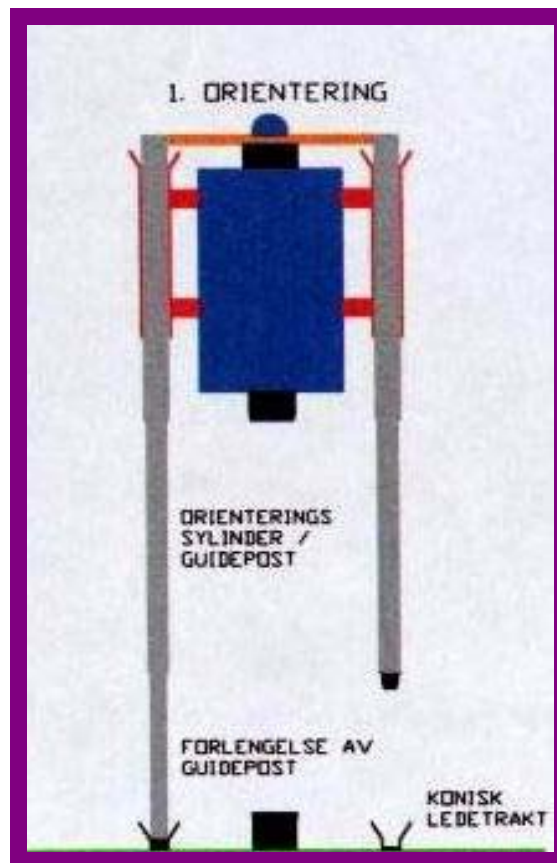


## HÅNDBTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN



Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. for ingeniørfag

*Studieretning : Maskin*

Av : Yngvar RUSHFELDT



Høgskolen Stord/Haugesund  
Avdeling for ingeniørfag  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND  
Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Håndtering / landing av utstyr på dypt vann		
Utført av		
Yngvar RUSHFELDT		
Linje		Studieretning
Maskin		Prosess og energiteknikk
Gradering	Innlevert Dato	Veileder ved HSH
Åpen	03.05.02	Jens C. LINDAAS
Oppdragsgiver		Kontaktperson hos oppdragsgiver
IMENCO A/S		Arne KINN

Bakgrunnen for å skrive denne rapporten var at Imenco A/S ønsket seg mer informasjon innenfor området intervensjon på dypt vann, mer enn 1000 meter. Det var da spesielt ytre ønske om et verktøy som kunne lande / orientere moduler på en mest mulig forsvarlig måte.

Det er i dag en god del sensitivt utstyr en ønsker å lande, men eksisterende metoder har ikke kunnet ivareta dette på en forsvarlig måte, da spesielt når vanddyppet kommer over 1000 meter eller mer. Jeg har i denne oppgaven belyst denne problemstillingen, og prøvd i den grad det er mulig å komme med ny informasjon på området.

Jeg har derfor, i samarbeid med Imenco A/S, lansert et nytt konsept som kan orientere og lande modulene på dyp over 1000 meter. Konseptet ble døpt av Arne Kinn ved Imenco A/S til **"INVERS GUIDEPOST SYSTEM"**.

Vi har under arbeidet med dette konseptet kommet frem til 3 metoder som kan benyttes uavhengig av hverandre. Disse løsningene dekker til sammen et vidt spekter av undervannsstrukturer og vanddyp.

Ser en disse metodene under et, har de en god del av de egenskaper en forventer av intervensjonsutstyr som skal anvendes på dyptvann. Det videre arbeidet er avhengig av at et konsulentfirma tar tak i konseptet for videre bearbeiding, og en eventuell markedsanalyse.

Ser en på den enkelte metode er nok løsning 2, dvs. der en anvender sjøvann som hydraulisk medium, den metoden jeg personlig har mest tro på. Fordi denne metoden ikke involverer noen form for ekstern effektilførsel i landingsfasen. Det fører igjen til større grad av fleksibilitet, når metoden skal benyttes på store dyp.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

### FORORD

Denne hovedoppgaven er skrevet av Yngvar Rushfeldt ved linje for prosess og energiteknikk ved Høgskolen Stord / Haugesund våren 2002. Skulle noen ha synspunkter ved.r. oppgaven kan jeg nås på mail:  
[mailto:yngvar.rushfeldt@c2i.net?subject=prosjekt 2002](mailto:yngvar.rushfeldt@c2i.net?subject=prosjekt%202002)

Oppgaven føyer seg inn i rekke av mange forskjellige utredninger på området dypvannsteknologi. Jeg har prøvd, så langt det var praktisk mulig, å tilføre diskusjonen noe verdifullt. Jeg føler at dette målet er nådd, til tross for at det gjenstår en del konkret arbeid vedr. verktøyet.

Oppgaven henvender seg spesielt til Imenco A/S, som til daglig driver med problemer relatert til intervensjon på dypt vann.

Et av kravene til oppgaven var at verktøyet måtte konstrueres / tilpasses slik at prosedyrer for operasjon av verktøyet ble enklest mulig. I tillegg var det ytret et ønske om at verktøyet kunne bære modulvekter på oppimot 25 tonn.

I og med at det ikke er produsert prototyper, må det her være naturlig å anta at det kan skjule seg problemstillinger, som jeg ikke har hatt mulighet til å forutse. Så konseptet trenger nok en mer detaljert utredning angående styrkeberegning, og utarbeiding av komplette tegninger før de kan lanseres som selvstendige løsninger eller metoder. Dette arbeidet har jeg dessverre ikke tid til i denne oppgaven, da jeg har hatt begrenset tid i forhold til mine øvrige studier.

Deler av kapittel 2 er orienteringsstoff, og er dermed ikke direkte forankret i problemstillingen, og av samme grunn ikke til casen fra Imenco A/S. Men stoffet kan likevel være inntresant for andre målgrupper.

Jeg takker med dette for all støtte fra veiledere, som har vært:

Jens C. Lindaas ved Høgskolen Stord / Haugesund. web adresse <http://www.hsh.no/>

Arne Kinn Imenco A/S Haugesund. web Adresse <http://www.imenco.no/>

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBOK / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 1. SAMMENDRAG

Bakgrunnen for å skrive denne rapporten var at Imenco A/S ønsket seg mer informasjon innenfor området intervensjon på dypt vann, mer en 1000 meter. Det var da spesielt ytret ønske om et verktøy som kunne lande / orientere moduler på en forsvarlig måte dvs. enklest mulig konstruksjon og operasjonsprosedyrer.

Det er i dag en god del sensitivt utstyr en ønsker å lande, men eksisterende metoder har ikke kunnet ivareta dette på en god måte, da spesielt når vanddypet kommer over 1000 meter eller mer. Jeg har i denne oppgaven belyst denne problemstillingen, og prøvd i den grad det er mulig å komme med ny informasjon på område.

Jeg har derfor i samarbeid med Imenco A/S lansert et nytt konsept som kan orientere og lande modulene på dyp over 1000 meter. Konseptet ble døpt av Arne Kinn ved Imenco A/S til **"INVERS GUIDEPOST SYSTEM"**.

Materialet som denne oppgaven er bygd opp av, er i stor grad hentet fra tilgjengelig informasjon om dypvannsteknologi. Her kan nevnes litteratur, tidsskrifter, bedrifter, Internett og lignende. Videre ligger det ikke så rent lite kreativ tenking bak metoden "Invers Guidepost System".

Resultatene i denne oppgaven, er i stor grad avhengig av det videre arbeidet, som blir lagt ned i forhold til tegninger, styrkeberegninger og produksjon av prototyper. Dette arbeidet må anses som relativt omfattende, og til dette arbeidet trenger jeg hjelp fra for eksempel Imenco A/S, som innehar de rette verktøy og ekspertise nettopp på dette område.

Som student har det vært vanskelig å nå frem til de riktige kontaktene i bedriftene. Dette skyldes i storgrad av at konsulentfirmaene har forskjellige løsninger på dette området, og ønsker av den grunn å holde dette materialet mest mulig gradert.

#### KONKLUSJON

Vi har under arbeide med dette konseptet kommet frem til 3 metoder som kan benyttes uavhengig av hverandre. Disse løsningene dekker til sammen et vidt spekter av undervannsstrukturer og vanddyp. Ser en konseptet under et, er nok løsning 2, dvs. der en anvender sjøvann som hydraulisk medium, den metoden jeg personlig har mest tro på. Fordi denne metoden ikke involverer noen form for ekstern effektilførsel i landingsfasen. Noe som igjen før til større grad av fleksibilitet, når metoden skal benyttes på store dyp.

Med dette som bakgrunn, mener jeg at det er kommet frem mye kreativ tenkning fra alle involverte parter. Så konklusjonen på dette må bli at en her er kommet frem til et konsept som fortjener en videre utredning.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

### INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>Kapittel 1.</b> ....	<b>1</b>
<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>2</b>
<b>Kapittel 2. Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Tema</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Bakgrunn og formål med oppgaven</b> .....	<b>7</b>
<b>2.3 Eksisterende metoder</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3.1 Styrelinemetoden</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3.2 Styrelinemetoden på mer en 1000 meter</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.3 Fordeler med styrelinemetoden</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3.4 Ulemper med styrelinemetoden</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4 Host 2500 ultra deepwater version</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4.1 Fordeler med Host 2500</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4.2 Ulemper med Host 2500</b> .....	<b>14</b>
<b>2.5 Bøyemetoden som verktøy</b> .....	<b>16</b>
<b>2.5.1 Analyse av bøyemetoden</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5.2 Testresultater i Mexico golfen</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5.4 Fordeler med bøyemetoden</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5.5 Ulemper med bøyemetoden</b> .....	<b>18</b>

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

<b>2.6 Problemstillinger.....</b>	<b>20</b>
2.6.1 Utfordringer.....	20
2.6.2 Avdrift av styreliner.....	20
2.6.3 Dybde og trykkforhold.....	21
2.6.4 Hydrodynamiske krefter og resonans .....	21
2.6.5 Orientering og landingshastighet .....	22
2.6.6 Bevegelse av fartøy og kran.....	22
<b>2.7 Hjelpeutstyr (ROV).....</b>	<b>25</b>
2.7.1 Typiske feilkilder ved bruk av ROV.....	26
<b>Kapittel 3. Ny metode ” INVERS GUIDEPOST SYSTEM”.....</b>	<b>28</b>
3.1 Generelt om casen fra Imenco A/S.....	28
3.2 Generelt om metoden.....	28
3.3 Konstruksjons utfordringer.....	30
<b>Kapittel 4. Løsning 1.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Orientering og kontrollert landing.....</b>	<b>31</b>
4.1.1 Virkemåte.....	31
4.1.2 Landing og landingshastighet.....	32
4.1.3 Orientering.....	33
4.1.4 Nødvendig håndteringsutstyr.....	34
4.1.5 Anbefalt standard.....	37



## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

## 2. INNLEDNING

### 2.1 TEMA

En ser i dag at oljeselskapene i stadig større grad ønsker å utvinne olje på store havdyp, dvs. større en 1000 meter. Dette stiller store krav til personell og utstyr som anvendes.

Stadig mer av det prosess tekniske utstyret blir plassert på havbunnen. Dette kan være store og tunge komponenter og lett finmekanikk som krever forsiktig behandling.

- Separatorer
- Pumper
- Kompressorer
- Div. elektronikk og hydraulikk

En stor del av dette utstyret vil kreve hyppig ettersyn og vedlikehold. Til dette trenger vi pålitelige håndteringssystemer for effektiv orientering og landing av utstyret.

I dag har vi en kontinuerlig utvikling på dette området . Det har igjen ført til at oljeselskapene er blitt i stand til å utvinne olje og gass, på felt det tidligere ikke var mulig å ta i bruk pga. teknologien og dybden.

En ser i stadig større grad overgang til styrelineløse teknikker. Dette området er det ikke forsket mye på, foruten Nelson (1997) som har lansert et nytt intervensjonssystem. Dette systemet baserer seg på en bøye, som i sin helhet er frakoplet skipets bevegelser (hiv nøytralt system).

Håndteringen vil i stadig større grad skje fra mindre fartøyer, for å få intervensjonskostnadene ned, og for å øke tilgjengeligheten på kostnadseffektive skip.

Håndteringsoperasjonene vil i større grad foregå parallelt fra plattformer og håndteringsskip.

Videre ser en for seg en større grad av standardisering av grensesnittene for løfte- og installasjonsarrangementet.



## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

### 2.2 BAKGRUNN OG FORMÅL MED OPPGAVEN

Utgangspunktet for denne oppgaven var å skrive en innovativ oppgave, som etablerte kunnskap med nye ideer og prosjekt, ved hjelp av personer som har lang erfaring eller jobber med dette til daglig.

Gjennom et dypdykk i litteratur, Internett og bedriftskontakter innhentet jeg informasjon om undervanns operasjoner og tilhørende overflatebaserte operasjoner

Det er uttrykt ønske om nye ideer vedr. håndtering og landing av utstyr på dypt vann. Eksisterende utstyr på markedet er foreldet i forhold til hvilke dyp det kan bli snakk om i fremtiden. Og det er derfor ønskelig med ny ideer og konsepter, som er anvendelig på store dyp.

I denne forbindelse skal jeg i et samarbeidsprosjekt med Imenco A/S se på eksisterende metoder som anvendes i markedet i dag. Gjennom dette samarbeidet skal jeg evaluere eksisterende metoder, og om mulig komme med forslag til forbedringer der det er mulig.

### **CASEN TIL IMENCO A/S HADDE DERFOR DISSE 4 PUNKTENE**

Oppgaven min var å systematisere og presentere mulige metoder for nedsetting av utstyr på dypt vann (mer en 1000 meter).

Ut fra gitt case, skal jeg prøve og finne frem til en metode, som kan lande / håndtere moduler med en vekt oppimot 25 tonn. I denne sammenheng skulle jeg også evaluere metodene, og anbefale metode (r) for videre bearbeiding.

Jeg skulle også detaljere valgt (e) metoder i den grad det var mulig, og gjennom et konseptdesign av utstyret komme med forslag til operasjonsprosedyrer.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

## 2.3 EKSISTERENDE METODER

### 2.3.1 STYRELINEMETODEN

Det finnes i dag noen få metoder for landig og håndtering av utstyr på dypt vann. Jeg skal prøve å belyse disse metodene. Videre skal jeg komme inn på problemer vedrørende disse metodene. Den mest anvendte metoden er styrelinemetoden /4/, så jeg vil belyse denne metoden mer inngående enn de andre.

Metoden baserer seg hovedsaklig på at det allerede er etablert guideposter på UPS. (Undervanns produksjons system), som disse linene festes til. Linene festes til guidepostene / stengene ved at en benytter et spesielt anker. Dette ankeret koples til guidestanga ved hjelp av ROV'en, som assisterer operasjonen. Viser til fig. 2.3.2, som viser et typisk ankerfeste. Ankerfestet er utviklet av Imenco A/S.

Denne metoden er den mest anvendte for landing av både tungt og lett utstyr på relativt grunt vann, inntill ca. 1000 meters dyp. Metoden er også anvendt på større dyp, men da anvendes den i samsvar med spesielle teknikker og prosedyrer. Dette vil jeg komme tilbake til i kapittel 2.3.2.

Det er ikke utenkelig at en i fremtiden ønsker å plassere prosesseringsutstyret på dyp ned mot 2000 meter eller mer. Da vil denne metoden bli komplisert i forhold til at styrelinene blir lange. Dette medfører at en trenger stor trommelkapasitet på vinsjene. I tillegg har det vist seg at de, pga. strømforhold, kan vikle seg inn i hverandre. Dette kan føre til at komponentene som senkes ned blir sittende fast, med påfølgende problemer.

Metoden er avhengig av at overflatefartøyet har moon-pool hvor virene er festet til hiv kompenserte vinsjer. Videre går virene ned til undervannsinstallasjonen, hvor en arbeidsRov fester ankrene til postene. Denne operasjonen er ganske tidkrevende. Det har imidlertid vist seg at denne metoden, på tross av tid, er en presis metode for landig av utstyret på relativt grunt vann. Metoden er uansett noe væravhengig, som følge av at en har begrensninger på de hiv kompenserende vinsjene.

Men uansett er hiv-problematikken kanskje en av de største utfordringene sammen med tviningsproblematikken, når dybden blir stor. Metoden involverer mye teknisk utstyr både på overflaten og på bunnen. Dette krever både tid og økonomiske ressurser. Disse problemene kommer jeg mer innpå i kapittel 2.6.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

Dette gjør metoden sårbar overfor andre mer kostnadseffektive metoder, som jeg skal komme til i de neste to kapitlene.

Sjansen for å skade sensitive komponenter ved landing er også et overhengende problem en står overfor ved denne metoden, når dybden kommer over ca. 1000 meter. Dette er i stograd eliminert på grunt vann, ved at en har hiv kompenserte vinsjer involvert i denne delen av operasjonen. Prinsippet kan ses på fig. 2.3.1.

### 2.3.2 STYRELINEMETODEN PÅ MER EN 1000 METER

Jeg har vært i kontakt med Bjørn Sortland ved marinteknisk institutt NTNU /7/. Han har studert denne metoden i et samarbeid med Statoil. Problemstillingen var om det var mulig å finne løsninger som bidro til at metoden kunne anvendes på større dyp enn 1000 meter.

Det Sortland kom frem til var at metoden kunne anvendes på større dyp en 1000 meter, ved at en omarbeidet operasjonsprosedyrene. Når dybden overstiger 1000 meter viser det seg at det involverer store statiske krefter i vertikalplanet for å holde linene stramme, som igjen stiller større krav til innfestningspunktene på guidepostene. Fare for deformering av guideposter og undervannsstruktur er overhengende når dybden kommer over 1000 meter.

Problemet med at linene har en tendens til å vikle seg inn i hverandre, er i den delen av operasjonen hvor linen ikke er oppstrammet og festet til guide posten. Sortland har i den forbindelse utarbeidet en del nye prosedyrer for innfesting og oppstramming, så en unngår nettopp dette problemet.

En har også problemer med at navlestrengen til ROV`n kan feste seg til linene. Dette kan elimineres ved at ROV`n jobber oppstrøms i forhold til ledelinene.

I forhold til landingsproblematikken ble det ikke utarbeidet noen bedre løsning enn den som anvendes i dag. Det viser seg imidlertid at den statiske kraften i styrelinene varierte proporsjonalt med økende vanndyp. Dette setter nok også en stopper for hvor stort vanndyp en kan anvende denne metoden.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.3.3 FORDELER MED STYRELINE METODEN

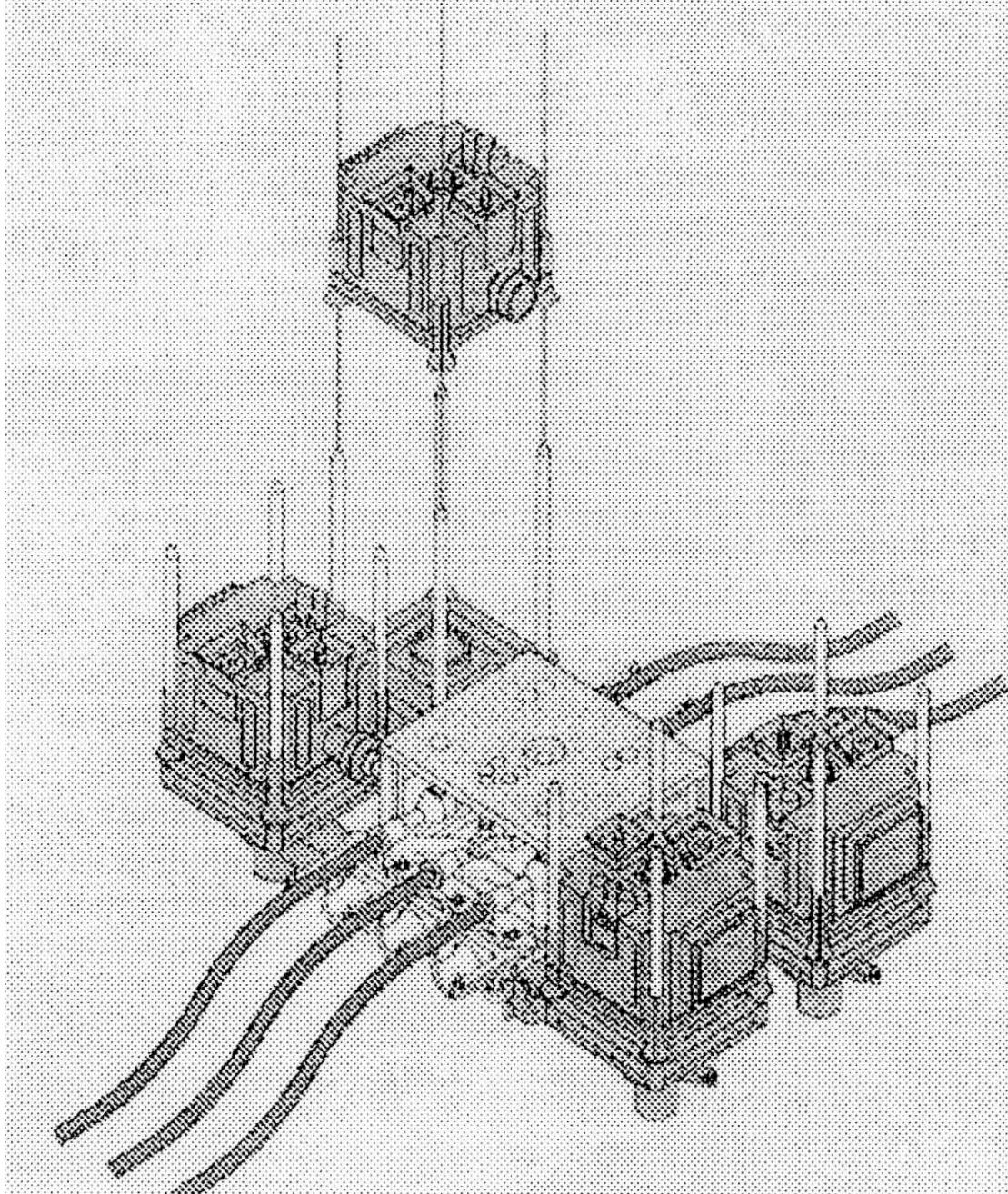
- Velprøvd metode.
- Velegnet for tunge løft.
- Sikrer stor presisjon (orientering på modul).
- Høy pålitelighet på moderate dyp.
- Minimal risiko for menneskelige feil.
- Effektiv på moderate dyp, dvs. 0 til 500 meter.

#### 2.3.4 ULEMPER MED STYRELINE METODEN

- Praktisk bruk på dyp vann.
- Bruk av ROV er påtvunget.
- Tvinningsproblematikk på dypt vann.
- Krevende dynamisk posisjonering av skip.
- Lang mobiliseringstid.
- Krav til at fartøy må ha moon-pool eller brønn.
- Plasskrevende på dekk vedr. vinsjer, wire og lignende.
- Krever stort statisk strekk på styrelinene, når vanddypet blir stort.
- Fare for resonans på dypt vann.
- Krever hiv-kompenserte vinsjer på alle dybdenivå.
- Landingshastighet vanskelig å kontrollere uten hiv-kompenserte vinsjer.
- Krever stort strekk i wire på dypt vann. (Fare for deformering av guidepost).

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>



**Fig. 2.3.1 viser styrelinemetoden. Modul på vei ned til undervannsinstallasjon.**

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

# IMENCO GUIDEWIRE ANCHOR SLIM TYPE

ROV operated anchor for efficient subsea connection of guidewires.

### MAIN FEATURES:

**Slim anchor body based on** the patented Imenco anchor design proven world-wide since 1988.

**Simple installation and release by ROV.**  
No special tools required.

**Fits standard API guidepost** with 3" receptacle hole.  
Slim anchor body allows for full entering.

**Release and reinstallation possible** in the same run.

**Shear-pin release with** shear capacity up to 15 000 lbs. All shear-pin parts are automatically retrieved after operation.

All stainless steel construction.

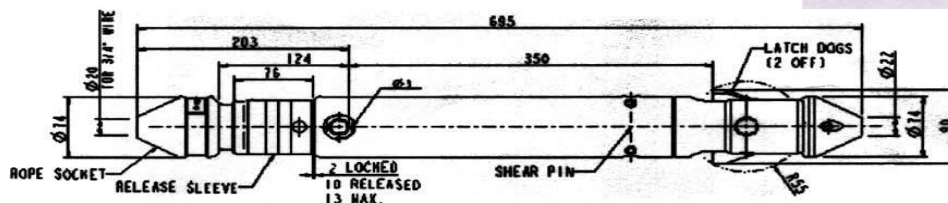
Supplied with full documentation and instructions.

Special designs available on request.

### DATA:

Anchor stab dia	:	74 mm
O/A length	:	695 mm
Std. socket wire dia.	:	3/4"
Weight	:	18 kg
Available shear pin capacity :		10 000 lbs (45 kN) 15 000 lbs (67 kN)

Desired Shear Pin capacity to be specified when ordering.



Outline dimensions of Guidewire Anchor, Slim Type

*Your effective turnkey supplier for maritime services above and below sea level*

- Offshore Industry
- Landbased Industry
- Subsea Technology
- Marine Engineering



Stoltenberggt. 1 P.O. Box 2143  
N-5504 HAUGESUND, Norway  
Tel. +47 52 86 41 00 / Fax. +47 52 86 41 01  
E-mail: imenco.@imenco.no  
Web: www.imenco.no

Fig. 2.3.2 viser et typisk ankerfeste for innfesting av wire på guidepost. Imenco A/S

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.4 HOST 2500 ULTRA DEEPWATER VERSION

I og med at selskapene i stadig større grad ønsker å utvinne olje og gass på større dyp, tvinger det seg frem metoder for installasjon, håndtering og orientering av utstyr på stadig større dyp på sokkelen. Et skritt i denne retningen er Kongsberg offshore sin HOST 2500 /2/ og /1/. Metoden er utprøvd ved Nutec i Bergen. Men resultatene fra denne testen har jeg ikke lyktes å skaffe til veie. Viser for øvrig til fig. 2.4.1.

Metoden baserer seg på et styrelineløst system. Metoden er bygd rundt et konisk system, som sikrer nøyaktig orientering mellom hver modul. Dette gjøres ved at det er laget utsparinger i de "koniske ledetraktene", som sikrer nøyaktig orientering av hver modul.

Dette krever imidlertid at grunnorienteringen ikke avviker mer enn +/- 20 grader i forhold til en sirkel på 360 grader. Dette kommer fram av fig. 2.4.1., hvor en ser orienteringsslissen i forgrunnen.

Orienteringen i horisontalplanet må en arbeids ROV ta seg av, eller at en anvender dynamisk posisjonering til dette formålet. Videre baserer metoden seg på en hengslet bunnramme / struktur som kan installeres gjennom "monn-poolen" på en borerigg. Den modulbaserte oppbygningen gir i stor grad fleksibilitet for å tilpasse produksjonssystemet på hvert enkelt felt, gjennom hele dets levetid. Metoden går i enkelthet ut på at en senker modulene ned til undervannsstrukturen, og ved hjelp av et undervannssøye "ROV" prøver å lande modulen slik at den treffer i umiddelbar nærhet av ledespindelen. Det gjelder da for overflatefartøyet å manøvrere slik at verktøyet kommer innenfor en viss radius, slik at den koniske trakten på verktøyet treffer ledespindelen. Når dette er gjort må ROV'en orientere verktøyet slik at styreslissen kommer i posisjon for landing. Slingringsmonnet her er bare ca. 20 grader.

Denne metoden baserer seg på at borestrengen på riggen anvendes som ledeline for verktøyet. Fordelen med denne metoden er at en kan senke ned moduler som er veldig tunge. Oppimot 200 tonn er ikke uvanelig for et BOP for eksempel.

Denne metoden er tatt i bruk på dypt vann. Metoden baserer seg på å plassere modulene på en konisk trakt, som en da prøver å få tredd nedover en mot part som sitter på forrige modul, eller på undervannsstrukturen. Ulempen med dette er at modulene fort blir store i utstrekning, i vertikalplanet. Dette er som følge av at de koniske ledetraktene kan være høye, oppimot 2 meter. Dette er i noen tilfeller ikke ønskelig, da man på noen felt har krav om at UPS skal være overtrålbare.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

Denne metoden krever større grad av nøyaktighet i forhold til ledelinemetoden, og er også mer sårbar for bevegelse i horisontalplanet.

I forhold til statiske og hydrodynamiske krefter er disse metodene som likeverdige å regne.

Denne metoden er beregnet på veldig store dyp dvs. fra 1000 til 2500 meter eller mer. Metoden krever i utgangspunktet det samme tilleggsutstyret som styrelinemetoden krever i form av en arbeids ROV, som assisterer orientering av verktøyet. Det kreves i tillegg moonpool eller brønn som utstyret kan senkes gjennom. I tillegg må riggen eller fartøyet ha hiv-kompenseringsutstyr installert for å ivareta landings - problematikken på en forsvarlig måte. I tillegg kreves det dyktig personell på overflatefartøyet for dynamisk posisjonering i forhold til nedsenket verktøy.

Fordelen med denne metoden er i hovedsak at den kan anvendes på store dyp, uten at en risikerer at noe vikler seg inn i hverandre.

Denne metoden innebærer ikke nødvendigvis en mer skånsom landing av selve utstyret, da dette avhenger i stor grad av overflatefartøyet sine bevegelser. Her kommer hiv-kompenserte vinsjer inn som et krav. Det er for at en skal være i stand til å lande på en forsvarlig måte. Det skal ikke være stor bevegelse i vertikalplanet, før en risikerer å skade ledetrakten og eller slisseåpningen.

Metoden innebærer noe mindre forberedende arbeid på undervannsinstallasjonen, da en slipper å montere / demontere ledelinier og lignende.

Konstruksjonen på undervannsmodulene er noe enklere enn for ledeline metoden, noe som igjen gjør monteringsarbeidet enklere på hver enkelt modul som senkes.

#### 2.4.1 FORDELER MED HOST 2500

- Kan ta tyngre utstyr, som BOP og lignende.
- Ingen fare for tvinning av ledelinier.
- Store dyp 2500 meter eller mer.

#### 2.4.2 ULEMPER MED HOST 2500

- Krever større håndteringsskip eller rigg i forhold til styrelinemetoden.
- Aktiv hiv-kompensering for å sikre modul mot skader i landingsfasen, samt sikre at verktøyet ikke skades under landing (orienteringsslisse).
- Forholdsvis krevende orientering av verktøyet i forhold til slisseåpning.
- Ombygging av eksisterende utstyr til Host 2500 system
- Ikke utprøvd på store dyp i Nordsjøen



## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>



Fig. 2.4.1 viser Kongsbergs Host 2500. Vi ser i forgrunnen orienteringsslissen, som er spesiell for denne metoden.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.5 BØYEMETODEN SOM VERKTØY

Dette intervensjonssystemet ble lansert av Nelson i 1997 /4/. Systemet bygger på en nedsenkbar bøye, og en tilpasset kjettingseksjon som jobber sammen med bøyen (verktøyet). Dette prinsippet kan ses på fig. 2.5.1.

Bøyen heves eller senkes ved hjelp av en tyngre kjetting som slippes ut og dras inn. Dvs. at en tilfører bøyen kjetting når den skal senkes, og en tar kjetting fra bøyen når den skal heves. Dette krever imidlertid at bøye, modul og kjetting er i likevekt før operasjonen starter

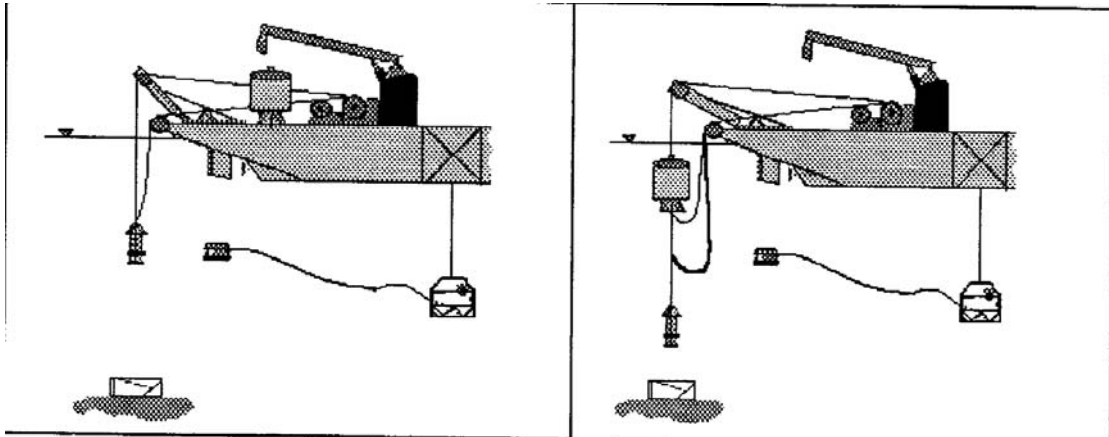
Det hele starter ved at en benytter A-rammen for utsetting av bøye og modul, som nå senkes til ønsket dyp, for eksempel 20 meter. Dette for å unngå at bøyen kommer i kontakt med propellen på skipet under operasjonen. En arbeids ROV kopler nå verktøyet fra nedsetningslinen. Se fig. 2.5.1.

Grov trimmingen foretas ved at en ballaster sjøvann inn i bøyen til en har oppnådd likevekt av bøye, kjetting og modul, dvs. innfor kjettingens arbeidsområde. Dette kan for eksempel være 2 tonn. Når dette er gjort kan en starte nedsettingen av modulen, ved at bøyen tilføres kjetting. Bøyen får nå en negativ oppdrift, og verktøyet senkes nå med den hastighet en måtte ønske. Nedsetningshastigheten for denne metoden er i prinsippet en trinnløs regulering, da likevekt er relatert til null hastighet. Dette utnyttes når modulen skal lande på undervanns installasjonen. Landingshastigheten og hiv-nøytraliteten denne metoden har, er nok de sterkeste sidene ved denne metoden, sett i forhold til styrelinemetoden og Kongsbergs Host 2500.

Denne metoden åpner for bruk av mindre og kostnadseffektive skip, da metoden ikke er avhengig av hiv-kompenserende utstyr for vinsjer. Tilgjengeligheten for de mindre fartøyene er større enn for de store kostnadskrevende fartøyene, som for eksempel styrelinemetoden og Host 2500 krever. Da dem er direkte tilkoplede skipet, og dermed hiv-bevegelsen.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>



Figurene over viser hvordan en etablerer verktøyet ved hjelp av A-rammen. Nedsenkingsline med kjetting og utsettingsline er nå etablert på verktøyet. Dette settes nå ut ved hjelp av A-rammen. Videre senkes dette til ønsket dyp, hvor en arbeids ROV er etablert for å kunne kople av utsettingslinen når verktøyet er etablert.

Når modulen er etablert på undervannsinnstallasjonen, kompenseres den positive oppdriften av kjettingen, som er tilpasset akkurat dette oppdraget.

### 2.5.1 ANALYSE AV BØYEMETODEN

Det ble under konstruksjonen av utstyret foretatt beregninger av nedsenket utstyr basert på en og to frihetsgrader. Kalkulasjonene viste at for de fleste praktiske konfigurasjonene av systemet, ville systemets dynamiske respons være relativt beskjeden. Aktuell dybde var 900 meter, og med en masse på 1800 kg.

Systemets egenperiode ble imidlertid målt til mellom 3 og 4 sekunder på dette dypet under testen i Mexico Golfen. Å konstruere en kjetting som effektivt fanger opp denne bevegelsen / egenperioden før en får respons på bøyn, viste seg å være relativt kurant.

På 1800 meters dyp ville den vertikale bevegelsen til kjettingseksjonen kunne bli forsterket. Dette kan føre til betydelige hiv-bevegelser av nedsenket utstyr. Egenperioden ble på 1800 meter beregnet til mellom 4 og 5 sekunder.

Vi vet fra Vøringplataet at bølgeperioden ligger i området 6 til 12 sekunder, så metoden må utprøves i dette området før en kan trekke noe konklusjon i forhold til hvilken hiv-bevegelse en vil få på bøyn.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBLING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.5.2 TESTRESULTATER I MEXICO GOLFEN

Prototypen av denne metoden ble testet ut i Mexico Golfen på 900 meters dyp i mai 1996. Arbeidsforholdene ble karakterisert som moderat i dette området.

På test dagen var signifikantbølgehøyden på ca. 2 meter, og nyttelasten ble variert mellom 900 og 1800 kg.

Hensikten med testingen var i hovedsak å utrede systemets evne til å foreta en myk landing av nyttelasten, samt teste og etablere krav til komponenter denne metoden kan håndtere. Videre ville en undersøke underlagene for prosedyrer for fartøy, utstyr og håndteringsmetoder. **Viser til vedlegg 7,8,9. Vedrørende testen i Mexico Golfen.**

Konklusjonen på testen i Golfen var imidlertid at verktøyet fungerte under de gitte testforholdene. Verktøyet tillater også bruk av et kostnadseffektivt fartøy for installasjon og fjerning av moduler, som krever ”myk landing”.

#### 2.5.4 FORDELER MED BØYEMETODEN

- Myk landing av utstyr i et vidt spekter av vanddyp.
- Stabilt system lett å manøvrere av overflatefartøy.
- Tillater bruk av små kostnadseffektive skip med høy tilgjengelighet i markedet.
- Investeringskostnadene er minimale, og utstyr kan om nødvendig leies.
- Systemet eliminerer til en viss grad ”snap load”.
- Systemet krever ingen form for aktiv hiv-kompensering.
- Operasjonsprosedyrene er relativt enkle.

#### 2.5.5 ULEMPER MED BØYEMETODEN

- Systemet er ikke utprøvd på større dyp enn 900 meter.
- Ikke utprøvd på norsk sokkel.
- Begrensning i forhold til værvindu ved utsetting av bøye.
- Forholdsvis komplisert etablering ved vanskelige strømforhold. Kan da få bøyen i propellen på skipet under utsetting.
- Begrensning i forhold til modulvekt. Denne er testet med en masse opptil 1800 kg. Dette må anses som en relativt liten masse. Da en gjerne snakker om masser opp mot 25 tonn. En vil med disse forutsetningene få en stor og uhåndterlig bøye å jobbe med.
- Egenperioden øker med økende vanddyp, og kan derfor gi problemer på store dyp.

PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

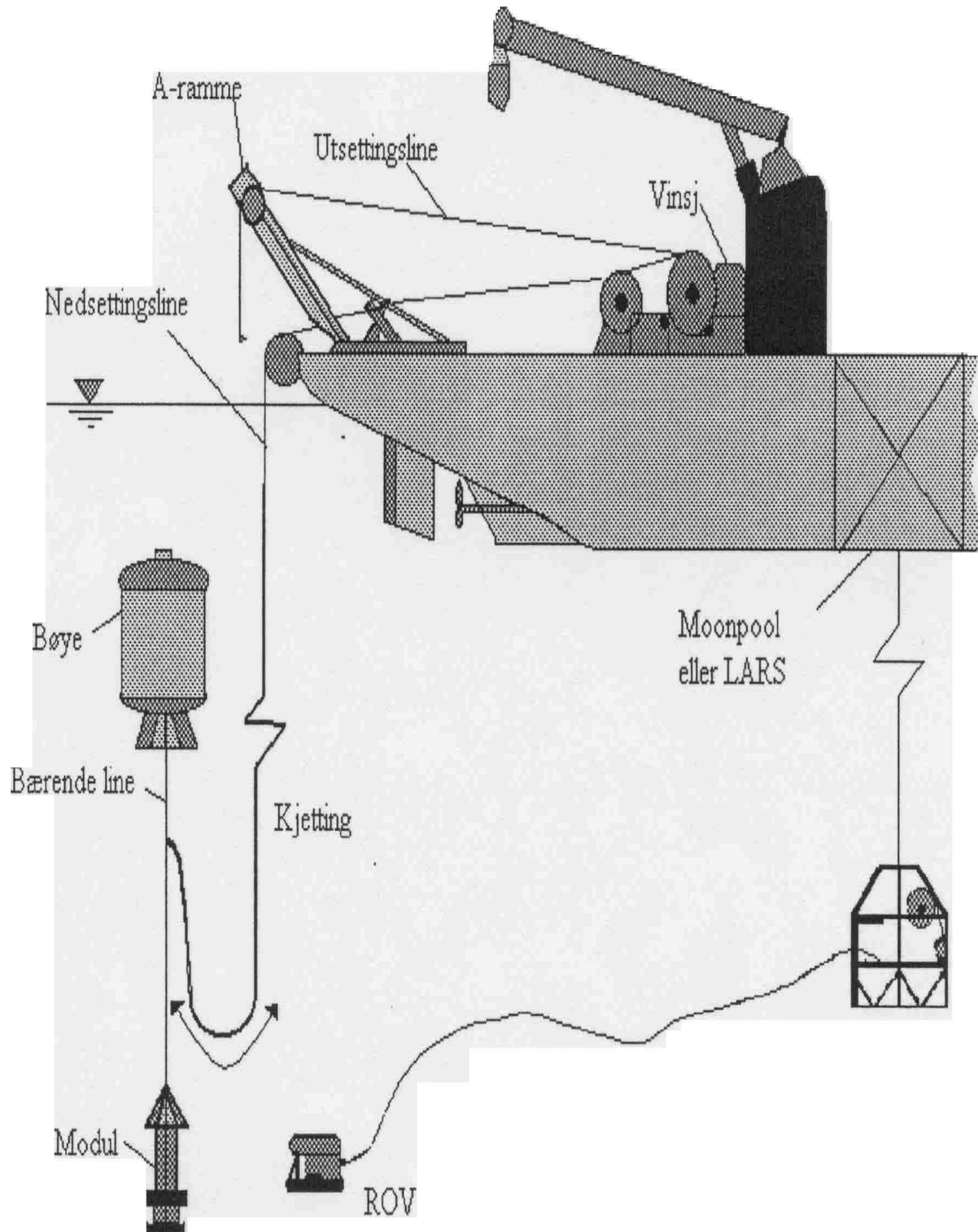


Fig. 2.5.1 viser bøyemetoden som intervensjonssystem. Vi ser buen på kjettingseksjonen angitt med piler på figuren. Det er denne som styrer nedsenkingen

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

## 2.6 PROBLEMSTILLINGER /1/,/3/,/4/,/5/,/6/

### 2.6.1 UTFORDRINGER

Utfordringene blir mange og kompliserte, når vi går på dypere vann. I dette avsnittet vil jeg presentere noen av de mest åpenbare problemstillingene en står overfor. Jeg har listet disse nedenfor, og vil knytte noen ord til hvert av punktene. Disse problemstillingene er stort sett de samme for alle metodene, foruten intervensjon ved hjelp av bøye, som ikke har det samme krav til hiv-kompensering som styrelinemetoden og Host 2500 har.

- Strømforhold. Fører til avdrift av styreliner.
- Hydrodynamisk trykk og dybde.
- Hydrodynamiske krefter (areal av gjenstand som skal senkes).
- Orientering og landingshastighet.
- Bevegelse av fartøy og kran.

### 2.6.2 AVDRIFT AV STYRELINER

Avdrift av styreliner er et problem, i og med at strømforholdene varierer gjennom vannrommet. Dette problemet kan føre til at en får en offset på styrelinene. Denne offseten kan bli på opptil 30-40 meter. Dette må overflatefartøyet kompensere ved dynamisk posisjonering i forhold til undervannsinstallasjonen. Eller en kan etablere et lodd som festes til styrelinens nedre del. Dette er for å kompensere noe av denne effekten. Men loddet må fjernes før modulen kan landes. Dette må ses på som en ekstrabelastning for operatørene av utstyret.

Logges derimot nedsenkningsbanen til forgående line, kan en eliminere noe av denne effekten. En får da informasjon om strømforholdene i vannrommet. Det er essensielt i forhold til å unngå offset og tvinning av styrelinene.

Et annet problem er at offset av styrelinene kan føre til at de ryker når modulen skal entre guidepostene under spesielle strømforhold. Dette problemet forsterkes ved økende dybde. Men problemet kan reduseres ved at en øker den vertikale kraften i linene. Men her er ankerfestene og guidepostene en reduserende faktor.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.6.3 DYBDE OG TRYKKFORHOLD

Det hydrostatiske trykket er også en stor utfordring, når vi kommer på store dyp. Det kan nevnes at det hydrostatiske trykket på 1000 meter er ca. 101 bara.

Det hydrostatiske trykket kan skape problemer med vanninntrengning i hydraulikk-systemene, med påfølgende problemer.

Inntrengning av vann på retursiden er et annet problem en står overfor. Men en har gode løsninger på dette problemet i dag. Dette kan elimineres ved at en anvender en trykk-kompensator.

Inntrengning av vann i elektriske containere / kontakter etc. er et annet problem. Dette stiller store krav til tettemidlene som anvendes.

Problemet kan føre til kortslutning i elektriske kretser, og signalforstyrrelser i et allerede følsomt reguleringsystem.

#### 2.6.4 HYDRODYNAMISKE KREFTER OG RESONANS

Hydrodynamiske krefter og resonans er også problem en må ta hensyn til under operasjon og konstruksjon av utstyret. Disse kreftene er avhengige av hvor stort areal nedsenket modul har. I tillegg kommer hiv-problematikken inn. Det er denne bevegelsen som skaper resonansen. Da bevegelsen i vertikalplanet skaper resonansen, og verktøyet er koplet til skipet, må dette følge bevegelsen. Det oppstår da hydrodynamiske krefter som en følge av at verktøyet må dra med seg en veskemengde. Det er vekten av den fortrenkte veskemengde som skaper kreftene det her er snakk om. Størrelsen på disse kreftene varierer med størrelsen på resonansen, og arealet av verktøyet. Disse kreftene er sterkt avhengige av hastigheten til hiv-bevegelsen. En kan komme opp i store rykk krefter (snap load) spesielt i skvalpesonen, dette problemet må en være seg bevist slik at en legger inn tilstrekkelig sikkerhets faktor i wiren for dette problemet.

Et annet problem med hydrostatiske krefter og resonans, er at en kan komme i egensvingningsområdet for wiren. Det finnes imidlertid et botemiddel for dette. Dvs. en vektmodul en kan feste på verktøyet som skal senkes. Dette for å begrense amplitudeverdien mest mulig. Dette har i praksis vist seg å være komplisert, da erfaringer viser at en får en uhåndterlig wire, nærmest som en fjær å regne.

I tillegg til den omskrevne metoden er det også forsøkt å benyttet en fjær for å kompensere dette. (Fjæren er festet til wiren). Men denne metoden kan i praksis ikke benyttes da en får en strikkeffekt som det er uhyre vanskelig å kompensere med kjent teknikk. (Aktiv hiv-kompensering). Problemet forsterkes ved økende dybde og resonans.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.6.5 ORIENTERING OG LANDINGSHASTIGHET

De fleste undervanns-prosesssystemer er utstyrt med finfølede komponenter som krever fin landig på undervannsstrukturen. Dette stiller krav til intervensjonssystemet som anvendes. Disse systemene inkluderer spesielt konstruerte ventiler, strupeventiler, flerstrømsmålere og veskebehandlingssystemer etc. Disse modulene kan ha hårfine klaringer på ned mot en tiendedels millimeter i anleggsflatene. Dette stiller krav til landingshastighet og nøyaktig orientering på undervannsstruktur.

Landingshastigheten kontrolleres ved hjelp av hiv-kompenserte vinsjer for styrelinemetoden og Host 2500. Dette stiller store krav til operatørene av utstyret, som må prøve å unngå, i den grad det er mulig, å ikke skade modulen i landingsfasen. For å unngå dette er det utarbeidet prosedyrer for hvordan operatører, verktøyet, vinsjer og kraner skal samarbeide for å oppnå akkurat dette. Operatørene må i tillegg arbeide i takt med skipets bevegelser, dette tiltross for at det er etablert hiv-kompenserte vinsjer. En har alltid en liten bevegelse, som ikke kan kompenseres. Denne forsterkes med økende bølgehøyde. Normalt kan en operere i bølgehøyder på opptil ca. 7 meter, noe som tilsvarer en signifikantbølgehøyde på ca.3,5 meter.

Orienteringen av verktøyet er også viktig, da modulen skal treffe et bestemt punkt på undervannsstrukturen. Dette er ikke noe stort problem for styrelinemetoden, som styrer modulen langs guide stengene. Disse leder modulen i riktig posisjon for montering. Problemet med denne metoden er å ha kontroll på landingshastigheten. Host 2500 er derimot avhengig av assistanse fra en ROV til orientering av modulen.(orienteringsslisse). Dette kan være et problem under vanskelige strøm - forhold. Igjen er det ferdighetene til operatøren av ROV`en som er avgjørende for utfallet av denne operasjonen. I tillegg kommer problemet med landingshastigheten inn i denne metoden.



## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.6.6 BEVEGELSE AV FARTØY OG KRAN

Videre er det problemer knyttet til overflatefartøyet, som beveger seg i forhold til havets bevegelser, dvs. i 6 frihetsgrader x-retning, y-retning, z-retning. I tillegg kommer bevegelsen rundt disse aksene rull, stamp og gir. Disse bevegelsene til sammen, utgjør en veldig komplisert regulering av vinsjer og tilhørende utstyr.

Av erfaring har det vist seg at en ikke er i stand til å eliminere mer en ca. 95 % av disse bevegelsene under optimale forhold. Det har også under spesielle bølgeforhold vist seg at kompensatorene har forsterket hiv effekten i stedet for å redusere den. Men dette skyldes i hovedsak at personellet ikke har hatt tilstrekkelig kunnskap om hvordan systemet skal kalibreres under disse forholdene. Dette viser noe av den komplekse utfordringen vi står overfor, når slikt utstyr skal velges. En kontinuerlig opplæring av personell er en forutsetning for at en skal lykkes med dette arbeidet. Det er også en forutsetning at vinsjesystemene er mest mulig brukervennlige for operatøren. Utarbeidelse av gode operasjonsmanualer er en forutsetning for at utstyret skal bli brukt riktig under alle driftsforhold.

Alle fartøyer beveger seg i takt med havet omkring. Dette medfører i større eller mindre grad til at alle undervannsoperasjoner blir berørt av denne bevegelsen. Spesielt blir løfteoperasjoner berørt av denne bevegelsen, da kranen vil bevege seg i takt med havets bevegelser. Dette kan forårsake ukontrollerte bevegelser av nyttelast på dekk. Og når disse kan ha en vekt oppimot 25 tonn, trenger vi derfor gode rutiner / håndteringsmetoder for modulene. I tillegg kan disse være sårbare for støt og slag. For å sikre dette arbeidet kan en benytte et modulhåndteringstårn, fig. 2.6.1. Dette tårnet er spesialkonstruert for å håndtere moduler i denne vektclassen. Tårnet letter også arbeidet med å montere verktøyet til modulen. I tillegg kan tårnet benyttes til vedlikeholdsoperasjoner på modul og verktøy. Dette gjelder for moduler som er oppe for inspeksjon og mindre vedlikehold.

Tårnet er også knyttet til et skinnesystem, se fig. 2.6.1, som letter arbeidet med å manøvrere modulene til og fra tårnet. Disse skinnene er av stor betydning for sikkerheten til personellet som jobber med dette. Skinnene sørger også for at en har kontroll med modulen på dekket. Dette er viktig med tanke på krenningsvinkelen til skipet. Skipet har stabilisortanker som kompenserer for massen til modulen. Men skulle den komme ut av kontroll kan det føre til en ukontrollerbar situasjon av skipet. Videre er en i stand til å låse modulen til skinnegangen om uhellet skulle være ute. Skinnegangen benyttes også som et sikkert feste for modulene under transport til feltet.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

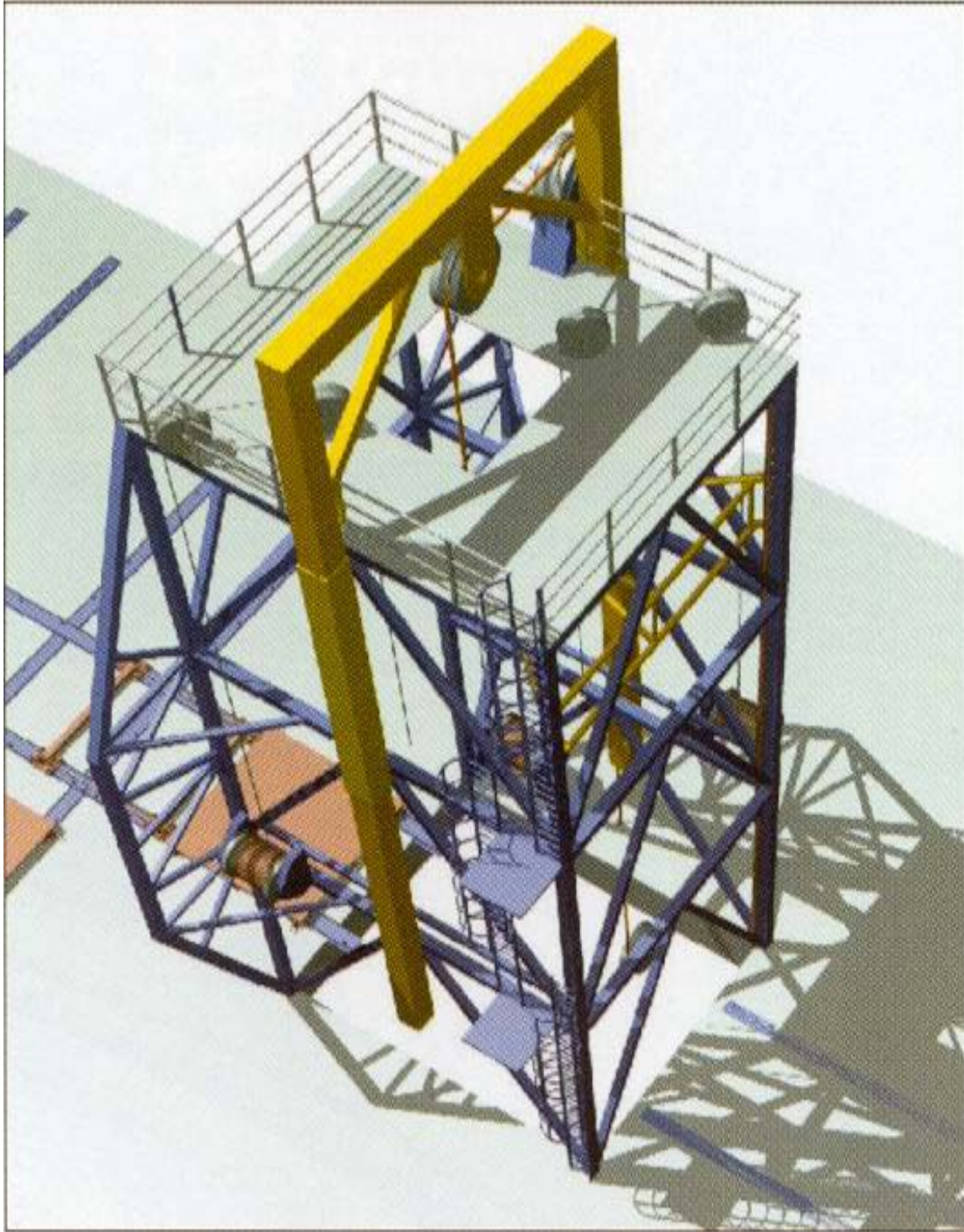


Fig 2.6.1 Viser et typisk modulhåndteringstårn. Vi ser også skinnegangen i bakgrunnen.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 2.7 HJELPEUTSTYR (ROV)

Under intervensjonen av moduler på dypt vann benyttes det i hovedsak ROV. Dette er for at vandypet er så stort at det ikke kan benyttes dykkere på slike dyp. ROV'en brukes i hovedsak til disse operasjonene.

- Visuell observasjon / inspeksjon av undervannsstruktur før landing.
- Montering av anker "styrelinemetoden".
- Orienteringsarbeid "styreslisse" Host 2500.
- Assistere ved oppkopling av modul.
- Tilføring av elektrisitet, hydraulikk til verktøy gjennom "tether" (hvis ønskelig).
- Tenderarbeid på verktøyet, hvis en har offset.

#### 1. OBSERVASJONS ROV

Observasjons ROV (Undervanns øye). Disse er bygget for å utføre rene observasjonsoppgaver. De er utstyrt med videokamera for observasjon. Videre er de utrustet med lys, thrusters og nødvendig orienteringsutstyr.

I tillegg til videokamera anvendes det gyrokompass, sonar og hydroakustisk-navigasjonssystem. Sist nevnte har en del problemer når det oppstår luftbobler i vannrommet mellom farkost og overflatefartøy. Dette oppfattes da som støy, og det kan da virke inn på navigeringen av farkosten. Det kan også være annen støy i vannrommet som virker inn på kommunikasjonen mellom disse.

Se fig 2.7.1, som viser en typisk observasjons ROV.

#### 2. ARBEIDS ROV

Disse ROV'ene er store og energikrevende sett i forhold til de mindre observasjons ROV'ene. Dette er for at de krever mer hydraulisk kraft til manipulatorarmer og hydraulisk verktøy. I tillegg krever disse mer hydraulisk / elektrisk kraft til thrusters.

Disse kan brukes til orienteringsoppgaver da de har en større thruster kraft enn observasjonstypen har. Disse er også utrustet med videokamera og lys for observasjon, i tillegg til manipulatorarmer.

Problemet med alle typer ROV'er er at de må dra med seg en større strømkabel (tether). Den kan under vanskelige strømforhold henge seg opp i verktøyet eller undervannsinstallasjonen, med den følge at energi tilførselen kan bli kuttet, og hele operasjonen kommer ut av kontroll. ROV'ene er i midlertid utstyrt med oppdriftslegemer som sørger for at farkosten kommer til overflaten hvis så skulle hende. Videre kan denne kableen under vanskelige strømforhold virke hemmende på manøvreringsevnen til farkosten. Se fig 2.7.2, som viser en typisk arbeids ROV.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

#### 2.7.1 TYPISKE FEILKILDER VED BRUK AV ROV

Elektriske feil er den hyppigste årsaken til driftstans ved disse farkostene. Dette kommer i hovedsak av at de jobber i et korrosivt miljø, "sjøvann", og det oppstår lett jordfeil, som følge av at sjøvannet er sterkt elektrisk ledende. Sjøvannet trenger lett inn som en følge av det store hydrodynamiske trykket.

Får en feil på hydraulikken, så kan farkosten bli sittende fast i arbeidsstykket, med den følge at en får store problemer med å fjerne den fra arbeidsstedet.

Et annet problem er vanninntrengning i det hydrauliske systemet. Dette kan føre til dårlig smøring av komponentene, og påfølgende havari.

Opprasjonelle problemer kan en ha mange av, men her er Rov pilotenes ferdighet noe av det mest sentrale. Disse er under kontinuerlig opplæring for på best mulig måte å kunne håndtere det aktuelle utstyret. Se fig 2.7.3 som viser en typisk pilotpult.



Fig. 2.7.1 viser en typisk observasjons ROV.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---



Fig. 2.7.2 viser arbeids ROV'en TRITON. Vi ser manipulatorarmene til venstre på bildet.



Fig. 2.7.3 viser ROV pilotens arbeidssituasjon ombord i et håndteringsskip. (Bildet er fra kontrollrommet ombord i skipet).

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBLING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

### 3 NY METODE ” INVERS GUIDE POST SYSTEM ”

#### 3.1 GENERELT OM CASEN FRA IMENCO A/S

Oppgaven min var å systematisere og presentere mulige metoder for nedsetting av utstyr på dypt vann (mer en 1000 meter).

Ut fra gitt case skulle jeg prøve å finne frem til en metode, som kan lande / håndtere moduler med en masse oppimot 25 tonn. I denne sammenheng skulle jeg også evaluere metodene, og anbefale metode (r) for videre bearbeiding.

Jeg skulle også detaljere valgt (e) metode(r), i den grad det var mulig, og gjennom et konseptdesign av utstyret komme med forslag til operasjonsprosedyrer.

#### 3.2 GENERELT OM METODEN (INVERS GUIDE POST SYSTEM)

Jeg har i samarbeid med Imenco A/S fått mange kreative tilbakemeldinger i forhold til omskrevne metode. De har også vært til stor hjelp med informasjon om hva markedet ønsker seg i forhold til håndteringsutstyr.

Bedriften leverer i dag et stort spekter av ingeniørtjenester til offshoremarkedet.

Den metoden de leverer utstyr til er styrelinemetoden , hvor de leverer et selvutviklet ankerfeste, fig.2.3.2.

De leverer også en del andre komponenter innenfor denne metoden. I følge bedriften er denne metoden den mest anvendte, og utprøvde på markedet i dag. Men metoden er begrenset til relativt grunt vann, dvs. opp til ca. 800 meter. Metoden har sine fordeler, men den har også sine ulemper. Dette ble utdypet i kapittel 2.3.2 og 2.3.4.

Den metoden jeg er kommet frem til, har ikke styreliner, se **vedlegg 1,2 og 3**. Den er videre tenkt brukt på store dyp fra ca. 1000 meter eller mer. Men den kan med fordel også benyttes på grunt vann. Slik sett dekker den et stort spekter av vanddyp.

Metoden er videre delt opp i 2 andre delkonsepter, som setter metoden i stand til å operere på mange forskjellige undervannsinstallasjoner, også overbygde (overtrålbare). Disse konseptene vil jeg komme tilbake til i det følgende.

Metoden har sitt opphav i eksisterende metoder, hvor modulen er plassert i 4 guideposter på undervannsinstallasjonen, og at en lander modulen over disse. Modulen er tilpasset disse postene, slik at en sikrer nøyaktig orientering og landing på undervannsinstallasjonen.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

Guidepostene i denne metoden er basert på mindre koniske ledetrakter, som erstatter de lange guidepostene på undervannsinstallasjonen. Dette er imidlertid typisk for de andre metodene. Utformingen av ledetraktene er en utfordring i seg selv, da disse skal sørge for at guidestengene, som i denne metoden er montert på selve verktøyet, inntar riktig posisjon i orienteringsfasen. Orienteringsfasen er den delen av operasjonen som kanskje er den mest kritiske, da en i denne fasen kan skade annet utstyr på undervannsinstallasjonen.

Videre må ledetraktene sikre at guidestengene inntar riktig posisjon, og at verktøyet sikres en stabil forbindelse til undervannsinstallasjonen under landingsoperasjonen.

Jeg skal i de neste delkapitlene orientere mer inngående om hver enkelt løsning, vedrørende dets oppbygning, og funksjon i forhold til det øvrige utstyret som anvendes under intervensjon av moduler på dypt vann. Her kan nevnes skip, modulhåndteringstårn, vinsjer, wire etc.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

### 3.3 KONSTRUKSJONSUTFORDRINGER

Den metoden jeg er kommet frem til, kan deles inn i 3 forskjellige løsninger alt etter hvilken undervannsinstallasjon en ønsker å lande på. Metoden kan deles inn i følgende undergrupper som vist nedenfor:

- Orientering og kontrollert landing
- Orientering med demping i sistefase
- Orientering uten demping

Når en skal konstruere utstyr som skal anvendes under vann, er det viktig at utstyret blir konstruert slik at det kan opereres enklest mulig både på overflaten og ved undervannsinstallasjonen. Dette er for at en har begrensede muligheter for hvilke operasjoner en kan foreta seg ved undervannsinstallasjonen. I de fleste tilfeller har en bare ROV'en å støtte seg til for operasjoner nær bunnen. I tillegg kommer dynamisk posisjonering av skipet i forhold til undervannsinstallasjonen.

En kan derfor liste utfordringene ved konstruksjon / design av utstyr som skal anvendes på dypt vann slik:

- Enkel konstruksjon.
- Enkle operasjonsprosedyrer.
- Vedlikeholdet må være enkelt, samt gode prosedyrer for dette.
- Vekten av verktøyet lavest mulig.
- At det kan anvendes på mindre fartøystyper. Nøkkelord her er kostnader og tilgjengelighet.
- Mobiliseringstid i modulhåndteringstårn /A-ramme.
- Konstruert slik at den er lett tilgjengelig for ROV operasjoner. Dvs. orientering av verktøy, og arbeid med modul etc.
- Kort mobiliseringstid for bytte / montering av modul.
- Høyest mulig pålitelighetsgrad på utstyr som anvendes.
- Tåle de krefter som oppstår i vannrommet horisontalt og vertikalt. Dvs. i orienteringsfasen og under landing.
- Enklest mulig innfesting av modul.
- Kunne bære modulvekt oppimot 25 tonn, eksklusiv egenvekt.



## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 4 LØSNING 1.

##### 4.1 ORIENTERING OG KONTROLLERT LANDING

###### 4.1.1 VIRKEMÅTE

Denne løsningen baserer seg på at en har fire hydrauliske sylindere, se vedlegg 1. Disse jobber synkront, dvs. at en i landingsfasen er i stand til å kjøre sylindrene slik at de er i stand til å senke utstyret med en på forhånd definert landingshastighet. Eller at en kan fjernstyre landingshastigheten fra overflatefartøyet / kontrollrommet. Dette er i hovedsak et spørsmål om hvor mye en ønsker å automatisere verktøyet, og hvor følsom modulene som skal landes er mot slag og støt i landingsfasen.

Sylinderstengene blir i denne metoden guidestengene, hvor hver sylinder representerer en guidepost på undervannsinstallasjonen. I orienteringsfasen er den ene sylinderstanga kjørt ut noe lenger enn de andre. Dette er for at en lander og orienterer verktøyet på den ene guideposten først. Dette går også frem av vedlegg 1

Etter at en har landet på denne posten, orienterer en verktøyet i forhold til de andre postene ved hjelp av ROV'en. Verktøyet landes deretter på de andre tre postene samtidig, ved at en drar inn nedre del av den første sylindren, se vedlegg 1. Dette overvåkes og kontrolleres ved hjelp av ROV'en. Når verktøyet er landet på alle postene kan landingsprosedyren starte. Dette kan gjøres ved at en dokker ROV'en til verktøyet. ROV'en tilfører nå verktøyet hydraulisk kraft gjennom hydrauliske "hot-stabs" eller koplinger. Modulen landes nå i ønsket hastighet (styrt fra kontrollrom) til den er i posisjon for oppkopling. Disse koplingene (hot-stabs) kan koples til verktøyet vått. Dette er en av 2 løsninger. Den andre løsningen er at en tilfører verktøyet hydraulisk kraft gjennom en egen umbilical. Denne må i tilfelle stropes til senke-wiren. Denne løsningen brukes bare hvis en må ha egen umbilical for operasjon av hydraulisk verktøy for montering av modulen. Brukes løsningen med ROV, må en plassere ROV'en i en slik posisjon på verktøyet, at en har visuell kontroll på landingen. NB: Verktøyet kan under håndtering av spesielle moduler få en utstrekning i vertikalplanet på oppimot 8 meter.

Det essensielle med denne metoden er at når modulen er montert på undervannsinstallasjonen, koples verktøyet fra modulen. Og verktøyet kan nå dras til overflaten for eventuelt å montere på en ny modul. Hvis verktøyet skal hente en eksisterende modul på undervannsinstallasjonen, foregår dette på samme måte som nevnt over, bare i motsatt rekkefølge. Verktøyet med guideposter er altså konstruert for gjenbruk. I motsetning til styrelinemetoden, hvor guidepostene blir stående igjen på undervannsinstallasjonen.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBOK / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 4.1.2 LANDING OG LANDINGSFASTHET

Verktøyet er som nevnt konstruert rundt fire sylindere, som til sammen utgjør en guidepost på undervannsinstallasjonen. For å kontrollere hastigheten kreves det automatisering av sylindrene, slik at de jobber synkront når modulen skal landes. I motsatt fall, kan modulen komme i ubalanse, og en kan da risikere at verktøyet tipper til en av sidene, etterfulgt av påfølgende katastrofe. Dette problemet kan en løse ved å bygge inn tilstrekkelig sikkerhet i automatiseringen, "fail to safe system". Eller en kan følge etter med senkewiren, med en på forhånd definert mengde slakk, inntil en har landet modulen forsvarlig på dets arbeidssted.

For å få sylindrene til å jobbe synkront, er en avhengig av hydrauliske komponenter som ikke lekker olje tilbake til systemtank "ujevnt". Dvs. at oljemengden som lekker tilbake til systemtank må være relatert til selve stempelbevegelsen når verktøyet senkes. Dette må i tillegg foregå synkront for de fire sylindrene.

Et annet hydraulisk problem vedr. denne metoden, er at orienteringssylinderen i utgangspunktet er noe lengre ut en de andre. Dette er for at en lander på den ene posten først. For å løse dette problemet kan en anvende en teleskopsylinder på denne posten. Stempelstanga på denne sylinderen må da ha en litt spesiell løsning, dvs. at den indre stempelstanga på denne sylinderen ikke jobber med hydraulikk, men at en istedenfor anvender et kompressibelt medium, for eksempel en gass. Eller en kan anvende noe så enkelt som en fjær. Når denne indre sylinderen er sammentrykt er modulen landet på undervannsinstallasjonen, og landingsautomatikken sørger nå for en synkron landing av modulen på arbeidssted.

Nedre sylinderdel er dermed som en støtdemper. Dette er en viktig egenskap, da en alltid har litt hiv-bevegelse på verktøyet. Da vil denne støtdempereffekten hindre at stempelstanga (guide posten) havner utenfor ledeskålene under landingsfasen.

Landingshastigheten kan en, ved å anvende denne metoden, kontrollere i sin helhet, da verktøyet etter landing ikke har hjelp fra senkewiren. Verktøyet lander nå modulen ved hjelp av automatikken til den er på sitt arbeidssted. Senkewiren følger bare etter, som en sikkerhet i landingsfasen. Denne metoden blir da en hiv-nøytral metode, etter at en har landet verktøyet på undervannsinstallasjonen.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 4.1.3 ORIENTERING

##### 1. THRUSTERS

Orienteringen av verktøyet foregår ved hjelp ROV, eller en kan utruste verktøyet med egne thrusters som orienterer verktøyet i posisjon for landing på installasjonen. Dette verktøyet er avhengig av denne hjelpen til den har landet på alle postene.

Å utruste verktøyet med thrusters er ikke ønskelig, da dette kompliserer verktøyet betraktelig. Og det faktum at ROV'en er tilgjengelig ved undervannsinstallasjonen, gjør dette overflødig. En konstaterer bare at dette er mulig, hvis det mot formodning skulle være ønskelig.

##### 2. KONISKE LEDETRAKTER

Utformingen av de koniske ledetraktene er essensiell for at en skal lykkes med en forsvarlig landing av verktøyet. Her kan nevnes (se detaljert tegning vedlegg 5.):

- Høyde på trakt.
- Diameter på trakt / omkretsen. Denne kan ikke være for stor, da dette kan begrense modulens utstrekning inne i verktøyet for mye.
- Vinkelen på trakten i forhold til senterlinje. Denne vinkelen hjelper til med orienteringen av modulen i landingsfasen.
- Sikre god sentrering, og forbindelse med guidestang.
- Utformet slik at fremmedlegemer og begroing ikke hindrer god forbindelse mellom ledetrakt og guide stang.

Et viktig poeng med ledetraktene i denne metoden, er at traktene ikke deltar i selve orienteringen av modulen. Dette gjør at trakten blir atskillig mindre både i høyde og radius i forhold til konkurrerende metoder. En konkurrent er for eksempel Kongsbergs Host 2500, hvor traktenes utforming er laget for å kunne orientere og sentrere selve modulen. Dette gjøres ved at trakten har en integrert slisse som sørger for orienteringen, når verktøyet senkes. Dette fører imidlertid til at traktene kan bli oppimot 2 meter høye, og med en stor diameter, hvis en ønsker å ha for eksempel en 180° graders orienteringsmulighet for modulen. Slisse åpningen blir dermed større, og det blir også diameteren på ledetrakten.

Generalisert kan en konkludere med at orienteringsfasen er den delen av operasjonen som er mest utsatt i forhold til skader på verktøy og undervannsinstallasjon. Men en grundig utprøving er nødvendig for å få konstatert denne problemstillingen.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 4.1.4 NØDVENDIG HÅNDTERINGSUTSTYR

Metoden / verktøyet krever en del tilleggsutstyr, for å oppnå en forsvarlig håndtering på overflaten, og ved undervannsinstallasjonen. Noen av de viktigste tingene kan derfor listes opp som følger:

- Dekksutstyr, vinsjer og modulhåndteringstårn, for løfting av verktøy og modul.
- Svivel. Letter orienteringsarbeidet.
- Wire.
- ROV orienteringsarbeid, visuellobservasjon, tilførsel av hydraulisk under landing av verktøyet og bistå under monteringsarbeidet av modul.

#### VINSJER / MODULHÅNDTERINGSTÅRN

Metoden er konstruert slik at den har en wire for låring og løfting av verktøyet. Dette er med på å gjøre metoden mer fleksibel i forhold til hvilket fartøy en trenger for å håndtere verktøyet. Og sett i forhold til styrelinemetoden, som er avhengig av å ha et modulhåndteringstårn med hiv-kompenserte vinsjer for styrelinene. Samt hiv-kompensert låre og løftewire for å lande verktøyet på en forsvarlig måte på undervannsinstallasjonen.

Denne metoden åpner for bruk av mindre- og kostnadseffektive fartøyer for håndtering av verktøyet. Men fartøyet må sannsynligvis være utstyrt med moon-pool for å sikre en forsvarlig håndtering av utstyret. Om en trenger hiv-kompensert låre- og løftewire, må en utrede nærmere ved en operasjonell utprøving av verktøyet. Men på dette stadiet i utredningen er det ingenting som tyder på at dette skulle bli nødvendig.

Å håndtere verktøyet fra A-rammen bak på skipet er neppe aktuelt. Dette er for at verktøy og modul blir for tung til å håndtere på en forsvarlig måte. Den tryggeste håndteringsmetoden er nok at verktøyet blir håndtert fra moon-pool. I tillegg til et modulhåndteringstårn. Se fig.2.6.1. Dette er for å sikre seg mot havari av verktøy og modul under montering. Under dette kommer personellets sikkerhet også inn der det er store masser som skal håndteres!.

Intervensjon på dypt vann er en stor utfordring i seg selv. Og en modulvekt på oppimot 25 tonn, gjør ikke dette noe enklere. En kan komme ut for at wiren en benytter kommer i egensvingninger, som følge av at massen og avstanden er stor mellom arbeidssted og fartøy, flere kilometer i verste fall. Derfor kan wiren komme i egensvingningsområdet. En må derfor kompensere for dette ved hjelp av vektmoduler som festes på verktøyet. Dette begrenser amplitudeverdien noe. Men å eliminere denne effekten helt på store dyp, er i praksis en umulighet.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

Denne metoden tillater dette uten at en kommer i konflikt med styrelinjer etc. Verktøyet kontrolleres ved hjelp av en wire, i motsetning til styrelinjemetoden som har fire styrewire som vektmodulen kan komme i konflikt med. En annen fordel denne metoden har, er at mobiliseringstiden er mye kortere enn for styrelinjemetoden, som krever spesiell tilrettelegging på overflaten, og ved arbeidssted, i form av ankerfester, guide poster, og forlengelsesanker på høye moduler.

#### SVIVEL

Verktøyet må utrustes med svivel, for å motvirke eventuell torsjon som måtte opptre i wiren. Torsjonen i wiren fører til at verktøyet spinner rundt. Anvendes en svivel, unngår en derfor dette problemet til en viss grad. Verktøyet vil sannsynligvis også spinne rundt, som en følge av havstrømmen i vannrommet. Svivelen letter også orienteringsarbeidet ved undervannsinstallasjonen, da verktøyet roterer lettere rundt.

Et annet problem er hvordan en skal innfeste verktøyet til håndteringswiren. En løsning på dette er anvende en stor svivel, som er montert rett på selve verktøyet. Denne vil da opptre som en connector mellom verktøy og wire. Om en oppnår nok stabilitet for verktøyet med denne løsningen, er ikke sikkert. En annen mer stabil løsning er å anvende et såkalt ” 4 punkts wire skrev”, som ivaretar stabiliteten på verktøyet på en bedre måte. En kan så montere svivelen (connector) i enden på skrevet.

Et annet problem en kommer overfor ved anvendelse av svivel, er hvis en må anvende umbilical for tilførsel av hydraulikk til montering av modul. Denne vil da surre seg opp rundt svivelen. En løsning på dette problemet kan være at wiren og umbilical benytter samme connector. Denne vil da få en litt spesiell løsning, når den også må overføre hydraulikk i tillegg til rotasjonsbevegelsen som verktøyet har. Slike svivler er det mulig å konstruere hvis de ikke allerede fins på markedet.

Generalisert kan en si at dette må gjøres på en slik måte at verktøyet blir mest mulig stabilt, da dette henger nøye sammen med hvor godt en vill lykkes med landingen av verktøyet.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### WIRE

Verktøyet er som kjent operert med en wire, som forbinder dette til overflatefartøyet. Denne wiren må naturligvis ha spesielle egenskaper for å kunne håndtere modulvekter oppimot 25 tonn. Egenskapene kan en liste som følger:

- Størst mulig elastisitetsmodul før egensvingninger opptrer.
- Størst mulig utbalansering av torsjon, for å motvirke spinn av verktøy.
- Tåle hydrodynamiske krefter som opptrer i hiv. I tillegg kommer vekten av verktøy og modul (den statiske kraften).
- Tåle snap-load spesielt i skvalpesone.

#### ROV

Dette verktøyet er avhengig av å bli assistert av en større ROV, for orientering av verktøyet i landingsfasen. ROV`en må ha kraft nok til å manøvrere verktøyet med modul. Verktøy og modul kan komme opp i 25 tonn. Under spesielle strømforhold kan det være behov for ganske store trusterkrefter for å orientere verktøyet i posisjon.

Bøyemetoden anvender også ROV for orientering av modulen i landingsfasen. Dette ble utprøvd i Mexico Golfen, med en masse på ca. 1800 kg. Erfaringene fra denne operasjonen viste at det ikke var noe problem for ROV`en å utføre orienteringen. Denne metoden involverer større masser. Men det er ikke noe på dette stadiet i prosjektet som tilsier at ROV`en ikke skal klare oppgaven. Dette er imidlertid ting som må utprøves med en prototyp.

Generalisert kan en konkludere med at de ROV`er, som er tilgjengelig på markedet i dag, klarer å handtere disse modulene. Å forvente seg et problem på dette området, er å ta tingenes begivenhet for tidlig.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 4.1.5 ANBEFALT STANDARD

Verktøyet har en anbefalt standard for hvor stor radius en har lov å ha fra senter av verktøyet, og ut til senter av guidepost. I dette tilfellet blir det avstand fra senter av verktøyet til senter av sylinder som representerer en guidepost for dette verktøyet.

Denne radiusen beskriver en sirkel inne i verktøyet. Modulens totale sirkulære areal blir da noe mindre. Som følge av sylindernes utstrekning inne i verktøyet, begrenser dette arealet seg noe. Se detaljert tegning, **vedlegg 4**. Denne radiusen er satt til 1826 millimeter.

Tegner en inn et kvadrat i samme sirkel for verktøyet, får en et kvadrat med sidekanter lik 2586 millimeter. Dette arealet tilsvarer som for sirkelen, verktøyet maksimale kvadratiske utstrekning. Modulens kvadratiske utstrekning blir noe mindre, også i dette tilfellet, begrenset av sylindrenes utstrekning inne i verktøyet. Se **vedlegg 4**.

**Dette er imidlertid en anbefalt standard, og ikke en standard for denne metoden. Metoden kan bygges og dimensjoneres for håndtering av større moduler og modulvektene enn denne standarden tilsier. Dette blir i hovedsak et spørsmål om dimensjonering og kostnader i forbindelse med dette.**

Verktøyet har ikke høydebegrensninger! Her er det modulkonstruksjonen, og utstrekningen av denne i vertikalplanet som bestemmer høyden på verktøyet. Dette skaper imidlertid ikke problemer for konstruksjonen av verktøyet. Det fører bare til at en må anvende lengre sylindrer (guideposter), for å få plass til modulen inne i verktøyet.

Det som imidlertid er et viktig parameter (ikke begrensning!) for dette verktøyet, er hvor lange guidestengene, ”stempelstengene”, i denne metoden må være, for å kunne entre på de koniske ledetraktene. Og da i en forsvarlig avstand fra omliggende moduler og utstyr, da dette kan bli skadet i landingsfasen. Hvis en ikke holder en viss avstand til disse.

Blir stempelstengene for lange, kan disse brette ut. Men dette er i hovedsak et dimensjoneringsproblemmå for sylindrene. En kan bare konstatere at det er store tyngder som skal håndteres, og avstanden til arbeidssted kan i noen tilfeller bli stor. Det er spesielt for undervannsinstallasjoner, som er konstruert for å være overtrålbare. Undervannsinstallasjonen blir da dekket med et tak, slik at installasjonen blir overtrålbare. En kan da få en avstand fra taket på installasjonen, og ned til de koniske ledetraktene på oppmot 4 meter.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 4.2 LØSNING 2.

##### 4.2.1 ORIENTERING MED DEMPING I SISTE FASE

Denne løsningen er utledet fra foregående metode. Forskjellen ligger i at denne metoden ikke benytter seg av hydraulikkolje, men at en i stedet benytter omliggende sjøvann som hydraulisk medium. Dette medfører at metoden ikke er i stand til å lande verktøyet så kontrollert som løsning 1. Men en oppnår noe av den samme dempende effekten som denne metoden hadde, bare noe redusert som følge av oppbyggingen til guidestanga.

Guidestanga blir også i denne metoden ”stempel stanga”. Den er bygd opp av rør med forskjellige diametre. Se detaljer på **vedlegg 5**.

Verktøyet er i prinsippet lik foregående metode, se fig 4.2.1, men en har her byttet ut hydraulikksylindrerne med en annen sylindertype. Disse er bygd opp av 3 forskjellige rørdimensjoner. Disse rørene er valgt slik at den indre diameteren på det største røret passer på den ytre diameteren på neste rør. I tillegg er det klaring mellom disse. En må ha klaring mellom rørene for å få plass til styringer og eventuelle tettinger. Disse rørene jobber sammen, slik at de danner en teleskopsylinder. Dette kan ses mer i detalj på **vedlegg 5**.

Den nedre delen av sylindrerne er ikke i stand til å ta opp krefter fra verktøy og modul i den første delen av landingsfasen. Men når modulen har landet, og det gjenstår for eksempel bare 2 meter til den er i posisjon for oppkopling, er det dempingsmekanismen trer i kraft i denne løsningen.

Dempingsmekanismen i denne løsningen bygger på prinsippet om at sjøvannet som er inne i sylindrerne må evakuere gjennom noen hull som er spesielt tilrettelagt i sylinderveggen. Disse hullene er plassert slik at en i landingsfasen har mange hull avdekket, og sjøvannet, som er inne i sylindrerne, evakuerer lett. Men ettersom en nærmer seg slutten på landingsfasen, overdekkes flere og flere hull helt til en bare har et hull igjen. Det er da bare f.eks. ca. 2 meter igjen til verktøyet har landet. Dette hullet kan dimensjoneres slik at en oppnår ønsket landingshastighet. En annen løsning er å anrette en strupeventil i dette hullet. Denne kan da innstilles i forhold til hvilken modulvekt en har, og derav hastigheten en måtte ønske. Har en prøvd verktøyet med en spesiell modulvekt, og funnet riktig landingshastighet, er det mulig å estimere ventilåpningen for andre modulvekter. Se hull i sylindervegg på **vedlegg 5**.



## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### NEDRE SYLINDERDEL

Den nedre sylinderdelen er i denne metoden ikke annet en styring, når verktøyet orienteres i forhold til de andre koniske traktene. Det er god klaring i sylinderveggene, i tillegg til de nevnte hullene, slik at sjøvannet får trenge lett ut i den første delen av landingsfasen.

I og med at det er så stor klaring mellom stempelstang og sylindervegg, vil stempelstanga pga. egenvekten hele tiden holdes ute, dvs. i posisjon for landing. Dette er et viktig poeng for at en skal unngå å havne ved siden av trakten. En kan under vanskelige landingsforhold risikere å havne utenfor trakten. Dette kan skje hvis en har stor hiv-bevegelse. En har derfor konstruert denne guideposten 2 meter lengre enn de andre. Det vil i praksis si at en må ha mer enn 2 meter hiv i vertikalplanet, før en risikerer å havne utenfor trakten. Men dette er også en av tingene som må utredes nærmere ved en praktisk prøve. En konstaterer bare at dette er en av de momentene det knyttes en hvis spenning til, da verktøyet er tenkt anvendt uten hiv-kompensering.

#### ØVRE SYLINDERDEL

Øvre del av sylinderen er konstruert slik at den har mindre klaring mellom sylinderveggene. I tillegg er det bare ett hull for evakuering av vannet. Det gjør at sjøvannet i dette området av sylinderen trenger lengre tid på å evakuere, og en oppnår med dette en myk landing av verktøyet til det er i posisjon for oppkopling.

Fordelen med denne løsningen er at guidestengene ikke er så utsatt for deformering som foregående metode, da den ikke tar opp krefter fra modulen før det er 2 meter igjen av landingsfasen. Denne lengden kan sannsynligvis nedkortes noe, hvis det bare er snakk om demping i den aller siste delen av landingsfasen. En opererer da med en effektiv kneklengde på under 2 meter for verktøyet. Dette vil i praksis si at en ikke har fare for knekking, da knekkraften reduseres betraktelig i det sjøvannet hele tiden "lekker" ut gjennom hullet i toppen av sylinderen.

Generalisert kan en konkludere med at denne løsningen er den mest solide mot knekking, da kneklengden kan komme under 2 meter. Dette gjør at metoden kan anvendes med fordel for store tyngder, uten at en risikerer å komme i knekkområdet. Metoden er også hiv-kompenserende i orienteringsfasen og under selve landingen. Disse tingene i sum, gjør at jeg har mest tro på denne metoden sett i forhold til de andre løsningene. Men en praktisk utprøving av verktøyet må til, før endelige konklusjoner kan trekkes.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### 4.3 LØSNING 3

##### 4.3.1 ORIENTERING UTEN DEMPING

Denne siste løsningen har sitt opphav i de to foregående metodene, med den forskjell at den ikke har noen form for demping. Den styrer bar modulen i posisjon for oppkopling. For å oppnå dempning i denne løsningen, må en anvende hiv-kompenserende vinsjer.

Metoden er bygd opp av fire ”styresylindere” for guide stengene, hvorav den ene guidestanga er noe lengre en de andre. Dette er for at en lander på denne guideposten først. Dette er felles for alle løsningene. Videre sørger egenvekten til guidestengene for at de holdes ute idet verktøyet lander, først i den ene, og så i de andre 3 ledetraktene. Dette er også likt i forhold til de andre løsningene.

Har en hiv-bevegelse på verktøyet, kompenseres dette effektivt ved at verktøyet løper fritt rundt styresylindrene, se **vedlegg 3**. En risikerer derfor ikke i denne metoden å havne utenfor ledetraktene. I tillegg anvendes det hiv-kompensering, noe som også motvirker dette.

Denne metoden er spesielt rettet mot markedet der undervannsinstallasjonen er overbygd. En får da en ekstra utfordring ved at det blir lang avstand fra taket på undervannsinstallasjonen og til arbeidsstedet for modulen. Dette medfører at en får lange guidestenger, og knekk lengden blir av den grunn veldig stor. Denne metoden har som nevnt ikke demping, og da blir knekkraften lik null i vertikalplanet. Den eneste faren en har er belastningen i horisontalplanet (side veis), relatert til strøm i vannrommet. Denne belastningen vil neppe ha noen praktisk betydning for verktøyet. I tilfelle er dette et dimensjonerings spørsmål. Metoden kan også tilpasses andre installasjonstyper enn den jeg har nevnt over, men ulempen er hiv- komp. på vinsjer.

Med bakgrunn i det jeg har nevnt , vil det bli vanskelig å kunne benytte en av de foregående metodene på grunn av at knekk lengdene kan komme oppimot 10 meter. Fare for havari er da overhengende med en av disse metodene. Stabiliteten til disse verktøyene kommer også inn under dette punktet. Overnevnte metode derimot, holdes stabil, da senkewiren følger verktøyet til det har landet på undervannsinstallasjonen.

Uansett er også dette gjenstand for dimensjonering og utprøving!

Jeg viser forøvrig til styrkeberegning av sylindren, hvor jeg har tatt utgangspunkt i en modulvekt på 25 tonn (dette blir da knekklasten). Se beregningene på **vedlegg 10**.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNDBLING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

### 4.4 OPERASJONSPROSEDYRER

STEP	SPESEILLE KOMMEN- TARER LØSNING 1 KONTROLLERT LANDING	SPESEILLE KOMMEN- TARER LØSNING 2 DEMPNING I SISTEFASE	SPESEILLE KOMMEN- TARER LØSNING 3 UTEN DEMPING	KOMMENTARER FELLES FOR ALLE METODENE.
<b>Step 1. Oppkopling av modul</b>	Hydrauliske sylindere er inntrukket. Dette letter arbeidet med oppkopling av modul, da verktøyets utstrekning i vertikalplanet blir redusert.		I denne metoden må vi henge opp guidepostene Dette kan gjøres ved at en anretter låsebolter i nedre del av styresylinder, som da holder disse på plass.	Anvender modulhåndteringstårn. Se fig.2.6.1 Verktøyet er nå installert i tårnet. Modulen blir nå transportert til tårnet, og verktøyet senkes over modulen for oppkopling. Denne metoden er nok den mest forsvarlige i forhold til sikkerheten.
<b>Step 2. Utsetting av ROV.</b>				ROV`en sjøsettes. Den foretar nå inspeksjon av undervannsstruktur.
<b>Step 3. Visuell kontroll av koniske ledetrakter.</b>	Vedlegg 1,2, og 3.			Kontroll av de koniske ledetrakterne. Dette må gjøres da det kan være fremmedlegemer i trakten, slik at guidestanga sentrerer feil.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

<p><b>Step 4.</b> Transport av verktøy og modul til undervannsstrukturen.</p>				<p>Verktøy og modul kan nå senkes med ønsket hastighet til det nærmer seg strukturen. I forsvarlig avstand fra struktur stopper nå verktøyet for oppkopling av ROV.</p>
<p><b>Step 5.</b> Posisjonering av verktøyet</p>	<p>Senkingen av verktøyet forgår fra skipet i denne fasen av operasjonen.</p> <p>Obs: Verktøyet holdes til ledetrakten, selv om det er hiv-bevegelse på skipet. Dette oppnås ved at underdelen av landingssylindere er fleksibel i dette området (2 meter). Kan ses på vedlegg 1,2,3 og 5.</p>		<p>Forlengelse etter høyde på struktur tak. (Overbygde undervannsstrukturer).</p>	<p>ROV`en har nå dokket seg på verktøyet, og orientering av landingsguidepost kan starte. ROV`en har nå visuell kontakt med ledetrakten på struktur, og orienterer guideposten i forhold til denne. Verktøyet senkes nå til denne guideposten har landet ca 1.5 meter.</p>

**PROSJEKTOPPGAVE 2002**

**<<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>**

<p><b>Step 6. Orientering i forhold til de 3 andre ledetraktene</b></p>				<p>Fra stepp 3. Nå har verktøyet landet i den ene koniske traktene, og orienteringen i forhold til de andre traktene kan starte. ROV'en er fortsatt dokket til verktøyet, og den orienterer nå verktøyet i posisjon i forhold til de andre traktene. Nå kan verktøyet landes på UPS. Dette gjøres ved hjelp av vinsjen på skipet.</p>
<p><b>Step 7. Kontrollert landing av modulen.</b></p>	<p><b>Hele landingsfasen er kontrollert via ROV. Se vedlegg 1.</b></p>	<p><b>Siste del av landingsfasen. Innebygd i verktøyet Se vedlegg 2 og 5.</b></p>	<p><b>(Hiv-kompensert vinsj på skipet). Se vedlegg 3 og 6.</b></p>	<p>Verktøyet har nå landet på strukturen. ROV'en dokker seg nå til verktøyet slik at det får tilført hydraulikk. Dette kan gjøres ved hjelp av hydrauliske "hot-stabs", som er strategisk plassert på verktøyet. Dvs. at ROV'en fortsatt har visuell kontroll, til verktøyet har landet modulen forsvarlig på dets arbeidssted.</p>

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

<p><b>Step 8.</b> Oppkopling av modul.</p>				<p>Verktøyet har nå landet modulen. Oppkoplingen kan starte. Er det nødvendig med hydraulikk til oppkoplingen, er ROV'en allerede dokket på verktøyet. Og den kan dermed tilføre hydraulikk til hydraulisk verktøy (connectors) ol. Nytt umbilical, kan ROV'en bistå oppkoplings arbeidet.</p>
<p><b>Stepp 9.</b> Verktøyet forlater undervannsstruktur. (Endt oppdrag).</p>				<p>Det er nå viktig at ikke verktøyet skader omliggende strukturer, når det forlater UPS. Det anbefales derfor at ROV'en dokker seg på for å kontrollere dette, til verktøyet er kommet i forsvarlig avstand fra struktur. Nå kan verktøyet vinsjes tilbake til skipet i ønsket hastighet.</p>

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

<b>Hvis verktøyet skal hente en modul på undervannsstrukturen, forløper dette seg slik.</b>				Prosedyren anvendes da i motsatt rekkefølge. Med den forskjell at en da må lande i ”guide funnels”, som er montert på modulen. Se vedlegg 4.
---	--	--	--	--

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

#### 4.5 AKTUELT UTSTYR FOR MODULHÅNDBTERING

KOMPONENT	FUNKSJON	KOMMENTARER
Løftewire	Dette er wiren, som knytter modul og verktøy til håndteringsfartøyet. Egenskaper for wire.	Denne må ha egenskaper for å motstå slitasje, og hydrodynamiske krefter. I tillegg kommer disse punktene: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lite torsjon. Dette forårsaker spinn av verktøy</li> <li>• Tåle modulveker oppimot 25 tonn, (statiske krefter).</li> <li>• Tåle snap load I skvalpesonen.</li> </ul>
Svivel	Et svivelarrangement må en ha, da en har ekstremt lang wire. Og det er da fare for torsjon. Dette fører til spinn av utstyret.	Standard wire er ikke torsjonsbalansert, slik at en må anvende svivel på wiren. Svivel basert på kulelagre bør anvendes for å unngå friksjon. Dette for at en anvender ROV til orienteringen.

Moon-pool	At skipet som anvendes har moon-pool ,er av avgjørende betydning for at en skal få minst mulig hiv-bevegelse på verktøyet. Moon-pool`en er plassert i dette område på skipet. Dvs midtskips og i senter av skipet.	
-----------	--	--



**PROSJEKTOPPGAVE 2002**

**<<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>**

<p>Modulhåndteringstårn</p>	<p>Oppgaven til tårnet er å sikre en forsvarlig håndtering av verktøy og modul. Disse modulene er svært tunge. Tårnet letter også arbeide med å kople modulen til verktøyet.</p> <p>Ivaretar også sikkerheten til personellet på en forsvarlig måte.</p>	<p>Uten modulhåndteringstårn er det nok ikke vanskelig å få en effektiv håndtering av verktøy og modul.</p> <p>Dette må ses på som en forutsetning for at en skal lykkes med dette verktøyet.</p> <p>Har en tårnet, trenger en ikke andre former for håndteringsverktøy, da verktøyet vil få sin permanente plassering i tårnet. Se fig. 2.6.1.</p>
<p>ROV</p>	<p>Typiske oppgaver:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuell observasjon</li> <li>• Bistå under operasjon av verktøyet på UPS.</li> <li>• Overføre hydraulisk effekt til verktøy etter landing på UPS.</li> <li>• Bistå under oppkopling av modul.</li> <li>• Orientering av verktøy.</li> </ul>	<p>ROV'en har som hovedoppgave å assistere verktøyet under orientering på UPS. Bistå / eventuelt operere connector mellom verktøyet og modul.</p>
<p>Arbeidsfartøy</p>	<p>Størrelsen på fartøyet er ikke avgjørende for om en lykkes med intervensjonen eller ikke, hvis fartøyet i utgangspunktet har det utstyret som er nevnt over. Dette er ikke et krav. Men skal en kunne operere under ulike værforhold, må nok dette utstyret være til stede.</p> <p>Men dette er gjenstand for beregninger / utprøving i praksis.</p>	<p>Viktige parametere her er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dekksplass</li> <li>• Modultårn</li> <li>• Dynamisk posisjonering</li> <li>• Tilgjengelighet på markedet</li> <li>• Kostnader vedr. ombygging til Invers guide post system.</li> </ul>

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

### 5 DISKUSJON OG KONKLUSJON

#### 5.1 DISKUSJON

##### PRAKTISKE OPPLYSNINGER VEDR. VERKTØYET:

Metodens opphav ligger i at Imenco A/S ønsket seg en utredning på alternative metoder for intervensjon av moduler på dypt vann mer en 1000 meter.

Et av kravene var at verktøyet måtte konstrueres / tilpasses slik at prosedyrer for operasjon av verktøyet ble enklest mulig. I tillegg var det ytret ønske om at verktøyet kunne bære modulveker på oppimot 25 tonn. Jeg har i den forbindelse utarbeidet en liste over hvilke egenskaper et slikt verktøy bør inneha:

- Mest mulig sikkerhet i orienteringsfasen og ved landing av verktøyet.
- Enklest mulig konstruksjon.
- Enkle operasjonsprosedyrer.
- Lett tilgjengelighet i markedet.
- Kunne benytte seg av mindre, og kostnadseffektive fartøyer.
- Kunne beherske modulveker opptil 25 tonn. Må i tillegg kunne beherske de statiske og hydrodynamiske kreftene i nedsenket tilstand.
- Ikke pådra seg store ombygginger av eksisterende moduler og utstyr. Herunder eksisterende standarder for guide poster og lignende.
- Kunne operere på et stort spekter av undervannsinstallasjoner. Også overtrålbare (overbygde) installasjoner.

Den verktøyløsningen vi her er kommet frem til, dekker i hovedsak de overnevnte punktene. Men en må huske at dette ikke er utprøvd i praksis.

Men tar en utgangspunkt i det som er omskrevet vedr. disse metodene, kan en konkludere med at verktøyet tilfredstiller spesifikasjonene (casen) til Imenco A/S på dette stadiet i prosjektet. Jeg vil derfor prøve å lage en liste over de punktene jeg føler metodene behersker. Dette er på basis av den informasjonsmengden jeg sitter inne med vedr. verktøyet og intervensjonsteknikk på dypt vann. Men en må være seg bevisst på usikkerheten knyttet til dette.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### TILFREDSTILLER DETTE :

- Nøyaktig orientering av verktøyet på UPS.
- Krav til landingshastighet. Både kontrollert, dempet og udempet løsning.
- Enkle operasjonsprosedyrer for verktøyene.
- Trenger ikke hiv-kompenserende vinsjer (må utprøves i praksis).
- Krever ikke nevneverdig ombygging av eksisterende modulløsninger.
- Oppfyller krav til eksisterende standard for guidepost løsninger på UPS.
- Dekker et vidt spekter av løsninger på undervannsinstallasjoner (UPS). Herunder også overbygde.
- Kravet til modulveker.
- Kravet til vanddyp. (Gjenstand for utprøving)!
- Enkel konstruksjon, hva angår materialer og tekniske komponenter. Det at konstruksjonen er så enkel, gjør at styrkeberegningene ikke blir så omfattende for disse metodene.

#### USIKKERHET TIL DETTE :

- Hiv-kompenserende vinsjer.
- Orientering vedr. ROV, skade på omliggende moduler og utstyr.
- Egensvingningsproblematikken på dypt vann. Hvor dypt må utredes / beregnes.
- Stabilitet til verktøyet, når guidepostene bli lange. Hvor lang må utredes eller beregnes / simuleres.
- Landingshastigheten må utprøves, eller beregnes / estimeres.
- Fare for knekking av guideposter, spesielt i løsning 1, noe mindre i løsning 2. Dette er relatert til lengden på guideposten, som da bli knekk lengden. Se beregningene på dette i **vedlegg 5**, hvor jeg beregner dette for løsning 1, da denne løsningen er mest utsatt for knekking.

I og med at metoden ikke er utprøvd, må det her være naturlig å anta at det kan skjule seg problemstillinger som jeg ikke har hatt mulighet til å forutse. Så metodene trenger nok mer utredning før de kan lanseres som selvstendige løsninger eller metoder.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDBOK / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

#### NATURLIGE KONKURRENTER TIL DENNE METODEN:

- Kongsbergs host 2500. Denne metoden er beregnet for intervensjon ned til 2500 meter. Metoden ble beskrevet i kapittel 2.4. Ønskes det ytterligere informasjon om denne metoden, henviser jeg til kompendium /1/ Jens C. Lindaas
- Styrelinemetoden. Denne metoden er ikke beregnet for vanddyb over 1000 Meter. Men Bjørn Sortland /7/, ved Marinteknisk institutt ved NTNU, har utviklet noen operasjonsprosedyrer for metoden, som setter den i stand til å kunne anvendes på dyp større en 1000 meter. For mer informasjon om dette henvises det til Sortland ved Marinteknisk institutt NTNU. Metoden er også beskrevet denne rapporten under kapittel 2.3
- Bøyemetoden er også en konkurrent til dette verktøyet. Metoden er beskrevet i rapporten under kapittel 2.5. For mer informasjon henviser jeg til dette kapitlet, samt H. Strand /4/ sin hovedoppgave fra våren 1998. Jeg viser også til **vedlegg 7,8,9**, i kapitel 7. for informasjon.

#### UNDERSØKELSENS FAGLIGE GYLDIGHET OG NØYAKTIGHET:

Under dette punktet er det ikke annet å konkludere med, enn at det er prøvd, i den grad det er mulig, å få frem flest mulige fakta forankret i problemstillingen og kjent teknikk på området. Til dette arbeide har jeg fått god støtte og tålmodighet spesielt fra Jens C. Lindaas, men jeg har også fått faglig veiledning til gjennomføring av dette fra Arne Kinn, Imenco A/S.

Det kan nevnes følgende kilder:

- Kongsberg offshore.
- Ekstern veileder Imenco A/S.
- Bjørn Sortland marinteknisk institutt NTNU.
- Kompendium av Intern veileder Jens C. Lindaas.
- Tilgjengelig litteratur på området.
- Tidsskrifter med mer.
- Bedriftskontakter.
- Hovedoppgave av H. Strand våren 1998.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNDBOK / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

### 5.2 KONKLUSJON

## ” INVERS GUIDEPOST SYSTEM ”

Da jeg ikke har hatt mulighet til å ferdigstille alle spørsmål forankret til selve verktøyet, har jeg, i den grad det har vært mulig, kommet med synspunkter, vurderinger og anbefalinger forankret i problemstillingen og casen fra Imenco A/S.

Med dette som bakgrunn, mener jeg at det er kommet frem mye kreativ tenkning fra alle involverte parter. Så konklusjonen på dette må bli at en her er kommet frem til et konsept som fortjener en videre utredning.

Å få prøvd dette ut i en praktisk retning, er på dette stadiet i prosjektet ikke mulig. Til dette er det gjort for lite beregninger hva angår dimensjonering, styrkeberegninger og lignende.

Ser en disse metodene under et, har disse en god del av de egenskaper en forventer av intervensjonsutstyr som skal anvendes på dypt vann. Det videre arbeid med konseptet er avhengig av at et konsulentfirma tar tak i konseptet for videre bearbeiding og en eventuell markedsanalyse.

Ser en konseptet under et, er nok løsning 2, dvs. der en anvender sjøvann som hydraulisk medium, den metoden jeg personlig har mest tro på. Fordi denne metoden ikke involverer noen form for ekstern effektilførsel. Noe som fører til større grad av fleksibilitet når metoden skal anvendes på store dyp.

Metoden er også stabil mot knekking i landingsfasen, da verken knekk lengden eller knekkkraften blir særlig stor i denne løsningen, dvs. i underkant av to meter på knekk lengden. Metoden tillater også en myk landing av verktøyet. Denne hastigheten er regulerbar fra overflaten hvis en ønsker det, tilsvarende løsning 1 der en anvender hydrauliske sylindere for landingsoperasjonen.

#### FORSLAG TIL VIDERE ARBEID:

- Utarbeide komplette tegninger.
- Styrkeberegne verktøyet.
- Markedsanalyse vedr. verktøyet i inn og utland.
- Produksjon av prototyper.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

### 6. LITTERATUR OG REFERANSER

1. /1/ **Kompendium, Undervannsteknologi. av Jens C. Lindaas.**
2. /2/ **Arne Kinn, Imenco A/S Haugesund.**
3. /3/ **Hovedoppgave av H. Strand, våren 1998.**
4. /4/ **Tidsskrifter , FFU nytt og lignende.**
5. /5/ **Internett, herunder forskjellige bedrifter som driver med undervannsteknologi.**
6. /6/ **Telefonsamtale med Marinteknisk-institutt NTNU ved bjørn Sortland.**

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

---

# 7. VEDLEGG 1-10

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

#### VEDLEGG 7. BØYEMETODEN

KOMPONENT	BESKRIVELSE/FUNKSJON	KOMMENTAR
<i>Modul (nyttelast) med nedsenkbart verktøy</i>	Modulen er den gjenstanden som skal installeres eller fjernes fra undervannsinstallasjonen.	Det totale systemet består av utstyr som lettvisnt kan tilpasses for hver enkelt arbeidsoppgave.
<i>Bærende line</i>	Vaier som knytter modulen til bøyen	Må være sterk nok til å bære undervanns nyttelast, det nedsenkbare verktøyet, egen vekt samt margin for slitasje og dynamiske laster. Hvis arealet av modulen er betydelig, må hydrodynamiske dragkrefter inkluderes.
<i>Bøye</i>	Bøyen holder verktøyet, nyttelast, bærende line og en del av kjettingen.	Total oppdrift er summen av nyttelast, bærende line-vekt, nedsenkbart verktøy, nødvendig vekt av feste/rigging-midler, trimfordelt kjettingvekt samt totalt nedsenket volum(oppdrift).
<i>Kjetting - er festet til bøyen og former en «belly» (halvsirkel) før den vender opp mot fartøyets nedsetningsline.</i>	<p>Kjettingen tjener flere funksjoner:</p> <p>I. «Belly»- formen sørger for at fartøyet beveger seg uavhengig av bøyen i hiv.</p> <p>II. Kjettingens vekt bæres delvis av fartøy og bøye, noe som gjør at bøyen naturlig innstilles i en likevekt mellom dens oppdrift, last og tildelt kjettingvekt.</p> <p>III. Kjettingen overfører også vekt til eller fra bøyen etter at lasten er landet eller fjernet. Ved å gi ut eller redusere lengden av kjetting, kan lasten løses eller fjernes fra verktøyet(ved UPS), samtidig som systemet fremdeles er i likevekt.</p>	<p>I valget av kjettingens dimensjon og vekt er det viktig å opprette en balanse mellom optimalisert «belly»-form under bøyen og frakoblingen av bøyen fra fartøyet. Kjettingen skal kunne innta en fornuftig «belly»-form, skal være lett å behandle på dekk samt være relativt lett. En veldig tung kjetting vil overføre mer vekt til og fra bøyen under fartøyets hivbevegelse og mulig indusere bevegelse i bøyen.</p> <p>Lengden av kjettingen velges ut i fra vurdering av fire forhold:</p> <p>I. Nødvendig vekt for nedsenkning av bøye samt nødvendig toleranse for fartøyets hivbevegelse</p> <p>II. Toleranse for trim knyttet til oppdriftsvariasjoner</p> <p>III. Toleranse for nyttelast. som er nuttelast dividert på vekt av kjetting per lengdeenhet</p> <p>IV. Toleranse for «snap load», som vil variere på grunnlag av sjøtilstand og konfigurasjon av hele kompensasjonssystemet</p> <p><i>Svært lange kjettinglengder vil være lite ønskelig på grunn av faren for tvinning/sammenvikling av vaier/line/kjetting. Et viktig poeng er at nedsenkningslinen aldri må komme nedenfor bøyen.</i></p>

Tabell 6.5.1 Utstyrskomponenter



## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

#### VEDLEGG 8. BØYEMETODEN

KOMPONENT	BESKRIVELSE/FUNKSJON	KOMMENTAR
<i>Nedsenkingsline</i>	Knytter kjettingen til det fartøysmonterte nedsenkningssystemet (vinsjarrangement) og leder systemet under vannflaten.	Linen må være sterk nok til å bære vekten av kjettingen, sin egen vekt samt en betydelig margin for slitasje og eventuelle «sjokk»-laster. I tillegg må hydrodynamiske dragkrefter på bøyen vurderes i tilfelle kjettingen vikles sammen med bøyen og systemet blir ukompensert.
<i>Svivel</i>	Et svivelarrangement må benyttes for å kompensere for rotasjon av vaier. I et system med ekstreme vaierlengder, vil det kunne oppstå tvinning og sammenvikling av vaier og utstyr.	Standard vaier er ikke torsjonsbalansert og vil rotere ettersom last påføres og avlastes. Torsjonsbalansert vaier er tilgjengelig, men er dyrt og ikke 100% balansert. Flere svivler plassert på valgte punkter tillater bevegelser i vaier uten at systemet sammenvikles. Svivel basert på kulelagre er nødvendig for å sikre lav friksjon.
<i>A-ramme</i>	A-rammen benyttes for utsetting av de ulike komponentene.	Ulike komponenter settes ut ved hjelp av A-rammen og bæres ved hjelp av utsettingslinen akterut. Krav til rammen inkluderer tilstrekkelig styrke for dynamiske laster, tilstrekkelig klarering for komponentene og tilstrekkelig rekkevidde for å kunne plukke opp utstyr og kunne sette de ut over hekken.
<i>Utsettingsline</i>	Denne linen benyttes i samarbeid med A-rammen for løfting fra dekk og videre utsetting av komponentene.	Med en gang komponentene er neddykket, overføres lasten fra utsettingslinen til nedsetningslinen. En ROV frigjør deretter utsettingslinen og operasjonen kan gjentas for hver komponent. Utsettingslinen må være sterk nok til å løfte de tyngste komponentene (vanligvis bøyen) og motstå «snap load» gjennom skvalpesonen.
<i>Vinsj</i>	En kombinert (double drum) vinsj kan benyttes til å bære både ut- og nedsetningslinene.	Systemet krever en stor trommelkapasitet for å kunne behandle store mengder vaier og kjetting samt høy hastighet for å redusere transit tiden til og fra sjøbunnen.
<i>Rigging og festemidler</i>	Som utsettinglinen må riggin/festemidler ha nok styrke til å løfte de tyngste komponentene og tolerere «snap load» gjennom skvalpesonen.	Som et resultat av krav til nok styrke, bør riggingen overdimensjoneres noe. «Redningsløkker» på bøye og verktøy må være store nok til å muliggjøre effektiv inngripen fra ROV når systemet er ukompensert.
<i>Kran på dekk</i>		Benyttes for å flytte og organisere utstyr på dekk.
<i>ROV</i>	Utstyrt med TMS.	Skaffer visuell observasjon, endelig rettleiding av nyttelast, og opererer verktøyets låse/lukke - mekanisme.
<i>Arbeidsfartøy</i>	Støttefartøy for system og mannskap.	Viktige krav er nok dekksplass, funksjonell A-ramme og kran, samt adekvat dynamisk posisjonering- og navigasjonssystem.

Tabell 6.5.1 Utstyrskomponenter

PROSJEKTOPPGAVE 2002

<<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

VEDLEGG 9. BØYEMETODEN

TESTMÅL	ERFARINGER
Teste ulike bøye- og kjetting-konfigurasjoner for å bestemme det mest optimale for offshoreoperasjoner	To ulike konfigurasjoner viste seg å være vellykket: 1. Kjettingseksjon på 165 m og kort bærende line(137 m) med bøye neddykket til 762 m. 2. Kjettingseksjon på 110 m og lang bærende line(442 m) tillot en grunnere plassert, samt billigere bøye, som totalt ga mulighet for operasjon på større dyp enn 900 m.
Bevise at nyttelasten båret av bøyen blir effektivt frakoblet fra skipets bevegelser	Fartøyets hivbevegelse akter ble målt +/- 1,8 m, mens ingen bevegelse ble overført til lasten. Dette gjaldt begge nyttelastene, henholdsvis 900 og 1800 kg.
Teste systemets sensitivitet knyttet til faktorer som sjøtilstand og fartøyets orientering	Fartøyets orientering i forhold til sjøtilstand endret fartøyets hivbevegelse, men hadde ingen effekt på bevegelsen til lasten under vann.
Undersøke dynamiske egenskaper i tilknytning til laterale pendelperioder og vertikal respons i tilfelle driftsstans	En pendel ble provosert frem ved at lasten ble gitt en lateral «offset» på 15 m i forhold til bøyen. Systemet viste en eksepsjonell god «dempning», og bevegelsen stanset i løpet av få, eller ingen, oscillasjoner.
Bekreftede operasjonsevnen til ROV, inkludert dens evne til å lande systemet når fartøy og bøye har en viss horisontal «offset» fra målet	En ROV (thrustkraft på 75 Hk) kunne lett kontrollere last og myk landing uten hjelp av vinsj. ROV'n kunne lande laste ved en «offset» på 30 m mellom fartøy og landingsbase.
Undersøke fartøyets evne til å manøvrere systemet rundt landingsbasen uten ROV-intervensjon	Systemet beholdt sin posisjon relativt til fartøyet, da fartøyet ble manøvrert rundt landingsbasen. Fartøyet kunne flyttes over 100 m fra posisjon og lett reposisjonere lasten over landingsbasen uten ROV-assistanse. Dette tilsier at komponentene kan settes ut i et sikkert område utenfor undervannsinstallasjonene, og posisjoneres for landing ved hjelp av fartøyets posisjoneringssystem.

Tabell 6.5.2 Testmål og erfaringer

**Konklusjonen** var at systemet fungerte under de gitte testforholdene. Systemet tillater bruk av et kosteffektivt fartøy for installasjon og fjerning av undervanns nyttelaster som krever «myk landing».

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

VEDLEGG 10

STYRKEBEREGNING AV GUIDEPØST

SIKKERHETSFAKTOR MOT KNEKKNING:  $n = 2$

E: MODUL  $210\,000\text{ N/mm}^2$

MODULVEKT  $25\text{ TONN} \rightarrow 25\,000\text{ kg}$

SEDELER MOT PLASTISK KNEKKNING:

BEREGNINGER:

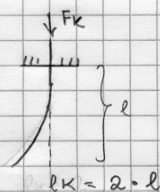
TREGHEITSMOMENTET FOR GUIDEPØSTEN: DIM 219 X 174 MM

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) \Rightarrow \frac{\pi}{64} (219^4 - 174^4) \approx \underline{68 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}$$

TREGHETSRADIUS:

$$c = \sqrt{\frac{I}{A}} \Rightarrow \sqrt{\frac{68 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}{\pi (219^2 - 174^2)}} \approx \underline{70 \text{ mm}}$$

MÅ DEFINERE KNEKKLINGEN:



$l = 6407 \text{ mm}$  FRA VEDLEGG 4.

NB: FORLENGELSEN PÅ GUIDEPØST TAR IKKE OPP KREFTER

$l_k = 2 \cdot l$

$$\text{BEREGNER } \lambda = \frac{l_k}{c} = \frac{6407 \text{ mm}}{70 \text{ mm}} = \underline{91.5}$$

HAR AT  $\lambda$  MÅ VÆRE MINDRE EN 105 FÅR AT EN SKAL VÆRE UTEN FOR PLASTISK OMRÅDE.

$91.5 < 105 \Rightarrow$  OK IKKE FARE FÅR PLASTISK KNEKKNING.

## PROSJEKTOPPGAVE 2002

### <<HÅNDTERING / LANDING AV UTSTYR PÅ DYPT VANN>>

VEPHEGG 10 FORTSETTER:

IKKE FARE FOR PLASTISK KNEKKING. KAN DA ANVENDE

"EULER FORMEL"

$$F_k \text{ tillatt} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_0}{2L^2 \cdot n} \Rightarrow \frac{\pi^2 \cdot 210000 \text{ N/mm}^2 \cdot 68 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}{(6407 \cdot 2)^2 \cdot 2}$$

$$F_k \text{ tillatt} \approx \underline{429 \text{ kN}}$$

VI HAR AT TOTAL BELASTNING ER  $25000 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 245,250 \text{ N}$

$$\Rightarrow = \frac{245,25 \text{ kN}}{4 \text{ guideroster}} = \underline{61,3 \text{ kN per. post}}$$

KONKLUSJON:

-  $F_k$  tillatt MED EN SIKKERHETSFAKTOR PÅ 2 = 429 kN, OG

VI BELASTER MED 61,3 kN  $\Rightarrow$  61,3 kN  $\ll$  429 kN.

INGEN FARE FOR KNEKKING MED EN MODULVÆK PÅ 25 TONN.

- BEREGNER VI TILLATT KNEKKLENGDE MED SAMME FORMEL  
FINNER VI AT DEN BLIR CA 12,8 METER.

- DVS. I PRAKSIS AT GUIDEROSTEN KUNNE HVERT DOBBELT SÅ LANG  
FØR EN OVERSKRIDER SIKKERHETSFAKTOREN PÅ 2.