

# Resultatrapport

---

*NumSim – Numerical simulation of complex systems involving interaction between elements with large and varying stiffness properties*

## Innhold

1	Bakgrunn og målsetting .....	2
2	Resultater.....	2
3	Prosjektgjennomføring og ressursbruk .....	3
4	Forventet betydning og nytteverdi av resultater .....	4
5	Plan for formidling og utnyttelse av resultatene .....	4
6	Framtidige resultater etter prosjektslutt.....	4

## 1 Bakgrunn og målsetting

Prosjektet Numsim ("Numerical simulation of complex systems") har fokusert på å utvikle numeriske simuleringsmodeller for å studere sammensatte marine systemer og operasjoner hvor fleksible konstruksjoner er en viktig faktor. Hovedfokus har vært på systemer som er relevant for fiskeri og havbruksnæringen, f.eks. fleksible oppdrettsmerder, fiskebåt som opererer en trål og lignende. Motivasjonen for dette har vært å hjelpe aktører innen fiskeri- og havbruksnæringene å levere bedre tjenester knyttet til analyse av slike systemer med forbedrede modeller og programvare, som igjen kan bidra til sikrere og mer pålitelige konstruksjoner og systemer. Andre applikasjoner som er studert i prosjektet er skip som opererer oljelenser. Når prosjektet ble etablert var numeriske modeller for å analysere slike sammensatte fleksible systemer enten ikke-eksisterende eller ikke tilfredsstillende i forhold til behov. En stor del av aktiviteten i prosjektet har derfor vært å utvikle eller forbedre slike modeller for relevante generiske komponenter av aktuelle systemer. Alle simuleringsmodeller i prosjektet har blitt implementert i programvaren FhSim, som er et simuleringsrammeverk utviklet ved SINTEF Fiskeri og havbruk AS (SFH).

**Hovedmål:** Utvikle dataverktøy for simulering og analyse av komplekse marine systemer og operasjoner i relevante miljøkondisjoner, med hensikt å forbedre ytelse og pålitelighet av konstruksjoner og sikkerhet for personell innen fiskeri- og havbruksnæringene.

### Delmål:

- Utvikle havmiljømodell som omfatter bølger, strøm og vind
- Utvikle modeller for analyse av romlig store, men slanke og fleksible, konstruksjoner i et marint miljø
- Utvikle modeller for analyse av oljelenser (oppførsel og ytelse) i operasjon
- Detaljert studie av strømmingseffekter knyttet til tapsmekanismer for oljelenser
- Utvikle ny kunnskap om stabilitet av fiskefartøy i operasjon under påvirkning fra bølger og strøm
- Utvikle simuleringsmodeller for fiskefartøy i operasjon med utstyr

## 2 Resultater

Prosjektet har vært delt inn i fire ulike arbeidspakker:

- WP1: Adekvat modell av havmiljø
- WP2: Numerisk simulering av oppdrettsanlegg
- WP3: Numerisk simulering av oljelenser
- WP4: Stabilitet av fiskefartøy

Hovedresultater fra hver arbeidspakke er som følger.

WP1: En simuleringsmodell for havmiljø med bølger og strøm er utviklet for å kunne analysere marine systemer i realistiske omgivelser. To ulike bølgeteorier er implementert i modellen. Disse er Airy's bølgeteori, som er mest vanlig innen marin hydrodynamikk, og Gerstner's bølgeteori som er basert på en Lagransk formulering. Gerstner's bølgeteori gir spissere bølgetopp og flatere bølgebunn enn tradisjonell bølgeteori (Airy's teori). Havmiljømodellen kan simulere irregulære sjøtilstander ved bruk av standardiserte bølgespektra som JONSWAP og ISSC. Det er også mulig å benytte egendefinerte bølgespektra. Kortkammert sjø kan simuleres ved bruk av en retningsspredningsfunksjon. For simulering av strøm kan man enten benytte en parametrisert strømmodell hvor retning og dybdeprofil spesifiseres, eller man kan importere datasett i netCDF-format fra beregningsprogrammer for havstrøm.

WP2: For å kunne analysere hvordan fleksible havbruksanlegg oppfører seg under påvirkning fra bølger og strøm, har simuleringsmodeller for ulike komponenter av en oppdrettsmerd blitt utviklet. Dette omfatter modeller for not, flytekrage, bunnring, rammefortøyning med bøyer og koblingsplater. Det har spesielt vært fokus på å utvikle gode hydrodynamiske lastmodeller for not og flytekrage, hvor utfordringer har vært knyttet til fleksibiliteten av disse konstruksjonene og deres interaksjon med omgivelsene. De ulike modellkomponentene har så blitt satt sammen for å simulere en komplett oppdrettsmerd i bølger og strøm. Det er lagt stor vekt på verifisering av simuleringsmodellene og på validering mot tilgjengelige forsøksdata. Simuleringsmodellene utviklet i denne arbeidspakken danner et viktig fundament i beregningsverktøy for analyse av oppdrettsanlegg.

WP3: I dette prosjektet er det utviklet en forenklet strukturmodell av en konvensjonell oljelense som kan taues av ett eller flere fartøy og som responderer på bølgekrefter. Hydrodynamikk knyttet til effektivitet og tapsmekanismer av oljelenser ble studert gjennom et post doc stipend finansiert av prosjektet. I dette arbeidet, som ble utført i samarbeid med prof. Odd M. Faltinsen ved NTNU, ble det utviklet et beregningsprogram basert på lattice-Boltzmann metoden for simulering av komplekse strømninger av olje og vann (to-fase). I beregningsmodellen er det tatt hensyn til effekter som relativ tetthet, viskositet og overflatespenning mellom de to fluidene i simuleringen. Et parameterstudium med den utviklede modellen er gjennomført for å utforske hvordan disse parameterne kan påvirke stabiliteten av grenseflaten mellom olje og vann i en skjærstrøm. Dette er et relevant scenario for oljen i en oljelense som taues og har relevans til såkalt medrivningstap, hvor ustabiliteter gjør at oljedråper rives løs fra interfasen og transporteres med vannet. Oppnådde resultater er i samsvar med tilgjengelige publiserte resultater og viser at det utviklede beregningsprogrammet kan brukes som et verktøy for å studere slike fenomener.

WP4: Under operasjon kan stabiliteten av fiskefartøy påvirkes av effekter knyttet til redskapet, eller hydrodynamiske effekter av selve skroget. Flere modellforsøk har blitt utført ved CNR-INSEAN i Roma for å kartlegge hydrodynamiske egenskaper av et skrog typisk for kystfiskeflåten, med spesielt fokus på hydrodynamisk demping av rullebevegelse og hvordan ulike skrogdetaljer påvirker denne. Resultater fra forsøkene har så blitt brukt til valideringsformål i utviklingen av simuleringsmodeller for rulledemping. Disse er så koblet sammen med en eksisterende simulatormodell for skip, hvor også modeller for fiskeredskap kan kobles til. Prosjektet har fokusert på parametrisk rulling, som er karakterisert ved store rullebevegelser og kan oppstå under spesielle bølgeforhold. I praksis er det vanlig å bruke rulledempingstanker for å redusere rullebevegelser. Forsøk ble utført hvor skipsmodellen ble utstyrt med en rulledempingstank og det ble studert hvorvidt en slik innretning kan eliminere parametrisk rulling. Forsøkene viste at rulledempingstanken kunne forhindre parametrisk rulling for det aktuelle skroget.

Phd-stipendet som dette prosjektet finansierer er tilknyttet WP4. I phd-prosjektet har phd-studenten utviklet en beregningsprogram for analyse i frekvensplanet av parametrisk rulling av skipsskrog. Resultater fra dette arbeidet har til nå resultert i en publikasjon med peer review. Sluttdato for phd-prosjektet er utsatt til 31.10.2015.

### **3 Prosjektgjennomføring og ressursbruk**

Prosjektarbeidet knyttet til utvikling av simuleringsmodeller til FhSim ble i hovedsak gjennomført av forskere ved SFH, men i samarbeid med Institutt for Marin Teknikk ved NTNU og CNR-INSEAN i Roma, Italia. NTNU ved prof. Odd M. Faltinsen hadde ansvar for veiledning av ett phd-stipend finansiert av prosjektet, i tillegg til samarbeid/veiledning av post-doc prosjektet. Utover dette har det også vært mye samarbeid og informasjonsutveksling mellom SFH og NTNU omkring modellering av oppdrettsanlegg. Prosjektet bidro også med finansiering av modellforsøk med oppdrettsmerd ved NTNU til Dr. Trygve Kristiansen sitt post-doc arbeid. CNR-INSEAN var ansvarlig for gjennomføring av modellforsøk for å studere stabilitet i rull av et fiskefartøy. Et omfattende sett av tester ble

gjennomført i flere omganger ved CNR-INSEAN sine laboratorier i Italia, under ledelse av Dr. Claudio Lugni.

Generelt har ressursbruken i prosjektet vært god og gitt mange resultater for SFH og partnerne i prosjektet. Varigheten av prosjektet har gått ut over opprinnelig plan, ettersom ansettelse av phd-studenten tok lengre tid enn forventet. I tillegg førte problemer med bølgemaskin hos CNR-INSEAN til at forsøksprogrammet ble forsinket. Kommunikasjon mellom SFH, FHF og industripartnerne kunne vært mer regelmessig underveis prosjektet.

#### **4 Forventet betydning og nytteverdi av resultater**

Mange av resultatene i prosjektet har allerede hatt stor betydning og nytteverdi for SFH. Ny kompetanse om modellering av oppdrettsanlegg er viktig for nye prosjekter og forskningsaktiviteter. En god del av resultatene som er fremkommet i prosjektet er forventet å ha stor nytteverdi for partnerne i prosjektet, spesielt ved at nye og forbedrede simuleringsmodeller kan bidra til å effektivisere og forbedre dagens analyser av oppdrettsanlegg. Dette har også betydning for oppdrettsnæringen generelt og samfunnet forøvrig ettersom bedre og mer robuste oppdrettsanlegg vil bidra til å redusere uønskede hendelser med rømming av oppdrettslaks. Resultatene fra modellforsøkene ved CNR-INSEAN er forventet å ha betydning for forskningsfeltet da det omfattende testoppsettet har gitt ny innsikt bl.a. om hvordan ulike skrogdetaljer påvirker rulledemping av slike fartøy under fart. Utvikling av beregningsprogram for tofase-strøm ved bruk av nye metoder (lattice-Boltzmann metoder), som ble gjort i post-doc prosjektet, er forventet å kunne brukes som et verktøy i videre forskning. I tillegg vil kompetansen om disse metodene kunne utnyttes hos NTNU f.eks. gjennom veiledning av studentoppgaver.

#### **5 Plan for formidling og utnyttelse av resultatene**

Alle publikasjoner som er utarbeidet i dette prosjektet vil bli distribuert til partnerne i prosjektet ved prosjektslutt. I tillegg er programvare og simuleringsmodeller som har blitt utviklet i prosjektet allerede gjort tilgjengelig for partnerne (binærkode). Videre utnyttelse av resultatene hos partnerne vil følges opp ved å se på muligheter for nye samarbeidsprosjekter, f.eks. ved å utvikle dedikerte analyseprogram basert på simuleringsmodeller fra prosjektet. Dette er aktiviteter som er i gang og som vil følges opp høsten 2015.

Skrogtegninger til modellen av et fiskefartøy som ble utviklet i prosjektet har blitt gjort offentlig tilgjengelig på internett ([www.sintef.no/fisk/sfh112](http://www.sintef.no/fisk/sfh112)). Plan er at også forsøksdata blir gjort tilgjengelig på den samme adressen i løpet av høst 2015/vår 2016.

#### **6 Framtidige resultater etter prosjektslutt**

Phd-studenten tilknyttet prosjektet er ikke ferdig ved prosjektslutt. Det er derfor forventet flere publikasjoner og disputas etter at dette prosjektet er avsluttet. Det er også forventet ytterligere studier og publisering av modellforsøkene som ble gjennomført i prosjektet.