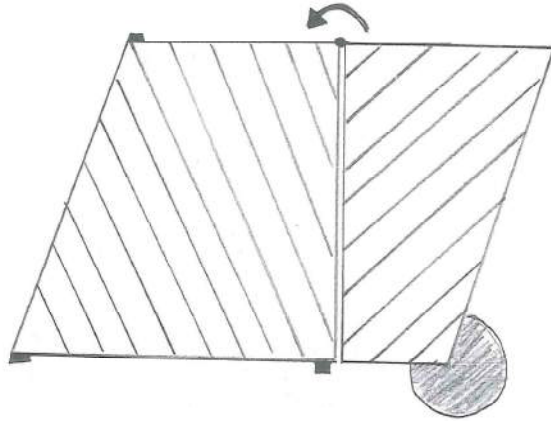
28.01.2015 Stig M Skaar



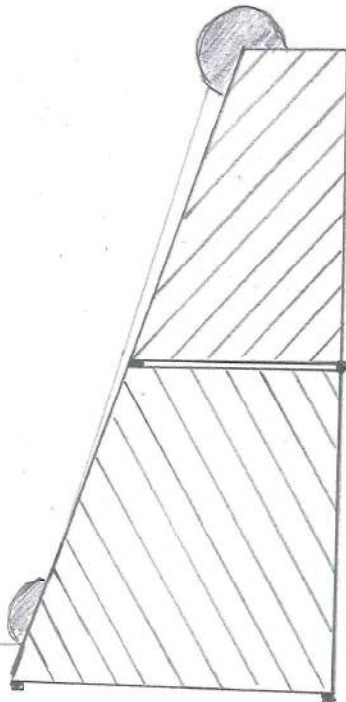
21.1.15 Stig Morten Skaur



Stig Morten Skaar 3.02.2015

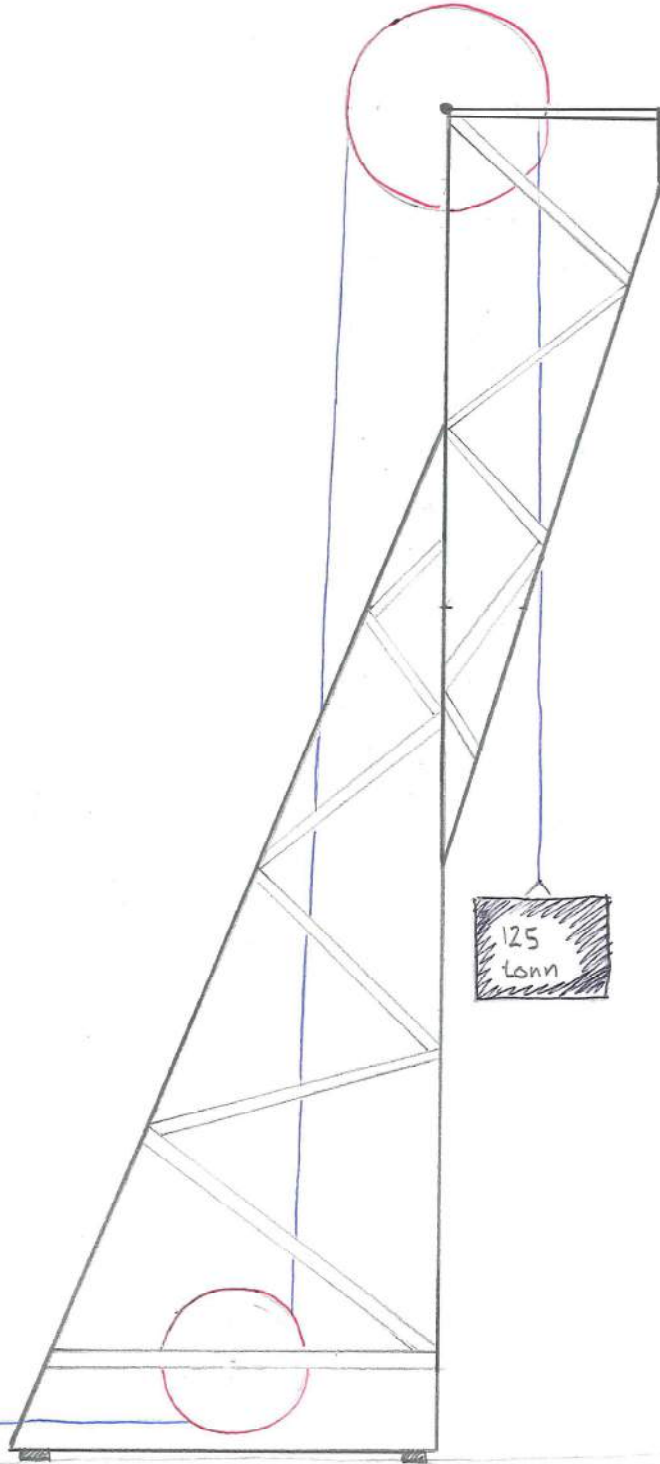


← Sammenlegbart



← OPPSl tt

21.1.15 Stig Morten Skaur



# Vedlegg J

## **Møtereferater**

**-Møtereferater, oppdragsgiver**

**-Møtereferater, veileder**



## Møtereferat, Oppdragsgiver – Uke 2

Dato	Tid	Sted
09.01.2015	13:00	Lab 101, Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Anders Eidså, Armand Misund, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Første møte med kontaktperson i Ulmatec, Anders Eidså. Gjennom uken har vi analysert oppgave. Vi presenterte noen punkt som var uklare, hvor vi behøvde mer opplysninger og informasjon.

Crane Design Definition – DNV 2.22	Velg det som passer best.
Materialkvalitet	Bruke St355, og regne på alternativer. Materialsikkerhet = typisk 1,5. Sjekkes opp i henhold til standarder.
Permanent vaier på testrigg?	Dette kan variere, blir også brukt fibertau. Må ta hensyn til at det kan bli nødvendig å spole opp vaier/fibertau.
Interface	Avvente dette, da det planlegges bygging av «testhall» i forbindelse med testriggen.
Befaring i uke 4	Mandag 19.01.2015.
Forankring av testrigg, betongsåle?	Eventuelt engasjere bygg-avdeling til dimensjonering.
Wiretension	125 tonn*DAF, DAF = typisk 2. Sjekkes opp i henhold til standarder.
Deksel/avsperring rundt wire fra hus til tårn	Ja, legg gjerne vekt på sikkerhet.
Kontakte Hareid kommune for avklaring av byggehøyde og søkeprosess	Ja, studentgruppe skal følge opp dette som representanter for Ulmatec.

## Møtereferat, Oppdragsgiver – Uke 4

Dato	Tid	Sted
19.01.2015	11:00	Ulmatec Engineering, Hareid

**Deltakere:** Anders Eidså, Jostein Myklebust, Armand Misund, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Plassering av tårn på eiendom	Tårnet skal plasseres ca. 30 m nord for montasjehallen.
Wiretension, DAF og SF	Wiretension er maks last, 125 tonn. DAF inkluderer belastning fra nødstopptest, derfor er denne satt til 2. Wiretension * DAF er den dimensjonerende kraften. Materialsikkerhetsfaktor finner vi i DNV 2.22, dele flytegrense på SF. Bruke st 355
Fast wire på rigg	Det kan monteres permanent wire som tåler dimensjonerende kraft på tårn, wire/fibertau fra vinsj festes i permanent wire. Diameter og SF mot brudd til wire finnes i DNV 2.22
Dimensjoner på løpehjul	Ved fast wire på rigg kan løpehjul tilpasses denne. Diameter på hjul finnes i DNV 2.22, typisk 18-20 ganger wirediameter.
Høyde tårn	Tårnet skal ha 30 meter løftehøyde.
Sikkerhetstiltak	For å hindre last i og nå løpehjulet, skal en anordning løse ut lasten rett før den treffer løpehjulet på topp. Det skal også være en fall grop med en form for demping under lasten.
Utforming/design	En attraktiv/stilig design vil forsvare en høyere pris i forhold til en standard fagverks-tårn/konstruksjon.

## Møtereferat, Oppdragsgiver – Uke 6

Dato	Tid	Sted
19.01.2015	11:00	Ulmatec Engineering, Hareid

**Deltakere:** Anders Eidså, Jostein Myklebust, Armand Misund, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Krysskonstruksjonen	Avklaring angående stabilitet, der en tredje fot ikke er ønskelig siden dette vil oppta større plass (bardun løsning)
Vaier	Diepa er valgt som leverandør, framlegger at fibertau ikke er egnet og får nødvendig hjelp til tolking av tabeller.
Innspenning i 3D-Beam	I opprinnelsen så vil bjelkene i 3D-Beam være fast innspent i alle ender men for å gjøre dette så realistisk som mulig gjøres dette ved å gjøre bjelken ved enkelte tilfeller fritt innspent i eine enden.
Dimensjoner på løpehjul	Av praktiske årsaker med tanke på slitasje, velges det å bruke skivediameter = 22*vaierdimensjon
Stålprofiler	Om Smith ikke har tilstrekkelige profildimensjoner så bør Rolf Lycke

## Møtereferat, oppdragsgiver – Uke 9

Dato	Tid	Sted
25.02.2015	11:00 – 13:00	Lab 101, Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Anders Eidså, Armand Misund, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Har på forhånd sendt ut dokumentasjon rundt valgte konsepter. Møte avholdes med dette som tema. Veien videre, samt innspill osv.

Konseptvalg	X-konstruksjon favoriseres. Denne kan gjerne modifiseres noe, med hensyn på design. Bygge en «fagverksramme» vertikalt frem mot loddets overheng, som gir testtriggen en type bølgeform.
Øvrig(e) konsept	Forkastes ikke riktig ennå. Prøv gjerne å optimalisere disse, som sammenligning for X-konstruksjonen.
3D-Beam	Videre opplæring, rundt avlesning av verdier
Profil	Innføring i hensiktsmessig profilvalg
Utførelse i henhold til transport	Konstrueres modulbasert så godt det lar seg gjøre. Ta hensyn til at det eventuelt skal fraktes på lastebil, for så å endelig monteres på Hareid. <b>Unngå bolteforbindelser!</b>
Importering av filer fra 3D-Beam til Siemens NX	Skal være mulig. Se om vi finner fremgangsmåte på nettet.
Vaierbane	Denne bør helst følge tårnet. Ikke ta opp unødvendig plass bakkeplan.
Manuelle beregninger	Sveiseforbindelser, bolter i opplagring, kritiske bjelker, buckling osv.

## Møtereferat – Uke 12

Dato	Tid	Sted
19.03.2015	09:00 – 11:30	Ulmatec, Hareid

**Deltakere:** Anders Eidså, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Valg av vaier	Leverandør Erling Haug vil bistå med valg av vaier. De er kritiske til belastninger som eventuelt vil oppstå ved nødbrems, rykk i vaier. DNV har heller ingen retningslinjer for dette. Belastning med DAF er tilstrekkelig. Kan gjerne sette inn sikkerhetsfaktor fra DNV 2.22. Beregn begge deler og kommenter i rapport. Materialfaktor tas <u>ikke</u> med i beregning!
Buckling (knekking): Loadcase i henhold til DNV 2.22 Lifting Appliances.	Materialfaktor tas ikke med her. Bruk loadcase 1 og 2 med største sikkerhetsfaktor, «elastic buckling».
Sikkerhet mot knekking	Samme sikkerhet på lastkapasitet og tillat spenning. Se formelhefte. Det er vanskelig å bestemme opplagring. Sett derfor $k=1$ , for å være konservativ. Sett opp regneark i excel, med beregning om begge akser. Kapasiteten sammenlignes med normalkraft/normalspenning i den respektive bjelke.
Opplagerkrefter	Hente ut opplagerkrefter fra 3D-Beam. Kanskje fra NX senere og sammenligne? Disse oppsummeres i rapport.
Hvilke bjelker blir kritiske for knekking	Beregnes bare for bjelker med trykk. Strekk kan <u>ikke</u> medføre buckling.
Importerings av filer fra 3D-Beam til Siemens NX	Se videre på dette. Har prøvd, men ikke med stort hell. Noen punkter blir feil plassert ved importering.
Siemens NX, fremgangsmåte for modulering	Tegn gjerne konstruksjonen i én modell. For maskintegninger, kan det tegnes egne modeller. Skriv eventuelt på antall om det er flere som blir gjenbrukt. Ta hensyn til transport, montering osv. Kan gjerne tegnes i moduler.
Kneplater	For å fordele krefter. Store radiuser er fint.
Utforming av leder	Se i boken sjøteknikk 2
Skive på toppen, service	Ta hensyn til at denne kanskje skal kunne løfte ned, uten mobilkran. Talje?

## Møtereferat, oppdragsgiver – Uke 17

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
13.04.2015	10.15 – 11.30	Ulmatec Engineering, Hareid

**Deltakere:** Jostein Myklebust, Jon-Martin Haddal , Armand Misund, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

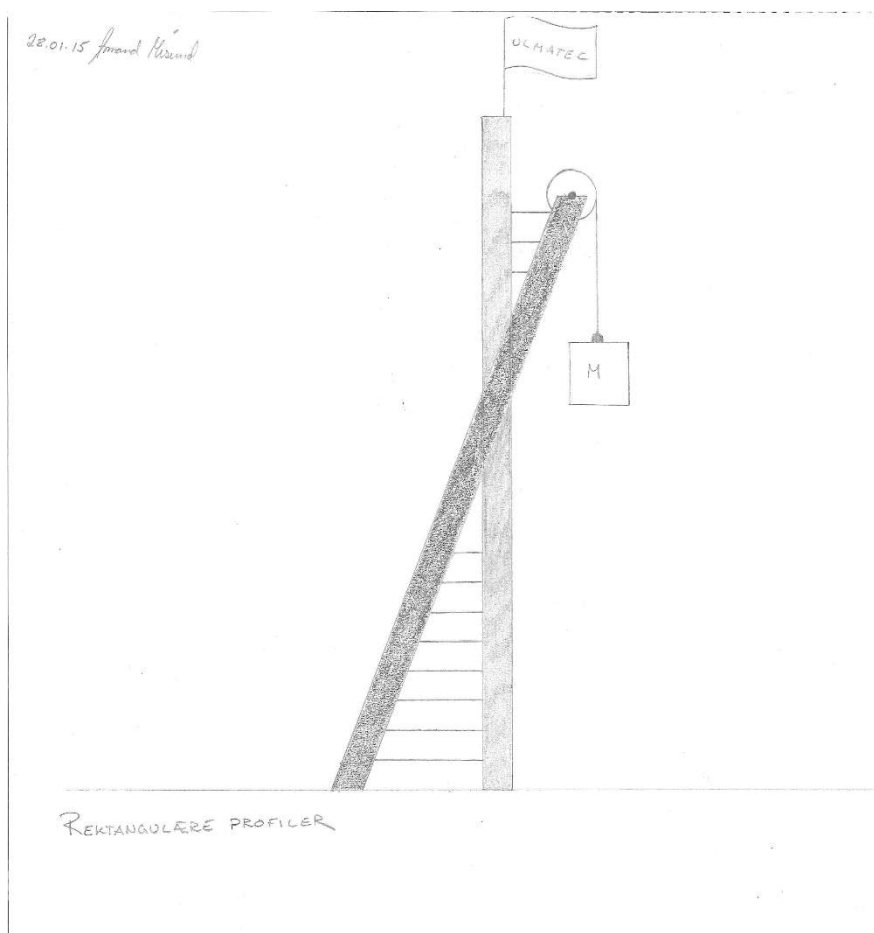
Sveiseprosedyre	Sveiseprosedyrer blir tilsendt fra ulmatec v. Jostein Myklebust
Overflatebehandling	Overflatebehandling Tilsvarende Norsok brukes på stålkonstruksjonen. Ulmatec sender standard og dokumentasjon
Rekkverk / stige	Ingen underleverandør , her bruker vi 40 -50 mm i henhold til standard. Undersøker om stige kan leveres av norsk stål.
HMS	Legge vekt og vurdere sikkerhet rundt tårnet, både med og uten drift. Må kommentere anbefaling av instruksjon – og vedlikeholds manual. Vurdere risiko om mulig utslipp til luft og vann.
Maskintegninger	Ingen fast standard , gjør det forståelig og oversiktlig for produksjonsavdelingen. Tegningskontroll av ekstern person. Det anbefales og gjøre maskintegninger dei ulike modulene samt sammenstilling av forskjellige moduler. Ulmatec sender forslag til maskintegning.
FEM –analyse	Etter hvert sammenligne manuelle sveiseberegninger med FEM-analyse. Se på lokale spenninger om en kan nedjustere sveisene.
Opplagringen	Lavest mulig høyde på opplagringsbuen for minst mulig maskinering, vekt og belastning.
Løpehjul	Viser til krav om dimensjonering. Sikkerhetsanordning for å forhindre at wire hopper av skiva.
Sandgrop	Prototype testes og nødbrems kan svikte. Derfor viktig med ei stor nok sandgrop for å ta imot belastninga.

## Møtoreferat, veiledermøte – Uke 6

Dato	Tid	Sted
06.02.2015	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Konstruksjon	Stabilitet av rigg, se på tiltak mot bikking. Strekkstag/wireløsninger, demonterbart?
Model	Visuell modell. Enkel 3D modell, gjerne plassert på tomt. Gir inntrykk for design. Hovedfokus på «krysskonstruksjonen», som er valgt konsept. Skal sammenlignes mot fagverk i derrick utførelse.
Fundamentering	Kartlegge grunn på området hvor testriggen skal stå.
Materialprofiler	Prøv med ulike profiler.
Beregninger	Bryt ned og forenkle. Kvalifisert gjetting, hvor en prøver seg frem på ulike senarioer. Eksempelvis en utslagsvinkel på last 5 - 15 grader.
Innspenning	Avhenger av fundament. Avhenger også av om det brukes strekkstag eller wire.
Materialkvalitet	355 MPa. Enkel overflatebehandling, med sandblåsing, primeing og 2-komponent maling.



## Møtereferat, veiledermøte – Uke 7

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
13.02.2015	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Konstruksjon	Diskuterte svakheter på valgt konstruksjoner. Samt ulike fagverk som eger seg ved vårt tilfelle.
Tekniske løsninger	Diskusjon rundt utforming av loddet for å utnytte løftehøgden best mulig. Bruk av stålwirer og strekkstag for fordeling av kreftene, og mulig løsning for stabilitet av konstruksjon.



## Møtereferat, veiledermøte – Uke 9

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
<b>27.02.2015</b>	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Armand Misund Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Wire	Kontakte leverandør, over telefon og eventuelt diskutere dette med DNV
DNV	Avtale møte med DNV for diskusjon rundt wire valg og «lifting appliances»
Fundamentering	Diskusjon rundt fundamentering, bruk av nedstøpt stålplate med innramming av beinene for å kunne ta opp skjærkrefter fra boltene.
Materialprofiler	Lønner seg med lukket profil der det oppstår betydelig torsjon. Videre analysering i 3D-Beam.
Sveising	Unngå kilesveis uten fuge, vurdering av X og V fuge avhengig av platetykkelse.
Spenningsgløding	Vurdere avspenning av konstruksjonen ved hjelp av varme eller ultralyd.
Sikkerhetsavstand	Vurdere sikkerhetsavstand mellom lodd og tårn, for eventuell utglidning / velting ved fall

## Møtereferat, veiledermøte – Uke 10

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
<b>06.03.2015</b>	<b>09:00 - 10:00</b>	<b>Høgskolen i Ålesund</b>

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Opplagring og aksel	Ramme til opplagring av løpehjul lavest mulig for minst mulig momentarm. Aksel blir ikke utsatt for torsjon, da hjulet er festet til aksel med lager. Aksel er IKKE roterende. Kritisk turtall, utmatting osv. er derfor ikke en faktor. Kun nedbøying og nedbøyingsvinkel.
Akselmaterial	Usikker om det finnes Aisi 316L (syrefast) i så store dimensjoner, som det er nærliggende å tro akselen blir. Alternativt seigherdingsstål. Les i material-pensum.
Opplagerkrefter	Verst under drift? Nødbremser er worst case scenario! DAF tar hensyn til dette.
Påkjenning for lager og aksel ved nødbremser	Kontakt SKF! Eventuelt oppsøke Rotek i breivika. Aksel blir tatt hensyn til med DAF.
Flytvinkel	Som vaierleverandør sier, skal denne være under 2 grader. Konstruerer interface til vinsj med hensyn på dette. Ta også hensyn til dette med tanke på «inngående» løpehjul, som står ved foten av tårnet.
Spesifikasjoner på vinsj	Snakk med Vilmar. Sjekk opp vinsjer på markedet med tilstrekkelig kapasitet. Interpoler!

## Møtereferat, veiledermøte – Uke 12

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
20.03.2015	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Knekking	Sette opp utregninger i Excel regneark, med bakgrunn i formler for knekking fra formelsamling. «Innspenningsfaktor» k settes lik 1, vær konservativ. Utregninger trenger ikke støttes opp mot annen programvare.
Kneplater	Kneplater kan anvendes med fordel, for å fordele spenninger i knutepunkt. Men er ikke hensiktsmessig å sette inn, så sant d det ikke foreligger noe problem. Kneplater kan også forenkle overgang mellom forskjellige typer profiler.
FEM-analyse	Hvis en analyse av konstruksjonen blir vanskelig å få til i Siemens NX, kan den begrenses til deler av konstruksjonen. Ta gjerne analyse i knutepunkter.
Aksel	I forhold til rykk ved nødbrems, vil fjæring i konstruksjonen og vaier «avlaste» noe. Om aksel blir kortest mulig mhp nedbøyning, vil det stort sett bli skjærspenninger en bør se nærmere på.
Maskintegninger	Lag gjerne en sammenstillingstegning i NX av hele konstruksjonen, fra forskjellige vinkler. Repetitivt gjenbruk av bjelker er en fordel. Snakk gjerne med sjef på sveiseavdeling, om det er noen preferanser for hvordan maskintegninger ønskes fremlagt.

## Møtereferat, veiledermøte – Uke 13

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
27.03.2015	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar

Festearrangement for aksel	Aksel kan ligge «fritt» i opplagring. Denne roterer ikke. Opplagingsbukker kan sveises eller boltes. Om det velges sveising, kan en bruke braketter på selve konstruksjonen for entring av opplagingsbukker. Eliminere skjærspenninger.
Svakt ledd	Weak-link på vaier, som det svakeste ledd som ryker først. Hvis det mot formodning oppstår en situasjon som gir ekstraordinære belastninger.
Sikkerhetsfaktorer, oversikt	Disse kan legges ved som vedlegg. Ikke nødvendig med en liste i rapporten.
Formelsamling	Ved bruk av forholdsvis få formler, er det nok at en forklarer disse underveis i rapporten. Strengt tatt ikke nødvendig med formelsamling da. Regnerark er aktuelt å ha med, som vedlegg.
Radiuser på profiler	Er ikke kjent med en fastsatt standard på dette. Avhenger av fremstillingsprosess. Kan bruke 2x tykkelsen på profilen som tommelfingerregel. Gjerne da i sammenheng med modellering. Ellers brukes det som eventuelt er oppgitt i produsentens tabeller. Kanskje det finnes standardprofiler i NX?
Fundamentering	Ta kontakt med Jens Ole Løken.
a-mål	Analysere bjelker. Vis til at sveiser blir fagmessig utført med tilstrekkelige fuger, sånn a-mål kan settes lik minste platetykkelse. Se eventuelt i standarder, retningslinjer for sveising. Så sant sveisen er godt utført, er det ikke denne som ryker først. Det er varmepåvirket sone tilstøtende til sveisen som blir det «svakeste» ledd.
Nevne personer og firma i rapport	Så lenge det er tatt kontakt i yrkessammenheng, må de kunne gå god for sine uttalelser. Plagiat er ikke et tema.

## Møtereferat, veiledermøte – Uke 15

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
10.04.2015	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar og Armand Misund

Overflatebehandling	Høre om Ulmatec har en standard de følger. Hensiktsmessig å male/overflatebehandle moduler, før montering/sammenføring. For så å male tilstøtende områder til sveis i etterkant.
Maskintegning	Høre med Ulmatec om de har preferanser. Få gjerne «lignende» maskintegninger å gå etter.
Lagertype	Sylindrisk rullelager. Gjerne i par, som sett tidligere på løpehjul. Se på statisk og dynamisk bæretall.
Feste lager til aksel	Press- eller krympeforbindelse
Sveiseprosedyre	Høre med Ulmatec, hvilken prosedyre de bruker.
Utforming av aksel	Avtrapping på begge ender, for å få en brystningskant mot senter som lager ligger an i.

## Møtereftrat, veiledermøte – Uke 19

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
<b>08.04.2015</b>	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar og Armand Misund

FEM - Analyse	Bilder og opplysninger som fremvist ser bra ut. Dette kan godt være med i rapporten. Om mulig, prøv med forfinet mesh i «kritisk» område. Forklar analysen som en oppskrift, altså på en sånn måte det skal være mulig for andre å gjennomføre en tilsvarende analyse på bakgrunn av det som forklares.
Oppgavetekst	Forklar i rapport at cursorwinch skal stå på bakken. Ikke i toppen av konstruksjonen! Det er altså gått vekk i fra dette, slik det kan tolkes i oppgaveteksten.
Skrue - diagram	Forspenning etter standard for valgt boltetype. Ikke nødvendig å ta hensyn til tilleggs kraft, dette eventuelt avledes på en annen måte. Boltene er bare for å holde konstruksjonen på plass. Vi har tatt høyde for skjærdisker og støtter i hjørner på konstruksjonens labber, noe som vi avlaste boltene ved eventuelt ekstraordinær belastning.

## Møtereferat, veiledermøte – Uke 21

<b>Dato</b>	<b>Tid</b>	<b>Sted</b>
<b>22.04.2015</b>	09:00 - 10:00	Høgskolen i Ålesund

**Deltakere:** Lars Petter Bryne, Magnus Pettersen, Stig Morten Skaar og Armand Misund

Gjengelengde	Vanligvis 1 – 1,2 ganger diameter, hvis stål. Aluminium osv. medfører ytterligere gjengelengde. Altså ved mykere materiale
Presentasjon av bachelor oppgave	Målgruppen er viktig. Hvem skal det presenteres for? Medstudenter, lærere, eventuelt eksterne tilskuere. Kort info om oppgaven innledningsvis. Fortell om prosessen, men ikke for mye på detaljnivå. BILDER SIER MER EN ORD! Hvilke valg som er tatt underveis osv...

# Vedlegg K

Arbeidslogg



## Arbeidslogg

<b>Arbeidsoppgaver uke 2</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b> Arbeidslogg, fremdriftsplan for hele semesteret, detaljert arbeidsplan, teknisk rapport mal, felles lagringsplattform online Mail fra Anders Eidså 06.01.15: Wiretension på 125 tonn, dynamisk faktor (DAF) typisk 2 + materialsikkerhetsfaktor. Planlagt møte med Anders Eidså Funnet regelverk (Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner) Kartlagt hvordan vi må forholde oss til kommunen vedrørende byggesøknader, snakket med Rolf Magnus Sundgodt (lærer bygg). Anbefalte å avtale en spørrekonferanse med Hareid kommune. Møte med Anders Eidså, se møtereferat. Snakket med Rolf Magnus Sundgodt, sendt mail til Hareid kommune med spm om reguleringsplan og forhåndsvarsel om forhåndskonferanse.</p>	Man: 6 Tir: 6 Ons: 6 Tor: 6 Fre: 5
<p><b>Magnus</b> Arbeidslogg, fremdriftsplan for hele semesteret, detaljert arbeidsplan, teknisk rapport mal, felles lagringsplattform online Mail fra Anders Eidså 06.01.15: Wiretension på 125 tonn, dynamisk faktor (DAF) typisk 2 + materialsikkerhetsfaktor. Planlagt møte med Anders Eidså Funnet regelverk (Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner) Kartlagt hvordan vi må forholde oss til kommunen vedrørende byggesøknader, snakket med Rolf Magnus Sundgodt (lærer bygg). Anbefalte å avtale en spørrekonferanse med Hareid kommune. Møte med Anders Eidså, se møtereferat. Snakket med Rolf Magnus Sundgodt, sendt mail til Hareid kommune med spm om reguleringsplan og forhåndsvarsel om forhåndskonferanse.</p>	Man: 6 Tir: 6 Ons: 6 Tor: 6 Fre: 5
<p><b>Stig Morten</b> Arbeidslogg, fremdriftsplan for hele semesteret, detaljert arbeidsplan, teknisk rapport mal, felles lagringsplattform online Mail fra Anders Eidså 06.01.15: Wiretension på 125 tonn, dynamisk faktor (DAF) typisk 2 + materialsikkerhetsfaktor. Planlagt møte med Anders Eidså Funnet regelverk (Eurokode 3: Prosjektering av stålkonstruksjoner) Kartlagt hvordan vi må forholde oss til kommunen vedrørende byggesøknader, snakket med Rolf Magnus Sundgodt (lærer bygg). Anbefalte å avtale en spørrekonferanse med Hareid kommune. Møte med Anders Eidså, se møtereferat. Snakket med Rolf Magnus Sundgodt, sendt mail til Hareid kommune med spm om reguleringsplan og forhåndsvarsel om forhåndskonferanse.</p>	Man: 6 Tir: 6 Ons: 6 Tor: 6 Fre: 5

<b>Arbeidsoppgaver uke 3</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>            Planlegging av fremdrift.            Laget skisser til konsept.            Videre dialog med Rolf Magnus Sundgot, angående byggesak i Hareid Kommune.            Dialog med Hareid Kommune v/Signe Rønnestad Kanstad og Olav Brubakk.            Satt opp Moodboard.            Skissert og diskutert løsninger på «whiteboard».            «Inspirasjonsrunde» i nærmiljø, for å studere løsninger/fagverk på kraner ol.</p>	Man: 8 Tir: 10 Ons:8 Tor: 8 Fre: 5
<p><b>Magnus</b>            Planlegging av fremdrift.            Laget skisser til konsept.            Videre dialog med Rolf Magnus Sundgot, angående byggesak i Hareid Kommune.            Dialog med Hareid Kommune v/Signe Rønnestad Kanstad og Olav Brubakk.            Satt opp Moodboard.            Skissert og diskutert løsninger på «whiteboard».            «Inspirasjonsrunde» i nærmiljø, for å studere løsninger/fagverk på kraner ol.</p>	Man: 8 Tir:7 Ons: 9 Tor: 8 Fre: 5
<p><b>Stig Morten</b>            Planlegging av fremdrift.            Laget skisser til konsept.            Videre dialog med Rolf Magnus Sundgot, angående byggesak i Hareid Kommune.            Dialog med Hareid Kommune v/Signe Rønnestad Kanstad og Olav Brubakk.            Satt opp Moodboard.            Skissert og diskutert løsninger på «whiteboard».            «Inspirasjonsrunde» i nærmiljø, for å studere løsninger/fagverk på kraner ol.</p>	Man: 8 Tir: 7 Ons:10 Tor: 8 Fre: 5

<b>Arbeidsoppgaver uke 4</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>            Besøk/møte hos Ulmatec Hareid, se vedlagt møtereferat.            Sendt 3D-model av tårn plassert på tomt, til Hareid kommune (Brubakk)            Diskutert ulike konsept og løsninger            Snakket med Hareid kommune v/Brubakk, vil gi tilbakemelding i uke 5.            Hatt undervisning onsdag og torsdag i Systemteknikk og systemutvikling.</p>	Man: 8 Tir: 0 Ons:3 Tor: Fre:
<p><b>Magnus</b>            Besøk/møte hos Ulmatec Hareid, se vedlagt møtereferat.            Sendt 3D-model av tårn plassert på tomt, til Hareid kommune (Brubakk)            Diskutert ulike konsept og løsninger            Snakket med Hareid kommune v/Brubakk, vil gi tilbakemelding i uke 5.            Hatt undervisning onsdag og torsdag i Systemteknikk og systemutvikling.</p>	Man: 8 Tir:8 Ons: 3 Tor: Fre:
<p><b>Stig Morten</b>            Besøk/møte hos Ulmatec Hareid, se vedlagt møtereferat.            Sendt 3D-model av tårn plassert på tomt, til Hareid kommune (Brubakk)            Diskutert ulike konsept og løsninger            Snakket med Hareid kommune v/Brubakk, vil gi tilbakemelding i uke 5.            Hatt undervisning onsdag og torsdag i Systemteknikk og systemutvikling.</p>	Man: 8 Tir: 8 Ons:3 Tor: Fre:

<b>Arbeidsoppgaver uke 5</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>  Presentasjon av hovedprosjekt i plenum for klasse og lærere. Laget Powerpoint og A3 plakat.  Jobbet videre med konseptskisser.  Diskutert skisser og konsept i fellesskap. Sett på tekniske løsninger.  Videre dialog med Hareid kommune v/ Brubakk, fått tilbakemelding angående byggehøyde. Se vedlegg.  Undervisning torsdag og fredag i Systemteknikk og systemutvikling.</p>	<p>Man: 5  Tir: 8  Ons: 7  Tor:  Fre: 2</p>
<p><b>Magnus</b>  Presentasjon av hovedprosjekt i plenum for klasse og lærere. Laget Powerpoint og A3 plakat.  Jobbet videre med konseptskisser.  Diskutert skisser og konsept i fellesskap. Sett på tekniske løsninger.  Videre dialog med Hareid kommune v/ Brubakk, fått tilbakemelding angående byggehøyde. Se vedlegg.  Undervisning torsdag og fredag i Systemteknikk og systemutvikling.</p>	<p>Man: 5  Tir: 8  Ons: 7  Tor:  Fre: 2</p>
<p><b>Stig Morten</b>  Presentasjon av hovedprosjekt i plenum for klasse og lærere. Laget Powerpoint og A3 plakat.  Jobbet videre med konseptskisser.  Diskutert skisser og konsept i fellesskap. Sett på tekniske løsninger.  Videre dialog med Hareid kommune v/ Brubakk, fått tilbakemelding angående byggehøyde. Se vedlegg.  Undervisning torsdag og fredag i Systemteknikk og systemutvikling.</p>	<p>Man: 5  Tir: 8  Ons: 7  Tor:  Fre: 2</p>

<b>Arbeidsoppgaver uke 6</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>  Ferdiggjøring av skisser produsert i konseptfasen som nå avsluttes.  Videre jobbing med kartlegging av regelverk ved aktuelle konsept.  Konseptmøte med Ulmatec Hareid, den 05.02.15 der design og tekniske løsninger ble diskutert, se møtereferat.  Veiledermøte 06.02.15 med Lars Petter Bryne der tekniske løsninger, konsepter og videre fremdrift ble diskutert. Se møtereferat.  Startet med skissering i 3D-BEAM av valgte konsepter</p>	<p>Man: 4  Tir: 7  Ons: 7  Tor: 7  Fre:</p>
<p><b>Magnus</b>  Ferdiggjøring av skisser produsert i konseptfasen som nå avsluttes.  Videre jobbing med kartlegging av regelverk ved aktuelle konsept.  Konseptmøte med Ulmatec Hareid, den 05.02.15 der design og tekniske løsninger ble diskutert, se møtereferat.  Veiledermøte 06.02.15 med Lars Petter Bryne der tekniske løsninger, konsepter og videre fremdrift ble diskutert. Se møtereferat.  Startet med skissering i 3D-BEAM av valgte konsepter</p>	<p>Man: 4  Tir: 7  Ons: 7  Tor: 7  Fre: 7</p>
<p><b>Stig Morten</b>  Ferdiggjøring av skisser produsert i konseptfasen som nå avsluttes.  Videre jobbing med kartlegging av regelverk ved aktuelle konsept.  Konseptmøte med Ulmatec Hareid, den 05.02.15 der design og tekniske løsninger ble diskutert, se møtereferat.  Veiledermøte 06.02.15 med Lars Petter Bryne der tekniske løsninger, konsepter og videre fremdrift ble diskutert. Se møtereferat.  Startet med skissering i 3D-BEAM av valgte konsepter</p>	<p>Man: 4  Tir: 7  Ons: 7  Tor: 7  Fre: 7</p>

<b>Arbeidsoppgaver uke 7</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b> Arbeidet med dei ulike konseptskissene i 3D-BEAM Veiledermøte 13.02.15 med Lars Petter Bryne der vi diskuterte problemstillinger rundt konstruksjonens design og tekniske løsninger. Møte, 13.02.15 med Anders Eidså der vi diskutert og fikk svar på spørsmål angående 3D-BEAM. Samt diskusjon rundt tekniske løsninger. Torsdag og Fredag var vi opptatt med forelesinger i faget «Systemteknikk og systemutvikling»</p>	<p>Man: 7 Tir: 10 Ons: 7 Tor: Fre: 1</p>
<p><b>Magnus</b> Arbeidet med dei ulike konseptskissene i 3D-BEAM Veiledermøte 13.02.15 med Lars Petter Bryne der vi diskuterte problemstillinger rundt konstruksjonens design og tekniske løsninger. Møte, 13.02.15 med Anders Eidså der vi diskutert og fikk svar på spørsmål angående 3D-BEAM. Samt diskusjon rundt tekniske løsninger. Torsdag og Fredag var vi opptatt med forelesinger i faget «Systemteknikk og systemutvikling»</p>	<p>Man: 7 Tir:10 Ons: 7 Tor: Fre: 1</p>
<p><b>Stig Morten</b> Arbeidet med dei ulike konseptskissene i 3D-BEAM Veiledermøte 13.02.15 med Lars Petter Bryne der vi diskuterte problemstillinger rundt konstruksjonens design og tekniske løsninger. Møte, 13.02.15 med Anders Eidså der vi diskutert og fikk svar på spørsmål angående 3D-BEAM. Samt diskusjon rundt tekniske løsninger. Torsdag og Fredag var vi opptatt med forelesinger i faget «Systemteknikk og systemutvikling»</p>	<p>Man: 7 Tir: 10 Ons:7 Tor: Fre: 1</p>

<b>Arbeidsoppgaver uke 8</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b> Jobbet med valgt konsept i 3D-beam, videreutviklet konseptet.</p>	<p>Man: 7 Tir: 10 Ons: 7 Tor: 7 Fre: 6</p>
<p><b>Magnus</b> Kartlegging av regelverk. Kostnader, sammenligning av krysskonstruksjon og derrick. Arbeidet videre med konstruksjon i 3D-Beam.</p>	<p>Man: 7 Tir: 7 Ons: 7 Tor: 9 Fre: 6</p>
<p><b>Stig Morten</b> Kartlegging av regelverk. Kostnader, sammenligning av krysskonstruksjon og derrick. Arbeidet videre med konstruksjon i 3D-Beam.</p>	<p>Man: 7 Tir: 10 Ons:7 Tor: 9 Fre: 1</p>

<b>Arbeidsoppgaver uke 9</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b> Jobbet med 3D-bam, møte med Anders. Rapportskrivning.</p>	<p>Man:7 Tir: 8 Ons: 8 Tor: 7 Fre: 6</p>
<p><b>Magnus</b> Videre arbeid i 3D-Beam Hatt møte med Anders Eidså, angående hvilket konsept vi skal jobbe vider med. Sett på design av konstruksjonen. Vertikalstøtte i fremkant. Oppdragsgiver ønsker en «bølgeform». Sett på profilalternativer for oppbygging av konstruksjon. Lukkede profiler er gunstig. Lav vekt i forhold til styrke. Sett på vaierbane. Importeret av nodepunkter fra 3D-Beam til NX. Studert litt, men finner ingen god løsning foreløpig. Vert i kontakt med DNV angående Lifting Appliances 2.22.</p>	<p>Man: 8 Tir: 9 Ons: 8 Tor: 10 Fre: 6</p>
<p><b>Stig Morten</b> Hatt møte med Anders Eidså, angående hvilket konsept vi skal jobbe vider med. Jobbet sammen om videre konsept i 3D-Beam. Jobbet med ulike tekniske valg og kartlagt rundt regelverk for vårt konsept.</p>	<p>Man: 9 Tir: 7 Ons: 10 Tor: 10 Fre: 5</p>

<b>Arbeidsoppgaver uke 10</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b> Rapportskrivning, møte med Gaspar om utforming av tårn.</p>	<p>Man:7 Tir: 8 Ons: 8 Tor: 8 Fre: 6</p>
<p><b>Magnus</b> Jobbet videre med tårn i 3D-Beam. Konsultert med Henrique M. Gaspar angående utforming av tårnet, valg av profil(er), material osv. Studert muligheter for å overføre nodekoordinater fra 3D-beam til Siemens NX. Sendt forespørsel om hjelp til Siemens support angående dette. Fikk ikke tilfredsstillende svar, men muligens funnet en fullgod løsning selv.</p>	<p>Man: 8 Tir: 9 Ons: 10 Tor: 11 Fre: 11</p>
<p><b>Stig Morten</b> Har vert i kontakt med Erling Haug as, for veiledning og anbefaling på vaier i vårt tilfelle, har mottatt anbefaling men venter på prisantydning. Parallelt jobbes det med kartlegging av krefter på opplagringsjiggen for løpehjulet på toppen av konstruksjonen og etablering av excel-ark for videre beregninger, skrevet om loddet i rapporten.</p>	<p>Man: 10 Tir: 12 Ons: 9 Tor: 7 Fre: 12</p>

<i>Arbeidsoppgaver uke 11</i>	
<i>Arbeid utført i løpet av uke</i>	<i>Timeliste</i>
<p><b>Armand</b>            Rapportskrivning            Torsdag og fredag har gått med til undervisning i systemteknikk og systemutvikling.</p>	Man:7 Tir: 8 Ons:10 Tor: 2 Fre: 2
<p><b>Magnus</b>            Jobbet med modell i 3D-Beam.            Studert teori rundt knekking.            Skrevet om prosessen med 3D-Beam i teknisk rapport.            Torsdag og fredag har gått med til undervisning i systemteknikk og systemutvikling.</p>	Man: 8 Tir: 8 Ons: 10 Tor: 2 Fre: 2
<p><b>Stig Morten</b>            Sett på buckling, og teori rundt dette temaet.            Laget oppsett for regneark.            Prøvd ut Nauticus Hull, med hensyn på buckling.            Torsdag og fredag har gått med til undervisning i systemteknikk og systemutvikling.</p>	Man: 8 Tir: 8 Ons: 10 Tor: 2 Fre: 2

<i>Arbeidsoppgaver uke 12</i>	
<i>Arbeid utført i løpet av uke</i>	<i>Timeliste</i>
<p><b>Armand</b>            Influensa!</p>	Man: Tir: Ons: Tor: Fre:
<p><b>Magnus</b>            Sett videre på innhenting av nodepunkt fra 3D-beam til NX.            Skrevet videre om prosessen i 3D-Beam.            Sett på knekking.            Møte med Ulmatec v/Anders Eidså 19.03.2015. Møtet ble avholdt på Hareid.            Laget presentasjon til «obligatorisk fremføring av hovedprosjekt, underveis».</p>	Man: 8 Tir: 9 Ons: 10 Tor: 8 Fre: 7
<p><b>Stig Morten</b>            Sett videre på buckling, konferert med Arne Jan Sollid.            Redigert videre oppsett av regneark, buckling. Påbegynt beregninger.            Møte med Ulmatec v/Anders Eidså 19.03.2015. Møtet ble avholdt på Hareid.            Laget presentasjon til «obligatorisk fremføring av hovedprosjekt, underveis».</p>	Man: 8 Tir: 7 Ons: 10 Tor: 9 Fre: 7

<i>Arbeidsoppgaver uke 13</i>	
<i>Arbeid utført i løpet av uke</i>	<i>Timeliste</i>
<p><b>Armand</b>  Presentasjon av hovedprosjekt, underveis. «Hva som har blitt gjort til nå, og veien videre».  Bedriftsbesøk Ekornes, onsdag.  Jobbet med rapport, konsepter.  Dimensjonert opplagring av aksel til løpehjul. Funnet resultantkraft og retning på denne, samt nødvendig godstykkelse på opplagring, og bolteberegning til fundamentering/festing av opplagringsramme.</p>	Man:7 Tir: 8 Ons: 8 Tor: 8 Fre: 7
<p><b>Magnus</b>  Presentasjon av hovedprosjekt, underveis. «Hva som har blitt gjort til nå, og veien videre».  Dimensjonert aksel og satt opp regneark i Excel.  Optimalisert konstruksjonen i 3D-Beam mhp profiler og vekt.  Bedriftsbesøk Ekornes, onsdag.  «Nettkurs» i Siemens NX.  Påbegynt modellering i NX.</p>	Man: 10 Tir: 7 Ons: 9 Tor: 9 Fre: 7
<p><b>Stig Morten</b>  Presentasjon av hovedprosjekt, underveis. «Hva som har blitt gjort til nå, og veien videre». Etablere excelark for beregning av tiltatt knekklast på alle bjelkene som har trykkrefter i konstruksjonen.  Lifting Appliance 2.22 har blitt brukt med tanke på knekking</p>	Man: 10 Tir: 7 Ons: 9 Tor: 9 Fre: 7

<i>Arbeidsoppgaver uke 14</i>	
<i>Arbeid utført i løpet av uke</i>	<i>Timeliste</i>
<p><b>Armand</b>  Skrevet generelt om vaier, dimensjonert vaier og løpehjul.  Identifisert krefter som virker på konstruksjonen, og opplagerkrefter fra aksel til opplagringsbukker.  Påske</p>	Man:7 Tir: 8 Ons: 8 Tor: 8 Fre: 6
<p><b>Magnus</b>  Påske!  Fortsatt modellering i NX.  Konstruksjonen modelleres i moduler, som skal settes sammen.</p>	Man: 7 Tir: 5 Ons: 6 Tor: 2 Fre: 8
<p><b>Stig Morten</b>  Påske!  ferdigstilling av knekkberegning, der jeg itererte med tanke på dimensjonsvalg av profilene samt lengden, på dei kritiske områdene, skrev ferdig om knekking i rapporten</p>	Man: 9 Tir: 7 Ons: 6 Tor: 7 Fre: 8

<b>Arbeidsoppgaver uke 15</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b> Dimensjonering av akselbukk og festebolter. Veiledermøte</p>	<p>Man: 7 Tir: 8 Ons: 8 Tor: 8 Fre: 6</p>
<p><b>Magnus</b> Fortsatt modellering i NX. Påbegynt Assembly av konstruksjonen. En del på detaljenivå. Ikke alt som «stemmer over ens» med konstruksjonen som er tegnet i 3D-Beam.</p>	<p>Man: 2 Tir: 6 Ons: 7 Tor: 8 Fre: 10</p>
<p><b>Stig Morten</b> Beregnet at knekkspenningene er innenfor tillatt spenning. Skrev så om dette emnet i rapporten! Vert i samtaler med DNV rundt standarder og regelverk. Startet på sveiseberegninger, datainnhenting, beregning i excel og skriving på rapporten rundt sveising og valgene som blir tatt her.</p>	<p>Man: 3 Tir: 9 Ons: 7 Tor: 8 Fre: 10</p>

<b>Arbeidsoppgaver uke 16</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b> Optimalisert begge akselbukkene Torsdag og fredag hadde vi samlinger i faget systemteknikk. Fullført akselbukk, laget skrudiagram. Systematisert alle utregninger i excel for enkel kopiering inn i word.</p>	<p>Man: 8 Tir: 8 Ons: 10 Tor: Fre:</p>
<p><b>Magnus</b> Modellering i NX og testet ut mulighetene for FEM-analyse. Torsdag og fredag hadde vi samlinger i faget systemteknikk.</p>	<p>Man: 10 Tir: 9 Ons: 11 Tor: 8 Fre: 9</p>
<p><b>Stig Morten</b> Hentet inn informasjon om stige / trapp fra Mittet i henhold til arbeidsmiljølovens bestemmelser og reglement. Skrevet og innhentet informasjon om sveising til rapporten. Der jeg har fullført beregningene av konstruksjonen og vurdert tiltak om å øke materialtykkelsen eller å ha på kneplater. Torsdag og fredag hadde vi samlinger i faget systemteknikk.</p>	<p>Man: 11 Tir: 13 Ons: 7 Tor: 9 Fre: 12</p>



<b>Arbeidsoppgaver uke 17</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<b>Armand</b> Jobbet med systemteknikk mandag og tirsdag Fullført akselbukker, laget skrudiagram. Systematisert alle utregninger i Excel for enkel kopiering inn i Word.	Man: 7 Tir: 8 Ons: 10 Tor: 6 Fre: 8
<b>Magnus</b> Jobbet med systemteknikk mandag og tirsdag Modellering i NX Maskintegninger i NX	Man: 7 Tir: 8 Ons: 12 Tor: 8 Fre: 10
<b>Stig Morten</b> Jobbet med systemteknikk mandag og tirsdag Lagervalg og beregninger HMS Fremkomstmuligheter til tårn, stige Leider	Man: 7 Tir: 8 Ons: 12 Tor: 8 Fre: 10

<b>Arbeidsoppgaver uke 18</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<b>Armand</b> Lean seminar tirsdag 20.05.2015 i sammenheng med faget «systemteknikk og systemutvikling» Diverse skriving på rapporten ble utført	Man: 12 Tir: 4 Ons: 6 Tor: 0 Fre: 0
<b>Magnus</b> Lean seminar tirsdag 20.05.2015 i sammenheng med faget «systemteknikk og systemutvikling» FEM-Analyse Maskintegninger	Man: 12 Tir: 4 Ons: 6 Tor: 0 Fre: 0
<b>Stig Morten</b> Lean seminar tirsdag 20.05.2015 i sammenheng med faget «systemteknikk og systemutvikling» diverse skriving på rapporten ble utført.	Man: 12 Tir: 4 Ons: 6 Tor: 0 Fre: 0

<b>Arbeidsoppgaver uke 19</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>            Har denne uken skrevet om tiltrekningsmoment på konstruksjonens bolter, tekniske løsninger rundt boltene og hullets geometri samt boltens kvalitet.            Tok så for meg fundamenteringen til bakken, valg av stålplate til nedstøping i bakken.            Skrivning rundt disse temaene og framlegge løsningene i tabeller</p>	Man: 9 Tir: 10 Ons: 9 Tor: 10 Fre: 12
<p><b>Magnus</b>            Kjøring av FEM-Analyse, samt skrivning rundt dette i rapporten.            Finjustering av 3D modeller og lagning av detaljer som rister og gjerder til topp plattformen.            Maskintegninger</p>	Man: 9 Tir: 10 Ons: 9 Tor: 10 Fre: 12
<p><b>Stig Morten</b>            Beregninger av sveising av støttehjørner og bjelkene som går ned i labben. Samt å skrive om dette i rapporten.            Jeg har også vært i kontakt med Erling Haug as for endestykke på vaierne og en såkalt «weak-link» i vaierkjeden. Dette har blitt anbefalt og skrevet om</p>	Man: 9 Tir: 10 Ons: 9 Tor: 10 Fre: 12

<b>Arbeidsoppgaver uke 20</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>            Lesing til eksamen i faget «maskin dynamikk»            Diverse redigering av rapporten</p>	Man:10 Tir: 0 Ons: 4 Tor: 0 Fre: 5
<p><b>Magnus</b>            Lesing til eksamen i faget «Drift og vedlikehold av skip»            Diverse redigering av rapporten</p>	Man: 10 Tir: 0 Ons: 4 Tor: 0 Fre: 5
<p><b>Stig Morten</b>            Lesing til eksamen i faget «Drift og vedlikehold av skip»            Diverse redigering av rapporten</p>	Man: 10 Tir: 0 Ons: 4 Tor: 0 Fre: 5

<b>Arbeidsoppgaver uke 21</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>            Jobbet med eksamensforberedelser til maskindynamikk eksamen            Utrede valg av boltedimensjoner og tekniske løsninger rundt dette temaet.            Lage prinsippsskisser til forklaringer av oppgaven.            Beregning av sveising på akselbukk, toppen.            Redergering av rapporten samt innhenting av vedlegg og redigering osv</p>	Man: 0 Tir: 8 Ons: 12 Tor: 12 Fre: 13 Lør: 13 Søn: 13
<p><b>Magnus</b>            Eksamen i faget «drift og vedlikehold av skip» tirsdag den 19 mai.            Skrivning rundt FEM-analyse i rapport og vedlegg.            Beregning av sveising på akselbukk, toppen. Skisser opp bøyle over vairhjulet samt skrive rundt dette i kapittelet HMS.            Gjøre videre utredelser rundt akselberegningene, tabeller og bilder som tydeliggjør dette i rapporten.            Skrivning rundt teamet fagverkslitteratur og innhenting av fagverkslitteratur til vedlegg og rapport. Klargjøre vedlegg av modellerte 3D modeller i Simens NX</p>	Man: 0 Tir: 8 Ons: 12 Tor: 12 Fre: 13 Lør: 13 Søn: 13
<p><b>Stig Morten</b>            eksamen i faget «drift og vedlikehold av skip» tirsdag den 19 mai.            Beregning av sveising av akselbukk på toppen.            skrevet og funnet informasjon rundt alternativ opplagring, ved bruk av glidelager.            Redigering av oppgaven, skrivning av konklusjon, sammendrag, kildelister osv.            innhenting av priser til priskalkyle, samt jobbing med denne.            Redergering av rapporten samt innhenting av vedlegg og redigering osv.</p>	Man: 0 Tir: 8 Ons: 12 Tor: 12 Fre: 13 Lør: 13 Søn: 13

<b>Arbeidsoppgaver uke 22</b>	
<b>Arbeid utført i løpet av uke</b>	<b>Timeliste</b>
<p><b>Armand</b>            Redigering av oppgaven, skrivning av konklusjon, sammendrag, kildelister osv.            Det ble også satt av 2 dager til laging av presentasjonen og øving.            Framføringen av hovedprosjektet 28.mai, mens oppgaven leveres inn 29. mai.</p>	Man: 10 Tir: 11 Ons: 11 Tor: 6
<p><b>Magnus</b>            Redigering av oppgaven, skrivning av konklusjon, sammendrag, kildelister osv.            Det ble også satt av 2 dager til laging av presentasjonen og øving            Framføringen av hovedprosjektet 28.mai, mens oppgaven leveres inn 29. mai.</p>	Man: 10 Tir: 11 Ons: 11 Tor: 6
<p><b>Stig Morten</b>            Redigering av oppgaven, skrivning av konklusjon, sammendrag, kildelister osv.            Det ble også satt av 2 dager til laging av presentasjonen og øving.            Framføringen av hovedprosjektet 28.mai, mens oppgaven leveres inn 29. mai.</p>	Man: 10 Tir: 11 Ons: 11 Tor: 6