

# Nye tematiske satsingsområder

---

Fase II

***NTNU Havromsvitenskap og  
-teknologi***

***”Kunnskap for bærekraftig bruk av  
havrommet”***

---

## Innhold

1. Innledning .....	4
2. Tittel .....	5
3. Bakgrunn .....	5
3.1. Utfordringer i global skala.....	5
3.2. Muligheter for Norge .....	5
4. Grunnlag for NTNUs havromssatsing.....	7
5. Satsingens overordnet struktur .....	9
6. Felles visjon og synergier på tvers av spissområdene .....	11
7. Beskrivelse av kunnskapsområder og forskningsgrupper .....	12
7.1. Grønn sjøtransport.....	12
7.2. Ned i havrommet .....	16
7.3. Olje og gass fra nord .....	19
7.4. Bærekraftig sjømat .....	28
7.5. Ren energi fra havet.....	33
7.6. Havet, miljøet og samfunnet .....	38
7.7. Faggruppenes bidrag til spissområdene – oppsummering.....	41
7.8. Strategisk viktige prosjekter .....	42
8. Bidrag til ny, banebrytende kunnskap .....	43
8.1. Mekanismer for å stimulere banebrytende kunnskap .....	43
8.2. Mulig banebrytende kunnskapsutvikling innen spissområdene .....	44
9. Samspill med eksterne aktører .....	48
9.1. Internasjonale koblinger .....	48
9.2. Kobling til Horizon 2020.....	48
9.3. NTNUs posisjon i en nasjonal kontekst.....	49
9.4. Kobling til næringsvirksomhet .....	50
10. Kobling til muliggjørende teknologier.....	52
11. Kobling til andre satsingsområder .....	54
12. Kobling til studieprogram og utdanningsmuligheter .....	55
13. Forankring i linjene .....	57
14. Organisering.....	58
15. Erfaringer fra Marin Kystutvikling (2000-2013) .....	59

Vedlegg 1 – Oversikt over forskningsgrupper.....	60
1. Marine systemer .....	61
2. Marine konstruksjoner.....	63
3. Marin kybernetikk.....	65
4. Marin byggteknikk .....	66
5. Marin naturvitenskap.....	67
6. Vannbehandling .....	71
7. Prosesseringsteknologi .....	72
8. Marin kommunikasjonsteknologi .....	74
9. Marin materialteknologi .....	75
10. Marin forvaltning .....	76
11. Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus .....	78
12. Marin arkeologi .....	81
13. RAMS.....	83

## 1. Innledning

Foreliggende forslag til en ny tematisk satsing på marin og maritim forskning ved NTNU er utarbeidet basert på forslaget til NTNU Havromsvitenskap og –teknologi<sup>1</sup> fra fase I og på bestillingene som ble mottatt fra rektoratet (24.01 og 12.02).

Forslaget er utarbeidet med bakgrunn i at marin og maritim forskning var blant de første fire tematiske satsingsområdene som ble etablert i 2000. Ordningen var et virkemiddel for å videreutvikle forskning på tvers av tradisjonelle disiplingrenser, og et svar på føringene i Stortingets premiss ved opprettelsen av NTNU. Satsingen på marin forskning hadde sin primære bakgrunn i at marin og maritim virksomhet var og er svært viktig for Norge, og at NTNU hadde spesielt sterke faggrupper på dette området.

TSO Marin skal avsluttes i 2013, men det er viktig at noen sentrale erfaringer og resultater som er oppnådd kan nyttiggjøres i en ny strategisk satsing. Følgende forhold er viktige:

- TSO Marin har bidratt til å etablere et bredt NTNU-konsortium med stadig økende tverrfaglig deltagelse fra ingeniørvitenskap, naturvitenskap, samfunnsvitenskap og humaniora, med kjernegrupper fra flere fakulteter og VM.
- Konsortiet har uttrykt et utvetydig ønske om å stå sammen i en videre satsing, og å legge fakultetenes strategier i bunn for denne.

Denne rapporten fremmes av følgende arbeidsgruppe:

- Ingvald Strømmen, IVT (ansvarlig dekan)
- Harald Ellingsen, IVT (koordinator)
- Asgeir Sørensen, IVT (representerer også VM)
- Yngvar Olsen (vara: Turid Rustad), NT
- Tor Arne Johansen (vara: Thor Inge Fossen), IME
- Kalle Sognnes (vara: Asbjørn Dyrendal), HF
- Annik Magerholm Fet (vara: Jennifer Bailey), SVT
- Hans Jørgen Roven, TSO Materialer
- Arne Bredesen, TSO Energi
- Stig Omholt, faglig leder Bioteknologi
- Alexandra Neyts, sekretær

Følgende har videre bidratt med utforming av rapporten:

Forfattere av spissområdene:

- Bjørn Egil Asbjørnslett (Grønn sjøtransport)
- Asgeir Sørensen, Geir Johnsen (Ned i havrommet)
- Roger Skjetne (Olje og gass fra nord)
- Yngvar Olsen (Bærekraftig sjømat)
- Ingrid Utne (Ren energi fra havet)
- Annik Fet, Jennifer Bailey (Havet, miljøet og samfunnet)

---

<sup>1</sup> Referes til som NTNU Havrom

## 2. Tittel

Arbeidsgruppen har valgt å gi foreliggende forslag til ny overgripende satsing på marin og maritim virksomhet tittelen: **NTNU Havromsvitenskap og teknologi.**

På engelsk foreslås følgende tittel: **NTNU Ocean Science and Technology.**

## 3. Bakgrunn

Flere store samfunnsmessige utfordringer vil være relevante i forhold til en overgripende satsing innen marin og maritim forskning. Både regionale, nasjonale og globale utfordringer ligger til grunn for satsingen.

### 3.1. Utfordringer i global skala

Våre utfordringer som universitet vil defineres av betingelser og prosesser knyttet til globale utfordringer som angår hele menneskeheten. Med utgangspunkt i både FN's millenniumsmål og EU's Horizon 2020, vurderes følgende fem globale utfordringer å være førende for forskning i planperioden:

- **Mat** blir i økende grad en mangelvare, sjømat og andre marine biologiske ressurser må bidra sterkere til global matvaresikkerhet og helse
- Etterspørselen etter **Energi** vil øke som følge av sterkt vekst i Sørøst-Asia, Sør-Amerika og Afrika
- **Klimautfordringer** stiller store krav til kunnskapsgenerering om global oppvarming, som induserer mer ekstremvær og havstigning. Det er behov for en vesentlig reduksjon i utslipp for å kunne oppnå klimamålene, og samtidig arbeide mot en optimal klimaomstilling.
- **Miljø**utfordringer knyttet til menneskelig påvirkning av økosystemene som vil forsterke krav til kunnskapsgenerering og teknologiske nyvinninger
- **Råvaremangel** vil gi økt utforskning og utvinning av ressurser som mineraler og metaller fra sjøbunnen

Det forventes fortsatt vekst i verdens befolkning og kjøpekraft. Dette kan føre til en økt global kamp om ressurser og dermed skjerpede konfliktlinjer og interessemotsetninger. En vesentlig del av disse utfordringene må vi møte med ny kunnskap og ny teknologi for sikker, miljøvennlig og effektiv sjøtransport, olje- og gassutvinning, fornybar energiproduksjon og mineralutvinning til havs, og sjømatproduksjon. Ressursutnyttelse og marine operasjoner vil i enda større grad foregå under ekstreme værforhold, på fjerntliggende lokaliteter, arktiske strøk, og dypere vann. Økte klimautfordringer vil også utfordre vår infrastruktur langs kysten, inkludert oppdrettsanlegg, veier, broer, tunneller og havner.

### 3.2. Muligheter for Norge

Den marine sektor i Norge står for 60-70 % av norske eksportverdier og 30-40 % av verdiskapningen, og er følgelig svært viktig for nasjonen. I boka "Et kunnskapsbasert Norge"<sup>2</sup> slås det utvetydig fast at

---

<sup>2</sup> Torger Reve og Amir Sasson, Universitetsforlaget 2012

Norge har tre næringsklynger der vi er verdensledende; “Offshore olje/gass”, “maritim” og “sjømat”. De tre klyngene representerer områder som helt sikkert blir viktige for den framtidige kunnskapsbaserte næringsvirksomhet i Norge. På en konferanse i forbindelse med lanseringen av boka, ble det påpekt at det sannsynligvis er i brytningen mellom klyngene at den mest spennende utviklingen kommer til å skje.

Samtidig er flere nye marine næringer under etablering, som mineralutvinning på havbunnen, fornybar energi fra havet og utvikling av nye marine bio-ressurser. I rapporten «Verdiskaping basert på produktive hav i 2050»<sup>3</sup> anslås det at potensialet for økt verdiskaping i norsk biomarin industri er stort, og at det er mulig med en omsetning på 550 milliarder i 2050, en seksdobling fra i dag. Analysen er utført av en arbeidsgruppe bestående av erfarne forvaltere, gründere, industriaktører og anerkjente forskere fra SINTEF og NTNU.

Vår ambisjon er at vi gjennom NTNU Havromsvitenskap og teknologi skal utvikle kunnskap som kan bidra til å løse de globale utfordringene skissert over og samtidig bidra til å styrke Norges posisjon på det marine og maritime området.



Figur 1: Betydning av marine næringer i Norge, målt i eksportverdier (tall fra 2010 - Statistisk Sentralbyrå)

<sup>3</sup> Rapport fra arbeidsgruppr oppnebt av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskap (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA)

#### 4. Grunnlag for NTNUs havromssatsing

NTNU sin visjon 2011-2020 er *“Kunnskap for en bedre verden”*. Sentralt for visjonen er at *“NTNU skal legge premisser for kunnskapsutviklingen og skape verdier – økonomisk, kulturelt og sosialt og utnytte sin teknisk-naturvitenskapelige hovedprofil, faglige bredde og tverrfaglige kompetanse til å møte de store, sammensatte utfordringene Norge og verdenssamfunnet står overfor”*.

NTNU skal formidle kunnskap og forvalte kompetanse om natur, kultur, samfunn og teknologi og fokusere spesielt på den grunnleggende forskningen som bidrar til kunnskap for en bedre verden. Gjennom dette skal NTNU spesielt bidra til å sikre verdiskaping og industriell konkurransedyktighet for norske næringsinteresser og forvaltning. NTNU skal arbeide i skjæringspunktene mellom teknologi, naturvitenskap, medisin, arkitektur, humaniora og samfunnsvitenskap og bruke sin faglige bredde og tverrfaglige kompetanse til å løse sammensatte problemer og øke forståelsen for sammenhengene mellom teknologi, samfunn og miljø. NTNU skal utnytte sine spesielle forutsetninger for å fremme innovasjon og utvikle kunnskapsgrunnlaget for bærekraftig verdiskaping og et konkurransedyktig næringsliv.

NTNU har med sin styrke på teknologi kombinert med sin tverrfaglighet helt spesielle forutsetninger for å kunne bidra med kunnskapsutvikling innen marin virksomhet egnet for å løse utfordringer skissert over på både globalt og nasjonalt plan.

NTNU har et fremragende marinteknisk og bio-vitenskapelig fagmiljø med flere tilknyttede fagmiljø innenfor naturvitenskap, samfunnsvitenskap og humaniora. Dette er bekreftet gjennom flere eksterne fagevalueringer som faggruppeevalueringsprosessen ved IVT og bioevalueringen ved NT i 2011. NTNUs faglige styrke i kjernedisipliner, samarbeidskulturen som er etablert mellom disse gjennom 12 TSO-år og samarbeidet med SINTEF gir NTNU et faglig fortrinn til å utvikle den svært viktige marine sektoren videre.

En tverrfaglig satsing på det marine område vil sette NTNU ytterligere i posisjon til å bidra til å opprettholde og styrke Norges posisjon som høyteknologisk og verdensledende innenfor hele den marine og maritime verdikjeden. Næringen er avhengig av avansert kompetanse på hele fagområdet, og styrking av arenaer er viktig for samarbeidet mellom NTNU og næringen.

Innenfor et nytt OTIS Marin vil det være et viktig virkemiddel for forskningsgruppene å strategisk posisjonere seg mot større sentre for fremragende forskning og innovasjon, forskerprosjekter og kompetanseprosjekter (tidligere KMB). Bruk av interne SO midler bør vurderes opp imot en slik målsetting.

Institutt for marin teknikk og Institutt for teknisk kybernetikker nettopp tildelt et senter for fremragende forskning, SFF AMOS (*“NTNU Centre for Autonomous Marine Operations and Systems”*). Den tverrfaglige satsingen som foreslås her, vil kunne bygge videre på sterke faggrupper som allerede finnes og koble inn ny spennende forskning i skjæringsflatene. Her vil det kunne oppstå nye konstellasjoner og ny kunnskap mot andre fagområder som så langt ikke er kjent.

Et eksempel på en vellykket tverrfaglig kobling som allerede er under realisering, er den såkalte AUR-lab (*“Applied Underwater Robotics laboratory”*) som er et samarbeid mellom blant annet marin teknikk, marin biologi og marin arkeologi om forskning og uttesting av undervannsteknologi. Her foregår teknologisk utvikling i tett samarbeid med biologer og arkeologer som fungerer som kritiske

og krevende kunder. Denne satsingen er et direkte resultat av strategiske tiltak tatt i regi av den pågående TSO Marin. AUR-lab er videre tett knyttet opp i mot det nye senteret for fremragende forskning, AMOS.



## 5. Satsingens overordnet struktur

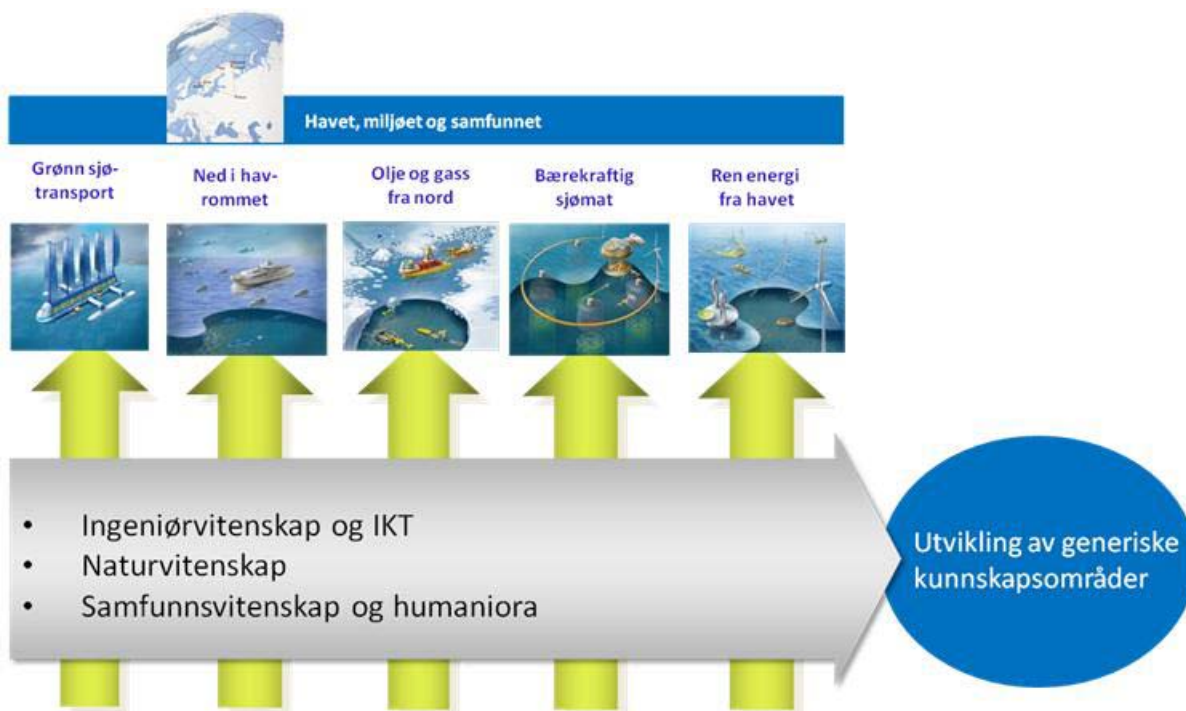
Et satsingsområde bør tydelig signalisere NTNUs ansvar som Norges viktigste institusjon for utdanning og grunnleggende forskning innenfor teknologi.

For videre å reflektere både de globale utfordringene, Norges posisjon som maritim nasjon og de tverrfaglige muligheter som ligger i NTNUs struktur, er følgende fem spissområdene valgt ut:

- Grønn sjøtransport
- Ned i havrommet
- Olje og gass fra nord
- Bærekraftig sjømat
- Ren energi fra havet

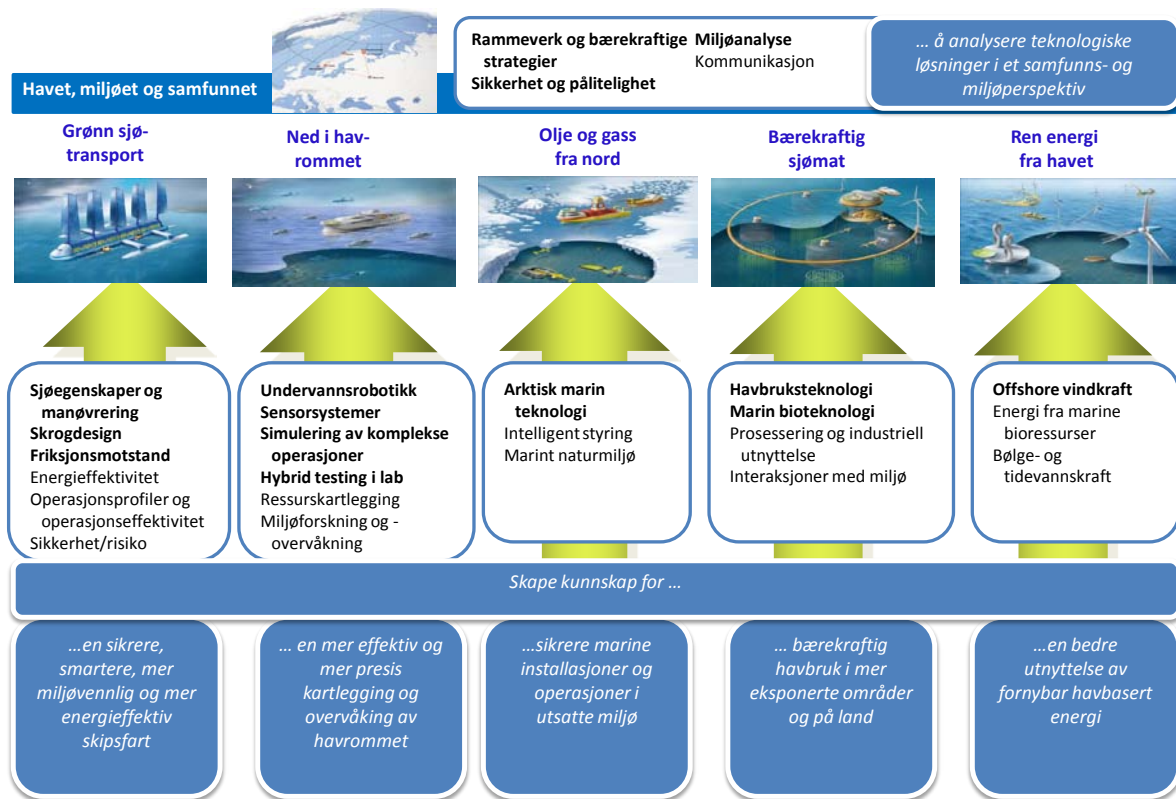
I tillegg vil vi definere et tematisk overbygg som vi har kalt «Havet, miljøet og samfunnet». Dette skal bidra til å analysere de miljø- og samfunnsmessige konsekvensene av teknologivalg og virksomhet i de øvrige områdene, sørge for å se ting i sammenheng, og sikre tverrfaglig samarbeid.

Spissområdene har potensial for internasjonalt samarbeid, og er basert på et tett samarbeid med næringsliv og forvaltning. Hver for seg representerer de det vi oppfatter som hovedutfordringer i det marine området. Utvikling av kunnskap innenfor spissområdene er avhengig av faglig bidrag fra ingeniørvitenskap og IKT, naturvitenskap og samfunnsvitenskap og humaniora, se Figur 2.



Figur 2: Faglige bidrag i Havromsvitenskap og –teknologi sine seks spissområder

Spissområdenes mål og NTNUs faglig kjernekompetanse som skal bidra til å nå disse målene er beskrevet i Figur 3.



Figur 3: Spissområdenes mål (blå bokser) og kunnskapsområder (hvite bokser)

## 6. Felles visjon og synergier på tvers av spissområdene

### Visjon: Kunnskap for bærekraftig bruk av havrommet

Det følger av visjonen at NTNU Havromsvitenskap og teknologi skal bidra med kunnskap egnet til å løse viktige globale utfordringer og til å posisjonere Norge som verdensledende i havrommet ved å utvikle de tverrfaglige mulighetene vi har på NTNU. Satsingen skal videre ha som mål å bidra til strategisk posisjonering mot kompetanseprosjekter, EU-prosjekter og større sentre for fremragende forskning og innovasjon. Dette forutsetter utstrakt samarbeid innad og med fremragende internasjonale miljø og med næringsliv og forvaltning.

For å bidra til å løse de store globale utfordringer skissert innledningsvis og samtidig bidra til å styrke Norge i marin sammenheng, er det også bred enighet om at enkeltdisipliner alene sjelden gir de banebrytende resultatene. NTNU har eksempelvis et fremragende marinteknisk miljø, men teknologien må sees og forstås i en større sammenheng for å sikre at denne bidrar i konstruktiv retning. Det er bred enighet om at det er først når teknologibruk ses i sammenheng med samfunnsvitenskap og naturvitenskap at forutsetningene for større fremskritt legges. I denne sammenheng kan det være konstruktivt å se hvordan enkeltdisipliner sammen kan bidra til kunnskapsutvikling på et anvendelsesområde og som igjen kan spisses inn mot realisering av konsepter eller konkrete løsninger som eksempelvis større satsinger som SFI, SME-er osv.

Dette kan eksemplifiseres ved at den forventede økning i havbruksproduksjonen krever løsning på flere potensielle problemer som økte miljølaste, utfordrende logistikk, rømning, sykdomsbekjempelse, parasitter, overgjødning og tilgang på fôr. Teknologiske innovasjoner kan bidra til å løse mange av disse problemstillingene, men ikke uten tett samarbeid med biologer og naturvitere. Samfunnsforskere kan bidra til å forstå bruk av teknologi og å etablere et forvaltningsregime som ivaretar de mange og ofte kryssende hensyn som bruken av kystsonen medfører. Fordelingen av områder for økt havbruksvirksomhet reiser spørsmål om rettferdig bruk av areal på både nasjonalt og internasjonalt nivå som forutsetter gjennomføring av legitime beslutningsprosesser.

I forbindelse med all kontroversiell aktivitet i forhold til miljø og samfunn vil også effektiv kommunikasjon bli svært viktig. I tillegg til havbruksvirksomhet vil mineralutvinning fra havbunnen være et annet eksempel der aktiviteten i seg selv kan bidra til forurensning, men i tillegg ha et stort potensiale for verdiskapning. Hvordan et slikt dobbeltbudskap bør kommuniseres, vil være en utfordring.

Det overordnede området "Havet, miljøet og samfunnet" vil binde de fem spissede forskningssatsingene sammen. Det skal ta for seg de økonomiske, miljø- og forvaltningsmessige implikasjonene av teknologiske utviklinger, samt de etiske, kulturelle, politiske og risikomessige aspektene.

Limet vil også ligge i felles mål om større satsinger på de retninger som er beskrevet her. Det vil kunne motivere et rekke fagområder til å engasjere seg i et tverrfaglig samarbeid og samtidig sikre at enkeltdisipliners innsats og videre utvikling skjer på gode faglige premisser. Da vil en slik tverrfaglig satsing kunne bli en arena for samarbeid som ellers ikke vil finne sted. NTNU kan gjennom en marin satsing på forskning, utdanning og innovasjon adressere nye fremtidige anvendelser og utfordringer og bidra til å løfte og befeste en visjon om en norsk «blå økonomi».

## 7. Beskrivelse av kunnskapsområder og forskningsgrupper

### 7.1. Grønn sjøtransport

#### *Sentrale kunnskapsområder*

De sentrale kunnskapsområdene innenfor «Grønn sjøtransport» er som følger:

#### **Sjøegenskaper og manøvrering**

#### **Skrogdesign**

#### **Friksjonsmotstand**

Energieffektivitet

Operasjonsprofiler og operasjonseffektivitet

Sikkerhet/risiko

#### *Mål*

Bidra til videre utvikling av kunnskap og løsninger for skipsdesign og skipsdrift for miljøvennlig, smart, energieffektiv og sikker sjøtransport, basert på NTNUs styrkeområder, som bidrag til den norske maritime klynge.

#### *Delmål*

- Etablere kunnskap om skipsdesign design på skips og teknologinivå som legger grunnlag for mer energieffektiv og miljøvennlig sjøtransport.
- Etablere kunnskap om teknologistøttede operasjons- og styringsmodeller (for enkeltskip, flåte av skip, sjøtransport-systemer og maritime logistikkjeder) som bidrar til mer energieffektiv og miljøvennlig sjøtransport.
- Økt kunnskap om fangst, lagring og bruk av relevante (store) datamengder for design og operasjon av skip for energieffektiv, miljøvennlig og sikker sjøtransport.
- Økt kunnskap om reduksjon av friksjonsmotstand, herunder håndtering av begroing på skip.
- Økt kunnskap om sikkerhet i nye sjøtransportløsninger, samt støtte for økt sikkerhet i ny teknologi.
- Forbedrede metoder for analyse av ulykkessituasjoner

#### *Forskningsområder*

Internasjonal skipsfart står globalt for utslipp av en vesentlig og økende andel av klimagasser, skadelige nitrogenoksider, svoveloksider og partikler som påvirker helse og miljø regionalt og lokalt. På denne bakgrunn er forskning på miljøvennlig, smart, energieffektiv og sikker skipsfart et viktig flerfaglig tema der det er behov for kompetanse innenfor marin teknologi i vid forstand sammen med blant annet elkraftteknikk, teknisk kybernetikk, datateknikk, materialteknologi, sikkerhet og pålitelighet, maritim logistikk og operasjonsanalyse, industriell økologi, naturmiljø, sosialøkonomi samt statsvitenskap. Dette vil gjelde studier av både transportkjeder og av de ulike faser av skipets livssyklus inkludert prosjektering, operasjon, vedlikehold og avhending. Verifikasjon og analyse av miljømessige og politiske konsekvenser av sjøtransport, spesielt i sårbare områder som arktisk, vil stå sentralt og knyttes opp mot området "Havet, miljøet og samfunnet".

Sjøtransporten er bærebjelken for global vareforflytning og internasjonal fysisk arbeidsdeling, og må med forventede økninger i sjøtransport redusere utslipp av klimagasser med 50-80% per enhet

transportarbeid i utseilt tonn nautisk mil for å nå internasjonale mål. Fremtidens sjøtransport må da være miljøvennlig og energieffektiv, basert på smart teknologi og smartere bruk av tilgjengelige data.

Sikkerhet bli fokusert, ikke minst i arktiske områder. Ulykker med passasjerskip og handelsfartøy i områder langt fra eksisterende infrastruktur kan føre til store tap av menneskeliv eller forurensninger. Det vil være nødvendig å kunne anslå både sannsynlighet for store ulykker og konsekvensene av disse, for eksempel i form av konstruksjonsskade og tap av stabilitet

Det er flere kunnskapsområder som vil understøtte en satsing på 'Grønn sjøtransport'. For å synliggjøre en gruppering av kunnskapsområdene er disse inndelt i tre grupper:

Gruppe 1: Marin teknikk, elektroteknikk, teknisk kybernetikk.

Gruppe 2: Materialteknikk – begroing, operasjonsanalyse – simulering og optimering, Datateknikk, og sikkerhet (RAMS).

Gruppe 3: Industriell økologi, ROSS, Samfunnsøkonomi

Den første gruppen dekker muliggjørende teknologi som kan bidra til mer energieffektive og miljøvennlige skip og skipssystemer. Marin teknikk har kunnskap om prosjektering av skip med fokus på skifte av teknologiutrustning i løpet av skipets (skrogets) levetid, hydrodynamiske utfordringer ved fokus på optimalisering av skrog for lav hastighet og et større hastighetsområde samt for reelle sjøtilstander, maskinerikonfigurasjoner og maskineristyring basert på nye drivstoff og hybride maskinerisystemer, nye materialer og konstruksjoner for vektreduksjon, samt smart driftsteknikk og sikkerhetsstyring som gjennom bruk av sanntids datatilgang kan tilpasse og optimere rutevalg og driftsprofil – det siste er viktig da studier viser at energiforbruk kan variere med ti-talls prosent for søsterskip som går i lik farled, men med forskjellig mannskap. Videre finner vi kunnskap om elektriske fremdriftssystemer og kybernetikk- og styringssystemer. Kunnskapsområdene i den første gruppen er mest innrettet mot prosjekteringsfasen, men vil også ha elementer som kan utnyttes i operasjon.

Den andre gruppen består av kunnskapsområder som understøtter den første gruppen ved å sikre og utnytte de muligheter som de nye teknologiene i den første gruppen gir. Materialteknikk kan være et viktig område inn imot begroing på skrog, som er og vil bli et relativt viktigere område for energieffektivitet ved lavere hastigheter samt at begroing vil bli et økende problem ved lavere hastigheter – og et område med god forskningshøyde og støtte til utviklingen på det hydrodynamiske kunnskapsområdet. Operasjonsanalyse og simulering kan benyttes både i prosjekteringsfase og i operasjon for å finne gode eller optimale løsninger blant et sett av alternativer. Tilnærminger basert på optimeringsmodeller har blitt et viktig kunnskapsområde innenfor maritim logistikk, mens en ser at tilnærminger basert på simulering gir nye og gode kunnskapsbidrag ved prosjektering av skip for energieffektivitet. Sanntids tilpasning av farled (værruting) og operasjonsprofil til skip- og farledsspesifikke forhold som værmelding og metocean data i forhold til skipsdesign og maskinerikonfigurasjon, samt anløpstid i havn, vil kreve sanntids fangst og utnyttelse av data i forhold til historiske dataprofiler. Fangst, lagring for gjenbruk og bruk av slike datamengder er et tema for kunnskapsområdet datateknikk. Til slutt vil kunnskapsområdet

sikkerhet og RAMS<sup>3</sup> bidra til å ivareta sikkerhetsdimensjonen ved nye teknologiske løsninger, samt bidra til å forbedre maritim sikkerhet ved smart bruk av ny teknologi og tilgjengelige data og valg av robuste konstruksjonsutførelser. Den andre gruppen vil primært virke i operasjon, men også i prosjekteringsfasen.

Gruppe 3 omfatter viktige områder for å sette kunnskapen omkring sjøfart og miljøvennlig sjøfart inn i en større ramme. Dette omfatter kunnskapsområder som industriell økologi, sikkerhetskunnskap utover det som dekkes av RAMS (via ROSS Gemini senteret ved NTNU), samfunnsøkonomi og industriell økonomi.

### *Forskningsgrupper som bidrar*

De bidragende forskningsgruppene i forhold til gruppene nevnt ovenfor er gitt i Tabell 1 nedenfor. Figur 4 i avsnitt 7.7 oppsummerer forskningsgruppenes bidrag til de andre spissområdene.

**Tabell 1. De sentrale forskningsgruppene som er involvert i «Grønn sjøtransport»**

<b>Forskningsgrupper:</b>	<b>Relevans</b>
Marine systemer	**
Marine konstruksjoner	**
Marin kybernetikk	*
Marin naturvitenskap	*
Marin kommunikasjonsteknologi	**
Marin materialteknologi	**
Marin forvaltning	*
Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus	*
RAMS	**
Marin byggeteknikk	**

### *Status og ambisjoner om faglig satsing*

Kunnskapsområdene nevnt ovenfor og de bidragende forskningsgruppene har flere etablerte relasjoner gjennom forskningsprosjekter og sentra. Grønn sjøtransport er blant annet et av fokusområdene i den nye SFF AMOS og er et samarbeidsområde mellom Institutt for marin teknikk (IVT) og Institutt for teknisk kybernetikk (IME). Videre er 'Sikker, miljøvennlig og energieffektiv sjøtransport' et fagplanområde under utvikling ved Institutt for marin teknikk, som del av IVT sin fagplanprosess.

I 2010 ble en SFI søknad med tittel 'Greening Shipping' sendt inn til Norges Forskningsråd sin SFI utlysning. Søknaden fikk meget god evaluering i den internasjonale, faglige evalueringen, men falt igjennom i industripanelet, som ikke hadde representasjon fra maritim industri. En SFI-søknad på temaet 'sikker, smart, miljøvennlig og energieffektiv sjøtransport' planlegges for kommende utlysingsrunde.

Flere relevante kompetanseprosjekter med industrimedvirkning og innovasjonsprosjekter er knyttet til dette satsingsområdet er MARFLIX, LEEDS, FARGE, SOEs miljøprosjekt og IØT relevante prosjekter. Andre relevante aktører er et Geminisenter for maritim logistikk ved NTNU og SINTEF (IMT, IØT, MARINTEK, SINTEF Anvendt matematikk).

<sup>3</sup> RAMS – Reliability, Availability, Maintainability and Safety.

### *Infrastruktur og bemanning*

Avanserte laboratoriefasiliteter er tilgjengelig gjennom hydrodynamiske laboratorier, maskinerilaboratorier og hybrid maskineri laboratorium ved Marinteknisk senter.

## 7.2.Ned i havrommet

### *Sentrale kunnskapsområder:*

De sentrale kunnskapsområdene for «Ned i havrommet» er som følger:

**Undervannsrobotikk**

**Sensorsystemer**

**Simulering av komplekse operasjoner**

**Hybrid testing i laboratorier**

Ressurskartlegging

Miljøforskning og -overvåkning

### *Mål*

Det overordnede mål er å etablere nye metoder og teknologi for å planlegge og gjennomføre marine operasjoner på dypt vann. Marine operasjoner omfatter bruk av ubemannede mobile undervannsfarkoster (plattformer) og stasjonære og mobile sensorsystemer i framtidens havforskning, overvåkning og kartlegging., men også tradisjonelle operasjoner for leteboring og petroleumsproduksjon.

### *Delmål*

- Utvikle teknologi for bruk av undervannsfarkoster i havforskning, overvåkning og kartlegging av ressurser og miljø
- Etablere systemer og metoder for undervannskommunikasjon og kommunikasjonsnettverk for marine lokaliteter
- Utvikle teknikker for å gjennomføre eksperiment i laboratorier der man kombinerer fysiske og numeriske modeller slik at forsøk med operasjoner på dypt vann kan utføres i relativt grunne bassenger med en akseptabel modellskala.
- Forbedre dagens analysemetoder for marine operasjoner slik at alt utstyr og alle viktige effekter kan simuleres i en integrert modell
- Utvikle teknologi gjennom samarbeid mellom teknologer og naturvitere som sentrale brukere
- Ha er hovedfokus på dypt vann og i arktiske strøk og på metodenes potensialer som muliggjørende teknologi i overvåkning og kartlegging, spesielt i ekstremt havmiljø

### *Forskningsområder*

Teknologi for virkelig å kunne utforske og forstå havrommet har først blitt tilgjengelig de siste tiårene, og havrommet er det siste store utforskede natursystemet på kloden for mennesket. Det er en stor utfordring å lære mer om potensialet til havet, de levende og ikke-levende ressursene og havets interaksjon med terrestriske biosfæren og det globale klimaet. Behovene for ny og mer effektiv teknologi for å observere, overvåke og operere i havrommet er viktig for mange fagområder og næringer.

Havforskning med kartlegging og overvåkning av viktige biologiske ressurser og forskning omkring kjemiske og biologiske forhold i det marine økosystemet har helt nye muligheter med de nye metoder og systemer for observasjon og prøvetaking i havet. Forskning vil mye raskere kunne heve basiskunnskapen omkring biologisk mangfold og naturtyper som er viktige for forvaltning av naturen og for den marine næringsvirksomheten. Sentralt i denne forskningen vil være utvikling av ny metodikk og teknologi for kartlegging og overvåking i vanskelig tilgjengelig og sårbare områder, slik



som dyphav og Arktis. Videre er det sentralt å videreutvikle metodenes anvendelser for å kartlegge marine kulturminner.

Ny teknologi for undervannsrobotikk og undervannskommunikasjon er også helt avgjørende i forbindelse med olje og gass virksomhet. Mye av verdens gjenværende mineral-, olje- og gassressurser på dypt vann, og stadig mer marin virksomhet vil foregå i krevende marint miljø. Aktiviteten omfatter hele spennet fra miljøkartlegging, kartlegging av kulturminner og overvåking til utvikling av teknologi og metoder for installasjon, overvåking, inspeksjon og intervensjon av olje- og gassinstallasjoner. Teknologien er helt nødvendig for kartlegging av marine mineralressurser, noe som er ventet å få stor betydning i framtiden. Andre sentrale anvendelser i framtiden vil bli mot havbruk, og en bedret teknologi er avgjørende for havbruk i eksponert havmiljø.

Observasjons- og prøvetakingsmetoder som nå gradvis blir tilgjengelig er basert på moderne marine teknologi, kybernetikk, informasjons- og kommunikasjonsteknologi, og på en voksende grunnleggende kunnskap om havet og dens økosystemer.

Dagens havmiljølaboratorien har et vanddyp som gjør at man kan gjøre skalerte forsøk med operasjoner ned til 500 meter og fortsatt ha en akseptabel modellskala. For økende vanddyp må man lage trunkerte modeller (f.eks. kortere ankerliner) som har begrensninger og medfører unøyaktigheter. Hybrid modellering betyr at deler av modellen er skalert på vanlig måte, mens kreftene i ankerlinene beregnes mens forsøket pågår, og påføres ved kontrollerte kraftgivere. En slik hybrid modell gjør at man kan gjøre modellforsøk på ubegrenset vanddyp. Man kan også forandre ankersystemet for en flytende plattform uten å forandre den fysiske modellen; det er tilstrekkelig å forandre analysemodellen som beregner kreftene i linene.

Dagens analysemodeller har ofte begrensninger med hensyn til hvilke fysiske elementer som er med i modellen og hvilke effekter man tar hensyn til. En analyse av et stigerør vil for eksempel ikke ta hensyn til indre strømming. Men ved frikobling av et borestigerør vil boreslam strømme ut og påvirke rørets oppførsel. Betydningen av denne effekten vil øke med økende vanddyp. En integrert modell for stigerørsdynamikk og indre væskestrøm er derfor ønskelig.

Blant tilgjengelige teknologi/utstyr er:

- Nye sensorer for deteksjon av de fysiske, kjemiske og biologiske forholdene i havmiljøet (f. eks. akustikk, video, spektralanalyse, fysisk/kjemisk miljø)
- Stasjonære, mobil og autonome plattformer som er bærere av sensorene (f. eks. ROV, AUV, bøyer, fly, satellitter)
- Teknologi for undervannskommunikasjon og dataoverføring til andre stasjonære og mobile plattformer
- Gode laboratorier og dataprogrammer for simulering av ulike typer marine operasjoner.

NTNU har en nasjonal nisje for marin robotikk og marin instrumentering, og SSF AMOS og infrastrukturen som etableres under AUR-Lab vil bidra til at NTNU kan bygge videre kompetanse og befeste vår nasjonale og internasjonale rolle på området. For å få dette er det viktig at AUR-Lab blir en arena der teknologiutviklere og brukere sammen bidrar til spesifisering og utvikling av utstyr og metoder. Dagens samarbeid involverer fagmiljøer for marin teknikk, biologi, kjemi, geologi, arkeologi, undervannskommunikasjon og kybernetikk. Kybernetikk (styre og forstå maskiner) og fysiologi (forstå funksjonen og oppbygging av en organisme) er et eksempel på hvor en kan koble

naturvitenskap og teknologi og hvor en rekke forskningsfelt kan bidra til å forstå og kartlegge naturressurser.

### *Forskningsgrupper som bidrar*

Nye metoder og teknologi for havforskning er anvendelig innenfor mange faglige disipliner. De involverte faggruppene i «Ned i havrommet» er vist i Tabell 2. Flere detaljer om faggruppene er gitt i avsnitt 7.7 (Figur 4) og i vedlegg. Faggruppene har ulike roller. Noen er primært involvert i utviklingen av systemene mens andre primært bidrar til å spesifisere og være krevende brukere av den nye teknologien.

**Tabell 2. De sentrale forskningsgruppene som er involvert i «Ned i havrommet»**

<b>Forskningsgrupper:</b>	<b>Relevans</b>
Marine systemer	*
Marine konstruksjoner	**
Marin kybernetikk	**
Marin naturvitenskap	**
Marin kommunikasjonsteknologi	**
Marin materialteknologi	*
Marin forvaltning	*
Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus	*
Marin arkeologi	**
RAMS	*

### *Status og ambisjoner om faglig satsing*

Videreutvikle utstyrsporteføljen i AURLab, etablere SUB-Sea senter ved TBS.

## 7.3.Olje og gass fra nord

### *Sentrale kunnskapsområder:*

De sentrale kunnskapsområdene for «Olje og gass fra nord» er som følger:

#### **Arktisk marin teknologi**

Intelligent styring

Marint naturmiljø

### *Mål*

Skape kunnskap og kompetanse og bidra til utvikling for sikre, miljørobuste, og driftsoptimale marine konstruksjoner og operasjoner i sårbare offshoremiljø i nordområdene

### *Delmål*

Bidra til utvikling av:

- Analysemetoder og internasjonale standarder for design og operasjon av marine offshore fartøy, faste konstruksjoner, og flytende produksjonssystem for sikker og miljørobust olje- og gassproduksjon i nord. I tillegg til kapasitet med hensyn på isbelastninger, vil motstand mot andre ekstreme miljølaster samt ulykkeslaster (kollisjon mellom plattform/skip/isfjell, grunnstøting, branner , eksplosjoner etc.) være i fokus.
- Teknologi, metoder, og prosedyrer for dynamisk posisjonering og (thruster-assistert) forankring av fartøyer i is.
- Sikker og miljøvennlig kraftproduksjon og kraftforsyning i marine fartøyer og til fjerntliggende arktiske offshoreinstallasjoner.
- Teknologi og metoder vedrørende kommunikasjon, navigasjon, kartsystem, guidance- og styringsalgoritmer, og generell autonomi for sikker og kostnadseffektiv anvendelse av ubemannede autonome farkoster (AUV, USV, UAS, osv.) for arktiske operasjoner.
- Kunnskap, teknologi, modeller, og metoder for kartlegging og analyse av miljø- og isparametre i et arktisk offshorefelt, samt modeller og beslutningsstøttesystem for sensorintegrasjon og kontinuerlig sanntidsovervåkning av miljøvariabler, sjøistilstand og sjøisdrift, og deteksjon, monitorering, og risikovurdering av isfjell og skrugarder.
- Teknologi, metoder, prosedyrer, og risikovurdering, inkludert kvantitativ beregning av reduksjon av vedvarende belastninger ved anvendelse av et «Ice Monitoring and Management» system for fartøy utsatt for laster fra sjøis, skrugarder, og isfjell.
- Metoder for styring av fartøy basert på monitorering av islaster og konstruksjonsrespons
- Støttesystemer og prosedyrer for beredskap og nødrespons i arktisk oljerelatert virksomhet.

### *Forskningsområder*

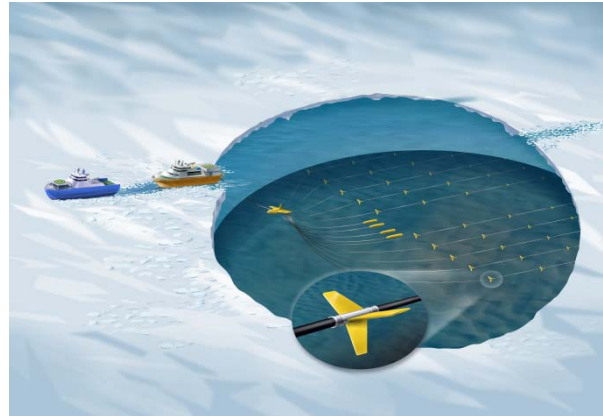
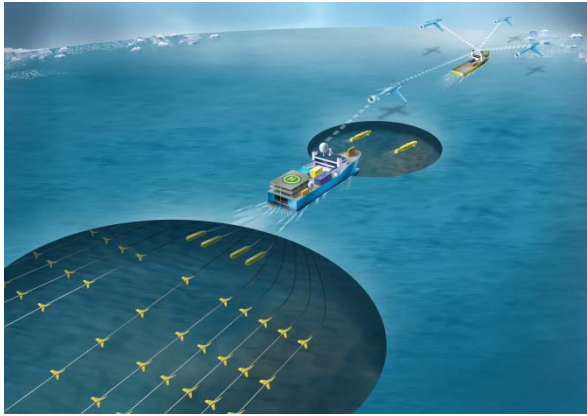
United States Geological Survey (USGS) har anslått at 30% av verdens uoppdagede gassforekomster og 13% av de uoppdagede oljeforekomster befinner seg i Arktis (Gautier et al., 2009). Denne positive vurderingen kommer på et tidspunkt der den polare iskappa er avtagende og potensielle områder for utnyttelse av naturressurser blir mer tilgjengelige i delvis isfrie områder deler av året. Mange nasjoner og mange energiselskap ser mot nord med ny interesse for de muligheter som ligger der, og en må forvente tøff konkurranse i kampen om å tilby miljørobuste løsninger for bærekraftig utvinning av petroleumforekomstene.

Mens ressursutbyttet kan være stort i nordlige havområder, så byr det også på ekstreme utfordringer. Operasjonene vil typisk bli gjennomført i svært fjerntliggende områder uten tilgang på infrastruktur, i svært lave temperaturer og totalt mørke store deler av året, med varierende grad av nyårs og mangeårig sjøis, innslag av store og små isfjell, med påkjenninger fra polare lavtrykk, snø, skodde, og kalde vinder. I isfrie områder, slik som i det nordlige Norskehavet og Barentshavet, så vil bølgepåkjenninger også være signifikante, og i kombinasjon med vind og lave temperaturer medføre store utfordringer med ising på strukturer. Operasjoner i dag må typisk gjennomføres i trygge værvindu gjennom sommerhalvåret, men med en overhengende fare for at miljøkreftene forverres. Det må derfor bygges inn margin for sikker operasjon og sikker terminering og evakuering av operasjon. Mot målet om en sikker og miljørobust ressursutnyttelse i Arktis, både ved tidsavgrensa aktiviteter og ved permanente aktiviteter, vil dette kreve utvikling av infrastruktur, ny teknologi, nye standarder, og nye operasjonelle prosedyrer. Hvert offshore felt vil ha sine egne utfordringer, og løsninger må derfor skreddersys. Men mange av de underliggende byggeklossene vil være de samme fra felt til felt, satt sammen optimalt for det gitte område.

Da Norge har ansvar for et stort arktisk område, inkludert Svalbard kontinentalområde, så sitter vi i posisjon til å påta oss en signifikant rolle i bærekraftig utforskning og utnyttelse av arktiske ressurser – slik dette også ble gjort i Nordsjøen. Det må derfor være et viktig mål for NTNU å være en drivende kraft for en slik prosess, gjennom forskning, innovasjon, og kompetanseutvikling.

Typiske delaktiviteter for olje- og gassproduksjon er seismiske undersøkelser, kartlegging og planlegging av et petroleumsfelt, prøveboring, brønn- og feltutvikling, olje- og gass produksjon, lagring og transport, og til sist feltnedbygging.

**Seismiske undersøkelser** - Undersøkelser med seismiske kabler blir i dag gjort med 3D undersøkelser i delvis isfrie områder, samt 2D undersøkelser i områder dekket av sjøis under assistanse av en isbryter. En seismisk konstellasjon, i typisk utstrekning 1,5 x 12 km, er omtalt som verdens største styrte formasjon. Dette innebærer at manøvrerbarheten til en slik struktur ikke er god, og dermed blir isfjell og drivis i den planlagte undersøkelsesbanen ett av de største problemene for kartlegging i åpne arktiske havområder. Det blir i dag brukt en delvis stor flåte av speiderfartøy for slike operasjoner, men pga. manglende infrastruktur så rapporteres det om store utfordringer rundt datakommunikasjon mellom fartøyene og flåtestyring generelt. Det ligger derfor et stort potensiale rundt bruk av autonome koordinerte farkoster (droner, USV, AUV, osv.) for datainnsamling og monitorering av sjøis, samt for å etablere ad-hoc lokale datakommunikasjonsnettverk for intelligent flåtestyring og beslutningsstøtte mellom de ulike fartøyene. Ved undersøkelser i områder dekket av sjøis, så har dette blitt gjort med en isbryter og et seismikkskip med en enkelt seismisk kabel, noe som gir en 2D undersøkelse. Det ligger her et potensiale for en mer avansert seismisk struktur og autonom intelligent styring for å kunne gjennomføre seismiske undersøkelser under isen.



### **Kartlegging og planlegging av et petroleumsfelt**

- Kartlegging og planlegging av et arktisk offshorefelt innebærer i stor grad innsamling og analyse av metocean data og isdata. Slike områder har for så vidt god dekning av måledata fra satellitter, men det rapporteres et behov for mer lokale og regionale måledata. Dette er nødvendig for å kalibrere meteorologiske modeller og for å bygge opp lokal sjø- og isstatistikk. Det ligger derfor et potensiale her i utvikling av mer kostnadseffektive metoder for innsamling av miljødata ved integrert bruk av mobile og stasjonære sensorplattformer, instrumentering, og effektive metoder for integrering, håndtering, og presentasjon av store mengder måledata av arktiske miljøparametre for et lokalt og regionalt område.

**Prøveboring** - Arktiske boreoperasjoner impliserer omtrent alle utfordringer man har rundt sikkerhet og kostnadseffektiv operasjon i arktiske områder. Utfordringer ligger i strukturell design og vinterisolasjon av borefartøyet, bruk av dynamisk posisjonering og (thruster-assistert) forankring i is, overvåking av istilstand og bruk av isbrytere i et *Ice Management* system for å minimalisere den jevne isbelastning på fartøyet, deteksjon, overvåking, risikovurdering, og håndtering av isfjell og skrugarder, nødprosedyrer og nødhåndtering (f.eks. rask frakobling og sikring av brønn, fartøysevakuering pga. isfjell, utstyr og prosedyrer for evakuering av personell, nødresponssystem, osv.), og håndtering av utblåsing (f.eks. bruk av BOP i grunne kontra djupe arktiske felt, mulighet for å bore avlastningsbrønn i et gitt operasjonsvindu i sommersesong, håndtering av olje- og gassutslipp, osv.)

**Brønn- og feltutvikling** - Når olje eller gass har blitt oppdaget på et felt så starter en feltutviklingsaktivitet, som typisk involverer et omfattende boreprogram, utvikling av produksjonsfartøy og subseastrukturer, bruk av konstruksjons- og intervensjonsfartøy, kranoperasjoner, og andre fartøysoperasjoner, omfattende subseaoperasjoner, subsea rørlegging, utvikling av lagringsenhet for olje- og gass, osv. Alt dette skal være tilpasset for (mulig permanent) operasjon i det arktiske miljøet på feltet, inkludert nødvendig risikovurdering, risikomarginer, og nødhåndtering. Det vil det være behov for marine operasjoner over lange avstander med bruk av mindre fartøyer for å få ned kostnadene. For å minke risikoen for ulykker vil det kreves mer nøyaktige simuleringsmodeller som er koblet til systemer for havmiljøovervåking. Sanntidsmodeller vil være ønskelig.

I tillegg er det en utfordring rundt utvikling av akseptabel pålitelig og miljøvennlig kraftforsyning til et slikt felt, noe som gir muligheter for kunnskap og utvikling av løsninger for «smart grids», utvikling av lokale system for fornybar energi, integrasjon av kraftsystem, og sikker autonom styring av

kraftproduksjon og -fordeling for å opprettholde nødvendig kraftforsyning i normale og abnormale driftsmodi og med nødvendig redundans for å unngå ikke-planlagt tap av kraft på feltet.

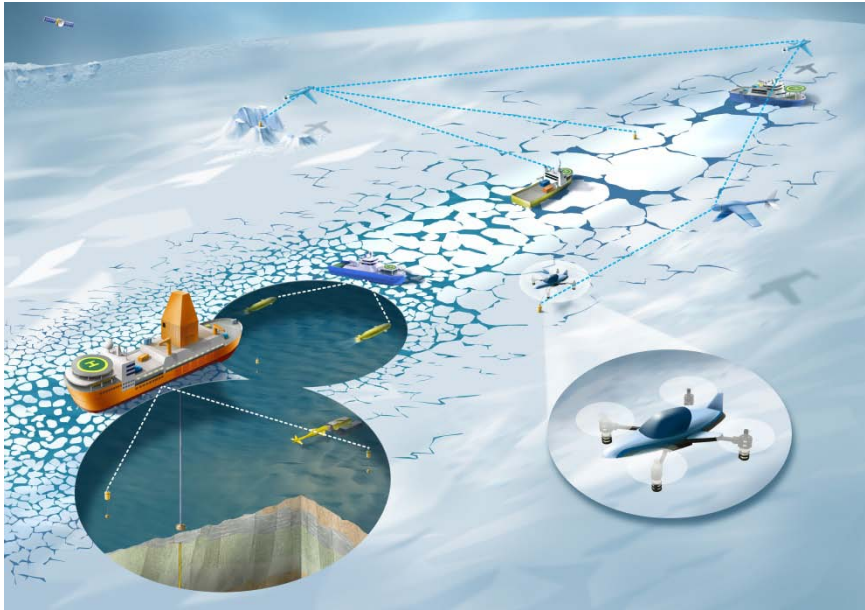
**Olje- og gass produksjon** - Olje og gassproduksjon i nord ved bruk av et produksjonsfartøy, vil involvere mange av de samme utfordringene som for et borefartøy nevnt ovenfor, og til dels også ved bruk av et subsea anlegg. Overvåking av miljøsituasjon (spesielt sjøis og isfjell), risikovurdering, og risikohåndtering står også her som en sentral utfordring. For dette blir igjen kontinuerlig lokal og regional datainnsamling ved bruk av pålitelige (redundante) mobile og stasjonære sensorplattformer, dataintegrasjon, operasjonelle prosedyrer og beslutningsstøttesystem, og system og prosedyrer for nødberedskap og nødrepons svært viktig.

**Lagring og transport** - Bruk av et flytende lagringsfartøy i et isinfisert operasjonsområde stiller store krav til et *Ice Management* system for å overvåke drifhastighet og retning til is, og for å minimalisere belastning på fartøyet. På enkelte områder er det målt en 180 graders retningsendring av isdrifta i løpet av mindre enn 30 minutt. Å kunne snu et system bestående f.eks. av et produksjonsskip i tandem med en lagringsenhet i dravis i løpet av så kort tid vil være svært utfordrende, spesielt dersom dette skjer samtidig med avlastning til et tankskip. Dette innebærer at det å utvikle effektive konstruksjoner, operasjoner, og prosedyrer for lagring og avlastning av olje i Arktis blir viktig. I tillegg vil det å kunne overvåke og prediktere endringer i isdrifta på en sikker og pålitelig måte, ved bruk av flere barrierer basert på ulike sensorer og modeller, være svært viktig.

**Feltnedbygging** - Dette innebærer mye av det samme som for feltutvikling og detaljeres ikke ytterligere.

Viktige element i oppbygningen av en arktisk offshore olje- og gassutvinningsaktivitet der NTNU kan bidra med forskning og kompetanseutvikling:

- Design av faste og flytende konstruksjoner for sikker og miljørobust operasjon i arktiske områder:
  - Ismekanikk og kontinuumsmekaniske ismodeller for beregning av lokale og globale islaster samt isinduserte vibrasjoner.
  - Konstruksjonsrespons for ulykkelaster og ekstreme miljølaster
  - Utmatting av kraftkabler utsatt for varierende operasjonsbetingelser
  - Marine konstruksjoner, byggeteknikk, og nye materialer.
  - Unngåelse av ising ved vinterisolasjon, utvikling av nye typer overflatebehandling, osv.
  - Minimalisert miljøutslipp til vann og luft.
  - Felt-spesifikt design (f.eks. transit/DP i åpent hav kontra transit/DP i is, mulighet for effektivt å håndtere forandring i retning av isdrift, brønnfrakoblingsystem for å evakuere feltet i tilfelle et uhåndterlig isfjell ankommer området, osv.)



- Dynamisk posisjonering (DP) i is:
  - Modeller, metoder, og teknologi for målinger og beregninger av lokal og globale iskrefter på DP fartøy.
  - Redundante metoder for automatisk kompensasjon av iskrefter ved bruk av thrustere.
  - Propellteknologi og bruk av thrustere i is.
  - Lokale ombordsystem for monitorering av islaster og isdriftretning.
  - Eksterne overvåkningssystem av issituasjon og Ice Management.
  - Navigasjon, kommunikasjon, og kybernetikk.
  - Nye prosedyrer og beslutningsstøttesystem for DP operasjon i is.
  - Simulering for designverifikasjon av flytende DP fartøy i is og DP treningssimulatorer.
  
- Forankring i is:
  - Bruk av thruster-assistert forankring (overvåkning av isdriftretning svært viktig).
  - Krefter på skrog og forankringslinjer samt optimal avlastning med thrustere.
  - Modellering og overvåkning av forankringssystem.
  
- Sikker og miljøvennlig kraftproduksjon og kraftforsyning til fjerntliggende arktiske offshoreinstallasjoner:
  - Reduksjon av miljøutslipp er svært viktig i et sårbart arktisk miljø.
  - Bruk av lokale fornybare energikilder.
  - Sikker og bærekraftig anvendelse av LNG som erstatning for diesel.
  - Kybernetikk anvendt for «smart grids» og energi- og utslippsoptimal «Power Management» for sikker produksjon, fordeling, og minimalisert konsum av elektrisk kraft.
  
- Ubemannede autonome farkoster:
  - Kartlegging av metocean data og isparametre.
  - Kontinuerlig fjernovervåkning av sjøis og miljøparametre.
  - Deteksjon og overvåkning av isfjell.
  - Ad-hoc «bredbånd» kommunikasjonsnettverk.

- Overvåkning av nødresponsoperasjon etter en alvorlig hendelse (f.eks. overvåkning av fartøyer i område, utstrekning på oljesøl, mann-over-bord situasjon, osv.)
- Kartlegging og fjernovervåkning av is og miljøparametre:
  - Bruk av ulike autonome stasjonære og mobile farkoster som sensorplattformer.
  - Utvikling av modeller for arktiske forhold og kalibrering mot måledata.
  - Miljøkartlegging kontra kontinuerlig overvåkning.
  - Overvåkning av sjøisparametre og isbevegelse.
  - Deteksjon og monitorering av isfjell og skrugarder.
  - Data- og sensorintegrasjon og visualisering for utvikling av nye effektive og sikkerhetskritiske beslutningsstøttesystem for metocean- og sjøisparametre.
- «Sea-ice Management»:
  - Innsamling av sjøisparametre og dataprosessering.
  - Risikovurdering av istilstand for faste og flytende systemer inklusiv risikohåndtering.
  - System for reduksjon av risiko og islaster (typisk ved bruk av isbrytere).
  - Kvantitativ beregning av reduksjon i islaster
- «Iceberg Management»:
  - Sikker og pålitelig deteksjon og monitorering av isfjell og skrugarder i definert operasjons- og overvåkningsområde.
  - Prediksjon av driftsbaner for isfjell og skrugarder og risikovurdering for installasjon.
  - Isfjelltauing og andre metoder for håndtering av isfjell.
  - Metoder og system for å minimalisere risiko fra skrugarder.
  - Nødresponssystem for oljeinstallasjon / beskyttet konstruksjon
  - Beregning av konstruksjonsskade ved støt fra små isfjell.
- Nødberedskap og nødrespons:
  - Planlagt og ikke-planlagt nedstenging av brønn, frakobling, og fartøysevakuering fra området.
  - Barrierer for utslippsunngåelse og respons ved kritiske utslipp.
  - Systemer for trygg evakuering, søk og redning.
  - Navigasjons-, kommunikasjons-, monitorerings-, og beslutningsstøttesystem ved nødrespons.
  - Ulykke- og katastroferespons.
- Sikre marine operasjoner
  - Transport av subseautstyr over lange avstander
  - Bruk av mindre fartøyer
  - Systemer for sanntidsprediksjon av koblet konstruksjonsrespons
  - Kobling til havmiljøovervåkning

### **Forskningsgrupper som bidrar**

De involverte faggruppene i «Olje og gass fra nord» er vist i Tabell 3. Flere detaljer om faggruppene er gitt i avsnitt 7.7 (Figur 4) og i vedlegg.



Tabell 3. De sentrale forskningsgruppene som er involvert i «Olje og gass fra nord»

Forskningsgrupper:	Relevans
Marine systemer	**
Marine konstruksjoner	**
Marin kybernetikk	**
Marin naturvitenskap	*
Prosesseringsteknologi	**
Marin kommunikasjonsteknologi	**
Marin materialteknologi	**
Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus	*
RAMS	**
Marin byggteknikk	*

#### Status:

- **SFF CeSOS** har i sine 10 aktive år gitt et vesentlig bidrag til styrking av fagmiljøet ved Marinteknisk Senter, og har satt en standard for kvalitet i forskningen som vil ha stor betydning framover.
- SFI SAMCoT har en omfattende aktivitet på dette spissområdet gjennom følgende arbeidspakker:
  1. **Data Collection and Process Modelling:** To collect and analyze field data on sea ice, icebergs, and coastal permafrost.
  2. **Material Modeling:** To provide constitutive models for ice rubble (ice ridges) and permafrost that can be used in advanced analyses of boundary value problems in other WPs, and to create numerical models that could be used to predict the drift of sea-ice and icebergs in the Barents Sea and Kara Sea.
  3. **Fixed Structures in Ice:** To develop the analytical and numerical models needed by the industry to predict the action from ice (first- and multi-year, level ice, and ridges) on fixed single and multileg structures, and to further develop innovative vibration mitigation measures.
  4. **Floating Structures in Ice:** To develop new knowledge, analytical and numerical models needed by the industry to improve the prediction of loads exerted by first-year and multi-year level ice and ridges, as well as, icebergs on floating structures. This also implies prediction of the behavior and performance of the structures.
  5. **Ice Management and Design Philosophy:** To establish a design philosophy that ensures the fulfillment of the standard design requirements for Arctic offshore structures without being overly conservative. The established philosophy shall consider use of ice management means such as icebreakers, iceberg towing vessels, ice surveillance (detection, tracking, and forecasting), and disconnection / reconnection capabilities of moored floating structures.
- SFF AMOS vil gi et vesentlig bidrag til kunnskap og kompetanse for spissområdet gjennom følgende planlagte prosjekt:
  1. Optimization and fault-tolerant control of offshore renewable energy systems.
  2. Autonomous unmanned vehicle systems.
  3. Autonomous underwater robotics for mapping, monitoring, and intervention.

4. Autonomous aerial systems for marine and arctic monitoring and data collection.
  5. Energy management and propulsion for greener operations of ships and offshore structures.
  6. Autonomous marine operations in extreme seas, violent water-structure interactions, deep waters and Arctic.
  7. Consequences of accidental and abnormal events on ships and offshore structures.
- SFI IO: Promotere økt oljeutvinning, akselerert produksjon, reduserte operasjonelle kostnader, og forsterket sikkerhet og miljømessige standarder.
  - KMB Arctic DP: Ser på dynamisk posisjonering i is i sammenheng med et Ice Management system for observasjon av istilstand og beregning/simulering av islaster.
  - KMB CIV Arctic: Design studium av et konstruksjonsfartøy for oppdrag i nordområdene – delvis i is, delvis i åpent hav.
  - KMB D2V: Design av sikkerhetskritiske power management system ombord på borerigger og offshore fartøy for bl.a. arktiske operasjoner og regelverk for verifikasjon.
  - KMB PetroRisk: Studier av risiko forbundet med produksjon i kaldt vann
  - EU prosjekt MARTEC ERA-NET DYPIC: Modelltesting av frittflytende DP fartøyer i istanken hos HSVA, for å studere nye kommersielle DP-is konsepter og vurdere effektiviteten av slike tester.
  - NFR prosjekt iUBD (Intelligent Drilling -- Automated Underbalanced Drilling Operations): Studerer nye teknikker for automatisert boring for å gi sikrere og mer effektive operasjon, noe som er vesentlig når det er strenge tidsvindu på et sårbart arktisk felt.
  - IME fyrtårnsprosjekt CAMOS (Coastal and marine operations and surveillance): Prosjekt for å utvikle et robust, integrert, feiltolerant kommunikasjonsrammeverk for å tilby kommunikasjon til øde, kystnære, marine, og arktiske områder.

### **Ambisjoner:**

Nytt flytende NTNU laboratorium for forskning i fjord, til havs, og i Arktis: «R/V Ocean Space TeknoShip»

- Gunnerus er en suksess, men tilgang er i ferd med å bli begrenset. Ombordsystemer er proprietære og er lite egnet for teknologiforskning relatert til ombord skipsutstyr.
- Behov for nytt flytende laboratorium med en åpen teknologiplattform for å opprettholde og videreutvikle Norge og NTNU sin posisjon innen skipsutstyr og automasjon, maskineri, elkraft, navigasjonssystemer, måle og instrumenteringssystemer, brosystemer, elektrosystemer.
- Behov for fartøy med infrastruktur og kommandostasjoner for omfattende uttesting og anvendelse av ubemannede farkoster, inkludert Launch/Recovery for ROV og AUV, Launch/Recovery system for UAV, og lite helikopterdekk for helikopter-baserte droner.
- Behov for et fartøy for å teste ut nye miljørobuste hybride fremdriftssystemer (LNG, brenselceller, energilagringssystem, seil, styreflater, solceller, osv.).
- Primærbehov er at laboratoriet skal være fleksibelt med åpent grensesnitt mot systemer og utstyr for fleksibel utvikling og testing og utbytting av komponenter/systemer.
- I likhet med Gunnerus skal dette også være en mobil plattform for forskning innen marine operasjoner inkludert undervannsrobotikk, ubemannede farkoster i luft og i vann, havforskningsteknologi, offshore teknologi, miljø- og klimaovervåkning. Skipet skal ha kapasitet til å være havgående med lengre tokt, inkludert til Arktis.

- Utstysleverandører skal kunne benytte dette som et testlaboratorium i samarbeid med NTNU. Dette vil kunne delfinansiere innkjøp og driftsutgifter.
- Sanntidsovervåking av konstruksjonsrespons under marine operasjoner med bruk av små fartøy.
- Egen profesjonell driftsorganisasjon etter samme modell som Gunnerus.

## 7.4. Bærekraftig sjømat

### *Sentrale kunnskapsområder:*

De sentrale kunnskapsområdene innen «Bærekraftig sjømat» er som følger:

#### **Havbruksteknologi**

#### **Marin bioteknologi**

Prosessering og industriell utnyttelse

Interaksjoner med miljø

### *Mål*

Bidra til en videre bærekraftig utvikling av den norske sjømatklyngen med fokus på NTNUs styrkeområder og globale utvikling

### *Delmål*

- Bærekraftig utvikling av eksponert sjøbasert havbruk, men hovedfokus på laks
- Nye bærekraftige fôrressurser for fisk, med hovedfokus på mikroorganismer
- Digital laks – matematisk representasjon av laksens biologi fra genom til mær
- Nye anvendelser og metoder for prosessering
- Kunnskap om miljøinteraksjoner av sjømatproduksjon, lokalt og globalt
- Utvikle analysemetoder og standarder for dimensjonering, installasjon og operasjon av havbruksanlegg

### *Forskningsområder*

Etter matvarekrisen i 2008 er det skapt en uttalt tvil om landbruket alene kan sikre matforsyningen til en økende global befolkning med stadig økende kjøpekraft og ønsker om et bedre liv. Stadig flere organisasjoner, deriblant FAO - FN's organ for matproduksjon og matsikkerhet - og Rio20+ konferansen har tatt til orde for at havet må ta et større ansvar for den globale matvareproduksjonen. Fiskeri og akvakultur bidrar i dag med om lag 2% av matvareproduksjonen i mengde og om lag 15% av proteinet. Alt ligger til rette for at denne andelen gjennom en kunnskapsbasert satsing kan økes betydelig.

Rapporten fra vitenskapsakademien i Trondheim (DKNVS-NTVA 2012) viser det store potensialet som sjømatsektoren har for havnasjonen Norge (550 mrd NOK i 2050), og det er etablert og publisert veikart som kan bringe global matproduksjonen i havbruk til samme nivå som i landbruk uten at dette får uakseptable miljøavtrykk og andre negative konsekvenser. Det er sterk politisk vilje til en slik utvikling, og havnasjonen Norge har en dokumentert verdensledende klynge av aktører på sjømatsektoren (prosjekt «Det kunnskapsbaserte Norge», BI-rapport 2012), vi er ledende innenfor marint havbruk og langt framme som fiskerinasjon. Det er store utfordringer knyttet til en videre utvikling av sjømatsektoren, og NTNU har et veietablert og unikt faglig konsortium som kan bidra sterkt til å løse disse utfordringene.

Noen hovedutfordringer i en videre utvikling av havbrukssektoren er:

- Oppdrettet må skje også i mer eksponerte lokaliteter, noe som har store konsekvenser for teknologi, biologi og samfunnsmessige forhold

- Metoder for analyse, dimensjonering og drift av havbruksanlegg må i større grad – og spesielt i mer ubeskyttet farvann - baseres på rasjonelle metoder ("first principles"), med utgangspunkt i teknikker utviklet for olje og gassinstallasjoner.
- Beregning av hydrodynamiske laster, inkludert virkningen av fisk i anlegget
- Settefiskproduksjonen (yngel) må styrkes av mange årsaker, denne er normalt landbasert
- Miljøforhold påvirker og setter grenser for oppdrettsorganismene, deriblant laksen, og det er behov for grunnleggende biologisk kunnskap
- Fôrressurser er potensielt begrensende for en ønsket utvikling, kanskje den største utfordringen for en villet utvikling?
- Produktutvikling og nye anvendelser av marine råvarer må til, fra gener til biomasse
- Miljøpåvirkninger i nærmiljøet og globale virkninger knyttet til ressursbruk og andre innsatsfaktorer må avklares for å sikre bærekraft

En hovedutfordring i sjøbasert oppdrett er å ekspandere virksomheten til mer eksponerte, men fortsatt delvis beskyttede lokaliteter. Dette er nødvendig fordi det er arealmessige begrensninger i kystsonen. De fleste kystnasjonene har ikke en ytre beskyttende skjærgård som er velegnet for havbruksaktivitet. Norge er i en god situasjon fordi vi fortsatt har store arealer av delvis beskyttede lokaliteter tilgjengelig. Norsk lakseoppdrett har langsomt ekspandert til slike semi-eksponerte lokaliteter over de senere årene, og denne utviklingen må fortsette til stadig mer krevende lokaliteter. De indirekte utfordringene av en slik utvikling er omfattende. Merdteknologien må videreutvikles i form av nye konsept som er verifisert både beregningsmessig, ved laboratorietesting og full-skala måling. Logistikken for fôr, fisk og andre innsatsfaktorer knyttet til selve driften er også en hovedutfordring. Smolten må ha økt vekt før utsett for å tåle de krevende omgivelsene. Dette krever nytenking og gjenbruk av ferskvann og energi i smoltproduksjonen, en teknologi som ikke er ferdig utviklet. Laksens evne til å tåle sterk hydrodynamisk energi må avklares bedre, og de omfattende arealkonfliktene i kystsonen må avklares mot andre samfunnsmessige behov.

Andre indirekte utfordringer knyttet til økt sjøbasert oppdrett omfatter mattrygghet for sjømat og miljøproblematikk knyttet til direkte utslipp fra oppdrett til miljøvirkninger som oppdrettet indirekte kan ha på viktige globale ressurser og klima. Europeisk miljølovgivning setter i dag grensene for de akseptable miljøeffektene av menneskelig påvirkning i nærmiljøet. For virkninger av havbruk blir det spesielt viktig at de pelagiske og bentiske økosystemenes struktur og funksjon ikke påvirkes for negativt. For virkningene globalt er klimaeffekter (CO<sub>2</sub>) og ressursutnyttelse (av f. eks. protein og planteproduksjonen i havet) sentrale tema. Integreert multitrofisk oppdrett (IMTA), som utnytter de organiske utslippene fra lakseoppdrett (~60% av tilført fôr) til produksjon av andre organismer samtidig som miljøeffektene av lakseoppdrettet motvirkes, er viktig for ressursbruk og omdømme. Produksjon av marine makroalger har en fremtredende plass i IMTA-konseptet. Sukkeret i makroalger kan anvendes til produksjon av bioenergi, mens proteiner og lipider kan anvendes til menneskemat og fiskefôr. Makroalger er den siste store uutnyttede globale matressursen. Utviklingen av IMTA-konseptet har store teknologiske og biologiske utfordringer, det prioriteres av JP Oceans og av EU, og utfordringen er svært velegnet for NTNU konsortiet sammen med SINTEF partnere.

Teknologi for produksjon av marine yngel og produksjon av marine arter har vært et tradisjonelt styrkeområde ved NTNU, der biologer og ingeniører blant annet har samarbeidet for å etablere

framtidens konsept for marint klekkeri. Oppdrettsteknologi for leppefisk er sentralt i dag, men en bredere utnyttelse av etablert genom-kunnskap kan danne grunnlag for nye aktiviteter, for eksempel et nytt initiativ på oppdrett av europeisk hummer. Området gir fortsatt godt grunnlag for internasjonal kontakt, og NTNUs automatiserte pilotlaboratorium for oppdrett av fiskelarver (CodTech laboratoriet) er i dag tilbydd europeiske forskere gjennom det europeiske infrastrukturprogrammet AquaExcel.

Ressurstilgangen til fiskefôr er en hovedutfordring globalt. Denne må i framtiden løses blant annet av bioteknologisk industri som er lite involvert i dag, dette representerer nærmest et paradigmeskifte. I landbruket produseres kjøtt basert på planter og næringskjeden for dyrene er under kontroll. I havbruk ble fisk i utgangspunktet produsert på marine råvarer som fangstes og som er begrenset. Produksjon av fisk skjer på høyt trinn i næringskjeden og er ressursmessig krevende fordi tapene i næringskjedene er store. Den marine planteproduksjonen er knapphetsfaktoren både for fiskeproduksjonen i havet (fiskeriene) og for fôrproduksjonen til havbruk. Den opplagte strategien for å redusere bruken av denne knapphetsfaktoren er å flytte oppdrettsfisken ned i næringskjeden. Dette kan gjøres ved å anvende mer planteprodukter og biomasse av mikroorganismer i fôret, en utvikling som har pågått over 10-15 år. Nå består laksefôret av omlag 50% marine råvarer og de resterende fra landbruket. Det vil gjennom forskning være mulig å flytte rovfisk som laks ned i næringskjeden til nivået til husdyrene i landbruket, med en hundreganger større produktivitet i produksjonen som mulig resultat.

NTNU's satsing innenfor fôrområdet må bidra til at det kan framskaffes nye bærekraftige fôrressurser for havbruk, ressurser som heller ikke tas fra dagens menneskelig næringskjede. Andre planteressurser som makroalger kan også bli aktuelle. En hovedutfordring er at laks og alle andre fiskearter i oppdrett krever noe langkjedede omega 3 fettsyrer i dietten. Slike fettsyrer finns ikke planteoljer fra landbruket, de må i praksis tas fra fiskeolje og fiskemel (marine fettsyrer). En satsing på bruk av mikrobiell biomasse (encelle-biomasse) er initiert og må få et sterkt fokus framover. Mikroorganismer med høyt innhold av marine fettsyrer må ha et hovedfokus, fordi tilgangen på lipider til fôr allerede i dag er begrensende for veksten i havbruk. Proteinene i fôret kan også tas fra makroalger.

En sterk og vedvarende økning i produksjonen av marine ressurser slik DKNVS-NTVA rapporten peker mot gir grunnlag for en utvikling av nye produkter og foredlingsprosesser, fra frysing/kjøling og raffinering av råvarer til utnyttelse av nye genetiske ressurser. Kvalitetsvurderinger av marine råvarer, tørking, superkjøling og – frysing har vært sentrale tema i NTNU's virksomhet, og det er viktig at disse og nye kan utvikles videre for å styrke nasjonens verdiskapning på de marine ressursene. Rapporten fra forskningsakademiene peker også på at den marine ingrediensindustrien har et stort potensiale og at den vil vokse sterkt i tiden framover. Slik vekst vil gi bidrag til økt sysselsetning i denne sektoren.

Den biologiske forskningen er i ferd med å matematiseres ved at livsvitenskapene kobles med de matematiske vitenskapene og ingeniørvitenskapene. Denne utviklingen skyldes en økende erkjennelse av at vi ikke vil make å forstå biologiske prosesser på det nivået vi ønsker uten at vi fremskaffer betydelig mer måledata og makter å koble disse dataene sammen via matematiske beskrivelser. NTNU har særskilte forutsetninger for å bli en ledende aktør i denne utviklingen, som

reflektert i NTNU's bioteknologi-satsing som har fått betegnelsen: NTNU Biotechnology – the Confluence of Life Sciences, Mathematical Sciences and Engineering. I tråd med dette har NTNU, som eneste norske universitet, allerede posisjonert seg i ledelsen av de internasjonale aktivitetene som sikter mot en matematisk beskrivelse av menneskets fysiologi, the Virtual Physiological Human (også kalt den Digitale Pasienten). Dette legitimerer NTNU til å ta på seg en nasjonal lederrolle vedrørende utvikling av en tilsvarende «Digital Laks» som vil kunne spille en ytterst sentral rolle i tilpassing av bærekraftige nye formidler som ikke immunokompromitterer laksen eller reduserer produktkvaliteten, utvikling av nye vaksiner og langt bedre forståelse av hvordan bekjempe parasitter. Konstruksjonen av en «Digital Laks» vil ta oss fra en reaktiv til en proaktiv forskningsstrategi på laks i Norge med betydning for hele produksjonskjeden. Den vil fremtvinge betydelig tverrfakultær aktivitet ved NTNU, betydelig nasjonalt og internasjonalt samarbeid, og den vil være av transformativ karakter langs en rekke akser. Konseptet har allerede skapt resonans hos NFR, den norske fôrindustrien og den største produsenten, Marine Harvest.

### *Forskningsgrupper som bidrar*

De involverte faggruppene i «Bærekraftig sjømat» er vist i Tabell 4. Flere detaljer om faggruppene er gitt i avsnitt 7.7 (Figur 4) og i vedlegg.

**Tabell 4. De sentrale forskningsgruppene som er involvert i «Bærekraftig sjømat»**

<b>Forskningsgrupper:</b>	<b>Relevans</b>
Marine systemer	**
Marine konstruksjoner	**
Marin kybernetikk	**
Marin naturvitenskap	**
Vannbehandling	**
Prosesseringsteknologi	**
Marin kommunikasjonsteknologi	*
Marin materialteknologi	*
Marin forvaltning	*
Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus	*
RAMS	*

### *Status:*

- NTNU deltar i SFI Create som arbeider med sjøbasert oppdrett. SINTEF FH er kontraktspartner mens CeSOS og Teknisk kybernetikk har vært NTNU-partnere
- SFF CeSOS har hatt en økende aktivitet omkring sjøbasert oppdrett
- SFF Amos har aktivitet relatert til utvikling av nye og mer avanserte havbrukskonsept
- TSO Marin, konsortiet der mennesker har utviklet samarbeid er en stor ressurs
- Geminisenter Fiskeri
- Geminisenter Planktonproduksjon

### *Ambisjoner/spissinger:*

- Det er bestemt at det skal utvikles en SFI-søknad omkring fôrressurser til fisk, med utgangspunkt i Institutt for bioteknologi og NTNU som ledende aktør

- SFF Amos vil ta opp sjømatsektoren i større bredde, sjøbasert havbruk, framtidig fiskeri og miljøforhold
- Når Create avsluttes må det etableres SFI/SSF innen sjøbasert havbruk, kanskje med SINTEF som ledende aktør
- Et flerfaglig senter for miljøvirkning og bærekraft, fra lokal til global påvirkning fra oppdrett/fiskeri

### *Infrastruktur*

- NTNU Sealab, med Codtech, framtidens automatiserte yngelanlegg
- ACE testanlegg for sjøbasert oppdrett
- Havbasseng Tyholt, for modelltesting
- TBS laboratorier
- Regionale bedrifter, «Brohode Frøya» initiativet



## 7.5. Ren energi fra havet

### *Sentrale kunnskapsområder*

De sentrale kunnskapsområdene for «Ren energi fra havet» er som følger:

#### **Offshore vindkraft**

#### **Energi fra marine bioressurser**

Bølge- og tidevannskraft

### *Mål*

Bidra til å utvikle bærekraftige havenergiproduksjonssystemer med utgangspunkt i fysiske og biologiske ressurser

### *Delmål*

- Forbedre eksisterende metoder og utvikle ny teknologi for design, bygging og installasjon av turbiner til havs, både for bunnfaste og flytende.
- Utvikle effektive drifts- og vedlikeholdssystemer som kan bidra vesentlig til å redusere kostnadene for offshore vindkraft.
- Forbedre teknologi for økt energiproduksjon fra tidevannskraft og bølgekraft.
- Øke kunnskapen om potensialet for energiproduksjon fra marine mikroalger og tare

### *Forskningsområder*

Klimaendringene er en av de største utfordringene verdenssamfunnet står overfor. Langsiktig og målrettet satsing på klimavennlige og fornybare energiteknologier er avgjørende dersom man skal nå to-graders målet til FNs klimapanel. Dette målet vil kreve en reduksjon på minst 85 % i verdens klimagassutslipp innen 2050 (Energi 21, 2011<sup>4</sup>).

Utnyttelse av havenergi basert på vind, bølger, tidevann og havstrømmer utenfor kysten av Norge har et stort uutnyttet potensiale. I dag kommer hoveddelen av verdens energiproduksjon fra ikke-fornybare kilder som fossilt brensel og kjernekraft. Grunnet forurensning og påvirkning på klimaet, samt utnyttning av ikke-fornybare ressurser, er det behov for å utvikle mer energi fra ressurser som regenereres og som gir liten miljøpåvirkning. Den store utfordringen for energiproduksjon fra fornybare ressurser er å utvikle teknologi som kan levere energi til en konkurransedyktig pris sammenliknet med ikke-fornybar konvensjonell energiproduksjon (Enova, 2007<sup>5</sup>).

Å løse globale og nasjonale energi- og klimautfordringer krever et høyt ambisjonsnivå for forskningen fremover. De viktigste driverne for utvikling av havenergi er teknologisk utvikling, kostnadsutvikling, energipriser, CO<sub>2</sub>-priser, regelverk, støtteordninger og rammebetingelser (Enova, 2007<sup>3</sup>). Utvikling av ny teknologi er dermed et nøkkelement for å lykkes. Dette genererer behov for tverrfaglig samarbeid om ressurstilgang, teknologiutvikling og samfunnsmessige problemstillinger.

De overordnede utfordringene for havenergi er (Enova, 2007<sup>3</sup>):

---

4 Energi 21. Nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny energiteknologi, Forskningsrådet. Oslo, 2011.

5 Enova, 2007. Potensialstudie av havenergi i Norge. Rapport nr. 154650-2007.1

- Tilgjengelighet. Behovet for elektrisk kraft er gjerne ikke-eksisterende eller lavt der havenergien er tilgjengelig. Energien som produseres må derfor overføres over større avstander, noe som krever betydelige investeringer i infrastruktur.
- Ikke-regulerbarhet. Vind- og bølgeressursene er svært variable over tid og til dels uforutsigbare. Tidevannsressursen er svært forutsigbar, men kan ikke lagres. Utnyttelse av havenergi i stor skala forutsetter derfor en omfattende samkjøring med andre kraftkilder for å balansere produksjon og etterspørsel.
- Utnyttelse av areal. Havenergiproduksjon kan påvirke annen utnyttelse av arealet, for eksempel sjøfart og fiske. Verneverdige naturressurser kan også føre til konflikter.

Forskning på havenergi er tverrfaglig og fordrer kunnskap om marine systemer, konstruksjoner, materialer, hydro- og aerodynamikk, energiproduksjon, marin kybernetikk, samfunn og miljø. Det er i sær tre havenergiproduksjonsområder NTNU bør fokusere på fremover:

- Offshore vindkraft
- Bølgekraft og tidevannskraft
- Energi fra marine bioressurser

**Offshore vindkraft** - Norge har komparative fortrinn når det gjelder markedet for offshore vindkraft. Norsk olje- og gassindustri og maritim virksomhet har gode forutsetninger for leveranser til dette markedet. Offshore vindkraft representerer en ny satsing, med umodent marked og teknologi. Norske aktører har en kompetansebase bygget på offshore olje- og gassvirksomhet siden 1970- tallet og denne skaper industrielle forretningsmuligheter for offshore vindkraft (Energi 21, 2011<sup>6</sup>).

Per 2010 var det installert litt over 3000 MW vindkraft til havs, hvorav 2946 MW i Europa. Per 2010 er det kun Kina (103,5 MW) og Japan (28,5 MW) som har installert offshore vind utenfor Europa. Markedet for offshore vindkraft ventes å vokse kraftig framover og utgjør kun 1 % av installert vindkraftkapasitet i verden. Den Europeiske vindkraftforeningen (EWEA) har et mål om å produsere 40 000 MW offshore vindkraft innen 2020, og 150 000 MW innen 2030. (Energi 21, 2011<sup>4</sup>).

Offshore vindkraft er på mange måter mer moden enn bølgekraft og tidevannsenergi, men det gjenstår fortsatt mange utfordringer før teknologien er fullt ut kommersiell. Så langt har turbinene i hovedsak vært standard eller lett modifiserte standard vindturbiner. Enkelte parker har hatt store problemer med driftssikkerhet (Enova, 2007<sup>7</sup>).

Viktige forskningsutfordringer knyttet til offshore vindkraft er knyttet til optimalisering av:

- Understell (bærende konstruksjoner) ved normal drift, ekstreme laster, transiente tilstander samt ulykkeslaster
- Produksjons- og installasjonsmetoder, samt logistikk
- Drivverk for økt levetid i et tøft marint miljø
- Drift- og vedlikeholdskonsepter, inkludert helse, miljø og sikkerhet

<sup>6</sup> Energi 21. Nasjonal strategi for forskning, utvikling, demonstrasjon og kommersialisering av ny energiteknologi, Forskningsrådet. Oslo, 2011.

<sup>7</sup> Enova, 2007. Potensialstudie av havenergi i Norge. Rapport nr. 154650-2007.1

Videre er det nødvendig å arbeide med forskningsoppgaver knyttet til:

- Virkemidler for å overkomme dagens gap mellom inntekter og investeringskostnad
- Kostnader for å etablere infrastruktur for nettilknytning
- Tilpasning av kraftsystemet på land og tiltak for å fase inn store mengder vindkraft
- Å samle data om ressursgrunnlaget som er gode nok for dimensjonering av anlegg

**Havenergi – bølge og tidevannskraft** - Det finnes mange forskjellige virkemåter og tekniske løsninger blant konseptene for bølgekraft. Imidlertid er kun et fåtall konsepter teknisk modne for utbygging. En utfordring er produksjonssystemenes evne til å overleve i områder der de naturlig nok eksponeres for store bølger. En av de viktigste tekniske utfordringene er derfor å bygge anlegg som kan overleve store bølger uten at kostnadene for anlegget blir for høye. En annen teknisk utfordring for bølgekraft er at påtrykt effekt oppviser store variasjoner over kort tid. Store anlegg som kan midle innkommende effekt over avstander mye større enn en bølgelengde vil ha mindre problemer med dette, men det er sannsynlig at det vil være behov for kombinerende med energilager eller utstyr for kondisjonering av kraften for å håndtere de store korttidsvariasjonene i absorbert energi (Enova, 2007<sup>8</sup>).

Konseptene for bruk av tidevann til kraftproduksjon er mer ensartede enn for bølgekraft. De tekniske prinsippene er bedre kjent, og er noe mer tekniske modne enn hva som er typisk for bølgekraft (Enova, 2007<sup>6</sup>).

Noen av de viktigste forskningsutfordringer i en videre utvikling av bølge – og tidevannskraft er:

- Utvikling av funksjon og ytelse til konsepter for absorpsjon av bølgeenergi.
- Utvikling av funksjon og ytelse til konsepter for transformasjon av bølgeenergi til elektrisk kraft.
- Utvikling og demonstrasjon av pålitelighet over lang tid offshore.
- Å redusere kostnadsnivået i drift av systemene.
- Optimalisere tekniske løsninger og systemer.

**Energi fra marine bioressurser - Tredje generasjons biodrivstoff fra havet** - Etter hvert som olje- og gassressursene bygges ned vil spesielt transportnæringen stå overfor utfordringer med alternativt drivstoff. Globalt er det drivstoff fra ulike bioressurser som framstår som det mest realistiske alternativet. De bioressursene som internasjonalt har størst fokus er olje- eller sukkerrike landbruksplanter og mikroalger (COM 2006<sup>9</sup>). Makroalger, spesielt tare har imidlertid fått økende oppmerksomhet på verdensbasis og betraktes som et tredjegerasjons biodrivstoff.

For Norge er makroalger (tang og tare) og mikroalger de aktuelle marine bioressursene som kan danne grunnlag for biodrivstoff. De to skiller seg på mange måter. Makroalger, eller tare, vil primært være interessante for det høye sukkerinnholdet og dermed for bioalkoholproduksjon, mens interessen for mikroalgene skyldes det høye lipidinnholdet som lett kan omdannes til biodiesel. Hvis tare skal være et reelt bidrag til tilgjengelig drivstoff i framtiden må plantene dyrkes, noe som har

---

<sup>8</sup> Enova, 2007. Potensialstudie av havenergi i Norge. Rapport nr. 154650-2007.1

<sup>9</sup> COM (2006) 34 final. An EU strategy for biofuels. Commission of the European Communities, Brussels, 8.2.2006.

lange tradisjoner i Øst-Asia. Den årlige produksjon av tare er 14 mill tonn våtvekt. Produksjonen representerer ingen konkurranse med produksjonen av annen mat, aktiviteten beslaglegger ikke produktivt landareal, trenger ikke ferskvann til vekst eller foredling, og dyrking av tare trenger ingen pesticider eller ekstra gjødsel.. Dyrkingen kan foregå både langs kysten og off-shore, og det er mulig å integrere den med fiskeoppdrett og gjennom det bidra til å resirkulere næringsalter.

Dyrking i dammer eller reaktorer er den aktuelle teknologien for mikroalger, og med sola som lyskilde. Det gjør vinteren lite egnet i Norge, men det er ingen grunn til at ikke norsk industri kan være drivkraft og aktør for dyrking i sydligere strøk.

Rapporten «Verdiskapning basert på produktive hav i 2050» ser et stort potensiale i både makro- og mikroalger (DKNVS/NTVA 2012). Viktige forskningsutfordringer knyttet til alger som råstoff til biodrivstoff er knyttet til optimalisering av alle trinn i prosessen fra dyrking til produkt. Det ultimate målet med optimaliseringene er en akseptabel pris på ferdig produkt. Det er behov for å løse en del sentrale biologiske forskningsoppgaver for å finne tekniske løsninger på optimaliseringene både for tare og mikroalger:

- Grunnleggende biologisk og biokjemisk karakterisering av viktige arter, dette som grunnlag for optimalisering av sukker/lipidinnhold
- Produksjonsteknologi for mikroalger og tare
- Høste og prosesseringsmetoder for mikroalger og tare til biodrivstoff
- Utvikling av tare dyrking basert på utslipp av næringsalter fra sjøbasert fiskeoppdrett (IMTA).
- Andre markedsanvendelser av alger, for eksempel anvendelse av proteiner og lipid til fiskefôr

### **Forskningsgrupper som bidrar**

De involverte faggruppene i «Ren energi fra havet» er vist i Tabell 5. Flere detaljer om faggruppene er gitt i avsnitt 7.7 (Figur 4) og i vedlegg.

**Tabell 5. De sentrale forskningsgruppene som er involvert i «Ren energi fra havet»**

<b>Forskningsgrupper:</b>	<b>Relevans</b>
Marine systemer	*
Marine konstruksjoner	**
Marin kybernetikk	*
Marin naturvitenskap	**
Prosesseringsteknologi	**
Marin kommunikasjonsteknologi	*
Marin materialteknologi	*
Marin forvaltning	*
Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus	*
Marin byggeteknikk	**
RAMS	**

### **Status:**

NTNU deltar i FME Nowitech, Cedren, MARINA Platform, Mare\_Wint

NTNU har sammen med SINTEF etablert «Senter for tareteknologi» (2011).

Fagmiljøet har prosjektsamarbeid med bedriften Seaweed Energy Solutions (SES) som sammen med Statoil utvikler dyrkning- og prosesseringsteknologi for tare til biodrivstoff.

Fagmiljøet er klart nasjonalt ledende og har hatt flere store prosjekter innenfor IMTA (NFR); kandidater har fullført sin phd på dette området. .

#### ***Ambisjoner/spissinger:***

Videreutvikle «Senter for tareteknologi», jobbe med å etablere europeisk samarbeid og prosjekter.

Videreutvikle samarbeide med kinesiske partnere.

#### ***Infrastruktur:***

Havbassenget på Marinteknisk Senter

Bassenget ved TBS

NTNU Sealab

ACE

«Brohodet Frøya», tilgang til bedrifter

## 7.6.Havet, miljøet og samfunnet

### *Sentrale kunnskapsområder:*

De sentrale kunnskapsområdene innen "Havet, miljøet og samfunnet" er som følger

**Rammeverk og bærekraftige strategier**

**Sikkerhet og pålitelighet**

**Miljøanalyse**

Kommunikasjon

### *Mål*

Det overordnede målet med denne tversgående satsingen er å utvikle forskningsbasert kunnskap for å analysere teknologiske løsninger og beslutninger i et samfunns- og miljøperspektiv, og bidra til at spissområdenes forskning ivaretar krav til bærekraftig virksomhet, herunder økonomiske, miljømessige og samfunnsmessige utfordringer, på en måte som er i tråd med internasjonale standarder og forventninger.

### *Delmål*

- Etablere spisskompetanse på rammeverk og bærekraftige strategier på ulike systemnivåer, herunder lovverk og forvaltning, reguleringer i hele verdikjeden og på tvers av nasjonale grenser, samt bedrifters vilje til å ta samfunnsansvar (Corporate Social Responsibility - CSR)
- Utvikle kompetanse om sikkerhets- og pålitelighetsanalyser brukt som beslutningsstøtteverktøy ved helhetlige vurderinger i tidlig planleggingsfase av nye aktiviteter som krever kunnskap fra flere områder.
- Videreutvikle og spisse NTNUs eksisterende kompetanse om systemforståelse og analysemetodikk av miljøaspektet i hele livssyklusen til de aktiviteter og produkter som gjelder alle kunnskapsområdene i denne satsingen.
- Utvikle kompetanse på kommunikasjonsteknologi så vel som forståelse av samfunnseffekten av marin/maritim satsing, herunder ivareta kommunikasjon i et bærekraftighetsperspektiv ved bruk av indikatorrammeverk i internasjonale standarder med hensyn til lokale, regionale og globale utfordringer.

### *Forskningsområder:*

Forskningsområdene vil i utgangspunktet ha fokus på de fire delområdene Rammeverk og bærekraftige strategier, Sikkerhet og pålitelighet, Miljøanalyse, samt Kommunikasjon. Forskningsområdene i denne tversgående satsingen vil imidlertid være åpne for de nye utfordringer som oppstår når en forsker beveger seg inn i et område som er på tvers av flere etablerte fagdisipliner. For eksempel kan dette være forskning på systemdynamikk knyttet til de marine og maritime aktivitetene siden de tradisjonelle aktivitetene som sjøtransport og oljeutvinning i nordområdene har effekt på de marine miljøene, og forståelsen av kunnskapen om samspillet sett fra et helhetlig systemperspektiv, må ligge i bunnen for mye av den forskningen som skal skje på hver av de fire nevnte områdene. Dette er noe av det som gjør denne satsingen ekstra spennende siden det åpner for utvikling av nye kunnskapsområder.

Aktuell forskning knyttet til de fire del-områdene er som følgende:

**Rammeverk og bærekraftige strategier** - Det skal forskes på styringsmodeller for ulike systemnivå og deres effekt på samfunnet og de sentrale aktørene i den marine/maritime klyngen så vel som brukere av teknologi og tjenester. Institusjonsdynamikk, bærekraft og etikk blir sentrale elementer når effekten på for eksempel norsk kystkultur i historisk-arkeologisk perspektiv vurderes. Det vil bli satt søkelys på det tradisjonelle fisket på bankene og langs kysten og den rollen dette har for kystbefolkningen og landet siden både skrei og sild er fortsatt viktige eksportvarer. Det skal bringes frem kunnskap om utviklingen av menneskenes forståelse, erfaringer, praksis og teknologier i bruken av havet, samt forstå fremveksten av internasjonale, statlige og ikke-statlige organisasjoner, institusjoner, praksiser og kulturer som regulerer bruken av havet. Det vil bli forsket på nye styringsmodeller som imøtekommer fremtidige miljømessige utfordringer og sikkerhet- og miljøspørsmål i skipsfarten basert på maritim historie, internasjonaliseringen av verftsindustrien, skipssklassifisering, internasjonal og nasjonal regulering av skipsfarten og endringer i risikoforståelse over tid, og de økonomiske rammebetingelser over tid.

**Sikkerhet og pålitelighet** - Forskingen vil spenne fra risiko- og sikkerhetsforskning i marin/maritim virksomhet i et historisk perspektiv, herunder vurdering av sikkerhet og pålitelighet vedrørende menneskelig og organisatoriske forhold, til forskning knyttet til teori og metode for å analysere og redusere storulykkerisiko i den marine/maritime industrien. Dette, samt samfunnsvitenskapelig kvalitativ-, kvantitativ- og eksperimentell forskning, vil legge grunnlaget for metodeutvikling og teoretisk kunnskap om menneskelig og organisatorisk sikkerhet, så vel som perspektiv rundt teknologisk sikkerhet og oppbygging av "human factors" kompetanse.

**Miljøanalyse** - Det vil bli forsket på metoder for kartlegging og bedømming av miljøeffekter så vel som modeller for å optimere systemer og minimalisere disse effektene i et langsiktig helhetsperspektiv. Systemmodellering og systemforståelse vil være sentralt, og multidisiplinære metoder vil bli tatt i bruk for å forstå effekten på miljø og omgivelser lokalt, regional og globalt. Multikriterie beslutningsstøtteverktøy vil bli utviklet for optimal valg av teknologi i en tidlig planleggingsfase. Miljømessige optimeringsmodeller vil bli knyttet til økonomiske beslutningsmodeller hvor langs tids scenarier legges til grunn for utvikling av kriterier for beslutninger. Det vil være behov for å utvikle miljødataene for ulike anvendelser inn mot de ulike spissområdene, og utvikling av dataassisterte verktøy. Bruk av naturressurser i konfliktområder samt optimal bruk av fornybare naturressurser og bruk av marine arealer vil også bli tema for forskning.

**Kommunikasjon** - Det vil bli forsket på modeller for interessentanalyser og hvordan kommunisere med de ulike aktørene i den marine/maritime verdikjeden, samt hvilke type kommunikasjonsmedia som vil være mest aktuelle for fremtiden. Utvikling av indikatorer og harmonisering av disse inn i mot de globale rammeverkene, lover og reguleringer spesielt for den marine / maritime bransjen, samt i forhold til beslutningstakere. Utvikling av dokumentasjon og deklarasjoner av sjømat som lett kan forstås av forbrukere, vil bli utviklet. Det vil bli lagt vekt på bærekraftperspektivet i de ulike kommunikasjonsmodellene

#### **Forskningsgrupper som bidrar**

De involverte faggruppene i «Havet, miljø og samfunnet» er vist i Tabell 6. Flere detaljer om faggruppene er gitt i avsnitt 7.7 (Figur 4) og i vedlegg. Disse forskergruppene (Vedlegg 1) vil samspille med de andre forskergruppene i de ulike spissområdene.

Tabell 6. De sentrale forskningsgruppene som er involvert i «Havet, miljøet og samfunnet».

<b>Forskningsgrupper:</b>	<b>Relevans</b>
Marin forvaltning	**
Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus	**
Marin arkeologi	**

#### **Status:**

NTNU har sterke fagmiljøer i alle disse de tre forskningsgruppene. Marin forvaltning er sterke innenfor samfunnsøkonomi og innen program for anvendt etikk. Etikkbegrepet er forankret i den forskningen som foregår omkring bedrifters samfunnsansvar. Flere av NTNUs fagmiljøer arbeider med beslutningsstøtteverktøy og har levert fremragende publikasjoner i internasjonale journaler og har bemerket seg i internasjonalt utviklingsarbeid både innen utvikling av standarder for den marine/maritime satsingen, inne optimeringsmiljøene, i de internasjonale fora for systems engineering og industriell økologi.

#### **Ambisjoner / faglig spissing:**

Flere av de fagmiljøene som er med i satsingen har ambisjoner om en tydeligere faglig spissing. Faggruppen Teknologi og miljøsystemanalyse ved EPT har søkt SFF for sin forskning inn mot Industriell Økologi, IØT har pekt ut Grønn Verdiskapning som et nytt strategisk langsiktig forskningsområde, og flere av de andre miljøene har inne EU-søknader innen marine/maritime programmer. Det tas sikte på å bygge opp sterke alliansen med ledende internasjonale forskningsmiljøer innen de fire forskningsområdene, noen allianser er allerede etablert gjennom mangeårig samarbeid.

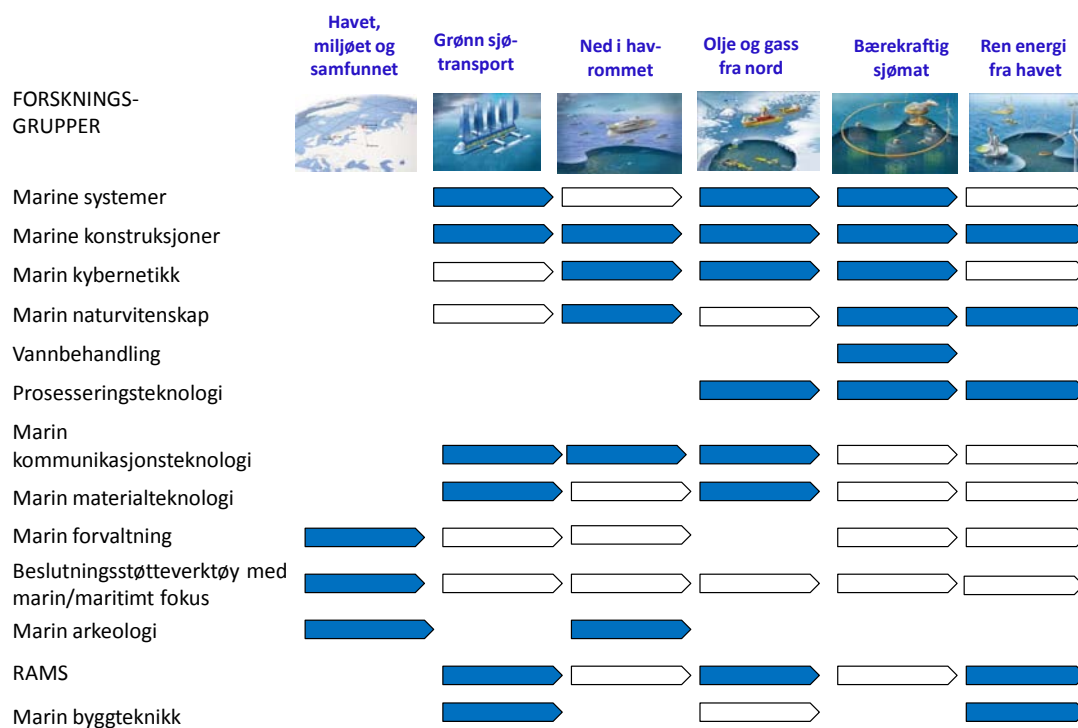
#### **Infrastruktur:**

Det er gjort nærmere rede for samarbeidspartnere og infrastruktur i Vedlegg 1 for dette forskningsfeltet.



## 7.7.Faggruppenes bidrag til spissområdene – oppsummering

Figur 4 illustrerer de ulike faggruppenes bidrag til de forskjellige spissområdene. Fylte piler viser et vesentlig bidrag mens åpne viser et mindre. De fleste faggruppene har bred deltagelse, dette som et resultat av den tverrfaglige profilen av spissområdene. Faggruppene har flere kompetanseområder og disse bidrar ulikt til spissområdene.



Figur 4: Oversikt over faggruppenes bidra til de ulike spissområdene

## 7.8.Strategisk viktige prosjekter

Tabell 7 viser et utdrag av strategisk viktige prosjekter og programmer som pågår eller er under planlegging (gjelder kun SFI) fordelt over de ulike spissområdene.

Tabell 7: Strategisk viktige, havromsrelevante prosjekter fordelt over spissområdene

Spissområde	Prosjekter
Grønn sjøtransport	SFI ny under planlegging KMB LEEDS, D2V, MARFLIX, DESIMAL, Ship-4C, MARRISK BIP EMIP 2 DOMinant II
Ned i havrommet	SFF AMOS, CeSOS Arven etter Nansen (SAK) BIOTEK 2012: MARPOL EU: HYDRALAB
Olje og gass fra nord	SFF: AMOS, CeSOS SFI SAMCoT, IO Center KMB: Arctic DP, CIV Arctic, D2V, Low Emission LNG Systems, iUBD (Intelligent Drilling), Decision support tool for marine oil spills MARTEC ERA-NET DYPIC IME fyrårnsprosjekt CAMOS BIP: SIS EU: POLARCNET, MATARC
Bærekraftig sjømat	SFI Create, ny SFI under planlegging, KMB: CREATIVE, Sustainfarmex BIP: Seabreed, Seaweed tech, Fiskehelse i hver pellet EU: AQUAEXCEL, PROMICROBE, PRO-EEL
Ren energi fra havet	FME NOWITECH BIP: MetaBioPor EU: MARINET, MARE-WINT, HIPRWIND, ORECCA, MARINA PLATFORM
Havet, miljøet og samfunnet	KMB: IGLO-MP2020 BIA: CSR-kompetansenettverk EU: MYFISH, SPLASHCOS

## 8. Bidrag til ny, banebrytende kunnskap

### 8.1. Mekanismer for å stimulere banebrytende kunnskap

Norge er et av verdens dyreste land og kan normalt ikke konkurrere på pris. En konsekvens av dette er at vi må være konkurransedyktige på kvalitet, effektivitet og kunnskapsinnhold. Dette representerer selvsagt en enorm utfordring som bare kan møtes igjennom kunnskapsutvikling. Statsminister Jens Stoltenberg illustrerte dette godt ved å lansere mantraet «Kunnskap trumfer alt» i sin nyttårstale i 2010. Torger Reve konkluderer videre i prosjektet «Et konkurransedyktig Norge» at vi her i landet må utvikle «kunnskapsformuen» som den viktigste fremtidige konkurransefaktor.

Reve lanserer begrepet «kunnskapsnavet» og setter forsknings- og universitetsmiljøene i senter for næringsutvikling. Denne modellen er fremkommet basert på hvordan kunnskapsmiljøene har fungert som arnested for utvikling av IT-industrien i Silicon Valley og bioteknologisk industri rundt de sterke universitetsmiljøene i Boston. Sterke kunnskapsmiljø er attraktive for de beste hodene, tiltrekker seg investeringer osv. som en forutsetning for å øke innovasjonstakt og konkurranseevne.

Prosjektet Maritim Knowledge Hub illustrerer godt hvordan maritim næring har tro på kunnskapsnavet ved at denne gjennom felles dugnad har investert i rundt 20 professorstillinger fordelt på flere kunnskapsmiljøer rundt om i landet. Hele 8 av disse er lagt til NTNU og ytterligere flere er under etablering.

Samtidig er det i skjæringspunktet mellom kunnskapsområder at innovasjoner ofte oppstår. Innenfor marin og maritim næring er det mange eksempler på at kunnskapsflyt mellom de ulike sektorene har ført til innovasjoner og fremskritt, ofte også banebrytende løsninger. Vår oljenæringen, som er langt mer kunnskapsbasert i Norge enn i de fleste andre land, har hentet løsninger og ikke minst kompetanse fra fiskeri og maritim næring, og nå skjer det en betydelig kunnskapsflyt fra oljenæringen inn i havbruk. Kunnskapsflyten går i dag i alle retninger, noe som har resultert i at norsk offshorenæring, som nevnt over, er sterkt kunnskapsbasert, og er i dag langt større grad enn tidligere basert på ulike utstyrsleveranser og tjenester internasjonalt enn på ren oljeproduksjon fra norsk sektor. Norske interesser kontrollerer verdens nest største flåte med offshorefartøy etter USA, og samtidig er vi en av verdens største eksportører av sjømat.

Et uttalt mål for etablering av spissområdene innen dette forslaget til tematisk satsingsområde er at de skal gi grunnlag for etablering av større satsinger som bidrar til å løfte områdene, alle med sterk relevans for våre fremste kunnskapsnav, opp på et fremragende faglig nivå. Innen flere av spissområdene finnes allerede faggrupper og fagmiljøer på et slikt nivå mens det innen de øvrige vurderes å være et potensial for å nå dit. Mekanismene for å stimulere til banebrytende kunnskapsutvikling innen de ulike områdene vil derfor måtte differensieres noe. Innen områder med etablerte satsinger av typen SFF, SFI vil det være riktig å stimulere til forskningsvirksomhet i utkanten av disse sentrene for å fange opp muligheter til å dra nytte av større tverrfaglighet basert på styrken som allerede ligger innenfor sentrene.

Et slikt tematisk område som foreslås her, vil videre alltid ha begrensede midler og kan ikke alene bidra med nok ressurser til å løfte de øvrige spissområdene til internasjonale eller eksellente nivå. Muligheten ligger i at miljøer kobles gjennom «smøring» med ph.d.-pakker etc. som kan inngå som egeninnsats i felles søknader for forskningsprosjekter, EU-prosjekter og SFI-er etc. AUR lab ble realisert gjennom nettopp denne mekanismen. Et spleiselag ble her etablert med ph.d.-pakke og

post. dok. fra TSO Marin, IVT og NT, og ved at miljøene innen spesielt marin teknologi, marin vitenskap og marin arkeologi fant hverandre.

## 8.2. Mulig banebrytende kunnskapsutvikling innen spissområdene

### *Grønn sjøtransport*

Området antas å ha et betydelig potensial for å utvikle nye konsepter for å redusere miljøeffektene fra sjøtransport. Dette gjelder fartøyene i seg selv og logistikksystemene de inngår i. Koblingen mellom marin teknologi, elkraft, kybernetikk og datateknikk, med simulering- og optimeringsteknikker, og bruk av metocean data til bedre å prosjektere og operere fartøy kan forventes å gi innsikt til å forflytte forskningsfronten. Dette vil klare å koble effektene av sjøegenskaper og manøvrering, skrogdesign og begroing og energieffektive fremdriftssystemer, med operasjonseffektivitet både i skip og i sjøtransportssystem.

Avanserte laboratoriefasiliteter er tilgjengelig gjennom de hydrodynamiske, maskineritekniske og hybridmaskineri laboratorier ved Marinteknisk senter på Tyholt, og bruk av disse vil være viktige for å verifisere numeriske simuleringer og resultater med resultater fra modellforsøk. De videre planer for et Ocean Space senter med nytt sjøgangsbasseng vil ytterligere styrke disse mulighetene.

En SFI-søknad planlegges for kommende utlysningsrunde.

### *Ned i havrommet*

Området antas å ha et betydelig potensial for å utvikle nye løsninger for havovervåking basert på automatisering, autonome systemer, ulike teknologiplattformer etc. Dette vil generere ny kunnskap for å forstå og forvalte norske naturressurser, og øke overvåkingskapasitet og beredskap med hensyn til kontroll av miljø, biomasse etc. med lavere kostnadsnivå i forhold til i dag.

Utvikling av teknologi og metoder for autonome og fjernstyrte olje og gass undervannsproduksjonssystemer med permanent neddykkede undervannsfarkoster og -stasjoner vil videre kunne gi banebrytende utvikling av olje- og gassvirksomheten i Arktis og på dypt vann.

Innenfor dette området er AUR-Lab dannet for å stimulere banebrytende kunnskap via tverrfaglighet og bidra til ny innovasjonsstyrt virksomhet. NTNU har et unikt fortrinn her med tverrfaglig kobling mellom teknologer og brukere av teknologi som naturvitere, geologer, arkeologer osv. Området har et faglig skjæringspunkt mellom marin teknikk, kybernetikk, marin vitenskap og arkeologi.

Området har tilgang til viktige laboratoriefasiliteter gjennom AUR lab og FF Gunnerus og er tett koblet opp imot SFF AMOS som vil bidra til et betydelig og langsiktig faglig løft.

### *Olje og gass fra nord*

NTNU har en unik posisjon i forhold til å bringe fartøyer, marin teknologi, sensorplattformer, instrumentering og måleteknikk til Arktis for så å skape banebrytende kunnskap om miljø, atmosfære, og isforhold som grunnlag for design av konstruksjoner for operasjon i Arktis, design av arktiske maritime og offshore operasjoner, arktisk skipsfart og arktisk ressursutvinning.

Konkrete muligheter der NTNU vil kunne være verdensledende og unik er:

- Kunnskap om modeller og metoder for kartlegging og analyse av metocean og isparametre i et arktisk område, inkludert modeller og metoder for instrumentering og design av beslutningsstøttesystemer for kontinuerlig sanntidsovervåking av miljøparametre, istilstand, -utstrekning, og -bevegelse, og deteksjon, monitorering, og risikovurdering av isfjell og skrugarder.
- Kunnskap om modeller, metoder, og prosedyrer for dynamisk posisjonering og thruster-assistert forankring av fartøyer i is, inkludert bruk av et «Ice Management» system for minimalisering av globale og lokale islaste og dermed reduksjon av risiko.
- Kunnskap om metoder og modeller for beregning av lokale og globale samt konstruksjonsrespons for ulykkelaste og ekstreme miljølaste
- Kunnskap om maskineri, teknologi, modeller, og kybernetiske metoder for feil-tolerant, energioptimal, og miljøvennlig elektrisk kraftproduksjon, energilagring, og kraftforsyning i marine fartøyer og fjerntliggende offshoreinstallasjoner for arktisk operasjon.
- Kunnskap og kompetanse rundt anvendelse av ubemannede autonome farkoster (AUV, USV, UAV, osv.) og miljødatainnsamling fra slike mobile sensorplattformer i fjerntliggende arktiske områder. Dette inkluderer kunnskap om teknologi og metoder vedrørende kommunikasjon, navigasjon, kartsystem, guidance- og styringsalgoritmer, og generell autonomi for sikker og miljøtilpasset anvendelse av slike farkoster for arktiske operasjoner.

Området har tilgang til viktige laboratoriefasiliteter gjennom å foreta fullskala målinger på Svalbard og ellers i Arktis og bruk av AUR lab og er ellers tett koblet opp imot SFI SAMCoT som vil bidra til et betydelig og langsiktig faglig løft.

### *Bærekraftig sjømat*

Det må være et mål for det internasjonale samfunnet at matproduksjonen i havet blir tilsvarende den i landbruket, da er følgende tema helt sentrale for den norske sjømatklyngen:

- Øke grunnleggende kunnskap om oppdrettsorganismene egenskaper, fra gener til biologi og økologi, med hovedfokus på laks og andre viktig organismer i sjøbasert oppdrett
- Etablere nye bærekraftige fôrressurser for fisk, bare det kan muliggjøre den veksten det legges opp til i sjømatproduksjonen
- Videre utvikling av sjøbasert havbruk, men hovedfokus på robuste systemer og prosedyrer for oppdrett av laks i mer eksponerte lokaliteter, noe som er helt avgjørende for å øke oppdrettsarealer i Norge og globalt

NTNU kan bli et verdensledende universitet innen de fokuserte områdene, der utfordringene i de nevnte tema er nært knyttet til hverandre. En sterk og økonomisk bærekraftig økning av sjømatproduksjonen forutsetter nye bærekraftig fôrressurser og dypere kunnskap om oppdrettsorganismene. Bruk av kunnskap fra genom-forskning i forskning omkring produksjonssyklus og videre foredling er viktige utfordringer og skal ha laks som hovedfokus. Konstruksjonen av en «Digital Laks» vil ta oss fra en reaktiv til en proaktiv forskningsstrategi på laks i Norge med betydning for hele produksjonskjeden. En bærekraftig sjømatsektor krever også en innovativ forskning omkring miljøeffekter av virksomheten, med et bredt perspektiv på direkte påvirkning av naturmiljøet til indirekte globale effekter av ressursbruk og samfunnsmessige interaksjoner.

Den planlagte spissingen av forskningen – «Laks fra genom til marked» - vil bidra til banebrytende kunnskap, fordi hovedtema som er valgt er dypt integrert og farget av NTNUs spesielle og brede fagmiljø innen sektoren. Ingen andre universiteter kan ta denne posisjonen og kunnskap fra alle tema må bringes sammen for at Norge skal lykkes i å befeste og forsterke sin posisjon som verdensledende i sjømatsektoren.

Viktig infrastruktur er: ACE laboratorium for sjøbasert oppdrett, NTNU Sealab med CodTech laboratoriet, Trondhjem biologiske stasjon, SFF Gunnerus, inkludert AUR lab. «Brohodet Frøya» initiativet gir tilgang til mer spesifikk infrastruktur, som for eksempel resirkuleringsanlegg for smolt og bedrifter.

Det er iverksatt planer om SFI-søknad mot etablering av nye fôrressurser, denne er del av satsingen innen NTNU bioteknologi. SFI CREATE er relevant for sjømatområdet og har NTNU deltagelse. Etablering av ny SFI innen eksponert havbruk sammen med SINTEF, med blant annet AMOS som partner, må gis stor prioritet.

### *Ren energi fra havet*

Norge har meget gode naturgitte forutsetninger for å øke energiproduksjonen fra havet. Dagens hovedutfordring omkring implementering av mer fornybar energi er kostnadseffektivitet i forhold til konvensjonelle energibærere. NTNU har med sin kunnskap om og forskning på teknologi særskilt gode muligheter til å bidra til utvikling av teknologi og driftskonsepter som gjør det mer økonomisk lønnsomt å produsere energi fra offshore vindkraft, tidevanns- og bølgekraft og fra marine bioressurser.

I hovedsak er det viktig å bidra til å utvikle bærekraftige produksjonssystemer ved å forbedre eksisterende metoder og utvikle ny teknologi for installasjon og fundamentering av både bunnfaste og flytende turbiner til havs. Samtidig må det utvikles effektive drifts- og vedlikeholdssystemer som kan bidra vesentlig til å redusere kostnadene for havenergi. Potensialet for energiproduksjon fra marine bioressurser må analyseres og det må utvikles teknologi for effektiv utnyttelse av energien.

NTNU har særlige forutsetninger for å bidra med ny kunnskap er knyttet til optimalisering av bærekonstruksjoner og kontrollalgoritmer, produksjons- og installasjonsmetoder, logistikk, pålitelighet og tilgjengelighet av komponenter i et særdeles røft marint miljø, samtidig som aspekter knyttet til

helse, miljø og sikkerhet og ivaretas. Videre kan NTNU bidra til å analysere virkemidler for å overkomme dagens gap mellom inntekter og investeringskostnad, kostnader for å etablere infrastruktur for nettilknytning, og tilpasning av kraftsystemet på land og tiltak for å fase inn store mengder havenergi. Sist, men ikke minst, er det ytterst nødvendig å samle inn og tilgjengelig-gjøre data om ressursgrunnlaget som er gode nok for forskning på teknologi, drift og dimensjonering av anlegg.

Området er relevant i forhold til SFF AMOS og FME NOWITECH og laboratoriefasilitetene på Tyholt.

### *Havet, miljøet og samfunnet*

Det banebrytende ligger i å koble ingeniørvitenskap og kunnskap om teknologi og effekter av denne på miljø og samfunn med naturvitenskap og samfunnsvitenskap. Dette vil kunne bidra til robuste

beslutningsmodeller og analytiske verktøy som kan benyttes i tidlig prosjektering for å unngå negative effekter på miljø, økonomi og samfunn vurdert i et helhetlig livsløpsperspektiv. Denne satsingen vil kunne bidra til å videreutvikle kompetanse og bli verdensledende på flere av de forskningsområdene som er identifisert for dette tversgående området slik som:

- Øke forståelsen av systemintegrasjoner for de komplekse systemene som denne tematiske satsingen innebærer. Ingen land i verden har den samme konsentrasjonen av aktiviteter og kompetanse på tvers av de spissområdene som denne satsingen innebærer. Forskningsamarbeid på tvers av og i samarbeid med spisskompetansen som hvert område representerer, vil videre legge grunnlag for multidisiplinære analytiske modeller.
- Spissing, videreutvikling og anvendelse av livsløpanalytiske modeller, også på nye spissområder. Dette vil kunne skje i samspill med den andre overordnede strategiske satsingen ved NTNU (for eksempel satsingen inne Energi og miljø, og innen Bærekraftig samfunnsutvikling). Ressurspersoner innen Forskergruppen Beslutningsstøtteverktøy for marin/maritim satsing vil være involvert også i de andre satsingene.
- Bidra til nye modeller for styresett da den marine/maritime næringen i dag foregår på tvers av nasjonale rammeverk, og ansvarlighet når miljøeffekten skal bedømmes i et helhetlig verdikjedeperspektiv. Det er forventet at internasjonale mekanismer med prising av miljøaspekter vil bli aktuelle, og videreutvikling av psiskunnskap innen dette feltet på den maritime/marine sektoren vil være banebrytende. Det samme gjelder utviklingen av hvordan bærekraftighet skal kommuniseres på og for ulike systemer og aktører.
- Sikkerhet knyttet til olje- & gassvirksomhet er et område hvor Norge har kompetanse i verdensklasse, og hvor det NTNUs nære samspill med offshorenæringen og skipstransport kan bidra til utvikling av kompetanse som kan overføres til andre bransjer.. Dette har allerede skjedd. NTNUs styrke innen IKT vil også bidra til nye kommunikasjonsløsninger for å ivareta sikkerhetsaspektene der en ser for seg at satsingen vil kunne føre til ny teknologi og kommunikasjonsmodeller.

## 9. Samspill med eksterne aktører

### 9.1. Internasjonale koblinger

Satsingsområdet vil bygge på allerede sterke faggrupperinger med både høyt ambisjonsnivå og posisjon eksempelvis i forhold til tyngre satsinger. Etablering av "NTNU Havromsvitenskap og teknologi" vil videre utad signalisere at NTNU som institusjon har et ønske om at dette området styrkes og at det har støtte i egen strategi. Dette vil gi signaler som igjen vil bidra til å styrke området både nasjonalt og internasjonalt.

CeSOS, TSO Marin og flere sentrale fagmiljøer i det marine konsortiet har et velutviklet internasjonalt nettverk for forskningssamarbeid i Europa, USA, Australia, Sør-Amerika og i Asia, der det i senere tid særlig er bygd langsiktige relasjoner i Kina. En samordning av NTNUs marine og maritime aktivitet gjennom en tydelig faglig bred satsing med sterk strategisk ledelse vil kunne øke trykket mot og kvaliteten av det eksisterende internasjonale samarbeidet og bringe dette videre. Dette er tid- og ressurskrevende og gjøres mest effektivt fra større enheter.

Som et aktuelt virkemiddel for styrkingen av det internasjonale samarbeidet med Kina kan det vurderes etablering av et bredt "Joint Research Center" innen blå sektor. Kina som er vår nære partner i SØ Asia har utarbeidet et grunnlag for en omfattende satsing omkring "Blue Economy", som omfatter alle marine og maritime aktiviteter. Norge har en typisk blå økonomi og samarbeid med Kina er viktig for fremtiden.

Søramerikanske land som Brasil trenger med sine store naturressurser også å bli en viktig aktør i blå sektor, og etablering av forskningssamarbeid bør prioriteres.

Samarbeidet med EU er sentralt. Mulighetene innen «Horizon 2020» diskuteres nedenfor, men i denne sammenheng er det relevant å trekke frem at et strategisk samarbeid som foreslås her, også vil gjøre felles fremstøt mot EU enklere. Samtidig vil en strategisk satsing ha mulighet til å delta i strategiske prosesser innen EU på en langt mer offensiv måte enn tilfellet ellers vil være. Eksempelvis har TSO Marin delvis initiert og vært meget aktiv i etableringen av teknologiplattformene EATIP (European Aquaculture Technology and Innovation Platform) og EFTP (European Fisheries Technology Platform). Slike initiativ er viktige arenaer for strategiutvikling innen EU og samtidig viktige møteplasser for aktører både innad i EU-systemet og innen forskningsverdenen.

### 9.2. Kobling til Horizon 2020

I Horizon 2020 legges forskning og utvikling som en grunnstein for en smart, bærekraftig og inkluderende økonomisk vekst. Globale utfordringer skal løses og Europas konkurransekraft skal økes gjennom faglig eksellense, næringsdrevet lederskap og forskningssamarbeid. Programmet har et større fokus enn tidligere på innovasjon i utdanning og forskning, på muliggjørende teknologier og på forskningens samfunnsmessige implikasjoner. Disse prioriteringer i Horizon 2020 er i tråd med forslaget til "NTNU Havromsvitenskap og teknologi", med en næringsrettet, tverrfaglig og likevel spisset kompetanseprofil.

Innenfor Matprogrammet har NTNU sterke fagmiljøer som kan bidra til utvikling av bærekraftig fiskeri (GemiFish), av en konkurransedyktig havbruksnæring og av marin innovasjon gjennom bioteknologi. Aktive faggrupper innenfor marin biologi, systembiologi, akvakultur, marin



bioteknologi, marin teknikk, marin akustikk, samfunnsvitenskap og – økonomi utgjør, sammen med verdensledende bedrifter («Brohodet Frøya» programmet) og SINTEF fiskeri og havbruk, et internasjonalt tyngdepunkt på dette området. Prosjektene innenfor dette området vil være tilknyttet satsingen "Bærekraftig sjømat".

Energiprogrammet ser på muligheten for generering av energi fra alternative kilder, som havenergi fra bølger, strøm eller tidevann, og biodiesel fra marine mikroorganismer. Satsingen "Ren energi fra havet" med faggruppene innenfor marin teknikk, bioteknologi, materialteknologi og kybernetikk blir sentrale i energiprogrammet.

«Grønn sjøtransport»-satsingen ved NTNU tar for seg mange av de utfordringene som er skissert innenfor "Smart, grønn og integrert transport". Det omfatter blant annet etablering av forvaltningsregimer knyttet til nye transportruter, ny fartøydesign som fører til lavere utslipp og økt sikkerhet, smarte skip med intelligente kontrollsystemer og utvikling av ubemannede transportplattformer.

Prioriteringene i klimaprogrammet griper inn på flere områder, både i den overgripende satsingen hvor miljøanalyse står sentralt, og i den mer spesifikke "Ned i havrommet" satsingen. Betydningen av havet som reguleringsorgan i klimasammenheng er erkjent til å være stor. Det er imidlertid mange økologiske prosesser som fortsatt ikke er forstått. NTNU vil bidra til utvikling av ny teknologi til å oppnå en helhetlig kunnskap om de komplekse interaksjonene i det marine økosystemet, og hvordan man bruker den i beslutningsprosesser. For øvrig satser "NTNU Havromsvitenskap og teknologi" på å øke kunnskap om mineralressurser på havbunnen, og på å oppnå en mer bærekraftig bruk av marine råmaterialer, som begge er spesielt nevnt i klimaprogrammet.

Det europeiske fellesinitiativet "Healthy and Productive Seas and Oceans" er forventet å legge en del premisser for den marine forskningen i Norge fremover. Manglende forståelse for klimaendringene, utvikling av bedre overvåkingsverktøy og utvikling av marine operasjoner i tråd med internasjonale miljøforskrifter ("Good Environmental Status") har blitt fremhevet som viktige kunnskapshull. I denne sammenhengen skal NTNU kunne hevde seg i det internasjonale landskapet som en viktig kunnskapsleverandør.

Forskningsbehovene til nærings- og samfunnsaktører har blitt uttrykt gjennom etablerte europeiske teknologiplattformer. NTNU forskere har vært godt representert i havbruks-, fiskeri- og matplattformene, resp. EATIP, EFTP og Food4Life.

### 9.3.NTNUs posisjon i en nasjonal kontekst

NTNUs posisjon på nasjonalt plan kan understrekes ved:

- Sterke fagmiljø relatert til havrommet eksemplifisert ved AMOS, SamCot, Create, CeSOS osv.
- Enestående infrastruktur innen marin forskning i nasjonal og internasjonal sammenheng (Marintekniske laboratorier på Tyholt, AUR-lab, FF Gunnerus, ACE etc.)
- Tverrfaglige forsknings- og undervisningsaktiviteter styrket gjennom TSO Marin som eksempelvis; AUR-lab og MaCoDev (tverrfakultær internasjonal master).
- Forsknings samarbeidet med SINTEF
- Virksomhet og aktivt samarbeid innen alle de tre næringsklyngene der Norge er verdensledende.

Koblingen mellom NTNU og SINTEF er enestående i nasjonal og så vidt vites internasjonal sammenheng. Her kan spesielt samarbeidet om felles infrastruktur som benyttes i både undervisning, forskning og kommersiell virksomhet trekkes frem. Dette bidrar til å bringe forskningsresultater inn i undervisningen og også ut til hele næringen. Med sin virksomhet innen de tre næringsklyngene der Norge er verdensledende, har NTNU gjennom tverrfaglig samarbeid mulighet til å utnytte potensialet som ligger i brytningen mellom disse klyngene og mellom de ulike disipliner og fag. Med det kan NTNU adressere nye fremtidige anvendelser og utfordringer og bidra til å løfte og befeste en visjon om en norsk «blå økonomi». NTNU har også inngått en samarbeidsavtale med det maritime miljøet knyttet til Norsk Maritimt Kompetansesenter i Ålesund, og samarbeider tett i flere prosjekter med den maritime klyngen i regionen.

NTNUs hovedprofil er sterke teknologimiljø, avansert og delvis unik forskningsinfrastruktur, forskningsbasert undervisning og stor nærhet mellom teknologi, naturvitenskap og samfunnsfagene med fokus på «sosialt forankret» teknologiutvikling. Videre er innovasjon og nyskaping tungt forankret i ledelsen ved NTNU.

Et nytt marinteknisk senter, "Ocean Space Center", er videre under utredning med sikte på å erstatte dagens Marinteknisk senter på Tyholt. I tillegg til å skulle bli et nytt høyteknologisk forskningscenter bygger "Ocean Space Center" på en visjon om å bruke havrommet som laboratorium utover hva som er tilfelle med dagens Marinteknisk senter. Det er arbeidsgruppens ambisjon at et nytt overgripende marint satsingsområde skal bidra til å styrke og underbygge et nytt "Ocean Space Center".

Marin og maritim forskning og utvikling har i en årrekke stått forskningspolitisk sentralt i Norge. Utfordringer for det marine området er tema for mange viktige utredninger og forskningsstrategier på nasjonalt nivå, blant annet Hav21, Maritim21, Energi21, Olje og gass21, MAROFF, Kyst og hav, og Forskningsrådets programplaner for havbruk. NTNU har gjennom TSO Marin vært aktiv i utviklingen av flere av disse strategiene blant annet gjennom styredeltakelse i utviklingen av Maritim21-strategien.

I denne sammenheng er det også relevant å fremheve at NTNU gjennom initiativet "Global Maritime Knowledge Hub" initiert av Norges Rederiforbund og Oslo Maritime Nettverk er tildelt hele 8 gaveprofessorat finansiert av ulike aktører innen den maritime næring. Dette viser klart at den maritime forskning og undervisning som skjer på NTNU, vurderes som svært relevant av denne næringen. I tillegg er det tilsagn om et første professorat finansiert av havbruksnæringen.

#### **9.4.Kobling til næringsvirksomhet**

NTNU og SINTEF har tradisjon for tett samarbeid med kunnskapsbasert næringsliv ikke minst innen maritim og marin virksomhet. Tradisjonelt har dette vært basert på alt fra ren oppdragsforskning til samarbeid i forskningsprosjekter og –program ved at næringsaktører har finansiert stillinger ved NTNU og ved samarbeid om masteroppgaver.

NTNU/SINTEF har også i mange tilfelle bidratt til å omsette kunnskap og innovasjoner til ny næringsvirksomhet. Etableringen av firmaet Marin Cybernetics er et slikt eksempel hvor kompetanseutvikling og samarbeid mellom to fagmiljø, kybernetikk og marin teknologi, ga grunnlag for etablering av et sterkt kompetansebasert firma som i dag har nærmere 100 ansatte. Flere andre

slike eksempler finnes og det må være et mål for satsingsområdet å bidra til at flere slike innovasjoner omsettes til næringsetablering.

Et viktig mål for satsingsområdet skal være å bidra til et kunnskapsbasert og konkurransedyktig norsk næringsliv. Da er det grunn til å hevde at norske næringsaktører bør øke andelen ansatte med ph.d.-grad i betydelig grad. En viktig mekanisme her vil være at næringsaktørene for det første bidrar til å motivere norsk ungdom til å ta en ph.d.-grad og også bidrar til at dette kan realiseres gjennom finansiering, gjerne i samarbeid med andre kilder som forskningsrådet, EU etc. Satsingsområdet bør her arbeide for å motivere næringsaktørene i samarbeid med næringslivsklynger etc.

Eksempler på sterke næringsaktører innen den marine og maritime klynge er Det Norske Veritas (egen avtale med NTNU, gaveprofessorat, forskningssamarbeid, ph.d.-er, masteroppgaver, CeSOS, AMOS SAMCoT etc.), Kongsberggruppen (har bidratt med gaveprofessorat, finansiering av forskningsprogram, masteroppgaver, aktiv bruker av Gunnerus etc.), Rolls Royce (eget forskningssenter på Tyholt, ph.d.-pakker, masteroppgaver etc.), STATOIL (finansierer flere gaveprofessorat, deltaker i CeSOS, AMOS, IO-senteret etc.), SIEMENS (eget program ved NTNU), Aker Maritime (eget program ved NTNU, finansiering av professor II, ph.d.-pakker, masteroppgaver etc.), STATKRAFT (finansierer professor II innen offshore vind på IMT etc.) og de store lakseprodusentene representert ved sin bransjeorganisasjon FHL (mulig gaveprofessorat, masteroppgaver etc.).

## 10. Kobling til muliggjørende teknologier

Det vil være klare knytninger mellom flere gjennomgående og muliggjørende teknologier og marinområdet. I første rekke vil områdene Materialer, IKT og Bioteknologi være relevante. Dette kan berede grunnen for nye banebrytende og innovative løsninger. En viktig rolle for NTNU er å følge og delta i utviklingen av disse og raskt kunne overføre og videreutvikle kunnskap til marine anvendelser. Bruk av avansert material- og informasjonsteknologi vil være avgjørende for gjennomførbarheten av de fleste forskningsutfordringene beskrevet i "NTNU Havromsvitenskap og teknologi". Et typisk eksempel er installasjoner i Arktis der materialer med spesielle egenskaper i forhold til lave temperaturer og påkjenninger fra is vil være nødvendige sammen med avanserte overvåkings- og kontrollsystemer for drift av anlegg på fjerne lokaliteter. Bruk av avansert bioteknologi vil være en forutsetning for å kunne realisere målet om økt produksjon av mat fra havet.

**Bidrag fra materialer:** Havmiljøet stiller høye krav til materialene som brukes. Kunnskap om optimal og økonomisk bruk av materialer, som aluminiumslegeringer, avanserte stål, polymerer, titanlegeringer, i forhold til bruksområdenes egenart er av høy betydning for en sikker og bærekraftig bruk av havrommet. Ned i havrommet, og mer spesifikt på havbunnen, er det behov for lette konstruksjoner og utstyr som bla. tåler spesielle korrosjons- og slitasjeforhold under høyt trykk. Når mineralutvinning fra havbunnen skal vurderes må det først kartlegges hvilke metaller og mineraler som finnes, hvordan eventuelle forekomster kan utnyttes gjennom spesialutviklet teknologi og riktig bruk av materialer i produksjonsenheter og hvordan samfunnet kan få optimal økonomisk gevinst ved høsting. Utvinning av sjeldne mineraler gir muligheten til å sikre utvikling og bruk av spennende nye materialer og kan bidra til å redusere verdens material- og mineralknapphet. Innen "Grønn sjøtransport" kan eksempelvis bruk av aluminium bidra til innovative konstruksjonsløsninger som fører til lavere drivstoffbehov og samtidig er sikre mht. kollisjon med is. Innen "Bærekraftig sjømat" er det behov for utvikling av rømnings sikre oppdrettsmerder som er korrosjonsbestandige og har redusert tendens til ising, men også lette og hurtiggående driftsbåter og havbruksredskaper. Materialbaserte sensorer og membranmaterialer for saltkraftverk er andre eksempler på bidrag fra denne muliggjørende teknologien. Av miljø- og samfunnshensyn er også resirkulering av materialer et viktig tema innen "Havet, miljø og samfunnet", som krever spesialkompetanse ivaretatt av materialteknologimiljøet ved NTNU.

**Bidrag fra IKT:** IKT er sentral i alle fem spissområdene. I et krevende miljø, med til tider ekstreme forhold og manglende infrastruktur, er innhenting av pålitelige data og effektiv kommunikasjon avgjørende for sikre og effektive marine operasjoner. I tillegg stiller marin overvåking med sin økende grad av automatisering og sensorbasert fjernmåling, stadig nye krav til instrumenteringen. Innen "Grønn sjøtransport" og "Ned i havrommet" er særlig dynamisk posisjonering, intelligent styring og automatisk manøvrering av (undervanns)fartøy sentrale fagområder som NTNU har spisskompetanse på. Som viktige beslutningsstøtteverktøy nevnes dataassimilering, dynamisk modellering og konsekvensanalyser, mens forståelsen av menneske-maskin interaksjonen i er av stor samfunnsmessig betydning i alle ledd. Forskning og innovasjon innen IKT er dermed også avgjørende innenfor det overordnede temaet "Havet, miljøet og samfunnet".

**Bidrag fra bioteknologi:** Bioteknologi defineres av OECD (og norske myndigheter) som: "Anvendelse av naturvitenskap og teknologi på levende organismer og på deler, produkter og modeller av disse, slik at levende eller ikke-levende materialer endres for å frembringe kunnskap, varer og tjenester." Dette innebærer at de tilfeller hvor innsikt vedrørende prinsipper for biologisk regulering, prinsipper

som ofte stiller vår mest avanserte kontroll-teori i skyggen, kan omsettes i utvikling av nye og bedre styringssystemer kvalifiserer som bioteknologi. Bioteknologisk FoU kan derfor i denne sammenhengen ha betydelig indirekte relevans for "Grønn sjøtransport", "Ned i havrommet", "Olje og gass fra nord" og "Ren energi fra havet". I tillegg vil bioteknologi kunne brukes til å utvikle nye overflatematerialer som hindrer groing på fartøy og i forbindelse med produksjon av biobrennstoff fra mikroalger. Men det fremste anvendelsesområdet er "Bærekraftig sjømat". Her vil bioteknologien spille en nøkkelrolle for et bredt register av problemstillinger og i hele verdikjeden. Her har NTNU, med sin brede kompetanse innen kvantitative disipliner og ingeniørfag, mulighet til å bli transformativ dersom denne kompetansen brukes til å forstå biologiske problemstillinger og utvikle nye marint baserte biologiske produksjonsteknologier. Denne koblingen er allerede reflektert i navnet på NTNUs bioteknologisatsing: "NTNU Biotechnology – the Confluence of Life Sciences, Mathematical Sciences and Engineering".

## 11. Kobling til andre satsingsområder

### *Energi*

Havrommet har et eget spissområde som fokuserer på rene, fornybare energiresurser fra havet. Disse inkluderer vind-, bølge- og tidevannskraft, samt marin biodrivstoff. Også spissområdet "Olje og gass fra nord" har en tydelig fellesinteresse med Energiområdet. Grenseoppgangen defineres som følgende: havrom ser på elementene som flyter i sjøen og/eller som skal flyttes på, mens energi tar for seg prosessene på havbunnen og ved selve generering av energi.

Det finnes mange områder hvor et samspill mellom satsingene i Havrom og Energi kan skape enda bedre løsninger for samfunnet. Spesielt nevnes:

- Energi foreslår i sin innstilling å etablere et nasjonalt «Senter for økt utvinning av olje og gass». Et samspill med Spissområdet «Olje og gass fra Nord» vil resultere i at begge områder styrkes.
- Havrommets spissområde «Ren energi fra havet» vil kunne dra stor nytte av samspill med Energilagets eksisterende FME NOWITECH, og den nye FME som foreslås på «Smarte energisystemer».

### *Bærekraft*

Bærekraft er et sentralt begrep innenfor mange av havrommets spissområdene, som en viktig driver for ny kunnskap. Dette kommer særlig til syne i "Havet, miljøet og samfunnet" hvor både miljøanalyse og forvaltning er sentrale forskningsområder. Mens Bærekraftområdet sikter mot utvikling av metodikk og verktøy for å analysere bærekraft, blir havromsområdet en bruker, ved å anvende disse videre i generering av marin kunnskap og bærekraftig teknologi.

### *Helse og velferd*

Bioteknologiske metoder og verktøy som er utviklet innenfor medisin er meget relevant for forskning av marine organismer. Særlig innen genomforskning er det store muligheter for et tett samarbeid.

## 12. Kobling til studieprogram og utdanningsmuligheter

Vi har i de senere år sett en sterk vekst i søkertall mot studiet innen de marine teknologifagene både fra nasjonale og internasjonale studenter. Søkningen har også vært god og økende innen biologi. Den økte søkningen skyldes ikke minst det sterke aktivitetsnivået og de interessante muligheter som kan tilbys uteksaminerte studenter innen de marine næringene, men også at fagmiljøet innen for eksempel marin teknikk oppfattes som attraktivt og internasjonalt kjent med tilgang til meget gode laboratoriefasiliteter.

Samtidig ser vi tydeligere at overordnede hensyn vil stille større krav til ansvarsbevissthet i forhold til fremtidens bedrifter som vil trenge ledelse og medarbeidere med et mer holistisk perspektiv. Interessen mot ulike studier har også vist at ungdommer velger både på grunn av jobbutsikter og at de vil bidra til å gjøre en forskjell i samfunnet. Å sette teknologi eller naturvitenskap inn i en større sammenheng i undervisningssituasjonen vil gjøre studiene mere attraktive for mange studenter. Dette gjøres også i dag, eksempelvis gjennom «Eksperter i team», og ved valg av marine fag fra andre studieretninger, men bør kunne styrkes ytterligere fremover.

Et eksempel på tverrfaglig samarbeid innen undervisning er etableringen av det tverrfakultære internasjonale masterprogrammet, MaCoDev (Marine Coastal Development). Programmet har hatt en god og økende rekruttering, spesielt fra studenter med naturvitenskapelig bakgrunn, men også fra teknologi, humaniora og samfunnsfag. Potensialet for økt rekruttering av spesielt internasjonale studenter er stort. Antallet studenter som er registrert ved programmet, er lavere enn den virkelige deltagelsen, dette fordi sivilingeniørstudentene tar fagene innen sine 5-årige program. Masterprogrammets struktur gjør at andre fagområder lett kan implementere programmet for sitt fagområde.

En videre utvikling og implementering av MaCoDev må være et framtidig mål i NTNU Havromsvitenskap og -teknologi, og det bør også vurderes å videreutvikle og etablere noen nye sentrale emner, som sannsynligvis bør bli mer modulbaserte og/eller prosjektbaserte slik at de lettere kan tas av ulike fagområder. Ambisjonen for den tverrfaglige masterutdanningen må være å gi studentene mulighet for å tilegne seg noe kunnskap fra andre fagområder og tverrfaglig kompetanse.

De sterke norske industriklyngene innen offshore, maritim og sjømat sammen med den sterke interessen for utdanningen innen flere etablerte marine fagområder må kunne utnyttes til å styrke interessen for marin relatert utdanning også innen flere fagretninger. En tilsvarende effekt mener vi kan hentes ut på ph.d.-nivå ved at oppgaver og veiledning gis på tvers av fagdisipliner.

En kort oversikt over studietilbud som har relevans for dette område, er gitt under her:

- Marine Coastal Development (MaCoDev)
- Master in Marine Technology
- European Wind Energy Master -EWEM (jointly with DTU, TU Delft, Univ. Oldenburg)
- Bachelor in Marine Biology and Aquaculture
- Nordic Master in Aquatic Food Production – Safety and Quality
- Master in Fisheries and Aquaculture Cybernetics
- Nordic Master in Maritime Engineering
- Master in Coastal and Marine Civil Engineering

- Master in Subsea Technology
- Master in bioteknologi
- Project Management (PROMAN)
- Industrial Ecology
- Globalization ("Global Production Management" og "Global Cultural Understanding")
- Økotoksikologi og miljøkjemi

Det har også blitt etablert en marin EiT klynge, bestående av 3 marine landsbyer



### 13. Forankring i linjene

IVT, IME, NT, SVT, HF, AB og VM har alle aktivt deltatt i utviklingen av dette dokumentet og bidratt med innspill ut ifra egne strategiske prioriteringer. De ulike fakultet har også utviklet sine egne strategier som dette forslaget bygger på. Disse er i første rekke:

- IVT – Fagplan for forskning
- IME – Fyrtårnsatsinger: robotikk, overvåking sensornettverk (CAMOS-Coastal and Arctic Maritime Operation and Surveillance Sensor networks)
- NT – Naturvitenskap og teknologi for en bedre verden
- SVT – KVALITET – BREDDE – SAMSPILL 2015: Grønn økonomi og bærekraft
- HF – praktisk-estetiske og kunstneriske virksomheten
- AB – kunnskap for en bedre verden (strategiplan 2011-2020)
- VM – Strategi 2011-2016 - forskning, kunnskapsutvikling og forvaltning

Økonomiske bidrag fra fakultetene vil i første rekke knyttes opp imot prioritering av stillinger med relevans for fagområdene som omfattes av "NTNU Havromsvitenskap og teknologi". Det er selvsagt en viktig faktor at det finnes forsknings- og lærekrefter som kan bidra aktivt inn mot området fra ulike fakulteter. IVT og IME har allerede signalisert planer om å etablere stillinger som vil bidra til å styrke det faglige samarbeidet innen dette området. Innen SFF AMOS ligger det relevante stillinger på både IME og IVT som vil styrke aktiviteten innen satsingsområdet. VM og IVT har signalisert ønske om å videreføre og utvide den faglig og økonomisk deltagelse i AUR-Lab.

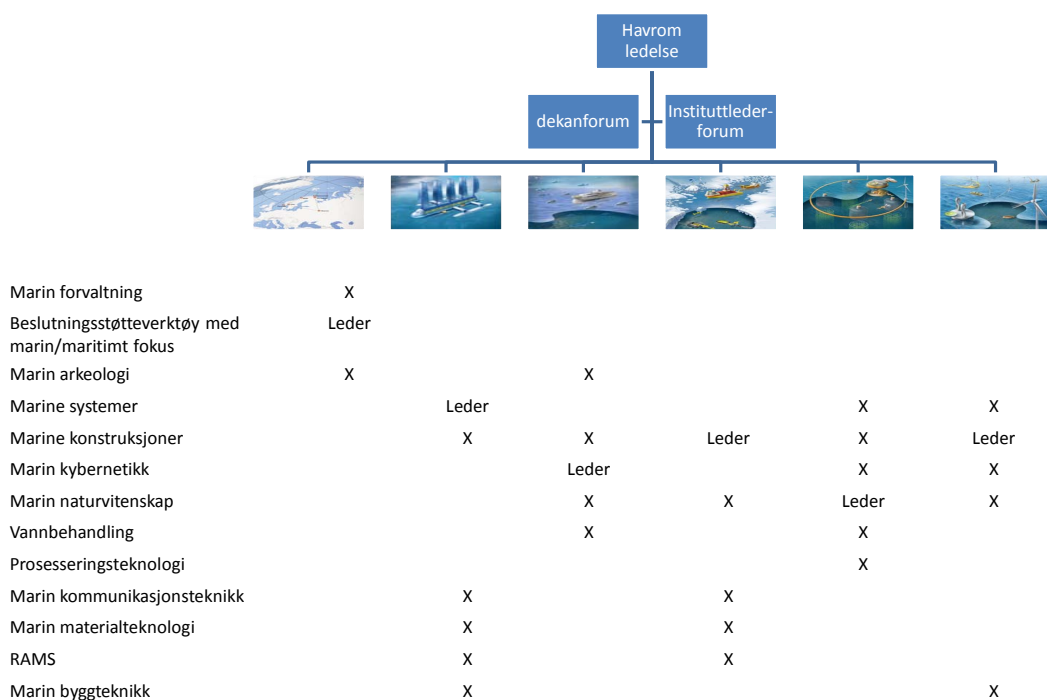
I tillegg er samarbeid med strategisk bruk av ph.d.-stillinger et viktig tiltak. Dette har med stor suksess vært benyttet i løpet av TSO Marin hvor satsingsområdet, fakulteter og ofte også ulike større satsinger som SFI Create på SINTEF Fiskeri og havbruk har slått sammen SO-stillinger til større ph.d. pakker. Det har gitt meget slagkraftige forskningsgrupper som også har medført samarbeid på tvers av fakultetene. Innen AUR lab er det eksempelvis etablert en betydelig gruppe med doktorgradsstudenter fordelt på NT og IVT som samarbeider meget aktivt og godt. Slike konstellasjoner gir også meget interessante muligheter for masterstudenter som ønsker å knytte seg tettere opp imot aktive forskergrupper. Dette skaper igjen rekrutteringsgrunnlag for nye forskertalenter.

## 14. Organisering

Hovedmålet med et tematisk satsingsområde er å stimulere til ny og unik kunnskap gjennom samarbeid på tvers av disipliner og organisatoriske linjer. Dette krever et engasjement fra dyktige og dedikerte forskere som til sammen representerer en faglig bredde. Eksellents dyrkes gjennom NTNUs kvalitetssatsingen, og kommer til synet i de forskjellige kunnskapsområdene som utgjør basisen for spissområdene. NTNU Havrom skal derfor være et verktøy for å skape muligheter og entusiasme blant universitets fremste marine forskergrupper.

Hvert spissområde får en arbeidsgruppe, bestående av representanter for de ulike forskningsgruppene som bidrar inn i kunnskapsområdene. Saker som tas opp i arbeidsgruppene er av faglig og strategisk karakter, som planlegging av felles forskningsvirksomhet, styrking av forskningsgrupper gjennom SO stillinger, PhD/post-doc pakker, innspill til bemanningsplaner. Et medlem av spissområdet "Havet, miljø og samfunnet" er for øvrig representert i hvert av de andre spissområdene for å sikre at samfunns- og miljøperspektiver er tatt hensyn til i vurderingene.

Leder for hver arbeidsgruppe blir representert i ledergruppen, som i tillegg består av NTNU Havroms leder, nestleder og koordinator.



Figur 5: Oversikt over spissområdenes representanter og ledere fra de ulike forskningsgruppene

Når fremtiden endres er det viktig å være inkluderende ovenfor nye ressurspersoner. Organiseringen må derfor sikre sikkerhetsventiler slik at man er åpen for endringer (ikke alt kan forutses!). "Viktigere med organisering enn innhold"

## 15. Erfaringer fra Marin Kystutvikling (2000-2013)

Det marine tematiske satsingsområdet TSO Marin (Marin kystutvikling, 2000 – 13) avsluttes i 2013 etter å ha løpt over 13 år med en faglig midtveisevaluering i 2007. Marin forskning ved NTNU gjennomføres i svært mange institutter, virksomheten er svært spredt, og dette har gjort utviklingen av samarbeidet og organiseringen krevende. Satsingsområdet har gjort noen viktige erfaringer med fler-fakultære satsinger og følgende forhold er viktige:

1. Konsortium-bygging som det nå kan kapitaliseres på
2. Organisatoriske erfaringer

TSO Marin har bidratt til å etablere et bredt NTNU-konsortium med stadig økende tverrfaglig deltagelse fra ingeniørvitenskap, naturvitenskap, samfunnsvitenskap og humaniora, med kjernegrupper fra flere fakulteter og VM. Dette er kanskje det viktigste resultatet av satsingen som det kan kapitaliseres på i en ny satsing. Konsortiet har jevnt over uttrykt et utvetydig ønske om å stå sammen i en videre satsing, det er jevnt over enighet om at det utviklede samarbeidet gir muligheter for ny banebrytende forskning som kan bidra til å løse de store globale utfordringene. Situasjonen var ganske annerledes i 2000, og andre konkurrerende fagmiljøer vil måtte slite for å etablere tilsvarende brede konsortier. Det er i denne sammenhengen et tankekors at flere SINTEF-institutter, for eksempel SINTEF fiskeri og havbruk som har vokst fra 30 til 120 tilsatte i perioden 1000-13, har en svært tverrfaglig bemanning. Instituttet har vokst raskt og det står sterkt i markedet. Kanskje er dette en god indikator på at flerfaglighet faktisk er viktige for å løse dagens problemer i kunnskapssektoren?

TSO Marin har erfart at satsingsområdets organisering på tvers av institutter og fakulteter var for krevende sett i lys av områdets bemanning og ressurstilgang. Det var ganske sikkert et riktig valg at satsingsområdet ikke skulle etablere en egen stor administrasjon og at det faglige samarbeidet skulle fokuseres. Dette fordrer imidlertid at fakultets- og instituttlinjene bidrar med sine ressurser i plan- og gjennomføringsprosessene til satsingsområdet. Områdets muligheter til å påvirke NTNU sin virksomhet i fagområdet på lang sikt ligger i en reell medvirkning i prosessene med nyttilsettinger. Samhandlingsmodellen som ble implementert i 2007 gav satsingsområdet større fagpolitisk innflytelse, men dette ble aldri en realitet. Interessesmotsetninger mellom satsingsområde og linjene kan i enkelte tilfelle bidra til å sakne viktige strategiske prosesser.

Det etterlyses derfor en bedre administrativ organisering av flerfaglige prosjekter, som inkluderer en fornuftig fordeling av (interne) midler og insentiver mellom de ulike deltagende institutter og fakultet. Å gi satsingsområdene rett til å inngå (prosjekt)samarbeid kan føre til smidigere prosesser.

Det anbefales derfor at de nye tematiske satsingsområdene må ha sterkere innflytelse på ressurser og de prosessene som er viktige for fagområdet. Fakultet- og instituttlinjene må avstå makt til et satsingsområde for å si det enkelt. Dette er det samme som de internasjonale evaluatorene konkluderte med i 2007, men som ikke resulterte i noen reelle endringer i tiden etterpå.

## **Vedlegg 1 – Oversikt over forskningsgrupper**

Vedlegget beskriver forskningsgruppene kompetanse, dagens status, deres ambisjoner om faglig (spiss)satsing, og de forskerne som skal bidra inn i havromssatsingen.

## 1. Marine systemer

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Ned i havrommet, Olje og gass fra nord, Bærekraftig sjømat, Ren energi fra havet

### **Kompetanse:**

*Marin prosjektering og logistikk:* Et sentralt tema er bærekraftig skipstransport knyttet til økt energieffektivisering av skip og reduserte utslipp. Forskningskompetansen inkluderer analyser på flåtenivå, skipet og delsystemer som maskineri. Optimering er en sentral metodisk tilnærming innen fagområdet for å sikre god ressursutnyttelse samtidig som kostnader, miljøpåvirkning og sikkerhet tas i betraktning.

*Marin driftsteknikk:* Drift av marine systemer er utfordrende på grunn av de krevende ytre omgivelsene og de må derfor driftes på en sikker, miljøvennlig og kostnadseffektiv måte. I kombinasjon med de tekniske utfordringene, har faggruppen kompetanse på menneskelige, organisatoriske og miljømessige aspekter. Risikoanalyser og vedlikeholdsstyring er sentrale metoder.

*Marint maskineri:* Utforming og optimalisering av skrog og maskineri for energiøkonomisk fremdrifter svært viktig, og systematisk forskning på energiøkonomisering, digitale styringsmekanismer for brennstofforbruket, miljøvennlige dieselmotorer, og gass som drivstoff er noe av det man arbeider med.

*Arktisk sjøtransport:* Faggruppen har kompetanse på risikobaserte designmetoder med spesiell fokus på styrke- og konstruksjonsanalyser.

*Fiskeri og havbruk:* Havet er en viktig kilde til mat for verdens befolkning, og samspillet mellom fiskeri og havbruk er nøkkelen til sterk vekst. Faggruppen arbeider med miljøanalyser og utvikling av teknologi for bærekraftig fangst og oppdrett.

Faggrupperevalueringen ved IVT(2011) resulterte i karakterene 3-3-3 (good).

### **Forskere:**

Harald Ellingsen (IMT), Bjørn Egil Asbjørnslett (IMT), Ingrid Bouwer Utne (IMT), Sören Ehlers (IMT), Eilif Pedersen (IMT), Stein Ove Erikstad (IMT), Ludvig Karlsen (IMT), Maurice White (IMT)

**Infrastruktur:** Maskinerilaboratorium (M-lab), Gunnerus

### **Måloppnåelse:**

- Grønn sjøtransport: Utvikle metoder for miljøvennlig design og drift av skip
- Ned i havrommet: Bidra til sikker, effektiv og miljøvennlig utnyttelse av ressurser i havet
- Olje og gass fra nord: Minimere risikoen for skader på mennesker, miljø og materiell
- Bærekraftig sjømat: Utvikle metoder og teknologi for bærekraftig ressursutnyttelse av marine arter
- Ren energi fra havet: Bidra til sikker og effektiv design og drift av marine energiproduksjonssystemer

**Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Statoil, SINTEF Group, DNV, Kongsberg Maritime, SFI CREATE, FME Nowitech, WG5-rederiene (Klaveness, BW Gas, Solvang, Grieg Shipping, Wilhelmsen), Rolls Royce, Lloyds Register, SFF AMOS partnere

## 2. Marine konstruksjoner

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Ned i havrommet, Olje og gass fra nord, Bærekraftig sjømat, Ren energi fra havet

### **Kompetanse:**

Faggruppen marine konstruksjoner driver undervisning, forskning og formidling innen hydrodynamikk og lastvirkningsanalyse på alle typer marine konstruksjoner slik som skip, oljeplattformer og rørledninger.

Hovedaktivitetene er knyttet til:

- Bølgeinduserte bevegelser og belastinger av marine konstruksjoner
- Virvelavløsning rundt marine konstruksjoner.
- Viskøse demping
- Sjøegenskaper og sjøbelastninger på hurtiggående fartøy
- Hydroelastisitet/Slamming
- Bølgebeskrivelse. Brytende bølger.
- Dynamisk analyse av offshore anlegg for fornybar energi
- Stokastisk analyse av bølger og bølgeinduserte responsvariable
- Skipets motstand og Framdrift. Propellteori. Thrustere. Vannjet fartøy
- Marin kybernetikk
- Kapasitetsanalyse av stål, aluminiums og kompositt konstruksjoner
- Lastvirkningsanalyse av marine konstruksjoner
- Pålitelighet og risikoanalyse
- Utmattings og bruddmekanikk
- Sammenbruddsanalyse

Faggruppeevalueringen ved IVT(2011) resulterte i de høyest mulige karakterene 5-5-5 (excellent). Faggruppen har over flere år vært sterkt involvert og ledet SFF CeSOS og er nå på tilsvarende måte involvert og i ledelsen av SFF AMOS. (IMT)

### **Forskere:**

Jørgen Amdahl (IMT), Odd Magnus Faltinsen (IMT), Marilena Greco (IMT), Håvard Holm (IMT), Lars Erik Holmedal (IMT), Carl Martin Larsen (IMT), Bernt Johan Leira (IMT), Torgeir Moan (IMT), Dag Myrhaug (IMT), Bjørnar Pettersen (IMT), Roger Skjetne (IMT), Sverre Steen (IMT), Svein Sævik (IMT), Asgeir Johan Sørensen (IMT), Zhen Gao (IMT/Nowitech)

**Infrastruktur:** havmiljølaboratoriet, slepetanken, kavitasjonslaboratoriet, AURL<sup>10</sup>, FF Gunnerus

### **Måloppnåelse:**

Faggruppens aktivitet bidrar i vesentlig grad til måloppnåelse innen spissområdene:

---

<sup>10</sup> Applied Underwater Robotics Laboratory

- Grønn sjøtransport: Bidra til redusert energibruk gjennom optimalisering av skrog med hensyn på framdrift realistiske sjøtilstander samt vektreduksjon gjennom nye materialer og forbedret konstruksjonsutforming,
- Ned i havrommet: Utvikle teknologi for bruk av undervannsfarkoster i havforskning, overvåkning og kartlegging av ressurser og miljø
- Olje og gass fra nord: Utvikle analysemetoder og internasjonale standarder for design av marine offshore fartøy, faste konstruksjoner og flytende produksjonssystem for islaster, andre miljølaster samt ulykkelaster, videre teknologi for sikker dynamisk posisjonering og thruster-assistert forankring av fartøyer i is.
- Bærekraftig sjømat: Utvikle metoder for last og responsberegninger for offshore havbruksanlegg samt bidra til utforming av rasjonell dimensjoneringsmetodikk
- Ren energi fra havet: Utvikle analysemetoder og dimensjoneringsmetodikk for offshore installasjoner for energiproduksjon, forbedre teknologi for installasjon og fundamentering for bunnfaste og flytende vindkraftturbiner.

**Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Statoil, SINTEF Group, DNV, Kongsberg Maritime, SFI CREATE, FME Nowitech, WG5-rederiene (Klaveness, BW Gas, Solvang, Grieg Shipping, Wilhelmsen), Rolls Royce Marine, Lloyds Register, SFF AMOS partnere.



### 3. Marin kybernetikk

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Ned i havrommet, Olje og gass fra nord, Bærekraftig sjømat, Ren energi fra havet

#### **Kompetanse:**

*Undervannskybernetikk:* Guidance, navigasjon, kontroll og optimering av undervannsfartøy, undervannsrobotikk – manipulatorer for intervensjoner og prøvetaking, autonome og intelligente systemer, marine operasjoner, arktiske operasjoner under is, hydrodynamikk, slanke strukturer

*Reguleringsteknikk:* Navigasjon, fartøystyring og autonome systemer. Matematisk modellering av fartøybevegelse, simulatorer for testing av styresystemer, styresystemer for skip, navigasjonssystemer, dynamisk posisjonering, plattformer og undervannsfartøyer, sensor integrasjon og estimatorer for tregghets- og satellittnavigasjonssystemer, ubemannede fly, undervannsfartøy, marin overvåking og datainnsamling, marine og arktiske operasjoner, undervanns robotteknikk, optimalisering og styring av diesel-elektriske kraftsystemer, elektriske propulsjonssystemer, monitorering og prediksjon av sjøis og isfjell, sikkerhet i marine systemer.

*Havbrukskybernetikk:*

- Matematisk modellering, numerisk simulering og analyse av havbruksprosesser
- Utvikling av instrumenterings- og automatiseringsteknologi for havbruksproduksjon
- Estimering, overvåking og regulering av havbruksprosesser
- Akustisk telemetri anvendt på fisk og andre marine organismers

Marin kybernetikk leder SFF AMOS.

#### **Forskere:**

Asgeir Sørensen (IMT), Roger Skjetne (IMT), Ingrid Schjølberg (IMT), Kristin Ytterstad Pettersen (ITK), Jo Arve Alfredsen (ITK), Thor Inge Fossen (ITK), Tor Arne Johansen (ITK), Lars Imsland (ITK)

#### **Infrastruktur:**

AURL, FF Gunnerus, CodTech-laboratoriet ved NTNU Senter for fiskeri og havbruk (Sealab), ACE<sup>11</sup>

#### **Måloppnåelse:**

- Grønn sjøtransport
- Ned i havrommet: Tverrfaglig kompetanse mellom teknologi og naturvitenskap for grenspregende forskning og undervisning
- Olje og gass fra nord
- Bærekraftig sjømat: SFI Create
- Ren energi fra havet

#### **Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Statoil, SINTEF Group, DNV, FFI, Kongsberg Maritime, Forvaltning (NGU, DN, NINA, NIVA), SFI CREATE som inkluderer sju internasjonalt ledende bedrifter innen havbruksbransjen, akvARENA klyngen

---

<sup>11</sup> AquaCulture Engineering AS

#### 4. Marin byggtknikk

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Olje og gass fra nord, Ren energi fra havet

##### **Kompetanse:**

Forskningsområder ved Marin byggtknikk er Kystteknikk, Arktisk teknologi og Offshore vind. Forskningsgruppe skal bidra spesielt innen:

- Moloer og beskyttende strukturer - for sikring av kystlinjen og infrastrukturer.
- Havner og farvann - svært viktige deler av det samlede transportnettverket. En utfordring i forhold til sikkerhet og miljømessige konsekvenser.
- Kystbølgeprogram – karakterisere bølgeforhold ved norskekysten.
- Spredning av forurensning - ved kysten og i havet.
- Fornybar energi - vindmøller og bølgekraft ved kysten eller ute i havet.
- Is og iskrefter på faste og flytende konstruksjoner.
- Marin ising
- Ice management og pålitelighet av flytende systemer i islagte farvann
- Statistisk og termo-mekanisk karakterisering av is og isforhold

Faggruppeevalueringen ved IVT(2011) resulterte i karakterene 4-5-4 (excellent /very good) for faggruppen Marin byggtknikk. Gruppen leder SFI SAMCoT og Erasmus Mundus programmet CoMEM.

##### **Forskere:**

Øivind Asgeir Arntsen (BAT), Knut Vilhelm Høyland (BAT), Raed Lubbad (BAT), Sveinung Løset (BAT), Michael Muskulus (BAT), Alf Tørum (BAT).

##### **Infrastruktur:**

Islaboratorium og hydrotekniske laboratorier (bølger og strøm).

##### **Måloppnåelse:**

Faggruppens aktivitet bidrar i vesentlig grad til måloppnåelse innen spissområdene:

- Olje og gass fra nord
- Ren energi fra havet

##### **Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

*Nasjonalt utenom NTNU:* Statoil, DNV, Kystverket, Sintef, Aker Solutions, Multiconsult, Kvaerner, Kongsberg, Olav Olsen, SMSC, Norconsult.

*Internasjonalt:* Aalto University (Finland), TU-Delft, University of Southampton, UK; City University in London, UK, the Technical University of Catalonia (UPC), Barcelona, Spain), Texas A&M College Station, USA, The Ship Model Basin in Hamburg, Germany (HSVA), St.Petersburg State Polytechnic University (SPbSTU), The University College of London (UCL), Moscow Institute for Physics and Technology (MIPT), VTT (Finland), Shell, GDF Suez, Total.

## 5. Marin naturvitenskap

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Ned i havrommet, Olje og gass fra nord, Bærekraftig sjømat, Ren energi fra havet.

### Kompetanse:

*Marine næringsnett:* interaksjoner i det marine miljøet og næringsaltdynamikk i marine systemer

*Marin bio-optikk:*

- Optisk identifisering og kartlegging av organismer i overflate, vannkolonne og bunn (fjernmåling)
- Bruk av optiske sensorer til å generere informasjon om miljøvariable og utbredelse av biogeokjemiske objekter av interesse

*Organismer i marine økosystemer:*

- Forståelse, identifisering, kartlegging og overvåkning av organismer og de samfunn de danner
- Miljøvariablers og antropogene påvirkninger på marine evertebrater og alger (fotosyntese, adferd, økologi, fysiologi og utbredelse )
- Lage habitatkart for overvåkning av biogeokjemiske ressurser

*Marinkjemi og kjemisk økologi:*

- Marin biogeokjemi av sporelementer og mikronæringsstoffer
- Kobling mellom marin biogeokjemiske prosesser og økologi,
- Påvirkning av "multi-stressors" (e.g. havforsuring, forurensing) på marin biogeokjemi
- Forståelse av funksjonaliteten av bioaktive molekyler og kjemiske signaler i marine økosystemer og bruke dem som stressindikatorer i det marine miljøet,
- Marin kjemisk diversitet og kjemisk prospektering av bioaktive molekyler

*Biologisk mangfold:*

- Beskrivelse av mangfold: kartlegging, dokumentasjon og beskrivelse av arter og populasjoner
- DNA barcoding, morfologisk og genetisk diversitet, evolusjonær utvikling
- Dokumentasjon av mangfold i vitenskapelige samlinger
- Biogeografi – utbredelse og forekomst av arter i deres naturtyper
- Grunnlagskunnskap for forvaltning og automatisert overvåking

*Marin mikrobiell bioteknologi:*

- Marine biopolymerer og deres struktur/funksjonalitet forhold
- Analyse, design og kontroll av mikrobielle systemer for vannbehandling og produksjon av råvarer
- Bioprospektering fra marint miljø/organismer

*Marine alger:*

- Fotosyntese, respirasjon, (øko)fysiologi, metabolisme og vekst hos primærprodusenter (planktonalger- og makroalger)
- Elementsammensetning hos alger

- Kjemotaksonomi
- Produksjonsteknologi for mikroalger
- Industrielle dyrkingssystemer for makroalger (tare)
- Integrrert multitrofisk akvakultur (partikkel og næringsaltdynamikk)
- Økohydrodynamikk relatert til tang og tare
- Strainforbedring av alger

#### *Akvakultur:*

- Landbasert oppdrettsteknologi: fiskens og andre organismers miljøkrav, yngelproduksjon
- Plankton (fiskelarver, mikroalger, evertebrater): dyrkingsteknologi, økologi, fysiologi, utviklingsbiologi, næringskrav og fordøyelse, miljøets påvirkning på utvikling og vekst
- Sjøbasert akvakulturteknologi: miljøinteraksjoner mellom akvakultur og natur, organismenes biologi og miljøkrav, utvikling ny produksjonsteknologi og nye oppdrettskonsepter
- Skjell og krepsdyr: fysiologi og produksjonsteknologi
- Marine fôrressurser til fisk

#### *Marin molekylærbiologi:*

- Genetisk, fysiologisk og atferdsmessig kartlegging av fenotyper hos organismer i kultur, og organismenes respons på like miljøforhold

#### *Marin økotoksikologi og fysiologi:*

- Effekter av utslipp fra oljeindustrien på fisk og evertebrater
- Effekter av havforsuring (økte CO<sub>2</sub>-nivåer) på fisk og evertebrater (klimaeffekter)
- Effekter av miljøgifter (olje, metaller, persistente organiske miljøgifter, nanopartikler) i marine organismer: opptak og transport i marine næringskjeder, effekter på organisme- (molekylært, cellulært, fysiologisk, atferd) og populasjonsnivå, risikovurdering i forhold til mattrygghet."

#### *Beregningsorientert marin produksjonsbiologi (digital laks):*

- Matematiske modellering av vev og væskestrømmer
- Modellering av vekstprosesser
- Modellering av metabolske nettverk
- Høydimensjonal dataanalyse
- Bioinformatikk

#### Forskningsrådets evaluering av helse- og biofag (2012) resulterte i:

- miljøtoksikologi og fysiologi: "very good to excellent"
- akvakultur, marin bio-opikk, marine næringsnett, organismer i marine økosystemer, marine alger: "good to very good"
- biologisk mangfold: "good"
- molekylærbiologi: "good"
- mikrobiell bioteknologi: "excellent"

Faggruppeevalueringen ved IVT(2011) resulterte i karakterene 4-5-4 (excellent /very good) for faggruppen Hydraulic engineering (IVM).

### **Forskere:**

Yngvar Olsen (IBI), Geir Johnsen (IBI), Elin Kjørsvik (IBI), Kjell Inge Reitan (IBI), Atle Bones (IBI), Murat Van Ardelan (IKJ), Øyvind Mikkelsen (IKJ), Torkild Bakken (VM), Olav Vadstein (IBT), Bjørn Munro Jensen (IBI), Agustine Arukwe (IBI), Anders Johny Olsen (IBI), Sindre Pedersen (IBI), Jarle Mork (IBI), Jochen Aberle (IVM), Nebosja Simic (IKJ), Odd Reidar Gautun (IKJ), Sergey Zotchev (IBI), Leif Rune Hellevik (KT), Jo Arve Alfredsen (ITK), Nadi Bar (IKP), Mette Langaas (IMF), Finn Drabløs (DMF-IKM).

### **Infrastruktur:**

AUR-Lab, FF Gunnerus, Trondhjem biologiske stasjon, NTNU Sealab (laboratorieforsøk med fisk, levende fôrorganismer, makro- og mikroalger og skjell, eksponeringsfasiliteter), ACE, arbeidsdykkere NTNU, Sletvik feltstasjon, undervannsroboter og sensorer, optiske instrumenter for miljødata og fotosyntese, vitenskapelige samlinger (dokumentasjon av biologisk mangfold fra 1870-tallet til i dag), "Class 100"-Støvfritt sporelement Lab, HD-ICP-MS- Titanium Trykktank, spesialutviklet utstyr for generering av oljedispersjoner (simulering utslipp), utstyr for langtidsgenerering av sjøvann til forsøk med ulik CO<sub>2</sub>-innhold, løpende kultur av *Calanus finmarchicus* (fra 2004), analyseinstrumenter for molekylære, cellulære og fysiologiske prosesser (PCR, MS-utstyr, gammateller, blodkjemisk utstyr).

### **Måloppnåelse:**

- Ned i havrommet: Basiskunnskap av biologisk mangfold, skape kunnskap for kartlegging og overvåkning av naturressurser som gir grunnlag for kunnskapsproduksjon for forvaltning og miljøkartlegging i Norge, forstå effekter av forurensinger i marine organismer..
- Olje og gass fra nord: Bidra til økt forståelse av antropogen påvirkning på populasjoner og næringsnett i det marine miljø i Arktis
- Bærekraftig sjømat: Bidra til utvikling av ny produksjonsteknologi og nye produksjonsformer for bærekraftig landbasert og sjøbasert akvakultur (fisk, skjell, alger, planktonorganismer), karakterisere interaksjoner mellom akvakultur, annen menneskelig aktivitet og miljø. Utvikle kunnskap for å ta i bruk nye marine fôrråstoffer til den voksende havbruksnæringen
- Ren energi fra havet: kunnskap om dyrking av marine alger til biodrivstoff

### **Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Statoil, Innovasjon Norge, Ecotone, Kongsberg maritime, Salmar, Marine Harvest, Marine Harvest Labrus, Profunda, Nordland leppefisk, Lerøy Seafood Group, Aqualine, Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening, Biomar, Bellona, Oljeindustri (Statoil as, Shell technology Norway as, Eni Norway as), akvARENA (klyngen innen havbruksteknologi), Stiftelsen Norsk sjømatsenter, Biomar AS (Danmark), Billund Aquaculture Services (Danmark), Planktonic AS, NCE Aquaculture (Norwegian Centre of Expertise)

Norsk forvaltning: DN, NGU, Havforskningsinstituttet

Ande FoU institusjoner: SINTEF Fiskeri og havbruk, Universitetet i Tromsø, Universitetet i Nordland, SINTEF Materialer og kjemi, Nofima Marin, NIFES, NINA, NIVA, Universitetet i Bergen, UMB, Universitetet i Ghent (Belgia), Danmarks tekniske universitet (DTU), Københavns Universitet (KU), Foundation for Agriculture Research (DLO, Nederland), Leiden University (Nederland), National Center for Scientific Research (CNRS, Frankrike), Institute for Animal Science and Technology (ICTA-

UPV, Spania), National Institute for Agronomic Research (INRA, Frankrike), Wageningen University (WU, Nederland), National Institute of marine Sciences and Technologies (INSTM, Tunisia), Universitetet i Las Palmas (Spania)

Formidlingsinstitusjonen Artsdatabanken

Det er et særlig tett og tverrfaglig samarbeid mellom NTNU og SINTEF gjennom GEMINI-senteret «Plankonteknologi og økologi», og med lokal akvakulturutdanning og industri gjennom nettverket «Brohode Frøya».

## 6. Vannbehandling

**Spissområder:** Bærekraftig sjømat

### **Kompetanse:**

En nødvendig og bærekraftig høy vekst i oppdrett av sjømat forutsetter utviklingen av effektive resirkuleringsystemer som reduserer vann- og energiforbruk, gjør det lettere å gjenvinne avfallsstoffer og gir fisken optimale biologiske og kontrollerte mikrobielle forhold: En spesiell og viktig styrke er kombinasjonen av høy kompetanse i de tre feltene fiskebiologi, mikrobiologi og vannbehandlingsteknologi, inkludert: biologiske prosesser og miljøkrav, mikrobiell økologi, mikrobiell styring/kontroll, biostabilitet, fysisk-/kjemisk og biologisk vannbehandling og renseteknologi, prosessdesign, tekniske løsninger, modellering, desinfeksjon/vannhygiene og slambehandling, i tillegg til optimalisering av hele systemer, enhetsprosesser og vannkvalitet tilpasset aktuelle behov for økonomisk og bærekraftig produksjon av smolt/marin yngel og matfisk.

«Microbial biotechnology» ved IBT ble evaluert til «Excellent» i Biofagevalueringen som ble gjennomført 2011. Vannteknologigruppen ved IVT ble evaluert til «Very good» (4-4-4) og det ble trukket fram at gruppen bygger opp ny kompetanse innen vannbehandlingssystemer for havbrukssektoren.

### **Forskere:**

Stein Østerhus (IVM), Torove Leiknes (IVM), Cynthia Halle (IVM), Olav Vadstein (IBT), Yngvar Olsen (IBI); Kari Attramadal (IBI)

### **Infrastruktur:**

NTNU Sealab (to fleksible resirkuleringsanlegg, gjennomstrømsanlegg, laboratorier), mikrobiologilaboratorie, forsøkshall for rent vann, forsøkshall for avløpsvann, vannanalyselaboratorium, avanserte analyseinstrumenter for vannkvalitetsanalyser, prosesskarakterisering og analyser av mikrobiologi.

### **Måloppnåelse:**

- Bærekraftig sjømat: Utvikling av teknologi, systemer og metoder for vannbehandling som vil bidra til en bærekraftig akvakulturnæring og en bærekraftig vekst i sjømatproduksjonen. Utvikling av vannbehandlingsteknologi og sammensetning av enhetsprosesser som vil bidra til en bærekraftig akvakulturnæring.

## 7. Prosesseringsteknologi

**Spissområder:** Bærekraftig sjømat, Olje og gass fra nord, Ren energi fra havet

**Kompetanse:**

***Næringsmiddelkjemi relatert til sjømatkvalitet:***

- Råstoffkunnskap – rett råstoff til rett prosess og produkt
- Marine proteiner
- Marine lipider
- Enzymatiske prosesser
- Prosessinduserte endringer
- Marine biopolymerer: alginater, polysaccharider, kitin

***Industriell prosesseringsteknikk:***

Næringsmiddelteknologi

- Avvanning og tørking
- Kjøling, frysing og tining
- Fluidiserte systemer

FME CREATIVE

Naturgass og Flerfaseteknikk

- Flerfaseteknikk
- Gasstransport
- Naturgassprosessering
- Lavtemperatur prosessteknikk (LNG)

FME Low Emission LNG Systems

Forskningsrådets evaluering av helse- og biofag (2012) resulterte i "excellent" for gruppen innen biopolymerer

**Forskere:**

Turid Rustad (IBT), Trygve Eikevik (EPT), Kjell Morten Vaarum (IBT), Kurt Ingar Draget (IBT), Truls Gundersen (EPT), Ole-Jørgen Nydal (EPT), Jostein Pettersen (EPT)

**Infrastruktur:** Biokjemisk lab. (reologilab biopolymerer), avvanninglaboratoriet, kuldeteknisk laboratoriet, flerfaselaboratoriet, flytende gass laboratoriet.

**Måloppnåelse:**

- Bærekraftig sjømat: full utnyttelse av det som tas opp av havet til høyverdige produkter og kvalitetstransport til sluttbruker
- Olje og gass fra Nord: Utnytte flytende gass som transportform til fjerne markeder



**Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Næringsmiddelbedrifter – Mills, Stabburet, Marine Harvest, Lerøy, Salmar, SINTEF

Olje og Gass: Statoil, Aker Solutions, Shell, Kawasaki, SINTEF

## 8. Marin kommunikasjonsteknologi

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Ned i havrommet, Olje og gass fra nord, Bærekraftig sjømat, Ren energi fra havet

### **Kompetanse:**

Undervannsakustikk: Akustikk/ Sanntids Undervanns Trådløst Sensornettverk for å miljø overvåking. Wave propagation modelling, Geoacoustic modelling and inversion, Underwater acoustic communication and channel modelling, Experiments of underwater acoustic communication and instrumentation.

Maritim kommunikasjon: Kunnskap til å utvikle den kommunikasjonsinfrastruktur som trengs for høye datarater i marin miljø. Kommunikasjonsinfrastruktur. Spesielle radiopropagasjons forhold over hav. Satellitt kommunikasjon. Utvikling av antenner. Design av radiosendere. Antenne arrayer for lobeforming og MIMO. Navigasjon og posisjonering. Adaptiv kommunikasjon. Adhoc nettverk. Kooperativ kommunikasjon. Trådløse sensor nettverk. Kognitiv radio.

### **Forskere:**

Hefeng Dong (IET), Morten Olavsbråten (IET), Kimmo Kansanen (IET), Torbjörn Ekman (IET)

### **Infrastruktur:**

Marine Cybernetics Lab, Applied Underwater Robotics Lab, forskningsfartøyet Gunnerus, ROBOTNOR, Unmanned vehicles lab, mekanisk verksted og elektroteknisk laboratorium for konstruksjon av elektronikk og innvevde systemer, AUL (Acoustic Underwater Laboratory) bestående av sende- og mottakssystemer for undervannsforsøk, Antenne lab (ekkofritt rom), mikrobølgelab., studentsatelitt.

### **Måloppnåelse:**

- Grønn sjøtransport
- Ned i havrommet: SFF-AMOS 2013-2022. Kan bidra til de fleste områdene med cybernetiske metoder for modellering, regulering, estimering, instrumentering og optimalisering.
- Olje og gass fra nord: CAMOS (Coastal and Arctic Maritime Operations and Surveillance), ledet av Torbjörn Ekman.
- Bærekraftig sjømat
- Ren energi fra havet

### **Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

En rekke partnere i AMOS og KMB-er. Noen av disse er ABB, Kongsberg, FFI, STATOIL, SINTEF IKT, MARINTEK, SINTEF fiskeri og havbruk, Kongsberg gruppen, Nortek AS, Telenor

## 9. Marin materialteknologi

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Ned i havrommet, Olje og gass fra nord, Bærekraftig sjømat, Ren energi fra havet

### **Kompetanse:**

*Nye materialer og tilhørende overflateteknologi:* for å unngå ising, begroing og friksjon av skip, installasjoner og instrumenter. Tematiske eksempler: lotusblad inspirerte superhydrofobe overflater; superhydrofile overflater for å hindre bakteriell vekst.

*Lette materialer/konstruksjoner for bruk i arktisk marint miljø:* Spesielt utvikling av aluminium og andre lette legeringer: mekaniske egenskaper, korrosjon og overflateegenskaper. Aluminiumslegeringer og deres oppførsel ved lave temperaturer (får bedre mekaniske egenskaper jo lavere temperaturen er, dette gir store muligheter for konstruksjoner inkl. subsea).

*Arktiske stål:* mekaniske egenskaper ved lave temperaturer.

*Konstruksjonstål:* Hydrogenindusert korrosjon og sprekkdannelse (HISC) i stål. Korrosjon og korrosjonsbeskyttelse av C-stål og legerte stål.

*Utmatting, slitasje og korrosjon av materialer*

*Høsting og prosessering av mangan noder:* bidrag til utvikling av overflatebelegg mot groing, ising, friksjon, og av lette konstruksjoner.

### **Forskere:**

Hans Jørgen Roven (NT-IMT), Mari-Ann Einarsrud (NT-IMT), Hilde Lea Lein (NT-IMT), Ingeborg Kaus (NT-IMT), Jan Ketil Solberg (NT-IMT), Kemal Nisancioglu (NT-IMT), Knut Marthinsen (NT-IMT), Leiv Kolbeinsen (NT-IMT), Roy Johnsen (IPM), Christian Thaulow (IPM), Odd M. Akselsen (IPM), Magnus Langseth (IPM), Odd S. Hopperstad (IPM).

### **Infrastruktur:**

Laboratorier ved IMT, IPM og IKT som dekker mange disipliner innen materialteknologi; både framstilling, bearbeiding, karakterisering, testing og verifikasjon av materialer; NTNU Nanolab.

### **Måloppnåelse:**

Utvikle og karakterisere nye og eksisterende materialer for bruk i arktisk miljø, dvs. materialer spesielt egnet for lave temperaturer. Beleggingsteknologi for både korrosjonsbeskyttelse, antiising og antigroing. Skreddersyde løsninger for materialer i forbindelse med marine utfordringer.

### **Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Statoil, Aker Solutions, Hydro, Veritas, SINTEF materialer og kjemi

## 10. Marin forvaltning

**Spissområder:** Havet, miljøet og samfunnet, med spesiell fokus mot spissområdene Grønn sjøtransport, Bærekraftig sjømat, Ren energi fra havet, Ned i havrommet

### Kompetanse:

Kompetansen i denne forskergruppen er satt sammen av eksperter fra gruppene:

- Styring, ressurser og samfunnet (Instituttet for sosiologi og statsvitenskap (SVT)),
- Energi og samfunn (forankret i CenSES (Centre for Sustainable Energy Studies), Institutt for tverrfaglige kulturstudier, HF)
- Institusjoner, bærekraftighet og etikk: (Filosofisk institutt (HF)).
- Norsk kystkultur i historisk-arkeologisk perspektiv (marin arkeologisk forskingsmiljø ved Institutt for arkeologi og religionsvitenskap)

Den faglige styrken i disse ekspertgruppene kan karakteriseres ved:

*Styring, ressurser og samfunnet:* Miljøpolitikk, Ressursforvaltning (lakseoppdrett og fiskeri), Det sivile samfunn og demokrati, Interessegrupper, næringsaktører og forvaltning, Fiskeri og maritime regimer (nasjonalt og internasjonalt), havbruk og kystsamfunnet, Deltagende modellbygging og integrering av aktører inn i planlegging. Gruppen har 3 NFR-prosjekter og deltar i et EU 7th PR. [NFR: CINTERA (A Cross-disciplinary Integrated Eco-Systemic Eurtophication Research and Management Approach), Ca 4.0 mill NOK; NFR: JANUS (Modeling an Interdisciplinary Early Warning System for Future Fisheries Scenarios: A socio-bio-economic value chain), Ca. 3.2 mill NOK; NRF: EXPLOIT prosjekt (PhD stipendiat); EU: MYFISH (Partner)]. I tillegg har forskerne deltatt i flere EU søknader (som prosjektleder og som work package ledere). I samarbeid med filosofisk instituttet har ISS forskere dannet en forskningsgruppe "Dialogues on Aquaculture" som har som mål forbedret tverrfaglig forskning på forvaltning av naturressurser. Ambisjonen er å utvikle og å forbedre metodologi og redskap for "participatory stakeholder management" og ellers forbedre integrering av samfunnsperspektiv in forvaltning av marin ressurser.

*Energi og samfunn* (særlig rettet mot Ren energi fra havet): Holdninger til og engasjement i vitenskap og teknologi, Holdninger til offshore vindkraft, deltakelses- og medvirkningsordninger, Forskeres oppfatninger om allmennheten. Hovedmål å styrke forståelsen av de økonomiske, politiske, sosiale og kulturelle sidene ved utvikling og innføring av ny fornybar energi og miljøteknologi. Denne gruppe har NFR prosjekt Allmennheten og post-karbonstrategier og ambisjonen videre er i skjæringspunktet mellom teknologi, energi og bærekraftig samfunnsutvikling. Spesielt er det et fokus på oppfatninger om og krav til offshore vind-løsninger.

*Institusjoner og bærekraftighet:* Gruppen er med i en rekke EU-prosjekter (eks: European Science Foundation – Rights to a Green Future) som gjelder forvaltning av naturressurser. *Kompetansen her omfatter* institusjonelle og motivbaserte hindringer for bærekraftig utvikling; Styring av naturressurser - globale, teknologiske og etiske dilemmaer.

*Norsk kystkultur i historisk-arkeologisk perspektiv* (trekker på ekspertise i arkeologi, arkitektur, geodesi, geografi, historie og kulturminnevern): Registrering og oppmåling av bebyggelser tilknyttet fiskeri og havbruk, Kildeevaluering, Evaluering av kulturminner og utarbeidelse av verneplan,

Utgraving av kulturobjekter, vil realisere et prosjekt om Norsk kystkultur i historisk og arkeologisk perspektiv som inkluderer delprosjekter med fokus på steinalderen og samtid, herunder en tidsstudie for bruken av kysten og for produksjon av sjømat som går langt ut over det perspektivet man vanligvis opererer med i dag. Sette søkelyset på det tradisjonelle fisket på bankene og langs kysten som spiller en stor rolle for kystbefolkningen og landet (skrei og sild er fortsatt viktige eksportvarer). Gruppens omfattende prosjekt trekker på ekspertise i arkeologi, arkitektur, geodesi, geografi, historie og kulturminnevern som går ut på: Registrering og oppmåling av bebyggelser tilknyttet fiske og oppdrett; Evaluering av kulturminner og utarbeidelse av verneplaner

**Forskere:**

Jennifer Bailey (ISS), Rachel Tiller (ISS), May Thorseth (FI), Knut Sørensen (KULT), Karin Laumann (PSY); Håkon With Andersen (IHK), Kristoffer Lund Langlie (IHK), Joakim Ziegler Gusland (IHK), Marek Jasinski (IHK), Christer Westerdahl (IHK), David Tuddenham (VM-SAK), Fredrik Skoglund (VM-SAK), Anders Skonhoft (ISØ), Anne Borge Johannesen (ISØ)

**Måloppnåelse:** se mål og delmål formulert for det tverrgående området Havet, miljø og samfunn.

**Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Styring, ressurser og samfunnet: Deltaker i Frøya brohodet prosjekt, gjennom eksperter i team og gjennom «Dialogues on Aquaculture» initiativet, og med SINTEF fiskeri og havbruk (via Gemini senter for bærekraftigfiskeri); Risiko og sikkerhet i maritim virksomhet i historisk lys: DNV

## 11. Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus

**Spissområder:** Forskergruppen *Beslutningsstøtteverktøy med marin/maritimt fokus* representerer eksperter fra ulike forskningsmiljøer og vil bidra inn mot alle de definerte spissområdene gjennom det tverrgående Havet, miljøet og samfunnet.

### Kompetanse:

Kompetansen i denne forskergruppen er satt sammen av eksperter fra gruppene

- Logistikk og optimering (Instituttet for industriell økonomi og teknologiledelse (IØT))
- Miljøledelse og bedrifters samfunnsansvar (IØT)
- Teknologi og miljøsystemanalyse (Institutt for energi og prosesssteknikk (EPT))
- Risiko og sikkerhet, herunder flere grupperinger:
  - o Risiko og sikkerhet i maritim virksomhet i historisk lys (Institutt for historie)
  - o Risiko og sikkerhet som en del av HMS (IØT)
  - o RAMS (IPK)
  - o Sikkerhet og pålitelighet vedrørende menneskelig og organisatoriske forhold (Psykologisk institutt (SVT))
- Strategisk innkjøps- og forsyningsledelse (IØT)
- Marin naturressursøkonomi (Instituttet for sosial økonomi)

Den faglige styrken i disse ekspertgruppene kan karakteriseres ved:

*Logistikk og optimering:* Ekspertise innen optimeringsbasert beslutningsstøtte, Utvikling av optimeringsbaserte modeller og løsningsmetoder for beslutningsstøtte i maritim transport og logistikk, herunder diskret optimering, matematisk modellering, stokastisk programmering og eksakte og heuristiske løsningsmetoder. Aktuelle forskerprosjekt: DOMinant II, "Discrete optimization methods in maritime and road-based transportation II". NFR/14.33 MNOK. KMB: MARFLIX, "Maritime Fleet Size and Mix". NFR og industri, KMB: DESIMAL, "Decision support in maritime logistics - coping with comparative analysis and optimization based decisions". NFR/12.8 MNOK, KMB: Ship-4C "Competence Project for Conceptual Design Methods for Complex, Customized Ships". NFR, KMB: MARRISK, "Coping with risk in maritime logistics". NFR, DOMinant, "Discrete optimization methods in maritime and road-based transportation". NFR/ 6.2 MNOK. BIP: INSUMAR. "Integrated supply chain and maritime transportation planning". NFR/6.3 MNOK. OPTIMAR "Optimization in Maritime transportation and logistics". NFR/5.4 MNOK.

*Miljøledelse og bedrifters samfunnsansvar:* Livsløpsanalyser, modellering, analyse og evaluering av marine/maritime systemer i et livsløpsperspektiv mhp bærekraftsaspekter (kostnad, miljø, risiko, sosiale på produkt-/bedrifts-/verdikjedenivå), herunder life cycle beregningsmodeller (LCA, LCC) og life cycle management, utvikling og bruk av databaser for maritim sektor, indikatorer (KPIs), indekser og rapporteringssystemer (GRI, Global Compact, SEEMP), produktdeklarasjoner (EPD, eco-footprint), miljøeffektvurdering, miljøstyring, CSR og strategisk beslutningsstøtte. Aktuelle prosjekter: ShipSoft (Software solutions for environmental- and cost analysis for the maritime sector), NFR/RFF, KMB: IGLO-MP: Innovation in Global Maritime Production (IGLO-MP2020), NFR/15 mill NOK, Norwegian Standard for Carbon footprint of seafood, NTNU/Sintef Fiskeri og havbruk, NOFIMA og SIK. LCA mot bygg og infrastruktur, transport, matproduksjon og skip. Utvikling av miljøvaredeklarasjon på sjømat, Finansering gjennom flere prosjekter (NFR, CENBIO, CENDREN-EcoManage, næringslivsorienterte prosjekter). Diverse EU-søknader til behandling, Denne forskergruppen er en del av Industriell Økologi programmet.

*Teknologi og miljøsystemanalyse (TESA):* Denne gruppen driver forskning innen miljøsystemanalyse og miljømodellering av tekniske systemer. Eksperter i denne gruppen har fått internasjonale

utmerkelse for sin forskning inne livløpsanalyse og klimamodeller. Aktuelle prosjekter: EXIOBASE database av ressursbruk, produksjon, handel, forbruk og tilknyttet miljøbelastning gjennom EU FP6 og FP7 prosjekter EXIOPOL, Utvikling av metode og THEMIS modell for vurdering av bærekraftkonsekvenser av storskala penetrasjon av nye teknologier, FME CENSES -tilknyttede ESBLT prosjekt samt EU FP7 prosjekt PROSUITE. Anvendelse for FNs ressurspanel og klimapanel. Utvikling av metoder til klimavirkning av albedoforandringer, karbonsykluspåvirkning av bioenergi, og miljøvurdering av offshore virksomheter. Denne forskergruppen er en del av Industriell Økologi programmet.

*Sikkerhet – organisasjon og ledelse:* Sikkerhet og pålitelighetsanalyser vedrørende menneskelig og organisatoriske forhold, herunder Metoder og verktøy i sikkerhetsstyring; Kartlegging og analyse av sikkerhet; Sikkerhetsledelse og organisatoriske perspektiver på sikkerhet; Sikkerhet i IKT-basert samhandling; Samfunnsvitenskapelig kvalitativ-, kvantitativ- og eksperimentelle forskningsmetoder; Human factors kompetanse; Risiko og sikkerhet i maritim virksomhet i historisk lys. Denne forskningen er forankret i flere miljøer, og samarbeider på tvers av ulike fagmiljøer. Flere større prosjekter er relevante for denne forskningen med formål å bringe frem kunnskap om utviklingen i menneskenes forståelse, erfaringer, praksiser og teknologier i deres bruk av havet. Forstå fremveksten av internasjonale, statlige og ikke-statlige organisasjoner, institusjoner, praksiser og kulturer som regulerer bruken av havet. Sikkerhet- og miljøspørsmål i skipsfarten; Kompetanseoverføring mellom teknologibedrifter; Skipsfartens økonomiske historie. Eksempel på prosjekt: PETROMAKS 1) Analysis of human actions as barriers in major accidents in the petroleum industry, applicability of human reliability analysis methods; 2) Human factors and safety in development and implementation of automated drilling technology of an offshore oil and gas installation; 3) how management system is perceived, received and used in a petroleum producing company; 4) Interorganisational Complexity and Risk of Major Accidents

*Strategisk innkjøps- og forsyningsledelse:* Innkjøps- og logistikkfunksjonene til bedrifter og organisasjoner, med spesiell vekt på hvordan disse funksjonene bidrar til økt konkurransefortrinn. Forskning basert på in-depth case studies og en tverrfaglig tilnærming som kombinerer teoretiske modeller fra økonomi, administrasjon/ledelse og teknologi for den maritime næringen.

*Marin naturressursøkonomi:* Forskningen her er særlig rettet mot Bærekraftig sjømat med en rekke prosjekter på gang: Management of wild Atlantic salmon and escaped farmed salmon; economic drivers, impacts and conflicts. Cooperation with NINA. Funded by Miljø2015 NFR; Incentives for optimal management of age-structured fish populations. Cooperation with University of Kiel. Funded by Future Ocean Excellence Cluster, University of Kiel; Optimal harvest and gear selectivity in age-structured fish populations. Cooperation with University of Kiel, University of Southern Denmark. Det forskes på Fiskeriøkonomi; Optimal bruk av fornybare naturressurser; Bruk av naturressurser og konflikter; Fornybare ressurser og arealbruk; Spill-teori som beslutningsstøtteverktøy.

**Forskere:**

Annik Fet (IØT), Kjetil Fagerholt (IØT), Marielle Christiansen (IØT), Eirik Albrechtsen (IØT), Karin Laumann (PSY), Luitzen de Boer (IØT), Håkon With Andersen (HF), Anders Strømman (EPT).

**Infrastruktur:**

Dette gjelder i hovedsak dataanalytiske verktøy, herunder regnecluster for løsning av beregningstunge matematiske modeller, LCA-verktøy, matlab, databaser, standarder.

### **Måloppnåelse:**

Forskergruppen er plassert under Havet, miljøet og samfunnet og skal utvikle metodikk som skal anvendes på tvers av de 5 spissområdene, f.eks. bærekraftskriterier for grønn sjøtransport og optimering, deklarasjoner for øko-effektiv sjømat, systemanalyser for multikriterie beslutninger og trade-offs, analyser av sikkerhetsaspekter, og løsninger som gir sikrere produkter vurdert i et livsløpsperspektiv (design, produksjon, operasjoner, vedlikehold, avhending). Selv om forskergruppen tar sikte på å bidra til alle spissområdene vil den i første omgang spesielt bidra mot spissområdene:

- Grønn sjøtransport: Gjennom utvikling av optimeringsmodeller og effektive løsningsmetoder for utfordrende maritime transport og logistikk problemstillinger er målet å oppnå betydelige forbedringer i flåteutnyttelse ved å redusere transport- og logistikkostnader, redusere negative miljøeffekter og øke kundeservice. Både EU og Norge har av logistiske og miljømessige grunner klare målsettinger om å øke sjøtransport. Vi ønsker å forske på hvilke strategiske muligheter dette gir for bedrifter. Sjøtransport kan gi tilgang til nye (leverandør)markeder og/eller forbedre logistikk ytelse av verdikjedene. Samtidig ønsker vi å kartlegge de barrierene og utfordringene som bedrifter står overfor når de vurderer og bruker sjøtransport.
- Olje og gass i nord: Utvikler teori og metode for å analysere og redusere storulykkerisiko i petroleumsindustrien.
- Bærekraftig sjømat: utvikle metoder for analyse av water footprint, carbon footprint og påvirkning av miljø og samfunn for øvrig gjennom utvikling av kriterier for bærekraftige produkter fra havet og deklarasjoner av slike i et livsløps- og samfunnsperspektiv.

### **Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Ulstein, Rolls Royce, Vard, Fiskerstrand, MulitiConsult, Farstad, PonPower, Siemens, Fjord 1, Rederiforbundet, Statoil, DNV, WilhWilhelmsen, Conocophilips, GDF, Shell, IRIS, Reinertsen, Scanpower, NCE Maritime, NCE Systems Engineering, Kongsberg, div utstyrsleverandører, rederier og petroleumsselskaper gjennom samarbeid med SINTEF, ENI Norge, industripartnere i SFI Center for Integrated Operations, Nettverk HMS i vindkraft, sikkerhet i olje og gass i nordområdene, Trondheim Havn, ulike aktører innen fiskerinæringen og havbruk. SINTEF, MARINTEK, Idaho National lab, IFE og andre gjennom eksisterende samarbeid.



## 12. Marin arkeologi

**Spissområder:** Havet, miljøet og samfunnet og Ned i havrommet

### **Kompetanse:**

Det Marin arkeologiske forskningsmiljøet ved Vitenskapsmuseet har bred kompetanse knyttet til alle typer Marin arkeologiske undersøkelser og analyser, det skiller seg fra andre Marin arkeologiske miljøer nasjonalt og også internasjonalt ved sin særskilte fokusering på bruk av fjernstyrte og autonome roboter. Som den eneste institusjonen i Europa har en i samarbeid med kompetanse fra Institutt for marin teknikk gjennomført overvåking og dokumentasjon av vernete vrak på svært store havdyp. Forskingen er klart tverrvitenskapelig. Som ett av meget få forskningsmiljøer jobbes det også ved VM med teoretiske perspektiver på Marin arkeologi som kunnskapsfelt.

De arkeologiske forskningsmiljøer i Norge har ikke vært gjenstand for forskningsrådets evaluering.

### *Marin arkeologi og undervannsteknologi:*

- Bruk av fjernstyrte og autonome roboter i Marin arkeologien
- «Sensor fusion» og integrerte operasjoner
- Kartlegging, overvåking og forvaltning av kulturminner på dypt vann

### *Forvaltning av kulturminner under vann:*

- Forvaltningsteori
- Forskningsstyrt forvaltning
- Submerged prehistoric landscapes
- Strategier for registrering, utgraving og overvåking av kulturminner under vann

### **Forskere:**

Birgitte Skar (VM), Øyvind Ødegård (VM), David Tuddenham (VM), Fredrik Skoglund (VM), Elizabeth Peacock (VM), Marek Jasinski (IHK), Christer Westerdahl (IHK)

### **Infrastruktur:**

Applied Underwater Robotics Laboratory (AUR-Lab), FF Gunnerus, full infrastruktur for vitenskapelig arbeidsdykking

### **Måloppnåelse:**

- Utvikling av nye teknologier og metoder for kartlegging av sjøbunn og marine miljøer i samarbeid med teknologer og naturvitere. Bidra med sluttbrukerperspektiver helt fra starten av prosessene. Identifisere overlappende interesser og behov med marine naturvitenskaper som utvider anvendelsesområdene for eksisterende og ny teknologi.
- Forståelse av marine og maritime kulturminner som kulturelle tjenester i et økosystembasert forvaltningsperspektiv, særlig med hensyn til klimaendringer og deres påvirkning av bevaringsforhold. Valg og tiltak i adaptive forvaltningsmodeller.
- Tverrfaglig miljøovervåking – teknologianvendelser og metoder som kan gi informasjon/data med relevans utover fagspesifikke domener. Forstå sammenhenger mellom f.eks. nedbryting av skipsvrak og større kjemiske, fysiske og biologiske endringsprosesser i havet.

**Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Det Marin arkeologiske forskningsmiljøet i Norge er svært lite, og er i stor grad lokalisert til de institusjonene som har forvaltningsansvar etter kulturminneloven. Det er lang tradisjon for at forvaltningsinstitusjonene samarbeider tett, og fremstår som et enhetlig miljø i større nasjonale eller internasjonale sammenhenger. Denne modellen er i ferd med å konsolideres også på forskningssiden, hvor de ulike institusjonene komplementerer hverandre og styrkes ved å stå samlet. NTNU Vitenskapsmuseet har her en viktig rolle som pådriver i anvendelse og metodeutvikling innen fjernstyrt robotikk og fjernmåling. På grunn av at NTNUs unike teknologisk infrastruktur og kompetanse (AUR-Lab) er miljøet her i ferd med å etablere seg som en nasjonal kjernefasilitet for Marin arkeologien.

Norsk Maritimt Museum (NMM), Riksantikvaren (RA), Wessex Archaeology Coastal and Marine (WA), SPLASHCOS COST Action TD0902.

### 13. RAMS

**Spissområder:** Grønn sjøtransport, Olje og gass fra nord, Ren energi fra havet, Ned i havrommet, Bærekraftig sjømat

#### **Kompetanse:**

Faggruppens kompetanse er knyttet til sikker og pålitelig teknologi og operasjon:

- *Systempålitelighet*
  - Forståelse, modellering og analyse av barrierer og sikkerhetsinstrumenterte systemer.
  - Pålitelighetsanalyse av tekniske systemer.
- *Risikoanalyse*
  - Ulykkesmodeller (prediktive modeller)
  - Risikoanalyse metodikk
  - Risikomodellering og risikoinformert beslutningsfatning
- *Vedlikehold*
  - Vedlikeholdsoptimering
  - Risikobasert vedlikeholdsplanlegging

Faggrupperevalueringen ved IVT(2011) resulterte i karakterene 5-5-4 (excellent).

#### **Forskere:**

Stein Haugen (IPK), Marvin Rausand (IPK), Jørn Vatn (IPK), Per Schjøberg (IPK), Yiliu Liu (IPK), Knut Øien (IPK).

**Infrastruktur:** Ingen.

#### **Måloppnåelse:**

Utvikling av kunnskap som bidrar til å hindre alvorlige ulykker som kan gi store skader på miljø, mennesker eller materielle verdier.

#### **Samarbeid med næringsliv/eksterne aktører:**

Rådgivningsselskaper, engineering og operatørselskaper.