

TILPASSET KONSEPTVALGUTREDNING

DNV·GL

Ocean Space Centre

Nærings- og fiskeridepartementet

Report No.: 2016-1211, Rev. 1

Document No.: 11071QV6-7

Date: 2017-01-13



Et samarbeid mellom DNV GL og
Menon Economics



Project name: TILPASSET KONSEPTVALGUTREDNING
Report title: Ocean Space Centre
Customer: Nærings- og fiskeridepartementet,
Postboks 8090 Dep
0032 OSLO
Norway
Customer contact: Kjetil Kolsrud Jåsund,
Avdelingsdirektør
Date of issue: 2017-01-13
Project No.: PP155084
Organisation unit: Markets & Policy Development
Report No.: 2016-1211, Rev. 1
Document No.: 11071QV6-7

DNV GL AS Energy
Markets & Policy Development
P.O. Box 300
1322 Høvik
Norway
Tel: +47 67 57 99 00

Prepared by:


Janne Hougen
Seniorkonsulent
DNV GL

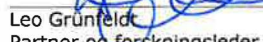
Verified by:


Olav Rognbakke
Avdelingsleder
Hydrodynamikk og stabilitet
DNV GL

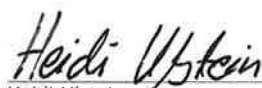
Approved by:


Erik Dugstad
Avdelingsleder
Market & Policy Development
DNV GL


Caroline Wang Gierløff
Seniorøkonom
Menon Economics


Leo Grunfeldt
Partner og forskningsleder
Menon Economics


Sophie Davidsson
Seniorkonsulent
DNV GL


Heidi Ulstein
Partner
Menon Economics

Copyright © DNV GL 2016. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- ☒ Unrestricted distribution (internal and external)
☐ Unrestricted distribution within DNV GL Group
☐ Unrestricted distribution within DNV GL contracting party
☐ No distribution (confidential)

Rev. No.	Date	Reason for issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	2016-12-22	First issue			
1	2017-01-13	Final issue, after comments			

Sammendrag

Denne konseptvalgutredningen omhandler utvidelse og oppgradering av Marinteknisk senter og har som formål å vurdere om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppgradere laboratoriene på Marinteknisk senter.

Analysen er bygget opp som en konseptvalgutredning (KVU). Det er gjennomført en analyse av det samfunnsmessige behovet for tiltaket – det vil si hvorfor det bør gjennomføres tiltak i form av utvidelse og oppgradering av Marinteknisk senter. Denne behovsanalysen har gitt grunnlag for å definere målene for og kravene til tiltak med hensyn på samfunnsmessig nytte. Til forskjell fra andre KVUer er det gjennomført en tilpasset konseptvalgutredning (heretter omtalt som KVUen). I det ligger det at de alternative konseptene som vurderes var definert i forkant. Det avviker dermed fra en normal KVU hvor man gjennomfører en mulighetsstudie for å identifisere alle mulige konseptuelle tiltak avgrenset av mål og krav. Videre er det i KVUen gjennomført en analyse av de alternative konseptene. Alternativanalysen gir en vurdering av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av de alternative tiltakene. Dette danner det faglige grunnlaget for anbefaling om hvilket alternativ som gir størst samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Hovedaktivitetene ved MTS er forskning og utdanning innen marin teknikk

Marinteknisk Senter (MTS) utfører forskning og gir utdanning innen kunnskapsområdet marin teknikk. Kunnskap om disse områdene danner det vitenskapelige og ingeniørmessige grunnlaget for å utvikle, konstruere, bygge og operere skip og andre konstruksjoner til havs (havromskonstruksjoner). Det er behov for et bredt spekter av spesialisert kunnskap og marin teknikk kan deles i åtte grunnleggende kunnskapsområder. Laboratoriene ved MTS som vurderes i denne KVUen brukes i hovedsak i forbindelse med forskning og utdanning innenfor de fire kunnskapsområdene; marin hydrodynamikk, marin kybernetikk, marin konstruksjonsteknikk og marint maskineri. Denne analysen konsentreres derfor om disse.

Det er havromsnæringene som er mottaker av kunnskapen som produseres (FoU) og kandidatene som utdannes ved MTS. Laboratoriene og andre verktøy er viktige innsatsfaktorer i denne virksomheten. Figuren under illustrerer dette.



Laboratoriene er innsatsfaktorer i kunnskapsleveransen til havromsnæringene

Det er behov for ny kunnskap og høyt kvalifisert arbeidskraft for fortsatt vekst i havromsnæringene

Motivasjonen for en investering i nye laboratorier er å gi havromsnæringene den nye kunnskapen (FoU) og den kvalifiserte arbeidskraften næringen etterspør innen det marintekniske kunnskapsområdet. Dette bidrar igjen til at næringen kan opprettholde verdiskapingen i fremtiden.

Norske havromsnæring er viktig for landets velferd, og Norge har med sin lange kyst, tradisjoner og kunnskaper om havet utviklet seg til å bli en viktig havromsnasjon. Forventninger til kraftig vekst i havromsnæringene globalt vil derfor gi muligheter for at Norge kan ta del i denne veksten.

Havromsnæringene står overfor flere utfordringer. Dersom havromsnæringene skal vokse som forespeilet må utfordringene løses, og det vil kreve utvikling av ny havromsteknologi¹. Det vil i sin tur gi behov for ny kunnskap og høyt kvalifisert arbeidskraft innen det marintekniske kunnskapsområdet. Det er nødvendig med ny kunnskap om hvordan havromskonstruksjoner utsettes for bevegelser og krefter fra havet (hydrodynamiske krefter og respons), hvordan konstruksjoner må konstrueres for å tåle de påkjenningene de møter i den daglige driften (konstruksjonsteknikk), hvordan maskinerisystemet på havromskonstruksjoner bør designes for å skaffe energi i former som kan utnyttes til fremdrift og andre formål (marine maskinerisystemer) og hvordan havromskonstruksjoners styremekanismer bør utformes (marin kybernetikk).

Selv om det er gjort forskning innen det marintekniske kunnskapsområdet i lang tid er det fortsatt behov for ny kunnskap. Alle fysiske fenomen er ikke fullt ut forstått. Det vil gi behov for ytterligere forskning. Det at man vil måtte utforske områder på havet som er vanskeligere tilgjengelig (utfordrende værforhold, dypere vann), klimaendringer som fører til mer ekstremvær, økte myndighetskrav ol. vil sannsynligvis forsterke behovet for å forstå fysiske fenomen og hvordan dette påvirker havromskonstruksjonene.

For å kunne produsere ny kunnskap og utdanne kandidater innen det marintekniske kunnskapsområdet er det behov for laboratorier, andre verktøy og kompetente² vitenskapelig ansatte. Tilgangen på verktøy og kompetanse, hvordan dette settes sammen og brukes, bestemmer kvaliteten på og hvor mye ny kunnskap som produseres. Verktøyene og kompetente forskere *utfyller og forsterker hverandre* i produksjon av ny kunnskap og i utdanningen. Det finnes en rekke typer verktøy. Det rommer alt fra teoretiske og empiriske analyseverktøy, til laboratorier og til fullskala tester hvor havet benyttes som laboratorium. I kunnskapsproduksjon må en å ha tilgang til - og mestre flere ulike verktøy.

Dagens laboratorier på MTS er ikke gode nok til å kunne møte veksten i havromsnæringenes etterspørsel etter ny kunnskap innen marin teknikk og til at utdanningen kan ha god nok kvalitet slik at havromsnæringene får de kandidatene de har behov for.

I prinsippet kan norske havromsnæring kjøpe forskningstjenester fra kunnskapsinstitusjoner i hele verden. Og det er en rekke kunnskapsinstitusjoner både nasjonalt og internasjonalt som leverer kunnskap og kandidater til havromsnæringene – og som har bedre laboratorier for noen formål. Men som forskningslitteraturen påpeker skapes det merverdi av at forskningssentre er tett knyttet opp mot brukernæringene. Det er sannsynlig at kunnskapsoverføringer fra aktiviteten på MTS forsterkes ved at det er sterk konkurranse i næringene (innovasjonspress og innovasjonsimpulser) og ved at det er stordriftsfordeler (lavere transaksjonskostnader og komplementaritet) som igjen forsterkes av geografisk

¹ Ny havromsteknologi defineres her bredt. Det kan være helt ny teknologi, eller modifikasjon av allerede kjente teknologier eller at kjent teknologi settes sammen på nye måter og på den måten gir ny teknologi. Havromsteknologi omfatter alt fra havromskonstruksjoner (som skip, plattformer, vindmøller og lignende) til systemer, materialer og utstyr til havromskonstruksjoner.

² Der «kunnskap» kan forstås som «en tilstand av forståelse» er kompetanse mer «en kapasitet til å håndtere et problem på en adekvat måte» /D305/

nærhet. Det faktum at havromsnæringene representerer sterke klynger med tydelig geografisk opphoping i Norge, tilsier at kunnskapsoverføringer er sterkere i disse næringene enn i andre deler av økonomien og at det derfor har en større verdi at kunnskapen kommer fra MTS enn fra utlandet.

Mål og krav

Med grunnlag i behovsanalysen er det definert følgende samfunns mål:

Tiltaket skal sikre verdiskaping for Norge gjennom konkurransedyktige norske havromsnæringene

For at eksisterende norske havromsnæringene fortsatt skal være konkurransedyktig og nye norske havromsnæringene skal kunne vokse frem, må næringene bli mer produktive. Effektmålet i denne KVUen er derfor definert til:

Tiltaket skal gjøre de norske havromsnæringene mer produktive.

Tiltaket skal resultere i ny teknologi som for eksempel nye tekniske løsninger, nytt utstyr, bedre funksjon på eksisterende utstyr og lignende. Havromsnæringens verdi av ny teknologi vil være i form av reduserte kostnader ved å fremstille et produkt eller gjennomføre en prosess (prosessinnovasjon) eller i form av økt markedsverdi av et nytt produkt (produktinnovasjon). Det er dette vi legger i *mer produktiv* – lavere kostnader og/eller bedre produkter³.

For høyest måloppnåelse bør tiltaket i størst mulig grad tilfredsstille kravene som er skissert her. Mens effektmålet er rettet mot at brukerne av forsknings- og undervisningstjenestene som MTS leverer, det vil si havromsnæringene, skal bli mer produktive så er kravene er rettet mot hvilke krav som stilles til de tjenestene MTS leverer for at havromsnæringene skal bli mer produktive. Det innebærer at:

- 1) *Forskningen ved MTS må fremskaffe ny kunnskap*
- 2) *Forskningen ved MTS bør ha høy kvalitet:*
 - a) *soliditet*
 - b) *originalitet*
 - c) *samfunnsmessig eller praktisk nytteverdi*
- 3) *Kandidater som utdannes ved MTS bør ha høy kvalitet*
- 4) *Verktøyene som benyttes ved MTS bør ha egenskaper som løser næringens kunnskapsbehov*
- 5) *Verktøyene som benyttes ved MTS bør ha egenskaper som gir høy kvalitet på utdanningen*

³ Produktivitet er definert som forholdet mellom produksjon og bruken av innsatsfaktorer (samlet faktorinnsats). Produktivitetsvekst er derfor forskjellen mellom veksten i produksjonen og veksten i samlet faktorinnsats. /D095/

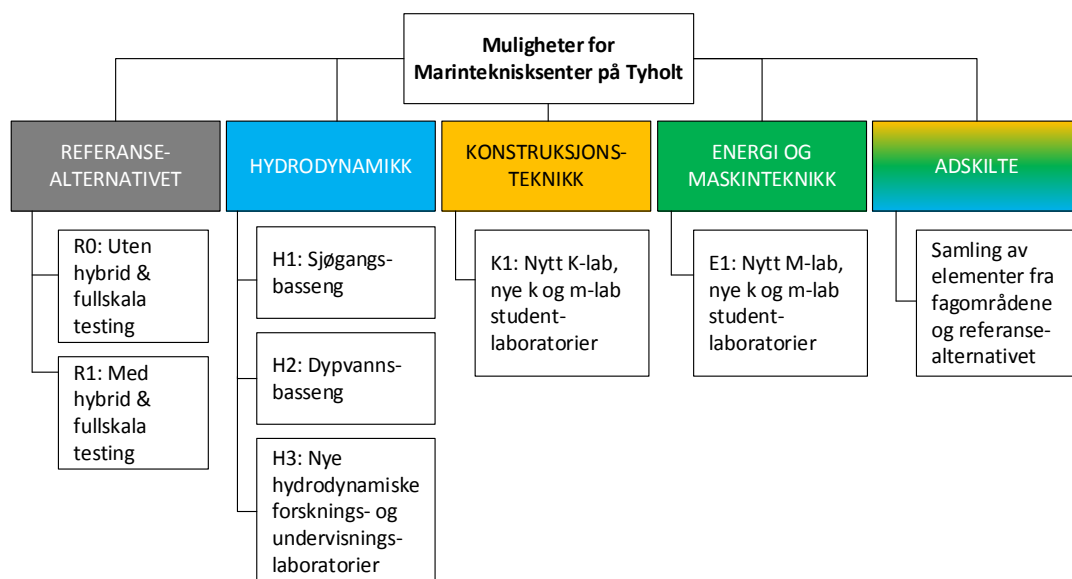
Alternativer som analyseres

Alternativene som analyseres i denne KVUen er:

- Referansealternativet (0+): Videreføring av dagens Marinteknisk senter med de vedlikeholdskostnadene som er nødvendig
- Alternativ D-Flex: Investering i nye forsknings- og undervisningslaboratorier
- Alternativ Adskilte laboratorier: Samme som alternativ D-flex, men hvor de hydrodynamiske laboratoriene er adskilt.

Alternativ D-Flex og alternativ Adskilte gir tilnærmet samme funksjonalitet. Samtidig gir Adskilte en høyere kapasitet, mens investeringskostnaden er beregnet til å være om lag den samme. Adskilte forventes derfor å være mer samfunnsøkonomisk lønnsomt enn D-Flex. Rent konseptuelt er det også lite som skiller dem. På bakgrunn av dette er ikke D-flex tatt med videre til alternativanalysen.

Adskilte består av en rekke tiltak i form av flere alternative laboratorier. For å kunne vurdere lønnsomheten i alternativet i sin helhet er det valgt å vurdere disse som individuelle alternativer innenfor alternativet Adskilte. De nye alternativene er delt inn etter kunnskapsområder som skissert i figuren nedenfor og består kun av elementer fra Adskilte.



Oversikt over alternativene

Som figuren viser er det to varianter av referansealternativet. Referansealternativet innebærer å opprettholde dagens laboratoriefunksjoner, men hvor det i R1 i tillegg er lagt inn en satsing på andre verktøy; hybridtesting og fullskala testing.

Det er vurdert tre alternativer innen hydrodynamikk. Det ene er investering i nytt sjøgangsbasseng (H1), det andre er investering i dypvannslaboratorium (H2), mens det tredje er investering i nye hydrodynamiske forsknings- og undervisningslaboratorier (H3). For alle disse alternativene beholdes dagens laboratorier, dvs. havbassenget, slepetanken, eksisterende studentlaboratorier samt konstruksjonslaboratoriet og energi- og maskinerilaboratoriet. Det eneste unntaket er (H1) hvor slepetanken erstattes med et sjøgangsbasseng. I tillegg investeres det i nytt sentralt verksted samt kontor- og undervisningsarealer.

Det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere i nye forsknings- og undervisningslaboratorier

Tabellen under oppsummerer forventede kostnader og nytte av å investere i nye verktøy til forskning og undervisning innen det marintekniske kunnskapsområdet. Investeringskostnadene varierer fra MNOK 2 700 i nåverdi til MNOK 180 avhengig av alternativ. Når en skattefinansieringskostnad på 20 % av investeringskostnaden inkluderes så varierer de totale kostnadene fra MNOK 220 til MNOK 3 280.

Tabellen viser at de prissatte nytteeffektene mer enn overstiger kostnaden i alle alternativer utenom alternativ H3: Studentlaboratorier. Alternativ H3 forventes imidlertid å ha ikke-prissatte nytteeffekter som overstiger kostnaden. Størst nettonåverdi er det forventet for alternativ Adskilte som innebærer en investering i alle laboratorier.

KVU-gruppens vurdering er at verdien av økt forskningsaktivitet og høyere kvalitet på undervisningen innen det marintekniske kunnskapsområdet overstiger kostnaden ved å investere i nye verktøy for forskning og undervisning.

Dagens laboratorier, med vedtatt oppgradering, er ikke gode nok til at MTS vil kunne produsere den nye kunnskapen og de kandidatene innen de marintekniske kunnskapsområdene som havromsnæringene har behov for. En forbedring i verktøyfunksjonalitetene medfører en forventning om økt forskningsaktivitet og økt kvalitet på undervisningen som igjen gir havromsnæringene høyere kvalifisert arbeidskraft.

Økt forskning og bedre kandidater innen det marintekniske kunnskapsområdet forventes å resultere i ny teknologi som for eksempel nye tekniske løsninger, nytt utstyr, bedre funksjon på eksisterende utstyr og lignende. Havromsnæringenes verdi av ny teknologi vil være i form av reduserte kostnader ved å fremstille et produkt eller gjennomføre en prosess (prosessinnovasjon) eller i form av økt markedsverdi av et nytt produkt (produktinnovasjon).

I prinsippet kan havromsnæringenes kunnskapsutfordringer også løses av andre forskningsinstitutt enn MTS (både utenlandske og norske). Det betyr likevel at ikke alle forskningsbehovene kan møtes av andre da de ikke nødvendigvis besitter samme kompetanse og har tilgang på laboratorier. I tillegg forventes det at det er en høyere verdi for norske havromsnæringer at kunnskapen kommer fra Norge, og da MTS. Dette skyldes at kunnskapsspredningen er mer effektiv og har høyere kvalitet når kunnskapen utvikles i nær relasjon, både geografisk og kulturelt.

Resultater fra alternativanalysen til forskjell fra referansebanen. Prissatte virkninger er nåverdi i MNOK 2015. Ikke-prissatte virkninger er rangert etter forventet der 1 er best.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangs basseng	H2: Dypvanns basseng	H3: Studentla- boratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Kostnader	-220	-1 560	-1 430	-1 140	-610	-400	-3 280
Investeringskostnader	-180	-1 300	-1 190	-950	-510	-330	-2 730
Skattefinansierings- kostnad	-40	-260	-240	-190	-100	-70	-550
Nytte	360	1 580	1 710	560	970	510	4 270
Overskudd MTS	130	520	550	130	340	180	1 470
Direkte merverdi	120	550	620	190	340	170	1 490
Kunnskaps- eksternaliteter	110	510	540	240	290	160	1 310
Nettonåverdi	140	20	280	-580	360	110	990
Ikke-prissatte nytteeffekter, rangering							
Utdanningseffekter	3	3	3	1	3	3	1

Tabellen viser tre prissatte nyttegevinster av økt forskningsaktivitet ved MTS. Den første effekten, omtalt som **overskudd MTS** i tabellen, viser at investeringene for det første resulterer i en inntektsvekst for MTS som et resultat av bedre kvalitet på forskningen eller at forskningen kan gjennomføres mer kostnadseffektivt. Dette øker etterspørselen etter forskningstjenester fra MTS og driver inntektene opp ved at MTS kan selge flere tjenester eller ta en høyere pris på de tjenestene de selger. Noe av denne inntektsveksten motsvares av økte driftskostnader som følge av flere laboratorier og flere forskere. Det forventes at verdien av forskningen (inntektene) øker mer enn økningen i driftskostnadene. Dette overskuddet representerer en forventning om at MTS blir mer produktiv som følge av investeringen. Dette er produktivitetsevinster for MTS som også innebærer en samfunnsøkonomisk gevinst som for en normal markedsaktør ville tilfalt eierne i form av økt driftsoverskudd⁴. Siden det er en forventning om at driftskostnader og driftsinntekter ved MTS over tid går i null vil dette overskuddet enten brukes til å investere i kompetanse hos forskerne (høyere lønninger) eller til å øke kvaliteten på verktøy eller annen infrastruktur som igjen resulterer i mer og bedre forskning.

Det forventes også forskningen ved MTS har en merverdi for kundene til MTS utover det de betaler for forskningstjenestene, og er omtalt som **direkte merverdi** i tabellen. Dette er den privatøkonomiske avkastningen bedriften har ved å utføre forskning ved MTS. Derne er det forventet at forskningsaktiviteten gir **positive kunnskapseksternaliteter** for havromsnæringene og samfunnet for øvrig. Kunnskapseksternalitetene reflekterer den samfunnsmessige gevinsten av forskningsaktiviteten utover den privatøkonomiske verdien. Det er sannsynlig at den nye kunnskapen produsert ved MTS har en produktiv anvendelse også for andre enn aktøren som bestilte forskningsprosjektet.

Bedre laboratorier forventes også å gi økt kvalitet på utdanningen som igjen øker verdiskapingsevnen i samfunnet. I tabellen er det omtalt som **utdanningseffekter**. Denne verdien har det ikke vært mulig å prissette, og den omtales som en ikke-prissatt effekt i tabellen ovenfor.

Alle alternativene har positive nyttevirksomheter sammenlignet med referansebanen. Det kommer av forventninger om økt forskningsaktivitet grunnet økt funksjonalitet i de ulike alternativene. Beregnet overskudd, direkte merverdi og økning i kunnskapseksternalitetene følger alle direkte av økningen i forskningsaktiviteten. I tillegg, for alternativene hvor det investeres i nye **studentlaboratorier** (H3 og Adskilte), er det forventet betydelige utdanningseffekter. Det er sannsynlig at utdanningseffektene overgår den negative nettonåverdien på MNOK 580 som følge av en investering i nye studentlaboratorier. Nye studentlaboratorier vil bedre tilgangen for studentene og gi høyere kvalitet på undervisningen. Dette skaper en privatøkonomisk gevinst (for studentene) og en samfunnsøkonomisk gevinst. For at nye studentlaboratorier skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt må disse verdiene være over MNOK 15 per år over analyseperioden. KVV-gruppen mener at det er sannsynlig at det vil være tilfellet.

Hvor store nyttevirksomheter av de ulike alternativene er, avhenger av hvilken ny kunnskap de ulike investeringene muliggjør. Alternativet med **sjøgangsbasseng** har laveste forventede nytteeffekt når en sammenligner de to store laboratoriene (H1 og H2). Dette skyldes at det er alternativet som har lavest forventet økning i forskningsaktiviteten. Sjøgangsbassenget med sin lengde og bølger er først og fremst nyttig for maritim næring til forskjell fra **dypvannsbassenget** som med både bølger, strøm og dybde kan løse flere næringers utfordringer innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet. Det er også forventet at alternativet hvor det investeres i **andre verktøy (R1)** og studentlaboratorier (H3) vil kunne bidra til å løse forskningsutfordringer som ellers ikke kan løses med dagens verktøy. Interessenter fra havromsnæringene har påpekt at de nye studentlaboratoriene er interessante også for dem med hensyn på forskning innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet.

⁴ Dette beskrives ofte som produsentoverskudd i samfunnsøkonomiske analyser.

Også en investering i bedre funksjonalitet til å gjennomføre konstruksjonstesting (**K-Lab**) og til å forske på motorer og maskinerisystemer (**M-Lab**) er forventet å øke forskningsaktiviteten innen disse områdene som gir ny kunnskap og nytteverdi. Alternativ K1 forventes å ha størst prissatt samfunnsøkonomisk verdi hvis vi ser bort fra Adskilte. Dette skyldes at investeringskostnadene ved dette alternativet er betydelig lavere enn dypvannsbassenget som gir høyest forventet nytte.

I alle alternativer (eksklusive R1, K1 og E1) investeres det i nye verksteder og andre støttefunksjoner (så som nye kontor- og undervisningsareal) samt mindre tiltak som forventes å bidra til å effektivisere gjennomføringen av forsøk i basseng. Dette i sin tur bidrar til å styrke konkurranseevnen til MTS og gir høyere inntekter. Disse effektiviseringstiltakene er reflektert i den forventede inntektsøkningen i alternativene.

Av alternativene kommer Adskilte best ut. Dette skyldes at det ved en investering i alle kunnskapsområdene kan forventes synergieffekter mellom kunnskapsområdene i tillegg til at det inneholder elementer fra de andre alternativene som hver for seg er lønnsomme. Dette gir utslag i bedre kvalitet på forskningen. Det vil si høyere overskudd, økt merverdi, større kunnskapseksternaliteter og bedre utdanningskvalitet enn i hver enkelt investering.

Anbefaling

Innen for mulighetsrommet i denne KVUen anbefales det å gå videre med alternativet Adskilte til neste fase. Dette alternativet består av flere små og store tiltak som forventes å være samfunnsøkonomisk lønnsomme, og som til sammen forsterker hverandre og gir større gevinst enn enkeltvis.

Det anbefalte alternativet består av flere delinvesteringer som kan gjøres uavhengige av hverandre. Selv om det på et konseptuelt nivå er alternativet med Adskilte laboratorier som fremstår som mest samfunnsøkonomisk lønnsomt er det enkelte delelementer det er knyttet større usikkerhet rundt virkningene til enn andre.

I en realopsjonstankegang kan det være formålstjenlig å vente med å investere i dypvannsbassenget. Årsaken er at vi mener *det kan øke prosjektlønnsomheten å utsette tidspunkt for iverksettelse for bygging av dypvannsbassenget*. Dypvannsbassenget er forventet å være det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme av de ulike bassengene da alternativet gir ny verktøyfunksjonalitet som er verdifull for flere av havromsnæringene. Det gjelder strøm, vind, dybde og kombinasjonen bølger fra alle sider og strøm i samme laboratorium. Disse funksjonskravene kan potensielt møtes ved hjelp av havbassenget, men det er sammenlignbart dårligere strøm i havbassenget og havbassenget er ikke like dypt.

Det er dermed ikke sagt at de samfunnsøkonomiske gevinstene ikke kan utløses på andre måter enn ved et dypvannsbasseng. Det er heftet stor usikkerhet ved verdien av dypvannsbassenget når en sammenligner med alternativ R1. Usikkerheten gjelder hvordan en investering i andre verktøy kan møte næringenes etterspørsel etter ny kunnskap om dypvannsproblematikk spesielt.

KVU-gruppens vurdering er at det *kan* være en verdi i å vente med å investere i nytt dypvannsbasseng til en har fått mer informasjon om hvordan forskere og næringen tar i bruk hybrid- og fullskala testing, og hvordan metoder og teknologi for hybrid testing, fullskala testing og simuleringer utvikler seg. Dette er et område i rivende utvikling, og det er ikke usannsynlig at flere av forskningsutfordringene kan løses ved hjelp av andre verktøy i kombinasjon med havbassenget og de andre laboratoriene i fremtiden.

Det bør derfor i den videre fasen gjøres en vurdering av om det er grunn til å vente og se, og utsette oppstart av bygging av dypvannsbassenget fordi det kan innhentes mer informasjon før beslutningen fattes. Dette utelukker heller ikke at det kan øke prosjektlønnsomheten å endre utformingen av et dypvannsbasseng.

Innhold

1	INNLEDNING	1
1.1	Tidligere utredninger	1
1.2	Statens kvalitetssikring av store investeringer (KS-prosessen)	2
2	BEHOVSANALYSEN.....	3
2.1	Prosjektutløsende behov	3
2.2	Havromsnæringene er viktig for norsk velferd	11
2.3	Forventninger til kraftig vekst i havromsnæringene vil gi muligheter for Norge	13
2.4	Havromsnæringenes utfordringer gir behov for ny havromsteknologi	15
2.5	Ny havromsteknologi gir behov for ny kunnskap	19
2.6	Behov for ny kunnskap gir behov for nye laboratorier	27
2.7	Etterspørselen etter ny kunnskap fra MTS øker	37
2.8	Laboratoriene på MTS er ikke gode nok til at MTS kan møte næringens behov for ny kunnskap og høyt kvalifiserte kandidater	39
2.9	Det er en rekke aktører både nasjonalt og internasjonalt som leverer kunnskap til havromsnæringene	41
2.10	Behov for at kunnskapen produseres i Norge og på MTS	44
3	MÅL OG KRAV	47
3.1	Samfunns mål	47
3.2	Effekt mål	48
3.3	Krav til tiltaket	48
4	ALTERNATIVER SOM SKAL ANALYSERES	53
4.1	Alternativ D-Flex tas ikke med videre i analysen	53
4.2	Det er vurdert flere alternativer innenfor Adskilte	54
5	ALTERNATIVANALYSEN.....	60
5.1	Sammendrag og anbefaling	60
5.2	Samfunnsøkonomiske virkninger av utvidelse av Marinteknisk senter	64
5.3	Gjennomgang av kostnad- og nyttevirksomheter	66
5.4.	Drøfting av resultater og anbefaling av alternativ	88
	VEDLEGG A: DOKUMENTLISTE	94

Vedlegg i separat vedleggsdokument:

VEDLEGG B.	OM MARINTEKNISK SENTER (MTS)
VEDLEGG C.	INTERESSENTVURDERINGER
VEDLEGG D.	INTERNASJONALE KUNNSKAPSSENTRE FOR UTVIKLING AV HAVROMSTEKNOLOGI
VEDLEGG E.	DETALJERING AV ALTERNATIVER
VEDLEGG F.	USIKKERHETSANALYSE AV INVESTERINGSKOSTNADER
VEDLEGG G.	DRIFTSKOSTNADER
VEDLEGG H.	ALTERNATIVANALYSEN
VEDLEGG I.	MANDAT
VEDLEGG J.	HYBRID TESTING OG FULLSKALA TESTING

1 INNLEDNING

Denne konseptvalgutredningen omhandler *utvidelse og oppgradering av Marinteknisk senter* og har som formål å vurdere om *det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å utvide og å oppgradere laboratoriene ved Marinteknisk senter*. Utredningen er utarbeidet av DNV GL i samarbeid med Menon Economics på oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet.

Analysen er bygd opp som en konseptvalgutredning (KVU). Det er gjennomført en analyse av det samfunnsmessige behovet for tiltaket – dvs. hvorfor det bør gjennomføres tiltak i form av utvidelse og oppgradering av Marinteknisk senter. Behovsanalysen har gitt grunnlag for å definere målene for og kravene til tiltak med hensyn til samfunnsmessig nytte.

Til forskjell fra andre KVUer er det gjennomført en *tilpasset konseptvalgutredning* (heretter omtalt som KVUen). I det ligger det at de alternative konseptene som vurderes i hht. samfunnsøkonomisk lønnsomhet var definert i forkant, jf. kap 1.1. og mandat i Vedlegg I. Denne KVUen avviker derfor fra en normal KVU der en gjennomfører en mulighetsstudie for å identifisere alle mulige konseptuelle tiltak avgrenset av mål og krav utledet fra behovsanalysen.

Det har ikke vært KVU-gruppens mandat å vurdere andre alternativer enn de som var gitt i mandatet i Vedlegg I. Det betyr at det kan være andre alternativer som er mer lønnsomme enn de som er analysert her.

De tre alternativene som vurderes i denne KVUen er:

- Alternativ 0+: Videreføring av dagens Marintekniske senter (referansealternativet)
- Alternativ D-Flex: Nye forsknings- og undervisningslaboratorier
- Alternativ Adskilte laboratorier: Samme som alternativ D-flex, men de hydrodynamiske laboratoriene er adskilt.

Nærmere beskrivelse av disse alternativene er gitt i kapittel 4 og /Vedlegg E/.

Denne KVUen bygger på «KVU Ocean Space Centre – Fremtidens kunnskapssenter for havromsteknologi» /D001 og D002/ som var ferdigstilt sent i 2011 samt kvalitetssikringen (KS1) av denne /D003/ som ble levert i 2012. I tillegg ble det i etterkant av KS1 utarbeidet gevinstrealiseringsplaner samt kvalitetssikring av disse /D015, D016 og D004/.

I tillegg bygger denne KVUen på informasjon hentet inn i løpet av prosessen. Spesielt viktig har bidragene fra MARINTEK og NTNU vært. KVU-gruppen har nytt godt av at MARINTEK og NTNU har vært svært imøtekomende, svart på spørsmål og stilt opp i møter.

1.1 Tidligere utredninger

Ocean Space Centre har vært under utredning siden 2008. I 2011 leverte MARINTEK og NTNU en konseptvalgutredning /D001 og D002/ som ble kvalitetssikret av Metier og Møreforskning Molde. Første KS1-rapport ble levert 2012 /D003/, med et tilleggssoppdrag som ble levert høsten 2013 /D004/.

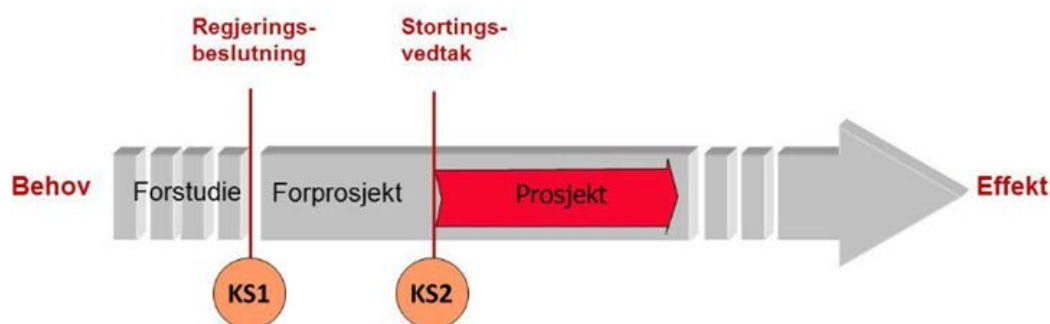
Ekstern kvalitetssikrer foreslo et nytt alternativ, alternativ D-flex, og konkluderte med at dette alternativet er det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme. Alternativ D-flex som kom frem under kvalitetssikringen har ikke vært grundig utredet eller forankret hos miljøene i Trondheim. Regjeringen besluttet å gå videre med D-flex og 0+ alternativet, samt utrede D-flex nærmere.

Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) har gjennomført utredninger rundt D-flex alternativets tekniske gjennomførbarhet. Selv om disse utredningene tyder på at alternativet er teknisk gjennomførbart, er det fortsatt usikkerheter knyttet til D-flex alternativets operasjonaliserbarhet og driftskostnader. NTNU og MARINTEK mener også at D-flex ikke møter institusjonenes behov, da særlig NTNUs undervisningsbehov. NTNU og MARINTEK har på bakgrunn av dette foreslått en alternativ modell, hvor NTNU og MARINTEKs laboratorier er adskilte (Konsept Adskilte laboratorier).

Usikkerheter rundt D-flex alternativet gjorde at NFD så behov for å gjøre en tilpasset konseptvalgutredning (tilpasset KVV).

1.2 Statens kvalitetssikring av store investeringer (KS-prosessen)

En konseptvalgutredning er en del av statens prosjektmodell for kvalitetssikring av store statlige investeringer (KS-regime). Regimet stiller krav om utarbeidelse av en konseptvalgutredning. Konseptvalgutredningen utarbeides i en tidlig fase av prosjektet (forstudiefasen). Etter ferdigstilling skal konseptvalgutredningen til kvalitetssikring (KS1) før en beslutning i regjeringen om å starte forprosjekt. Figur 1 viser den overordnede beslutningsprosessen i KS-regimet. Her er ordningens to kontrollpunkter skissert; KS1 og KS2.



Figur 1 Overordnet beslutningsprosess i Finansdepartementets KS-regime. Kilde: Concept

Formålet med en konseptvalgutredning er «å sikre at konseptvalget av store statlige investeringsprosjekter undergis reell politisk styring. Ideelt sett ønsker en at det konseptalternativet som blir valgt gir best ressursutnytting og verdiskaping for samfunnet».

Det stilles krav til strukturen og innholdet i en konseptvalgutredning. Konseptvalgutredningen skal bestå av følgende kapitler:

- **Behovsanalyse:** Her legges premissene for tiltaket, og behovsanalysen skal redegjøre for behov for tiltak.
- **Overordnet strategi- og kravdokument:** Med grunnlag i behovsanalysen defineres samfunns mål, effektmål og krav til tiltaket.
- **Mulighetsstudien:** Mulighetsrommet skal analyseres. Behovene, målene og kravene skal til sammen definere et mulighetsrom. (Denne KVV-en er tilpasset og avgrenset av oppdragsgiver slik at den ikke inneholder en mulighetsstudie, men i stedet vurderer gitte alternativ).
- **Alternativanalysen:** Samfunnsøkonomisk analyse av alternative tiltak.

Konseptvalgutredningen er sammen med KS1-rapporten, en del av regjeringens beslutningsunderlag før det skal fattes en investeringsbeslutning om valg av konsept.

2 BEHOVSANALYSEN

I behovsanalysen skal det *prosjektutløsende behovet*⁵ konkretiseres og være førende for arbeidet med å lage tiltaksspesifikke mål. Behovsanalysen legger hovedpremissene for tiltaket, og her struktureres de behov som avdekkes for å fremheve det prosjektutløsende behovet. Mål og krav bygger på det prosjektutløsende behovet og behovsanalysen.

I dette kapittelet presenteres behovsanalysen, mens i kapittel 3 presenteres mål og krav. Behovsanalysen starter med en konkretisering og utdyping av det prosjektutløsende behovet for å sette leseren inn i konteksten (kapittel 2.1). Deretter fortsetter behovsanalysen med å redegjøre for det prosjektutløsende behovet, det vil si å vurdere om og hvorfor det er behov for tiltak (kapittel 2.2 – 2.10).

2.1 Prosjektutløsende behov

Det prosjektutløsende behovet i denne KVUen er definert til å være **behov for å oppgradere laboratoriene ved Marinteknisk senter (MTS)**, og formålet med behovsanalysen vil være å vurdere om og hvorvidt det er behov for oppgradering av laboratoriene. For å kunne svare på dette må en forstå MTS virksomhet. I dette kapittelet gis en presentasjon av senterets virksomhet og laboratorier.

Marinteknisk senter (MTS) består av instituttene MARINTEK og IMT⁶

I denne KVUen brukes Marinteknisk Senter (MTS) om forskningsinstituttet Norsk Marinteknisk Forskningsinstitutt AS (MARINTEK)⁷ og Institutt for Marin Teknikk (IMT) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). MTS er lokalisert på Tyholt i Trondheim og NTNUs Centre for Autonomous Marine Operations and Systems (AMOS) er også lokalisert der som en integrert del av MTS. Hovedaktivitetene ved MTS er forskning og utdanning.

MARINTEKs hovedvirksomhet er forskning, IMT driver også med forskning, mens IMTs hovedfokus er høyere utdanning på MSc- og PhD-nivå. Det er samarbeid mellom de to instituttene ved at forskere ved MARINTEK underviser ved IMT og professorer ved IMT deltar i forskningsprosjekter sammen med MARINTEK.

Laboratoriene er innsatsfaktorer i forskningen og i utdanningen

For å kunne produsere kunnskap og å utdanne kandidater er laboratoriene og andre verktøy viktige innsatsfaktorer. Laboratoriene har spilt en viktig rolle i senterets virksomhet. Figur 2 illustrerer at laboratoriene er en av flere innsatsfaktorer i denne aktiviteten. For mer detaljer om laboratoriene se Vedlegg B.

⁵ Med prosjektutløsende behov menes det samfunnsbehovet som utløser planlegging av tiltak til et bestemt tidspunkt

⁶ Marinteknisk senter er ikke en juridisk forskningsenhet

⁷ En del av SINTEF



Figur 2. Laboratoriene er innsatsfaktorer i kunnskapsleveransen til havromsnæringene

MTS har flere store og små laboratorier, i tillegg til kontor- og undervisningslokaler. MTS har tre store **hydrodynamiske laboratorier** (havbasseng, stor slepetank, kavitasjonstunnel) og fire mindre hydrodynamiske studentlaboratorier (liten slepetank, marin kybernetikk-lab, bølgerenne, strømningstank). I tilknytning til laboratoriene er det flere verksteder (et modellverksted, to freseverksted og tre mekaniske verksted) for produksjon av modeller, som er nødvendig ved eksperimentelle forsøk i laboratoriene.

MTS har også et **konstruksjonslaboratorium** (K-lab) og et **energi- og maskinerilaboratorium** (M-lab). Disse er samlokalisert. K-Lab består av tre fullskala testrigger for strekk og utmattingstesting av marine konstruksjoner og komponenter, med særlig fokus på slanke marine konstruksjoner (to av riggene). I tillegg er det en rigg hvor det kan utføres bøye- og kompresjonstesting av kraft- og kontrollkabler. Riggene kan teste objekter på opp til 21 meter. I tillegg er det rigger for komponenttesting som designes og bygges for spesifikke prosjekt. Her kan det gjennomføres utmattingstesting, kapasitetstesting (styrke), termisk testing (en kapasitet 20 kN til 4 MN). Laboratoriet har også en del små laboratorier; en H₂S lab og 5-7 forskjellige små rigger (kapasitet 20 -100 kN) for utmattings- og kapasitetstesting av mindre komponenter. Samt en friksjons- og slitasjerigg for friksjon og slitasjetesting av komponenter. MARINTEK er primærbruker av K-lab, men det er betydelig aktivitet også i regi av IMT i forbindelse med praksiskurs, laboratorieøvinger og forskning (MSc og Ph.D). For studenter finnes et rom med utstyr for mindre labforsøk i konstruksjonsteknikk.

Dagens M-lab består av utstyr for testing av marine energisystemer, primært marine dieselmotorer. Laboratoriet benyttes hovedsakelig til testing og utvikling av motorer og energisystemer for forskjellige typer skip. Laboratoriet består av to forsøksmotorer (VX-28 og KR3), tre store motortestceller, fire mindre motortestceller, en forbrenningsrigg og et hybridlaboratorium (ABB Hybrid Power Lab). I tillegg er det to feltlaboratorier i tilknytning til laboratoriet; et for utslippsmålinger av VOC og et for utslippsmålinger av avgasskomponenter (f.eks. NO_x, SO_x, UHC, CO og CO₂). MARINTEK er primærbruker av M-lab men det er også aktivitet i regi av IMT i laboratoriet i forbindelse med MSc og PhD utdanning. En av de store motortestcellene og de mindre motortestcellene er felles for MARINTEK og IMT. I tillegg er IMT eier av dieselmotorene i hybridlaboratoriet.

Basert på forsøkene i de fysiske laboratoriene er det utviklet en rekke **numeriske verktøy** og simulatorer som benyttes av eksterne brukere i industri og akademia i Norge og internasjonalt. I de fysiske laboratoriene anvendes i større og større grad hybride teknikker i forsøkene, såkalt **hybrid**

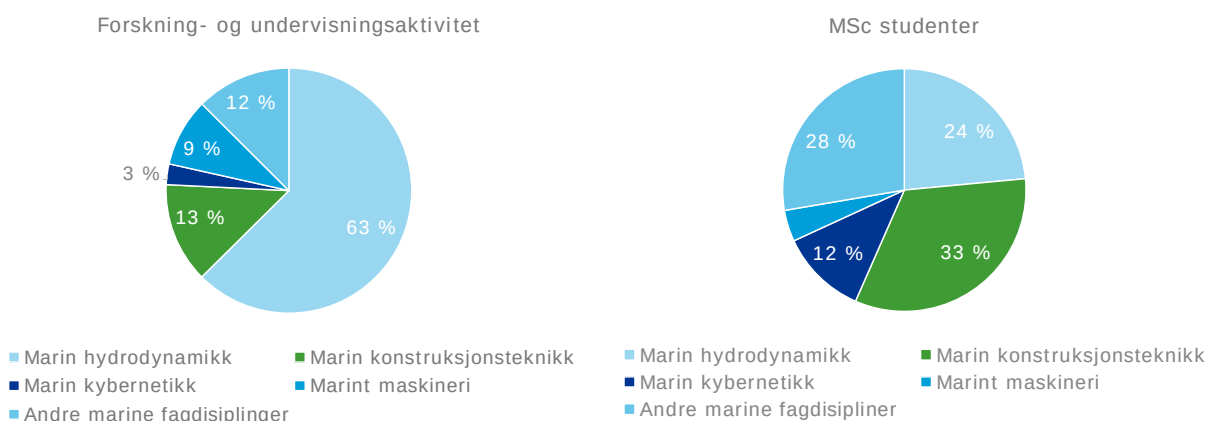
testing. Hybrid testing innebærer samspill mellom numeriske analyser/simulatorer og modellforsøk. Mulighetene knyttet til hybrid testing er mange, og i fremtiden forventes hybrid testing å kunne kompensere for manglende infrastruktur, trekke på fordeler og dempe på ulemper ved forskjellige hydrodynamiske verktøy (f.eks. skalaproblemer), redusere kostnader og utvide laboratorienes bruksområde. Ved MTS har hybrid testing eksempelvis blitt brukt for å påføre vindkrefter på en flytende vindturbin ved hjelp av aktuatorer, samtidig som modellen av flyteren testes fysisk i havbassenget. Dermed kan skalaproblemer (ved at vind skalerer forskjellig fra bølger) unngås. For mer om hybrid testing se Vedlegg J.

Forskningen og utdanningen er konsentrert om marin teknikk

Virksomheten ved MTS er konsentrert om kunnskapsområdet **marin teknikk**. Marin teknikk defineres som det vitenskapelige og ingeniørmessige grunnlag for å *designe, konstruere, bygge og operere fartøy og andre marine konstruksjoner til havs* (havromskonstruksjoner). Havromskonstruksjoner inkluderer blant annet plattformer for utvinning av olje- og gass, oppdrettsanlegg for fisk eller andre innretninger på og under havets overflate. Fysikk og matematikk danner den matematisk-naturvitenskapelige basisen for utvikling av marin teknikk /D304/.

For å utvikle, bygge og operere fartøy og andre havromskonstruksjoner er det behov for et bredt spekter av spesialisert kunnskap. Marin teknikk kan deles i åtte grunnleggende **kunnskapsområder** (fagdisipliner). Disse åtte kunnskapsområdene er marin hydrodynamikk, marint maskineri, marin konstruksjonsteknikk, marin kybernetikk, sikkerhet og driftsledelse, marin prosjektering og logistikk, marine ressurser og havbruk og undervannsteknikk.

Laboratoriene ved MTS som vurderes i denne KVUen, brukes i hovedsak i forbindelse med forskning og utdanning innenfor de fire kunnskapsområdene marin hydrodynamikk, marin kybernetikk, marin konstruksjonsteknikk og marint maskineri. Figur 3 viser hvordan forsknings- og undervisningsaktiviteten ved MTS fordeler seg på de marin tekniske kunnskapsområdene. I det følgende beskrives aktiviteten ved MTS innen disse fire kunnskapsområdene videre.



Figur 3. Forskning- og undervisningsaktiviteten fordelt på kunnskapsområde siste fire årene og andel MSc studenter fordelt på kunnskapsområde, 2013 til 2016.

Den største delen av MTS sin virksomhet er innen **marin hydrodynamikk**. Marin hydrodynamikk omhandler forståelse og forbedring av hydrodynamiske egenskaper ved skip og andre marine konstruksjoner. Det vil si at det handler om strømnings rundt marine konstruksjoner, slik som skip, ulike typer offshore konstruksjoner, havbruksanlegg og anlegg for fornybar havenergi. Bevegelser og krefter fra bølger og strøm på marine konstruksjoner, samt motstand og fremdriftsegenskaper til skip er viktige tema. MTS har eksempelvis levert viktig kunnskap knyttet til effekter av bølgeslag på baug og akterskip,



transport av væsker i delvis fylte tanker på skip, bølgeinduserte laster og bevegelser med spesielt fokus på hurtigbåter og offshore fartøy, samt motstand og fremdrifts- og manøvreringsegenskaper for skip. Til olje- og gassnæringen har MTS levert viktig kunnskap innen forsøksmetodikk for komplekse marine operasjoner, verifikasjon av flytende- og faste plattformer, flytende produksjonsskip og boreskip. For olje- og gassnæringen har MTS også levert viktig kunnskap knyttet til ikke-lineære laster på konstruksjoner fra strøm, bølger, bølgeslag og vann på dekk, krefter og respons av fleksible stigerør og forankringssystemer, grunnleggende forskning på bølgekinematikk, samt pålitelighetsanalyser, statistikk for miljølaster og strukturrepons.

For hydrodynamiske prosjekter innen andre og fremvoksende havromsnæringer, som hovedsakelig inkluderer havbruksnæringen og offshore havvind, har fokuset så langt vært krefter og bevegelser for flytende vindturbiner og havbrukskonstruksjoner samt forankring av flytende konstruksjoner. I tillegg har analyser rundt ekstreme laster på strukturer for uttak av bølgeenergi og studier av effektivitet i bølgekraftverk vært viktige tema.

På AMOS, som er et senter for fremdragende forskning (SFF) ved MTS, er det i perioden 2012-2022 fokus på utvikling av intelligente skip og havkonstruksjoner, autonome ubemannede farkoster (under vann, på vann og i luften) og roboter som opererer med høy presisjon og sikkerhet under ekstreme forhold og situasjoner.

Marin kybernetikk er studier om hvordan marine og maritime dynamiske systemer kan bli styrt (regulert) automatisk til å gjennomføre spesifiserte oppgaver under påvirkning av ytre miljøkrefter. På MTS er det et unikt fagmiljø innenfor marin kybernetikk som er spesialisert i kombinasjon av ulike disipliner (reguleringsteknikk for marine anvendelsesområder). Innenfor marin kybernetikk har det vært økt fokus på cyber physical systems, bruk av sensorer, optimale måleteknikker, kontrollteori og aktuatorer. Analysene her er nært knyttet opp til arbeidet som gjøres på AMOS og er også en fortsettelse av forskningen på CeSOS, som var et senter for fremdragende forskning på MTS frem til og med 2012.⁸

Marin konstruksjonsteknikk er også en viktig del av MTS sin virksomhet. Marin konstruksjonsteknikk omhandler gjennomføring og vurdering av styrkeberegninger av ulike typer marine konstruksjoner, samt anvendelse av disse kunnskapene og ferdighetene til å utforme og dimensjonere marine konstruksjoner.

Laboratoriene på MTS utviklet for konstruksjonsanalyser ble i utgangspunktet bygget for statisk og dynamisk testing av komponenter for skip og offshorekonstruksjoner. Det vil si for testing av sveisede modeller av stål, aluminium eller komposittmaterialer som relativt enkelt kan plasseres inn i en testrigg på en spennplate. Med utviklingen av flytende produksjonssystemer for olje og gass, dypvannsteknologi og lignende, har fokus blitt rettet mot et videre spekter av havromsteknologi, herunder slanke konstruksjoner. Slanke konstruksjoner er i dag hovedfokuset for forskningen innenfor konstruksjonsteknikk. De konstruksjonstekniske problemstillingene er nå særlig rettet mot design, installasjon og operasjon av fleksible stigerør, kontrollkabler, elektriske kraftkabler, ankerliner og lignende. Dette er konstruksjoner med en til dels svært komplisert oppbygning, og med en potensielt lang rekke mulige feilmekanismer.

Kunnskapsområdet **marint maskineri** handler om hvordan skip og andre marine konstruksjoner til havs kan skaffe seg energi i former som kan utnyttes til skipets fremdrift og andre formål ombord. Marint maskineri omfatter design, installasjon og operasjon av maskineri på skip og plattformer inklusive forbrenningsmotoren i marine anvendelser. Området dekker et bredt utvalg av systemer for propulsjon og elektrisk kraftproduksjon samt hjelpesystemer for kjøling, smøring, lasthåndtering og

⁸ <http://www.cesos.ntnu.no/about-cesos> CeSOS: Centre for Ships and Ocean Structures

dekkmaskineri. Kjernetemaene innen dette kunnskapsområdet er systemdesign, ytelsesanalyse, styring og integrasjon for optimal ytelse, samt miljøvennlig og sikker operasjon.

Historisk har forskningsvirksomheten ved MTS hatt en sentral rolle i arbeidet med teknologiutvikling for konvertering av konvensjonelle dieselmotorer til gassdrift, noe som er grunnlaget for fremveksten av LNG-drevne skip. Laboratorieforsøk knyttet til denne aktiviteten utføres i dag i vesentlig grad i egne laboratorier av industrien selv.

I dag er forskningsaktiviteten ved MTS i stor grad knyttet til forståelse av utslippskomponenter, aktiviteter og feltnålinger knyttet til utslipp fra forbrenningsmotorer og flyktige organiske forbindelser (VOC) fra laste- og losseoperasjoner offshore.

Forskningen ved MTS har i hovedsak et praktisk formål

Begrepet forskning kan være vanskelig å definere. Men overordnet kan forskning forstås som en prosess som gjennom systematisk arbeid kan frembringe **ny kunnskap og økt viten**. Det omfatter også å bruke ny kunnskap til å finne nye anvendelser. Siden 1963 har Organisasjonen for økonomisk samarbeid og utvikling (OECD) operert med begrepet *forskning og utviklingsarbeid*, forkortet FoU⁹.

FoU begrepet brukes bredt. På den ene enden av skalaen kan en plassere forskning som primært er rettet mot bestemte praktiske mål eller praktisk bruk (*anvendt forskning og utviklingsarbeid*¹⁰). På den andre enden av skalaen finner en *grunnforskningen*. Grunnforskning omfatter eksperimentell eller teoretisk forskning som utføres for å skaffe til veie ny kunnskap om det underliggende grunnlaget for fenomener og observerbare fakta, uten sikte på spesiell anvendelse eller bruk.

Forskningsaktiviteten ved MTS kan deles inn i tre kategorier; *oppdragsforskning*, *bidragsforskning* og *basisforskning*. Oppdragsforskningen omfatter prosjekter som formelt sett er initiert av- og finansiert¹¹ av private bedrifter. Felles for disse prosjektene er at det er bedriftene som har rettighetene til forskningsresultatene av prosjektene.

Bidragsforskningen er prosjekter som i hovedsak fokuserer på verktøyutvikling og/eller publiserbare forskningsresultater. Disse prosjektene går **mer i dybden innenfor faglige problemstillinger** og har ofte fokus på **avgrensede og fundamentale problemstillinger**. Bidragsforskningen er helt eller delvis finansiert av offentlige midler. Dette er hovedsakelig prosjekter formidlet via Forskningsrådet og omfatter eksempelvis KPN-prosjekter¹², EU-prosjekter¹³, FME¹⁴, SFI¹⁵ og lignende. Felles for disse prosjektene er at rettighetene til prosjektresultatene tilfaller forskningsinstitusjonen og ofte forutsettes å gjøres allment tilgjengelige.

Basisforskning er forskningsprosjekter som støttes av basisbevilgning, egne strategiske midler (MARINTEK) og ordinære bevilgninger (IMT). For MARINTEK inkluderer basisforskningen typisk strategiske prosjekter av kompetansebyggende karakter innenfor eksisterende eller nye områder, ofte kombinert med utvikling av metoder og verktøy som er viktige for MARINTEKs oppdrag- og

⁹ <https://snl.no/forskning>

¹⁰ Skillet mellom anvendt forskning og utviklingsarbeid er ikke definert, men kan forstås som at anvendt forskning har krav til dokumentasjon, mens det ikke er krav til dokumentasjon for utviklingsarbeid. Fra store norske leksiko defineres det som følger Anvendt forskning er også virksomhet av original karakter som utføres for å skaffe til veie ny kunnskap. Anvendt forskning er imidlertid primært rettet mot bestemte praktiske mål eller anvendelser. Utviklingsarbeid er systematisk virksomhet som bruker kunnskap fra forskning og praktisk erfaring, og som er rettet mot det å fremstille nye eller vesentlig forbedrede materialer, produkter eller innretninger, eller mot det å innføre nye eller vesentlig forbedrede prosesser, systemer og tjenester. <https://snl.no/forskning>

¹¹ Hel- eller delfinansiert av Forskningsrådet via innovasjonsprosjekter for næringslivet (IPN)

¹² Kompetanseprosjekt for næringslivet

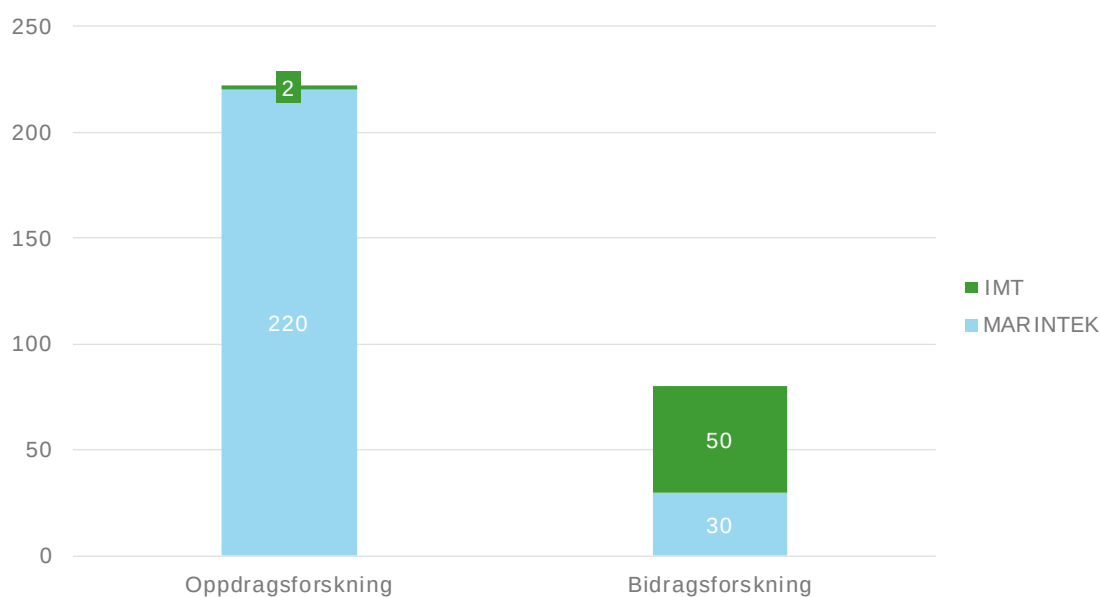
¹³ Eksempelvis JPIer: Joint programming initiatives

¹⁴ Forskningscentre for miljøvennlig energi: finansiert av Forskningsrådet. Eksempelvis NOWITECH som både NTNU og MARINTEK er partnere i.

¹⁵ Sentre for forskningsdrevet innovasjon. Eksempelvis SFI Smart Maritime ved MARINTEK og flere andre tilsvarende senter ved NTNU og SINTEF

bidragsforskning. For IMT er basisforskning forskning som utføres av faste vitenskapelige ansatte ved IMT, eventuelt støttet av stipendiater og finansiert over universitets rammebevilgning (RSO og SO-stipendiater). Resultatene av forskningen publiseres, men hvor direkte anvendbare denne type forskningsresultater er varierer. Resultatene kan være indirekte anvendbare ved at de benyttes som input i annen anvendbar forskning. Felles for basisforskningen er at det er forskerne selv som tar initiativ til slike prosjekter.

Forskningen ved MTS består i hovedsak av **anvendt forskning** (eller utviklingsarbeid). Forskningen har som oftest et bestemt praktisk formål eller praktisk bruk. Både MARINTEK og IMT driver med oppdrags- og bidragsforskning. Den største andelen av MTS sine forskningsoppdrag, målt i gjennomsnittlige inntekter per år, kommer fra oppdragsforskningen, illustrert i Figur 4. MARINTEK står for mesteparten av inntektene fra oppdragsforskningen, mens bidragsforskning er relativt likt fordelt mellom MARINTEK og IMT.



Figur 4. Oppdrag- og bidragsforskning ved MTS fordelt på institutt. Tallene representerer gjennomsnittet for de fire siste årene¹⁶. MNOK 2015-priser.

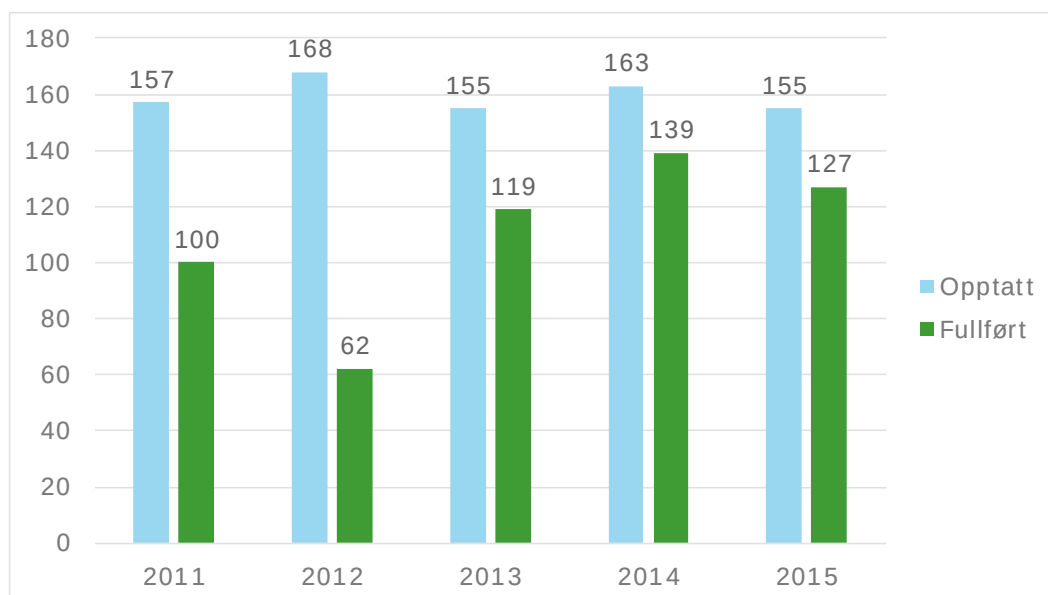
MTS utdanner kandidater til næringslivet

En viktig oppgave ved MTS er å utdanne kandidater til havromsnæringene. Det er IMT ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) som har ansvaret for undervisningen.

IMT utdanner over 100¹⁷ sivilingeniører i marin teknikk hvert år og har nesten 100 doktorgradskandidater under utdanning. I perioden 2011 til 2015 ble i gjennomsnitt 160 studenter tatt opp ved IMT hvert år. Figur 5 viser totalt antall studenter over tid i denne perioden. Tallene viser at de fleste av studentene tas opp til Marin teknikk masterstudium (5-årig).

¹⁶ Inntektene er inflasjonsjustert. MARINTEKs inntekter er gjennomsnittet i perioden 2012-2015, mens for IMT er det brukt gjennomsnittet i perioden 2012-2016 (oktober).

¹⁷ Gjennomsnittlig fullførte studenter per år er 105

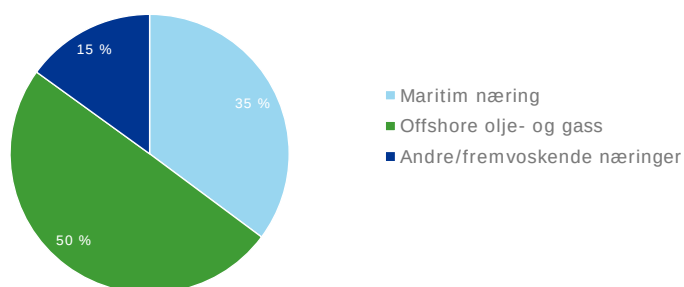


Figur 5. Antall studenter, opptatt og fullført, ved IMT fra 2011 til 2015.

Maritim næring og olje- og gassnæringen har vært største mottaker av kunnskapen og kandidatene fra MTS

Det er i hovedsak havromsnæringene som er mottaker og bruker av kunnskapen som produseres og kandidatene som utdannes ved MTS. **Med havromsnæringene menes de næringer som høster eller benytter seg av ressurser fra havrommet¹⁸.** Det inkluderer maritim næring, offshore olje- og gassvirksomhet, fornybar havenerginæring, havbruk og andre havromsnæring (havroms- og miljøovervåking, undervanns gruvedrift, og annet). Vi definerer i det følgende alle andre havromsnæring, med unntak av maritim næring og offshore olje- og gassvirksomhet, som «andre og fremvoksende havromsnæring». Næringene inkluderes de som eier, er operatører, designer og bygger havromskonstruksjoner eller skip, eller leverer utstyr eller spesialiserte tjenester til disse aktørene. Eksempel på havromskonstruksjoner er skip, oljeplattformer, merder og flytende vindmøller.

Den største andelen av forskningen (oppdrag- og bidragsforskningen) ved MTS har vært rettet mot offshore olje- og gassvirksomhet og skipsnæringen, mens andre havromsnæring har de senere årene utgjort en større og større andel av forskningen. Figur 6 viser forskningsaktiviteten på MTS fordelt på næring de siste fire årene.

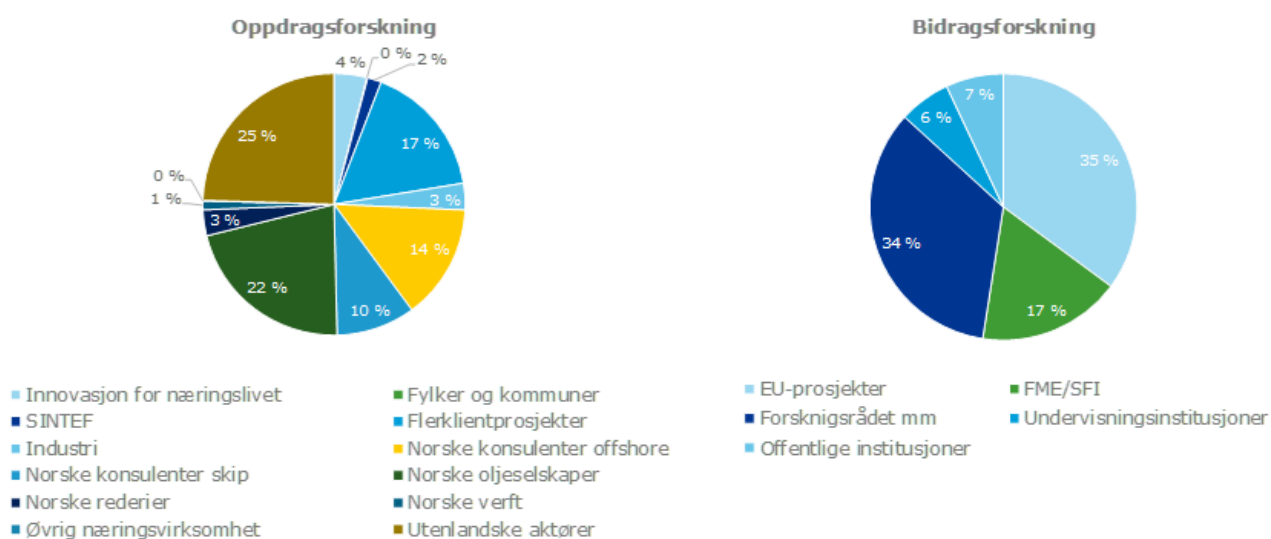


Figur 6. Samlet oppdrag- og bidragsforskningen fordelt på næring. Tallene representerer gjennomsnittet for de fire siste årene. MNOK 2015-priser.

¹⁸ Med havrommet mener vi havoverflate, havdypene og de geologiske formasjonene på og under havbunnen.

Figur 7 viser hvilke aktører som finansierer forskningsaktiviteten på MARINTEK. I hht. definisjonen av oppdrag- og bidragsforskningen over er det private aktører som i hovedsak finansierer oppdragsforskningen. Kundene til MARINTEK er verft og skipsdesignere, maritime konsulenter, rederier, oljeselskap, fylker og kommuner og annen industri. Figuren viser at utenlandske aktører i perioden 2005 til 2015 stod for 25 prosent av inntektene til MTS. Norske oljeselskap var MTS nest største kunde og stod for 22 prosent av MTS inntekter i samme periode.

Forskningsrådet og EU-prosjekter var MARINTEKs største finansieringskilde av for bidragsforskningen med henholdsvis 34 prosent og 35 prosent.



Figur 7. Oppdrags- og bidragsforskning, andel av inntekter i perioden 2005 til 2015 fordelt på ulike kundegrupper

2.2 Havromsnæringene er viktig for norsk velferd

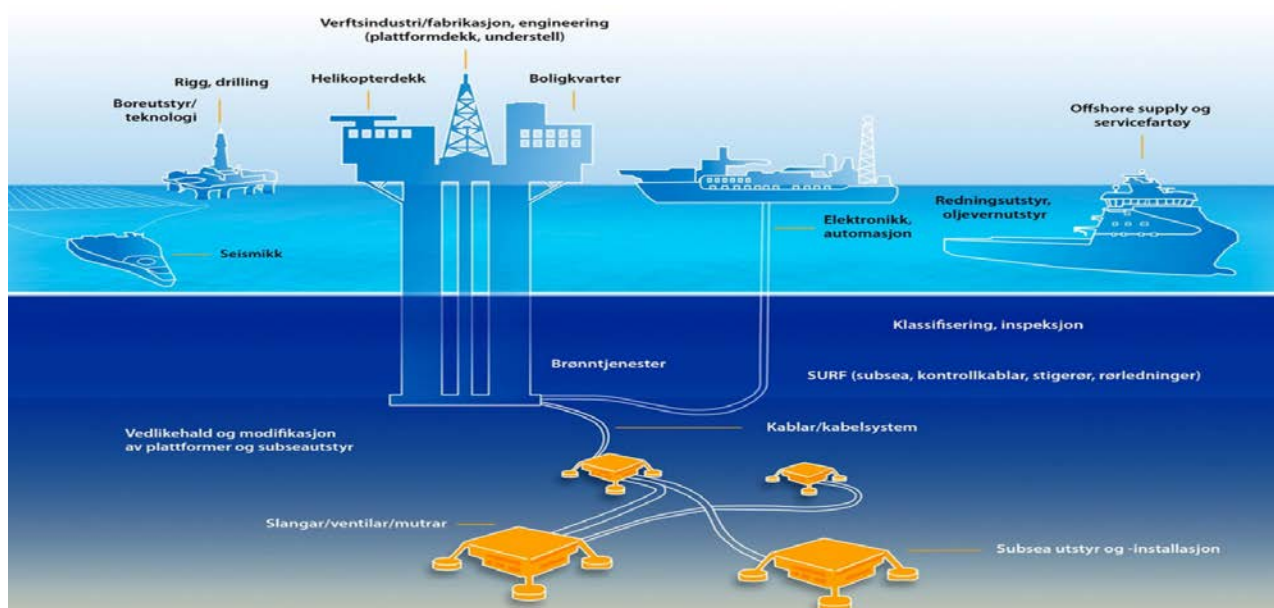
Som kapittel 2.1 har vist er laboratoriene på MTS viktige innsatsfaktor i produksjon av ny kunnskap og ved utdanning av kandidater til havromsnæringene. Motivasjonen bak en investering i nye laboratorier bør derfor være å gi havromsnæringene den nye kunnskapen (FoU) og kompetansen næringen har behov for slik at næringen minst kan opprettholde verdiskapingen.

Norge har med sin lange kyst, tradisjoner og kunnskaper om havet utviklet seg til å bli en viktig havromsnasjon og norske havromsnæringer er viktig for landets velferd. Aktivitet i Norge innen havromsnæringene knytter seg til tre hovedvirksomheter: utvinning av olje- og gass til havs, maritim næring og fiskeri og havbruk. I 2015 utgjorde disse næringene i overkant av en tredjedel av Norges bruttonasjonalprodukt. Norge har i dag en lederposisjon når det gjelder teknologisk utvikling knyttet til utnyttelse av havet. Denne lederposisjonen vil også kunne bidra med utviklingsmuligheter og kompetanseoverføring innen andre og fremvoksende havromsnæringer, som eksempelvis havvind, gruvedrift på havbunnen og andre fremtidige næringer til havs.

Olje- og gassnæringen er Norges største næring

Funn av olje- og gass på norsk sokkel har bidratt til en betydelig del av den totale verdiskapingen i Norge. I dag er olje- og gassnæringen Norges største næring. Olje- og gassutvinning og utvinningstjenester oppnådde en samlet produksjonsverdi på 777 milliarder kroner i 2014. Dette var en nedgang på nesten fem prosent fra 808 milliarder i 2013 /DØ81/. Samlet stod næringen for 15 % av BNP i 2015, et fall fra 25 % i toppåret 2008 /DØ81/.

I Figur 8 vises hele verdikjeden i olje- og gassnæringen. Næringskjeden består av oljeselskaper med lisensandeler som driver med utvinning og foredling av petroleum og gass på norsk (og internasjonal) sokkel. I tillegg er det en stor leverandørindustri som dekker alt fra rigg og boring, seismikk, helikopterdekk og verftsindustri, til elektronikk og automasjon, rednings- og oljevernutstyr, samt offshore supply- og servicefartøy.

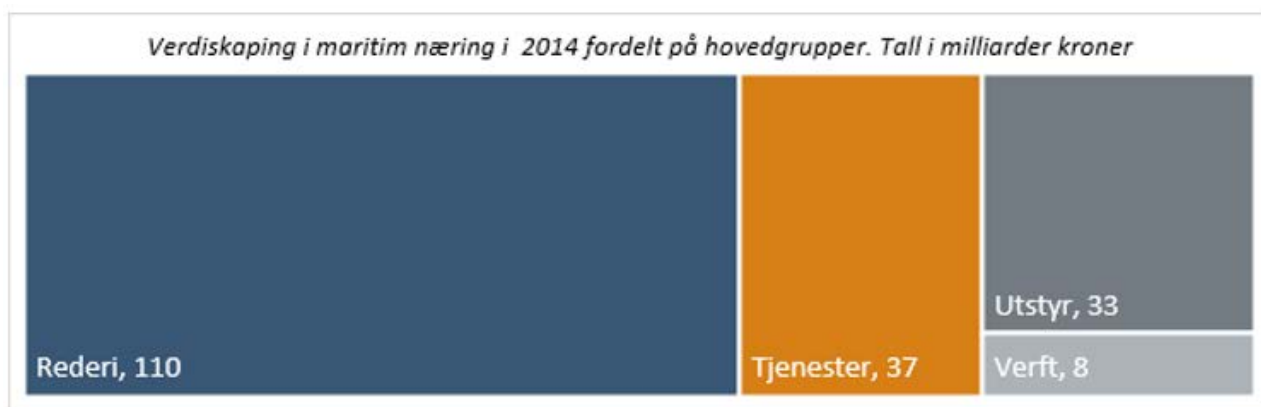


Figur 8. Hele verdikjeden for olje- og gassnæringen. Kilde: Olje og energidepartementet, 2016 /D300/.

Norge har i lang tid vært en viktig sjøfartsnasjon

Mennesker har brukt havet som transportvei siden «tidenes morgen» og Norge har historisk vært en stor sjøfartsnasjon. I 2014 var samlet verdiskaping i **maritim næring** på nærmere 190 milliarder kroner, og næringens andel av det norske næringslivets totale verdiskaping var på 12 prosent. Maritim næring er med det blant Norges største næringer.

Hele den maritime verdikjeden er representert i Norge. Norge huser i dag en rekke ledende rederier, har et bredt spekter av maritime tjenesteytere¹⁹, utstørsprodusenter og verft. Figur 9 viser en oversikt over verdiskapingen i maritim næring i 2014 fordelt på ulike aktiviteter. Det fremgår at rederiene sto for nesten 60 prosent av verdiskapingen, og Maritim tjenesteyting står for den nest største verdiskapingen med i om lag 20 prosent. Norge har et av verdens mest omfattende miljøer for maritim tjenesteyting, og norske selskaper er blant de største og mest betydningsfulle i verden på flere områder. Norske utstørsprodusenter står også for en betydelig andel av verdiskapingen innen maritim næring og Norge, sammen med ledende europeiske leverandører, har en sterk posisjon i utvikling og produksjon av maritimt utstyr. Norsk verftsvirksomhet står for den minste delen av verdiskapingen i maritim næring. Historisk har norsk verftsaktivitet vært dominert av bygging av ulike typer offshorefartøy. Disse verftene har spilt en nøkkelrolle i utviklingen av den norske offshoreflåten som verdens mest avanserte.



Figur 9. Verdiskaping i maritim næring i 2014 fordelt på hovedgrupper. Tall i milliarder kroner. Kilde: Menon, 2015 /D028/.

Norge er nå verdens største eksportør av oppdrettslaks

Fiskeri- og havbruksnæringen omfatter bedrifter som arbeider med mat fra havet. Det er både tradisjonell fiske og oppdrett (havbruk/akvakultur). I Norge er det kort vei inn fra havet der råvarene høstes og til bearbeiding på land og det ligger dermed godt til rette for fiskeri- og havbruksvirksomhet. Norsk fiskeri- og havbruksnæring leverer i dag sjømat til forbrukere i rundt 150 land i verden. Fiskeri- og havbruksnæringen er en av Norges fremste eksportnæringer og betyr mye for bosetting og aktivitet langs kysten.

Havbruksnæringen har vokst kraftig de siste tiårene. Norsk fiskeoppdrett begynte i liten skala i 1970-årene. I dag er Norge verdens største eksportør av oppdrettslaks. I 2014 eksporterte Norge 2,7 millioner tonn sjømat til en verdi av 69 mrd. kroner. Samme år handlet nordmenn sjømat til en verdi av 7,6 mrd. kroner /D099/.

¹⁹ hvorav de viktigste er skipsfinansiering, forsikring, megling, sjørett, skipsdesign, klassifisering og havnetjenester

Norge har et konkurransefortrinn innen fornybar havenergi

Potensialet knyttet til fornybar havenergi er enormt. Offshore vindkraft er i ferd med å utvikles til en betydelig internasjonal industri. I 2015 var det installert over 12 GW offshore vindkraft. Over 90 prosent av dette i Nord-Europa. Øvrige fornybare havenergiteknologier, herunder bølge- og tidevannskraft, osmose og termisk energi, er mer umodne teknologier med begrenset utbredelse. Med utgangspunkt i Norges ledende kompetanse innenfor offshore olje-, gass- og maritim virksomhet har vi et godt utgangspunkt for å kunne bli en viktig aktør innen utviklingen av offshore vindkraft og annen fornybar havenergiteknologi. Erfaringen fra offshore olje og gass, shipping, betongindustri, kabler og fjernstyrt drift til havs vil kunne gi Norge et fortrinn som kan gjøre det mulig å bygge en ny eksportnæring. Her vil norske ingeniører- og ikke minst mariningeniører ha muligheter til å innta en ledende rolle internasjonalt. Norske aktører bidrar allerede innenfor dette feltet. Det finnes en rekke norske leverandør- og energiselskaper som leverer til offshore vindkraftmarkedet, særlig i Tyskland, Storbritannia og Danmark /D079/.

2.3 Forventninger til kraftig vekst i havromsnæringene vil gi muligheter for Norge

Som forrige kapittel 2.2 viste er havromsnæringene viktig for norsk verdiskaping og Norge har en lederposisjon når det gjelder teknologisk utvikling knyttet til utnyttelse av havet. Forventninger til kraftig vekst i havromsnæringene vil derfor gi muligheter for at Norge kan ta del i denne veksten.

Det er også bred politisk enighet om at Norge bør ta del i denne veksten. Et eksempel er regjeringens maritime strategi «Maritime muligheter – blå vekst for grønn fremtid» /D093/ som ble lagt frem våren 2015. Næringsminister Monica Mæland uttalte blant annet i forbindelse med fremleggningen av strategien at «vi har store muligheter i, på og under havet». Videre uttalte hun at «for å sikre at Norge også i fremtida skal være en verdensledende maritim nasjon, må vi sørge for at næringen har konkurransedyktige rammebetingelser»²⁰.

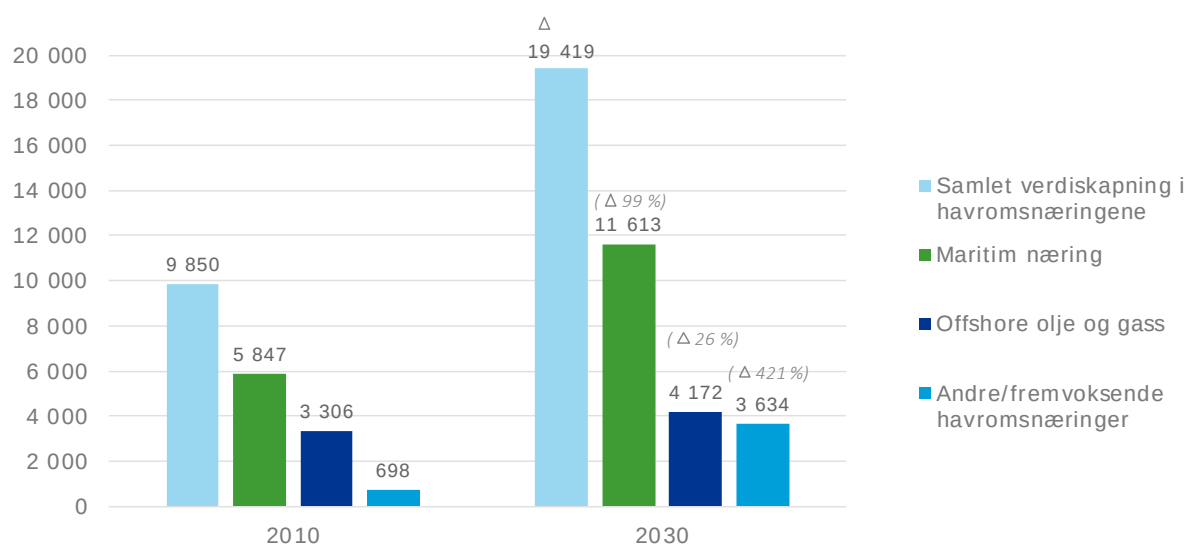
Andre havromsnæringer blir også fremhevet. I Meld. St. 10 (2015-2016) /D099/ om en konkurransedyktig sjømatindustri står det at sjømatnæringen samlet sett er produktiv og bidrar til verdiskapingen i Norge. Ressursgrunnlaget for verdiskapingen er fordelt over hele landet. En best mulig utnyttelse av ressursene våre styrker hele nasjonens konkurranseevne. Sjømatindustrien og den marine næringen spiller en viktig rolle i utviklingen av en fremtidsrettet bioøkonomi.

Forventninger om en dobling i verdiskapingen for havromsnæringene

OECDs rapport «The ocean economy in 2030» forventer at samlet verdiskaping i havromsnæringene vil doble seg frem mot 2030 fra 9,9 trillioner kroner²¹ i 2010 til over 19,4 trillioner kroner i 2030 /D043/. Figur 10 viser samlet global verdiskaping i havromsnæringene i 2010 og forventet verdiskaping i 2030. Utviklingen tilsvarer en årlig vekst på 3,95 prosent.

²⁰ <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-styrke-maritim-konkurransekraft/id2413863/>

²¹ Valutakurs som er lagt til grunn er fra Norges Bank 13.12.2016 <http://www.norges-bank.no/Statistikk/Valutakurser/valuta/USD/>



Figur 10. Verdiskaping i havromsnæringene i 2010 og forventet verdiskaping i 2030. Tall i milliarder kroner. Kilde: OECD, 2016 / D043/ ²²

Det er flere forhold som bidrar til kraftig vekst i havromsnæringene fremover. Befolkningsvekst, økonomisk vekst, knapphet på naturressurser, hensyn til klima og miljø og ny teknologi er viktige driveres som fremheves. Disse faktorene påvirker hvor mye og hvordan havet brukes. Eksempelvis vil befolkningsutvikling gi økt etterspørsel etter sjømat, klimautfordringer vil bidra til økt etterspørsel etter fornybare havteknologier og ny teknologi vil gi nye muligheter og måter å benytte havrommet på.

Historisk har i verdiskapingen vært størst innen **offshore olje- og gass**. Fremover er det forventet en global vekst i næringen på om lag 1 % per år²³. Selv om det forventes at klimahensyn vil redusere etterspørselen etter olje og gass relativt til andre energikilder vil olje og gass i lang tid fremover utgjøre en viktig energikilde. Det Internasjonale Energibyrået (IEA) legger til grunn i sitt basisscenario at olje- og gassproduksjon vil stå for 50 prosent av energimiksen i 2040, en reduksjon fra 52 prosent i 2016. OECD (2016) forventer en vekst i offshore oljeproduksjon på 0,4 prosent per år frem til 2030 og at offshore råoljeproduksjon på dypvann vil øke betydelig, mens produksjon på grunt vann vil reduseres noe. Videre forventer OECD en vekst i offshore gassproduksjon på 1,5 prosent per år frem mot 2030. Offshore gassproduksjon er forventet å øke betydelig både i grunt vann og på dypt vann.

I 2010 sto **skipsfart** for 90 prosent av verdens varetransport. Veksten i varetransport er forventet å øke i takt med BNP. Den sjøbaserte handelen er forventet å vokse i snitt med mellom 3 og 4 prosent per år frem mot 2040. Det er forventet at Asia fortsatt vil dominere markedet. Unntaket er mer spesialiserte nisjer som cruise, passasjerskip og offshoreskip. I disse nisjene står europeiske verft sterkt, men også her har asiatiske aktører tatt større markedsandeler de siste årene.

Maritim turisme er også forventet å øke, inkludert etterspørselen etter turer til mer uberørte områder som Artisk og Antartisk. OCED (2016) anslår at veksten i maritim turisme vil føre til et behov for bygging av seks til åtte nye cruiseskip per år mellom 2015 og 2031 /D043/.

²² Til grunn for vurdering av utviklingen innen havromsnæring fremover har vi tatt utgangspunkt i OCED (2016) rapporten «The Ocean Economy in 2030» og supplert med prognoser fra IAE 2016 og Verdensbanken 2016

²³ OECD (2016) forventer en vekst i offshore oljeproduksjon på 0,4 prosent per år frem til 2030 og at offshore råoljeproduksjon på dypvann vil øke betydelig, mens produksjon på grunt vann vil reduseres noe. Videre forventer OECD en vekst i offshore gassproduksjon på 1,5 prosent per år frem mot 2030. Offshore gassproduksjon er forventet å øke betydelig både i grunt vann og på dypt vann.

Andre havromsnæringer er forventet å ha den største prosentvise veksten frem mot 2030. Samlet verdiskaping innen andre havromsnæringer forventes å vokse med over 400 prosent fra 2010 til 2030 noe som tilsvarer en årlig vekst på 20 prosent. Legger man denne utviklingen til grunn vil den globale verdiskapingen fra andre havromsnæringer være nesten like stor som verdiskapingen fra offshore olje- og gassvirksomhet i 2030. Andre havromsnæringer omfatter næringer som fiskeri og havbruk og havbasert fornybar energi (vind-, bølge- og tidevannskraft), gruvedrift på havbunn, miljøovervåking. Størst vekst er det forventet i havvind og havbruk.

Etterspørselen etter sjømat forventes å øke betydelig i de kommende årene. Hovedvekten av denne etterspørselen vil bli dekket av **havbruksnæringen**, det vil si oppdrett/akvakultur. De siste 20 årene har den gjennomsnittlige økningen innen produksjon av laks og ørret i Norge vært rett i underkant av 10 prosent per år. Det er ikke sannsynlig at man får den samme veksten per år frem til 2050. Innen havbruk globalt har veksten de senere årene vært i gjennomsnitt 4 prosent per år, og FAO (2014) forventer at det reelle behovet fremover vil være rundt 5,6 prosent per år.

For **offshore vind** er det også forventet vekst. I løpet av de siste 20 årene har offshore vind gått fra å omfatte små pilotprosjekt til å nærme seg en moden industri med potensial for videre vekst. På verdensbasis er installert kapasitet på mer enn 12 gigawatt (GW) ved utgangen av 2015. I følge OECD (2016) er potensialet frem til 2020 anslått å være 40-60 GW med ytterligere vekstpotensial frem mot 2050. I Europa alene forventes det investeringer i størrelsesorden 1 000 milliarder kroner til bygging av offshore vindparker i løpet av de neste ti årene. Øvrige fornybare havenergiteknologier er fortsatt i en tidlig testing og demonstrasjonsfase. OECD forventer derfor at installert kapasitet fra andre fornybare havenergiteknologier enn offshore vindkraft vil være liten frem mot 2020, men påpeker at teknologiske gjennombrudd kan føre til en rask økning i installert effekt.

2.4 Havromsnæringenes utfordringer gir behov for ny havromsteknologi

En forutsetning for at havromsnæringene skal vokse som forespeilet i kapittel 2.3 er at en del utfordringer må løses. For å løse disse utfordringene er det nødvendig å utvikle **ny havromsteknologi**. Ny havromsteknologi defineres her bredt. Det kan være helt ny teknologi, eller modifikasjon av allerede kjente teknologier eller at kjent teknologi settes sammen på nye måter og på den måten gir ny teknologi. Havromsteknologi omfatter alt fra havromskonstruksjoner (som skip, plattformer, vindmøller og lignende) til systemer, materialer og utstyr til havromskonstruksjoner.

Forventningene om fortsatt vekst tilsier at innenfor alle havromsnæringene er det behov for ny teknologi. Drivere bak behovet for ny havromsteknologi er mange. **Muliggjørende teknologier** er en viktig driver. Ny teknologi gjør at løsninger som tidligere ikke var aktuelle nå vil kunne være mulig, både teknisk og økonomisk. Andre viktige drivere for utvikling av nye løsninger og ny teknologi er **klimaendringer** som både fremtvinger nye løsninger grunnet krav til reduksjon i CO₂-utslipp og grunnet endringer i vær og klima som gir mer ekstremvær og dermed krever andre modifiserte eller nye løsninger. Strengere **miljøkrav** og **krav til sikkerhet** som følge av oppmerksomhet fra samfunnet på farene ved forurensning og utslipp i sårbare områder, og **bruk av nye havområder** som ultradypt vann, værharde områder og områder nær kysten gir utfordringer som også vil fremtvinge nye løsninger. I tillegg vil levetidsforlengelse samt ombygging og avvikling av eksisterende havromskonstruksjoner gi behov for ny teknologi.

Det er vanskelig å se for seg alle utfordringene og teknologibehovene fremtiden vil bringe. De teknologiske valgene er mange. Det er svært utfordrende å si hvilken teknologi som vil vinne frem, det avhenger av mange forhold. Kapitlene under presenterer noen av dagens kjente utfordringer for

havromsnæringene og hvordan dette resulterer i et behov for ny havromsteknologi. Selv om det er usikkert med mengde ny teknologi og hva slags ny teknologi det vil være behov for så vil **behovet være stort så lenge havromsaktiviteten er forventet å vokse.**

Utfordringer og behov for ny skipsteknologi

Dagens skipsmarked domineres spesielt av fremvekst av ny teknologi som gir nye muligheter for skipsfarten (muliggjørende teknologier), men preges også av andre trender som krav til energieffektive løsninger, utforskning av andre og nye områder som for eksempel Northern Sea Route i Arktis, andre standarder som følge av miljø- og/eller sikkerhetskrav, levetidsforlengelse, større skip og fremvekst av nye markeder.

Fremvekst av **autonome** skip og andre farkoster²⁴ er et eksempel på at muliggjørende teknologi gjør det mulig å bruke skip og å utnytte havet på en helt ny måte. Dagens selvstyrte eller semi-autonome transportmidler og undervannsfarkoster er bare begynnelsen på en industriell transformasjon. Skipsoperasjoner kan, dersom autonome skip blir en realitet, gjennomføres uten mennesker om bord. Krav til autonome skips egenskaper vil være annerledes enn skip med mennesker og mannskap om bord. Dette kan gi behov for nye typer skrogformer, fremdriftssystemer (propell e.l.), energisystemer, materialer, utstyr med mer.

Markedet preges også av klima- og miljøutfordringer som vil gi krav om energieffektive løsninger. Dette innebærer utvikling av **nye typer skrog, fremdrift, maskineri, andre systemer, materialer og utstyr** da dette skal designes for å bruke minst mulig energi for den planlagte driften. Konkrete forskningsutfordringer vil for eksempel være knyttet til utvikling av energisparende design av skrog og fremdriftssystemer. Utvikling av alternative fremdriftssystemer som seil og annen vinddrift, bølgefoiler, maskinerisystemer som bruker andre typer drivstoff (brenselceller for hydrogen, naturgass, endog kjernekraft diskuteres), og radikalt nye skipskonsepter som gir lavere energiforbruk per transportert enhet, for eksempel "sea trains". Reduksjon av friksjonsmotstand kan også oppnås gjennom forbedrede bunnstoffer og mer radikale konsepter, slik som "shark skin" og luftsmøring.

Operasjoner i Arktis og på nye områder betyr operasjoner i miljøer som er mer krevende enn «tradisjonelle» havmiljøer. Disse operasjonene vil sannsynligvis bli utsatt for kaldere vann, is, og ekstremvær. Økt fokus rundt bevaring av havmiljøet er spesielt viktig i arktiske farvann. Dette er imidlertid noe som også har fått økt fokus i den tradisjonelle skipsfarten. Nye områder og strengere miljøkrav vil også gi behov for nye skipskonsepter og ny skipsteknologi.

Også endringer i markeder og type last vil kunne påvirke hvilke typer skip som etterspørres. For eksempel vil fremvekst av nye havromsnæringene som flytende vind og oppdrettsanlegg gi behov for nye bruksområder og nye typer skip.

Forbruket av drivstoff øker ikke lineært med skipets kapasitet. Isteden har økt størrelse på skip, i kombinasjon med mer optimal operasjonell hastighet og nyere flåte, ført til reduserte utslipp per fraktet enhet. Et eksempel er de enorme containerskipene som nå bygges; for ikke lenge siden var en maksimal kapasitet på under 10 000 enheter, mens en nå bygger skip med over dobbelt så mange.

Skip har lang levetid, typisk 25 år, og skip som bygges for levering i de neste 5 årene vil benytte dagens teknologi og vil i begrenset grad være optimert for lavt energiforbruk. Det vil derfor være et betydelig behov for utvikling av energieffektiviseringsløsninger til eksisterende skip. Eksempler er **forbedring av forbrenningsprosessen og energigjenvinning.**

²⁴ Selvgående skip og andre farkoster

Utfordringer og behov for ny offshore olje- og gassteknologi

Som for maritim næring er det også knyttet usikkerhet til fremtidsutsiktene og utviklingen for offshore olje- og gassnæringen. Men, nye utfordringer i offshore olje- og gassnæringen vil som for skip også gi etterspørsel etter nye løsninger og ny teknologi. Offshore teknologi omfatter mye. Det innebærer store og små konstruksjoner, systemer og utstyr som benyttes i forbindelse med leting, boring, utbygging og drift av olje- og gassfelt (eksklusive skip i bevegelse som er definert som skipsteknologi)²⁵.

Utbyggingen av oljeinstallasjonene i tilknytning til norsk sokkel har vært preget av store teknologiske endringer. Ofte har det dreid seg om teknologiske innovasjoner hvor norske forskere, ingeniører og selskaper har vært verdensledende innen oljesektoren. Den sterke teknologiutviklingen skyldes hovedsakelig utfordrende miljø for produksjon ettersom de største feltene på norsk sokkel ligger på relativt dypere vann, er preget av harde værforhold og har store avstand til land. Løsning på disse utfordringene har i sin tur gjort at norske aktører innenfor petroleum har vært bedre rustet til å utvinne på andre kompliserte internasjonale felt.

En av de største utfordringene for videre produksjon av offshore olje og gass er at de relativt lettest tilgjengelige olje- og gassressursene i stor grad allerede er funnet og langt på vei utnyttet. Det innebærer at nye ressurser i økende grad består av mindre felt og/eller **felt på vanskelig tilgjengelige steder** som på svært dypt vann (>1 000m), i arktiske strøk²⁶ og på mer værutsatte områder. Dersom etterspørselen etter olje og gass opprettholdes på dagens nivå, eller øker, vil forventet fremtidig produksjon fra eksisterende felt likevel raskt falle. Bakgrunnen er at eksisterende felt for hvert år de er i produksjon stadig har mindre ressurser igjen. Da må man finne nye felt å utvinne fra.

Når olje og gass skal letes etter, bores etter, utvinnes og produseres fra større havdyp, mer værharde områder og mot arktiske forhold må det utvikles ny teknologi. Lete- og boreutstyr, produksjonssystem, prosesseringsanlegg, rør, kabler og forankringssystemer, systemer for offshore lasting og lignende må tilpasses nye utfordringer og krav.

Offshore olje- og gassnæringen vil også påvirkes av andre utfordringer, eksemplene er mange. Økende klimakrav (kutt i CO₂) vil eksempelvis kunne fremtvinge løsninger som elektrifisering av sokkelen eller CO₂-håndtering, muliggjørende teknologier vil som for skip være viktig for utviklingen av offshore olje- og gassteknologi; ubemannede installasjoner, dynamisk posisjonering (DP) av flytende offshore olje- og gasskonstruksjoner og overvåkning av dypvannssystemer vil kreve utvikling av nye sensorsystemer og undervannskommunikasjonsutstyr. Dessuten er det også utfordringer rundt eksisterende felter. Plattformene på norsk sokkel blir eldre, og stadig flere plattformer må få sin konstruksjon gjennomgått på nytt. I tillegg er det et behov for nye og mer effektive løsninger på marginale felt og stengning av brønner og felt være et tema som krever ny teknologi.

Utfordringer og behov for ny havbruksteknologi

Hovedvekten av etterspørselen etter sjømat forventes å bli dekket av havbruksnæringen, og det er denne næringen som forventer størst vekst. For å sikre den forventede veksten i havbruk er det behov for betydelig teknologiutvikling.

²⁵ Offshore olje- og gassteknologi er boreplattformer og boreskip, leteboringsutstyr (borekrone, borestreng, borerør, boredekke, foringsrør, utblåsningsventil, slampumper, stigerør) og leteutstyr, produksjonsplattformer, både faste og flytende (produksjonsskip og annet), undervannssystemer til flytende produksjonsanlegg (dekksanlegg, skrog, forankringssystem, stigerørssystem, eksportsystem, brønnsystem), produksjonsutstyr, undervannsproduksjonssystem, undervannsprosessering, systemer for offshore lasting (bufferlager, lasteslange, lastebøye), rørledninger for transport, installasjonsutstyr, ubemannede undervannsfartøy.

²⁶ Arktis er antatt å ha om lag 30 prosent av verdens uoppdagede gassreserver og 13 prosent av verdens uoppdagede oljereserver.

Dagens havbruksnæring domineres av begrenset tilgang på kystnære areal og optimale lokaliteter for oppdrettsanlegg, utfordringer med rømming, sporbarhet og sykdomsspredning, krav om økt grad av multitrofisk oppdrett og muliggjørende teknologier med mer.

Større press på kystnære områder innebærer at man må lengre ut på havet enn tidligere. Det gir behov for videre utvikling av oppdrettsteknologi, både for å tåle større miljøpåkjenninger, men også for å sikre rasjonell og effektiv drift. Både landbaserte oppdrettsanlegg og oppdrettsanlegg i åpne og utsatte havområder vurderes, trolig med høyere investeringskostnad grunnet størrelse og teknologi enn dagens anlegg. Dette vil føre til etablering av større anlegg for å oppnå skalafordeler. I tillegg kan dette bidra til et behov for økt grad av automatisering og fjernstyring desto lengre ut på havet havbruksanleggene kommer.

Rømming av oppdrettsfisk er den norske oppdrettsnæringens største produksjons- og miljøutfordring. Teknologi for å hindre rømming trengs, videre kan man inkludere nye materialer i not og nye typer barrierer som krever utvikling av helt nye løsninger. Dette inkluderer også materialutfordringer som utvikling av belegg (anti-ising, anti-korrosjon og anti-begroing) og slitasje.

Fremtidens anlegg, med store systemer eksponert for mer åpne og tøffere værforhold, samt komplekse bunnforhold, vil kreve ytterligere fokus på gode forankringsløsninger, herunder aktive løsninger.

Også for denne næringen er det usikkert hvor mye ny teknologi det vil være behov for.

Havbruksnæringen (til forskjell fra olje og gass) kan argumenteres for at er en svært standardisert næring, det vil si at når en utfordring er løst, eller en effektiv merd er bygget, kan det i en lang periode være den samme teknologien som benyttes. Samtidig har næringen stor forskningsiver, men lav betalingsvilje sammenlignet med maritim – og offshorenæringen. Selv om det er forventet en formidabel vekst i havbruksnæringen kan dette tale for mindre innsats i ny teknologi. På den andre siden vil økt inntjening i næringen gi økt betalingsvilje, og næringen vil møte lignende utfordringer som olje- og gassnæringen med naturkrefter når anlegg flyttes lenger ut på havet. Det vil stilles strengere krav til sikkerhet, og etter hvert som de lettest tilgjengelige områdene er utnyttet vil man møte nye utfordringer som igjen gir behov for ny teknologi. Fremtidige havbrukskonsesjoner kan kreve verifikasjonstesting i mye større utstrekning enn i dag.

Utfordringer og behov for ny teknologi for utvikling offshore vindkraft

Havbasert vindkraft består av både flytende og bunnfaste vindmøller og er en relativt ung industri. Teknologi og løsninger for havvind er foreløpig under utvikling. I tillegg er det store investeringskostnader, vindkraft til havs er for eksempel dobbelt så dyr som vindkraft på land. I dag er installert effekt omtrent 12 GW, markedet er imidlertid sterkt voksende og forventet å øke tidoblet frem mot 2030 /D085/.

En vekst i markedet innebærer en kostnadseffektivisering (lavere kostnad per produserte energienhet) slik at teknologiens konkurranseevne blir styrket sammenlignet med andre energikilder, inkludert tradisjonelle energikilder som kull, kjernekraft, olje og gass samt andre fornybare kilder.

Et marked i vekst og kostnadseffektivisering går som oftest hånd i hånd med nye løsninger. Fremtidens havvindparker kan forventes å være forskjellige fra vindparker som vi kjenner dem i dag. De fleste av fremtidens havvindparker vil være betydelig større, inneholde flere turbiner med større ytelse og inkludere innovative tekniske løsninger. Dette vil si at det er store design- og utviklingsbehov for nye turbinkonsepter. Også forbedring av understell og fundament er viktig, samt løsninger for installasjon og vedlikehold. Andre forhold er ilandføringen av elektrisitet som kan by på store utfordringer; dette kan være en betydelig del av et prosjekts total kostnad. Valg av teknologi avhenger i hovedsak av

tilknytningspunkt, avstand og kapasitet. Dette vil også kreve forbedring av kabler og elektrisk infrastruktur.

I årene som kommer vil vindparkene trolig etableres på stadig større havdyp etter hvert som de grunne områdene med gode vindforhold bygges ut. Også her er det relevant at Norge skiller seg fra andre havområder i Nord-Europa med dypere vann. For flytende vindmøller er det en rekke teknologiutfordringer knyttet både til installasjon, drift og vedlikehold i tillegg til optimal design grunnet miljølaster kombinert med økonomi.

Utfordringer og behov for annen havromsteknologi

I tillegg til at næringene som nevnt over har behov for ny teknologi for å kunne vokse gir havet muligheter for en rekke andre bruksområder hvor det vil være behov for ny teknologi. Av de vi ikke har nevnt over er det allerede kjente næringer som fiske, havenergi²⁷, gruvedrift fra havbunnen og miljøovervåkning. I tillegg vil havet kunne gi muligheter for bruk som man per i dag ikke vet om, men hvor man i fremtiden vil kunne finne andre måter å utnytte havet på som gir fremvekst av nye næringer.

Miljø- og bærekraftshensyn er noe som er en utfordring når det gjelder **villfiske**. Nye presise fangstmetoder som tar ut riktig fisk og riktig størrelse uten å skade bunnfaunaen, mindre fisk eller andre arter vil være et viktig virkemiddel for å øke utbyttet av fiskeriressursene på en bærekraftig måte. Utvikling av styrte aktive redskaper vil være sentralt, samt systemer for utskilling og seleksjon av fisk som er undermåls eller av feil art. Andre temaer er forbedret design av fiskefartøy, ubemannede undervannsfarkoster for fiskeriforskning og opprydding i tapte redskaper og lignende.

Teknologien for **havenerginæringene** antas å være en enda mer umoden teknologi enn offshore vind. Bølge- og tidevannskraft har vært energikilder som har vært utviklet over mange tiår uten de store kommersielle gjennombruddene. Tidevannskraft er noe mer etablert med flere pilotprosjekter i Norge. Det virker ikke som et interessant marked på kort eller mellomlang sikt blant annet fordi kostnadsnivået er høyt i dag og at hjemmemarkedet i liten grad er tilstede.

Innen flere næringer er det behov for ny havromsteknologi. Innen marin miljøteknologi kan nevnes utvikling av overvåkningsutstyr og utvikling av neste generasjons oljevernutstyr. For havovervåkning og oseanografi kan det nevnes utvikling av sensorteknologi og kommunikasjonsteknologi for dataoverføring over og under vann, mens mineralutvinning på store dyp krever utvikling av AUV- og sensorteknologi.

2.5 Ny havromsteknologi gir behov for ny kunnskap

For å kunne utvikle, designe, konstruere og bygge ny havromsteknologi samt å gjennomføre operasjoner til havs er det **behov for ny kunnskap** (FoU) og **kvalifisert arbeidskraft**. I forrige kapittel 2.4 ble det gjort en vurdering av havromsnæringens største utfordringer og behov for ny teknologi. Det ble konkludert med at behovet for ny teknologi vil være stort så lenge havromsaktiviteten er forventet å vokse. Det er en sterk sammenheng mellom ny teknologi og behovet for ny kunnskap (forskning) og høyt kvalifisert arbeidskraft. Det innebærer at dersom vi argumenterer for at etterspørselen etter ny teknologi er høy, vil det også være et høy etterspørsel etter ny kunnskap.

I dette kapittelet gjøres det en vurdering av hva slags ny kunnskap det er behov for. *Hva slags ny kunnskap det er behov for avhenger av hva en har kunnskap om fra før, hvilken teknologi som skal utvikles og hvor i teknologiutviklingsprosessen man er.*

Behov for ny teknologi genererer et behov for ny kunnskap innen en rekke kunnskapsområder. MTS produserer kunnskap og utdanner kandidater innen de marintekniske kunnskapsområdene. Det er derfor

²⁷ Havenergi inkluderer bølgekraft, utnyttelse av tidevann- eller havstrømmer, osmosekraft og termisk energi.

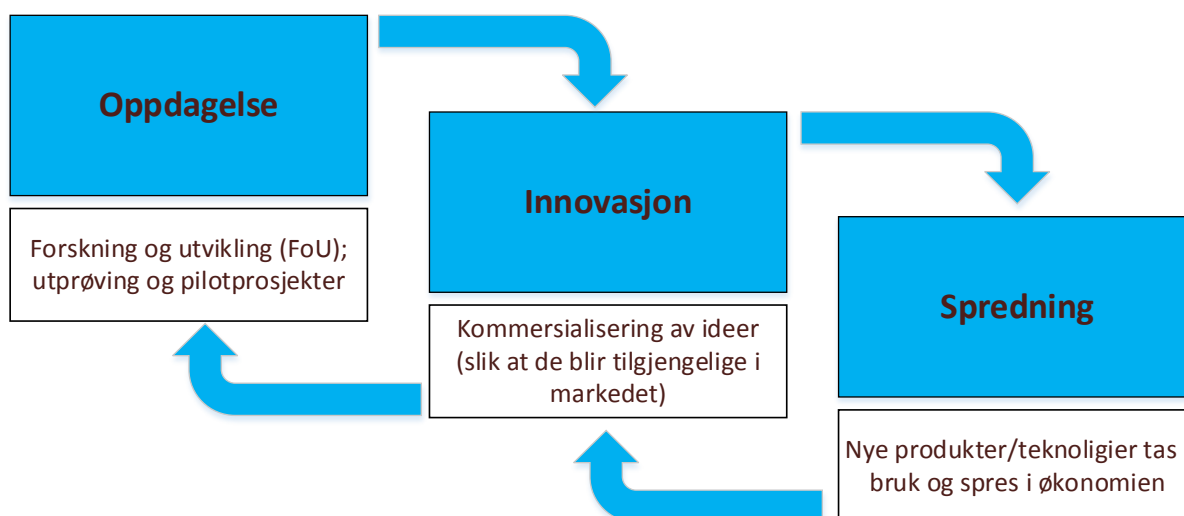
kun disse områdene som belyses her. I tillegg vil behovet for ny kunnskap variere med hvilken fase i teknologiutviklingen man er i.

Under gjennomgåås først behovet for ny kunnskap i de ulike fasene før de mest «kjente» behovene for ny kunnskap innen de fire berørte kunnskapsområdene presenteres. Som for ny teknologi er det eneste som er sikkert at man ikke kan vite hvilken ny kunnskap det er behov for, annet enn at det vil komme nye teknologi som gir behov for ny kunnskap.

2.5.1 Teknologiutvikling foregår i flere faser

Hvilket kunnskapsbehov havromsnæringens har vil variere med hvor i teknologiutviklingsprosessen man befinner seg. Figur 11 illustrer en «typisk» prosess for utvikling av ny teknologi, og viser at det er forskjellige faser i et løp for utvikling av teknologi. Man deler gjerne teknologiutviklingsprosessen i tre²⁸: Idéfasen, innovasjonsfasen og spredningsfasen.

For utvikling av teknologi vil det være behov for ny kunnskap (forskning) i alle disse fasene. Utvikling av ny teknologi er ikke-lineær. Alle trinnene i utviklingskjeden henger sammen med hverandre, og det må forstås som et helhetlig system. Dette gjelder for teknologiutvikling generelt, men også der det finnes et eksisterende marked må teknologi oppskaleres, kvalifiseres og tilpasses markedets behov. De enkelte trinnene gir grunnlag å bygge videre på i neste trinn, samtidig vil et neste trinn kunne avdekke svakheter/utfordringer som må forstås bedre, for eksempel ved at dette belyses bedre med forskning. Det vil være gjensidige avhengigheter mellom trinnene. Gjennom en slik gjentakende prosess vil produktet utvikles og bli bedre og kostnadene vil kunne reduseres.



Figur 11 Teknologiutviklingsprosessen / D302 /

Hva slags ny kunnskap (forskning) det er behov for vil kunne variere i de ulike fasene. I en typisk tidligfase for utvikling av havromsteknologi går behovet for ny kunnskap ut på å klargjøre om de fundamentale forutsetningene for ny teknologi er tilstede og/eller å avdekke om konseptet er robust mot fysiske krefter som ikke har vært forventet. Det vil være behov for å kartlegge og å forstå fysikken i problemet. I en slik tidligfase er man opptatt av spesielle isolerte effekter.

²⁸ Nesten all teori knyttet til hvordan teknologiutvikling foregår bygger på idéene til Schumpeter. Han delte den teknologiske prosessen inn i tre: Oppdagelse (*Invention*), Innovasjon (*innovation*) og spredning (*diffusion*). Figur 13 er en utvidet versjon av Schumpeter og er basert på IEAs ETP (2015) /D302/

I en senere fase vil det være behov for å forstå hvorvidt teknologien oppfører seg som forventet, herunder også hvorvidt teknologien tilfredsstiller krav i gjeldende regelverk. Dette omtales som verifikasjonsoppdrag. I en siste fase vil det være behov kunnskap om teknologien virker i full skala.

Som omtalt vil hver fase i en teknologiutviklingsprosess ha behov for ny kunnskap, og ny kunnskap vil genereres i hver fase som igjen gjør at man «går tilbake» for å avdekke utfordringer som må forstås bedre.

2.5.2 Havromsnæringenes behov for ny kunnskap innen det marintekniske kunnskapsområdet

Havromsteknologi er komplekst og det er behov for en rekke spesialisert kunnskapsområder. Det marintekniske kunnskapsområdet skal gi et vitenskapelige og ingeniørmessig grunnlag for å *designe, konstruere, bygge og operere fartøy og andre havromskonstruksjoner*.

For å kunne designe, bygge etc. ny havromsteknologi er det nødvendig med ny kunnskap om hvordan havromskonstruksjoner utsettes for forstyrrelser fra havet (hydrodynamiske krefter), hvordan konstruksjoner må konstrueres for å tåle de påkjenningene og kreftene som de møter i den daglige driften (konstruksjonsteknikk), hvordan maskinerisystemet på havromskonstruksjoner bør designes for å skaffe energi i former som kan utnyttes til fremdrift og andre formål (marine maskinerisystemer) og hvordan havromskonstruksjoners styremekanismer bør utformes (marin kybernetikk). I tillegg til de fire nevnte kunnskapsområdene vil havromsnæringene ha behov kunnskap innen andre marintekniske og andre kunnskapsområder, men dette berøres ikke her.

2.5.2.1 Næringenes behov for ny kunnskap om hvordan havromskonstruksjoner påvirkes av hydrodynamiske krefter

Når havromskonstruksjoner skal utformes, bygges eller det skal gjennomføres marine operasjoner er det behov for å vite hvordan konstruksjonene påvirkes av ulike *miljøparametere* i havrommet. Viktige miljøparametere i havrommet er **is**, **bølger** og **strømninger** i havet samt **vind**. Dette gjelder både på grunt og dypt vann og under ekstreme og rolige forhold.

Hvordan havromskonstruksjoner påvirkes av bølger, strøm og vind er et viktig tema i utvikling av havromskonstruksjoner. Det er dette hydrodynamikk handler om, og ny kunnskap om havromskonstruksjoners hydrodynamiske egenskaper er svært sentralt for havromsnæringene om de skal kunne utvikle ny havromsteknologi.

Det vil være behov for ny kunnskap innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet. Alle fysiske fenomener er ikke fullt ut forstått og vil gi behov for ytterligere forskning. Det at man vil måtte utforske området på havet som er vanskeligere tilgjengelig (mer vær, dypere vann), klimaendringer som fører til mer ekstremvær, økte myndighetskrav ol. vil sannsynligvis forsterke behovet for å forstå fysiske fenomen og hvordan dette påvirker havromskonstruksjonene.

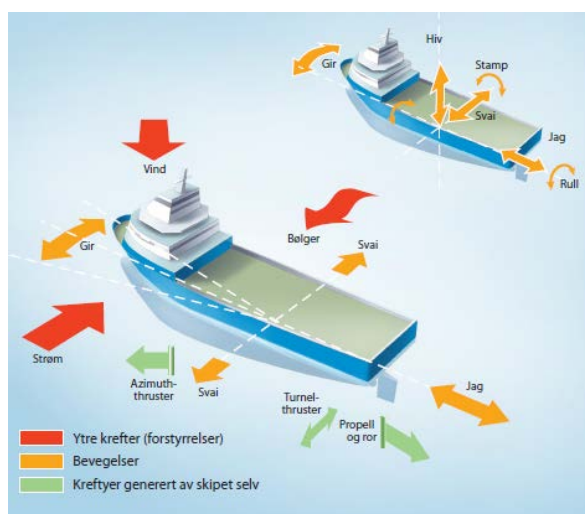
Hydrodynamisk kunnskap om skip og skipsoperasjoner

Selv om maritim næring har lange tradisjoner og skip i hovedsak er utviklet og konstruert på basis av kjent teknologi, vil fremvekst av nye typer skip gi behov for ny kunnskap om disse skipenes hydrodynamiske egenskaper. Dessuten vil endret bruk av havrommet medføre endring i miljøparametere som også kan gi behov for å undersøke og modifisere eksisterende skip.

Et skip påvirkes først og fremst av miljøet i havoverflaten, og spesielt **bølger og fremdrift i bølger** er viktige tema under skipsoperasjoner og ved design og konstruksjon av skip. Et skip vil være utsatt for forstyrrelser fra bølger, vind og strøm (hydrodynamiske og aerodynamiske krefter på skip, jf. Figur 12).

De totale bevegelsene deles opp i; bølgeinduserte bevegelser forårsaket av bølgelaster og saktevarierende bevegelser forårsaket av vind, strøm og bølgedrift.

Ny kunnskap om hydrodynamikk og skip handler om hvordan et skips fremdrifts-, oppdrifts-, stabilitets-, manøvrerings-, styrings- og reguleringsegenskaper påvirkes av forstyrrelser fra havet. Alle disse egenskapene er viktige for skip, men det er ulikt hvordan disse vektas. Det avhenger av typen skipskonstruksjon. Eksempelvis vil en legge større vekt på manøvreringsegenskaper ved design av et offshore service skip enn et lasteskip, mens fremdrift er svært viktig for hurtiggående skip. Skrogdesignet på eksempelvis offshore serviceskip er derfor veldig forskjellig fra skrogdesignet på et lasteskip.



Figur 12. Hydrodynamiske krefter på skip. Kilde: IMT, 2014 / D046 /

Kunnskapen om skips egenskaper i stille vann (dvs. vann uten bølger og strøm) er grundig studert og gode metoder er etablert for å gjøre en nøyaktig vurdering. Man har god kjennskap til fysiske fenomen rundt skips oppførsel i stille vann.

For undersøkelser av et skips oppførsel i **sjøtilstander** (bølger) er det flere fysiske fenomen med betydelige behov for videre forskning. Det gjelder spesielt sjøgangsegenskaper i grov sjø (bevegelser, laster, manøvrering og fremdrift) og koblinger mellom strukturrespons og sjøbelastninger. Det innebærer at dersom kvaliteten på skipsdesign for skip som opererer i ekstreme sjøtilstander skal øke og skipsoperasjoner under disse forholdene skal gjennomføres mer effektivt (for eksempel sikrere og til lavere kostnader), er det behov for **ny kunnskap om skips egenskaper i sjøgang**. Som vi var inne på i kapittel 2.4 vil klimaendringer føre til mer ekstreme værforhold, og etterspørselen etter å forstå et skips egenskaper i sjøgang vil sannsynligvis øke.

Det er mange eksempler på utfordringer som krever ny kunnskap innen hydrodynamikk. Eksempelvis er det behov for bedre forståelse rundt hvordan skip og skipsoperasjoner påvirkes av is og iskrefter, operasjoner under mørke og vanskelige forhold. Videre vil nye og ukonvensjonelle skipstyper, hurtiggående fartøy og mer optimaliserte skip stille større krav til at sjøegenskaper og sjøbelastninger er godt undersøkt på designstadiet. Løsninger for bruk av vind og bølger til fremdrift stiller også store krav til undersøkelse av skipets oppførsel i realistiske sjøtilstander.

Fartstap og økt energiforbruk grunnet dårlig vær har stor betydning for faktisk energiforbruk, men har hittil blitt tillagt liten vekt ved design og operasjon av skip, noe som i stor grad skyldes mangel på kunnskap. Fartstap og økning i effektbehov er relativt sett større for langsomme skip, så hvis man velger hastighetsreduksjon for å redusere brennstofforbruk vil denne problemstillingen bli enda viktigere.

Utvikling av innovative skipskonsepter vil kreve grundige undersøkelser av sjøegenskaper og belastninger.

Fremdrift i hardt vær med store bølger er et tema med stor betydning for sikker, energieffektiv og miljøvennlig drift. Utstrakt bruk av såkalte "azimuth" propulsjonssystemer (poder og thrustere) har gitt nye utfordringer med skader og overbelastninger av propulsjonssystemet, som igjen gir behov for ny forskning.

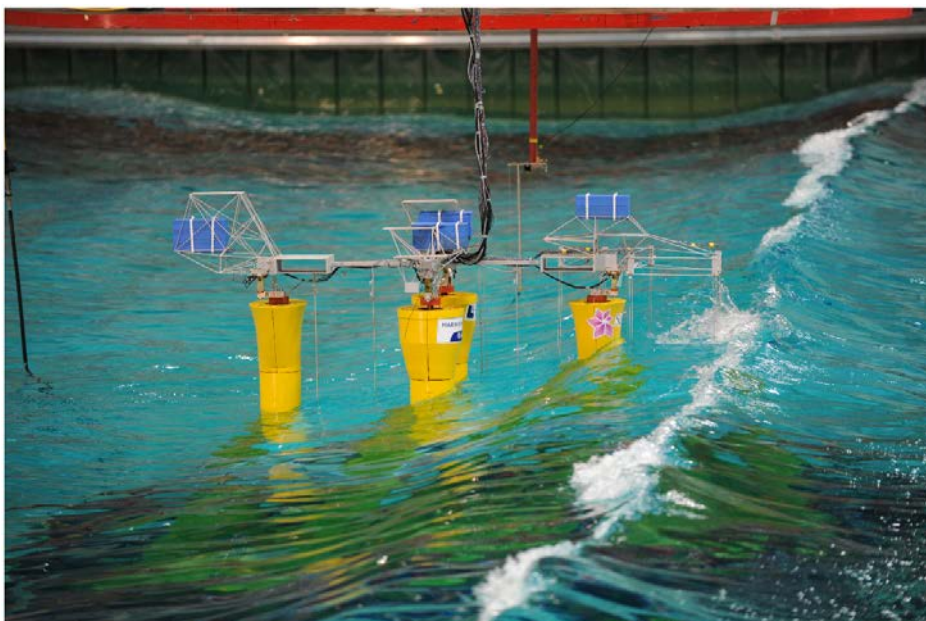
Hydrodynamisk kunnskap om offshore konstruksjoner og operasjoner

Også olje- og gassnæringen er en næring med lange tradisjoner, men tilsvarende som for skip, så gir nye utfordringer behov for ny kunnskap om marin hydrodynamikk.

Til forskjell fra skip som opererer med fart i havoverflaten, ligger faste og flytende offshore olje- og gasskonstruksjoner tilnærmet i ro og er forankret i havbunnen. Det er derfor andre hydrodynamiske problemstillinger enn for skip. Fremdrift i bølger er ikke et tema for offshore olje- og gassinstallasjoner, men midlere- og saktevarierende driftskrefter er en lignende problemstilling.

Offshore olje- og gasskonstruksjoner er ofte langt til havs, hvor de opplever forhold som raskt oppstående stormer, store bølger og vanskelige strømforhold. Offshore konstruksjoner blir utsatt for bølgeinduserte bevegelser og belastninger, og krefter fra bølger og strømninger rundt konstruksjonen er viktige tema.

Ny kunnskap om offshore olje- og gasskonstruksjoner handler om, avhengig av konstruksjonstype, hvordan konstruksjonens egenskaper (enten det er stabilitet, oppdrift, styrke eller manøvrering / posisjonering) påvirkes av forstyrrelser fra havet. Etter at plattformer, rørledninger og andre typer offshore olje- og gasskonstruksjoner er ferdigkonstruerte og utplasserte i havet, blir det gjennomført omfattende og kompliserte operasjoner både på havoverflaten og nedover i dypet.



Figur 13. Havbassenget. Kilde: MARINTEK

Eksemplene er mange på behov for ny kunnskap om hvordan konstruksjonene påvirkes av hydrodynamiske krefter. Det mest nærliggende behovet for ny kunnskap ligger i hvordan offshore olje- og gasskonstruksjoner påvirkes av **store bølger (ekstrembølger og uventede bølger), vanskelige strømforhold og is**. Å få ny kunnskap om offshore olje- og gasskonstruksjoners egenskaper under

«ekstreme miljøparametere» vil bli viktig fremover. Som påpekt i kapittel 2.4 er det sannsynlig at petroleumsnæringen vil trekkes mot vanskelig tilgjengelige steder som svært dypt vann, felt hvor det kan forekomme tropiske stormer med hurtige endringer og spesielle ekstreme hendelser, eller områder med forekomst av is som i arktiske strøk. Og selv om eksempelvis mesteparten av offshore utvinningen i Arktis er forventet å foregå på mindre enn 500 meter dybde er *forholdene i Arktis ekstreme og miljøkravene høye* i slike uberørte områder.

I dypvannsfelt er det utfordringer knyttet til dypvanns havstrømmer som kan variere kraftig i både hastighet og retning nedover i dypet. Strøm langs bunn samt indre bølger kan være viktig i noen tilfeller. En generell utfordring er å få etablert gode værmodeller av komplekse vær situasjoner basert på tilgjengelige (i dag ofte begrensede) felldata. Dette gjelder spesielt sjeldne og ekstreme hendelser som ligger til grunn for design av konstruksjoner.

Et tema som er viktig nå og vil fortsette å være viktig er oppførsel av slanke marine konstruksjoner (f.eks. stigerør) i sterk strøm på dypt vann, med spesiell tanke på virvelinduserte vibrasjoner (VIV) på stigerør. VIV kan gi utmattings- og levetidsproblemer som kan ha kritisk betydning for produksjon av olje og gass. Dette er et svært komplekse og stadig delvis uavklarte fysiske mekanismer, og det er behov for stor grad av videre teoretisk og eksperimentell forskning.

Spesielle hydrodynamiske effekter på grunt vann, som også kan ha varierende bunntopografi, er noe som vil kreve mer forskning. Dette representerer et krevende utviklingsarbeid som det hittil ikke har vært mye i fokus på tradisjonell norsk offshoreaktivitet.

Hydrodynamisk kunnskap om andre havromskonstruksjoner

Mange av de hydrodynamiske problemstillingene innen offshore vindkraft og havbruk er de samme som innen offshore olje- og gassutvinning. Oppdrettsanlegg og flytende og bunnfaste vindturbiner ligger stedfast som offshore olje- og gasskonstruksjoner.

For offshore vindkraft er det gjerne snakk om et mye større antall mindre enheter som skal fungere samtidig i et system. Det gir andre utfordringer og kunnskapsbehov enn for offshore olje og gass. Dermed kan teknologiutviklingen ta andre former enn for offshore olje- og gass. Det vil for eksempel være behov for å forstå fysisk komplekse interaksjonseffekter innenfor offshore vindkraftparker.

Samvirket mellom bølger, strøm og vind er viktige forskningsområder når det gjelder flytende offshore vindkraft, mens ved dimensjoneringen av bunnfaste turbiner vil samspillet mellom fundament, grunnforhold og vann være viktig. Ved bygging av flere turbiner opplever hver enhet forskjellige bølger som følge av variable bunnforhold. Dette er et felt som krever ny kunnskap om hydrodynamiske krefter på offshore vindturbiner.

For havbruk er belastninger på oppdrettsanlegg fra bølger og strøm viktig tema. I havbruksanlegg gjør den komplekse konstruksjonen og komplekse miljøforhold det vanskelig å gjøre pålitelige beregninger. Dette setter helt nye krav til utstyr og teknologi og det vil være behov for omfattende forskning og utvikling for å finne frem til gode løsninger. Dette krever ny kunnskap om vanngjennomstrømning og interaksjon mellom fleksible strukturer og belastning fra vannstrøm.

2.5.2.2 Næringens behov for ny kunnskap om marine konstruksjoners styrkeegenskaper

Marine konstruksjoner utsettes for store påkjenninger og riktig styrkemessig dimensjonering er av avgjørende betydning. Alle konstruksjoner må bygges for å tåle de påkjenningene/kreftene som de møter under operasjon, men uten at kostnadene drives i været av for konservative og unøyaktige estimater på lastene. Et eksempel er skip som utsettes for store påkjenninger i dårlig vær, med bølger



som treffer skroget og kan gi bølgeslag og vann som fosser over dekk. Skipets skrog utsettes for høye spenninger og mulige vibrasjoner. Men også når et skip går i stille vann vil det måtte tåle betydelige krefter, slik som hydrostatisk trykk på skipssidene og på bunnen, og gravitasjonskrefter på grunn av skipets masse.

Marin konstruksjonsteknikk omhandler **gjennomføring og vurdering av styrkeberegninger** av ulike typer marine konstruksjoner, samt anvendelse av disse kunnskapene og ferdighetene til å utforme og dimensjonere marine konstruksjoner. For mariningeniører som skal konstruere havromskonstruksjoner, består problemet hovedsakelig av tre deler: 1) å beregne belastningene fra sjø og nyttelast som konstruksjon utsettes for i den daglige driften, 2) å beregne responsen i form av krefter, spenninger og deformasjoner som disse kreftene gir konstruksjonen og 3) dimensjonere fartøyet, det vil si å gi de enkelte konstruksjonselementene slike dimensjoner at konstruksjonen som helhet vil tåle de kreftene som den utsettes for.

Konstruksjonsteknisk kunnskap om skip

Å beregne belastningene på skip er en utfordring. Skipet beveger seg gjennom sjøen med variabel hastighet for transit eller manøvrering. Skipet kan ha ulike lastekondisjoner med variabel lastfordeling og trim eller dypgang. Bølgene på havet kommer i tilsynelatende kaotisk uregelmessighet. Bølger, strøm og vind bestemmer i samvirke skipets respons. Man må derfor studere og analysere miljøet og responsen sine statistiske egenskaper.

Det vil være konstruksjonsmessige utfordringer for skip i nye og mer krevende anvendelser og miljøer, slik som lav temperatur, fukt og kjemisk miljø, og ved bruk av nye materialer (for eksempel aluminium og kompositt- og fibermaterialer og hybridløsninger). Dette vil gi behov for ny kunnskap med hensyn på styrkeanalyse, materialdegradering, fabrikasjon, levetid og sikkerhet. Kopling mellom ikke-lineære hydrodynamiske laster og konstruksjonsrespons krever også ny kunnskap.

Konstruksjonsteknisk kunnskap om offshore olje og gass

Nye betingelser og anvendelser stiller spesielt store krav både til stigerør, kontrollkabler og kraftkabler. Installasjon og drift av undervannsinstallasjoner er avhengig av disse konstruksjonselementene, som særlig på ultradypt vann representerer store utfordringer med hensyn til konstruksjon, materialvalg, sikkerhet og pålitelighet. Spesielle temaer hvor det er behov for ny kunnskap om er:

- Korrosjonsutmatting av komponenter for CO₂ -fangst, utsatt for spesielt høye trykk.
- Sveiseteknologi for undervannsreparasjon av rørledninger (hyperbarisk sveising).
- Beregning av "løpendesprekker" i undervannsrørledninger som transporterer CO₂, LNG og hydrogen.
- Rør-jord interaksjon i modelleringen, som eksempel bløt sjøbunn og rørledninger krever at det tas hensyn til både strukturelle og geotekniske forhold og krever derfor samspill mellom flere fagdisipliner
- Utmatting av utstyr for offshore løfteoperasjoner på dypt vann.

I tillegg er det spesielle problemstillinger under arktiske forhold:

- Degradering som utmatting og brudd under lave temperaturer; herunder dynamiske laster i is (gjentatte, kraftige impulser)

- Mangelfull beleggteknologi som vil kunne sikre korrosjonsbestandighet over levetiden og anti-egenskaper for sikker operasjon under arktiske forhold.

Konstruksjonsteknisk kunnskap om vindkraft

Moderne vindkraftverk er enorme installasjoner. Selve tårnet vil være 70—100 m høyt. Et kraftverk på 5 MW har rotorblader med diameter på ca. 100 meter, mens planlagte 10 MW kraftverk har en diameter på ca. 145 meter. Styrken til rotorbladene begrenser hvor lange man kan lage disse. Nye materialer og alternative rotorløsninger vil sikkert se dagens lys i årene som kommer.

Det er krav til omfattende styrkeberegninger. Både rotorblad og søyler/understell må kontrolleres. Det er nødvendig å foreta en rekke analyser for å kontrollere at vindkraftverkene tåler påkjenningene de utsettes for. Analysene er svært kompliserte og må ta hensyn til samspillet mellom styringskontrollen og de mekaniske, aerodynamiske og hydrodynamiske systemene. Rotorbladenes vinkel mot vinden må for eksempel kontinuerlig justeres av hensyn til både ønsket generatoreffekt og kontroll av rotorbladenes bøyespenninger.

Bøye- og aksialspenningene i den sylindriske søylen og eventuelt i en fagverkskonstruksjon som understell, må på ethvert sted kontinuerlig registreres i simuleringer og kontrolleres med hensyn til faren for utmatting, flytning og knekking. Det foregår her en rivende utvikling av beregningsverktøy, hvor norsk erfaring fra offshorevirksomheten er uvurderlig.

2.5.2.3 Næringenes behov for ny kunnskap om marine maskinerisystem

Kunnskapsområdet marine maskineri handler om hvordan skip og andre marine konstruksjoner til havs kan skaffe seg energi i former som kan utnyttes til skipets fremdrift og andre formål om bord. Det omfatter design, installasjon og operasjon av maskineri på skip og plattformer inklusive forbrenningsmotoren i marine anvendelser. Området dekker et bredt utvalg av systemer for propulsjon og elektrisk kraftproduksjon samt hjelpesystemer for kjøling, smøring, lasthåndtering og dekkmaskineri. Kjernetemaene i dette kunnskapsområdet er systemdesign, ytelsesanalyse, styring og integrasjon for optimal ytelse og miljøvennlig og sikker operasjon.

Innen skipsmaskineriområdet vil ny kunnskap konsentreres omkring to utfordringer; energiutfordringen og miljøutfordringen. Energiutfordringen henger sammen med at maritim transport i dag er helt avhengig av fossile oljeprodukter, hovedsakelig tungolje. Økende oljepriser vil gi økende fokus på mer energieffektiv transport og bruk av alternative energikilder.

Miljøutfordringen henger sammen med nye utslippsgrenser for NO_x, SO_x og PM. Det vil kreve betydelig teknologiutvikling for at disse utslippskravene skal kunne oppfylles. I tillegg til dette er det et økende behov for å studere forbrenningsmotoren som element i et fremdriftssystem.

2.5.2.4 Havromsnæringenes behov for kybernetikk

Kybernetikk er "læren om styring og informasjon". Avanserte teoretiske modeller og dataverktøy brukes blant annet til posisjonering av skip og oljeplattformer og prosessstyring i industrien. Det vil si at man samler data som bearbeides og utnyttes til videre driftsoptimalisering.

Maritim robotteknikk og automatiserte farkoster er også et felt i utvikling, der AUR-lab er et eksempel på hvordan en slik tverrfaglig problemstilling kan adresseres.

Autonome skip vil kreve kunnskap om marin kybernetikk. Her er styringssystemer og domenekunnskap innen last og respons av skip nødvendig. Mer generelt vil utvikling og testing av styringssystemer for

komplekse havromskonstruksjoner sammensatt av struktur- og maskinerikomponenter, måleutstyr og programvare være avhengig av kunnskapsutvikling innen marin kybernetikk.

2.5.3 Behov for tverrfaglig kunnskap

Utvikling av ny teknologi krever tverrfaglig kompetanse og de marin tekniske kunnskapsområdene bør ikke sees uavhengig av hverandre. Det er en interaksjon mellom områdene, og grensesnittet mellom dem er heller ikke veldefinert. Også tverrfaglig kunnskap mellom marin tekniske og andre kunnskapsområder er viktig for å kunne møte havromsnæringenes utfordringer og utvikle ny teknologi.

For utvikling av all havromsteknologi enten det er utvikling av et skipskonsept, en oljeplattform, oppdrettsanlegg ol. eller systemer og utstyr til disse er det behov for ny kunnskap innen det marintekniske kunnskapsområdet. Det er et system som utvikles. Man må ha kunnskap om hydrodynamikken så vel som maskineriet og styrkeegenskapene til konstruksjonen.

Et eksempel på behov for tverrfaglig kunnskap mellom det marintekniske kunnskapsområdet og andre kunnskapsområder er utvikling av oppdrettsanlegg for havbruksnæringen. Her er samspillet mellom havbruksteknologi og biologi svært viktig. Parasitter og sykdom gir store utfordringer for oppdrettsnæringen. For å løse disse utfordringen og utvikle teknologien er det behov for studier som kobler teknologi og biologi; «*Ingeniøren må forstå hvordan fisken har det*».

Utvikling av AUV²⁹ og sensorteknologi er et annet eksempel hvor det kreves en helhetlig tilnærming med omfattende forskning og utvikling innenfor et bredt spekter av kunnskapsområder, slik som hydrodynamikk, materialer, kybernetikk, IKT, elektronikk, biologi og kjemi.

Det er også tverrfaglige problemstillinger for offshore vind. For å konstruere en flytende vindmølle må hydrodynamiske, strukturelle og elektrotekniske forhold sees i sammenheng. Utviklingen av faste og flytende vindmøller er en typisk flerfaglig utfordring. Isolert sett er hver enkelt av disse problemstillingene vel kjent, det er koblingen mellom dem som er spesiell og kan avlede nye problemområder og behov for ny kunnskap.

2.6 Behov for ny kunnskap gir behov for nye laboratorier

For å kunne produsere ny kunnskap og å utdanne kandidater innen de marin tekniske kunnskapsområdene er det behov for *laboratorier, andre verktøy og kompetente³⁰ forskere og vitenskapelig personell*. Tilgangen på verktøy og kompetanse og hvordan dette settes sammen og brukes bestemmer kvaliteten på og hvor mye ny kunnskap som produseres. Figur 14 illustrerer dette ved at verktøy og kompetanse er sentralt i produksjon av forskningen ved MTS samt i undervisningen.

²⁹ Autonomous underwater vehicle

³⁰ Der «kunnskap» kan forstås som «en tilstand av forståelse» er kompetanse mer «en kapasitet til å håndtere et problem på en adekvat måte» /D303/



Figur 14. Illustrasjon av samvirke mellom verktøy og ansatte, oppdragsforskning, undervisning og bidrag- og basisforskning

Behovsanalysen (og KUVen) skal først og fremst svare på behovet for laboratorier. Dette er derfor i fokus fremfor andre typer verktøy og kompetanse. Hvor stor etterspørselen etter nye laboratorier er og hvilke type laboratorier som etterspørres avhenger av to forhold:

- 1) Hvilken type ny kunnskap som etterspørres og hvor stor denne etterspørselen er
- 2) Om det finnes andre verktøy som kan erstatte laboratoriene (dvs. produsere samme type ny kunnskap)

Det første punktet ble vurdert i kapittel 2.4 og kapittel 2.5. Kapittel 2.4 tok for seg behovet for ny havromsteknologi. Kapittelet konkluderte med at behovet for ny teknologi er stort så lenge en forventer vekst i havromsnæringene. I kapittel 2.5 ble det vurdert hvilke ny kunnskap som etterspørres først og fremst innen de fire «berørte» kunnskapsområdene. I dette kapittelet ser vi på koblingen mellom ny kunnskap og behovet for verktøy, nærmere bestemt *hva slags funksjoner verktøyene bør ha for å møte behovet for ny kunnskap*. Dette vurderes i kapittel 2.6.1.

I punkt to vurderes det *om laboratorier kan erstattes av andre verktøy i produksjon av ny kunnskap*. Her poengteres at i kunnskapsproduksjon må en å ha tilgang på og mestre flere ulike verktøy. Dette vurderes i kapittel 2.6.2.

2.6.1 Hvilke egenskaper verktøyene bør ha avhenger av næringenes behov for ny kunnskap

Verktøyenes egenskaper (funksjoner og dimensjoner) og forskernes kompetanse bør møte næringens behov for ny kunnskap. Hvilke egenskaper verktøyene har er avgjørende for hva slags kunnskap som kan produseres og hvilken kvalitet kunnskapen som produseres vil få.

Hvilke egenskaper et verktøy bør ha avhenger av hvilken ny kunnskap som skal produseres, og verktøyfunksjonene varierer med de marintekniske kunnskapsområdene. I avsnittene under går vi igjennom hvilke egenskaper verktøyene bør ha innen de fire kunnskapsområdene.

Felles for alle er at verktøyene i størst mulig grad bør reflektere den virkeligheten de er ment å representere. For eksempel bør et hydrodynamisk verktøy kunne gjenskape realistiske bølger og strømninger under forskjellige betingelser som i ekstremvær (kraftig vind/storm), kaldt vann (is) på dypt og grunt vann. På samme måte bør egenskapene til et konstruksjonstekniskverktøy kunne gjenskape de kreftene konstruksjonen utsettes, mens verktøyene for kunnskapsområdet marint maskineri bør reflektere egenskapene til energi- og maskinerisystemet som skal undersøkes.

Egenskaper ved verktøy for hydrodynamikk

Tabell 1 gir noen eksempler på sammenhengen mellom behovet for ny kunnskap og laboratorienes funksjonskrav for å kunne møte kunnskapsproduksjon innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet.

Tabell 1. Eksempler på sammenhengen mellom behovet for ny kunnskap og laboratorienes funksjonskrav.

Teknologiområde	Behov for ny kunnskap	Egenskaper ved hydrodynamiske verktøy
Havbrukskonstruksjoner	Økt forståelse om interaksjon mellom fleksible strukturer og belastning fra bølger og strøm. Belastninger og respons for helt nye typer flytende konstruksjoner. Interaksjon mellom væskebevegelser i tanker og strukturens bevegelse i bølger.	Bølger, overflateareal og overflatestrøm.
Bunnfaste vindturbiner til havs	Behov for økt forståelse av samvirke mellom bølger, strøm og vind, og effekt av grunt vann. Ekstreme bølgeinduserte laster på strukturen (bølgeslag – slamming).	Grunt vann, vind, strøm, bølger og overflateareal
Skip	Behov for økt forståelse av skips egenskaper i bølger, med fokus på drivstofføkonomi, fremdrift- og manøvreringsegenskaper. Dynamisk stabilitet og laster i ekstreme værkondisjoner er også viktig (slamming, vann på dekk).	Fremoverhastighet i bølger
Forankrede offshore strukturer	Krefter i forankringssystemet for konstruksjoner utsatt for samtidig bølger, strøm og vind. Ankersystemer og egenskaper ved havbunnen. Dynamiske krefter på og respons av stigerør. Ekstreme bølgelaster (eksempel er bølgeslag i dekk).	Nøyaktig strøm i dypet, bølger og overflateareal
Undervannsteknikk	Krefter på rør, kabler og fjernstyrte- eller autonome undervannsfarkoster. Kybernetikk (styringssystemer, thrustere, sensorer og verktøy)	Dybde, strøm, bølger og overflateareal

De ulike hydrodynamiske laboratoriene ved MTS har ulike egenskaper som gjør dem egnet til å produsere ulik type kunnskap. For noen formål vil en kombinasjon av flere laboratorier og andre verktøy brukes, mens det for andre oppgaver «kun» er nødvendig med eksperimentell testing i ett laboratorium eller bare bruk av teoretiske og empiriske beregningsmodeller. Alt kombineres med kompetanse fra forskere.

På MTS er det tre store hydrodynamiske laboratorier (havbassenget, stor slepetank, kavitasjonstunnelen) og fire mindre hydrodynamiske studentlaboratorier (liten slepetank, marin kybernetikklab, bølgerenne, strømningstank).

Havbassenget har en lengde på 80 m, bredde på 50 m og dybde på 10 meter. Bassenget har bølger (tilnærmet 3D), variabelt vanddyb samt vind- og strømgenerering. Lengden på bassenget gjør at det primært er for undersøkelser av konstruksjoner som ligger i ro eller beveger seg med liten hastighet. Noen typer forsøk krever stort overflateareal (for eksempel modellering av forankringssystemer). Lengden på bassenget gjør at det er mindre egnet for undersøkelser av konstruksjoner med foroverhastighet som skip. Det er mulig, men det må gjennomføres mange «runder» i basseng for å få tilstrekkelig data. Dette er kostbart, og kvaliteten på resultatene kan bli skadelidende dersom forsøkstiden reduseres slik at mengden resultater blir for få for god statistisk behandling.



Figur 15. Havbassenget. Kilde: MARINTEK

Som kapittel 2.5.2 viste er ny kunnskap om strømninger rundt marine konstruksjoner på store havdyp (og i kaldere vann) og hvordan bølger i overflaten virker på marine konstruksjoner viktig fremtidig tema innen hydrodynamikk. Offshore olje- og gass er noe som utvinnes på stadig dypere vann og mindre tilgjengelige områder slik at *miljøparametere* (bølger, strøm, is og vind) stadig blir viktigere for denne og andre næringer. Et eksempel på noe som krever økt forståelse er slanke³¹ havromskonstruksjoners oppførsel i sterk strøm på dypt (og kaldt) vann.

I tillegg til størrelsen på laboratoriet vil derfor kvalitet på verktøyenes miljøparametere være viktig. Det vil si i hvilken grad verktøyene evner å **gjenskape viktig miljøparametere**. Bølger og strøm og kombinasjoner av disse vil være viktig miljøparametere i et hydrodynamisk laboratorium. Bølger og strøm påvirkes dessuten av «ytte forhold». Det betyr at å kunne gjenskape realistiske bølger og strømninger under forskjellige betingelser som i ekstremvær (kraftig vind/storm), kaldt vann (is) på dypt og grunt vann vil være viktig.

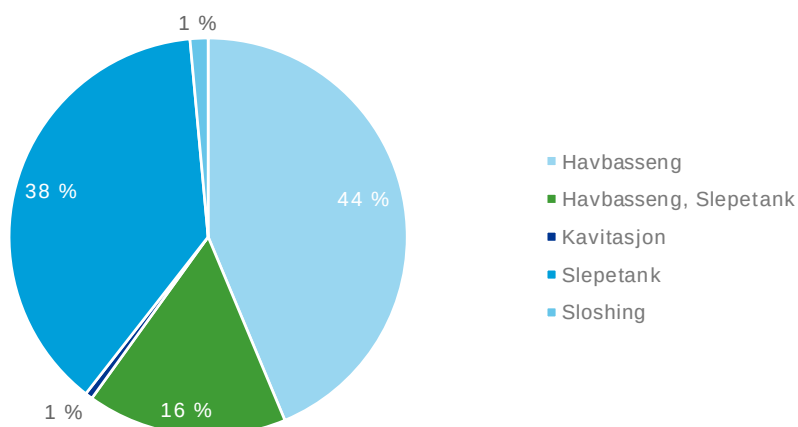
Det er utfordrende å generere bølger av høy kvalitet. I tillegg må bølgene hindres fra å reflekteres i bassengkantene. Noen bølger dannes også gjennom refleksjon fra modellen som testes, eller ved at modellen beveger seg og sender ut bølger. Disse må i minst mulig grad reflekteres eller påvirke generering av bølger. Moderne bølgemaskiner styres med kompliserte kontrollrutiner, og maskinene brukes typisk både til å generere og dempe bølger.

Strømgenerering er et mye diskutert tema knyttet til hydrodynamiske laboratorier. Hva som er «god» strøm varierer med bruksområde, men det er uansett svært kostbart og vanskelig å bygge et anlegg

³¹ F.eks. stigerør, kabler ol.

som klarer kontrollert strøm (turbulensintensitet, hastighetsprofil) i et større volum / dyp med stor maksimal strømhastighet. Operasjon av slike anlegg krever også store mengder energi.

Figur 16 viser hvordan forskningen ved MARINTEK historisk har fordelt seg når det gjelder bruk av de ulike hydrodynamiske laboratoriene (målt i NOK 2015-priser i perioden 2005-2015). Forskningsoppdrag hvor kun havbassenget benyttes utgjør den største andelen av laboratoriebruken. Deretter kommer forskningsoppdrag hvor kun slepetanken er benyttet. Kombinasjoner av laboratoriene og prosjekter som benytter både laboratorier og beregninger er også viktig.



Figur 16. Fordeling av forskning (oppdrag- og bidragsforskning) på de ulike hydrodynamiske laboratoriene i perioden 2005-2015, MNOK 2015-priser.

I tillegg er det en rekke «smålaboratorier» på MTS. Bruken av disse fremkommer ikke av Figur 16. Disse smålaboratoriene blir i første rekke brukt av studenter og i forskningsprosjekter hvor det er avgjørende å forstå fysikken i et forenklet eller idealisert problem. Ofte er slike forsøk basert på resultater fra mer omfattende forsøk i de store laboratoriene. De benyttes fra tid til annen i MARINTEKs oppdragsforskning. Et eksempel er undersøkelser av bunnfaste vindmøller i lilletanken

Egenskaper ved verktøy for konstruksjonsteknikk

Tabell 2 gir noen eksempler på sammenhengen mellom behovet for ny kunnskap og laboratorienes egenskaper for å kunne møte kunnskapsproduksjon innen det konstruksjonstekniske området.

Tabell 2. Eksempler på sammenhengen mellom behov for ny kunnskap innen konstruksjonsteknikk og laboratorienes egenskaper.

Teknologiområde	Behov for ny kunnskap	Egenskaper ved verktøy for konstruksjonsteknikk
Stigerør, kontrollkabler og kraftkabler	Økt forståelse for degradering som utmatting og brudd under lave temperaturer; herunder dynamiske laster i is (gjentatte, kraftige impulser). Generelt belastning og respons for stigerør på dypt vann. Interaksjon mellom flere stigerør.	Ulike typer krefter under ulike betingelser som temperatur, fukt, kjemisk miljø ol. Kapasitet til å belaste full-skala stigerør med forventede
Skip	Hydroelastisitet, dvs. samvirke mellom hydrodynamiske laster og konstruksjonens respons. Et viktig eksempel er såkalt whipping, som er vibrasjoner av skrogbjelken indusert av bølgeslag.	Segmenterte modeller i slepetank eller sjøgangsbasseng. Generelt skalerte modeller med spesifiserte strukturelle egenskaper.

Egenskapene og funksjonene til et konstruksjonslaboratorium og verktøyene for produksjon av ny konstruksjonsteknisk kunnskap bør i størst mulig grad gjenskape de kreftene konstruksjonen utsettes for slik at kunnskap kan produseres under mest mulig realistiske forhold. Dette for å kunne gi høy kvalitet på den kunnskapen som produseres. Et eksempel er de store riggene som brukes for å belaste stigerør med samme krefter som oppleves i virkeligheten.

Havromkonstruksjoner påvirkes av krefter og må tåle kreftene uten å svikte. Kreftene en konstruksjon utsettes for er mange; ytre krefter (trykk- og strekkbelastning, ytre bøyekrefter og bøyemomenter, skjærkrefter) og indre påkjenninger (strekk- og trykk-, og bøyespenninger). Dessuten virker kreftene på konstruksjonen over tid (dynamiske/gjentatte belastninger). Hvor store kreftene er og hvordan de virker på konstruksjonen påvirkes av mange forhold; type materiale, størrelse på konstruksjonen, temperatur, fukt, kjemisk miljø ol.

Egenskaper ved verktøy for marint maskineri

Tabell 3 gir noen eksempler på sammenhengen mellom behovet for ny kunnskap og laboratorienes egenskaper for å kunne møte kunnskapsproduksjon innen kunnskapsområdet marint maskineri.

Tabell 3. Eksempler på sammenhengen mellom behov for ny kunnskap innen marint maskineri og verktøyenes egenskaper.

Teknologiområde	Behov for ny kunnskap	Egenskaper ved verktøy for marint maskineri
Skipsmotorer	Behov for bedre forståelse av partikkeldannelse ved forbrenning	Avansert måleutstyr og tilpassede maskinerikomponenter
Skipsmotorer	Behov for ny kunnskap om nye typer drivstoff	Egnede motorer hvor det er mulig å teste ulike typer brennstoff

Et energi- og maskinerilaboratorie bør ha de egenskapene som er nødvendig for å skaffe ny kunnskap om energi- og maskinerisystemer. Det innebærer at verktøyene bør reflektere egenskapene til energi- og maskinerisystemet til forskjellig typer skip.

2.6.2 Hvor viktig er laboratorier i produksjon av ny kunnskap?

Vi har i kapittel 2.6.1 sett på hvilke egenskaper (funksjoner og dimensjoner) *verktøyene* bør ha for å møte næringens behov for ny kunnskap. I dette kapitlet vil vi vurdere *laboratorier* opp mot andre typer verktøy, nærmere bestemt hvor viktig laboratoriene er i produksjon av ny kunnskap (laboratoriebehovet). Dette er viktig for å forstå hvordan en endring i laboratoriefunksjonene påvirker nivået og kvaliteten på kunnskapsproduksjon og utdanningsnivået.

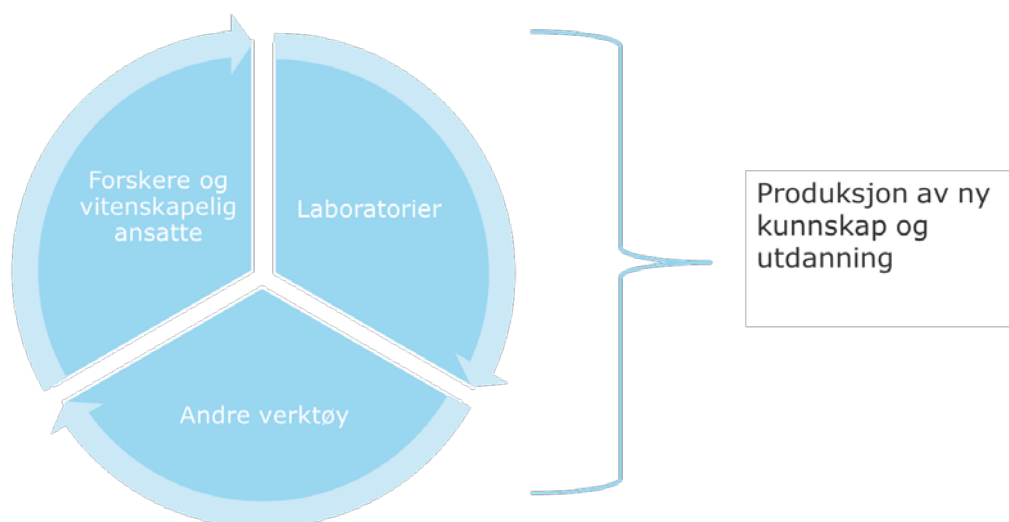
Om laboratoriene kan erstattes av andre typer verktøy avhenger av hvor *komplementære* de er i produksjon av kunnskapen og i utdanningen. Med komplementære menes at de utfyller hverandre i produksjon. Det betyr at dersom de ikke er komplementære, men substitutter, vil andre verktøy kunne erstatte laboratoriene i produksjon av ny kunnskap. En endring i laboratoriefunksjonene vil da ha mindre å si for produksjon av ny kunnskap.

2.6.2.1 Laboratoriene er viktig i produksjon av ny kunnskap

Laboratorier, andre verktøy og kompetente forskere og vitenskapelig personell har utfyllt og vil fortsatt **utfylle hverandre i produksjon av ny kunnskap og i utdanningen i lang tid fremover**. Det finnes en rekke typer verktøy. Det rommer alt fra teoretiske og empiriske analyseverktøy, til laboratorier og til fullskala tester hvor havet benyttes som laboratorium. I kunnskapsproduksjon må en å ha tilgang til og mestre flere ulike verktøy.

Figur 17 illustrer at det er et samspill mellom laboratorier, andre typer verktøy og forskere som må til for å produsere ny kunnskap. Forskere gjennomfører modelltester i laboratorier og bruker resultatene fra testene sammen med for eksempel numeriske beregninger til å produsere ny kunnskap. Videre brukes resultatene fra testene til å utvikle og forbedre beregningsmodellene.

Kompetanse og de ulike verktøyene er **gjensidig forsterkende**. Kombinasjonen har vært avgjørende for god kvalitet på forskningen og utdanningen på MTS. Gode laboratorier og fullskala målinger sammen med høyt kvalifiserte forskere vil gi mulighet for utvikling av gode numeriske beregningsmodeller. Gode numeriske beregningsmodeller og gode laboratorier gir gode forskere osv. Til sammen utgjør dette kvaliteten på kunnskapen som produseres og kvaliteten på utdanningen.



Figur 17. Laboratorier, andre verktøy og kompetansen hos forskere og vitenskapelig ansatte er gjensidig forsterkende i produksjon av ny kunnskap og utdanning

2.6.2.2 Noen laboratorieegenskaper kan erstattes av andre verktøy

Det forventes at **andre verktøy vil få en stadig økende betydning** på bekostning av laboratorier. Deler av kunnskapsproduksjonen som tidligere var avhengig av laboratorier vil kunne erstattes av andre typer verktøy. For noen områder vil eksisterende verktøy kunne erstatte egenskapene et laboratorium gir, og fremvekst av ny teknologi vil kunne gi fremvekst av nye typer verktøy som gjør at dette kan styrkes.

Eksisterende verktøy vil delvis erstatte laboratorier

Selv om laboratorier, andre verktøy og kompetanse utfyller hverandre i produksjon av ny kunnskap vil andre verktøy i noen grad kunne erstatte de egenskapene et laboratorium gir. Om andre verktøy kan erstatte laboratoriene avhenger av om de kan gi samme kvalitet på kunnskapsproduksjonen, og evt. om kvaliteten er god nok til å kunne erstatte laboratoriene.

Fagområdet hydrodynamikk dreier seg om forståelse av samvirket mellom bølger og strøm og en konstruksjons belastninger og respons. Beregningsverktøy utvikles stadig videre, og med en kraftig, kontinuerlig økning av beregningskapasitet blir nøyaktigheten bedre og kostnader lavere. Områder for kunnskapsproduksjon som tidligere var forbeholdt modelltesting i laboratorier erobres. Eksempler er motstand på skip i stille vann og beregning av et skips bevegelser i små og moderate bølger. Numeriske beregningsmetoder kan nå modellere strømming rundt legemer nøyaktig og robust, men det er fremdeles nødvendig med kraftige forenklinger for praktiske formål. Det betyr at tilpasning av modellene og validering for nye anvendelsesområder er nødvendig. Nye anvendelser med potensielt ny fysikk er utfordrende. Da kreves enten omfattende analyser uten forenklinger eller helst modellforsøk. Det er viktig å forstå at numeriske analyser også kan være kostbare, og at modellforsøk kan være prisgunstige i lang tid. Dette gjelder spesielt for store parameterstudier med krav til omfattende statistisk underlag, der en automatisering av laboratoriene kan redusere kostnadene mye, mens tunge numeriske analyser er tidskrevende og fremdeles ikke like nøyaktige.

Fullskala målinger har potensiale til å gi oss fasit for hydrodynamiske laster og strukturrepons. Miljøet kan vanskelig kontrolleres, men målesystemer kan brukes til å beskrive miljøet under testene. Utfordringer med målenøyaktighet og analyser av data er helt tilsvarende som i laboratoriet, med unntak av en generelt større variabilitet i miljø også for sensorer og annet utstyr (temperatur, kjemi, variable konfigurasjoner fra forsøk til forsøk). Ofte vil modellforsøk utføres for målte miljøpåvirkninger for å reprodusere strukturrepons og bedre forståelsen av denne. Tilsvarende kan en gjøre numerisk analyse av testede kondisjoner.

Fullskala målinger kan også gjøres i laboratoriet, dersom miljøpåvirkningen kan gjenskapes med de begrensningene en har der. Fullskala målinger er svært viktige for å forstå skalerings effekter. For enkelte modelltester er det helt nødvendig å korrigere kraftig for skalaeffekter. Når et skip i skala 1:25 testes med en propulsjonstest i en slepetank, så må korrelasjonskoeffisienter brukes til å relatere målt propulsjonseffekt til virkelig effekt i full skala. Dette fordi fysikken styres både av viskøse effekter og gravitasjonsdrevne bølger, med ulik skalering. Innsamlede data fra skip under operasjon og sjøprøver ved overlevering etter bygging er derfor essensielt for å få gode modeller for skalering av modellforsøk.

Muligheten til å kontrollere miljøet og sikre repeterbarhet i modellforsøk er svært viktig i kunnskapsproduksjon i hydrodynamikk. Enkelte typer respons er svært stokastiske, med bølgeslag som et viktig eksempel. Selv om et nesten eksakt likt bølgetog treffer en skip eller en plattform, så kan lokale variasjoner i trykk på konstruksjonen være svært store. I laboratoriet kan denne typen variasjon kvantifiseres og forstås.

Innen offshore vindkraft er det utstrakt bruk av fullskala målinger, siden strukturene instrumenteres og miljøet overvåkes gjennom bruk av satellitter og bøyer. Det samme gjelder havenergikonstruksjoner og sannsynligvis etter hvert større havbruksanlegg offshore. Målingene gir bedre grunnlag for å dimensjonere fremtidige installasjoner. Numeriske modeller og modellforsøk vil brukes for å forstå måledataene og utvikle designverktøy for neste generasjon strukturer.

Energibransjen etterlyser muligheter for å teste offshore havenergikonstruksjoner i stor skala under kontrollerte betingelser. Dette tilsier et behov for store laboratorier. I tillegg vil studier av ukjente og fysisk komplekse interaksjonseffekter innenfor energiparker i stor grad måtte støtte seg på en kombinasjon av numerisk modellering og fysiske forsøk.

Numeriske analyser og datasimuleringer overtar mange av de rutinemessige verifikasjonstestene, men det skjer først etter at det er etablert standarder for analysene og det oppnås en aksept i industrien.

Fremvekst av nye typer verktøy vil delvis erstatte laboratorier

Fremvekst av andre typer verktøy (**fullskala test** og **hybridtesting**) er noe som vil kunne få en økende betydning og som i noen grad vil kunne erstatte forsøk i laboratorier. På den annen side vil fremvekst av andre verktøy komplementere laboratoriebruken. Det vil si at andre verktøy vil spille sammen med laboratoriene, og fylle et «kompetansehull», men at det ikke vil kunne erstatte laboratoriene.

Et alternativ til laboratorier er å benytte seg av fjorden som laboratorium. Enten ved å hente inn og analysere data fra «virkelige» operasjoner, eller å lage en pilotmodell (i fullskala eller småskala) for å gjennomføre tester i fjorden.

Fullskala tester vil få økende betydning. Utviklingen av bedre og mer tilgjengelige sensor- og instrumenteringssystemer har gjort det mulig å utføre mer nøyaktige fjernovervåkning. Dette vil gi økte muligheter for innsamling av data, statistikk og informasjon fra virkelige operasjoner som blir utsatt for store variasjoner i drifts- og miljømessige forhold i alt fra normalt til ekstremvær.

Fullskala tester har gjort det mulig å få bedre data på miljøparametre (høyde/retning på bølger, hastighet/retning på strøm, hastighet/retning på vind), biologiske og kjemiske egenskaper ved vann, bevegelser og akselerasjoner på skip og marine konstruksjoner på havoverflaten og i vannsøylen, krefter på aktuatorer og ytre krefter induert av f.eks propulsjon og fremdriftssystemer, vinsjer, kabler, m.m., variabler og koeffisienter fra forbrenningsmotorer og driftsdata fra elektriske og mekaniske kraftverk. Data fra fullskala målinger vil derfor kunne bidra til å verifisere og validere matematiske modeller, kontrollsystemdesign, konseptdesign, og på denne måten være komplementær til modelltesting.

Et eksempel på forskning som benytter seg av samspillet mellom laboratorier og andre typer numeriske studier er fra Senter for fremragende forskning AMOS, Centre of Autonomous Marine Operations and Systems, som gjør aktiv bruk av fullskala testing og feltmålinger i forskningsarbeidet. Testing og verifikasjon utføres i flere ulike steg fra numeriske studier, modelltester, fullskala testing og til slutt feltmålinger av kritiske komponenter og operasjoner. Det utvikles infrastruktur for felttester kombinert med mobil infrastruktur for å støtte dette arbeidet. /D063/ For nærmere utdyping av fullskala måling se Vedlegg J og /D063/.

Et annet verktøy som både har og vil få økende betydning er **hybridtesting**. Hybridtesting kan defineres som en kombinasjon av *eksperimentelle teknikker i laboratorier, datasimuleringer og aktive styringssystemer i sanntid*. Ved sanntids hybridtesting representeres modelleringssystemet av en fysisk del og en simulerings del. Målinger av den fysiske delen av det modellerte systemet benyttes som innspill til den numeriske simuleringen, samtidig benyttes resultatene fra simuleringen som input til den fysiske delen ved bruk av aktuatorer.



Figur 18 - Beskrivelse av sanntids-hybridtesting, kilde: MARINTEKs utviklingsplan for hybrid testing.

Utvikling av teknikker for hybridtesting i sanntid forventes kunne åpne opp mange nye muligheter innen flere områder og næringer. Hybridtesting forventes å ha flere interessante bruksområder innen testing av hydrodynamikk og strukturer, som for eksempel innen offshore flytende vindturbiner, deep-sea shipping (e.g. shifting av bulk eller flytende last med feedback av skipsbevegelser fra numerisk simuleringer), short-sea shipping eller offshore supplyskip (f.eks effekten av vann bevegelser i anti-rullende tanker).

Mulighetene knyttet hybridtesting er mange, og ved en satsning vil hybridtesting kunne:

1. Kompensere for manglende infrastruktur
2. Trekke på fordeler og ulemper ved forskjellige hydrodynamiske verktøy (f.eks. skalaproblemer)
3. Redusere kostnader
4. Utvide laboratorienes bruksområde

For nærmere beskrivelse se Vedlegg J.

2.6.2.3 Laboratorier vil være viktig i lang tid fremover

Fullskala målinger, feltmålinger og hybrid testing **vil ikke helt kunne erstatte fysiske forsøk**. Dette fordi de fysiske laboratoriene benyttes hvor en i tilstrekkelig grad ikke forstår fysikken til å kunne utvikle matematiske modeller, eller fordi analyser blir for kostbare eller tidkrevende til å konkurrere. I modellskala laboratorier er det mulig å kontrollere og repetere miljøet i kontrast til fullskala testing i sjøen, og dette muliggjør å studere blant annet hydrodynamiske fenomen som et skips oppførsel og enhver marin operasjon i detalj.

Spesielt innenfor sjøbelastninger og tilsvarende stokastiske fenomen vil **eksperimentell forskning i laboratorier** fortsette å være viktige i lang tid fremover. Dette gjelder også testing av ulike konstruksjoners oppførsel under nye miljøforhold, og endrede lastbetingelser. Regnetiden ved simulering av slike tilstander er ekstremt lang – og vil fortsette å være for lang i overskuelig fremtid (gitt at økningen i datamaskinkapasitet fortsetter å følge Moores lov).

Det ligger store utfordringer i å få målt og få tilgang til miljødata og strukturrespons data, i rasjonell håndtering og bruk av dem, og i statistisk robusthet. Det må bemerkes at selv om mye kan gjøres på sjøen etter hvert som måleteknikken blir bedre, både i full skala og med sjøgående modeller, vil sjøen som laboratorium ikke kunne erstatte innendørs laboratorier, fordi man utendørs ikke kan kontrollere miljøet.

Laboratorier vil også fortsatt være viktige for validering av fremtidig økt omfang av programvare. Det er et sterkt behov for ny programvare for bruk i utvikling av nye design og løsninger. For skip, og olje og gass er næringenes forventning at MTS kan levere slik programvare også i fremtiden, og en rekke forsøk vil være nødvendige for sjekke implementering av ny funksjonalitet og fysikk.



Sjøgangsbasseng vil bli relativt sett viktigere enn den klassiske slepetanken. Oppførselen til bl.a. hurtiggående fartøyer er som regel sterkt ikke-lineær, slik at det i dag og i lang tid fremover er begrenset hvilke analyser som kan gjøres med dataverktøy alene. Det trengs også bedre og mer nøyaktige data på værbeskrivelse (bølger, strøm og vind) i forskjellige deler av verden for input til både teoretiske og eksperimentelle studier.

Bedre forståelse og modellering av viskøse og turbulente strømnings med lokal detaljkunnskap om f.eks. trykkforhold rundt skrog i alle typer situasjoner vil bli viktigere. Også moderne måleutstyr slik som den optisk baserte Particle Image Velocimetry (PIV) for strømningsmålinger, vil her spille en økende rolle i tett samspill med "tradisjonell" tanktesting og avanserte CFD-beregninger. Dette vil kreve spesielle forhold til utrustning i laboratoriet.

2.7 Etterspørselen etter ny kunnskap fra MTS øker

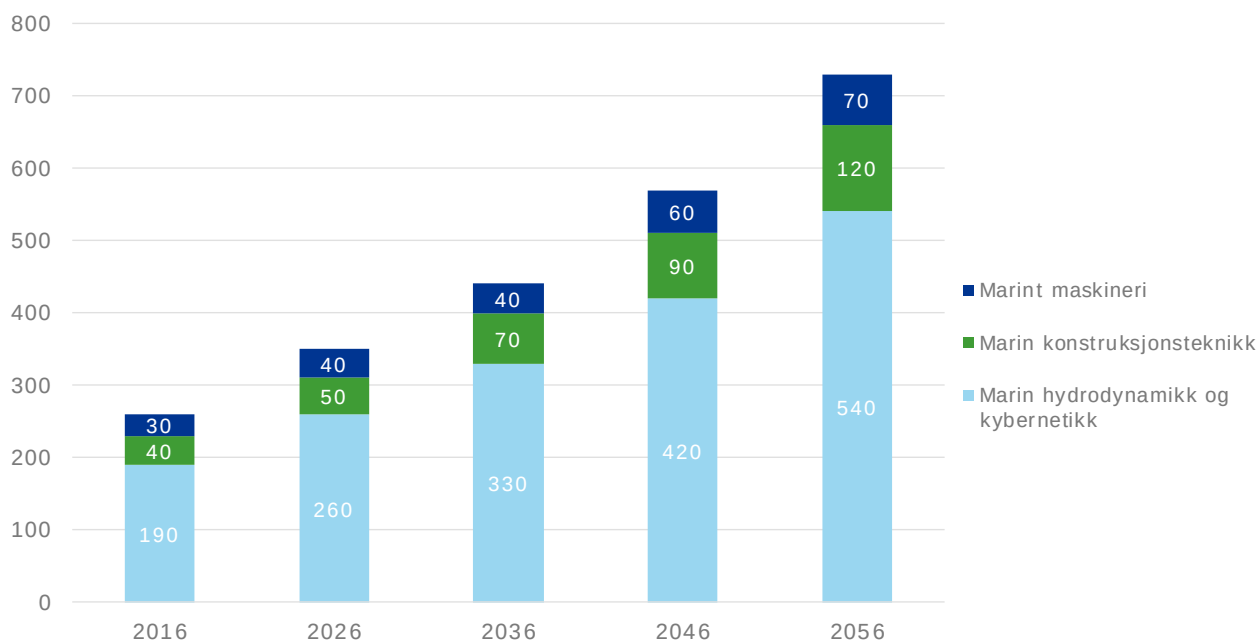
Kapitlene foran har vist at man i større grad enn tidligere vil benytte seg av havrommet og havrommets ressurser, og at det derfor er forventet en betydelig vekst i næringene som benytter seg av havet - havromsnæringene. Dersom havromsnæringene fortsatt skal vokse vil de stå overfor en rekke utfordringer som må løses. Dette vil gi etterspørsel etter ny havromsteknologi.

Dersom ny havromsteknologi skal utvikles, enten det er videreutvikling av en eksisterende teknologi eller utvikling av et nytt konsept, så kreves ny kunnskap (forskning og utvikling) og høyt kvalifisert arbeidskraft. Dette gir som vist i kapittel 2.5 behov ny kunnskap og høyt kvalifiserte kandidater innen de marintekniske områdene. De marintekniske kunnskapsområdene er sentrale for utviklingen av ny havromsteknologi.

Utvikling av ny havromsteknologi er kunnskap- og FoU-intensiv. Dersom veksten i havromsnæringene skyldes vekst i andre ikke kunnskaps- og FoU-intensive næringer vil etterspørselen etter ny kunnskap vokse mindre enn samlet vekst i markedet. På bakgrunn av vurderingene gjort i kapittel 2.5 mener vi at det er grunnlag for å si at etterspørselen etter ny havromsteknologi er stor, og at den minst øker i takt med veksten i havromsnæringene.

Tilsvarende er det ingen grunn til å mene at etterspørselen etter marinteknisk kunnskap generelt, og kunnskap om marin hydrodynamikk, marin konstruksjonsteknisk og marint maskineri spesielt ikke vil øke i takt med etterspørsel etter ny teknologi.

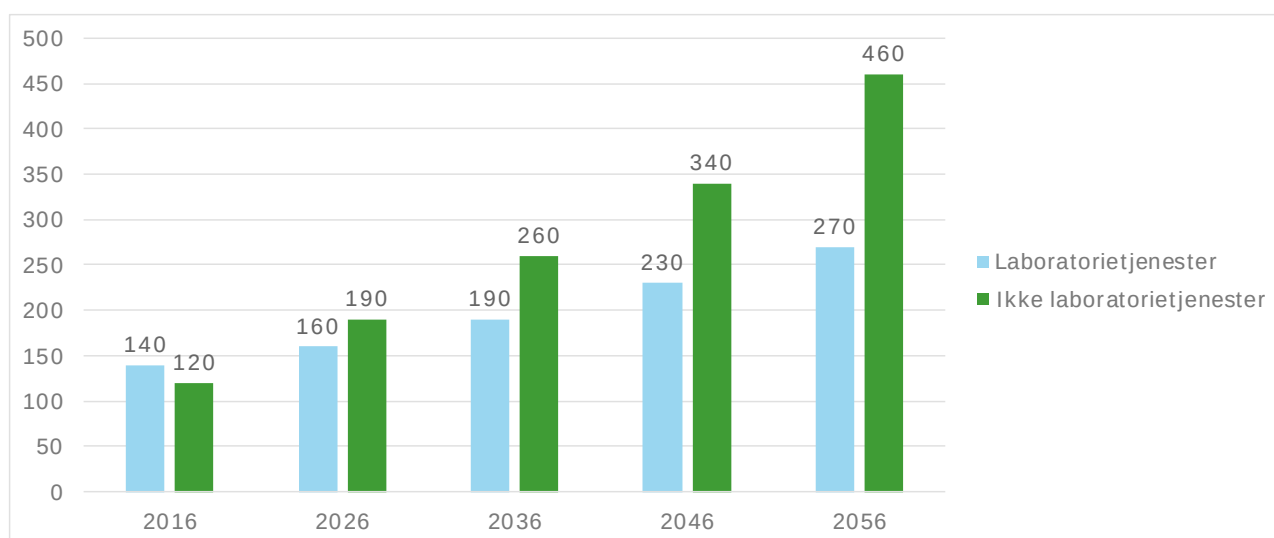
Dersom overstående argumenter gjelder kan det legges til grunn at etterspørselen etter ny kunnskap fra MTS i følge veksten i havromsnæringene. Figur 19 under viser hvordan etterspørselen etter ny kunnskap fra MTS vil øke fremover dersom veksten følger markedsveksten som skissert i kapittel 2.3.



Figur 19. Etterspørsel etter ny kunnskap innen fire marintekniske kunnskapsområder. Tallene representerer MTS inntekter per år dersom senteret møter veksten i etterspørselen. MNOK 2015-priser.

Tilsvarende viser gjennomgangen i kapittel 2.6 at laboratorier, andre typer verktøy og kompetansen til forskere og vitenskapelig ansatte utfyller hverandre og er gjensidig forsterkende i produksjon av ny kunnskap. På den annen side forventes det at laboratoriebehovet innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet relativt til andre verktøy vil reduseres fremover. Dette skyldes at for noen områder vil eksisterende verktøy kunne erstatte egenskapene et laboratorium gir, og fremvekst av ny teknologi vil kunne gi fremvekst av nye typer verktøy som gjør at dette kan styrkes.

Det forventes at en større andel av etterspørselen etter ny kunnskap enn tidligere vil kunne dekkes av andre typer verktøy og Figur 20 skisserer forventet utvikling i etterspørselen fordelt på laboratorie og ikke-laboratorietjenester. Det er forventet at etterspørselen etter laboratorietjenester vil øke, noe som skyldes sterk vekst i markedet, men at det vil øke mindre enn veksten i markedet.

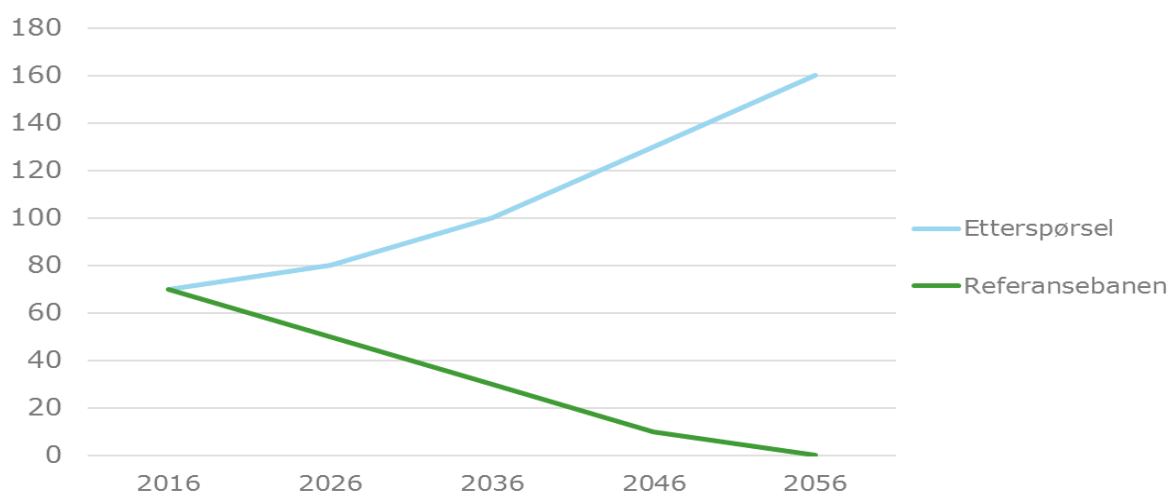


Figur 20. Forventet etterspørsel etter laboratorie- og ikke-laboratorietjenester fra MTS. Tallene representerer MTS inntekter per år dersom senteret møter veksten i etterspørselen. MNOK 2015-priser.

2.8 Laboratoriene på MTS er ikke gode nok til at MTS kan møte næringens behov for ny kunnskap og høyt kvalifiserte kandidater

Verktøy for forskning innen de marintekniske kunnskapsområdene på MTS tilfredsstiller ikke maritim og offshore olje- og gassnæringens behov for produksjon av ny kunnskap innen disse områdene. Med dagens verktøy vil ikke kvaliteten på forskningen innen det marintekniske området blir god nok. Dette gjelder først og fremst for maritim næring.

Figur 21 viser at MTS ikke greier å møte veksten i etterspørselen etter hydrodynamisketjenester fra maritim næring. Det forventes at med dagens laboratoriefunksjoner (referansebanen) så vil forskningen innen dette feltet gradvis blir borte fra MTS. Dette skyldes at verktøyene (først og fremst slepetanken) ikke har tilfredstillende egenskaper for undersøkelser av et skips oppførsel i sjøtilstander (bølger).

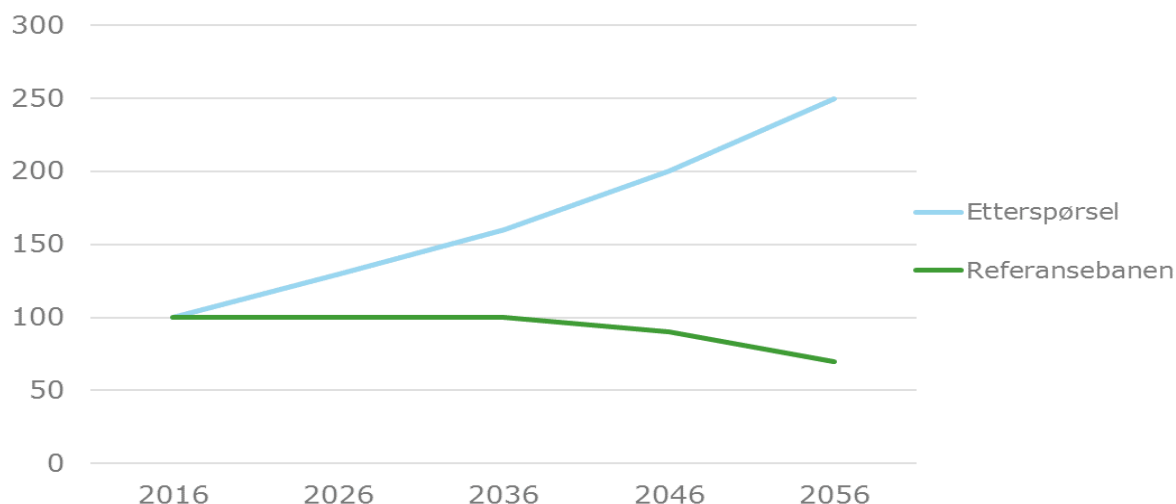


Figur 21. Forventet utvikling for produksjon av ny kunnskap om hydrodynamikk til maritim næring. MNOK 2015-priser.

Laboratoriene og verktøyene er heller ikke gode nok til å møte forventet vekst i offshore olje- og gassnæringens etterspørsel etter hydrodynamiske tjenester. Spesielt gjelder dette behovet for å forstå strømninger rundt havromskonstruksjoner og havromkonstruksjoners hydrodynamiske egenskaper på store dyp.

MTS er i dag verdensledende på forskning innen offshore olje- og gasskonstruksjoners hydrodynamiske egenskaper. Senteret har et havbasseng som er godt nok for mange formål. Det har imidlertid noen mangler. Nye offshore anlegg vil som påpekt i kapittel 2.4 gå mot kaldere og dypere vann, og strøm og dybde er viktig for bransjen. Strømmen som genereres i dagens havbasseng har imidlertid synlige fluktuasjoner og dybden på bassenget er 10 meter, tilsvarende om lag 1 000 meter i virkeligheten. Senteret møtes dessuten av konkurranse fra andre gode kunnskapssentre som bygger nye anlegg med bedre funksjonalitet rettet mot offshore næringen (Korea, Singapore, Kina), jf. neste kapittel 2.9.

På bakgrunn av manglende egenskaper ved laboratoriene vil ikke MTS kunne møte store deler av den forventet etterspørsel etter hydrodynamiske tjenester, og i løpet av 5 år er det forventet at MTS vil få problemer med å konkurrere. Figur 22 viser at forskningsaktiviteten på MTS går ned, og betydelig ned ift. forventet vekst i etterspørselen.



Figur 22. Forventet utvikling for produksjon av ny kunnskap om hydrodynamikk til offshore olje og gass. MNOK 2015-priser.

For andre havromsnæringer forventes det at laboratoriene er gode nok til å kunne møte etterspørselen etter hydrodynamiske tjenester.

Når det gjelder tjenester innen kunnskapsområdet konstruksjonsteknikk er det mye de samme argumentene som rundt offshore olje og gass. Dagens laboratorier er ikke store nok til å kunne undersøke fleksible stigerør med noe større diameter enn det som testes i dag³². Oljeutvinning på større dyp vil kreve fleksible stigerør med større diameter og oljeutvinning i nordområder vil kreve fleksible stigerør med mer isolasjon og dermed større diameter. MTS vil uten større rigger tape ett viktig marked som på mange måter er basisen for mye av programvareutviklingen for analyseprogram for fleksible stigerør. Offshore olje- og gassnæringen selv påpeker også at konstruksjonslaboratoriet er deres viktigste laboratorie. MTS sitt arbeid med testing av dynamiske kraftkabler og kontrollkabler (umbilicals) bygger på kunnskapen fra fleksible stigerør. Denne kompetansen er en avhengig av når en skal

³² Man hadde kun noen få cm å gå på ved siste innløft i DTR1

opparbeide seg like god kompetanse på disse nye områdene. På bakgrunn av disse argumentene forventes det at MTS ikke greier å møte etterspørselen etter forskningen innen konstruksjonsteknikk som næringen har behov for.

2.9 Det er en rekke aktører både nasjonalt og internasjonalt som leverer kunnskap til havromsnæringene

I prinsippet kan norske havromsnæringer kjøpe forskningstjenester fra kunnskapsinstitusjoner i hele verden. Det er flere aktører internasjonalt og nasjonalt i tillegg til MTS som leverer forskningstjenester innen de marintekniske kunnskapsområdene til næringene.

MTS er det største marine forsknings- og undervisningssenteret i den vestlige verden, målt med MSc- og PhD-produksjonen. Selv om MTS er unike med sin kompetanse og sammensetning er det flere slike miljøer i Norge, både på universiteter og hos private selskaper som DNV GL, som delvis overlapper og konkurrerer med MTS.

Internasjonalt ser vi en utvikling hvor stadig flere aktører kommer på banen, men markedet preges fremdeles av noen få store, anerkjente aktører som driver kommersielt på internasjonal basis eller tilnærmet kommersielt i nær kontakt med industrien.

En god forståelse av hvilke konkurrenter som finnes og hvilke tjenester som allerede tilbys er viktig for å forstå hvilken rolle og merverdi en potensiell utbygging eller oppgradering av MTS vil ha i dagens marked. Under følger en overordnet gjennomgang av de største internasjonale institusjonene og deres tilbud av tjenester. Gjennomgangen inkluderer 18 ulike institusjoner, med hovedtyngde i Europa. Forskningsinstitusjonene har blitt valgt med utgangspunkt i laboratoriefasiliteter (både kvantitet og kvalitet), størrelsen på og utstrekningen av forskningsmiljøet, samt tilgjengelig informasjon. Det finnes i tillegg en rekke andre forskningsinstitusjoner som ikke omtales i dette dokumentet. Figur 23 viser de viktigste aktørene internasjonalt.



Figur 23. Oversikt over de viktigste internasjonale aktørene som leverer kunnskap innen marin teknikk

Kvaliteten på en forskningsinstitusjon kan vurderes ut i fra følgende kriterier:

- Omfanget av, og kvaliteten på laboratoriene

- Bruk/utvikling av numeriske verktøy
- Type tester som utføres, samt hvilke markedssegmenter som dekkes (maritim, offshore, etc.)
- Kvaliteten og bredden på fagmiljøet
- Samarbeid med akademia og industrien
- Internasjonalt samarbeid

Blant de 18 institusjonene vi har tatt for oss er det to som utmerker seg; MARIN og HSVA. Disse blir, sammen med MTS, ansett som de beste institusjonene å utføre oppdrags- og bidragsforskning på. Dette kan delvis begrunnes ut ifra fasilitetene på institusjonene; MARIN har både havbasseng, sjøbasseng, flere slepetanker samt vakuumbasseng og kavitasjonstunnel, HSVA har to slepetanker, flere kavitasjonstunneler, istank og et testbasseng for arktisk miljø. Begge institusjonene regnes dessuten som faglig sterke på klassisk skipshydrodynamikk, og de utfører både modelltester og fullskalamålinger i tillegg til å tilby numeriske simuleringer. HSVA har – med egen istank og arktisk testbasseng – blitt gode på arktiske problemstillinger, noe som gjør at en del aktører vil foretrekke HSVA fremfor både MARIN og MTS. HSVA er derimot mindre rettet mot offshore næring enn det MARIN er, som har et stort repertoar innen skip og strukturer innen offshore virksomhet.

MARIN samarbeider også tett med akademia og industrien – nasjonalt og internasjonalt – gjennom såkalte Joint Industry Projects som fokuserer på utvikling, deling og anvendelse av ny kunnskap til nytte for næringen såvel som forskningsmiljøene.

Foruten MARIN og HSVA er SSPA i Sverige en institusjon som norske aktører har stor tillit til. SSPA har sjøgangsbasseng, slepetank og kavitasjonstunnel, og kan tilby et stort spenn av typiske hydrodynamiske tester. Hovedfokuset er på den maritime næringen, og både hydrodynamikk og design, havnelogistikk, risikohåndtering, optimalisering og effektivitet er områder som blir vektlagt. I tillegg kan SSPA tilby løsninger innen offshore operasjoner i arktiske strøk. Institusjonen driver og deltar dessuten i flere internasjonale samarbeidsprosjekter, og samarbeider tett med akademia.

Et aspekt som nok må tas inn i betraktning er den kulturelle og geografiske nærheten norske aktører har til både MARIN, HSVA og SSPA. Dette gir disse institusjonene en stor fordel sammenliknet med for eksempel de asiatiske institusjonene, som norske aktører ikke har tatt like mye i bruk.

Tabell 4 gir en oversikt over hvilke utstyr og tjenester som er tilgjengelig hos de største internasjonale aktørene³³. Som det fremgår av listen så er det varierende bredde i tilbud hos aktørene, men de er i stor grad overlappende. Særlig havbasseng og slepetanker er godt utbredt, mens tilbudet av roterende-arm-bassenger og vindtunneler er noe mer begrenset. For nærmere beskrivelse av kunnskapscenter med oversikt over laboratorier se Vedlegg D, og Vedlegg B for gjennomgang av laboratoriene på MTS.

³³ For tekniske detaljer om anleggene vises det til vedlegg D

Tabell 4. Oversikt over utstyr og tjenester tilgjengelig hos de største internasjonale aktørene som konkurrerer med IMT og Marintek / D014/

Kunnskapssenter	Lokasjon	Utstyr og tjenester
Marinteknisk senter (MTS)	Norge, Trondheim	Havbasseng, slepetank, kavitasjonstunnel
SSPA	Sverige, Göteborg	Slepetank, sjøgangsbasseng, kavitasjonstunnel
Krylov State Research Centre	Russland, St.Petersburg	Slepetanker, istank, roterende-arm-basseng, bølgebasseng med slepevong og med roterende arm, vindtunnel, kavitasjonstunnel,
HSVA	Tyskland, Hamburg	Slepetanker, kavitasjonstunnel, istank, testbasseng for artiske miljøer (istank), HYKAT (lukket, sirkulær kvaitasjonsunnel)
MARIN	Nederland, Wageningen	Havbasseng, sjøgangsbasseng, slepetanker, vakuumtank, konsepttank, kavitasjonstunnel
INSEAN	Italia, Roma	«Sjøgangsbasseng» (utendørs, naturlig basseng), slepetanker, kavitasjonstunnel, sirkulerende vanntunnel
KRISO	Sør-Korea, Daejeon	Sjøgangsbasseng, slepetank, kavitasjonstunnel, istank
CSSRC	Kina, Wuxi	Slepetank, vakuumtank, sjøgangsbasseng, roterende-arm-basseng, modelltank for selvpropulsjonstester (utendørs fasilitet), kavitasjonstunnel, vindtunnel
State Key Laboratory Ocean Engineering	Kina, Shanghai	Havbasseng, slepetanker, sjøgangsbasseng, kavitasjonstunnel, vindtunnel med vanntnk,
OTRC	USA, Austin, Texas	Havbasseng (grunt), bølgebasseng, slepetank, bølge-, vind- og strømgeneratorer
NSWC Carderock inkl. David Taylor Model Basin	USA, West Bethesda, Maryland	Har en rekke testfasiliteter lokalisert på 9 steder i hele USA, deriblant David Taylor Model Basin som gruntvannsbasseng, et dypvannsbasseng og et høyhastighetsbasseng
LabOceano	Brasil, Rio de Janeiro	Havbasseng
Oceanic Consulting Corporation	Canada, St.Johns, Newfoundland and Labrador	Havbasseng, slepetank, bølgebassenger, istank, bølgetanker,
VTT Ship Laboratory	Finland, Espoo	Slepetank, sjøgangsbasseng/isbasseng
QinetiQ	Storbritannia, Farnborough, Hampshire	Sjøgangsbasseng med roterende arm, slepetank,
IFREMER	Frankrike, Brest, Boulogne-sur-Mer	Bølgebasseng, slepetank, hydrodynamisk vanntunnel, hyperbarisk testkammer
Force Technology	Danmark, Lyngby	Slepetanker, vindtunneler
Aker Arctic	Finland, Helsinki	Islaboratorium med istank

Stadt Towing Tank (Norge) er ikke inkludert i oversikten over, men selskapet er et nasjonalt alternativ til MTS og har et testanlegg lokalisert i Måløy i Sogn og Fjordane. Anlegget leverer hydrodynamiske testtjenester til den marine næringen, både nasjonalt og internasjonalt. Stadt Towing Tank har mulighet for å utføre motstands- og propulsjonstester, sjøgangstester i møtende sjø (bølger rett forfra) og

følgende sjø (bølger rett bakfra), og spesialiserte tester (som f.eks testing av et offshore service-fartøy for vindfarmer, testing av flytebroer og tidevannsturbiner).

2.10 Behov for at kunnskapen produseres i Norge og på MTS

Som forrige kapittel 2.9 viste er det flere internasjonale kunnskapsinstitusjoner og andre private aktører som kan gi norske havromsnæringer ny kunnskap om det marintekniske kunnskapsområdene. Et viktig spørsmål i denne analysen vil derfor være om det har en høyere verdi for samfunnet generelt og norsk havromsnæringer spesielt at kunnskapen kommer fra MTS.

Før vi svarer bør vi se på hva som karakteriserer *kunnskap som et gode*³⁴. Kunnskap kan ses på som et offentlig gode. Et offentlig gode har egenskaper i form av at det er ikke-rivaliserende og ikke-ekskluderende i konsum av godet. Det betyr at konsum av godet ikke ekskluderer andre fra bruken og at en aktørs bruk av godet ikke forringer en annens konsum av samme gode. Det betyr at produksjon av ny kunnskap vil gi ny kunnskap til flere enn de som kjøper tjenesten direkte. Dette gir samfunnet en ekstra gevinst utover gevinsten for den aktøren som kjøper/produserer ny kunnskap.

Dette kalles positive ikke-pekuniære³⁵ **kunnskapseksternaliteter**. Når ny kunnskap produseres ved MTS (og ved andre kunnskapsinstitusjoner) vil det kunne gi en ekstern gevinst ved at denne kunnskapen når flere enn de som kjøper kunnskapstjenester hos MTS. Positive kunnskapseksternaliteter avhenger av at kunnskapen spres i samfunnet (kunnskapsspredning). Kunnskapsspredning skjer gjennom publisering, patentering, mobil arbeidskraft og gjennom kunnskap inkorporert i kommersialiserte produkter og prosesser. Gjennom disse kanalene vil en kunnskapsintensiv bedrift ikke bare påvirkes av egen forskningsaktivitet, men også av andres.

Kunnskapseksternaliteter er størst i næringsklynger

Det er sannsynlig at kunnskapseksternalitetene blir sterkere i en næringsklynge og at kunnskapseksternalitetene fra aktiviteten på MTS forsterkes ved at det er sterk konkurranse i næringene (innovasjonspress og innovasjonsimpulser) og ved at det er stordriftsfordeler (lavere transaksjonskostnader og komplementaritet) som igjen forsterkes av geografisk nærhet. Det faktum at havromsnæringene representerer sterke klynger med tydelig geografisk opphoping i Norge, tilsier at kunnskapseksternalitetene er sterkere i disse næringene enn i andre deler av økonomien og at det derfor har en større verdi at kunnskapen kommer fra MTS enn fra utlandet.

Geografisk nærhet er særlig viktig for hvor lett kunnskapen spres mellom aktører. Maurseth og Verspagen (2002) /D089/) og Jaffe og Traitenberg (1993) /D092/) viser at bruk av andres kunnskap gjennom patentsiteringer reduseres kraftig når avstander økes, nasjonale grenser krysses og man beveger seg over i andre næringene. Når klyngene er FoU-intensive – noe vi kan si om offshore/maritim og havbruk – vil også absorberingsevnen til eksterne aktører øke markant /D045/.

Som en oppsummering er det behov for kunnskapsspredning gjennom bedrifter og kunnskapsaktører med store synergier. Disse kan potensielt utløses gjennom samarbeid. Desto større synergier, desto større potensial er det for å øke den langsiktige verdiskapingen gjennom samhandling. Denne samhandlingen og samlokaliseringen kan defineres som næringsklynger. Slike klynger er spesielt aktive innenfor havromsnæringene der det er en sterk maritim klynge og en offshoreklynge. Det er sannsynlig at kunnskapseksternalitetene fra aktiviteten på MTS forsterkes ved at det er konkurranse i næringene

³⁴ Et gode i økonomisk sammenheng er et objekt (produkt eller vare eller tjeneste) som direkte eller indirekte øker nytten til forbrukeren, det vil si tilfredsstille ønsker eller behov, og som kan selges og kjøpes til en pris på et marked.

³⁵ Dersom eksternaliteten går via markeder kalles det en pekuniær eksternalitet, eller en markedsmessig kobling, ikke-pekuniær kommer av at den ikke går via markeder.

(innovasjonspress og innovasjonsimpulser) og ved at det er stordriftsfordeler (lavere transaksjonskostnader og komplementaritet) som igjen forsterkes av nærhet og klyngemekanismene.

Det har over flere år oppstått en faglitteratur som studerer effekten av nærhet i geografi, i kultur og i næringsfokus på økonomien, produktivitet og verdiskaping. Basert på den argumenterer vi for at den positive kunnskapsspredningen i havromsnæringene drives av fire mekanismer:

1. Kunnskapseksternaliteter: investering i kunnskap har positive eksterne effekter for andre aktører enn den som foretar investeringen. Hvor stor *spredningen* av disse kunnskapseksternalitetene er avhenger av hvilke aktører som er linket til hverandre. Hvor *stor verdi* disse kunnskapseksternalitetene har avhenger av:

- a) Hvor mange og hvor store de potensielle brukerne av kunnskap er
- b) Hvor mange og hvor sterk kobling det er mellom de ulike aktørene
- c) Hvor kunnskapsintensive næringsaktørene er og hvor stor absorberingskapasitet de har
- d) Hvor lett tilgjengelig de komplementære ressurser er for potensielle brukere
- e) Hvor høy kvalitet og hvor relevant den nye kunnskapen er

For at kunnskapseksternalitetene skal spres effektivt og at de skal ha en verdi er det behov for sterk kobling mellom flere næringsaktører, at de har stor absorberingskapasitet, at kunnskapen er relevant og at det er tilgjengelige komplementære ressurser for å ta kunnskapen i bruk.

2. Innovasjonspress og innovasjonsimpulser som hovedsakelig finnes i næringer som er karakterisert ved at:

- a) Det er avanserte og sofistikerte kunder som har klare krav til innovative produkter og løsninger. Det vil si at brukerne har avanserte behov, er i forkant av markedsutviklingen, stiller tydelige krav og er villig til å ta i bruk nye løsninger. Dette gjelder i første rekke næringene som kunder til MTS, og i andre rekke kundene til havromsnæringene.
- b) Det er innholdsrik interaksjon og kommunikasjon mellom kunder og tilbydere
- c) Kundene kan velge mellom alternative tilbydere. Det vil si at det er flere konkurrenter som rivaliserer om å levere bedre og mer effektivt. Dette skaper incentiver til å følge innovasjonsimpulsene fra krevende kunder

Dersom disse karakteristikkene er vedvarende vil aktørene i havromsnæringene ha behov for å utvikle og innovere seg selv. Dette er hovedsakelig en effekt som kommer av konkurranse i en næring.

3. Kritisk masse og komplementaritet: Denne mekanismen sier noe om hvordan vekst i et begrenset område kan gjøre en tidligere ikke-lønnsom investering lønnsom fordi de har nådd en kritisk masse med antall næringsaktører. Når den kritiske massen er nådd vil attraktiviteten for hele området øke som i sin tur skaper nye investeringer for å nå en ny kritisk masse. Dette bygger på forventninger om stordriftsfordeler som innebærer at en næring må ha en minste kritisk masse for å kunne bli etablert.

Straks den kritiske massen er nådd, er det sannsynlig at næringene i det begrensede området vokser, dette er en selvforsterkende effekt og bidrar til at en ny likevekt blir realisert. Men før aktørene har nådd kritisk masse, er det ingen slik selvforsterkende effekt.

Tre kriterier må være tilfredsstillende for at denne selvforsterkende mekanismen skal fungere:

- a) Produkter, tjenester og infrastruktur må være komplementære i markedet eller som innsatsfaktorer for andre bedrifter

- 
- b) Produktene må ha fallende enhetskostnader, noe som impliserer at etterspørselen må være over et visst nivå for at produktet eller innsatsfaktoren blir tilbudt
 - c) Det må være en mobilitetsbarriere i produktet eller innsatsfaktoren som blir tilbudt til de andre bedriftene eller til markedet. Ellers kunne de mottatt produktet andre steder

Dersom havromsnæringene skal dra nytte av komplementaritet og stordriftsfordeler ved samlokalisering må næringene ha en viss størrelse, eller en viss kritisk masse, for at den skal være lønnsom.

4. Transaksjonskostnader: Det at næringen har koblinger til hverandre og til forskningsinstitusjoner bidrar eksempelvis til lavere transportkostnader, lavere kostnader forbundet med søk i markedet, høyere frekvens i interaksjon, bedre synlighet og sterkere sosiale og kulturelle bånd.

Dette resulterer igjen i høyere gjensidig tillit, lavere risiko i interaksjonen, mindre behov for overvåkning og reell forventning. Alt dette bidrar til å redusere transaksjonskostnadene for næringsaktørene.

Det er derfor et behov for at havromsnæringene har lave transaksjonskostnader for effektiv kunnskapsspredning.

3 MÅL OG KRAV³⁶

Hensikten med å formulere mål og krav er å presisere hva man vil oppnå med tiltaket. Målene og kravene skal defineres med grunnlag i behovsanalysen. De er et uttrykk for ambisjonsnivå, og angir tiltakets påtenkte virkning og utforming.

Samfunnsmålet beskriver hvilken samfunnsutvikling prosjektet skal bygge opp under og er knyttet til tiltakets virkninger for samfunnet. *Effektmål* beskriver hvilke virkninger som søkes oppnådd for brukerne av tiltaket, og kravene skal sammenfatte betingelsene som skal oppfylles ved gjennomføring av prosjektet. Kravene skal utformes med sikte på effekter og funksjoner, og ikke tekniske løsninger.

Figur 24 viser målhierarkiet i denne konseptvalgutredningen, og gir et bilde på hvilken samfunnsutvikling en investering i nye laboratorier på MTS skal bygge opp under.



Figur 24. Målhierarki

Figur 24 viser at dersom tiltaket utformes med hensyn på kravene vil dette gjøre til at de norske havromsnæringene blir mer produktive. Dette vil igjen sikre verdiskaping for Norge gjennom konkurransedyktige norske havromsnæringer.

3.1 Samfunnsmål

Behovsanalysen har vist at havromsnæringene er viktige for norsk verdiskaping. Norge har med sin lange kyst, tradisjoner og kunnskaper om havet utviklet seg til å bli en viktig havromsnasjon og norske havromsnæringer er viktig for landets velferd. Aktivitet i Norge innen havromsnæringene knytter seg til

³⁶ Målene vil også være kilde for krav til konseptene, og ivaretas gjennom bruk av resultatindikatorer for samfunnsmål og effektmål. I en slik sammenheng er begrepet resultatindikator langt på vei synonymt med krav /D080/

tre hovedvirksomheter: utvinning av olje og gass til havs, maritim næring og fiskeri og havbruk. I 2015 utgjorde disse næringene i overkant av en tredjedel av Norges bruttonasjonalprodukt.

Det er forventninger om betydelig vekst i havromsnæringene. Norge har som en viktig havromsnasjon gode muligheter til å kunne ta del i denne veksten. OECD /D043/ forventer at samlet verdiskaping i havromsnæringene vil doble seg frem mot 2030.

En forutsetning for at havromsnæringene skal vokse som forventet er at en del utfordringer må løses. Det er nødvendig å utvikle ny havromsteknologi. For å kunne utvikle, designe, konstruere og bygge ny havromsteknologi samt å gjennomføre operasjoner til havs er det behov for ny kunnskap (FoU) og høyt kvalifisert arbeidskraft.

MTS produserer ny kunnskap og utdanner kandidater til havromsnæringene. Senterets hovedfokus er forskning og undervisning innen kunnskapsområdet marin teknikk. Laboratoriene er viktige innsatsfaktorer i denne virksomheten. Med grunnlag i behovsanalysen er det definert følgende samfunns mål:

Tiltaket skal sikre verdiskaping for Norge gjennom konkurransedyktige norske havromsnæringer.

3.2 Effektmål

Med effektmål menes effekten av tiltaket for brukerne. Brukerne i denne sammenheng er *de norske havromsnæringene*. Disse næringene er konkurranseutsatt. For at de fortsatt skal kunne vokse og produsere varer og tjenester i konkurranse med utlandet må næringene være produktive og konkurransedyktige. Effektmålet i denne KVVUen er derfor definert til:

Tiltaket skal gjøre de norske havromsnæringene mer produktive

Tiltaket skal resultere i ny teknologi som for eksempel nye tekniske løsninger, nytt utstyr, bedre funksjon på eksisterende utstyr og lignende. Havromsnæringenes verdi av ny teknologi vil være i form av reduserte kostnader ved å fremstille et produkt eller gjennomføre en prosess (prosessinnovasjon) eller i form av økt markedsverdi av et nytt produkt (produktinnovasjon). Det er dette vi legger i *mer produktiv* – lavere kostnader og/eller bedre produkter³⁷.

At forskningsaktiviteten på MTS øker som følge av at det gjennomføres tiltak sier noe om de norske havromsnæringenes verdiøkning av ny kunnskap og bedre kandidater. Inntekten til MTS som følge av forskningsaktiviteten er en indikator på hvor mye ny kunnskap som produseres. Denne nye kunnskapen som tiltaket utløser skaper virkninger for havromsnæringene og samfunnet for øvrig. Disse virkningene er en direkte merverdi utover forskningsinvesteringen for bedriftene, et produktivitetsoverskudd som tilfaller MTS og kan brukes til kompetanse (lønn) og annen infrastruktur for forskning, kunnskapseksternaliteter til havromsnæringene og samfunnet for øvrig og forbedret human kapital som følge av bedre utdanning.

3.3 Krav til tiltaket

For høyest mulig måloppnåelse bør tiltaket i størst mulig grad tilfredsstille kravene³⁸ i dette kapittelet. Effektmålet er rettet mot at brukerne av forsknings- og undervisningstjenestene som MTS leverer til, det

³⁷ Produktivitet er definert som forholdet mellom produksjon og bruken av innsatsfaktorer (samlet faktorinnsats). Produktivitetsvekst er derfor forskjellen mellom veksten i produksjonen og veksten i samlet faktorinnsats. /D095/

³⁸ Det overordnede kravdokumentet «*sammenfatte betingelsene som skal oppfylles ved gjennomføringen. Kravene skal brukes til å avgjøre om løsningsalternativer er gyldige og videre til å drøfte godheten av de gyldige konseptuelle alternativene. (...) Krav bør utformes med sikte på effekter og funksjoner som har årsak-virkningsammenheng med tiltaket. Generelt skal det stilles krav til virkningen av tiltaket og ikke til bruk av gitte tekniske løsninger eller detaljert utforming*» (Concept veilder nr. 9)

vil si havromsnæringene, skal bli mer produktive. Kravene er rettet mot hvilke krav som stilles til de tjenestene MTS leverer for at havromsnæringene skal bli mer produktive.

Det innebærer at:

- 1) *Forskningen ved MTS må fremskaffe ny kunnskap*
- 2) *Forskningen ved MTS bør ha høy kvalitet:*
 - a) *soliditet*
 - b) *originalitet*
 - c) *samfunnsmessig eller praktisk nytteverdi*
- 3) *Kandidater som utdannes ved MTS bør ha høy kvalitet*
- 4) *Verktøyene som benyttes ved MTS bør ha egenskaper som løser næringens kunnskapsbehov*
- 5) *Verktøyene som benyttes ved MTS bør ha egenskaper som gir høy kvalitet på utdanningen*

Under følger en utdyping av kravene.

1) **Forskningen skal fremskaffe ny kunnskap**

Et grunnleggende krav til god forskning er at den fremskaffer ny kunnskap /D036/. Dersom forskningen ikke frembringer ny kunnskap vil den heller ikke ha noen verdi for samfunnet. Det innebærer at et absolutt krav til tiltaket er at det frembringer ny kunnskap som ikke kan produseres om man ikke gjennomfører tiltaket.

Denne KVUen fokuserer på *ny kunnskap innen det marintekniske kunnskapsområdet* generelt, og fire marintekniske kunnskapsområder spesielt; marin hydrodynamikk, marin konstruksjonsteknikk, marint maskineri og marin kybernetikk. I kapittel 2.5 ble det vurdert hvilke behov næringen har for ny kunnskap innen disse områdene.

Tiltakene som vurderes i denne KVUen er rettet mot kunnskapsområdene som nevnt over. Det er behov for en lang rekke ny kunnskap, og det er vanskelig å vite eksakt hvilken ny kunnskap næringen vil etterspørre i fremtiden. Det avhenger av mange forhold. Helt overordnet bør tiltaket gi ny kunnskap om:

- De hydrodynamiske egenskapene til ulike havromsteknologi. Det innebærer nye kunnskaper om hvordan havromskonstruksjoner påvirkes av viktige miljøparametere i havrommet som is, bølger og strømninger i havet samt vind.
- Styrkeegenskaper til ulike havromskonstruksjoner. Det innebærer ny kunnskap om hvordan kreftene en konstruksjon utsettes for påvirker konstruksjonen. Krefter fra bølger og strøm er hydrodynamiske effekter.
- Marine energi- og maskinerisystemer. Det innebærer ny kunnskap om hvordan motorer og maskineri virker under ulike betingelser som for eksempel ved ulike typer drivstoff.
- Også behovet for tverrfaglig kunnskap er løftet frem som viktig. Utvikling av ny teknologi krever tverrfaglig kunnskap. Det gjelder tverrfaglig kunnskap mellom de marintekniske områdene, og tverrfaglig kunnskap mellom marintekniske og andre kunnskapsområder.

Felles for alle er at forskningen ved MTS bør gi ny kunnskap til brukerne av MTS som ikke havromsnæringene ville fått i referansebanen. Ny kunnskap er et vidt begrep. Det omfatter også å bruke

allerede eksisterende kunnskap til å finne nye anvendelser eller det kan være ny kunnskap om det underliggende grunnlaget for fenomener og observerbare fakta.

2) Forskingen bør ha høy kvalitet

Det er en sammenheng mellom kvaliteten på forskningen og hvorvidt den gir ny kunnskap og derfor en verdi for samfunnet. Forskning som holder lav vitenskapelig kvalitet kjennetegnes av at den resulterer i liten eller ingen ny kunnskap.

Tiltaket bør derfor gjøre at *forskningen ved MTS får høyere kvalitet enn dersom tiltaket ikke gjennomføres*. Begrepet «forskningskvalitet» er langt fra entydig og når det kommer til konkrete vurderinger av kvaliteten på forskningsarbeid, er fagekspertene ofte uenige /D083/. NOU 2003: 25 viser til en tidligere studie fra Nordisk institutt for studier av innovasjon, forskning og utdanning (NIFU) hvor kvalitetsbegrepet kan inndeles i fire overordnede karakteristika ved god forskning: soliditet, originalitet, faglig relevans og samfunnsmessig/praktisk nytteverdi. Soliditet og originalitet er krav både til grunnforskning og anvendt forskning. Faglig relevans er først og fremst et krav til grunnforskning, mens samfunnsmessig eller praktisk nytteverdi er krav til anvendt forskning. For diskusjon av disse se NOU 2003:25. Forskingen ved MTS er i hovedsak anvendt forskning noe som innebærer at faglig relevans³⁹ er mindre aktuelt for denne typen forskning. Da står en igjen med de tre andre.

Med bakgrunn i definisjonen over av hva som gir høy kvalitet på forskningen så bør tiltaket gjøre at forskningen ved MTS:

- a) Karakteriseres av mer solid forskning med tiltak enn uten tiltak. Det innebærer at underbygging av påstander og konklusjoner, redelighet, faglig skoloring, grundighet og tålmodighet er bedre med tiltak enn uten. For forskningen ved MTS kan det for eksempel være at resultatene av modellforsøk i bassengene har mindre usikkerhet, kvaliteten på testene blir bedre.
- b) Gir økt teoretisk nyhetsverdi og original anvendelse av teori/metode på praktiske problemstillinger (originalitet) med tiltak enn uten tiltak.
- c) Gir en bedre praktisk/samfunnsmessig nytte med tiltak enn uten tiltak. Med praktisk nytte menes at resultatene kan anvendes av brukerne og for eksempel gi økonomisk eller miljømessig «utbytte» av forskningen.

Bedre verktøy for forskerne vil kunne gi bedre underbygging av påstander (teorier) om bølger og havstrømmers virkninger på havromskonstruksjoner.

3) Utdanningen bør ha høy kvalitet

Fremtidige kandidater som utdannes ved MTS bør ha høy faglig kompetanse for å møte de utfordringene havromsnæringene står overfor. Utdanningen ved MTS skal gjøre havromsnæringene rustet til å møte disse utfordringene. Utdanningen bør derfor ha høy kvalitet.

Tiltaket bør gjøre at *kvaliteten på utdanningen blir høyere med tiltak enn uten tiltak*. Som for forskningskvalitet er kvalitetsbegrepet vanskelig å definere. Nasjonalt organ for kvalitet i utdanningen (NOKUT) har lagt følgende i begrepet: «Med utdanningskvalitet mener vi kvaliteten på: 1) lærestedenes tilrettelegging for studentenes læring, og 2) studentenes læringsutbytte etter endt utdanning /D094/.

³⁹ Faglig relevans (faglig betydning) kan særlig utdypes med begrepene kumulativitet og generaliserbarhet. Kumulativitet kan dreie seg både om å fylle hull i tidligere forskning, bidra til forskningsfronten og å legge forholdene til rette for fremtidig forskning. Generaliserbarhet kan utdypes i form av overgripende forskning med bred faglig betydning eller ringvirkninger, avdekking av viktige eller generelle prinsipper, eller utvikling av forskningsverktøy og metoder /D083/.



Det betyr at etter tiltak bør:

- a) MTS være bedre tilrettelagt for læring enn uten tiltak. Det vil for eksempel kunne bety både høyere kvalitet på og bedre tilgang til verktøy (laboratorier og annet).
- b) Studentenes læringsutbytte være høyere enn uten tiltak. Med læringsutbytte forstås kunnskaper, ferdigheter og generell kompetanse.

En indikator for å vurdere kvaliteten på utdanningen er for eksempel å se på hvor raskt studentene får jobb og hvilken avlønning studentene får relativt til andre institusjoner.

4) Verktøyene bør ha egenskaper som kan produsere den kunnskapen næringene har behov for

Som vi var inne på i kapittel 2.6 må en ha tilgang til og mestre flere ulike verktøy om en skal produsere ny kunnskap innen det marintekniske kunnskapsområdet. Laboratorier, andre verktøy og kompetente forskere og vitenskapelig personell har utfyllt og vil fortsatt utfylle hverandre i produksjon av ny kunnskap i lang tid fremover.

Det finnes en rekke typer verktøy. Det rommer alt fra teoretiske og empiriske analyseverktøy, til laboratorier og til fullskala tester hvor havet benyttes som laboratorium. Disse verktøyene bør ha egenskaper (funksjoner og dimensjoner) som gjør dem egnet til å produsere ny kunnskap som havromsnæringene etterspør. For eksempel bør et verktøy som skal øke kunnskapen rundt hydrodynamikk evne å gjenskape viktige miljøparametere som bølger og strøm, mens dersom konstruksjonstekniske utfordringer skal løses bør verktøyene i størst mulig grad gjenskape de kreftene konstruksjonen utsettes for.

Tabell 5 hentet fra kapittel 2.6 gir et eksempel på sammenhengen mellom teknologiområdet som skal utvikles, behovet for ny kunnskap innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet og hvilke egenskaper et hydrodynamisk verktøy bør ha for å gi ny kunnskap.

Tabell 5. Eksempel på sammenhengen mellom teknologiområdet som skal utvikles, behovet for ny kunnskap innen hydrodynamikk og hvilke egenskaper verktøyene bør ha for å gi ny kunnskap

Teknologiområde	Behov for ny kunnskap	Egenskaper ved hydrodynamiske verktøy
Havbrukskonstruksjoner	Økt forståelse om interaksjon mellom fleksible strukturer og belastning fra bølger og strøm. Belastninger og respons for helt nye typer flytende konstruksjoner. Interaksjon mellom væskebevegelser i tanker og strukturens bevegelse i bølger.	Bølger, overflateareal og overflatestrøm.
Bunnfaste vindturbiner til havs	Behov for økt forståelse av samvirke mellom bølger, strøm og vind, og effekt av grunt vann. Ekstreme bølgeinduserte laster på strukturen (bølgeslag – slamming).	Grunt vann, vind, strøm, bølger og overflateareal
Skip	Behov for økt forståelse av skips egenskaper i bølger, med fokus på drivstofføkonomi, fremdrift- og manøvreringsegenskaper. Dynamisk stabilitet og laster i ekstreme værkondisjoner er også viktig (slamming, vann på dekk).	Fremoverhastighet i bølger, lengde basseng, utstyr for tvungne bevegelser av modellen, effektiv (automatisering) drift for rimelige langvarige parameterstudier
Forankrede offshore strukturer	Krefter i forankringssystemet for konstruksjoner utsatt for samtidig bølger, strøm og vind. Ankersystemer og egenskaper ved havbunnen. Dynamiske krefter på og respons av stigerør. Ekstreme bølgelaster (eksempel er bølgeslag i dekk).	Nøyaktig strøm i dypet, bølger og overflateareal
Undervannsteknikk	Krefter på rør, kabler og fjernstyrte- eller autonome undervannsfarkoster. Kybernetikk (styringssystemer, thrustere, sensorer og verktøy)	Dybde, strøm, bølger og overflateareal

5) Verktøyene bør ha egenskaper som gir høy kvalitet på utdanningen

På samme måte som at verktøy for å produsere ny kunnskap bør produsere den kunnskapen næringen har behov for, bør verktøyene for undervisning legge til rette for høy kvalitet på utdanningen.

Verktøyene (laboratorier og andre verktøy) skal være et hjelpemiddel til studentene slik at de skal kunne bli best mulig på de marintekniske fagdisiplinene. Da er tilgjengelighet til verktøyene for lærere og studenter viktig. Videre bør verktøyene være gode nok til at studentene kan studere ulike faglige utfordringer. Praktisk erfaring med for eksempel å kunne sette opp forsøk vil også kunne fremme læring og gi høy kvalitet.

4 ALTERNATIVER SOM SKAL ANALYSERES

Det har ikke vært KVVU-gruppens mandat å vurdere andre alternativer enn de som var gitt i mandatet (se Vedlegg I). Denne KVVUen avviker derfor fra en normal KVVU der en gjennomfører en mulighetsstudie for å identifisere alle mulige konseptuelle tiltak avgrenset av mål og krav utledet fra behovsanalysen.

Alternativene som analyseres i denne KVVUen er:

- Referansealternativet (0+): Videreføring av dagens Marintekniske senter med de vedlikeholdskostnadene som er nødvendig
- Alternativ D-Flex: Investering i nye forsknings- og undervisningslaboratorier
- Alternativ Adskilte laboratorier: Samme som alternativ D-flex, men de hydrodynamiske laboratoriene er adskilt.

Alternativ D-Flex tas ikke med videre i alternativanalysen, og det er vurdert flere alternativer innenfor alternativet Adskilte. Bakgrunnen for at D-Flex ikke tas med videre presenteres i kapittel 4.1, mens en beskrivelse av hvilke alternativer som vurderes i alternativanalysen gjøres i kapittel 4.2.

4.1 Alternativ D-Flex tas ikke med videre i analysen

Alternativene Adskilte laboratorier og D-flex innebærer investering i nye fasiliteter og funksjonaliteter på Marinteknisk senter på Tyholt. De to alternativene er sammensatt av flere tiltak; havbassenget renoveres og vedlikeholdes, slepetanken fases ut og rives, kavitasjonstunnelen flyttes til nytt bygg, det bygges et fellesverksted, nytt K-lab, nytt M-lab og det gjennomføres en satsing på hybrid testing og fullskala testing. I tillegg bygges nye kontorer og en ny universitetsbygning med studentauditorium og leseplasser.

I tillegg inneholder begge alternativene investering i store hydrodynamiske laboratorier. Det er investeringene i disse laboratoriene som skiller alternativene fra hverandre. I D-flex er det planlagt et tredelt basseng⁴⁰ med funksjonaliteter for et dypvannsbasseng, et sjøgangsbasseng og et havbasseng for bruk av studenter og forskere. I Adskilte er det i stedet planlagt tre separate bassenger; et dypvannsbasseng, et sjøgangsbasseng og et lite havromslaboratorium for studenter og forskere. Alternativene har imidlertid lik funksjonalitet.

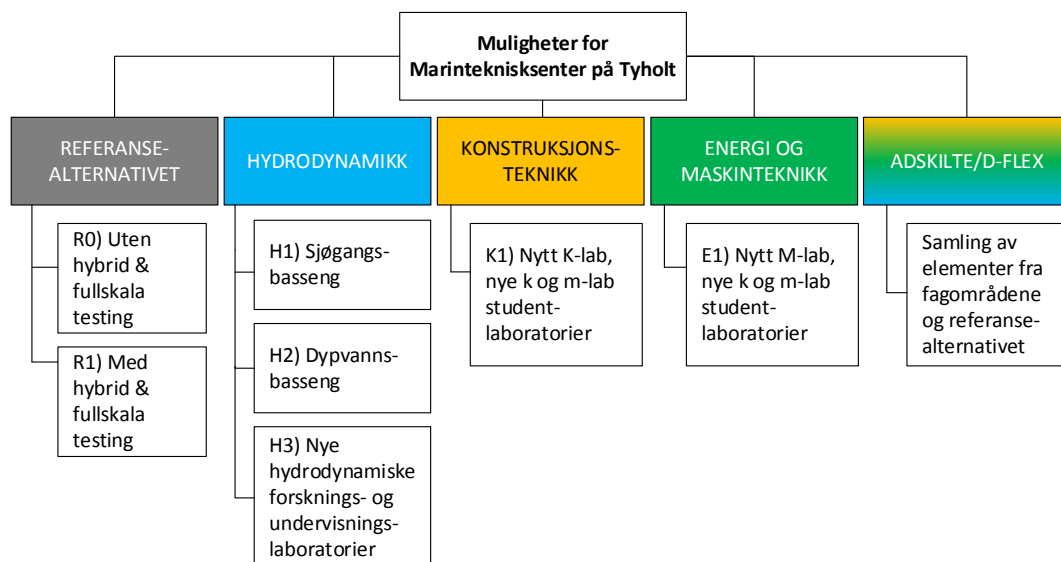
Alternativ D-Flex og alternativ Adskilte gir tilnærmet samme funksjonalitet og anses derfor rent konseptuelt å være like. Adskilte gir samtidig en høyere kapasitet. I de tilfeller som flex-bassenget benyttes som ett basseng så er det lavere kapasitet i alternativ D-flex. Det å ha et havbasseng for forskning- og undervisning som en del av et større laboratorium med tiltenkt brukt for oppdragsforskning kan påvirke forskning- og undervisningsaktiviteter negativt i perioder og føre til lite forutsigbar tilgjengelighet.

Investeringskostnaden er beregnet til å være om lag den samme for de to alternativene (se Vedlegg F). Siden alternativene har samme funksjoner, mens Adskilte har større tilgjengelighet anses derfor Adskilte å være mer samfunnsøkonomisk lønnsomt enn D-Flex. På bakgrunn av dette er ikke D-flex tatt med videre til alternativanalysen.

⁴⁰ Et flex-basseng

4.2 Det er vurdert flere alternativer innenfor Adskilte

For å kunne vurdere lønnsomheten i alternativet er det valgt å vurdere flere delalternativer innenfor alternativet Adskilte. De nye alternativene er delt inn etter kunnskapsområder som skissert i Figur 25 og består kun av elementer fra Adskilte.



Figur 25. Overordnet inndeling av alternativer etter kunnskapsområde.

I det videre presenteres først referansealternativet (heretter omtalt R0) samt referansealternativet med hybrid og fullskala testing (R1). Deretter presenteres de ulike tiltaksalternativene innen hydrodynamikk (H1-H3), konstruksjonsteknikk (K1) og energi- og maskinteknikk (E1).

4.2.1 Referansealternativet

Referansealternativet innebærer å gjøre det vedlikeholdet og investeringene som er nødvendig for å kunne opprettholde dagens laboratoriefunksjoner på MTS. Som Figur 25 viser er det to varianter av referansealternativet. Forskjellen er at det for R1 er lagt inn en satsing på andre verktøy; hybridtesting og fullskala testing. For mer detaljer om alternativene og de ulike elementene se Vedlegg E.

Referansealternativet (R0): opprettholde dagens funksjoner

Dagens funksjonaliteter ved Marinteknisk senter består av et havbasseng, en slepetank, en kavitasjonstunnel, et K-lab, et M-lab samt forsknings- og undervisningslaboratorier innen hydrodynamikk, konstruksjonsteknikk og energi- og maskinteknikk. I tillegg er der støttefunksjoner i form av verksteder og lager samt kontor og undervisningsareal.

Referansealternativet innebærer at dagens funksjonaliteter ved Marinteknisk senter på Tyholt videreføres. Det legges inn kostnader for den renovering som er nødvendig for å forlenge levetiden på dagens laboratorieutrustning og bygningsmasse med 40 år. Tabell 6 oppsummerer funksjonaliteten ved dagens laboratorier.

Tabell 6. Oversikt over fasiliteter og funksjon ved marinteknisk senter i dag.

Enhet	Funksjon
Havbasseng (LxBxD = 80x50x0-10m)	Havbassenget har et variabelt vanddyb (0-10 m), strømgenerering og tilnærmet 3D-bølger, ved utskiftning av bølgemaskiner oppgraderes funksjonaliteten til 3D-bølger.
Slepetank (LxBxD = 260x10,5x5,6-10m)	Slepetanken består av to tanker (tank I og III), og kan enten brukes i full lengde eller deles i to med en port. Tank I har en lengde på 175 m (dybde 5,6 m) mens tank III har en lengde på 85 m (dybde 10m). I slepetanken kan bølger simuleres i lengderetningen og tanken er utstyrt med to vogner for sleping og innfesting av modeller.
Kavitasjonstunnel	Kavitasjonstunnelen vil gjennom storskala infrastrukturmidler fra Forskningsrådet få en ny testseksjon, denne vil være operasjonell i 2018. Foreløpige mål på den nye testseksjonen er en lengde på 5 m, bredde på 1,3 m og høyde på 1,1 m.
K-lab	Laboratoriet inkluderer testutstyr for modellskala og fullskala stress- og tretthetstesting av ulike marine konstruksjoner som konstruksjonselementer, fleksible stigerør, kontrollkabler, strømkabler, fortøyning og ankersystem.
M-lab	Laboratoriet består av to forsøksmotorer, to motorceller, flere mindre motorceller, en forbrenningsrigg og et hybridlaboratorium (ABB Hybrid Power Lab). I tillegg er det to feltlaboratorier i tilknytning til laboratoriet; et for utslippsmålinger av VOC og et for utslippsmålinger av avgasskomponenter.
Forskning- og undervisningslaboratorier (LxBxD)	Hydrodynamikk: Marin kybernetikk lab (MCLab) for test av marine kontrollsystemer, Lilletanken (liten slepetank), Ladertanken (2D-bølgerenne), CWT (flumetank/strømningstank), liten kavitasjonstunnel, introlaboratoriet (rom for små forsøksoppsett for Marin Intro, vann og avløp), snekkerverkstedet (snekkerboden) og visualiseringslaboratoriet.
MCLab (39x6,45x1,5 m)	Konstruksjonsteknikk: Rom med utstyr for mindre labforsøk i konstruksjonsteknikk. I tillegg benyttes småslalabber i K-lab til undervisnings- og forskningsformål.
Lilletanken (28x2.8x1.0 m)	
Ladertanken (13x0.6x1.0 m)	
CWT (9,1x3x2,1 m)	Energi- og maskineriteknikk: To motortestceller og et «Mekkelab». NTNU er partner i ABB Hybrid Power Lab. I tillegg benyttes deler av M-lab til undervisnings- og forskningsformål.
Verksted og lager	Modellverksted for produksjon av modeller til de hydrodynamiske laboratoriene, freseverksted for skrog og større modeller, freseverksted for mindre modeller, 3 mekaniske verksted, et eksternt lager (ca. 1 mil utenfor byen), et lite lager på Tyholt og et lager nede ved havnen.
Kontor og undervisningsareal	Kontorer er lokalisert ulike plasser på MTS. Totalt har MARINTEK og NTNU omtrent 335 kontorplasser for ansatte. Av undervisningsareal er der studentarbeidsplasser (828 m ²), undervisningsrom (628 m ²), bibliotek (479 m ²), studentkantene (493 m ²) og lager (857 m ²)

Referansealternativet med hybrid og fullskala testing (R1)

I referansealternativet med hybrid testing og fullskala testing gjennomføres de samme tiltakene for å opprettholde dagens funksjoner ved Marinteknisk senter som i R0. I tillegg gjennomføres investeringer i ny kunnskap og nytt utstyr knyttet til hybrid testing og fullskala testing.

Hybrid testing – Etablering av 5 arbeidsgrupper som vil utvikle bruken av hybrid testing ved marinteknisk senter, de vil arbeide med; etablering av nødvendig kompetanse, aktiv kontroll av ankerliner, hybrid testing av skipsbevegelser, simulering av større vanddybder enn hva som er tilgjengelig i havbassenget i dag, hybrid testing for å løse motstridende skaleringslover.

Fullskala testing – Investering i instrumentering og målesystemer for måling i felt for; havbassenget, slepetanken og kavitasjonstunnelen, M-lab og K-lab. Satsingen på fullskala testing og måling er uavhengig av laboratoriene men forsterkende, kombinasjonen gjør det mulig å levere bedre kvalitet og en mer tilpasset tjeneste.

For mer informasjon om hybrid og fullskala testing, se Vedlegg J.

4.2.2 Alternativ med fokus på hydrodynamikk

De hydrodynamiske alternativene innebærer i hovedsak tiltak for å gi økt forsknings- og undervisningskvalitet innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet. I dette kapittelet presenteres tiltaksalternativene innen hydrodynamikk (H1 – H3). Beskrivelsen av hvert alternativ fokuserer på hovedelementet i alternativet og avsluttes med et avsnitt som beskriver øvrige element som er inkludert. For mer detaljer om alternativene og de ulike elementene se Vedlegg E.

H1 - Sjøgangsbasseng

I alternativ H1 bygges det et sjøgangsbasseng som erstatter dagens slepetank. Sjøgangsbassenget vil ha en 250 m lengde, 35 m bredde og en dybde på 6m. Sjøgangsbassenget vil kunne benyttes for testing av konstruksjoner med forverhastighet i 2D og 3D bølger. Det vil avsettes plass for rigging av modeller ved lang- og kortsiden av bassenget.

Ved bygg av et sjøgangsbasseng er det behov for en rekke utstyr for å sikre sjøgangsbassengets funksjonalitet. Sjøgangsbassenget vil ha bølgemaskiner som gir full 3D-generering, en vogn som kan slepe modeller i høy hastighet, vindgenerering med vindbatterier som er mobile og kan monteres på vognen, målesystem og to kraner (en ved lastesonen og en som kan festes på vognen).

Andre element i alternativ H1 inkluderer; flytt av kavitatsjonstunnelen, rivning av slepetanken, rivning av de kontor og undervisningsareal som kan rives, satsing på hybrid testing og fullskala testing. I tillegg kommer bygg av nye støttefunksjoner i form av; nye kontorer for ansatte ved MARINTEK, nytt fellesverksted og lager for de store laboratoriene, en ny universitetsbygning med studentareal, bibliotek, lager og arbeidsplasser for ansatte ved NTNU (inkl. PhD-studenter, gjesteforskere og vitenskapelig ansatte). Havbassenget, studentlaboratoriene, K-lab og M-lab renoveres og vedlikeholdes som i R0.

H2 - Dypvannsbasseng

I alternativ H2 bygges det et dypvannsbasseng. Dypvannsbassenget erstatter ikke noe eksisterende laboratorium men kommer som et tillegg. Bassenget vil ha en bredde og lengde på 35 m, dybden på 15 m vil muliggjøre studier på vanddybder ned til 1500m uten trunkering eller hybrid testing. Det vil avsettes plass for rigging av modeller ved siden av bassenget.

Ved bygg av et dypvannsbasseng er det behov for en rekke utstyr for å sikre funksjonalitet. Dypvannsbassenget vil som sjøgangsbassenget ha behov for bølgemaskiner som gir full 3D-generering, en vogn for innfesting av modeller, vindgenerering med vindbatterier som er mobile og kan monteres på vognen, målesystem og en kran eller lignende løfteutstyr. I tillegg vil dypvannsbassenget utrustes et strømanlegg, høy og senkbar bunn samt dykkerutrustning. Prinsipp for strømgenerering vil være sirkulasjon av vann i rørgater under bassenget.

Andre element i alternativ H2 inkluderer; flytt av kavitatsjonstunnelen, rivning av de kontor og undervisningsareal som kan rives, satsing på hybrid testing og fullskala testing. I tillegg kommer bygg av nye støttefunksjoner i form av; nye kontorer for ansatte ved MARINTEK, nytt fellesverksted og lager for de store laboratoriene, en ny universitetsbygning med studentareal, bibliotek, lager og arbeidsplasser for ansatte ved NTNU (inkl. PhD-studenter, gjesteforskere og vitenskapelig ansatte). Havbassenget, slepetanken, studentlaboratoriene, K-lab og M-lab renoveres og vedlikeholdes som i R0.

H3 - Studentlaboratorier for forskning og undervisning innen hydrodynamikk

I alternativ H3 bygges nye studentlaboratorier for forskning og undervisning innen hydrodynamikk; et lite havromslaboratorium med studentfasiliteter og et smålabareal. Laboratoriene etableres i et nytt forskning- og undervisningslaboratoriebygg.

Det lille havromslaboratoriet vil ha en lengde på 66 m, bredde 15 m og dybde 5 m. Bassenget vil ha bølgemaskiner for generering av 3D-bølger, en to-akset slepevogn og et tilknyttet kontrollrom. I tillegg vil det bygges et auditorium med utsikt over bassenget.

Smålaboratoriene er planlagt samlokalisert i et fleksibelt areal, med fleksibelt menes at enkelte deler av laboratorieinfrastrukturen skal kunne skiftes ut eller modifiseres med et minimum av bygningsmessige inngrep. Det skal finnes mulighet for avskjerming mellom laboratoriene (med enkle skillevegger eller automatiske hev/senk vegger). Følgende laboratorier er foreslått inkludert i smålab-areale, i tillegg til det lille havromslaboratoriet:

- Nye men finnes allerede i dag: liten slepetank, liten kavitasjonstunnel, stor bølgerenne samt flytt av eksisterende strømningstank (flume)
- Helt nye funksjoner: liten vakuumbasseng, dropp-forsøksrigg (for slamming-forsøk), stort U-rør (for testing av konstruksjoner i oscillerende strøm), lite U-rør (for testing av konstruksjoner i oscillerende strøm), sirkulært bølgebasseng, tre små bølgerenner

Andre element i alternativ H3 inkluderer; riving av de kontor og undervisningsareal som kan rives, satsing på hybrid testing og fullskala testing. I tillegg kommer bygg av nye støttefunksjoner i form av; nye kontorer for ansatte ved MARINTEK, nytt fellesverksted og lager for både de store laboratoriene og forsknings- og undervisningslaboratoriene, en ny universitetsbygning med studentareal, bibliotek, lager og arbeidsplasser for ansatte ved NTNU (inkl. PhD-studenter, gjesteforskere og vitenskapelig ansatte). Havbassenget, slepetanken, kavitasjonstunnelen, K-lab og M-lab renoveres og vedlikeholdes som i R0.

4.2.3 Alternativ med fokus på konstruksjonsteknikk og energi- og maskinteknikk

I dette kapittelet presenteres tiltaksalternativene innen konstruksjonsteknikk og energi- og maskinteknikk (K1 og E1). Beskrivelsen av hvert alternativ fokuserer på hovedelementet i alternativet og avsluttes med et avsnitt som beskriver øvrige element som er inkludert. For mer detaljer om alternativene og de ulike elementene se Vedlegg E.

K1: Nytt K-lab

I alternativ K1 bygges det et nytt konstruksjonslaboratorium med et areal på omkring 3600 m² BTA. Det investeres også i nye studentlaboratorier for forskning og undervisning innen konstruksjonsteknikk og energi- og maskinteknikk.

I det nye K-lab vil eksisterende utstyr gjenbrukes i den grad det er mulig (f.eks. dagens fullskala testtrigge). Det vil også investeres i; to dynamiske testtrigge, to testtrigge som skal gi fleksibilitet til laboratoriet, tre nye kraner (med løftekapasitet på 30, 20 og 10 tonn), en ny spennplate som tar opp vibrasjoner fra rigg og forhindrer skader i golv (1 MN punktkapasitet, anslagsvis 120 tonn, vibrasjonsisolert), et H2S-lab med 2 nye rigger i eget rom, for styrke- og utmattingstesting i korrosivmiljø og tre sylindrer (2, 5, 10 tonn) for småskaletesting.

De nye studentlaboratoriene inkluderer laboratorier innen konstruksjonsteknikk (undervisnings K-lab, forsknings K-lab og et lettlab) og maskineri- og energiteknikk (maskineri-/energilab, motor-/energilab, videreutvikling av Hybrid Power Lab). Alle studentlaboratoriene, utenom forsknings K-lab, er planlagt etablert i et separat laboratoriebygg.

I tillegg satses det i K1 på hybrid og fullskala testing som i R1, samtidig som M-lab, havbassenget, slepetanken, kavitasjonstunnelen, de hydrodynamiske studentlaboratoriene og kontor- og undervisningsareal renoveres som i R0.

E1 - Ny M-lab

I alternativ E1 bygges det et nytt energi- og maskinerilaboratorium med et areal på omkring 1900 m² BTA. Det investeres også i nye studentlaboratorier for forskning og undervisning innen konstruksjonsteknikk og energi- og maskineriteknikk som i K1.

I det nye M-lab vil eksisterende utstyr gjenbrukes i den grad det er mulig, det nye laboratoriet vil inkludere:

- Et fremdriftslaboratorium for forskning og studier av ulike systemer for energiproduksjon til fremdrift av skip
- Et prosesslaboratorium for forskning og studier av motorutvikling og forbrenningsprosesser. Kan benyttes for studier for utvikling av mer effektive motorer, effektivisering av forbrenningsprosessen i nye og eksisterende motorer, utvikling av nye drivstoff
- Et Clean room som gir muligheten for kalibrering av sensitiv instrumentering
- Generelt fleksibelt laboratorium for å håndtere nye og ukjente problemstillinger, samt forsøk/studier som er av unik karakter
- Et kontrollrom for styring og kontroll av laboratorie-infrastruktur og utstyr. Kan også brukes til studier innen menneske-maskin problemstillinger.
- Instrumentering for feltmålinger, for dette kan til største del allerede eksisterende utstyr benyttes.

I tillegg satses det i E1 på hybrid og fullskala testing som i R1, samtidig som K-lab, havbassenget, slepetanken, kavitasjonstunnelen, de hydrodynamiske studentlaboratoriene og kontor- og undervisningsareal renoveres som i R0.

4.2.4 Adskilte laboratorier

Alternativ Adskilte er en kombinasjon av de hydrodynamiske alternativene (H1-H3) og alternativene innen konstruksjonsteknikk og energi- og maskinteknikk (K1 og E1). Det bygges et sjøgangsbasseng, et dypvannsbasseng, nytt K-lab, nytt M-lab og nye studentlaboratorier for forskning- og undervisning.

I Adskilte etableres studentlaboratorier som i alternativ H3 og K1/E1, det innebærer:

- et havromslaboratorium med studentfasiliteter
- smålabareal for forskning og undervisning innen hydrodynamikk
- undervisnings K-lab, forsknings K-lab og et lettlab
- maskineri-/energilab, motor-/energilab og videreutvikling av Hybrid Power Lab

Alle studentlaboratorier etableres i et separat laboratoriebygg, bortsett fra forsknings K-Lab som plasseres i tilknytning til nytt K-lab.

Andre element i alternativ Adskilte inkluderer; rivning av bygg (inkl. slepetanken, M-lab, K-lab, kavitasjonstunnelbygget, kontor- og undervisningsareal, verksted og lager) og satsing på hybrid testing og fullskala testing. I tillegg kommer bygg av nye støttefunksjoner i form av; nye kontorer for ansatte



ved MARINTEK, nytt fellesverksted og lager for både de store laboratoriene og forsknings- og undervisningslaboratoriene, en ny universitetsbygning med studentareal, bibliotek, lager og arbeidsplasser for ansatte ved NTNU (inkl. PhD-studenter, gjesteforskere og vitenskapelig ansatte). Havbassenget renoveres og vedlikeholdes som i R0.

5 ALTERNATIVANALYSEN

Hensikten med alternativanalysen er å gi en systematisk vurdering av alternativene med hensyn til samfunnsøkonomiske virkninger. Dette danner det faglige grunnlaget for anbefalingen om hvilken strategi som bør velges når det gjelder utbedringen av MTS og alternativer for dette. Analysen er gjennomført i henhold til gjeldene retningslinjer for samfunnsøkonomiske analyser; Direktoratet for økonomistyrings veileder fra 2014/D096/, rundskriv R-109/14/D097/ og NOU 2012:16/D098/. I den samfunnsøkonomiske analysen er det sett på virkninger knyttet til valg av ulike forbedringer og endringer i laboratoriestrukturen.

I den samfunnsøkonomiske analysen er det sett på virkninger av å utvide Marinteknisk senter. Mer presist å investere i nye laboratorier som skissert i kapittel 4. Som påpekt i mulighetsstudien omfatter ikke analysen alternativet D-flex, men det er vurdert flere alternativer innen konseptet Adskilte laboratorier. Vi har da skilt ut de ulike laboratoriene som ligger inne i *konseptet* Adskilte laboratorier og analysert de samfunnsøkonomiske virkningene som utløses fra hvert enkelt. Det vil si at *alternativet* Adskilte laboratorier i det følgende presenteres som et alternativ på lik linje med hvert av de ulike laboratoriene og referansealternativet.

Innledningsvis er det gitt et kort sammendrag av alternativanalysen. Deretter følger en mer detaljert sammenstilling av resultatene fra analysen. Det er gjennomført en følsomhetsanalyse som er i Vedlegg H. Avslutningsvis følger drøfting av resultater og anbefaling.

5.1 Sammendrag og anbefaling

Tabell 7 oppsummerer forventede kostnader og nytte av å investere i nye verktøy til forskning- og undervisning innen det marintekniske kunnskapsområdet. Investeringskostnadene varierer fra MNOK 2 700 i nåverdi til MNOK 180 avhengig av alternativ. Når en skattefinansieringskostnad på 20 % av investeringskostnaden inkluderes så varierer de totale kostnadene fra MNOK 220 til MNOK 3 280. Tabellen viser at de prissatte nytteeffektene mer enn overstiger kostnaden i alle alternativer utenom alternativ H3: Studentlaboratorier. Alternativ H3 forventes imidlertid å ha ikke-prissatte nytteeffekter som overstiger kostnaden. Størst nettonåverdi er det forventet for alternativ Adskilte som innebærer en investering i alle laboratorier.

KVU-gruppens vurdering er at verdien av økt forskningsaktivitet og høyere kvalitet på undervisningen innen det marintekniske kunnskapsområdet overstiger kostnaden ved å investere i nye verktøy for forskning og undervisning.

Dagens laboratorier, med vedtatt oppgradering, er ikke gode nok til at MTS vil kunne produsere den nye kunnskapen og de kandidatene innen de marintekniske kunnskapsområdene som havromsnæringene har behov for. En forbedring i verktøyfunksjonalitetene medfører en forventning om økt forskningsaktivitet og økt kvalitet på undervisningen som igjen gir havromsnæringene høyere kvalifisert arbeidskraft.

Økt forskning og bedre kandidater innen det marintekniske kunnskapsområdet forventes å resultere i ny teknologi som for eksempel nye tekniske løsninger, nytt utstyr, bedre funksjon på eksisterende utstyr og lignende. Havromsnæringenes verdi av ny teknologi vil være i form av reduserte kostnader ved å fremstille et produkt eller gjennomføre en prosess (prosessinnovasjon) eller i form av økt markedsverdi av et nytt produkt (produktinnovasjon).

I prinsippet kan havromsnæringenes kunnskapsutfordringer også løses av andre forskningsinstitutt enn MTS (både utenlandske og norske). Det betyr likevel at ikke alle forskningsbehovene kan møtes av andre da de ikke nødvendigvis besitter samme kompetanse og har tilgang på laboratorier. I tillegg forventes det at det er en høyere verdi for norske havromsnæringer at kunnskapen kommer fra Norge,

og da MTS. Dette skyldes at kunnskapsspredningen er mer effektiv og har høyere kvalitet når kunnskapen utvikles i nær relasjon, både geografisk og kulturelt.

Tabell 7. Resultater fra alternativanalysen til forskjell fra referansebanen. Prissatte virkninger er nåverdi i MNOK 2015. Ikke-prissatte virkninger er rangert etter forventet der 1 er best.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangs basseng	H2: Dypvanns basseng	H3: Studentla- boratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Kostnader	-220	-1 560	-1 430	-1 140	-610	-400	-3 280
Investeringskostnader	-180	-1 300	-1 190	-950	-510	-330	-2 730
Skattefinansierings- kostnad	-40	-260	-240	-190	-100	-70	-550
Nytte	360	1 580	1 710	560	970	510	4 270
Overskudd MTS	130	520	550	130	340	180	1 470
Direkte merverdi	120	550	620	190	340	170	1 490
Kunnskaps- eksternaliteter	110	510	540	240	290	160	1 310
Nettonåverdi	140	20	280	-580	360	110	990
Ikke-prissatte nytteeffekter, rangering							
Utdanningseffekter	3	3	3	1	3	3	1

Tabell 7 viser tre prissatte nyttegevinster av økt forskningsaktivitet ved MTS. Den første effekten, omtalt som **overskudd MTS** i tabellen, viser at investeringene for det første resulterer i en inntektsvekst for MTS som et resultat av bedre kvalitet på forskningen eller at forskningen kan gjennomføres mer kostnadseffektivt. Dette øker etterspørselen etter forskningstjenester fra MTS og driver inntektene opp ved at MTS kan selge flere tjenester eller ta en høyere pris på de tjenestene de selger. Noe av denne inntektsveksten motsvares av økte driftskostnader som følge av flere laboratorier og flere forskere. Det forventes at verdien av forskningen (inntektene) øker mer enn økningen i driftskostnadene. Dette overskuddet representerer en forventning om at MTS blir mer produktiv som følge av investeringen. Dette er produktivitetsevinster for MTS som også innebærer en samfunnsøkonomisk gevinst som for en normal markedsaktør ville tilfalt eierne i form av økt driftsoverskudd⁴¹. Siden det er en forventning om at driftskostnader og driftsinntekter ved MTS over tid går i null vil dette overskuddet enten brukes til å investere i kompetanse hos forskerne (høyere lønninger) eller til å øke kvaliteten på verktøy eller annen infrastruktur som igjen resulterer i mer og bedre forskning.

Det forventes også forskningen ved MTS har en merverdi for kundene til MTS utover det de betaler for forskningstjenestene, og er omtalt som **direkte merverdi** i tabellen. Dette er den privatøkonomiske avkastningen bedriften har ved å utføre forskning ved MTS. Derne er det forventet at forskningsaktiviteten gir **positive kunnskapseksternaliteter** for havromsnæringene og samfunnet for øvrig. Kunnskapseksternalitetene reflekterer den samfunnsmessige gevinsten av forskningsaktiviteten utover den privatøkonomiske verdien. Det er sannsynlig at den nye kunnskapen produsert ved MTS har en produktiv anvendelse også for andre enn aktøren som bestilte forskningsprosjektet.

Bedre laboratorier forventes også å gi økt kvalitet på utdanningen som igjen øker verdiskapingsevnen i samfunnet. I tabellen er det omtalt som **utdanningseffekter**. Denne verdien har det ikke vært mulig å prissette, og den omtales som en ikke-prissatt effekt i tabellen ovenfor.

Alle alternativene har positive nyttevirksomheter sammenlignet med referansebanen. Det kommer av forventninger om økt forskningsaktivitet grunnet økt funksjonalitet i de ulike alternativene. Beregnet overskudd, direkte merverdi og økning i kunnskapseksternalitetene følger alle direkte av økningen i forskningsaktiviteten. I tillegg, for alternativene hvor det investeres i nye **studentlaboratorier** (H3 og Adskilte), forventet betydelige utdanningseffekter. Det er sannsynlig at utdanningseffektene overgår den

⁴¹ Dette beskrives ofte som produsentoverskudd i samfunnsøkonomiske analyser.

negative nettonåverdien på MNOK 580 som følge av en investering i nye studentlaboratorier. Nye studentlaboratorier vil bedre tilgangen for studentene og gi høyere kvalitet på undervisningen. Dette skaper en privatøkonomisk gevinst (for studentene) og en samfunnsøkonomisk gevinst. For at nye studentlaboratorier skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt må disse verdiene være over MNOK 15 per år over analyseperioden. KVVU-gruppen mener at det er sannsynlig at det vil være tilfellet.

Hvor store nyttevirkingene av de ulike alternativene har, avhenger av hvilken ny kunnskap de ulike investeringene muliggjør. Alternativet med **sjøgangsbasseng** har laveste forventede nytteeffekt når vi ser på investering i de to store laboratoriene (H1 og H2). Dette skyldes at det er alternativet som har lavest forventet økning i forskningsaktiviteten. Sjøgangsbassenget med sin lengde og bølger er først og fremst nyttig for maritim næring til forskjell fra **dypvannsbassenget** som med både bølger, strøm og dybde kan løse flere næringers utfordringer innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet.

Det er også forventet at alternativet hvor det investeres i **andre verktøy (R1)** og studentlaboratorier (H3) vil kunne bidra til å løse forskningsutfordringer som ellers ikke kan løses med dagens verktøy. Interessenter fra havromsnæringene har påpekt at de nye studentlaboratoriene er interessante også for dem med hensyn på forskning innen det hydrodynamiske kunnskapsområdet.

Også en investering i bedre funksjonalitet til å gjennomføre konstruksjonstesting (**K-Lab**) og til å forske på motorer og maskinerisystemer (**M-Lab**) er forventet å øke forskningsaktiviteten innen disse områdene som gir ny kunnskap og nytteverdi. Alternativ K1 forventes å ha størst prissatt samfunnsøkonomisk verdi hvis vi ser bort fra Adskilte. Dette skyldes at investeringskostnadene ved dette alternativet er betydelig lavere enn dypvannsbassenget som gir høyest forventet nytte.

I alle alternativer (eksklusive R1, K1 og E1) investeres det i nye verksteder og andre støttefunksjoner (så som nye kontor- og undervisningsareal) samt mindre tiltak som forventes å bidra til å effektivisere gjennomføringen av forsøk i basseng. Dette i sin tur bidrar til å styrke konkurranseevnen til MTS og gir høyere inntekter. Disse effektiviseringstiltakene er reflektert i den forventede inntektsøkningen i alternativene.

Av alternativene kommer Adskilte best ut. Dette skyldes at det ved en investering i alle kunnskapsområdene kan forventes synergieffekter mellom kunnskapsområdene i tillegg til at det inneholder elementer fra de andre alternativene som hver for seg er lønnsomme. Dette gir utslag i bedre kvalitet på forskningen. Det vil si høyere overskudd, økt merverdi, større kunnskapseksternaliteter og bedre utdanningskvalitet enn i hver enkelt investering.

Anbefaling

Innenfor mulighetsrommet i denne KVVUen anbefales det å gå videre med alternativet Adskilte til neste fase. Dette alternativet består av flere små og store tiltak som forventes å være samfunnsøkonomisk lønnsomme, og som til sammen forsterker hverandre og gir større gevinst enn enkeltvis.

Det anbefalte alternativet består av flere delinvesteringer som kan gjøres uavhengige av hverandre. Selv om det på et konseptuelt nivå er alternativet med Adskilte laboratorier som fremstår som mest samfunnsøkonomisk lønnsomt er det enkelte delelementer det er knyttet større usikkerhet rundt virkningene til enn andre.

I en realopsjonstankegang kan det være formålstjenlig å vente med å investere i dypvannsbassenget. Årsaken er at vi mener *det kan øke prosjektlønnsomheten å utsette tidspunkt for iverksettelse for bygging av dypvannsbassenget*. Dypvannsbassenget er forventet å være det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme av de ulike bassengene da alternativet gir ny verktøyfunksjonalitet som er verdifull for havromsnæringene. Det gjelder strøm, vind, dybde og kombinasjonen bølger fra alle sider og strøm i



samme laboratorium. Disse funksjonskravene kan potensielt møtes ved hjelp av havbassenget, men det er sammenlignbart dårligere strøm i havbassenget og havbassenget er ikke like dypt.

Det er dermed ikke sagt at de samfunnsøkonomiske gevinstene ikke kan utløses på andre måter enn ved et dypvannsbasseng. Det er heftet stor usikkerhet ved verdien av dypvannsbassenget når en sammenligner med alternativ R1. Usikkerheten gjelder hvordan en investering i andre verktøy kan møte næringenes etterspørsel etter ny kunnskap om dypvannsproblematikk spesielt.

KVU-gruppens vurdering er at det *kan* være en verdi i å vente med å investere i nytt dypvannsbasseng til en har fått mer informasjon om hvordan forskere og næringen tar i bruk hybrid- og fullskala testing, og hvordan metoder og teknologi for hybrid testing, fullskala testing og simuleringer utvikler seg. Dette er et område i rivende utvikling, og det er ikke usannsynlig at flere av forskningsutfordringene kan løses ved hjelp av andre verktøy i kombinasjon med havbassenget og de andre laboratoriene i fremtiden.

Det bør derfor i den videre fasen gjøres en vurdering av om det er grunn til å vente og se, og utsette oppstart av bygging av dypvannsbassenget fordi det kan innhentes mer informasjon før beslutningen fattes. Dette utelukker heller ikke at det kan øke prosjektlønnsomheten å endre utformingen av et dypvannsbasseng.

5.2 Samfunnsøkonomiske virkninger av utvidelse av Marinteknisk senter

Som påpekt i behovsanalysen, kapittel. 2, driver MTS med *forskning og undervisning innen det marine tekniske kunnskapsområdet*. Forskningen produserer ny kunnskap til havromsnæringene og utdanningen resulterer i høyt kvalifiserte kandidater som havromsnæringene kan benytte seg av.

Det er identifisert både kostnads- og nytteeffekter ved å utvide MTS med nye laboratorier og andre verktøy. I en samfunnsøkonomisk analyse skal alle inntekter og kostnader vurderes opp mot referansealternativet som i dette tilfellet er å gjøre nødvendig investeringer og vedlikehold for å kunne opprettholde funksjonene til dagens verktøy gjennom levetiden.

5.2.1 Identifiserte kostnadsendringer

Kostnadene ved å utvide MTS med nye verktøy (laboratorier og annet verktøy) er delt inn som følger:

- Investeringskostnader
- FDVU-kostnader
- Lønnskostnader
- Skattefinansieringskostnader

5.2.2 Identifiserte nyttevirksomheter

De samfunnsøkonomiske nyttevirksomheter av nye forsknings- og undervisningslaboratorier på MTS kommer i form av at nye laboratorier vil gi økt forskningsaktivitet og økt kvalitet på utdanningen ved MTS. Dette gjør at vi har valgt å diskutere effektene av tiltakene i to deler. En del som omhandler effekter av økt forskningsaktivitet og en del som omhandler effekter av økt kvalitet på utdanningen (utdanningseffekter).

Effekter av økt forsknings- og utviklingsaktivitet

Forskning skal bidra til ny kunnskap. Ny kunnskap har en verdi i form av at det bidrar til økt produktivitet enten ved at kvaliteten på de tjenestene og varene samfunnet produserer (produktinnovasjon) øker, eller at varer og tjenester kan produseres med lavere faktorinnsats gitt samme produksjonsmengde (prosessinnovasjon).

En økning i etterspørselen etter forskningstjenester som følge av ny laboratorieinfrastruktur øker inntektene til MTS. Dette fører til et samfunnsøkonomisk overskudd (**produsentoverskudd**) for MTS som for en profittmaksimerende bedrift sannsynligvis ville tilfalt eierne i form av økt overskudd. Ettersom MTS ikke er en profittmaksimerende aktør er det imidlertid usikkert hvordan dette produsentoverskuddet vil benyttes. Historisk har MTS vært en nullprofittaktør som har benyttet eventuell marginer på de tjenestene som selges til å finansiere andre aktiviteter eller øke lønningene til de ansatte. Det betyr imidlertid ikke at produsentoverskuddet forsvinner. Dersom et potensielt overskudd benyttes til å øke avlønningen for de ansatte innebærer det bare at produsentoverskuddet tilfaller arbeideren fremfor kapitaleierne. Ettersom nye laboratorier forventes å gi økt inntekter og mer effektiv drift fremover er det sannsynlig at dette vil resultere i økt produsentoverskudd. Deler av inntektsøkningen kommer imidlertid som følge av økt aktivitet hvilket vil føre til økte driftskostnader. For å reflektere potensialet for økt produsentoverskuddet de ulike alternativene kan gi har vi delt driftskostnadene i lønnskostnader og kostnader knyttet til vareinnsats. Lønnskostnadene kan da måles opp mot arbeidsinnsatsens verdi i alternativ anvendelse, hvilket kan være lavere enn marginalproduktiviteten ved MTS. For kostnader knyttet til vareinnsats forventes det derimot at markedsprisen på varene reflekterer verdien ved alternativ anvendelse.

En forbedring i verktøyfunksjoner (laboratorier og annet verktøy) på MTS forventes å gi økt forskningsaktivitet. Økt forskningsaktivitet gir en **direkte nytteøkning** for aktørene som kjøper forskningstjenesten (produkt- og prosessinnovasjon). Dette er nytteeffekter som er tallfestet i vår analyse basert på en antakelse om at prisen på forskningstjenesten er lavere enn betalingsviljen, og at det dermed eksisterer et **kunde- eller konsumentoverskudd**. Vi identifiserer dette konsumentoverskuddet ved å beregne forventet avkastning for bedriftene av forskningsinvesteringer. En årsak til at FoU tjenestene kan ha en verdi for kunden utover den prisen de betaler er at verdien av ny kunnskap ofte er mindre synlig for kunden. I det ligger det at den kommersialiserbare verdien av kunnskapen ikke oppstår umiddelbart, men realiseres over tid. En annen årsak til at det kan være ny kunnskap ikke alltid utgjør en marginal forbedring, hvilket ofte er en grunnleggende antakelse i samfunnsøkonomiske analyser. Videre kan leverandører av FoU-tjenester ha manglet informasjon om kundenes reelle betalingsvillighet. Ulike kunder kan ha forskjellig betalingsvillighet for samme tjeneste uten at kunnskapsleverandøren er i stand til å identifisere og kapitalisere på dette (prisdiskriminering).

I tillegg til inntektene som går til MTS og konsumentoverskuddet (forventet merverdi av forskningsinvesteringen) antar vi at en investering i nye laboratorier vil gi **økt verdi for havromsnæringene spesielt og samfunnet for øvrig generelt** utover den som tilfaller kundene direkte. Disse effektene kommer som følge av positive kunnskapseksternaliteter fra forskningen. Disse kunnskapseksternalitetene kan potensielt være store og forsterkes ved at de spres i en stor næring som er nært koblet sammen. De positive **kunnskapseksternalitetene** forventes å øke når det skapes ny kunnskap og når aktørene i næringene kan ta i bruk eller få impulser fra denne nye kunnskapen gjennom kunnskapsspredning som igjen leder til adopsjon og imitasjon av nye løsninger. Kunnskapseksternalitetene spres fra MTS til næringene, men også internt i næringene og tilbake til MTS fordi kundene og forskningsinstitusjonen er tett integrert i hverandres virksomhet.

Det er sannsynlig at kunnskapseksternalitetene blir sterkere i en næringsklynge og at kunnskapseksternalitetene fra aktiviteten på MTS forsterkes ved at det er sterk konkurranse i næringene (innovasjonspress og innovasjonsimpulser) og ved at det er stordriftsfordeler (lavere transaksjonskostnader og komplementaritet) som igjen forsterkes av geografisk nærhet.

Vi har tallfestet verdien av alle disse nyttevirkningene.

Effekter av økt kvalitet på utdanningen

Økt kvalitet på og bedre tilgang til laboratoriene - og spesielt undervisningslaboratoriene - vil potensielt bidra til økt kvalitet på utdanningen på IMT. Dette drives av flere mekanismer. For det første vil bedre tilgang til laboratorier med høyere kvalitet gjøre studentene bedre, både i form av praktiske og teoretiske ferdigheter. Bruk av laboratoriene til eksperimenter, som en del av master- eller doktorgradsprosjekter, forventes å øke kunnskapen til studentene. Høyere og kvalitativt bedre forskningsaktivitet som følge av bedre funksjonalitet på laboratoriene kan bidra til at det tiltrekkes bedre vitenskapelig ansatte som benyttes i undervisningen og som veiledere på studentprosjekter.

Økt kvalitet på utdanningen har en positiv privatøkonomisk effekt, fordi studentene kan forventet høyere lønn som en respons på økt betalingsvilje i næringene for den økte kvaliteten. Økt kvalitet på utdanningen har også en samfunnsøkonomisk gevinst ved at havromsnæringene og samfunnet for øvrig blir mer effektivt og konkurransedyktig. Årsaken er bedre kvalitet på human kapitalen næringene tar i bruk i sin produksjon.

Disse utdanningseffektene har vi ikke tallfestet, men vi argumenterer for ulik størrelse på disse effektene i de ulike alternativene.

5.3 Gjennomgang av kostnad- og nyttevirkninger

I dette kapitlet beskrives først kostnadselementene og deretter nyttevirkningene. Kostnadselementene FDVU-kostnader og lønnskostnader for vitenskapelig ansatte reduserer overskuddet for MTS og er derfor inkludert i «Overskudd MTS» i tabell for resultater fra alternativanalysen, se Tabell 7. De er likevel beskrevet eksplisitt i det følgende i kap 5.3.2 og 5.3.3. Alle tall oppgis i nåverdi og MNOK 2015-priserm relativt til referansealternativet, avrundet til nærmeste MNOK 10.

5.3.1 Investeringskostnader

Investeringskostnadene for alternativene inkluderer entreprisekostnad for nye bygg, kostnader for rivning av gamle bygg, renoveringskostnader for den del av dagens bygningsmasse som beholdes, kostnader for utstyr i laboratoriene, kostnader for utstyr til hybrid testing og fullskala testing samt kostnader for utvikling av senterets kunnskap innen hybrid testing. Tabell 8 viser investeringskostnad per alternativ relativt referansealternativet (R0), i nåverdi. For beskrivelse av alternativene se kapittel 4 og Vedlegg E. For hele investeringskostnadsbildet henvises det til usikkerhetsanalyse av investeringskostnadene i Vedlegg F.

Tabell 8. Investeringskostnad per alternativ. Endring fra referansealternativet. Nåverdi av forventningsverdier og MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Investerings- kostnader	180	1 300	1 190	950	510	330	2 730

Den største forskjellen i investeringskostnad skyldes det nye hovedelementet i hvert enkelt alternativ (sjøgangsbasseng, dypvannsbasseng, nye studentlaboratorier, nytt K-lab, nytt M-lab), og forskjellen blir størst i Adskilte siden det her er flere nye elementer inkludert.

Andre elementer som forklarer forskjellen mellom investeringskostnaden i alternativene og i referansealternativet er; nytt fellesverksted, nytt universitetsbygg og nye kontorer, investering i hybrid og fullskala testing, flytt av kavitasjonstunnelen, behov for reetablering av forskning- og undervisningslaboratorier lokalisert i bygninger som planlegges revet. I det følgende beskrives disse elementene mer i detalj.

- Investering i Hybrid testing og fullskala testing gjennomføres i H1, H3, K1 og E1 på samme nivå som i R1. I H2 og Adskilte investeres det i tillegg i hybrid testing og fullskala testing for dypvannsbassenget, det fører til en ytterligere økning i investeringskostnad sammenlignet med referansealternativet.
- Bygg av nytt fellesverksted for de store laboratoriene fører til økt investeringskostnad i H1 og H2 sammenlignet med R0. I H3 og Adskilte investeres det i tillegg i et fellesverksted for forsknings- og undervisningslaboratoriene, noe som øker investeringskostnaden ytterligere.
- Bygg av nytt universitetsbygg og nye kontorer (i H1, H2, H3 og Adskilte) fører til en økning i investeringskostnad sammenlignet med referansealternativet, hvor eksisterende areal renoveres. Samtidig så må kontor- og undervisningsareal i bygningen for tunglaboratoriet (M-lab og K-lab) renoveres også i H1, H2 og H3; denne renoveringen er ikke nødvendig i Adskilte da bygningen kan rives når nytt M-lab og K-lab bygges.
- Kavitasjonstunnelen flyttes til nytt bygg i alternativene H1, H2 og Adskilte. Det er usikkert om det i realiteten er mulig å flytte kavitasjonstunnelen, den er gammel og hvis den tas ned så er det ikke sikkert at det er mulig å få den i hop igjen. I investeringskostnaden så er dette

hensyntatt ved en hendelse om at hvis det ikke er mulig å flytte tunnelen så reduseres kostnaden i H1, H2 og Adskilte med forskjellen i kostnad mellom det å flytte tunnelen og renovere eksisterende bygning. Til sammen fører dette til en økning i investeringskostnaden for H1, H2 og Adskilte sammenlignet med referansealternativet.

- I H1 er det planlagt rivning av bygg for slepetanken og kavitasjonstunnelen mens kun kavitasjonstunnelen er planlagt revet i H2. Samtidig vil det i H1 og H2 ikke bygges nye forsknings- og undervisningslaboratorier. Det kan medføre at enkelte av dagens forsknings- og undervisningslaboratorier må flyttes eller reetableres. Dette fører til en økt investeringskostnad for disse alternativene sammenlignet med referansealternativet.

5.3.2 FDVU-kostnader

Størrelsen på FDVU-kostnadene i alternativene styres av hvilke bygningselementer og type utstyr som finnes på MTS. Tabell 9 viser en oversikt over FDVU-kostnader for MTS i de ulike alternativene relativt R0, i nåverdi. Kostnadene vises delt i to deler; FDVU-kostnader (ekskl. utskiftning av laboratorieutstyr) og kostnader for utskiftning av utstyr.

Tabell 9. Oversikt over FDVU-kostnader for MTS i de ulike alternativene. Endring fra referansealternativet. Nåverdi av forventningsverdier og MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
SUM	40	400	510	420	130	80	750
FDVU-kostnader (ekskl. utskiftning av utstyr)	0	310	380	380	110	40	580
Utskiftning av utstyr	40	90	130	50	20	40	170

FDVU-kostnadene inkluderer FDVU-kostnader for bygningsmassen og FDV-kostnader for laboratorieutrustningen. Det er ingen forskjell i FDVU-kostnader mellom referansealternativet og R1, det skyldes at bygningsmassen og de faste laboratoriene er tilnærmalesvis like i disse to alternativene. Økningen i FDVU-kostnad for øvrige alternativer skyldes en økning i total areal for MTS. Rangeringen mellom alternativene følger økningen i areal, hvor Adskilte har størst planlagt areal og E1 minst økning i areal, relativt referansealternativet. For K1, E1 og Adskilte øker kostanden relativt sett mindre som følge av at FDV-kostnaden for laboratorieutrustningen forventes reduseres ved investering i nytt K-lab og M-lab. Reduksjonen forklares av at nyere utstyr i disse laboratoriene vil kreve mindre vedlikehold.

Kostnad for utskiftning av utstyr øker i R1 sammenlignet med referansealternativet som følge av økt behov for utskiftning av utstyr ved satsning på Hybrid testing og Fullskala testing. Kostnad for utskiftning av utstyr øker også for øvrige alternativer (H1, H2, H3, K1, E1 og Adskilte) som følge av dette. I øvrig følger utskiftningskostnaden antall laboratorier og mengde utstyr i laboratoriene. I kontrast til dette forventes fornying av K-lab resultere i utstyr som krever mindre utskiftning og som det finnes et reservedelsmarked for. Dette reduserer kostnaden for utskiftning av utstyr for K-lab i K1 og Adskilte sammenlignet med renoveringen av K-lab i referansealternativet.

5.3.3 Lønnskostnader vitenskapelig ansatte

Lønnskostnader for vitenskapelig ansatte følger inntektene innen oppdrags- og bidragsforskning på MTS. De er beregnet som en funksjon av inntekter og FDVU-kostnader. Det betyr at dersom inntektene til MTS øker så vil det som ikke benyttes til drift, vedlikehold eller utskiftning av utstyr, benyttes for å ansette flere eller øke lønningene. Dette følger SINTEFs hovedstrategi om å investere overskudd i kompetanse, laboratorier og annen infrastruktur for forskning. Vi har her tolket investering i kompetanse som høyere lønn til ansatte eller flere ansatte.

Tabell 10 viser en oversikt over lønnskostnader for vitenskapelig ansatte relativt referansealternativet (R0). Forskellen i kostnader skyldes forskjellig oppdrags- og bidragsforskningsaktivitet innen de ulike alternativene. Dette er omtalt videre i kapittel 5.3.5.

Tabell 10. Oversikt over lønnskostnader for vitenskapelig ansatte. Endring fra referansealternativet. Nåverdi og MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Lønns- kostnader MTS	330	1 280	1 380	340	-810	450	3 550

Driftskostnadene og driftsinntektene vil derfor mest sannsynlig følge hverandre i alle de ulike alternativene. At MTS blir mer attraktive av nye laboratorier og kan øke sin aktivitet og gjennomføre flere FoU-prosjekter gjør at også antall ansatte og driftskostnadene øker.

5.3.4 Skattefinansieringskostnader

Skattefinansiering av offentlige tiltak innebærer kostnader for samfunnet som må inkluderes i den samfunnsøkonomiske analysen. Det skyldes at det ved finansiering over offentlige budsjetter vil oppstå et effektivitetstap for samfunnet fordi ressursbruken blir påvirket av skatteøkningen. I tillegg vil det påløpe administrative kostnader i forbindelse med skatteinnkreving. Det fremgår av Finansdepartementets rundskriv R-109/2014 at skattefinansieringskostnaden skal settes til 20 øre per krone.

Det skal beregnes nettoskattevirkning der det tas hensyn til betalte skatter, avgifter og overføringer som en følge av tiltaket.

Det er usikkert hvor stor andel av kostnadene som må dekkes via skattefinansiering. I denne KVUen beregnes det skattefinansiering av hele investeringskostnaden. FDVU-kostnader og prosjektsinntektene utligner hverandre og det er derfor ikke regnet en skattefinansieringskostnad av FDVU-kostnadene.

Tabell 11. Oversikt over skattefinansieringskostnader. Endring fra referansealternativet. Nåverdi og MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Skatte- finansierings- kostnader	40	260	240	190	100	70	550

5.3.5 Prissatte nyttevirkninger

FoU-effekter omhandler hvilke effekter en kan forvente av økt forskningsaktivitet. Det er forventet at økt forskningsaktivitet gir ny kunnskap for de aktørene som kjøper forskningstjenester hos MTS. Ny kunnskap har en verdi for aktørene i form av at det bidrar til økt produktivitet enten ved at kvaliteten på de tjenestene og varene de produserer (produktinnovasjon) øker, eller at varer og tjenester kan produseres med lavere faktorinnsats gitt samme produksjonsmengde (prosessinnovasjon).

Denne verdio økningen for aktørene som bruker MTS omtales her som en direkte nyttevirkning, og er noe som kan tallfestes. Aktørenes kjøp av forskningstjenester vil gi MTS inntekter, og når forskningsaktiviteten øker vil dette **øke inntektene for MTS**. Inntektene til MTS av økt forskningsaktivitet representerer markedsprisen på forskningstjenesten for den nye kunnskapen som produseres ved MTS.

Det at inntektene til MTS øker kan også bidra til et samfunnsøkonomisk overskudd. I og med at MTS er en ideell aktør som i liten grad tar ut overskudd fra sine aktiviteter vil det **produsentoverskuddet** tiltakene genererer tas ut på andre måter enn ren profitt. Det kan for eksempel gjøres i form av økt avlønning for de ansatte ved senteret eller ved at overskuddet benyttes til å finansiere andre forskningsaktiviteter. Det at overskuddet ikke tas ut i økt driftsoverskudd betyr imidlertid ikke at den samfunnsøkonomiske gevinsten forsvinner. Dersom produsentoverskuddet for eksempel tas ut i høyere lønn ved MTS enn det de ansatte ville fått ellers i økonomien kan lønnsforskjellen reflektere en høyere marginalproduktivitet som er en gevinst for samfunnet.

Det er stor sannsynlighet for at betalingsviljen for forskningstjenestene er høyere enn hva havromsnæringene betaler. Dette er da konsument- eller kundeoverskuddet. Vi identifiserer dette kundeoverskuddet ved å beregne forventet avkastning av forskningsinvesteringer. Differansen mellom den faktiske prisen og betalingsviljen er definert av den forventede fremtidige avkastningen av FoU-investeringen som utgjør den **direkte merverdien av forskningsinvesteringen** som tilfaller næringsaktørene utover referansebanen der de ville kjøpt tjenester i utlandet, løst sine forskningsutfordringer på andre måter eller ikke løst sine forskningsutfordringer i det hele tatt.

I tillegg forventes det en indirekte merverdi av forskningsinvesteringen. Dette er **kunnskapseksternalitetene** som tilfaller havromsnæringene og samfunnet for øvrig. Med bakgrunn i forskningslitteraturen på temaet tallfester vi disse kunnskapseksternalitetesvirkningene utover den privatøkonomiske gevinsten.

Vi prissetter alle disse fire effektene. Tabell 12 gir en sammenstilling av forventede direkte nyttevirkninger for aktørene som kjøper forskningstjenester hos MTS. Produsentoverskuddet (også omtalt som «overskudd MTS») er beregnet som en funksjon av MTS inntekter, FDVU-kostnader og lønnskostnader for vitenskapelig ansatte.

Tabell 12. FoU-effekter. Endring fra referansealternativet. Nåverdi og MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Sum prissatte nytteeffekter	360	1 580	1 710	560	970	510	4 270
Overskudd MTS	130	520	550	130	340	180	1 470
Direkte merverdi av FoU- investeringen	120	550	620	190	340	170	1 490
Kunnskapsekste rnaliteter	110	510	540	240	290	160	1 310

Tabellen viser at alternativet Adskilte laboratorier er det som gir størst økning i forskningsaktiviteten og som har de største prissatte nytteeffektene. I avsnittene under presenteres de tallfestede virkningene.

5.3.5.1 Økt FoU-aktivitet på MTS

Økt FoU-aktivitet er ikke en nytteeffekt i seg selv, men en økning i FoU-aktiviteten legger grunnlaget for produktivitetsgevinster (overskudd MTS), direkte merverdi, kunnskapseksternaliteter og utdanningseffektene vi forventer at vil utløses av en investering i ny laboratorieinfrastruktur. De norske havromsnæringens behov for ny kunnskap innen de marintekniske kunnskapsområdene har historisk vært møtt av forskningsaktiviteten på MTS. Laboratoriene har vært viktige innsatsfaktorer i denne aktiviteten.

En forbedring i laboratoriefasilitetene medfører en forventning om økt forskningsaktivitet.

Bakgrunnen for forventet økning i FoU-aktiviteten er at en *bedring i verktøyfunksjonalitetene vil bidra til at MTS kan tilby havromsnæringene den forskningen de etterspør*. Dersom en ikke investerer i ny laboratoriefunksjonalitet (referansealternativet) forventes det at flere av havromsnæringenes utfordringer innen de marintekniske kunnskapsområdene ikke vil bli møtt med forskning hos MTS.

Det er flere marintekniske kunnskapsinstitusjoner rundt om i verden, og flere har bedre laboratorier enn de som i dag kan tilbys hos MTS. Dersom MTS *ikke* kan tilby laboratorier som kan møte havromsnæringenes forskningsutfordringer vil de tape i konkurransen med andre aktører andre steder i verden. Det er dette som ligger til grunn for forventninger om reduksjon av forskningsaktiviteten i referansebanen.

Tabell 13 viser forventet endring fra referansealternativet per alternativ, målt i inntekter. Dette er hva markedet er villig til å betale for tjenestene i tiden fremover.

Tabell 13. Oppdrag- og bidragsforskning ved MTS. Endring i inntekt relativt til fra referansealternativet (R0). Nåverdi og MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
SUM	490	1 990	2 050	590	1 180	600	5 220
Maritim	220	1 620	320	300	220	420	2 170
Olje- og gass	180	370	1 730	290	960	180	3 050
Andre/ fremvoksende	90	130	300	270	90	90	440

Utvidelse av de hydrodynamiske laboratoriene (H1-H3) medfører først og fremst en økning i forskningsaktiviteten innenfor det hydrodynamiske og det kybernetiske forskningsområdet, mens en utvidelse av K-Lab og M-lab gir økt forskningsaktivitet innen henholdsvis kunnskapsområdene marin konstruksjonsteknikk og marint maskineri. Økt forskningsaktivitet kan også medføre synergier i form av at aktiviteten for andre marin tekniske kunnskapsområder øker. Dette er imidlertid ikke tallfestet direkte.

Som vi kan se av tabellen er det ulik fordeling mellom de ulike næringenes kjøp av FoU-tjenester innenfor de ulike alternativene. For de mer modne havromsnæringene som har gode etablerte rutiner for forskning og utvikling, som maritim næring og offshore olje- og gass, er det størst andel av oppdragsforskningsaktivitet. Men, for andre og fremvoksende næringer er det størst andel av bidragsforskningsaktivitet. Dette følger forventningene til politiske forskningsprioriteringer i fremtiden (se bla. Meld. St 7 (2014-2015) /D90/, den historiske aktiviteten og hvilke forskningsutfordringer næringen sannsynligvis vil stå ovenfor i de nærmeste førti årene.

Det er spesielt i forskningsaktivitet rettet mot **maritim næring** det kan forventes en økning i inntekter fra referansebanen. Dette skyldes en forventning om at dersom en ikke investerer i nye laboratorier og andre verktøy vil forskningsaktiviteten på MTS innen spesielt hydrodynamikk reduseres, og til dels bli borte fra MTS. Som tabellen viser er det spesielt sjøgangsbassenget (sammen med nye verksteder og hybrid- og fullskala testing) som gir en gevinst for maritim næring. Med et nytt sjøgangsbasseng er det forventet at maritim næring vil kunne få løst sine forskningsutfordringer ved MTS.

Dypvannsbassenget er mindre relevant for maritim næring, men det forventes noe økt aktivitet målt mot referansebanen fordi dypvannsbassenget bringer med seg mer forskningsaktivitet fra andre næringer. Det er likevel lite sannsynlig at disse synergieffektene er noe som har en stor innvirkning på maritim forskning.

Alternativ H3: Studentlaboratorier, som innebærer nye hydrodynamiske forsknings- og undervisningslokaler for NTNU, vil også gi bedre funksjonalitet slik at noen av de hydrodynamiske problemstillingene for maritim næring kan løses. Det er imidlertid ikke alle forskningsoppgaver som kan løses i et lite basseng. I små basseng ser man på avgrensede og grunnleggende problemstillinger slik at de forskningsproblemstillingene som krever store bassenger (pga. skalaproblematikk) ikke vil kunne møtes med kun nye studentlaboratorier. I tillegg kan det være en kapasitetsbegrensning ift. forskning da de primært skal benyttes av studentene.



I alternativet med nytt maskinerilaboratorie er det forventet en økning i forskningsaktiviteten innen kunnskapsområdet marint maskineri for maritim næring. Det forventes en økning i etterspørselen etter forskning på skipsmotorer grunnet økt krav om alternative drivstoff. En ny M-lab har funksjonalitet til å kunne besvare denne etterspørselen grunnet bedre funksjonalitet. Det vil gi mulighet til forskning og studier av ulike systemer for energiproduksjon til fremdrift av skip, mer effektive motorer, effektivisering av forbrenningsprosessen i nye og eksisterende motorer og utvikling av nye drivstoff.

For **offshore olje- og gass** er det fremdeles funksjonalitet på MTS for å møte en stor del av de hydrodynamiske utfordringene. Dette er spesielt grunnet havromslaboratoriet og bruk av andre verktøy.

Det er sannsynlig at MTS vil opprettholde sin offshore olje- og gassaktivitet i referansebanen gitt dagens funksjonalitet, men at de etter hvert vil få en reduksjon i inntekter. Det er viktig å poengtere at utgangspunktet for inntektsberegningene for hydrodynamiske prosjekter innenfor olje- og gass er relativt høy sammenlignet med de andre næringene. Dette skyldes stor etterspørsel, høy kvalitet på tjenestene og at de har vært presset på kapasitet.

I referansebanen ligger det inne en renovering av havbassenget. Dette bedrer funksjonaliteten noe, ved f.eks. et bedre bølgebilde, men gjør likevel ikke MTS rustet til å ta de største verifikasjonsoppdragene innenfor offshore olje- og gass på hydrodynamikk, som i sin tur også bidrar til at de kan miste andre mer kompliserte forskningsoppgaver på sikt. Årsaken er at næringene benytter seg av det samme kunnskapscenteret til flere oppgaver, både verifikasjon, tidlig fase studier og utvikling. Dersom muligheten til å ta en av disse oppgavene faller bort kan man miste evnen til å konkurrere om de andre oppgavene. Noe av denne mangelen kan bøtes på ved bruk av annet utstyr. Eksempelvis hybrid testing og fullskalertesting. Mulighetsrommet her antas å være stort, men det er heftet stor usikkerhet ved potensialet for bruk i fremskaffelsen av ny kunnskap i komplekse prosjekter.

Sjøgangsbassenget i alternativ H1 henvender seg hovedsakelig mot maritim næring og det er kun noen få positive effekter for offshore olje- og gass. Likevel er det sannsynlig at disse effektene kan bli større dersom man kan få god testing med strøm ved slep i sjøgangsbassenget. Dette har vi ikke lagt inn en effekt på i vår alternativanalyse ettersom det per i dag ikke er mulig å lage god nok strøm i sjøgangsbassenget for bunnfaste eller forankrede konstruksjoner. Det er slike konstruksjoner som er av størst interesse for offshore olje og gass.

Det er sannsynlig at dypvannsbassenget, i alternativ H2, kan bidra til en sterk økning i aktiviteten på MTS innenfor hydrodynamiske problemstillinger for olje- og gass. Dette er fordi det per i dag er stor etterspørsel etter tjenester for olje- og gass sektoren. I tillegg er det større etterspørsel enn MTS klarer å møte. Dypvannsbassenget vil derfor i tillegg bidra til økt kapasitet. Et dypvannsbasseng bidrar til å møte en større del av etterspørselen i næringen enn hva havbassenget alene gjør. I tillegg kan et dypvannsbasseng løse utfordringer et havbasseng eller sjøgangsbasseng ikke kan løse. Dette går hovedsakelig på utfordringer knyttet til strøm og dypt vann, og bølger og strøm i kombinasjon. Dypvannsbassenget kan også bidra med kostnadsreduisering ettersom det er mer effektivt å rigge til forsøk i et mindre basseng enn i et stort basseng som havbassenget.

Alternativ H3, nye studentlaboratorier kan løse noen av utfordringene og kan spesielt være positive i kombinasjon med andre verktøy som numeriske analyser og bruk av annen programvare. I tillegg kan man gjennomføre mindre eksperimenter der man ser på isolerte fenomen. Innenfor hydrodynamikk har det historisk ikke vært mye aktivitet på IMT for offshore olje- og gass og det forventes heller ikke at det vil øke ytterligere der selv innenfor de ulike alternativene.

Offshore olje - og gass har vært den primære brukeren av konstruksjonslaboratoriet. Per i dag er det ikke den ønskede funksjonaliteten i laboratoriet. Likevel er det også kapasitetsproblemer fordi



etterspørselen er større enn hva MTS kan møte. Årsaken til inkonsistensen mellom disse to beskrivelsene ligger i innholdet i forskningsoppdragene. Det er ikke nødvendigvis slik at stor pågang fra næringen innebærer at det produseres ny kunnskap eller at de mest kompliserte utfordringene løses. Funksjonaliteten legger begrensninger på muligheten til å produsere ny kunnskap og løse kompliserte utfordringer.

Det forventes en stor reduksjon i forskningsaktiviteten i K-lab innenfor offshore olje- og gass. Til tross for en renovering i referansebanen. Det er lite å hente fra R1 for konstruksjonsteknikk ettersom de allerede tar i bruk flere numeriske verktøy og annen programvare for å kunne bøte på manglende funksjonalitet i dag.

En ny K-lab vil sannsynligvis imøtekomme kravene til funksjonalitet for å dekke forskningsbehovene og vil øke evnen til å møte etterspørselen. En ny K-lab inkluderer blant annet to nye dynamiske testtriggere med større strekkapasitet enn hva som er tilgjengelig i laboratoriet i dag. Dette vil øke kapasiteten for dagens aktivitet i K-lab, samtidig som laboratoriet bedre imøtekommer de utfordringer som næringen står ovenfor. For eksempel så vil olje og gass aktivitet på dypere vann føre til behov av testing av tykkere stigerør, noe som krever store rigger med høy strekkapasitet.

For alternativet Adskilte laboratorier forventes det stor økning i aktivitet ved MTS innenfor offshore olje- og gass. Dette skyldes hovedsakelig nytt dypvannsbasseng og ny K-lab. I alternativet Adskilte laboratorier er det også forventet stordriftsfordeler og synergieffekter ved at den økte aktiviteten også bidrar til at det kommer flere næringsaktører til MTS som igjen vil ønske å løse sine forskningsutfordringer. Disse synergieffektene kan potensielt være store.

For **andre/fremvoksende næringer**, da hovedsakelig havbruk og offshore vind, har det historisk ikke vært mye forskningsaktivitet målt i inntekter for MTS. Men, gitt forventningen til vekst innenfor disse næringene, deres økende modenhet og utfordringene de står ovenfor er det sannsynlig at de vil ta MTS i bruk for å løse sine forskningsutfordringer.

For andre/fremvoksende næringer forventes det en vekst i forskningsaktivitet også i referansebanen. Årsaken til veksten kommer fra to drivere. For det første er det forventet en stor vekst for disse næringene som ikke tidligere har benyttet seg mye av FoU-tjenester ved MTS, eller andre tilsvarende forskningssentre. Etterspørselen deres er derfor forventet å øke og funksjonaliteten ved MTS per i dag ansees som god nok til å møte utfordringene andre og fremvoksende næringer står ovenfor. For det andre forventes det at det i referansebanen og i R1 frigjøres kapasitet i havromslaboratoriet slik at det vil bli større muligheter for å løse forskningsoppgaver knyttet til offshore vind og havbruk.

Noen av utfordringene for andre og fremvoksende næringer kan løses i sjøgangsbassenget, men dette er få. Og det er derfor ikke forventet en stor økning utover referansebanen for alternativ H1, sjøgangsbasseng.

Dypvannsbassenget, i alternativ H2, bidrar med noe ekstra funksjonalitet. Denne i form av justerbar bunn og strøm under bølgesonen. Dette bringer med seg noe større etterspørsel etter forskningstjenester ved MTS og dermed også mer aktivitet i dette alternativet. Det er forventet en stor verdiskapingsvekst innenfor andre/fremvoksende næringer, det at dypvannsbassenget kan svare på noen av deres utfordringer gjør at det vil være økt etterspørsel i dypvannsbassenget.

Det er forventet økt fokus på andre og fremvoksende næringer ved både NTNU og MARINTEK. En forventet effekt av alternativ H3, nye hydrodynamiske studentlaboratorier for NTNU, er økt aktivitet. Her kommer alternativ H3 i tillegg til referansebanen som allerede hadde en positiv forventning til aktivitetsnivået. NTNU laboratoriene er relativt billigere å bruke og for næringer som har mindre

betalingssevne relativt til maritim og olje- og gass kan det derfor være mer aktuelt å benytte seg av disse laboratoriene, alene eller i tillegg til havromslaboratoriet.

Det har ikke vært mange prosjekter tidligere innenfor konstruksjonsteknikk for andre/fremvoksende næringer. Det er likevel grunn til å tro at det vil være en fremtidig etterspørsel etter konstruksjonstekniske tjenester i tiden fremover. Hovedsakelig er dette knyttet til forskningsutfordringer for offshore vind som er nært knyttet opp til utfordringer som olje- og gass tidligere har stått ovenfor. Ny K-lab kan gi noe økt FOU-aktivitet grunnet økt funksjonalitet og effektivitet, men det er ikke sannsynlig at denne skiller seg mye fra referansebanen ettersom flere av de samme oppgavene for andre og fremvoksende næringer vil bli løst i også i referansealternativet.

For alternativet Adskilte laboratorier er det sannsynlig at det vil være større FOU-aktivitet ettersom flere av de andre laboratoriene under alternativet Adskilte laboratorier bringer med seg flere forskningsoppgaver innenfor andre/fremvoksende næringer. I tillegg vil det komme de tidligere nevnte synergieffektene økt aktivitet i andre laboratorier fører med seg for et annet fagfelt eller for et annet laboratorie innenfor samme fagfelt.

5.3.5.2 Overskudd MTS (Produktivitetsgevinster)

Ny laboratorieinfrastruktur vil føre til at MTS kan levere flere, bedre og/eller billigere FoU-tjenester. Dette øker etterspørselen etter forskningstjenester fra MTS og driver inntektene opp gjennom at MTS kan selge flere tjenester eller ta en høyere pris på de tjenestene de selger. Det kan også føre til at MTS kan produsere tjenester til en lavere kostnad. Dette er produktivitetsgevinster for MTS som også innebærer en samfunnsøkonomisk gevinst som for en normal markedsaktør ville tilfalt eierne i form av økt driftsoverskudd, ofte beskrevet som produsentoverskudd i samfunnsøkonomiske analyser. Hvor store samfunnsøkonomiske virkninger dette vil kunne gi styres av hvordan de alternative tiltakene vil påvirke de fremtidige inntektene og driftsutgiftene til MTS. Basert på fremskrivninger av verdiskapingen i havromsnæringene, hvilke behov dette vil generere i fremtiden og hvor mye av denne etterspørselen etter FoU-tjenester som vil rettes mot MTS har vi anslått fremtidig inntekter for de ulike alternativene beskrevet i delkapittelet ovenfor. Inntektene er forventet å øke som følge av nye laboratorier.

Hvilken samfunnsøkonomisk gevinst disse inntektsøkningene til MTS vil gi kommer imidlertid an på hvilken avkastning de ressursene som benyttes til å produsere disse tjenestene ville gitt i sin beste alternative anvendelse. For kommersielle aktører som opererer i et normalt marked er det vanlig å legge til grunn at ressursenes alternativkostnad reflekteres i prisen på innsatsfaktorene. Den samfunnsøkonomiske nytten som følger av produktivitetsvirkningene for enkeltbedrifter (produsentoverskuddet) reflekteres da av endringen i det privatøkonomiske driftsoverskuddet. For Marinteknisk senter stiller imidlertid dette seg annerledes. I og med at MTS er en ideell aktør som i liten grad tar ut overskudd fra sine aktiviteter vil det produsentoverskuddet tiltakene genererer tas ut på andre måter enn ren profitt. Det kan for eksempel gjøres i form av økt avlønning for de ansatte ved senteret eller ved at overskuddet benyttes til å finansiere andre forskningsaktiviteter. Det at overskuddet ikke tas ut i økt driftsoverskudd betyr imidlertid ikke at den samfunnsøkonomiske gevinsten forsvinner. Dersom det økte overskuddet tas ut i form av økt lønn betyr det bare at nyttevirkningen tilfaller arbeiderne i stedet for eierne av bedriften. Hvor stor den samfunnsøkonomiske nyttegevinsten vil være er avhengig av hvor mye høyere lønn de ansatte vil kunne få ved MTS relativt til den lønnen de ville oppnådd i sin beste alternative anvendelse. Sagt på en annen måte kommer den samfunnsøkonomiske gevinsten i et slikt tilfelle i form av at nye og mer produktive arbeidsplasser skapes gjennom bedre laboratorieinfrastruktur ved MTS.

For å kunne vurdere hvor store disse produktivitetsvirkningene kan være har vi gjort noen forenklede beregninger av det potensielle produsentoverskuddet for MTS vil kunne bli for de ulike alternativene.

Dette er gjort ved å anslå inntektsøkning relativt til referansealternativet og trekke fra kostnadsøkninger forbundet med forvaltning, drift, utvikling og vedlikehold (FDVU-kostnader). Da får vi et mål på hva det forventede driftsoverskuddet ville vært dersom lønnskostnadene ble holdt konstant. For at MTS skal kunne øke produksjonen og heve kvaliteten på tjenestene de leverer må de imidlertid ansette flere høyt kvalifiserte forskere hvilket vil øke lønnskostnadene. Dersom vi trekker fra denne økningen i lønnskostnader justert for forventet fremtidig reallønnsvekst i økonomien generelt får vi et mål på hvilken alternativverdi denne arbeidskraften minimum kan forventes å gi ved alternativ anvendelse. Ansatte ved MTS er imidlertid høyt utdannede personer som kan tenkes å ha en høyere generell produktivitetsvekst enn gjennomsnittsarbeideren i økonomien. Som en antakelse har vi derfor lagt til grunn at 30 prosent av den produktivitetsveksten vi har anslått den fremtidige inntektsveksten til MTS vil gi, utover økte FDVU-kostnader, representerer arbeidskraftsproduktivitetsgevinster for MTS ansatte utover det de ville oppnådd ved alternativ anvendelse. Tabellen nedenfor indikerer hvilke samfunnsøkonomiske nyttevirksomheter i form av økt produktivitet ved MTS de ulike alternativene vil kunne gi dersom vi legger disse antakelsene til grunn.

Måten vi har regnet oss frem til dette på er følgende. Vi har antatt at arbeidsinnsatsens alternativverdi = (inntektene – FDVU) * 0,7. Disse 0,7 kommer av vår antakelse om at 30 prosent av produktivitetsveksten vil komme fra økte arbeidskraftsproduktivitetsgevinster. Deretter har vi regnet ut overskuddet som: Overskudd = inntekter – (arbeidsinnsatsens alternativverdi + FDVU). Dette vises i tabellen.

Tabell 14 Overskudd MTS (produktivitetsgevinster) til forskjell fra referansebanen, i 2015 MNOK.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangs basseng	H2: Dypvanns basseng	H3: Studentla boratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Overskudd MTS	130	520	550	130	340	180	1 470
Inntekter MTS	480	2 130	2 350	850	1 270	680	5 660
FDVU	-40	-400	-510	-410	-130	-80	-750
Arbeids- innsatsens alternativverdi	-310	-1 210	-1 290	-310	-800	-420	-3 440

Alle laboratoriene har et positivt overskudd/produktivitetsgevinst. Som vi kan se er overskuddet størst i alternativet Adskilte laboratorier med MNOK 1 470. Deretter følger Dypvannsbassenget og Sjøgangsbassenget med henholdsvis MNOK 550 og MNOK 520.

5.3.5.3 Direkte merverdi av FoU-aktiviteten på MTS

Som omtalt tidligere forventes det at bedriftene har en betalingsvilje som er høyere enn hva de betaler for tjenesten. Dette er kundeoverskuddet eller konsumentoverskuddet som da vil gi en merverdi av forskningsaktiviteten/investeringen. Differansen mellom den faktiske prisen og betalingsviljen definert av den forventede fremtidige avkastningen av FoU-investeringen er da den direkte merverdien av forskningsinvesteringen. Denne kan vi prissette ved å beregne forventet avkastning av forskningsinvesteringer.

Når en aktør i næringen velger å kjøpe FoU-tjenester fra MTS er det som oftest med en forventning om en avkastning som er høyere enn hva aktøren i næringen betaler for tjenesten ved MTS. Dette impliserer at næringene har en høyere betalingsvillighet for forskningstjenestene ved MTS enn hva de betaler. Hvis de ikke hadde oppnådd en nettogevinst av investeringen i FOU ville de ikke gjennomført den.

Gevinstene som bedriftene høster, fra FoU-prosjektene er representert ved bedriftenes betalingsvillighet fra forskningen, fratrasket FoU kostnadene (prisen de betalte ved MTS). Hva denne betalingsvilligheten representerer avhenger av målet med forskningen. Dersom målet er et nytt produkt så vil betalingsviljen være tett knyttet til produsentoverskuddet bedriften oppnår ved salg av dette nyutviklede produktet. Dersom målet med FoU aktiviteten er å få testet en spesiell egenskap for et eksisterende produkt, så vil betalingsvilligheten være ekvivalent med den ekstraverdi denne kunnskapen har.

Bedriftenes gevinster fra FoU kan i enkelte tilfeller være betydelige. Vi baserer vår tilnærming til denne merverdien på Møreforsknings undersøkelser av brukerstyrte innovasjonsprosjekter der de intervjuer bedrifter fire år etter avslutning av forsknings- og innovasjonsprosjekter (/D87/)⁴². Disse undersøkelsene finner at dersom en sammenligner denne netto nåverdien fra prosjektet med det som bedriftene selv faktisk har betalt i FoU-kostnader, så antyder evalueringene at den privatøkonomiske avkastningen er om lag 1,7 ganger det bedriftene selv faktisk bruker fra egen lomme for å finansiere FoU-prosjektene. Det kan også nevnes at denne positive sammenheng mellom FoU investeringer og privatøkonomisk avkastning er i tråd med det en ellers finner i den internasjonale faglitteraturen, selv om effekt-vurderingene i denne litteraturen spriker en god del.

Cappelen mfl. (2016) /D086/ finner at det er 7 prosent avkastning per år av offentlig subsidiert FoU. Dette er en avkastning som legges på årene fremover etter investeringen i FoU. Med en diskonteringsrate på 4 prosent blir det som følger:

$$\frac{0,07}{1,04} + \dots \frac{0,07}{1,04^n} = \frac{0,07}{1 - \frac{1}{1,04}} = 1,82, \text{ her er } n \text{ antall år.}$$

Det vil si at dersom vi diskonterer en avkastningsforventning på 7 prosent med en diskonteringsrate på 4 prosent vil vi ha en forventet nettonåverdi som vil være 1,82 ganger investeringen.

Det er likevel sannsynlig at den forventede avkastningen er noe høyere innen havromsnæringene. Eksempelvis er normalavkastningskravet for kapital investert i maritim næring og offshore olje- og gass 11 prosent mot 9 prosent for andre og sammenlignbare deler av økonomien (EY, 2016 /D088/). Det vil si at det er grunn til å forvente at den privatøkonomiske avkastningen av å investere i FoU for denne næringen er høyere enn 1,82 som i Cappelen mfl. (2016)/D086/. Dersom vi legger til grunn at normalavkastningskravet både skal gjelde investeringer i kapitalutstyr og FoU (likt på marginen) er det naturlig å legge til grunn at avkastningen på FoU ligger noe høyere innen havromsnæringene enn ellers. Bruker man forholdet mellom 11 og 9 prosent, vil forventet avkastning øke fra 1,82 til 2,2 ganger investeringen.

Næringenes behov for ny kunnskap møtes som omtalt i behovsanalysen kapittel 2.5 av tre typer forskningsaktiviteter; oppdragsforskning, bidragsforskning og basisforskning. Basisforskningen berøres i svært liten grad av tiltakene og holdes derfor utenfor her. De to andre aktivitetene skiller seg fra hverandre ved at de har ulik finansieringskilde. Oppdragsforskningen ved senteret er prosjekter som

⁴² I disse intervjuene blir bedriftene blant annet bedt om å rapportere faktisk, pluss forventet privatøkonomisk overskudd som følge av FoU-prosjektet. Intervjuer med bedriftene viser resultater fra 513 prosjekter med en samlet forskningsinnsats på 4,8 milliarder kroner, hvorav støtten fra Forskningsrådet utgjør drøyt 1,5 milliarder kroner. Fra disse undersøkelsene er det stipulert at den privatøkonomiske avkastningen som kommer fra FoU-arbeidet bidrar til salgsinntekter fra varer og tjenester, lisensinntekter og kostnadsreduksjoner. Fratrasket FoU-kostnader og øvrige investeringer i kommersialisering er det beregnet en forventet netto nåverdi på 7,8 milliarder kroner.

formelt sett er initiert og finansiert av private bedrifter, mens bidragsforskningsprosjektene er helt eller delvis finansiert av offentlige midler. Dette er hovedsakelig finansiert via Forskningsrådet, for eksempel i form av KPN-prosjekter, EU-prosjekter, FME-midler, SFI-støtte og lignende.

Selv om det er ulik finansieringskilde vil formålet med forskningen uansett være å gi havromsnæringene ny kunnskap innen de marintekniske kunnskapsområdene. Men det er grunn til å forvente at **ulike finansieringskilder til forskningen gir ulik samfunnsøkonomisk avkastning** på investeringen, noe som er motivasjonen bak å vurdere de to forskningsaktivitetene hver for seg (dette utdypes nærmere i neste avsnitt). For oppdragsforskningsprosjektene er det bedriftene som har rettighetene til resultatene fra forskningen, mens for bidragsforskningen er det forskningsinstitusjonen selv som har rettighetene til resultatene. Dessuten har bidragsforskningen oftest fokus på verktøyutvikling og/eller publiserbare forskningsresultater, noe som betyr at man i disse prosjektene går mer i dybden innenfor faglige problemstillinger og har fokus på avgrensede og mer fundamentale problemstillinger.

I Tabell 15 vises den direkte merverdien av FoU-investeringene for de ulike alternativene. Som vi kan se av tabellen er det slik at den direkte merverdien av oppdragsforskningen er større enn den direkte merverdien av bidragsforskningen for alle alternativene. Vi forklarer ytterligere fremgangsmåte og tolkning rundt den direkte merverdien fra henholdsvis oppdragsforskning og bidragsforskning i avsnittene nedenfor.

Tabell 15. Merverdi av forskningen for aktørene som bruker MTS, nettonåverdi MNOK 2015.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
SUM	120	540	620	190	340	180	1 490
Merverdi av oppdrags- forskning	100	450	560	100	310	150	1 310
Merverdi av bidrags- forskning	20	90	60	90	30	30	180

Direkte merverdi av oppdragsforskningsaktiviteten

Oppdragsforskningsaktiviteten kjennetegnes hovedsakelig at det er initiert av næringen eller gjøres for næringen. Det vil si at næringen ofte eier forskningsresultatene og det forventes mindre spredning av kunnskap og teknologi fra denne type aktivitet enn ved bidragsforskning der forskningsresultatene i større grad skal publiseres og direkte kan tas i bruk av andre. Denne type forskning kan også i mindre grad være rettet mot å realisere kommersielle verdier.

I beregningen av den direkte merverdien av oppdragsforskningsaktiviteten er det tatt utgangspunkt i den forventede inntekten fra oppdragsforskningen i de ulike alternativene. For å korrigere for utenlandske forskningsoppdrag er 30 prosent av oppdragsforskningsinntektene tatt bort ettersom det historisk er rundt 70 prosent av inntektene som kommer fra aktører i den norske næringen. Det vil si at den merverdien som tilfaller bedrifter i utlandet ikke gir en nyttevirkning til norsk økonomi utover det produsentoverskuddet det eventuelt genererer for MTS som ble beregnet ovenfor.

I utgangspunktet kan vi forvente at det er en forventet avkastning på rundt 2,2 av investeringen basert på argumentasjonen i forrige avsnitt. Likevel mener vi at det er slik at mye av oppdragsforskningsaktiviteten kan gjøres andre steder enn hos MTS. Det vil si at i referansebanen vil også forskningsinvesteringer som gjøres andre steder bidra til en forventning om en høyre avkastning.

Ta et eksempel: Dersom ikke MTS lenger kan levere noen av sine tjenester til forskning på livbåter i Norge, er det likevel sannsynlig at det vil finnes gode livbåter i Norge fordi næringen kan løse sine forskningsutfordringer andre steder. Vi tror likevel det er slik at MTS bidrar med noe utover det andre aktører kan gjøre. Det er særlig tre elementer som skaper forventning om høyere avkastning hos MTS enn hos tilsvarende institutter. Det er:

- **Lavere transaksjonskostnader**⁴³, ved at MTS og havromsnæringene har nære relasjoner. Det snakkes samme språk og det er veletablerte kanaler for samarbeid. I tillegg er det mye tillit til MTS i næringen og tillit til deres integritet. Dette reduserer transaksjonskostnadene i prosjektene som potensielt kan være høye.
- **Noe bedre kvalitet på forskningstjenestene**. Et eksempel på dette er at MTS har hatt tradisjon for å inkludere næringsaktøren mer i forskningsarbeidet. I tillegg gjennomføres forskningsarbeidet på MTS i samarbeid med næringsaktører eller andre institusjoner som en iterativ prosess. Det vil si at der det oppdages mangler i oppsettet går man tilbake noen steg i prosjektet i samarbeid med oppdragsgiver eller partner i stedet for å levere det som opprinnelig ble avtalt. Det at MTS hviler på en kombinasjon av SINTEF, MARINTEK og NTNU gjør at kvaliteten på forskningsoppdragene blir noe bedre sammenlignet med andre.
- **I næringsklynger omsettes produktinnovasjon og prosessinnovasjon raskere**

Vi antar derfor at den forventede avkastningen fra prosjekter utført ved tilsvarende forskningsinstitutter er 1,8, tilsvarende funn fra Capellen mfl. /D91/ og differansen fra referansebanen er 0,4. Vi multipliserer deretter opp med andelen av oppdragsforskningen som kommer fra norske bedrifter. Den direkte merverdien for bedriftene blir deretter satt lik forventet nettonåverdi fratrasket faktisk betaling til MTS. Dette vises i tabellen under.

Tabell 166. Merverdi for norske bedrifter fra oppdragsforskning, netto nåverdi MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvann sbasseng	H3: Studentla boratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Inntekt oppdrags- forskningsaktivitet	370	1 630	2 010	360	1 120	530	4 680
Andel fra norske bedrifter	260	1 140	1 410	250	780	370	3 270
Anslag på forventet netto nåverdi	360	1 590	1 970	350	1 090	520	4 580
Direkte merverdi fra oppdrags- forskningen	100	460	560	100	310	150	1 310

Som vi kan se er det størst forventet direkte merverdi fra oppdragsforskingsaktivitet i alternativet Adskilte laboratorier. Deretter følger H2 og H1. Dette skyldes at det er her det er størst oppdragsforskingsaktivitet sammenlignet med de andre alternativene.

Direkte merverdi av økt bidragsforskning

For bidragsforskningen følger vi den samme beregningsmetoden som for oppdragsforskningen, men vi følger et annen rasjonale. Logikken her er at resultatene fra bidragsforskningen i større grad tilfaller alle

⁴³ En transaksjonskostnad inkluderer søkekostnader, forhandlingskostnader og kontrollkostnader og kan potensielt være store

i havromsnæringene og samfunnet for øvrig, i tillegg er det ofte en industripartner med på gjennomføringen eller som medinvestor i forskningsprosjekter hvilket sørger for at forskningen er mer relevant for næringen.

I dette tilfellet er det derfor staten og eventuelt andre næringsaktører som i samarbeid gjør, investeringen i bidragsforskningen og forventer en avkastning utover deres FoU-investering. Vi regner derfor på den forventede avkastningen for de bedriftene som er med i prosjektene som merverdien forventes å tilfalle. Det er da disse bedriftenes direkte merverdi.

I tillegg er det en annen form for prosess for å motta disse midlene, og det er ikke sannsynlig at den samme forskningen ville funnet sted i referansebanen. Eksempelvis kan man ikke forvente at andre nasjonale institutter kunne levert kunnskapen norske forskningsmyndigheter investerer i gjennom bidragsforskningen. Det er derfor sannsynlig at denne bidragsforskningen ikke ville funnet sted i referansebanen. På den andre side kommer en del av finansieringen også fra internasjonale kilder som eksempelvis EU. Vi antar derfor at det er en annen type konkurranse rundt disse midlene og at den nye kunnskapen kan etableres også i referansebanen. Vi forventer at rundt 1/3 av den nye kunnskapen også vil utløses i referansebanen. Årsaken til det er at noen av forskningsutfordringene innenfor bidragsforskningen kan løses med dagens laboratorieinfrastruktur på MTS eller hos en annen aktør uten samme laboratorieinfrastruktur.

Vi multipliserer derfor inntektene fra bidragsforskningen med en faktor på 2,2, men trekker fra 1/3 som vi forventer at ikke vil endres fra referansealternativet. I tillegg forventer vi at andelen som direkte tilfaller private aktører er 40 prosent⁴⁴. Dette danner grunnlaget for den privatøkonomiske merverdien av bidragsforskningen.

Tabell 177. Merverdi fra bidragsforskning til private aktører, netto nåverdi MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlaborat orier	K1: K- Lab	E1: M- Lab	Adskilte
Inntekt bidrags- forskningsaktivitet	110	500	340	500	150	150	980
Anslag på forventet netto nåverdi	150	730	500	720	220	220	1 420
Justert for aktivitet i referansebanen	70	330	230	330	100	100	650
Direkte merverdi fra bidrags- forskningen til private aktører⁴⁵	20	90	60	90	30	30	180

Som vi kan se er det høyere forventet direkte merverdi fra bidragsforskningen enn fra oppdragsforskningen. Høyest er merverdien i alternativet Adskilte laboratorier.

5.3.5.4 Kunnskapseksternaliteter av økt FoU-aktivitet ved MTS

Virkningene vi presenterer i dette avsnittet går utover den privatøkonomiske avkastningen bedriften har av å investere i FoU. Her ønsker vi å identifisere virkningene fra de ulike alternativene der FoU aktiviteten på MTS fører til økt verdi også for andre enn den som har initiert oppdraget.

⁴⁴ Denne fordelingen er basert på antall JIP- og KPN- prosjekter i tillegg til prosjekter der det er en industripartner involvert

⁴⁵ 40 prosent av den direkte merverdien

Det er stor sannsynlighet for at også andre aktører enn de som kjøper tjenester hos MTS får økt nytte av bedre laboratorier og at det vil gi **økt verdi for havromsnæringene og samfunnet for øvrig**. Disse virkningene betegnes gjerne som positive kunnskapseksternaliteter. Det er en fellesbetegnelse for innsikt og kunnskap gjennom forskningsaktivitet som bedriften eller instituttet ikke klarer å holde internt. Kunnskapen lekker ut i samfunnet og tas deretter i bruk av andre.

De positive kunnskapseksternalitetene forventes å øke når det skapes ny kunnskap og når aktørene i næringene kan ta i bruk eller få impulser fra denne nye kunnskapen ved kunnskapsoverføring, adopsjon og imitasjon. Kunnskapseksternalitetene spres fra MTS til næringene, men også internt i næringene og tilbake til MTS.

Internasjonale litteraturstudier⁴⁶ som oppsummerer omfanget av slike kunnskapseksternaliteter fra FoU peker i retning av at produktivitetseffekten som kommer indirekte gjennom andres FoU-aktivitet ligger i området mellom 0,5 og to ganger den privatøkonomiske effekten av FoU. Når dette er sagt, så er det store variasjoner i anslagene, både mellom land og mellom næringer. En norsk studie fra BI (Moen og Burchardt, 2010)/D082/ ser på privat og indirekte produktivitetseffekter av FoU i næringslivet i Norge. Tallene trekker i retning av at de eksterne effektene ligger i området 0,5 ganger den direkte privatøkonomiske merverdien. Det vil med andre ord si i nedkant av de anslag man har fra andre studier i den internasjonale litteraturen. Anslagene til Moen og Burchardt /D082/ er konsistente med en kjent studie av internasjonale kunnskapsspillovers utført av Coe og Helpman (1995). Denne studien er særlig relevant for Norge ettersom norsk økonomi er en liten åpen økonomi som i stor grad er avhengig av spredning av kunnskap fra andre land. Vi ser det også som en fordel å benytte et moderat anslag på verdien av kunnskapseksternaliteter i lys av Moen og Thorsen (2013) /D074/ som påviser en tydelig vridning (bias) mot de mer positive resultatene i slike analyser, særlig de som er basert på mikroøkonometriske analyser.

Det faktum at havromsnæringene representerer sterke klynger med tydelig geografisk opphoping i Norge, tilsier at kunnskapseksternalitetene er sterkere i disse næringene enn i andre deler av økonomien. Geografisk nærhet er særlig viktig for hvor lett kunnskapen spres mellom aktører. Maurseth og Verspagen (2002/D89/) og Jaffe og Traitenberg (1993/D92/) viser at bruk av andres kunnskap gjennom patentsiteringer reduseres kraftig når avstander økes, nasjonale grenser krysses og man beveger seg over i andre næringer. Når klyngene er FoU-intensive – noe vi kan si om offshore/maritim og sjømat – vil også absorberingsevnen til eksterne aktører øke markant (se Cohen og Levinthal, 1990) /D045/.

Med bakgrunn i den internasjonale litteraturen, studien til Moen og Burchardt /D082/, samt klyngeegenskapene til de relevante næringene, har vi valgt å legge oss på et konservativt anslag på effekten av kunnskapseksternaliteter på 75 prosent av de direkte effektene fra oppdragsforskningen. Også her har vi antatt at mye av den samme forskningen finner sted i referansealternativet med samme andel som i den direkte merverdien.

For bidragsforskningen antar vi at det denne spres til havromsnæringene på en bedre måte fordi resultatene av bidragsforskningen tilfaller instituttet og ikke aktøren som gjorde investeringen, slik som i oppdragsforskningen. Det er da to kilder til positive kunnskapseksternaliteter i denne forskningen. At forskningsresultatene er offentlige bidrar til at flere i næringene og samfunnet for øvrig kan ta den nye kunnskapen i bruk. Vi multipliserer derfor investeringene i bidragsforskning med en faktor på 1,65⁴⁷, men trekker fra 1/3 som vi forventer at ikke vil endres fra referansealternativet.

⁴⁶ Se for eksempel Cameron (1998), Hall, Mairesse og Mohnen (2009), Frontier Economics (2014), Corderi og Lin (2005) og Sveikauskas (2007)

⁴⁷ 75 prosent av 2,2

Tabell 18 oppsummerer kunnskapseksternalitetene.

Tabell 18. Kunnskapseksternaliteter av økt oppdrags- og bidragsforskningsaktivitet til forskjell fra referansebanen.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlaborat orier	K1: K- Lab	E1: M- Lab	Adskilte
Kunnskaps- eksternaliteter fra økt oppdrags- forskning	80	340	420	70	230	110	980
Kunnskaps- eksternaliteter fra økt bidragsforskning	40	170	120	170	50	50	330

Som vi kan se av tabellen er kunnskapseksternalitetene fra økt oppdragsforskning størst i alternativet Adskilte laboratorier, deretter følger dypvannsbassenget og sjøgangsbassenget. Det er også forventet store kunnskapseksternaliteter fra oppdragsforskningen i K-lab. For bidragsforskningen er det samme mønster som tidligere, men her er det forventet at det er store kunnskapseksternaliteter også fra NTNUs laboratorier.

Det kan være grunn til å tro at kunnskapseksternalitetene er større enn hva vi har regnet oss frem til i denne analysen. Årsaken til det er at vi ikke har regnet eksplisitt på kunnskapseksternalitetene som kommer fra basisforskningen.

Vi beskriver forventningene til virkningene av de ulike alternativene på kunnskapseksternalitetene i neste avsnitt.

Virkninger av de ulike alternativene på kunnskapseksternalitetene for de ulike havromsnæringene

Betydningen av andres FoU for egen FoU og verdiskaping avhenger av egen innsats og nærhet i avstand og forståelse. Empirisk finner man at innovasjonsaktivitet har en tendens til å være mer konsentrert enn industriaktivitet. Havromsbedriftene har særlig bedre forutsetninger for kobling, deling og læring, altså å utnytte kunnskapseksternalitetene.

Vi mener derfor det er sterke argumenter for at nærhet er viktig for effektiv kunnskapsspredning, men som nevnt i behovsanalysen er ikke geografisk nærhet en verdi i seg selv. Det er derimot en muliggjørende faktor.

Viktigere enn betydningen av nærhet for verdien av MTS er hvorvidt forskningen gir ny kunnskap og hvorvidt denne kunnskapen gir en verdi til andre enn aktørene som direkte kjøper tjenestene og om denne verdien er ulik i referansebanen og de ulike tiltaksbanene. Dette handler mye om kvaliteten og innholdet i forskningsprosjektene. Dersom de kompliserte prosjektene ikke blir gjennomført i Norge i første omgang eller gjennomføres av havromsnæringene i Norge i andre omgang er det sannsynlig at størrelsen og kvaliteten på kunnskapseksternalitetene.

Investeringene ved MTS vil rette seg mot FoU aktivitet innenfor de dominerende næringsområdene marin, maritim og offshore. Dersom dette er næringer som også vil ha en sentral rolle i fremtiden for norsk næringsliv vil det i et vekstperspektiv være avgjørende at en opprettholder FoU aktiviteten for å ivareta det komparative fortrinn som disse sektorene har i dag. Som vi så av tabellen ovenfor er det ulik størrelse på kunnskapseksternalitetene.

Innenfor **hydrodynamisk forskning** er det sannsynlig at virkningene av kunnskapseksternalitetene for **maritim næring** vil være små og ha lav kvalitet i referansebanen. Ved bygging av et sjøgangsbasseng er det sannsynlig at MTS igjen vil kunne løse de kompliserte forskningsoppgavene for hydrodynamiske problemstillinger for maritim næring og dermed føre til både økt forskningsaktivitet og økt kvalitet på kunnskapen. Dette vil igjen fører til en høyere verdi på kunnskapseksternalitetene og potensielt på verdiskapingen i næringen på sikt. Dette vil skje gjennom både spillovers og imitasjon.

For **offshore olje- og gass** innenfor **hydrodynamikk** er det være ulik virkning på kunnskapseksternalitetene i de ulike alternativene. Etter Adskilte laboratorier er det størst verdi på kunnskapseksternalitetene fra dypvannsbassenget. Det kan være mulig at MTS mister noen av de store verifikasjonstestene dersom det ikke bygges dypvannsbasseng. For at kunnskapseksternalitetene man da går glipp av skal være verdifulle krever det at disse verifikasjonstestene man mister ville bidratt med ny kunnskap. Dette er komplisert å si noe helt sikkert om, men det er noen viktige punkter rundt dette. For det første kan det være slik at dersom man mister de store verifikasjonstestene kan man også miste andre kompliserte oppgaver ettersom de ofte følger hverandre. For det andre kan det være slik at man med dagens fasiliteter og annet utstyr i tillegg til smålaboratoriene til NTNU kan skape ny kunnskap som overskrider det potensielle tapet av å miste de store verifikasjonstestene. Det vil også være tilfeller der kvaliteten på kunnskapen med hybrid testing er like bra. Det handler med andre ord ikke kun om hva som gir *mest* kunnskap til næringen, men også om kvaliteten på kunnskapen. For offshore olje og gass er det sannsynlig at det er økte kunnskapseksternaliteter i alle relevante tiltaksbaner til sammenligning med referansebanen, men det er også et potensial for stor verdi av den nye kunnskapen i referansebanen.

Andre og fremvoksende næringer etterspør også **hydrodynamiske forskning**. Her har vi identifisert to næringer, havbruk og havvind, som historisk har vært relativt umodne i bruk av FoU. Det er sannsynlig at dette vil endre seg i fremtiden. Årsaken til det er at de står ovenfor flere utfordringer som krever utstrakt bruk av kunnskap for videre verdiskaping og vekst. Kunnskapseksternalitetene både fra forskning innenfor egen næring, men også fra forskning innenfor de andre havromsnæringene forventes her å være store. Det er ikke sannsynlig at det er store forskjeller mellom kunnskapseksternalitetene for de ulike alternativene direkte for andre og fremvoksende næringer. Det er fordi det forventes at det er høy kvalitet og mye ny forskning innenfor nye og fremvoksende næringer også i referansebanen. Men, den delen av kunnskapseksternalitetene som forventes å tilfalle andre og fremvoksende næringer fra andre havromsrelaterte forskningsprosjekter på MTS i de ulike tiltaksbanene forventes ikke å komme i referansebanen. Det er derfor grunn til å tro at kunnskapseksternalitetene er større i tiltaksbanene der andre og fremvoksende næringer også kan dra nytte av forskning på andre næringer.

Innenfor **energi- og maskineriteknisk** forskning for **maritim næring** er det sannsynlig at kunnskapseksternalitetene er få og etter hvert ingen i referansebanen. Dette skyldes at funksjonaliteten på MTS ikke bidrar med ny kunnskap av høy kvalitet som kan spres i næringen. I alternativet «ny M-lab», og i Adskilte laboratorier er det sannsynlig at det vil være sterke kunnskapseksternaliteter til maritim næring. Av andre kunnskapseksternaliteter kan det være verdt å nevne at ny kunnskap om alternativt drivstoff og effektivisering av motor vil være noe som potensielt kan tilfalle andre forskningsproblemstillinger eller andre næringer utover havromsnæringene.

For **offshore olje og gass** innenfor **energi- og maskineriteknikk** forventer vi få kunnskapseksternaliteter. Årsaken til dette er at oppgavene innenfor dette i liten grad er ny kunnskap som på sikt kan bidra til å øke kunnskapsnivået. Dette er mer standardiserte måletester, som er viktige og gir en verdi, men den inneholder liten del av kunnskapseffekter. Det er ingen grunn til å tro at det er forskjell i tiltaksbanen og referansebanen for dette.

Innenfor **konstruksjonsteknikk** er det for **offshore olje- og gass** forventet at kunnskapseksternalitetene vil reduseres i referansebanen, men så lenge det er aktivitet på MTS er det forventet at det vil være høy kvalitet på forskningen innenfor konstruksjonsteknikk innenfor olje og gass. Årsaken til dette er at det skapes mye ny kunnskap i dag og det vil det gjøre også på kort sikt for dette laboratoriet. Men, det er hovedsakelig fordi kompetansen har vært svært høy og bruken av andre verktøy har vært svært høy. Således har de bidratt med svært mye unik og ny kunnskap. I referansebanen vil det være problematisk å bidra med unik og ny kunnskap. Dette har konsekvenser for næringen, spesielt leverandørindustrien og deretter for offshore olje – og gasselskapene. Det er i dette markedet store investeringskostnader og det er store kunnskapseksternaliteter. Spesielt kombinasjonen med NTNU og MARINTEK er svært sterk her og det er sannsynlighet for at de spillovereffektene og adopsjonseffektene man i fremtiden vil gå glipp av i referansebanen er store.

Det er sannsynlig at virkningene av kunnskapseksternalitetene for **andre / fremvoksende næringer** innenfor **konstruksjonsteknikk** ikke vil være veldig ulike i referansebanen og i de ulike tiltaksbanene som involverer det konstruksjonstekniske laboratoriet. Eksempelvis er kraftkabler mindre enn for eksempel fleksible stigerør som har behov for større laboratorie og større rigger. Vi mener at funksjon ikke nødvendigvis er et problem i referansebanen og forventer derfor liten eller ingen forskjell på referansebanen og tiltaksbanen når det gjelder spredning og kvalitet på kunnskapseksternalitetene innenfor konstruksjonsteknikk for andre og fremvoksende næringer.

Virkningene for behovet for nærhet til ny kunnskap og andre kunnskapsintensive næringer

Nærhet er som tidligere nevnt en muliggjørende faktor og vi har identifisert nærhet som en viktig driver for de store havromsnæringene i Norge. Men, det er likevel viktig å stille seg spørsmålet om disse store næringene likevel kan være konkurransedyktige og kunnskapsintensive uten nye laboratorier i første instans og eventuelt også uten et MTS. Det er sannsynlig at kunnskapseksternalitetene forsterkes av nærhet og av næringsklyngene.

I behovsanalysen definerte vi behov for nærhet til den nye kunnskapen basert på at den positive kunnskapsspredningen i havromsnæringene drives av fire mekanismer: (i) kunnskapseksternaliteter, (ii) innovasjonspress og innovasjonsimpulser, (iii) kritisk masse og komplementaritet og (iv) transaksjonskostnader. I denne analysen er den første en virkning som utløses av aktiviteten på MTS, de andre bidrar til å forsterke de positive effektene av kunnskapseksternalitetene.

Disse fire avhenger av hverandre og dersom en del av næringene svekkes er det sannsynlig at det vil få negative konsekvenser også for andre deler av næringen. Vi identifiserte blant annet behovet for næringen til å utvikle og innovere seg selv. I referansebanen kan det på sikt være slik at havromsnæringene i Norge ikke lenger har sofistikerte og avanserte kunder som har krav til innovative produkter og prosjekter ved MTS, og som i sin tur heller ikke vil ha kunder som stiller denne type krav til næringene i Norge. Dette er et resultat av redusert konkurranseevne. I referansebanen er det sannsynlig at innenfor de tjenestene MTS tilbyr til næringene vil innovasjonspress og innovasjonsimpulser etter hvert forsvinne. Først ut er hydrodynamiske utfordringer innenfor skip.

At det er en stor og kunnskapsrik næring ble identifisert som et av behovene for at kunnskapseksternalitetene skulle spres effektivt og at de skulle ha stor verdi. Vi mener at det er grunn til å tro at i referansebanen vil det være færre potensielle brukere av kunnskap innenfor spesifikke områder MTS adresserer, at absorberingskapasiteten vil reduseres etter hvert som deler av viktige kunnskapsområder forsvinner og at det vil være færre tilgjengelige komplementære ressurser på sikt.

Norge er et lite land, men har likevel en relativt stor havromsnæring. Spesielt innenfor maritim- og olje- og gassvirksomhet. Vekst i et begrenset område, som eksempelvis små deler av Norge, eller Norge som helhet relativt til resten av verden krever at det må være en viss form for samlokalisering der næringenes produkter, tjenester og infrastruktur må være komplementære for å opprettholde en kritisk masse for lønnsomhet. Her igjen kan det på sikt være negative effekter i referansebanen ved at færre næringer har sin kunnskapsintensive virksomhet i Norge og dermed reduserer de kritisk masse og næringene svekkes i sin konkurranseevne.

For reduserte transaksjonskostnader som bidrar til økt kostnadseffektivitet bedre synlighet, bedre kjennskap, større frekvens på interaksjoner og sterkere og kulturelle bånd viktig. Det er sannsynlig at dette kan bidra til både kostnadsreduksjoner og kvalitetsforbedringer i FoU og i produksjon. Det at næringen er i Norge og at de benytter seg av norske innsatsfaktorer og norske forskningsinstitusjoner bidrar til effektiv kunnskapsspredning. I referansebanen vil store deler av næringene gå til andre land for å få tilsvarende ny kunnskap som de kan få på MTS ved utvidelse og bygging av nye laboratorier. Det at næringen ikke lenger kan gå til MTS for flere type tjenester gjør at den delen av næringen som er kunnskapsintensiv innenfor MTS sine tjenesteområder potensielt vil øke sine transaksjonskostnader.

Med andre ord, det er ikke helt irrelevant hvor FoU-aktiviteten finner sted og hvor de andre bedriftene innenfor samme næring er lokalisert. Dette inkluderer både geografisk og kulturell nærhet.

5.3.6 Ikke-prissatte effekter: Virkning på utdanning

Enkelte samfunnsøkonomiske virkninger kan være vanskelige å kvantifisere og er derfor vurdert som ikke-prissatte virkninger. Analysen av de ikke-prissatte virkningene må nødvendigvis bygge på skjønsmessige vurderinger der det er fokusert på å få frem forskjellene mellom alternativene. Vår eneste ikke-prissatte effekt er utdanningseffekter.

Tabellen viser vår rangering av utdanningseffektene (virkninger for samfunnet for øvrig (ikke-prissatt, rangering)

Tabell 19 Utdanningseffekter, rangering av ikke-prissatte effekter til forskjell fra referansebanen. Rangering der 1 er best.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangsb asseng	H2: Dypvannsb asseng	H3: Studentlab oratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Utdannings- effekter	3	3	3	1	3	3	1

Det er forventet at studentene vil bli påvirket av forbedret laboratorieinfrastruktur. Vi vurderer det slik at utdanningseffektene er størst i Adskilte laboratorier og ved nye studentlaboratorier. Adskilte laboratorier er rangert høyt grunnet synergieffektene av et mer aktivt senter, som eksempel bedre vitenskapelig ansatte og flere interessante prosjekter. Studentlaboratoriene er også rangert høyt fordi de bidrar til økt tilgang til praktisk undervisning og modelltesting i studentoppgaver. Det er ellers komplisert å skille mellom de andre laboratorienes effekt på kvaliteten på utdanningen.

Betydningen av en tradisjonell utdanning er veldokumentert i faglitteraturen. Empiriske analyser av mange land over lang tid tyder på at vekst i utdanningsnivået henger sammen med økonomisk vekst og verdiskaping (Hægeland og Møen, 2000/D040/). Økt kvalitet på utdanning innenfor marin teknikk kan potensielt begrunnes med at studentene på IMT får høyere kvalitet ved at de aktivt har vært brukere av

laboratoriene. Årsaken er at fasilitetene på MTS benyttes i undervisningen og i studentoppgaver på master- og doktorgradsnivå. Det vil si at fasilitetene på MTS er en del av produktfunksjonen for å skape marin teknisk arbeidskraft som igjen benyttes av havromsnæringene i sin verdiskaping.

Vår hypotese er derfor at høy kvalitet på utdanningen er viktig for høy kvalitet på innsatsfaktoren arbeidskraft i havromsnæringene.

Det er grunn til å tro at det kan forventes kvalitetsforbedringer i utdanningen og dermed bedre kvalitet på arbeidskraften av følgende:

- **At det er et høyere aktivitetsnivå på MTS.** Det at det er et høyere aktivitetsnivå på MTS, både for MARINTEK og for NTNU gjør at kunnskapen potensielt spres raskere og at det er et dynamisk og slagkraftig miljø som har positive spillover-effekter på studentene.
- **At studentene får bedre tilgang på laboratoriene.** Dette bidrar til en mer forskningsintensiv, operasjonell og praktisk utdanning. Aktiv tilgang til laboratoriene gjennom oppgaveløsning/-trening på master- og PhD- nivå gjør studentene bedre rustet til praktiske utfordringer i arbeidslivet. Resonnementet vil være at økt kvalitet på laboratoriene gir økt kvalitet på utdanningen og dermed økt kvalitet på kandidatene.
- **At det er bedre forelesere og bedre vitenskapelig ansatte på MTS.** Høy kvalitet på laboratoriene bidrar til bedre rekruttering av lærekrefter som har potensial for gjennomføring av mer krevende laboratorieoppgaver som dermed bidrar til høyere kvalitet på kandidatene. Det at foreleserne er i forskningsfronten innenfor marin teknikk øker kvaliteten på undervisningen. Vitenskapelig ansatte fra både MARINTEK og IMT bidrar i undervisningen og som veiledere på master- og PhD-prosjekter.
- **At det tiltrekkes bedre studenter** Høy kvalitet på laboratorier og øvrige fasiliteter kan bidra til å tiltrekke bedre studenter, både norske og utenlandske. Dette kan gi høyere kvalitet på kandidater til næringslivet.

Det er sannsynlig at virkningen på disse punktene er ulik i de ulike alternativene. Eksempelvis vil det være størst effekt for studentene i alternativ H3 der de får nye student- og undervisningslaboratorier. Årsaken til det er at det øker tilgangen til laboratoriene for studentene og dermed muligheten til å gjennomføre forsøk og tester.

I tillegg er det sannsynlig at den positive effekten av nye studentfasiliteter vil bli forsterket av at man også har høyere aktivitet som følge av at også andre laboratorier bygges. Eksempelvis sjøgangsbassenget, dypvannsbassenget, ny K-lab eller ny M-lab. Det at det er mer aktivitet som følge av at en eller flere av disse laboratoriene bygges gjør at det er mer aktivitet på MTS, at det produseres mer ny kunnskap og at det øker kvaliteten på de vitenskapelig ansatte.

På den andre siden kan de positive virkningene av nye studentfasiliteter reduseres på sikt av at man ikke bygger de komplementære laboratoriene. Eksempelvis vil mangel på sjøgangsbasseng på sikt redusere kunnskapen om maritime problemstillinger og skip slik at kompetansen på MTS rundt denne næringen vil bli dårligere og på sikt bidra til lavere kvalitet på utdanningen innen marin teknikk for maritim næring.

Per i dag er det for lav kapasitet til å møte etterspørselen etter laboratoriebruk fra studentene og forskere ved NTNU. De store laboratoriene er dyre i bruk og benyttes derfor mest til oppdragsforskning og store prosjekter innen bidragsforskning. I tillegg har de store laboratoriene strenge HMS-krav og personell som rigger opp til modelltestene. I de mindre laboratoriene setter forskeren eller studentene som regel opp forsøkene selv. Dette er ønskelig ettersom det øker læringsutbyttet å sette opp egne

forsøk. Studentlaboratoriene i alternativ H4 øker tilgangen og muligheten for studentene til å sette opp egne forsøk eller til å være med som forskningsassistenter på prosjekter ledet av de vitenskapelig ansatte.

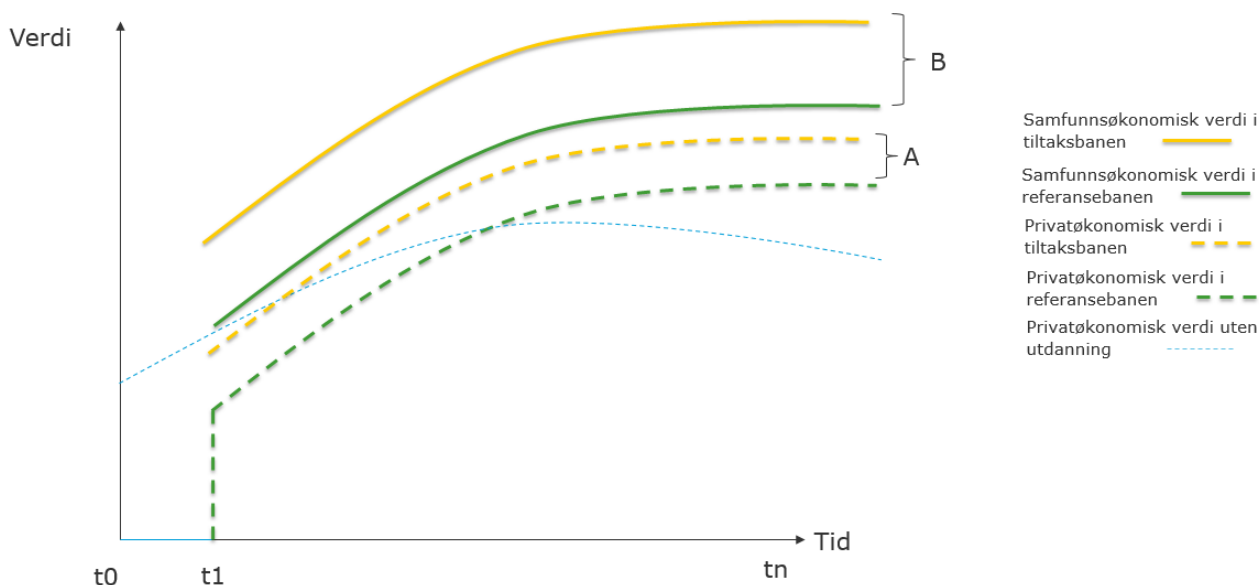
I referansebanen er det sannsynlig at det totale aktivitetsnivået ved MTS går ned. Dette har to ulike effekter. På kort sikt kan det frigjøre kapasitet i laboratoriene til studentene. På lang sikt vil kompetansen og prosjektene som bidrar med ny kunnskap forsvinne fra MTS. Noe som vil redusere kvaliteten på utdanningen.

Dersom det er slik at høyere kvalitet på arbeidstakerne gir høyere verdi for havromsnæringene er det sannsynlig at dette reflekteres i betalingsvilligheten for kandidatene. Betalingsvilligheten skal gjenspeiles i lønnen kandidatene blir tilbudt. Vi begrunner dette i at næringen er kunnskapsintensiv og at i deres produktfunksjon vil høyere kvalitet på innsatsfaktoren FoU og arbeidskraft bidra til høyere kvalitet på deres produkt som igjen gjør havromsnæringene mer konkurransedyktige.

Først vil vi derfor belyse den privatøkonomiske avkastningen av bedre kandidater som følge av bedre laboratorier og deretter den samfunnsøkonomiske avkastningen av bedre kvalitet på kandidatene som følge av bedre laboratorier.

Privatøkonomisk avkastning for studentene av forbedret laboratoriestruktur ved MTS

For den enkelte student utgjør hovedkostnaden ved utdanning manglende inntekter mens man studerer. Samtidig høster man en gevinst av utdanningen gjennom høyere inntektsmuligheter senere i livet. Høyere lønn i fremtiden utgjør derfor basisen for den privatøkonomiske avkastningen av utdanning. Dette vises i figuren nedenfor.



Figur 26 Verdi av økt kvalitet på utdanningen

Langs den horisontale aksen måler vi tid, og linjene illustrerer inntektsnivået som følger av marin teknisk utdanning i referansebanen og i tiltaksbanen. Den stiplede linjen viser inntektsprofilen uten høyere utdanning. Den heltrukne linjen viser inntektsprofilen for samme person om hun tar høyere utdanning. Arealet under kurven viser samlet inntekt over hele livsløpet etter hvilket utdanningsvalg som foretas og



hvilken kvalitet det er på utdanningen. Vi finner verdien av utdanningsprosjektet ved å se på arealene mellom de ulike kurvene. Periode t0 - t1 representerer årene under utdanning. I denne perioden har studenten ingen inntekter, men må snarere ta på seg utdanningskostnader Etter studiene begynner kandidaten å jobbe, og etter en viss tid vil kandidaten tjene mer enn som ufaglært. I figuren over er det sannsynlig at inntekten er høyere ved bedre kvalitet på utdanningen som følge av bedre tilgang til laboratoriene og bedre kvalitet på laboratoriene. Dette gir da en økt privatøkonomisk gevinst.

Differansen A viser den privatøkonomiske gevinsten av bedre kvalitet på utdanningen som følge av bedre laboratorier på MTS som på sikt resulterer i økt inntekt.

Den samfunnsøkonomiske avkastningen av at studentene for tilgang til bedre laboratoriestruktur ved MTS

For samfunnet som helhet, derimot, er det langt flere faktorer som spiller inn. For det første må man vite om den inntektsgevinsten utdanningen faktisk er et uttrykk for økt verdiskaping, eller om det bare betyr at arbeidsgiverne må betale mer for den samme arbeidskraften. For det andre må man legge til kostnader og gevinster som ikke dekkes av studenten selv i det samfunnsøkonomiske regnskapet. Det betyr for eksempel at kostnadene ved utdanningssystemet skal regnes med, også når skolegangen er gratis for elevene. Utdanningen kan også ha positive effekter for andre enn studenten selv, for eksempel hvis utdanningen gir kunnskaper som kommer hele bedriften eller lokalsamfunnet til gode.

Vi får samsvar mellom privat- og samfunnsmessig avkastning når: 1. Den enkelte må betale for utdanningen selv, og selv høster gevinsten i form av høyere inntekter. 2. Inntektsforskjellene mellom utdanningsgruppene skyldes produktivitetsforskjeller som følge av utdanningen. 3. Utdanningen ikke har andre vesentlige virkninger enn produktivitetsforskjellene.

I vårt tilfelle er det sannsynlig at det vil være en merverdi utover den privatøkonomiske avkastningen. Eksempelvis kan det være at forbedret kvalitet på utdanning kan gi produktivetsgevinster også for dem som ikke tar utdanningen selv. Dette kan skje på flere måter. For det første kan utdanning stimulere til forskning og utvikling, teknisk eller organisatorisk fremgang og derfor økonomisk vekst. For det andre kan det være andre eksterne effekter av utdanning, for eksempel gjennom økt opplæring på jobben, som kan gjøre alle de ansatte mer produktive. Dersom slike effekter fører til at alle får økt produktivitet, kan den privat- økonomiske avkastningen bli liten i forhold til den samfunnsøkonomiske. I tillegg kan den utstrakte kontakten med MTS også som ferdig utdannet bidra til økte kunnskapsspredningseffekter.

Det som da skiller referansebanen fra tiltaksbanen der kvaliteten på studentene ved IMT forbedres et at differansen A også bidrar til en merverdi for samfunnet, denne er markert med differansen B. Denne differansen kan potensielt være stor. I vår alternativanalyse er det kun ett av laboratoriene som har en negativ nettonytte, det er studentlaboratoriene. Dette er også det laboratoriet vi mener det er grunn til å tro at bidrar til de største positive utdanningsvirkningene. Vi mener det er sannsynlig at utdanningsvirkningene overgår MNOK 580 som følge av en investering i ny forsknings- og undervisningsinfrastruktur som bedrer tilgangen for studentene. Dette vil tilsvare at vi forventer at den privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske gevinsten som utløses av nye student laboratorier på NTNU er over MNOK 15 per år over analyseperioden.

5.4. Drøfting av resultater og anbefaling av alternativ

Denne KVUens mandat har i første omgang vært å analysere tre ulike konsepter for et nytt Ocean Space Center med det forhåndsdefinerte innholdet fra mandatet gitt av NFD, se Vedlegg I. Disse konseptene var D-Flex, Adskilte laboratorier og referansealternativet (null +).

I rangeringen av konsepter har vi allerede i kapittel 4 argumentert for at det ikke er relevant å gå videre med konseptet D-flex. Det vil si at vi da står igjen med konseptet Adskilte laboratorier og referansealternativet, null +.

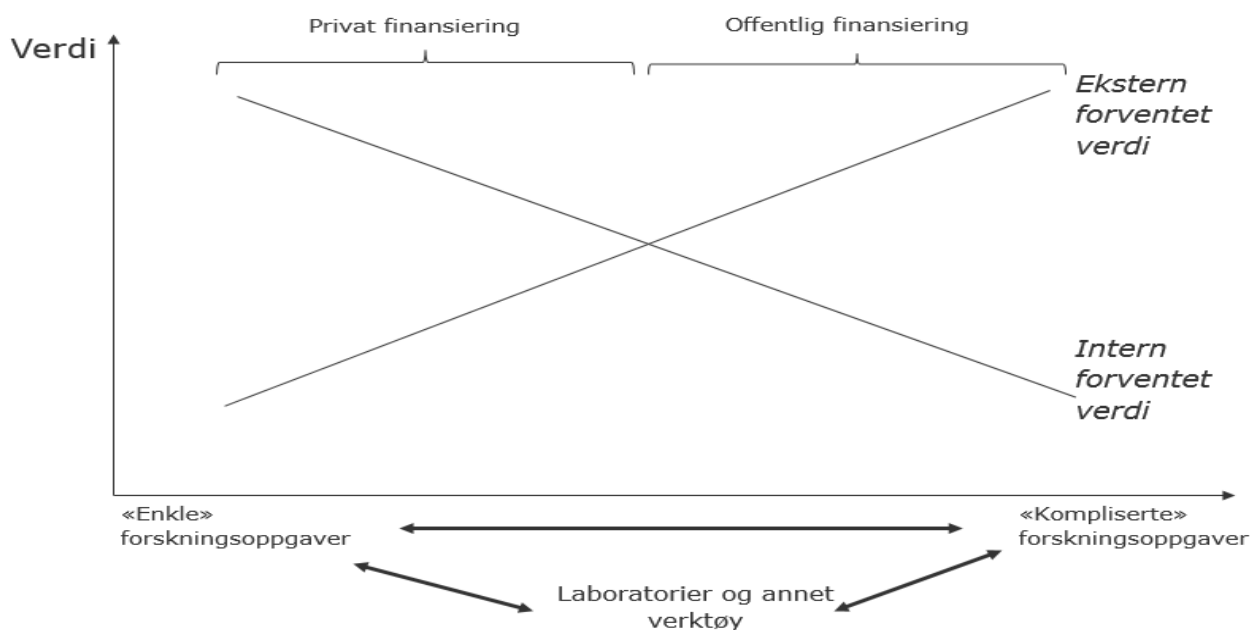
5.4.1. En drøfting av referansealternativet (null +)

Vi anbefaler ikke å gå videre med null +. Årsaken til det er at det i referansebanen, inkludert de oppgraderingene det innebærer, vil medføre at MTS ikke vil klare å produsere ny kunnskap til havromsnæringene og til samfunnet for øvrig. Selv med den svært høye kompetansen hos de vitenskapelig ansatte og høy bruk av ikke-laboratorietjenester som simuleringer, numeriske analyser og andre verktøy er det lite sannsynlig at de vil kunne bidra med positive kunnskapseksternaliteter, være konkurransedyktige og i sin tur gjøre havromsnæringene konkurransedyktige.

Denne argumentasjonen er basert på identifikasjonen av flere gjensidige avhengigheter og synergieffekter ved MTS, og i samspillet mellom MTS og havromsnæringens forskningsutfordringer. Disse synergieffektene er hovedsakelig og blir realisert gjennom mindre FoU-aktivitet på MTS i referansebanen:

- **Det er synergier mellom type oppdrag, oppdragsforskning og bidragsforskning:** Det vil si at dersom MTS ikke får de store verifikasjonsoppdragene som ofte er oppdragsforskningsprosjekter er det lite sannsynlig at de på sikt også vil få de store bidragsforskningsoppdragene som vi argumenterer for at gir mer ny kunnskap til havromsnæringene og samfunnet for øvrig. Det er også ofte en næringspartner involvert i finansieringen av bidragsforskningsoppdragene, det at de kan høste frukter av sitt bidrag til bidragsforskningen i oppdragsforskningsaktiviteten skaper incentiver til å skape ny kunnskap.
- **Det er synergier mellom de ulike verktøyene:** Dersom MTS ikke kan levere modelltester i laboratoriene er det lite sannsynlig at det vil være etterspørsel etter ikke-laboratorietjenester som simuleringer, numeriske analyser eller programvare. Årsaken til det er at de komplementerer hverandre og at resultater fra modelltestene inngår i ikke-laboratorietjenestene og vice versa. I tillegg er det sannsynlig at etterspørselen etter forskningstjenester vil rette seg mot forskningssentre som kan tilby begge deler av høy kvalitet.
- **Det er synergier mellom de ulike laboratoriene:** Flere av forskningsoppdragene som skaper ny kunnskap bygger på det som tidligere var «ny kunnskap». Det vil for MTSs tilfelle bety at kunnskapen som skapes i ett av de ulike laboratoriene gjenbrukes og bygges videre på i andre laboratorier. I tillegg er det ulike deler av et forskningsprosjekt. Små laboratorier kan benyttes til å finne ut av små isolerte problemstillinger der resultatparameterne kan benyttes i modelltesting i de store laboratoriene eller i numeriske analyser og programvare.

Figuren under illustrerer synergier mellom ulike typer forskningsoppgaver, finansieringskilder og laboratorier.



Figur 27 Synergier i produksjonen av ny kunnskap

Hensikten med figuren er å vise at verdien av totalen er større enn verdien av enkelt laboratorier, annet utstyr alene, en viss type forskningsoppdrag alene eller en type finansieringskilde alene.

Som vi kan se av figuren over vil den delen av forskningsprosjektene som potensielt gir liten intern forventet verdi ofte bli finansiert av offentlige aktører. Disse forskningsprosjektene kan derimot ha høy forventet ekstern verdi. Årsaken til dette er at det kan følge høy usikkerhet og risiko med disse prosjektene, i tillegg kan den nye kunnskapen i disse prosjektene være ikke-ekskluderende, lett tas i bruk av alle i havromsnæringene, men ha en lav kommersiell verdi. På den andre side vil de prosjektene som finansieres av private aktører sannsynligvis ha en høy forventet intern verdi, og mindre risiko forbundet med seg.

I figuren over er det både gjenbruk og påbygging av kunnskapen som skapes i de ulike prosjektene, gjennom synergieffekter og gjensidig avhengighet. Denne type gjensidig avhengighet er en av motivasjonsfaktorene bak offentlig subsidiering av forskning og utvikling.

For at et konsept for utbygging eller videreføring av MTS skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt er det derfor viktig at det er laboratorier som understøtter disse synergieffektene, slik at det produseres ny kunnskap til havromsnæringene som bidrar til å opprettholde deres kunnskapsnivå og konkurranseevne. Dagens laboratorier er ikke gode nok til at MTS vil kunne produsere den nye kunnskapen innen de marint tekniske kunnskapsområdene havromsnæringen har behov for. Det vil si at MTS vil miste etterspørselen etter en rekke forskningstjenester. I første omgang de store kommersielle verifikasjonsprosjektene, men på sikt også de andre forskningsoppdragene. Dette er grunnet at laboratorier og andre verktøy utfyller og forsterker hverandre i produksjonen av ny kunnskap.

Med støtte i figuren og punktene over er det sannsynlig at vi vil trenge flere ulike laboratorier og flere type forskningsoppdrag. Å videreføre referansebanen med de oppgraderinger det innebærer, altså null +, vil medføre at MTS ikke lenger vil klare å tilby høykvalitetsforskningstjenester. På sikt vil de norske havromsnæringene slutte å etterspørre forskningstjenester fra MTS og kompetansemiljøet vil ikke holde den kvaliteten det har i dag. Kunnskapseksternalitetene, merverdien til næringen, produsentoverskuddet og kvaliteten på utdanningen fra MTS vil reduseres og for noen næringer forsvinne helt.

5.4.2. En drøfting av det anbefalte alternativet: Adskilte laboratorier

Det som skaper forskningsaktivitet og positive ikke-prissatte effekter fra MTS er at MTS har verktøy som gjør at det er attraktivt for havromsnæringene å benytte seg av senteret. Det må derfor være ett eller flere laboratorier, eller andre verktøy som har fleksibiliteten til å svare på næringens kunnskapsbehov – nå og i fremtiden. For at disse positive virkningene skal utløses er det ulike funksjonskrav som må dekkes. Noen av disse funksjonskravene kan dekkes ved hjelp av ulike typer laboratorier og andre ved hjelp av annet utstyr som numeriske analyser, hybrid testing eller fullskaletesting. Dette må igjen avstemmes mot etterspørselen i havromsnæringene og tilsvarende tilbud utover MTS fra behovsanalysen.

Der disse funksjonskravene blir møtt av alternativene forventer vi at det vil utløse effekter, disse effektene vil igjen avhenge av type tjeneste, grad av ny kunnskap og forventet spredning.

Drøfting virkningene av de ulike komponentene innenfor Adskilte laboratorier

Innenfor alternativet Adskilte laboratorier kan man gjøre ulike kombinasjoner. Vi presenterer her derfor vår vurdering av alle de ulike komponentene. Alle de ulike alternative laboratoriene innenfor Adskilte laboratorier har positive nyttevirksomheter til forskjell fra referansebanen, det kommer hovedsakelig av økt forskningsaktivitet grunnet økt funksjonalitet i de ulike alternativene. Likevel er det ikke slik at all forskningsaktivitet i de ulike alternativene på en tilsvarende god måte vil skape ny kunnskap og bedre kandidater innen de marint tekniske fagdisiplinene slik at det sikrer verdiskaping for de norske havromsnæringene. Dette vil avhenge av type forskningsoppgaver og type forskningsprosjekt. I tillegg er det flere av forskningsprosjektene som også kan løses på en tilsvarende god måte ved andre forskningsinstitusjoner i andre land. I neste omgang vil det avhenge av kunnskapseksternalitetene og hvorvidt de spres og tas i bruk av havromsnæringene og samfunnet for øvrig.

I tabellen under vises resultatene av alternativanalysen relativt til referansealternativet, den prissatte nettonytten og de ikke-prissatte nyttevirksomhetene.

Tabell 18. Resultater fra alternativanalysen relativt til referansealternativet (R0), nåverdi i MNOK 2015-priser. Rangering der 1 er best

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangs basseng	H2: Dypvann sbassen g	H3: Studentl aboratori er	K1: K- Lab	E1: M- Lab	Adskilte
Kostnader	-220	-1 560	-1 430	-1 140	-610	-400	-3 280
Investeringskostnader	-180	-1 300	-1 190	-950	-510	-330	-2 730
Skattefinansierings- kostnad	-40	-260	-240	-190	-100	-70	-550
Nytte	360	1 580	1 710	560	970	510	4 270
Overskudd MTS	130	520	550	130	340	180	1 470
Direkte merverdi	120	550	620	190	340	170	1 490
Kunnskaps- eksternaliteter	110	510	540	240	290	160	1 310
Nettonåverdi	140	20	280	-580	360	110	990
Ikke-prissatte nytteeffekter, rangering							
Utdanningseffekter	3	3	3	1	3	3	1

Nettonytten av de prissatte effektene mellom de ulike alternativene fra MNOK -580 til MNOK 990, for henholdsvis alternativ «nye forsknings- og undervisningslaboratorier» og Adskilte laboratorier. Det er kun forsknings- og undervisningslaboratoriet som ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt målt i prissatt nettonåverdi.



Alle de ulike alternativene har positive nyttevirksomheter til forskjell fra referansebanen. Det kommer hovedsakelig av økt oppdragsforskningsaktivitet og bidragsforskningsaktivitet grunnet økt funksjonalitet i de ulike alternativene. Likevel er det ikke slik at all forskningsaktivitet i de ulike alternativene i samme grad skaper ny kunnskap og bedre kandidater innen de marint tekniske fagdisiplinene. De ulike alternativene vil derfor i varierende grad sikre verdiskaping for de norske havromsnæringene. Hvor store nyttevirksomhetene blir vil avhenge av type forskningsoppgaver og type forskningsprosjekt de ulike investeringene muliggjør. Det mest kostbare alternativet er Adskilte laboratorier, men det er også det som skaper de største nytteeffektene.

I tillegg er det flere av forskningsprosjektene som også kan løses på en tilsvarende god måte ved andre forskningsinstitusjoner i andre land. I neste omgang vil det avhenge av kunnskapseksternalitetene og hvorvidt de spres og tas i bruk av havromsnæringene og samfunnet for øvrig. Vi har gjort vurderinger av dette i vår alternativanalyse.

En av de positive nyttevirksomhetene av ny laboratorieinfrastruktur er at MTS kan levere flere FoU-tjenester, av bedre kvalitet eller gjennomføre forskningen mer kostnadseffektivt. Dette øker etterspørselen etter forskningstjenester fra MTS og driver inntektene opp ved at MTS kan selge flere tjenester eller ta en høyere pris på de tjenestene de selger. Det kan også føre til at MTS kan produsere tjenester til en lavere kostnad hvilket kan øke driftsmarginen. Dette er produktivitetsevinster for MTS som også innebærer en samfunnsøkonomisk gevinst som for en normal markedsaktør ville tilfalt eierne i form av økt driftsoverskudd. Dette beskrives ofte som produsentoverskudd i samfunnsøkonomiske analyser. MARINTEK er under SINTEF og dermed en stiftelse som i utgangspunktet ikke tar ut produsentoverskudd i form av profitt. Produsentoverskuddet kan imidlertid benyttes til å investere i kompetanse (lønn) og annen infrastruktur for forskning. Produsentoverskuddet er størst i alternativet Adskilte laboratorier med MNOK 1 470 og lavest i alternativet «hybrid testing og fullskala» med MNOK 130.

Av den prissatte nytten er det den direkte merverdien for kundene og kunnskapseksternalitetene som er størst. Den direkte merverdien er den privatøkonomiske avkastningen bedriften har ved å gjøre forskningsinvesteringer utført ved MTS. I de ulike alternativene er den direkte merverdien mellom MNOK 120 og MNOK 1 490 i henholdsvis alternativ «hybrid og fullskala» og Adskilte laboratorier.

Kunnskapseksternalitetsvirkningene fanger opp den samfunnsmessige gevinsten av FoU-aktiviteten utover den privatøkonomiske. Det er sannsynlig at den nye kunnskapen produsert ved MTS har en produktiv anvendelse utover aktøren som kjøper tjenesten sin egen anvendelse, gjerne omtalt som kunnskapseksternaliteter. Det er forventet at størrelsen og kvaliteten på kunnskapseksternalitetene varierer mellom referansealternativet og de ulike tiltaksalternativene. Kunnskapseksternalitetene er størst i alternativet Adskilte laboratorier. Årsaken til dette er at det her er størst produksjon av forskningstjenester og at det er sannsynlig at flere av disse har høy kvalitet grunnet synergieffektene av å ha flere laboratorier i dette alternativet. Deretter følger dypvannsbassenget og deretter sjøgangsbassenget. Dette er konsistent med at det i referansealternativet forventes lite ny kunnskap tilført maritim næring. Ved bygging av et sjøgangsbasseng er det sannsynlig at kunnskapseksternalitetene vil øke fordi det da blir mulig å tilby forskningstjenester de ikke kan tilby i referansealternativet. Etterspørselen etter forskningstjenester for offshore olje- og gass som krever funksjonaliteten i dypvannslaboratoriet er stor til tross for at olje og gass allerede har god funksjonalitet i havromslaboratoriet. Dypvannslaboratoriet forventes også å benyttes av andre/fremvoksende næringer der det er forventet en stor verdiskapingsvekst de neste 40 årene.

Vi har skilt mellom kunnskapseksternalitetene som kommer fra bidrags- og oppdragsforskningsaktivitet og regnet på disse. Det kan være grunn til å tro at kunnskapseksternalitetene er større enn hva vi har

regnet oss frem til i denne analysen. Årsaken til det er at vi ikke har regnet eksplisitt på kunnskapseksternalitetene som kommer fra basisforskningen ettersom de ikke følger samme investeringsform som de andre forskningstjenestene. Det er også grunn til å tro at basisforskningen også kan produsere ny kunnskap i referansebanen.

Det er forventet at studentene vil bli påvirket av forbedret laboratorieinfrastruktur. Årsaken til det er at det forventes at det vil øke øker kvaliteten på utdanningen. Vi vurderer det slik at utdanningseffektene er størst i Adskilte laboratorier og ved nye studentlaboratorier. Adskilte laboratorier er rangert høyt grunnet synergieffektene av et mer aktivt senter, som eksempel bedre vitenskapelig ansatte og flere interessante prosjekter. Studentlaboratoriene er også rangert høyt fordi de bidrar til økt tilgang til praktisk undervisning og modelltesting i studentoppgaver. Det er ellers komplisert å skille mellom de andre laboratorienes effekt på kvaliteten på utdanningen.

For å oppsummere de resultatene er det i stor grad snakk om konkurranseevne for havromsnæringene. I første omgang for MTS og i neste omgang for havromsnæringene. Dette inkluderer både økt aktivitet (produsert mengde gitt innsatsfaktorene), men også kvalitetsforbedringer og kvalitetsøkninger.

Basert på resultatene i alternativanalysen er det sannsynlig at en investering i ny infrastruktur på MTS er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Innenfor mulighetsrommet i denne KVUen og gitt resultatene i alternativanalysen anbefaler KVU-gruppen derfor at man går videre med alternativet Adskilte i sin helhet. Dette anses som det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme av de tre ulike konseptene.

Usikkerhetsvurdering og realopsjonsverdi

I en realopsjonstankegang kan det være formålstjenlig å investere i sjøgangsbassenget først, årsaken til dette er at under våre antakelser om fremtidsutviklingen og forskningsbehovet for maritim sektor ser vi det som sannsynlig at den maritime næringen vil forsvinne fra MTS med mindre laboratoriene har den funksjonaliteten som etterspørres. Per i dag kan ikke andre verktøy møte denne etterspørselen og den negative konsekvensen av å ikke bygge et sjøgangsbasseng forventes å være stor.

Som en risikoreduserende aktivitet kan det være hensiktsmessig å vurdere en realopsjon. Årsaken er at vi mener det kan øke prosjektlønnsomheten å vurdere tidspunkt for iverksettelse for bygging av ett av laboratoriene, dypvannslaboratoriet. Vi mener at det er størst usikkerhet heftet ved dette laboratoriet.

Årsaken er at det kan være et behov for endring av funksjonalitet i dette laboratoriet, eller at aktiviteten i laboratoriet ikke er slik vi har forventet i våre analyser, eller at behovet for funksjonalitet kan møtes ved hybrid testing eller fullskalatesting.

Uten dypvannsbassenget vil man da ikke møte funksjonskravet om strøm, vind, dybde og kombinasjonen bølger fra alle sider og strøm i samme laboratorie. Disse funksjonskravene kan potensielt møtes ved hjelp av havbassenget. Vi er kjent med at det er sammenlignbart dårligere strøm i havbassenget, men er ikke overbevist om at strømmen i dypvannsbassenget vil bli så god at det vil bidra med ny kunnskap og store kunnskapseksternaliteter på sikt. Det er mulig å møte noen forskningsutfordringer med strøm i sjøgangsbassenget, men dette gjelder kun konstruksjoner man sleper og ikke konstruksjoner som er forankret. I tillegg får man uniform strøm ved slep, ikke strømprofil som kan være ønskelig ved flere prosjekter.

Noen av funksjonskravene på dybde kan dekkes inn ved hybrid testing i havbassenget eller i NTNUS laboratorier. Det vil likevel gå på bekostning av skala. Men, gitt kombinasjonen med lengden og bredden



og bredden i det skisserte dypvannslaboratoriet er det sannsynlig å tro at de store kunnskapsgevinstene kun vil være på kort sikt og deretter vil det være mindre ny kunnskap i disse prosjektene.

Det som kan være komplisert å bøte på og som er det mest unike med det skisserte dypvannsbassenget er kombinasjonen med strøm og bølger fra alle sider. Dette er unikt, bidrar med ny kunnskap og har potensielt store kunnskapseksternaliteter. Det er likevel usikkerhet hvorvidt disse kunnskapseksternalitetene overgår investeringskostnadene.

Realopsjonsverdien skyldes da usikkerheten for hvordan forskerne og næringen tar i bruk hybrid testing og fullskala testing. Og, hvordan metoder og teknologi for hybrid testing, fullskala testing og simuleringer utvikler seg. Det er ikke usannsynlig at flere av forskningsutfordringene kan løses ved hjelp av andre verktøy i kombinasjon med havbassenget og de andre laboratoriene i fremtiden.

Dersom man ønsker å gå for en opsjonstilnærming anbefales det at man venter til man ser hvordan næringen reagerer på hybrid testing og hvor mye som kan avdekkes av ny kunnskap ved hjelp av andre verktøy. Vi anbefaler derfor at det vurderes om det er grunn til å vente og se, og utsette oppstart av bygging av dypvannsbassenget fordi det kan innhentes mer informasjon før beslutningen fattes. Dette utelukker heller ikke at det kan øke prosjektlønnsomheten å endre på utformingen av et dypvannsbasseng.

Å bygge for fremtiden

Det vi er sikre på er at havrommet kommer til å være viktig i fremtiden. Det er sannsynlig at både nærings- og forskningsfokuset vil være rettet mot havrommet. Det gjør at fokuset på næringene som forventes å benytte seg av havrommet kan være andre næringer enn de som dominerer i dag. Hva som vil være problemstillingene i fremtiden kan derfor også argumenteres for at vil være uavhengige av næring. Det vil være utfordringer knyttet til eksogene faktorer i vann. Både over vannet, i overflaten og i dypet. Det gjør at fleksibilitet i laboratoriene er det aller viktigste for å møte fremtidens utfordringer.

Det forventes høy vekst i havromsnæringene og Norge bør ta del i denne utviklingen. Det er en unik sammenheng mellom verdiskapingen i havromsnæringene og aktiviteten på MTS og det er ikke irrelevant hvor kunnskapen kommer fra.

Laboratoriene og andre verktøy på MTS som har ikke tilstrekkelig funksjonalitet til å gjennomføre den kunnskapsproduksjon som norsk havromsnæring har behov for vil bidra til at Norge på sikt vil tape i konkurransen med utlandet. Uten et godt FoU-miljø i Norge innenfor havromsnæringene er det en betydelig risiko for svekkelse av norsk skips- og offshore næring.

VEDLEGG A: DOKUMENTLISTE

I det følgende vises referanser i tabell; først dokument-referanser (D001-D099), deretter excel-referanser (D100-D137) og til sist mailkorrespondanse (D200-D219).

DOKUMENTREFERANSER

ID	Dokumenttittel	Ansvarlig / Utarbeidet av	Dato
D001	Behovsanalyse, strategidokument, kravdokument, mulighetsanalyse OceanSpaceCentre. MARINTEK, 2011	MARINTEK	30.09.2011
D002	Alternativanalyse OceanSpaceCentre revisjon. MARINTEK, 2011	MARINTEK	01.12.2011
D003	Kvalitetssikring fase 1 (KS1 – Konseptvalg) av Ocean Space Centre. Møreforskning & Metier, 2012	Møreforskning & Metier	29.10.2012
D004	Tilleggsoppdrag om kvalitetssikring av gevinstrealiseringsplaner for Ocean Space Centre. Møreforskning & Metier, 2013	Møreforskning & Metier	30.08.2013
D005	NTNUs behovsdokument vedrørende Ocean Space Centre_revisjon 2015. NTNU, 2015	NTNU	13.10.2015
D006	Vurdering av optimalisert D-FLEX konsept for Ocean Space Centre. MARINTEK, 2015	MARINTEK	08.10.2015
D007	Oceand Space Centre - Fleksibelt havromslaboratorium - Mulighetsstudie seksjoneringsvegger. Statsbygg, 2015	Statsbygg	31.08.2015
D008	Vurdering av NTNUs behov ved Ocean Space Centre i lys av D-Flex alternativet med forslag til alternativ modell. NTNU, 2015	NTNU	09.10.2015
D009	Kostnadsestimat basert på revidert behovsdokument medio 2015. NTNU, 2015	NTNU	09.10.2015
D010	Presentasjon Oppstartsmøte tilpasset KVV OSC 8. april 2016. NTNU, 2016	NTNU	08.04.2016
D011	NTNU2060 Visjoner for campusutvikling. NTNU, 2014	NTNU	01.2016
D012	NTNU`s behovsdokument vedrørende Fremtidens kunnskapssenter for havromsteknologi. NTNU, 2011	NTNU	09.2011
D013	NTNU - Brev til NFD vedrørende tilpasset KVV 2016-03-31	NTNU	31.03.2016
D014	Marine Technology Research - Market analysis. Oxford Research, 2014	Oxford Research	31.07.2014
D015	Ocean Space Centre - Gevinstrealiseringsplan 2013-2023- Alternativ D FLEX. MARINTEK, SINTEF & NTNU, 2013	MARINTEK, SINTEF & NTNU	31.05.2013
D016	Ocean Space Centre - Gevinstrealiseringsplan 2013-2023- Alternativ 0+. MARINTEK, SINTEF & NTNU, 2013	MARINTEK, SINTEF & NTNU	31.05.2013
D017	Ocean Space Centre - An evaluation of incentive effects. Møreforskning & Metier, 2014	Møreforskning & Metier	27.02.2014
D018	Ocean Space Centre - Brev fra Holden, Nedrelid og Jullumstrø til Nærings- og fiskeridepartementet, 2015	Holden, Nedrelid & Jullumstrø	10.12.2015
D019	Presentasjon - 'Bør et Ocean Space Centre ha et annet fokus enn dagens planlagte senter har'. Jullumstrø, Nedrelid og Holden	Holden, Nedrelid & Jullumstrø	ingen dato
D020	Nauticus Twinity - step change innovation. DNV GL, 2016	DNV GL	22.01.2016
D021	Revised Notification of the Ocean Space Centre. Nærings- og fiskeridepartementet, 2015	NFD	12.05.2015
D022	Rapport - Kostnader for oppgradering av bygningsmassen ved Marinteknisk senter, Tyholt. D021 Revised Notification of the Ocean Space Centre. FAVEO	FAVEO	29.08.2011
D023	Rapport - Tilstandskartlegging av bygningsmassen ved Marinteknisk senter, Tyholt. PTL, 2010	PTL	10.06.2010
D024	Ocean Space Centre - Globale etterspørselstrender og FoU-behov frem til 2050. Impello, 2010	IMPELLO	16.12.2010
D025	Hovedsvakheter ved dagens anlegg. Atle Minsaas, 2010	MARINTEK /v Atle Minsaas	ingen dato
D026	KVV og notifisering	Ukjent	ingen dato
D027	Årsrapport 2015 SINTEF - Marintek. SINTEF, 2016	SINTEF	2016
D028	Marintek Analyserapport til arbeidet med Maritim21-strategien. Maritim næring i det 21 århundre - Prognoser, trender og drivkrefter. Menon, 2016	Menon	31.03.2016
D029	Presentasjon Analyserapport - Maritim næring i det 21.århundre. Menon, 2016	Menon	2016
D030	Presentasjon Ocean Space Centre D-flex Mulighetsstudie Seksjoneringsvegg. Statsbygg, 2015	Statsbygg	25.08.2015
D031	Presentasjon Sjøgangsbassenget - Trenger vi dette. MARINTEK	MARINTEK	ingen dato
D032	Presentasjon Skandinavias største uavhengige forskningsorganisasjon. SINTEF	SINTEF	ingen dato

D033	Samarbeidet mellom NTNU og SINTEF i Trondheim - Et internasjonalt konkurransefortrinn. 2012	Ukjent	08.03.2012
D034	Skipstekniske laboratorier i Ocean Space Centre. MARINTEK, 2009	MARINTEK	04.12.2009
D035	Masterplan for marin forskning - Strategi. Nærings- og fiskeridepartementet, 2015	Nærings- og fiskeridepartementet	01.09.2015
D036	NOU 2016_3 Ved et vendepunkt Fra ressursøkonomi til kunnskapsøkonomi. Produktivitetskomisjonens andre rapport, 2016	Rattsø m.fl.	2016
D037	Research Infrastructure – The Marine Technology Laboratories – Full Proposal. Forskningsrådet, 2014	Forskningsrådet	2014
D038	Kostnads- og verdivurderinger NTNU-Campusprosjektet. Faveo, 2012	FAVEO	25.09.2012
D039	Strategi 2011–2020 for Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet – NTNU. NTNU, 2011	NTNU	30.03.2011
D040	Betydningen av høyere utdanning og akademisk forskning for økonomisk vekst - En oversikt over teori og empiri. SSB, 2000	SSB (T.Hælgeland og J. Moen)	2000
D041	NTNU Fusjonsplattformen for sammenslåing av NTNU, HiST, HiG og HiÅ. NTNU, HiST, HiG og HiÅ, 2015	NTNU, HiST, HiG og HiÅ	19.08.2015
D042	NTNU og SINTEF – internasjonalt fremragende sammen - Felles strategidokument 2006-2010. NTNU og SINTEF, 2006	NTNU & SINTEF	31.09.2006
D043	The Ocean Economy in 2030. OECD, 2016	OECD	2016
D044	OECD STI Policy Note - The Ocean Economy in 2030. OECD, 2016	OECD	04.2016
D045	Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. Cohen og Levinthal, 1990	W. M. Cohen og D.A. Levinthal	1990
D046	Havromsteknologi - et hav av muligheter. IMT, 2014	NTNU, Institutt for Marin teknikk	2014
D047	NTNU Unmanned Aerial Vehicles Laboratory_Forskningsinfrastruktur for havrommet - bakgrunn, behov og muligheter. NTNU, 2016	NTNU	02.06.2016
D048	NTNUs aktivitet innen Akvakultur og Marin biologi sett i forhold til utvikling av OceanSpace. NTNU, 2016	NTNU	26.05.2016
D049	Tilpasset KVV Ocean Space Centre - Oppfølging etter arbeidsmøte 12. mai 2016. NTNU, 2016	NTNU	14.06.2016
D050	Campusutviklingen ved NTNU - prosess for prinsipper, kriterier og overordnet lokalisering. NTNU, 2016	NTNU	08.06.2016
D051	Notat - Eksempel på prosjekter hos Skipsteknologi. MARINTEK, 2016	MARINTEK	20.06.2016
D052	MARINTEK, Hydrodynamiske Laboratorier. Reparasjons- og vedlikeholdsbehov i perioden 2011-2026.MARINTEK, 2010	MARINTEK	2010
D053	Offshore Wind Norway - Market and Supply Chain 2011. Intpow og Innovation Norway, 2011	Intpow & Innovasjon Norge	05.2011
D054	Marintek, Motorlaboratoriet - Oppdragering, reparasjons- og vedlikeholdsbehov i perioden 2011-2026. MARINTEK, 2010	MARINTEK	2010
D055	Laboratorium for marine konstruksjoner - Behov for vedlikehold og fornyelse i perioden 2011-2026. MARINTEK, 2010	MARINTEK	2010
D056	Endelig landsverneplan. Kunnskapsdepartementet	Kunnskapsdepartementet	ingen dato
D057	Oversendelsesbrev av landverneplan for kulturhistoriske eiendommer. Kunnskapsdepartementet, 2011	Kunnskapsdepartementet	30.06.2011
D058	Sammendrag av tilstandsregistrering 638 LYDIA JEÅ. Multiconsult, 2016	Multiconsult AS	19.09.2016
D059	Sammendrag av tilstandsregistrering 638 Skipsmodelltanken MASTER LYDIA.Multiconsult, 2016	Multiconsult AS	19.09.2016
D060	Sammendrag av tilstandsregistrering 640 LYDIA JEÅ. Multiconsult, 2016	Multiconsult AS	19.09.2016
D061	Sammendrag av tilstandsregistrering 641 LYDIA JEÅ. Multiconsult, 2016	Multiconsult AS	19.09.2016
D062	Nøkkeltallanalyse - Universitets- og høyskolebygg, Metier, 2015	Metier	14.08.2015
D063	Notat - OSC-Fullskala testing og feltmålinger i et utvidet 0+-alternativ. MARINTEK, 2016	MARINTEK v/Atle Minsaas	11.10.2016
D064	Alt1B Rivearbeider Mengder,2011		06.07.2011
D065	Internasjonal omsetning fra norske oljeselspaer. Rystad Energy, 2016	Rystad Energy	25.10.2016
D066	Aktiviteten i den petroleumsrettede leverandørindustrien i landets ulike regioner. Rystad Energy, 2013	Rystad Energy	14.10.2013
D067	OG21 Strategy update 2016 Value of prioritized technology and competence needs. Rystad Energy, 2016	Rystad Energy	30.05.2016
D068	NTNU Marine Technology Annual Report 2014	NTNU	2014
D069	Et kunnskapsbasert Norge. Reve og Sasson, 2012	Reve & Sasson	2012
D070	Floating Offshore Wind - Market and technology review. Carbon Trust, 2015	Carbon Trust	2015
D071	Lecture Notes - Experimental methods in Marine Hydrodynamics. Steen, 2014	Sverre Steen	2014

D072	Key world energy statistics 2016. IEA, 2016	IEA	2016
D073	Marin forskning i Norge - kartlegging av marin infrastruktur. Torrisen, 2009	Ole Torisson	2009
D074	Publication bias in the returns to R&D literature. Møen og Thorsen, 2013	J. Møen og H. S. Thorsen	2013
D075	Norsk Katapult - Forslag til program for å dekke økt behov for å teste, simulere og visualisere. Siva, Innovasjon Norge og Forskningsrådet, 2015	SIVA, Innovasjon Norge, Forskningsrådet	09.02.2015
D076	World Oil and Gas Review 2015. Eni, 2015	ENI	2015
D077	OG21 Drivere og barrierer for teknologiutvikling på norsk sokkel. Rystad Energy, 2013	Rystad Energy	2013
D078	Havteknologi - Potensialet for utvikling av tverrgående teknologier og teknologisk utstyr til bruk i marin, maritim og offshore sektorer. MARINTEK, 2016	MARINTEK	2016
D079	Meld. St. 25 (2015-2016) Kraft til endring. Olje- og energidepartementet, 2016	Olje- og energidepartementet	15.04.2016
D080	Veileder nr 9 Utarbeidelse av KVV dokumenter. Finansdepartementet, 2010	Finansdepartementet	28.04.2010
D081	Olje- og gassutvinning og utvinningstjenester, 2015. SSB, 2016	SSB	19.12.2016
D082	R&D and productivity - A firm level investigation of the Norwegian manufacturing industry. Moen og Burchardt, 2010	M. S. Moen og S.M. Burchardt	01.09.2009
D083	NOU 2003_25 Ny lov om universiteter og høyskoler. Rysdal mfl., 2002	Rysdal m.fl.	23.09.2003
D084	Meld. St. 18 (2014-2015) Konsentrasjon for kvalitet. Kunnskapsdepartementet, 2015	Kunnskapsdepartementet	27.03.2015
D085	Electrifying The Future, Høvik, 2014.	DNV GL	2014
D086	Innovasjons- og verdiskapingseffekter av utvalgte næringspolitiske virkemidler. SSB, 2016	SSB	08.04.2016
D087	Resultatmåling av Brukerstyrt forskning 2014. Møreforskning 2014	Møreforskning	08.2016
D088	Vurdering av normalavkastningskrav. EY, 2016	EY	04.02.2016
D089	Knowledge Spillovers in Europe - A Patent Citations Analysis, Maruseth og Verspagen, 2002	Maruset og Verspagen	24.06.1905
D090	Meld. St. 7 (2014-2015) Langtidsplan for forskning og høyere utdanning 2015-2024. Kunnskapsdepartementet, 2014	Kunnskapsdepartementet	03.10.2014
D091	Økonomisk avkastning av utdanning. SSB, 2003	SSB	2003
D092	Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations. Jaffe m.fl., 1993	Jaffe m.fl.	1993
D093	Maritime muligheter - blå vekst for grønn fremtid. Nærings- og fiskeridepartementet, 2015	Nærings- og fiskeridepartementet	2015
D094	Kan utdanningskvalitet måles. Mørland, 2012	Terje Mørland	14.05.2012
D095	NOU 2015_1 Produktivitet - grunnlag for vekst og velferd. Produktivitetskomisjonens første rapport, 2015	Rattsø m.fl.	2015
D096	Veileder i samfunnsøkonomisk analyse. Direktoratet for økonomistyring, 2014	Direktoratet for økonomistyring	2014
D097	R-109 14 Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv. Finansdepartementet, 2014	Finansdepartementet	30.04.2014
D098	NOU 2012_16 Samfunnsøkonomisk analyse. Hagen mfl. 2012	K. P. Hagen mfl.	03.10.2012
D099	Meld. St. 10 (2015-2016) En konkurransekraftig sjømatindustri. Nærings- og fiskeridepartementet, 2015	Nærings- og fiskeridepartementet	13.11.2015
D300	Norsk petroleum - Magfoldet i Norsk leverandørindustri. Olje- og energidepartementet, 2014	Olje- og energidepartementet	2014
D301	Møteoversikt - Tilpasset KVV for OSC	DNV GL / Menon Economics	2016
D302	Konseptvalgutredning knyttet til CO2-håndtering. Olje- og energidepartementet, 2015	Olje- og energidepartementet	2015
D303	Kunnskapsintensive næringer i Norge. SSB, 2016	SSB	2016
D304	Næringsrettet kompetansefelt - Marin teknologi. Forskningsrådet	Forskningsrådet	
D305	Kunnskapsintensive næringer i Norge. SSB, 2016	SSB	2016

EXCELREFERANSER

ID	Dokumenttittel	Ansvarlig / Utarbeidet av	Dato
D100	OSC Kostnad utstyr AMi 250811	MARINTEK	22.08.2011
D101	Prognose Kostnader og gevinster ALTERNATIV 1A 130911	MARINTEK	13.09.2011
D102	Prognose Kostnader og gevinster ALTERNATIV 1B 130911	MARINTEK	13.09.2011
D103	Prognose Kostnader og gevinster NULL+ 120911	MARINTEK	12.09.2011
D104	Prognose Kostnader og gevinster NULLALTERNATIVET 060911	MARINTEK	06.09.2011
D105	3 - EXCEL - Hovedmodell v1.0.xlsm (L)(126544)	KS1	ingen dato
D106	Fordeling av kostnader kombiløsning KS1 021015	MARINTEK	02.10.2015
D107	3 - EXCEL - Hovedmodell v1 revidert sept 2015 grunnet lengdeøkning (revidert versjon av D105)	KS1/MARINTEK	01.09.2015
D108	Liten havromslab med fasiliteter(H=15) - Entreprisekostnad av 29.09.2015 rev 00 adskilte laboratorier	MARINTEK/Veidekke	29.09.2015
D109	Slepetank med fasiliteter - Entreprisekostnad av 29.09.2015 rev 00 adskilte laboratorier	MARINTEK/Veidekke	29.09.2015
D110	Prosjektnr og lab relasjon 2013 til aug.2015	MARINTEK	08.2015
D111	NTNU beregninger studentlaboratorier og andre fasiliteter 8.10.15	NTNU	08.10.2015
D112	Årsregnskap 2005-2015 Sammen drag	MARINTEK	2016
D113	BTA-størrelser-kalkyler havbasseng og sjøgangsbasseng lever 30-09-2015	MARINTEK/Veidekke	30.09.2015
D114	Liten havromslab med fasiliteter(H=15) - Entreprisekostnad av 29.09 MED HEVBAR BUNN	MARINTEK/Veidekke	30.09.2015
D115	Utstyrs kostnader AMi 240816 inkl E&M labb	MARINTEK	19.08.2016
D116	Driftskostnader pr lab. pr år 2010-2015 v2	MARINTEK	2016
D117	Datauttrekk inntekter 2005 - 2013 08	MARINTEK	2016
D118	Datauttrekk inntekter 2013 09 - 2015	MARINTEK	2016
D119	Energiforbruk marinteknisk senter	NTNU	2016
D120	Tilstandsregistrering 638 Marinteknisk senter	NTNU/Multiconsult	26.04.2012
D121	Tilstandsregistrering 638 Skipsmodell tanken	NTNU/Multiconsult	16.04.2012
D122	Tilstandsregistrering 640 Kavitasjonslaboratoriet	NTNU/Multiconsult	02.05.2012
D123	Tilstandsregistrering 641 Havlaboratoriet	NTNU/Multiconsult	10.05.2012
D124	Labareal for smålaboratorier for undervisning og forskning-21-09-2015 rev 1	NTNU	21.09.2015
D125	Labareal for smålaboratorier for undervisning og forskning-Utstyr-21-09-2015 rev 1	NTNU	21.09.2015
D126	Langtidsbudsjett OSC (002)	MARINTEK	26.05.2012
D127	OSC Langtidsbudsjett samleoppsett i mill.kr (002)	MARINTEK	26.05.2013
D128	Produksjon 2012 Markedsfokus V1 Viktig revidert 061016 (002)	MARINTEK	06.10.2016
D129	Bearbeidet Data MARINTEK	DNV GL / Menon Economics	20.12.2016
D130	Inntektsberegning IMT	NTNU	ingen dato
D131	Invest - MLAB - IMT	NTNU	ingen dato
D132	K-lab drift revidert osc dnvgl	NTNU	ingen dato
D133	Grunnkalkyle NTNU Labber 0pluss	NTNU	ingen dato
D134	StudenterAnsatteÅrsverk IMT NTNU-2014 revidert	NTNU	2014
D135	OSC oppdatering NTNU inntekter	NTNU	ingen dato
D136	Kostnads- og usikkerhetsanalyse modell	DNV GL	20.12.2016
D137	Inntektsmodell	DNV GL / Menon Economics	20.12.2016
D138	FDVU Bygningsmassen Marinteknisk senter 2016	NTNU	ingen dato

MAILKORRESPONDANSE

ID	Dokumenttittel	Korrespondans med	Dato
D200	Beskrivelse av FDV-kostnader i KVV 2011	MARINTEK	14.06.2016
D201	Svar på spørsmål til D051: Notat - Eksempel på prosjekter hos Skipsteknologi	MARINTEK	28.06.2016
D202	Svar på spørsmål om størrelse til nytt dypvannsbasseng	MARINTEK	04.07.2016
D203	Svar på spørsmål vedr. beregninger og kostnadsestimat, dokument D038 vedlagt, samt studentinfrastruktur i D-flex	NTNU	02.06.2016
D204	Om beregninger og kostnadsestimat for studentinfrastruktur, D111 vedlagt	NTNU	03.06.2016
D205	Om kostnader knyttet til K-lab	MARINTEK	16.09.2016
D206	Innspill om Energi- og maskinerilab	MARINTEK	15.09.2016
D207	Om underlag for økonomianalysene i gevinstrealiseringsplanen, D126 og D127 vedlagt	MARINTEK	06.10.2016
D208	Om prosjektnummer og lab-sammenhenger	MARINTEK	21.09.2016
D209	Om prosjektnummer og lab-sammenhenger , D137 vedlagt	MARINTEK	21.09.2016
D210	Spesifisering av inntekter 2013-09 til 2015-12, D118 vedlagt	MARINTEK	08.07.2016
D211	Spesifisering av inntekter 2005 til 2013-08, D117 vedlagt	MARINTEK	11.06.2016
D212	Korrigerings av grunnlag for driftskostnader	MARINTEK	06.10.2016
D213	Bemanning/antall ansatte per fagområde	MARINTEK	09.11.2016
D214	Notat etter usikkerhetsanalyse workshop med NTNU	NTNU	23.10.2016
D215	Notat etter usikkerhetsanalyse workshop for slepetank, sjøgangsbasseng og kavitasjonstunnelen	MARINTEK	25.10.2016
D216	Notat etter usikkerhetsanalyse workshop for verksted, kontor og lager	MARINTEK	01.11.2016
D217	Notat etter usikkerhetsanalyse workshop for konstruksjonslaboratoriet	MARINTEK	02.11.2016
D218	Forklaring av påslag på byggekost	MARINTEK	30.05.2016
D219	Notat etter usikkerhetsanalyse workshop for havbasseng og dypvannsbasseng	MARINTEK	03.11.2016
D220	Notat etter usikkerhetsanalyse workshop for energi- og maskinerilaboratoriet	MARINTEK	03.11.2016

WEBSIDER

ID	Dokumenttittel	Link	Dato
D500	Om MARINTEK - Historie	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/historie/	02.01.2017
D501	Om MARINTEK - Avdelinger: Skipsteknologi	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/skipsteknologi/	02.01.2017
D502	Om MARINTEK - Avdelinger: Maritime transportsystemer	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/maritime-transportssystemer/	02.01.2017
D503	Om MARINTEK - Avdelinger: Maritime Energisystemer	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/maritime-energisystemer/	02.01.2017
D504	Om MARINTEK - Avdelinger: Offshore konstruksjoner	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/offshore-konstruksjoner/	02.01.2017
D505	Om MARINTEK - Avdelinger: Forankring, DP og operasjoner	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/forankring-dp-og-operasjoner/	02.01.2017
D506	Om MARINTEK - Avdelinger: Rørledninger, stigerør og kabler	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/rorledninger-stigeror-og-kabler/	02.01.2017
D507	Om MARINTEK - Avdelinger: Havenergi	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/havenergi/	02.01.2017
D508	Om MARINTEK - Avdelinger: Havbrukskonstruksjoner	http://www.sintef.no/marintek/om-marintek/avdelinger/havbrukskonstruksjoner/	02.01.2017
D509	NTNU Oceans - Strategic Research Area 2014-2023	http://www.ntnu.edu/oceans	02.01.2017
D510	All laboratories - Ocean laboratory	http://www.sintef.no/en/all-laboratories/ocean-laboratory/	02.01.2017
D511	Alle laboratorier - Skipsmodelltanken	http://www.sintef.no/alle-laboratorier/skipsmodelltanken/	02.01.2017
D512	Alle laboratorier - Kavitasjonstunnel	http://www.sintef.no/alle-laboratorier/kavitasjonstunnel/	02.01.2017
D513	Alle laboratorier - Konstruksjonslaboratorium	http://www.sintef.no/alle-laboratorier/konstruksjonslaboratorium/	02.01.2017
D514	Alle laboratorier - Energi- og maskinerilaboratoriet	http://www.sintef.no/alle-laboratorier/energi-og-maskinerilaboratoriet/	02.01.2017
D515	All laboratories - Marine cybernetics laboratory	http://www.sintef.no/en/all-laboratories/marine-cybernetics-laboratory/	02.01.2017
D516	Laboratories - Circulating water tunnel (CWT)	http://www.ntnu.edu/imt/lab/cwt	02.01.2017
D700	OTRC Basin Specifications	http://otrc.tamu.edu/Pages/basinspecs.htm	02.01.2017
D701	LabOceano, Historic	http://www.laboceano.coppe.ufrj.br/en/laboceano/historico.php	03.01.2017
D702	QinetiQ, Data Sheet - Ocean Basin & Rotating Arm	https://www.qinetiq.com/services-products/maritime/documents/ocean-basin-and-rotating-arm.pdf	03.01.2017

D703	VTT Ship model test facilities	http://www.vttresearch.com/services/business-essentials/pilot-plants-and-r-d-infra/ship-model-test-facilities	03.01.2017
D704	Aker ArcticIce Laboratory brochure	http://akerarctic.fi/sites/default/files/service/fields/field_attachments/laboratory_0.pdf	03.01.2017
D705	Krylov State Research Centre Experimental facilities	http://www.krylov-center.ru/eng/experimental_facilities/	03.01.2017
D706	HSVA'S TESTING FACILITIES	http://www.hsva.de/our-facilities/facilities.html	03.01.2017
D707	IFREMER - Deep Seawater Wave Tank	http://www.marinet.eu/IFREMER-wave-basin-brest.html	03.01.2017
D708	INSEAN Overview of Test Facilities, Main Test Facilities and Labs	http://www.insean.cnr.it/en/content/overview-test-facilities	03.01.2017
D709	Rotating-arm Basin Laboratory	http://www.cssrc.com/info.asp?id=151	03.01.2017
D710	State Key Laboratory of Ocean Engineering, Brief Introduction	http://en.sjtu.edu.cn/research/centers-labs/state-key-laboratory-of-ocean-engineering	03.01.2017
D700	OTRC Basin Specifications	http://otrc.tamu.edu/Pages/basinspecs.htm	02.01.2017
D701	LabOceano, Historic	http://www.laboceano.coppe.ufrj.br/en/laboceano/historico.php http://www.laboceano.coppe.ufrj.br/en/laboceano/historico.php	03.01.2017
D702	QinetiQ, Data Sheet - Ocean Basin & Rotating Arm	https://www.qinetiq.com/services-products/maritime/documents/ocean-basin-and-rotating-arm.pdf	03.01.2017





About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.