

HOVEDPROSJEKT

Oppgavens tittel: Trunnion Calculation	Dato: 14.05.2004
	Antall sider: 20 Antall vedlegg: 79 CD vedlagt
Studenter: Olav Wollebæk, Erik Hauglin, Edvin Wibetoe	Veiledere: Per Erik Thoresen Arne Gjessing

Samarbeidspartner:
Aker Kværner Oil and Gas Field Development
v/ Espen Thorvaldsen og Robert Walla

SAMMENDRAG

Denne hovedprosjektoppgaven har pågått i samarbeid med Aker Kværner Oil and Gas Field Development. Den dokumenterer arbeidet med hovedprosjektet Trunnion Calculation, som går ut på å sammenligne spenningene i to røroplager som blir brukt. Det er utført en spenningsanalyse og sammenligning av opplagerene.

Tre stikkord:
Trunnion opplager
Spenningsanalyse
Statistikk

Forord

Vi er tre studenter ved Høgskolen i Oslo, maskiningeniørlinjen. Gjennom faglærer Per Erik Thoresen fikk vi hovedprosjektoppgaven Trunnion Calculation ved Aker Kværner. Denne oppgaven går ut på å sammenligne, og dokumentere spenningene for to ulike typer rørsupport som eksisterer hos Aker Kværner. Under beregningen av de ulike supportene har vi benyttet FEM-analyseprogrammet Ansys Workbench 8.0.

Dette prosjektet har pågått hele vårsemesteret 2004. Under prosjektarbeidet har det også vært en tur til Aker Stord hvor studentene fikk en omvisning på verftet.

Vi ønsker spesielt å takke førstelektor Per Erik Thoresen, og høgskolelektor Arne Gjessing for all hjelp og støtte gjennom arbeidet med hovedprosjektet. Vi vil også gjerne takke Espen Thorvaldsen og Robert Walla ved Aker Kværner for å ha tatt godt i mot oss og for et godt samarbeid gjennom hele våren 2004.

Høgskolen i Oslo, 14.05.04

Edvin Wibetoe

Erik Hauglin

Olav Wollebæk

Innholdsfortegnelse

1. INNLEDNING	1
TEMA	1
OPPGAVEN	1
PROBLEMSTILLING	1
BEGREPSFORKLARING	1
MODELLENES NAVN	2
RAPPORTEN	3
PROSJEKTGRUPPEN	3
BAKGRUNN FOR VALG AV PROSJEKTOPPGAVE	3
2. KONKLUSJON	4
3. TEORI	6
MODELL	6
ANALYSERING	6
MEKANISK SAMMENSETTING	6
STATISTIKK	6
4. METODE	7
MODELLERING	7
ANALYSERING	7
STATISTISK GRUNNLAG	7
KONSTRUKSJONSGRANSKNING	7
5. GJENNOMFØRING	8
PROSJEKTLEDELSE	8
MØTER	8
MODELLERING	8
ANALYSERING	9
KVALITETSSIKRING	11
KONSTRUKSJONSGRANSKNING	11
STATISTIKK	12
6. DRØFTING	14
STATISTIKK	14
FEILKILDER	15
7. FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	16
8. VEDLEGGSLISTE	17

1. Innledning

Tema

I oljebransjen blir det benyttet forskjellige typer support til å opplagre oljerør på oljeinstallasjoner. En av typene blir kalt "trunnion". Det er denne typen prosjektgruppen vil se nærmere på.

Før sammenslåingen av selskapene Aker og Kværner hadde de hver sin løsning for denne typen support. Etter sammenslåingen var de interessert i å standardisere trunnionsupportet, slik at de ikke behøvde å forholde seg til to forskjellige trunnionsupport innenfor ett og samme firma.

Versjonen Aker benyttet er spesifisert i ASME B31.3 (H302), som et greinrør. Versjonen Kværner benyttet er ikke spesifisert i regelverket, men blir prosjektgodkjent slik at den kan benyttes. Forskjellen på de to trunnionsupportene ligger i doblingsplaten, der Kværners versjon går på innsida av trunnionen og Akers versjon stopper ved trunnionveggen indre vegg (se vedlegg 1).

Etter opplysning fra Aker Kværner er typen som Kværner har benyttet arbeidsbesparende. Det er derfor interessant å finne ut om denne trunnionen er bedre en trunnionen Aker har brukt.

På dette grunnlaget valgte Aker Kværner å innlede et samarbeid med tre studenter ved Høgskolen i Oslo, Avdeling for ingeniørutdanning.

Oppgaven

1. Styrkemessig sammenligning mellom de to ulike innsveiste metodene på vedlagt detalj TS-03 og TS-01 (se vedlegg 2)
2. Lage brukerveiledning software for beregning av trunnioner for "Alternativ Reinforcement Detail", Detalj TS-03. Programmet skal også dekke doblingsplate i albuer TS-01.
3. Lage brukermanual i Engelsk og Norsk versjon for beregningsprogrammet.

Problemstilling

Hvordan kan vi gjennomføre teoretisk analyse av trunnionene ved å bruke skolens utstyr?

Begrepsforklaring

(se vedlegg 1)

Trunnionsupport	Hele modellen, bestående av rør, trunnion og evt doblingsplate
Trunnion	Primærsupportet med evt doblingsplate
Opplager	Innspenning i FEM-analysering

Modellenes navn

Modellenes navn er bygget opp systematisk, forklaringen er vist under.

Forklaring på benevnelser på modellnavn

Type	Uten doblingsplate	Doblingsplate støpt fast	Doblingsplate med sveis
A	X		
B		X	
B2			X
C		X	
C2			X

Type Support	Bend	Rett
01	X	
03		X

Eksempel:

TS-03-200-8Sch 40 Type B2 1m

Forkortelse	Forklaring
TS	Trunnion Support
03	Type support
200	Størrelse på rør
8	Trunnionens diameter i tommer
Sch 40	Schedule
Type B2	Doblingsplatetype
1m	Lengde på rør

TS-01-100-6-6 Sch 40... betyr at trunnion og rør har samme dimensjon, i dette tilfellet 6 tommer.

Rapporten

Oppbygging

Rapporten er delt inn i kapitler som omhandler elementer av prosjektarbeidet. Rapportens hovedfokus legges på valg av metode for analysene samt gjennomføringen av disse. På grunn av et stort antall vedlegg, vil bare vedleggene til *en* modell bli skrevet ut i papirformat. Alle vedlegg samt rapporten i sin helhet vil ligge elektronisk på vedlagt CD.

Struktur

For å gi rapporten en lesevennlig struktur er kapitlene om metode og gjennomføring delt opp i ulike fagområder.

Prosjektgruppen

Trunnion Calculation består av Edvin Wibetoe, Erik Hauglin og Olav Wollebæk, alle studenter ved Høgskolen i Oslo, Avdeling for ingeniørutdanning, Maskinlinjen. Prosjektgruppen ble dannet i desember 2003 og har jobbet sammen hele vårsemesteret 2004.

Bakgrunn for valg av prosjektoppgave

På slutten av høstsemesteret fikk gruppen en forespørsel fra førstelektor Per Erik Thoresen, ved Høgskolen i Oslo, Avdeling for ingeniørutdanning, om gruppen var interessert i å ha et hovedprosjekt hos Aker Kværner. Studenter ved Høgskolen i Oslo har gjennom flere år hatt hovedprosjekt hos Aker Kværner i forbindelse med at skolen har et kurs kalt *Konstruksjon av rørsystemer* (Piping design). Gruppen takket ja til prosjektet Trunnion Calculation.

2. Konklusjon

Usikkerhet

Med de analysebegrensinger som fantes, er det knyttet noe usikkerhet til resultatet. Denne usikkerheten skal de statistiske analysene fjerne.

Resultat

I trunnion på rett rør, er det en klar tendens at trunnionsupport med doblingsplate B gir høyere spenninger (se diagram under eller vedlegg 11.6). For å kunne si noe om hvor mye større disse spenningene er, bør det kjøres flere analyser.

Resultatene fra sammenligning av spenningene i modellene med spenningene fra Trunnion Calculation 1.1, for trunnionsupport på rette rør, er svært variable (se vedlegg 11.5). Spenningsavviket mellom modellene og beregningsprogrammet varierer så mye at vi ikke kan si noe om forskjellene. Men avvikene er betydelig mindre enn for trunnionsupport i bend.

I bend ser man at trunnionsupport med doblingsplate B gir høyere spenninger i overgangen mellom trunnion og rør. I selve røret kan vi ikke si om det er forskjell på trunnionsupport med doblingsplate B og trunnionsupport med doblingsplate C (se vedlegg 11.4).

Resultatene fra sammenligning av spenningene i modellene med spenningene fra Trunnion Calculation 1.1, for trunnionsupport i bend, er variable (se vedlegg 11.3). Det viser seg at analyser med lasttilfelle 1, der trykk inngår, gir betydelig høyere spenninger enn Trunnion Calculation 1.1. Med lasttilfelle 2 derimot, er forskjellene mindre, uten at det kan sies noe om hvilken som gir lavest spenning.

Diagramforklaring

Diagrammene under viser spenningsavviket i prosent mellom trunnionsupport med doblingsplate B og trunnionsupport med doblingsplate C, med begge lasttilfeller. I det første diagrammet vises verdiene for trunnion i bend, mens det andre diagrammet viser trunnion på rett rør og modeller med simulert sveis.

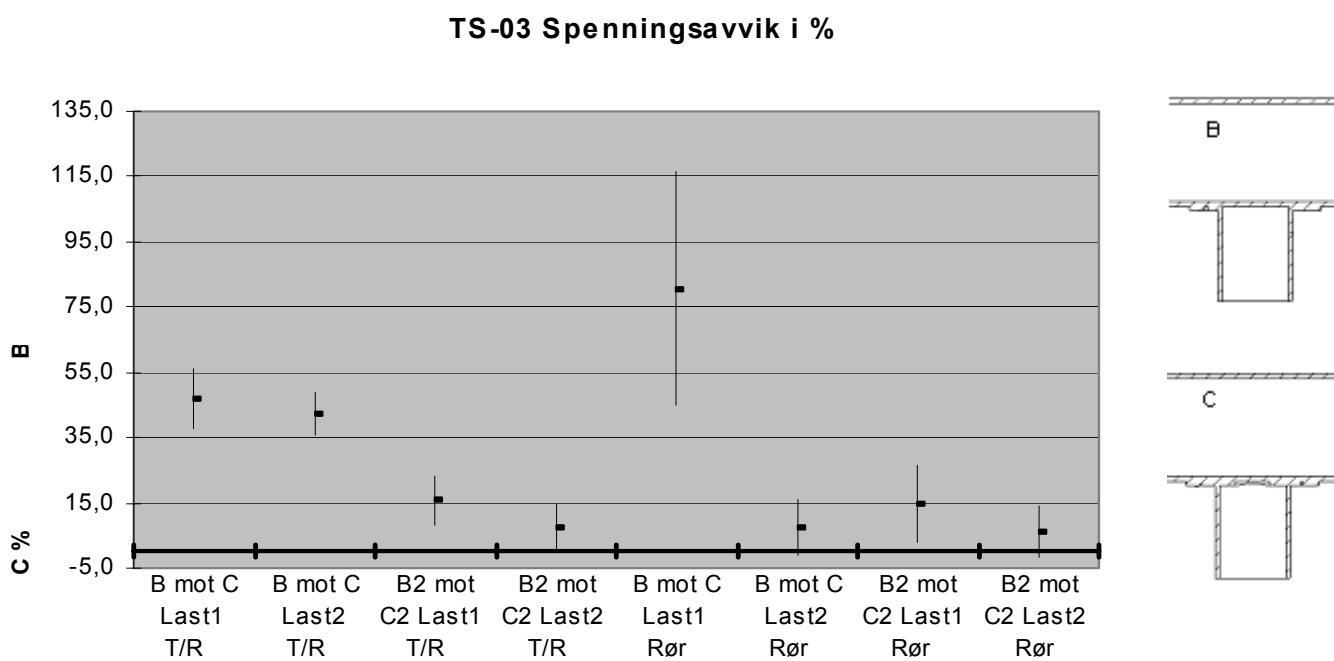
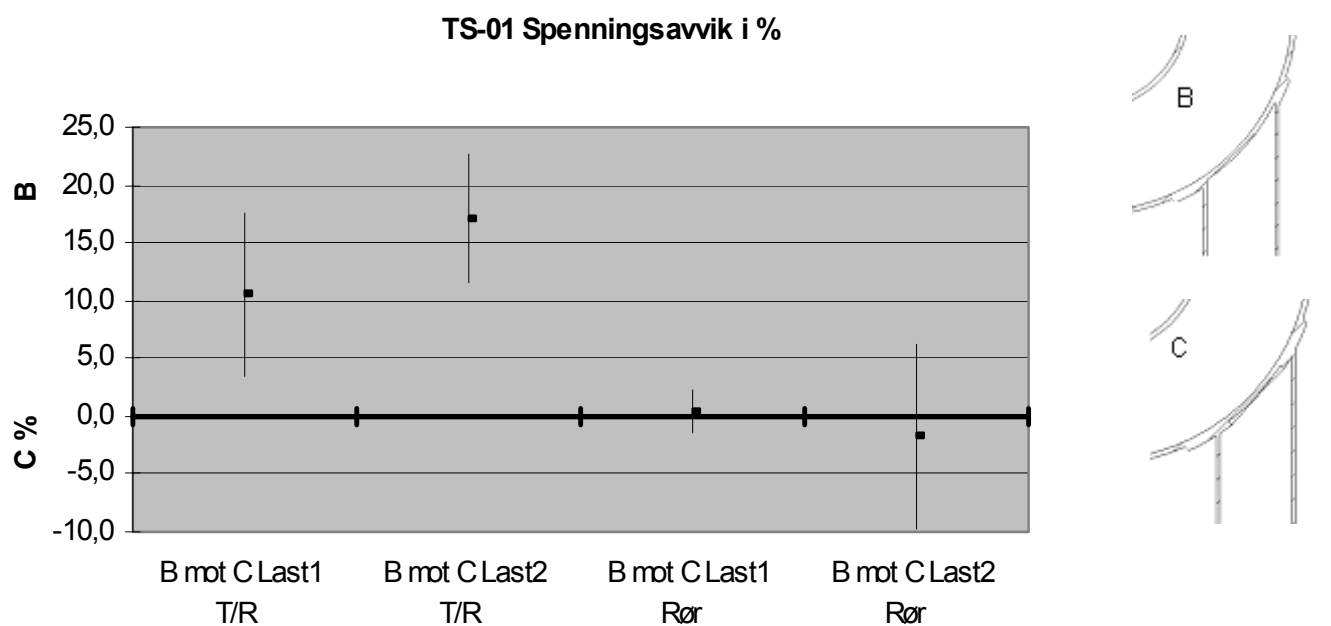
De loddrette strekene representerer konfidensintervall for det prosentvise avviket mellom de sammenlignede modellene. Verdiene i diagrammet viser det prosentvise avviket mellom disse modellene.

Man kan med 80 % sikkerhet si at det virkelige avviket ligger innenfor dette konfidensintervallet.

I tillegg kan man med 90 % sikkerhet si at det virkelige avviket er større enn den nedre grensen (grensen inn mot 0%) i konfidensintervallet.

Er verdien over 0% har B størst spenning, er verdien under 0% har C størst spenning. Hvor linja krysser 0% kan det ikke sies noe om hvilken som gir høyest spenning.

Avlesningssted for spenningene er indikert med enten T/R eller R. T/R er overgangen mellom trunnion og rør, og R er selve røret.



Samletabell for resultatene

Vedlagt ligger fire samletabeller for resultatene. Se vedlegg 11.7 til 11.8.

3. Teori

For at gruppen skal klare å analysere trunnionsupportene er det en rekke fagkunnskaper medlemmene må inneha eller tilegne seg i løpet av prosjektperioden. Nedenfor er det nevnt en del av disse basiskunnskapene som er nødvendig å inneha for å kunne gjennomføre prosjektet.

Modell

CAD program
Trunnionenes dimensjoner

Analysering

FEM- analyseverktøy
Krefter på trunnionsupportet
Innspenningsforhold
Elementer

Mekanisk sammensetting

Grunnleggende kunnskap innen sveising og
platebehandling

Statistikk

Grunnleggende kunnskap om statistikk

4. Metode

Ved oppstart av nytt prosjekt er det for de respektive prosjektgruppene viktig å danne seg et bilde av hvordan prosjektet ønskes gjennomført. Dette er viktig da en lettere kan skape en godt strukturert og oversiktlig arbeidsprosess, og for at sluttproduktet skal oppfylle spesifiserte krav. På bakgrunn av dette bestemte gruppen seg for en metode å arbeide mot sine mål på. I dette kapitlet går vi nærmere inn på disse metodene.

Modellering

Til modellering av trunnionsupportene skal det brukes et 3D-dataverktøy. Dette programmet er delvis ukjent for to av gruppemedlemmene, slik at medlemmene må tilegne seg ny kunnskap om 3D tegning.

Analysering

Ved analyseringen av trunnionsupportene skal det benyttes et FEM-analyse program som kan importere 3D-tegninger direkte fra 3D verktøyet. Kreftene som skal settes på blir hentet ut fra et beregningsprogram som tilfredsstiller ASME B31.3. Belastningen som skal settes på skal utnytte tillatt spenning godt.

Statistisk grunnlag

For å analysere tallmaterialet riktig, og trekke riktige konklusjoner, skal det brukes statistiske beregninger.

Sannsynlighetsmodell

Verdiene som skal registreres er spenninger på utvalgte områder i geometriene. Det er differansen mellom verdiene som skal undersøkes. Det skal altså undersøkes om gjennomsnittene i de sammenlignede utvalgene er forskjellige. Verdien av gjennomsnittene vil i teorien være normalfordelt. På grunn av få målinger må vi allikevel bruke t-statistikk, og ikke normalfordeling.

Systematiske avvik og slengere

Ved å se på trender i tallmaterialet, kan systematiske avvik og slengere oppdages. Systematiske avvik er avvik som går igjen i mange simuleringer for samme modell. Disse kan stamme fra geometrifeil eller feil i analyseprogrammet. Slengere er enkeltavvik som ligger unaturlig langt unna de resterende målingene. Dette kan være feilavlesninger, gale input data eller spenninger i singulære punkter. Systematiske avvik og slengere skal undersøkes nærmere. Dersom feilen ikke kan rettes opp, bør verdiene forkastes.

Konstruksjonsgranskning

Det er viktig at de modellene som skal benyttes er så riktige som overhode mulig. En kompatibilitetssjekk skal gjennomføres underveis i prosjektet som et ledd i konstruksjonsgranskningen.

5. Gjennomføring

Det var en del uklarheter ved oppgaven i forbindelse med prosjektstart. Etter noen møter hos Aker Kværner, ble det større klarhet i hva oppgaven gikk ut på, og oppgaven ble bedre avgrenset.

Prosjektledelse

Ansvarsfordeling

For at prosjektet skulle utføres mest mulig effektivt ble det delt opp i ulike aktiviteter. Noen slike aktiviteter var modellering, spenningsanalyse og generell granskning av formler. Ansvar for de ulike aktivitetene ble fordelt på gruppemedlemmene.

Fremdriftsstyring

Det ble tidlig i prosjektet utarbeidet en fremdriftsplan (se vedlegg 3) hvor tidspunkt for de ulike aktivitetene ble fastsatt. Dette ga en god oversikt over hva som skulle gjøres og hvordan man skulle disponere tiden. Etter hvert som tiden gikk, ble det aktuelt å legge til og fjerne oppgaver, samt justere tidspunkter.

Møter

Hver uke har det vært møter innad i gruppen. Ved behov har gruppen hatt møter med veilederne hos Aker Kværner i Maries vei. Det har også pågått kommunikasjon mellom gruppen og Aker Kværner via e-post. I tillegg har det vært ett besøk hos konsulentfirmaet EDR (Programleverandør for Ansys) v/Lars Kallum, som har kontor i Sandvika. De kom med gode tips for modelleringen og valg av programtype. Gruppen fikk også tid til en studietur til Aker Stord, der deler av Kristinplattformen var under produksjon.

Modellering

Til å modellere de forskjellige trunnionsupportene ble det brukt et 3D-verktøy; Inventor 7.0. Trunnioner og rør ble modellert etter ANSI-B 36.10(API Std 5L), mens dimensjoner på doblingsplater var gitt av "Aker Offshore Partner" (se vedlegg 2).

Doblingsplatens utforming avviker i noen tilfeller fra de gitte mål. På enkelte punkter på doblingsplatene var det mulig å kontrollere geometrien, men linjene mellom disse punktene måtte tas på øyemål. Denne usikkerheten gjelder særlig for trunnionsupport i bend, der doblingsplaten skal følge en dobbeltkrummet flate.

For å simulere en sveiset modell ble doblingsplaten hevet 0,5 mm over røret, slik at det ikke var kontakt. Doblingsplate og rør ble festet sammen med sveisefuger i inner- og ytterkant av doblingsplaten. I doblingsplaten er det laget et hull (Ø 5mm), dette hullet slipper ut fuktighet og gasser som oppstår under sveising. Hullet var også en nødvendighet for å få kjørt modellen i FEM-analyse programmet. Dette ettersom det oppstod et lukket volum mellom røret og doblingsplaten i de tilfellene det var simulert sveisefuger, noe programmet ikke taklet.

Ferdig 3D-modell ble overført til en IGS-fil som er kompatibel med FEM-analyse programmet. (For å kontrollere og dokumentere at geometrien var korrekt ble målsatte tegninger produsert for hver modell.)

Analysering

ANSYS Classic 8.0 ble først forsøkt benyttet. Men det viste seg at det ble problematisk å importere IGS-filene fra Inventor. Geometriene ble bare delvis overført, noe som medførte tidkrevende og vanskelig modellering i ANSYS. Etter at gruppen hadde hatt kontakt med EDR, ble det besluttet at modellen skulle analyseres i ANSYS Workbench 8.0. I denne versjonen ble geometriene fullstendig importert fra IGS-filene. ANSYS Workbench 8.0 ble etter hvert installert på skolens pc'er.

I analysen av trunnionsupportene ble det brukt elementtype Solid 187 og Surf 154 (se vedlegg 4). Elementet Solid 187 er et høyere ordens element med form som en pyramide. At det er et høyere ordens element vil si at det er noder (knutepunkter) på alle hjørner og midtnoder på alle linjer mellom hjørnene. Elementet er definert av 10 noder, med 3 frihetsgrader i hver node (translasjon i x-, y- og z- retning). Det gjør at elementet har plastisitets-, elastisitets-, sigings-, avstivnings-, store deformasjoner og tøyningmuligheter. Dette elementet egner seg derfor til modellering av irregulære mesh (oppdeling i elementer), som oppstår ved overføring fra CAD- systemer.

Elementet Surf 154 ble benyttet på flatene der kreftene er plassert. Dette elementet er et todimensjonalt element, som egner seg bedre enn Solid 187 på flater der krefter er plassert. Elementet er definert av 4 til 8 noder, og av materialegenskaper.

Begge elementtyper og deres plassering er valgt automatisk av Ansys.

Som materialdata ble generelle stålverdier brukt, med elastisitetsmodul på 200 000 Mpa og Poissons tall 0,3. Materialdata står i rapportene generert av Ansys (se vedlegg 7)

32 000 Noder Max

Skolen har en brukerlisens som begrenser antall noder til 32 000. Dette ga en del begrensinger i nøyaktighet på resultatene som fremkom under analysering, fordi det ikke var mulig å dele opp modellen i tilstrekkelig små elementer. Problemet gjaldt først og fremst de største modellene, og modellene der sveis inngikk.

Vanskelig å få meshet på ønskelige plasser.

Man kan til en viss grad styre plasseringen av nodene ved å forbedre elementnettet langs linjer eller flater. Også størrelsen på elementene kan påvirkes noe, slik at elementer i mindre interessante deler kunne gjøres større. På grunn av elementstørrelsen er det i disse områdene knyttet større usikkerhet til resultatene.

På noen av modellene oppstod det problemer med å få meshet så fint som ønskelig på kritiske steder. Spesielt gjaldt dette modellene med sveis. Ettersom sveisfugen er et så lite volum, bruker programmet mange noder og elementer for å analysere det området.

Det ble gjort forsøk med radier i alle sveiser med det resultat at utrolig mange noder ble lagt i radiene. Modellene ble forkastet fordi antallet noder ble for høyt.

Lasttilfelle etter Trunnion Calculation.

Modellene ble belastet med krefter og trykk funnet gjennom kjøring av programmet Trunnion Calculation 1.1. Kreftene ble satt på i x-, y- og z- retning, med aksekorset i Trunnion Calculation 1.1 som utgangspunkt for fortegn.

Det ble satt opp to lasttilfeller for hver modell. Lasttilfelle 1 har krefter i alle retninger og trykk i rør, lasttilfelle 2 er uten trykk men med samme krefter. (se vedlegg 5). Kreftene er forsøkt satt på slik at utnyttelsen av tillatt spenning blir god. Tillatt spenning er 138 MPa globalt og 207 MPa lokalt.

Kreftene utregnet med trunnionsupport med doblingsplate B, brukes naturligvis også på trunnionsupport med doblingsplate C.

Opplager

Modellene ble opplagret i enden av trunnionen. Opplageret ga ingen frihetsgrader.

Konvergens

Konvergenskriteriet er en funksjon i Ansys som sier noe om kvaliteten på meshingen av modellen. Ved å forbedre elementnettet i områder med høye spenninger vil man finne ut om dette er singulære punkter, eller om spenningene konvergerer mot et tall. Dersom det er et singulært punkt, vil spenningene øke jevnt, og vi får i prinsippet uendelig høye spenninger i punktet. Slike punkter kan være skarpe kanter på enden av trunnionen, i overgangen mellom trunnion og rør etc. Når økningen i spenning er liten, er elementnettet i området fint nok. I singulære punkter sier naturlig nok ikke konvergenskriteriet noe om elementnettet er fint nok.

På grunn av lisensbegrensningen ble det ikke mulig å kjøre konvergenskriteriet på gruppens modeller.

Avlesningssted og avlesning

Resultatene fra Ansys ble lest ut av et fargekart. Dette skjedde ved at høyeste spenning ble funnet fram med musepekeren. Spenningene ble lest av på 3 steder; i rørveggen, overgang doblingsplata/trunnionen og nederst i trunnionen. På de ovennevnte stedene registreres de største spenningene. Denne avlesningen skjedde manuelt slik at det kan være en viss usikkerhet rundt avlesningene (Se vedlegg 6).

Fordi konvergenskriteriet ikke kunne kjøres, og fordi elementtettheten enkelte steder var dårlig, måtte det gjøres vurderinger i hvert enkelt tilfelle. I de tilfellene der de maksimale spenningene opptrådte i punkter som kunne være singulære, ble verdien senket noe. Dette gjaldt hovedsakelig spenningene langs kantene på doblingsplaten.

Generering av rapport

Dokumentasjon av hver enkelt analyse ble kjørt ut via rapportgeneratoren i Ansys (se vedlegg 7). Rapporten gir dokumentasjon om hvordan laster og opplager er påsatt, og antall noder og elementer. I tillegg er det lagt ved bilder som viser geometri, meshing, og fargekart over spenninger.

Kvalitetssikring

Til dette prosjektet ble det utarbeidet sjekklister som omhandlet Inventor og ANSYS (se vedlegg 8). Dette ble gjort for å sikre at en fast prosedyre ble fulgt, og at alt ble gjort riktig. Ved hjelp av sjekklistene kan man i ettertid kontrollere hva som er gjort, og om det er gjort riktig.

For å kontrollere at geometrien til modellen var korrekt, ble Inventortegningene målsatt og skrevet ut for kontroll (se vedlegg 9).

Sjekklisten og fremgangsmåten for Ansys ble gjennomgått hos EDR. De så ingen umiddelbare feil med fremgangsmåten. Beregningene i Ansys er utført etter sjekklistene, men de er ikke kontrollert.

Konstruksjonsgranskning

Etter ett av møtene med Aker Kværner ble det foreslått overfor gruppa å prøve å lage modeller med sveiste doblingsplater, slik at de ble mer virkelighetsnære. Ved å innføre sveis skulle modellen bli mindre stiv. Opprinnelig var modellene tegnet på en slik måte at doblingsplate og rør hang sammen hele veien, slik at den oppførte seg som om den var støpt. Dobblingsplaten ble da hevet 0,5 mm over røret, slik at det ikke var kontakt. Doblingsplate og rør ble festet sammen med sveisefuger i inner- og ytterkant av doblingsplaten. Ved å heve doblingsplaten ble modellen mindre stiv.

Innføring av sveis medførte at modellene ble større, og at antall noder økte betraktelig. Dette førte til at usikkerheten rundt de store modellene økte.

De første modellene ble laget så korte som mulig, for å få så tett elementnett som mulig innenfor rammene av lisensen. Det var også interessant å se hvordan modellene oppførte seg ved mer realistiske rørlengder. Rørlengden ble derfor økt på modellene.

I de opprinnelige modellene var dimensjonen på trunnionen to størrelser mindre enn dimensjonen på røret. For å øke mangfoldet ble det tegnet modeller der rør og trunnion hadde samme dimensjon.

I bend oppstod det problemer i overføringen av geometrien til Ansys. Siden bendet i seg selv er stivt, ble modeller med sveist bendsupport forkastet.

Statistikk

Utvalg

Produksjonsbedrifter tar som regel et utvalg på 3 til 5 enheter før de kjører en statistisk beregning. I dette prosjektet hadde gruppen et utvalg på 8 dimensjoner med varierende antall varianter.

Dimensjon	Antall varianter
TS-01-500-20 Sch 40	6
TS-01-500-24-24 Sch 40	6
TS-01-300-12 Sch 40	6
TS-01-200-8 Sch 40	6
TS-01-200-10-10 Sch 40	6
TS-01-100-4 Sch 40	6
TS-01-100-6-6 Sch 40	6
TS-03-500-20 Sch 40	6
TS-03-300-12 Sch 40	3
TS-03-200-8 Sch 40	10
TS-03-200-10-10 Sch 40	10
TS-03-100-4 Sch 40	9
TS-03-100-6-6 Sch 40	5
Totalt	85

Hypotese:

Utgangspunktet om at det ikke er forskjell på de sammenlignete spenningene er riktig. Det er ikke forskjell mellom de to gruppene, differansen mellom gjennomsnittene er altså lik null.

Denne påstanden skal prosjektet forsøke å motbevise, men påstanden kan ikke bekreftes.

Signifikansnivå:

Signifikansnivå velges til 90 %. Det vil si at om testen indikerer forskjell på gruppene, kan vi med 90 % sikkerhet si at forskjellen på gruppene er minst så stor som resultatet sier. Man tillater da en sannsynlighet for å ta feil på 10 %.

Sammenligning:

Gruppene ble sammenlignet slik at man fikk svar på om det var forskjell mellom trunnion med doblingsplate B og trunnion med doblingsplate C.

Det ble også kjørt sammenligning slik at man fant ut om det var forskjell mellom trunnion med doblingsplate A og Trunnion Calculation 1.1, og trunnion med doblingsplate B og Trunnion Calculation 1.1.

Under sammenligningene ble spenningene fra trunnionsupportet med doblingsplate C og Trunnion Calculation 1.1 brukt som referanse.

På modellene ble de høyeste spenning i røret sammenlignet, og de høyeste spenningene i overgangen trunnion/rør.

Bruk av Excel:

Det ble brukt en T-statistikk av typen T-test: Gjennomsnitt for to parvise utvalg og Deskriptiv statistikk. "T-test: Gjennomsnitt for to parvise utvalg" er et verktøy for analyse av gjennomsnitt for to parvise utvalg. Analyseverktøyet utfører analyse på to parvise utvalg av grupper for å avgjøre om utvalgenes gjennomsnitt er forskjellige. Analyseverktøyet for deskriptiv statistikk genererer en rapport. Denne rapporten gir informasjon om sentraltendens og spredning for dataene.

Under sammenligningene brukes det trunnionsupport som har høyest spenning som referanse.

T-testen kjøres med forskjellig "antatt avvik mellom gjennomsnittene" til "P(T<=t) ensidig" ligger opp mot 0,1. Da har man oppnådd signifikansnivå på 90 %.

Testens konklusjon:

Hypotesetestingen kan gi to resultater:

- Man kan *ikke* si at det er forskjell på gruppene, fordi vi ikke er overbevist nok om at de er forskjellige
- Man *kan* si at det er sannsynlig at det er forskjell på gruppene.

Dersom tallverdien av "t-Stat" er større enn "T-kritisk, ensidig", kan vi konkludere med at det er forskjell mellom de sammenlignede grupper. Dersom konfidensintervallet inneholder 0, må man alltid konkludere med at det ikke kan sies å være noen forskjell.

Om man sier at det er forskjell på gruppene, er det vist at det er sannsynlig at gruppene er forskjellige. Hvis man derimot konkluderer med at det ikke kan vises noen forskjell på gruppene, innebærer *ikke* dette at de er like. Testen kan bare verifisere at gruppene er forskjellige, den kan ikke vise at gruppene er like.

Etter de statistiske analysene, regnes det ut tre tall.

- Forholdet mellom gruppene i MPa. Dette tallet kan man med 90 % sannsynlighet si er den minste forskjellen mellom gjennomsnittene.
- Forholdet mellom gruppene i prosent (nedre konfidensgrense), også dette tallet kan man med 90 % sannsynlighet si er den minste forskjellen mellom gjennomsnittene.
- Midlere verdi i prosent. Dette tallet er gjennomsnittet av differansene mellom de sammenlignede par.

Det ble laget diagrammer over forskjellene i prosent ved de ulike stedene spenningene ble avlest (se vedlegg 10).

6. Drøfting

Statistikk

Systematiske avvik og slengere

Tallmaterialet i vedlegg 11 ble brukt for å finne systematiske avvik og slengere. Kun store avvik er kommentert, da utvalget er såpass lite at det er vanskelig å vite hva som er naturlig variasjon.

Samtlige modeller av ”TS-03-500” og de sveiste ”TS-03-300” ble sett på som systematiske avvike på grunn av usikre og varierende spenninger. Dette avviket stammer fra analyseringen og problemet med begrenset antall noder.

Det ble funnet systematiske avvik i trunnionsupport i bend uten doblingsplate (type A). I denne gruppen oppstod det urealistisk høye spenninger i overgangen rør/trunnion. Her var det stor sannsynlighet for at den skarpe kanten i overgangen skaper singulære punkter. Geometrifeilene kunne ikke rettes opp fordi en jevnere overgang ville krevd for mange noder i analyseringen. Ved avlesning ble det tatt hensyn til dette, og feilene ble forsøkt korrigert. Verdiene fra gruppen ble derfor ikke forkastet.

Spenningsverdien fra modellen ”TS-01-100-4 Sch 40 A lang last 2” i overgangen trunnion/rør ble oppfattet som en slenger. Verdien lå betydelig over gjennomsnittet, og ga et feil spenningsbilde.

Under sammenligning av trunnionsupport uten doblingsplate og resultatene fra Trunnion Calculation 1.1 ble følgende systematiske avvik oppdaget: modellene ”TS-03-200-8 Sch 40 A” og ”TS-03-200-8 Sch 40 A Lang” hadde høye spenninger i alle tilfeller. Spenningene i de andre modellene varierte mer med lasttilfellene. De to modellene ble allikevel tatt med i de statistiske beregningene, da det ikke var mulig å påvise noen feil verken i geometri eller analysering.

Under sammenligning av trunnionsupport med doblingsplate B og resultatene fra Trunnion Calculation 1.1 ble følgende systematiske avvik oppdaget: modellene ”TS-03-200-8 Sch 40 B” hadde høye spenninger i alle tilfeller. Spenningene i de andre modellene varierte mer med lasttilfellene. Modellen ble allikevel tatt med i de statistiske beregningene, da det ikke var mulig å påvise noen feil verken i geometri eller analysering.

Resultater som forkastes

Modellene i gruppen ”TS-03-500” og sveist ”TS-03-300” ble forkastet fordi stor elementstørrelse ga resultater med for stor usikkerhet.

Verdiene fra ”TS-01-100-4 Sch 40 A lang last 2” avlesningssted rør/trunnion forkastes som slenger.

Verdiene fra modellene "TS-01-100-4 Sch 40 B last 2" og "TS-01-100-4 Sch 40 B lang last 2" forkastes i sammenligningen med Trunnion Calculation 1.1. Dette fordi den utregnede spenningen i Trunnion Calculation i dette tilfellet er global, mens det fra analysen hentes lokale spenninger.

Sikkerhet i resultatene

Det ble valgt et konfidensnivå på 90 %. Normalt brukes 95 %, men dette ga resultater som var vanskelig å tolke. Selv om konfidensnivået ble senket noe, gir det fortsatt god sikkerhet for at resultatene er riktige.

Feilkilder

Ved å analysere modellene via datamaskin vil resultatene avvike noe fra de spenningene som virkelig er i modellen. En bør derfor utføre fysiske tester med modeller i full størrelse for å underbygge resultatet.

Modellering

Det var problematisk å få modellen helt lik virkeligheten. Grunnen er at noen av modellene er dobbeltkrummet og Inventor tegner i planet. De største feil er på trunnionsupport i bend.

Kraftpåsetting/Opplager

Kreftene og opplager som er satt på modellen er ikke helt korrekt plassert med tanke på hvordan det er i virkeligheten, men det er forsøkt å gjøre det så virkelighetsnært som mulig. Et opplager vil vanligvis gi litt etter. I tillegg tas det ikke hensyn til ytre momenter.

Meshing

Meshingen av modellen er utført med tanke på å få best mulig mesh langs kritiske steder. Men dette har ikke alltid vært mulig siden brukerlisensen er begrenset opp til 32 000 noder.

Elementstørrelser

Hvordan Ansys deler opp modellene i elementer er tilfeldig. Elementstørrelsen på kritiske og interessante steder vil derfor være forskjellig på to modeller som skal sammenlignes. Dette vil medføre at en ikke har like forutsetninger før sammenligningen.

Avlesning

Avlesninger av spenninger fra Ansys er gjort manuelt. Spenninger nær singulære punkter er redusert etter skjønn.

Forutsetninger

Det er ikke modellert radier der det i virkeligheten er sveis, dette fordi det er for liten brukerlisens på Ansys. Radier her ville gitt bedre kraftflyt og lavere spenninger i de aktuelle områdene.

Etter å ha studert ASME B31.3 viste det seg at det ikke fantes noen formler for beregning av trunnionsupport som Kværner benytter. Oppgaven om å lage et nytt beregningsprogram ble derfor forkastet.

Størst spenning er ikke nødvendigvis den spenningen som leses av. Den største spenningen kan ligge inntil en sveis eller en skarp kant, som representerer singulære punkter. Dette fører som tidligere nevnt til urealistisk høye spenninger.

7. Forslag til videre arbeid

Geometrien på doblingsplaten kan forandres, slik at den tar opp spenninger på en gunstigere måte.

For å kontrollere resultatene bør det gjøres fysiske forsøk i virkelig størrelse.

Datasimuleringene bør kjøres med høyere antall tillatte noder. Her bør konvergenskriteriet brukes, for å sjekke betydningen av for store elementer og finne singulære punkter.

Generelt bør geometriene gjøres mer virkelighetsnære ved å legge inn radier i alle skarpe overganger, og simulere sveiser i alle modeller. Det bør også utvikles en metode slik at doblingsplatens geometri blir helt korrekt.

Opplager med tillatt translasjon bør prøves. Modeller med lengre rør vil gi et bilde av hvordan momenter påvirker spenningen. Evt. kan momenter påføres kortere rørlengder hvis dette er mulig.

Det bør utvikles en bedre metode for avlesning av spenningene. Det er knyttet stor usikkerhet til den manuelle avlesningen. Men dersom elementnettet gjøres finere, blir usikkerheten rundt singulære punkter mindre.

Dersom man ikke får tilgang på større lisens, er en mulighet å plukke ut interessante områder. Man kan for eksempel modellere området rundt maks- spenningene, og sjekke for singularitet. Et annet alternativ er å utnytte symmetri, ved å splitte modellene i to på langs.

Utvalget størrelse bør økes slik at mangfoldet blir større, og de statistiske analysene bedre.

8. Vedleggsliste

Vedlegg 1	Prinsippskisse trunnionsupport
Vedlegg 2	Detaljer fra oppgaven
Vedlegg 3	Framdriftsplan
Vedlegg 4	Element typer
Vedlegg 5	Resultater trunnion Calculation 1.1
Vedlegg 6	Lasttilfeller
Vedlegg 7	Samletabell spenninger
Vedlegg 8	Ansysrapport
Vedlegg 9	Sjekkliste
Vedlegg 10	Tegning
Vedlegg 11	Statistisk analyse
Vedlegg 12	Møtereferat
Vedlegg 13	Timelister

Ettersom rapportene fra Ansys tar stor plass på papir er disse plassert på vedlagt CD, sammen med tilhørende sjekklister og målsettinger. Det er likevel tatt med en fullstendig utgave i papirformat som vedlegg.

Trunnion Calculation

Vedlegg 1

Vedlegg 1.1

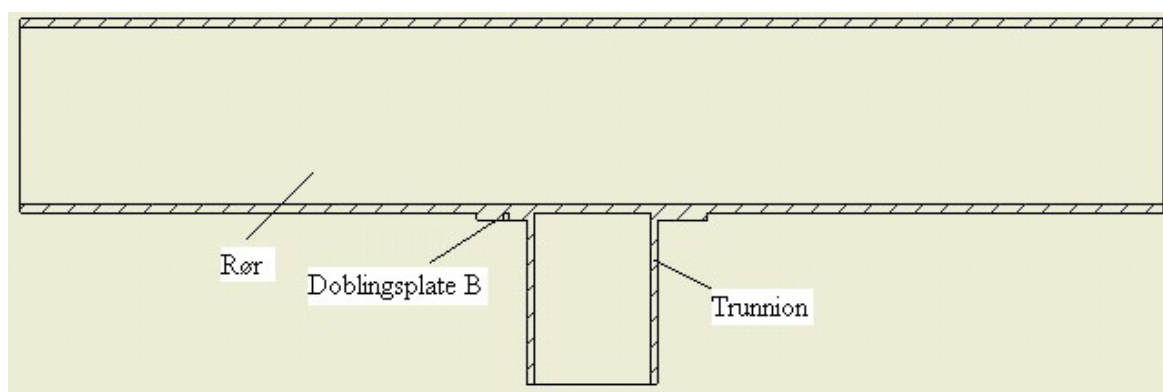
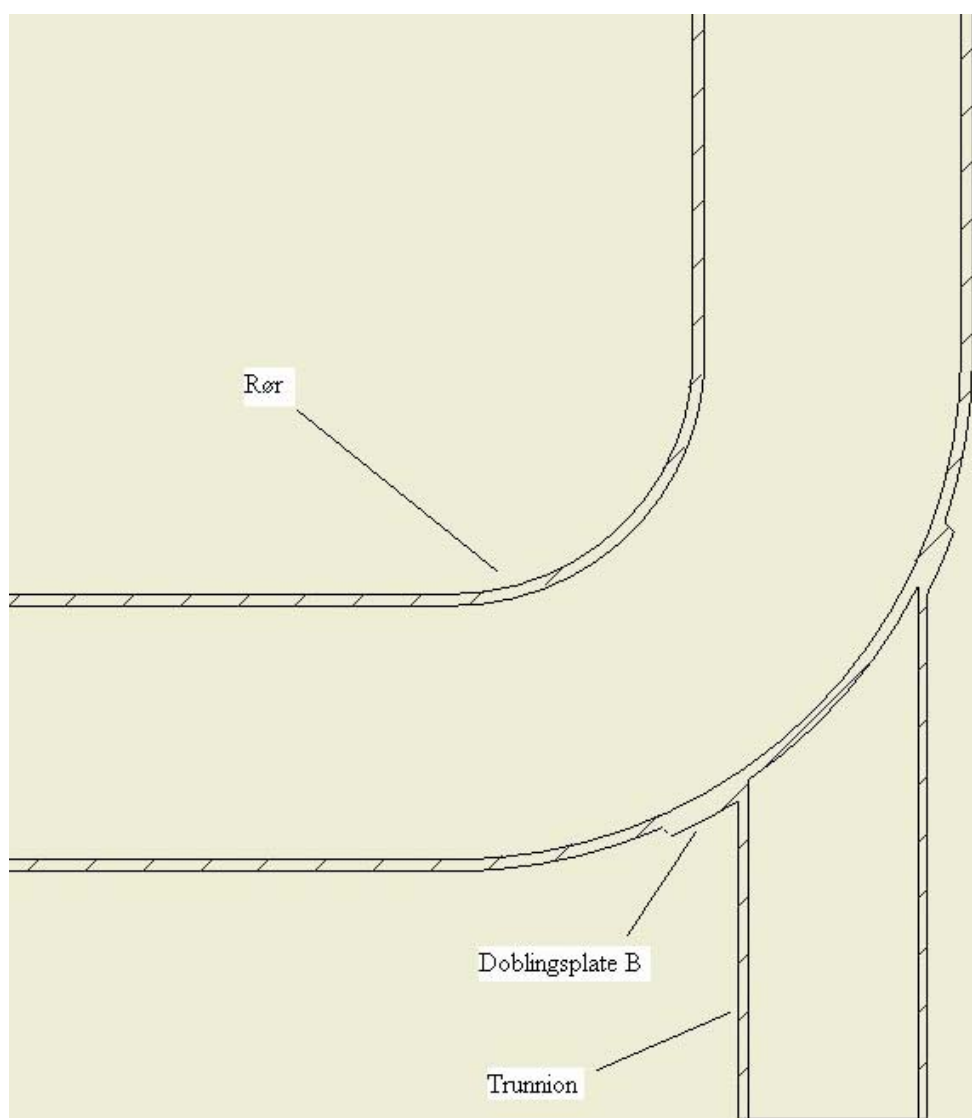
Prinsippskisse trunnionsupport

Trunnion Calculation

Vedlegg 1.1

Trunnionsupport

Typen som Aker bruker

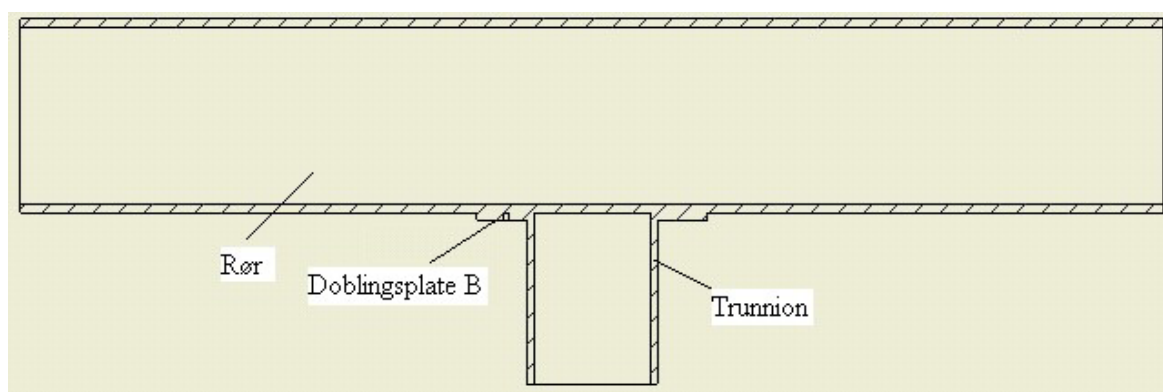
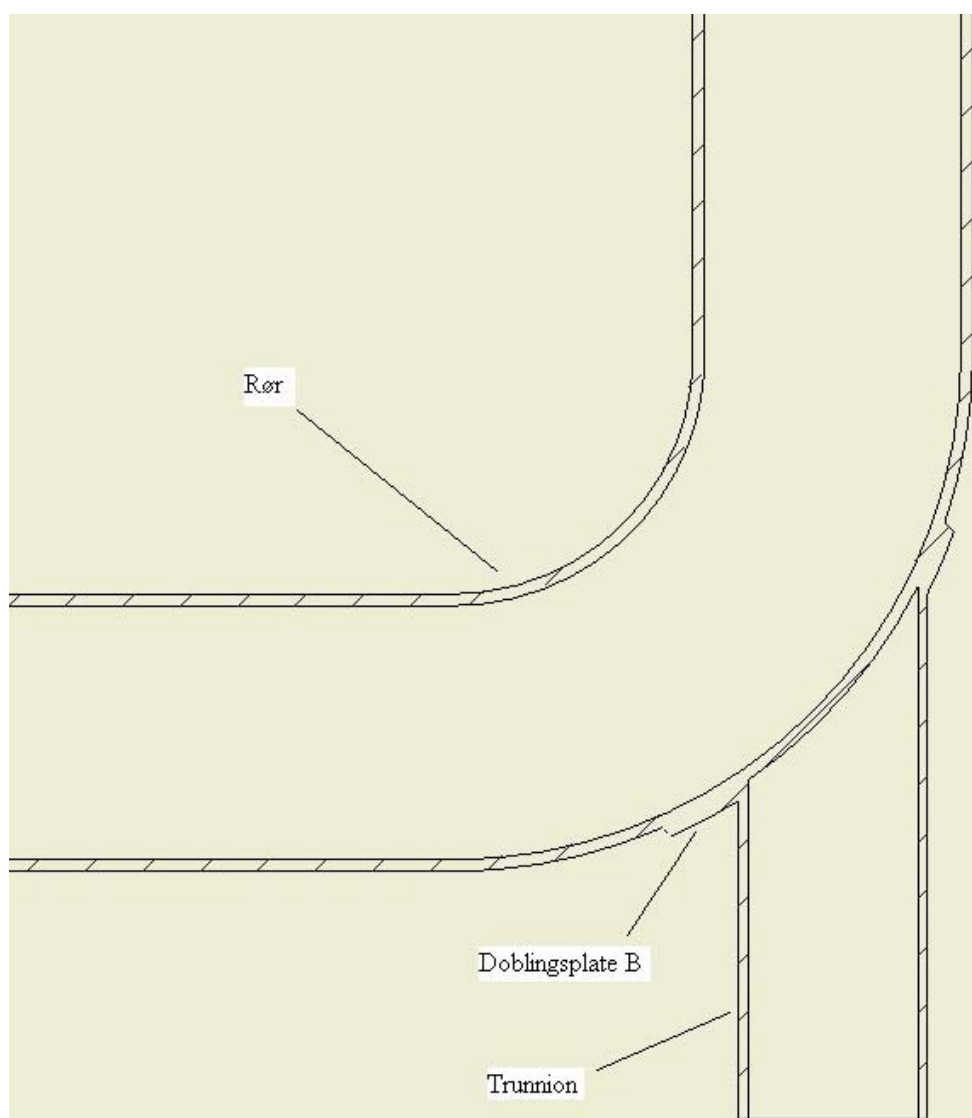


Trunnion Calculation

Vedlegg 1.1

Prinsippskisse trunnionsupport

Typen som Aker bruker



Trunnion Calculation

Vedlegg 2

Vedlegg 2.1

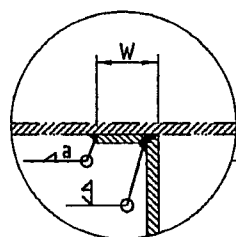
Detaljer fra oppgaven

TRUNNION WITH BASEPLATE FROM STRAIGHT PIPE.

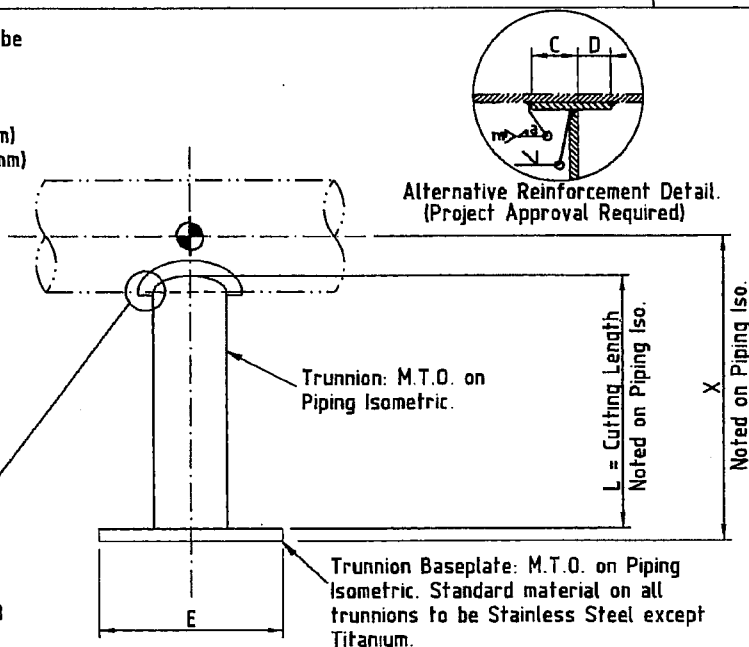
TS-03

Example. Typical information to be shown on piping isometric:
Type: TS-03-150-A
Trunnion direction: Down
L= Cutting length of trunnion (mm)
X= CL. pipe to u/s baseplate (mm)

Type A. Trunnion without Pad.
Type B. Trunnion with Pad



Reinforcement Pad Detail.
Preferred Ref- ASME B31.3
Fig. 328.5.4 Pict 3



TYPE	TRUNNION			PAD IF REQUIRED			SS BASEPLATE	
	Inch	mm	WT (mm)	W	C	D	'E' x THICKNESS (MI-07).	
TS-03-025	1"	DN025	Thickness as per line specification, but see note on trunnion wall thickness below	-	-	-	100 x 10	MI-07-A
TS-03-040	1.5"	DN040		-	-	-	100 x 10	MI-07-A
TS-03-050	2"	DN050		50	30	20	100 x 10	MI-07-A
TS-03-080	3"	DN080		50	50	25	150 x 10	MI-07-B
TS-03-100	4"	DN100		50	50	25	150 x 10	MI-07-B
TS-03-125	5"	DN125		50	50	25	200 x 15	MI-07-C
TS-03-150	6"	DN150		75	75	25	250 x 15	MI-07-D
TS-03-200	8"	DN200		75	75	25	300 x 15	MI-07-E
TS-03-250	10"	DN250		75	75	25	350 x 20	MI-07-F
TS-03-300	12"	DN300		75	85	40	400 x 20	MI-07-G
TS-03-350	14"	DN350		75	90	40	450 x 20	MI-07-H
TS-03-400	16"	DN400		100	100	50	500 x 20	MI-07-I
TS-03-450	18"	DN450		100	100	50	550 x 20	MI-07-J
TS-03-500	20"	DN500		100	100	50	600 x 20	MI-07-K
TS-03-600	24"	DN600		100	100	50	650 x 20	MI-07-L

For material specification see Pipe Support Work Instruction.

Trunnion to pipe weld to be full penetration weld.

Weld to baseplate to be a = 0,7 x WT, but maximum 5mm CFW.

TRUNNION THICKNESS To reduce welding: Where the pipe material has a large wall thickness (WT), selection of the trunnion can be made with the same material class but with a thinner WT. Trunnion design to be checked by calculation.

TRUNNION WITH BASEPLATE FROM STRAIGHT PIPE.

TS-03

Example: Typical information to be shown on piping isometric

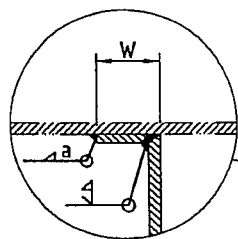
Type: TS-03-150-A

Trunnion direction: Down

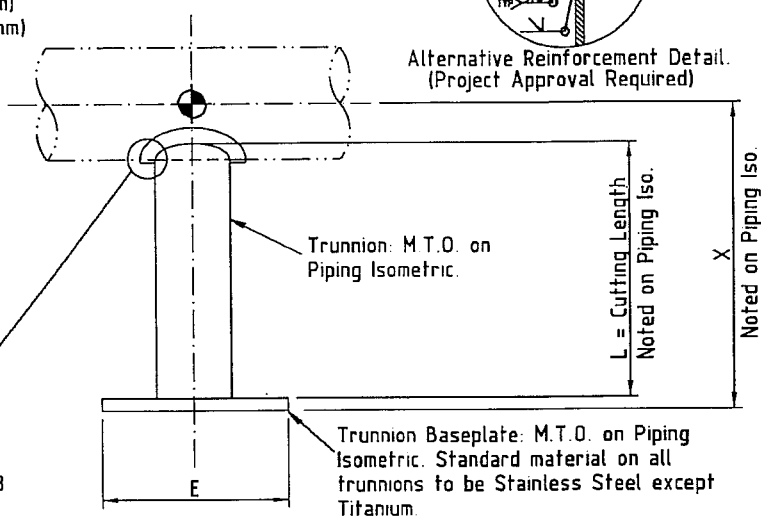
L = Cutting length of trunnion (mm)

X = CL. pipe to u/s baseplate (mm)

Type A: Trunnion without Pad.
Type B: Trunnion with Pad



Reinforcement Pad Detail.
Preferred: Ref- ASME B31.3
Fig. 328.5.4 Pict 3



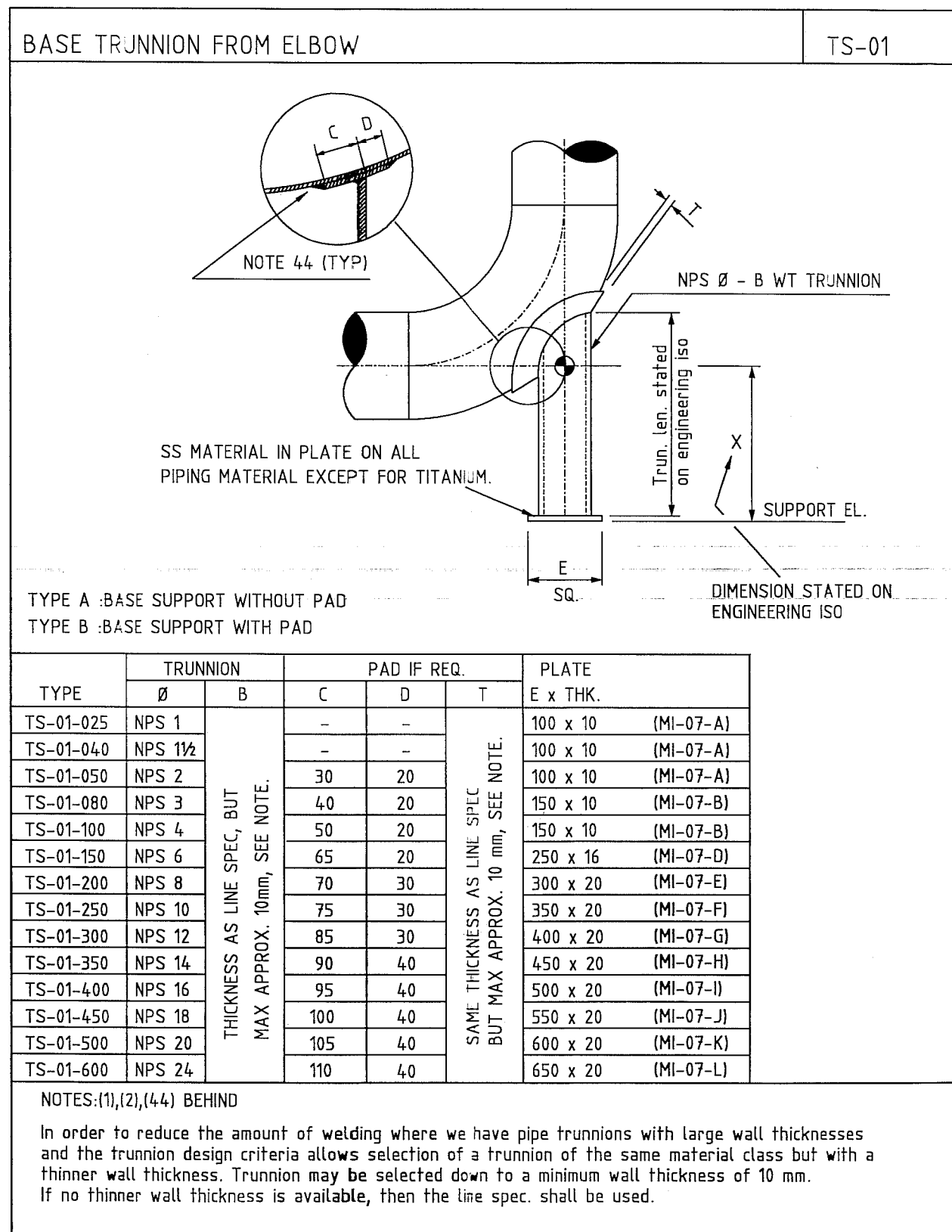
TYPE	TRUNNION			PAD IF REQUIRED			SS BASEPLATE	
	Inch	mm	WT (mm)	W	C	D	'E' x THICKNESS (MI-07).	
TS-03-025	1"	DN025	Thickness as per line specification, but see note on trunnion wall thickness below	-	-	-	100 x 10	MI-07-A
TS-03-040	1.5"	DN040		-	-	-	100 x 10	MI-07-A
TS-03-050	2"	DN050		50	30	20	100 x 10	MI-07-A
TS-03-080	3"	DN080		50	50	25	150 x 10	MI-07-B
TS-03-100	4"	DN100		50	50	25	150 x 10	MI-07-B
TS-03-125	5"	DN125		50	50	25	200 x 15	MI-07-C
TS-03-150	6"	DN150		75	75	25	250 x 15	MI-07-D
TS-03-200	8"	DN200		75	75	25	300 x 15	MI-07-E
TS-03-250	10"	DN250		75	75	25	350 x 20	MI-07-F
TS-03-300	12"	DN300		75	85	40	400 x 20	MI-07-G
TS-03-350	14"	DN350		75	90	40	450 x 20	MI-07-H
TS-03-400	16"	DN400		100	100	50	500 x 20	MI-07-I
TS-03-450	18"	DN450		100	100	50	550 x 20	MI-07-J
TS-03-500	20"	DN500		100	100	50	600 x 20	MI-07-K
TS-03-600	24"	DN600		100	100	50	650 x 20	MI-07-L

For material specification see Pipe Support Work Instruction

Trunnion to pipe weld to be full penetration weld.

Weld to baseplate to be a = 0,7 x WT., but maximum 5mm CFW.

TRUNNION THICKNESS: To reduce welding: Where the pipe material has a large wall thickness (WT), selection of the trunnion can be made with the same material class but with a thinner WT. Trunnion design to be checked by calculation.



BASE TRUNNION FROM ELBOW

TS-01

Example: Typical information to be shown on piping isometric.

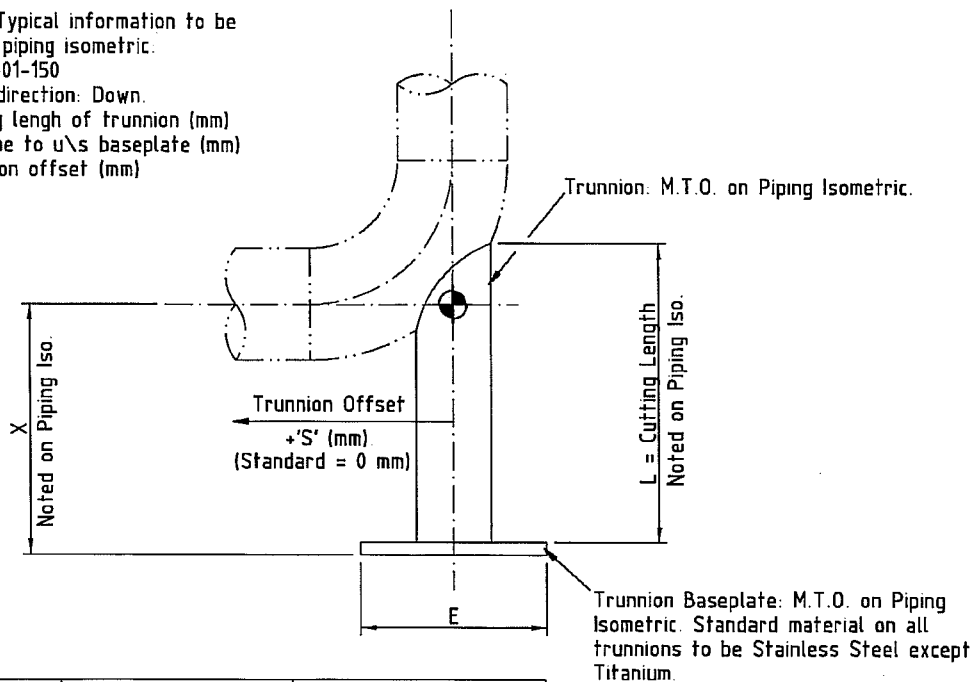
Type: TS-01-150

Trunnion direction: Down.

L= Cutting length of trunnion (mm)

X= CL pipe to u/s baseplate (mm)

S= Trunnion offset (mm)



TYPE	TRUNNION			SS BASEPLATE	
	Inch	mm	WT (mm)	'E' x THICKNESS (MI-07).	
TS-01-025	1"	DN025	Thickness as per line specification, but see note on trunnion wall thickness below.	100 x 10	MI-07-A
TS-01-040	1.5"	DN040		100 x 10	MI-07-A
TS-01-050	2"	DN050		100 x 10	MI-07-A
TS-01-080	3"	DN080		150 x 10	MI-07-B
TS-01-100	4"	DN100		150 x 10	MI-07-B
TS-01-125	5"	DN125		200 x 15	MI-07-C
TS-01-150	6"	DN150		250 x 15	MI-07-D
TS-01-200	8"	DN200		300 x 15	MI-07-E
TS-01-250	10"	DN250		350 x 20	MI-07-F
TS-01-300	12"	DN300		400 x 20	MI-07-G
TS-01-350	14"	DN350		450 x 20	MI-07-H
TS-01-400	16"	DN400		500 x 20	MI-07-I
TS-01-450	18"	DN450		550 x 20	MI-07-J
TS-01-500	20"	DN500		600 x 20	MI-07-K
TS-01-600	24"	DN600		650 x 20	MI-07-L

For material specification see Pipe Support Work Instruction.

Trunnion to pipe weld to be full penetration weld.

Weld to baseplate to be a = 0,7 x WT, but maximum 5mm CFW.

TRUNNION THICKNESS To reduce welding: Where the pipe material has a large wall thickness (WT), selection of the trunnion can be made with the same material class but with a thinner WT. Trunnion design to be checked by calculation.

Trunnion Calculation

Vedlegg 3

Vedlegg 3.1

Framdriftsplan

Trunnion Calculation 2004

Trunnion Calculation

Vedlegg 4

Vedlegg 4.1

Elementtyper

Element typer

Figure 187.1 SOLID187 Geometry

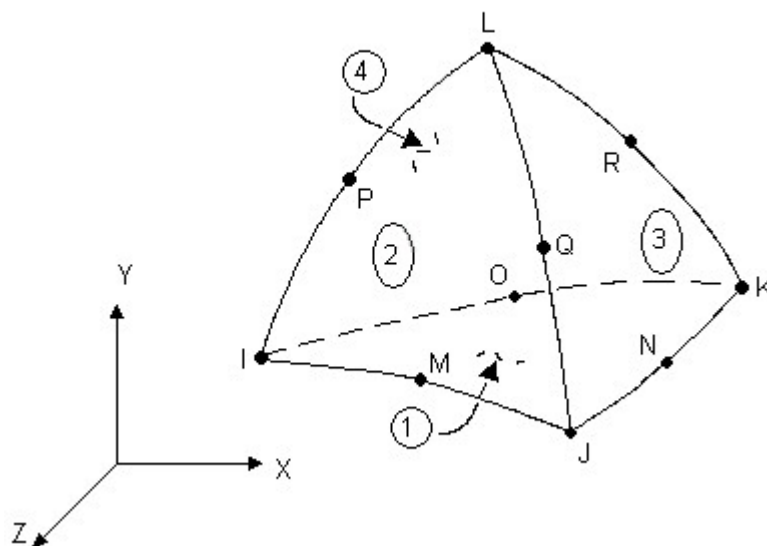
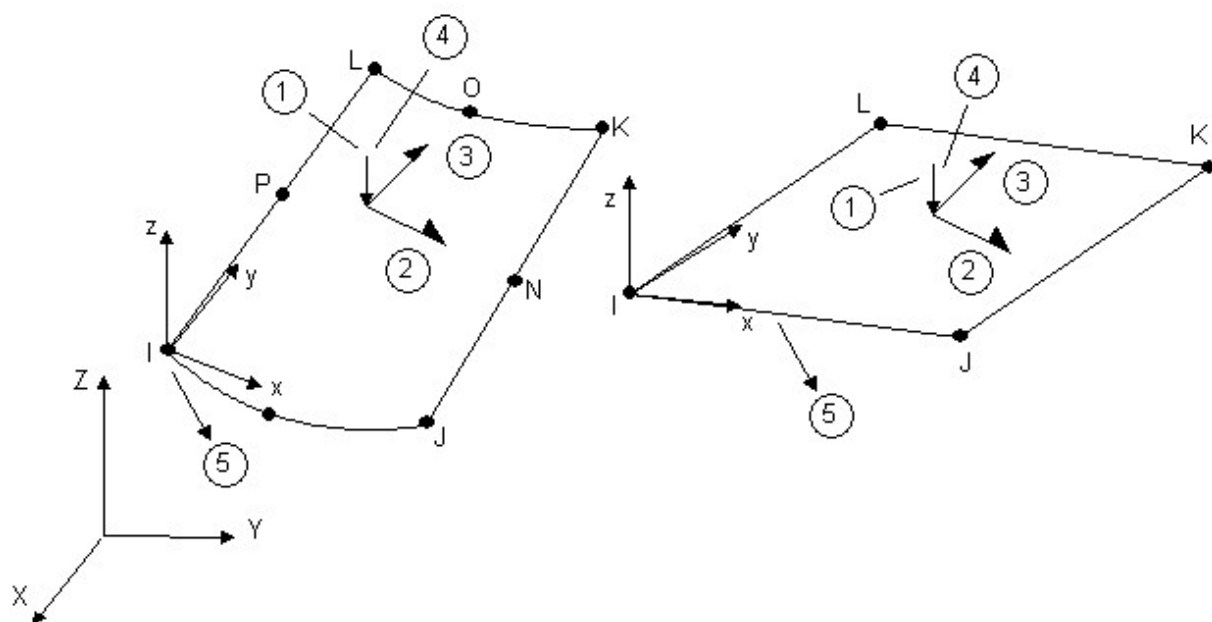


Figure 154.1 SURF154 Geometry



Trunnion Calculation

Vedlegg 5

Vedlegg 5.1

Resultater Trunnion
Calculation 1.1 lasttilfelle 1

Vedlegg 5.2

Resultater Trunnion
Calculation 1.1 lasttilfelle 2

TRUNNION STRESS CALCULATION.

Pipe Supp TS-01-100-4 B

Calc.By:

Checked By:

INPUT DATA:

PARENT PIPE	Outside dia.	Od	(mm) =	168,3
	Wall thk.	Wt	(mm) =	7,11
	Corrosion allowance	Ca	(mm) =	0,00
	Mill tolerance	Mt	% =	0,00
TRUNNION	Outside dia.	Dt	(mm) =	114,3
	Wall thk.	Tt	(mm) =	6,02
	Length	L	(mm) =	241,60
APPLIED FOF	Longitudinal	FL	(N) =	20000,00
	Circumferential	FC	(N) =	10000,00
	Axial	FA	(N) =	-40000,00
Design Pressure		Pr	(MPa) =	10,00
Reinforcing Pad Thickness		Pt	(mm) =	7,11
Unfactored Hot Allowable Stress		Sh	(MPa) =	138,00
Attachment Weld Leg Length		Lw	(mm) =	5,00

CALCULATED RESULTS - LOCAL STRESSES:

Pipe Rad.	R	(mm) =	84,15
Trunnion Rad.	r	(mm) =	57,15
Calculated Th (Wt-Mt-Ca+Pt)	Tc	(mm) =	14,22
LINE LOADS:			
FFI = FL*L / (pi*r^2)	FFI	(N/mm) =	470,93
FFc = FC*L / (pi*r^2)	FFc	(N/mm) =	235,46
FFa = FA/(2*pi*r)	FFa	(N/mm) =	-111,39

PRESSURE STRESS:

SLP = Pr*R / (2*Tc)	SLP	(MPa) =	29,58
SCP = Pr*R / Tc	SCP	(MPa) =	59,16

LOCAL STRE (fact. = R^0.5 / Tc^1.5)

SL=1.17*FF1*fact.	SL	(MPa) =	94,22
SC=2.34*FFc*fact.	SC	(MPa) =	94,22
SA=1.75*FFa*fact.	SA	(MPa) =	-33,33
COMBINED LOCAL STRES SL + SA + SLP		(MPa) =	90,46
SC + SA + SCP		(MPa) =	120,04
ALLOWABLE LOCAL STRE (combined = 1.5*Sh)		(MPa) =	207,00

CALCULATED RESULTS - GLOBAL STRESSES:**BENDING STRESS IN TRUNNION:**

Shear force FS = (FL^2+FC^2)^0.5	FS	(N) =	22360,68
Trunnion Section Modulus.	Zt	(mm^3) =	52677,51
Bending stress Sb = FS*L/Zt	Sb	(Mpa) =	102,56

SHEAR STRESS IN FILLET WELD:

Shear area (Asw) is approximated assuming trunnion is welded to a flat plate

Weld shear area Asw = pi*Dt*0.707Lw	Asw	(mm^2) =	1269,36
Weld shear stress Sw = FS/Asw	Sw	(Mpa) =	17,62
Allowable shear stress Sha = 0.8Sh	Ssa	(Mpa) =	110,40

LOCAL STRESS RESULTS ACCEPTABLE.

GLOBAL STRESS RESULTS ACCEPTABLE.

RESULT O.K.

TRUNNION STRESS CALCULATION.

Pipe Supp TS-01-100-4 B

Calc.By:

Checked By:

INPUT DATA:

PARENT PIPE	Outside dia.	Od	(mm) =	168,3
	Wall thk.	Wt	(mm) =	7,11
	Corrosion allowance	Ca	(mm) =	0,00
	Mill tolerance	Mt	% =	0,00
TRUNNION	Outside dia.	Dt	(mm) =	114,3
	Wall thk.	Tt	(mm) =	6,02
	Length	L	(mm) =	241,60
APPLIED FORCE	Longitudinal	FL	(N) =	20000,00
	Circumferential	FC	(N) =	10000,00
	Axial	FA	(N) =	-50000,00
Design Pressure		Pr	(MPa) =	0,00
Reinforcing Pad Thickness		Pt	(mm) =	7,11
Unfactored Hot Allowable Stress		Sh	(MPa) =	138,00
Attachment Weld Leg Length		Lw	(mm) =	5,00

CALCULATED RESULTS - LOCAL STRESSES:

Pipe Rad.	R	(mm) =	84,15
Trunnion Rad.	r	(mm) =	57,15
Calculated Th (Wt-Mt-Ca+Pt)	Tc	(mm) =	14,22

LINE LOADS:

$FFI = FL \cdot L / (\pi \cdot r^2)$	FFI	(N/mm) =	470,93
$FFc = FC \cdot L / (\pi \cdot r^2)$	FFc	(N/mm) =	235,46
$FFa = FA / (2 \cdot \pi \cdot r)$	FFa	(N/mm) =	-139,24

PRESSURE STRESS:

$SLP = Pr \cdot R / (2 \cdot Tc)$	SLP	(MPa) =	0,00
$SCP = Pr \cdot R / Tc$	SCP	(MPa) =	0,00

LOCAL STRESS (fact. = $R^{0.5} / Tc^{1.5}$)

$SL = 1.17 \cdot FFI \cdot \text{fact.}$	SL	(MPa) =	94,22
$SC = 2.34 \cdot FFc \cdot \text{fact.}$	SC	(MPa) =	94,22
$SA = 1.75 \cdot FFa \cdot \text{fact.}$	SA	(MPa) =	-41,67
COMBINED LOCAL STRESS SL + SA + SLP		(MPa) =	52,55
SC + SA + SCP		(MPa) =	52,55
ALLOWABLE LOCAL STRESS (combined = $1.5 \cdot Sh$)		(MPa) =	207,00

CALCULATED RESULTS - GLOBAL STRESSES:**BENDING STRESS IN TRUNNION:**

Shear force $FS = (FL^2 + FC^2)^{0.5}$	FS	(N) =	22360,68
Trunnion Section Modulus.	Zt	(mm ³) =	52677,51
Bending stress $Sb = FS \cdot L / Zt$	Sb	(Mpa) =	102,56
Allowable bending stress	Sh	(Mpa) =	138,00

SHEAR STRESS IN FILLET WELD:

Shear area (Asw) is approximated assuming trunnion is welded to a flat plate

Weld shear area $Asw = \pi \cdot Dt \cdot 0.707 Lw$	Asw	(mm ²) =	1269,36
Weld shear stress $Sw = FS / Asw$	Sw	(Mpa) =	17,62
Allowable shear stress $Sha = 0.8 Sh$	Ssa	(Mpa) =	110,40

LOCAL STRESS RESULTS ACCEPTABLE.

GLOBAL STRESS RESULTS ACCEPTABLE.

RESULT O.K.

Trunnion Calculation

Vedlegg 6

Vedlegg 6.1

Lasttilfeller

Lasttilfeller												
Modell	Last	FL	Enhet	FC	Enhet	FA	Enhet	Pressure	Enhet	UHAS	Enhet	
TS-01-500-20Sch 40 A	Last 1	10000	N	25000	N	-65000	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-500-20Sch 40 A	Last 2	80000	N	120000	N	-99999	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-500-20Sch 40 B	Last 1	120000	N	90000	N	-99999	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-500-20Sch 40 B	Last 2	210000	N	180000	N	-99999	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-500-24-24Sch 40 A	Last 1	160000	N	25000	N	-99999	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-500-24-24Sch 40 A	Last 2	-99999	N	130000	N	-99999	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-500-24-24Sch 40 B	Last 1	-99999	N	120000	N	-99999	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-500-24-24Sch 40 B	Last 2	-99999	N	260000	N	-99999	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-300-12Sch 40 A	Last 1	-85000	N	10000	N	-35000	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-300-12Sch 40 A	Last 2	-65000	N	45000	N	-55000	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-300-12Sch 40 B	Last 1	-99999	N	60000	N	-99999	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-300-12Sch 40 B	Last 2	-99999	N	110000	N	-99999	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-8Sch 40 A	Last 1	25000	N	8000	N	-50000	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-8Sch 40 A	Last 2	45000	N	25000	N	-80000	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-8Sch 40 B	Last 1	40000	N	25000	N	-99999	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-8Sch 40 B	Last 2	65000	N	45000	N	-99999	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-10-10Sch 40 A	Last 1	-50000	N	15000	N	-70000	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-10-10Sch 40 A	Last 2	-40000	N	35000	N	-65000	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-10-10Sch 40 B	Last 1	110000	N	45000	N	-85000	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-200-10-10Sch 40 B	Last 2	110000	N	85000	N	-99999	N	0	Mpa	138	Mpa	
TS-01-100-4Sch 40 A	Last 1	1000	N	6000	N	-40000	N	10	Mpa	138	Mpa	
TS-01-100-4Sch 40 A	Last 2	10000	N	15000	N	-90000	N	0	Mpa	138	Mpa	

TS-01-100-4Sch 40 B	Last 1	20000	N		10000	N			40000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-01-100-4Sch 40 B	Last 2	20000	N		10000	N			-50000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-01-100-6-6Sch 40 A	Last 1	25000	N		10000	N			-30000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-01-100-6-6Sch 40 A	Last 2	-25000	N		20000	N			-30000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-01-100-6-6Sch 40 B	Last 1	-45000	N		40000	N			-75000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-01-100-6-6Sch 40 B	Last 2	-65000	N		20000	N			-55000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-500-20Sch 40 A	Last 1	150000	N		20000	N			10000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-500-20Sch 40 A	Last 2	280000	N		90000	N			50000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-500-20Sch 40 B	Last 1	250000	N		120000	N			90000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-500-20Sch 40 B	Last 2	350000	N		230000	N			270000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-300-12Sch 40 A	Last 1	750000	N		12000	N			12000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-300-12Sch 40 A	Last 2	1150000	N		57000	N			45000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-300-12Sch 40 B	Last 1	2520000	N		90000	N			70000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-300-12Sch 40 B	Last 2	2900000	N		145000	N			140000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-10-10Sch 40 A	Last 1	15000	N		6000	N			8000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-10-10Sch 40 A	Last 2	45000	N		25000	N			40000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-10-10Sch 40 B	Last 1	45000	N		45000	N			60000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-10-10Sch 40 B	Last 2	90000	N		75000	N			65000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-8Sch 40 A	Last 1	15000	N		6000	N			8000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-8Sch 40 A	Last 2	45000	N		25000	N			40000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-8Sch 40 B	Last 1	45000	N		45000	N			60000	N			10	Mpa	138	Mpa
TS-03-200-8Sch 40 B	Last 2	90000	N		75000	N			65000	N			0	Mpa	138	Mpa
TS-03-100-4Sch 40 A	Last 1	10000	N		4500	N			6000	N			10	Mpa	138	Mpa

The condition is not applicable on 2024

TS-03-100-4Sch 40 A	Last 2	22000	N	10000	N	8000	N	0	Mpa	138	Mpa
TS-03-100-4Sch 40 B	Last 1	38000	N	18000	N	22000	N	10	Mpa	138	Mpa
TS-03-100-4Sch 40 B	Last 2	37000	N	18000	N	25000	N	0	Mpa	138	Mpa
TS-03-100-6-6Sch 40 A	Last 1	30000	N	8000	N	15000	N	10	Mpa	138	Mpa
TS-03-100-6-6Sch 40 A	Last 2	40000	N	20000	N	30000	N	0	Mpa	138	Mpa
TS-03-100-6-6Sch 40 B	Last 1	100000	N	38000	N	73000	N	10	Mpa	138	Mpa
TS-03-100-6-6Sch 40 B	Last 2	115000	N	55000	N	85000	N	0	Mpa	138	Mpa
FL (rørrets lengderetning)		FC (Normalt på rør og trunnion)		FA (Trunnionens lengderetning)							
		UHAS (Unfactored Hot Allowable Stress)									

Trunnion Calculation

Vedlegg 7

Vedlegg 7.1	Samletabell spenninger TS-01 A og T.C
Vedlegg 7.2	Samletabell spenninger TS-01 B, B2, C og C2
Vedlegg 7.3	Samletabell spenninger TS-03 A og T.C
Vedlegg 7.4	Samletabell spenninger TS-03 B, B2, C og C2

Sammenligning spenninger						
	Lokalisert spanning	Type A last 1	Type A last 2	T.C. last 1	T.C. last 2	
Dimensjon 1						
TS-01-500-20 Sch 40	Rør	602	54	199	175	
TS-01-500-20 Sch 40	Trunnion/Rør	800	95	199	175	
TS-01-500-20 Sch 40	Trunnion opplager	688	59	199	175	
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	Rør	548	70	199	175	
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	560	110	199	175	
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	760	90	199	175	
TS-01-500-24-24 Sch 40	Rør	532	44	197	191	
TS-01-500-24-24 Sch 40	Trunnion/Rør	630	70	197	191	
TS-01-500-24-24 Sch 40	Trunnion opplager	607	60	197	191	
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	Rør	393	47	197	191	
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	400	82	197	191	
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	438	68	197	191	
Dimensjon 2						
TS-01-300-12 Sch 40	Rør	517	43	189	187	
TS-01-300-12 Sch 40	Trunnion/Rør	760	130	189	187	
TS-01-300-12 Sch 40	Trunnion opplager	605	109	189	187	
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	Rør	525	120	189	187	
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	640	155	189	187	
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	550	160	189	187	
Dimensjon 3						
TS-01-200-8 Sch 40	Rør	505	69	177	174	
TS-01-200-8 Sch 40	Trunnion/Rør	750	140	177	174	
TS-01-200-8 Sch 40	Trunnion opplager	731	87	177	174	
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	Rør	379	122	177	174	
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	640	300	177	174	
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	840	157	177	174	
TS-01-200-10-10 Sch 40	Rør	415	59	200	207	
TS-01-200-10-10 Sch 40	Trunnion/Rør	463	92	200	207	
TS-01-200-10-10 Sch 40	Trunnion opplager	363	99	200	207	
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	Rør	333	76	200	207	
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	440	185	200	207	
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	275	140	200	207	

Dimensjon 4							
TS-01-100-4 Sch 40	Rør		436	137	184	188	
TS-01-100-4 Sch 40	Trunnion/Rør		800	440	184	188	
TS-01-100-4 Sch 40	Trunnion opplager		890	205	184	188	
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	Rør		334	281	184	188	
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør		812	800	184	188	
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	Trunnion opplager		625	470	184	188	
TS-01-100-6-6 Sch 40	Rør		298	61	193	202	
TS-01-100-6-6 Sch 40	Trunnion/Rør		509	100	193	202	
TS-01-100-6-6 Sch 40	Trunnion opplager		395	87	193	202	
TS-01-100-6-6 Sch 40 Lang	Rør		172	97	193	202	
TS-01-100-9-9 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør		210	202	193	202	
TS-01-100-9-9 Sch 40 Lang	Trunnion opplager		420	228	193	202	

Sammenligning spenninger							
TS-01	Lokalisert spanning	Type B last 1	Type B last 2	Type C last 1	Type C last 2	T.C. last 1	T.C. last 2
Dimensjon 1							
TS-01-500-20 Sch 40	Rør	580	100	564	120	206	203
TS-01-500-20 Sch 40	Trunnion/Rør	800	135	760	129	206	203
TS-01-500-20 Sch 40	Trunnion opplager	770	118	817	123	206	203
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	Rør	493	120	478	105	206	203
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	860	200	560	145	206	203
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	796	147	730	150	206	203
TS-01-500-24-24 Sch 40	Rør	456	75	494	90	200	205
TS-01-500-24-24 Sch 40	Trunnion/Rør	530	110	520	100	200	205
TS-01-500-24-24 Sch 40	Trunnion opplager	450	90	550	100	200	205
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	Rør	436	100	420	100	200	205
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	440	150	430	120	200	205
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	385	106	454	119	200	205
Dimensjon 2							
TS-01-300-12 Sch 40	Rør	510	120	524	77	188	199
TS-01-300-12 Sch 40	Trunnion/Rør	700	200	760	170	188	199
TS-01-300-12 Sch 40	Trunnion opplager	660	201	760	230	188	199
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	Rør	487	130	494	185	188	199
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	760	300	690	280	188	199
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	530	277	550	275	188	199
Dimensjon 3							
TS-01-200-8 Sch 40	Rør	428	100	462	144	128	127
TS-01-200-8 Sch 40	Trunnion/Rør	780	210	710	180	128	127
TS-01-200-8 Sch 40	Trunnion opplager	780	131	870	175	128	127
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	Rør	325	176	321	170	128	127
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	580	250	710	240	128	127
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	680	200	664	208	128	127
TS-01-200-10-10 Sch 40	Rør	388	130	354	120	167	195
TS-01-200-10-10 Sch 40	Trunnion/Rør	510	185	491	159	167	195
TS-01-200-10-10 Sch 40	Trunnion opplager	560	161	546	154	167	195
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	Rør	221	180	226	175	167	195
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	437	305	420	280	167	195
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	450	229	493	220	167	195

Dimensjon 4										
TS-01-100-4 Sch 40	Rør		355	58	345	55	120		103	
TS-01-100-4 Sch 40	Trunnion/Rør		670	220	551	160	120		103	
TS-01-100-4 Sch 40	Trunnion opplager		864	101	862	107	120		103	
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	Rør		241	119	227	151	120		103	
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør		600	480	540	320	120		103	
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	Trunnion opplager		821	189	997	200	120		103	
TS-01-100-6-6 Sch 40	Rør		326	106	320	103	191		172	
TS-01-100-6-6 Sch 40	Trunnion/Rør		580	208	390	200	191		172	
TS-01-100-6-6 Sch 40	Trunnion opplager		246	216	239	237	191		172	
TS-01-100-6-6 Sch 40 Lang	Rør		294	210	306	217	191		172	
TS-01-100-6-6 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør		680	440	670	445	191		172	
TS-01-100-6-6 Sch 40 Lang	Trunnion opplager		361	391	341	377	191		172	

Sammenligning spenninger									
	Lokalisert spanning	Type A last 1	Type A last 2	T.C. last 1	T.C. last 2	Diff. last 1	Diff. last 2		
Dimensjon 1									
TS-03-500-20 Sch 40	Rør	215	160	205	206	-10	46		
TS-03-500-20 Sch 40	Trunnion/Rør	110	170	205	206	95	36		
TS-03-500-20 Sch 40	Trunnion opplager	80	120	205	206	125	86		
TS-03-500-20 Sch 40 Lang	Rør	195	97	205	206	10	109		
TS-03-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	150	140	205	206	55	66		
TS-03-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	80	122	205	206	125	84		
Dimensjon 2									
TS-03-300-12 Sch 40 Lang	Rør	190	135	204	204	14	69		
TS-03-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	150	180	204	204	54	24		
TS-03-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	80	90	204	204	124	114		
Dimensjon 3									
TS-03-200-8 Sch 40	Rør	180	240	194	202	14	-38		
TS-03-200-8 Sch 40	Trunnion/Rør	180	250	194	202	14	-48		
TS-03-200-8 Sch 40	Trunnion opplager	45	100	194	202	149	102		
TS-03-200-8 Sch 40 Lang	Rør	195	220	194	202	-1	-18		
TS-03-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	195	235	194	202	-1	-33		
TS-03-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	33	70	194	202	161	132		
TS-03-200-10-10 Sch 40	Rør	188	45	179	137	-9	92		
TS-03-200-10-10 Sch 40	Trunnion/Rør	185	95	179	137	-6	42		
TS-03-200-10-10 Sch 40	Trunnion opplager	30	55	179	137	149	82		
TS-03-200-10-10 Sch 40 Lang	Rør	170	72	179	137	9	65		
TS-03-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	170	71	179	137	9	66		
TS-03-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	30	55	179	137	149	82		
Dimensjon 4									
TS-03-100-4 Sch 40	Rør	190	175	207	201	17	26		
TS-03-100-4 Sch 40	Trunnion/Rør	120	135	207	201	87	66		
TS-03-100-4 Sch 40	Trunnion opplager	80	80	207	201	127	121		
TS-03-100-6-6 Sch 40 Lang	Rør	150	113	203	201	53	88		
TS-03-100-6-6 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	90	113	203	201	113	88		
TS-03-100-6-6 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	80	100	203	201	123	101		

Sammenligning spenninger													
	Lokalisert spenning	Type B last 1	Type B last 2	Type B2 last 1	Type B2 last 2	Type C last 1	Type C last 2	Type C2 last 1	Type C2 last 2	T.C. last 1	T.C. last 2		
TS-03-500-20 Sch 40	Rør	335	280			345	280			206	196		
TS-03-500-20 Sch 40	Trunnion/Rør	210	350			210	340			206	196		
TS-03-500-20 Sch 40	Trunnion opplager	130	170			110	150			206	196		
TS-03-500-20 Sch 40 Lang	Rør	250	130			250	250			206	196		
TS-03-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	110	180			150	250			206	196		
TS-03-500-20 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	90	110			90	120			206	196		
TS-03-300-12 Sch 40 Lang	Rør	280	210			300	230			206	202		
TS-03-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	190	360			150	230			206	202		
TS-03-300-12 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	250	280			150	170			206	202		
TS-03-200-8 Sch 40	Rør	320	240	210	130	320	240	210	110	198	194		
TS-03-200-8 Sch 40	Trunnion/Rør	250	360	130	220	150	240	130	220	198	194		
TS-03-200-8 Sch 40	Trunnion opplager	130	220	94	170	130	220	90	170	198	194		
TS-03-200-8 Sch 40 Lang	Rør	161	170	220	100	240	155	150	80	198	194		
TS-03-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	179	260	110	180	100	190	85	140	198	194		
TS-03-200-8 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	221	240	100	170	120	205	90	150	198	194		
TS-03-200-10-10 Sch 40	Rør	270	120	200	80	300	130	200	100	157	129		
TS-03-200-10-10 Sch 40	Trunnion/Rør	120	180	90	130	80	140	80	130	157	129		
TS-03-200-10-10 Sch 40	Trunnion opplager	70	110	60	90	60	100	60	95	157	129		
TS-03-200-10-10 Sch 40 Lang	Rør	240	120	200	70	280	120	195	65	157	129		
TS-03-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	105	155	80	115	70	130	60	100	157	129		
TS-03-200-10-10 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	75	120	60	90	70	110	60	95	157	129		
TS-03-100-4 Sch 40	Rør	252	100	190	90	218	80	130	80	185	129		
TS-03-100-4 Sch 40	Trunnion/Rør	214	225	150	150	153	151	150	170	185	129		
TS-03-100-4 Sch 40	Trunnion opplager	252	244	190	182	218	215	190	190	185	129		
TS-03-100-4 Sch 40 Lang	Rør	186	80	150	80	190	80	140	80	185	129		
TS-03-100-4 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	150	159	110	110	110	110	100	100	185	129		
TS-03-100-4 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	281	274	190	190	245	250	190	190	185	129		
TS-03-100-6-6 Sch 40 Lang	Rør	210	224	190	190	190	160	190	190	185	129		
TS-03-100-6-6 Sch 40 Lang	Trunnion/Rør	192	250	150	190	150	163	120	170	185	129		
TS-03-100-6-6 Sch 40 Lang	Trunnion opplager	230	272	170	210	250	240	190	230	185	129		

Trunnion Calculation

Vedlegg 8

Vedlegg 8.1

Ansysrapport



Project

Author

Erik Hauglin

Subject

TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400

Project Created

Thursday, May 06, 2004 at 9:31:24 AM

Project Last Modified

Friday, May 07, 2004 at 3:34:54 PM

Report Created

Monday, May 10, 2004 at 6:23:21 PM

Software Used

[ANSYS 8.0](#)

Database

K:\Student\S111738\Aker Kværner 2004\Prosjekt\ANSYS\TS-01\TS-01-100-4 Sch 40\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400.dsdb

1. Summary

This report documents design and analysis information created and maintained using the ANSYS® engineering software program. Each scenario listed below represents one complete engineering simulation.

Scenario 1

- Based on the Iges part ["K:\Student\S111738\Aker Kværner 2004\Prosjekt\ANSYS\TS-01\TS-01-100-4 Sch 40\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400.igs"](#).
- Considered the effect of [structural loads](#) and [structural supports](#).
- Calculated [structural](#) results.
- No [convergence criteria](#) defined.
- No [alert criteria](#) defined.
- See [Scenario 1](#) below for supporting details.

Scenario 2

- Based on the Iges part ["K:\Student\S111738\Aker Kværner 2004\Prosjekt\ANSYS\TS-01\TS-01-100-4 Sch 40\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400.igs"](#).
 - Considered the effect of [structural loads](#) and [structural supports](#).
 - Calculated [structural](#) results.
 - No [convergence criteria](#) defined.
 - No [alert criteria](#) defined.
 - See [Scenario 2](#) below for supporting details.
-

2. Introduction

The ANSYS CAE (Computer-Aided Engineering) software program was used in conjunction with 3D CAD (Computer-Aided Design) solid geometry to simulate the behavior of mechanical bodies under thermal/structural loading conditions. ANSYS automated FEA (Finite Element Analysis) technologies from [ANSYS, Inc.](#) to generate the results listed in this report.

Each scenario presented below represents one complete engineering simulation. The definition of a simulation includes known factors about a design such as material properties per body, contact behavior between bodies (in an assembly), and types and magnitudes of loading conditions. The results of a simulation provide insight into how the bodies may perform and how the design might be improved. Multiple scenarios allow comparison of results given different loading conditions, materials or geometric configurations.

Convergence and alert criteria may be defined for any of the results and can serve as guides for evaluating the quality of calculated results and the acceptability of values in the context of known design requirements.

- *Solution history* provides a means of assessing the quality of results by examining how values change during successive iterations of solution refinement. *Convergence criteria* sets a specific limit on the allowable change in a result between iterations. A result meeting this criteria is said to be "converged".
- *Alert criteria* define "allowable" ranges for result values. Alert ranges typically represent known aspects of the design specification.

The discussions below follow the organization of information in the ANSYS "Explorer" user interface. Each scenario corresponds to a unique branch in the Explorer "Outline". Names emphasized in "*double quotes*" match preferences set in the user interface.

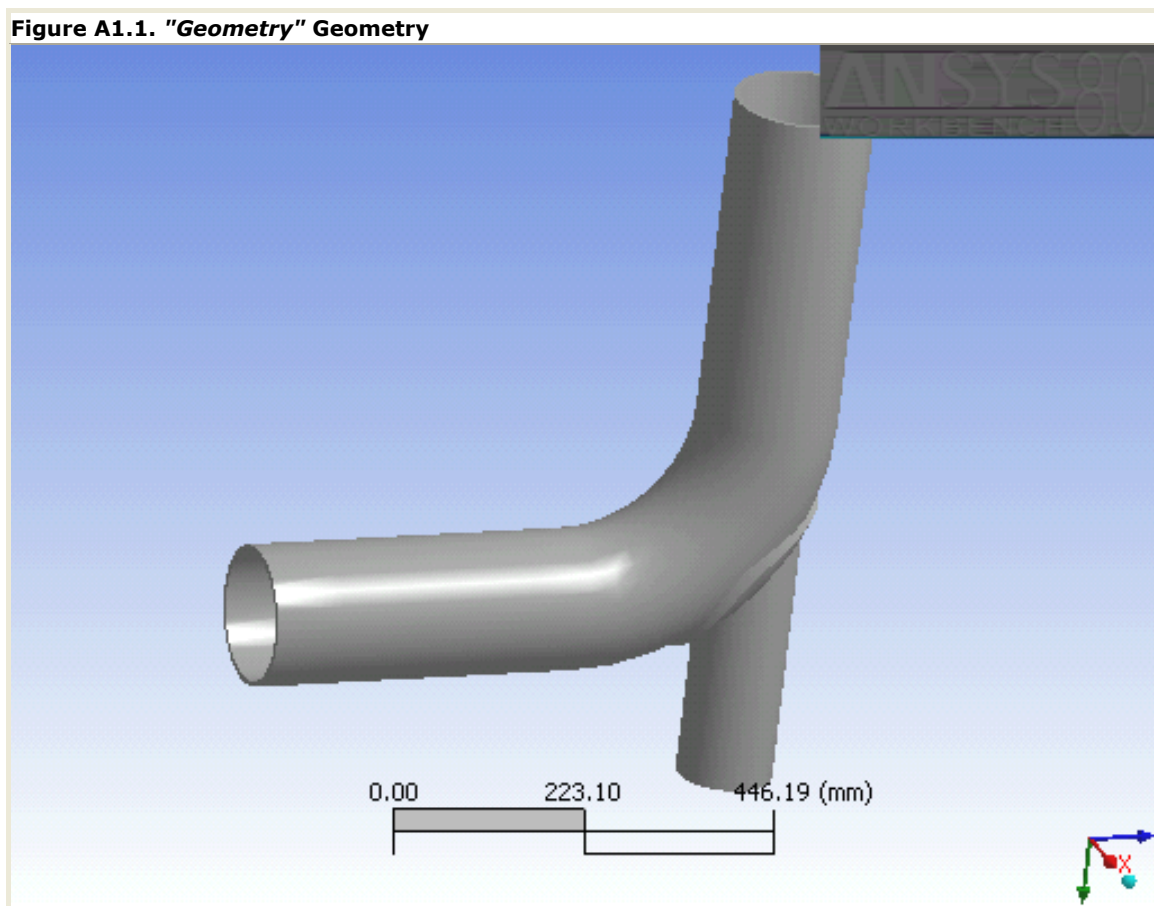
All values are presented in the "*Metric (mm, kg, MPa, °C, s)*" unit system.

Notice

Do not accept or reject a design based solely on the data presented in this report. Evaluate designs by considering this information in conjunction with experimental test data and the practical experience of design engineers and analysts. A quality approach to engineering design usually mandates physical testing as the final means of validating structural integrity to a measured precision.

3. Scenario 1

3.1. "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400"

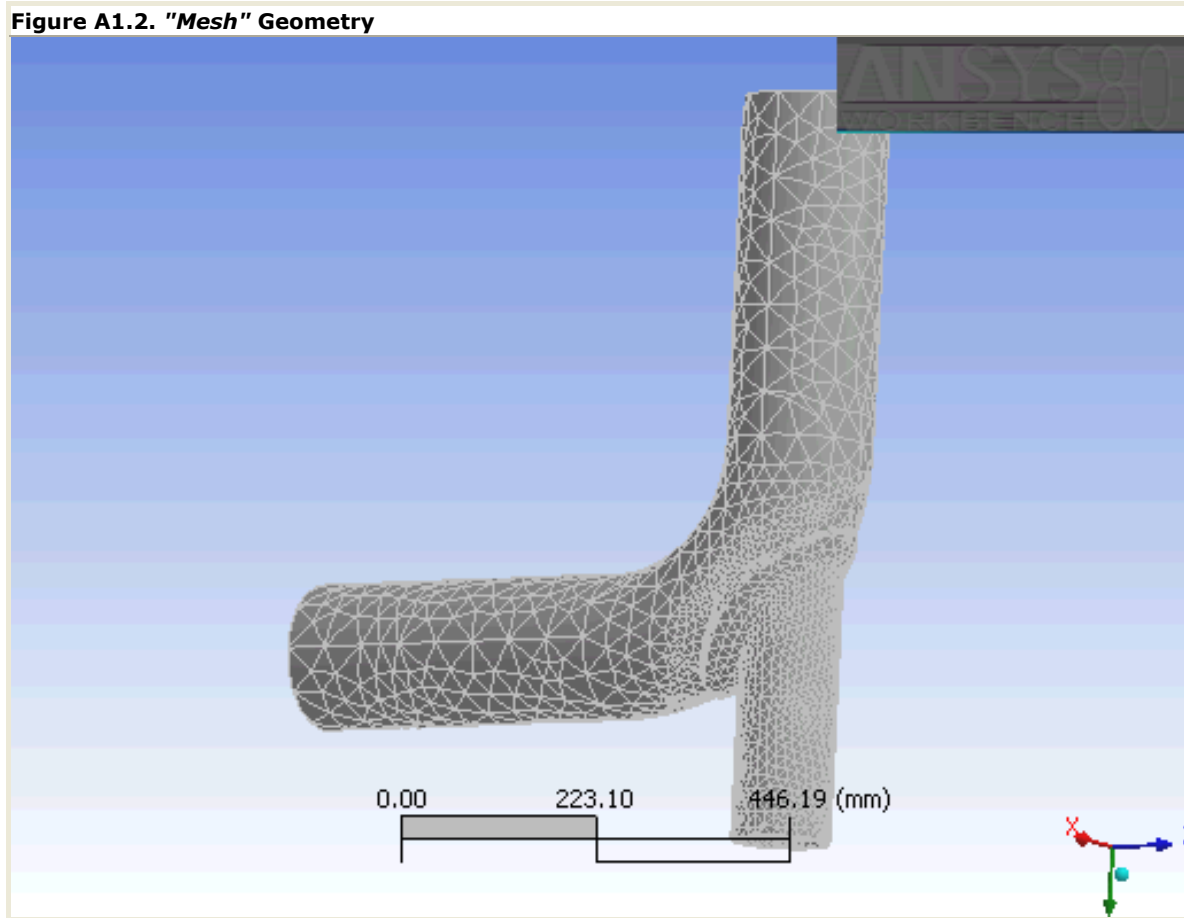


"TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" obtains geometry from the Iges part "K:\Student\S111738\Aker Kværner 2004\Prosjekt\ANSYS\TS-01\TS-01-100-4 Sch 40\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400.igs".

- The [bounding box](#) for the model measures 194.35 by 862.76 by 712.76 mm along the global x, y and z axes, respectively.
- The model weighs a total of 38.66 kg.

Table 3.1.1. Bodies						
Name	Material	Bounding Box (mm)	Mass (kg)	Volume (mm ³)	Nodes	Elements
"Part 1"	"Structural Steel"	194.35, 862.76, 712.76	38.66	4.92×10 ⁶	27254	13550

3.1.1. Mesh

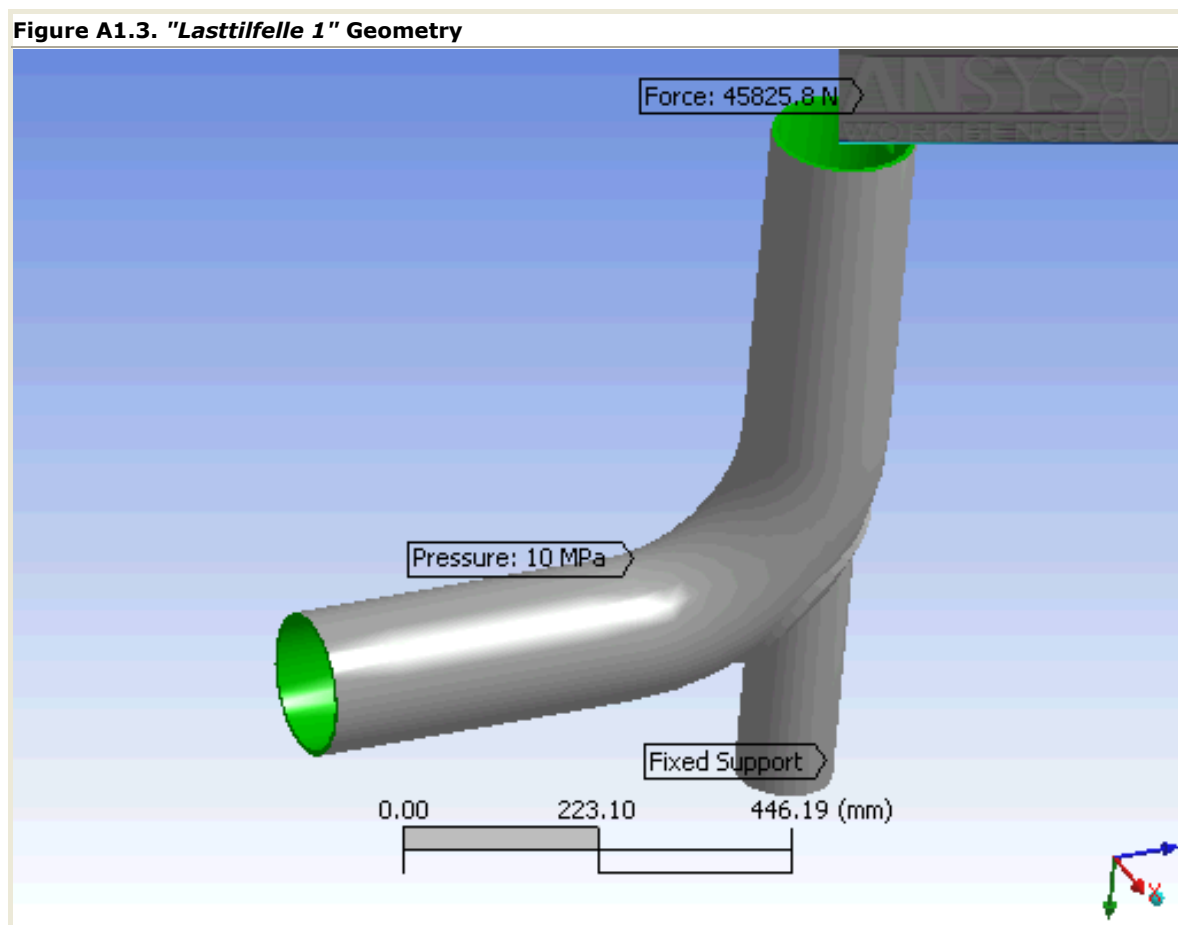


- "Mesh"(Figure [A1.2](#)) , associated with "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 27254 nodes and 13550 elements.

Table 3.1.1.1. Mesh			
Name	Definition	Value	Associated Bodies
"Refinement"	Refinement Loops	2.0	"Part 1"

3.2. "Lasttilfelle 1"

"Lasttilfelle 1" (Figure A1.3) contains all loading conditions defined for "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" in this scenario.



The following tables list local loads and supports applied to specific geometry.

3.2.1. Structural Loading

Table 3.2.1.1. Structural Loads							
Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector
"Pressure"	Surface Pressure	10.0 MPa	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
"Force"	Surface Force	45,825.76 N	[10,000.0 N x, 40,000.0 N y, 20,000.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A

3.2.2. Structural Supports

Table 3.2.2.1. Structural Supports					
Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector
"Fixed Support"	Fixed Surface	306,671.38 N	[-10,000.0 N x, -226,503.29 N y, -206,503.26 N z]	4.34×10^7 N·mm	[4.3×10^7 N·mm x, 3.06×10^6 N·mm y, - 5.44×10^6 N·mm z]

3.3. "Solution"

"Solution" contains the calculated response for "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" given loading conditions defined in "Lasttilfelle 1".

It was selected that the program would choose the solver used in this solution.

3.3.1. Structural Results

Table 3.3.1.1. Values					
Name	Figure	Scope	Minimum	Maximum	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	A1.4 , A1.5	"TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400"	7.87 MPa	996.56 MPa	None

- Convergence tracking not enabled.

Figure A1.4. "Equivalent Stress" Contours

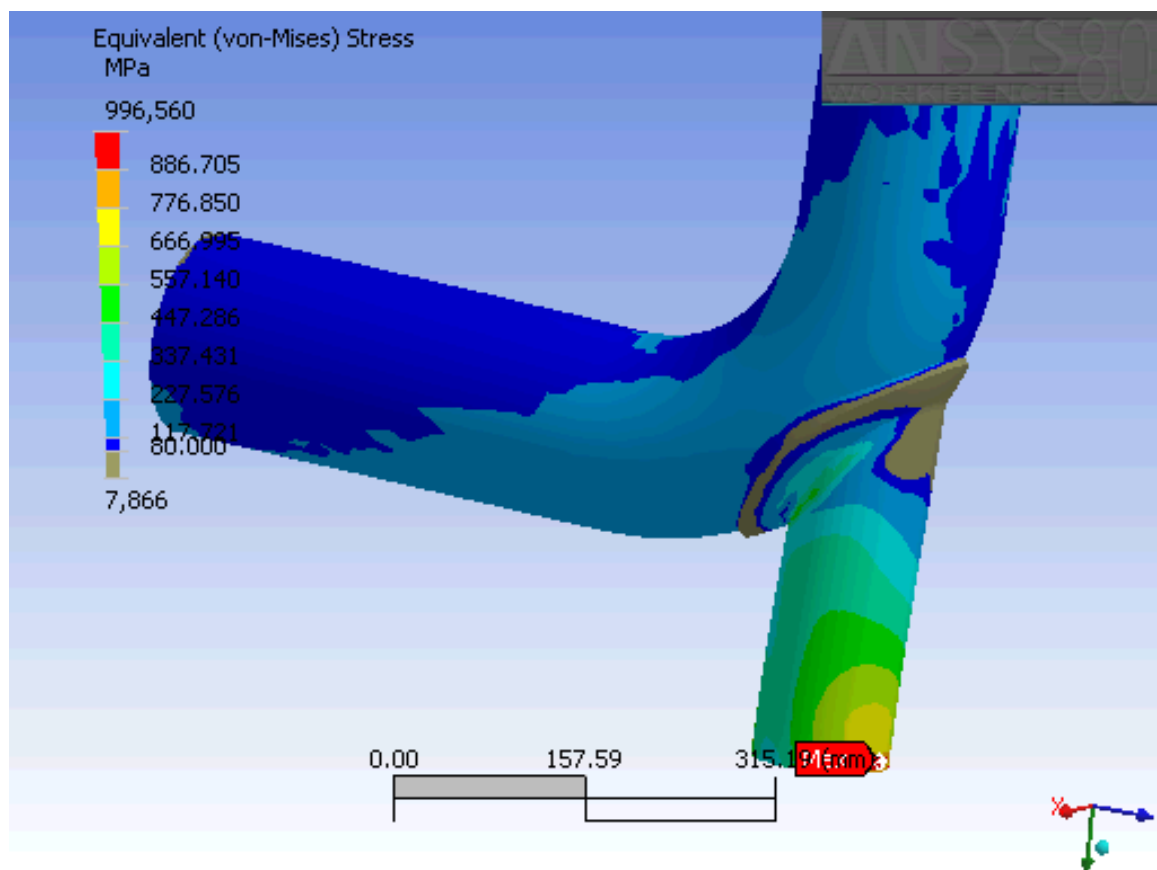
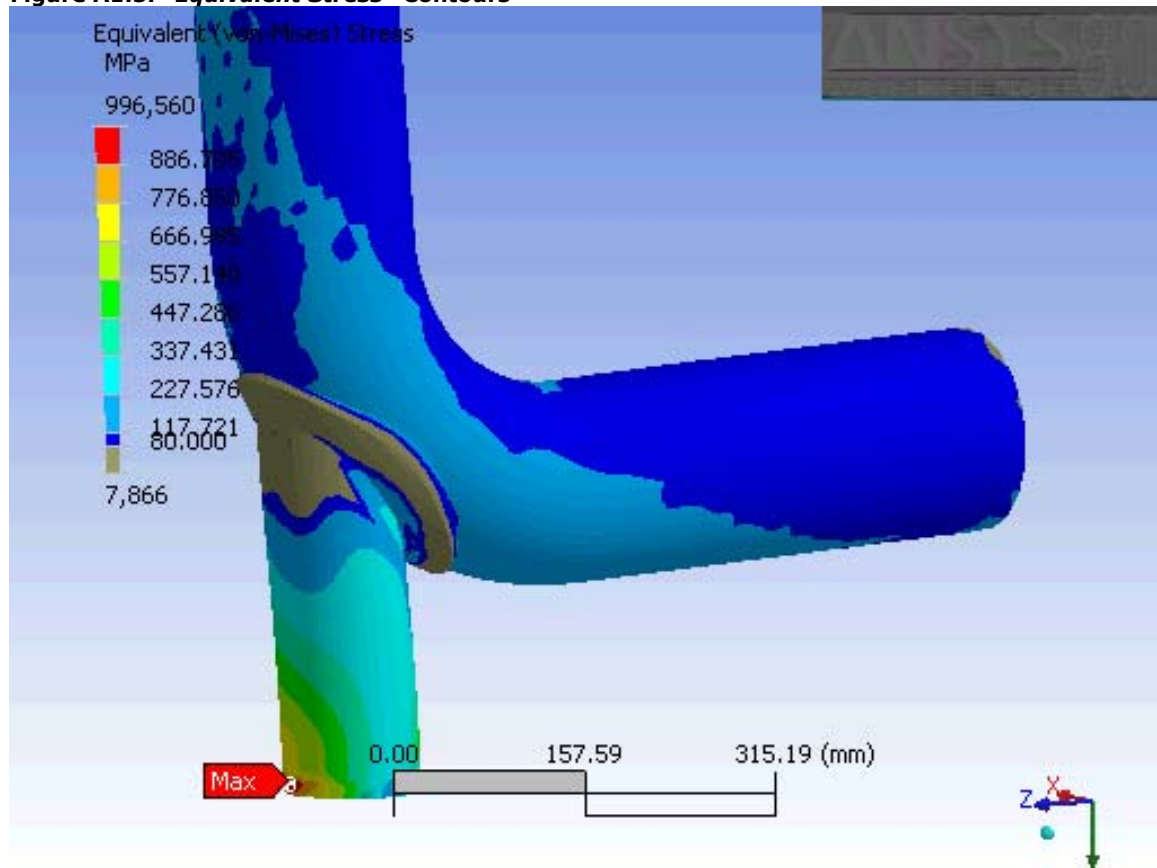


Figure A1.5. "Equivalent Stress" Contours



4. Scenario 2

4.1. "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400"

"TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" obtains geometry from the Iges part "K:\Student\S111738\Aker Kværner 2004\Prosjekt\ANSYS\TS-01\TS-01-100-4 Sch 40\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400\TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400.igs".

- The [bounding box](#) for the model measures 194.35 by 862.76 by 712.76 mm along the global x, y and z axes, respectively.
- The model weighs a total of 38.66 kg.

Table 4.1.1. Bodies						
Name	Material	Bounding Box (mm)	Mass (kg)	Volume (mm ³)	Nodes	Elements
"Part 1"	"Structural Steel"	194.35, 862.76, 712.76	38.66	4.92×10^6	27254	13550

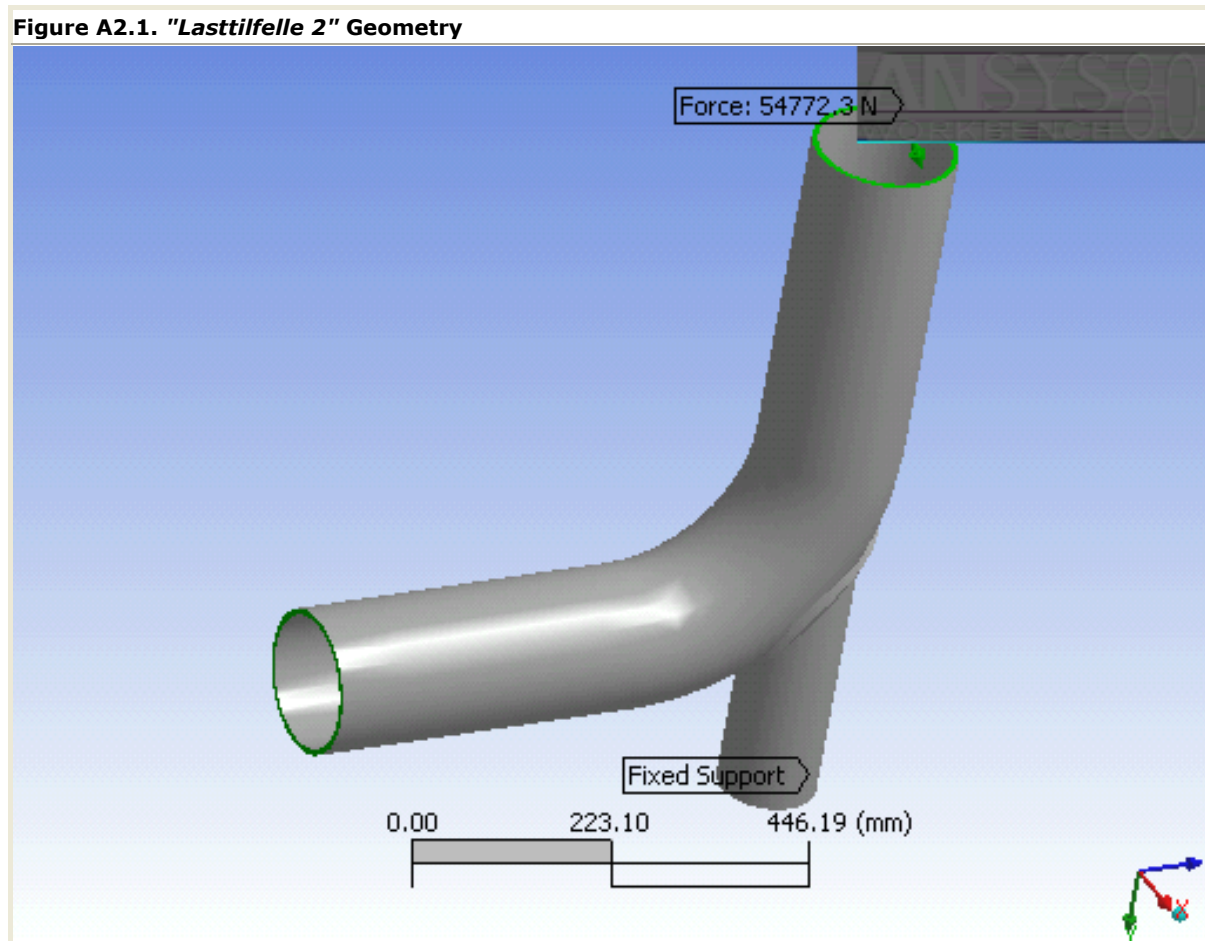
4.1.1. Mesh

- "Mesh"(Figure [A1.2](#)) , associated with "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" has an overall relevance of 0.
- "Mesh" contains 27254 nodes and 13550 elements.

Table 4.1.1.1. Mesh			
Name	Definition	Value	Associated Bodies
"Refinement"	Refinement Loops	2.0	"Part 1"

4.2. "Lasttilfelle 2"

"Lasttilfelle 2"(Figure [A2.1](#)) contains all loading conditions defined for "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" in this scenario.



The following tables list local loads and supports applied to specific geometry.

4.2.1. Structural Loading

Table 4.2.1.1. Structural Loads

Name	Type	Magnitude	Vector	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector
"Force"	Surface Force	54,772.26 N	[10,000.0 N x, 50,000.0 N y,20,000.0 N z]	N/A	N/A	N/A	N/A

4.2.2. Structural Supports

Table 4.2.2.1. Structural Supports

Name	Type	Reaction Force	Reaction Force Vector	Reaction Moment	Reaction Moment Vector
"Fixed Support"	Fixed Surface	54,772.26 N	[-10,000.0 N x, -50,000.0 N y, -20,000.0 N z]	7.76×10^6 N·mm	[-4.54×10 ⁶ N·mm x, 3.1×10 ⁶ N·mm y, -5.47×10 ⁶ N·mm z]

4.3. "Solution"

"Solution" contains the calculated response for "TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400" given loading conditions defined in "Lasttilfelle 2".

It was selected that the program would choose the solver used in this solution.

4.3.1. Structural Results

Table 4.3.1.1. Values

Name	Figure	Scope	Minimum	Maximum	Alert Criteria
"Equivalent Stress"	A2.2 , A2.3	"TS-01-100-4 Sch 40 C lang 400"	1.12 MPa	363.85 MPa	None

- Convergence tracking not enabled.

Figure A2.3. "Equivalent Stress" Contours

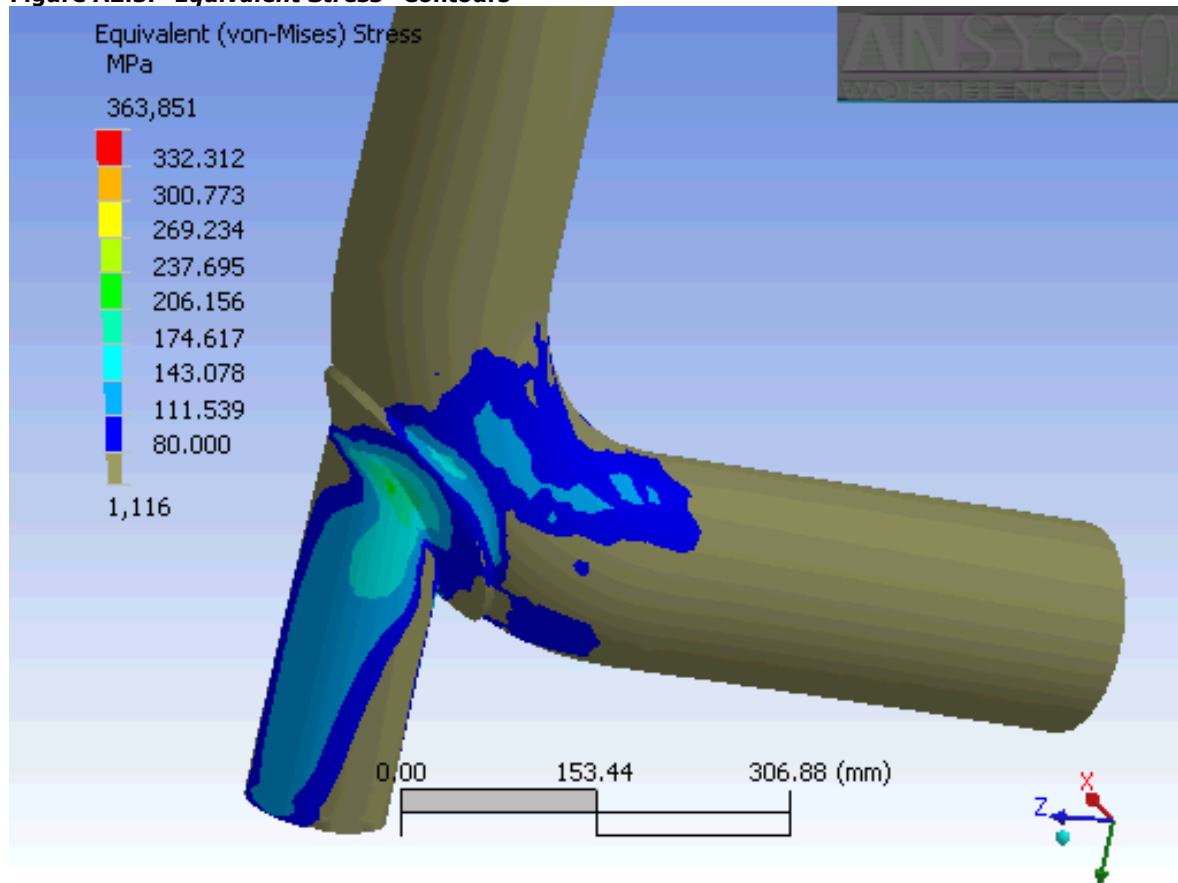
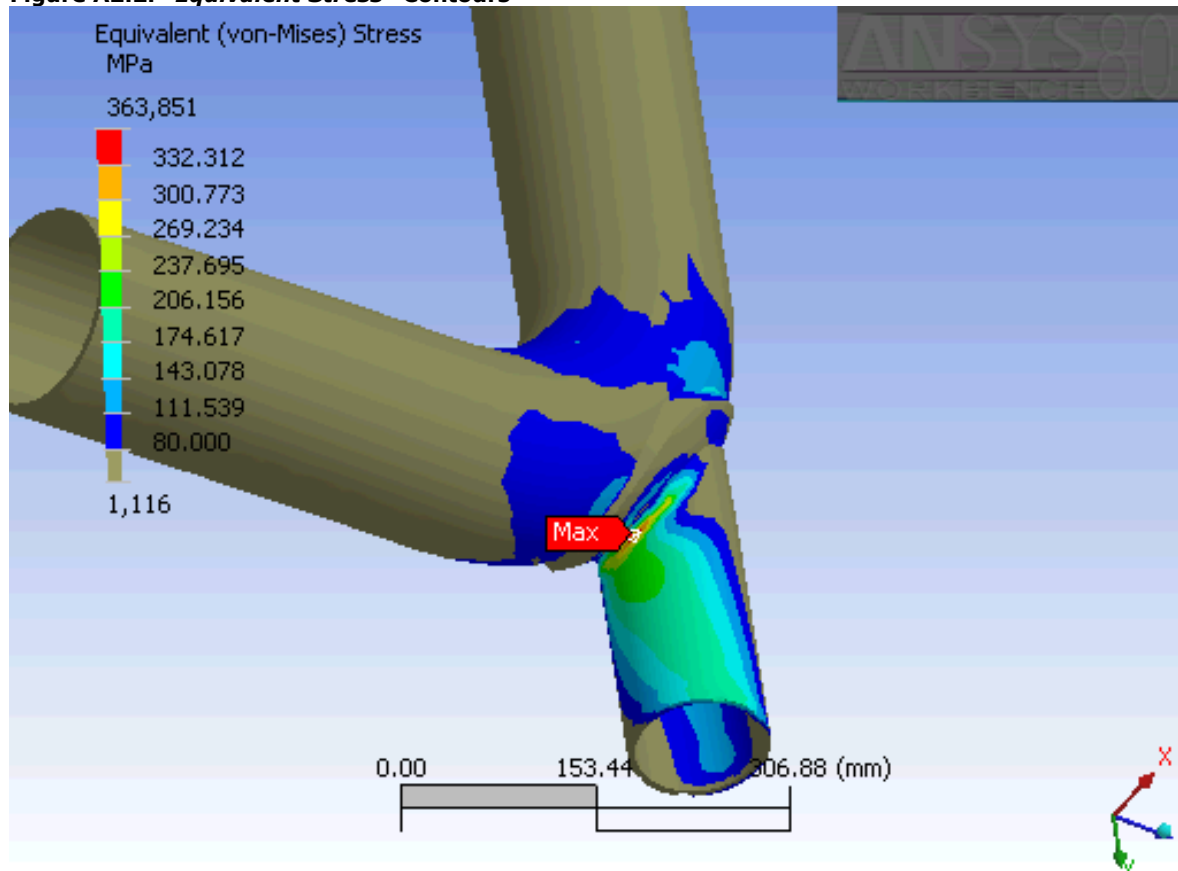


Figure A2.2. "Equivalent Stress" Contours



Appendixes

A1. Definition of "Structural Steel"

Table A1.1. "Structural Steel" Properties		
Name	Type	Value
Modulus of Elasticity	Temperature-Independent	200,000.0 MPa
Poisson's Ratio	Temperature-Independent	0.3
Mass Density	Temperature-Independent	7.85×10^{-6} kg/mm ³
Coefficient of Thermal Expansion	Temperature-Independent	1.2×10^{-5} 1/°C
Thermal Conductivity	Temperature-Independent	0.06 W/mm·°C
Specific Heat	Temperature-Independent	434.0 J/kg·°C

Table A1.2. "Structural Steel" Stress Limits		
Name	Type	Value
Tensile Yield Strength	Temperature-Independent	250.0 MPa
Tensile Ultimate Strength	Temperature-Independent	460.0 MPa
Compressive Yield Strength	Temperature-Independent	250.0 MPa
Compressive Ultimate Strength	Temperature-Independent	0.0 MPa

A2. Glossary

Alert Criteria

Alerts cause ANSYS to flag results that exceed minimum or maximum allowable values.

Bonded Contact

Prevents contacting regions on selected faces from sliding or separating. "Glues" the faces together.

Bounding Box

A three-dimensional cube aligned to the global x, y and z axes that exactly contains a body or assembly.

Convergence Tracking

Convergence tracking causes ANSYS to iteratively refine the solution until the criteria for allowable change in the result is met or the maximum number of loops is exhausted.

Frictionless Contact

Models standard nonlinear unilateral contact. Allows free sliding and gaps to form at contact interface.

No Separation

Prevents contacting regions on selected faces from separating. Frictionless sliding may occur.

Relevance

Defines the acceptable accuracy for a body and values the importance of bodies in an assembly. The relevance range extends from -100 to +100, where -100 implies maximum software speed and +100 implies maximum accuracy in calculating results.

Rough Contact

Nonlinear contact that allows gaps to form at contact interface but does not allow sliding (infinite coefficient of friction).

Scope

Filters a result to selected geometry. If combined with convergence tracking, focuses refinement activity on the selected geometry.

Visible

A user preference that controls the visibility of bodies in figures in this report. Unlike suppressed bodies, invisible bodies are fully considered in the calculation of results.

A3. Distributing This Report

The following table lists the files that you need to include for posting this report to an Internet or Intranet web server or for moving this report to a different location. Store all files in the same folder as the HTML page.

This report was originally generated in the folder "C:\Documents and Settings\s111197\Application Data\Ansys\v80\".

Table A5.1. Files Included In This Report	
File Name	Description
"DSReport.htm"	This HTML page.
"StyleSheet.css"	The Cascading Style Sheet used to format the HTML page.
"hio-logo_symbol-4.bmp"	The Company image displayed at the top of the title page.
"AnsCompanyLogo.gif"	The ANSYS image displayed at the top of the title page.
"DS0001.png"	Figure A1.1. "Geometry" Geometry
"DS0002.png"	Figure A1.2. "Mesh" Geometry
"DS0003.png"	Figure A1.3. "Lasttilfelle 1" Geometry
"DS0004.png"	Figure A1.4. "Equivalent Stress" Contours
"DS0005.png"	Figure A1.5. "Equivalent Stress" Contours
"DS0006.png"	Figure A2.1. "Lasttilfelle 2" Geometry
"DS0007.png"	Figure A2.2. "Equivalent Stress" Contours
"DS0008.png"	Figure A2.3. "Equivalent Stress" Contours

Trunnion Calculation

Vedlegg 9

Vedlegg 9.1

Sjekkliste

Supporttype: TS-01-100-4 Sch 40 C Lang 400

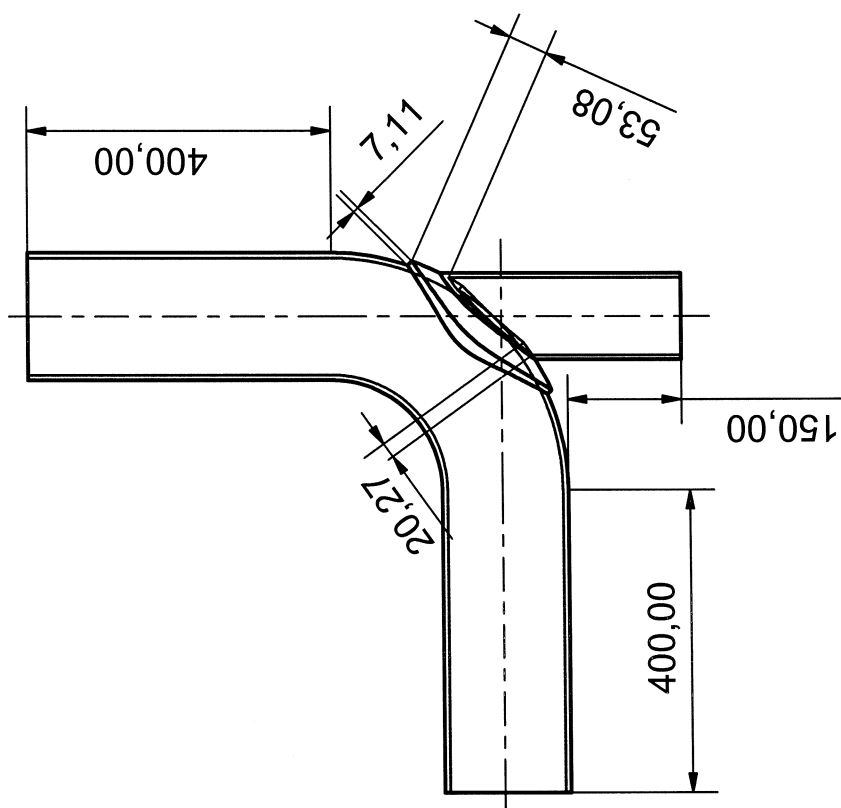
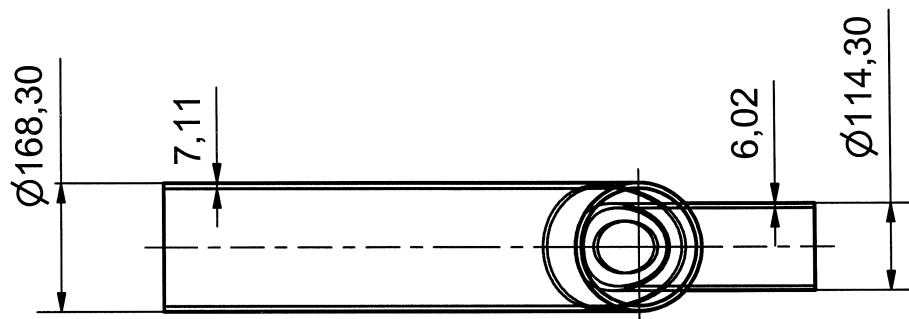
Nr.:	Handling	Beskrivelse	Verdi	Enhet	Utført Dato	Kontrollert Dato
1	Velge prosjekt/ opprette nytt prosjekt	Riktig fil/ riktig navn			EH	
2	Velge IGS fil	Riktig fil fra Inventor			EH	
3	Velge enheter	mm-kg-s-oC			EH	
4	Geometri	Er geometrien riktig			EH	
5	Meshing	God nok utnyttelse av lisensen			EH	
6	Refinement	Øke nettet rundt kritiske områder			EH	
7	Trykkrefter	Riktig trykk jfr. Lasttilfelle 1	10 MPa		EH	
8	Krefter i rørets lengderetn, FL	Riktig kraft jfr. Lasttilfelle 1	20000 N		EH	
9	Krefter normalt på rør/trunnion, FC	Riktig kraft jfr. Lasttilfelle 1	10000 N		EH	
10	Krefter i trunnionens lengderetn, FA	Riktig kraft jfr. Lasttilfelle 1	-40000 N		EH	
11	Plassering av kreftene	Arealene på endeflatene av rør, og innvendig bunn av rør			EH	
12	Innspenning	Fast innspent			EH	
13	Plassering av innspenning	I bunnen av trunnion			EH	
14	Duplicat Environment	Kjøre begge lasttilfeller			EH	
15	Trykkrefter	Riktig trykk jfr. Lasttilfelle 2	0 MPa		EH	
16	Krefter i rørets lengderetn, FL	Riktig kraft jfr. Lasttilfelle 2	20000 N		EH	
17	Krefter normalt på rør/trunnion, FC	Riktig kraft jfr. Lasttilfelle 2	10000 N		EH	
18	Krefter i trunnionens lengderetn, FA	Riktig kraft jfr. Lasttilfelle 2	-50000 N		EH	
19	Solution	Velge Stress Equivalent (von Mises)			EH	
20	Solve	Kjør beregning			EH	
21	Convergens	Sjekke om meshingen er god nok			—	
22	Justert synsvinkelen før rapport	Oversiktlig, størst zoom, få fram detaljer			EH	07.05
23	Spenningsverdier	Sett på verdier på spenningene på spesielle punkter			EH	
24	Spenningsskalaen	Juster spenningskalaen slik at den går fra 80 MPa			EH	06.05
25	Overfør bildene	Overfør bildene til PowerPoint			EH	07.05
26	Rapport	Generer rapport			EH	
27	Materialelegskaper	Legge inn riktige materialdata			EH	06.05
28	Elementtyper	Finne ut hvilke elementtyper som er bruk vha Ansys Classic			EH	07.05

Trunnion Calculation

Vedlegg 10

Vedlegg 10.1

Tegning



Designed by Erik Hauglin	Checked by	Approved by - date	Date 15.04.2004	Scale 1:10
høgskolen i oslo Maskiningeniørutdanningen				
Trunnion TS-01-100-4Sch 40 type C Lang 400			Edition 1 / 1	Sheet 1 / 1

Trunnion Calculation

Vedlegg 11

Vedlegg 11.1	Statistisk analyse last 1
Vedlegg 11.2	Statistisk analyse last 2
Vedlegg 11.3	TS-01 Spenningsavvik A, B mot TC
Vedlegg 11.4	TS-01 Spenningsavvik B mot C
Vedlegg 11.5	TS-03 Spenningsavvik mot A, B mot TC
Vedlegg 11.6	TS-03 Spenningsavvik B,B2 mot C, C2
Vedlegg 11.7	Samletabell resultater TS-01
Vedlegg 11.8	Samletabell resultater TS-03

Statistisk analyse av trunnion TS-01, simulert trunnion B mot C

Avlesningssted: Trunnion/Rør

Last 1

Konfidenskoeffisient 90%

Dimensjoner	B	C	B/C-1	B/C-1
TS-01-500-20 Sch 40	800	760	0,05	
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	860	560	0,54	0,106
TS-01-500-24-24 Sch 40	530	520	0,02	0,052
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	440	430	0,02	0,046
TS-01-300-12 Sch 40	700	760	-0,08	#I/T
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	760	690	0,10	0,195
TS-01-200-8 Sch 40	780	710	0,10	0,038
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	580	710	-0,18	1,564
TS-01-200-10-10 Sch 40	510	491	0,04	1,252
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	437	420	0,04	0,719
TS-01-100-4 Sch 40	670	551	0,22	-0,183
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	600	540	0,11	0,536
TS-01-100-6-6 Sch 40	580	390	0,49	1,479
TS-01-100-6-6 Sch 40 Lang	680	670	0,01	14
				Konfidenskoeffisient(90,0%) 0,092

T-Test: Gjennomsnitt for to parvise utvalg

	B	C
Gjennomsnitt	637,63	585,79
Varsians	17931,35	16692,67
Observasjoner	14,00	14,00
Pearson-korrelasjon	0,69	
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	14,00	
fg	13,00	
t-Stat	1,37	
P(T<=t) ensidig	0,10	
T-kritisk, ensidig	1,35	
P(T<=t) tosidig	0,19	
T-kritisk, tosidig	1,77	

Forhold i Mpa 14
Resultat i % 3,525479832

Her ser vi at B i gjennomsnitt har 10,5% høyere verdi.
Med en nedre konfidensgrense på 3,5%.
Vi har da valgt et konfidensnivå på 90%

Statistisk analyse av trunnion TS-01, simulert trunnion B mot C
 Avlesningssted: Trunnion/Rør

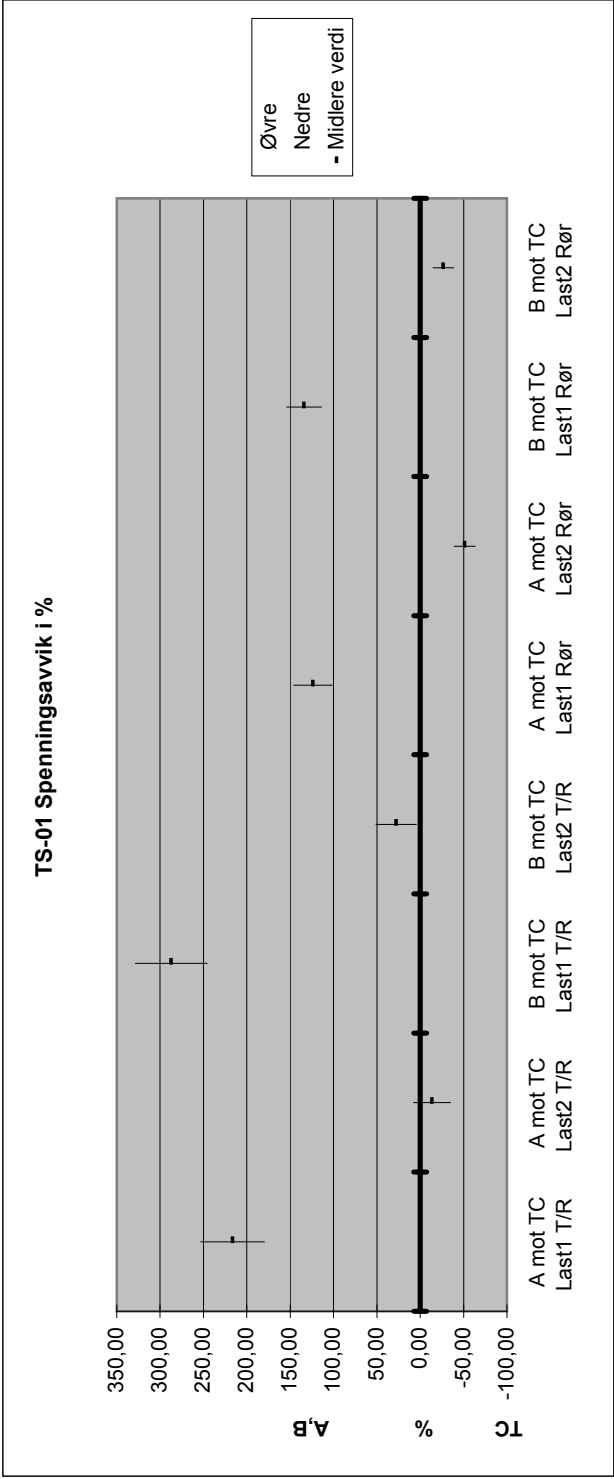
Last 2		Konfidenskoeffisient 90%		
Dimensjoner	B	C	B/C-1	
TS-01-500-20 Sch 40	135	129	0,05	
TS-01-500-20 Sch 40 Lang	200	145	0,38	
TS-01-500-24-24 Sch 40	110	100	0,10	
TS-01-500-24-24 Sch 40 Lang	150	120	0,25	
TS-01-300-12 Sch 40	200	170	0,18	
TS-01-300-12 Sch 40 Lang	300	280	0,07	
TS-01-200-8 Sch 40	210	180	0,17	
TS-01-200-8 Sch 40 Lang	250	240	0,04	
TS-01-200-10-10 Sch 40	185	159	0,16	
TS-01-200-10-10 Sch 40 Lang	305	280	0,09	
TS-01-100-4 Sch 40	220	160	0,38	
TS-01-100-4 Sch 40 Lang	480	320	0,50	
TS-01-100-6-6 Sch 40	208	200	0,04	
TS-01-100-6-6 Sch 40 Lang	440	445	-0,01	

T-Test: Gjennomsnitt for to parvise utvalg

	B	C
Gjennomsnitt	242,35	209,15
Varsians	11540,73	8977,06
Observasjoner	14,00	14,00
Pearson-korrelasjon	0,93	
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	18,00	
fg	13,00	
t-Stat	1,40	
P(T<=t) ensidig	0,09	
T-kritisk, ensidig	1,35	
P(T<=t) tosidig	0,19	
T-kritisk, tosidig	1,77	

Forhold i Mpa 18
Resultat i % 11,53806751

Her ser vi at B i gjennomsnitt har 17% høyere verdi.
 Med en nedre konfidensgrense på 11,5%.
 Vi har da valgt et konfidensnivå på 90%

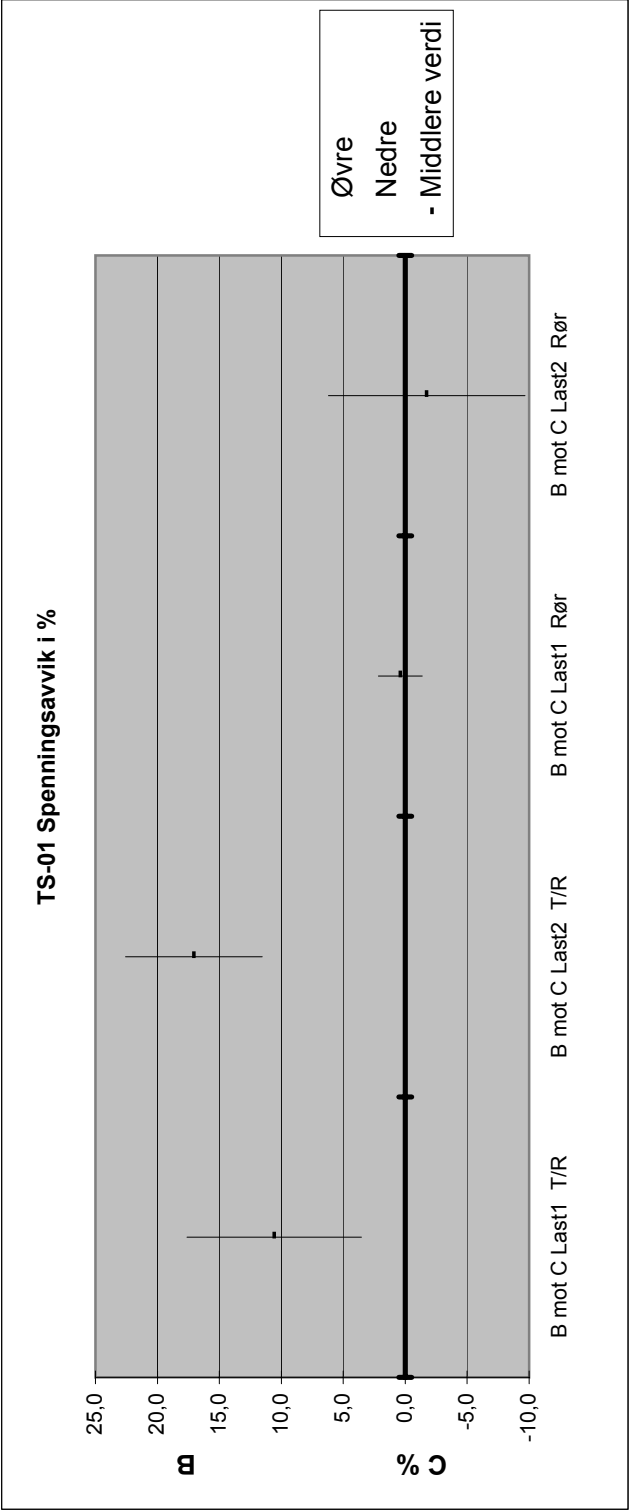


De lodrette strekene representerer konfidensintervall for det prosentvise avviket mellom de sammenlignede modellene. Verdien i diagrammet viser det prosentvise avviket mellom disse modellene. Man kan med 80 % sikkerhet si at det virkelige avviket ligger innenfor dette konfidensintervallet. I tillegg kan man med 90 % sikkerhet si at det virkelige avviket er større enn den nedre grensen (grensen inn mot 0%) i konfidensintervallet. Er verdien over 0% har B størst spenning, er verdien under 0% har C størst spenning. Hvor linja krysser 0% kan det ikke sies noe om hvilken som gir høyest spenning.

TS-01													
Sammenligning	A mot TC	A mot TC	B mot TC	A mot TC	A mot TC	B mot TC	B mot TC	A mot TC	B mot TC	B mot TC	B mot TC	B mot TC	B mot TC
Type last	Last1 T/R	Last2 T/R	Last1 T/R	Last2 T/R	Last1 T/R	Last2 T/R	Last1 Rør	Last2 Rør	Last1 Rør	Last2 Rør	Last1 Rør	Last2 Rør	Last2 Rør
Avlesnings sted	Øvre	253,18	7,66	328,67	51,12	146,04	-39,02	154,14	-14,70	-14,70	-14,70	-14,70	-14,70
	Nedre	179,72	-35,21	245,85	4,39	101,59	-63,37	113,64	-38,70	-38,70	-38,70	-38,70	-38,70
	Midlere verdi	216,45	-13,78	287,26	27,76	123,81	-51,19	133,89	-26,70	-26,70	-26,70	-26,70	-26,70

T/R = Trunnion/Rør

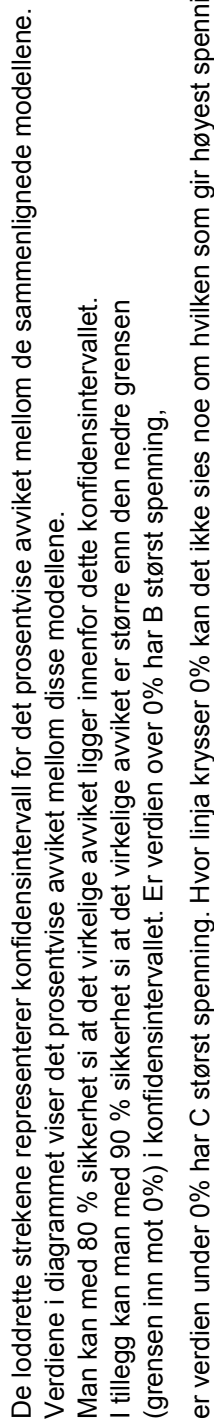
TC = Trunnion Calculation



De lodrette strekene representerer konfidensintervall for det prosentvise avviket mellom de sammenlignede modellene. Verdiene i diagrammet viser det prosentvise avviket mellom disse modellene. Man kan med 80 % sikkerhet si at det virkelige avviket ligger innenfor dette konfidensintervallet. I tillegg kan man med 90 % sikkerhet si at det virkelige avviket er større enn den nedre grensen (grensen inn mot 0%) i konfidensintervallet. Er verdien over 0% har B størst spenning, er verdien under 0% har C størst spenning. Hvor linja krysser 0% kan det ikke sies noe om hvilken som gir høyest spenning.

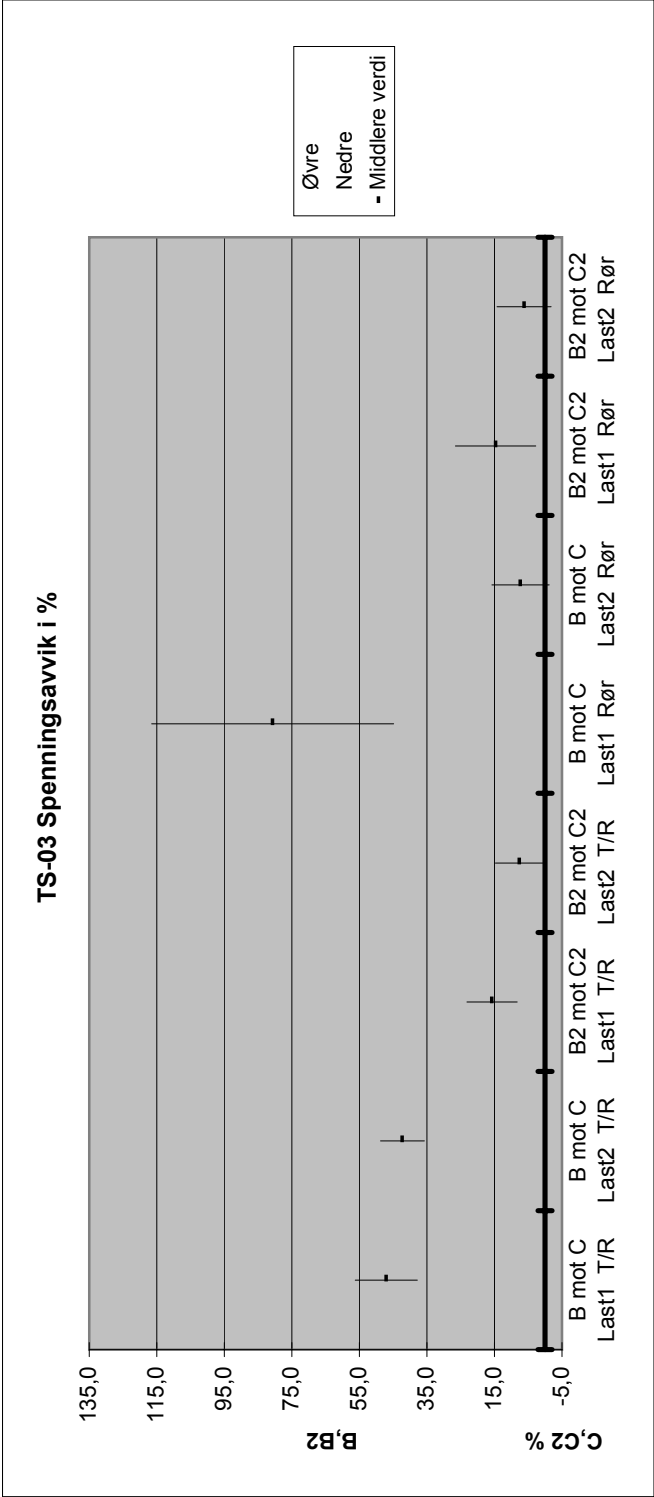
TS-01				
Sammenligning				
Type last	B mot C	B mot C	B mot C	B mot C
Avlesnings sted	Last1	Last2	Last1	Last2
Øvre	17,6	22,6	2,2	6,2
Nedre	3,5	11,5	-1,4	-9,7
Middlere verdi	10,6	17,1	0,4	-1,7

T/R = Trunnion/Rør

[illegible]

T/R = Trunnion/Rør

→ $TC = \text{Trunnion Calculation}$



De lodrette strekene representerer konfidensintervall for det prosentvise avviket mellom de sammenlignede modellene. Verdiene i diagrammet viser det prosentvise avviket mellom disse modellene. Man kan med 80 % sikkerhet si at det virkelige avviket ligger innenfor dette konfidensintervallet. I tillegg kan man med 90 % sikkerhet si at det virkelige avviket er større enn den nedre grensen (grensen inn mot 0%) i konfidensintervallet. Er verdien over 0% har B størst spenning, er verdien under 0% har C størst spenning. Hvor linja krysser 0% kan det ikke sies noe om hvilken som gir høyest spenning.

TS-03											
Sammenligning		B mot C		B mot C2		B mot C Last1		B mot C Last2		B2 mot C2	
Avlesnings sted		Last1 T/R		Last2 T/R		Rør		Rør		Last2 Rør	
Type last		Last1 T/R		Last1 T/R		Last2 T/R		Last2 T/R		Last2 Rør	
Øvre		56,3		48,8		23,2		14,7		14,2	
Nedre		37,9		35,8		8,3		0,6		-1,8	
Middlere verdi		47,1		42,3		15,7		7,7		6,2	
T/R = Trunnion/Rør											

Trunnionsupport i bend (TS-01) last 1 og last 2, spenninger avlest i røret

90 % konfidensgrense	Uten doblingsplate(A) last 1	Doblingsplate B last 1	Doblingsplate C last 1	Trunnion Calculation 1.1 last 1	Uten doblingsplate(A) last 2	Doblingsplate B last 2	Doblingsplate C last 2	Trunnion Calculation 1.1 last 2
Uten doblingsplate (A) last 1	—	—	—	A 101,6 % høyere enn TC	—	—	—	—
Doblingsplate B last 1	—	—	IG	B 113,6 % høyere enn TC	—	—	—	—
Doblingsplate C last 1	—	IG	—	—	—	—	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 1	A 101,6 % høyere enn TC	B 113,6 % høyere enn TC	—	—	—	—	—	—
Uten doblingsplate (A) last 2	—	—	—	—	—	—	—	TC 63,4 % høyere enn A
Doblingsplate B last 2	—	—	—	—	—	—	IG	TC 38,7 % høyere enn B
Doblingsplate C last 2	—	—	—	—	—	IG	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 2	—	—	—	—	TC 63,4 % høyere enn A	TC 38,7 % høyere enn B	—	—

Dersom det påvises en forskjell, kan vi med 90 % sikkerhet si at den virkelige forskjellen er lik den oppgitte verdi eller større. Spenningene fra trunnionsupport med dblingsplate C og Trunnion Calculation brukes som referanse

IG: Analysen kan ikke påvise forskjell

—: Ikke kjørt beregning

Trunnionsupport i bend (TS-01) last 1 og last 2, spenninger avlest i overgangen trunnion/rør

90 % konfidensgrense	Uten doblingsplate(A) last 1	Doblingsplate B last 1	Doblingsplate C last 1	Trunnion Calculation 1.1 last 1	Uten doblingsplate(A) last 2	Doblingsplate B last 2	Doblingsplate C last 2	Trunnion Calculation 1.1 last 2
Uten doblingsplate (A) last 1	—	—	—	A 179,7 % høyere enn TC	—	—	—	—
Doblingsplate B last 1	—	—	B 3,5 % høyere enn C	B 245,9 % høyere enn TC	—	—	—	—
Doblingsplate C last 1	—	B 3,5 % høyere enn C	—	—	—	—	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 1	A 179,7 % høyere enn TC	B 245,9 % høyere enn TC	—	—	—	—	—	—
Uten doblingsplate (A) last 2	—	—	—	—	—	—	—	IG
Doblingsplate B last 2	—	—	—	—	—	—	B 4,4 % høyere enn C	B 11,5 % høyere enn TC
Doblingsplate C last 2	—	—	—	—	—	B 11,5 % høyere enn C	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 2	—	—	—	—	IG	B 4,4 % høyere enn TC	—	—

Dersom det påvises en forskjell, kan vi med 90 % sikkerhet si at den virkelige forskjellen er lik den oppgitte verdi eller større. Spenningene fra trunnionsupport med dblingsplate C og Trunnion Calculation brukes som referanse

IG: Analysen kan ikke påvise forskjell

—: Ikke kjørt beregning

Trunnionsupport på rett rør (TS-03) last 1 og last 2, spenninger avlest i røret

90 % konfidens- grense	Uten doblings- plate (A) last 1	Doblings -plate B last 1	Doblings -plate C last 1	Doblings- splate B2 last 1	Doblings- splate C2 last 1	Trunnion Calculation 1.1 last 1	Uten doblings- plate (A) last 2	Doblings -plate B last 2	Doblings- splate C last 2	Doblings -plate B2 last 2	Doblings -plate C2 last 2	Trunnion Calculation 1.1 last 2
Uten doblingsplate (A) last 1	—	—	—	—	—	TC 12,2 % høyere enn A	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate B last 1	—	—	B 44,9 % høyere enn C	—	—	B 16,1 % høyere enn TC	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate C last 1	—	B 44,9 % høyere enn C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate B2 last 1	—	—	—	—	B 2,8 % høyere enn C	IG	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate C2 last 1	—	—	—	B 2,8 % høyere enn C	—	—	—	—	—	—	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 1	TC 12,2 % høyere enn A	B 16,1 % høyere enn C	—	IG	—	—	—	—	—	—	—	—
Uten doblingsplate (A) last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TC 42,4 % høyere enn A
Doblingsplate B last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	IG	—	—	IG
Doblingsplate C last 2	—	—	—	—	—	—	—	IG	—	—	—	—
Doblingsplate B2 last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IG	IG
Doblingsplate C2 last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	IG	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 2	—	—	—	—	—	—	TC 42,4 % høyere enn A	IG	—	IG	—	—

Dersom det påvises en forskjell, kan vi med 90 % sikkerhet si at den virkelige forskjellen er lik den oppgitte verdi eller større. Spenningene fra trunnionsupport med doblingsplate C og Trunnion Calculation brukes som referanse. IG: Analysen kan ikke påvise forskjell, — Ikke kjørt beregning

Trunnionsupport på rett rør (TS-03) last 1 og last 2, spenninger avlest i overgangen trunnion/rør

90 % konfidens- grense	Uten doblings- plate (A) last 1	Doblings- plate B last 1	Doblings- plate C last 1	Doblings- plate B2 last 1	Doblings- plate C2 last 1	Trunnion Calculation 1.1 last 1	Uten doblings- plate (A) last 2	Doblings- plate B last 2	Doblings- plate C last 2	Doblings- plate B2 last 2	Doblings- plate C2 last 2	Trunnion Calculation 1.1 last 2
Uten doblingsplate (A) last 1	—	—	—	—	—	TC 31,4% høyere enn A	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate B last 1	—	—	B 37,9 % høyere enn C	—	—	Ingen forskjell	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate C last 1	—	B 37,9 % høyere enn C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate B2 last 1	—	—	—	—	B 8,3 % høyere enn C	TC 42,2 % høyere enn B	—	—	—	—	—	—
Doblingsplate C2 last 1	—	—	—	B 8,3 % høyere enn C	—	—	—	—	—	—	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 1	TC 31,4% høyere enn A	Ingen forskjell	—	TC 42,2 % høyere enn B	—	—	—	—	—	—	—	—
Uten doblingsplate (A) last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	TC 33,7 % høyere enn A
Doblingsplate B last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	B 35,8 % høyere enn C	—	—	B 43,3 % høyere enn TC
Doblingsplate C last 2	—	—	—	—	—	—	—	B 35,8 % høyere enn C	—	—	—	—
Doblingsplate B2 last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B 0,6 % høyere enn C	IG
Doblingsplate C2 last 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B 0,6 % høyere enn C	—	—
Trunnion Calculation 1.1 last 2	—	—	—	—	—	—	TC 33,7 % høyere enn A	B 43,3 % høyere enn TC	—	IG	—	—

Dersom det påvises en forskjell, kan vi med 90 % sikkerhet si at den virkelige forskjellen er lik den oppgitte verdi eller større. Spenningene fra trunnionsupport med doblingsplate C og Trunnion Calculation brukes som referanse IG: Analysen kan ikke påvise forskjell, —. Ikke kjørt beregning

Trunnion Calculation

Vedlegg 12

Vedlegg 12.1	Møtereferat 09.01.04
Vedlegg 12.2	Møtereferat 12.01.04
Vedlegg 12.3	Møtereferat 13.02.04
Vedlegg 12.4	Møtereferat 19.03.04
Vedlegg 12.5	Møtereferat 14.04.04

Møtereferat

Sted/ Dato

Lysaker, Aker Kværner Engineering 09.01.04

Til stede

Per Erik Thoresen, Per Arne Aarvik, Edvin Wibetoe, Erik Hauglin

Innhold på møtet

- Kort presentasjonsrunde av møtedeltagerene
- Gjennomgang av oppgaven
 - Utlevert detaljer om support i bend/ rett rør
 - Utlevert brukermanual til opprinnelig beregningsprogram
- Tom Kristensen overtar som kontaktperson hos Aker Kværner
- Aker Kværner skal prøve å skaffe en lisens til det opprinnelige beregningsprogrammet.
- Kort muntlig fremføring ca en uke før 28. Mai

Gjøres til neste møte

- Få oversikt over oppgaven
 - Lage tidsplan/framdriftsplan/aktivitetsplan
 - Work Breakdown Structure (WBS)
 - Functional Design Specification (FDS)
 - Helt konkret hva oppgaven går ut på
 - Spenninger i rørveggen
 - Valgte løsninger
 - Program til beregning
 - Valgte standarder
 - Mulig å bruke ASME B31.3 fra 1990?
 - Evt revisjoner siden 1990 av ASME B31.3
 - Metodikken
 - Hvilke formler skal brukes?
 - Hvilke program til spenningsberegning
 - Avgrensninger

Neste møte

30.01.04, Maries vei

Møteinnkalling vil bli utsendt.

Referent

Erik

Møtereferat

Sted/ Dato

HiO 12.01.04

Til stede

Olav, Erik

Innhold på møtet

Begynte å dele opp prosjektet i aktiviteter (se Excel dokument aktiviteter)

Satt opp avgrensninger (Se Word dokument Avgrensninger)

Fordelt ansvaret for skriving av CTR ark for en del aktiviteter (Se Excel dokument CTR oversikt)

Gjøres til neste møte

Edvin sender mail til Kværner, og ber om svar på følgende spørsmål

- Skal programmet ha norsk og engelsk versjon?
- Finnes det norskbrukermanual til eksisterende program?

Andre spørsmål som tas senere

- Hva skal dokumenteres, f eks av spenninger i veggen?
- Er det mulig med en tur til en oljeplattform?

Uklarheter rundt de forskjellige aktivitetene skal klarlegges av den som skriver CTR ark for aktiviteten.

Neste møte

Mandag 19.01.04 kl 1210

Referent

Erik

Møtereferat

Sted/ Dato

HiO 13.02.04

Til stede

Espen Thorvaldsen, Robert Walla, Olav Wollebæk, Erik Hauglin, Edvin Wibetoe

Innhold på møtet

Diskuterte ulike beregninger som var blitt gjennomført i Ansys. Kom frem til ulike forbedringer som skal gjøres til neste gang. Blant annet å gjøre et forsøk på å lage en slags sveisekant langs padden, både langs utvendig og innvendig kant. Håper på mer riktig bilde av virkeligheten. Ble også diskutert løsning med en firkantet pad, skal lage en slik også for å se om det er en like god løsning. Fikk også en del retningslinjer på krefter som skal legges på. Det holder ikke med 4kN som vi har brukt, men må antageligvis opp mot 20kN, eller mer. Fikk utdelt en tabell over "Tillatt spenning" for forskjellige materialer, og en Ak-standard. Kom frem til at det ikke er noen mening i å lage en fysisk modell, siden dette er både tidkrevende og utenfor oppgavens område.

Gjøres til neste møte

- Forbedre 3d-modellene som allerede er laget.
- Analysere noen nye eksempler med laster slik at man kommer nærmest mulig det ekstreme, dvs 138Mpa.
- Ta kontakt med EDR for å høre deres anbefalninger om vår fremgangsmåte.
- Tenk på om det skal brukes data/internett under møtet slik at vi får bestilt møterom som har dette.
- Finne en reisedato til Stord. Gi beskjed til Espen eller Robert.

Neste møte på Aker Kværner

Avtales nærmere med Aker Kværner, via e-mail.

Evt spørsmål før neste møte kan mailes Espen og Robert.

Referent

Edvin Wibetoe

Møtereferat

Sted/ Dato

Aker Kværner, Høvik 19.03.04

Til stede

Espen Thorvaldsen, Robert Walla, Per Erik Thoresen, Edvin Wibetoe, Olav Wollebæk, Erik Hauglin

Innhold på møtet

Vi så på bilder av spenningene vi hadde regnet ut til nå. I tillegg så vi på fremdriften og omfanget av oppgaven.

Spenningsbildene:

- Se på resultatene av å øke lengden av oljerøret, f.eks 1 meter på hver side.
- Verifisere at det vi har gjort i ansys (og inventor) er riktig/optimalt. Dette må sjekkes opp med profesjonelle. Generelt alle valg som er gjort/ ikke gjort, elementtyper etc må sjekkes opp.
- Teste flere dimensjoner, minst en mellom 200 og 500.
- Bare konsentrere oss om de sveiste modellene.
- Fylle ut sjekklister for inventor og Ansys
- Sjekke dimensjoner der rør og trunnion er like store.
- Vurdere forskjeller mellom Trunnion Calculation- og Ansysresultater

Omfanget av oppgaven:

- Det ble avgjort at programmeringsdelen faller bort. Dette fordi vi ikke har tid/ mulighet til å lage nye formler. Disse måtte uansett ha vært testet på virkelige modeller, noe vi ikke har tid til.

Ellers ble det bestemt at tur til Stord forsøkes legges til noen av de første dagene etter påske. 2 moduler er nesten ferdige, slik at det er noe å se der.

Gjøres til neste møte

- Legge ut skjema/bilde over dimensjoner/ lengder av inventormodellene slik at Espen/ Robert kan kjøre beregninger på Aker Kværner sitt program, og sammenligne.
- Bestemme dato for Stord- tur.

Neste møte

Avtales ved behov

Referent

Erik Hauglin

Møtereferat

Sted/ Dato

Sandvika, 14.04.04

Til stede

Lars Kallum (EDR), Edvin Wibetoe, Olav Wollebæk, Erik Hauglin.

Innhold på møtet

Vi fikk en innføring i Ansys Workbench, og forklaring på ting vi lurte på. En simulering ble bygget opp fra bunnen. EDR kunne ikke gi noe skriftlig på at det vi hadde gjort så greit ut.

Tips til meshing:

- Prøve å dele modellen opp i flere parter. På denne måten kan man bruke grovere mesh på uinteressante deler. (Kan det deles i parter i inventor?)
- Ved å bruke sweepmesh kan man få bedre mesh enn med freemesh.
- Relevance: grovere mesh < 0 - passe mesh < finere mesh
- Element order High/Low:
 - Low, bare noder i hjørnet på elementet.
 - High, midtnoder i tillegg til hjørnenoder. High gir mye bedre resultat.
- Sjekk elementtype ved å gå inn i Ansys classic. Elementtype skal dokumenteres.
- Convergens sjekker om meshingen er god nok. Ved å kjøre denne kommandoen remesher Ansys kritiske steder og sjekker f eks max spenning. Når grafen flater ut, er meshingen ok.
- Problemer med singularitet kan oppstå ved skarpe kanter. Her blir spenningene uendelig høye, slik at det ikke blir riktig å forfine meshen. Ved konvergens-kommandoen vil ikke kurven konvergere.
- Blir det kontakt mellom pad og rør? Hvorledes er det i virkeligheten kontra vår modell?
- Kan vi utnytte symmetri, ved å kutte røret på langs?
- Sjekklisten virket grei.

Referent

Erik Hauglin

Trunnion Calculation

Vedlegg 13

Vedlegg 13.1

Timeliste Edvin

Vedlegg 13.2

Timeliste Erik

Vedlegg 13.3

Timeliste Olav

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>		Sum timer pr. måned		45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
				01 Jan.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<div>TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT</div> <div>Oppgavens tittel: Trunnion Calculation</div> <div>Student: Edvin Wibetoe</div> <div>Måned:Januar År:2004</div>		OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.		Totalt hittil																				45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	</

[illegible]

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>		<div>TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT</div> <div>Oppgavens tittel: Trunnion Calculation</div> <div>Student: Edvin Wibetoe</div> <div>Måned:Mars År:2004</div>																				Sum timer pr. måned																				
		01 Jan.	02 Feb.	03.mar	04.apr	05.mai	45	31	98																																	
OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.																						Totalt hittil					174															
Aktiviteter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum											
CTR-Ark																															0											
Tidsplan																															0											
B 31.3 Granskning	5	6	6	6																											0											
3D-modellering																															23											
Innspenningsforhold og krefter																															0											
FEM Analysering								6	4	6		6			4	6	3	3				5		3		6		3	3	5	63											
Sammenligning av spenninger																	3	2					3								11											
Statistisk analyse																															0											
Rapportskriving																															0											
Ferdigstillelse																															0											
Møter																				1											0											
Formler																															0											
Diverse																															0											
Kommentarer til timeføring:																																										98

Høgskolen i Oslo

Avdeling for Ingeniørutdanning
Maskin

TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT

Oppgavens tittel: Trunnion Calculation

Student: Edvin Wibetoe

Måned: April År: 2004

OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.

Aktiviteter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum	
CTR-Ark																															0	
Tidsplan																															0	
B 31.3 Granskning																															0	
3D-modellering																															0	
Innspenningsforhold og krefter																															0	
FEM Analysering												6	6	6		3			7	7	3	4				3	3	2	5		59	
Sammenligning av spenninger																3					3	4									13	
Statistisk analyse																															0	
Rapportskriving																															0	
Ferdigstillelse																															0	
Møter																															0	
Formler																															0	
Diverse																										2	2	2	2			8
																															0	
																															0	
																															0	
																															0	
																															0	
																															0	
																															0	
																															0	
Kommentarer til timeføring:																															82	

Høgskolen i Oslo

Avdeling for Ingeniørutdanning
Maskin

TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT

Oppgavens tittel: Trunnion Calculation

Student: Edvin Wibetoe

Måned: Mai År: 2004

OBS! Timer fra tidligere månedstimer lister overføres til denne liste.

Aktiviteter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		Sum	
CTR-Ark																																0	
Tidsplan																																0	
B 31.3 Granskning																																0	
3D-modellering																																0	
Innspenningsforhold og krefter																																0	
FEM Analysering				7																												7	
Sammenligning av spenninger																																0	
Statistisk analyse						4	4	4	2																							14	
Rapportskriving					4	4	4	4	2	10	6	12	10																			52	
Ferdigstillelse													2	7																		9	
Møter																																0	
Formler																																0	
Diverse				2																													2
																																0	
																																0	
																																0	
																																0	
																																0	
Kommentarer til timeføring:																																84	

Høgskolen i Oslo

Avdeling for Ingeniørutdanning
Maskin

TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT

Oppgavens tittel: Trunnion Calculation

Student: Erik Hauglin

Måned: Januar År:2004

OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.

Aktiviteter		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum	
CTR-Ark Tidsplan B 31.3 Granskning 3D-modellering Innspenningsforhold og krefter FEM Analysering Sammenligning av spenninger Statistisk analyse Rapportskriving Ferdigstillelse Møter Formler Diverse														6	3	2				4	1						1					7	
																						1						1				11	
																								7								7	
																					4	1					2	5				15	
																																0	
																														1			1
																																	0
																																	0
																																	0
																																	0
																																	0
																																	0
																																	0
	Kommentarer til timeføring:																																47

Høgskolen i Oslo

Avdeling for Ingeniørutdanning
Maskin

TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT

Oppgavens tittel: Trunnion Calculation

Student: Erik Hauglin

Måned: Mars År: 2004

OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.

Aktiviteter		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Sum	
CTR-Ark Tidsplan B 31.3 Granskning 3D-modellering Innspenningsforhold og krefter FEM Analysering Sammenligning av spenninger Statistisk analyse Rapportskriving Ferdigstillelse Møter Formler Diverse																																	0	
																																	0	
																																	0	
	1	3		2						5			2				3	1	3	4							1						39	
																																	0	
	2	3		2					2				4				3	3	2	3					4	4	3			3	2		40	
																																	0	
																																	0	
																																		0
																																		0
Kommentarer til timeføring:																															80			

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>		<div>TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT</div> <div>Oppgavens tittel: Trunnion Calculation</div> <div>Student: Erik Hauglin</div> <div>Måned:Februar År:2004</div>		OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.																												Sum timer pr. måned				
				Totalt hittil																												105				
		1	2																																01 Jan.	47
CTR-Ark																																			02 Feb.	58
Tidsplan																																				
B 31.3 Granskning																																				
3D-modellering																																				
Innsenningsforhold og krefter																																				
FEM Analysering																																				
Sammenligning av spenninger																																				
Statistisk analyse																																				
Rapportskriving																																				
Ferdigstillelse																																				
Møter																																				
Formler																																				
Diverse																																				

<div><div>Høgskolen i Oslo</div><div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div><div>Maskin</div></div> <div><div>TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT</div><div>Oppgavens tittel: Trunnion Calculation</div><div>Student: Erik Hauglin</div><div>Måned:April År:2004</div></div>		OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.																						Totalt hittil					235				
		Aktiviteter																											Sum				
		CTR-Ark																															
		Tidsplan																															
		B 31.3 Granskning																															
		3D-modellering																															
Innsenningsforhold og krefter																																	
FEM Analysering																																	
Sammenligning av spenninger																																	
Statistisk analyse																																	
Rapportskriving																																	
Ferdigstillelse																																	
Møter																																	
Formler																																	
Diverse																																	
Kommentarer til timeføring:																											50						

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>		TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT																				Sum timer pr. måned		48																		
Oppgavens tittel: Trunnion Calculation		Student: Olav Wollebæk																				01 Jan.																				48
																						02 Feb.																				
																						03.mar																				
																						04.apr																				
																						05.mai																				
Måned:Januar År:2004		OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.																				Totalt hittil					48															
																						22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum											
		Aktiviteter		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		Sum							
		CTR-Ark												6		3	2					4		1										16								
		Tidsplan																								3			2					5								
		B 31.3 Granskning																				4		2										0								
		3D-modellering																									1		3					24								
		Innsenningsforhold og krefter																																0								
		FEM Analysering																													8			0								
		Sammenligning av spenninger																																0								
		Statistisk analyse																																0								
		Rapportskriving																																0								
		Ferdigstillelse																																0								
		Møter																																3								
		Formler																																0								
		Diverse																																0								
		Kommentarer til timeføring:																																					48			

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>		TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT		Oppgavens tittel: Trunnion Calculation		Student: Olav Wollebæk		Måned:Februar År:2004		OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.																				Sum timer pr. måned											
																														01 Jan.	02 Feb.	03.mar	04.apr	05.mai	48	64					
Aktiviteter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Totalt hittil	112										
CTR-Ark																															Sum	0									
Tidsplan		1	2																													3									
B 31.3 Granskning		1			2																											3									
3D-modellering		1	2	4					6										2						1	2		2				24									
Innspenningsforhold og krefter																																0									
FEM Analysering											5	8							3	2				4	3	3		3				31									
Sammenligning av spenninger																																0									
Statistisk analyse																																0									
Rapportskriving																																0									
Ferdigstillelse																																0									
Møter									1				2																			3									
Formler																																0									
Diverse																																0									
Kommentarer til timeføring:																												64													

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>				TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT																								Sum timer pr. måned																		
				Oppgavens tittel: Trunnion Calculation																																										
				Student: Olav Wollebæk																																										
				Måned:Mars År:2004																																										
Aktiviteter		OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.																								Totalt hittil		186																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum														
CTR-Ark																																	0													
Tidsplan																																	0													
B 31.3 Granskning																																	0													
3D-modellering				1	2	1			3	1		2	1			2	2		2				3		2		1			6	3	32														
Innspenningsforhold og krefter																																	0													
FEM Analysering				1	1	1			1	2		4	3			4	2	5	1				4	4		3				3	2	41														
Sammenligning av spenninger																																	0													
Statistisk analyse																																	0													
Rapportskriving																																	0													
Ferdigstillelse																																	0													
Møter																			1														1													
Formler																																	0													
Diverse																																	0													
Kommentarer til timeføring:																																														74

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>		Sum timer pr. måned		48																												
TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT		01 Jan.		64																												
Oppgavens tittel: Trunnion Calculation		02 Feb.		74																												
Student:Olav Wollebæk		03.mar		36																												
Måned:April År:2004		04.apr																														
OBS! Timer fra tidligere månedstimerlister overføres til denne liste.		05.mai																														
Aktiviteter		Totalt hittil		222																												
				Sum																												
CTR-Ark		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Tidsplan																																
B 31.3 Granskning														5	2					3	5	2										
3D-modellering																	3								2							
Innspenningsforhold og krefter																																
FEM Analysering														2	3						1	3			3							
Sammenligning av spenninger																																
Statistisk analyse																																
Rapportskriving																																
Ferdigstillelse																																
Møter																																
Formler																																
Diverse																																
Kommentarer til timeføring:																															36	

<div>Høgskolen i Oslo</div> <div>Avdeling for Ingeniørutdanning</div> <div>Maskin</div>		TIMELISTE FOR HOVEDPROSJEKT																				Sum timer pr. måned																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		Oppgavens tittel: Trunnion Calculation																				01 Jan.					48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Student: Olav Wollebæk																				02 Feb.					64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		Måned: Mai År: 2004																				03.mar					74																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
																						04.apr					36																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
																				05.mai					126																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
																				Totalt hittil					348																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
OBS! Timer fra tidligere månedstimelister overføres til denne liste.																				22	23	24	25	26	27	28	29	30	Sum																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Aktiviteter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												