

UNDERVANNSSINSTALLASJON AV BETONGMATTER



Hovedprosjekt utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund
- Studie for ingeniørfag



Sikkerhet, Brannteknikk
Sikkerhet, HMS
Maskin, Energi- og Prosessteknikk

Av Vibece Nicolaisen
Haugesund Våren 2005

FORORD

Når man avslutter studiet på maskinlinjen, studieretning prosess- og energiteknikk, ved Høgskolen Stord/Haugesund er det obligatorisk å gjennomføre et hovedprosjekt.

Hensikten med oppgaven er å vise at man kan bruke de kunnskapene man har tilegnet seg gjennom studiene.

Oppgaven ble gitt av DeepOcean AS, Haugesund, som ønsket å få kartlagt i hvilken bølgehøyde det var mulig å utføre arbeidsoperasjonen: Undervanns installasjon av betongmatter.

Til dette skulle analyseprogrammet simo benyttes, for så og sammenlignes med andre beregningsmetoder.

Videre var det aktuelt å se på løfteanordningen på dekk, og om mulig finne alternative metoder for utføring av denne.

Vil rette en stor takk til:

Peter C Sandvik fra MARINTEK, som har bistått med hydrodynamikk beregninger og analyseprogrammet simo, og hvert tilgjengelig til alle døgnets tider!

I tillegg en takk til:

Jens C Lindaas, Veileder, Høgskolen Stord Haugesund
Sveinung Soma, Ekstern veileder, DeepOcean AS

Mats Bårdsen, DeepOcean

Jan Nicolaysen, Nordscrap AS

Martin Mathisen, Polytec

Torleif Lothe, Polytec

Trond Stokka Meling, Statoil

Oswald A Olsen, Statoil

Torgeir Hildre, Skipsteknisk AS

Birgitte Velde, Seven Design

Roger Karlsen, Østensjø Rederi AS

SAMMENDRAG

Oppgaven ble gitt av DeepOcean AS, Haugesund, som er et ekspanderende firma innen undervannsteknologi og tjenester.

DeepOcean AS ønsket å få belyst begrensningene ved legging av betongmatter over gassrørledningen Ormen Lange med hensyn på signifikant bølgehøyde. Videre om det var mulig, på en enkel og tidsbesparende måte å håndtere løfterammen ved montering/ demontering av matter, og manøvrering på dekk.

Til løsning av oppgaven ble det tatt i bruk tre metoder for beregning av akseptabel bølgehøyde. Det Norske Veritas reglement, rent teoretisk metode, og data analyseprogram lånt fra Marintek, Trondheim. Alle tre metodene kom frem til forskjellige resultater.

Den mest avanserte og realistiske metoden, analyseprogrammet, kom frem til at signifikant bølgehøyde før rykk i vaier er 2,5m.

Medregnet rykklast, når en tar hensyn til løftekapasiteten til kranen kan den signifikante bølgehøyden økes til oppunder 4,0m.

Ved 4,0m, er hele kranens kapasitet på 100 tonn benyttet.

I følge DNV`s beregninger kan signifikant bølgehøyde før rykk settes til 1,0m.

De teoretiske beregningene kom til at bølgeperioden er av betydning for resultatet, signifikant bølgehøyde før rykk ble fra 4,5-7m. Ved lang bølgeperiode, kunne signifikant bølgehøyde økes.

Flere alternative metoder er vurdert med hensyn på hydrodynamiske krefter i plaskesonen, og dekkshåndtering. Ingen av dem viste seg å være gunstige, en spesiell begrensning var betongmatten, som tålte svært lite.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	2
Sammendrag	3
Innholdsfortegnelse	4
KAPITTEL 1 INNLEDNING	6
1.1 Bakgrunn og historikk	6
1.2 Målsetning for oppgaven	7
1.3 DeepOcean	7
1.4 Generelt om undervannsoperasjoner	8
1.4.1. ROV'er og bruk av ROV	8
1.4.2. Overflatefartøy	10
1.4.3. Dynamisk posisjonering	12
1.5. Aktuelle standarder	12
KAPITTEL 2 LØFTEOPERASJONEN	13
2.1 Undervanns løfteoperasjoner	13
2.1.1. Krane TTS 100 TE	13
2.1.2. Aktiv Hiv Kompensasjon	14
2.1.3. Løfterammen	14
2.1.4. Mattene	14
2.2 Konkretisering av denne løfteoperasjonen	15
2.3. Aktuelle problemstillinger	16
KAPITTEL 3 HJELPEMIDLER	17
3.1 MS Office Excel	17
3.2. Internet	17
3.3 Skipsteknisk AS	17
3.4. Polytec	17
3.5. Simo	17
KAPITTEL 4 BEVEGELSE AV FARTØY OG KRAN	18
4.1. Bevegelse av fartøy og kran	18
4.1.1. 6 Frihetsgrader	18
4.1.2. Transferfunksjonen	18
4.1.3. Kranbevegelser	19
KAPITTEL 5 HYDRODYNAMIKK	23
5.1. Hydrodynamiske krefter	23
5.2. Hydrodynamisk masse (Added mass)	24
5.4. Hydrodynamisk demping/ drag	25
5.5. Dynamiske kraftkomponenter	25
5.5.1 Utregninger av krefter på grunn av vertikal lastbevegelse	25
5.5.2. Utregning av krefter på grunn av bølgebevegelser:	27
5.5.3. Den totale kroklasten	28
5.5.4. Rykk/ Slakk i vaier	28
5.5.6. Slamming	29
Resultat	29

KAPITTEL 6 SIMO	30
6.1. Generelt	30
6.1.1. Marintek og sintef	30
6.2. Oppbygning	30
6.3. Bølge kriterier	32
6.4. Sys- fil	32
6.5. Bemerkninger	33
Resultater	34
 KAPITTEL 7 DET NORSKE VERITAS	 38
7.1. DNV`s standarder for denne oppgaven	38
7.1.1. “DNV Rules for Certification of lifting Appliances”	38
7.1.2. “DNV Rules for Planning and Execution of Marine Operations, Sub Sea Operations”	38
7.2 Resultat.....	48
 KAPITTEL 8 SAMMENLIGNING	 49
8.1. Sammenligning	49
8.1.1. DNV	49
8.1.2. Teoretisk.....	49
8.1.3. Simo.....	49
8.2. Fartøy	49
 KAPITTEL 9 ALTERNATIVE METODER.....	 50
9.1. Forslag til alternative metoder	50
9.1.1. Konklusjon:	52
9.2. Aktuelle merknader	52
9.2.1. Løftestroppene.....	52
9.2.2. Test	52
 Konklusjon	 53
Videre arbeid	54
Litteraturliste	55
Referanser.....	55
Figur Liste.....	56
Vedlegg	56

KAPITTEL 1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn og historikk

Med økende vanddyp og varierende oljepriser går utviklingen mot at mer og mer av prosessutstyret plasseres på havbunnen. Dette gjør at den enkelte produksjonsplattform kan dekke mye større områder enn tidligere, eller at plattform kan utelates.

På Norsk kontinental sokkel ligger det et nettverk av rørledninger som transporterer olje og gass fra produksjonsfeltene til kontinentet, og til Norge. Dybdene disse ligger på varierer fra noen meter til 1000 m. Da verdien av transportert olje og gass er mange milliarder kr årlig, er det innlysende at skader på rørledningene vil få store økonomiske konsekvenser.

Gassrørledningen Ormen Lange, strekker seg fra sleipner til Langeled South UK. Den er 525km lang og har en diameter på 1,12m. [1]

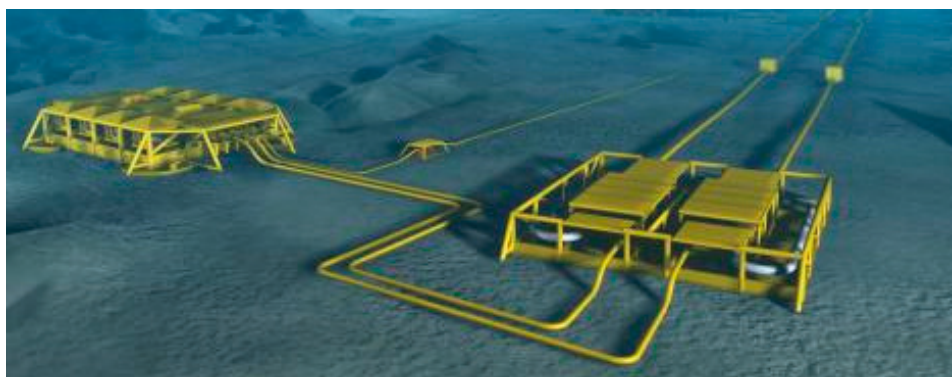
For å hindre ytre skader anvendes støpte betong matter, disse legges over gassrørledningen som et beskyttende skjold.

Dette utføres på følgende måte:

Mattene fraktes til det aktuelle området ved hjelp av fartøyet Edda Fonn, hvor mattene ligger stablet på dekk. I arbeidsoperasjonen med å senke matten ned til havbunnen, sikres matten ved hjelp av en spesial- designet løfteramme av stål. Matten blir festet med nylon stropper til løfterammen, og ved hjelp av en kran senkes den gjennom plaskesonen og ned til røret. En ROV (Remotely Operated Vehicle) overvåker nedsenkninger til alle tider og passer på at rett posisjon oppnås før den utløser en låsemekanisme som gjør at matten løses fra løfterammen og legger seg over røret.

Ved offshore arbeidsoperasjoner anvender DeepOcean DNV's regler og standarder. Dette er kriterier som er satt for at en forskriftsmessig og sikker arbeidsmetode blir tatt i bruk. Når dette er tatt hensyn til, har DeepOcean kommet frem til et vær kriterium som tilsier at H_s (signifikant bølgehøyde) = 2,5 m, med en tidsperiode på $T = 8$ s. Dette når de høyeste dynamiske faktorer er brukt, og løfte analyser er gjennomført.[2]

Figur 1



1.2 Målsetning for oppgaven

Formålet med oppgaven er å finne ut om det er mulig å utvide værinduet slik at signifikant bølgehøyde kan fastsettes til et høyere nivå.

Videre om det er mulig, på en enkel og tidsbesparende måte å håndtere løfterammen ved montering/ demontering av matter, og manøvrering på dekk.

For dokumentasjon skal det tas i bruk analyseverktøy, det skal også tas hensyn til DNV's regelverk for marine løfteoperasjoner, og teoretiske beregninger.

1.3 DeepOcean

Etter at Stolt Offshore flyttet subsea avdelingen sin til Stavanger, ble det rom for andre aktører på dette området. I 1999 ble DeepOcean AS etablert, av Solstad Offshore ASA, Østensjø Rederi AS.

Med 120 ansatte er det et selskap av stor betydning innen subsea tjenester, som jobber mot optimale løsninger innen avanserte undervanns operasjoner. Medeierne Solstad Offshore ASA og Østensjø Rederi AS har fire velutstyrte fartøy som er spesialbygd for avansert undervanns arbeid, og disponeres av DeepOcean AS

28.01.05 fusjonerte DeepOcean med Oceanteam Bergen, dette for å utvide markedet til å omhandle større deler av verden. Oceanteam opererer stort sett i Mexico, men har kontorer i Bergen, Amsterdam, Aberdeen, og Mexico. Oceanteam Bergen har 40 ansatte og en omsetning på 200 mill i året.

Etter sammenslåingen av de to selskapene vil de ha totalt 160 ansatte og en forventet omsetning på 600 mill kr årlig. Dette representerer en økning på mer enn 20 %, sammenlignet med 2004.[11]

Figur 2



1.4 Generelt om undervannsoptasjoner

Undervannsoptasjon vil si at det er et arbeidsoppdrag som skal utføres under vann.

Undervannsoptasjoner blir mer og mer anvendt innen offshore utviklingen. Dette på grunn av stadig større vandyp som gjør det uforsvarlig om ikke umulig for dykkere å utføre jobben manuelt.

Med svingende oljepriser er det ikke økonomisk å bygge ut de små og mellomstore gjenværende feltene med tradisjonelle plattformløsninger. De fleste store feltene i Nordsjøen har i dag nådd topp-produksjon, eller er på nedtur.

Utvikling og installasjon av nye undervannsbrønner blir en del av framtidens løsninger sammen med nye plattformer.

Det er et stort spekter av undervannsoptasjoner, her er noen få eksempler:

- Boring av undervannsbrønner
- Legging av rør
- Hyperbar sveising under vann
- Kartlegging av havbunnen
- Sammenkobling av rør
- Modulhåndtering

1.4.1. ROVèr og bruk av ROV

En ROV (Remotely Operated Vehicle) er et fjernstyrt undervannsfartøy. ROVen fjernstyres fra overflaten av en operatør, og signalene går gjennom det som kalles en "umbilical" (navlestreng).

ROV blir benyttet til store deler av undervannsoptasjonene, og er konstruert etter hvilke oppdrag de skal utføre.

Typiske arbeidsoperasjoner for ROV:

- Generell observasjon
- Inspeksjon
- Survey
- Rengjøring
- Kutting og skjæring, festing og løsning av skruer og muttere
- Ventiloperasjoner
- Diverse assistanse ved installasjon og reparasjon/vedlikehold
- Observasjon av dykkere

Det finnes flere typer ROVèr, som survey ROV, inspeksjons ROV, og arbeids ROV. Oppgaven vil ikke gå inn på de forskjellige, men ta for seg spesielt arbeids ROVèn. Da det er denne som brukes i denne casen.

1.4.1.1. Arbeids ROV

Dette er vanligvis en stor og tung ROV, hvor arbeidet utføres av manipulatorene og utstyret/verktøyet på ROV'en. Det er mange og svært allsidige oppgaver som blir utført av denne type ROV, eksempler på dette kan være:

Rengjøring, sliping, kutting, skruing, ventil utskiftning, bytte av moduler opp til 1,5 tonn.

Disse ROV'ene blir vanligvis drevet elektrisk/hydraulisk for effektiv fremdrift. Elektromotoren driver en hydraulisk pumpe, og væskestrømmen styres av servoventiler eller proporsjonalventiler for å kunne gi rett pådrag til de enkelte thruster-funksjonene:

Dette er funksjoner som: [3]

- Opp eller ned, fremover eller revers
- Rotasjon via senter på ROV, og rundt aksial lengderetning.
- Tilt/ pitch opp eller ned maks = 20 %
- Lateral/ sideveis høyre eller venstre

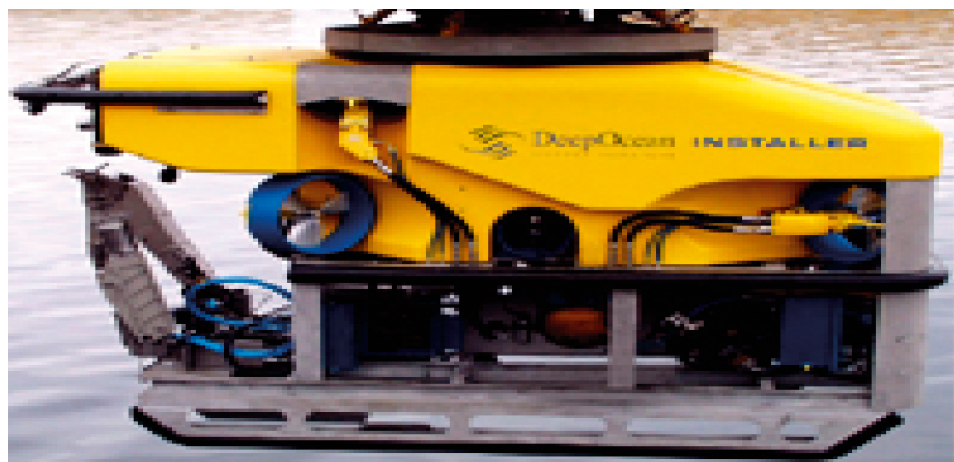
Arbeids ROV'en har auto funksjoner som gjør at den kan: holde samme kurs så lenge det er ønskelig, holde samme dybde så lenge det er nødvendig, holde samme avstand til havbunnen når terrenget forandrer seg, og holde den i samme posisjon så lenge det er ønskelig.

For å utføre arbeidsoperasjoner er den utstyrt med: transponder, sonar, dybdemåler, 3-4 kamera, 6-8 lys, manipulatorer, og eventuelle spesialverktøy for den spesifikke oppgave.[3] En allsidig arbeids ROV har gjerne to hydrauliske pumper, som hver har sin funksjon. Pumper vil ikke bli omtalt mer, da dette ikke er relevant for oppgaven.

1.4.1.2. Installer

DeepOcean`s nyeste ROV er Installer.
Dette er en kraftig arbeids og survey ROV.

Figur 3



1.4.1.3. TMS

For undervannsfarkoster som skal arbeide stasjonært og på relativt dypt vann er det vanlig med en TMS (Tether Management System). Denne sjøsettes sammen med ROVèn og senkes ned til det aktuelle havdyp. Her frigjøres farkosten fra TMSèn, og er bare forbundet med en tynn kabel, som den drar med seg bort til arbeidsstedet. Kabelen spoles ut fra en vinsj på TMSèn, av praktiske årsaker er denne nøytral i vann. Selve TMSèn har negativ oppdrift, og henger i hovedkabelen (umbilical) som går opp til overflaten og til en kran-bom. For å gi ROVèn ekstra beskyttelse ved sjøsetting kan TMSèn designes som et stålbur.[3]

1.4.2. Overflatefartøy

Overflatefartøyene vil bevege seg i bølgene i større eller mindre grad, avhengig av utforming og designet på fartøyet. Dette virker inn på de ulike undervannsoperasjoner en kan gjennomføre, spesielt ved løfteoperasjoner, da kranen vil bevege seg i takt med fartøyet. Derfor stilles det svært forskjellige krav til fartøyet, ut i fra hvilke arbeidsoperasjon som skal utføres.

Typer arbeidsoperasjoner er:

- Inspeksjon
- Vedlikeholdsoperasjoner
- Reparasjoner
- Survey
- Installasjon/ construction

Det finnes et utall av krav som kan stilles ved valg av fartøy, uten å gå inn på dem alle, er her et lite men vesentlig utvalg.

Typer krav som kan stilles:

- Dekk størrelse
- Stabilitet, lastekapasitet
- Krane kapasitet
- Moonpool, guidelines, osv
- DP kapasitet
- Dykker utstyr
- Transithastighet
- Helikopterdekk

Kostnader og kostnadseffektivitet vil også alltid være et viktig utvelgelses kriteri. Aktuelle kostnader:

- Mobiliseringskostnader
- Dag rater
- Demobiliseringskostnader

1.4.2.1. Edda Fonn

Da Edda Fonn er det fartøyer som skal brukes i forbindelse med denne oppgaven er det tatt med litt spesielt om den.

Edda Fonn er et design fra Skipsteknisk AS hvor en har renoverert skipet i forhold til det som det skal benyttes til, nemlig ROV og survey oppgaver, samt lettere konstruksjonsarbeid. Dette gjenspeiles bl.a. i linjeføring hvor det er lagt vekt på at det skal utføres mye arbeid hvor hydroakkustisk utstyr skal brukes, samt at båten skal gjøre god fart og må ha en behagelig bevegelses karakteristikk. [4]

Edda Fonn er utrustet med en 100 tonns aktiv heave kompensert kran, den har en moonpool på 7.2 x 7.2m hvor en kan montere et ODIM modul håndterings tårn med løftekapasitet på 30tonn.[4]

Hoveddimensjoner:

Lengde (o.a):	84.7m
Bredde:	18.0m

Skipet har diesel elektrisk framdriftsanlegg med generatoranlegg fra Mitsubishi/ABB på 4 x 1920 kW og to framdrifts thrustere fra Steer Prop på 2 x 2200 kW. Videre er det en inntrekkbar azimuth thruster i baugen, i tillegg til to tunneler, hvor den ene er av super silent type. Total effekt i baug er 3650 kW.[4]

Figur 4



1.4.3. Dynamisk posisjonering

Offshoreindustriens spesialfartøyer er avhengig av dynamisk posisjonering (DP). DP er et automatisk system som holder et skip i en gitt posisjon eller på en gitt kurs.

Ofte kan avvikene være svært små, innenfor en meter. Dette forenkler arbeidet betydelig for manøvreringen av fartøyene som opererer ute på havet. Oppstår det feil, enten på utstyr eller at operatøren gir feil ordre, må det reageres raskt.

Sjøfartsdirektoratet opererer med 3 forskjellige utstyrsklasser for DP systemer, som avhenger av type arbeidsoperasjon som skal utføres.[3]

De tre utstyrsklassene er:

1. Ingen krav til redundans, en enkeltfeil kan være nok til at fartøyet mister posisjon.
2. En enkeltfeil i aktive komponenter, skal ikke kunne gi tap av posisjon.
3. Ingen enkeltfeil skal gi tap av posisjon. Det er også krav til fysisk atskillelse av systemer og brannbeskyttelse.

Klasse 3 nyttes vanligvis når tap av posisjon kan få fatale utfall, som at det er dykkere stasjonert i vannet. I denne casen er det ikke tilfelle, men store verdier i form av ROVer utplassert, og det gjør at tap av posisjon kan føre til at ROVen går tapt. Slike økonomiske konsekvenser gjør at utstyrsklasse 2 er brukt på Edda Fonn. [4]

1.5. Aktuelle standarder

Ved marine operasjoner er det mange forskjellige standarder en kan velge å bruke, det kan være OD, NORSOK, SFT, ISO, DNV. DeepOcean har valgt å benytte seg av DNV`s standarder ved marine operasjoner. Det Norske Veritas (DNV) er en uavhengig stiftelse som arbeider for sikring av liv, verdier og miljø, og er en internasjonal leverandør av tjenester for risikostyring.

DNV betjener mange næringer, men er spesielt rettet mot:

- Maritim
- Olje og gass
- Prosess
- Transport (vei og jernbane)

Da det er den Maritime delen som blir brukt i denne oppgaven, vil dette bli nærmere omtalt senere i rapporten.

KAPITTEL 2 LØFTEOPERASJONEN

2.1 Undervanns løfteoperasjoner

I forbindelse med petroleumsindustrien er undervanns løfteoperasjoner en nødvendighet. Når brønner bores og vedlikeholdes, rørledninger legges, og som i dette tilfellet: betongmatter skal legges over gassrørledninger, er undervanns løft ikke til å komme utenom.

Undervannsløft kan deles inn i 7 faser:

- Sjøsikring
- Avløft fra dekk
- Løft i luft
- Gjennomgang av plaskesonen
- Videre nedsenkning
- Landingsfasen

Det mest kritiske, og det mest aktuelle i denne oppgaven er i plaskesonen. Bølgeamplituden er av stor betydning for hvordan løfteobjektet vil oppføre seg, og beregninger på dette er komplekse. Dette er mer omtalt i kapittel 5 hydrodynamikk.

2.1.1. Krane TTS 100 TE

Kraner har et stort bruksområde innen industrivirksomhet som bygg og anlegg, offshorevirksomhet, transport og sjøfart. Knyttet til petroleumsindustrien har kraner hatt en kontinuerlig utvikling, ny teknologi medfører store utfordringer og krav om evne til stadig forbedring. Løfteoperasjoner under vann er et eksempel.

Kranen ombord på Edda Fonn er en 200 tonn hydraulisk offshore krane som er sertifisert i henhold til DNV, "Crane Rules for Ship to Ship lift and for Sea Lift."

Kranen er utstyrt med en hovedvinsj og en akselererende vinsj. [1]

Ved løft i sjø:

Med enkel vinsj er maksimal løftekapasitet 50 tonn, ved dobbel øker maksimal løftekapasitet til 100 tonn for hovedvinsj. Den akselererende vinsjen har en maksimal løftekapasitet på 10 tonn.

Kranen er hiv kompensert med en nøyaktighet på 90%.

Antar for denne løfteoperasjonen, at kranen opererer med et utlegg på 3-4m, løftekapasiteten ved dobbel vinsj kan da settes til 100 tonn.

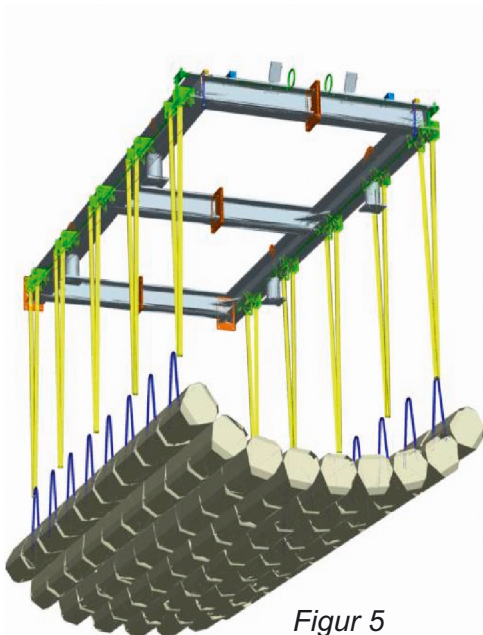
Tekniske spesifikasjoner er hentet fra vedlegg 1.

2.1.2. Aktiv Hiv Kompensasjon

AHC er en forkortelse for "active heave compensation" og er en betegnelse på et system som forsøker å oppheve innvirkningen av vertikalbevegelsen av en båt i sjøen. Systemet brukes som oftest i ved nedsetting av last på havbunnen.

Ved å bruke AHC kan man sette ned og ta opp utstyr fra havbunnen eller andre faste installasjoner på en skånsom måte mens båten følger bølgebevegelsene i sjøen.

Prinsippet bak et AHC system er at man beveger en aktuator eller vinsj på en slik måte at den vertikale båtbevegelsen utfases. For å måle disse bevegelsene bruker man en MRU (Motion Reference Unit). Ved å kombinere passive og aktive komponenter kan et mer energi økonomisk system oppnås. Normalt vil man kunne oppnå en kompensering på 90-95%. Ved små båtbevegelser vil kompenseringsgraden reduseres pga. absolutt målenøyaktighet på sensor.



Figur 5

2.1.3. Løfterammen

Løfterammen (LR) er designet for å kunne løfte betongmattene som måler 5m*3m*0,3m. Når matten er festet til LR, skal den henge med slakk som vist på bildet..

Aktuelle data: [2]

- Målene til LR: 5,1*2,4*0,4m.
- Vekt: 1,3 tonn
- Laget av H-bjelker, HE 200 B
- Stålkvalitet: S355
- Overflatebehandling følger standard: NORSOK 7

For å få matten til å legge seg over rørledningen, og avlaste LR, må høyden mellom matten og LR være justerbar. Derfor anvendes runde "slings" som fester matten til de 5 løftepunktene på hver side av rammen. Hver lås er utstyrt med 3 låse plater og 1 flytedupp, under løfting vil vekten av matten tvinge låsesystemet til å "lukkes". Ved svikt i låsesystemet, vil sikkerhetslåsene sikre at matten holdes på plass.

Når matten skal frigjøres fra LR, åpner ROV'en sikkerhetslåsene, drar i vaieren og låsene åpnes.[2]

2.1.4 Mattene

Matten er laget av betong, med en tetthet på 2,4 (Tonn/m³).

Mål: 5*3*(0,3-0,6)m.

Høyden på matten, kan varieres fra 0,3 til 0,6m. I beregninger er det brukt 0,6m.

Som bildet over viser er matten satt sammen av mange små elementer, en faktor på 0,7 er derfor medregnet i volumet til matten, for å ta hensyn til dette.[2]

Under støping av mattene er det, som fig 5 viser lagt inn nylon tau, for løfting.

Det er satt den begrensning at mattene kun skal/kan løftes 5 ganger innen de er på plass over røret. [1]

2.2 Konkretisering av denne løfteoperasjonen

Arbeidsoppdraget blir utført fra båt, Edda Fonn eller liknende båter med arbeids ROV, krane og plass til betongmattene på dekk kan utføre slike oppdrag. Edda Fonn har kapasitet til å ta med 80 matter hver gang den går ut, og totalt skal det legges ned 160 matter på Ormen Lange.

En krane heiser en og en matte om bord i båten, stabler de i høyden (5-6), og sikrer dem med kjetting. Fartøyet frakter mattene til den aktuelle posisjonen, men på grunn av sikkerhetsmessige faktorer må løfteoperasjonen starte 50m fra røret. Dette pga risiko for skader på røret hvis noe skulle gå galt med løftet.

Først blir ROV'en firet over bord, for så å posisjonere den i et sikkert område, for eksempel under fartøyet. Matten blir festet til LR med stropper, fem på hver side av LR. Dekk kranen løfter det hele over skutesiden og senker det ned til en dybde ca 10m over havbunnen. ROV'en overvåker den resterende delen av operasjonen, fartøyet og kranen posisjoneres over målet. ROV'en bekrefter korrekt posisjon på betongmatten og utløser sikkerhetslåsen på LR.

Matten legger seg over røret.

Fartøyet trekker seg så tilbake til sikkert område. ROV'en kontrollerer (visuelt) at matten er plassert i henhold til plan, og plasserer seg i sikkerhetssonen eller under fartøyet. LR returneres til dekk, og operasjonen gjentas. [1]

Figur 6



2.3. Aktuelle problemstillinger

Plaskesonen

Værmessig er det plaskesonen som er den begrensende faktor, det er her det oppstår størst hydrodynamiske krefter på maten.

Beregninger på dette blir utført i henhold til Det Norske Veritas regler, som regner med regulære sinusbølger, og som ikke tar hensyn til at maten er fleksibel i kontakt med bølgene.

For å belyse dette er det tatt i bruk analyse programmet SIMO, dette regner med realistiske bølger, og en matte som beveger seg i kontakt med bølgene. For å kunne sammenligne resultatene av dette programmet med noe, er det utført teoretiske håndberegninger, og beregninger i henhold til DNVs regler.

Retur til dekk

En annen begrensende faktor er dagens dekk arrangement, det er lite effektivt, og vanskelig å arbeide med i dårlig vær, spesielt med hensyn til sikkerheten til arbeiderne på fartøyet..

Hovedproblemet er at LR, om den er med eller uten matte skal over rekken på båten, den vil da svinge ukontrollert frem og tilbake, avhengig av hvor store bølger det er på sjøen. Når man skal feste en ny matte på LR, må man vente til den henger "rolig nok" til at dette lar seg gjøre, eller smelle/dunke den ned i dekk på fartøyet for å stoppe bevegelsene.

KAPITTEL 3 HJELPEMIDLER

3.1 MS Office Excel

Excel er et program fra Microsoft. Det er et matematisk hjelpemiddel, basert på bruk av regneark. Ved store mengder forskjellige beregninger, og hvor mange av dem er uavhengige av hverandre, er dette et godt hjelpemiddel. En kan enkelt manipulere forskjellige parametere for å få ut viktige verdier. Alle beregninger er utført i Excel, og ligger som vedlegg 4.

3.2. Internet

Internet er flittig brukt for å hente frem opplysninger, og relevant informasjon.

3.3 Skipsteknisk AS

Skipsteknisk AS ligger i Ålesund, og er et konsulentfirma som driver med design av alle typer fartøyer. Skipsteknisk har hvert behjelpelig med opplysninger om Edda Fonn, alle data som er bukt om fartøyet er hentet herfra.

3.4. Polytec

Polytec er en stiftelse som ble etablert i Haugesund i 1988. Stiftelsen Polytec har som formål å drive forskning og utvikling innen fagfeltene energi, miljø, gassteknologi og sikkerhet. Polytec har hvert svært behjelpelig med å bearbeide opplysningene fra Skipsteknisk, og bistått med analyseprogrammet Simo.

3.5. Simo

Simo er utviklet av Sintef Marin i Trondheim, og en midlertidig lisens er tildelt HSH for bruk av dette programmet. Simo er et simulatorprogram, for sammensatte konstruksjons-systemer, som tar hensyn til bølgefrekvens, fleksibel modellering, stasjonere og hydrodynamiske krefter, og samm enkoblingsmekanismer. Peter C Sandvik fra Marintek er en av de som har laget dette programmet. Han har hvert særdeles behjelpelig med å forklare hvordan Simo fungerer. Også ved de teoretiske beregningene er hans ekspertise benyttet.

KAPITTEL 4

BEVEGELSE AV FARTØY OG KRAN

4.1. Bevegelse av fartøy og kran

Vann som strømmer rundt legemer med skarpe kanter vil generere virvler. Slike virvler virker dempende på bevegelsene av et skip.

4.1.1. 6 Frihetsgrader

Et fartøy i bølger kan ses på som et stivt legeme. Bevegelser som fartøy og andre flytende konstruksjoner blir utsatt for ved bølgebevegelser kan deles opp i tre akseretninger, og rotere om tre akser. Dette kalles også bevegelse i 6 frihetsgrader: [8]

Langskips bevegelse	Jag
Tverrskips bevegelse	Svai
Vertikal bevegelse	Hiv
Rotasjon om langskips akse	Rull
Rotasjon om tverrskips akse	Stamp
Rotasjon om vertikal akse	Gir

4.1.2. Transferfunksjonen

For å finne hvordan fartøyet beveger seg i lineære bølger, må man finne sammenhengen mellom ekistasjonskraft og respons. Beregningene er basert på at bølgene er harmoniske, dvs. regulære sinusbølger. Den hydrodynamiske transferfunksjonen, eller overføringsfunksjon som det også heter, er en funksjon av bølgefrequensen og bølgeamplituden. Utgangspunktet for å finne transferfunksjonen er den dynamiske likevektsligningen for fartøyet.

Disse utregningene er særdeles kompliserte, og oppgaven har tatt utgangspunkt i allerede utregnet transferfunksjon for Edda Fonn, for å bruke disse videre i fartøy og kranbevegelser. RAO (Respons Amplitude Operations) er transferfunksjonen i forbindelse med bølgeperiode, en skiller også her mellom bevegelser i de 6 frihetsgradene. Viser til vedlegg 3.

Det aktuelle i denne oppgaven er den vertikale hiv bevegelsen, og rotasjonen om tverrskips akse stamp. Når båten ligger mot bølgene, og ved harmoniske bølger, kan rull bevegelsen utelukkes fra problemstillingen.

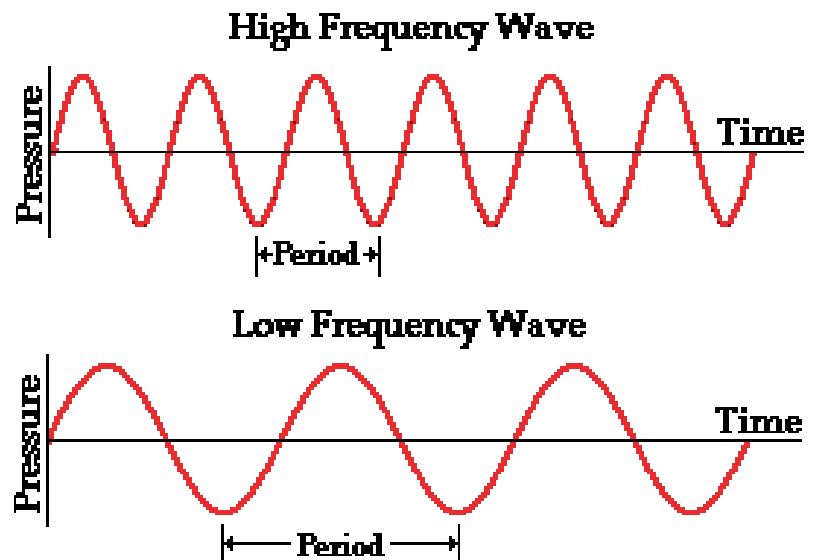
Selv om rull settes til å være ubetydelig når bølgene kommer på båten forfra, er ikke dette tilfelle i virkeligheten. Det mest

realistiske ville vert om man satt rulle bevegelsen til 20-30 grader siden sjøen er retningsfordelt.[5]

4.1.3. Kranbevegelser

Under marine operasjoner vil det være en kobling mellom skipets bevegelse og kranens bevegelse. For å kunne regne på kranens bevegelse, må en derfor finne båtens bevegelse i bølgene for så å overføre denne til kranen. En modifikasjon her er at en regner på regulære bølger. I virkeligheten har vi ikke regulære bølger, men irregulære. Realistiske bølger er ikke sinusbølger med energi samlet ved en enkeltperiode, men irregulære og inneholder energi ved en rekke perioder.

Med utgangspunkt i RAO fra Edda Fonn kan en regne ut bevegelse i vertikalretningen. Som en ser av RAO beskrivelsen hiv og stamp, varierer utslaget etter bølgeperiode, og for hver bølgeperiode kan en ha et varierende antall bølgeamplituder.



Figur 7

En bølgeperiode kan måles fra bølgetopp til bølgetopp. Amplituden kan variere fra 0 til veldig store utslag, dermed kan en få uendelig mange forskjellige variasjoner mellom periode og amplitude.

I det aktuelle arbeidsområdet (Ormen Lange) er det utført bølgemålinger siden 1950-tallet, det er derfor mulig å finne de mest sannsynlige kombinasjonene og regne på disse. Med hjelp fra Polytec i Haugesund og design manualen til Statoil, for Ormen Lange er det funnet en modell for dette. Modellen Jonswap (Joint North Sea Wave Amplitude Measurement Project), brukes i kystområdene og er nærmest en matematisk oversikt over de bølgemønstre og sjøtilstander man kan finne i Nordsjøen.[9]

Etter denne formelen begrenses midlere bølgeperioden i forhold til signifikant bølgehøyde.

$$T_m = 0,92 * 6,3 * (1 + H_s)^{(0,33 + 0,0029 * H_s)} \quad [9]$$

Hvor:

T_m - Midlere bølgeperiode (s)

0,92 - Innenfor 92 % av bølgespekteret

6,3 - Faktor for Ormen Lange feltet

H_s - Signifikant bølgehøyde (m)

0,337 0,0029 – Konstanter.

For å få med absolutt det meste av bølgespekteret, er vanlig å ta med en maks og en min verdi for bølgeperioden, i dette tilfellet brukes $T_m \pm 2_s$

Tabellen under viser bølgeperiodene etter bruk av formelen ovenfor. Den viser tydelig hvordan bølgeperioden øker med økende signifikant bølgehøyde.

For å finne hiv og stamp amplitude ved de aktuelle tidsperiodene i tabellen benyttes følgende formler:

$$A_h = RAO * A \quad [9]$$

$$A_s = x * \sin(RAO * A) \quad [9]$$

Hvor:

A_h - hiv amplitude (m)

A_s - stamp amplitude (m)

RAO | - Respons Amplitude Operations (deg)

x - avstand fra krane til båtens midtpunkt langs x-akse (m)

Ut fra tegninger av dekkarrangement 21,73m.

T_{min} (s)	T_{med} (s)	T_{maks} (s)	H_s (m)
3,796	5,796	7,796	0
4,62969921	6,62969921	8,62969921	0,5
5,30030933	7,30030933	9,30030933	1
5,87371369	7,87371369	9,87371369	1,5
6,38196213	8,38196213	10,3819621	2
6,84331968	8,84331968	10,8433197	2,5
7,26928202	9,26928202	11,269282	3
7,66759867	9,66759867	11,6675987	3,5
8,04376471	10,0437647	12,0437647	4
8,4018311	10,4018311	12,4018311	4,5
8,74487785	10,7448778	12,7448778	5
9,07530647	11,0753065	13,0753065	5,5
9,39502903	11,395029	13,395029	6
9,70559512	11,7055951	13,7055951	6,5
10,0082798	12,0082798	14,0082798	7
10,3041462	12,3041462	14,3041462	7,5
10,5940911	12,5940911	14,5940911	8
10,8788787	12,8788787	14,8788787	8,5
11,1591663	13,1591663	15,1591663	9
11,4355241	13,4355241	15,4355241	9,5
11,70845	13,70845	15,70845	10

Begrensning:

Ved beregning av stamp amplituden brukes her x som avstand fra krane til båtens midtpunkt. Dette er korrekt i de tilfeller hvor kranes arm opererer 90° på skutesiden, som er det vanligste.

I motsatt tilfelle, hvis kranes arm er vendt fremover vil stamp amplituden minke. Er den vendt bakover vil stamp amplituden øke. Ut fra dette kan en si at den gunstigste posisjonen for kranen å arbeide i vil være vendt fremover. Dette er før en tar hensyn til at kranens løfte kapasitet begrenses av utslaget på armen.

Amplitude	$A_h T_{\min}$ (m)	$A_h T_{\text{mid}}$ (m)	$A_h T_{\text{maks}}$ (m)	$A_s T_{\min}$ (m)	$A_s T_{\text{mid}}$ (m)	$A_s T_{\text{maks}}$ (m)
0	0	0	0	0	0	0
0,25	0,00375	0,0625	0,1275	-0,03697784	-0,14980653	-0,22281137
0,5	0,11875	0,11125	0,315	-0,09481471	-0,43422385	-0,43232793
0,75	0,253	0,292	0,5415	-0,1422215	-0,66834042	-0,59157258
1	0,3	0,455	0,77	-0,64464748	-0,90995796	-0,72804301
1,25	0,2262	0,75	0,918	-0,90048468	-1,08991512	-0,85785287
1,5	0,381	0,96	1,251	-1,19406741	-1,29629927	-0,99520938
1,75	0,5512	1,2075	1,491	-1,53188704	-1,38620172	-1,08802121
2	0,8	1,47	1,72	-1,82587802	-1,56877066	-1,17513261
2,25	1,125	1,732	1,98	-2,03647801	-1,62834225	-1,25370603
2,5	1,45	1,995	2,252	-2,19595334	-1,71436826	-1,30765663
2,75	1,65	2,2412	2,502	-2,39395059	-1,86461176	-1,40701789
3	1,95	2,505	2,751	-2,48628154	-1,9090065	-1,45526855
3,25	2,266	2,2625	3,012	-2,59457098	-2,01854175	-1,52715805
3,5	2,572	3,01	3,255	-2,74042245	-2,05441288	-1,55174801
3,75	2,868	3,31	3,513	-2,7658162	-2,14406577	-1,60564974
4	3,14	3,588	3,772	-2,85889352	-2,16576573	-1,6065953
4,25	3,445	3,825	4,021	-2,90870098	-2,15633123	-1,69073738
4,5	3,694	4,117	4,275	-3,04488639	-2,31666038	-1,73894222
4,75	4,013	4,37	4,536	-2,98103497	-2,26574569	-1,76351393
5	4,255	4,63	4,791	-3,02423148	-2,26197373	-1,78052379

Tabellen over viser hvilke utslag hiv og stamp medfører hver for seg i regulære bølger. Disse verdiene er beregnet uavhengig av hvilken innvirkning de har på hverandre. Dette kan være innvirkninger som at de kan utfase hverandre. For å ta hensyn til dette må fasevinklene inkluderes når den totale samlede amplituden beregnes. Fasevinkelen angir om maksimal bevegelse kommer tidsmessig før eller etter maksimal bølgehevning.

For å finne de aktuelle fasevinklene i akkurat de periodene som er beregnet for Ormen Lange feltet, tar man utgangspunkt i RAO Displacements data, og leser av vinklene. Man må også regne med et tidsintervall, for å kunne finne maksimalt amplitude utslag for hver signifikant bølgeøyde.

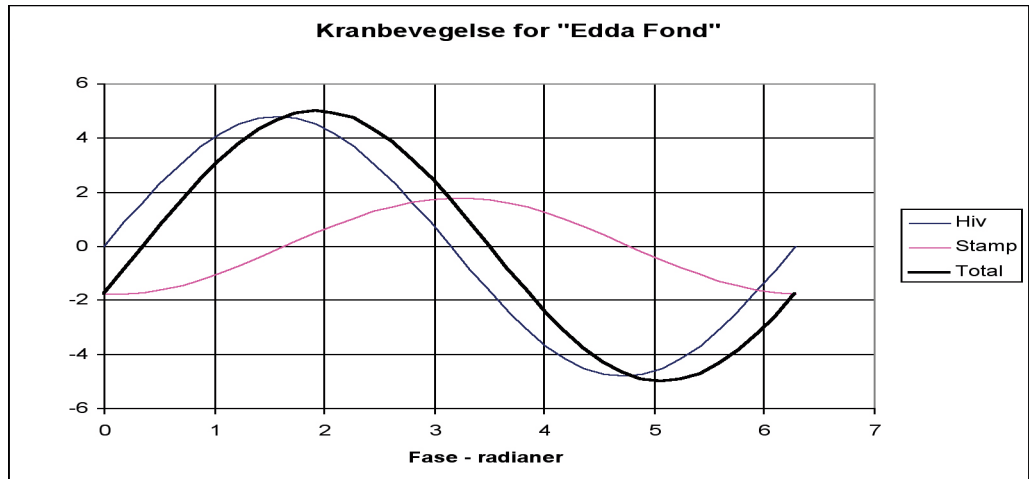
Hvor:

$K_{bevegelse}$ - Kran bevegelse (m)
 y - Variabel, her fra 0-36.
 φ - Fasevinkel (rad)

Følgende formler er her benyttet:

$$K_{bevegelse} = A_H * \sin\left(\frac{2\pi}{y} + \varphi\right) + A_S * \sin\left(\frac{2\pi}{y} + \varphi\right) \quad [9]$$

Under vises hvordan dette kan fremstilles grafisk. Dette eksemplet viser signifikant bølgehøyde 10m, og med et tidsintervall T_{maks} . Som det kommer frem, er den blå grafen hiv bevegelse i de varierende faser, den rosa stamp, og den sorte viser det maksimale utslaget dette får på kranen når fasen er tatt hensyn til.

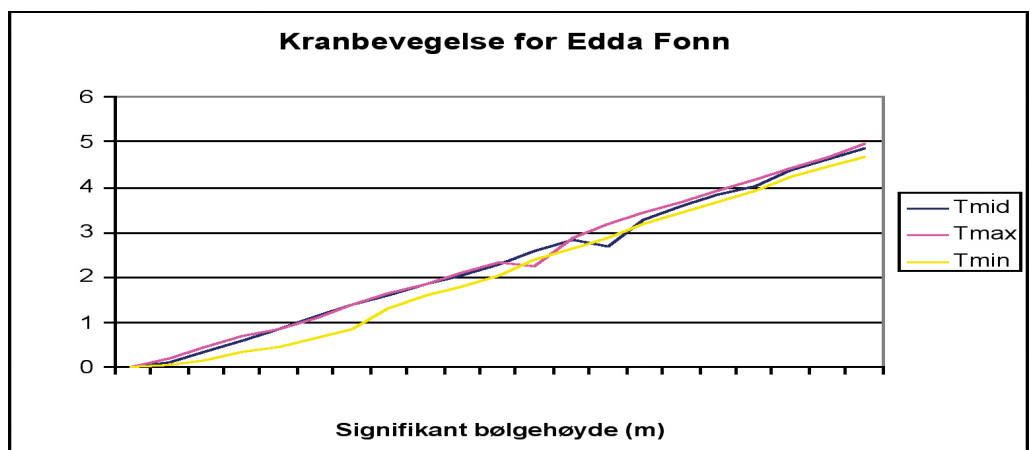


Figur 8

Det komplette bilde av situasjonen får man først når man har kombinert hver av de 20 signifikante bølgehøydene med de tre forskjellige tidsintervaller funnet tidligere. Man får da 60 slike grafiske bilder, hvor man velger ut det maksimale utslaget som akkurat denne kombinasjonen gir. Når dette settes sammen får man et resultat som viser den største kranbevegelsen man kan få i de forskjellige signifikante bølgehøyder.

Dette ser slik ut:

Figur 9



KAPITTEL 5 HYDRODYNAMIKK

5.1. Hydrodynamiske krefter

Ved senking av en last gjennom bølgesonen og vannrommet vil det kunne oppstå meget store krefter på systemet. Dette er et stort problem som gjør at offshore installasjon og intervensjon ofte må utføres i sommerhalvåret. De store kreftene skyldes at bølgene kan løfte lasten slik at vaieren blir slakk, og det blir et rykk når vaieren strammes ved at lasten faller ned. Ytterligere krefter oppstår ved at bølgene kan trekke lasten ned. Reduksjon av vaierkrefter kan oppnås ved å synkronisere lastens bevegelse med båtens bevegelse i bølgene (aktiv hiv kompensasjon), eller ved å bruke kraftstyring, hvor det kobles tilbake fra vaierkraften.

Hydrodynamiske krefter oppstår også som et resultat av at fartøyet beveger seg i bølgene og drar lasten med seg gjennom vannrommet.

De hydrodynamiske beregningene er noe forenklet, og tar ikke for seg irregulære bølger, men regulære sinusbølger. De foregående resultatene, perioder og kranbevegelse er brukt i de hydrodynamiske beregningene.

Masse

Når lasteobjektet er i luft

$$W = m * g \quad [7]$$

Hvor:

m - Massen (kg)

g - Tyngdens akselerasjon (9,81 m/s²)

W - Vekt (N)

For LR og matte utgjør dette:

$$W = (15,2 \text{ tonn} + 1,3 \text{ tonn}) * 9,81 = 161,865 \text{ kN.}$$

Når objektet er neddykket, vil den få en oppdrift, O , denne er lik vekten av det fortrenge væskevolumet. Objektets neddykkede vekt blir dermed differansen mellom vekt i luft og oppdrift.

$$W = m * g - O = m * g - \rho g V \quad [7]$$

Hvor:

ρ - Vannets tetthet, vanligvis (1025 kg/m³)

V - Neddykket volum (m³)

Objektet vil si matten og LR, V (neddykket volum) vil variere etter hvor mye av objektet som er under vann. Oppgaven deler objekter i 6, og ser hvordan den neddykkede kraften varierer.

	Neddykket: N
1. 1/3 av matten er neddykket	1 150522,188
2. 2/3 av matten er neddykket	2 145243,181
3. Hele matten er neddykket	3 129406,163
4. Hele matten + 1/3 av LR er neddykket	4 128765,978
5. Hele matten + 2/3 av LR er neddykket	5 128445,886
6. Matten og LR er neddykket	6 127485,61

Vedlegg 4, viser beregningene.

5.2. Hydrodynamisk masse (Added mass)

Når objektet er neddykket, kan det kreve vesentlig større kraft å akselerere lasten enn i luft. Dette fordi når objektet akselereres, må en del vann foran og bak også akselereres for fortsatt å være i kontakt med objektet. Kraften som skal til for å gi det neddykkede lasteobjektet en viss akselerasjon, a , er gitt ved:

$$F_1 = M \cdot a \quad [7]$$

Hvor:

M - totale dynamiske massen.(kg) Gitt ved:

$$M = m + m_{aa} \quad [7]$$

Hvor:

m_a - hydrodynamisk masse.(kg)

$$M = 17027 \text{ kg}$$

Nødvendig kraft for å gi den samme akselerasjon i luft:

$$F_0 = m \cdot a \quad [7]$$

Tilleggskraften som skyldes at objektet er neddykket, blir:

$$F_a = F_1 - F_0 = (M - m) \cdot a = m_a \cdot a \quad [7]$$

Hydrodynamisk masse er avhengig av geometrien på objektet, og vil være forskjellig i de tre hovedretningene x , y , og z , dersom lasteobjektet ikke er symmetrisk. I dette tilfellet tar oppgaven for seg hydrodynamisk masse i z -retningen, som er vertikalretningen.

5.4. Hydrodynamisk demping/ drag

Kraften som kreves for å føre et objekt med en viss hastighet gjennom vannet kalles for strømningsmotstand, eller hydrodynamisk drag.

Det er flere forhold som er grunn til dette:

- Oppstuvningstrykk på forsiden av objektet
- Redusert trykk på baksiden av objektet
- Hvirvelavløsning, oftest ved skarpe kanter

Kreftene regnes ved hjelp av en koeffisient, C_d (drag koeffisient), denne er avhengig av objektets form, og er proporsjonal med kvadratet av strømningshastigheten.

$$F_d = \frac{1}{2} \rho * C_d * A * v^2 \quad [7]$$

Hvor:

ρ - tetthet (kg/m³)

A - tverrsnittsareal mot strømningshastighet (m²)

v - strømningshastighet på grunn av kranens – og på grunn av bølgenes hastighet (m/s)

C_d - drag koeffisient

Drag koeffisient er satt til 6, erfaringsmessig vurdering fra Peter C Sandvik. Som følge av at det er to strømningshastigheter, får en også to forskjellige drag krefter.

5.5. Dynamiske kraftkomponenter

Dynamiske kraftkomponenter er et slags samlebegrep for flere varierende krefter.

Det er fire slike dynamiske krefter:

- Krefter på grunn av lastbevegelse
- Krefter på grunn av bølgebevegelse
- Krefter på lange elementer
- Krefter på fleksible rør

I denne casen er det verken lange elementer eller fleksible rør, så dette vil ikke bli sett nærmere på.

5.5.1. Utrekninger av krefter på grunn av vertikal lastbevegelse:

Tregheitskraft: $F_{ml} = (m+m_a)*a_l$ [7]

Hydrodynamisk drag: $F_{dl} = \frac{1}{2} \rho * A * b_2 * v_l^2 = B_2 * v_l^2$ [7]

Hvor:

a_l - Akselerasjon pga. lastbevegelsen (m/s²)

v_l - Hastighet pga. lastbevegelsen (m/s)

b_2 - drag koeffisient, settes også til 6. [5]

Dersom ikke objektet har meget stor hydrodynamisk masse, eller henger på stort dyp, vil egenperioden for aksialsvingninger normalt ligge under 1 - 2 sekunder. Dette er vesentlig kortere enn de periodene som er aktuelle for vanlige kranbevegelser, fra 6 - 7 sekunder og oppover, avhengig av sjøtilstand og fartøy.[7]

Man kan da regne med at lastobjektet følger kranbevegelsene, uten resonansforsterkning. Neglisjeres resonanseffekter, vil kraftbidragene på grunn av lastbevegelse bli:

$$\text{Tregghetskraft: } F_{ml} \approx F_{mk} = (m + m_a) * a_k \quad [7]$$

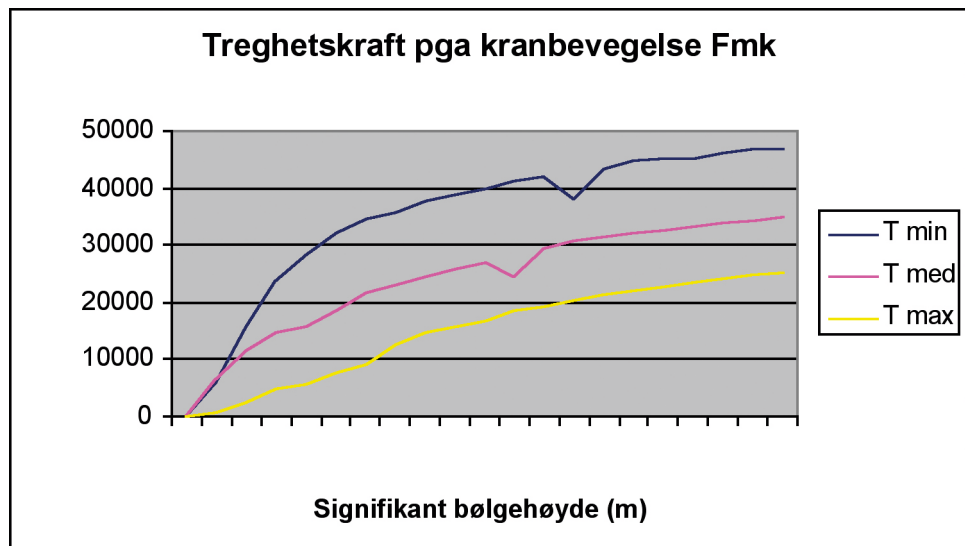
$$\text{Hydrodynamisk drag: } F_{dl} \approx F_{dk} = \frac{1}{2} \rho * A * b_2 * v_k^2 = B_2 * v_k^2 \quad [7]$$

Hvor:

a_k - Akselerasjon pga. kranbevegelsen (m/s²)

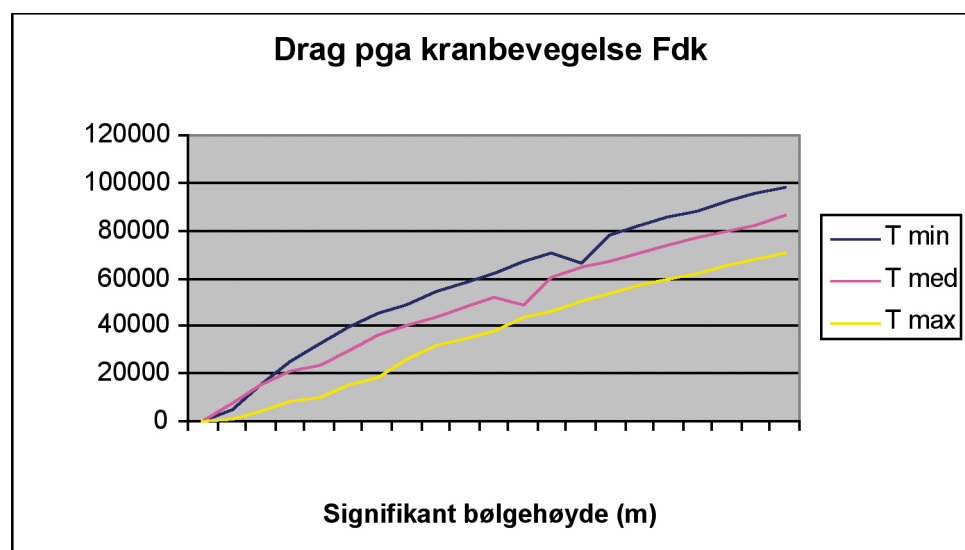
v_k - Hastighet pga. kranbevegelsen (m/s)

Ved bruk av beregning av tregghetskraft og hydrodynamisk drag, vil grafisk fremstilling av dette se slik ut:



Figur 10

Det kommer tydelig frem at drag kreftene er flere ganger større enn tregghetskreftene. Vil en forsøke å redusere drag kreftene kan en forandre på areal eller hastigheten til kranen. Drag koeffisienten følger utformingen til objektet og kan vanskelig forandres.



Figur 11

5.5.2. Utregning av krefter på grunn av bølgebevegelser:

Bølgekrefter på et væskeelement i bølgeoverflaten er tilstrekkelig til å akselerere elementet :

$$F_{mb} = \rho * V * a_b \quad [7]$$

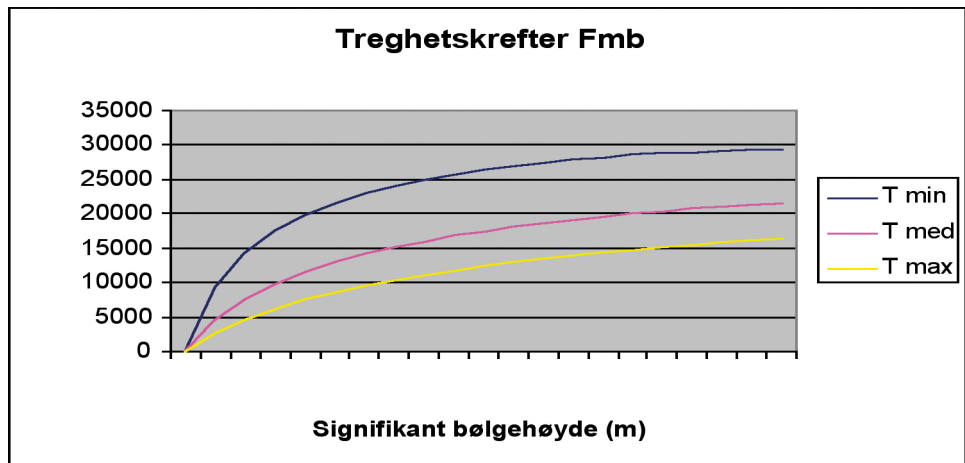
Hvor:

a_b - Akselerasjon pga. bølgebevegelser (m/s²)

Erstattes væskeelementet med et lastobjekt (med tilhørende hydrodynamisk masse) som holdes i ro, vil tilsvarende dynamiske krefter overføres via løftewiren.

Amplituden av treghetskreftene blir:

$$F_{mb} = (\rho * V + m_a) * a_b \quad [7]$$



Figur 12

Hydrodynamisk drag på grunn av bølgebevegelsen alene:

$$F_{db} = \frac{1}{2} \rho * A * b_2 * v_b^2 = B_2 * v_b^2 \quad [7]$$

Hvor:

v_b - Hastighet pga. bølgebevegelse (m/s)

Amplituden av hastighet og akselerasjon i bølgen, nær overflaten er gitt ved:

$$v_b = \frac{2\pi}{T} * z_b \quad [7]$$

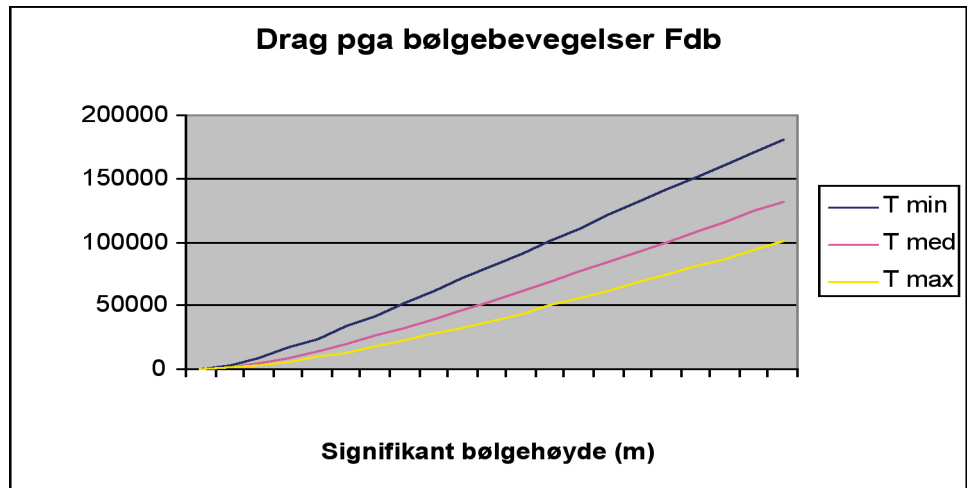
$$a_b = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 * z_b$$

Hvor:

z_b - Amplitude (m)

T - Bølgeperiode, ved den aktuelle amplitude (s)

Bølgebevegelser og dermed bølgekrefter avtar nedover i dypet, og er derfor mest kritisk i plaskesonen.



Figur 13

Det er verdt å merke seg at drag kreftene på grunn av bølgebevegelser er vesentlig større enn drag på grunn av kranbevegelser. I motsetning til drag pga. kranbevegelser, er det bare mulig å redusere denne ved å forandre arealet.

Totale hydrodynamiske krefter

$$F_{hyd} = \sqrt{F_{mk}^2 + F_{dk}^2 + F_{mb}^2 + F_{db}^2} \quad [7]$$

I forenklete beregninger som denne er det vanlig å summere bidragene fra de forskjellige komponentene kvadratisk. Antagelsen er ikke korrekt, men nøyaktigheten blir akseptabel ved beregning av enkle systemer under normale forhold. [5]

5.5.3. Den totale kroklasten

Den totale kroklasten finnes ved:

$$F_{tot} = F_w \pm F_{hyd} \quad [7]$$

For F_w , neddykket er brukt to verdier: En for matten 1/3 neddykket, og en for når hele systemet er neddykket.

Den høyeste kroklasten får en i plaskesonen.

Ut fra disse beregningene er kapasiteten på kranen stor nok til å legge ut matten i en signifikant bølgehøyde på over 10m. Dette uten at det er tatt hensyn til andre faktorer.

5.5.4. Rykk / Slakk i vaier

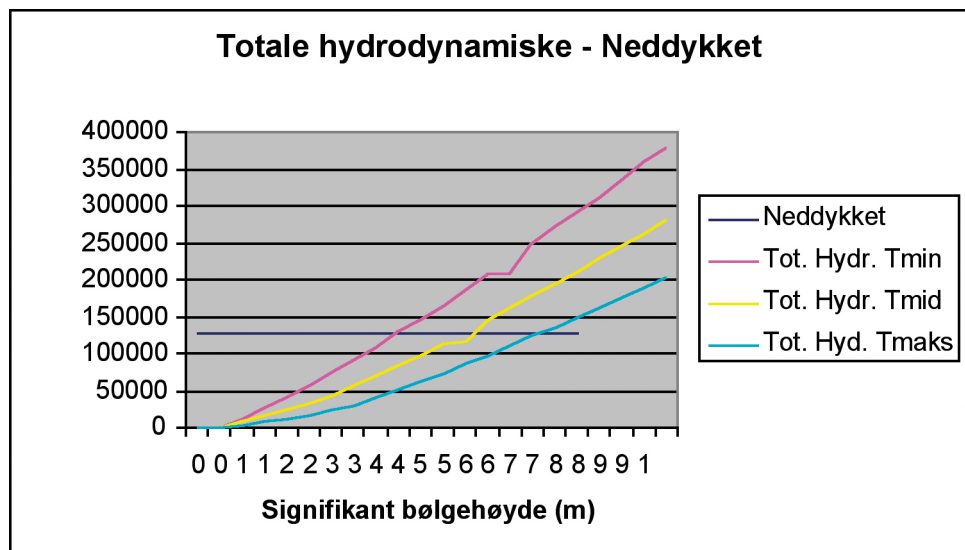
Slakk i vaier fører til rykk krefter, disse kreftene kan gi en tilleggsvekt på 50 tonn mer enn den beregnede kroklasten[6]. Rykk krefter er vanskelig å beregne, og det er vanlig at man setter en lastbegrensning før rykk oppstår.[5] Slike rykk kan føre til unødig slitasje, og løftestroppene eller matten kan bli

skadet. I verste fall kan det føre til skader på kranen. For å unngå slakk i vaieren, må den neddykkede kraften (også kalt den statiske) være større enn den hydrodynamiske.[5]

$$F_w > F_{hyd}$$

Som det kommer fram av bildet under må signifikant bølgehøyde settes til: fra 4.5 til 7m.

En ser også at det er av betydning om bølgeperioden er kort eller lang, krappe bølger (med kort periode) gir større krefter. Er perioden lang, kan en operere i større bølger.



Figur 14

5.5.6. Slamming

I disse forenklede beregningene er det ikke tatt hensyn til slamming. Slamming blir påvirket av farten på bølgen og dens periode. Ved korte bølgeperioder (krappe) bølger vil slamming kreftene være større enn ved lange bølgeperioder.[5]

Resultat

Kapasiteten til kranen er på 100 tonn. Ut fra beregningene her, er dette ingen begrensning. Rykk i vaieren forekommer ved signifikant bølgehøyde over 4.5-7m avhengig av perioden til bølgen. Arbeidsoperasjoner i bølgehøyde over dette bør derfor ikke forekomme, da det er usikkert hvor mye ekstra last som må medregnes pga. dette. [5]

KAPITTEL 6 SIMO

6.1. Generelt

Simo er et simulatorprogram for sammensatte konstruksjonssystemer, som tillater ikke- lineære effekter å bli inkludert i bølgefrequensområdet. Fleksibel modellering, stasjonære krefter og sammenkoplings mekanismer er inkludert.

Resultatet fra programmet kan bli presentert som tidsintervaller, statistikk, og spektral analyser av alle krefter og bevegelser av alle elementer i analyse systemet.

6.1.1. Marintek og sintef

Sintef er en forkortelse for Stiftelsen for industriell og teknisk forskning ved Norges tekniske Naturvitenskaplige Universitet.

Sintef-gruppen er Skandinavias største uavhengige forskningsorganisasjon.

Sintef Marin består av Marintek (Norsk Marinteknisk Forskningsinstitutt AS), Sintef Fiskeri og havbruk AS, og avd. Marin miljøteknologi

Ved hydrodynamiske beregninger, og anvendelse av Simo, har Marintek vist seg å være et nyttig sted å innhente hjelp og informasjon.

6.2. Oppbygning

Simo er bygd opp av 6 moduler: [12]

- *Inpmod*

I denne modulen er det mulig å importere data fra andre programmer, som for eksempel hydrodynamikk-programmer. Er man ikke så heldig å ha slike programmer må man sette sammen en fil selv. Simo er et dos basert program, derfor må man lage alle kommandoene "for hånd". Dette gjøres på følgende måte:

Manipulere "body data"

For å modellere matten og løfterammen må de deles opp i flere elementer.

Matten er delt opp i 9 elementer, hver av de som stive parallelle stenger som er festet i hverandre. Fjærer er brukt til å feste matte rekken til hverandre, og til å begrense vinkelutslaget dem imellom.

SIMO kan i utgangspunktet ikke regne på bøyelige legemer. Derimot kan det regne på stive, sammenkoplede legemer, også i plaskesonen.

Løfterammen er delt opp i 4 elementer, og det er tatt med 4 slings til å løfte rammen med.

For fartøyet kan man enten bruke komplett sett av hydrodynamiske data som bølgekrefter, hydrodyn. masse og drag, samt massematrise og hydrostatisk stivhetsmatrise, regnet med WADAM eller WAMIT eller tilsvarende programmer, eller:
RAO data + massematrise + hydrostatisk stivhetsmatrise.
De siste to datagruppene kan man til nød ta fra et annet, liknende fartøy

Det fantes ikke data for Edda Fonn som det var mulig å bruke i forbindelse med Simo, derfor er det lagt inn en annen båt: Normand Cutter.

Når alle data er lagt sammen i en fil, kan den leses av Simo.

- *Stamod*
Denne delen av Simo leser og kontrollerer system beskrivelsene lagt inn i inpmod. I denne delen kan man beskrive hvilke bølgetilstand og vindforhold man ønsker å få ut resultater på. Antall frihetsgrader bestemmes også i denne delen, sammen med posisjonering. Statisk tilstand: kalkulering av likevekt og hydrodynamiske krefter, plote inn antall thrustere osv.
- *Dynmod*
Simulering av systemet blir gjennomført i denne delen. Man må: Sette simulatorparametre, analyseparametre, metodeparametre, lagringsparametre og tids domene simulering. Det er i denne delen mesteparten av utregningene finner sted.
- *Outmod*
Hensikten med outmod er å klargjøre plot av statisk system geometri, og å analysere resultater fra simuleringen.
- *S2xmod og Plomod*
Hvis man skal overføre data fra Simo til et annet data program, kan det ordnes her. Statistikk og plot kan man også få ut her. Plomod blir ikke brukt i denne oppgaven. Resultater tas ut av S2xmod.

6.3. Bølge kriterier

Ved bruk av simo er det mange kriterier å velge mellom. Når det gjelder bølger er det spesielt to som er vanlig å bruke, det er Pierson-Moskowitz, og Jonswap metoden.

Kort om de to:

Pierson-Moskowitz

Ved bruk av denne metoden, regner man med gjennomsnittlig bølgehøyde og periode. Når det over lengre tid har hvert vind, vil bølgene oppføre seg annerledes enn om det nettopp hadde blåst opp. Bølger etter denne metoden er gjerne lange og stabile, og man får en likevekt mellom vind og bølger.

Jonswap

Denne metoden uttrykker bedre bølgene når det blåser opp fra stille sjø. Bølgene er korte og krappe, men reduseres etter hvert ved økende vind. Regner på den perioden hvor bølgeenergien er størst.

Da det er mest vanlig å bruke Jonswap, er det denne metoden som er valgt til oppgaven.

6.4. Sys- fil

Sys-filen er den filen hvor man registrerer alle relevante data for den aktuelle situasjonen. Da denne filen, når alle data er lagt inn, er på 100 sider, er det bare tatt med et lite utdrag fra filen som beskriver noen av de mulighetene som finnes i programmet.

Sys-filen kan leses av inpmo og stamo.

```
=====
IRREGULAR WAVE SPECIFICATION
'
```

```
CHIRWA
WA150718
IWASP1 IWADR1 IWASP2 IWADR2
22          1          0
'
```

```
-----
WAVE SPECTRUM WIND
'
```

```
SIWAHE SCWAPE (13)
1.5          7.
'
```

```
-----
WAVE DIRECTION PARAMETERS
'
```

```
WADIR1 EXPO1 NDIR1
180.      2.      11
'
```

```
=====
```


For hver bølgehøyde og periode må et slikt utdrag lages, kjøres gjennom simo, og man får ut data. Hver bølge må ha et unikt navn, og for hver bølge som velges og kjøres gjennom simo, får man fem resultatfiler ut. Under er beskrevet hva de forskjellige parametrene betyr, og den informasjon som behøves mht bølger for å kjøre den gjennom simo.

Hvor:

CHIRWA- Irregulære bølger
WA150718- Navn på den spesifikke bølgen
IWASPI 22- Jonswap spektrum, 2 parameter
IWADRI 1- Bølgesprednings kode
IWASP2 – Bølgespektrums kode
IWADR2- Bølgespektrums kode
SIWAHE- Signifikant bølgehøyde
SCWAPE- Bølgeperiode
WADIR1- Gjennomsnittlig bølge retning, vind sjø
EXPO1- Eksponent for cosinus spredning, vind sjø
NDIR1- Antall retninger spredningen oppstår i, ujevnt tall

Som man kan forstå er det mange måter og konstruere ønskelige forhold. Noen av de ulike parameterne er allerede fastsatt av programmet. Oppgaven tar utgangspunkt i det viste oppsettet, men med varierende bølgehøyde og periode.

På samme måte må man bygge opp betongmatten og LR. Som forklart ovenfor må denne deles i mange små elementer for så og settes sammen ved hjelp av stive fjærer. Dette vises i vedlegg 5.

6.5. Bemerkninger

Innputt[5]

- Siden mattene ikke er helt tette kan man erfaringsmessig spesifisere noe lavere hydrodynamiske koeffisienter.
- Det er simulert at matten henger etter fire stropper, dette er ikke tilfellet, da de henger etter ti. Siden modellen som er laget av matten er antatt stiv i lengderetningen, får man den samme virkningen som om man har mange opphengnings punkter.
- Edda Fonn er byttet ut med Normand Cutter, dette vil få innvirkning på resultatet, sammenligning må foretas.
- Simo regner på irregulære bølger, og tar hensyn til rykk/slakk i vaier
- Simo tar også hensyn til vind, og vindretning om det er ønskelig
- Det er to ulike metoder for bølgeberegning i simo: Pierson-Moskowitz metode og Jonswap metode.
- Kranbommen står 90 grader på skutensiden.
- Fartøyet er posisjonert opp mot bølgene, dvs 180 grader.

Resultater

Ulike perioder og bølgehøyder er benyttet, og resultatet ble som følger:

Alle verdier i de følgende tabeller er gitt i kN.

For bølgehøyde 2,5m, periode 9s, 180 grader:

Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	3.124	425.0	101.4	42.43	TotalforceLIFTW
93	0.7012	130.8	28.55	12.04	TotalforceSLING1
94	0.9870	126.3	28.55	12.06	TotalforceSLING2
95	1.046	119.5	28.70	11.96	TotalforceSLING3
96	0.7662	120.8	28.70	11.94	TotalforceSLING4
97	0.000	106.1	20.36	9.661	TotalforceLROPE1
98	0.000	102.7	23.54	10.97	TotalforceLROPE2
99	0.000	103.5	23.68	10.88	TotalforceLROPE3
100	0.000	96.45	20.45	9.571	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 2,5m, 10s, 180 grader

Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	401.6	101.2	53.65	TotalforceLIFTW
93	0.000	118.4	28.52	15.53	TotalforceSLING1
94	0.000	113.6	28.49	15.11	TotalforceSLING2
95	0.000	116.9	28.61	14.85	TotalforceSLING3
96	0.000	117.2	28.65	15.25	TotalforceSLING4
97	0.000	93.51	20.42	12.34	TotalforceLROPE1
98	0.000	94.34	23.45	13.71	TotalforceLROPE2
99	0.000	102.6	23.61	13.84	TotalforceLROPE3
100	0.000	97.20	20.45	11.77	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 2,8m, periode 10s, 180 grader:

Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	501.3	102.1	62.42	TotalforceLIFTW
93	0.000	151.7	28.84	18.16	TotalforceSLING1
94	0.000	148.3	28.77	17.56	TotalforceSLING2
95	0.000	153.5	28.84	17.22	TotalforceSLING3
96	0.000	146.3	28.91	17.78	TotalforceSLING4
97	0.000	119.5	20.74	14.51	TotalforceLROPE1
98	0.000	123.4	23.65	15.81	TotalforceLROPE2
99	0.000	124.3	23.79	16.00	TotalforceLROPE3
100	0.000	120.0	20.72	13.71	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 2,8m, 11s, 180 grader
 Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	510.4	102.6	67.68	TotalforceLIFTW
93	0.000	165.6	29.02	19.64	TotalforceSLING1
94	0.000	155.4	28.95	19.22	TotalforceSLING2
95	0.000	141.5	28.91	18.72	TotalforceSLING3
96	0.000	134.7	28.97	19.11	TotalforceSLING4
97	0.000	140.2	20.91	15.72	TotalforceLROPE1
98	0.000	134.1	23.82	17.39	TotalforceLROPE2
99	0.000	121.1	23.83	17.29	TotalforceLROPE3
100	0.000	118.4	20.77	14.96	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 3,0m, 9s, 180 grader
 Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	553.8	104.0	75.69	TotalforceLIFTW
93	0.000	173.5	29.45	22.06	TotalforceSLING1
94	0.000	166.9	29.36	21.55	TotalforceSLING2
95	0.000	156.0	29.28	20.86	TotalforceSLING3
96	0.000	147.8	29.36	21.35	TotalforceSLING4
97	0.000	151.5	21.31	17.74	TotalforceLROPE1
98	0.000	149.1	24.18	19.38	TotalforceLROPE2
99	0.000	136.9	24.18	19.21	TotalforceLROPE3
100	0.000	128.6	21.11	16.68	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 3,0m, periode 10s, 180 grader
 Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	574.7	102.5	64.05	TotalforceLIFTW
93	0.000	179.0	28.95	18.61	TotalforceSLING1
94	0.000	164.5	28.88	18.00	TotalforceSLING2
95	0.000	171.2	28.96	17.69	TotalforceSLING3
96	0.000	165.6	29.03	18.26	TotalforceSLING4
97	0.000	140.1	20.80	14.87	TotalforceLROPE1
98	0.000	138.5	23.81	16.26	TotalforceLROPE2
99	0.000	139.7	23.96	16.48	TotalforceLROPE3
100	0.000	135.3	20.77	14.09	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 3,5m, periode 11s, 180 grader
 Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	732.9	107.9	93.86	TotalforceLIFTW
93	0.000	203.4	30.45	26.19	TotalforceSLING1
94	0.000	191.3	30.64	27.07	TotalforceSLING2
95	0.000	219.2	30.52	27.06	TotalforceSLING3
96	0.000	225.4	30.33	26.20	TotalforceSLING4
97	0.000	169.4	22.19	21.19	TotalforceLROPE1
98	0.000	174.9	25.32	24.21	TotalforceLROPE2
99	0.000	202.6	25.09	23.48	TotalforceLROPE3
100	0.000	196.1	22.21	21.91	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 4,0m, periode 11s, 180 grader
 Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	986.6	113.2	115.7	TotalforceLIFTW
93	0.000	278.4	31.99	32.38	TotalforceSLING1
94	0.000	279.6	32.23	33.32	TotalforceSLING2
95	0.000	286.6	31.99	33.33	TotalforceSLING3
96	0.000	302.7	31.75	32.37	TotalforceSLING4
97	0.000	235.8	23.60	26.37	TotalforceLROPE1
98	0.000	250.2	26.64	29.68	TotalforceLROPE2
99	0.000	276.7	26.24	28.84	TotalforceLROPE3
100	0.000	238.9	23.54	27.11	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 4,0m, periode 12s, 180 grader
 Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	1208.	118.0	134.6	TotalforceLIFTW
93	0.000	384.9	33.66	39.67	TotalforceSLING1
94	0.000	382.5	33.44	38.75	TotalforceSLING2
95	0.000	332.5	33.10	36.95	TotalforceSLING3
96	0.000	329.3	33.32	37.86	TotalforceSLING4
97	0.000	337.2	24.98	32.52	TotalforceLROPE1
98	0.000	345.9	27.73	34.44	TotalforceLROPE2
99	0.000	297.8	27.66	33.69	TotalforceLROPE3
100	0.000	286.7	24.51	30.12	TotalforceLROPE4

For bølgehøyde 4,5m, periode 11s, 180 grader
 Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	1136.	119.2	138.5	TotalforceLIFTW
93	0.000	304.1	33.76	38.65	TotalforceSLING1
94	0.000	312.8	34.05	39.87	TotalforceSLING2
95	0.000	339.3	33.68	40.20	TotalforceSLING3
96	0.000	354.3	33.38	38.92	TotalforceSLING4
97	0.000	257.1	25.13	31.55	TotalforceLROPE1
98	0.000	276.7	28.25	35.31	TotalforceLROPE2
99	0.000	329.6	27.65	34.53	TotalforceLROPE3
100	0.000	299.4	25.02	32.89	TotalforceLROPE4

Minimumsverdiene i tabellene for de ulike bølgehøyder og perioder viser om/når det er slakk i vaier. Det kommer tydelig frem at det ved 2,5m ikke er fare for slakk i vaier, men at det oppstår slakk i stroppene fra matten til LR.

Maksimumskraften viser de største mulige krefter, i de forskjellige løftearrangement. Det mest interessante i dette tilfellet er "Totalforce LIFTW" som viser hvor stor løftekapasiteten til kranen må være i det aktuelle tilfellet, medregnet rykk kreftene. På denne måten kan man, ut fra resultatene i simo se hvilke bølgehøyde og periode som er mulige arbeidsområder i forhold til kranen.

Mulige begrensninger kan også være $F_{kap} = 568kN$ [2], som er kapasiteten til løfteøyene på LR. Dette kan leses ut av tabellen som "sling" 1,2,3,og 4. Stroppene kan også være en begrensning, men dette er sett bort fra. Mattene i seg selv er skjøre og vil muligens ikke tåle røff behandling, dette ses også bort fra.

Det kommer frem av tabellene at ved konstant bølgehøyde og varierende bølgeperiode vil den laveste kroklasten være ved den korteste bølgeperioden. Derimot er det vanlig at kreftene avtar ved lange bølgeperioder, og øker ved krappe bølger (korte perioder). Ut fra simos beregninger ser en det motsatte, grunnen til dette kan være at forskjellen i periodene er for liten.

Når alle resultater er registrert, kan en komme med en konklusjon av simo resultatene. Om man skal operere uten rykk i vaier, er den maksimale signifikante bølgehøyde 2,5m. Kan også ut fra tabell for bølgehøyde 2,5m, periode 9s, si at slakk først opptrer i stroppene fra LR til matten.

Siden rykk kreftene blir nøye kalkulert i simo, og en med stor nøyaktighet kan lese av resultatene, kan man gå ut fra at rykk er akseptabelt, så lenge man er innenfor kranens kapasitet. Dermed kan man (teoretisk) strekke den signifikante bølgehøyden opptil 4m, ved en periode på 11s, man vil da benytte *hele* kapasiteten til kranen. Dette er mest sannsynlig ikke mulig i praksis, men velger å se bort fra det.

KAPITTEL 7 DET NORSKE VERITAS

7.1. DNV`s standarder for denne oppgaven

Marine operasjoner beskriver de tekniske og operasjonelle krav som DNV mener er nødvendige for planlegging og sikker utførelse av marine operasjoner. Reglene gjelder for forsikringsgodkjenning av objekter, fartøyer, utstyr, systemer og prosedyre brukt i forbindelse med marine operasjoner. Typiske marine operasjoner som reglene dekker er: utlasting, lastoverføring, slep, spesielle sjøtransporter, offshore operasjoner, løfting, undervannsoperasjoner, rigg forflyttinger og spesielle marine operasjoner.

Innen dette området vil oppgaven se spesielt på "Rules for Planning and Execution of Marine Operations".

7.1.1. "DNV Rules for Certification of lifting Appliances"

Som navnet tilsier er formålet til DNV her å sertifisere løfteutstyr. Myndighetene krever at utstyr sertifiseres i henhold til ILO "Convention No 152" som dekker sikkerhet innen løfteoperasjoner. ILO krever videre at sertifiseringen foretas av et godkjent organ, f. eks DNV. Ved å følge DNV`s regelverk kan en sertifisere nye kraner så vel som gamle.

Regelverker er delt opp i 6 deler:

- Generelle regler
- Materialer og Fabrikasjon
- Strukturell design og styrke
- Laste utstyr, laste ramper, osv.
- Maskineri og utstyr
- Testing

Kranen på Edda Fonn er sertifisert i henhold til DNV, beregninger på dette området vil ikke bli utført her.

7.1.2. "DNV Rules for Planning and Execution of Marine Operations, Sub Sea Operations"

Disse reglene gir generelle og spesifikke retningslinjer for planlegging og utføring av marine operasjoner. Regelverket benyttes til å regne på oppgaven, for så og sammenligne det med de foregående resultater.

7.1.2.1. "Design Loads"

Krane bevegelser tar utgangspunkt i RAO data for Edda Fonn, og det sorterte utvalget av bølgeperioder. Når dette settes inn i den gitte formelen fra DNV, får en krantuppens bevegelse. En kan også bruke DNV's regelverk til fastslå bølgehøyde og periode, men velger å bruke de allerede beregnede data.

Krantuppens vertikale bevegelses amplitude er gitt ved:

$$\eta_{ct} = \sqrt{\eta_H^2 + (l \sin(\varphi_p))^2} \quad [6]$$

Hvor:

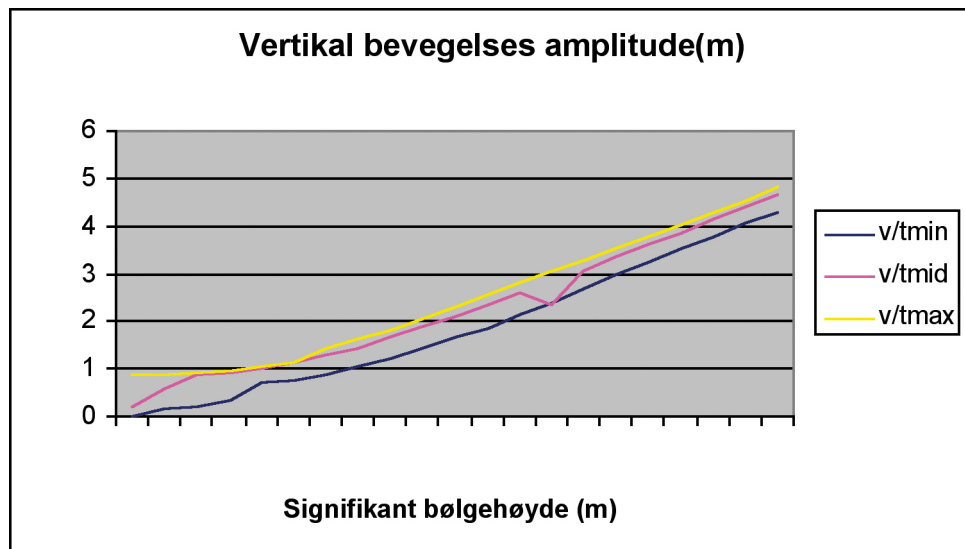
η_{ct} - vertikal bevegelse av krantupp (m)

η_H - Hiv bevegelsen til fartøyet (m)

φ_p - Stampe bevegelsen til fartøyet (deg)

l - den horisontale avstanden fra midtskip til kranen.(m)

Hiv og stamp bevegelse varierer med periode og amplitude. Får derfor mange forskjellige varianter. Fremstilt i Excel vil det se slik ut:



Figur 15

DNV's metode for beregning av kranbevegelser på er meget konservativ. De aktuelle fasevinklene nevnt tidligere i oppgaven blir ikke brukt i DNV's beregninger, dette gjør at en kan få et unøyaktig og urealistisk høyt resultat. Viser til fig. 7, hvor faseforskjellen kommer tydelig frem, og en kan se at hiv og stamp ikke opptrer samtidig.

Krantuppens hastighet

Hastigheten krantuppen beveger seg med (på grunn av fartøyets bevegelse) er ikke ubetydelig for rykk og napp i kran-vaier. En tar også her utgangspunkt i de varierende hiv og stamp bevegelsene.

$$v_{ct} = 2\pi \sqrt{\left(\frac{\eta_H}{T_H}\right)^2 + \left(\frac{l^* \sin(\varphi)}{T_P}\right)^2} \quad [6]$$

Hvor:

v_{ct} - Vertikal amplitude, fart av krantupp (m/s)

T_P - Naturlig stamp periode (s)

T_H - Naturlig hiv periode (s)

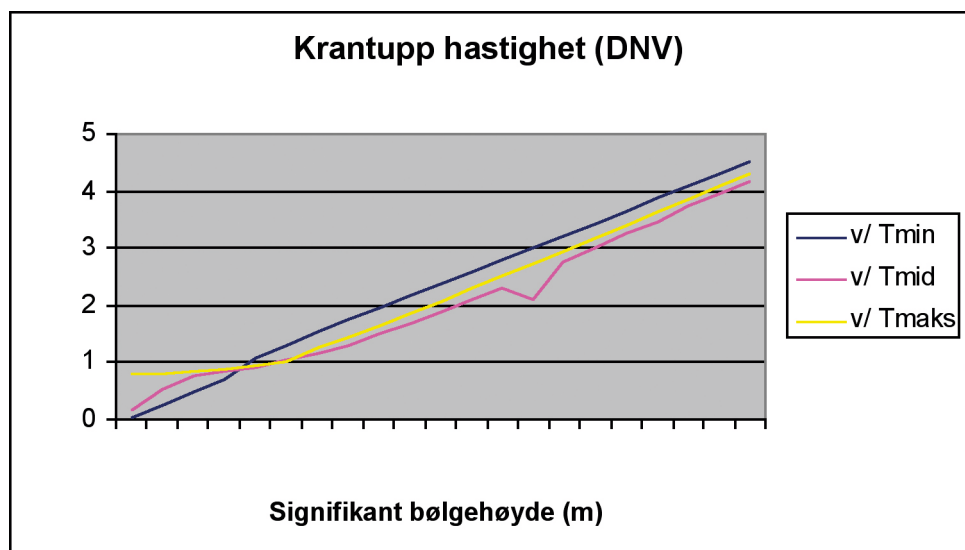
Naturlig periode for et fartøy, er den perioden systemet svinger i når det blir satt i bevegelse på stille vann, uten innvirkning fra vind eller bølger. En innspillende faktor her er fartøyets geometri.

For Edda Fonn: [4]

Naturlig stamp periode: 7s

Naturlig hiv periode: 7s

Under viser grafene hvordan krantuppens fart varierer med bølgehøyde og periode.



Figur 16

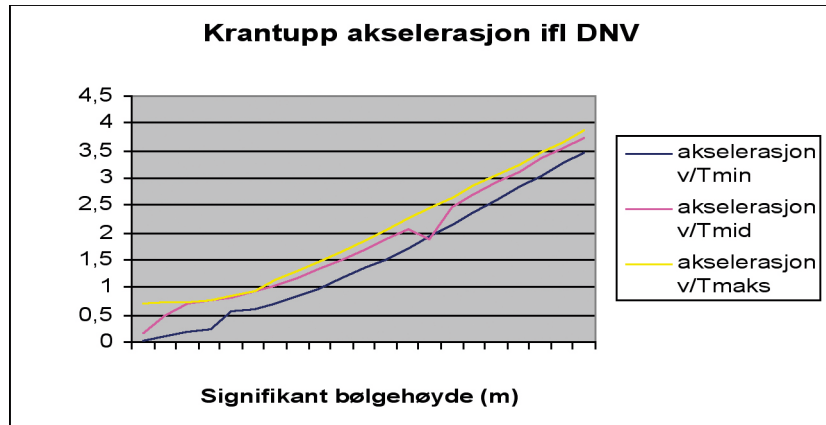
Krantuppens akselerasjon

$$a_{ct} = 4\pi^2 \sqrt{\left(\frac{\eta_H}{T_H^2}\right)^2 + \left(\frac{l \sin(\varphi)}{T_P^2}\right)^2} \quad [6]$$

Hvor:

a_{ct} - Akselerasjon av krantupp()

Ved beregning av hydrodynamiske krefter er denne nødvendig, grafene viser hvordan den varierer.



Figur 17

7.1.2.2. Hydrodynamiske krefter på delvis neddykket objekt

Den totale kraften på et objekt når det senkes gjennom plaskesonen er:

$$F_{total} = F_{statisk} \pm F_{hyd} \quad [6]$$

Hvor:

$F_{statisk}$ - Den statiske neddykkede vekten av objektet (N)

F_{hyd} - Den hydrodynamiske kraften (N)

Må nå finne de statiske og de hydrodynamiske kreftene som virker når objektet en delvis neddykket.

$$F_{statisk} = m * g - \rho * V * g \quad [6]$$

Hvor:

m - Massen til objektet i luft (kg)

g - Gravitasjonskraft (m/s^2)

ρ - Tettheten til vann (sjøvann: 1025 kg/m^3)

V - Fortrengt vannvolum i forskjellige stadier når objektet passerer vannoverflaten (m^3)

Ser på løfterammen og matten som et objekt, og beregner fortrengt vannmengde i 4 stadier.

1. Når halve matten er neddykket
2. Når hele matten er neddykket
3. Når hele matten og halve løfterammen er neddykket
4. Når hele objektet er neddykket

F statisk (N)	1	2	3	4
	145243,181	129406,163	128445,886	127485,61

Ser at volumet til løfterammen er liten i forhold til mattens volum. Dette gjør at den største merkbare forskjellen er fra punkt 1 til 2.

$$F_{hyd} = F_{slam} + F_{\rho} + F_{drag} + F_{inertia} \quad [6]$$

Hvor:

F_{slam} - Slamming/ kontakt krefter

F_{ρ} - Oppdriftskrefter

F_{drag} - Drag

$F_{inertia}$ - Massekrefter

(Alle benevninger i N.)

$$F_{slam} = 0,5 * \rho * C_s * A_p * v_s^2 \quad [6]$$

Hvor:

C_s - Slamming koeffisient. Kan bestemmes ved teoretiske eller eksperimentelle metoder. I dette tilfelle settes den til 5.0

A_p - Projisert areal ()

v_s - slamming/ kontakt fart (m/s)

Slamming farten kan regnes ut etter formelen:

$$v_s = \frac{\sqrt{v_{ct}^2 + 3 \cdot 1H_s}}{4} \left[0.528 \left(\frac{4v_c}{\sqrt{v_{ct}^2 + 3 \cdot 1H_s}} \right)^{-0.44} + 1.645 \right] + v_c \quad [6]$$

Hvor:

H_s - Signifikant bølgehøyde (m)

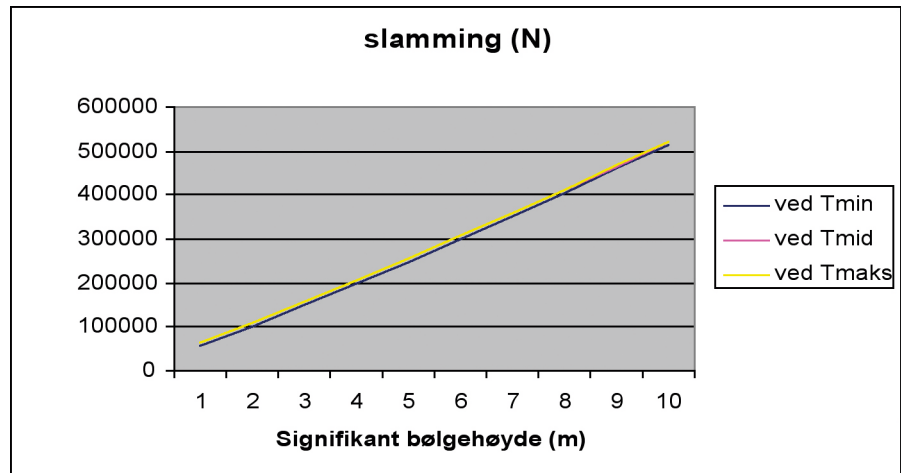
v_c - Krokfarten på kranen når den senkes ned til vannet. (m/s)

For kranen på Edda Fonn er v_c : 0,3m/s [13]

Det er to variabler i denne formelen, bølgehøyden og krantupp farten.

Signifikant bølgehøyde varierer fra 1-10m.

I grafen øverst på neste side kommer det tydelig frem at perioden har lite å si for hvor store kreftene blir, bølgehøyden derimot er vesentlig. For å kunne redusere disse kreftene må en revurdere designet og det projiserte arealet.



Figur 18

Dynamisk oppdrift

$$F_p = mg \left[1 + \frac{v_r}{g} \left(1 - \frac{\rho g A_p}{K + \rho g A_p} \right) \left(\frac{K}{m} \right)^{0.5} \right] \quad [6]$$

Hvor:

v_r - Relativ fart mellom objekt og vannpartikler (m/s)
 K - Stivhet i vaier (N/m)

Stivheten i vaier beregnes på følgende måte:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_{wire}} + \frac{1}{K_{soft}} + \frac{1}{K_{block}} + \frac{1}{K_{boom}} + \frac{1}{K_{others}} \quad [6]$$

Denne verdien er tatt fra DeepOceans beregninger, og er satt til: 714 000 N/m.

Dette når kranvaieren senket ned 200m, denne verdien kan lett forandres på i Excel.

$$v_r = \sqrt{v_{ct}^2 + 3.1 H_{s(\cdot)} \left(e^{+\frac{0.32d}{H_s}} \right)^2} \quad [6]$$

Hvor:

d - Avstanden fra vannflaten til tyngdepunktet til den neddykkede delen av objektet

Denne avstanden vil variere ettersom objektet blir senket ned i vannet, men velger å sette den til 0. Ved beregninger med denne verdien blir resultatet det høyeste mulige. Også her kommer det tydelig frem at bølgeperioden har veldig lite å si for denne kraften.

Etter mye hodebry, viste det seg at denne formelen for dynamisk oppdrift var gal. Dynamisk oppdrift bør ikke være mer enn: $0,5^* \rho g V$, men etter denne formelen var den mye mer enn det.

Det kom en korreksjon i 2000, som er som følger:

$$F_{\rho} = \frac{H_s A_p \rho g}{\left(1 - \frac{2\pi g m}{20KH_s}\right)^2} \quad [5]$$

Ved bruk av denne formelen blir også dynamisk oppdrift for mye, velger derfor å sette den til:

$$0,5 \cdot 1025 \cdot 9,81 \cdot 6,49 = \underline{32634N}$$

Verdien blir da konstant, uansett bølgehøyde, noe som, etter formelen ikke er helt rett.

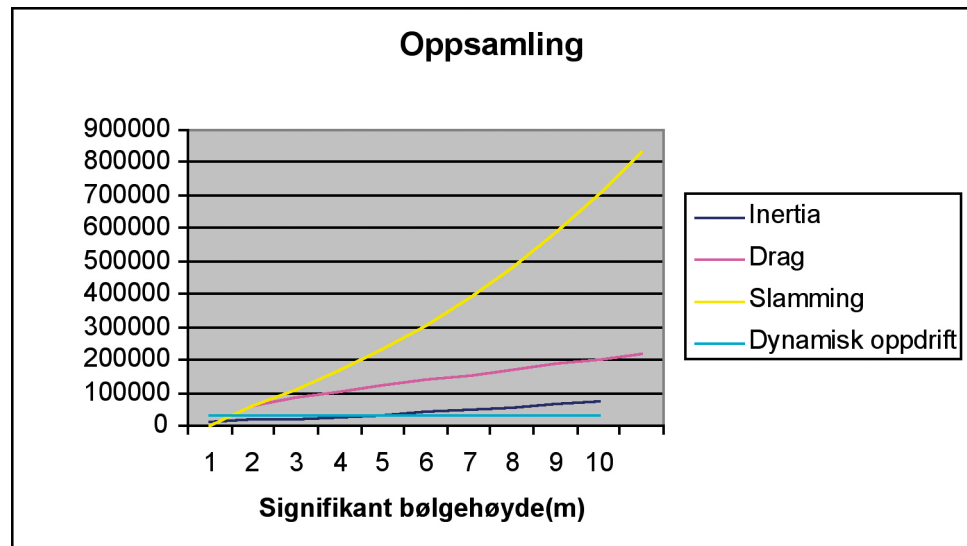
”Inertia”

Hydrodynamiske massekrefter:

$$F_{inertia} = (m + m_a) \cdot a_{ct} \quad [6]$$

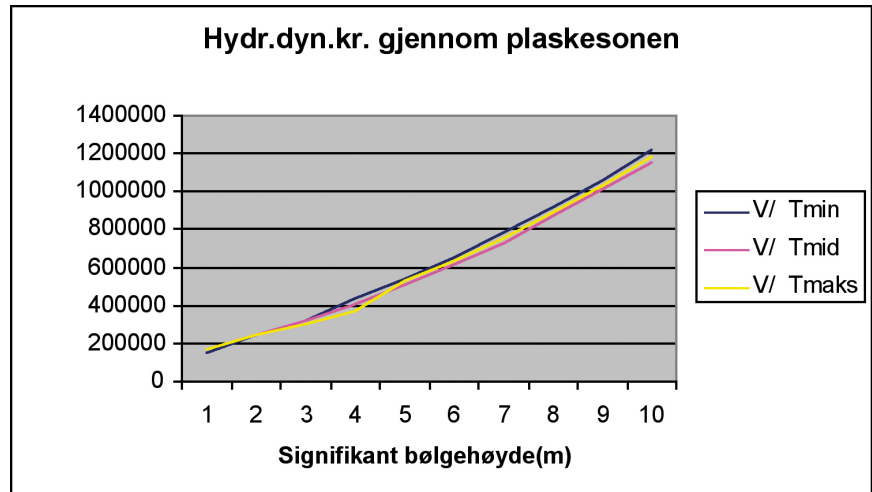
For beregning, se vedlegg 4.

Når alle de hydrodynamiske kreftene er regnet ut, kan man sammenligne dem, dette kommer tydeligst frem ved å vise det grafisk. Som man ser av fremstillingen, er det slamming som utgjør størsteparten av kreftene.



Figur 19

Under vises de hydrodynamiske kreftene (slamming, drag, oppdrift og inertia) når de er lagt sammen, og ved de ulike periodene. Hvilke periode bølgene har, er av liten betydning, som grafene viser.



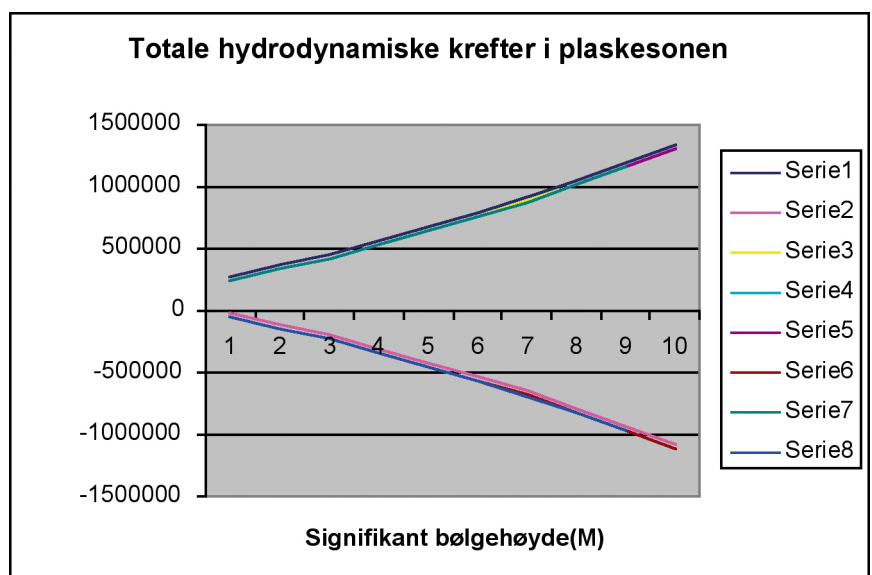
Figur 20

Totale hydrodynamiske krefter

$$F_{total} = F_{statisk} \pm F_{hyd} \quad [6]$$

For å finne totale hydrodynamiske krefter må man legge sammen de statiske med de hydrodynamiske. Grunnen til at man må ha med både pluss og minus er at objektet beveger seg opp og ned i bølgene.

Tar utgangspunkt i den midlere tidsperioden og viser dette grafisk, de negative verdiene indikerer at kreftene virker oppover.



Figur 21

7.1.2.3. Hydrodynamisk kraft på helt neddykket objekt

$$F_{hyd} = \sqrt{F_m^2 + F_d^2} \quad [6]$$

Hvor:

F_m - Masse krefter (N)

F_d - Drag krefter (N)

$$F_m = (m + m_{add})a_{ct} + \rho V a_w + m_{add} a_w \quad [6]$$

Hvor:

m_{add} - Added mass til objektet (kg)

a_w - Akselerasjon til vertikale vannpartikler (m/s²)

$$m_{add} = \rho V C_m \quad [6]$$

Hvor:

C_d - Added mass koeffisient som funksjon av dybde.

Bestemmes teoretisk, eller eksperimentelt. Settes til 1.

For volumer er det her bare nødvendig å ta hensyn til når objektet er helt neddykket.

$$a_w = 3,1 * H_s \left(e^{-\frac{0,32d}{H_{ss}}} \right)^2 \quad [6]$$

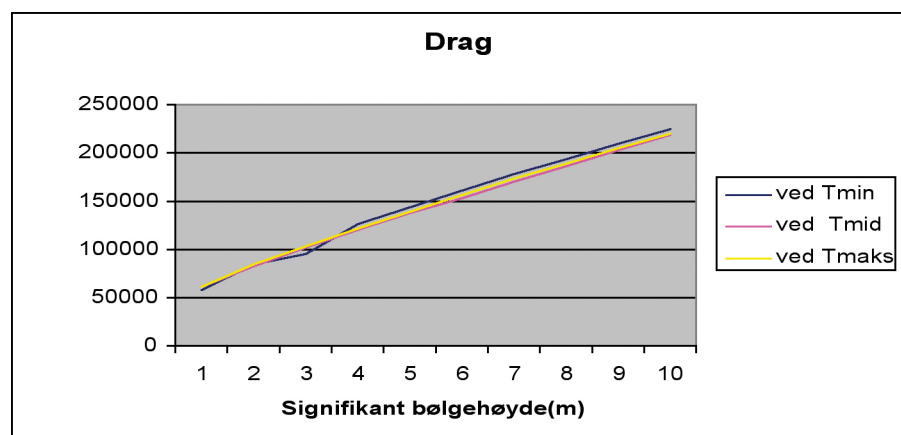
Som før blir også her verdien størst når d er lik 0.

Drag krefter

$$F_d = 0,5 \rho C_d A_p v_r^2 \quad [6]$$

Hvor:

C_d - Drag koeffisient, som funksjon av dybde. Bestemmes teoretisk, eller eksperimentelt.



Figur 22

7.1.2.4 Lastekorreksjonsfaktor

Dette er faktorer for korreksjon av nominelle laster, og skal ta høyde for tilleggslaster som opptrer under løftet. Den statiske lasten faktorerises for å oppnå virkelig last i rigging, struktur og kran. Slike faktorer er et alternativ til mer nøyaktige beregninger.

I de tilfellene hvor hydrodynamiske krefter overstiger de statiske, må DAF regnes ut med rykk kreftene (snap).

$$DAF = \frac{F_{static} + F_{hyd}}{F_{sttic}} \quad [6]$$

Viser til vedlegg 4, hvor DAF er regnet ut men hensyn til de statiske kreftene. Dette er imidlertid ikke tatt med i resultatet.

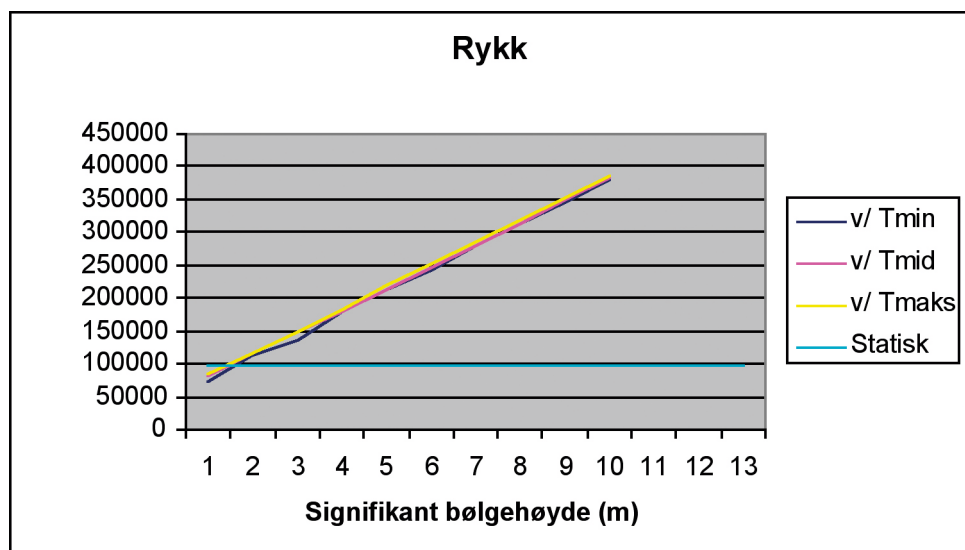
7.1.2.5. Rykk krefter i løfte vaier.

Rykk krefter kan oppstå i vaier på grunn av hastighetsendringer. Årsaker til dette kan være at hydrodynamiske krefter overstiger de statiske, eller ved start og stopp av vaier.

$$F_{hyd} \pi F_{static} \quad [6]$$

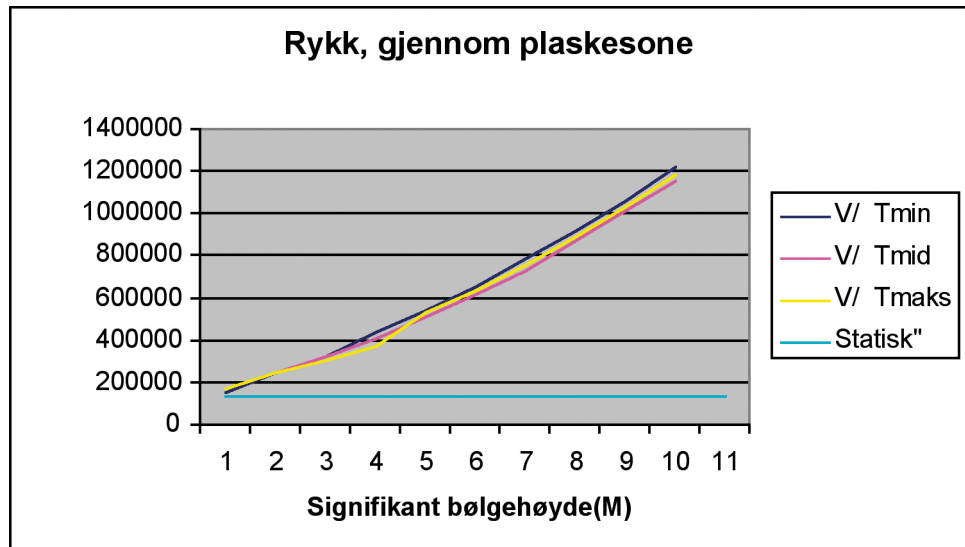
Under er det fremstilt grafisk ved hvilken bølgehøyde den statiske kraften er større enn den hydrodynamiske når objektet er helt neddykket. Dette for ikke å få slakk i vaieren.

Kan ut i fra dette si at det er fare for slakk i vaier ved signifikant bølgehøyde over 1m



Figur 23

Når objektet ikke er helt neddykket, men går gjennom plaskesonen, vil det se slik ut:



Figur 24

Ser her at det er fare for rykk allerede ved signifikant bølgehøyde på 0,5m.

7.2 Resultat

En tar utgangspunkt i formelen; $F_{total} = F_{statisk} \pm F_{hyd}$, og regner ut totale krefter både for delvis neddykket tilstand og for helt neddykket tilstand.

Man får da verdier for hydrodynamiske krefter som virker oppover og som virker nedover. Dette er den totale kroklasten som kranen må tåle, som kranespesifikasjonene sier har kranen på Edda Fonn en løftekapasitet på 100tonn.

Ut fra beregninger kan en finne at kranen ikke vil tåle belastningene (ikke medregnet rykk) på over 7m signifikant bølgehøyde.

Den begrensende faktoren er fare for rykk i vaier. Som tidligere bildet viser, vil det oppstå rykk i vaier ved neddykket tilstand på signifikant bølgehøyde over på 1m, i plaskesonen ved 0,5m.

DNV opererer med en sikkerhetsfaktor for beregning av signifikant bølgehøyde, i denne oppgaven ses denne bort fra.

KAPITTEL 8 SAMMENLIGNING

8.1. Sammenligning

Det er vanskelig å sammenligne de forskjellige resultatene med hverandre, da det er veldig forskjellige metoder som er benyttet ved beregning.

8.1.1. DNV

DNV regner med krappe bølger og ekstreme situasjoner. Regulære sinusbølger er utgangspunktet for beregningene. Tar ikke hensyn til fasevinklene, at bølgene utdemper hverandre. Dette gjør at beregningene blir noe høyere enn om de hadde hvert tatt hensyn til. Er veldig konservativ i alle sine beregninger. Har kun tatt hensyn til hiv og stamp bevegelser av fartøyet. Regnet med RAO fra Edda Fonn.

8.1.2. Teoretisk

Også denne metoden regner på regulære sinusbølger, men tar hensyn til fasevinklene. Regner ikke på ekstreme situasjoner, men på normale. Beregningene er veldig forenklet, og tar ikke hensyn til for eksempel slamming. Også her er kun hiv og stamp bevegelser tatt hensyn til. Regnet med RAO fra Edda Fonn, og kranen 90 grader på skutesiden.

8.1.3. Simo

Simo regner med realistiske (jf. Jonswap) bølger, og tar hensyn til fasevinkler. I motsetning til de foregående metodene er alle de 6 frihetsgradene tatt med i beregningene. Tar hensyn til at matten er bevegelig i kontakt med bølgene, at de ikke er tette, og at det også er vind tilstedet. Dette bør være den mest nøyaktige metodene av de tre som er brukt i dette tilfellet, hvis en ser bort fra at Normand Cutter er brukt.

8.2. Fartøy

I og med at simo ikke har basert beregningene på Edda Fonn, men på Normand Cutter må dette tas med i betraktningen av sluttresultatet. Den avgjørende faktoren for hvordan fartøyet beveger seg i bølgene er lengden. Edda Fonn er 84,7m, og Normand Cutter er 125m. Dermed kan man si at Normand Cutter beveger seg bedre i bølgene enn Edda Fonn, men ved lange bølgeperioder vil forskjellene i bevegelse bli mindre. Et usikkerhetsmoment er om Marintek's data på Nordman Cutter er før eller etter ombyggingen i 2003, dette var det uklarerheter om på Marintek.

KAPITTEL 9 ALTERNATIVE METODER

9.1. Forslag til alternative metoder

Denne delen av problemstillingen ble ikke lagt så stor vekt på som først forventet, dette pga et omfattende analyseprogram, og store mengder ukjent fagstoff som: DNV, RAO beregninger og hydrodynamikk.

1 Tar utgangspunkt i den eksisterende LR

Ser på muligheten for å kunne senke ned 2 matter med den samme LR.

Ved å omkonstruere LR slik at det settes på to ekstra bjelker med løftepunkter for matter, kan man teoretisk sett senke ned to i slengen. Forutsatt at man har den samme type låsemekanisme på begge mattene, og på den måten kan frigjøre en om gangen.

Det som begrenser denne metoden er mattenes skjørhet. Ved gjennomgang av plaskesonen vil mattene støte sammen, dette vil føre til en større belastning på den enkelte matte, enn om den var senket ned alene. Arealet som treffer vannflaten blir det samme som før, men volumet blir betraktelig større.

Denne metoden vil kreve lavere signifikant bølgehøyde enn den opprinnelige metoden, men er det stille vær, kan tiden som brukes på arbeidsoperasjonen halveres.

2 Tar utgangspunkt i den eksisterende LR

For å kunne utføre arbeidsoperasjonen i høyere bølger, er en mulighet å redusere det areal som treffer vannflaten. Redusert areal gir reduserte hydrodynamiske krefter, men ikke reduserte neddykkede/statiske krefter, dvs. at systemet vil tåle større bølgehøyde før rykk oppstår.

En måte å redusere det areal som treffer vannflaten, er å variere vinkelen systemet treffer vannflaten med. Dette kan gjøres ved å montere en skinne på midten av LR i lengderetning, montere på to små hjul slik at det er mulig, ved hjelp av kranen, å bestemme hvilken vinkel men vil treffe vannflaten med. Det må da være mulig å kunne låse hjulene i ønsket posisjon. Når LR og matten er gjennom plaskesonen, må systemet kunne rettes opp igjen, slik at matten kan plasseres over røret, som det gjøres i dag.

Har ved hjelp av simo beregnet hvordan kreftene blir når matte med LR blir senket ned på langs, slik at arealet matten treffer vannflaten med minker. Modellen er forenklet.

Tekniske detaljer er ikke tatt hensyn til, men simos beregninger gir en indikasjon på hvordan kreftene vil variere i forhold til dagens metode.

En bølgehøyde på 4,0m, og en periode på 11s, er brukt som eksempel.

Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	387.8	88.10	60.60	TotalforceLIFTW
37	0.000	216.7	48.59	33.12	TotalforceSLING1
38	0.000	212.7	48.56	33.75	TotalforceSLING2
39	0.000	192.4	39.97	28.97	TotalforceLROPE1
40	0.000	188.4	39.94	29.52	TotalforceLROPE2

Statistics of series. Point 1 to 3000

larr	Minimum	Maximum	Mean	Std.dev	Name
7	0.000	986.6	113.2	115.7	TotalforceLIFTW
93	0.000	278.4	31.99	32.38	TotalforceSLING1
94	0.000	279.6	32.23	33.32	TotalforceSLING2
95	0.000	286.6	31.99	33.33	TotalforceSLING3
96	0.000	302.7	31.75	32.37	TotalforceSLING4
97	0.000	235.8	23.60	26.37	TotalforceLROPE1
98	0.000	250.2	26.64	29.68	TotalforceLROPE2
99	0.000	276.7	26.24	28.84	TotalforceLROPE3
100	0.000	238.9	23.54	27.11	TotalforceLROPE4

Ved å senke systemet ned på langs/høykant vil kreftene reduseres fra 100 tonn til 39,54 tonn, som er en reduksjon på ca 60 %.

Som en ser av resultatene over, er det tydelig, at å redusere det areal som treffer vannflaten er betydelig reduserende på kreftene. Om matten vil tåle belastningen er på den annen side uklart.

3 Bruk av moonpool

Ved store bølger på havet, kan det være en mulighet å benytte moonpoolen, da det som kjent er roligere forhold der. Ved hjelp av modul håndterings tårnet kan systemet senkes ned gjennom moonpoolen. Et guiding system er nødvendig for å senke det sikkert ned og opp, for å sikre at en "treffer" moonpoolen og for å beskytte omkringliggende komponenter mot støt.

Dette vil krve stor nøyaktighet fra DP systemet til båten, og hjelp av ROV til nøyaktig posisjonering av matten. Sannsynligvis også en dyr løsning, da en vil trenge ekstra personell til håndtering av tårnet.

4 Buffer

Når LR kommer opp av vannet, og skal over rekka, vil den, avhengig av bølgehøyden svinge ukontrollert. Dette er ikke

ønskelig av to grunner, det kan ta lang tid å få den såpass rolig at det er mulig å sette på en ny matte, og at det reduserer sikkerheten til personell på dekk.

For å ha mer kontroll over bevegelsene til LR, kan det plasseres en "buffer" utenfor skutesiden til båten, dette for å kunne stoppe bevegelsene til LR i det den kommer opp av vannet, og samtidig hindre at LR støter sammen med fartøyet(skutesiden). Dernest kan det festes en (eller flere) vaier i LR, med festepunkt nær matten (som venter på tur), LR kan da vaieres i den riktige retningen uten større ukontrollerte bevegelser.

Begrensende faktorer:

Hvor langt denne bufferen må monteres utenfor skutesiden er uvisst, og hvordan en skal få festet en vaier i den på en sikker måte.

I denne hjelpevaieren vil der oppstå en del rykk, på grunn av bølgebevegelser.

9.1.1. Konklusjon:

Fant at ingen av de overnevnte alternativer var spesielt anvendelige. En begrensende faktor er betongmatten, på grunn av at den tåler lite.

Selv om dagens metode er enkel og anvendelig, burde det være mulig med en effektivisering. Spesielt i det LR med matte skal svinges over skutesiden.

9.2. Aktuelle merknader

9.2.1. Løftestroppene

Løftestroppene fra matten til løfterammen har også sine begrensninger, dette er det sett bort fra i denne oppgaven. Styrkeberegninger av rammen er det også sett bort fra. Både løfteramme og stroppe er sertifisert i henhold til Det Norske Veritas.

9.2.2. Test

I starten av oppgaven var det meningen at det skulle utføres en test, for å verifisere resultatene fra simo. Det viste seg imidlertid at en slik test, med mobilkrane fra kai, ble svært lite realistisk sammenlignet med simos analyser.

Grunnlaget for sammenligning falt bort, og etter samtaler med erfarne personer på dette området ble det besluttet å ikke utføre testen.

Konklusjon

De forskjellige beregningsmetodene viser forskjellige resultater:

DNV vs Teoretisk

I beregningene av selve båtbevegelsen, var det ikke vesentlige forskjeller mellom DNV og de teoretiske beregningene, selv om en kan fastslå at de teoretiske var mer nøyaktige enn DNV's metode, pga at en her tok hensyn til fasevinklene. De store forskjellene oppstod imidlertid ved akselerasjon- og hastighetsberegninger av kranen. DNV's tall var opptil 2-3 ganger større enn de teoretiske. Da disse resultatene brukes i de hydrodynamiske beregninger, vil forskjellene forplante seg videre.

Ved de hydrodynamiske beregningene ble forskjellene større, dette pga at de teoretiske beregningene var vesentlig forenklet, utelot en del krefter, og regnet på normale forhold. DNV's beregninger baserte seg på ekstreme forhold, utelot ingen krefter, og hadde en del fastsatt høye konstanter.

I følge DNV's resultater vil rykk oppstå ved(neddykket) signifikant bølgehøyde på 1m.

Bølgeperioden var her av liten betydning.

De teoretiske beregningene kommer til at rykk vil oppstå ved (neddykket) signifikant bølgehøyde på 4,5-7m, sterkt avhengig av bølgeperioden. Lang bølgeperiode, fører til reduserte hydrodynamiske krefter, og dermed høyere bølger før rykk.

Simo

Ved kjøring av forskjellige bølgehøyder og perioder, kommer simo frem til at signifikant bølgehøyde før rykk i løftevaier er 2,5m. Som forventet ligger det høyere enn DNV og lavere enn de teoretiske beregningene.

I motsetning til metodene ovenfor, kan rykk kreftene beregnes nøyaktig, slik at man kan fastsette, etter løfte kapasiteten på kranen hvor mye rykk som kan aksepteres.

Når en regner med rykk, kan signifikant bølgehøyde settes til 4,0m, ved en periode på 11s.

En viktig faktor ved simos beregninger er at de baseres på fartøyet Normand Cutter, og ikke Edda Fonn.

Hvordan et fartøy beveger seg i bølgene, avhenger i stor grad av lengden. Normand Cutter er 125m lang, Edda Fonn er 85m, det vil si at Normand Cutter beveger seg bedre i bølgene enn Edda Fonn. Hvor mye dette utgjør på resultatet, er ikke anslått.

Ingen bra alternativ metode for dekkarrangement funnet. På grunn av at betongmatten må løftes etter begge sider, og helst i alle løftestroppene, begrenses mulighetene for andre løftesystemer. Dagens metode er enkel å utføre, billig (trenger ingen nye konstruksjoner, eller spesielt kostbart utstyr), og vel utprøvd.

Videre arbeid

Alle beregningene er basert på at kranen opererer 90 grader på skutesiden, ved å øke og minske denne vinkelen vil utslaget på resultatene forandres. Ved å ta i bruk de beregninger som allerede ligger til grunn, kan dette enkelt forandres i Excel, ved å variere verdien av x . (avstand fra krane til båtens midtpunkt).

Ved å plote RAO data for Edda Fonn og Normand Cutter mpt hverandre kan man fastslå hvor mye mer Edda Fonn beveger seg i bølgene enn Normand Cutter. En må da ta hensyn til alle de 6 frihetsgradene.

Det er også mulig og ta utgangspunkt i design data mottatt av Skipsteknisk AS, som kan anvendes i simo, men først etter at den er konvertert. Vedlegg 7.

Når en ser hvor mye kreftene reduseres ved å minke det areal som treffer vannflaten, er dette noe å arbeide videre med. Mattene er den største begrensningen ved alternative metoder å utføre løfteoperasjonen på, dette pga dens svakhet mht løfting. Selv om det ikke ble funnet noe alternativ metode i denne oppgaven, burde det være muligheter for å på en sikker og effektiv måte utfør arbeidsoperasjonen.

Videre kan en undersøke testresultater utført ved Marintek, i forhold til simo. En kan anslå hva som er vanlige avvik, og sammenfatte dette med de gitte resultater.

Litteraturliste

Det Norske Veritas Classification AS
Rules for Certification Of Lifting Appliances 1994

Det Norske Veritas AS
Rules for Marine Operations 1996
Sub Sea Operations

Doctoral These at NTNU 2004
Bjørn Skaare
Control of loads thru the wave zone in marine operations

Kompendium undervannsteknologi
Jens C Lindaas, HSH

Kompendium Hydrodynamikk
Peter C Sandvik, Marintek

Kompendium Bevegelse av fartøy og kran
Halvor Lie, Marintek

Referanser

- [1] Mail, Sveinung Soma, DeepOcean
- [2] Design Report Concrete Matress Lifting Frame
DeepOcean
- [3] Kompendium undervannsteknologi, Jens C Lindaas,
HSH
- [4] Skipsteknisk AS
- [5] Peter C Sandvik MARINTEK Tlf: 73595942
- [6] Det Norske Veritas AS: Rules for Marine Operations
1996
- [7] Kompendium Peter C Sandvik
Hydrodynamiske krefter
- [8] Kompendium Halvor Lie
Bevegelse av fartøy og kran 1997
- [9] Martin Mathisen, Polytec.
- [10] Respons Amplitude Operators kipsteknisk AS
- [11] Nettsiden til DeepOcean: www.deeпоcean.no
- [12] Marintek
Norwegian Marine Technology
Research Institute Simo- User`s Manual Version 3.4
2004Simo
- [13] Kranespesifikasjoner, Vedlegg 1

Figur Liste

Fig 1 -3 www.deepocean.no

Fig 4 http://www.skipsteknisk.no/news_29.htm

Fig 5-6 På mail fra DeepOcean

Fig 7 www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/Class/sound/u11l2a.html

Fig 8- 24 Laget i Excel

Vedlegg

1 Kranespesifikasjoner

2 Design Report

3 RAO Data

4 Excel beregninger

5 Simo Fil (sys-betong.dat)

6 Simo resultater (1 bølgehøyde, periode)

7 Design data Edda Fonn, Skipsteknisk AS