

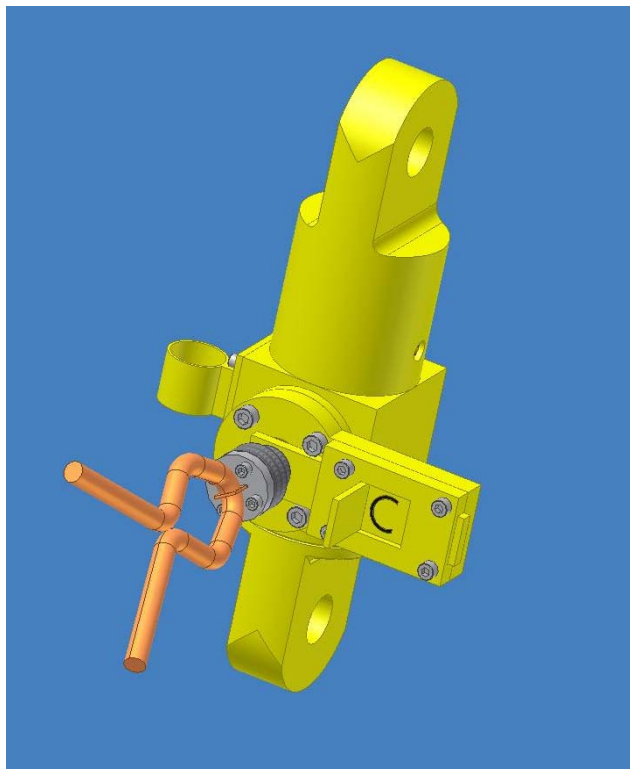


HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Weak-link

Sikkerhetsanordninger for undervanns løfteoperasjoner.

Del 1 av 2



Bacheloroppgave utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Maskin, Energi- og Prosessteknikk

Av: Stud Espen Mjånes
Stud Espen Nordahl
(Stryk det som ikke passer)

Kand.nr. 34
Kand.nr. 42

Haugesund

Våren 2008

BACHELOROPPGAVE

Studentenes navn: Espen Mjånes
Espen Nordahl

Linje & studieretning	Maskin, Prosess- og energiteknikk
----------------------------------	-----------------------------------

Oppgavens tittel:	Weak-link. Sikkerhetsanordninger for undervanns løfteoperasjoner.
--------------------------	--

Oppgavetekst:
Sikkerhetsanordninger for undervanns løfteoperasjoner
<p>Oppgaven skal omhandle det svakeste ledd for undervanns løfteoperasjoner, en såkalt "weak-link". Dette fungerer som en sekundær barriere ved innfesting til brønninstallasjoner og under kritiske løft, hvor svikt i systemene til løftefartøyet vil ha store konsekvenser.</p> <p>Oppgaven skal inneholde kartlegging av eksisterende system med sikte på ny- eller videreutvikling av mer nøyaktige og fleksible tekniske løsninger. Dette skal beskrives i form av beregninger, både manuelt og ved hjelp av Ansys, og modelleres i Autodesk Inventor.</p>

Endelig oppgave gitt:	Torsdag 6. mars 2008
Innleveringsfrist:	Fredag 2.mai 2008 kl. 12.00
Intern veileder	Helen Sæverud – HSH
Ekstern veileder	Jostein Førland – Deep Ocean

Godkjent av studieansvarlig:	
Dato:	

Forord

Ved avslutningen av Bacheloroppgaven ved Høgskolen Stord/Haugesund er det obligatorisk å gjennomføre et hovedprosjekt. Denne kan være gitt av skolen internt eller gjennom en ekstern bedrift.

Den endelige rapporten har som formål å vise hva en har tilegnet seg av kunnskaper gjennom studiet. Vi har i vår oppgave fått bruk for fag som statikk og fasthetslære, undervannsteknologi, maskinkonstruksjon med dataverktøy, med mer.

Prosjektet vi har vært så heldige å få fra DeepOcean går ut på å finne en "weak-link" for subsea løfteoperasjoner. Dette har vi valgt fordi det var en relativt presis problemstilling og på grunn av de fagmessige utfordringene i design og konstruksjon.

Oppgaven er interessant lesning primært for de som arbeider med utvikling av verktøy for bruk under vann. Vi har dog forsøkt å legge til rette for at hvem som helst, uten videre kunnskaper innen fagfeltet, skal kunne forstå problematikken og måtene vi har forsøkt å løse oppgaven på.

Vi vil rette en stor takk til:

- Interne veiledere Helen Sæverud
- Eksterne veiledere Jostein Førland
- Jens C. Lindaas, HSH
- Sveinung Soma, DeepOcean
- Thor Nordahl, Imenco
- Rolf Wiksnes, Westcon løfteteknikk

Haugesund 30.04.2007

Espen Mjånes

Espen Nordahl

Sammendrag

Ved innfestning av "guidewire" eller løfteutstyr til faste bunninstallasjoner er det ønskelig med en "weak-link" (det svakeste ledd) mellom fartøy og bunninstallasjon. Dette for å forhindre ødeleggelser på bunninstallasjonen ved svikt ombord på løftefartøyet. Som eksempel kan det nevnes svikt på posisjoneringssystemet (DP) eller svikt ved vinsjene enten mekanisk eller elektrisk.

Arbeidet med oppgaven består av kartlegging av eksisterende løsninger og system. Slik kan det, etter ønsker og behov fra DeepOcean, ny- eller videreutvikles mer nøyaktige og fleksible løsninger.

Gjennom en markedsundersøkelse er det funnet eksisterende løsninger som er tilpasset undervannsbruk. Det er også vurdert andre konsepter som ikke er brukt i undervanns operasjoner med tanke på å tilpasse disse undervanns bruk. Fra denne undersøkelsen er det foretatt en evaluering.

Løsningen det er kommet frem til er en egendesignet verktøy: "*Weak-link med mulighet for "safe mode"*". Hvilket gjør den unik siden den er både en "weak-link" og et sikkert løfteutstyr. Denne innehar fleksibilitet slik at den kan gjøres om fra et svakt ledd til et løfteverktøy under vann ved hjelp av ROV.

Det er gjort beregninger av kritiske områder for å dimensjonere "weak-linken" samt gjort en simulering i ANSYS Workbench. Løfteanordningen er designet i 3D ved hjelp av Inventor som en også har brukt for å lage 2D tegninger.

Verktøyet tilfredsstillende de fleste øvrige designkriterier og behov. Den er en "enkel" mekanisk løsning som også er lett å implementere i et allerede eksisterende system for løfteoperasjoner. Løfteverktøyet er designet for løft opptil 12 tonn og har "padeyes" tilpasset 12 tonns løftesjakkell.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	2
Sammendrag	3
Innholdsfortegnelse.....	4
Kapittel 1 Innledning	6
1.1 Bakgrunn.....	6
1.2 Metodikk.....	7
1.3 Målsetning.....	7
1.4 DeepOcean.....	8
1.5 Historikk	9
Kapittel 2 Bakgrunn.....	12
2.1 Modulhåndtering.....	12
2.2 ROV	13
2.3 Løftefartøyet	15
2.3.1 Vinsjen	16
2.3.2 Hiv-kompensering.....	17
2.3.3 Dynamisk posisjonering.....	18
2.4 Dagens løftesituasjon	19
Kapittel 3 Regelverk	22
3.1 Gjeldende regelverk.....	22
3.2 Praktisert regelverk, DNV	23
3.3 Sikkerhetsfaktorer	23
Kapittel 4 Eksisterende løsninger	25
4.1 DeepOceans løsning i dag.....	25
4.1.1 Rundslings.....	25
4.1.2 Wepco Guidewire anker	26
4.2 Markedsundersøkelse.....	28
4.2.1 ”Weak-link” med brytepinne	29
Teknisk informasjon:	29
Kapittel 5 Design av ”weak-link”	30
5.1 Designkriterier	30
5.2 Forslag til nye konsepter	31
5.2.1 Elektrisk løsning	31
5.2.2 Hydraulisk løsning	31
5.2.3 ”Weak-link” med brytepinne og mulighet for ”safe mode”	32
5.2.4 Permanent magnet.....	33
5.3 Valg av løsning	34
5.3.1 Alternativ låsebolt.....	37
Kapittel 6 Konstruksjon	38
6.1 Materialvalg	38
6.2 Overflatebehandling.....	38
6.3 Beregninger av kritiske punkt.....	39

6.4 Simulering i ANSYS Workbench.....	45
6.4.1 Kommentar til simulering i Ansys.....	46
Kapittel 7 Diskusjon	47
Kapittel 8 Konklusjon.....	48
Kapittel 9 Forkortelser og faguttrykk	49
Kapittel 10 Kildehenvisninger	50

Kapittel 1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Ved innfestning av "guidewire" eller løfteutstyr til faste bunninstallasjoner er det ønskelig med en "weak-link" mellom fartøy og installasjon. Dette for å forhindre større skader på komponenter ved avdrift ut av DP (Dynamisk Posisjonering) eller ved strøbrudd på fartøy. Disse situasjonene kan generere store dynamiske, ødeleggende krefter.

Under sammenkobling av komponenter og utstyr på havbunnen er det nødvendig å minimere risikoen for uønskede hendelser.

Dersom slike uønskede situasjoner likevel inntreffer, skal en slik nød-frakobling minimere konsekvensene som ville ført til økonomisk dyrt og tidkrevende ekstra arbeid.

Faktorer som kan nevnes er høye kostnader ang. fartøyleie, samt utsatte produksjonsinntekter for feltets eier, som følge av forlenget "nedetid" på aktuelle brønner. Vi snakker her om summer i størrelsesorden "millioner pr. dag".

Hvis en slik uønsket hendelse skjer, har ikke mannskapet tid til å reagere før disse kreftene blir kritiske. Dette kan f. eks være om vinsjen låser seg utenfor operatørens kontroll og wiren får strekk (utover det tillatte) når den er fastlåst.

Hvilken metode som brukes for å beskytte mot dette, må uansett skje på kort tid. Å kutte wiren eller å "slure" ut med vinsjen er alternativ, men det beste vil være en "weak-link". Det beste er å ha flere barrierer mot feil, en "back-up" plan.

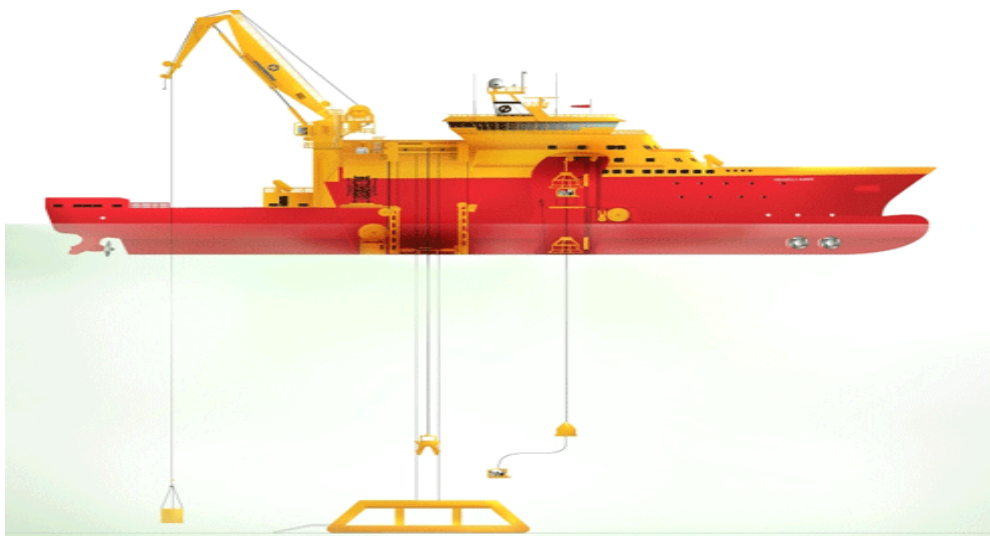


Fig. 1.1 Edda Fauna foretar en løfteoperasjon [25]

1.2 Metodikk

Fra en tidlig fase i arbeidet med prosjektet var det klart at flere løsninger skulle evalueres. I denne prosessen er det brukt internett, personer og bedrifter med tyngde innen løftebransjen, bedriftsbesøk, "fri" fantasi og våre veiledere på skolen. De alternative løsningene har vært av mer eller mindre seriøs art, enten det er mekanisk eller økonomisk.

Under arbeidet med å finne nye så vel som eksisterende løsninger, har en valgt å grovsortere dem, for så å evaluere disse opp mot designkriterier som er essensielle for bruk.

Autodesk Inventor

For en billedlig gjengivelse av den endelige designløsning har man valgt å bruke 3D modelleringsprogrammet Inventor. Dette er også brukt for å generere 2D grafikk.

ANSYS Workbench

For styrkeberegninger er det brukt styrkeberegningsprogrammet Ansys på modellene fra Inventor. Det er kontrollregnet for hånd.

1.3 Målsetning

Formålet med oppgaven er å utvikle en "weak-link" for løfteoperasjoner under vann som er mer egnet enn dagens løsninger. Dette kan være av økonomiske, sikkerhetsmessige eller av praktiske årsaker.

Disse årsakene lar seg ideelt sett kombinere. Løsningen vil være en løfteanordning som både kan brukes som løfteutstyr og som "weak-link" i samme operasjon. Et verktøy som kan skifte *modus*.

På det verktøy som utvikles, vil det utføres analyser og beregninger og således prøve å lage et fullt ut brukbart og produserbart produkt som tilfredsstillende regelverk og DeepOceans ønsker og kriterier.

1.4 DeepOcean



Fig. 1.4 DeepOcean [6]

DeepOcean ble etablert i 1999 av de lokale rederiene Solstad og Østensjø sammen med tidligere ansatte fra Stolt Offshore. Senere er det gjort oppkjøp og fusjoner med tidligere konkurrenter, slik at arbeidsstyrken idag består av rundt 600 personer. Sammen med “state of the art”-utstyr gjør denne velkvalifiserte arbeidsstokken avanserte oppgaver under vann. Arbeidet er fordelt på kontorer og 14 DP fartøyer (se eget kapittel) rundt om i verden. Hovedkontoret ligger i Haugesund og det omsettes for vel 2 milliarder norske kroner årlig.

I dag er firmaet en av markedslederne under fellesbetegnelsen “*subsea-services*”:

- IMR; “Inspection, Maintenance and Repair”
- “Survey”; kartlegging av havbunnen
- “Trenching”; grøfting
- Legging av kabel
- Fjerning av utstyr
- Installering av utstyr; modulhåndtering
- PRS operasjonsstøtte; “Pipeline Repair System”

Med flere kontrakter hos store aktører (f. eks StatoilHydro, Technip) er det forventet et stort aktivitetsnivå hos DeepOcean i mange år fremover. [6]

1.5 Historikk

Med en undervannsoperasjon menes arbeid som utføres under vann ("subsea").

Det har lenge foregått arbeid under vann i mer eller mindre grad. Fra det helt enkle; å hente opp ting fra havbunn ved fridykking eller ved bruk av primitive dykkerklokker - til dagens situasjon, der fjernstyrte undervannsfarkoster, ROV ("Remotely Operated Vehicle"), opererer ventiltrær på flere tusen meters havdyp.

En økende trend under utbygging av olje og gassfelt, er at dette foregår *under* vann. Med dette menes at produksjons -og prosesssteknisk utstyr blir plassert i moduler på havbunnen, gjerne dypere enn 1000 meter. Slikt arbeid stiller store krav til personell og utstyr som anvendes. I disse modulene er det store og tunge komponenter og finmekanikk som krever forsiktig behandling.

- Separatorer
- Pumper
- Kompressorer
- Elektronikk og hydraulikk

Mye av dette utstyret vil kreve regelmessig ettersyn og vedlikehold. Til dette trengs pålitelige håndteringssystemer for effektiv orientering og landing av utstyret.

I dag er det en kontinuerlig utvikling på dette området.

Ved å sette produksjonsutstyret under vann er fordelene mange [5]:

- Det er billigere, slik at marginale felt, hvis reservoar er lite og sådan ikke forsvarer en kostbar utbygging, kan utnyttes. Disse marginale feltene knyttes så opp mot eksisterende infrastruktur. Evt mot et fartøy.
- Rekkevidden til eksisterende plattformer øker. Dette kan skyldes at feltets geometri og dybde ikke kan nås med riggens utstyr. Slik kan en satelittbrønn settes på det feltet man ikke når, for så å kobles mot en manifold og videre til prosessering på det allerede produserende utstyret.

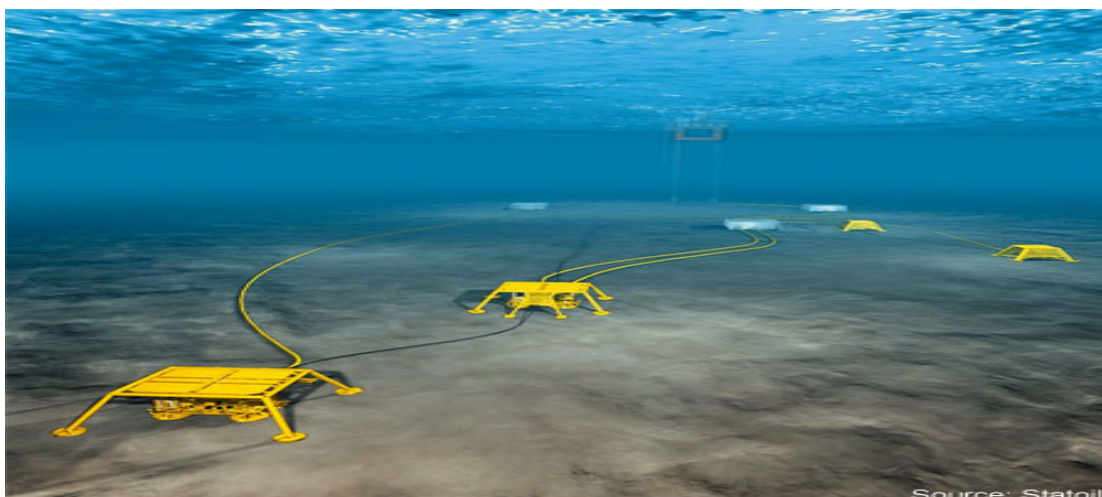


Fig. 1.5.1 Tordis-feltet med satellitter [3]

- Nye funn ligger så dypt at det ikke er økonomisk ansvarlig å gjøre på konvensjonelt vis. Dette gjelder bla feltet Ormen Lange (fig 1.4.1), som ligger på dyp mellom 8-1100m. Derfra fraktes gassen i flerfase til land, der den prosesseres.
- I forbindelse med funn av nye felt kan det være smart å få testet ut om en stor utbygging er lønnsomt. Gjerne eventuelt også hvilken type utbygging som er mest hensiktsmessig. En "billig" løsning under vann vil avdekke dette.
- Tidsmessig er det mye å spare mot "vanlige" plattformer. Dermed vil innteksstrømmen tilta tidligere.

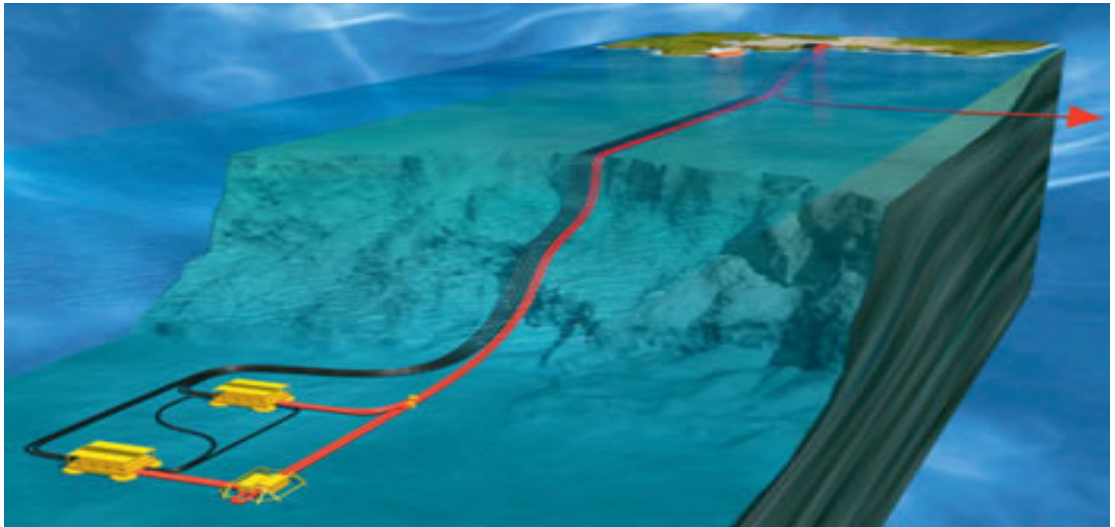


Fig 1.5.2 Ormen Lange [4]

- Det er mer miljøvennlig og kompakt.
- I arktiske områder, der drivende is kan være et problem (for plattformer), er dette unngått når utstyret plasseres under vann.

Norge er et pionerland på denne måten å produsere hydrokarboner. Utenfor kysten vår, i Nordsjøen og Barentshavet, finnes flere store felt i verdens tøffeste klima. Noen allerede utbygget og flere med sikte på fremtidig produksjon. Disse kunne vært - og er aktuelle for undervanns produksjonssystem.

Dette er fremtiden utvinning av hydrokarboner der tilkomstmulighetene er begrensende.

Kapittel 2 Bakgrunn

Arbeid under vann krever avansert utstyr. Dette kapitlet vil gi en innføring i noen av de essensielle komponentene som behøves for en presis løfteoperasjon. Det er også tatt med et eksempel på en "enkel" jobb.

2.1 Modulhåndtering



Fig 2.1 Modul Håndterings System med "skids" ·[26]

Under sammenkoblingen av komponenter og utstyr på havbunnen er det nødvendig å minimere risikoen for uønskede hendelser. For at slikt arbeid skal gå mest mulig knirkefritt, er det i DeepOceans båter montert MHS (Modul Håndterings System) på dekk. Dette er et tårn som plasseres over båtens "moonpool". I kombinasjon med et "skid-system" på båtdekket er det lett å flytte utstyr og ulike moduler frem til tårnets hiv-kompenserte kran som med vinsj løfter det gjennom "moonpool" og videre ned i dypet.

For at installasjoner skal foregå på sikker måte, er det bruk for flere *styreliner* (guide lines) mellom fartøy og undervannsenhet. Disse kan enten ha lodd i enden eller forankres i havbunnen. Deretter strammes styrelinene opp og holdes slik i CT (konstant strekk). Når wiren holdes slik flere hundre meter vil ikke disse linene vikle seg inn i hverandre, det gir mulighet for en sikker nedsenking av utstyr.

Strekraften på styrelinene øker med økende havdybde, derfor settes det strenge kran til utstyret på store havdyp.

Styreliner er som navnet tilsier kun en styrende enhet, og blir ikke tilført noen belastning fra det utstyret som senkes eller heves. Den belastningen en må ta hensyn til ved bruk av styreliner er bevegelsene i vertikalplanet på det overflatefartøyet som linene er koblet til. For å ta opp disse bevegelsene brukes en eller annen form av hiv-kompenseringsutstyr (se eget kapittel) som ivaretar den konstante strekkraften på styrelinene.

2.2 ROV

For å sette prosessutstyr på havbunnen benyttes flere forskjellige systemer. Fellesnevneren for dem alle er at de er avhengige av arbeids ROV under montering.

Det spesielle for en *arbeids-ROV* kontra en observasjons-ROV er at denne tar seg av mer tunge arbeidsoppgaver. De er fysisk større, kraftigere og mer teknisk omfattende enn sistnevnte. Ofte er de spesialtilpasset for jobben som skal utføres, med egne verktøy og manipulatorer. Disse som kan beskrives som operatørens "armer" på havbunnen. Dette krever spesialisert personell som "kjører" ROVs "thruster" og manipulatorer simultant samtidig. Personell som kan nevnes er ROV-piloten, mekanisk, elektrisk og hydraulisk kyndige mekanikere. Slikt utstyr og personell er kostbart, og døgnratene er ofte likeså for å utføre en tilfredsstillende jobb..

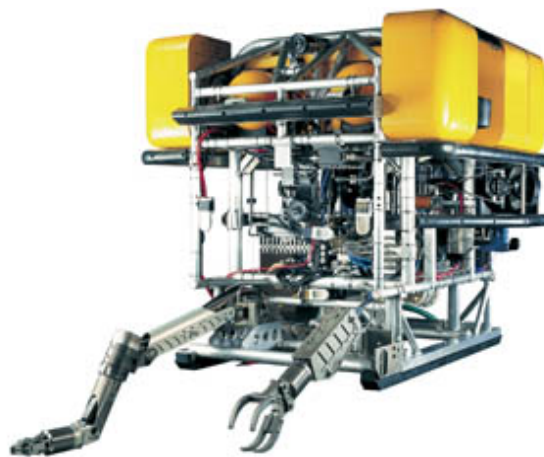


Fig. 2.2.1 Arbeids ROV [5]

Som navnet tilsier, er en *observasjons-ROV* passiv deltager i operasjonen. Den vil være utstyrt med kamera og lysilder til å belyse arbeidslokasjonen som skal overvåkes. På store havdyp er dette de eneste øynene som beskuer operasjonen og overfører disse data til overflaten. Denne typen ROV er mindre og billigere enn arbeidstypen, krever lite personell og er et veldig viktig verktøy, ikke bare ved installasjonsfasen, men gjennom hele arbeidet. Den er den første som ankommer lokasjon og den siste som går.



Fig 2.22 Observasjons ROV [27]

Utviklingen av ROV foregår kontinuerlig. Likevel kan det skje feil ved dem; På grunn av det hydrostatiske trykket de blir utsatt for ved store havdyp, er inntrenging av elektrisk ledende sjøvann en "hyppig" årsak til jordfeil på elektriske komponenter. Det er derfor viktig at tetningene er gode nok. De fleste slike "barnesykdommer" er dog på vei bort.



Fig. 2.23 "Kontoret" for en ROV pilot [28]

2.3 Løftefartøyet

Overflatefartøyet spiller en vesentlig rolle ved operasjoner under vann. De kan, ved siden av å være viktig for installasjonen og selve løftingen, spille rollen som støttefartøy ved dykke eller ROV -operasjoner.

Fartøyet mobiliseres avhengig av den operasjonen som skal gjennomføres, hva som skal gjøres offshore og planlegges deretter.

Et "standard" mobilisert fartøy kan ha følgende utstyr: [5]:

- DP (Dynamisk Posisjonering)
- Kran med tilstrekkelig løftekapasitet
- "Moonpool", styreliner
- MHS: Modul Håndterings System
- Ekstra lugarkapasitet for ROV –"team", evt. Dykkelag
- Dykkeutstyr for metning eller luftdykk
- ROV utstyr
- Helikopterdekk (som regel tiltenkt for nødssituasjoner)



Fig. 2.3 Edda Fauna, nyervervet fartøy. [6]

2.3.1 Vinsjen

Bruk av vinsj til å hale opp/ut wire, tau eller kjetting finnes i utstrakt bruk i mange industrier. Det settes høye krav til driftssikkerhet og pålitelighet på trommel og driftssystemet da svikt på vinsjen kan forårsake store tap. For bruk ifm. modulhåndtering har vinsjen AHC (Aktiv hiv kompensering), smøring og rens av wiren.

De ekstra avanserte vinsjene har også et datainterface som måler de viktigste parametre. Disse kan logges i en "load-cell". (Dette har ikke fartøyene DeepOcean benytter i dag) Ved bruk av en slik "load-cell" kan man overvåke parametre som f. eks bølgetopper og, i tilfelle svikt på vinsjen, maksimalt strekk før "weak-linken" "aktiveres" (Da kunne man med lynrask respons låret ut wire manuelt og således avverget et tidskrevende brudd på løftet).



Fig 2.3. Hydraulisk vinsj [18]

Vinsjens trommelsystem er viktig for nøyaktig utmating av wire. Dette har med forspenningen og wrens tverrsnitt å gjøre, slik at ikke wire graver seg ned i lagene under og matingen blir ujevn, spesielt over store avstander. Slike problemer avverges med riktig trommel; hydraulisk eller tvangsstyrt som "følger" wiren vinkelrett ut av trommelen.

Bremser og motor er vel så viktig som trommelsystem i denne oppgavens øyemed. Svikt på disse, f. eks ved strømbrytning, er en av fordelene med å ha en "weak-link" for å minimere skadepotensialet.

Trommelen må kunne låses ved behov, enten ved trommelbrem, skivebrem eller elektromagnetisk brem. Alternativt kan hydrauliskmotoren som driver trommelen brukes til å bremse den opp.

I DeepOcean er det brukt hydraulikk, sammen med elektrisk brems [19]. Nødaggregatet som slår inn ved hovedstrømsvikt er direkte koblet opp mot vinsjen slik at man alltid skal ha mulighet til å stenge av. Operatøren som styrer løftewiren (eller styreliner) har lokal nødavstengning sammen med den fjernstyrte (redundans).

Problemet med svikt i elektriske brems, er at tyngden av utmatet wire får spolen til å slippe ut ukontrollert pga egenvekten, det er ingen motstand. Dette skjer ikke når det finnes hydraulisk bremseeffekt på motoren.

2.3.2 Hiv-kompensering

Hiv betyr at fartøyet får bevegelse i vertikal retning påført av bølger. (Gjennom "moonpool" er det denne bevegelsen som påvirker løftet) Bevegelsen på kranen som løfter emnet kan også være større ved enden av bommen enn på dekk. Dette kommer av at fartøy som beveger seg til havs, er påvirket av 6 frihetsgrader, se fig 2.3.2 Slike bevegelser gjør at det er vanskelig å utføre et presist, kontrollert løft.

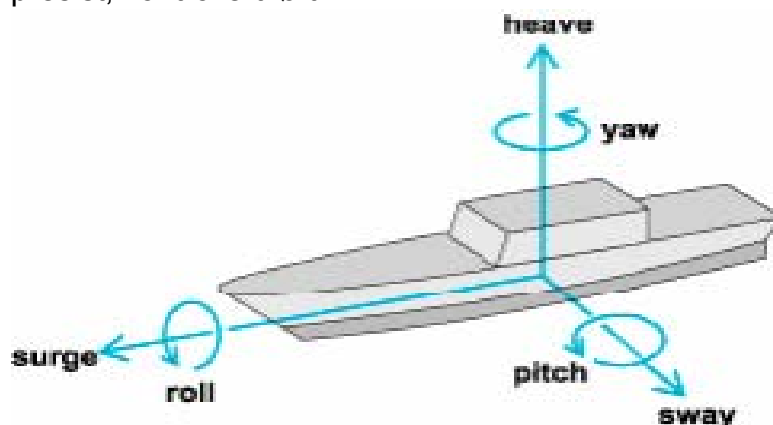


Fig 2.3.2 Fartøyets 6 frihetsgrader [10]

Når regulære bølger inntreffer, vil et fartøy bevege seg med samme frekvens som bølgen. Slik er det mulig å finne et *bevegelsesmønster*. Det er dette mønsteret hiv-kompensering bygger på. Det brukes ofte *signifikant bølgehøyde*, H_s , (f. eks 2-4meter) som et mål på hva hiv-kompenseringen kan klare å utligne.

Systemer med hiv-kompensering øker fartøyets *værmessige operasjonsvindu* betraktelig.

Det finnes to modus for kompensering:

a) Ved posisjonsstyrt hiv kompensering (HC) er det mulig å kontrollere posisjon og landingshastighet for lasten i forhold til havbunnen. Her trenger ikke wiren være i strekk. Lasten vil henge i ro i wiren som om den stod på havbunnen, uten å være avhengig av bølgebevegelsene.

En type HC er AHC (aktiv hiv kompensering). Her finnes reguleringsystemer med sensorer, tilbakeføringsventiler og korreksjonspådrag. En MRU (Motion Reference Unit) registrerer bevegelsen og akselerasjon i wiren og kompensasjonsbevegelsen finner systemet ved å integrere flere ganger. Slike kraner med AHC kan fjerne 95% av kranens hiv.

b) Konstant strekk, CT, er kraftstyrt. Dette avhenger av at wiren eller linen er forankret et sted på havbunnen, før den strammes opp og blir rett, i konstant strekk, fra havbunn til fartøy.

(Det er løft med konstant strekk det tas utgangspunkt i. Selve løfteoperasjonen blir beskrevet i eget kapittel)

2.3.3 Dynamisk posisjonering

I aktivitetsforskriften er det en egen paragraf for posisjonering over installasjoner [8]. For å holde skip og flyterigger på plass mot avdrift er konvensjonelle anker en løsning som er brukt lenge. Det er dog ikke alltid dette er hensiktsmessig. Årsaker kan være strømforhold og vanddyp i det aktuelle området, samt problematikken og tidsbruk ved en ankerhåndtering.

Et alternativ til anker er DP (Dynamisk Posisjonering), en mer praktisk metode for å holde skipet/riggen i ro under operasjon. Her brukes fartøyets propeller; de får informasjon fra en egen datamaskin som samler data fra en rekke parametere: vind, posisjon og retning på skipet/riggen. Ved hjelp av avanserte, tekniske løsninger kan man slik forutse bevegelser før de skjer og kompensere for disse, noe som er vitalt for en presis operasjon.

Svikt på DP fører da til en uønsket avdrift og vi vil få dramatiske konsekvenser om løftewire f.eks er låst til en bunnramme.

Hvilken type DP-system man trenger, er av sjøfartsdirektoratet og DNV (se eget Kap) klassifisert ut i fra hvilke operasjoner som skal gjennomføres. Utstyrsklasse går på *redundansen* til fartøyet; altså om det finnes andre systemer som overtar ved svikt i primærsystemet, en barriere mot feilmodus.

2.4 Dagens løftesituasjon

Jobber på undervannsinstallasjoner blir som regel gjort dykkerløst, enten fra en flyterigg eller fra et overflatefartøy. DeepOcean gjør jobber ved bruk av sistnevnte. Arbeid kan eksempelvis være utskiftning av komponenter eller å utføre vedlikehold.

Før man forlater kai er forarbeidet viktig. Prosedyrer og dokumentasjon for jobben som skal gjennomføres er nøye planlagt god tid i forveien, slik at man har dekket alt nødvendig utstyr. Dette kan være personell, ROV, verktøy, mm. Kanskje har det også blitt gjort simuleringer av operasjonen (vha dataverktøy) på land slik at "utetiden" er kortest mulig. Når dette er gjort går fartøyet fra mobiliseringssted til lokasjon ("site") der det i henhold til gjeldende forskrift posisjoneres over UPS (undervanns produksjonssystemet) vha. DP. [24]

Disse installasjonene under vann består som regel av flere moduler som isolert kan hentes opp eller gjøres vedlikehold på.

Før modulhåndteringer tiltar, blir det senket og låst fast styreliner fra fartøyet til UPS, der det allerede eksisterer "guideposter" som festepunkt. Linene festes til disse postene vha et spesielt anker (Wepco, kap 4). Denne metoden er velbrukt for landing av både lett og tungt utstyr på relativt grunt vann (større utfordringer, bla. vikling av styreliner på dyp større enn 1000m) . Den krever noe tid, den er væravhengig, men presis. [18]

På generell basis kan man si at en observasjons ROV iakttar hele tiden operasjonen, mens en arbeids ROV foretar koblingen av ankeret mot guideposten så vel som operering av ventiler, luker, etc. på modulen.

For åpning av luker på toppen av bunnrammer, finnes flere alternative prosedyrer (Disse fremkommer av firmaet som utfører jobben, hvilken ramme det er, hvilket felt, feltets operatør osv). Felles for alle er at det brukes "weak-link" og softslings. Situasjonen ifm. arbeid på Tordis satellitt (fig. 2.3.2) har DeepOcean en prosedyre som her er kort gjengitt. [1] [2]

Gjør klart løfterigget. (fig. 2.3.1)

1. Plasser ROV ved strukturen
2. Plasser løftewire ca 5m over strukturen. Sett winch i AHC modus på MHS
3. ROV fester J-kroken i tilkoblingspunkt (fig. 2.3.2) Mat ut tilstrekkelig løftewire.
4. Sett fartøyet i posisjon for åpning av luken ved DP-offset

5. Sett løftewire i CT, øk gradvis strekket til luken rører seg vha MHS. ROV observerer. Obs! Maks strekk 2 tonn, reduser hastighet på vinsjen når luken nærmer seg vertikal posisjon, sørg for at ikke "umbilical" fra ROV er i avstand fra luken

6. Sett vinsj i AHC modus, lår ut wire, gi litt slakk vha MHS
7. Koble fra J-kroken fra tilkoblingspunktet ved hjelp av ROV. Obs! ROV holder J-kroken vel 5 meter over strukturen for å unngå at den roter seg inn i installasjonen.
8. Trekk opp løftewiren til dekk vha MHS.

Når den relevante jobben er utført, lukkes luken ved å gjøre stegene over fra 9-1. ROV sjekker så lukene og dens tilkoblingspunkt for skit og mulige løse gjenstander, rengjør evt. disse før den foretar en ettersjekk; en generell observasjon, og returnerer til overflaten.

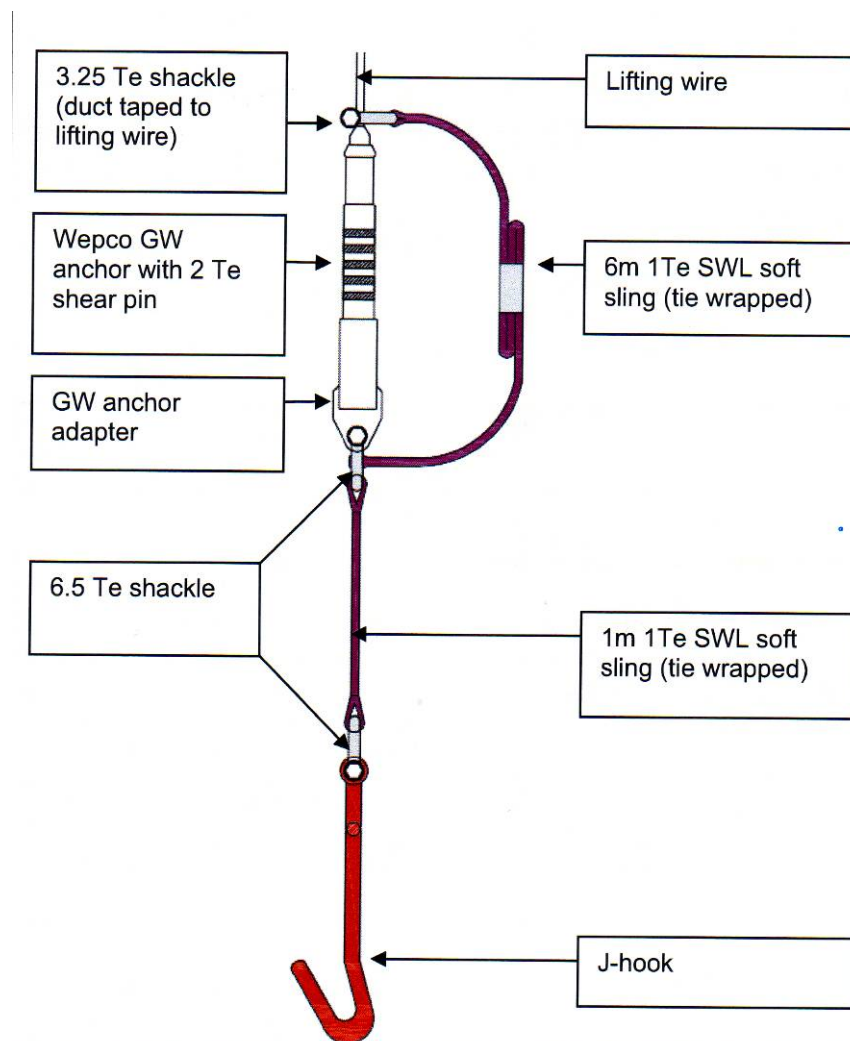


Fig. 2.4.1 Løfterigget [1]

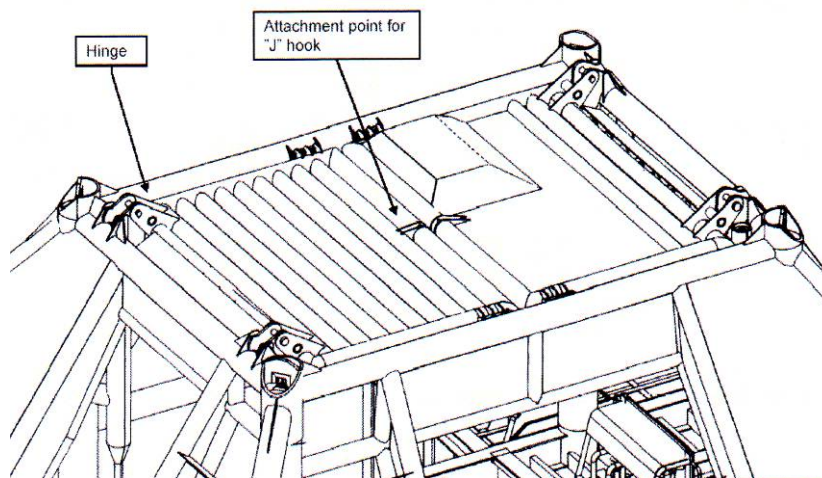


Fig.2.4.2 Tordis satelitt med tilkoblingspunkt [1]

Løftedynamikk:

Det er meget viktig å ha forståelse for de fysiske forhold ved løfteoperasjoner. Spesielt da det løftes under vann; der det i tillegg til den statiske kraften representert ved vekten av selve lasten, kommer også store hydrodynamiske krefter, samt akselerasjonskrefter.

Disse kreftene avhenger av hvor stort areal den nedsenkede modulen har.. I og med at man har hiv-kompensering på vertikalbevegelsen, må verktøyet eller modulen flytte en væskemengde. Vekten av denne fortrengte massen vil variere med hastigheten på hiv-kompenseringen.

Før utstyret er nedsenket, skal det gjennom skvalpesonen. Der er det gjerne utsatt for de tøffeste påkjenninger gjennom dets levetid. Her vil det være også være faktorer som kan gi store "slam" -krefter. Denne kraften virker alltid oppover, slik en må ta hensyn til ved å legge inn sikkerhetsfaktorer i wiren.
[5]

Kapittel 3 Regelverk

Her vil det gis en innføring i noen av reglene man må forholde seg til ved marine operasjoner og ved bruk av løfteutstyr. Kapitlet er kun ment som en begrunnelse for de *designkriterier* som er endelige i designet av "weak-linken". Altså om "weak-linken", gjennom sikkerhetsfaktorer i stålet vil tåle de fysiske påkjenningene den er utsatt for.

3.1 Gjeldende regelverk

Gjennom regelverk og forskrifter setter myndighetene minimumskravene som stilles til utstyr som skal "offshore/subsea".

Kravene som stilles er i hovedsak todelt:

- Skal være sikre mht. personsikkerhet.
- Skal være sikre mht. å ikke skade miljøet

Det mest vesentlige kravet omfatter helse, miljø og sikkerhet (HMS) i petroleumsvirksomheten, også kalt *rammeforskriften*; [9]

"Formålet med denne forskriften er å

- a) fremme et høyt nivå for helse, miljø og sikkerhet i petroleumsvirksomheten,
 - b) oppnå systematisk gjennomføring av tiltak for å oppfylle kravene og nå målene som er gitt i helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen,
 - c) videreutvikle og forbedre nivået for helse, miljø og sikkerhet."
- Den gir generelle rammer og krav for aktiviteten, f.eks tilstrekkelig dokumentasjon og oppfølging av gjeldende prosedyrer.

I denne oppgaven er det dog *aktivitetsforskriften* [8] som er aktuell; "Aktivitetsforskriften gir regler om driften av ulike operasjoner og setter i den forbindelse krav til arbeidsmiljø, helsemessige forhold, ytre miljø, vedlikehold og beredskap".

Videre er det aktuelt å se på dens § 23 *Bruk av innretninger*;

"Bruk av innretninger og deler av disse skal være i henhold til krav som er fastsatt i og i medhold av helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen og eventuelle tilleggsbegrensninger som følger av fabrikasjon, installering og ferdigstilling. Bruken skal til enhver tid være i samsvar med innretningens tekniske tilstand og de forutsetningene for bruk som er satt i risikoenes. Ved setting av begrensninger for aktivitetsnivået på innretningen skal det også tas hensyn til statusen for utføring av vedlikehold".

3.2 Praktisert regelverk, DNV

Til tross for nevnte (og andre) forskrifter, gir Ptil ingen direkte veiledninger angående løfteoperasjoner under vann. Altså blir det opp til hver enkelt aktør, gjennom dets lovpålagte *internforskrift* (), å bruke standarder og/eller regler som igjen sørger for at forskriftene overholdes. Eksempel på dette er DNVs "Rules for certification of lifting appliances", et regelverk mye brukt innen bransjen subsea, men altså uten at det er et krav eller anbefalt av Ptil.

Dog vil ofte kunden (f.eks Statoilhydro) rette krav til kontraktør (f.eks DeepOcean) der gitte regelverk, gjerne fra DNV, skal benyttes. Slike krav kan også fremmes av forsikringsselskap.

På bakgrunn av dette er det en generell enighet om at det under marine operasjoner på norsk sokkel brukes DNVs standarder.

3.3 Sikkerhetsfaktorer

I forbindelse med offshore løfteoperasjoner er løftemnet alltid påvirket av hydrodynamiske krefter som følge av bevegelse av fartøyet. Med grunnlag i dynamiske analyser er det utarbeidet en DAF -faktor (dynamic amplification factor) som er en sikkerhetsfaktor, s_f , for de ekstra kreftene.

For sjakler, løfteringer, etc.; utstyr som er i bruk [13] ved benyttelse av "weak-link", er sikkerhetsfaktoren 5. For at ikke "weak-linken", når den er i løfte-modus ("safe"), skal være et svakt ledd (f.eks mellom to sjakler festet i "padeyes"), settes DAF i det endelige designet også til 5.

Alt sertifisert løfteutstyr er merket (gjerne med en fargekode) med SWL (Safe Working Load) . Denne må multipliseres med DAF.

Samtidig er det lagt inn en materialfaktor, γ_f , for stålet på 1,15 som samsvarer med det DNV bruker for laster på 12tonn (120kN).

En "weak-link" ses på som "loose gear ihht. DNV ("shacles", "sheaves", "rings") og skal merkes med SWL ("Safe Working Load"). [7]

(Disse sikkerhetsfaktorene er tatt med i kap.6 "Styrkeberegninger")

Avgrensninger.

Det er i arbeidet med oppgaven bla. brukt DNV standarder [7],[23]: “Rules for certification of lifting appliances” og “Rules for planning and execution of marine operations”.

Disse er veldig nyttige for tilnærming av design og hvilke faktorer som burde inngå, jfr. sikkerhetsfaktorer.

For at det skal bli lettere å regne på kreftene som påvirker løftet, f. eks fra hydrodynamiske krefter, er disse “innbakt” i kravet på de 12 tonn SWL “weak-linken” skal kunne holde. Denne ses på som en permanent last, ikke som en kombinasjonslast. Det er dermed ikke tatt med krefter påvirket av været, av underlaget, av rotasjon på wiren, kraftfordelinger, akselerasjon, etc., som det henvises til i standardene.

(Av andre aktuelle forskrifter og paragrafer kunne det vært aktuelt å se på § 83 om løfteoperasjoner og § 25 om kritiske situasjoner og arbeid på trykksatt utstyr.

Det gjeldende kapittel (3.1) er kun ment som en begrunnelse for sikkerhetsfaktorer. Derfor belyses ikke dette dypere).

Kapittel 4 Eksisterende løsninger

4.1 DeepOceans løsning i dag

4.1.1 Rundslings

Bruk av rundslings som "weak-links" er en metode som er praktisert mye, både av DeepOcean og andre aktører [2]. Bildet under viser hvordan rundslingsene er arrangert for åpning av luker på bunnstrukturer [1].

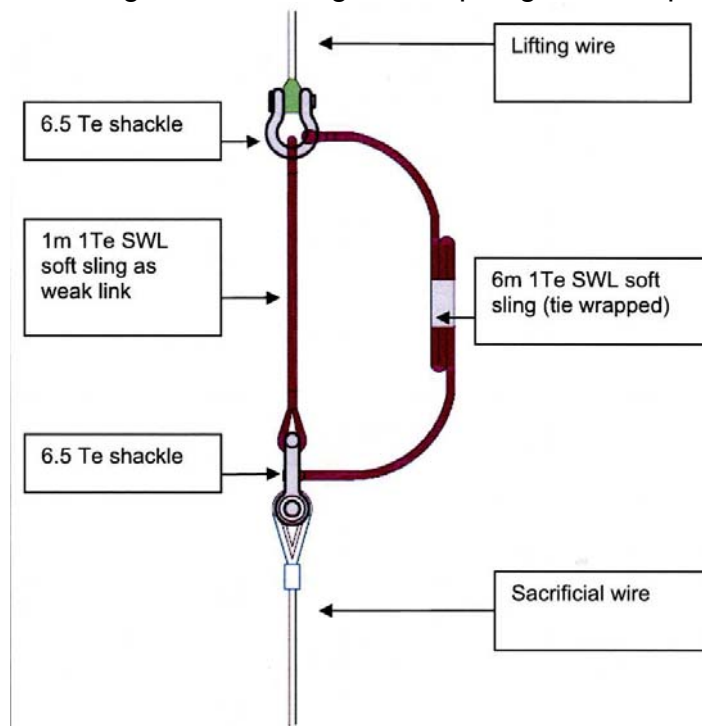


Fig. 4.1.1a Arrangement av rundslings [1]

Fordeler:

- Er i bruk i dag, kjente prosedyrer.
- Enkel i bruk. Billig; (35 NOK for 1 m, SWL 1 tonns rundsling)
- Lav vekt, noe som gjør at den er enkel å håndtere for operatør på dekk.

Ulemper:

- Vanskelig å gjøre en visuell sjekk, dvs. å sjekke om kvaliteten på fibrene er forringet. dvs. eksponering i solen, salt fra sjø.
- Bruddgrensen er unøyaktig siden den ikke er designet for bruk som "weak-link". De blir masseprodusert, 1/250 testes[15]. Det er ofte stor forskjell mellom de forskjellige produsenters bruddgrense. Denne kan variere med hele 1 tonn på en 1 tonns rundsling [30].
- Blir ikke godkjent som løfteutstyr når det brukes over SWL.
- Finnes ikke med lavere bruddgrense enn 7 tonn [11]. Til mindre løfteoperasjoner bruker fartøyene ofte "guidewire" -vinsjene og disse har vanligvis en kapasitet på 5 tonn.
- 7 tonns strekk vil ofte være ødeleggende for noen komponenter og er ikke til å anbefale.



Fig. 4.1.1b Rundslings med fargekoder for forskjellige vekter [12]

4.1.2 Wepco Guidewire anker

Ved å bruke et adapter til guidewire ankeret fra Wepco kan en også bruke det som "weak-link" for vanlige løfteoperasjoner [17]. Denne løsningen er mer nøyaktig enn rundslings. Det er også et bredt spekter av forskjellige bruddgrenser å velge mellom.

Wepco har følgende brytepinne størrelser[14]:

- 3 tonn
- 4 tonn
- 6 tonn
- 8 tonn
- 10 tonn

Guidewire ankeret har også en "backup" brytepinne på enten 12 eller 14 tonn.

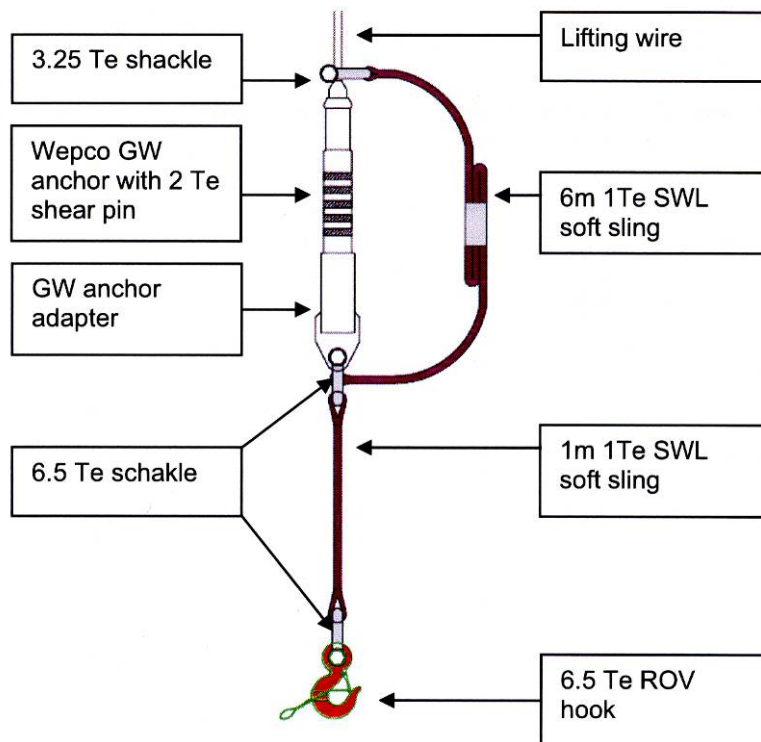


Fig. 4.1.2a Løftekombinasjon med Wepco anker [1]



Fordeler

- Er i bruk i dag, kjente prosedyrer.
- Nøyaktig ved bruk av brytepinner.
- Kan brukes i forskjellige lasttilfeller i og med at det kan byttes brytepinne.

Ulemper

- Er ikke godkjent som løfteutstyr.
- Ingen "safe" mode.

Fig.4.1.2b Wepco "guidewire" anker [14]

4.2 Markedsundersøkelse

En del av oppgaven var å undersøke markedet om det fantes andre "weak-link" -løsninger. I dette søket ble flere bransjer representert; landbasert, fly og offshoreindustri kan ha løsninger som er egnet for løfteoperasjoner under vann.

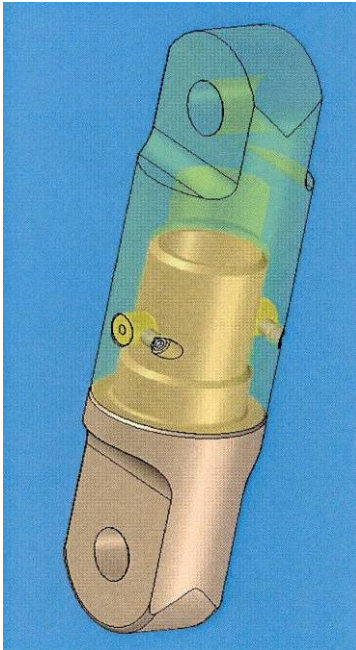
Problemet er at undervannsoperasjoner skjer i et tøft miljø. En har et hydrostatisk trykk som vil sette krav til at undervannsutstyret må tåle vanninntrengning eller være godt forseglet. Utstyret vil også hele tiden være omgitt av et elektriske ledende fluid.

Av bransjer der "weak-link" inngår i løfteoperasjoner, kan det nevnes helikopterløft. Disse bruker elektrisk "weak-link" som siste skanse. De har også mulighet for å løse ut wiren manuelt ved elektrisk svikt. Dette er ikke en egnet løsning for bruk under vann. Man må gardere seg mot sjøvannsinntrengning, samt at en trenger tilførsel av elektrisk energi, eventuelt akkumulator. En slik løsning blir fort teknisk avansert og er således utsatt for feil man ikke kan tillate seg.

Kraner i landbasert industri bruker normalt sett ikke "weak-links". Dette fremkommer av at de står på fast grunn og at det brukes sluring og overlastvern på kranen som sikkerhet. [20]

4.2.1 "Weak-link" med brytepinne

"Weak-link" med brytepinne produsert av Imenco er en enkel konstruksjon med en hann og en hunn koblet sammen ved hjelp av en brytepinne. Brytepinnen kan lages etter spesifikasjon fra kunde. [16]



Teknisk informasjon:

Produsent: Imenco

Lengde: 266 mm

Diameter: 74 mm

Vekt i luft : 5,8 kg

Festeøye dimensjon ("padeye"): 6,5 tonns sjakkell

Fig. 4.2.1 "Weak-link" fra Imenco [16]

Fordeler:

- Bruk av brytepinne gir høy nøyaktighet.
- Brytepinnene kan tilpasses kundens ønske.
- Lav vekt gjør den lett håndterlig på dekk.

Ulemper:

- Har ikke noen safe mode som gjør den godkjent som løfteutstyr.
- Kan ikke resettes "subsea".

Kapittel 5 Design av "weak-link"

5.1 Designkriterier

I arbeidet med oppgaven skal det designes en "weak-link" -anordning etter ønsker fra DeepOcean.

Følgende krav og ønsker ble satt opp:

- At verktøyet tåler vekter på 12 tonn. Tilpasset 12t "padeye".
- Enkel konstruksjon.
- ROV vennlig.
- Enkle operasjonsprosedyrer.
- Vedlikeholdet må være enkelt.
- Pålitelighet. At det ikke ryker under løfteoperasjonen, evt. at det ryker *når* det kreves.
- Kalibrerbarhet. Slik kan det brukes til forskjellige vekter, operasjoner, ved skifte av skjærpinne med annen bruddgrense.
- Mulighet for å resette "subsea", slik at en ikke trenger å ta verktøyet opp og resette. Dette gir tidsbesparelser.
- Enkel montering på dekk og i modulhåndteringstårn.
- Låsbar slik at den kan bli godkjent som løfteutstyr.
- Vekten av verktøyet lavest mulig.
- At det kan anvendes på alle fartøystyper og standardiserte løftesjakler.

5.2 Forslag til nye konsepter

5.2.1 Elektrisk løsning

Det ble tidlig i prosessen forkastet prinsippet med en elektrisk patent. En elektrisk løsning vil kreve elektrisk energi, enten gjennom kabel, eller ved akkumulator, noe som er ugunstig i "subsea" sammenheng: Høytrykk og sjøvann vil gi risiko for svikt i form av kortslutning dersom sjøvann trenger inn. Dette på grunnlag av at "weak-linken" skal være en siste barriere når alle systemene om bord på fartøyet svikter. Således ønsker man naturligvis at "weak-link" -anordningen skal være "fail-safe".

5.2.2 Hydraulisk løsning

En hydraulisk løsning (basert på en sylinder) hvor en bruker strekket snor draget i kabelen til å lage et trykk, dette trykket vil være proporsjonalt med lasten. Og ved å ha en sikkerhetsventil som åpner ved en innstilt overlast kan den betjene en utløser mekanisme.

Fordeler:

- Kan kalibreres til ønsket overlast.

Ulemper:

- Avansert oppbygging med mange deler.
- Svikt ved lekkasje vil ikke være fail safe.
- Komplisert. Ikke mulig å resette "subsea".



Fig. 5.2.2 Hydraulisk sylinder. [21]

5.2.3 "Weak-link" med brytepinne og mulighet for "safe mode"

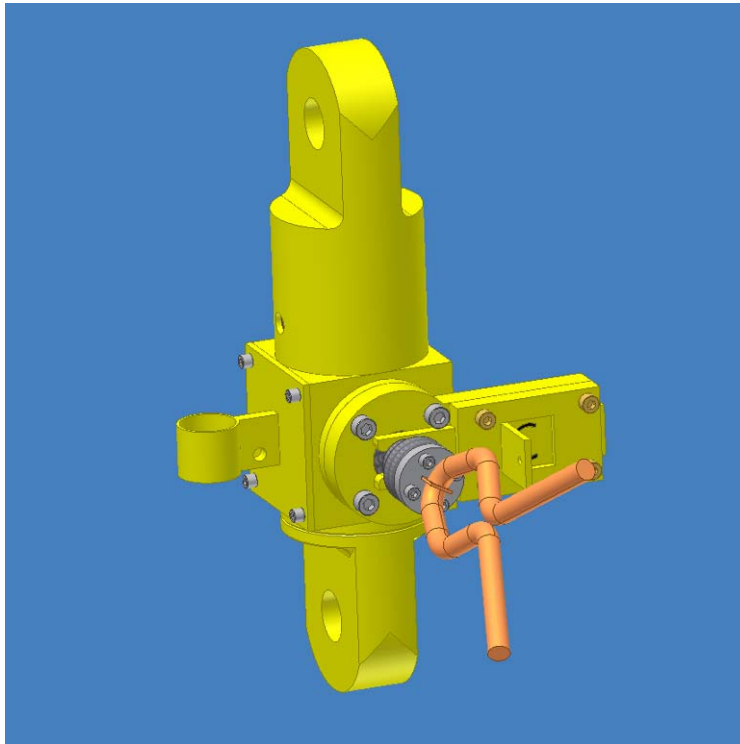


Fig. 5.2.3 "Weak-link" med brytepinne og "safe mode"

En løsning med brytepinne. Den har også mulighet for en "safe mode", hvor en kan installere en bolt "subsea" som hindrer at lasten ryker når det ikke er ønskelig (for eksempel gjennom plaskesonen).

Det er også et ønske fra DeepOcean sin side å ha mulighet for å ha en "safe mode" hvor en kan låse anordningen slik at den også kan bli godkjent som løfteutstyr. Dette er ikke mulig på "weak-linken" fra Imenco.

Fordeler:

- Bruk av brytepinner gir høy nøyaktighet.
- Brytepinnene kan tilpasses kundens ønske.
- Lav vekt gjør den lett håndterlig på dekk.
- Er låsbar som gjør det mulig for å få den godkjent som løfteutstyr.

Ulemper:

- Kan ikke resettes "subsea".

5.2.4 Permanent magnet

Man kan få ganske kraftige magneter som ikke trenger tilført elektrisk energi. En løftemagnet har normalt en sikkerhetsfaktor på 3. Slike permanente magneter fås i løftestørrelser fra 150 til 2000kg. Magneten aktiveres manuelt ved hjelp av en hendel som ved litt ombygging kan gjøres mer ROV vennlig (Det er nødvendig ved bruk av magnet at magnetfeltet må kunne aktiveres slik at den ikke fester seg på uegnede plasser eller utsetter personell for klemfare). [32]



Fig. 5.2.4 Permanent magnet [31]

Fordeler:

- Kan resettes "subsea", som gir tidsbesparelser.
- Enkel konstruksjon.

Ulemper:

- Er ikke testet for undervannsbruk, vanninntrengning kan føre til korrosjon både innvendig og utvendig.
- Er avhengig av å ha minst mulig spalteåpning slik at overflatebehandling av kontakt flater vil gi redusert løfteevne.
- Virker bare på ferromagnetiske materialer.

5.3 Valg av løsning

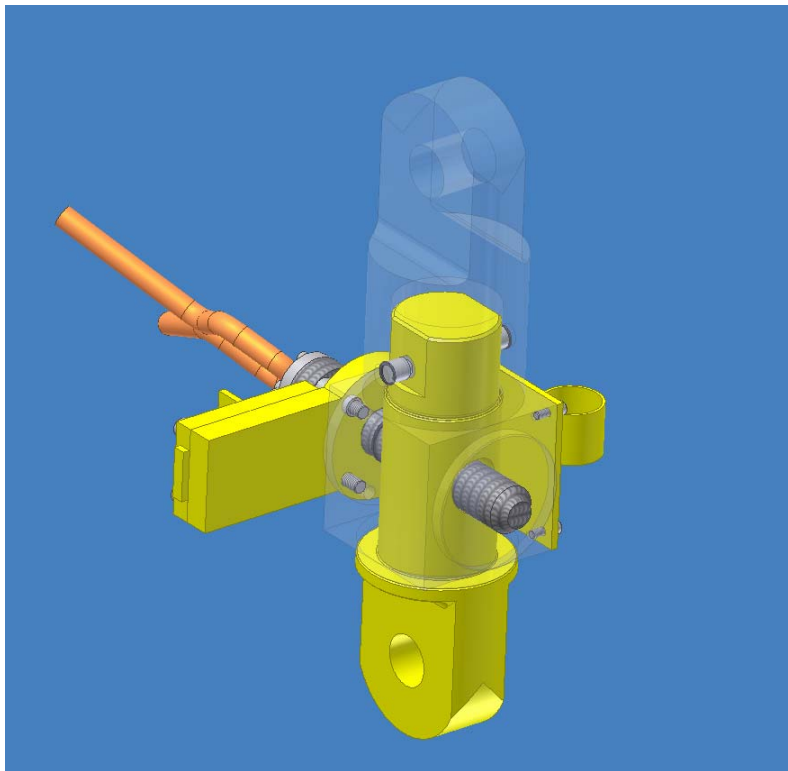


Fig. 5.3a "Weak-link" med brytepinne og "safe mode"

En "Weak-link" med bryte pinne og mulighet for "safe mode" er valgt som beste løsning. Den er lett for en ROV å betjene, den har et meget enkelt design. Denne kan sertifiseres som løfteutstyr.

For å gjøre "weak-linken" godkjent som løfteutstyr har den en låsebolt med "fishtailgrab" som gjør den lett å betjene av en ROV. Det er også en O -ring på låsebolten som hjelper å holde den på plass mens ROV-en betjener låsebolten. Den er festet med en rustfri wire i et fedigboret hull i braketten. [33]

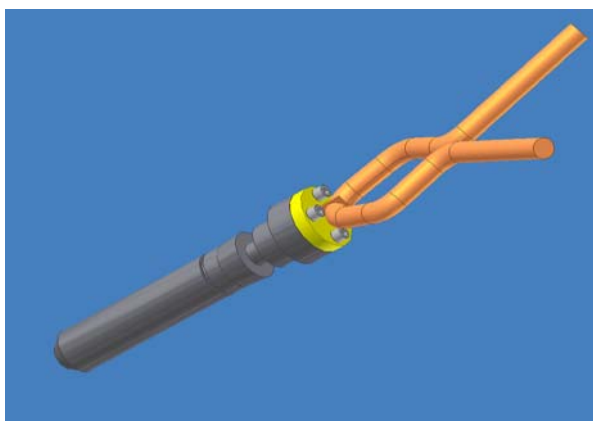


Fig. 5.3b Låsebolt med "fishtailgrab"

Gjennomføringshullet i den innvendige delen er gjort avlangt. Dette gjør at "weak-linken" åpner seg 5 mm i delingen når brytepinne ryker mens den er i "safemode". Ved å ha en annen farge innvendig i "weak-linken" vil ROV-piloten få en positiv tilbakemelding på tilstanden brytepinne; intakt eller ikke.

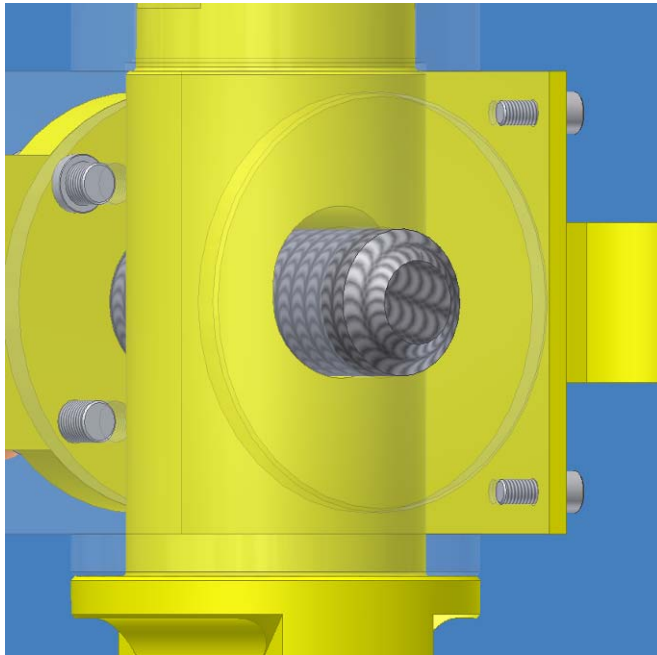


Fig. 5.3c Låsebolt i "safe mode"

Brytepinne er plassert over låsebolten. Den er holdt på plass av 2 innvendige seegerringer slik at overflaten er slett. På den måten er det plass for ROV-en å forankre den andre manipulatorarmen i selve godset.

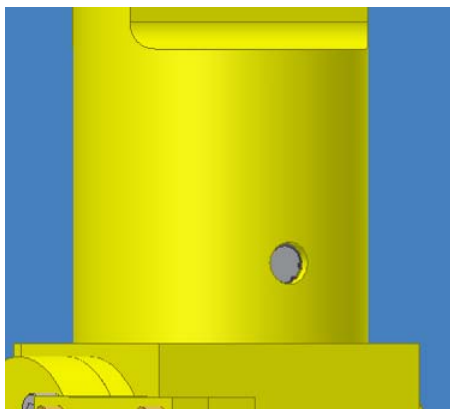


Fig 5.3d Hull for brytepinne

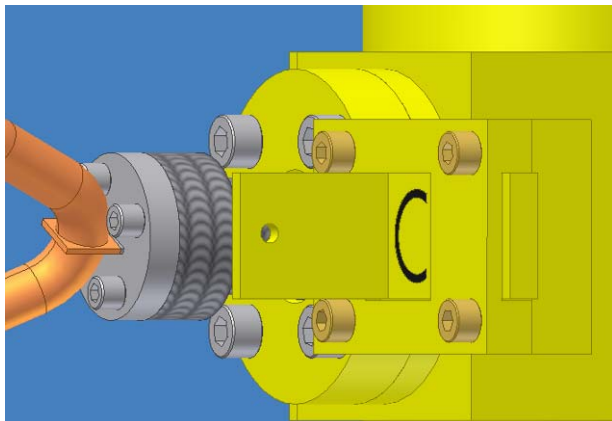


Fig 5.3e "Weak link" i låst (C - "closed") posisjon

Her har ROV-piloten satt inn låsebolten; den er nå i "safe mode". Det er også boret et hull på låsen for montering av en "monkeyfist" om ønskelig.



Fig 5.3f "Monkeyfist"

Disse er mest bruk ifm. kasteliner. Men er blitt foretrukket av flere ROV-piloter foretrukket for å forenkle diverse operasjoner siden de er enkle å gripe tak i. [28]

5.3.1 Alternativ låsebolt

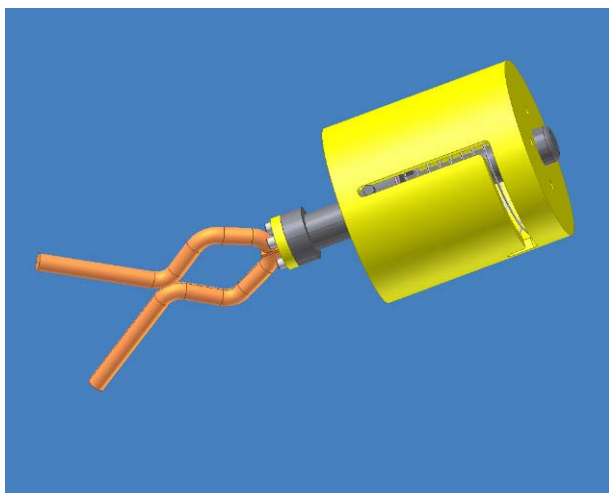


Fig. 5.3.1a Alternativ låsebolt utvendig

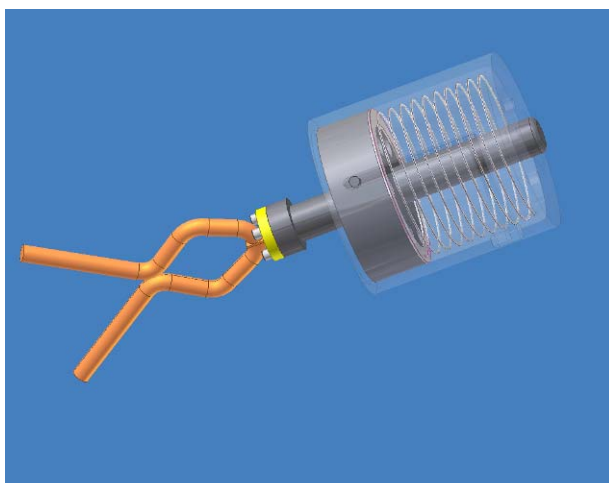


Fig 5.3.1b Alternativ låsebolt innvendig, løsningen med fjær [34] kan ses

Her er det presentert en skisse på en alternativ låsebolt. Denne løsningen de/aktiverer "weak-linken" i ett tak (uten å forflytte manipulatoren). Men det kan også være en komplisert bevegelse for ROV-piloten.

Kapittel 6 Konstruksjon

6.1 Materialvalg

Alle deler til "weak-linken" må være laget av sjøvannsbestandige materialer.

Selve "weak-linken" skal lages i rustfritt støpestål av typen S165M som er sjøvannbestandig. S165M er godt egnet til bruk som løfteutstyr i og med at den har en flytegrense på 620MPa. Stålet blir støpt, noe som gjør det enkelt å tilvirke, det er også sveisbart.

Låsebolt

Låsebolten vil bli laget av rustfritt seigherdet akselstål også av typen S165M. Men er tilvirket på en annen måte som gjør at det har en flytegrense på 700 MPa.

Brytepinne

Brytepinnen vil bli laget av en aluminium bronse legering CuAl10Ni5Fe, denne legeringen er velegnet til bruk i sjøvann samt at den har høy slagfasthet noe som gjør den velegnet til bruk som brytepinne.

Festematerialer og fjær

Seegerringer, sylinderskruer og fjær skal være i rustfrie materialer.

6.2 Overflatebehandling

På grunn av at alle delene i "weak-linken" er laget av sjøvannsbestandige materialer er ikke korrosjonsbeskyttende tiltak nødvendig.

Men pga praktiske årsaker har "subsea" -bransjen egne fargekoder.

Hele "weak-linken" er malt gul (som motvirker refleksjon), med unntak av "fishtailgrab" og håndtak på låsesleide. Disse vil bli malt oransje, dette er vanlig på håndtak som ROV skal betjene. [28]

6.3 Beregninger av kritiske punkt

Styrkeberegninger:

"Weak-linken" er designet for maks last på 12 000 kg når den er i "safe mode", dvs. når den er aktivert med låsebolt. Det er lagt inn en sikkerhetsfaktor (s_f) på 5. I tillegg er det en materialfaktor på (γ_f) på 1,15.

[29]

Design last:

$$S = m \cdot g \cdot s_f = 12000 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 = \underline{\underline{588,60 \text{ kN}}}$$

Maks tillat spenning:

$$\sigma_{\text{till}} = \frac{\sigma_f}{\gamma_f} = \frac{620 \text{ MPa}}{1,15} = 539,13 \text{ MPa} \approx \underline{\underline{540 \text{ MPa}}}$$

Spenning i snitt A-A:

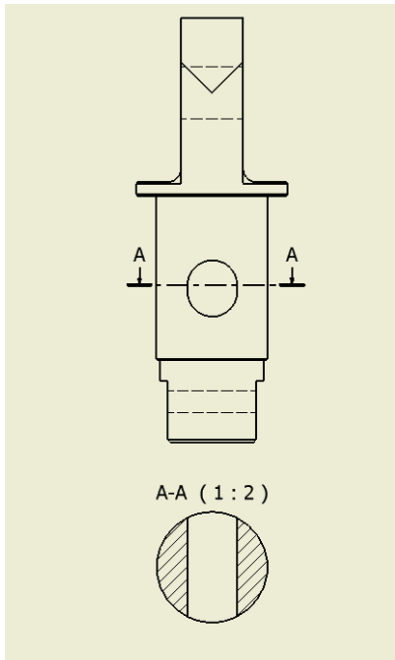


Fig. 6.3a Snitt A-A

Arealet i snitt A-A er kalkulert med "tools" funksjonen i Autodesk Inventor.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = 2291,30\text{mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{588600\text{kN}}{2291,30\text{mm}^2} = 256\text{MPa}$$

$$\underline{\underline{\sigma_{ill} > \sigma \rightarrow ok}}$$

Spenning i snitt B-B:

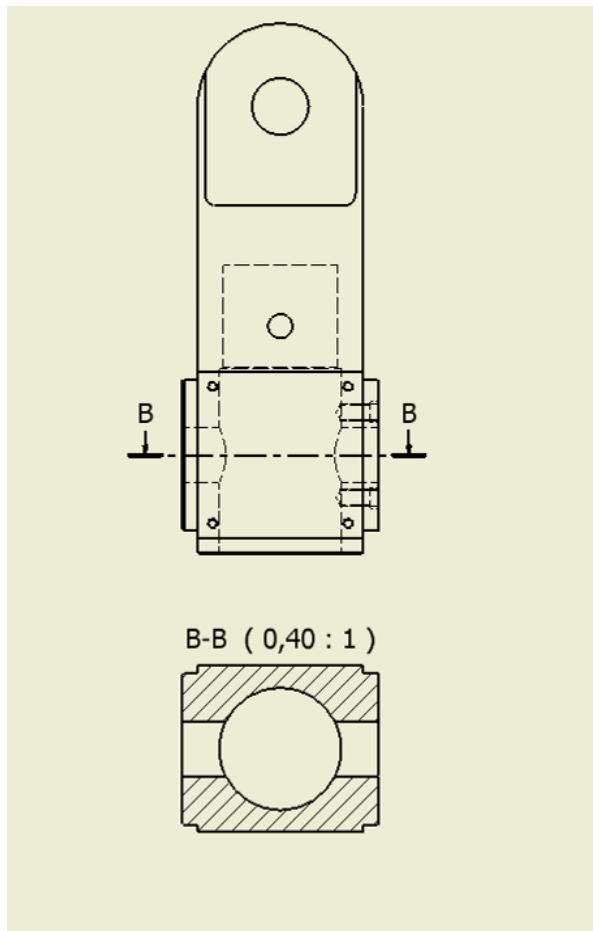


Fig 6.3b Snitt B-B

Arealet i snitt B-B er kalkulert med "tools" funksjonen i Autodesk Inventor.

Arealet i Snitt B-B er 6247 mm² noe som er betraktelig større enn arealet i snitt A-A. derfor ikke nødvendig å finn spenning i snitt B-B.

Avskjæringsspenning i "padeye":

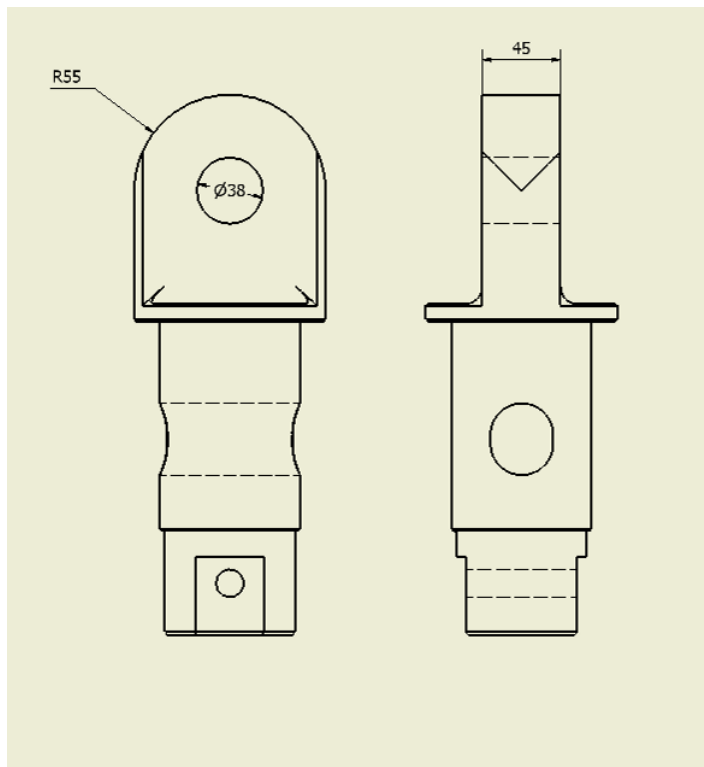


Fig 6.3c "Padeye"

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{2 \cdot l \cdot b} = \frac{588600N}{2 \left(110 - \frac{38}{2} \right) mm \cdot 45mm} = \underline{\underline{71,87 MPa}}$$

$$\underline{\underline{\tau < \tau_{ill} \rightarrow ok}}$$

Hullkantrykkspenning i padeye:

Denne metoden for å regne ut hullkantrykkspenning er ikke den mest nøyaktige metoden, men det er en konservativ metode.

Til å regne ut hullkantrykkspenningen brukes diameteren for bolt til standard 12 tonnsløftesjakk.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$
$$\sigma = \frac{F}{b \cdot d} = \frac{588600N}{45mm \cdot 35mm} = 373,7MPa$$
$$\sigma < \sigma_{ill} \rightarrow ok$$

Avskjæringspenninger i låsebolt:

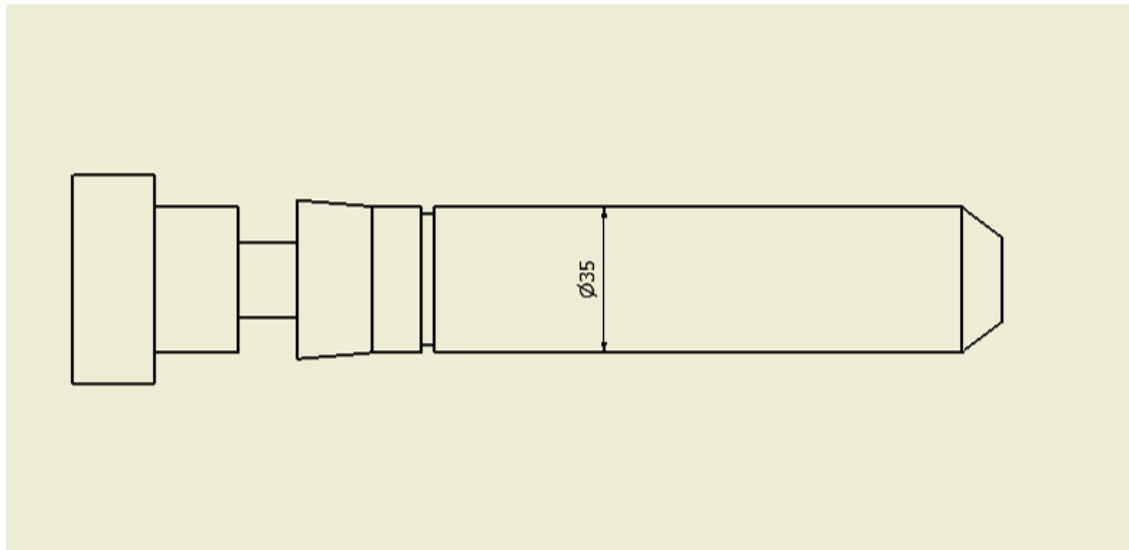


Fig. 6.3d Låsebolt

Maks tillatt skjærspenning:

$$\sigma_{iill} = \frac{\sigma_f}{\gamma_f} = \frac{700MPa}{1,15} = 608,70MPa \approx \underline{609MPa}$$

$$\tau_{iill} = \frac{\sigma_{iill}}{\sqrt{3}} = \frac{608,70MPa}{\sqrt{3}} = 351,43MPa \approx \underline{351MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{A_{tot}} \text{ Siden det er 2 avskjæringsnitt er } A_{tot} = 2 \cdot A_{bolt}$$

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot A_{bolt}} = \frac{588600N}{2 \cdot \frac{(35mm)^2}{4} \cdot \pi} = \underline{306MPa}$$

$$\underline{\underline{\tau < \tau_{iill} \rightarrow ok}}$$

Beregning av bruddiameter for brytepinne:

Brytepinnen vil bli laget etter ønsket bruddlast.

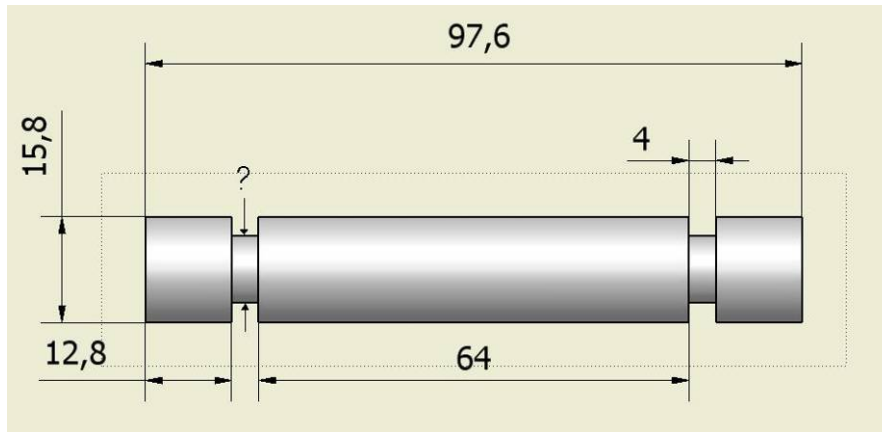


Fig. 6.3e Brytepinne

$$\sigma_{brudd} = 640 \text{ MPa}$$

$$\tau_{brudd} = \frac{\sigma_{brudd}}{\sqrt{3}} = \frac{640 \text{ MPa}}{\sqrt{3}} = 369,50 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{m \cdot g}{\frac{d^2}{4} \cdot \pi}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot (x) \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 369,50 \text{ MPa} \cdot \pi}}$$

Diameteren på bruddpartiet vil bli tilpasset etter behov. Bruddspenningen kan variere på grunn av feil i materialet og etter hvilken produsent. Ved å ta stikk prøver for hvert produksjonsparti kan en korrigere bruddspenningen for å oppnå høyere nøyaktighet.

6.4 Simulering i ANSYS Workbench

Spenningsplot av simuleringen i ANSYS Workbench. Simulerings rapporter er lagt som vedlegg.

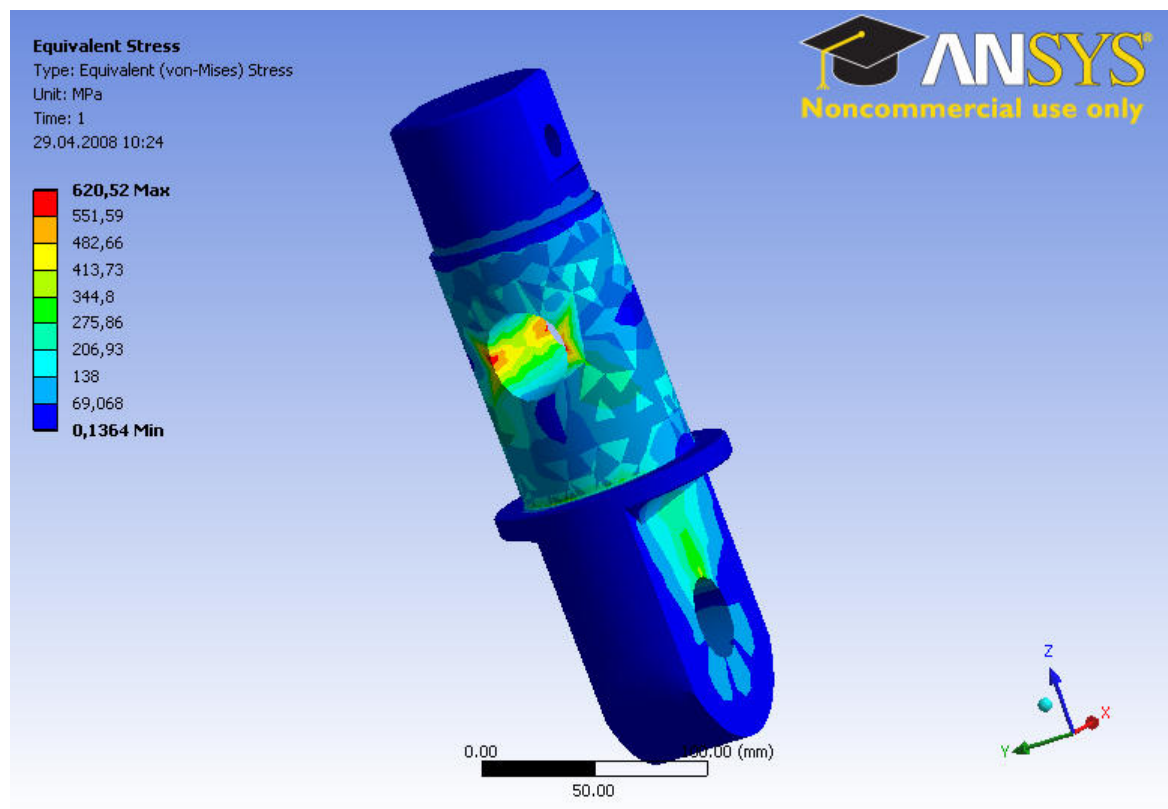


Fig. 6.4a Spenninger i hann-delen

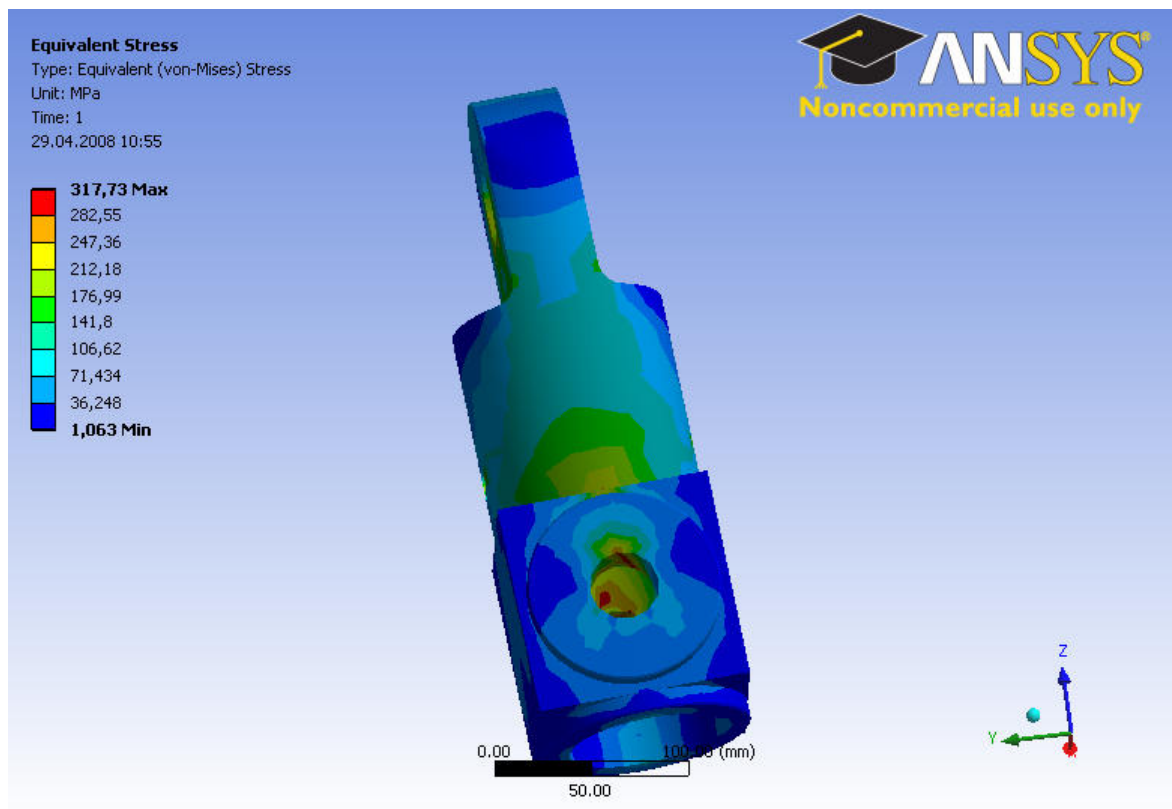


Fig. 6.4b Spenninger i hunn-delen

6.4.1 Kommentar til simulering i Ansys

ANSYS klarer ikke å simulere virkeligheten 100 %. Derfor oppstår det små spennings konsentrasjoner, disse kan vanligvis neglisjeres. Ved å studere hannen i fig. 6.4a ser en at disse spenningskonsentrasjonene er på 620 MPa, mens manuelle beregninger viser 256 MPa. Men en ser at spenningen på rett plass.

Simuleringen kan også være noe misvisende fordi i virkeligheten vil det oppstå hullkantrykkspenning noe som det ikke er mulig å simulere med ANSYS versjonen til Høgskolen Stord Haugesund.

Kapittel 7 Diskusjon

I denne oppgaven mener vi at vi har kommet fram til en tilfredsstillende løsning. Løfteanordningen er lett håndterlig av ROV. Den har også en meget enkel oppbygning. Den eneste ulempen med den egendesignede "weak-linken" er at den ikke har mulighet for å resettes undervann. Behovet for dette er det delte meninger om. Det er ikke ofte det er svikt ombord på løftefartøyet. Det er ofte flere sikkerhetsbarrierer og "backup" systemer (redundans).

Når det gjelder betjening av låsebolt kunne kanskje det blitt gjort annerledes, en alternativ løsning er blitt presentert med en idé -skisse i **kap. 5.3.1 Alternativ låsebolt**. Den alternative løsningen vil trolig ikke ha så lett for å hekte seg fast i for eksempel styreliner ved slakk. Men hva som er den beste løsningen der vil variere fra person til person. Noe som er erfart ved arbeidet med denne oppgaven.

Skulle "weak-linken" bli produsert kunne den sikkert blitt gjort slankere. Dette blant annet fordi det er brukt en konservativ sikkerhetsfaktor. Den ble satt for å matche løftesjakler. Men de må sies at løftesjakler blir masseprodusert og kun en andel blir testet. Et eget konstruert verktøy vil ha en grundigere sertifisering.

Kapittel 8 Konklusjon

I forbindelse med denne oppgaven har vi gått gjennom en prosess som kan sammenlignes med arbeidssituasjonen for en ingeniør. Først en orientering av problemet før man finner en løsning som utarbeides ned til detaljnivå.

På dagens løftesituasjon i forbindelse med åpning av luker på bunninstallasjoner fungerer utstyret og prosedyrene til DeepOcean tilfredsstillende med Wepco ankeret. Løsningen med rundslings er en meget dårlig løsning. De har en unøyaktig bruddgrense. Den minste bruddgrensen er sju tonn for en ett tonns rundsling, noe som er altfor høyt i visse løfte operasjoner. Sju tonns kraft kan ødelegge komponenter.

Det finnes flere typer "weak-links" på markedet, men ingen med mulighet for å låse i en "safe mode" uten å ta av strekket i wiren. Ved å ha en mulighet for en "safe mode" kan en også hente opp moduler, ventiler, etc., med ett og samme løfteverktøy. Med en "safe mode" kan en også løfte trygt gjennom plaskesonen. Vi har valgt å se bort fra alternativ basert på hydraulikk eller elektronikk, disse vil fort bli avanserte og dermed mer utsatt for feil.

Løsningen som er det beste alternativet, er vårt egendesignede verktøy *"weak-link" med brytepinne og "safe mode"*.

"Weak-inken" vi har designet er fleksibel og av ren mekanisk art. Den kan skifte modus under konstant strekk ved enkel manipulering av ROV, fra løfteutstyr til "weak-link".

Dette er et fint resultat som vil gi tidsbesparelser. Man kan også utføre løft som er godkjent ut fra serertifiserte laster. Den eneste ulempen er at den ikke kan resettes undervann.

Ut i fra våre håndberegninger, vil den valgte løsningen tåle belastningen på 12 tonn med god margin. Denne marginen gjør at kreftene som opptrer vil tas opp i godset rundt de kritiske punkt. Dette bekreftes gjennom tegninger og beregninger utført i ANSYS.

Kapittel 9 Forkortelser og faguttrykk

DP – Dynamisk posisjonering
PRS – Pipeline Repair System
IMR – Inspection, Maintenance and Repair
UPS – Undervanns Produksjons System
MHS – Modul Håndterings System
AHC – Active Heave Compensation
CT – Constant Tension;
ROV – Remotely Operated Vehicle;
DNV – Det Norske Veritas
MRU – Motion Reference Unit
DAF - Dynamic Amplification Factor
SWL - Safe Working Load
Skids – skinnerystem på dekk
Umbilical – ”navlestreng”; en kontroll/signalkabel
Moonpool – En ”brønn” som går gjennom skipsdekket
Padeye – løfteøre
OD – Oljedirektoratet
Ptil - Petroleumstilsynet
Slamming – bølger som ”slår” opp mot det projiserte arealet av utstyret
Heave – hiv
Yaw – gir
Sway - swai
Surge - jag
Roll - rulling
Pitch - stamp
Fishtailgrab – tilkomstpunkt for manipulator
Manipulator - mekanisk arm, elektrisk eller hydraulisk
Monkeyfist -
Hydrokarboner – Bestanddelene av olje og gass
Guidepost – forankringspunkt på undervannsinstallasjon

Kapittel 10 Kildehenvisninger

Litteratur:

- [1]: Interndokument fra DeepOcean: No.: 5050.wp.006.Document title: Statoil subsea structures – roof operational procedures
- [5]: J.C Lindaas: ”Kompendium i undervannsteknologi”
- [7]: DNV rules for certification of lifting appliances 2007
- [8]: Oljedirektoratet:
www.npd.no/regelverk/R2002/Aktivitetsforskriften_n.htm
- [9]: Oljedirektoratet www.npd.no/regelverk/r2002/Rammeforskriften_n.htm
- [16]: Imenco Project No. 32400-143608
- [17]: Interndokument fra DeepOcean: No.: 5050.wp.006.Document title: Statoil subsea structures – roof operational procedures. Utstysrliste, s.9, pkt2 ”GW anchor socket adapter”
- [23]: DNV Rules for planning and execution of marine operations. (3.2.3, 3.4.1. Loads: 2.1-2.1.5)
- [24]: DNV Rules for planning and execution of marine operations. Pt.2 Ch4. 3.3.1.3
- [29]: Formelsamling i konstruksjonsteknikk av Jan W. Finstad

Bakgrunnsinformasjon:

- [11]: HAMAS, produsent av stropper:
www.hamas.no/hamas/index.php?id=40
- [13]: Lifting and safety international: <http://lsi-bok.no/pdf%5Cbok1.pdf>
- [32]: Wagnet-magneter: www.wagner-magnete.de/pdf/5/L0519.pdf
- [33]: O-ringer: www.otto-olsen.no/PDF/Tetninger/O-ringer.pdf
- [34]: Fjær: www.fjaer.net/default.asp?id=800
- [35]: Verkstedhåndboka

Referanser:

- [2]: Telefonsamtale med hhv. Acergy og FMC Kongsberg Offshore
- [15]: Telefonsamtale med HAMAS, produsent av stropper
- [19]: Besøk på Edda Fauna, omvisning, samtale med kranoperatør
- [20]: Samtale med Westcon; ingeniørleder Olov Lundback
- [28]: Møte med Sveinung Soma, DeepOcean
- [30]: Samtale med Rolf Wiksnes, teknisk sjef, Westcon løfteteknikk

Bilder:

- [3]: Tordisfeltet: www.statoil.com
- [4]: LOG: leverandørnett olje og gass: www.oil-and-gas.net/index.php?page_id=641
- [6]: DeepOcean: www.deepocean.no
- [10]: NTNU: www.ivt.ntnu.no/imt/courses/tmr4100/pensum/rapp-gr16.pdf
- [12]: HAMAS: www.hamas.no/hamas/index.php?id=35
- [14]: Wepco, leverandør for utstyr subsea:
www.wepco.no/Webdesk/netblast/pages/index.html?id=107051
- [18]: Hydramarine, produsent av hydrauliske vinsjer:
www.hydramarine.no/wps/portal!/ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3gvNy9HJydDRwN3P0tXAYNDc38fAx9HA-8QA6B8pFm8n79RqJujp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izExuuHy_oFhIHlj_d8QdxcDYzNCusNBrsVvO0jeAAdwNIDI47HfzyM_N1W_IDc0wiAzIB0AhJ9gBw!!/d12/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfSkZKQUJCMUEwR045RTAyMTdPTDBMQTBLRDY/
- [21]: Produsent av hudraulisk utstyr:
www.aarbakke.com/bauer/syl_mekanisk.htm
- [25]: Hydramarine, leverer kraner:
http://www.hydramarine.no/wps/portal!/ut/p/c1/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3gvNy9HJydDRwP_wDBXAYNDY3f_EHcXA2NLM6B8pFm8n79RqJujp6GhhZmroYGRmYeJk0-Yp4G7izEB3eEg-_DrB8kb4ACOBhB5XDaYGev7eeTnpuoX5EYYZAakKwIAyngFYg!!/d12/d1/L2dJQSEvUUt3QS9ZQnB3LzZfSkZKQUJCMUEwR045RTAyMTdPTDBMQTBLVDA/
- [26]: Hefte fra DeepOcean: "about us, what we do...advanced SUBSEA operations
- [27]: NTNU: www.ntnu.no/marine/minerva/pictures
- [31]: Demag Cranes:
www.demag.no/include/default_template.asp?Table=Article&key=8323