

TILPASSET KONSEPTVALGUTREDNING

DNV·GL

Ocean Space Centre - Vedlegg

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





Innhold

VEDLEGG B.	OM MARINTEKNISK SENTER (MTS)
VEDLEGG C.	INTERESSENTVURDERINGER
VEDLEGG D.	INTERNASJONALE KUNNSKAPSENTRE 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

VEDLEGG B: OM MARINTEKNISK SENTER (MTS)

Marinteknisk Senter (MTS) består av forskningsinstituttet **MARINTEK**, som er en del av SINTEF, og **Institutt for Marin Teknikk (IMT)** ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Senteret er lokalisert på Tyholt i Trondheim og inneholder flere store og små laboratorier, i tillegg til kontor- og undervisningslokaler. Også NTNUs Centre for Autonomous Marine Operations and Systems (**AMOS**) er lokalisert på samme sted og er en integrert del av senteret.

1.1 Nærmere om forskningsinstituttene knyttet til Marinteknisk senter

MARINTEK og IMT utgjør til sammen utdannings- og forskningsmiljøene innen marin teknikk, med fokus på hydrodynamikk, marine konstruksjoner og marine systemer. MARINTEK driver *næringsrettet strategisk forskning, anvendt forskning og kommersiell oppdragsvirksomhet* innen marin teknikk. IMTs hovedfokus er *høyere utdanning* innen marin teknikk på MSc- og PhD-nivå.

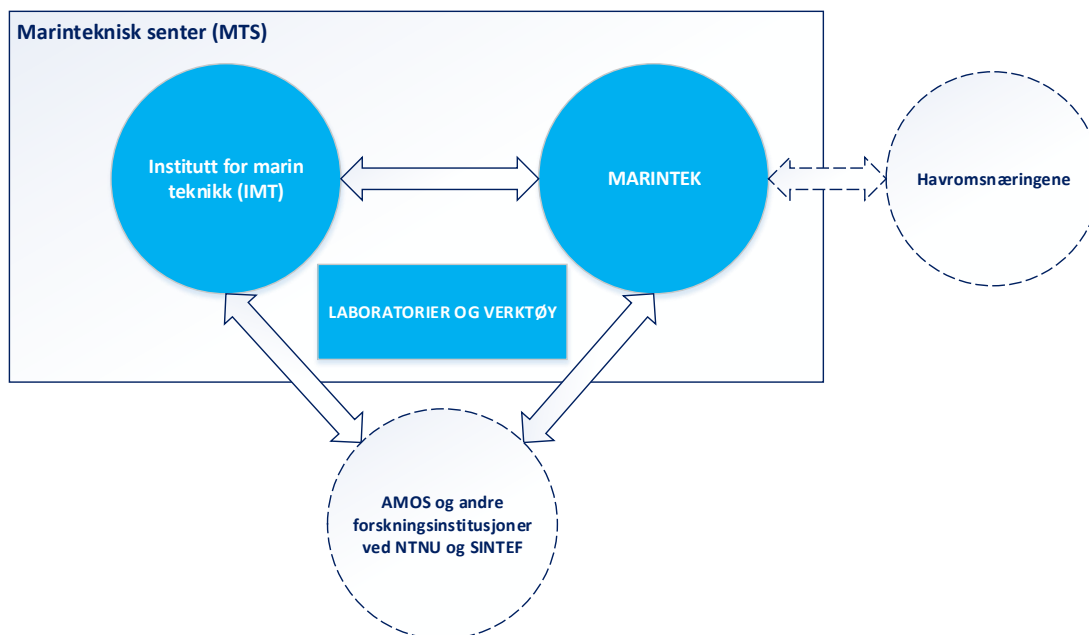
MTS leverer grovt sett fire typer tjenester; oppdragsforskning, bidragsforskning, basisforskning og undervisning. Tabell 1 viser hvordan de ulike tjenestetypene defineres.

Tabell 1. Type tjenester ved Marinteknisk senter

<i>Oppdragsforskning</i>	Tjenestene er direkte etterspurt av bedriftene og er finansiert helt av bedriften eller er delfinansiert av forskningsrådet via innovasjonsprosjekter for næringslivet (IPN). Felles for prosjektene er at de er initiert av bedriftene og at bedriftene har rettighetene til resultatene av prosjektene.
<i>Bidragsforskning</i>	Prosjektene har som oftest fokus på verktøyutvikling og/eller publiserbare forskningsresultater. Disse prosjektene går mer i dybden innenfor faglige problemstillinger og har ofte fokus på avgrensete og fundamentale problemstillinger. Prosjektene er helt eller delvis finansiert av offentlige midler. Dette er f.eks. KPN-prosjekter, EU-prosjekter, FME, SFI, samt annen finansiering av forskningsrådet, mv. Resultatene eies av forskningsaktøren – industrideltakere har formelt status som sponsor.
<i>Basisforskning</i>	Forskningsprosjekter som støttes av grunnbevilgning (MARINTEK) og ordinær bevilgning (NTNU). For MARINTEK er det ofte snakk om utvikling av metoder og verktøy som er viktige for MARINTEKs forskningsvirksomhet. For NTNU er det forskning gjennomført av fast vitenskapelig ansatte, eventuelt støttet av stipendiater finansiert over universitets rammebevilgning (RSO og SO-stipendiater) – resultatene av forskningen vil som hovedregel alltid publiseres, men graden av «anvendthet» bestemmes av professoren.
<i>Undervisning</i>	Undervisning av bachelor-, master- og PhD-studenter.

Den største delen av MARINTEKs virksomhet er rettet mot oppdragsforskning, mens den største andel av IMTs virksomhet er rettet mot bidrag- og basisforskning samt undervisning. Ved AMOS jobber man med forskningsoppgaver relatert til autonomitet (selvstyrende enheter) og marine operasjoner. AMOS har internasjonal deltakelse via tilknyttede forskere og strategiske samarbeid mot utenlandske universitet. Institutt for marin teknikk er en aktiv deltaker i et internasjonalt forskningsmiljø gjennom å ta imot gjesteforskere, sende egne ansatte på opphold ved andre institusjoner, forskningssamarbeid og omfattende deltakelse i internasjonale forskningsfora.

MTS har et utstrakt samarbeid med andre forskningsinstitutter både nasjonalt og internasjonalt. Figur 1 gir et bilde på hvordan samarbeidet mellom MARINTEK, IMT, AMOS og andre forskningsinstitusjoner fungerer. Denne KVUen omhandler MTS og fokuset i den videre gjennomgangen er derfor på MARINTEK og IMT. I tillegg vil det gis en kort beskrivelse av AMOS og det tverrfaglige samarbeidet mellom MTS og andre institusjoner på NTNU og SINTEF.



Figur 1. Oversikt over samarbeid mellom MARINTEK, IMT, AMOS og andre forskningsinstitusjoner.

1.1.1 Norsk Marinteknisk Forskningsinstitutt AS (MARINTEK)

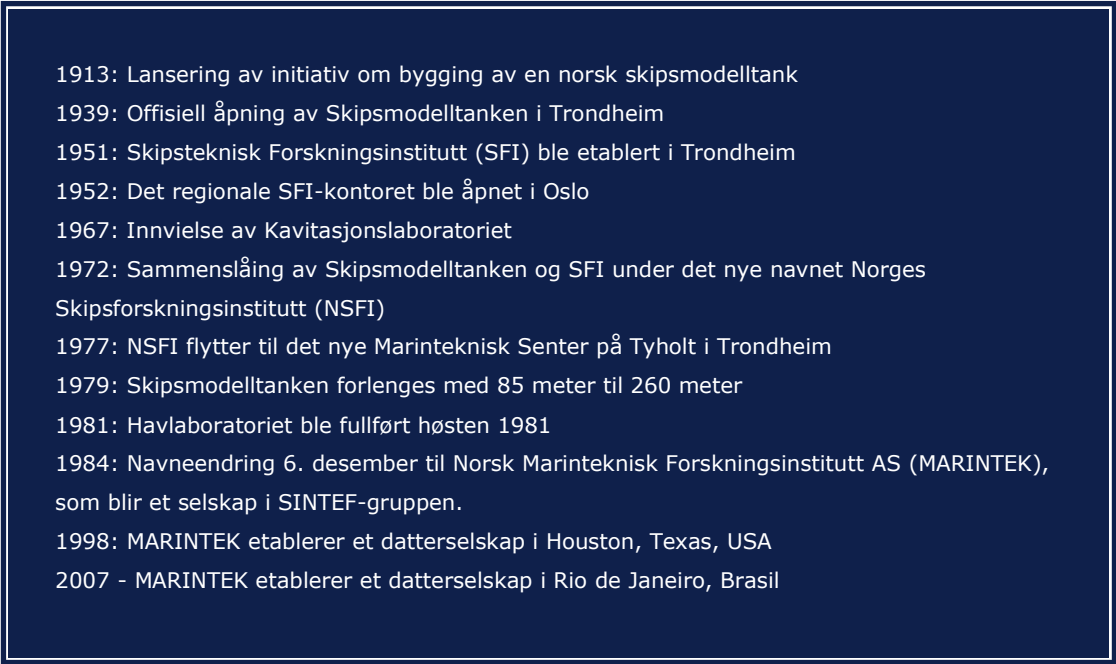
MARINTEK utfører oppdragsforskning og strategisk forskning innen marin hydrodynamikk, marine konstruksjoner, marin logistikk og marine energisystemer. MARINTEK er et forskningsaksjeselskap med eiersammensetning som vist i Tabell 2.

Tabell 2. Eiersammensetning MARINTEK

Institusjon	Eierandel (%)
SINTEF	56,03
Norges Rederiforbund	25,86
Det Norske Veritas	8,62
Norsk Industri - Skipsverftenes fond for forskning og utdanning	4,31
Sjøfartsdirektoratet	4,31
Rederienes Landsforening	0,86
Totalt	100

Stiftelsen SINTEF, som er Skandinavias største forskningskonsern, er majoritetseier i MARINTEK og en viktig samarbeidspartner i gjennomføringen av en rekke aktiviteter og prosjekter. Både MARINTEK og SINTEF er ikke-kommersielle virksomheter, noe som bl.a. innebærer at det ikke betales utbytte og at overskudd fra oppdragsforskningen investeres i ny forskning, vitenskapelig utstyr og kompetanse.

MARINTEK ble etablert per 1. januar 1985. Den formelle registreringen i Brønnøysundregistrene skjedde imidlertid noen dager tidligere. MARINTEK har datterselskaper i Houston og Rio de Janeiro, opprettet som en del av MARINTEKs internasjonaliseringsstrategi. Disse er under avvikling som følge av at en ikke har greid å oppnå lønnsom drift i selskapene. /D500/



1913: Lansering av initiativ om bygging av en norsk skipsmodelltank
1939: Offisiell åpning av Skipsmodelltanken i Trondheim
1951: Skipsteknisk Forskningsinstitutt (SFI) ble etablert i Trondheim
1952: Det regionale SFI-kontoret ble åpnet i Oslo
1967: Innvielse av Kavitasjonslaboratoriet
1972: Sammenslåing av Skipsmodelltanken og SFI under det nye navnet Norges Skipsforskningsinstitutt (NSFI)
1977: NSFI flytter til det nye Marinteknisk Senter på Tyholt i Trondheim
1979: Skipsmodelltanken forlenges med 85 meter til 260 meter
1981: Havlaboratoriet ble fullført høsten 1981
1984: Navneendring 6. desember til Norsk Marinteknisk Forskningsinstitutt AS (MARINTEK), som blir et selskap i SINTEF-gruppen.
1998: MARINTEK etablerer et datterselskap i Houston, Texas, USA
2007 - MARINTEK etablerer et datterselskap i Rio de Janeiro, Brasil

Figur 2. Milepæler i MARINTEKs historie /D500/

1.1.1.1 Faggrupper ved MARINTEK

MARINTEK er i dag organisert i fire avdelinger med tilhørende forskningsgrupper som vist i Tabell 3.

Tabell 3. MARINTEKS organisering i fire avdelinger med tilhørende forskningsgrupper

Avdeling	Forskningsgrupper	Kompetanseområder
<i>Maritim</i>	Maritime transportsystemer	Energieffektive skrog og propulsjonsløsninger Energieffektive og miljøvennlige fremdriftssystem Effektive operasjoner og flåtestyring
	Skipsteknologi	Operasjoner i Arktis/Nordområdene Hardværsoperasjoner
	Maritime energisystemer	Fartøyshåndtering i begrenset farvann
<i>Offshore olje og gass</i>	Offshore konstruksjoner	Integrerte marine analyser - teoretisk og eksperimentell hydrodynamikk, og konstruksjonsteknikk
	Forankring, DP og operasjoner	Hydrodynamiske modelltester Marine operasjoner Forankringssystemer
	Rørledninger, stigerør og kabler	Dynamisk posisjonering Strøminduserte laster (VIV) på slanke konstruksjoner Analyse av bølgelaster og lastvirkning på flytende konstruksjoner Marine konstruksjoner og marin konstruksjonsteknikk Offshore rørledninger Stigerør Kraftkabler
<i>Nye havindustrier</i>	Havenergi	Hydrodynamikk Konstruksjonsteknikk
	Havbruks-konstruksjoner	Aero-hydro-servo-elastisk modellering Slanke marine systemer Marine operasjoner og installasjon Konseptevaluering og -optimalisering
<i>Strategisk FoU</i>	Ocean Space Centre	Storprosjektledelse Flerfaglig samarbeid
	Store forskningssatsinger	Kompetansebygging mellom markedsområder
	Fagnettverk	
<i>Programvare-utvikling</i>		Metoder og teknikker for programvareutvikling Programvareforvaltning

I det følgende gis en nærmere beskrivelse av forskningsgruppene innenfor avdelingene Maritim, Offshore olje og gass og nye havindustrier.

Maritim

Skipsteknologi: forskningsgruppen innen skipsteknologi har spisskompetanse på skipshydrodynamikk og marin kybernetikk med spesiell fokus på skipsmotstand, propulsjon, sjøegenskaper, belastninger og manøvrering av skip. De tjenester som leveres er i hovedsak forskning og utvikling, modellforsøk, programvareutvikling, numeriske beregninger og fullskalamålinger på skip. /D501/

Maritime transportsystemer: forskningsgruppen innen Maritime transportsystemer har hovedfokus på logistikk og IKT. Innen logistikk ligger fokus på design og styring av maritime verdikjeder, flåteoptimalisering og skipskonseptanalyser. Innen IKT er satsningsområdene autonome løsninger for skip, anvendt maritim kommunikasjon og digital informasjonsbehandling. /D502/

Maritime energisystemer: forskningsgruppen innen maritime energisystemer arbeider med motorutvikling, forbrennings-, avgass- og renseteknologi, samt VOC og feltmålinger. Fokusområder er utvikling av energieffektive løsninger for energiproduksjon og -bruk på skip, samt bruk av alternative

drivstoff. MARINTEK leverer et bredt spekter av måletjenester og analyser rettet mot utslipp til luft, inkludert akkrediterte målinger av NOx-utslipp. /D503/

Offshore olje og gass

Offshore konstruksjoner: forskningsgruppen innen offshore konstruksjoner har ekspertise innen både teoretisk- og eksperimentell hydrodynamikk. Gruppen arbeider med ekstreme og ikke-lineære hydrodynamiske laster og respons (slamming, grønn sjø, air-gap og ringing) og utvikler programvare for analyse av ulike komplekse hydrodynamiske effekter som rulledemping, moon-pool dynamikk og bølge-strøm interaksjon. Det utføres i økende grad prosjekter som kombinerer eksperiment, CFD og rasjonelle designmetoder for flytende og faste konstruksjoner. /D504/

Forankring DP, og operasjoner: forskningsgruppen innen forankring, DP og operasjoner har ekspertise på hydrodynamiske laster på flytende konstruksjoner, med fokus på forankringssystemer, dynamisk posisjonering og strøminduserte laster (som for eksempel VIV). Forskningsgruppen leverer blant annet analyser av bølgelaster og lastvirkning på flytende konstruksjoner, samt modellforsøk i havbassenget og slepetanken for forankrede eller dynamisk posisjonerte plattformer og fartøy. Forskningsgruppens prosjektportefølje består primært av analyser og utredninger, avanserte modellforsøk og programvareutvikling (SIMO/RIFLEX/SIMA). /D505/

Rørledninger, stigerør og kabler: forskningsgruppen innen rørledninger, stigerør og kabler har gjennom årene utviklet en numerisk verktøykasse for å regne på global konstruksjonsrespons samt spenning og utmatting på komponentnivå i rør og kabler med kompliserte tverrsnitt. Verktøyene er etablert og blir videreutviklet basert på teoretisk kompetanse og praktisk erfaring fra forsøk utført i laboratoriene på MTS. I Konstruksjonslaboratoriet (K-lab) er kvalifikasjonstesting av rørledninger, stigerør og kabler en viktig aktivitet, både i fullskala og på komponentnivå. De hydrodynamiske laboratoriene benyttes til å studere effekter der interaksjonen mellom hydrodynamiske laster og strukturrespons er sentral, for eksempel for virvelinduserte vibrasjoner (VIV). /D506/

Nye havindustrier

Havenergi: forskningsgruppen innen havenergi har ekspertise innen anvendelse av hydrodynamikk og konstruksjonsteknikk rettet mot offshore vindteknologi. Offshore vind er den viktigste aktiviteten innenfor havenergi hos MARINTEK og på kort sikt er nye prosjekter knyttet til nasjonale (NFR-ENERGIX) og europeiske forskningsprogram (H2020). Ett av de er EU-prosjektet LIFES50+, som MARINTEK er prosjektleder for. /D507/

Havbrukskonstruksjoner: forskningsgruppen innen havbrukskonstruksjoner har ekspertise innen hydrodynamikk og konstruksjonsteknikk og kan levere modell- og fullskalatester, samt feltundersøkelser, rettet mot havbruk. /D508/

1.1.1.2 Ansatte ved MARINTEK

MARINTEK har per september 2016 totalt 163 ansatte, fordelt på følgende kategorier.

Stillingskategori	Antall ansatte
Vitenskapelig personell inkl. forskningssjef	104
Ingeniører	17
Teknisk fagpersonell	28
Administrativt personell	9
Ledelse	5
<i>Totalt</i>	<i>163</i>

1.1.2 Institutt for marinteknikk (IMT) ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

Institutt for Marinteknikk er et av ti institutt som hører til fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi ved NTNU. Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi består (per 2016) av følgende ti institutter:

1. Institutt for bygg, anlegg og transport
2. Institutt for energi- og prosessteknikk
3. Institutt for geologi og bergteknikk
4. Institutt for konstruksjonsteknikk
- 5. Institutt for marin teknikk (IMT)**
6. Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk
7. Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk
8. Institutt for produktdesign
9. Institutt for produktutvikling og materialer
10. Institutt for vann- og miljøteknikk

IMT er organisert i *to faggrupper*, marine konstruksjoner og marine systemer, som driver forskning og undervisning innen følgende områder:

- *Marine konstruksjoner*: konstruksjonsteknikk, hydrodynamikk, kybernetikk, nautikk
- *Marine systemer*: skipsprosjektering, skipsmaskineri, drift, fiskeriteknologi, havbruk

Undervisning og forskning retter seg mot offshoreindustrien, skipsnæringen og fiskeri/havbruk, og er internasjonalt orientert.

1.1.2.1 Studiet ved IMT

Studiet ved IMT tar utgangspunkt i de grunnleggende marine disiplinene marin hydrodynamikk, marin konstruksjonsteknikk og marine systemer. Studiets oppbygning (hovedprofil) er som følger:

- *Marin konstruksjonsteknikk*: Hovedprofil marin konstruksjonsteknikk skal gjøre studenten skikket til å gjennomføre og vurdere styrkeberegninger av ulike typer marine konstruksjoner, samt anvende disse kunnskapene og ferdighetene til å utforme og dimensjonere marine konstruksjoner.
- *Marin kybernetikk*: Marin kybernetikk er et studium om hvordan marine og maritime dynamiske systemer kan bli styrt (regulert) automatisk til å oppføre seg i henhold til en spesifisert oppgave under påvirkning av ytre miljøkrefter.

- *Marin hydrodynamikk:* Marin hydrodynamikk handler om strømming rundt marine konstruksjoner, slik som skip, ulike typer offshore konstruksjoner, havbruksanlegg og anlegg for fornybar havenergi. Bølger, bevegelser og krefter fra bølger på marine konstruksjoner, og motstand og framdriftsegenskaper til skip er viktige tema.
- *Driftsteknikk:* Hovedprofilen Driftsteknikk fokuserer på sikker, effektiv og miljøvennlig drift, operasjon og modifikasjon av marine systemer, dvs. skip, offshore olje- og gassinstallasjoner, fornybar energiproduksjon fra havet og fiskeri og havbruk. Sentrale tema er pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet (RAMS) i et livssyklusperspektiv.
- *Marint maskineri:* Hovedprofilen marint maskineri omfatter design, installasjon og operasjon av maskineri på skip og plattformer inklusive forbrenningsmotoren i marine anvendelser. Den dekker et bredt utvalg av systemer for propulsjon og elektrisk kraftproduksjon samt hjelpesystemer for kjøling, smøring, lasthåndtering og dekkmaskineri. Kjernetemaene i denne disiplinen er systemdesign, ytelsesanalyse, styring og integrasjon for optimal ytelse og miljøvennlig og sikker operasjon.
- *Marin prosjektering og logistikk:* Hovedprofil Marin Prosjektering skal gi studentene kunnskaper og ferdigheter i å prosjektere og realisere sammensatte innovative marine systemer, herunder skip, marine transportsystemer, plattformer, offshore logistikksystemer og systemer for offshore energiproduksjon.
- *Marine ressurser og havbruk:* Denne hovedprofilen gir undervisning i prosjektering og drift av utstyr og systemer for fangst og produksjon av fornybare ressurser fra havet. Dette omfatter prosjektering av ulike typer oppdrettsanlegg og fiskefartøy, fra de aller minste til de mest avanserte og komplekse fabrikkskip. I denne sammenheng gjør man også studier av hvordan disse systemene virker på miljøets bærekraft.
- *Undervannsteknikk:* Hovedprofilen marin undervannsteknikk søker å kombinere teoretisk og praktisk forståelse av de spesielle krav som stilles til installasjoner og operasjon av utstyr og systemer under vann. Hovedprofilen tar utgangspunkt i de tradisjonelle marintekniske disipliner og gir mulighet for fordypning i ulike retninger med særlig vekt på forståelse av havrommet. Sentrale anvendelsesområder for undervannsteknikk er olje og gass, marin vitenskap og forvaltning, fiskeri og havbruk og marin mineralutvinning.

1.1.2.2 Vitenskapelig ansatte og studenter (aktivitetsnivå)

IMT utdanner over 100 sivilingeniører i marin teknikk i året og har nesten 100 doktorgradskandidater under utdanning. Studieprogrammene knyttet til marin teknikk er populære både nasjonalt og internasjonalt. Også for vitenskapelig ansatte er instituttet populært og inkluderer nasjonale og internasjonale forskere og undervisere på høyt nivå.

Vitenskapelig ansatte

I 2014 hadde IMT 77 vitenskapelig ansatte og 94 PhD kandidater. Tabell 4 viser ansattssammensetningen over de siste årene, dette inkluderer ansatte på IMT og CeSOS/AMOS.

Tabell 4. Sammensetning av vitenskapelig ansatte ved IMT og CeSOS/AMOS i perioden 2010 til 2014.

	2010	2011	2012	2013	2014
Professor + førsteamanuensis	26,1	25,1	22,9	22,0	24,3
Andre undervisningsstillinger	2,2	2,2	2,9	2,2	2,7
Postdoktor	6,3	7,5	9,0	7,5	10,0
Stipendiat	82,6	73,2	63,8	62,0	65,8
Forsker	5,7	5,5	2,8	3,7	5,0
Teknisk	12,6	13,5	13,8	16,5	16,9
Administrativt ansatte	10,4	10,4	9,9	11,4	11,7
<i>Sum</i>	<i>145,9</i>	<i>137,4</i>	<i>125,1</i>	<i>125,3</i>	<i>136,4</i>
Førstestillinger	26,1	25,1	22,9	22,0	24,3
Undervisnings-stillinger	28,3	27,3	25,8	24,2	27,0

Institutt for marin teknikk er anerkjent internasjonalt og tiltrekker seg høy internasjonal kompetanse. 24 prosent av professorer, førsteamanuensene og andre undervisningsstillinger er besatt av utenlandske personer. For Post. Doc og stipendiatstillinger er dette tallet 50 prosent. 44 prosent av professor II-stillingene er besatt av internasjonale og 22 prosent av masterstudentene er på internasjonalt program.

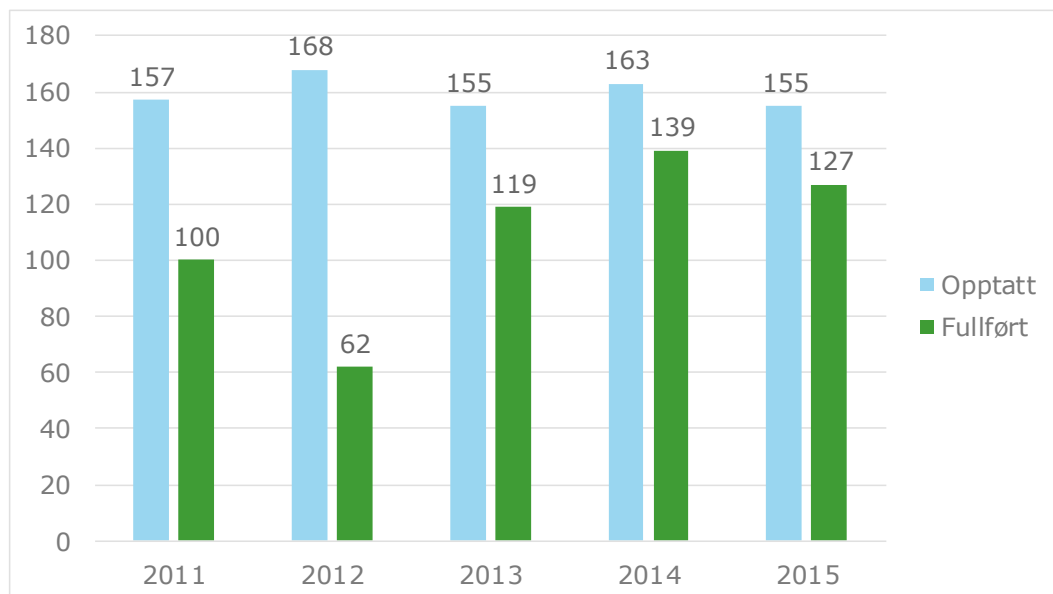
De vitenskapelig ansatte på IMT underviser og forsker. Tabell 5 viser antallet publikasjoner produsert ved IMT i 2015, hentet ut fra publikasjonsdatabasen Cristin. Flere av disse publikasjonene er i samarbeid med andre nasjonale og internasjonale forskere.

Tabell 5. Antall publikasjoner produsert ved IMT i 2015.

Type publikasjon	Antall
Bokkapittel	5
Vitenskapelig fagfellevurdert tidsskrift	128
Vitenskapelig fagfellevurdert konferanseartikkel	143
Internasjonale keynote presentasjoner og forelesninger	9
Utspill i media	32
Andre presentasjoner	26

Antall studenter

Totalt antall studenter som er tatt opp hvert år de siste fire årene er gjennomsnittlig 160 studenter. Gjennomsnittlig antall studenter med fullførte studier per år er 105. I Figur 3 vises totalt antall studenter fra 2011 til 2015 som er opptatt og som har fullført studier.



Figur 3. Antall studenter, opptatt og fullført, ved IMT fra 2011 til 2015.

1.1.2.3 NTNUs satsing på havromsvitenskap og teknologi: NTNU havrom

Havromsvitenskap- og teknologi er et av fire tematisk strategiske områder ved NTNU, og betegnes NTNU Havrom. NTNU havrom erstattet det tematiske satsingsområdet TSO Marin og maritim (aktivt fra 2003 til 2013), det startet i 2014 og vil vare fram til 2023. /D509/

Havromsaktiviteten ved NTNU omfatter forskning innen åtte områder. Disse er i) maritim transport, ii) arktis, iii) marine bioressurser, iv) ny energi fra havet, v) marine mineraler og vi) undervannsvitenskap og teknologi. I tillegg, omfattes forskning knyttet til vii) miljø, bærekraftig bruk av havet, kystsamfunn og kulturutvikling samt viii) muliggjørende teknologier. /D49/

Det er et bredt utdanningstilbud som danner fundamentet for forskningsaktiviteten. Det gjelder alt innenfor naturvitenskap, ingeniørvitenskap, informasjonsteknologi, energiteknologi, senter for etikk, industriell økonomi, tverrfaglige kulturstudier mm. NTNU driver forskningsbasert undervisning. God og relevant undervisning er avhengig av god forskning. Gode studenter gir gode forskere. God forskning avhenger av tilgang til de beste og mest relevante laboratoriene.

NTNU har fokus på innovasjon og entreprenørskap og har etablert Ocean School of Innovation, et treningsprogram for PhD kandidater innen området havromsvitenskap- og teknologi. Det er i 2016 mer enn 200 personer i et PhD løp innenfor feltet. Dette tallet forventes å være like høyt de neste årene da havrommet er identifisert som en nasjonal satsning.

1.1.3 NTNUs Centre for Autonomous Marine Operations and Systems (AMOS)

NTNU AMOS er samlokalisert med IMT. NTNU AMOS er et senter for fremragende forskning tilsvarende CeSOS (avsluttet i 2012). Deler av forskningsfokus til CeSOS er videreført gjennom AMOS ved etablering av SFF AMOS i 2013.

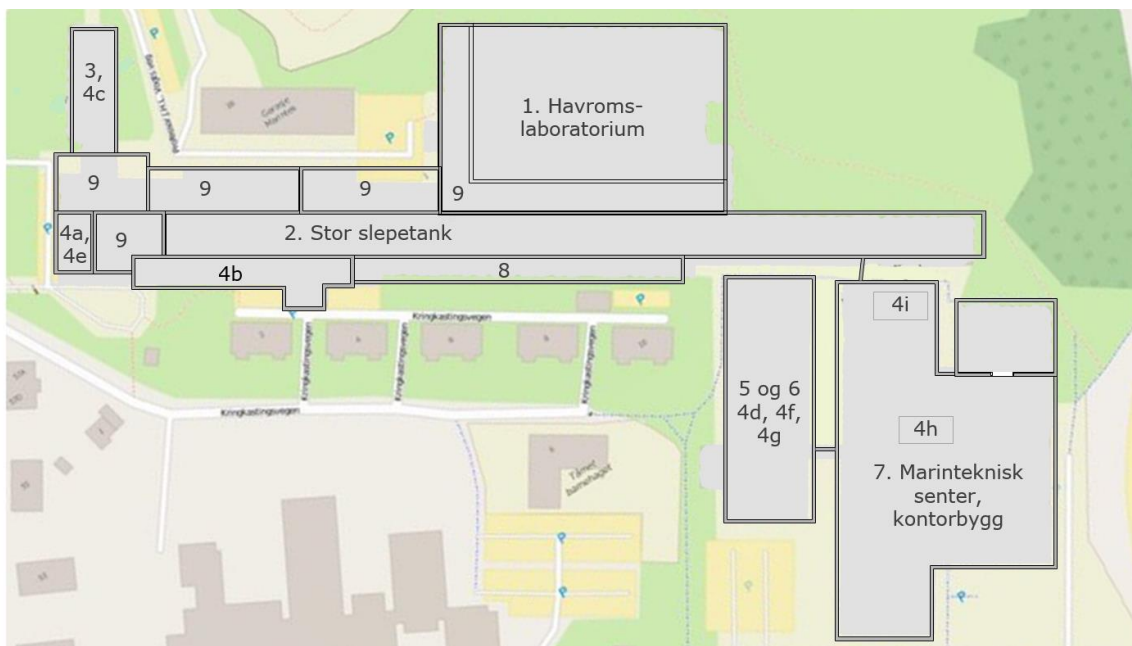
Ved AMOS jobber man med forskningsoppgaver relatert til autonomitet og marine operasjoner. NTNU AMOS vil bidra med fundamental og interdisiplinær kunnskap i hydrodynamikk, marine konstruksjoner,

reguleringsteknikk og autonomitet. Forskningsresultatene vil bli brukt til å utvikle intelligente skip og havkonstruksjoner, autonome ubemannede fartøy (under, på og over vann) og roboter for høy presisjon og sikkerhetskritiske operasjoner i ekstreme områder. Til sammenligning hadde forskningen ved CeSOS som mål å utvikle fundamental kunnskap om hvordan skip og andre strukturer oppfører seg i maritimt miljø ved bruke av analytiske, numeriske og eksperimentelle studier.

1.2 Laboratorier og verktøy ved MTS

MTS innehar i dag følgende funksjoner/laboratorier og deres lokasjon er markert i kart i Figur 4.

1. Havbassenget (bygget i 1981, med en lengde på 80 meter, bredde 50 meter og dybde 10 meter)
2. Slepetanken (bygget i flere etapper (1939 og 1979), lengde på 260 meter, bredde 10,5 meter og et variabelt vanddyp på mellom 5 og 10 meter)
3. Kavitasjonstunnelen (bygget i 1967)
4. Forsknings- og undervisningslaboratorier:
 - 4a. Lilletanken (tank II) og liten kavitasjonstank
 - 4b. Marin kybernetikk lab (MCLab)
 - 4c. Ladertanken (2D bølgerenne)
 - 4d. CWT (flumetank/strømningstank)
 - 4e. Snekkerboden (et verksted for studenter for bygging av modeller i lette materialer)
 - 4f. Konstruksjonslab (et rom med utstyr for mindre labforsøk i konstruksjonsteknikk)
 - 4g. Maskinerilab (et «mekkelab» og to motortestceller)
 - 4h. Introlab (et rom for ulike små forsøksoppsett for Marin Intro)
 - 4i. Visualiseringslab (et "Virtual reality" rom, med 3-D visualiseringsutstyr)
5. K- lab (bygget i 1979, og har i dag 3 rigger som benyttes for testing av dynamisk og statisk belastning på konstruksjoner)
6. M-lab (bygget i 1979, og består av utstyr for testing av marine energisystemer – primært marine dieselmotorer)
7. Marinteknisk senter (kontorbygg)
8. Ormen Lange (kontorbygg)
9. Verksteder og monteringsareal (geografisk spredt i dagens anlegg. Der er monteringsareal langs langsiden av dagens havbasseng og i tilknytning til kavitasjonstunnelen)



Figur 4. Oversikt over dagens Marin Teknisk senter på Tyholt.

I driften av laboratoriene har MARINTEK hovedansvaret for aktiviteten i de store og kommersielt rettede laboratoriene, mens IMT har hatt ansvaret for driften i de mindre laboratoriene hvor studenter og forskere arbeider med grunnleggende problemstillinger over tid, på en måte som vil være for dyrt i de store, kommersielt rettede laboratoriene. I enkelte tilfeller kan forskning dras videre fra de grunnleggende studier opp mot testing av mer sammensatte, konseptuelle løsninger i de store laboratoriene. Da gjerne også som ledd i næringsrettet forskning. I andre tilfeller krever forskningen bruk av de store laboratoriene, noe IMT har anledning til i henhold til samarbeidsavtalene mellom NTNU og MARINTEK /D49/.

I det følgende beskrives laboratoriene, andre verktøy og støttefunksjoner ved MTS nærmere.

1.2.1 Havbassenget

Havbassenget ble offisielt innviet i 1981. Bassenget var det første dypvannsbassenget i verden for å studere bl.a. offshore installasjoner. Bassenget er brukt til studier av faste og flytende installasjoner, f.eks. sammenhengen mellom flytere (plattformer, skip eller andre konstruksjoner), virkningen på bunninstallasjoner og forankringssystemer og stigerør som forbinder systemene på havbunnen og på havoverflaten. I flere tilfeller modelleres også strukturegenskapene til konstruksjonen slik at samvirke mellom bølgelast og konstruksjonsdynamikk inkluderes i prosessen. Bassenget benyttes også i en viss utstrekning til sjøgangsforsøk av skip.



Figur 5. Havbassenget. Kilde: /D510/

Bygningen som havbassenget ligger i har et areal på ca. 8 510 m² BTA, byggår 1981. Havbassenget har en lengde på 80 m, bredde på 50 m og dybde på 10 meter, med et netto vannareal på ca. 50m x 62m som følge av at en del av lengden forsvinner til nødvendig strand for bølgedempning. I havbassenget går det å simulere tilnærmet 3D-bølger ettersom der er bølgemaskiner på to sider av bassenget, men kun multiflap på den ene av dem. Bassenget har et variabelt vanndyp fra 0 til 10 meter og strømgenerering med maksimal strøm på 0,2 m/s vid 5m dybde.

Storskala infrastrukturmidler fra Norges forskningsråd er brukt til å oppgradere den hevbare bunnen i bassenget og øke nøyaktigheten ved fastsettelse av vanndypet. Strømanlegget er også forbedret, men det gjenstår fortsatt utskiftning av rør og manifolder. Dagens vognsystem/travers i havbassenget er ikke stivt nok til forsøk med fastholdte modeller, noe som begrenser/fordyrer denne type prosjekter i Bassenget.

Dimensjon	Utstyr	Funksjon
Brutto LxBxD=80x50x10, med et netto vannareal på ca. 50m x 62m	Bølgemaskiner Strømanlegg Vindgenerering Travers Målesystem Kraner Dykkerutrustning/ROV	Bølger fra to retninger, variabelt vanndyp, vind- og strømgenerering

1.2.2 Slepetanken

Dagens slepetank er bygget i flere trinn. Slepetank I, den opprinnelige slepetanken, sto ferdig i 1939 med et BTA på 4 839 m². Andre byggetrinn er en studenttank som er plassert i kjelleren i "Tankhodet" med et BTA på 295 m² (tank II). Tredje byggetrinn, slepetank III, omtalt også som forlengelsen, har et BTA på 1 584 m² og sto ferdig i 1979.

Hovedaktiviteten i slepetanken, også omtalt som skipsmodelltanken, er relatert til testing av skips hydrodynamiske egenskaper i mot- og medsjø (motstand, fremdrift, sjøegenskaper). Slepetanken benyttes også til å studere retningsstabilitet for frittlopende modeller.



Figur 6. Skipsmodelltanken. Kilde: /D511/

Bygningen som slepetanken ligger i har et areal på ca. 8485 m² BTA, byggår 1939. Slepetanken kan enten brukes i full lengde eller deles i to med en port (tank I og III). I full lengde har slepetanken en lengde på 260 m og bredde på 10,5 m. Tanken har to vanddyp (5.6m i gammel del og 10.0m i forlengelsen) og bølger i lengderetningen. Både regelmessige og uregelmessige bølger kan simuleres. Tanken er også utstyrt med to vogner: Den ene for sleping med inntil 10 m/s for tradisjonelle tester i smul sjø, og den andre for testing av sjøegenskaper og andre tester som utføres med faste eller frittløpende modeller. Sistnevnte har også installert en hexapod manipulator som benyttes bl.a. i forbindelse med hybrid testing.

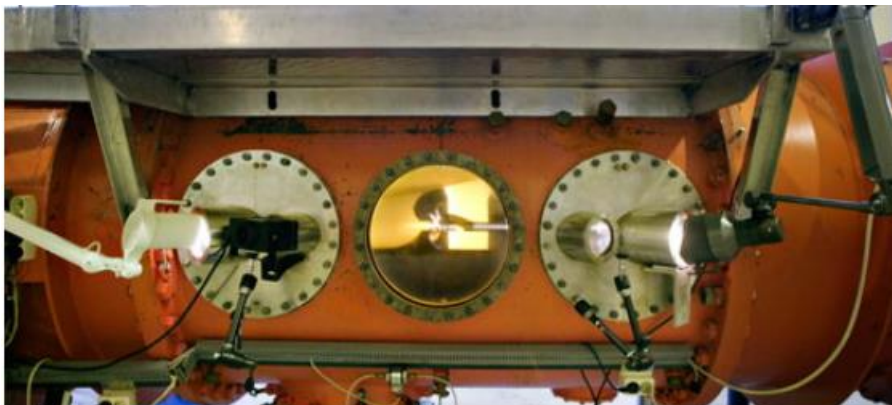
Dimensjon	Utstyr	Funksjon
Tank I LxBxD=175.0x10.5x5.6	Tradisjonell skipsmodelltank 2 vogner	Langkammet bølge i lengderetningen
Tank III LxBxD=85.0x10.5x10m	Bølgegenerator for langkammet sjø i enden av Tank III Mobil dokkport og strand for å kunne dele av Tank I og Tank III Målesystem Løfteutstyr	

1.2.3 Kavitasjonstunnelen

Laboratoriene på Tyholt ble forsterket i 1967 ved byggingen av en kavitasjonstunell for å kunne tilby en komplett pakke innenfor motstand og propulsjon av skip. Kavitasjonstunnelen ligger i en bygning med et areal på 1 790 m² BTA.

En kavitasjonstunell er et laboratorium for testing av propellere og representerer en viktig testfasilitet i kombinasjon med en slepetank eller et sjøgangsbasseng. Formen på skroget testes i bassenget mens kavitasjonstunnelen benyttes for optimering av propellens form til det faktiske skroget for maksimal effektivitet. /D21/

Kavitasjonstunnelen brukes i dag til å undersøke egenskaper med hensyn på kavitasjon, støy og trykkimpulser knyttet til propulsjonseenheter (propeller og thrustere) samt løftesystemer (foil og vinger etc.) på fartøy. Propellerinduserte trykksvingninger og støy så vel som kavitasjon undersøkes ved hjelp av målinger og observasjoner med høyhastighetsvideo. Krefter og momenter som virker på propelleraksler og individuelle propellblad kan måles med avanserte egenutviklede miniatyrinstrumenter, i tillegg til standardmålinger av trykkraft og dreiemoment.



Figur 7. Kavitasjonstunellen. Kilde: /D512/

Kavitasjonstunnelen vil gjennom storskala infrastrukturmidler fra Forskningsrådet få en ny testseksjon, som vil være operasjonell i 2018. Den nye testseksjonen vil være rektangulær, med store glassvinduer i sidene og bunnen. Den vil være lengre enn eksisterende seksjon, noe som gjør det mulig med montering av små og mellomstore skrogmodeller inne i tunellen. Det vil føre til mer realistisk innstrømning til propellen og visualisering av strømmingen langs skroget. En stor toppluke vil effektivisere installasjon av testoppsett fordi en slipper å tappe ut vann fra tunellen, samt forbedre arbeidsforholdene for teknikere (helse og sikkerhet). /D37/

Kavitasjonstunnelen kan benyttes for testing av propeller og for strømningsstudier med Particle Image Velocimetry (PIV) og Laser Doppler Velocimetry (LDV) for CFD verifikasjon og kartlegging av komplekse strømningsforhold rundt hydrodynamiske enheter. /D37/ Muligheten for slik kartlegging av komplekse strømningsforhold vil bli bedret med den nye testseksjonen som kavitasjonstunnelen får finansiert av storskala infrastrukturstøtte.

Dimensjon	Utstyr	Funksjon
Sirkulær måleseksjon med diameter 1,20 m Lengde av måleseksjon 2,08 m	Elektriske motorer, impeller, målesystemer og annen nødvendig utrustning	Tradisjonell kavitasjonstunell

1.2.4 Sloshinglaboratoriet

Sloshinglaboratoriet ble utviklet som et verktøy i arbeidet med å forstå et konkret fysisk problem med LNG membrantankere, nemlig "skvalpeslag" innvendig i LNG membrantankene, som kan føre til skader på veggene og taket i lasterommet.

Det var i perioden fra 2005 og noen år fremover betydelig aktivitet i MARINTEK og IMT i et integrert samarbeid med industrien, spesielt ExxonMobil, for å løse problemet. Sloshinglaboratoriet, som er en meget begrenset innretning, bidro til at en etterhvert forsto problemet og fant en god løsning på hvordan fenomenet kunne unngås. Basert på denne testingen ble det utviklet programvare som senere ble benyttet i dimensjoneringen av membrantanker.

Etter at problemet ble løst har det ikke vært aktivitet i laboratoriet, og det omtales derfor ikke ytterligere.

1.2.5 Konstruksjonslaboratoriet (K-lab)

På 1970-tallet startet næringslivsaktørene et nytt innsamlingsprosjekt for å få realisert et komplett Marinteknisk Senter på Tyholt som kunne samle den skipstekniske utdannelsen ved daværende NTH og Skipsteknisk Forskningsinstitutt som var blitt opprettet av daværende Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd i 1951. Næringslivet bidro til et konstruksjons- og maskinerilaboratorium og selve utdanningscenteret.

Konstruksjonslaboratoriet ble bygget for statisk og dynamisk testing av komponenter for skip og offshorekonstruksjoner, dvs. sveiste 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 mv. har fokus blitt rettet mot et videre spekter av havromsteknologi, herunder slanke konstruksjoner.

De konstruksjonstekniske problemstillingene er nå særlig rettet mot design, installasjon og operasjon av fleksible stigerør, kontrollkabler, elektriske kraftkabler, ankerliner, o.l. Dette er konstruksjoner med en til dels svært komplisert oppbygning, og med potensielt en lang rekke mulige feilmekanismer.

Fullskala dynamisk testing er en helt nødvendig del av et kvalifiseringsprogram for slike konstruksjoner. Denne typen testing gir også grunnlaget for utvikling og validering av numeriske metoder for å beregne respons og levetid.



Figur 8. Konstruksjonslaboratoriet. Kilde: /D513/

Konstruksjonslaboratoriet inngår sammen med Energi- og maskinerilaboratoriet i en stor bygning, ofte omtalt tunglabben, med en grunnflate på ca. 1350 m² og et totalt areal på 5510 m² BTA. Selve konstruksjonslaboratoriet utgjør ca. 600 m² av dette totalarealet. Det øvrige er arealer til Energi- og maskinerilaboratoriet, kontorer, verksteder, studentlaboratorier, auditorium og lagerrom.

Laboratoriet inkluderer testutstyr for modellskala og fullskala stress- og tretthetstesting av ulike marine konstruksjoner som konstruksjonselementer, fleksible stigerør, kontrollkabler, strømkabler, fortøyning og ankersystem. /D21/ I løpet av de siste 14 årene er det bygget tre horisontale testrigger for fullskala testing av slanke, marine konstruksjoner. Laboratoriet inkluderer også småskalalabber.

Del av lab	Beskrivelse	Utstyr	Funksjon	Brukere
K-lab	Installasjoner for både småskala og fullskala testing av konstruksjoner.	<u>Testtrigger:</u> Rigg 1: Maks lengde testobjekt 21m; 4,0 MN strekk Rigg 2: Maks lengde testobjekt 16m; 4,0 MN strekk Rigg 3: Maks lengde testobjekt 10 m; 24 kNm bøyekapasitet <u>Rigger for komponenttesting</u> (designes og bygges for spesifikke prosjekt) Utmattingstesting, kapasitetstesting (styrke), termisk testing, kapasitet 20 kN til 4 MN <u>Annet utstyr:</u> Hydrauliske systemer, Varme- og kjølesystemer, Elektrosystemer, Instrumentering og målesystemer	DTR 1 og 2 Strekk og utmattingstesting av marine konstruksjoner og komponenter, med særlig fokus på slanke marine konstruksjoner. DTR 3 Bøye/kompresjonstesting av kraft- og kontrollkabler	Oppdragsforskning MARINTEK (ikke undervisning for vanlige NTNU-studenter i tidlige årskurs, men prosjektoppgaver for master og phd studenter kan gjennomføres her (få eller ingen oppgaver i løpet av ett semester)
Smålabber	De minste riggene står her, brukes til utmattingstesting og kapasitets(styrke)testing av mindre komponenter	H2S lab 5-7 forskjellige små rigger 20 -100 kN Friksjons-og slitasjerigg	Utmattings- og kapasitetstesting av små komponenter. Friksjons og slitasjetesting av komponenter.	Oppdragsforskning MARINTEK (no undervisning for vanlige studenter, noen prosjektoppgaver for master og phd studenter gjennomføres her (1-2 for hvert semester)
Verksted/ Undervisning	Sveiseverksted Plateverksted Mekanisk verksted	Sveiseapparat, skjærebrenner, sager, platekapper, boremaskiner, dreiebenker, osv	Produksjon av utstyr til testing/testtrigger i K-lab og Smålabber Midlertidige undervisningslokaler i forbindelse med studentkurs	Oppdragsforskning MARINTEK Mange NTNU-studentkurs kjøres her hvert semester, opp til 100 studenter for hvert kurs. NTNU-ansatte kjører disse kursene (med noe assistanse fra MARINTEK- ansatte)
Rent undervisning	Undervisningsrom i 2.etg på lab	Arbeidsbord og stoler Mobile smårigger for studentkurs og "Lærerkurs NTNU"	Undervisningslokaler i forbindelse med studentkurs	NTNU-studentkurs kjøres her Sosiale arrangement (julebord mm) for NTNU og MARINTEK.

1.2.6 Energi- og maskinerilaboratoriet (M-lab)

Energi- og maskinerilaboratoriet ble bygget i 1979 og består av utstyr for testing av marine energisystemer, primært marine dieselmotorer. Laboratoriet benyttes hovedsakelig til testing og utvikling av motorer og energisystemer for forskjellig typer skip.

Laboratoriet er samlokalisert med konstruksjonslaboratoriet i "Maskinerilaboratoriet" som har et totalt areal på BTA 5510 m². Energi- og maskinerilaboratoriet utgjør omtrent BTA 2000 m² (Konstruksjonslaboratoriet ca. 600 m² og de øvrige arealene er kontorer, verksteder, studentlaboratorier, auditorium og lagerrom).

Historisk har laboratoriet 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 av industrien selv i egne laboratorier.

Aktiviteten i laboratoriet er i dag i stor grad knyttet til forståelse av utslippskomponenter, aktiviteter og feltmålinger knyttet til utslipp fra forbrenningsmotorer samt aktiviteter og feltmålinger knyttet til utslipp av flyktige organiske forbindelser (VOC) fra laste- og losseoperasjoner offshore.



Figur 9. Energi- og maskinerilaboratoriet. Kilde: /D514/

Dagens laboratorium 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 (f.eks. NO_x, SO_x, UHC, CO og CO₂).

Del av laboratoriet / utstyr	Beskrivelse av dagens funksjon og bruksområder	Bruk	Kunder
1-sylindret 2-takts forsøksmotor, VX-28	Medium speed 2-takts forsøksmotor. Forsøksmotoren kan brukes til å produsere eksos for avgassforskning og drivstofftesting fra 2-takts motorer.	Benyttes av NTNU til PhD-utdanning. Benyttes av MARINTEK i oppdragsforskning (for å produsere eksos for avgassforskning og drivstofftesting).	- Utstyrsleverandører til Maritim næring (??) - Myndigheter - Energiselskaper (olje og gassprodusenter? Kull?) - PhD-utdanning
3-sylindret 4-takts forsøksmotor, KR3	Medium speed 4-takts forsøksmotor. Forsøksmotoren kan til å produsere eksos for avgassforskning og drivstofftesting fra 4-takts motorer.	Benyttes av NTNU til PhD-utdanning. Benyttes av MARINTEK i oppdragsforskning (for å produsere eksos for avgassforskning og drivstofftesting).	- Utstyrsleverandører til Maritim næring (?) - Myndigheter - Energiselskaper - PhD-utdanning
Prøvestand mediumspeed (2 stk) Opp til 1.6 MW per stand	Brems med tilhørende utrustning. To dedikerte områder i testcelle for store motorer med fundamentering for installasjon av testmotorer. Brukes av MARINTEK for motorutvikling og oppdragsforskning	Brukes av MARINTEK til oppdragsforskning	- Motorprodusenter - Utstyrsleverandører (?) - Energiselskaper
Prøvestand heavy duty highspeed	En motortestcelle med en heavy duty highspeed dieselmotor. Motorcellen kan brukes til testing av motorkonsepter for økt virkningsgrad i forbrenning, redusert drivstoff-forbruk og reduserte utslipp og for drivstofftesting	Felles laboratorium for MARINTEK og NTNU. Brukes for av NTNU for MSc-utdanning. Brukes av MARINTEK til oppdragsforskning (for å tilby testing av konsepter for økt virkningsgrad i forbrenning, redusert drivstoff-forbruk og reduserte utslipp og for drivstofftesting).	- Utstyrsleverandører til Maritim næring - Myndigheter - Energiselskaper - Oppfinnere med nye idéer - MSc- og PhD-utdanning
Mindre motortestceller	4 prøvestander for forbrenningsmotorer. Prøvestandene brukes for å forstå forbrenningsprosesser, forstå dannelsen og utviklingen av komponenter i avgass-system.	Felles laboratorium for MARINTEK og NTNU. Brukes av NTNU i undervisningssammenheng Brukes av MARINTEK?	- Motorprodusenter - Komponentleverandører (?)
Konstant volum forbrenningsrigg	Et konstant volum forbrenningskammer med optisk tilgang, høyhastighets videokamera. Riggene brukes for å studere innsprøyting av drivstoff samt tennings- og forbrenningsforløp, for bedre å forstå kinematikk og fluiddynamikk. Brukes til å karakterisere forbrenningsegenskaper i forskjellige drivstoff.	Brukes av MARINTEK til oppdragsforskning Brukes av NTNU til PhD- og MSc-utdanning	- Komponentprodusenter, innsprøytingssystemer - Motorprodusenter - Energiselskaper
Hybridlaboratoriet (ABB Hybrid Power Lab)	ABB er industripartner og er eier av kontrollsystemene (proprietært styringssystem). NTNU eier dieselmotorene. Laboratoriet benyttes til testing av hybride systemer (hybrid mellom f.eks. diesel-elektriske anlegg (kombinasjon flere energiomvandler)). Der er planer om felles studier knyttet til styring og kontroll av hybride	Laboratoriet benyttes av NTNU til PhD-utdanning og MARINTEK benytter deler av hybridlaboratoriet til studier av avgassproblematikk	- Utstyrsleverandører til Maritim næring - Myndigheter - Energiselskaper - Oppfinnere med nye idéer

Del av laboratoriet / utstyr	Beskrivelse av dagens funksjon og bruksområder	Bruk	Kunder
	maskinerisystemer med hensyn til utslipp av eksos og partikler. Et hybrid fremdriftsanlegg består av energiprodusenter (i dette tilfellet to Cummins dieselmotorer med generator), elektrisk infrastruktur og kraftelektronikk, energilager (i dette tilfellet batteri og kondensatorer) samt elektriske energiforbrukere. Anlegget kan kjøres på alle kjente dieselkvaliteter unntatt HFO.		
Feltlaboratorium - Avgass	Full utrustning for utslippsmålinger av avgasskomponenter (av f.eks. NOx, SOx, UHC, CO og CO2) i felt ombord i skip og plattformer. Benyttes til verifisering av anlegg, innjustering av gassturbiner, verifisering av NOx-utslipp for innrapportering til myndigheter (akkreditert tjeneste).	Benyttes av MARINTEK til oppdragsforskning (verifisering av anlegg, innjustering av gassturbiner, verifisering av NOx-utslipp for innrapportering til myndigheter (akkreditert tjeneste))	- Energiselskap - Rederi - Myndigheter
Feltlaboratorium - VOC	Full utrustning for utslippsmålinger i felt av utslipp av flyktige organiske forbindelser (VOC) fra laste- og losseoperasjoner offshore. Benyttes til måling av VOC-utslipp og bestemmelse av feltspesifikke karakteristika relatert til VOC-utslipp.	Benyttes av MARINTEK til oppdragsforskning	- Energiselskap - Rederi - Myndigheter
Infrastruktur	Vannkjølesystem med luftkjøler og basseng, Ventilasjonsanlegg i store testceller, Ventilasjonsanlegg i små testceller, 30 m3 LNG (tank, fordampner, pumpe, ventiler, safety, etc), Gassblandingsanlegg (LPG), Lagring og håndtering av tungolje, Målesystem, Avgassmåling og -analyse, Partikkelmåling og -analyse.		

1.2.7 Studentlaboratorier

Forskning og undervisningslaboratoriene ved Marinteknisk senter kan deles inn i de som er rettet mot hydrodynamikk og de som er rettet mot konstruksjonsteknikk og energi- og maskineriteknikk.

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.

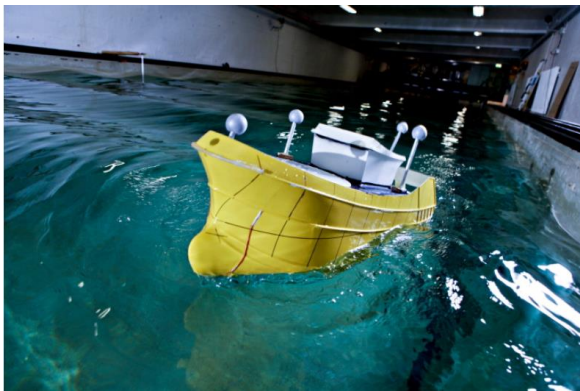
Konstruksjonsteknikk: Rom med utstyr for mindre labforsøk i konstruksjonsteknikk. I tillegg benyttes småslalabber i K-lab til undervisnings- og forskningsformål. Se også kap 1.2.5.

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. Se også kap 1.2.6.

I det videre beskrives de større hydrodynamiske forsknings og undervisningslaboratoriene nærmere; Marin kybernetikk lab (MCLab) for test av marine kontrollsystemer, Lilletanken (liten slepetank), Ladertanken (2D-bølgerenne) og CWT (flumetank/strømningstank).

1.2.7.1 Marin kybernetikk lab (MCLab)

Marin kybernetikk lab (MCLab) ble bygget år 2000 og åpnet i juni 2002. Laboratoriet er utviklet spesielt med tanke på forsøk der styringssystemene står i fokus. /D01/



Figur 10. Marin kybernetikk lab (MCLab). Kilde: /D515/

NTNU er den største brukeren av MCLab. Labben benyttes hovedsakelig av NTNU IMT og Kybernetikk. /D05/ Brukstiden er fordelt 45% på MSc, 45 % på PhD studenter, og 10% på kommersiell virksomhet.

Bassenget brukes for studier og tester av:

- Propulsjon og propeller
- Strømmålinger ved hjelp av PIV,
- Dynamisk posisjonering (DP) av skip og semi-submersibles
- Trådløs kontroll av skip og semi-submersibles
- Rapid control prototyping
- Planar motion mechanism (PMM)
- Vertical motion mechanism (VMM)
- Calibration of transducers
- Hardware-In-the-Loop (HIL) Experiment Laboratory

MCLab er en liten slepetank med en lengde på 39 m, bredde 6,45 m og dybde 1,5 meter. Den har bølger fra en retning, en avansert slepevogn og instrumentering for forsøk med kontrollsystemer /D01/.

MCLab er egnet for tester av marine kontrollsystemer, grunnet den relativt kompakte størrelsen og en avansert instrumenteringspakke. Det er også egnet for mer spesialiserte hydrodynamiske tester, for eksempel tester av tvunget bevegelse, hovedsakelig grunnet den avanserte slepevognen som har kapasitet for presis dirigering av modeller innenfor 6 frihetsgrader. Strømningsmålinger kan utføres med en teknikk som kalles Particle Image Velocimetry (PIV). /D515/

Laboratoriet er utviklet spesielt med tanke på forsøk der styringssystemer står i fokus. Dimensjonene på bassenget var gitt av den gamle lagertanken for skipsmodeller av parafinvoks. Det er lite plass på siden av bassenget, rommet har liten takhøyde og ofte er det nødvendig å tømme bassenget for vann for å installere modeller. /D05/

MCLab har et strømanlegg som ikke er blitt satt i drift grunnet tekniske mangler.

Dimensjon	Utstyr	Funksjoner
L x B x D = 39x6,45x1,5 meter	Bølgemaskin Slepevogn med 6 frihetsgrader Instrumentering for kontrollsystem El-kraftsystem (?)	Bølger fra en retning. Testing av marine kontrollsystem. Spesialiserte hydrodynamiske tester.

1.2.7.2 Liten kvaitasjonstank

Den lille kavitasjonstanken ble etablert på 1960-tallet som en forstudie til den store kavitasjonstunnelen. Kvaliteten på forsøkene som kan gjennomføres der er lav og labben egner seg kun til enkle labforsøk på lavere grads nivå. Tanken brukes per i dag til en labøving i Marin teknikk 3, som er grunnleggende kurs i hydrodynamikk, og lite annet.

1.2.7.3 Lilletanken (tank II)

Lilletanken er en liten sleperenne som ble bygget i 1958, og har vært brukt til studentforsøk i undervisning, samt i noe grad til forskning. Til høyre i bildet er den lille kavitasjonstanken lokalisert.



Figur 11. Lilletanken (tank II) med liten kvaitasjonstank lokalisert til høyre i bildet. kilde: NTNU

Lilletanken brukes for studier og tester av:

- Tauing av skipsmodeller (småskala studentoppgaver)
- Bunnfaste strukturer med liten til middels diameter i bølger (unngå sideveggrefleksjoner)
- Tauing av notpaneler til fiskemerder, både med og uten bølger
- Lukkede merder i bølger
- Utvikling av modellforsøksteknikk (forbederet bølgegenerering- og absorpsjon)

Lilletanken er en liten slepetank med en lengde på 28 m, bredde 2.5 m og max dybde 1.0 meter. Vanndypet kan justeres ned ved tømning, for gruntvannstesting. Den har bølger fra en retning, samt en slepevogn. Den har to bølgemaskiner; en for gruntvannsbølger og en for dypvannsbølger. Disse må byttes manuelt.

Lilletanken er egnet for mindre marine konstruksjoner i bølger, samt til tauing av for eksempel skipsmodeller og notpaneler. Vogna og vognstyringen er ikke god nok til spesialiserte funksjoner som tvungne oscillasjoner (ref. avansert og presis vogn i MClab).

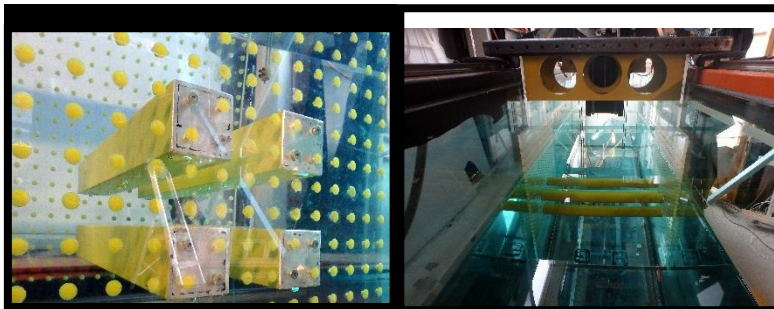
Lilletanken er lokalisert i kjelleretasje uten heis. Lokalet fungerer godt til daglig bruk og gjennomføring av tester med tanke på tilfredsstillende plass rundt og til dels brukbar takhøyde, god arbeidsstilling ved vannflaten og vinduer som gir dagslys. Lilletanken har en brønn for innfesting av fleksible bunnfaste konstruksjoner, som også kan studeres gjennom vindu i brønnen. Det er utfordrende med tilgang med maskiner, større verktøy, utstyr og modeller. Takhøyden tillater ikke installering av en kraftig travers til tyngre arbeider og gir begrensninger på oppussingstiltak, adkomst og installering av større utstyr og modeller.

Lilletanken har to bølgemaskiner (en for gruntvannsbølger og en for dypvannsbølger), per i dag skiftes disse manuelt. Tankens sidevegger i betong er noe skjeve og ujevne, det reduserer kvaliteten på bølgene som genereres og gir også noen begrensninger i tauing av modeller. Skjevheten medfører ekstrakostnader ved produksjon av rigg til enkelte typer forsøk, som tauing av notpaneler med full bredde. Lilletanken hadde tidligere et strømanlegg som er fjernet grunnet utilfredsstillende kvalitet på generert strøm.

Dimensjon	Utstyr	Funksjoner
L x B x D = 28 x 2.8 x 1.0	Bølgemaskiner (en for gruntvannsbølger og en for dypvannsbølger) Slepevogn (uten oscillator)	Bølger fra en retning. Testing av mindre marine konstruksjoner. Spesialiserte hydrodynamiske tester (tauing).

1.2.7.4 Ladertanken (2D bølgerenne)

Ladertanken er en liten bølgerenne som ble bygget i 1996, og har vært brukt til studentforsøk i undervisning, samt i noe grad til forskning. Den har glass i vegger og bunn for studier av to-dimensjonale fenomen.



Figur 12. Ladertanken (2D bølgerenne) kilde: NTNU

NTNU er den største brukeren av Ladertanken. Labben benyttes hovedsakelig av NTNU IMT. Brukstiden er fordelt 50 % på MSc, 30 % på PhD studenter, 5% på kommersiell virksomhet og 15% på andre (sommerstudenter, vitenskapelig ansatte).

Ladertanken brukes for studier og tester av:

- Rulledemping av fartøy
- Moonpool resonans
- Tauing av notpaneler til fiskemerder, både med og uten bølger
- Lukkede merder i bølger

- Detaljerte studier av bølger
- PIV-målinger av bølgekinematikk
- Utvikling av modellforsøkssteknikk (forbedret bølgegenerering- og absorpsjon)

Ladertanken er en liten bølgerenne med en lengde på 13 m, bredde 0.6 m og max dybde 1.0 meter. Vann dypet kan justeres ned ved tømning. Den har bølger fra en retning (kun dypvannsbølger), samt en liten slepevogn med en påmontert vertikal oscillator.

Ladertanken er egnet for spesialstudier av idealiserte todimensjonale strukturer. Dette er spesielt myntet på validering av teori og numeriske beregninger, men også på fysisk forståelse. Glassveggene langs hele tanken gjør det mulig å observere bølgene i seg selv (for eksempel brytende bølger), bølgeslag under konstruksjoner, sloshing (indre bølger) i tanker, modellbevegelser, deformasjon av fleksible modeller/plater under bølgelaster.

Tanken ligger i kjeller under kavitasjonstunnelen, med inngang via en normal dør. Det er begrenset plass i lokalet til ladertanken, mindre enn ca 0.5m langs den ene siden samt på endene. Det er tilfredsstillende plass til praktisk arbeid i ca 8m lengde, langs den ene siden.

Lengden på Ladertanken gir begrensninger på lengden av forsøk med modell før refleksjoner oppstår. For typiske bølgeperioder, dreier det seg om ca 20-30 bølgeperioder (regulære bølger). En kan ikke kjøre irregulære tester grunnet dette.

Ladertanken har et strømanlegg, installert i 2010, som ikke har vært i bruk gunnet begrenset kvalitet på produsert strøm.

Dimensjon	Utstyr	Funksjoner
L x B x D = 13 x 0.6 x 1.0	Bølgemaskin Vogn med vertikal oscillator	Bølger fra en retning. Testing av idealiserte (todimensjonale) marine konstruksjoner. Spesialiserte hydrodynamiske tester (tauing, oscillasjon).

1.2.7.5 CWT (flumetank/strømningstank)

Sirkulasjonstanken er en såkalt flume-tank; der vannet sirkulerer i en lukket sløyfe drevet av en pumpe. Den har en testseksjon der man har uniform strøm av jevn kvalitet, og hvor testobjektet plasseres og målinger foretas. Testseksjonen har en maksimal hastighet på 1 m/s, og er således egnet til studier av laminær strømning. Tanken ble innkjøpt i 2007 for bruk til validering av numeriske strømningsberegninger, og brukes i stor grad sammen med Particle Image Velocimetry (PIV) utstyr. /D516/

Labben benyttes hovedsakelig av NTNU IMT, men med en del bruk av MARINTEK til egen forskning, lite oppdrag. Brukstiden er fordelt (anslagsvis) 30 % på MSc, 20 % på PhD studenter, 20% på undervisning (lab-øvinger og lab-demonstrasjoner) og 30% på andre (sommerstudenter, vitenskapelig ansatte).

Sirkulasjonstanken brukes for studier og tester av:

- Studier av strømning rundt enkle konstruksjoner ved laminær strømning – altså til grunnleggende strømningsstudier
- Fremskaffe data for validering av numeriske simuleringer
- Undervisning innen PIV og grunnleggende marin hydrodynamikk

Dimensjon	Utstyr	Funksjoner
(L x B x D) Brutto størrelse: 9.10 x 3.00 x 2.10 m Testseksjon: 2.50 x 0.61 x 0.61 m	-	Low turbulence level of 1% of free stream velocity Velocity profile outside boundary layers +/- 1% of mean velocity Flow speed from 0.03 to 1 m/s Operation with free surface or closed lid. The ambient pressure can't be lowered – it is not a cavitation tunnel

1.2.8 Andre verktøy

MARINTEK og NTNU støtter seg i betydelig grad på numeriske verktøy og simulatorer i sin virksomhet. Basert på forsøkene i de fysiske laboratoriene er det utviklet en rekke numeriske verktøy og simulatorer som også benyttes av eksterne brukere i industri og akademia i Norge og internasjonalt. I laboratoriene anvendes mer og mer hybride teknikker i forsøkene, såkalt hybrid testing, i tillegg blir fullskala testing mer og mer viktig. For mer informasjon om hybrid testing og fullskala testing se Vedlegg J.

Utvikling, salg og brukerstøtte på programvare blir stadig viktigere for MARINTEK. Imidlertid vil ikke programvare helt kunne erstatte fysiske forsøk fordi de fysiske laboratoriene benyttes der hvor en ikke i tilstrekkelig grad forstår fysikken til å kunne utvikle matematiske modeller.

Innen konstruksjonsteknikk og hydrodynamikk har MARINTEK i tett samarbeid med NTNU Institutt for marin teknikk lang tradisjon med å utvikle programvare. Kombinasjonen av kompetanse, relevant og unik programvare og laboratorier har vært avgjørende for den sterke posisjonen til marin konstruksjonsteknikk. Viktige eksempler er:

- SIMO – et verktøy for avansert simulering av multi body systemer
- SIMA – Arbeidsbenk for simulering og analyse av marine operasjoner og flytesystemer
- ShipX – Hydrodynamisk arbeidsbenk for skip
- VeSIM – Fartøyssimulator for tidssimulering av skip i sjøgang med variabel hastighet og kurs
- Riflex – Riser analysis software
- USFOS – Analyser av jacket-strukturer
- SIMLA – Analyser av rørledninger i forbindelse med legging og routing

Av disse selges VeSIM og ShipX direkte av MARINTEK, mens SIMO, SIMA, USFOS og RIFLEX markedsføres og gis brukerstøtte fra DNV GL Software. I tillegg utvikler MARINTEK flere programmer for lokalanalyse av kompliserte tverrsnitt, for eksempel fleksible stigerør og umbilicals/kraftkabler.

Spesielt ShipX gir gode muligheter for tett interaksjon med maritim næring i Norge. Dette er blitt et standard verktøy for norske designere. MARINTEK legger inn mye erfaring i programmet, og utvikler dette videre samt verifiserer og kalibrerer resultatene gjennom laboratorieforsøk. Andre programmer gir tilsvarende tett interaksjon med andre næringer.

En dedikert gruppe jobber med analyser med CFD, dette er forventet å bli en viktig komplementær tjeneste til fysiske forsøk i fremtiden. MARINTEK anvender både kommersiell og open-source programvare for CFD-beregninger. I mange tilfeller utvides open-source kode in-house for spesielle anvendelser.

NTNU bruker disse programmene i sin undervisning og delvis i forskning. Det er viktig for studentene å få trening i virkelige problemstillinger gjennom bruk av samme type verktøy som bransjen selv benytter. Dette gir en stor brukerbase som kan drive testing og gi konstruktiv tilbakemelding til MARINTEK.

MARINTEK har også en rekke numeriske verktøy som ikke direkte bygger på resultatene fra fysiske forsøk i laboratoriene. Et verktøy for operasjonell ruteplanlegging av skip er et eksempel. Et annet er et verktøy for å vurdere teknisk tilstand av roterende maskineri.

1.2.9 Støttefunksjoner

MTS har behov for en rekke støttefunksjoner i form av kontor og undervisningsareal samt verksted og lager. i det følgende gis en kort beskrivelse av disse.

1.2.9.1 Kontor og undervisningsareal

MARINTEK har i dag kontorer lokalisert ulike plasser i infrastrukturen; Marinteknisk Senter ("kontor- og undervisningsbygget"), Skipsmodelltankbygget (inkl. "Ormen Lange"), Kavitasjonstunellbygget, Havbassengbygget.

Den spredte lokaliseringen er et resultat av den trinnvise utbyggingen av senteret. Kontorene består hovedsakelig av cellekontorer. Totalt har MARINTEK kontorplasser for 202 ansatte.

1.2.9.2 Verksted og lager

Verkstedene i tilknytning til laboratoriene i dagens Marinteknisk Senter er geografisk spredt. Det har direkte sammenheng med at laboratoriene i senteret er bygget ut etappevis siden starten i 1939. Dagens verksteder inkluderer; Modellverksted for produksjon av modeller til de hydrodynamiske laboratoriene (i tilknytning til havbassenget), freseverksted for skrog og større modeller (i tilknytning til slepetanken), freseverksted for mindre modeller (i tilknytning til slepetanken), tre mekaniske verksted (et i tilknytning til havbassenget, et til kavitasjontunnelen og et i tilknytning til konstruksjonslab og energi- og maskinerilab)

Marintek har i dag lager på tre forskjellige steder; et eksternt lager (ca. 1 mil utenfor byen); et lite lager på Tyholt og et lager nede vid havnen.

VEDLEGG C: Interessentvurderinger

Formålet med dette vedlegget er å gi en oversikt over aktører og interessenters *ønsker/krav/behov* rundt nye laboratorier i forbindelse med MTS. Vedlegget gir en oppsummering av sentrale interessenters vurdering av behov. Disse behovene har fremkommet gjennom møter med og innspill fra sentrale interessenter.

Det er en rekke interessenter og interessentgrupper. I vedleggets kapittel 1.2 gis en oversikt over identifiserte interessentgrupper. I dette vedlegget presenteres kun en oppsummering av vurderingene til den interessentgruppen vi har hatt intervjuer med. Dette er havromsnæringene. Havromsnæringene er den gruppen som er mottaker og bruker av kunnskapen som produseres og kandidatene som utdannes ved Marinteknisk senter. I tillegg til intervjuer med representanter for havromsnæringene har vi hatt hyppig kontakt med MARINTEK og NTNU ved IMT. Deres synspunktpunkt presenteres ikke eksplisitt her.

I kapittel 1.3 presenteres notat med spørsmål som ble sendt ut til intervjuobjektene i forkant av møtene.

1.1 Oppsummering av interessenters innspill

1.1.1 Maritim næring

Aktørene i maritim næring er **i stor grad enig i behovene** fremover, men er **mindre enig i hvilken løsning som er riktig**.

Det er viktig for norsk maritim næring å opprettholde et høyt kunnskapsnivå i Norge. Dersom etterspurt kunnskap forsvinner til utlandet vil det gå ut over den maritime næringen. I Norge operer aktører med relativ «åpen bok», mens i utlandet er aktørene mer lukket.

Samarbeid langs hele verdikjeden og langsiktige relasjoner er viktig. Dette bidrar til høy innovasjonstakt samtidig som det er viktig for å lykkes.

Kompetansen i hele verdikjeden er viktig i, fra reder til sjømann. **Det er behov for mer tverrfaglig kompetanse.** «Det er systemer som bygges, ikke enkeltkomponenter».

Det er mindre behov for laboratorier. Næringen vil trolig i mindre grad benytte seg av laboratorier fremover og funksjonen ved bruk av laboratorier vil endre seg. Det går i retning av **mer simulering, modellering og fullskala testing**. Laboratorier vil brukes for å verifisere resultatene og forbedre modeller.

Det er viktig for næringen å få tilgang på verktøy. Laboratoriene bør muliggjøre utvikling av avansert software som vil være viktig framover. Det er behov for laboratorier som er «mest mulig lik virkeligheten».

Det er behov for å effektivisere driften på MTS (automatisering). Laboratorietjenestene bør være kommersielt riktig priset.

Tid er kritisk ved utvikling av design. Det bør være kapasitet i laboratoriene og «Alt bør være på en plass».

Noen aktører stiller spørsmål ved om det **er det riktig å bruke så mye penger på nye laboratorier**. De mener at en oppgradering av laboratorier på Tyholt ikke nødvendigvis vil bidra til å utvikle et kunnskapssenter for havromsteknologi, men vil føre til at man kommer til å gjøre mer av det man har gjort. Ved satsing på f.eks. havbruk er anleggene på Tyholt mer enn gode nok, *det er kunnskapen som*

ikke er god nok. De største utfordringene er ikke hydrodynamikken. En bør gjøre praktiske forsøk. *En bør ut i havet å gjøre undersøkelser* og da kan det være at løsninger som mobile laboratorier, forskningsfartøy eller fullskala tester bør vurderes.

Andre aktører mener at det er **viktig at Norge har blant verdens beste laboratorier**. De peker på at laboratoriene er viktig for å opprettholde kompetansenivået og at gode laboratorier og kunnskapsnivået hos folk henger tett sammen. Aktørene peker også på at laboratoriene må muliggjøre utvikling av avansert software.

1.1.2 Olje- og gassnæringen

Aktørene peker på at å ikke oppgradere laboratoriene vil være ødeleggende for olje- og gassnæringen. Næringen har et sterkt kompetansemiljø i Norge og viser til at det at man har et forskningsmiljø utgjør en viktig konkurransekraft for landet, og gode laboratorier tiltrekker seg personer med høy kompetanse.

Olje- og gassnæringen bruker laboratoriene på Tyholt til en rekke forskjellige ting, herunder kvalifisering av ny teknologi og dokumentasjon av oppførselen til konstruksjoner. Næringen tror det kommer til å være behov for basseng lang tid fremover. Ved bygging av nye laboratorier er det viktig at laboratoriene har egenskaper som gjør at en kan teste de tingene som er vanskelig å regne på som strøm og ekstrembølger.

Eksisterende laboratorier tilbyr ikke tilstrekkelig god simulering av strøm og laboratorier er mangelfulle ved modellering av ekstrembølger. Det er i tillegg utfordringer knyttet til kapasitet og fleksibilitet.

Beskrivelse av havstrømmer er for dårlig i havbassenget. **Oppgradering av strømmen er helt avgjørende for å gjøre gode tester.**

Det er et behov for å verifisere og ha kontroll på belastningene som påføres konstruksjoner ved **ekstrembølger**. Eksisterende laboratorier med dens funksjoner setter begrensninger på bølgestørrelse og dermed på hvor stor modellen kan være. Det ville være et konkurransefortrinn for MARINTEK å få dette til. Nå må aktører gå andre steder for testing. Ved nye laboratorier er det viktig at bølgene blir store nok, slik at modellforsøk kan gjøres i fornuftig skala og det må være mulig å simulere 100 års bølger i hensiktsmessig skala.

Kapasitet og fleksibilitet: Det oppleves at det i dag er knapphet på ressursene og vanskelig å komme inn å gjøre tester med kort varsel. Eksisterende køordning gjør at det kan ta veldig lang tid. *Det er viktig å skape fleksibilitet* for å kunne gjøre flere forsøk med minst mulig tilleggskostnad. MARINTEK må være konkurransedyktige på pris.

Kommentar til referansealterantivet og de ulike laboratoriene:

0+ alternativet: Å ikke gjøre bygge nye laboratorier vil være ødeleggende for olje- og gassnæringen. Gode laboratorier tiltrekker seg de beste folkene som er viktig for å opprettholde den sterke kompetanse som er bygget i Norge på dette området.

Havbassenget: Strømanlegget i havbassenget bør oppgraderes, simulering av strøm er ikke godt nok per i dag.

Sjøgangsbassenget: Det nye sjøgangsbassenget er kun 6 meter dypt, næringen har behov for 10 meters dybde og skulle også hatt mer. 6 m dybde er tilstrekkelig for slepe- og sjøgangsforsøk men ikke for offshore og andre (f.eks. fornybar).

Dypvannsbassenget: Det er bekymringsverdig at dypvannsbassenget kun er 35 meter langt. 85 meter med 15 meter dybde ville vært hensiktsmessig. Ved utvikling av dypvannsfelt fremover vil kapabilitet på dypvann være viktig for oss. Det er også en mulighet å bygge flex-laboratoriet slik at det er fleksibelt hvor dokkportene/skilleveggene mellom de tre labbene settes inn. Rent operasjonelt kunne det ha gitt en ekstra dimensjon av labben.

Konstruksjonslaboratoriet: I dag er MARINTEK sprengt på kapasitet i konstruksjonslaboratoriet. Når en bygger nytt konstruksjonslaboratorium vil det være viktig å tenke fleksibilitet.

Studentlaboratoriene: Lilletanken og MC-labben, disse er viktige labber for MSc og PhD studenter og bør derfor ikke forsvinne.

1.1.3 Havbruksnæringen

Ocean Space Center (OSC) bør besluttes som et strategisk valg – innen hvilke områder skal Norge ta en ledende internasjonal posisjon? Med usikkerhet rundt framtidens behov kan beslutninger basert på en samfunnsøkonomisk analyse være utilstrekkelige.

Det er behov for at kompetanse fra flere fagmiljøer sammenstilles ved gjennomføring av prosjekter. OSC bør derfor ha *tverrfaglig kompetanse*. En forutsetning for bransjens lønnsomhet er nettopp tverrfaglig samarbeid. MARINTEK er i dag et viktig element i OSC, men de må også få med seg ellers blir det altfor lite prosjektorientert.

Norge har behov for flere prosjektingeniører. Med prosjektingeniør menes praktikere med tverrfaglig kompetanse som er løsningsorientert og effektive i gjennomføring av prosjekter. I norsk industri er det en svakhet at det er mye ekspertise/ekspertingeniører (spesialisertkompetanse), men for få gode prosjektingeniører.

Det er svært viktig at kompetansen finnes i Norge. Ved å ha kompetansen i Norge sikrer en at verdiskapningen skjer i Norge. Går man ut av Norge deler man kompetansen med andre omgivelser og mister tilsvarende kompetansen i Norge. Målet må være at kvaliteten skal være bedre i Norge. Eksempelvis har MARINTEK god responstid, og de er lette å kommunisere med. Det handler mye om **kommunikasjon og kultur**.

Krevende kunder er viktig for at OSC skal lykkes. Det har MARINTEK i dag, og det er noe av det som gjør dem gode.

Det er behov for fleksibilitet i anlegget. Uansett hva man bygger er fleksibilitet i anlegget viktig. Man vet ikke hvilke utfordringer som kommer i fremtiden. Det gjelder fleksibilitet på både knyttet til utforming av laboratoriene og tilgjengelighet. Det må åpnes for at det er mulig å kjøre 'foggy projects', dvs. utviklingsprosjekter hvor løsninger blir funnet underveis.

En aktør peker på at de ønsker et OSC der det kan kjøre tverrfaglige prosjekter som inkluderer f.eks. hydrodynamiske problemstillinger, biologi og simulering av operasjoner.

Det er viktig at laboratoriene som bygges kombineres med verktøy. Fremover vil havbassenget bli viktig. **Strøm er viktig for havbruk**, mens dybde er av mindre betydning. Det vil være krevende å få riktig strøm i bassengene.

Havbruksnæringen (til forskjell fra olje og gass) er svært standardisert og har derfor mindre behov for testing. De store **forskningsoppgavene ligger i drift og operasjon, og i biologien**. I tillegg vil utvikling av merder være viktig.

Det bør være en **tydeligere link mellom fullskala og laboratoriene** med hensyn til skalering.

Instrumentering av fjorden (fullskala verifisering) vil bli viktig for å vokse innen forskning knyttet til havbruk. Det er viktig med god instrumentering. Instrumentering av fjorden må dermed kobles mot Marinteknisk Senter.

Laboratorier som bygges må være fleksible og lettdrevne. Det er viktig å kjenne begrensningene for ulike laboratorier. Bruk av små, fleksible laboratorier er en god løsning. Det er en risiko knyttet til at store laboratorier vil bli dyre i drift.

1.1.4 Fornybar havenerginæringen

De neste ti årene vil havenerginæringen fortsatt drive med systemtesting, men det vil bli **større fokus på testing av detaljer**. Ved testing av detaljer er de **små labbene viktig**, som konstruksjonslabben hvor blant annet fleksible stigerør testes. Det antas også at det etter hvert vil bli billigere å gjøre fullskalamålinger.

Infrastruktur og drift av laboratorier er veldig kostbart. Hvis investeringskostnadene knyttet til nye laboratorier frykter næringen at dette vil gå ut over den faglig utvikling ettersom instrumentering er dyrt.

Effektivitet i forsøkene pekes på som et grep som kan øke konkurranseevnen til MARINTEK. For eksempel kjører MARIN i dag kjøre forsøk 24 timer i døgnet.

Simulering av samvirket mellom bølger, strøm og vind er en av de vanskelige problemstillingene som vil bli viktig i fremtiden. MARINTEKs hydrodynamiske laboratorier håndterer ikke i dag dette på en tilfredsstillende måte. Det er vanskelig å lage bassenger/tanker som håndterer dette godt. *Det viktigste med et havbasseng er god kvalitet på bølgene.*

At det er tilgang på **laboratorier i Norge er viktig for at Norge skal kunne være en kompetansenasjon innenfor hydrodynamikk**. For å være store innen området så må man være *best til å bruke laboratoriene*. For bruk av laboratoriene så er det avgjørende med både kompetanse knyttet til beregning og testing i kombinasjon.

For å trekke kompetanse til Norge så er totaliteten viktig; næringen samarbeider med NTNU fordi de vet at de da får hele totaliteten. En organisatorisk problemstilling er å klare at få de gode folkene til Marinteknisk Senter. Det må være et mål å tiltrekke internasjonale aktører til MARINTEK.

Laboratoriekonseptet for studenter er bra, men *mangler muligheten for simulering av vind*, f.eks. vindtunnel (NTNU har en vindtunnel). FORCE Technology i Danmark er i dag best på vind. Arealet virker fleksibelt, tilgjengelig og laboratoriene vil også være relevante for kommersiell bruk.

Laboratoriene vil heve nivået på utdanningen og kan bli en inkubator for å drive ny teknologi, f.eks. utvikling av instrumentering, modeller og styringssystem. *Integrering av forsøk med kontroll og styresystemer* i de klassiske hydrodynamiske og konstruksjonstestene kan bli et viktig fremtidig område, både i utdanning og kommersielt.

Næringen går til MARINTEK fordi det gir mulighet for å *jobbe tett sammen og sammen designe det forsøket som skal gjennomføres*. Slike typer prosjekter ville blitt dyrere ved MARIN fordi det ville krevet en annen tilstedeværelse.

Ved dimensjoneringen av bunnfaste møller er samspillet mellom grunn og vann viktig. Ved bygging av flere møller så opplever hver mølle forskjellige bølger som følge av skiller i bunn. Dette er vanskelig å

modellere. De aktører i markedet som har størst tradisjon på *grunt vann* er Delares og Marin. MARINTEK har ikke noe egnet laboratorium for grunnvannstester i dag og næringen har derfor benyttet Lilletanken ettersom det har vært lettere og billigere å få til forsøk der enn i de store laboratoriene. I slike tilfeller må testingen begrenses til det prinsipielle, og den konkrete design overlates til beregninger.

1.2 Identifisering av interessenter/interessentgrupper

Med interessenter menes personer eller organisasjoner som medvirker til eller kan bli påvirket av tiltaket, direkte eller indirekte. I tabell 1 er ulike interessenter gruppert etter hvilken rolle de har overfor Marinteknisk senter.

Det er i hovedsak havromsnæringene som er mottaker og bruker av kunnskapen som produseres og kandidatene som utdannes ved Marinteknisk senter. Med havromsnæringene menes de næringer som høster eller benytter seg av ressurser fra havrommet¹. Næringene inkluderes de som eier, er operatører, designer og bygger havromskonstruksjoner eller skip, eller leverer utstyr eller spesialiserte tjenester til disse aktørene. Fokuset i interessentvurderingen har som følge vært på havromsnæringene og de norske kommersielle brukere av Marinteknisk senter.

Tabell 1. Oversikt over interessentgrupper og deres rolle i forskning og utvikling av havromsteknologi

Interessentgruppe	Rolle knyttet til OSC
Norske kommersielle brukere	Dette er kommersielle brukere av Marinteknisk senter, dvs. havromsnæringene. Vi har delt denne gruppen av interessenter inn etter næringsgrupper.
Maritim næring	Kommersielle aktører innenfor maritim næring som har behov for kunnskap innen utvikling av havromsteknologi.
Olje- og gassnæringen	Kommersielle aktører innen olje og gassnæringen.
Fiskeri- og havbruksnæringen (akvakultur)	Kommersielle aktører innenfor fiskeri og havbruk/akvakultur.
Havbasert fornybar energi	Kommersielle aktører innen havbasert fornybar energinæring.
Utvinning av mineraler	Kommersielle aktører innen utvinning av mineraler på havbunnen.
Forskningsinstitusjoner	Aktører som forsker på havrommet og havromsteknologi. Dette inkluderer aktører innen maritim forskning, havbruksforskning og inkluderer blant annet NTNU og universiteter og høyskoler
Undervisningsinstitusjoner	Aktører som bedriver undervisningsaktivitet innen havromsteknologi/havromsvitenskap. Dette er universiteter, høyskoler og inkluderer NTNU Trondheim, NTNU Ålesund, UiO, UiTø (fiskerihøgskolen) og Nord universitet (Bodø).
Operatører av et kunnskapssenter	Dette er ansatte ved Marinteknisk senter som er ansvarlig for den operasjonelle driften av anleggene.
Eier av et kunnskapssenter (offentlig virksomhet)	Departementene har en rolle som beslutningstager og offentlig støtte til eventuelle nye forskningsfasiliteter. Sentrale i denne sammenheng er Nærings- og fiskeridepartementet som eier av Marinteknisk senter og Finansdepartementet som ansvarlig for den økonomiske politikken.

¹ Med havrommet mener vi havoverflate, havdypene og de geologiske formasjonene på og under havbunnen.

Internasjonal aktører	Internasjonale brukere av norsk havromsteknologi og havromskunnskap. Det kan være konkurrenter, samarbeidspartnere, forskningsinstitusjoner ol.
Samfunnet for øvrig	Naboer, kommuner og fylkeskommuner.

1.3 Spørsmål til interessentene

Her presenteres notatet som ble sendt ut til interessenter i forkant av møtene.

Bakgrunn

DNV GL og Menon har fått i oppdrag fra Nærings- og fiskeridepartementet å utarbeide en **tilpasset konseptvalgutredning (KVU) for Ocean Space Center** på Tyholt i Trondheim.

Ocean Space Centre har vært under utredning siden 2008. I 2011 leverte MARINTEK og NTNU en konseptvalgutredning (KVU) som ble kvalitetssikret av Metier og Møreforskning Molde. Første KS1-rapport ble levert 2012, med et tilleggsoppdrag som ble levert høsten 2013.

Ekstern kvalitetssikrer foreslo et nytt alternativ, **alternativ D-flex**, og konkluderte med at dette alternativet er det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme. Alternativ D-flex kom frem under kvalitetssikringen og har ikke vært grundig utredet eller forankret hos miljøene i Trondheim. NTNU og MARINTEK har på bakgrunn av dette foreslått en alternativ modell, hvor NTNU og MARINTEKs laboratorier er adskilte.

Regjeringen har besluttet å gå videre med D-flex og 0+ alternativet, samt utrede D-flex nærmere. Usikkerheter rundt D-flex alternativet har gjort at Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) ser behov for å gjøre en tilpasset konseptvalgutredning (tilpasset KVU).

Den tilpassede KVUen vil ta utgangspunkt i de analysene som er gjort. Behovsanalysen, mål og krav skal oppdateres. Videre skal en ikke utforske hele mulighetsrommet, men en skal analysere de tre alternativene som nevnt over:

- **0+ alternativet**
- **D-Flex alternativet**
- **Et alternativ med avgrensede laboratorier (optimalisert D-Flex).**

Det skal gjennomføres en samfunnsøkonomisk analyse for de tre alternativene.

MØTEPLAN

Agenda

- Kort presentasjon av oppdraget og hva en KVVU er, v/DNV GL
- Kort presentasjon av alternativene (jf. vedlegg), v/DNV GL
- Spørsmål

Formål med konseptvalgutredningen

Formålet med konseptvalgutredningen Ocean Space Center (OSC) er å vurdere hvorvidt det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere i nye havromsteknologiske laboratorier på Tyholt i Trondheim (jf. alternativer i vedlegg).

Kjernespørsmålene KVVUen søker å svare på er:

- Er det behov for å forbedre infrastrukturen/laboratoriene for forskning og utvikling av havromsteknologi?
- I så fall hva slags laboratorier/fasiliteter er det behov for?
- Hvor viktig er det at laboratoriene/fasilitetene ligger i Norge?
- Hvor mye er en slik investering verdt?

Formål med møtet

Hovedformålet med møtet er å få interessentenes vurderinger om kjernespørsmålene i KVVUen. I den forbindelse har vi forberedt noen spørsmål.

Spørsmål

Vi ønsker i hovedsak svar på spørsmålene i hht. deres bedrifts perspektiv, men ønsker også deres vurderinger sett fra et mer overordnet perspektiv.

- Det finnes en rekke hydrodynamiske laboratorier i verden (f.eks. ved Marin i Nederland). Hva er årsaken til at dere tidligere har valgt å benytte/ikke benytte dere av marinteknisk senter (MTS) isteden for andre senter?
- Kan du/dere utdype bruk av havromsteknologiske laboratorier/verktøy i dag og historisk? (Produkt- og prosessforbedringer?)
- Kan du/dere si noe om fremtidig bruk av havromsteknologiske laboratorier/verktøy (utvikling av nye produkter og prosesser?)
- Har du/dere noen formening om hvor store hydrodynamiske laboratorier det vil være behov for fremover?
- Hva skal til for at du/dere velger å benytte deg/dere av OSC i fremtiden?
- Hvilken rolle bør OSC ta innen utvikling av havromsteknologi/produkter i Norge og i verden?
 - o Har du/dere noen formening om hva et slikt kunnskapssenter bør inneholde av laboratorier/fasiliteter?
 - o Er det annet enn laboratorier/fasiliteter som er mer interessant?

- Hva slags kunnskap har næringen behov for? Dvs. hvilke forskningsbehov er og vil det være?
- Hvor viktig er det at man har laboratorier i Norge?
- Hvor viktig er det at man har kompetansen i Norge?
- Har dere noen formening om alternativene som skissert i vedlegget?
- Annet?

PRESENTASJON AV ALTERNATIVENE

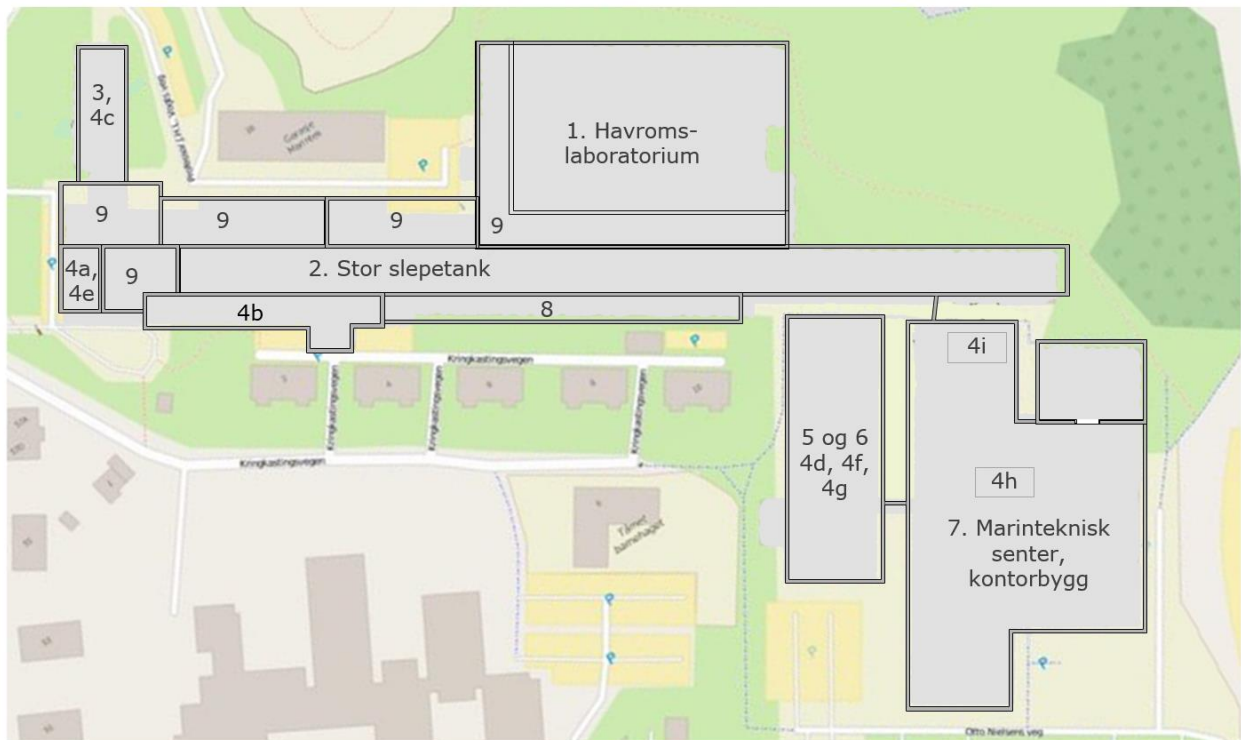
Referansealternativet: nødvendig vedlikehold for å opprettholde dagens funksjoner

Referansealternativet er det alternativet som tiltakene skal vurderes opp mot i den samfunnsøkonomiske analysen. I referansealternativet opprettholdes dagens infrastruktur og laboratorier på Marinteknisk senter på Tyholt i Trondheim. Det innebærer nødvendig vedlikehold for å opprettholde dagens funksjoner. I tillegg inkluderes de investeringer i infrastruktur som per dags dato er bevilget.

MTS innehar i dag følgende funksjoner/laboratorier og deres lokasjon er markert i kartet nedenfor:

1. Et **havromslaboratorium**, bygget i 1981, med en lengde på 80 meter, bredde 50 meter og dybde 10 meter.
2. En **stor slepetank**, bygget i flere etapper (1939 og 1979). Slepetanken har en lengde på 260 meter, bredde 10 meter og et variabelt vanddybde på mellom 5 og 10 meter.
3. En **kavitasjonstunnel** som ble bygget i 1967, det er bevilget en ny testseksjon.
4. **Forsknings- og undervisningslaboratorier:**
 - 4a. Liten slepetank («Lilletanken») med en lengde på 25 meter, bredde 2 meter og dybde 1 meter. Lilletanken ble bygget i 1958 og benyttes i undervisningsformål.
 - 4b. Marin kybernetikk lab (MCLab) er en liten slepetank/havbasseng med en lengde på 35 meter, bredde 3,5 meter og en dybde på 1,5 meter. Bassenget ble bygget i 2000 og benyttes i undervisningsformål.
 - 4c. Bølgerennen har en lengde 13 meter, bredde 0,6 meter og en dybde på 1 meter. Den ble bygget i 2001 og benyttes i undervisningsformål for 2-D studier av bølgekinematikk.
 - 4d. Strømningstanken med testseksjon har en lengde på 2,5 meter, bredde 0,61 meter og dybde 0,61 meter. Strømningstanken ble bygget år 2009 og håndterer en hastighet på 0,03-1,0 m/s – laminær strøm.
 - 4e. Snekkerboden er et verksted for studenter for bygging av modeller i lette materialer.
 - 4f. Konstruksjonslab – et rom med utstyr for mindre labforsøk i konstruksjonsteknikk.
 - 4g. Maskinerilab – et «mekkelab» og to motortestceller.
 - 4h. Introlab – et rom for ulike små forsøksoppsett for Marin Intro.
 - 4i. Visualiseringslab – et "Virtual reality" rom, med 3-D visualiseringsutstyr.
5. **Konstruksjonslab**, bygget i 1979, og har i dag 3 rigger som benyttes for testing av dynamisk og statisk belastning på konstruksjoner.
6. **Energi- og maskinerilab**, bygget i 1979, og består av utstyr for testing av marine energisystemer – primært marine dieselmotorer.

7. **Marinteknisk senter**, kontorbygg (BTA: 14 250 m²).
8. **Ormen Lange**, kontorbygg (BTA: 900 m²).
9. **Verksteder og monteringsareal** er geografisk spredt i dagens anlegg. Der er monteringsareal langs langsiden av dagens havbasseng (ca. 300 m²) og i tilknytning til kavitasjonstunnelen (ca. 150 m²).



Figur 1. Oversikt over dagens Marin Teknisk senter på Tyholt.

Alternativ E: D-Flex

Alternativet innebærer investering i nye laboratorier for forskning og utvikling knyttet til hydrodynamikk og marine strukturer på Tyholt i Trondheim.

Etter realisering av D-flex alternativet vil OSC bestå av følgende forskningsinfrastruktur:

1. Eksisterende **havlaboratorium** (renoveret) og monteringsareal (9) i tilknytning til laboratoriet beholdes
3. **Kavitasjonstunnel** flyttet til nytt bygg
10. Det bygges et **Flex-laboratorium** som består av tre bassengelementer avgrenset med seksjoneringsvegger:
 - a. Sjøgangsbasseng – lengde 165-250m, bredde 35m og dybde 6m. 3D-bølger.
 - b. Havromslaboratorium – lengde 35m, bredde 35m og dybde 15m. 3D-bølger. Justerbar bunn. Strøm og vindgenerering.
 - c. NTNU havromslaboratorium – lengde 50m, bredde 35m og dybde 10m. 3D-bølger. Justerbar bunn. Strøm og vindgenerering.
11. **Nytt Konstruksjonslaboratorium** – Det bygges et nytt konstruksjonslaboratorium og eksisterende tre rigger flyttes til det nye laboratoriebygget. Det kjøpes i tillegg inn 1 ny rigg.
12. **Nytt Energi- og maskinerilaboratorium** - Flyttes til nytt bygg for å gjøre plass for fleks-løsning. Investering i utrustning for utvikling og testing av fremdriftsanlegg og alternative drivstoff, herunder hybride løsninger.
13. **NTNUs Forsknings- og undervisningsbygg** (uten havromslab)
 - d. Smålabareal (inkludert: Liten slepetank, Liten kavitasjonstunnel, Strømningstank (flume) (flytting av eksisterende), Liten vakuumtank, 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, Stor bølgerenne, Tre små bølgerenner)
 - e. Maskin-/energilaboratorier:
 - i. Et studentlab maskineri/energi skal samle de spredte installasjonene (ikke motor) som NTNU har i maskinerilabben i dag, og ivareta økt bruk av laboratorier i flere emner.
 - ii. Et motor-/energilab for studenter inkluderer en marin motor (diesel/gass) med full instrumentering inklusive avgass- og partikkelmålinger. Det skal også inkluderes alternative avgass renseteknologier typiske for marine anvendelser (scrubber, SCR, etc.). Bygges som en lyddempet celle + kontrollrom m/observasjons-kapasitet.
 - iii. En motor-/energilab for forskning som utgjøres av et fleksibelt areal for motor-/energirelaterte forskningsoppgaver, spesielt relatert til gass, men også andre system- og styringsrelaterte problemstillinger. Mulighet for inndeling i lukkede celler med infrastruktur for luft, eksos, kjølevann og instrumentering.

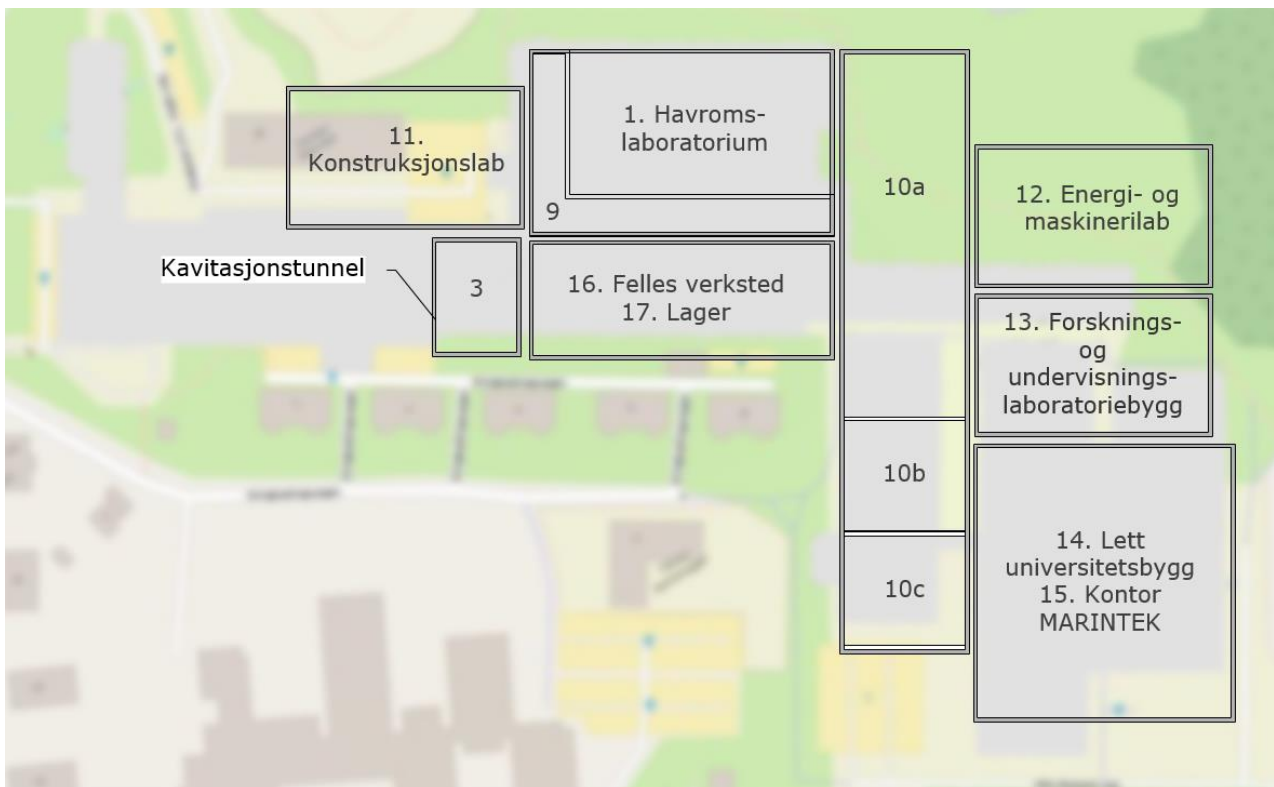
- iv. Et Hybrid Power Lab som skal ivareta muligheten for oppbygging av komplette nedskalerte maskinerirom med ulik konfigurasjon og med ulike energikilder, energioverføring og forbrukere.
- f. Undervisnings konstruksjonslab, Forsknings konstruksjonslab (lokalisert sammen med stort konstruksjonslab) og Lett-lab

Andre elementer:

- 14. **Lett universitetsbygning** - Studentareal (eksl. labber), kontor og kontorstøtteareal, bibliotek. (BTA: 14 614 m²)
- 15. **Kontor MARINTEK** (222 plasser, BTA: 5668 m²)
- 16. **Felles verksted** (BTA 5688 m²)
- 17. **Lager** (BTA 1000 m²)

Og følgende forskningselementer:

- Storskala-/fullskalaforsøk; feltmålinger
- Eksisterende slepetank (utfasing)
- Numerisk laboratorium og simulatorer



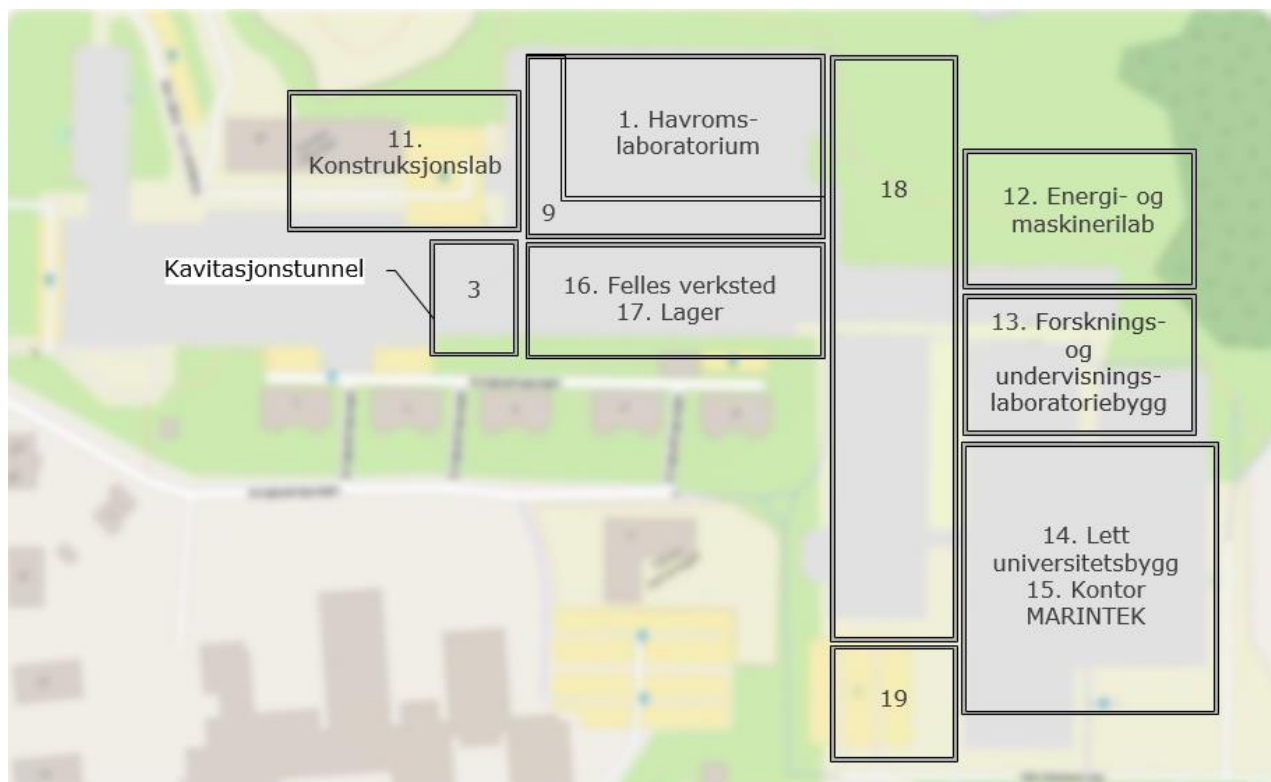
Figur 2. Oversikt over alternativ E: D-flex (plassering av laboratorier kun for illustrasjonsformål)

Alternativ F: Adskilte laboratorier

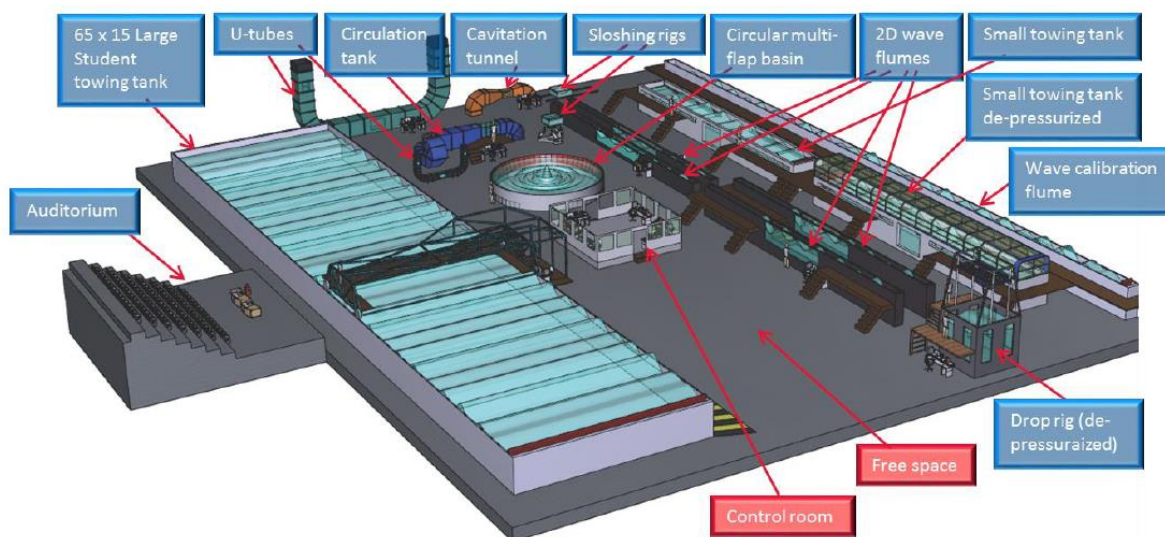
Alternativet innebærer investering i nye laboratorier for forskning og utvikling knyttet til hydrodynamikk og marine strukturer på Tyholt i Trondheim. Alternativ F skiller seg fra Alternativ E ved at flex-laboratoriet er byttet ut mot to separate bassenger. I tillegg er det inkludert et mindre havbasseng i NTNU's forsknings og undervisningslaboratoriebygg.

Etter realisering av Alternativ F: Adskilte laboratorier så vil OSC bestå av følgende forskningsinfrastruktur (nye elementer sammenlignet med alternativ E er hevet ut i bold og kun disse elementene beskrives):

1. Eksisterende havlaboratorium (renovert) og monteringsareal (9)
3. Kavitasjonstunnel flyttet til nytt bygg
11. Nytt Konstruksjonslaboratorium
12. Nytt Energi- og maskinerilaboratorium
13. Forsknings- og undervisningsbygg (med havromslab) (BTA: ca7476 m²)
 - a. Smålabareal
 - b. Maskin-/energilaboratorier
 - c. Undervisnings konstruksjonslab, forsknings konstruksjonslab (lokalisert sammen med stort konstruksjonslab) og lett-lab
 - d. **Nytt havromslab**, lengde 66 m, bredde 15m og dybde 5 mete ("fribord" 0,5 m). Multi-flap bølgemaskiner på to kanter. To-akset slepevogn (travers i lengderetningen, med sub-carriage på tvers). Et "Auditorium" med 40 seter og utsikt til bassenget. Et tilknyttet kontrollrom.
18. **Sjøgangsbasseng** med en lengde på 250m, bredde 35m og dybde 6m. 3D-bølger. Justerbar bunn.
19. **Havromslaboratorium** med en lengde på 35m, bredde: 35m og dybde 15m. 3D-bølger. Justerbar bunn. Strøm og vindgenerering.
14. Lett universitetsbygning - Studentareal (eksl. labber), kontor og kontorstøtteareal, bibliotek. (BTA: 14 614 m²)
15. Kontor MARINTEK (222 plasser, BTA: 5668 m²)
16. Felles verksted (BTA 5700 m²)
17. Lager (BTA 1000 m²)



Figur 3. Oversikt over alternativ F: Adskilte laboratorier (plassering av laboratorier kun for illustrasjonsformål)



Figur 4. Oversikt over planlagt Forsknings- og undervisningsbygg (med havromslab) (13)
 Kilde: NTNU, Ocean Space Centre - Behovsdokument NTNU (revisjon 2015)

VEDLEGG D: INTERNASJONALE KUNNSKAPSENTRE FOR UTVIKLING AV HAVROMSTEKNOLOGI

I prinsippet kan norske havbruksnæringer kjøpe forskningstjenester fra kunnskapsinstitusjoner i hele verden. Det er flere aktører internasjonalt og nasjonalt i tillegg til MTS som leverer forskningstjenester innen de marin tekniske 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 tildeles 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 1 viser de viktigste aktørene internasjonalt.



Figur 1. Oversikt over de viktigste internasjonale aktørene som leverer kunnskap innen marin teknikk

Tabell 1 gir en oversikt over hvilke utstyr og tjenester som er tilgjengelig hos de største internasjonale aktørene. 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. Under følger nærmere beskrivelse av kunnskapssenter med oversikt over laboratorier. For gjennomgang av laboratoriene på MTS se vedlegg B.

Tabell 1. Oversikt over utstyr og tjenester tilgjengelig hos MTS og de største internasjonale aktørene som konkurrerer med IMT og Marintek

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 kvaitasjonstunnel)
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).

1.1 Vurdering av de internasjonale institusjonene

Kvaliteten på en forskningsinstitusjon kan vurderes utifra 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 academia og industrien
- Internasjonalt samarbeid

Blant de 18 institusjonene vi har tatt for oss her er det to som utmerker seg; MARIN og HSVA. Disse blir, sammen med MARINTEK, ansett som de beste institusjonene å utføre oppdrags- og bidragsforskning på. Dette kan tildels begrunnes ut ifra fasilitetene på institusjonene; MARIN har både havbasseng, sjøbasseng, flere slepetanker samt vakuumtank 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 MARINTEK. 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 academia 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 de norske havromsnæringene 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, havnologistikk, 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 academia.

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.

1.1.1 USA

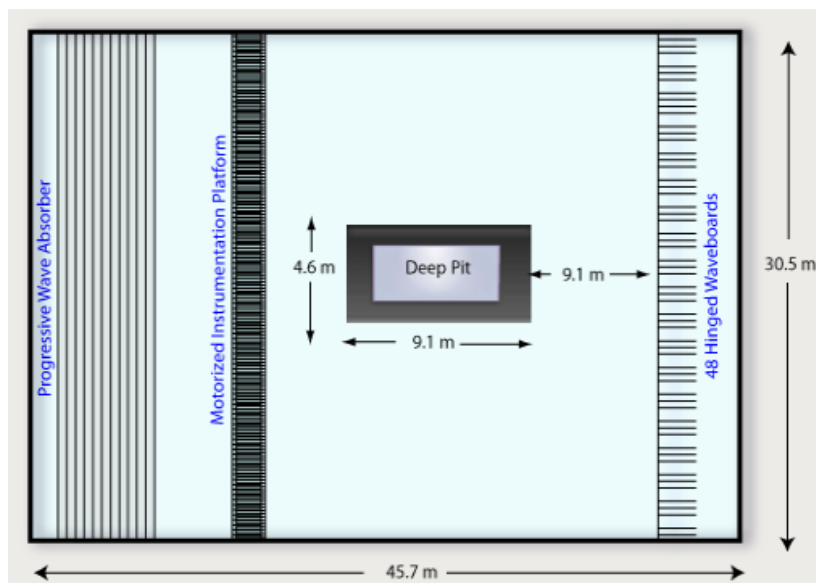
1.1.1.1 OTRC

OTRC (Offshore Technology Research Center) i Austin, Texas er et nasjonalt forskningscenter som opereres av *Texas A&M University* og *University of Texas*, hvor senteret har tilgang på et bølgebasseng og en slepetank ved Haynes Coastal Engineering Laboratory (som drives av Zachry Department of Civil Engineering). Senteret driver nasjonale og internasjonale forskningsprogrammer, og har særlig spesialisert seg innen dyp og ultradyp offshore-virksomhet, i første omgang i Mexico-gulven, men i senere tid også resten av verden.

Senteret driver forskning på havmiljø- og havbunnskarakteristikk, miljøkrefter på strukturer og fundamenteringssystemer, strukturrespons, avanserte komposittmaterialer og risikovurdering. Forskningen er i stor grad rettet mot offshorevirksomhet (dyp og ultradyp).

Tabell 2. Oversikt over fasiliteter OTRC

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Havbasseng	45.7 x 30.5 x 5.8, justerbar pit med max dybde 16.8 m, se Figur 2	Bølgegenerator (langs den ene siden): Regulære og irregulære, langkammede og kortkammede bølger. Strøm- og vindgeneratorer (alle retninger). Slepevogn: hastighet 0-0.6 m/s.
Bølgebasseng, grunt vann (Haynes Lab, Texas A&M University)	36.6 x 22.9 x 1.5	Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger fra 0-60 grader.
Slepetank (Haynes Lab, Texas A&M University)	47.2 x 3.7 x 3.05, pit: 1.5 m dyp	Max slepehastighet: 2 m/s.

**Figur 2: Havbasseng OTRC /D700/**

1.1.1.2 NSWC Carderock Division

NSWC (Naval Surface Warfare Center) i Maryland, er den amerikanske marinens forskningssenter, men tilbyr også tjenester (testing, modellering, analyser, utvikling) til privat og utenlandsk industri.

Forskningen er rettet mot design og implementerings-teknologi, skrogform og propulsjonsenheter, strukturer og materialer, «environmental quality systems», «signatures and silencing systems» og «vulnerability and survivability systems».

Institusjonen retter seg mot maritim virksomhet (militærfartøy, ubåter, ubemannede fartøy og andre typer skip)

Tabell 3. Fasiliteter David Taylor Model Basin

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Sjøgangsbasseng	110 x 73 x 6/10.7	Bølgegenerator: Langs to av sidene, regulære og irregulære, kortkammede bølger. Max slepehastighet: 7.7 m/s
Roterende-arm-basseng	Diameter 80 m, dybde 6.4 m	Slepehastighet etter en halv runde: 15 m/s Max slepehastighet: 25 m/s
Slepetank (grunt vann)	92 x 15.5 x 3.0	Max slepehastighet: 7 m/s
Slepetank (dypt vann)	574 x 15.5 x 6.7	Max slepehastighet: 10 m/s Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger
Slepetank (høy hastighet)	904 x 6.4 x 3/4.9 (delt inn i grunt- og dypvannsdeler)	Max slepehastighet: >25 m/s Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger
Liten slepetank	43.2 x 3.0 x 1.7	Max slepehastighet: 3 m/s

1.1.2 Canada

1.1.2.1 Oceanic Consulting Corporation

Oceanic er en privat forskningsinstitusjon, og samarbeider med *National Research Council of Canada's Ocean and Coastal and River Engineering Portfolio* (NRC OCRE) og *Memorial University's Ocean Engineering Research Centre and Marine Institute* (OERC).

Institusjonen tilbyr konsulentttjenester, numeriske simuleringer og modelltesting. Oceanic har dedikerte fasiliteter og programmer for arktisk forskning og utvikling, og har også ekspertise innen VIV (=vortex induced vibrations, virvelavløsningsinduserte vibrasjoner).

Forskningen er rettet mot maritim virksomhet (tankskip, LNG-skip, FPSO, ATB, yachter, kyst- og militærfartøy) og offshore virksomhet (blant annet i arktiske områder)

Tabell 4. Fasiliteter Oceanic, gjennom NRC OCRE og OERC

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Havbasseng	75 x 32 x 2.8-12 m	Bølgegenerator: langs to av sidene, regulære og irregulære bølger, langkammede og kortkammede bølger. Vind- og strømgeneratorer: vind og strøm fra flere retninger. Justerbar dybde.
Slepetank	200 x 12 x 7	Max slepehastighet: 10 m/s. Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger.
Bølgebasseng I (multidirectional wave basin)	36 x 30 x 3	Langkammede og kortkammede, regulære og irregulære bølger, bølger bare fra den ene siden.
Bølgebasseng II (coastal wave basin)	63 x 14.2 x 1.4	Regulære og irregulære, langkammede bølger, kan deles inn i smalere "kanaler", bølger bare fra én side. Strømgenerator.
Bølgebasseng III (large area basin)	50 x 30 x ikke oppgitt dybde	Irregulære, regulære, langkammede, kortkammede bølger (bare fra én side). Brukes til å studere hydrodynamikk i havner og marinaer, oppankrede fartøyer utsatt for bølger, vind og strøm, bølgeinteraksjoner med kyst- og maritime strukturer.

Side 6 av 20

Istank (verdens lengste)	90 x 12 x 3	Max slepehastighet 4 m/s Kan teste skipsmodeller med lengde opptil 12 m og offshore strukturer med diameter inntil 4 m.
Bølgetank I (large wave flume)	97 x 2 x max 2.75	Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger Strømgenerator
Bølgetank II (steel wave flume)	64 x 1.2 x 1.2	Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger Strømgenerator
Diverse laboratorier		
Skipssimulator		

1.1.3 Brasil

1.1.3.1 LabOceano

LabOceano tilhører Ocean Engineering Department ved *Rio de Janeiro Federal University*. Senteret samarbeider med både nasjonale og internasjonale, private og offentlige organisasjoner.

Institusjonen tilbyr modelltesting, CFD-beregninger og numerisk modellering av skip, offshore-installasjoner og undervannsutstyr, i tillegg til simulering av offshore- og undervannsoperasjoner.

Blant strukturene som har blitt testet i havbassenget er halvt nedsenkbare plattformer, FPSOer, oppjekkbare plattformer, lektere og andre flytende strukturer.

Forskningen er særlig rettet mot offshore virksomhet (flytende strukturer og undervannsteknologi).

Tabell 5. Fasiliteter LabOceano

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Havbasseng	40 x 30 x 15 (ikke justerbar dybde)+10 m pit	Bølgegenerator: kan generere bølger fra flere retninger Vind- og strømgeneratorer: kan generere vind og strøm fra flere retninger.



Figur 3. Havbasseng LabOceano /D701/

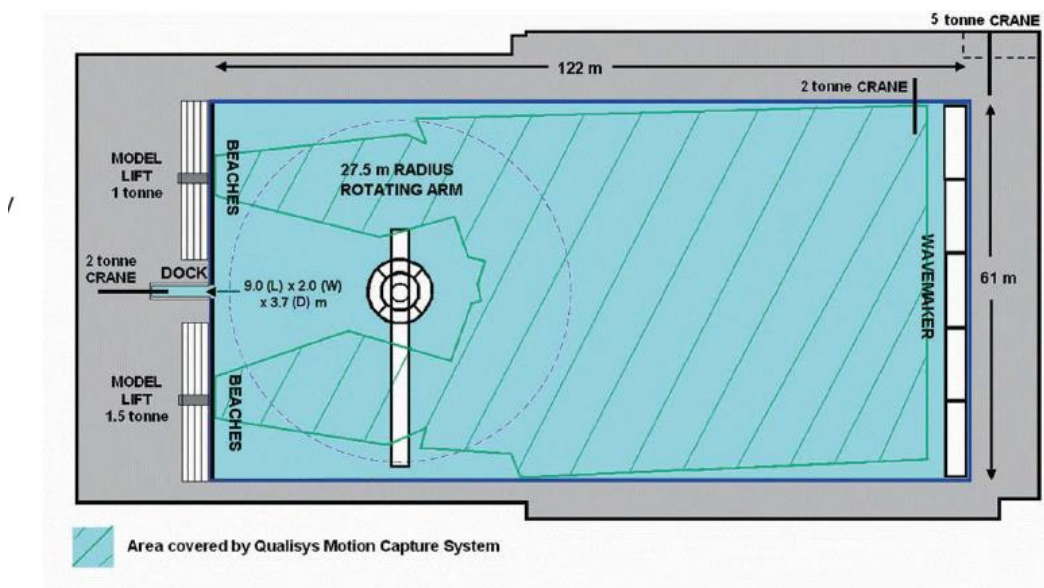
1.1.4 Storbritannia

1.1.4.1 QinetiQ

QinetiQ er den største forsknings- og teknologiorganisasjonen i Storbritannia. De utvikler forsvars- og luftfartssystemer for britiske og utenlandske myndigheter, men tar også oppdrag for kommersielle aktører. QinetiQ har fokus på en rekke forskningsområder innenfor maritim og offshore virksomhet, blant annet systemer og komponenter for militært bruk, design og optimalisering og ubemannede fartøy (både til militært og kommersielt bruk).

Tabell 6. Fasiliteter ved QinetiQ Haslar Marine Technology Park

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Sjøgangsbasseng	122 x 61 x 5.5	Bølgegenerator: regulære og irregulære, langkammede og kortkammede bølger Roterende arm
Slepetank	270 x 12.2 x 5.4	Max slepehastighet: 12.3 m/s Bølgegenerator: Regulære, langkammede bølger



Figur 4. Sjøgangsbasseng QinetiQ /D702/

1.1.5 Danmark

1.1.5.1 Force Technology-Danish Maritime Institute (DMI) Company Center

Force Technology er et privat konsultentselskap som tilbyr tjenester innen blant annet energi, olje og gass og maritim sektor. I 2002 fusjonerte Force med selskapet med Dansk Maritimt Institut (DMI).

Senteret har en rekke testfasiliteter, og driver forskning og utvikling i samarbeid med nasjonale og internasjonale selskaper og institusjoner.

Forskningen er rettet mot maritim virksomhet (frakteskip, militærskip, offshorefartøy, passasjerskip, slepebåter og havneoptimalisering og -design), offshore virksomhet (faste og flytende installasjoner, rørledninger), samt fossil og fornybar energi.

Tabell 7. Fasiliteter DMI

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Slepetank (dypt vann)	240 x 12 x 5.5	Max slepehastighet: 14 m/s. Bølgegenerator.
Slepetank (grunt vann)	25 x 8 x maks 0.8	Max slepehastighet: 2 m/s
Vindtunneler	WT1: 0.7 x 1 x 2.6 WT2: 1.8 x 2.6 x 1.8-2.8 WT3: 1.7 x 13.6 x 15 WT4: 1.7 x 7.5 x 9.0 WT5 (klimatisk): 2 x 2 x 5	Max strømningshastighet: WT1: 70 m/s WT2: 24 m/s WT3: 7.5 m/s WT4: 12 m/s WT5: 32 m/s, temperatur ned til -10 grader Celsius.
Skipsmannøversimulatorer		
Laboratorium for kjemiske analyser		
Høytrykkskalibrerings-loop for gassmålere		
Testfasilitet for rotorblader for vindturbiner		

1.1.6 Sverige

1.1.6.1 Statens Skeppsprovningsanstalt (SSPA)

SSPA er en forskningsinstitusjon som er eid av Stiftelsen Chalmers University of Technology, og tilbyr tjenester til private og offentlige aktører.

SSPA tilbyr modelltesting og konsulenttjenester gjennom bruk av numeriske verktøy (bl.a. CFD) og egne verktøy (bl.a. for simulering av arktiske offshore operasjoner), og driver og deltar i forskningsprosjekter sammen med universiteter, forskningsinstitusjoner og private selskaper. SSPA er medlem av ITTC og ECMAR, og deltar i Joint Industry Projects gjennom Zero Vision Tool (samarbeid mellom SSPA og Svensk Sjøfart som jobber for en reduksjon av ulykker og miljømessige konsekvenser innen skipsfart), som bringer sammen den maritime næringen og myndigheter i flere land.

SSPA driver forskning og utvikling innen hydrodynamikk, havneogistikk, sikkerhet og risiko, energioptimalisering og marine operasjoner i områder med is.

Aktivitetene ved institusjonen er rettet mot maritim virksomhet (LNG, kjemikalietankskip, militærfartøy, isbrytere, ferger).

Tabell 8. Fasiliteter SSPA

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Slepetank	260 x 10 x 15	Max slepehastighet: 11 m/s Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger Kan kombinere resultater fra modelltester med et simuleringsverktøy og oppnå resultater for bevegelse i skrå sjø
Sjøgangsbasseng	88 x 39 x 3.5, pit: 5 x 9 x 8	Bølgegenerator: bølger fra flere retninger Slepevogn: max slepehastighet 3.5 m/s
Kavitasjonstunnel	3 testseksjoner Testseksjon 1: lengde 2.5, diameter 1 Testseksjon 2: lengde 9.6, 2.6 x 1.5 Testseksjon 3: lengde 8, 2.1 x 1.22	Max hastighet (1/2/3): 23/6.9/9.9 m/s
Modellbyggingsverksted		
Simulatorer for manøvrering		

1.1.7 Finland

1.1.7.1 VTT Ship Laboratory

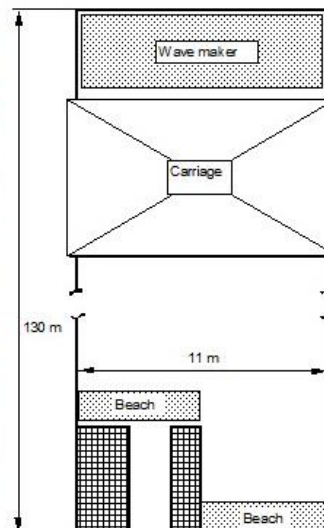
VTT Ship Laboratory er et forskningssenter underlagt VTT Technical Research Centre of Finland Ltd, som er et forsknings- og teknologisenter. Senteret samarbeider med industrien, forskningsinstitutter, universiteter og myndighetene, og driver kommersielle, samarbeids- og selvfinansierte prosjekter.

VTT Ship Laboratory tilbyr modelltesting, numeriske analyser, fullskalamålinger og ulike simuleringer (manøvrering og brann), og har fokus på maritim, arktisk og energi- og miljørelatert (utslipp, livssyklusbetraktninger, alternative drivstoff) forskning.

Forskningen dekker maritim og offshore virksomhet, i tillegg til fornybar energi.

Tabell 9. Fasiliteter VTT Ship Laboratory

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Slepetank	130 x 11 x 5.5	Max slepehastighet (fremover/bakover): 6/3 m/s Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger
Sjøgangsbasseng/isbasseng	40 x 40 x 2.9	Bølgegenerator: Regulære og irregulære bølger Isareal: 39 x 37 m, max istykkelse: 0.7 m Slepevogn: Max slepehastighet 2 m/s (x-retning), 3 m/s (y-retning)
Skipssimulator		
Motorlab		
Testsenter for propulsjonseenheter		
Branntestlaboratorium		
«Cold room»		

**Figur 5. Slepetank VTT Ship Laboratory /D703/**

1.1.7.2 Aker Arctic

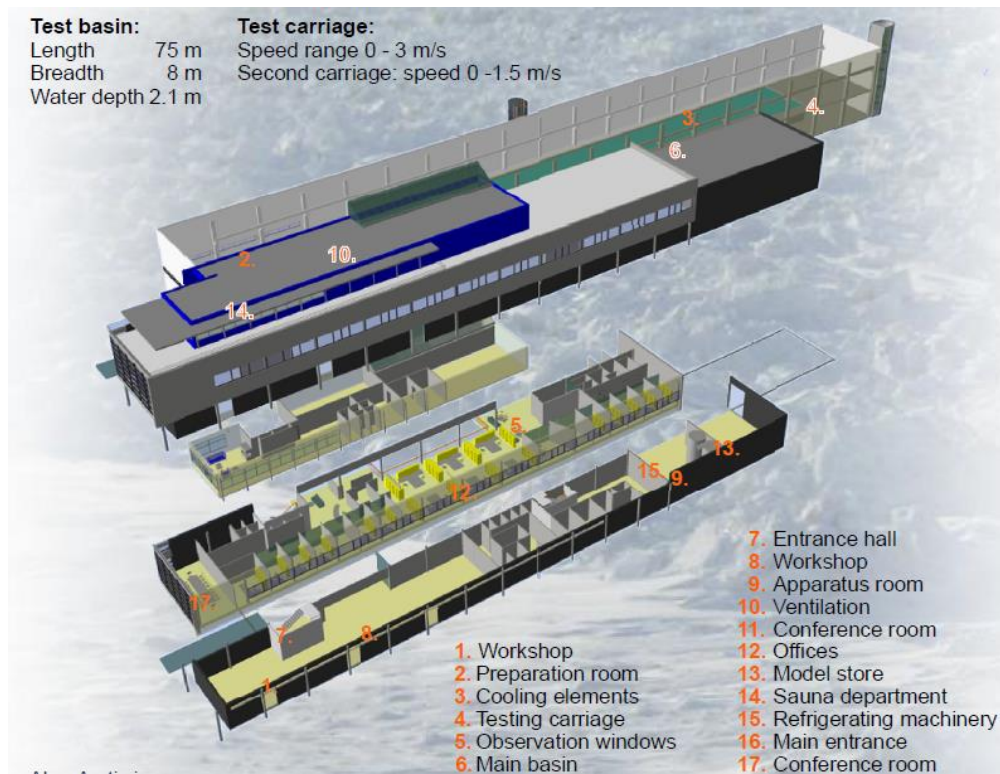
Aker Arctic er et privat forsknings- og testsenter som har særlig fokus på operasjoner i arktiske og antarktiske strøk.

Senteret tilbyr modelltesting og fullskaletestinger av fartøyer og installasjoner i arktiske strøk, i tillegg til spesifikk forskning på is (egenskaper, kondisjoner).

Forskningen er rettet mot maritim virksomhet (isbrytere, isgående frakteskip, OSV, AHS, arktiske og antarktiske forskningsfartøy) og offshore virksomhet (offshore-strukturer i arktiske strøk).

Tabell 10. Fasiliteter Aker Arctic

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Islaboratorium med istank	75 x 8 x 2.1	Max slepehastighet: 3 m/s.



Figur 6. Islaboratorium Aker Arctic /D704/

1.1.8 Russland

1.1.8.1 Krylov State Research Centre

Krylov er et forsknings- og designsenter som tilbyr tjenester til industrien (både nasjonalt og internasjonalt) og russiske myndigheter.

Blant kjerneområdene til senteret er forskning på og design og designvurdering av skip, strukturer, elektriske systemer og propulsjonsenheter. Forskningen er i hovedsak rettet mot maritim virksomhet (kystfartøy, militærfartøy, isbrytere, FPSO'er, hurtigbåter, frakteskip, spesialskip) og offshore virksomhet.

Tabell 11. Fasiliteter Krylov State Research Centre

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Slepetank (dypt vann)	760 x 15 x 7	Max slepehastighet: 20 m/s.
Slepetank (grunt vann)	200 x 16 x 0-1.75	Max slepehastighet: 6 m/s.
Istank	102 x 10 x 4.6	Istykkelse fra 10 til 100 mm.
Roterende-arm-basseng	Diameter 70 m, dybde 6.7 m	Slepehastigheter fra 0.3 til 50 m/s.
Bølgebasseng med slepevogn	161 x 20 x 4/0.2-1.5	Max hastighet 2.5 m/s. Irregulære og regulære bølger.
Bølgebasseng med roterende arm	35 x 22 x 3	Bølger bare fra én side. Irregulære bølger.
Vindtunnel	4 m lang, tverrsnitt 4 x 2.3 m	Max strømningshastighet 75 m/s.
Stor kavitasjonstunnel	Diameter 1.3 m	Max strømningshastighet 13 m/s.
Laboratorium for styrketesting		
Hydraulisk-trykk-testtanker		
Simuleringslaboratorium		For marine operasjoner i områder med is (treningsfasiliteter for mannskap, osv).

**Figur 7. Testfasiliteter Krylov State Research Centre /D705/**

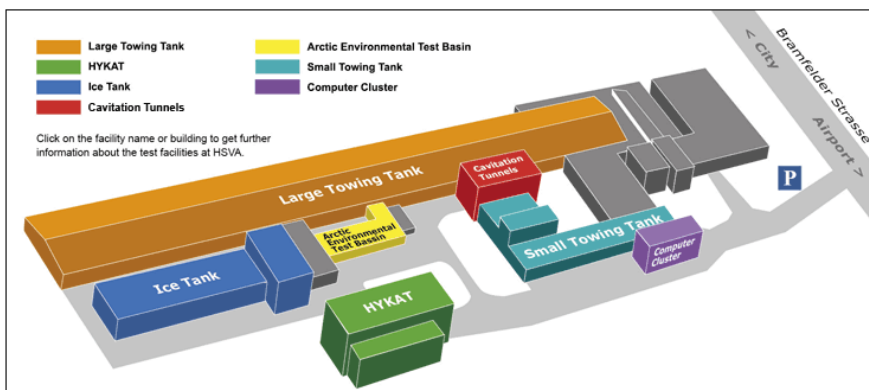
1.1.9 Tyskland

1.1.9.1 HSVA (Hamburg Ship Model Basin)

HSVA er en uavhengig, privat forskningsinstitusjon som driver samarbeidsprosjekter med nasjonale og internasjonale aktører. HSVA tilbyr modelltester, fullskalamålinger, konsulenttenester og utvikling av software. Institusjonen har fokus på klassisk skipshydrodynamikk, skrog- og propelloptimalisering, manøvrering og stabilitet. Har to testfasiliteter for arktisk forskning (istank og testbasseng for arktisk miljø), hvor man studerer skip og strukturer i arktiske strøk, samt isprosesser og -egenskaper.

Tabell 12. Fasiliteter HSVA

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Stor slepetank	300 x 18 x 6	Max slepehastighet: 10 m/s Bølgegenerator: tverrbølgegenerator montert på den ene langsiden av tanken, tillegg til bølgegenerator på den ene kortsiden. Regulære og irregulære, langkammede og kortkammede bølger
Liten slepetank	Lengde 80 m	Max slepehastighet: 3.6 m/s
Istank	78 x 10 x 2.5 Dypvannsdél på enden av tanken: 12 x 10 x 5	Max slepehastighet: 3 m/s Transvers slepevogn (max hastighet 0.5 m/s) muliggjør sleping av modeller i to retninger (for simulering av f.eks isdrift-scenarier) Kan generere mange ulike typer is
Kavitasjonstunneler	Medium kavitasjonstunnel: Testseksjon: 0.57 x 0.57 x 2.2 Stor høyhastighetskavitasjonstunnel: Testseksjon: 0.75 x 2.25, sirkulær	Max slepehastighet i testseksjon (medium kavitasjonstunnel/stor kavitasjonstunnel): 9.5/29.5 m/s
Testbasseng for arktisk miljø (istank)	30 x 6 x 1.2	Strømgeneratorer, vindgeneratorer og mobil bølgegenerator kan bli installert om ønskelig Kan generere mange ulike typer is
HYKAT (lukket, sirkulær kavitasjonstunnel)	Testseksjon: 2.8 x 1.6 x 11	Max hastighet i testseksjon: 12.6 m/s Max omdreining av propellmodell: 60 o/s

**Figur 8. Testfasiliteter HSVA /D706/**

1.1.10 Nederland

1.1.10.1 MARIN (Maritime Research Institute Netherlands)

MARIN er en uavhengig forskningsinstitusjon som anses som verdensledende innen maritim og offshore modelltesting og forskning. Institusjonen tilbyr simuleringer, modelltesting, fullskalamålinger og kursing, og har kompetanse innen blant annet motstand og propulsjon, operabilitet, manøvrering og nautikk, marine operasjoner og kontrollteori.

I tillegg til å tilby testing, målinger, design og verifikasjon, deltar MARIN også i såkalte Joint Industry Projects (JIPs), hvor universiteter, kommersielle aktører og forskningsinstitusjoner sammen jobber for å utvikle, dele og anvende ny kunnskap. Gjennom disse prosjektene har MARIN blant annet utviklet flere

verktøy for marine operasjoner, CFD-beregninger, monitorering, manøvrering og dynamisk stabilitet. Institusjonen retter seg mot både maritim og offshore næring.

Tabell 13. Fasiliteter MARIN

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Havbasseng	45 x 36 x 10.2, pit: 30 m dyp	Bølgegenerator: langs to av sidene (langkammede og kortkammede bølger). Vind- og strømgeneratorer: fra alle retninger (flyttbar vindgenerator), alle typer strømprofiler. Slepevogn: max hastighet 3.2 m/s. Justerbar dybde.
Sjøgangsbasseng	170 x 40 x 5	Bølgegenerator: langs to av sidene. Vindgenerator: justerbar plattform med elektriske vifter. Slepevogn: max slepehastighet: 6 m/s (hovedretning), 4 m/s (langs hovedretning). Kan følge alle bevegelser i horisontalplanet. Roterende-arm-funksjonalitet.
Slepetank (grunt vann)	220 x 15.8 x 1.1	Max slepehastighet: 4 m/s. Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger fra 0-180 grader. Vindgenerator. Justerbar dybde.
Slepetank (dypt vann) Vakuumbasseng	250 x 10.5 x 5.5 240 x 18 x 8	Max slepehastighet: 9 m/s. Max slepehastighet: 6 m/s. Mulighet for å redusere trykk til 2.5% av atmosfæretrykket (2500 Pa). Bølgegeneratorer (langkammede og kortkammede bølger) langs den ene kortsiden og den ene langsiden.
Konsepttank (slepetank for modeller i konseptfasen)	220 x 4 x 3.6	Max slepehastighet: 10 m/s. Bølgegenerator: langs den ene kortsiden, regulære og irregulære bølger. Vindgenerator på flyttbar plattform som spenner over hele bredden til tanken.
Kavitasjonstunnel	Stor kavitasjonstunnel: 4 m lang, tverrsnitt 0.9 x 0.9 m Høyhastighetskavitasjonstunnel Testseksjon: diameter 0.04m	Max hastighet i testseksjon (stor kavitasjonstunnel/høyhastighetskavitasjonstunnel): 10-11/65 m/s.
Simulatorer for kursing		Manøvrering, radiokommunikasjon.

1.1.11 Frankrike

1.1.11.1 IFREMER (French Institute for exploration of the sea)

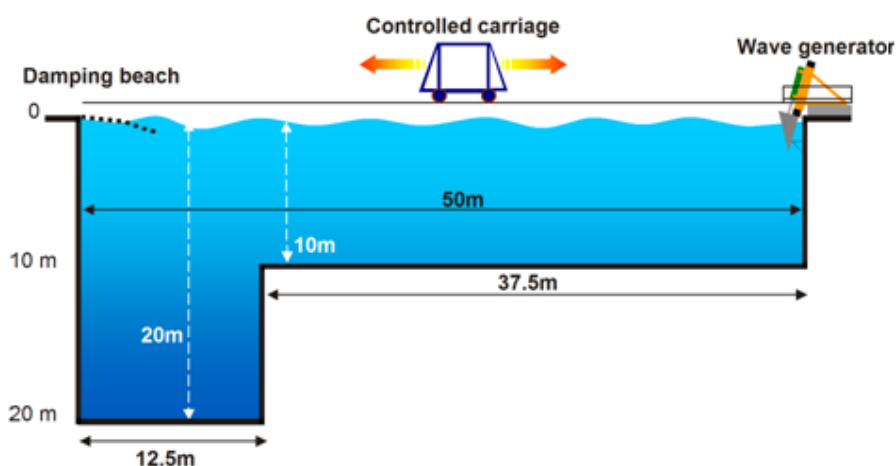
IFREMER er et offentlig forskningsinstitutt som i stor grad fokuserer på forskning på havressurser, samt overvåkning og en bærekraftig utnyttelse av havrommet.

Instituttet har en rekke samarbeidsprosjekter med internasjonale institusjoner og universiteter.

Forskningsenheten *Recherches et Développements Technologiques* fokuserer på teknologisk innovasjon og driver, i samarbeid med nasjonale og internasjonale aktører (både forskningsmiljøer og industrien) forskning innen utnyttelse av marine mineralressurser, fornybar energi, materialer og strukturer og undervannsobservasjoner. Enheten disponerer testfasilitetene oppgitt i tabellen under.

Tabell 14. Fasiliteter IFREMER

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Bølgebasseng (Brest)	37.5 x 12.5 x 10 + 12.5 x 12.5 x 20	Bølgegenerator: Regulære og irregulære bølger fra én side Slepevogn: max slepehastighet 1.5 m/s Vindgenerator
Slepetank (Brest)	50 x 4 x 3	Max slepehastighet: 4.5 m/s Bølgegenerator: regulære bølger
Hydrodynamisk vanntunnel (Boulogne-sur-Mer)	18 x 4 x 2, observasjonsvindu 8 m langt	Max vannhastighet 2 m/s Målinger av ubåt-drag og testing av diverse fangstredskaper.
Hyperbarisk testkammer (for simulering av neddykking ned til 10000 m)	En rekke tanker med høyde fra 1.2-2 m, diameter fra 0.3-1 m	Max trykk fra 1000-2400 bar (=100-240 MPa)
Disponerer:		
Klimatiske, mekaniske og akustiske testfasiliteter		
Forskningsfartøy for hav-, undervanns- og kystutforskning		



Figur 9. Bølgebasseng IFREMER /D707/

1.1.12 Italia

1.1.12.1 INSEAN

INSEAN er et forskningsinstitutt som er underlagt det nasjonale forskningsrådet i Italia (CNR). Instituttet driver forskning innen bærekraftig maritim transport, optimalisering og utvikling av marine fartøyer, motstand og propulsjon, hydrodynamikk og struktur, fornybar og fossil energi, undervanns- og høyhastighetsfartøyer, samt monitorering og observering av havrommet.

INSEAN deltar i forskningsprosjekter i samarbeid med nasjonale og internasjonale institusjoner og er involvert i prosjekter mot industrien.

Tabell 15. Fasiliteter INSEAN

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Slepetank I	470 x 13.5 x 6.5	Max slepehastighet: 15 m/s. Bølgegenerator.
Slepetank II	220 x 9 x 3.8	Max slepehastighet: 10 m/s. Bølgegenerator.
Kavitasjonstunnel	Testseksjon: 2.6 x 0.6 x 0.6	Hastighet 3-12 m/s. Kan teste propellmodeller med diameter inntil 0.3 m.
«Sjøgangsbasseng» (Lake Nemi – utendørs, naturlig basseng)	1300 x 1800 x 34	Alle tester gjennomføres med fjernstyrte modeller som flyter fritt ved hjelp av et satellittposisjoneringssystem og diverse måle- og prosesseringsutstyr. Kan teste modeller med lengde fra 1.5 til 8 m.
Sirkulerende vanntunnel	Testseksjon: 10 x 3.6 x 2.2	Max hastighet 5 m/s. Trykket i tunnelen kan bli redusert til 30 mbar (=3000 Pa). Brukes til kavitasjonstester, testing av propeller i wake, måling av trykkvariasjoner over skrog, støymålinger, studering av strømningsmønstre, måling av krefter på ror, foiler etc.
Sloshing-laboratorium		Testing av sloshing i en LNG-tank.
Hydraulisk tank		Hydraulisk tank for fluiddynamiske tester.
«High speed ditching facility»		For testing av flykrasjlandinger i vann.



Figur 10: Testfasiliteter, INSEAN /D708/

1.1.13 Sør-Korea

1.1.13.1 Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO)

KRISO er et forskningsinstitutt som er underlagt Korea Institute of Ocean Science and Technology (KIOST).

Instituttet driver forskning innen bærekraftig shipping, maritim og offshore teknologi, marine trafikksystemer og sikkerhet, samt undervannsteknologi (roboter, systemer og installasjoner) og dypvannsteknologi og. KRISO har ambisjoner om å bli globalt ledende innen sikkerhet, bærekraftighet og dypvannsteknologi.

Tabell 16. Fasiliteter KRISO

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Slepetank	200 x 16 x 7	Ikke oppgitt
Kavitasjonstunneler	Stor kavitasjonstunnel: 60 x 19.5 x 22.5 Kavitasjonstunnel: 12 x 2 x 8 (testseksjon 0.6 x 0.6)	Ikke oppgitt
Sjøgangsbasseng	56 x 30 x 4.5	Ikke oppgitt
Istank	42 x 32 x 2.5	Ikke oppgitt
Brosimulator		For kursing og ulykkesgranskning
Laboratorium for gruvedrift på dypt vann		
Hyperbarisk kammer		
Offshore CCS (carbon capture & storage) prosess-testfasilitet		For testing av forskningsutstyr på dypt vann

1.1.14 Kina

1.1.14.1 China Ship Scientific Research Center (CSSRC)

CSSRC er Kinas største skips- og havforskningsinstitutt. Forskningen er fokusert rundt skipshydrodynamikk, propulsjon, undervannsteknologi, støy og vibrasjoner, offshore-strukturer og informasjonsteknologi. I tillegg designer og bygger instituttet høyhastighetsskip, fritidsbåter, bemannede og ubemannede undervannsfartøyer.

Forskningen er rettet mot maritim (i stor grad militærfartøy og undervannsfartøy) og offshore virksomhet.

Tabell 17. Fasiliteter CSSRC

Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Slepetank (dypt vann)	474 x 14 x 7	Max slepehastighet 20 m/s Bølgegenerator
Vakuumentank	150 x 7.5 x 4.5	Max slepehastighet 7.5 m/s
Sjøgangsbasseng	69 x 46 x 4	Bølgegenerator: regulære og irregulære, langkammede og kortkammede bølger fra 0-180 grader. Slepevogn: Max slepehastighet 4 m/s
Roterende-arm-basseng	Diameter 48 m, dybde 4.5 m	Roterende arm: 24.5 m lang Max rotasjonshastighet: 1 rad/s
Modelltank for selvpropulsjonstester (utendørs fasilitet)	200 x 120 x 5-10 m	Manøvreringstester, simuleringstester av spesialskip
Kavitasjonstunnel	Testseksjon: 10.5 x 2.2 x 2	Max strømningshastighet 15 m/s
Vindtunnel	Testseksjon: 8.5 x 3 x 3	Max vindhastighet: 93 m/s
Måleinstrumenter		For masse, tyngrepunkt og treghetsmoment
Simuleringslaboratorium		For risteteser, tester av anti-rulletanker, simulering av skipsbevegelser etc.
Diverse laboratorier for strukturtesting		Styrke, utmatting, falltester, støy- og vibrasjonstesting



Figur 11. Roterende-arm-basseng CSSRC /D709/

1.1.14.2 State Key Laboratory of Ocean Engineering (SKL Ocean Engineering)

SKL Ocean Engineering er et laboratorium underlagt Jiao Tong University i Shanghai, og har et tett samarbeid med universitetet. SKL bistår det kinesiske forsvaret, og samarbeider også med nasjonale og internasjonale forskningsinstitusjoner og industrielle aktører.

Institusjonen har fokus på militærforskning og forskning innen skip og strukturer i maritim og offshore virksomhet, og satser på følgende forskningsområder: design og optimalisering, systemer og installasjoner for utnyttelse av havressurser, undervannsteknologi, samt dypvannsutforskning og – operasjoner.

Tabell 18. Fasiliteter State Key Laboratory of Ocean Engineering

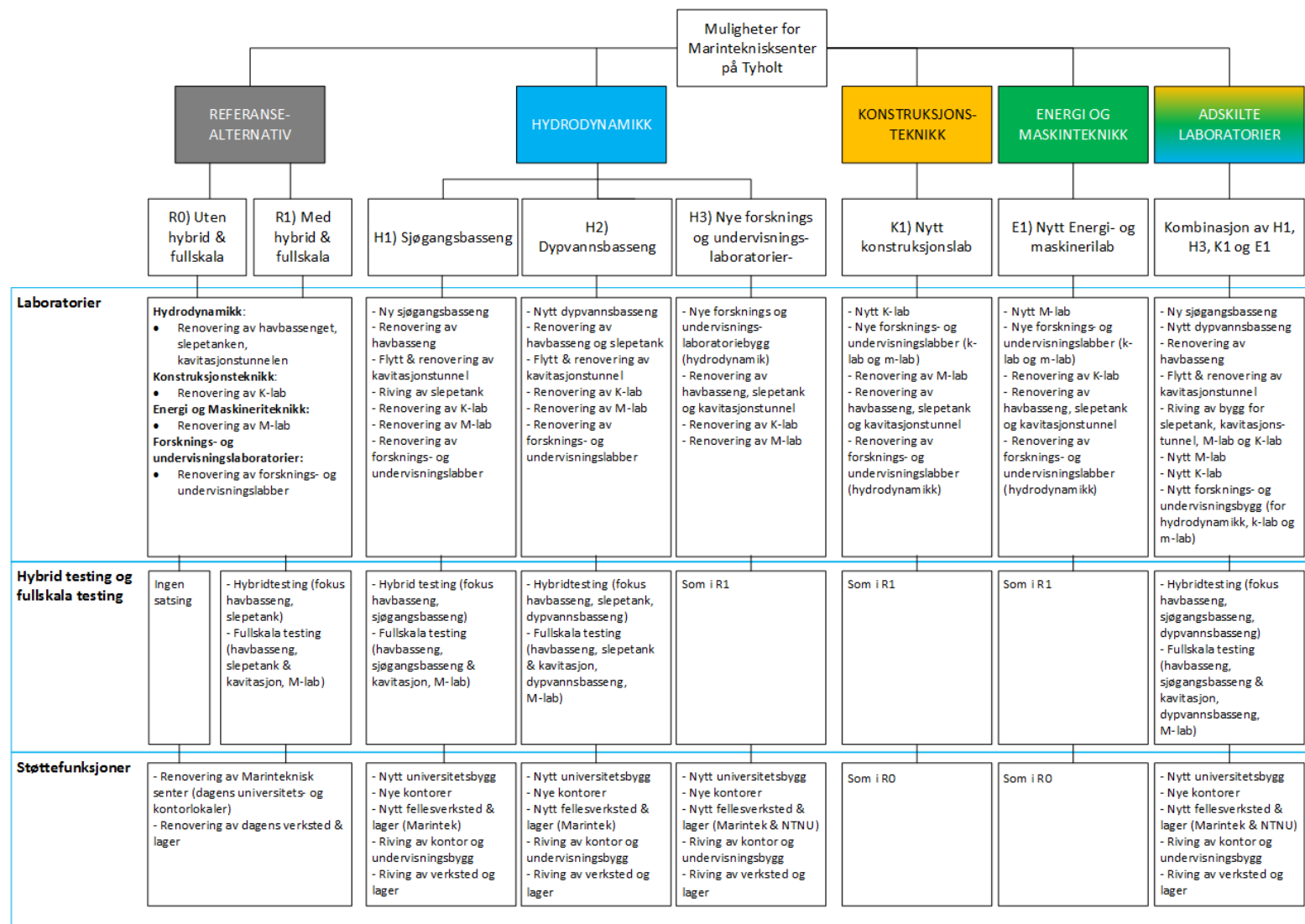
Fasilitet	Dimensjoner	Spesifikasjoner
Havbasseng (dypt)	50 x 40 x 10	Bølgegenerator: Bølger fra flere retninger Vind- og strømgeneratorer: vind og strøm fra flere retninger Slepevogn Justerbar dybde Kan simulere komplekse miljøkondisjoner for dypt vann
Sjøgangsbasseng	50 x 30 x 6	Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger Vind- og strømgeneratorer: vind fra alle retninger, strøm fra 0-90 grader Slepevogn: kan slepe modeller i x- og y-retning Justerbar dybde
Slepetank I	300 x 16 x 7.5	Max slepehastighet 10 m/s Bølgegenerator
Slepetank II	110 x 6 x 3	Max slepehastighet 6 m/s Bølgegenerator: regulære og irregulære bølger
Slepetank III	30 x 0.6 x 1	Max slepehastighet: 3 m/s Lukket slepetank, inndeling i vannlag basert på forskjellige tettheter (som følge av saltinnhold og temperatur)) Bølge- og vindgeneratorer
Vindtunnel og vanntank	Vanntank: 8 x 3 x 1.6	Max strømningshastighet i vanntank: 3 m/s Max strømningshastighet i vindtunnel: 60 m/s
Kavitasjonstunneler	Kavitasjonstunnel på Xuhui Campus: Testseksjon: lengde 2 m, diameter 0.6 m Kavitasjonstunnel på Minhang Campus: Testseksjon: lengde 6.1 m, tverssnitt 1 x 1 m	Max strømningshastighet 15 m/s
Slepetank		For tester knyttet til motstand, propulsjon, manøvrering og kontroll
Strukturlaboratorium		
Manøvreringslaboratorium		
Undervannsteknologi-laboratorium		Testing av ROVer, semi-suber, undervannsutstyr



Figur 12. Dyptvannsbasseng State Key Laboratory of Ocean Engineering /D710/

VEDLEGG E: DETALJERING AV ALTERNATIVER

I dette vedlegget beskrives de elementer som bygger opp alternativene. Først for referansealternativet R0 (kap 1.1), deretter R1 (kap 1.2) og de elementer som er spesifikke for titaksalternativene (kap 1.3), til sist beskrives de nye støttefunksjonselementene (kap 1.4). Oversikt over inkluderte elementer i hvert av alternativene gis i Figur 1.



Figur 1. Oversikt over alternativer i alternativanalysen og alternativ D-flex, samt hvilke elementer som er inkludert i hvert enkelt alternativ

1.1 Elementer i R0 - Referansealternativet: opprettholde dagens funksjoner

Referansealternativet innebærer at dagens funksjonaliteter ved Marinteknisk senter på Tyholt videreføres. Det legges inn tiltak som er nødvendige for å forlenge levetiden på dagens laborieutrustning og bygningsmasse med 40 år.

I det følgende beskrives elementene i referansealternativet. Flere av disse elementene er inkludert også i tiltaksalternativene (H1, H2, H3, K1, E1, Adskilte og D-flex), se Figur 1.

1.1.1 Renovering av havbassenget

Bygningen som havbassenget ligger i har et areal på ca. 8 510 m² BTA, byggår 1981. Havbassenget har en lengde på 80 m, bredde på 50 m og dybde på 10 meter, med et netto vannareal på ca. 50m x 62m som følge av at en del av lengden forsvinner til nødvendig strand for bølgedempning. I havbassenget går det å simulere tilnærmet 3D-bølger ettersom der er bølgemaskiner på to sider av bassenget, men kun multiflap på den ene av dem. Bassenget har et variabelt vandyp fra 0 til 10 meter og strømgenerering med maksimal strøm på 0,2 m/s ved 5m dybde.

Når havbassengets levetid skal utøkes til 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr og storskala infrastrukturstøtten, behov for:

- Bytte av bølgemaskiner (BM2 dobbelflap, BM3 multiflap), noe som vil føre til et bedre bølgebilde ved at en går fra tilnærmet 3D-bølger til faktiske 3D-bølger ved at alle bølgemaskiner er multiflap.
- Revisjon og forbedring av dagens strømanlegg (rør og pumpesystemer) for å beholde dagens strøm-funksjonalitet.
- Nytt system for vindgenerering grunnet at dagens system er utdatert. Simulering av vind gjøres i dag på en helt annen måte enn hva som finnes tilgjengelig i havbassenget i dag. For økt fleksibilitet så bør dette systemet være mobilt.
- Ny vogn eller innfestningsanordning med god stivhet for innfesting av modell, vindbatteri, testutstyr etc. Det er i dag installert en vogn som var tenkt å skulle benyttes for innfesting av modeller som skulle kjøres i bassenget med en maksimal hastighet på 5 m/s. Det har imidlertid vist seg at vognkonstruksjonen ikke har tilstrekkelig stivhet til å kunne benyttes til dette formålet, og benyttes derfor ikke som planlagt.
- Fornyning av målesystem og dykkerutrustning.
- Renovering av bygningsmassen for å ta igjen vedlikeholdsetterslep, f.eks. så er det behov for bytte av ventilasjonsanlegg/kanaler da det er lave luftmengder i store deler av bygget. Det er også enkelte arealer som mangler ventilasjon. I tillegg til havlaboratoriet er det i dette bygget lokalisert verkstedsareal og kontorer.
- Bunnen har vært gjenstand for betydelig revisjon gjennom storskala infrastrukturstøtten fra Forskningsrådet. Uavhengig av dette vil det være behov for utskifting av bunnen om 15 år.

1.1.2 Renovering av slepetanken

Bygningen som slepetanken ligger i har et areal på ca. 8485 m² BTA, byggår 1939. Slepetanken kan enten brukes i full lengde eller deles i to med en port (tank I og III). I full lengde har slepetanken en lengde på 260 m og bredde på 10,5 m. Tanken to vanddyb (5.6m i gammel del og 10.0m i forlengelsen) og bølger i lengderetningen. Både regelmessige og uregelmessige bølger kan simuleres. Tanken er også utstyrt med to vogner: Den ene for sleping med inntil 10 m/s for tradisjonelle tester i smul sjø, og den andre for testing av sjøegenskaper og andre tester som utføres med faste eller frittstående modeller. Sistnevnte har også installert en hexapod manipulator som benyttes bl.a. i forbindelse med hybrid testing.

Det arbeides med å effektivisere driften i slepetanken gjennom bedre planlegging og automatisering av prosesser. I produksjonen arbeides det med å innføre Lean-prosesser for å bedre effektiviteten. Når det gjelder gjennomføringen av selve testingen er det implementert teknologi for automatisk drift av vognen i laboratoriet. Dette gjør det mulig å gjennomføre deler av testprogrammet uten bemanning tilstede, eksempelvis gjennom natten. Det arbeides med å automatisere bølgekalibreringen i slepetanken, ved implementering kan det ytterligere bidra til å effektivisere driften i laboratoriet.

Når slepetankens levetid skal utøkes til 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr og storskala infrastrukturstøtten, behov for investering i:

- Oppretting av problemer med skinnegang i forlengelsen (tank III). Nye innfestinger for justering av skinnegangen er løst fra betongen, uvisst av hvilken årsak. Det er uklart hva som må til for å komme til rette med problemet. (Dessuten nødvendig med investering i vannrensing og sirkulasjonsanlegg i slepetanken.)
- Oppgraderinger av vogn som følge av revisjon av skinnegangen i storskala infrastrukturstøtte.
- Renovering av eksisterende bølgemaskin, risiko for eksempel redusert kvalitet og lekkasje hvis dette ikke gjøres (tettninger, pakninger etc.)
- Renovering av bygningsmassen for å ta igjen vedlikeholdsetterslep, f.eks. så er takdekket gammelt og det begynner å gro mose, der er utette skjøter, uheldige taknedløp, korroderte takrenner, der er også lekkasje av vann fra selve slepetanken. I tillegg til slepetanken er det i dette bygget lokalisert kontor, verkstedsareal og liten slepetank (tank II).

1.1.3 Renovering av kavitasjonstunnelen

Kavitasjonstunnelen ligger i en bygning med et areal på 1 790 m² BTA, byggår 1965.

Kavitasjonstunnelen brukes til å undersøke egenskapene med hensyn på kavitasjon, støy og trykkimpulser knyttet til propulsjonselementer (propeller og thrustere) samt løftesystemer (foil og vinger etc.) på fartøy.

Kavitasjonstunnelen vil gjennom storskala infrastrukturmidler fra Forskningsrådet få en ny testseksjon, denne vil være operasjonell i 2018. Den nye testseksjonen vil være rektangulær, med store glassvinduer i sidene og bunnen. Den vil være lengre enn eksisterende seksjon, noe som gjør det mulig med montering av små og mellomstore skrogmodeller inne i tunnelen. Det vil føre til mer realistisk innstrømning til propellen og visualisering av strømmingen langs skroget. En stor toppluke vil effektivisere installasjon av testoppsett fordi en slipper å tappe ut vann fra tunnelen, samt forbedre arbeidsforholdene for teknikere (helse og sikkerhet). /D37/

Når kavitasjonstunnelens levetid skal utøkes til 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr og storskala infrastrukturstøtten, behov for investering i:

- Oppgradering og renovering av hele tunellen. Hvilket innebærer tiltak på styringssystemer for kavitasjonstunnelens funksjoner, og utskiftning av sirkulasjonspumper, filtreringspumper, diverse rør og koblinger, diverse tetninger, degassingsystem, skovler, rustbehandling og maling.
- Renovering av bygningsmassen for å ta igjen vedlikeholdsetterslep, f.eks. så er det behov for ombygging av eller ny hovedtavle for lavspent forsyning og bytte av drenering rundt hele bygget. I tillegg til kavitasjonstunnelen så er det i dette bygget lokalisert kontor, verkstedsareal og student bølgetanken.

1.1.4 Renovering av K-lab

Konstruksjonslaboratoriet (K-lab) inngår sammen med Energi- og maskinerilaboratoriet i en stor bygning, ofte omtalt tunglabben, med en grunnflate på ca. 1350 m² og et totalt areal på 5510 m² BTA. Selve konstruksjonslaboratoriet utgjør ca. 600 m² av dette totalarealet. Det øvrige er arealer til Energi- og maskinerilaboratoriet, kontorer, verksteder, studentlaboratorier, auditorium og lagerrom.

Laboratoriet inkluderer testutstyr for modellskala og fullskala stress- og tretthetstesting av ulike marine konstruksjoner som konstruksjonselementer, fleksible stigerør, kontrollkabler, strømkabler, fortøyning og ankersystem. /D21/ I løpet av de siste 14 årene er det bygget tre horisontale testtriggere for fullskala testing av slanke, marine konstruksjoner. Laboratoriet inkluderer også småskalalabber (renovering av småskalalabber er inkludert i kap 1.1.6).

Når Konstruksjonslaboratoriets levetid skal utøkes til 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr og storskala infrastrukturstøtten, behov for:

- Utskiftning av hydraulikkaggregat for kraftforsyning til testtriggene
- Utskiftning av belastningsutstyret (hydrauliske sylindere etc,) i testtriggene og fornying av styringselektronikk, måleelektronikk og datautstyr
- Utskiftning av utstyr i både mekanisk- og elektroniskverksted
- Bytte av to av dagens fullskala testtriggere om 15 år /D205/
- Renovering av 600 m² av bygningsmassen i tunglabben. Formålet er å ta igjen vedlikeholdsetterslep, f.eks. så er det behov for renovering av ytter og innervegger, oppgradering av luftbehandlingssystem, lavspentforsyning, utskiftning av varmerør og forbedret belysning.

1.1.5 Renovering av M-lab

Laboratoriet er samlokalisert med K-lab i en bygning som har et totalt areal på BTA 5510 m². Energi- og maskinerilaboratoriet (M-lab) har et areal på omtrent 2000 m² BTA (K-lab ca. 600 m² og de øvrige arealene er kontorer, verksteder, studentlaboratorier, auditorium og lagerrom).

Dagens laboratorium 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 (f.eks. NO_x, SO_x, UHC, CO og CO₂).

For en levetid på 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr, behov for:

- Renovering av dagens to forsøksmotorer (fullskala 1-sylindret forsøksmotor (VX-28), fullskala 3-sylindret forsøksmotor (KR3)) og konstant volum forbrenningsrigg
- Mindre tiltak for å opprettholde funksjonalitet hos de to medium speed prøvestandene og de mindre motortestcellene (felles MARINTEK og NTNU)
- Kontinuerlig fornyelse av instrumenteringen i feltlaboratoriene
- Bytte av vesentlige deler av Hybridlaboratoriet (ABB Hybrid Power Lab) for å beholde relevans grunnet rask teknologisk utvikling.
- Renovering av 2000 m2 av bygningsmassen i tunglabben. Formålet er å ta igjen vedlikeholdsetterslep, spesielt viktig for Energi- og maskinerilaboratoriet er at laboratoriets utfordringer mht. omgivelsesstøy og effektiv ventilasjon avhjelpes og at det sikres at infrastruktur ved gassanlegg, gassdeteksjonssystem, kjelanlegg og oljebehandlingsanlegg fungerer tilfredsstillende iht. dagens HMS-krav.

I Tabell 1 beskrives nødvendige tiltak nærmere.

Tabell 1. Detaljert beskrivelse av tiltak for forlengelse av levetiden til i M-lab til 40 år.

<i>Del av laboratoriet / utstyr</i>	<i>Beskrivelse av nødvendig tiltak for å beholde funksjonalitet (utover normal utskiftning av utstyr)</i>	<i>Effekt av tiltak</i>
<i>1-sylindret 2-takts forsøksmotor, VX-28</i>	Behov for nytt motorkontrollsystem, ny instrumentering, ny brems Oppgradering av kontrollsystem og instrumentering hvert 5. år Motoren står i dag åpen for kontroll av drivverk, ifm redusert smøreoljetrykk. Regner med utskiftning av lager, tetninger etc. Motoren opereres i dag fra panel ved motor. IFM HMS situasjonen (i hovedsak støy) må dette oppgraderes med fjernstyring av motor, brems og hjelpeblåser. Motorens overvåkningssystem er utdatert og krever i dag stor innsats for vedlikehold, og reduserer ofte motorens tilgjengelighet.	Økt anvendbarhet for forskning på motorprosesser, avgass og drivstoff
<i>3-sylindret 4-takts forsøksmotor, KR3</i>	Behov for nytt motorkontrollsystem, ny instrumentering, ny brems. Oppgradering av kontrollsystem og instrumentering hvert 5. år. Motoren opereres i dag fra panel ved motor. IFM HMS situasjonen (i hovedsak støy) må dette oppgraderes til fjernstyring av motor og brems. Motorens overvåkningssystem er utdatert og må oppgraderes.	Økt anvendbarhet for forskning på motorprosesser, avgass og drivstoff
<i>Prøvestand mediumspeed (2 stk) Opp til 1.6 MW per stand</i>	Behov for nytt motorkontrollsystem, ny instrumentering, ny brems. Oppgradering av kontrollsystem og instrumentering hvert 5. år	Økt anvendbarhet for forskning og industrioppdrag
<i>Prøvestand heavy duty highspeed (felles MARINTEK og NTNU)</i>	Oppgradering av kontrollsystem og instrumentering hvert 5. år	Ingen endring fra nåsituasjon
<i>Mindre motortestceller (felles MARINTEK og NTNU)</i>	Behov for nytt motorkontrollsystem, ny instrumentering, ny brems	I Økt anvendbarhet for forskning og industrioppdrag
<i>Konstant volum forbrenningsrigg</i>	Nytt optisk utstyr High Speed videokamera Software for tolking av optiske målinger	Øket anvendbarhet for forskning på motorprosesser og utvikling av innsprøytingskomponenter
<i>Hybridlaboratoriet (ABB Hybrid Power Lab)</i>	Oppgradering av kontrollsystem og instrumentering hvert 5. år. Fornyelse av energilager i tråd med teknologiutvikling – på kort sikt med 2-3 års mellomrom. Fornyelse av elektrisk infrastruktur hvert 15. år.	For å beholde relevans må det tas høyde for å bytte ut vesentlige deler av anlegget da det foregår stor teknologisk utvikling på området
<i>Infrastruktur</i>	Revisjon av gasslager. Brennstoff behandling og målesystem Oppgradering av målesystem for drivstoff. HMS oppdatering. Støy, ventilasjon Kjølesystem, rørsystem. Eksosystem, støy demping og utslippshåndtering	
<i>Feltlaboratorium - Avgass</i>	Kontinuerlig utskifting av instrumentering, ny målepakke hvert andre år i hele perioden	Beholde eller øke kapasitet til å utføre måleoppdrag
<i>Feltlaboratorium - VOC</i>	Kontinuerlig utskifting av instrumentering, ny målepakke hvert andre år i hele perioden	Beholde eller øke kapasitet til å utføre måleoppdrag

1.1.6 Renovering av Studentlaboratoriene

Forskning og undervisningslaboratoriene ved Marinteknisk senter kan deles inn i de med innriktning hydrodynamikk og de med innriktning konstruksjonsteknikk og energi- og maskineriteknikk. Nedenfor beskrives behov for renovering ved en levetidsforlengelse til 40 år for de to kategoriene.

1.1.6.1 Hydrodynamiske laboratorier

Når levetiden til de hydrodynamiske forskning og undervisningslaboratoriene skal utøkes til 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr, behov for fornyelse av utstyr i MCLab, Lilletanken, Bølgetank/laserlab og CWT.

Det er ikke identifisert behov for spesifikke tiltak for liten kavitasjonstunnel, snekkerboden, introlaboratoriet eller visualiseringslaboratoriet.

Renovering av bygningsmassen, nødvendig for levetidsforlengelse, er inkludert i renovering av kavitasjonstunnelbygget, renovering av slepetankbygget, marinteknisk senter (kontor og undervisningsbygget).

1.1.6.2 Laboratorier innen konstruksjonsteknikk og energi- og maskineriteknikk

Når levetiden til dagens forsknings- og undervisningslaboratorier innen konstruksjonsteknikk og maskineri- og energiteknikk skal utøkes til 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr, behov for fornyelse av utstyr i HLAB, Student-motorlab, Mekanisk lab, Termolabber, Combustion rig og småskala-konstruksjonslaboratorier (FR1-FR5).

Tiltak for å opprettholde funksjonalitet hos de to medium speed prøvestandene og de mindre motortestcellene (felles for MARINTEK og NTNU) er inkludert i renovering av Energi- og maskinerilaboratoriet (se kap 1.1.5).

Renovering av bygningsmassen, nødvendig for levetidsforlengelse, er inkludert i renovering av konstruksjonslaboratoriet og renovering av energi- og maskinerilaboratoriet.

1.1.7 Renovering av støttefunksjoner

Støttefunksjoner på MTS inkluderer kontor og undervisningsareal samt verksted og lager. Nødvendige tiltak for en utøkning av levetiden til 40 år beskrives i det følgende for henholdsvis kontor- og undervisningsareal samt verksted og lager.

1.1.7.1 Kontor- og undervisningsareal

MARINTEK har i dag kontorer lokalisert ulike plasser i infrastrukturen; Marinteknisk Senter ("kontor- og undervisningsbygget"), Skipsmodelltankbygget (inkl. "Ormen Lange"), Kavitasjonstunellbygget, Havbassengbygget.

Den spredte lokaliseringen er et resultat av den trinnvise utbyggingen av senteret. Kontorene består hovedsakelig av cellekontorer. Totalt har MARINTEK kontorplasser for 202 ansatte.

Når levetiden til kontor og undervisningsareal skal utøkes til 40 år så er det behov for renovering av bygningsmassen:

- Marinteknisk senter («kontor og undervisningsbygget») – blant annet behov for renovering av ytter og innervegger, oppgradering av luftbehandlingssystem, lavspenstforsyning, utskiftning av varmerør og forbedret belysning.

- Renovering av bygningsmassen for kontor og undervisningsareal i skipsmodelltanken, kavitasjonstunnelen, havbassenget og tunglabben er inkludert i kostnaden for renovering av de andre bygningene

1.1.7.2 Verksted og lager

Verkstedene i tilknytning til laboratoriene i dagens Marinteknisk Senter er geografisk spredt. Det har direkte sammenheng med at laboratoriene i senteret er bygget ut etappevis siden starten i 1939.

Dagens verksteder inkluderer; Modellverksted for produksjon av modeller til de hydrodynamiske laboratoriene (i tilknytning til havbassenget), freseverksted for skrog og større modeller (i tilknytning til slepetanken), freseverksted for mindre modeller (i tilknytning til slepetanken), 3 mekaniske verksted (et i tilknytning til havbassenget, et til kavitasjonstunnelen og et i tilknytning til konstruksjonslab og energi- og maskinerilab)

Marintek har i dag lager på tre forskjellige steder; et eksternlager (ca. 1 mil utenfor byen); et lite lager på Tyholt og et lager nede vid havnen.

Når levetiden til verksted og lager skal utøkes til 40 år så er det, utover normal utskiftning av utstyr, behov for investering i:

- Utskiftning av utstyr til verkstedene så som f.eks. numerisk styrte verktøymaskiner, avtrekksystemer og lakkeringsboks samt investering i 3D printer.
- Renovering av bygningsmassen for verkstedsarealene er inkludert i renoveringskostnaden for skipsmodelltankbygget, kavitasjonstunnelbygget, tunglaboratoriebygget og havbassengbygget.

1.2 Elementer i R1 - Referansealternativet med hybrid testing og fullskala testing

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.

1.2.1 Hybrid testing

Hybridtesting kan defineres som en kombinasjon av eksperimentelle teknikker i laboratorier, datasimuleringer og aktive styringssystemer i sanntid. I referansealternativet med hybrid testing så foreslås det at det etableres 5 arbeidsgrupper som vil utvikle bruken av hybrid testing ved marinteknisk senter. De fem arbeidsgruppene planlegges arbeide med følgende:

- Etablering av nødvendig kompetanse for hybrid testing, med fokus på simulering og visualisering som komplementerer det som skjer i bassenget (et første steg mot hybrid testing)
- Aktiv kontroll av ankerliner (mulighet for å operere/endre lengde under eksperiment, mulighet for å modellere «full lengde» som alternativ til etablert trunkerings metodikk)
- Hybrid testing av skipsbevegelser (f.eks. for å fange endringer i skipets stabilitet som en ikke klarer å fange opp idag)
- Simulering av større vanndybder enn hva som er tilgjengelig i havbassenget i dag (nyttig for simulering av flytende produksjonssystemer)
- Hybrid testing for å løse motstridende skaleringslover

For mer informasjon om hybrid testing, se vedlegg J.

1.2.2 Fullskala testing

Med fullskala testing menes at målinger, analyser og vurderinger utføres på den virkelige strukturen eller elementer av denne. Dette kan gjøres i et laboratorium eller i felt. Ofte kalles dette prototype testing. I referansealternativet med fullskala testing foreslås det at det investeres i instrumentering og målesystemer for måling i felt for:

- Havlaboratoriet
- Slepetanken og kavitasjonstunellen
- Dagens konstruksjonslaboratorium
- Dagens energi- og maskinerilaboratorium

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. Investeringen i utstyr er nødvendig, men en forutsetning for å lykkes er å få de rette kompetansehevende prosjektene. Her kan det være smart og kanskje nødvendig å samarbeide med etablerte aktører innen feltemålinger fra andre fagområder (vær, klima, is, biologi, salinitet, strømforhold på grunt/dypt vann etc.).

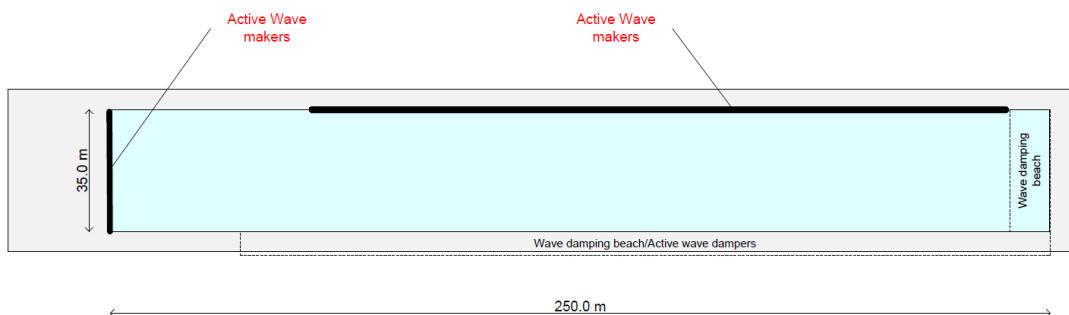
For mer informasjon om fullskala testing, se vedlegg J.

1.3 Elementer spesifikkke for tiltaksalternativene

I dette kapittelet presenteres elementer spesifikkke for tiltaksalternativene (H1, H2, H3, K1, E1, Adskilte og D-flex).

1.3.1 Sjøgangsbasseng

Det nye sjøgangsbassenget vil ha en 250 m lengde, 35 m bredde og en dybde på 6m, se Figur 2. 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.

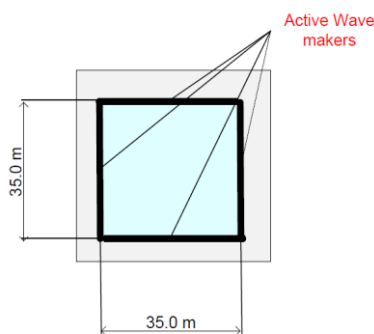


Figur 2. Prinsippskisse for sjøgangsbasseng i alternativ adskilte laboratorier. /D06/

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 med vindbatterier som er mobile og kan monteres på vognen, målesystem og to kraner (en ved loading sonen og en på vognen).

1.3.2 Dypvannsbasseng

Det nye dypvannsbassenget vil ha en bredde og lengde på 35 m, se Figur 3. 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.



Figur 3. Prinsippskisse for dyphavsbasseng i alternativ adskilte laboratorier. /D06/

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 med vindbatterier som er mobile og kan monteres på vognen, målesystem og kran/løfteutstyr. I tillegg vil dypvannsbassenget utrustes med dykkerutrustning, høy og senkbar bunn samt et strømanlegg. Prinsipp for strømgenerering vil være sirkulasjon av vann i rørgater under bassenget.

1.3.3 Forsknings- og undervisningslaboratorier

NTNUs behov for forsknings- og undervisningslaboratorier består av følgende elementer:

- Lite havromslaboratorium med studentfasiliteter og Smålabareal
- Maskineri- og energilaboratorier
- K-lab/lettlab

Alle laboratoriene forutsettes plassert i et separat laboratoriebygg, bortsett fra Forsknings K-Lab som bør plasseres i tilknytning til MARINTEKs K-lab.

1.3.3.1 Hydrodynamiske forsknings- og undervisningslaboratorier

De hydrodynamiske forskning og undervisningslaboratoriene inkluderer lite havromslaboratorium med studentfasiliteter og smålabareal, de etableres i det nye forskning- og undervisningslaboratoriebygget.

Lite havromslaboratorium er planlagt med en lengde på 66 m, bredde 15 m og dybde 5 m. Bassenget vil ha 3D-bølger, en to-akset slepevogn og et tilknyttet kontrollrom. I tillegg er et auditorium planlagt med utsikt over bassenget. /D008/

Smålaboratoriene er planlagt samlokalisert i et areal som er fleksibelt, slik at enkelte deler av laboratorieinfrastrukturen kan 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). /D008/ Følgende laboratorier er foreslått inkludert i smålab-arealet, i tillegg til det lille havromslaboratoriet:

- Nye men finnes allerede i dag: Liten slepetank, Liten kavitasjonstunnel, Stor bølgerenne samt flytt av eksisterende CWT (strømningstank/flumetank)

- Helt nye funksjoner: Liten vakuumtank, 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

1.3.3.2 Andre forsknings- og undervisningslaboratorier

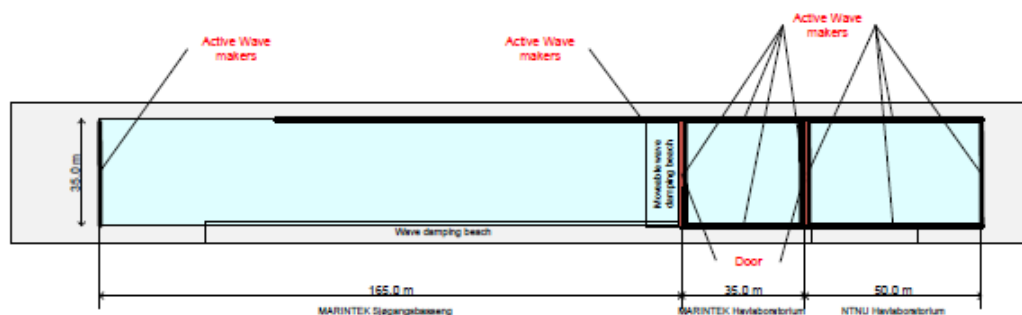
De andre forsknings- og undervisningslaboratoriene inkluderer laboratorier innen konstruksjonsteknikk (undervisnings K-lab, forsknings K-lab og et lettlab) og innen Maskineri- og energiteknikk. Alle laboratoriene utenom forsknings K-lab er planlagt etablert i det nye forskning- og undervisningslaboratoriebygget.

Maskineri og energilaboratorier For studentbruk planlegges et *maskineri/energilab* som samler de spredte installasjonene som er i maskinerilaboratoriet i dag (ikke motor) og et *Motor-/energilab* med en marin motor (diesel/gass) med full instrumentering inklusive avgass- og partikkelmålinger. For forskningsformål etableres et *Motor-/energilab* som er et fleksibelt areal for motor- og energirelaterte forskningsoppgaver, spesielt relatert til gass, med mulighet for inndeling i lukkede celler. Det bygges videre på dagens *Hybrid Power Lab* med plan om mulighet for oppbygging av komplette nedskalerte maskinerirom med ulik konfigurasjon og med ulike energikilder, energioverføring og forbrukere. /D008/

K-lab/lettlab - For studenter planlegges etablering av *Lett-laboratorier* og et *undervisnings K-lab*. *Lettlaboratoriene* vil benyttes i lavere årskurs, der studentene har ubegrenset tilgang, og kan gjennomføre ulike typer øvinger innen konstruksjoner, hydrodynamikk, kybernetikk uten tilsyn i forhold til HMS krav. *Undervisnings K-lab* benyttes i stedet i høyere årskurs innen konstruksjonsfagene, her vil mer avanserte forsøk gjennomføres og det vil være krav om tilsyn i henhold til HMS-krav. /D005/ I tillegg vil det etableres et *forsknings-K-lab* for forskning innen konstruksjonsfagene.

1.3.4 Flexbasseng

Flexbassenget er et langt sjøgangsbasseng (250 m) som kan deles i 3 deler, se Figur 4. De 3 delene vil omfatte et «kort» sjøgangsbasseng (min. 150 m, dybde 6m), et dypvannsbasseng for MARINTEK (lengde 35 m, dybde 15 m) og et havromsbasseng for NTNU (lengde 50 m, dybde 10 m); alle med en bredde på 35 m. Mellom bassengene etableres det mobile seksjoneringsvegger. Bassengene vil i tillegg ha 3D-bølgegenerering, system for vindgenerering, vogner for innfesting av modeller og utstyr, målesystem samt kraner og løfteutstyr. Dypvannsbassenget og havromsbassenget vil i tillegg ha strømningsanlegg, høy og senkbar bunn, dykkerutrustning.



Figur 1: Metiers anbefalte konsept fra KS1; prinsippskisse

Figur 4. Overordnet skisse av flexbasseng. Kilde: MARINEK /D06/

1.3.5 Nytt K-lab

For nytt konstruksjonslaboratorium er det estimert et arealbehov på omtrent 3600 m² BTA. Det som kan flyttes over i fra nåværende lab vil flyttes over, det inkluderer blant annet dagens fullskala testtrigger. I det nye laboratoriet vil det investeres i:

- To dynamiske testtrigger for økt kapasitet i labben og for å kunne teste fleksible stigerør, kontrollkabler, kraftkabler og andre lignende konstruksjoner på større dyp (større strekkapasitet).
- 2 testtrigger som skal gi fleksibilitet til laboratoriet
- 3 nye kraner med løftekapasitet på 30 tonn, 20 tonn og 10 tonn
- 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 korrosiv miljø
- 3 sylindrer (2, 5, 10 tonn) for småskåletesting, noe som vil øke kapasitet med 50% i forhold til i dag

1.3.6 Nytt M-lab

For nytt Energi- og maskinerilaboratorium er det estimert et arealbehov på omtrent 1900 m² BTA, det 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.

Tabell 2 gir en mer detaljert beskrivelse av de ulike delene av det nye M-lab.

Tabell 2. Detaljert beskrivelse av tiltak ved etablering av nytt M-lab.

Del av laboratoriet / utstyr	Beskrivelse av tiltak	Effekt av tiltak
<i>Fremdrifts-laboratorium</i>	Nyinvestering: Energiovmvandelere, 3 stk (forbrenningsmotorer, brenselceller, gassturbin etc.), Energilagring (batteri, svinghjul, superkondensator etc.), Kraftelektronikk, Elektrisk distribusjon, Kontrollsystem, Energiforbruker (generator-motor, brems, etc.) Eksisterende utstyr: ABB hybrid power lab, Prøvestand heavy duty high-speed	Forskning og studier av ulike systemer for energiproduksjon til fremdrift av skip.
<i>Prosess-laboratorium</i>	Nyinvestering: 1-sylindret 4-takt fleksibel forsøksmotor med ulike sylindrenheter (produsent og størrelse) Eksisterende utstyr: 1-sylinder 2-takt (VX-28) forsøksmotor for drivstofftesting og avgassutslipp, Konstant volum forbrenningsrigg, Spesiell infrastruktur (nyinvestering): Lufttilførsel, kompressor og kondisjonering (600 kW) Elektrisk kraftsystem (1 MW) for styring og belastning av motor-generatorsystem Instrumentering for måling av avgasskomponenter, ny teknologi (FT-IR Spectroscopy)	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
<i>Generell infrastruktur</i>	Nyinvestering: Brennoljebehandling (inkl. lagring), Hydrogen (inkl. lagring) LNG/LPG (inkl. lagring), Andre drivstoff (inkl. lagring), Målesystem inkl. software (en per prøvestand), Instrumentering med software for analyser, Avgassmåling og analyse (en per prøvestand), Lufttilførsel og kondisjonering, Kontrollsystem, Kjølevann, IKT infrastruktur, Avgass-system (støydemping og rensing)	Infrastruktur som er nødvendig for å drive laboratoriet.
<i>Clean room</i>	Nyinvestering: Kalibrering og håndtering av måleutstyr Utføre sensitive målinger (eks. veiing av avgass partikkelfilter)	Forskning og studier som krever sensitiv instrumentering. Gir også mulighet til kalibrering av måleutstyr.
<i>Generelt fleksibelt laboratorium</i>	Nyinvestering: For testing av utstyr, uspesifisert Forberedt for tungt utstyr Typisk dimensjon 5 x 5 x 10 meter (h x b x l)	Laboratorieinfrastruktur for å håndtere nye og ukjente problemstillinger, samt forsøk/studier som er av unik karakter.
<i>Kontrollrom</i>	Nyinvestering: Forskning på simulering, modellering, autonome systemer	For styring og kontroll av laboratorie-infrastruktur og utstyr. Kan også brukes til studier innen menneske-maskin problemstillinger.
<i>Feltmålinger</i>	Nyinvestering: Instrumentering for måling av assosierte utslipp til VOC Eksisterende utstyr: Akkreditert NOx-instrumentering Instrumentering for måling av avgasskomponenter (NOx, SOx, UHC, CO, CO2) Instrumentering for måling av PM og Black Carbon Instrumentering for måling av VOC Instrumentering for måling av effekt, torsjonsmoment, akselerasjon, vibrasjon	Dette er i hovedsak instrumentering som benyttes til feltmålinger av ulike slag.

1.3.7 Flytt av kavitasjonstunnelen

Ved flytt av kavitasjonstunnelen er det nødvendig med den investeringen i renovering av utstyr som ved renovering av kavitasjonstunnelen:

- Oppgradering og renovering av hele tunnelen. Hvilket innebærer tiltak på styringssystemer for kavitasjonstunnelens funksjoner, og utskiftning av sirkulasjonspumper, filtreringspumper, diverse rør og koblinger, diverse tetninger, degassingsystem, skovler, rustbehandling og maling.

I tillegg flyttes kavitasjonstunnelen og integreres i ny bygning. Dette vil kreve investering i:

- Design av integrasjon av tunnel i nytt bygg
- Demontering og flytting av seksjoner av eksisterende tunnel
- Montering av tunnel i nytt bygg
- Innkjøring og testing
- Kraner og løfteutstyr

Kavitasjonstunnelen er gammel og det er usikkert om det i det hele tatt er mulig å flytte den. Dette er i usikkerhetsanalysen av investeringskostnad håndtert som en hendelse, se vedlegg F.

1.3.8 Hybrid testing

Det foreslås den samme satsingen på Hybrid testing som i referansealternativet (200 MNOK og gjennomføring av WG1 til WG5). I tillegg kommer ekstra kostnad for instrumentering spesifikk for hybrid testing for laboratoriene (anslått til omtrent 10 MNOK per laboratorium). Nedenfor kommenteres hvordan utviklingen av hybrid testing vil påvirkes av de nye laboratoriene.

Dypvannsbasseng - Hvis man lykkes med hybrid testing så vil et dypvannsbasseng kunne være mindre viktig for enkelte av anvendelsesområdene. Forbeholdet er verifikasjon og validering i perioder mens nye verktøy utvikles. Det er i tillegg slik at selv med et dypvannsbasseng med dypde 15 meter så vil hybrid testing eller trunkering av ankerliner være nødvendig for å "nå" de store dypene. Dypvannsbassenget er det stedet hvor strøm genereres under bølgesonen. Samvirket mellom bølger og strøm er også noe som hybrid testing kan adressere for enkelte typer konstruksjoner. På samme måte som for effekt av dypt vann så kan dypvannsbassenget være viktig for validering av verktøy/metoder for å simulere strøm eller bølge / strøm interaksjon.

Sjøgangsbassenget gir en tilleggsfunksjonalitet (utover slepetank/havbasseng) som i all hovedsak ikke kan kompenseres med hybrid testing. Sjøgangsbassenget er spesielt bygget for testing av skip med foroverhastighet i bølger fra alle mulige retninger. Alternativet til testing her er simuleringer, og det vil ta lang tid før disse er nøyaktige og raske nok til å etablere robust statistikk for laster og bevegelser av skip, spesielt utsatt for ekstreme kondisjoner. Hybrid testing vil tilby viktig tilleggsfunksjonalitet og øke konkurranseevnen til MTS.

Nye forskning og undervisningslaboratorier - Flere mindre laboratorier i et fleksibelt areal vil muliggjøre skreddersydd testing og fleksibel adhoc testing på en billig måte. Uten de små labbene kan utvikling og gjennomføring av hybrid testing bli dyrere og vanskelig å gjennomføre.

Andre nye laboratorier - Hybrid testing som konsept kan sannsynligvis også gi en merverdi i de andre laboratoriene. Det er ikke klart at hybrid testing vil kunne erstatte funksjonalitet av foreslått nytt konstruksjonslaboratorium eller nytt energi- og maskinerilaboratorium.

For mer informasjon om hybrid testing, se vedlegg J.

1.3.9 Fullskala testing

I tiltaksalternativene foreslås det at det, på lik linje som i R1, investeres i instrumentering og målesystemer for måling i felt for laboratoriene. Investering i instrumentering for fullskala testing er relevant for Havlaboratoriet, Slepetanken og kavitasjonstunellen / Sjøgangsbassenget og kavitasjonstunellen, Dypvannsbassenget, Flex-bassenget, Konstruksjonslaboratoriet (dagens/nytt) og Energi- og maskinerilaboratoriet (dagens/nytt). Hvilke laboratorier det investeres instrumentering i er avhengig innhold i tiltaksalternativet. For mer informasjon om fullskala testing, se vedlegg J.

1.4 Nye støttefunksjoner

Nye støttefunksjoner inkluderer ny universitetsbygning, nye kontor og nytt felles verksted.

1.4.1 Universitetsbygning

Det er foreslått et nytt universitetsbygg med et areal på omtrent 14 600 m² BTA /D005/. Arealet skal inkludere:

- Studentareal så som studentarbeidsplasser, auditorium, klasserom, grupperom og studentkantine (ca 8040 m²)
- Arbeidsplasser for ansatte ved NTNU, inkluderer omtrent 170 kontor samt kontorstøtteareal for faste vitenskapelig ansatte, administrativt ansatte, PhD-studenter, post-doc og gjesteforskere. (ca 5540 m²)
- Bibliotek (ca 1020 m²)

1.4.2 Kontor for MARINTEK

Ved investering i nye laboratorier ved Marinteknisk senter så vil MARINTEK vokse samtidig som det vil være naturlig å rive gamle kontorer. Dermed vil det være behov for nye kontor for Marintek. Kontorene foreslås samles i et bygg. Det er foreslått 35 nye kontorlandskapsplasser og 187 cellekontor plasser, med et forventet areal på omtrent 5 700 m² BTA. /D002/

1.4.3 Fellesverksted

I samtlige tiltaksalternativ vil det bygges et nytt fellesverksted for laboratoriene på Marinteknisk senter. Det å samle verskedsarealene vil kunne effektivisere driften av MTS. Estimert totalareal for et slikt fellesverksted er omtrent 4690 m² BTA, hvorav 690 m² representerer student- og forskningslaboratoriernes behov for verksted. Det foreslås at fellesverkstedet plasseres i separat bygg, men med verksted hensiktsmessig adskilte med tanke på adgang og HMS-kriterier. Fellesverkstedet bør plasseres i tett tilknytning til både de store laboratoriene og student- og forskningslaboratoriene.

Konstruksjonslaboratoriet har spesielle krav til verkstedsareal på grund av de tunge løft som foretas. Transport av tunge elementer til og fra et fellesverksted kan være problematisk. Det er derfor lagt inn at det bygges et separat lokalt mekanisk og elektronikkverksted for konstruksjonslaboratoriet i de tiltaksalternativ som inkluderer nytt Konstruksjonslaboratorium.

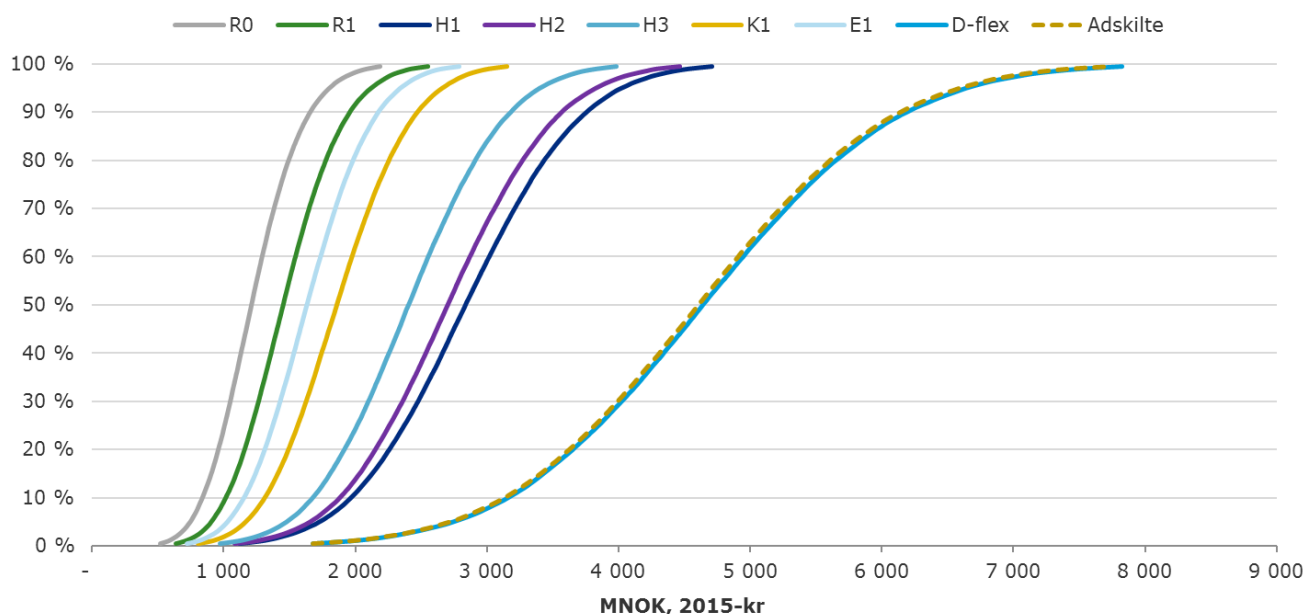
I tillegg til fellesverkstedet er det behov for riggingsareal, areal hvor det er mulig å håndtere en modell og gjøre denne klar for testing i laboratoriet. Det meste av riggingsareal vil være lokalisert i tilknytning til de enkelte laboratorier (ca 800m²), men det er også nødvendig at noe riggingsareal er plassert i tett tilknytning til fellesverkstedet (ca 200 m²) for tidlig utrustning av modellene. Behovet for lokalt riggingsareal vil variere noe for de ulike laboratoriene (Havbasseng 300m², Sjøgangsbasseng 300m², Kavitasjonslaboratorium 50 m², Konstruksjonslaboratoriet 100 m², Energi- og maskinerilab 50m²).

VEDLEGG F: USIKKERHETSANALYSE AV INVESTERINGSKOSTNADER

Dette vedlegget omhandler usikkerhetsanalyse av investeringskostnader. Først vises resultatet av analysen frem (kap. 1.1) deretter beskrives benyttet metodikk for usikkerhetsanalysen (kap. 1.3), estimatusikkerhet (kap. 1.4), usikkerhetsfaktorer og hendelser (kap 1.5).

1.1 Resultat

Figur 1 og Tabell 1 viser KVV-gruppens resultater av usikkerhetsanalysen av investeringskostnad i de ulike alternativene. Figuren viser kumulativ sannsynlighetskurve (S-kurve).



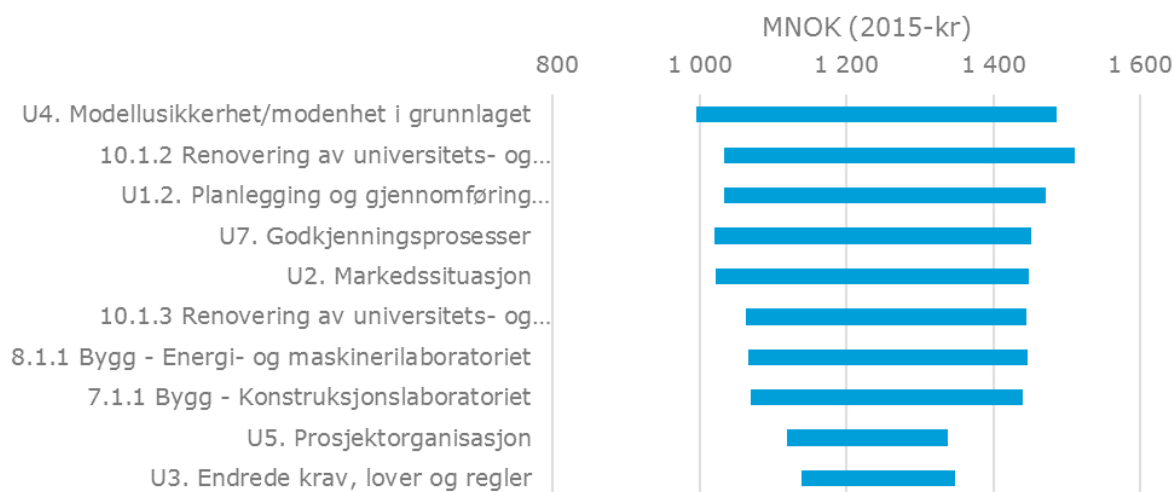
Figur 1. S-kurve over de ulike alternativenes investeringskostnader (MNOK, 2015-kr)

Tabell 1 viser percentilene 15 % (p15), 50 % (p50) og 85 % (p85) sannsynlighet. Percentilene angir hvor sannsynlig det er at kostnadene holder seg under deres respektive verdi. Relativt standardavvik er standardavviket delt på forventningsverdien, og er et mål på usikkerheten i tallene.

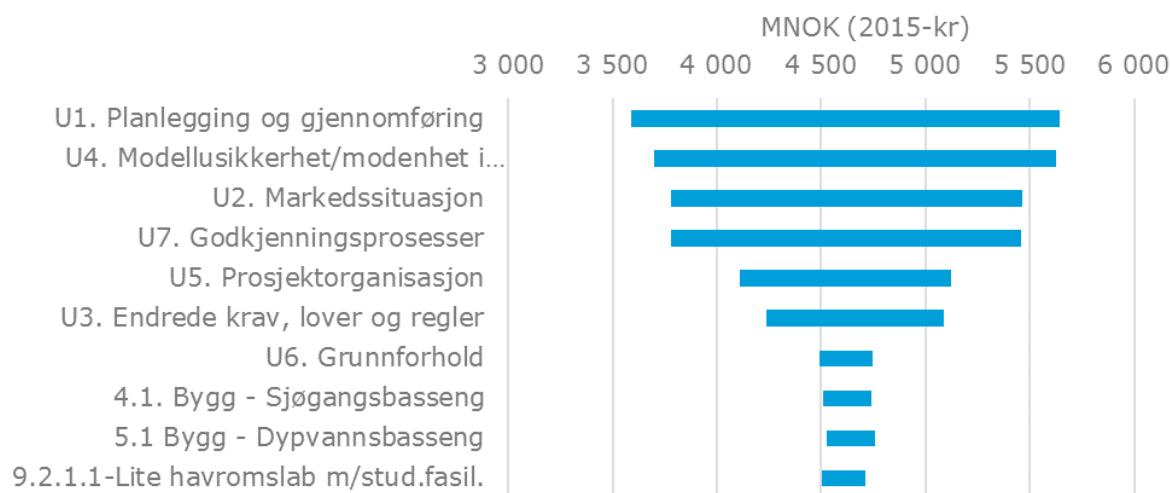
Tabell 1. Resultater fra kostnadsanalysen (MNOK 2015)

	Forventet	P15	P50	P85	Std.avv.	Rel. Std.
R0	1 232	903	1 210	1 565	324	26 %
R1	1 474	1 096	1 453	1 857	370	25 %
H1	2 851	2 127	2 836	3 576	700	25 %
H2	2 717	2 034	2 703	3 404	661	24 %
H3	2 418	1 808	2 405	3 031	588	24 %
K1	1 879	1 411	1 860	2 351	454	24 %
E1	1 652	1 241	1 632	2 069	401	24 %
Adskilte	4 621	3 407	4 604	5 841	1 178	25 %
D-flex	4 657	3 425	4 637	5 885	1 189	26 %

Figur 2 og Figur 3 viser de variabler som har størst innvirkning på totalkostnaden i referansealternativet R0 og alternativ Adskilte. Hver søyle viser hva totalkostnaden ville blitt dersom den variabelen får hhv. en lav eller høy verdi i analysen. For R0 er det usikkerhetsfaktoren U4. Modellusikkerhet/modenhet i grunnlaget som har størst påvirkning, mens det for adskilte er faktor U1. Planlegging og gjennomføring. Det skyldes fremst at U1. Planlegging og gjennomføring har mindre påvirkning på R0 siden dette alternativet ikke inkluderer noen nybygg, R0 påvirkes i stedet for i større grad av usikkerhetsfaktor U1.2.



Figur 2. Tornadodiagram for postene som bidrar med mest relativ usikkerhet i R0



Figur 3. Tornadodiagram for postene som bidrar med mest relativ usikkerhet i Adskilte

1.2 Nærmere om kostnad ved elementer i Adskilte

Tabell 2 gir en oversikt over investeringskostnad for elementer i alternativ Adskilte, med både forventningsverdi og p85. Summering av p85 for enklele elementer gir et høyere kostnadsbilde enn p85 for hele alternativ adskilte (Tabell 1). Dette skyldes liten sannsynlighet for at investeringen for hvert enkelt element ender opp på nivå p85 samtidig.

Tabell 2. Oversikt over investeringskostnad for elementer i alternativ Adskilte (inklusive usikkerhetsfaktorer), forventningsverdi og p85. MNOK 2015-kr.

	Institutt	Forventnings -verdi	p85	P85 MARINTEK	p85 NTNU
Renovering av havbassenget	MARINTEK	294	383	383	-
Riving av slepetanken	MARINTEK	36	47	47	-
Sjøgangsbasseng	MARINTEK	1 001	1 289	1 289	-
Nytt dypvannsbasseng	MARINTEK	781	1 006	1 006	-
Riving av kavitasjonstunnelbygget	MARINTEK	5	7	7	-
Renovering og flytt av kavitasjonstunnelen	MARINTEK	65	90	90	-
Riving av verksted & lager	MARINTEK	7	8	8	-
Nytt fellesverksted & lager MARINTEK	MARINTEK	194	251	251	-
Nytt fellesverksted & lager NTNU	NTNU	29	38	-	38
Rivning av konstruksjonslab	MARINTEK	8	10	10	-
Nytt konstruksjonslab	MARINTEK	412	530	530	-
Rivning av M-lab	MARINTEK	8	10	10	-
Nytt Energi- og maskinerilab	MARINTEK	156	202	202	-
Nye hydrodynamiske laboratorier (NTNU)	NTNU	691	895	-	895
Hybrid testing	MARINTEK	240	323	323	-
Fullskala testing	MARINTEK	17	21	21	-
Riving av MTS kontor og undervisning	MARINTEK/ NTNU	40	52	26	26
Nytt universitetsbygg	NTNU	491	638	-	638
Nye kontorer	MARINTEK	146	206	206	-
Total investeringskostnad		4 621	6 005	4 409	1 596

1.3 Kort om metoden som ligger til grunn for estimering av kostnader

Usikkerhetsanalysen følger standard metode som benyttes i kravene til kvalitetssikring av offentlige investeringsprosjekter utarbeidet av Finansdepartementet. Dette er en anerkjent metode for beregning av usikkerhet i store, komplekse prosjekter. Sentrale elementer i metoden er beregning av estimatusikkerhet omkring estimatene i en grunnkalkyle, bruk av usikkerhetsfaktorer som virker på kostnadsposter i grunnkalkylen. Grunnkalkylen er basert på prisjusterte estimat fra KVV, KS1, rapporter utarbeidet i etterkant av KS1 samt møter og korrespondanse med MARINTEK og IMT i forbindelse med utarbeidelse av denne rapport (tilpasset KVV for Ocean Space Centre) /D002/D003/D006/D008/D107/D108/109/D111/D113/D115/D120/D121/D122/D123/D125/D131/D132/D133/D214/D215/D216/D217/D218/D219/D220/. Grunnkalkylen er gjennomgått sammen med Marintek og NTNU og oppdatert der hvor det har gjennomførts endringer eller det i dag finnes mer informasjon. En stor forskjell fra tidligere estimat er forlengelsen av levetiden for 0+ alternativet (i det videre referert til som R0).

Analysen er beregnet ved hjelp av Monte Carlo-simulering med programmet @Risk (fra Palisade) i et MS Excel-basert verktøy utviklet av DNV GL AS for dette oppdraget. For kostnadsanalysen er det valgt en analyseperiode på 40 år etter iverksettelse av tiltak. Analyseperioden er fra 2016 til 2062, byggeperiode 2020 til 2022 med bygging klart i 2023. I dette vedlegget er alle kostnader i løpende 2015-kr, avrundet til nærmeste MNOK 5 (utenom for kostnadsposter med en grunnkalkyle på MNOK 50 eller mindre).

1.4 Estimatusikkerhet

Kostnadspostene i grunnkalkylen kan deles inn i seks kategorier; hydrodynamikk, konstruksjonsteknikk og energi- og maskineriteknikk, forsknings- og undervisningsareal, støttefunksjoner og andre verktøy. Tabell 3 viser hvilke overordnede kostnadsposter innenfor de seks kategoriene som er inkludert i hvert alternativ. I det videre beskrives kostnadspostene nærmere. For oversikt over og beskrivelse av alternativer se vedlegg E.

Tabell 3. Kostnadsposter inkludert i de 9 alternativene.

ID	Kostnadspost	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
HYDRODYNAMIKK										
1	Renovering av Havbassenget	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.1	Renovering av slepetankbygget	1	1	0	1	0	1	1	0	0
2.2	Riving av slepetanken	0	0	1	0	1	0	0	1	1
3.1	Renovering av Kavitasjonstunnelen	1	1	0	0	0	1	1	0	0
3.2 og 3.3	Riving, nytt bygg og flytt av Kavitasjonstunnel	0	0	1	1	1	0	0	1	1
4	Sjøgangsbasseng	0	0	1	0	1	0	0	1	0
5	Dypvannslab	0	0	0	1	1	0	0	1	0
6	Flexlab	0	0	0	0	0	0	0	0	1
KONSTRUKSJONSTEKNIKK										
7.1	Renovering av Konstruksjonslaboratoriet	1	1	1	1	1	0	1	0	0
7.2	Riving av Konstruksjonslaboratoriet	0	0	0	0	0	1	0	1	1
7.3	Nytt konstruksjonslaboratorium	0	0	0	0	0	1	0	1	1
ENERGI- OG MASKINERITEKNIKK										
8.1	Renovering av Energi- og maskinerilaboratoriet	1	1	1	1	1	1	0	0	0
8.2	Riving av Energi- og maskinerilaboratoriet	0	0	0	0	0	0	1	1	1
8.3	Nytt Energi- og maskinerilaboratorium	0	0	0	0	0	0	1	1	1
FORSKNINGS- OG UNDERVISNINGSLABORATORIER										
9.1.2, 9.1.4	Renovering av studentlaboratorier (hydrodynamiske)	1	1	1	1	1	1	1	0	0
9.1.3	Renovering av studentlaboratorier (m-lab & k-lab)	1	1	1	1	1	0	0	0	0
9.2	Nytt forsknings og undervisningslaboratoriebygg	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9.3	Nye m-lab & k-lab studentlaboratorier	0	0	0	0	0	1	1	1	1
STØTTEFUNKSJONER										
10.1	Renovering av kontor og undervisningsareal MTS	1	1	0	0	0	1	1	0	0
10.2	Riving av MTS (kontor og undervisning)	0	0	1	1	1	0	0	1	1
10.3	Nytt universitetsbygg (lett universitetsbygg)	0	0	1	1	1	0	0	1	1
10.4	Nye kontor MARINTEK	0	0	1	1	1	0	0	1	1
11.1	Renovering av verksted og lager	1	1	0	0	0	1	1	0	0
11.2	Riving av verksted & lager	0	0	1	1	1	0	0	1	1
11.3	Felles verksted Marintek	0	0	1	1	1	0	0	1	1
11.4	Felles verksted NTNU	0	0	0	0	0	0	0	1	1
11.5	Lager MARINTEK	0	0	1	1	1	0	0	1	1
11.6	Lager NTNU	0	0	0	0	1	0	0	1	1
ANDRE VERKTØY										
12	Hybrid testing	0	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Fullskalamåling	0	1	1	1	1	1	1	1	1

1.4.1 Hydrodynamikk

Post 1 - Renovering av havbassenget

Navn	1. Renovering av havbasseng								
Beskrivelse	Bygg: Kostnadsestimatet bygger på tilstandsregistrering av havbassengbyggingen utført i 2012. Erfaringer fra andre bygg tilsier at kostnadsestimat basert på tilstandsregistreringer blir alt for lavt. Grunnen til at det ofte blir en kostnadsøkning er at tilstandsregistreringene fokuserer på detaljer og bygningsmessige konsekvenser blir utelatt. For eksempel, ved tiltak for å foredre ventilasjonen så kreves ofte store inngrep i selve rommene. I havbassengbygget er det store utfordringer hva gjelder tetthet. Noe som, i kombinasjon med lite erfaringstall, fører til at usikkerheten er større i havlaboratoriet enn for marinteknisk senter. Areal 8510 m2, Enhetskostnad 4 993 NOK/m2 BTA [100%; 200%; 400%] Utstyr: Utover normal utskiftning av utstyr og storskala infrastrukturstøtte, er det behov for investering i: - Full utskiftning av bølgemaskiner BM2 og BM3. BM2 byttes ut fra double flap til multiflap – da fås et bedre bølgebilde. Ca. 35% er arbeid og 65% anskaffelse av utstyr. Bølgemaskiner er kostbart utstyr. I arbeid ligger det blant annet endring av betongfundamenter for å legge til rette for utstyret og nye kontrollsystemer. Hvis det blir dyrere så er det omtrent like sannsynlig at det er grunnet økt kostnad av utstyr som økt arbeid. Estimater er fra KVVU i 2011 og prisjustert til 2015. Har ikke gått til leverandør for å sjekke ut priser. [-10%;0%;+25%] - Ytterligere revisjon og forbedring av dagens strømanlegg (rør og pumpesystemer) utover hva som er finansiert gjennom storskala infrastrukturstøtten. Ca. 50% arbeid og 50% anskaffelse. Bl.a. en god del dykkerarbeid. I forbindelse med storskala infrastrukturstøtten ble pumper skiftet ut til pumper som kan styres bedre, har også fått rundet av hjørner. Det er usikkerhet i omfang av av arbeid og hvilket arbeid som faktisk vil måtte gjennomføres. Estimater er basert på det prinsipp for generering av strøm som er der i dag. [-10%;0%;+20%] - Nytt og mer effektivt system for vindgenerering (mobilt). Det er usikkerhet omkring i hvor stor grad man kan gjenbruke eksisterende utstyr. De viftene som er der en har i dag skaper mye turbulens – uklart hvorvidt en må kjøpe nytt eller kan redusere turbulensen ved ombygging. Estimater er basert på at det system som er der i dag byttes ut mot nytt – et "traktlignende" konsept som gir mindre turbulens. [-10%;0%;+10%] - Ny vogn eller innfestningsanordning for innfesting av modell, vindbatteri, testutstyr etc. Den største kostnaden er innkjøp av vogn, fordelt omtrent med 35-40 MNOK i innkjøp og 7 MNOK arbeid. Estimater er fra KVVU i 2011. Plassering av skinnegang i dagens system er ikke løst. Det står noen søyler ganske tett opp i bassengkanten og det er usikkerhet rundt hvordan dette skal løses/hvor skinnegangen skal ligge. Et alternativ kan være å bygge ut en skinnegang som er kraget ut men usikkert hvordan det kan gjøres fast og stivt nok. Reinertsen gjorde en vurdering i 2011 på hvordan man kunne konstruere en vogn som er tilstrekkelig stiv og det ble foreslått at kompositt ble brukt som materiale. [-10%;0%;+30%] - Fornyng av målesystem. Estimater basert på erfaring av kostnader i dagens anlegg. I kostnaden ligger det inne at deler av dagens målesystem byttes ut. Det pågår en kontinuerlig forbedringsprosess hva gjelder software, og en trinnvis oppdatering av utstyret. Liten usikkerhet i kostnad da det er mulig å bruke det som er tilgjengelig til enhver tid. [-10%;0%;+10%] - Fornyng av dykkerutrustning (ca MNOK xx) Estimert som en rundsum for fornyng av ikke spesifisert utstyr – det foregår en jevn fornyng: et år må du ta masker, deretter ventiler, etc. Liten usikkerhet da det mer elle mindre er mulig å styre ut fra tilgjengelig budsjett. [-10%;0%;+10%]								
Tripplestimat	GK	p10			mode		p90		E
Bygg	42	42			84		170		103
Utstyr	160	150			165		185		170
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Post 2 – Slepetanken

Navn	2.1 Renovering av Slepetanken/Skipsmodelltanken								
Beskrivelse	Bygg: Kostnadsestimatet bygger på tilstandsregistrering av bygningeb for slepetanken utført i 2012. Erfaringer fra andre bygg tilsier at kostnadsestimat basert på tilstandsregistreringer blir alt for lavt. I slepetanken er der store utfordringer hva gjelder tetthet. I tillegg så sveller betongen i forlengelsen (alkali-reaksjon). Dette har ført til at det har vært nødvendig å montere nye skinnefester for å kompensere for høydeforskjellen mellom forlengelsen og den opprinnelige tanken (ble gjennomført i forbindelse med storskala infrastrukturstøtten). Hvis en ikke klarer å finne en god løsning på betongproblemene i forlengelsen så kan det være at det lønner seg å rive forlengelsen for å så bygge den opp igjen. OBS: Det ligger inne 25 MNOK på utstyr for å komme til rette med skinnegangen i forlengelsen. Har hatt dykkere nede i bassenget for å anslå lekkasje og det er anslått att man mister vann verdt ca. 1 MNOK per år. Hvis en kan redusere lekkasjen så vil det innebære en besparelse i driftsbudsjettet. Areal 8485 m2, Enhetskostnad 3 405 NOK/m2 BTA [100%; 200%; 400%] Utstyr: Utover normal utskiftning av utstyr og storskala infrastrukturstøtte, er det behov for investering i: - Renovering av eksisterende bølgemaskin nå. [-10%;0%;10%] Det er i tillegg behov for full utskiftning om 10 år (MNOK 20, -10%, +20%). - Gammel vogn er moden for utskiftning. Må derfor erstattes med ny for å legge grunnlaget for 40 års drift. [-10%;0%;30%] Sjøgangsvognen er 10 år gammel, utskiftning av motor og styringssystem er en del av midtlivsrenoveringene. - Diverse anlegg: De 25 MNOK som ligger i grunnkalkylen er tenkt for å løse problemer med skinnegangen i forlengelsen. Nye innfestinger for justering av skinnegangen er løst fra betongen, uvisst av hvilken årsak. Krever betydelige oppgraderinger for å kunne forlenge levetiden. Dessuten nødvendig med investering i vannrensing og sirkulasjonsanlegg i slepetanken. [-10%;0%;30%]								
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E
Bygg	28		30		56		116		70
Utstyr	35		33		36		43		38
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei

Navn	2.2 Riving av Slepetanken								
Beskrivelse	Slepetanken har et areal på BTA 8485 m2. Rivingskostnaden inkluderer: - Riving av kontor 2. etasje i bygning langs slepetanken - Riving av bygninger langs slepetanken, inkl tilfluktsrom - Riving av 1 stk trappesjakt - Slepetanken - Tak, vegger og 6m dyp vannrenne (Tak inkl vegger, Sleperenne L=185m, Tak for øvrig, Vegger og bunnplate i vannrenne, utbrettet bredde 7+11+7m, Dekke langs sider av slepetank, Lite basseng, Verksted, lager, kontor, Kjeller, Rom under kjeller, Oppfylling av byggegrop med sprengstein, regner stein fra depot [m3]) Rivingskostnadene ble estimert i forbindelse med KVV og det er relativt stor usikkerhet forbundet med dem. Usikkerhet i GK er anslått til [-20%;0%;20%].								
Tripplestimat	GK		p10		Mode		p90		E
Riving	33		27		33		40		33
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja

Post 3 – Kavitasjonstunnelen

Navn	3.1 Renovering av Kavitasjonstunnelen									
Beskrivelse	Bygg: Kostnadsestimatet bygger på tilstandsregistrering av bygg for Kavitasjonstunnelen utført i 2012. Erfaringer fra andre bygg tilsier at kostnadsestimat basert på tilstandsregistreringer blir alt for lavt. - Renovering av bygningsmassen for å ta igjen vedlikeholdsetterstlep, f.eks. så er det behov for ombygging av eller ny hovedtavle for lavspent forsyning og bytte av drenering rundt hele bygget. I tillegg til kavitasjonstunnelen så er det i dette bygget lokalisert kontor, verkstedsareal og student bølgetanken. Drenering og fundamentering ifb. med installering av ny trafo er ikke med i tilstandsregistreringen. Korrosjonsskader i dagens bygg. I øvrig samme usikkerhet som for Marinteknisk senter grunnet erfaring fra andre tilstandsregistreringer. Areal 1790 m2, Enhetskostnad 6 160 NOK/m2 BTA [100%; 200%; 300%] Utstyr: Utover normal utskiftning av utstyr og storskala infrastrukturstøtte, er det behov for investering i: - I de 15,5 MNOK som ligger i grunnkalkylen så er det tenkt full oppgradering og renovering av hele tunnelen: Styringssystemer for kavitasjonstunellens funksjoner, sirkulasjonspumper, filtreringspumper, diverse rør og koblinger, diverse tetninger, skovler, rustbehandling og maling, degassingssystem. [-10%;0%;10%]									
Tripplestimat	GK	p10		mode		p90		E		
Bygg	11	11		22		33		22		
Utstyr	11	9		11		12		11		
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei	

Navn	3.2 og 3.3 Riving, nytt bygg og flytt av kavitasjonstunnel									
Beskrivelse	Riving: Kavitasjonstunnelbygget har et areal på BTA 1790 m2. Rivingskostnaden inkluderer: - Eksisterende bygg for tank, LxBxH=38x10x15m (Tak, Dekke 3.et (rom 401), Dekke 2.et (rom 307), Dekke 1.et (rom 204), Kjellergulv inkl fundament, Yttervegger, Diverse plattformer rundt tank, Heissjakt fra kjeller til tak) - Arealer for øvrig (Kontor 2.et, inkl fundament og tak, Inngangsparti (rom 126B og del av rom 126) 2.et, Areal 1.et (kjeller), Kjeller) Rivingskostnadene ble estimert i forbindelse med KVV og det er relativt stor usikkerhet forbundet med dem. Usikkerhet [-20%;0%;20%] Flytt av kavitasjonstunnelen: Usikkerhet i om det er mulig å flytte kavitasjonstunnelen uten å ødelegge den. Den er såpass gammel at om man begynner å demontere er det ikke sikkert man greier å få den opp igjen, oppdaget i forbindelse av planlegging med innfesting av ny testseksjon. Hvis en lar kavitasjonstunnelen ligge der den ligger så forsvinner kostnaden for nytt bygg. Den negative konsekvensen ved at ikke flytte tunnelen er at den, etter at slepetanken rives, vil ligge langt fra resten av fasilitetene. Nytte ved å flytte kavitasjonstunnelen er: nærhet til fag gir høyere kompetanse, nærhet til verkstedene (logistikk), logistikk (tidskostnader), vil ikke tape kunder ved ikke å flytte. [-10%;0%;50%] Nytt bygg: Areal 1500 m2 BTA [-10%;0%;10%]. Enhetskostnad 26800 kr/m2 BTA [-20%;0%;20%]. Enhetskostnad for bygg ligger mellom kontorbygning og laboratoriebygning og er basert på enhetskostnad fra tidligere KVV /D001/D002/. Utstyr: Som i referansealternativet.									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Riving	5		4		5		6		5	
Flytt	17		15		17		25		19	
Bygg	40		31		38		49		40	
Utstyr	11		9		11		12		11	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	

Post 4 – Sjøgangsbassenget

Navn	4 Sjøgangsbasseng								
Beskrivelse	Bygg: <i>Areal</i> - Det er behov for areal ved siden, begynnelsen og ved slutten av bassenget. Mode er basert på en antagelse om behov for 5 m ekstra per langside, 5 m på ene kortsiden og 25 meter på den andre (280x45=12 600 m2). + 300 m2 riggingsareal P90 BTA er basert på beregninger gjennomført av konsulent (kjellerdel 12150 m2, 1.etg. 3400m2), innebærer en BTA faktor på 2,22. + 300 m2 riggingsareal P10 er basert på mode minus 1 000 m2 + 300 m2 riggingsareal <i>Enhetskostnad</i> - Det er lagt inn en usikkerhet på enhetskostnad på +/- 20% med en mode på 34 667 NOK/m2 BTA. Enhetskostnaden inkluderer bølgedemping. Nødvendig elkraft er antatt inkludert i enhetskostnad. Med dette usikkerhetsspennet fås en forventet kostnad for bygg av sjøgangsbassenget på 480 MNOK (som estimert i D06). Utstyr: Ved bygg av et sjøgangsbasseng er det behov for en rekke utstyr for å sikre sjøgangsbassengets funksjonalitet. Grunnlag for estimatene er anslag fron KVVU og justert opp til 2015-årsnivå, enkelte poster er i tillegg blitt oppdatert som følge av ny informasjon: - Bølgemaskiner: 70% anskaffelse av utstyr, 30 % arbeid (størst del innleidarbeid). Legger til rette for full 3D generering. Usikkerheten i utstyrskostnad er større enn usikkerheten i mengde arbeid. Det skal bygges helt nytt og på så måte unngås ekstra arbeid for modifisering/tilpasning av gammelt anlegg (utstyr eller bygning) for å få det nye utstyret inn. Istedenfor så vil utstyret designes inn fra starten av. Bølgedempning inngår i bygningskostnad (ref. D109). [-10%;0%;+20%] - Vindgenerering: Kostnaden for vindgenerering i sjøgangsbassenget er det samme som for dypvannsbassenget. Det er usikkerhet i utforming av vindbatteri, i sjøgangsbassenget så bør vindbatteriene kunne monteres på vognen. En bør ikke ha løse moduler som i dag, ikke heller et fastmontert vindbatteri. Løsning for vindgenerering er ikke bestemt og det kan være store forskjeller i pris. [-10%;0%;+20%] - Vogn: Grunnkalkylen på MNOK 38 er et godt basisestimat for en basisvogn med vanlig slepehastighet (samme som for dypvannsbassenget). Hvis en ønsker å kunne slepe modeller i høyere hastighet, noe som er trolig i sjøgangsbassenget, så vil det innebære en endring i design og koste omtrent MNOK 10 ekstra, mode økes derfor med MNOK 10. Usikkerheten ligger i hvilken kapabilitet vognen skal ha, også i anskaffelsespris for en slik vogn. [-5%;0%;+30%] - Målesystem: Estimater er estimert i forbindelse med KVUen; inkluderte Design MNOK 7, Engineering utstyr MNOK 4, Montasje utstyr MNOK 4, Loggesystem MNOK 10, Dattaprosessering/software/hardware MNOK 20, Trådløs dataoverføring MNOK 10, Videosystemer MNOK 20. Stor andel arbeid og mindre andel komponenter. Er det mulig å ta med måleutstyr fra slepetanken? Marintek gjennomfører i dag et prosjekt med Forskningsrådet hvor MNOK 20 benyttes for forbedring/utskiftning/investering i måleutstyr, en forutsetning at dette tas med videre til OSC. Dette er utstyr som fort blir utdatert , og graden av gjenbruk vil være avhengig av når nytt sjøgangsbasseng står på plass. Det legges inn en større mulighet for reduserte kostnader enn risiko for økte kostnader. [-30%;0%;+10%] Ny teknologi er en usikkerhetsfaktor - Hva er tilgjengelig om 5 år? Det vil kanskje være både billigere og bedre. - Kraner og løfteutstyr: Håvard har nye tall på kransystemer – Alte sjekker ut. Kraner blir kjøpt ferdig fra underleverandør. Trenger 2 kraner (er ikke plass til fler) . Man må ha en kran på vogn og en ved loading zone. Liten usikkerhet da det finnes referansetall. [-10%;0%;+10%]								
	Trippelestimat	GK	p10	mode	p90	E			
	Bygg	480	370	465	595	480			
	Utstyr	470	435	475	530	480			
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei

Post 5 – Dypvannslaboratoriet

Navn	5 Dypvannslaboratoriet								
Beskrivelse	Bygg: <i>Areal</i> - Mode er estimert som vannspeil (35x35 m) med 5m på hver langside, 5 m på ene kortsiden og 25 m på den andre. P90 er estimert som mode +300 (riggingsareal). P10 er estimert til mode minus 700 m2 (minus 1000 m2 pluss 300 m2 riggingsareal).								
	<i>Enhetskostnad</i> - Det er lagt inn en usikkerhet på enhetskostnad på +/- 30% med en mode på 88 135 NOK/m2 BTA. Enhetskostnaden inkluderer 50 MNOK for hevbar bunn. Tidligere anslag på enhetskostnad har legat mellom 69 000 kr/m2 (KS1) til rundt 110 000 kr/m2 (KS2) noe som tyder på et det er stor usikkerhet knyttet til byggekostnad for dypvannsbassenget. Nødvendig elkraft er antatt inkludert i enhetskostnad.								
	Med dette usikkerhetsspennet fås en forventet kostnad for bygg for dybvannsbassenget på 240 MNOK (som estimert i D06). Grunnkalkylen på 240 MNOK er basert på beregninger gjennomført av Veidekke.								
	Utstyr: Ved bygg av et Dypvannslaboratorium er det behov for en rekke utstyr for å sikre sjøgangsbassengets funksjonalitet. Grunnlag for estimatene er anslag fra KVVU og justert opp til 2015-årsnivå, enkelte poster er i tillegg blitt oppdatert som følge av ny informasjon:								
	- Bølgemaskiner: Som for eksisterende havbasseng. Usikkerheten er noe lavere grunnet at en slipper å lage tilpasninger da bassenget er helt nytt og det er mulig å designe inn utstyret. [-10%;0%;+20%] - Strømanlegg: 20% arbeid, 80% utstyr. Her er det lagt til grunn et annet prinsipp for strømgenerering enn det som man har i havbassenget i dag (i dagens anlegg sirkuleres vannet rundt bunnen av bassenget). Det nye anlegget vil bygge på den samme prinsipp som MARIN har i dag med sirkulasjon av vannet i rørgater rundt bygget. Det innebærer et kostbart anlegg som i tillegg krever mye arbeid. Alt vil være eksterne kostnader, arbeidet vil måtte settes ut. Krevende å designe dette anlegget. MARIN brukte 3 år for å utvikle sitt konsept – gav tegningene sine videre til andre laboratorier som i sin tur ikke har klart å få det til. Modellering av strøm er veldig komplekst. Er det mange som kan tilby utstyret? Basisutstyret er relativt kurrant. Det finnes leverandører som kan levere dette på en god måte. Systemet vil designes av Marintek sammen med leverandør. Formålet er å få mest mulig laminær strøm / minst mulig turbulens i bassenget. [-10%;0%;+30%] - Vindgenerering: Helt nytt utstyr som både skal anskaffes og monteres. I nytt basseng så må man sette opp nye fundament, oppheng etc. og det er derfor minst like dyrt som for vindgenerering i havbassenget. [-10%;0%;+15%] - Bunn: inkludert i byggekost - Vogn: Billigere enn havbasseng grunnet mindre bredde. Det blir også billigere når det bygges nytt basseng og det er mulighet for å designe utstyret inn i bassenget (sammenlignet med når du må prøve å tilpasse det for å få det å virke) [-10%;0%;+20%] - Målesystem: Alt målesystem må anskaffes på nytt og det er kostbare systemer. I forbindelse med utarbeidelsen av KVVU så prøvde en å se internt på hva som vil være nødvendig. Det er usikkerhet både i pris på utstyr og mengde utstyr/endelig omfang på måleutstyr. Filosofien til Marintek i dag er å bruke mest mulig hylleware men ha et tett forhold til de som utvikler slik at Marintek er de første brukerne og testbruker for ulike system. [-10%;0%;+20%] - Kraner: Bakgrunnen for kostnadsestimatet er at Marintek (Konstruksjonsteknikk) sjekker priser i markedet i 2011. Har kostnadstall for full utskiftning av kraner i havbassenget i 2012 – Atle sjekker referanse. [-10%;0%;+10%] - Dykkerutrustning: Når det gjelder dykkerutrustning så må en ha ordentlig utstyr. Dypvannsbassenget kan ha andre typer krav enn havbassenget grunnet økt dybde. Estimert fra 2011 og prisjustert, basert på erfaringstall. [-10%;0%;+10%]								
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E
Bygg	240		145		225		355		245
Utstyr	480		460		490		555		505
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei

Post 6 - Flex-laboratoriet

Navn	6.1 Bygg Flex-laboratoriet og 6.2-6.4 Ustyr Flex-laboratoriet									
Beskrivelse	Flexbassenget er et langt sjøgangsbasseng (250 m) som kan deles i 3 deler, se Figur 4. De 3 delene vil omfatte et «kort» sjøgangsbasseng (min. 150 m, dybde 6m), et dypvannsbasseng for MARINTEK (lengde 35 m, dybde 15 m) og et havromsbasseng for NTNU (lengde 50 m, dybde 10 m); alle med en bredde på 35 m. Mellom bassengene etableres det mobile seksjoneringsvegger. Bassengene vil i tillegg ha 3D-bølgegenerering, system for vindgenerering, vogner for innfesting av modeller og utstyr, målesystem samt kraner og løfteutstyr. Dypvannsbassenget og havromsbassenget vil i tillegg ha strømningsanlegg, høy og senkbar bunn, dykkerutrustning. Bygg: Usikkerhet i enhetskostnad for flex-sjøgangsbasseng er estimert lik som for sjøgangsbasseng i post 4 med mode på 34667 og en usikkerhet på [-20%;0%;20%]. Usikkerhet i enhetskostnad for flex-dypvannsbasseng er estimert lik som for dypvannsbasseng i post 5 med mode på 88135 og en usikkerhet på [-30%;0%;30%]. Mode for enhetskostnad for havromslab NTNU er estimert til 90% av det for dypvannsbassenget medf en usikkerhet på [-30%;0%;30%]. Utstyr: <i>Flex-sjøgangsbasseng</i> – Usikkerheten i kostnad for felles elementer med sjøgangsbasseng i post 4 (bølgemaskiner, vindgenerering, vogn, målesystem og kraner og løfteutstyr) er lik somi post 4. Forventet kostnad for bølgemaskiner og måleutstyr er noen MNOK lavere i flex-sjøgangsbasseng grunnet kortere lengde. For flex-sjøgangsbasseng tillkommer det også en dokkport med grunnkalkyle och mode på MNOK 33 med en usikkerhet på [-10%;0%;60%]. <i>Flex-dypvannsbasseng</i> – Størrelsen og funksjonaliteten ved flex-dypvannsbasseng er den samme som dypvannsbasseng i post 5. Kostnad og usikkerhet i kostnad for utstyr er derfor det samme som i post 5. <i>Flex-NTNU havbasseng</i> – Bassenget er utstyrt med Bølgemaskiner, Strømanlegg, Vindgenerering, Vogn, Målesystem, Kraner og Dokkport. - Bølgemaskiner: GK estimert ut fra anslag for kostnad for bølgemaskiner i sjøgangsbassenget og deretter tilpasset etter størrelsen på flex-NTNU havbasseng. Usikkerhet som for bølgemaskiner i dypvannsbasseng [-10%;0%;+20%] - Strømanlegg: Estimert til omtrent 40% av kostnaden for strømanlegg til dypvannsbassenget. Det er antatt at dette vil være et enklere anlegg. Usikkerhet lik som for strømanlegg i dypvannsbassenget. [-10%;0%;+30%] - Vindgenerering: Estimert betydelig lavere kostnad enn for flex-dypvannsvasseng og flex-sjøgangsbasseng. Siden det er planlagt at vindgenereringssystemet skal være fleksibelt kan det være mulig at det ikke er behov for et i dette bassenget. Usikkerhet estimert lik som for dypvannsbassenget [-10%;0%;+15%] - Bunn: inkludert i byggekost - Vogn: Antatt billigere enn i dypvannsbasseng men med samme usikkerhet i kostnad [-10%;0%;+20%] - Målesystem: Antatt billigere målesystem enn i dypvannsbasseng men med samme usikkerhet i kostnad [-10%;0%;+20%] - Kraner: Antatt billigere kraner enn i dypvannsbasseng men med samme usikkerhet i kostnad [-10%;0%;+10%] - Dokkport: GK på 33 MNOK gjelder en dokkport i betong som skal fungere som bølgedemper. Estimetet er lavt og det er en stor usikkerhet oppover [-10%;0%;60%].									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Bygg	790		575		775		970		770	
Utstyr	1170		1175		1255		1310		1240	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja

1.4.2 Konstruksjonsteknikk

Navn	7.1 Renovering av Konstruksjonslaboratoriet								
Beskrivelse	Bygg: Renovering av 600m2 av bygningsmassen i tunglabben (MTS bygg 2). Formålet er å ta igjen vedlikeholdsetterslep, f.eks. så er det behov for renovering av ytter og innervegger, oppgradering av luftbehandlingssystem, lavspenstforsyning, utskiftning av varmerør og forbedred belysning. Enhetskostnad og usikkerhet i enhetskostnad lik som for post <i>10.1 Renovering av Marinteknisk senter</i>. GK 19888 kr/m2 BTA med en usikkerhet på [0%;20%;200%] Utstyr: Grunnkalkylen representerer åpningsinvesteringen, dvs. den investering som tas direkte i forbindelse med Ocean Space Center. Grunnkalkylen er basert på det estimat som ble satt opp i forbindelse KVV, men økt med 50% og prisvekst til 2015-kr. Økningen på 50% skyldes av at KVUen la opp til max 10 år forlenget levetid, ved i stedet 40 års forlenget levetid forventes det at det er nødvendig med større åpningsinvesteringer. I tillegg kommer utskiftningskostnader/investeringer i livsløpet (kommende 40 år); 15% av 69 MNOK (åpningsinvesteringen) som midtlivsrenovering hvert 15 år, MNOK 2 til måleelektronikk hvert 5 år, 2 fullskala rigger (MNOK 83), etter 15 år. - Hydraulikk-aggregat: Kostnadsposten inkluderer utskiftning av hydraulikkaggregat for kraftforsyning til testriggene. Fordelingen mellom anskaffelse av utstyr og arbeid er enten 60% utstyr og 40% arbeid eller 50%/50%. Største usikkerheten er knyttet til timepris og antall timer for montering. Dette skyldes at anskaffelseskostnaden for de deler som skal installeres er fast – forutsatt at det enkelt kan kobles sammen med eksisterende, derimot kan man ikke få fast pris på arbeid/montering. En ny pumpe koster bortimot 1 MNOK. Behov for bytte av en pumpe mer enn forutsatt kan øke kostnadsposten med 7%. Andre fordyrende eksterne faktorer er at det kan komme nye krav på hydraulikk anlegg gjennom f.eks. bygningsforskrifter, HMS etc. – påvirker fremst bygningskostnaden. [-5%;0%;30%]. - Belastningsutstyr: Hovedsakelig utstyrs-kostnad (80%/20%) Kostnadsposten inkluderer utskiftning av belastningsutstyret (hydrauliske sylindere etc.) i testriggene. Belastningsutstyret i en rigg er de sylindrene som brukes for å påføre last. I konstruksjonslaboratoriet finnes det i dag 45 forskjellige sylindre og en andel av de er fra 1970. De største og dyreste er de som er hardest belastet og som må byttes ut oftest. Nivå på investering er avhengig av aktivitetsnivå i laboratoriet (dette er forbruksutstyr). Det er risiko for at det vil være behov for spesial-bestilling av sylindere. Å bytte ut den største sylindren koster 5 MNOK. Mange av de små må snart skiftes ut. Antar symmetrisk usikkerhet +/- 5 MNOK [-28%;0%;28%] - Styringselektronikk: Begrenset levetid og ny sylinder kan føre til at all styringselektronikk knyttet til den sylindren må byttes ut. [-20%;0%;20%]. Måleelektronikk: Måleutstyr har begrenset levetid. All elektronikk må i utgangspunkt byttes ut og det er ikke sannsynlig hat det blir billigere enn grunnkalkylen. Antar høyreskjev fordeling. [-5%, 0%; 25%] - Datautstyr: Datautstyret er tett knyttet sammen med måleelektronikk og styringselektronikk. Det innebærer at hvis kostnadsposten for styringselektronikk er høy så er det større sannsynlighet for at også måleelektronikk og datautstyr er høy. Legger inn korrelasjon i modellen for å ta hensyn til dette. [-10%;0%;10%] - Mekanisk verksted: Bytte ut utrustning i det mekaniske verkstedet. Utstyrsanskaffelsen utgjør den største usikkerheten. [-10%;0%;20%] - Elektronikk-verksted: Bytte ut utrustning i elektronikkverkstedet. Primært utstyrsanskaffelsen er det store her. Lavere kostnad enn for mekanisk verksted ettersom det i elektronikkverkstedet er tal om små nette ting som det investeres i. [-10%;0%;20%] - Fullskala dynamiske testtrigge: Ikke noe i åpningsinvesteringen men det ligger inne at begge fullskalariggene skiftes etter 15 år, dvs. ved første midtlivsoppgradering. (2 rigger x 41,5 MNOK = 83 MNOK)								
Tripplestimat	GK	p10	mode	p90	E				
Bygg	12	11	14	22	16				
Utstyr	70	65	70	80	70				
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	Nei

Navn	7.2 Riving av Konstruksjonslaboratoriet									
Beskrivelse	Riving: Konstruksjonslaboratoriet ligger i en bygning sammen med energi- og maskinerilaboratoriet, kontor og undervisningsareal. Rivningskostnaden for dette bygget er delt opp i: - MTS Tunglab - MTS Kontorbygg 2 (se post 10.2 Riving av Marinteknisk senter) For beregning av rivningskostnad så antas 50% av MTS Tunglab høre til Kontruksjonslaboratoriet og 50% Energi og maskinerilaboratoriet. Rivingskostnaden for Konstruksjonslabben inkluderer således halve kostnaden av: - MTS Tunglab (MTS, Tunglab: Konstruksjonslab, 1-2 etasjer, høy bygning som 3-4 et. Solide betongkonstruksjoner i kjeller) - o Bygg 3 - "3" etasjer og kjeller (Konstruksjonslab), Tak inkl vegger i 2.et, Dekke i 2.et inkl vegger i 1.et. Netto, Dekke i 1.et (o/kjeller), Kjellervegger, gulv på grunn og fundament - Bygg ved Konstruksjonslab, høyde som Konstr.lab Usikkerhet inkluderer: Det vil ikke være mulig å rive bare enten Energi- og maskinerilaboratoriet eller Konstruksjonslaboratoriet eller Kontorbygg 2. Bygningen rives derfor kun når både nytt Konstruksjonslaboratorium, nytt Energi- og maskinerilaboratorium og nye kontor og undervisningsareal bygges.									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Riving	6		5		6		9		7	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	

Navn	7.3 Nytt Konstruksjonslaboratorium									
Beskrivelse	Nytt bygg: GK areal 3038 m2 BTA med en usikkerhet på [-5%;0%;50%]. Areal basert på skisser som ble satt opp i forbindelse med KVV /D001/D002/. Areal betyr fleksibilitet i å kunne møte fremtidige behov, nesten kun usikkerhet oppover. GK enhetskostnad 38 713 kr/m2 BTA, på nivå med laboratoriebygging nybyggspris /D22/, med en usikkerhet på [-30%;0%;30%]. Utstyr: Det som ligger inne av investeringer nedenfor er kostnader for det nye utstyret som trengs. Store deler av dagens konstruksjonslaboratorium vil flyttes inn i det nye. I det nye konstruksjonslaboratoriet vil det finnes: 4 fullskala dynamiske testrigger (2 flyttes over fra dagens laboratorium; Rigg 1: Maks lengde testobjekt 21m; 4,0 MN strekk, Rigg 2: Maks lengde testobjekt 16m; 4,0 MN strekk) Bøyekompresjonsrigg (Rigg 3): Maks lengde testobjekt 10 m; 24 kNm bøyekapasitet) flyttes over fra eksisterende lab. 2 spesialtilpassede rigger (f.eks. for testing av ankerkjetting og lasteslanger) 3 mindre/småskala rigger + sylindre og utstyr for å sette opp midlertidige, prosjektilpassede rigger. Brukbart utstyr fra eksisterende lab tas med. Et H2S-lab med 2 småskala rigger. 3 kraner med løftekapasitet på 30 tonn, 20 tonn og 10 tonn. Overføring av det av utstyr i følgende kategorier som kan gjenbrukes (ikke mulig å si eksakt hva som faktisk kan flyttes over innen disse kategoriene): belastningsutstyr, styringselektronikk, måleelektronikk, datautstyr, Mekanisk verksted, Elektronikk verksted. - Dynamisk testerigg 1 og 2: 60% er anskaffelse (av selve riggen og utstyr til riggen) og 40% arbeid (design og monteringsarbeid). Usikkerheten ligger i anskaffelsespris og hvor mye arbeid som må til for design og montering. Kostnad for belastningsutstyr og styringselektronikk er inkludert i grunnkalkylen, mens kostnad for måleutstyr er dekket av separat post. De kjøleanlegg som finnes for denne typen rigger i dag er fremdeles under utvikling, alle med fullskalaringger-sliter med dagens anlegg. Kjøleanlegg for denne typen rigger er derfor et system som fortsatt er under utvikling. Dette fører til stor usikkerhet i kostnad. [-10%;0%;30%] - Måleutstyr: I forbindelse med KVV så låg målesystem inne under anskaffelsen av respektive rigg. Vi trekker denne kostnaden ut fra rigg anskaffelsen og legger i en egen post, det fører til en reduksjon i kostnad per rigg på 2 MNOK sammenlignet med estimat fra KVV, totalt 8 MNOK. Grunnkalkylen er estimert som denne kostnaden pluss MNOK 5 av de MNOK 7 som ligger inne av nødvendig utskiftning av måleutstyr i referansealternativet. Usikkerheten i måleutstyr er blant annet knyttet til omfang (hvilket og hvor mye måleutstyr det vil være behov for) men også hvilket pris en vil kunne få i markedet [-10%;0%;20%] - Testrigg 1 og 2: Diss to riggene er å betrakte som utstyr som skal gi fleksibilitet til konstruksjonslaboratoriet, i form av plass og midler. Når man ser fremover i tid så er det vanskelig å si eksakt hva for tester det vil være behov for; test av lasteslanger og ankerkjetting er satt opp som forslag ettersom en ved tid for KVV begynte å få forespørsler på dette. I dag også forespørsel og prosjekter for testing av offshore kraftkabler, nye typer tester for fleksible stigerør. (Kostnad for belastningsutstyr og styringselektronikk er inkludert i grunnkalkylen, mens kostnad for måleutstyr er dekket av separat post.) Stor symmetrisk usikkerhet grunnet lite definert innhold i/omfang av kostnadsposten [-25%;0%;25%] - Hydraulikk-aggregat: Estimert fra KVV var for 210 Bar, i laboratoriet er det i dag oppgradert til 280 bar. Høyere trykk krever større dimensjoner og nye typer ventiler. Kostnaden for hydraulikkaggregat antas være lik som i 0+ med den samme usikkerheten. [-5%;0%;30%] - Kraner: Posten inkluderer 3 kraner med løftekapasitet på 30 tonn, 20 tonn og 10 tonn. Pris på kraner er den store usikkerheten. [-5%;0%;20%] - Spennplate: Posten inkluderer en spennplate med 1 MN punktkapasitet (60 x 60 cm modul), Anslagsvis 120 t, vibrasjonsisolert. Der de store testriggene settes opp for å forhindre skader i golv – tar opp vibrasjoner fra rigg. Har estimert anskaffelseskostnaden. [-10%;0%;20%] - H2S-lab: Posten inkluderer 2 ekstra rigger i eget rom med avtrekk og alarm. Vil øke kapasitet med 100% i forhold til i dag. Usikkert om H2S lab kan føre til nye/andre bygningsmessige krav. Laboratoriet krever en del måleutstyr og det ligger inne i denne kostnadsposten. Det er også usikkerhet i pris fra leverandør. [-5%;0%;15%] - Småskalatesting: Posten inkluderer 2, 5, 10 tonn sylinder med ramme og tilbehør. Vil øke kapasitet med 50% i forhold til i dag. Pris fra leverandør usikker [-5%;0%;15%] - Diverse: Posten inkluderer lager kjeller og løfteutstyr kjeller [-10%;0%;20%] (Verksted inngår i fellesverksted. Kontorer inngår i kontorer).									
Tripplestimat	GK	p10	mode	p90	E					
Bygg	120	90	140	195	140					
Utstyr	235	230	245	265	250					
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Ja	Ja	

1.4.3 Energi og maskineriteknikk

Navn	8.1 Renovering av Energi- og maskinerilaboratoriet									
Beskrivelse	Bygg: Renovering av 2000m2 av bygningsmassen i tunglabben (MTS bygg 2). Formålet er å ta igjen vedlikeholdsetterslep, spesielt viktig for Energi- og maskinerilaboratoriet er at laboratoriets utfordringer mht. omgivelsesstøy og effektiv ventilasjon avhjelpes og at det sikres at infrastruktur ved gassanlegg, gassdeteksjonssystem, kjelanlegg og oljebehandlingsanlegg fungerer tilfredsstillende iht. dagens HMS-krav. Enhetskostnad og usikkerhet i enhetskostnad lik som for post <i>10.1 Renovering av Marinteknisk senter</i>. GK 19888 kr/m2 BTA med en usikkerhet på [0%;20%;200%] Utstyr: Grunnkalkylen er lik mode. Ved estimering av grunnkalkylen har man tatt høyde for noe usikkerhet – denne usikkerheten representerer det som man tror kommer til å komme av ekstra kostnader. Usikkerheten i estimatet for utstyr i Energi- og maskinerilaboratoriet er knyttet til pris på komponenter samt det arbeid som må til for å få alt på plass og fungere. Omtrent 60 % av kostnadene i grunnkalkylen er knyttet til anskaffelse av komponenter og 40% til arbeid. Selv om anskaffelseskostnaden er en større andel av totalen så er usikkerheten større i arbeidskostnaden. Arbeidskostnadene vil omfatte arbeidet med å sette opp komponenter, oppgradering av annen infrastruktur og de å få alt til å fungere sammen i laboratoriet. Usikkerheten er knyttet til mengde arbeid og i hvor stor grad det er mulig å basere seg på eksisterende systemer, f.eks. i hvilken grad det er mulig å bygge på eksisterende kontrollsystem (det kan være enkelte interface som må gjøres helt om på). Usikkerhet i komponentkostnader er knyttet til pris på komponenter. Usikkerheten er større for de komponenter hvor det var lenge siden MARINTEK var ute i markedet.									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Bygg	40		37		45		75		54	
Utstyr	12		10		11		14		12	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	

Navn	8.2 Riving av Energi- og maskinerilaboratoriet									
Beskrivelse	Riving: Konstruksjonslaboratoriet ligger i en bygning sammen med energi- og maskinerilaboratoriet, kontor og undervisningsareal. Rivningskostnaden for dette bygget er delt opp i: - MTS Tunglab - MTS Kontorbygg 2 (se post 10.2 Riving av Marinteknisk senter) For beregning av rivningskostnad så antas 50% av MTS Tunglab høre til Kontruksjonslaboratoriet og 50% Energi og maskinerilaboratoriet. Rivingskostnaden for Konstruksjonslabben inkluderer således halve kostnaden av: - MTS Tunglab (MTS, Tunglab: Konstruksjonslab, 1-2 etasjer, høy bygning som 3-4 et. Solide betongkonstruksjoner i kjeller) - o Bygg 3 - "3" etasjer og kjeller (Konstruksjonslab), Tak inkl vegger i 2.et, Dekke i 2.et inkl vegger i 1.et. Netto, Dekke i 1.et (o/kjeller), Kjellervegger, gulv på grunn og fundament - Bygg ved Konstruksjonslab, høyde som Konstr.lab Usikkerhet inkluderer: Det vil ikke være mulig å rive bare enten Energi- og maskinerilaboratoriet eller Konstruksjonslaboratoriet eller Kontorbygg 2. Bygningen rives derfor kun når både nytt Konstruksjonslaboratorium, nytt Energi- og maskinerilaboratorium og nye kontor og undervisningsareal bygges.									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Riving	6		6		6		9		7	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	

Navn	8.3 Nytt Energi- og maskinerilaboratorium								
Beskrivelse	Nytt bygg: GK areal 1905 m2 BTA med en usikkerhet på [-10%;0%;10%]. GK enhetskostnad 23 958 kr/m2 BTA, på nivå med kontorbygg nybyggsspris /D22/, med en usikkerhet på [-20%;0%;20%]. Den lave enhetskostnaden skyldes antagelse om at del av laboratoriespesifikk infrastruktur er inkludert i form av kostnadsposten generell infrastruktur under utstyr, ved inkludering av denne posten fås enhetskostnad med mode på 31 832 kr/m2 BTA. Utstyr: Usikkerhet estimeres for de ulike delene av energi- og maskinerilaboratoriet. For alle poster nedenfor så er grunnkalkylen lik mode og P90 tar høyde for uteglemte elementer. - I fremdriftslaboratoriet er det flere investeringer i tungt utstyr som er kostbart (f.eks. 3st energiomvandelere, kraftelektronikk, hybrid power lab og prøvestand for heavy duty high speed). Usikkerheten i denne posten er dermed mest knyttet til anskaffelseskostnader. MARINTEK kjøper ikke nødvendigvis til markedspris men kostpris fordi leverandøren av utstyret ønsker å ha sitt utstyr i laboratoriet. Det er et sammensatt system – en kombinasjon av marked og kostpris. I mode ligger det inne at man kan få en motor fra en motorleverandør og at kostnaden kun blir den for å få satt opp motoren i laboratoriet. At dette fås til er avhengig vem man får med på laget da mekanismene er avhengig policyen til selskapet. Det er også avhengig og at det ikke skjer noen endringer i regelverket som gjør at dette ikke er tillatt. - I prosesslaboratoriet skal det investeres i en ny fleksibel forsøksmotor, gjennomføres oppgradering av eksisterende forsøksmotor (VX-28) og eksisterende konstant volum forbrenningsrigg. Det vil også være behov for nyinvestering i spesiell infrastruktur (kraftsystem, lufttilførsel etc.). Usikkerheten i kostnadsposten er en kombinasjon av anskaffelseskostnad og arbeidsinnsats. For fremdriftslaboratoriet så er markedspris mer styrende en kostpris. - Investeringen i generell infrastruktur omhandler felles hjelpesystemer (lagring av gasser, lufttilførsel, kontrollsystem etc). Det er også store kostnader forbundet med elkraft-systemer da det vil være behov for å «pumpe» ut store mengder energi ut av labben. For generell infrastruktur så er andelen arbeidskostnader større enn for øvrige poster, omtrent 50% arbeid og 50% anskaffelse. Usikkerhet er fremst knyttet til mengde arbeid. - For Clean room så er usikkerheten fremst knyttet til omfang. Dette er en helt ny kapasitet for MARINTEK og det er i kostnadsestimatet tatt høyde for mer enn hva det er behov for akkurat nå. Legger derfor inn enn venstreskjev fordeling hvor kostnaden kan gå ned 30% lavere og opp 10%. - Det generelt fleksible laboratoriet er et areal med basis utrustning (generelt utrustet med trykklyft, tilgang til gasser, håndtering av kjemikalier, tilgang på drivstoff, tilkoblingsmuligheter etc.) hvor man kan ta inn forskjellige typer komponenter. Tanken er at dette laboratoriet skal øke fleksibiliteten og muliggjøre forsøk som en i dag ikke helt vet hva er. Usikkerheten i estimatet er knyttet til priser på komponenter og mengde arbeid for å få på plass basis utstyr. - Investeringen i kontrollrom omhandler HMI (Human Machine Interface), infrastruktur for IKT (samle og lagre store datasett fra alle prøvestand, ikke heller bare internt), dataskjermer, operatørstasjon med mere. I dag finnes et enkelt kontrollrom og dette er ny teknologi for MARINTEKs del. Det ligger ikke inne IKT-utviklingskostnader i estimatet - både Hardware og Software skal kjøpes i markedet. Usikkerheten er knyttet til hvilken pris en får på hardware og software i markedet - For feltnmålinger er det inkludert en nyinvestering for måling av assosierte utslipp til VOC samt oppgradering av instrumentering til eksisterende utstyr. Usikkerheten er i stor grad knyttet til anskaffelseskostnad for instrumentering. Anskaffelseskostnaden for instrumentering er i stor grad knyttet til markedspriser. MARINTEK har god innsikt i markedspriser for instrumentering og er i stort sett i markedet annen hvert år.								
Trippleestimat	GK	p10	mode	p90	E				
Bygg	46	36	45	56	46				
Utstyr	100	95	105	115	105				
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja

1.4.4 Forskning- og undervisningslaboratorier

Navn	9.1.2, 9.1.4 Renovering av studentlaboratorier (hydrodynamiske)								
Beskrivelse	Bygg: Inkludert i renoveringskostnad for andre bygninger. Utstyr: Fornyng av utstyr i dagens forsknings- og undervisningslaboratorier: - MCLab: OQUS Posisjonsmåleutstyr og Undervannsposisjonsmåleutstyr, QunatumX Datainnsamlingsutstyr, Div. styresystemer NI, Div. sensorer og måleutrustning, Cybership (2,3, Enterprice 1, Drillship), PC 5 stk, Slepevogn, Tannstang/skinner, Tilhenger, Bølgemaskin, Strand/bølgebryter, DHI Bølgemåleutstyr, Strømanlegg med rørgate, Fotoutstyr, Datanettverk - Lilletanken: Bølgemaskin, Slepevogn (Tannstang/skinner, Energikjede), Datainnsampling MGC+, DHI Bølgemåleutstyr, PC 3 stk, Sensorer/testutstyr, NI CompactRIO styreenhet, Strand/bølgebryter, inklusive klargjøring og idriftsettelse. - Bølgetank/laserlab: Bølgemaskin, Strand/bølgebryter, Slepevogn (Tannstang/skinner, Energikjede), Vertikal Oscillator (Ledeskrue/skinner), Datainnsampling MGC+, NI CompactRIO styreenhet, PC 3 stk, inklusive klargjøring og idriftsettelse. - CWT: CWT komplett, Datainnsampling QuantumX, NI CompactRIO styreenhet, Diverse sensorer, PC 4 stk, Laser Hastighetsmåler, Foil Rigg. - Annet utstyr: PIV måleutstyr Usikkerheten er estimert til [-20%;0%;200%] for hvert delelement. Re-etablering av studentlaboratorier ved riving av bygg inkludert for H1, H2, H3 og H4. Fører til en økning på omtrent MNOK 17 for disse alternativene (MNOK 8,5 for H2).								
Tripplestimat	GK	p10			mode		p90		E
Reetablering	15	12			15		23		17
Utstyr	25	27			32		42		34
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei

Navn	9.1.3 Renovering av studentlaboratorier (m-lab & k-lab)								
Beskrivelse	Bygg: Inkludert i renoveringskostnad for Konstruksjonslaboratoriet og Energi- og Maskinerilaboratoriet. Utstyr: Fornying av utstyr i dagens forsknings- og undervisningslaboratorier innen konstruksjonsteknikk og maskineri- og energiteknikk: - HLAB: Dieselmotor/Genset, Lastbremses, Instrumentering, Infrastruktur /vann/eksos/fuel andel 1, Convertere/el. System, Elmotoor / motordrift, Batteripakke, PC-er / skjermer etc, Emisjonsinstrumentering, Marintek leid/emisjonsutstyr - Student-motorlabb: Scania motor, Brems, Rigg/infrastruktur, Instrumentering/vann/eksos andel 2, Software, Instrumentering emisjoner, PC-er/skjermer - Mekanisk lab: Hardware (ulike installasjoner), Software, Instrumentering - Termolabber: Pumplab, Varmevekslerlab, Instrumenteiring, PC-er etc, Diverse labber - Combustion rig: Bomb w/windows + sensorer trykk/temp, Gas/diesel fuel system, Injection systems, High speed camera, Software, Infrastructure, PC-er, Instrumentering Usikkerheten er estimert til [-20%;0%;200%] for hvert delelement.								
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E
Utstyr	27		25		30		50		36
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei

Navn	9.2 Nytt forsknings og undervisningslaboratoriebygg (ekskl. m-lab og k-lab)								
Beskrivelse	Bygg: <i>Areal:</i> Behov er estimert per element – det kan være mulig å effektivisere ved detaljering slik at en trenger mindre arealer. Det har vært lite fokus på hvordan en kan løse smålaboratoriene. Fusjon med Ålesund – kan føre til endringer i løsningen grunnet nye behov. Har kommet lenger på løsningene hva gjelder de store bassengene. [-10%;0%;20%] <i>Enhetskostnad:</i> Basert på beregninger fra Reinertsen. Det er sannsynlig at det blir ca. 10% økning i form av uteglemte ting. I øvrig er det en stor del usikkerhet i hvilket marked en går ut ved tidspunkt for anskaffelsen. Ligger over vanlig kvm priser for undervisningsbygg. Det er fornuftig grunnet følgende fordyrende faktorer: vann innebærer tunge laster, høyt i tak, utfordringer knyttet til inneklima grunnet all fukt (dyrere ventilasjon). I tillegg kan ikke ordinære priser på elektro kan brukes (tror dette er inkludert i Reinertsens kalkyle).Høy kvalitet på betongen er også viktig. Usikkerhetsestimat: [-20%;+10%;+20%] Utstyr: - Liten havlab (Bølgemaskiner, Vindgenerering, Slepovogn, Målesystem, annet utstyr stor slepetank): Postene 9.2.2.1.1 til 9.2.2.1.5 gjelder utstyr til liten havlab (benevnt «lite havromslaboratorium med studentfasiliteter» i dokumentet «Notat - Vurdering av NTNUs behov ved Ocean Space Centre i lys av D-Flex alternativet med forslag til alternativ modell». Kostnadsestimatet er bygget opp på enkelt vis, kan ses som et grovt kostnadsestimat. Det er f.eks. ikke avklart hvilken funksjon bølgemaskinen skal ha noe som fører til betydelig usikkerhet knyttet til omfang. For liten havlab er kalkylen basert på kalkylene for de større laboratoriene og usikkerheten her bør dermed være lavere enn for utstyret i smålabarealet. Det er også et mindre fleksibelt budsjett sammenlignet med smålabarealet. [-20%; 0%; 30%] - Smålabareal (Utstyr lang bølgerenne, Utstyr "små bølgerenner", Utstyr sirkulært bølgebasseng, Utstyr skvalperigger, Utstyr liten slepetank, Utstyr liten vakuum-slepetank, Utstyr liten vakuum-slepetank): Kostnadsestimatet er bygget opp på enkelt vis, kan ses som et grovt kostnadsestimat. Stor usikkerhet grunnet lite definert hva som skal inkluderes. Samtidig har en fleksibilitet i hva som skal inkluderes og en mulighet til å tilpasse seg til budsjettet. En symmetrisk usikkerhetsfordeling antas [-30%; 0%; 30%] - Annet utstyr: Ikke prosjektert i detalj men mindre usikkert enn smålabareal. Høyhastighets video, PIV hastighetsmålesystem, et lite utvalg LDV-prober. Stort fleksibelt areal – kanskje ikke skal være helt åpent hele tiden, derfor ønsker en å ha mulighet til å avskjerme. Kan være enkle skillevegger til automatiske heis senk vegger. Delvis mulig å tilpasse seg budsjettet [-20%; 0%; 20%]								
Trippleestimat	GK	p10			mode		p90		E
Bygg	365	300			355		460		380
Utstyr	150	130			155		185		155
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja

Navn	9.3 Nytt m-lab & k-lab NTNU									
Beskrivelse	Bygg: Behov er estimert per element – det kan være mulig å effektivisere ved detaljering slik at en trenger mindre arealer. Det har vært lite fokus på hvordan en kan løse smålaboratoriene. Fusjon med Ålesund – kan føre til endringer i løsningen grunnet nye behov. Har kommet lenger på løsningene hva gjelder de store bassengene. [-10%;0%;20%] Utstyr: Utstyr til Maskineri- og energilaboratorium, Utstyr til K-lab. Usikkerhet: Det samme som for smålabarealet. Ikke prosjektert i tilstrekkelig detalj for å kunne gi et godt kostnadsestimat. [-30%; 0%; 30%]									
Trippleestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Bygg	100		80		95		125		105	
Utstyr	25		20		25		30		25	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	

1.4.5 Støttefunksjoner

Navn	10.1 Renovering av Marinteknisk senter (universitets- og kontorarealdel)								
Beskrivelse	Bygg: Marinteknisk senter omfatter bygningsmasse med auditorium, lagerrom, flere kontorer og tunglabben (k-lab og m-lab). Denne posten inkluderer universitets- og kontorarealbygget av Marinteknisk senter. Kostnadsestimatet bygger på tilstandsregistrering av bygningen utført i 2012. Erfaringer fra tilstandsregistreringer for andre bygg viser at kostnadsestimatet er alt for lavt. Både kostnader og omfang er erfaringsmessig større, det kan være tal om opp til 2-3 ganger så høye kostnader. Grunnen til at det blir en slik kostnadsøkning er at tilstandsregistreringene fokuserer på detaljer og da mister man de bygningsmessige konsekvensene. Til eksempel, ved tiltak for å forbedre ventilasjonen så kreves ofte store inngrep i selve rommene. Siden tilstandsregistreringen er gjort i 2012 kan det ha skjedd mye med bygningen som kostnadsestimatet ikke fanger opp. Det er risiko for skjulte HMS-mangler. Oppgraderingen med avseende på å forbedre HMS i motorlabben var f.eks. ikke med i tilstandsvurderingene (ble oppdaget ved en befaring). Det har skjedd noen forbedringer siden 2012, f.eks. nytt ventilasjonsanlegg i tunglabben (ca. 20 MNOK) og noen mindre tiltak som skifte av enkelte vinduer. Har vært nedprioritert i vente på OSC. Bygg 1: areal 14 378 m2 Bygg 2: areal 5 510 m2 hvorav 2 910 m2 inkludert i denne post (600 m2 i post 7.1 og 2000 m2 i post 8.1) GK for enhetskostnad 19 888 kr/m2 BTA med en usikkerhet på [0%; 20%; 200%] Bygg 2 kan ikke rives hvis ikke K-lab og M-lab etableres i nytt bygg. Det er derfor inkludert renoveringskostnader for bygg 2 også i de alternativer hvor nye kontor og nytt universitetsbygg bygges.								
Trippleestimat	GK		p10		mode		p90		E
Bygg 1	285		270		325		540		390
Bygg 2	60		55		65		110		80
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
Bygg 1	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei
Bygg 2	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei

Navn	10.2 Riving av Marinteknisk senter (universitets- og kontorarealdel)								
Beskrivelse	Universitets- og kontorarealdelen i Marinteknisk senter er fremst lokalisert i to bygg: - MTS Kontorbygg 1 (MTS Bygg 1: Kontor, auditorium) og Mellombygg (Mellombygg: Vindfang, entre, trapper, resepsjon - Mye stål og glass) - MTS Kontorbygg 2 (MTS Bygg 2: Kontor, auditorium) MTS Kontorbygg 2 ligger i samme bygning som MTS Tunglab (se post 7.2 og 8.2) og vil kun kunne rives i de alternativer hvor tunglabben rives. Rivingskostnadene ble estimert i forbindelse med KVVU og det er relativt stor usikkerhet forbundet med dem. Usikkerhet i GK er anslått til [-20%;0%;20%] for riving av henholdsvis bygg 1 og bygg 2.								
Trippleestimat	GK		p10		mode		p90		E
Riving bygg 1	15		12		15		18		15
Riving bygg 2	22		18		22		27		22
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
Bygg 1	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja
Bygg 2	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja

Navn	10.3 Nytt Universitetsbygg								
Beskrivelse	Areal: Usikkerhet i vekst i antall studenter. Det ligger inne 8038 m2 for Studentareal ekskl. forsknings- og undervisningslaboratorier, 5 543 m2 for kontor- og støttearealer NTNU og 1033 m2 for bibliotek. Besøkssenter/informasjonscenter ble tatt ut. Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) har kommet med nye krav til areal for kontor, hvilket fører til at det er mulig med ca ~2 m2 mindre per kontor, fører til reduksjon i areal på ca. 10%. Usikkerhet knyttet til hvordan lokalene bør utformes - Studentene kanskje jobber annerledes om 10 år enn i dag hvilket i sin tur kan føre til behov for andre typer av rom/areal. Usikkerhet +/- 1000 m2 – det motsvarer ca. 7% [-7%;0%;7%] Enhetskostnad: Nye undervisningsformer – når du presser ned arealet så kan det føre til høyere kvadratmeterpris. Det er derfor en mulig korrelasjon mellom BTA og kvadratmeterpris. Må tenke effektivitet også i kvm (kloke kvadratmeter). Ligger om lag på nivå med Statsbyggs gjennomsnitt for nybygg av høyskole og universitetsbygg (32 100 kr/m2 BTA). Legger inn en usikkerhet på +/- 15 %. [-15%;0%;15%]								
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E
Bygg	470		395		460		550		470
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja

Navn	10.4 Nye kontor Marintek								
Beskrivelse	Areal: I KVUen låg det til grunn en 10% vekst i antall ansatte (det er grunnlaget for estimert areal i grunnkalkylen). I gevinstrealiseringsplanen er det antatt en høyere vekst i antall ansatte. Det er usikkerhet i antall ansatte samt om det skal være landskapskontor eller cellekontor. Forventet vekst i antall ansatte vil estimeres for hvert av alternativene. Basert på det vil et forventet kontorarealbehov for hvert alternativ beregnes. Imens benyttes estimat fra KVU med usikkerhet +/-30%. Landskap, 35 plasser (a 10.5m2 NPA), 607 m2 Cellekontor, 187 stk (a 16.4m2 NPA), 5061 m2 Enhetspris: Gjennomsnittlig enhetspris på nybygg av kontorbygg er ca. 21 000 NOK/m2 BTA (2015-kr) i følge Norsk Prisbok /D062/. Kontorbygg uten kjeller ligger på ca. 33 400 kr/BTA (2016-01-kr) og kontorbygg passivhus på ca. 34 000 kr/BTA. Antar -20% på p10, og enhetspris for kontorbygg uten kjeller som p90. Usikkerhet knyttet til det å høye standarden til passivhus tas hensyn til gjennom usikkerhetsfaktor.								
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E
Bygg	120		90		125		200		140
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja

Navn	11.1 Renovering av verksted og lager								
Beskrivelse	Bygg: Inkludert i renovering av andre bygg Utstyr: Estimater er basert på anslag i forbindelse med KVU og prisjustert. Det foreligger ingen detaljerte estimater, det er anslått en rundsum. Estimater inkluderer diverse verkstedutrustning for å tilrettelegge for 40 års drift, det innebærer utskifting av utstyr som anses å ha oppnådd forventet levetid tidlig i perioden [-5%;0%;25%]								
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E
Utstyr	22		21		22		27		24
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Ja	Ja	Nei	Nei	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei

Navn	11.2 Riving av verksted og lager									
Beskrivelse	Verkstedene i tilknytning til laboratoriene i dagens Marinteknisk Senter er geografisk spredt. Denne posten inkluderer derfor kun riving av Skrogfreseverksted og Sveiseverksted. Riving av andre verksted og lager er inkludert i rivingskost av andre bygg. Skrogfreseverkstedet og Sveiseverkstedet ligger i en bygning hvor det også er kontor, tilfluktnrom og trappesjakt – kostnader for riving av disse delene er også inkludert i rivingskostnaden. Kostnadsposten inkluderer også riving av <i>Frittstående bygning - Lager/freseverksted/lakkeringsboks (800m2)</i> .									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Riving	6		5		6		7		6	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	

Navn	11.3 Felles verksted MARINTEK									
Beskrivelse	Bygg: Areal:I forbindelse med KVV ble det anslått 5000 m2 totalt for fellesverksted og riggingsareal. (NTNUS verksted kommer i tillegg) BTA 4000 m2: Fellesverksted for å dekke verkstedstjenestebehovet i de ulike labbene. Dette er areal for HMS godkjente ansatte og ikke studenter. Bakgrunnen for estimert areal er en sjekk av størrelse på verksteder i dag samt et anslag på hva som ville vært hensiktsmessig areal for et fellesverksted. Samlet areal for dagens verksted er 2372 m2, i tillegg er der 819 m2 monteringsareal integrert med verkstedene – samlet verksted og monteringsareal er 2785 m2. BTA 1000 m2: Riggingsareal er areal hvor det er mulig å håndtere en modell og gjøre denne klar for testing i laboratoriet. Det meste av riggingsareal vil være lokalisert i tilknytning til de enkelte laboratorier (ca 800m2), men det er også nødvendig at noe riggingsareal er plassert i tett tilknytning til fellesverkstedet (ca 200 m2) for tidlig utrustning av modellene. Behovet for lokalt riggingsareal vil variere noe for de ulike laboratoriene (Havbasseng 300m2, Sjøgangsbasseng 300m2, Kavitasjonslaboratorium 50 m2, Konstruksjonslaboratoriet 100 m2, Energi- og maskinerilab 50m2) Det er større usikkerhet i utstyr enn i areal, antar symmetrisk usikkerhet +/-10%. [-10%;0%;10%] Enhetspris: Enhetsprisen er høyere enn for et lagerbygg grunnet behov for bedre lys, ventilasjon og kraftigere dimensjonert på elektrisk anlegg enn til et lagerbygg. Risikoen for at det blir dyrere per kvadratmeter er større enn at det blir lavere, legger en usikkerhet på -15% og +25%. P10 representerer da omtrent høy enhetspris for et lagerbygg. [-15%;0%;25%] Utstyr: Estimater er basert på anslag i forbindelse med KVV og er prisjustert. Det foreligger ingen detaljerte estimater, det er anslått en rundsum. Det mulig å flytte over noe av utstyret i dagens verksteder, men en god del er gammelt. Noe vil følgelig være mulig å flytte over, men det er ikke blitt spesifisert hva. Siden estimatet ble laget så har det skjedd en stor utvikling innen f.eks. laserprinterteknologi etc. Det er ønskelig med en investering i en 3D-printer, koster 5-6 MNOK i dag. Ved å få en mer moderne modellfremstilling kan det være mulig å øke produktiviteten (ligger til grunn i gevinstrealiseringsplanen). Hva legger vi inn av utstyr i det nye fellesverkstedet?: 32 MNOK høres lite ut da 2 nye kraner og 3D-printing vil koste rundt MNOK 14. Anslår istedenfor MNOK 50 for et helt nytt verksted med en usikkerhet på -10%/20% [-10%;0%;20%]. Fellesverkstedet vil utrustes med diverse numerisk styrt verktøymaskiner for mekanisk bearbeiding av komponenter/modeller, 3D-printer, ulike typer sveiseutstyr, snekkerimaskiner, diverse instrumenter og utstyr i elektronikkverksted									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Bygg	115		95		110		145		120	
Utstyr	50		45		50		60		52	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	

Navn	11.4 Felles verksted NTNU								
Beskrivelse	Bygg: <i>Areal:</i> Alle NTNUs verksteder samles et sted, 688 m2. Grunnen for dette er at en ønsker å se mer samlet på verkstedfunksjonene for å få bedre utnyttelse. Det er ingen grunn til å si at estimert areal vil komme å bli større eller mindre - antar derfor symmetrisk usikkerhet. [-10%;0%;10%] <i>Enhetskostnad:</i> Hva er grunnen til den høye kvadratmeterprisen i grunnkalkylen? Hva er fordyrende elementer? (f.eks. lager med høy normal standard ligger nærmere 20 000 kr/BTA) Svar: Det er mulig satsen er feil, men det er naturligvis behov for bedre lys og ventilasjon og kraftigere dimensjonert elektrisk anlegg enn til et lagerbygg. [-35%;0%;10%] Utstyr: GK MNOK 8 /D06/ med en usikkerhet på [-20%;0%;20%]								
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E
Bygg	19		16		19		24		20
Utstyr	8		6		8		10		8
Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja

Navn	11.5 Lager MARINTEK									
Beskrivelse	Areal: Marintek har i dag lager på tre forskjellige steder; et eksterntlager (ca. 1 mil utenfor byen); et lite lager på Tyholt og et lager nede ved havnen. I dag lagres gamle modeller og utstyr. Det er en vurdering hvor mye man vil å lagre og derfor er det lite usikkerhet i arealbehov. [-10%;0%;10%] Hydrodynamiske laboratorier: 2200 m2 hvorav 1800 m2 eksternt og 400 m2 i Marinteknisk Senter M-lab/K-lab: 872 m2 internt i Marinteknisk Senter ("Tunglaboratoriet") Enhetspris: Gjennomsnittlig enhetspris for lager er i følge Norsk Prisbok er 13470 kr/BTA 2013-01-kr for lagerbygg lav og 17037 kr/BTA, 2013-02-kr for lagerbygg høy. Disse referansetallene benyttes for å sette p10 og p90. [-19%;0%;12%]									
Tripplestimat	GK		p10		mode		p90		E	
Bygg	16		13		15		18		16	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	

Navn	11.6 Lager NTNU									
Beskrivelse	Laboratorielager: 2000 m2 – lagerareal er viktig for det fleksible labarealet. Lager kan plasseres i kjeller i det foreslåtte Forsknings- og undervisningslaboratoriebygget. Kjelleren vil behøves for noen av installasjonene i hovedetasjen, men det vil likevel være ca. 2 500 m2 udisponert areal som kan brukes til lager [-10%;0%;10%] Lageret kan ligge i kjeller til Forsknings- og undervisningslaboratoriebygget. Det er antatt at dette ikke vil medføre noen merkostnader. Kontorlager: Lager for kontor og undervisningsbygget vil legges i kjeller-areale til nytt universitetsbygg. Arealet på 1179 m2 antas inkludert i arealet for lett universitetsbygg. (BTA=NPA*1,25. NTNUs behov for lager er estimert til 943 m2 NPA i 2030) Lager for kontor- og undervisningsbygget, som basert på nøkkeltall er anslått til 943 kvm, etableres i kjeller til kontor- og undervisningsbygget. Arealene antas inkludert i areal for lett universitetsbygg.									
Tripplestimat	GK		p10		Mode		p90		E	
Bygg	0		0		0		0		0	
Utstyr	0		0		0		0		0	
Fordeling	PertAlt									
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex	
	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	

1.4.6 Andre verktøy

Navn	12 Hybrid testing										
Beskrivelse	I alle alternativ med hybrid testing inkluderes en investering i forskning om hybrid testing på MNOK 200, usikkerhet [-30%;0%; 30%]. I tillegg kommer investering i utstyr for hybrid testing for de ulike alternativene. Hva som inngår i respektive alternativ avhenger av hvilke laboratorier som finnes. GK per laboratorium er MNOK 10, med en usikkerhet på +/- 3 MNOK. Tabellen nedenfor viser hvilke laboratorier en tilsvarende kostnad ligger inne for i de ulike alternativene.										
	12	Hybrid testing	R1	R2	H1	H2	H3	K1	E1	Ads kilte	D-flex
	12.1 eller 12.4	Hybrid testing Investering i forskning	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	12.2	Hybrid testing: Havbasseng	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	12.3	Hybrid testing: Slepetank	0	1	0	1	1	1	1	0	0
	12.5	Hybrid testing: Sjøgangsbasseng	0	0	1	0	0	0	0	1	1
	12.6	Hybrid testing: Dypvannsbasseng	0	0	0	1	0	0	0	1	1

Tripplestimat	GK	p10	Mode	p90	E
Investering i forskning	200	140	200	260	200
Utstyrskostnad per lab	10	7	10	13	10

Fordeling	PertAlt								
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

Navn	13 Fullskala testing/måling																																																																												
Beskrivelse	Investering i instrumentering og målesystemer for måling i felt. Investeringen innebærer i stort sett duplisering av utstyr i laboratoriene. Hva som inngår i respektive alternativ avhenger av hvilke laboratorier som finnes. GK per laboratorium er MNOK 4, med en usikkerhet på +/- 1 MNOK. Tabellen nedenfor viser hvilke laboratorier en tilsvarende kostnad ligger inne for i de ulike alternativene.																																																																												
	<table><tr><th>13</th><th>Fullskalamåling</th><th>R1</th><th>R2</th><th>H1</th><th>H2</th><th>H3</th><th>K1</th><th>E1</th><th>Ads kilte</th><th>D-flex</th></tr><tr><td>13.1</td><td>Fullskala testing: Havbassenget</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>13.2</td><td>Fullskala testing: Slepetanken & kavitasjon</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>13.3</td><td>Fullskala testing: Sjøgangsbassenget & kavitasjon</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>13.4</td><td>Fullskala testing: Dypvannsbassenget</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>13.5</td><td>Fullskala testing: Energi- og maskinerilaboratoriet</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>											13	Fullskalamåling	R1	R2	H1	H2	H3	K1	E1	Ads kilte	D-flex	13.1	Fullskala testing: Havbassenget	0	1	1	1	1	1	1	1	1	13.2	Fullskala testing: Slepetanken & kavitasjon	0	1	0	1	1	1	1	0	0	13.3	Fullskala testing: Sjøgangsbassenget & kavitasjon	0	0	1	0	0	0	0	1	1	13.4	Fullskala testing: Dypvannsbassenget	0	0	0	1	0	0	0	1	1	13.5	Fullskala testing: Energi- og maskinerilaboratoriet	0	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Fullskalamåling	R1	R2	H1	H2	H3	K1	E1	Ads kilte	D-flex																																																																			
13.1	Fullskala testing: Havbassenget	0	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																			
13.2	Fullskala testing: Slepetanken & kavitasjon	0	1	0	1	1	1	1	0	0																																																																			
13.3	Fullskala testing: Sjøgangsbassenget & kavitasjon	0	0	1	0	0	0	0	1	1																																																																			
13.4	Fullskala testing: Dypvannsbassenget	0	0	0	1	0	0	0	1	1																																																																			
13.5	Fullskala testing: Energi- og maskinerilaboratoriet	0	1	1	1	1	1	1	1	1																																																																			
Tripplestimat	GK	p10			mode			p90			E																																																																		
Utstyrskostnad per lab	4	3			4			7			4																																																																		
Fordeling	PertAlt																																																																												
Inkludert i alternativ	R0	R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex																																																																				
	Nei	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja																																																																			

1.5 Usikkerhetsfaktorer og hendelser

1.5.1 Usikkerhetsfaktorer

Til forskjell fra estimatusikkerheten skal usikkerhetsfaktorene fange opp usikkerheten i kontekstuelle forhold og endringer av forutsetningene som ligger til grunn for kostnadsestimatene.

Det er definert 7 usikkerhetsfaktorer:

- U1. Planlegging og gjennomføring (inkl. U1.2 Planlegging og gjennomføring (renoveringskostnader))
- U2. Markedssituasjon
- U3. Endrede krav, lover og regler
- U4. Modellusikkerhet/Modenhhet i grunnlaget
- U5. Prosjektorganisasjon
- U6. Grunnforhold (påvirker kun nybygg)
- U7. Godkjenningprosesser

De beskrives nærmere i det følgende.

U1 Planlegging og gjennomføring

Planlegging og gjennomføring av prosjekter for rehabilitering av eldre bygninger er spesielt krevende. Dette gjelder spesielt for å lage gode beskrivelse av arbeidet som skal gjennomføres gjennomprosjekteringen. Dekkende og presise kontrakter og arbeidsgrunnlag vil bidra til å løse eventuelle uklare ansvarsforhold eller konflikter mellom byggherre og entreprenør. Feil og mangler i konkurransegrunnlag og arbeidsunderlaget grunnet ufullstendig eller feil prosjektering eller forsinkelse i leveranse av tegninger fra prosjekterende kan medføre økte kostnader.

Faktoren er delt i to, en for planlegging og gjennomføring av nye bygninger og nytt utstyr (U1), samt en for renovering og rehabilitering av eksisterende bygningsmasse og utstyr (U1.2)

Tilstand på byggene er for byggene på Tyholt beskrevet ved tilstandsregistreringer utført i 2012 /D120/D121/D122/D1237/. Disse rapportene er ikke utarbeidet mtp. større rehabilitering av byggene, men hovedsakelig fokusert på tiltak som bør gjennomføres for å muliggjøre videre drift. Hva som er den faktiske tilstanden på bygget, blir mer avdekket ved nærmere kartlegging, eller når arbeidene med rehabilitering starter.

Begrunnelse	p10	mode	p90
U1 Det er forventet at planlegging og gjennomføring av nyinvesteringer vil kunne gjennomføres i henhold til plan. Symmetrisk usikkerhet.	-20%	0%	20%
U1.2 Planlegging og gjennomføring av prosjekter for rehabilitering av eldre bygninger er spesielt krevende	-10%	0%	20%

U2 Markedssituasjon

Faktoren skal fange opp prisutviklingen på prosjektets kostnader utover normal prisstigning i samfunnet, her representert ved konsumprisindeksen (KPI). Faktoren skal ikke ta hensyn til at prosjektorganisasjonen kan påvirke prisene ved kontraktstrategi, men kun vurdere prosjektets attraktivitet som følge av beliggenhet og størrelse (ikke påvirkbare faktorer).

Prisene i grunnkalkylen skal representere 2015-priser. Faktoren tar dermed hensyn til at anleggsprisene kan utvikle seg forskjellig fra normal prisstigning i perioden fra prisnivået ble satt i 2015 til anleggsstart/slutt (realprisvekst). Forventet anleggsstart er i analysen satt til 2020 med forventet bygning klart i 2023, KVV-gruppen forventer ikke at denne vil variere mellom alternativene. Derfor vurderes markedssituasjonsfaktoren likt for alle alternativene.

Faktoren skal også ta hensyn til usikkerhet knyttet til om markedet er i en høykonjunktur eller en lavkonjunktur ved kontrahering.

Begrunnelse	p10	mode	p90
Det er relativt lang tid til anleggsstart, usikkerheten vurderes å være symmetrisk	-15%	0%	15%

U3 Endrede krav, lover og regler

Faktoren skal ta hensyn til at prosjektets rammer knyttet til nye krav og regler kan påvirke kostnadene. Nye standardkrav kan påvirke prosjektets kostnader f.eks. ved at kvaliteten på materialer etc. øker og blir dyrere, det må brukes mer av materialer, maskiner, utstyr etc. og dessuten kan innføring av et nytt krav medføre at produktiviteten reduseres i en periode etter at kravet er innført (mer sommel og rør, både hos byggherre/organisasjon/ ledelse og hos entreprenør). Ny byggeteknisk forskrift TEK17 er planlagt innført fra 1. juli 2017. De viktigste endringene fra dagens forskrift skal være forenklinger og presiseringer i forskriftstekst og i preaksepterte ytelser.

Det vises for øvrig til Riksantikvarens vurdering mht. mulig krav om bevaring av deler av den gamle skipsmodelltanken, jfr. kapittel 2.7.1. /D002/

Hvis f.eks. MTS etter renovering skal leve opp til ny TEK15 eller TEK17 så vil det medføre betydelig økte kostnader, blant annet for å kunne leve opp til nye krav om energieffektivitet.

Begrunnelse	p10	mode	p90
Det forventes at det vil komme endrede krav, lover eller regler før byggestart/kontrahering, noe som fører til økte kostnader.	-5%	0%	10%

U4 Modellusikkerhet/Modenhet i grunnlaget

Faktoren skal ta hensyn til usikkerhet knyttet til modellens evne til å beskrive virkeligheten. Alle modeller er en forenkling av virkeligheten og kan ikke fange opp hele bildet. Det er også menneskelig å feile slik at taste og bearbeidingsfeil lett kan oppstå. Dessuten har mennesker en tendens til å underestimere kostnader (og konsekvenser).

Modellusikkerhet dreier seg om å ta hensyn til bl.a.:

- Tastefeil og bearbeidingsfeil
- Uteglemte poster/kostnadselementer
- Menneskelige «bias» (skjevheter)

Faktoren skal ta hensyn til uteglemte kostnader som følge av prosjektets detaljeringsgrad. KVVU-gruppen tar utgangspunkt i at alle alternativene har samme grad av detaljering og er like utsatt for modelleringsfeil.

Begrunnelse	p10	mode	p90
Det er sannsynlig at det er noen uteglemte poster, som fører til økte kostnader. Tastefeil og menneskelig «bias» kan ha ført til enten økte eller reduserte kostnader.	-15%	0%	20%

U5 Prosjektorganisasjon

Usikkerheten representerer kostnadskonsekvens som følge av kvaliteten på prosjektets styringssystemer, prosjektorganisasjonens stabilitet og evne til å styre prosjektet. Prosjektorganisasjonens kompetanse vil være avgjørende for å sikre god kvalitet på prosjektering, dokumentasjon og konkurransegrunnlag samt kontrakter og avtaler. Oppbyggingen av prosjektorganisasjonen, kvalitet og tilgang på bemanning og ledelse kan påvirke kostnadsbildet ved planlegging (prosjekteringsfasen) og ved gjennomføring av prosjektet i anleggsperioden.

God planlegging, styring og kontroll kan bidra til å redusere usikkerhet i prosjektet og denne faktoren påvirker derfor de andre usikkerhetsfaktorene isteden for kalkyleelementer. KVVU-gruppen har valgt å modellere den slik at den virker på andre usikkerhetsfaktorer ved at disse får en forsterket eller forminskert effekt. Det vil si at en eksepsjonelt god prosjektorganisasjon vil øke fordelene ved et godt utfall på en annen usikkerhetsfaktor med 40 % eller redusere et dårlig utfall på en annen med 40 %.

Et godt planlagt og godt gjennomført prosjekt kan påvirke kostnader i form av at det blir mindre konflikter, noe som vil redusere tidsbruk og mengdebruk både knyttet til anleggsarbeidet og byggherrekostnadene.

Begrunnelse	p10	mode	p90
Prosjektorganisasjonen kan føre til både økte og reduserte kostnader, begge anses som like sannsynlig. Symmetrisk usikkerhet.	-40%	0%	40%

U6 Grunnforhold

Nye laboratorier (og universitets- og kontorbygg) skal etableres på et område hvor det allerede ligger liknende laboratoriebygg. Det er ikke forventet store endringer i kostnader som følge av grunnforhold, det er imidlertid usikkerhet knyttet til grunnforhold da endelig lokalisering ikke enda er avklart. Det vil være usikkert hva som er de faktiske forholdene i grunnen og om det vil være behov for endrede fundamenteringskostnader.

Usikkerhetsfaktoren påvirker poster for nybyggs-, renoverings- og rivingskostnader.

Begrunnelse	p10	mode	p90
Endelig plassering uklar, usikkert hva som er de faktiske forholdene i grunnen og om det vil være behov for endrede fundamenteringskostnader.	-5%	0%	5%

U7 Godkjenningprosesser

Faktoren inkluderer usikkerhet i kostnad som godkjenningprosesser for avklaringer vedrørende for eksempel vern av bygninger og lokalisering av laboratorier kan medføre.

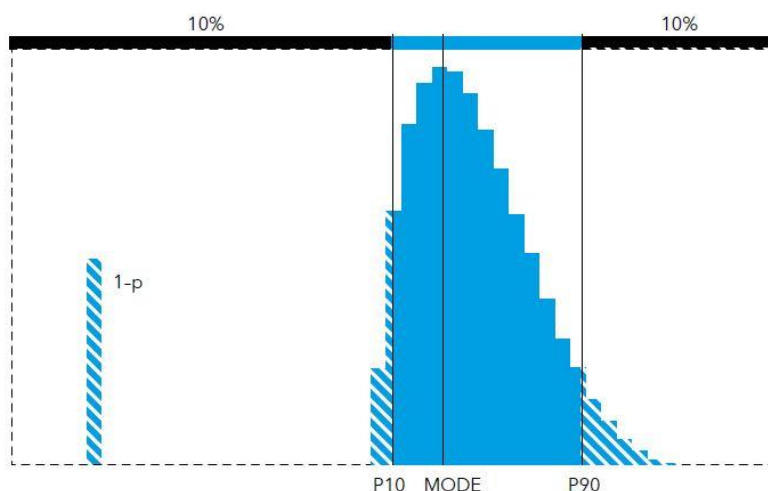
KVU-gruppen har tatt del av Kunnskapsdepartementet landsverneplan for eiendommer under departementets sektorområde (utarbeidet av Statsbygg), se D056. I denne foreslås verneklasse 2, bevaring av eksteriør/interiør av skipsmodelltanken (bygg for slepetanken).

Plan- og Bygningsetaten i Trondheim vil være myndigheten som behandler reguleringsprosessen, dersom det ikke gjennomføres statlig regulering. De vil dermed kunne være en viktig interessent med hensyn til gjennomføring av prosjektet.

Begrunnelse	p10	mode	p90
Det er ikke forventet merkostnader som følge av godkjenningprosesser men det er lagt inn en usikkerhet på +/-15% for alle alternativer som følge av at behov for godkjenninger ikke er undersøkt i detalj.	-15%	0%	15%

1.5.2 Hendelser

Hendelser er definert som binære fordelinger der hendelsen vil inntreffe med en gitt sannsynlighet. Dersom den inntreffer, er fordelingen til kostnadseffekten beskrevet med et tripplestimat. Kostnadskonsekvensen kan for eksempel beskrives med en trekantfordeling som vist i fremstillingen i Figur 4 med sannsynlighet P for at hendelsen inntreffer og en fordeling for kostnadskonsekvensen dersom dette skjer.



Figur 4 - Binær hendelse, beskrevet med en sannsynlighet P for at den inntreffer og en fordeling for kostnadskonsekvensen når den inntreffer.

Det er P % sannsynlig at kostnaden ligger innenfor pertfordelingen, og $(1-P)$ % sannsynlig at den ikke inntreffer i det hele tatt og at kostnaden blir 0.

Det er definert 3 hendelser:

- H1 Bygg av separat verksted for K-lab
- H2 Produsenter klarer ikke å levere utstyr til K-lab
- H3 Flytt av kavitasjonstunnelen mislykkes

De beskrives nærmere i det følgende.

H1 Bygg av separat verksted for K-lab

Dersom MARINTEKs fellesverksted ikke lar seg realisere på en hensiktsmessig måte for fullskalariggene i K-lab må det investeres i et eget, lokalt mekanisk og elektronikkverksted for K-lab. Innplasseringen av infrastrukturelementer i OSC for å innfri de ulike brukerbehovene vil være meget krevende gitt begrensningene som ligger i tomtearealet og det faktum at eksisterende infrastruktur skal videreføres i ulik grad. K-lab har spesielle behov fordi det er tunge løft som foretas. Transport til et fellesverksted som ikke ligger i tilknytning til K-lab kan være vanskelig. Sannsynligheten for at hendelsen oppstår er følgelig stor og estimert til 50%. Kostnadskonsekvens anslås til MNOK 15 med en usikkerhet på $[-30\%; 0; +50\%]$.

Sannsynlighet	Konsekvens	p10	mode	p90	Forventet (MNOK)
50%		10	15	22	8

H2 Produsenter klarer ikke å levere utstyr til K-lab

Hydraulikk aggregatene i dagens K-lab er gamle og det er en risiko at produsenter ikke kan levere utstyr til dem om et par år. Sannsynligheten for at det skjer er omtrent 50%. Kostnadskonsekvens er anslått til mellom MNOK 9 og 15 basert på kostnadsestimat for hydraulikk-aggregat i tiltaksalternativene.

Sannsynlighet	Konsekvens	p10	mode	p90	Forventet (MNOK)
50%		9	12	15	6

H3 Flytt av kavitasjonstunnelen mislykkes

Ved demontering av kavitasjonstunnelen så er det ikke sikkert at det vil være mulig å sette den sammen igjen. Det er derfor først behov for gjennomføring av en detaljert analyse om flytt er mulig. Hvis flytt av tunnelen til nytt bygg ikke er mulig så vil det redusere kostnaden i de alternativ hvor flytt er planlagt. Isteden vil en måtte beholde tunnelen i dagens kavitasjonstunnel bygg. Sannsynligheten er estimert til 30%. Kostnadsreduksjon er estimer til forskjellen i kostnad for flytt av tunnel pluss nytt bygg og renovering av dagens bygging med en usikkerhet på [-20%; 0%; 20%].

Sannsynlighet	Konsekvens	p10	mode	p90	Forventet (MNOK)
30%		-32	-26	-21	-8

VEDLEGG G: DRIFTSKOSTNADER

Driftskostnader for Marinteknisk senter på Tyholt kan deles inn i tre kategorier:

1. FDVU-kostnader for bygningsmassen (kap. 0)
2. FDV-kostnader for laboratorieutrustningen (kap. 0)
3. Utskiftningskostnader for utstyret i laboratoriene (kap 0)

KVU-gruppen har motatt historiske tall for kategori 1 fra NTNU og for kategori 2 fra MARINTEK. I forbindelse med definering av referansealternativet (R0) er det utarbeidet estimat for kategori 3. Tabell 1 viser en oversikt over årlige FDVU-kostnader.

Tabell 1. Oversikt over årlige FDVU kostnader, kostnad for utskiftning av utstyr representerer gjennomsnittlig årlig kostnad (MNOK, 2015-kr).

	R0 og R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
1. FDVU-bygningsmassen/år	33	50	48	53	38	35	62	59
2.FDV-labutrustning/år	21	21	26	23	21	21	28	31
3. Utskiftning av utstyr/år	8	12	13	12	13	14	22	24
<i>Total kostnad/år</i>	<i>62</i>	<i>82</i>	<i>87</i>	<i>87</i>	<i>73</i>	<i>70</i>	<i>113</i>	<i>114</i>

I dette vedlegget beskrives hver kategori nærmere med tilhørende anlåtte driftskostnader; først for FDVU-kostnader for bygningsmassen (kap. 0), deretter FDV-kostnader for laboratorieutrustningen (kap. 0) og Utskiftningskostnader for utstyret i laboratoriene (kap 0). Til sist beskrives kort sammenhengen mellom FDVU-kostnadene presentert i dette vedlegget og de i alternativanalysen, se kap. 1.4.

1.1 FDVU-kostnader for bygningsmassen

DNV GL har mottatt estimat for FDVU-kostnader for bygningsmassen fra NTNU. Estimatenes er fordelt på poster som vist i Tabell 2.

Tabell 2. Beskrivelse av innhold i kostnadsposter basert på Norsk Standard 3454:2013.

Kostnadspost	Beskrivelse
21 Skatter og avgifter	Inkluderer post 21 Skatter og avgifter i NS3454. (Omfatter: Eiendomsskatt og Feieavgift men ikke kommunale avgifter til vann og avløp og renovasjon)
22 Forsikringer	Inkluderer post 22 Forsikringer i NS3454. (Omfatter: Brannforsikring, Innbruddsforsikring og bygningsfaste maskiner og utstyr. Omfatter ikke: innboforsikring, avbruddsforsikring eller forsikring for maskiner og utstyr som benyttes av bruker/leietaker)
23 Administrasjon	Inkluderer post 23 Administrasjon i NS3454. (Omfatter: Eiendomsledelse og administrasjon. Forretningsførsel. Markedsføring. Administrasjon av leieforhold. Analyser og utredning som tilstandsanalyser, revisjoner og benchmarking. Juridisk bistand. Omfatter ikke: Detaljplanlegging av utførelse av operative aktiviteter. Prosjektering, kontrahering/bestilling og gjennomføring. Gjennomføring av sjekkrunder for internkontroll.)
31 Løpende drift inkl. utenomhus	Inkluderer postene 31 Løpende drift, 37 Utendørs, 47 Utendørs i NS3454 (Omfatter 31 Løpende drift: Lønnskostnader (inkl. sosiale kostnader) for arbeidsledere, ingeniører, vaktmester, driftsoperatører, Materiell som verktøy, arbeidstøy, etc, Rekvisita og enkle reservedeler som filter, pakninger, skruer, etc, Gartnerarbeid, Drift av tekniske anlegg. 47 Utendørs: Planlagt vedlikehold/utskifting av overflater på veier, plasser, parkeringsareal og andre installasjoner ute, Utskifting av planter/ trær)
61 Renhold	Inkluderer post 32 Renhold i NS3454. (Lønnskostnader (inkl. sosiale kostnader) for renholdspersonell, Materiell som verktøy, arbeidstøy, hansker, vaskemidler osv., Driftskostnader for maskiner, Anskaffelse av maskiner, Anskaffelseskostnad for utstyr til renhold som mopper, koster osv., Daglig/regelmessig renhold, Periodisk renhold som halvårlig rengjøring osv., Hovedrengjøring, Vindusvask, Fasadevask, Husleie for renholdssentralen)
51 Energi inkl. vannforbruk og renovasjon	Inkluderer postene 33: Energi, 34: Vann og Avløp, 35: Avfallshåndtering i NS3454. (33: Energi: Elektrisk strøm, Olje, Fjernvarme, Andre energiformer (bio-energi osv.)
32 Planlagt vedlikehold	Inkluderer post 41 Planlagt vedlikehold i NS3454. Standard NTNU sats (og holte tall). Kostnader til oppgradering og utviklingsbehov er ikke tatt med i regnestykket. (Arbeider som må utføres for å hindre forfall som følge av jevn og normal slitasje. Planlagt vedlikehold har en preventiv virkning og forebygger skader (f.eks. maling)). Standard NTNU sats (og holte tall). Kostnader til oppgradering og utviklingsbehov er ikke tatt med i regnestykket.
41 Utskiftinger	Inkluderer post 42 Utskiftinger i NS3454. (Utskiftinger av bygningsdeler og tekniske installasjoner som har kortere levetid enn selve byggverket)
77 Vakt og sikring	Inkluderer post 36 Vakt og sikring i NS3454. Marintek leverer disse tjenestene i dag. (Vakthold utenom resepsjonstjenesten i normal arbeidstid, Skallsikring av bygget og drift av adgangskontrollanlegg, Adgangskortproduksjon, kort og kamera)

Mottatt informasjon /D138/ er blitt bearbeidet slik at FDVU-kostnader for bygningsmassen for K-lab og M-lab kunne skilles ut.

Driftskostnader for Marinteknisk senter på 19 888 m2 inkluderer kontor og undervisningsarealer så vel som K-lab (600 m2 BTA) og M-lab (2000 m2 BTA). Det forventes at de to laboratorier har et høyere strømforbruk enn universitetsbygget. For å kunne skille ut laboratoriekostnadene er:

- Post 51 Energi inkl. vannforbruk og renovasjon for kontor og undervisningsdelen av MTS antatt være lik Holtes referansekostnad for denne posten for kontor på 185 kr pr. m2 BTA.
- Ved bruk av 185 kr/m2 BTA for kontor og undervisningsdelen av Marinteknisk senter bygg 1 og 2 fås en kostnad på 417 kr/m2 BTA for K-lab og M-lab.
- Med enhetskostnadene for de andre postene holdt lik som for Marinteknisk senter bygg beregnes FDVU-kostnader for bygningsmassen for K-lab og M-lab.

Side 3 av 7

Tabell 3 og Tabell 4 viser estimerte FDVU-kostnader for henholdsvis dagens og nye laboratorier og støttefunksjoner. For dagens bygninger er det estimert en usikkerhet på [-10%; 0%; 20%]. For nye bygg er det estimert en usikkerhet tilsvarende Holte's lave og høye tall for universitetsbygninger [-30%;0%;45%]. I dagens bygningsmasse er FDVU-kostnader for studentlaboratoriernes bygningsmasse inkludert i kostnad for øvrige bygninger.

Tabell 3. FDVU-kostnader bygningsmasse for dagens laboratorier og støttefunksjoner (NOK, 2015-kr).

	Areal	FDVU - kostnader bygningsmasse / m2			
	E	p10	mode	p90	E
<i>Havbassenget</i>	8 510	683	759	949	808
<i>Skipmodelltanken</i>	8 485	724	804	1 005	856
<i>Kavitasjonslaboratoriet</i>	1 790	627	697	872	742
<i>M-lab</i>	2 000	924	1 027	1 283	1 092
<i>K-lab</i>	600	924	1 027	1 283	1 092
<i>MTS kontor og undervisning bygg 1</i>	14 378	716	795	994	846
<i>MTS kontor og undervisning bygg 2</i>	2 910	716	795	994	846

Tabell 4. FDVU-kostnader bygningsmasse for nye laboratorier og støttefunksjoner (NOK, 2015-kr).

	Areal	FDVU - kostnader bygningsmasse / m2			
	E	p10	mode	p90	E
<i>Sjøgangsbasseng</i>	13 857	547	782	1 134	832
<i>Dypvannsbasseng</i>	2 755	547	782	1 134	832
<i>Flex-basseng</i>	14 830	547	782	1 134	832
<i>Nytt Kavitasjonslaboratorium</i>	1 500	488	697	1 011	742
<i>Nytt M-lab</i>	1 905	719	1 027	1 489	1 092
<i>Nytt K-lab</i>	3 620	719	1 027	1 489	1 092
<i>Nye hydrodynamiske studentlaboratorier</i>	6 151	528	754	1 093	802
<i>Nytt K-lab & M-lab studentlaboratorier</i>	1 668	719	1 027	1 489	1 092
<i>Lett universitetsbygg</i>	14 614	719	795	1 512	1 068
<i>Nye kontor MARINTEK</i>	5 668	622	795	1 391	975
<i>Fellesverksted & lager (Marintek)</i>	5 200	547	782	977	765
<i>Fellesverksted & lager (NTNU)</i>	2 688	547	782	977	765

Tabell 5 viser resulterende areal og FDVU-kostnader for bygningsmassen per år for alternativene.

Tabell 5. Areal (m2 BTA) og FDVU-kostnader for bygningsmassen per år (2015-kr, MNOK) per alternativ.

	R0 og R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
Areal	38 673	38 673	38 673	38 673	38 673	38 673	38 673	64 508
FDVU-kostnader bygg /år	33	50	48	53	38	35	62	59

1.2 FDV-kostnader for laboratorieutrustningen

Det er mottatt historiske FDV-kostnader for perioden 2010 til 2015 for Maskinlaboratoriet, Havbassenget, Slepetanken og Konstruksjonslaboratoriet. /D116/

Tabell 6. Beskrivelse av innhold i kostnadsposter for FDV-kostnader for laboratorieutrustningen.

Kategori og post	Beskrivelse
Lønn og sos. kostnader	Personell som er innleid til å utføre enkelt arbeidsoperasjoner som sommerjobbere, o.l.
Avskrivninger	Avskrivninger av kostnader knyttet til periodisering av investeringsutgifter til forskningsinfrastrukturen. (Ikke inkludert som FDVU-kostnader for laboratorieutrustningen, antas dekket av kostnader for utskiftning av utstyr)
Kostnad lokaler, leie og avgifter	Driftsrefusjon til NTNU, komm.avgifter, ol. (Ikke inkludert som FDVU-kostnader for laboratorieutrustningen, antas dekket av FDVU-kostnader for bygningsmassen)
Leie maskiner, inventar	Kostnader til maskiner og utstyr som leies og ikke eies av MARINTEK.
Materiell og utstyr som ikke aktiveres	Materiell og utstyr som har kortere levetid enn 3 år og har en verdi mindre enn 15 000. (Ikke inkludert som FDVU-kostnader for laboratorieutrustningen, antas dekket av kostnader for utskiftning av utstyr)
Rep. og vedl.hold av bygninger og utstyr	Kjøpte tjenester til reparasjon, vedlikehold, og delvis utvikling. Innholder også service avtaler på utstyr.
Fremmede tjenester	Innkjøpte tjenester av konsulenter, rådgivere, og innleide fra selskaper/vikarbyrå.
Dr.kostnad regnskap, lønn, IT, HMS m.m.	I hovedsak IT-kostnader relatert til nødvendig IT-infrastruktur i lab.
Kontorkostnader	Posten inneholder IKT-kostnader, software lisenser(adm.bruk), utgifter interne møter, relevante bøker/tidskrifter.
Reise og møtekostnader	Reiser og diettekostnader for perosnell i møter hvor lab har vært tema.
Andre kostnader	Forsikringspremier, service kostnader, kontingenter, andre uspesifiserte kostnader.
Intern tid fra andre avdelinger	Timer ført av personell på prosjekter i lab. Dekker drift, vedlikehold, og utvikling (så lenge at prosjektene er definert i lab avdeling).
Administrasjon av lab	Anslag knyttet til planlegging, oppfølging og koordinering av drift/vedlikehold.
Utvikling av lab	Anslag av utviklingskostander. Mye av utviklingsarbeidet dekkes i interne forskermøter og prosjekter som ikke registreres i lab.enheten.
Forbederingsprosjekt	HMS- og KS-aktiviteter, effektiviseringstiltak ol som ikke registreres i lab enheten.
Felleskostnader institutt	Kostnader til sentral adm. Info, regnskap

Tabell 7 viser en oversikt over FDV-kostnader for laboratorieutrustningen i dagens og nye laboratorier på MTS. For dagens laboratorier er usikkerhetsspennet basert på minimums- og maksimumskostnad i perioden 2010 til 2015.

Tabell 7. FDV-kostnader for laboratorieutrustningen i laboratoriene, dagens og nye (kNOK, 2015-kr).

	Beskrivelse	FDV-kostnader laboratorieutrustningen			
		p10	mode	p90	E
<i>Havbassenget</i>		7 337	8 171	9 017	8 171
<i>Skipsmodelltanken</i>		3 682	4 487	5 324	4 487
<i>Sjøgangsbasseng</i>	Estimert noe høyere enn skipsmodelltanken grunnet større basseng. Samtidig nytt utstyr noe som fører til lavere driftskostnader.	3 600	4 500	5 400	4 500
<i>Dypvannsbasseng</i>	Estimert høyere enn sjøgangsbasseng grunnet strømgenerering men lavere enn havbassenget grunnet mindre basseng (ca. 30% ned fra dagens havbasseng). Nytt utstyr innebærer lavere driftskostnader.	3 500	5 500	7 500	5 500
<i>Flex-basseng</i>	Estimert som sum av mode for sjøgangsbasseng, dypvannsbasseng og hydrodynamiske studentlaboratorier med en usikkerhet på +/- 30%.	8 575	12 250	15 925	12 250
<i>Kavitasjons-laboratoriet</i>		750	1 000	1 250	1 000
<i>Nytt Kavitasjons-laboratorium</i>	Ingen grunn til å tro at kostnadene endrer seg fra dagens laboratorium da det er tal om den samme tunnelen.	750	1 000	1 250	1 000
<i>M-lab</i>		1 031	1 631	2 211	1 631
<i>Nytt M-lab</i>	Antatt lavere enn nåværende M-lab grunnet effektivitetsforbedringer, annen utrustning og ny utrustning.	700	1 000	1 300	1 000
<i>K-lab</i>		3 979	5 234	6 636	5 234
<i>Nytt K-lab</i>	Antatt omtrent lik nåværende K-lab. (Dyrere pga større laboratorium/mer utrustning men mer optimalt oppsett pluss billigere grunnet effektivitetsforbedringer og nytt utstyr)	3 600	5 000	6 400	5 000
<i>Hydrodynamiske studentlaboratorier</i>	Kostnader grovt estimert, antatt billigere enn de store hydrodynamiske laboratoriene men dyrere enn kavitasjonstunnelen	1 000	2 250	3 500	2 250
<i>K-lab & M-lab studentlaboratorier</i>	Kostnader grovt estimert, antatt på nivå med M-lab	500	1 000	1 500	1 000

Tabell 8 viser resulterende FDV-kostnader for laboratorieutrustningen per år for alternativene.

Tabell 8. FDV-kostnader for laboratorieutrustningen per år per alternativ (2015-kr, MNOK).

	R0 og R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
FDV-kostnader labutrustning /år	21	21	26	23	21	21	28	31

1.3 Utskiftningskostnader for utstyret i laboratoriene

Utskiftningskostnader for utstyret i laboratoriene er estimert i forbindelse med definering av R0. Generelt er det for hvert laboratorium estimert behov for utskifting:

- Bytte av måleutstyr, MNOK 2-5 hvert 5 år (MNOK 10 for flex-basseng siden den i prinsipp inneholder tre ulike bassenger)
- Utskifting av utstyr tilsvarende 15% av åpningsinvesteringen år 15
- Utskifting av utstyr tilsvarende 15% av åpningsinvesteringen år 30
- Laboratoriespesifikk skifting av utstyr i dagens laboratorier

Tabell 9 og Tabell 10 viser oversikt over utskiftningskostnader i henholdsvis dagens og nye laboratorier. Den høye investeringskostnaden for K-lab etter år 15 representerer behovet for skifte av 2 av dagens fullskala rigger ved dette tidspunktet /D205/. Utskiftningskostnader for studentlaboratoriene er antatt lik for dagens og nye laboratorier.

Tabell 9. Utskiftningskostnader for utstyr i dagens laboratorier (MNOK, 2015-kr)

	Hvert [X] år							Etter [X] år				
	2	4	5	7	8	10	12	10	15	20	25	30
Havbassenget	-	-	5	-	-	-	-	20	44	-	-	24
Skipmodelltanken	-	-	5	-	-	-	-	-	5,3	-	-	5,3
Kavitasjonslaboratoriet	-	-	2	-	-	-	-	-	1,6	-	-	1,6
M-lab	0,5	-	3,9	-	-	-	-	-	7,2	-	-	7,2
K-lab	-	-	2	-	-	-	-	-	93	-	-	10
Verksted & lager	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	-	-	3,3
Hydrodynamiske NTNU laboratorier	-	0,3	1,8	0,8	0,5	7,2	-	-	-	11	1	-
K-lab & M-lab NTNU laboratorier	-	-	4,8	-	-	14	8,5	-	-	0,5	-	-

Tabell 10. Utskiftningskostnader for utstyr i nye laboratorier (MNOK, 2015-kr)

	Hvert [X] år							Etter [X] år				
	2	4	5	7	8	10	12	10	15	20	25	30
Nytt Kavitasjonslaboratorium	-	-	2	-	-	-	-	-	1,6	-	-	1,6
Sjøgangsbasseng	-	-	5	-	-	-	-	-	75	-	-	75
Dypvannsbasseng	-	-	5	-	-	-	-	-	79	-	-	79
Flex-basseng	-	-	10	-	-	-	-	-	194	-	-	194
Nytt M-lab	-	-	4	-	-	-	-	-	16	-	-	16
Nytt K-lab	-	-	2	-	-	-	-	-	39	-	-	39
Nye hydrodynamiske studentlabber	-	0,3	1,8	0,8	0,5	7,2	-	-	-	11	1	-
Nye K- & M-lab studentlabber	-	-	4,8	-	-	14	8,5	-	-	0,5	-	-
Fellesverksted & lager (Marintek)	-	-	0,5	-	-	-	-	-	8,2	-	-	8,2
Fellesverksted & lager (NTNU)	-	-	0,1	-	-	-	-	-	1,3	-	-	1,3

Tabell 11 viser estimert årlig kostnad per alternativ basert på gjennomsnittlig utskiftningskostnad per år.

Tabell 11. Estimert årlig kostnad per alternativ basert på gjennomsnittlig utskiftningskostnad per år (MNOK, 2015-kr)

	R0 og R1	H1	H2	H3	K1	E1	Adskilte	D-flex
Utskiftning av utstyr (gjennomsnittlig kostnad per år)	8	12	13	12	13	14	22	24

1.4 FDVU-kostnader i alternativanalysen

I alternativanalysen fordeles FDVU-kostnadene over analyseperioden (FDVU-kostnadene for bygningsmassen og FDV-kostnadene for laboratorieutrustningen er kostnader som kommer per år mens kostnadene for utskiftning av utstyr kommer ujevnt fordelt over analyseperioden). Lønnsandelen av FDVU-kostnadene realprisjusteres med realprisjusteringsfaktor 1,3% /D098/D096/. Tabell 12 viser en oversikt over antatt andel arbeid ved realprisjustering av FDVU-kostnadene.

Tabell 12. Oversikt over antatt andel arbeid ved realprisjustering av FDVU-kostnadene.

Andel arbeid	[%]
FDVU-kostnader bygningsmassen laboratorier	50 %
FDVU-kostnader bygningsmassen kontor & studentlab	60 %
FDV-kostnader laboratorieutrustningen	80 %
Utskiftning av utstyr	30 %

Når kostnadene er fordelt over analyseperioden og realprisjustert, beregnes nåverdien av FDVU-kostnadene. I hovedrapporten vises FDVU-kostnaderne relativt referansealternativet R0.

VEDLEGG H: OVERORDNENDE FORUTSETNINGER I ALTERNATIVANALYSEN OG SENSITIVITETSBEREGNINGER

Dette notatet inngår som et vedlegg til konseptvalgutredningen av Ocean Space Center. Notatet er ment som en redegjørelse og forklaring av bruk av kalkulasjonspriser, valg av metode og forutsetninger.

Prognosene for vekst i de ulike næringene er lagt til grunn i analysen og videre har vi benyttet disse prognosene til å estimere endringer i etterspørselen etter forskningstjenester innenfor de ulike tjenesteområdene (hydrodynamikk, konstruksjonsteknikk og energi- og maskineriteknikk).

Deretter verdsetter vi endringen i aktivitet med utgangspunkt i observerte inntekter for å beregne nytteeffekter.

Det er usikkerhet heftet ved flere av antakelsene i analysen. Vi har derfor gjennomført flere sensitivitetsvurderinger. Resultatene fra disse er oppsummert i dette notatet.

1. Overordnede forutsetninger for alternativanalysen

1.1.1 Analyseperiode og kalkulasjonsrente

Henførringsår for analysen er 2015, og analyseperioden er fra 2016 til 2062. 2062 er 40 år etter ferdigstillelse og følger Finansdepartementets R-109, DFØs veileder for samfunnsøkonomiske analyser og NOU 16:2012 anbefalinger om levetid og analyseperiode. Byggeperioden er fra 2020 til 2022. Vi har ikke antatt en restverdi, årsaken til det er at det er forventet at den økonomiske levetiden er 40 år, ettersom det vil kreve betydelige reinvesteringer etter det i alle alternativene for å opprettholde funksjonen. I R-109 står det at «Levetiden som benyttes i analysen av investeringsprosjekter må reflektere den perioden tiltaket som analyseres faktisk vil være i bruk eller yte en samfunnstjeneste. For tiltak som tar form av tjenester eller regulering, må en vurdere hvor langt inn i framtiden tiltaket vil ha vesentlige virkninger». Vi antar derfor en levetid på 40 år i vår analyse.

For å kunne sammenligne og summere alle kostnads- og nyttevirksomheter som oppstår på ulike tidspunkt legger DFØs veileder i samfunnsøkonomisk analyse opp til å benytte en diskonteringsrente.

Diskonteringsrenten er en systematisk metode for å omregne alle prissatte virkninger til den verdien de vil ha i et bestemt år, og som i denne analysen er satt til 2016. Ifølge Finansdepartementets rundskriv R109-2014 skal diskonteringsrenten for alle statlige tiltak settes lik den risikojusterte kalkulasjonsrenten som er angitt i Tabell 1.

Tabell 1. Diskonteringsrenten lagt til grunn i analysen. Kilde: Finansdepartementets rundskriv R109-2014

Periode	År	Diskonteringsrente
År 1 – 40	2017 - 2056	4 %
År 41 – 75	2057 - 2091	3 %
Over 75	2092 - 2095	2 %

Vi har benyttet oss av en kalkulasjonsrente på 4 prosent.

Alle prissatte effekter er oppgitt i 2015-kroner. For å regne om verdsettingsfaktorer til 2015-kroner har vi lagt til grunn den generelle prisveksten i økonomien (KPI) fra Statistisk sentralbyrå.

1.1.2 Realprisjustering

I prinsippet skal alle kroneverdier holdes uendret over analyseperioden. Dersom det er teoretisk og empirisk grunnlag for at noen virkninger vokser raskere enn den generelle prisveksten i resten av økonomien, skal virkningen justeres med realveksten i BNP per innbygger i siste tilgjengelige perspektivmelding. Fordi det forventes fortsatt positiv vekst i befolkningens reallønn justeres alle tidskostnader med framskrivningene av realveksten i BNP per innbygger fra perspektivmeldingen 2013 som er oppgitt i Tabell 2.

Tabell 2. Realprisjusteringsfaktor for alle tidskostnader i analysen. Kilde: Perspektivmeldingen 2013.

Reell vekst i BNP per innbygger	1,3 %
---------------------------------	-------

I analysen er følgende virkninger realprisjustert:

- Lønnskostnader

1.1.3 Skattefinansieringskostnad

Utover kostnadene til investering og vedlikehold må en medberegne skattefinansieringskostnader. Dette kommer av at statens midler til ny infrastruktur bevilges over statsbudsjettet, og dermed er skattefinansierte. Ved skattefinansiering oppstår det et effektivitetstap for samfunnet fordi ressursbruken blir påvirket av skatteøkningen. I tillegg påløper det administrative kostnader i forbindelse med skatteinnkreving. Det fremgår av Finansdepartementets rundskriv R-109/2014 at skattefinansieringskostnaden settes til 20 øre per krone. På den annen side kan tiltakene føre til økt forventet skatteinntang fra private aktører som opplever effektivitetsgevinster og økt overskudd. Denne effekten tas også med i regnestykket, slik at skattefinansieringskostnaden derfor beregnes av tiltakets nettovirkning for offentlige budsjetter.

I tillegg til utgiftene staten har forbundet med infrastrukturen er det også utgifter til forskningsprosjekter gjennom eksempelvis NFR. Disse har vi ikke valgt å beregne en skattefinansieringskostnad av. Årsaken til det er at vi ser på endringen relativt til referansebanen. Det er ikke sannsynlig at midlene bevilget fra NFR er direkte koblet opp mot aktiviteten på MTS og at samme størrelse på forskningsmidler ville blitt delt ut, også i referansebanen, til andre forskningsaktiviteter. Vi har derfor ikke lagt en skattefinansieringskostnad på midler til bidragsforskningen og basisforskningen.

2. Bakgrunn for inntektsprognoser

Inntektene danner grunnlaget for nytteeffektene i alternativanalysen. Vekst i næringene, ved økt verdiskaping, bidrar til økt etterspørsel etter forskningstjenester som igjen fører til økt ny kunnskap. Dette er basert på en antakelse om at en viss størrelse av verdiskapingen brukes på FoU, ved at verdiskapingen økes vil dermed etterspørselen etter forskningstjenester øke. Ved at laboratoriestrukturen på MTS kan møte etterspørselen etter forskningstjenester fra næringene gjør at denne nye kunnskapen skapes på MTS og at nytteeffektene utløses.

1.1.4 Dekomponering av inntektene

Basert på regnskap fra 2005-2015 har vi dekomponert inntektene til MARINTEK og institutt for marin teknikk. Inntektene er fordelt på:

- Tjenesteområde: hydrodynamikk, energi- og maskineriteknikk og konstruksjonsteknikk
- Historisk bruk av de ulike laboratoriene: havbassenget, slepetanken, kavitasjonstunellen, sloshing, konstruksjonslaboratoriet, maskinerilaboratoriet.
- Næring som har kjøpt forskningstjenester: offshore olje- og gass, maritim, og andre fremvoksende næringer (herunder spesielt havbruk og offshore vind)
- Type prosjekt basert på finansieringskilde: basisforskning, bidragsforskning og oppdragsforskning

Årsaken til denne dekomponeringen er å forstå virksomheten til MTS bedre, i tillegg til at det danner grunnlaget for kunne legge ulike framskrivinger på de ulike inntektskomponentene.

1.1.5 Forventning til vekst for de ulike næringene

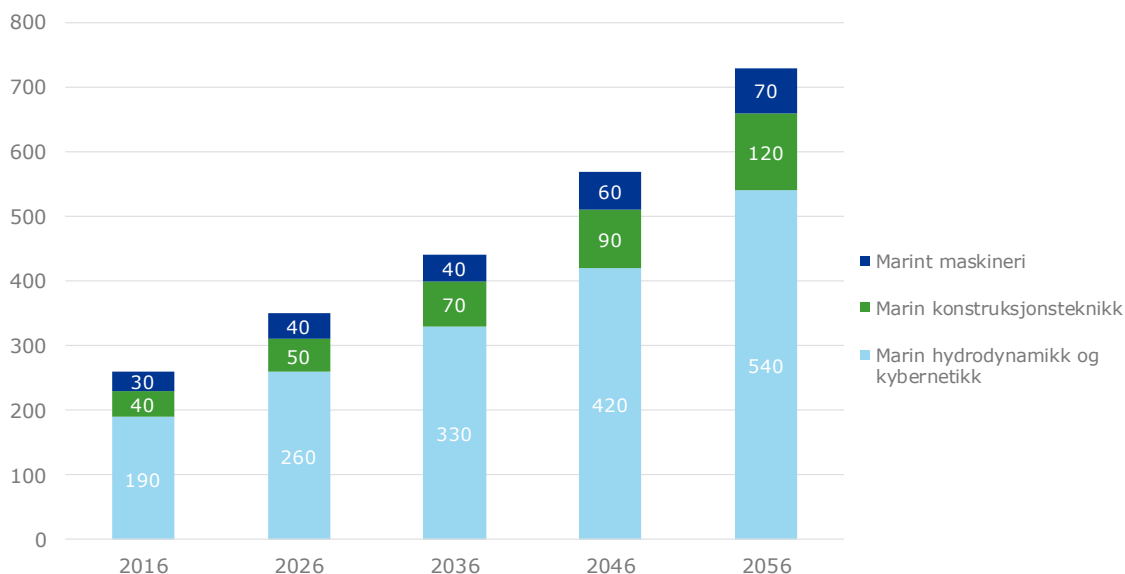
Det er forventet vekst i havromsnæringene. Basert på OECD forventes det 99 prosent vekst for maritim næring, 26 prosent vekst for offshore olje og gass, 421 prosent vekst for andre og fremvoksende næringer mellom 2010 og 2030. Dette er globale forventninger.

I vårt hovedscenario har vi gjort nasjonale tilpasninger til dette. Dette er gjort i samtaler med næringene selv og ansatte ved MTS. I vårt hovedscenario har vi derfor en vekst tilsvarende BNP for offshore olje og gass og for maritim. Det gjør at vi dermed er noe mer optimistiske for offshore olje- og gassnæringen enn OECD, men derimot noe mindre optimistiske for verdiskapingen til maritim næring enn OECD. Årsaken er at OECDs tall for maritim næring også inneholder logistikk og havnetjenester, som ikke er like stort i Norge. Dette tilsvarer en årlig vekst på rundt 2,5, 2,5 og 3,8, for henholdsvis maritim, offshore olje og gass, og andre fremvoksende.

1.1.6 Forventning til aktivitet på MTS

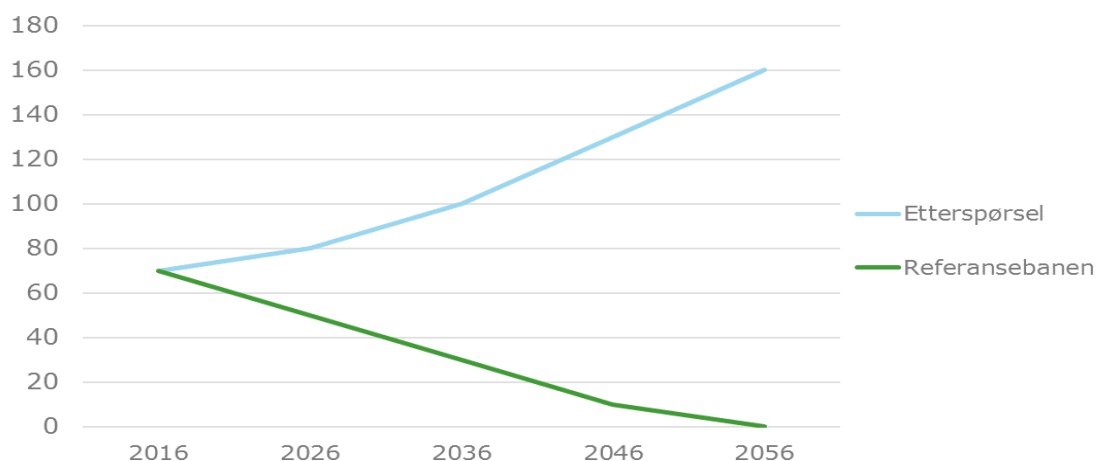
Forventningene til aktivitet på MTS belager seg på hvorvidt verktøyene og kompetansen ved MTS er god nok til at de kan møte etterspørselen etter forskningstjenester fra havromsnæringene. Basert på den forventede veksten i de ulike næringene og hvorvidt laboratoriestrukturen kan løse utfordringene har vi basert oss på den historiske aktiviteten, målt i inntekter fra forskningen, og lagt inn en økning eller reduksjon i forventet inntekter sammenlignet med forventet vekst i etterspørselen.

Figur 1 viser forventet vekt i etterspørselen etter forskningstjenester fra MTS dersom MTS opprettholder samme markedsandeler som i dag, og dersom en legger til grunn samme vekst som for verdiskapingen i havromsnæringene. Dette kan vi gjøre dersom FoU er en konstantandel av verdiskapingen. Noe som vi mener er en realistisk antagelse.



Figur 1. Etterspørsel etter ny kunnskap innen fire marintekniske kunnskapsområder. Tallene representerer MTS inntekter per år dersom senteret møter veksten i etterspørselen. MNOK 2015-priser.

Deretter har vi vurdert hvorvidt MTS med dagens verktøyfunksjonalitet vil kunne møte konkurransen fra andre kunnskapsinstitusjoner nasjonalt og internasjonalt og dermed møte havromsnæringenes behov for ny kunnskap. Figur 2 illustrerer et eksempel på en vurdering av MTS inntekter knyttet til hydrodynamisketjenester for skip. Vurderingen er at dagens verktøyfunksjonalitet for å undersøke hydrodynamiske problemstillinger for skip ikke er gode nok til å møte maritim nærings etterspørsel etter ny kunnskap på dette området. Forskningsaktiviteten ved MTS innen dette området er forventet å bli kraftig redusert dersom verktøyfunksjonalitetene ikke bedres. Etter hvert vil MTS forskningsaktivitet innen dette området være marginal. Det er dette som ligger til grunn for referansealternativet.



Figur 2. Forventet utvikling for produksjon av ny kunnskap om hydrodynamikk til maritim næring. MNOK 2015-priser.

Vurderingen av inntektene er gjort for de fire relevante kunnskapsområdene per næring og per alternativ. Resultatene er presentert i D137. Vurderingene er gjort sammen med MARINTEK og IMT.

Inntektene danner grunnlaget for nytteverdiene. Overskudd MTS, den direkte merverdien og kunnskapseksternalitetene.

3. Sensitivitetsberegninger

Vurderingen av de samfunnsøkonomiske nytteeffektene av de ulike alternativene baserer seg på en rekke forutsetninger med mindre eller større grad av usikkerhet. Dette kan være usikkerhet knyttet til enkelte parametere i modellen, men også knyttet til antagelsene om vekst i havromsnæringene. De mest sentrale antagelsene i vurderingen av alternativenes samfunnsøkonomiske lønnsomhet er knyttet til usikkerhet rundt fremtidig vekst i de ulike havromsnæringene, usikkerhet i forventningene til produktivitet, endring i forventet avkastning fra FoU-investeringene og i antakelsene om kunnskapseksternalitetene.

1.1.6.1 Usikkerhet rundt fremtidig vekst i de ulike havromsnæringene

På tross av at det er samlet inn data fra en rekke kilder, og at de alle peker i samme retning, er det stor usikkerhet heftet ved å fremskrive veksten for de ulike havromsnæringene flere tiår frem i tid. Spesielt har dette en innvirkning på våre analyser ettersom vi forventer at behovet for FoU-tjenester vil følge veksten i fremtidig verdiskaping i næringene.

Usikkerhetsdriverne for hvorfor verdiskapingsveksten for de ulike havromsnæringene kan være ulik våre hovedantakelser er mange og de er ulike for de ulike næringene. Eksempelvis vil vedvarende lav oljepris sannsynligvis bidra til lavere verdiskaping for offshore olje- og gass, men på samme tid kan det være fordelaktig for havbruksnæringen som er såpass følsom for valutakurs ettersom den er så eksportintensiv.

I OECDs framskrivninger er det forventet en formidabel vekst for andre/fremvoksende næringer. Men, det er også disse det er heftet mest usikkerhet ved potensialet til. At det vil komme et sterkt fokus på disse næringene i fremtiden er sikkert, men om det vil ha store utslag i verdiskaping er mer usikkert.

Vi har basert våre hovedantakelser på OECDs globale framskrivninger om positiv vekst, men gjort noen justeringer basert på lokale og nasjonale forhold. For å svare på usikkerheten rundt verdiskapingsveksten gjennomfører vi derfor følsomhetsanalyser. Vi gjennomfører derfor følsomhetsanalyser der vi legger til grunn ulike vekstforventninger for offshore olje- og gass, maritim og for andre/fremvoksende næringer.

Det første alternative scenarioet er et scenario der vi følger utviklingen i havromsnæringene som er forventet av OECD. I det andre scenarioet følger vi fremdeles utviklingen fra OECD for maritim næring og offshore olje og gass, men forventer en svakere vekst i andre/fremvoksende. I det tredje scenarioet forventer vi null vekst i havromsnæringene. Det vil si at vi følger dagens nivå.

De ulike scenarioene er vist i tabell Tabell 3.

Tabell 3. Alternative scenario for vekst i de ulike havromsnæringene

		2016	2026	2036	2056
Hovedscenario	Maritim	25 %	25 %	25 %	25 %
	Offshore	25 %	25 %	25 %	25 %
	Andre/fremvoksende	93 %	38 %	38 %	38 %
Alternativt scenario 1: OECD-prognoser for havromsnæringene	Maritim	38 %	38 %	38 %	38 %
	Offshore	12 %	12 %	12 %	12 %
	Andre/fremvoksende	93 %	38 %	38 %	38 %

		2016	2026	2036	2056
Alternativt scenario 2: Svak vekst i andre/ fremvoksende, OECD- prognoser for offshore og maritim	Maritim	38 %	38 %	38 %	38 %
	Offshore	12 %	12 %	12 %	12 %
	Andre/fremvoksende	20 %	20 %	20 %	20 %
Alternativt scenario 3: null vekst. Dagens situasjon videreføres	Maritim	0 %	0 %	0 %	0 %
	Offshore olje	0 %	0 %	0 %	0 %
	Andre/fremvoksende	0 %	0 %	0 %	0 %

1.1.6.2 Endringer i forventet overskudd av FoU-aktiviteten på MTS

Vi har antatt at laboratoriestrukturen på MTS gjør at de ansatte blir mer produktive. Dette resulterer i et produsentoverskudd som enten tilfaller MTS eller de ansatte ved MTS er basert på.

Våre antakelser om produsentoverskuddet er basert på at de ansatte ved MTS er 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 inntekstveksten til MTS vil gi, utover økte FDVU-kostnader, representerer arbeidskraftsproduktivitetsgevinster for MTS ansatte utover det de ville oppnådd ved alternativ anvendelse.

I vår sensitivitetsberegning ser vi derfor på hvordan analyseresultatene endrer seg ved en annen forventning til arbeidskraftsproduktivitetsgevinster, henholdsvis 0, 10, 20 og 40 prosent.

1.1.6.3 Endring i forventet direkte merverdi av FoU-aktiviteten

Den direkte forventede merverdien av FoU-aktiviteten er det privatøkonomiske overskuddet. I analysen er forventningene til den forventede avkastningen av FoU- investeringen basert på forskningslitteratur som finner at avkastningen er 1,82. Vi argumenterer for at det er grunn til å forvente at denne avkastningen er større i havromsnæringene grunnet normalavkastningskravet for disse næringene basert på 11 prosent mot 9 prosent for andre og sammenlignbare deler av økonomien (EY, 2016/D088/).

I vår sensitivitetsanalyse endrer vi den forventede avkastningen, dette vil også endre differansen til referansebanen for oppdragsforskningen. For bidragsforskningen vil også den forventede avkastningen endres og vi inkluderer vi kun den delen som tilfaller private aktører.

Endringene i sensitivitetsanalysen er:

- Ingen forventet avkastning på forskningsinvesteringen for næringen
- Forventet avkastning på 1,9 i stedet for 2,2. Dette gjør at differansen til referansebanen for oppdragsforskningen blir 0,1. For bidragsforskningen inkluderer vi kun den delen som tilfaller private aktører
- Forventet avkastning på 2,5 i stedet for 2,2. Dette gjør at differansen til referansebanen for oppdragsforskningen blir 0,7. For bidragsforskningen inkluderer vi kun den delen som tilfaller private aktører

- Forventet avkastning på 3 i stedet for 2,2. Dette gjør at differansen til referansebanen for oppdragsforskningen blir 1,2. For bidragsforskningen inkluderer vi kun den delen som tilfaller private aktører

1.1.6.4 Endring i antakelser om kunnskapseksternalitetene som utløses av FoU-aktiviteten

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 holder internt. Kunnskapen lekker ut i samfunnet og tas deretter i bruk av andre.

Verdien på kunnskapseksternalitetene er det heftet mye usikkerhet ved. De kan være svært store og potensielt større enn hva vi har antatt i vår analyse. Men, det kan også være at de ikke er ulike referansebanen ettersom den nye kunnskapen, og dermed også kunnskapseksternalitetene, kan utløses gjennom andre forskningsinstitusjoner eller andre forskningsmetoder enn hva MTS kan tilby i referansebanen.

Internasjonale litteraturstudier¹ 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.

Vi gjennomfører derfor en sensitivitetsanalyse der vi endrer antakelsene for størrelsen på kunnskapseksternalitetene:

- Det er ingen kunnskapseksternaliteter til forskjell fra referansebanen
- Verdien av kunnskapseksternalitetene er 0,5 ganger den privatøkonomiske effekten
- Verdien av kunnskapseksternalitetene er 1 ganger den privatøkonomiske effekten
- Verdien av kunnskapseksternalitetene er 1,5 ganger den privatøkonomiske effekten
- Verdien av kunnskapseksternalitetene er 2 ganger den privatøkonomiske effekten
- Verdien av kunnskapseksternalitetene er 3 ganger den privatøkonomiske effekten

Disse endrede antakelsene gjelder for både bidrags- og oppdragsforskningen.

1.1.6.5 Sensitivitetsberegningenes innvirkning på resultater og rangering av alternativer

For å vurdere robustheten i rangeringen av alternativer har vi vurdert hvordan endringer i disse sentrale parameterne påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten. Tabell 4 viser resultatene av følsomhetsanalysene i nettonåverdi for de ulike alternativene. I cellene med skyggelegging er det negativ nettonåverdi.

¹ Se for eksempel Cameron (1998), Hall, Mairesse og Mohnen (2009), Frontier Economics (2014), Corderi og Lin (2005) og Sveikauskas (2007)

Tabell 4. Resultat av følsomhetsanalysene for de ulike alternativene. Nettonåverdi, MNOK 2015-priser.

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangs basseng	H2: Dypvanns basseng	H3: Studentla boratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Hovedscenario	140	20	280	-580	360	110	990
Alternativt scenario 1: OECD-prognoser for havromsnæringene	140	390	-40	-560	190	170	930
Alternativt scenario 2: Svak vekst i andre/ fremvoksende, OECD- prognoser for offshore og maritim	110	320	-170	-680	160	120	730
Alternativt scenario 3: null vekst.	-20	-780	-630	-940	-90	-120	-1 190
Arbeidskrafts- produktivitet, 0 prosent	10	-500	-270	-710	20	-70	-480
Arbeidskrafts- produktivitet, 10 prosent	50	-330	-90	-670	130	-10	10
Arbeidskrafts- produktivitet, 20 prosent	100	-150	100	-620	250	50	500
Arbeidskrafts- produktivitet, 40 prosent	190	190	470	-530	470	170	1 480
Ingen forventet privatøkonomisk avkastning av forskningsinvesteringen	-90	-1 040	-880	-1 010	-270	-220	-1 810
Forventet privatøkonomisk avkastning på 1,9 av forskningsinvesteringen	-10	-700	-530	-820	-90	-110	-950
Forventet privatøkonomisk avkastning på 2,5 av forskningsinvesteringen	310	730	1 100	-340	800	350	2 940
Forventet privatøkonomisk avkastning på 3 av forskningsinvesteringen	570	1 910	2 460	70	1 540	720	6 170
Ingen kunnskapseksternaliteter til forskjell fra referansebanen	30	-490	-260	-820	70	-50	-320
Verdien av kunnskapseksternalitete ne er 0,5 ganger den privatøkonomiske effekten	110	-150	100	-660	260	60	560

	R1: Hybrid og fullskala	H1: Sjøgangs basseng	H2: Dypvanns basseng	H3: Studentla boratorier	K1: K-Lab	E1: M-Lab	Adskilte
Verdien av kunnskapseksternalitete ne er 1 ganger den privatøkonomiske effekten	180	190	460	-500	450	170	1 430
Verdien av kunnskapseksternalitete ne er 1,5 ganger den privatøkonomiske effekten	260	530	820	-330	640	270	2 310
Verdien av kunnskapseksternalitete ne er 2 ganger den privatøkonomiske effekten	330	870	1 170	-170	830	380	3 180
Verdien av kunnskapseksternalitete ne er 3 ganger den privatøkonomiske effekten	490	1 560	1 890	150	1 210	600	4 940

Som vi kan se av tabellen over er det noen av sensitivitetsberegningene som gjør at det anbefalte alternativet «adskilte laboratorier» ikke lenger er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Som en fellesnevner for de situasjonene der adskilte laboratorier ikke lenger er lønnsomt er når man antar at det ikke er vekst eller effekter. Eksempelvis er det negativ nettonytte når dersom vi kan forvente at det er null vekst i havromsnæringene de nærmeste 40 årene, eller ingen arbeidskraftsproduktivitet utover resten av samfunnet eller ingen eller svært lav privatøkonomisk avkastning av forskningsinvesteringene eller ingen kunnskapseksternaliteter til forskjell fra referansebanen. Til tross for at det er usikkerhet i størrelsen på de ulike effektene er det lite usikkerhet forbundet med hvorvidt disse effektene utløses fra ny laboratoriestruktur på MTS. Det er derfor sannsynlig at våre konklusjoner er robuste.

VEDLEGG I: MANDAT

Følgende utsnitt er hentet fra utlysning av oppdraget fra NFD (kap 11.6):

«Oppdraget er å utarbeide en tilpasset konseptvalgutredning (tilpasset KVVU) for Ocean Space Centre. KVVUen skal utarbeides som en totalleveranse fra tilbyder i overensstemmelse med Finansdepartementets ordning for kvalitetssikring av store statlige investeringer. Videre skal den gjennomføres i tråd med forutsetninger og kapitalstruktur for KS1 som følge av Finansdepartementets rammeavtale av september 2015 (Kvalitetssikring av konseptvalg, samt styringsunderlag og kostnadsoverslag for valgt prosjekteralternativ).

Den tilpassete KVVUen skal ta utgangspunkt i tidligere arbeid i KVVU og KS1. Den tilpassete KVVUen skal ikke utforske hele mulighetsrommet, og konsepter som er forkastet i KS1 og tidligere KVVU anses fortsatt som forkastet. For eksempel anses det som gitt at det skal bygges et nasjonalt senter for havromsteknologisk forskning og undervisning, og at dette skal lokaliseres på Tyholt i Trondheim.

MARINTEK og NTNUs alternative konsept skal vurderes opp mot D-flex og 0+ alternativet. Eventuell utredning av andre alternativer enn disse tre vil måtte avklares med departementet på forhånd.

Analyser og funn fra tidligere KVVU og KS1 skal i den grad det er mulig tas med videre, men bør oppdateres der dette er nødvendig. Det vil være nødvendig å oppdatere behovsanalysen og kravdokumentet. Det forventes likevel at det meste av oppdraget vil være rettet mot detaljering og kostnadsberegning av alternativene, samt en samfunnsøkonomisk nytteberegning av disse.

KVVUen skal følge statens prosjektmodell og bestå av:

- Oppdatering av behovsanalyse
- Oppdatering av overordnet strategidokument
- Oppdatering av overordnet kravdokument
- Detaljering og kostnadsberegninger av alternativene (inkludert usikkerhetsanalyse)
- Samfunnsøkonomisk nytte av alternativene

KVVUen må også omtale følgende:

- Kostnader knyttet til driftskostnader»

VEDLEGG J: HYBRID TESTING OG FULLSKALA TESTING

1 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 1 - Beskrivelse av sanntids-hybridtesting, kilde: MARINTEKs utviklingsplan for hybrid testing.

Utvikling av teknikker for sanntids-hybridtesting forventes kunne åpne opp mange nye muligheter innen forskjellige anvendelsesområder og næringer. Hybridtesting har flere interessante bruksområder innen testing av hydrodynamikk og strukturer, som for eksempel innen offshore flytende vindturbiner, deep-sea shipping (e.g. forskyvning av bulk last eller bevegelse av flytende last med feedback til skipsbevegelser fra numerisk simuleringer), short-sea shipping eller offshore supplyskip (f.eks effekten av vannbevegelser i anti-rulle tanker).

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

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

Nedenfor beskrives disse mulighetene nærmere.

1. Kompensere for manglende infrastruktur

Hybrid testing kan kompensere for manglende infrastruktur. Som eksempel så krever modelltesting av flytende produksjonssystemer med standard skalaforhold på ultra-dypt vann en havbasseng med dimensjoner på omtrent 100x100 m og en dybde på 30 m samt strømgenerering i hele vannvolumet. Kostnaden for et slikt laboratorium vil være betydelig og vanskelig å etablere nær nåværende fasiliteter. Sanntids hybridtesting kan muliggjøre modelltesting av offshorekonstruksjoner for ultra-dypt vann i et laboratorium med betydelig mindre dimensjoner. Som eksempel, ved applikasjon av hybridtesting på fornyede ultra-dype produksjonssystemer, så er det tenkt at stigerør og forføyningsliner vil bli erstattet av forkortede modeller, hvor endene av de forkortede stigerørene og linene flyttes (aktivt reguleres) i henhold til numeriske simuleringer av bevegelsen i full-lengde stigerør og liner.

2. Trekke på fordeler og dempe på ulemper ved forskjellige hydrodynamiske verktøy (f.eks. skalaproblemer)

Hybridtesting gir nye myligheter når det gjelder å trekke på fordeler og redusere ulemper ved forskjellige hydrodynamiske verktøy. Sanntids hybridtesting har stort potential når det gjelder å løse problemer knyttet til motstridige skaleringslover (geometriske likhet, like viskøse effekter, lik effekt av gravitasjon på bølger) som skalerte modelltester møter i dag. Et eksempel er modelltester av offshore flytende vind, hvor hydrodynamikken som virker på den flytende plattformen og aerodynamikken som virker på vindturbinen styres av forskjellige og motstridige skaleringslover. Ved å benytte hybride teknikker kan lastene fra hydrodynamikken og/eller aerodynamikken beregnes og de riktige kreftene eller bevegelseskorreksjonene kan pålegges systemet gjennom aktive kontrollsystemer i et eksperiment.

3. Være kostnadsbesparende,

Utvikling av hybrid testing vil kunne føre til at enkelte tester kan gjennomføres ved bruk av en enklere og rimeligere fysisk modell, dersom deler av lastene på eller responsen av virkelig struktur erstattes av aktuatorer med simulert oppførsel. I tillegg kan hybridtesting brukes til å redusere størrelsen på modeller ved at struktur- eller modellelementer som er spesielt utfordrende med hensyn til skalering av laste og respons kan representeres ved aktuatorer.

4. Utvide laboratorienes bruksområde

Enkelte problemer kan kun adresseres med hybridtesting. Det er stor potensiale for sanntids hybridtesting når det gjelder studier av sloshing, anti-rull tanker og malm transport problematikk. Ved å benytte hybrid testing blir skipsbevegelsene beregnet og brukt til å eksitere tanker eller lasterom, kreftene på disse blir målt og matet tilbake til simuleringen. Skipsbevegelsene blir deretter oppdatert. For transport av fuktig malm med fare for forskyvning av last kan hybrid testing fange opp endring av skipets stabilitet og dynamisk respons som så langt ikke kan hensyntas med dagens metoder.

1.1 Fremtidig utvikling av hybridtesting på Marinteknisk senter

Det er behov for utvikling av metoder og verktøy for hybridtesting. Utviklingen er i dag i startgroen. Kompetanseaspektet vil derfor være viktig fremover, og uansett fremtidig utvikling av Marinteknisk senter vil det være nødvendig med midler for å komme i skikkelig gang / ta hybrid testing ett skritt videre.

En utfordring i alle alternativene vil være overgangsperioden, fra modelltesting til hybridtesting, og hvordan den hybride testingen vil valideres. Det vil være større muligheter for validering i de alternativene hvor det investeres i nye laboratorier. Andre alternativ kan være at det innledes samarbeid med andre aktører som har store nok laboratorier for å kunne verifisere de nye verktøyene. I tillegg kan det være mulig å gjennomføre en del av valideringen gjennom simulering og bruk av sensitivitetsstudier.

1.1.1 Referansealternativet

I referansealternativet vil det være relevant å gjennomføre det som er planlagt i strategidokumentet.

WG1: Etablere nødvendig kompetanse for hybrid testing. Fokus er simulering og visualisering som komplementerer det som skjer i bassenget (et første steg mot hybrid testing) (40 MNOK)

WG2: Aktiv kontroll av ankerliner (mulighet for å operere/endre lengde under eksperiment, mulighet for å modellere «full lengde» som alternativ til etablert trunkerings metodikk) (30 MNOK)

WG3: Hybrid testing av skipsbevegelser (f.eks. for å fange endringer i skipets stabilitet som en ikke klarer å fange opp idag) (40 MNOK)

WG4: Simulering av større vanndybder enn hva som er tilgjengelig i havbassenget i dag (nyttig for simulering av flytende produksjonssystemer) (40 MNOK)

WG5: Hybrid testing for å løse motstridende skaleringslover (50 MNOK)

I tillegg er det lagt inn en ekstra investering for instrumentering spesifikk for hybrid testing for slepetanken og havbassenget (anslått til omtrent 10 MNOK per laboratorium).

En utfordring i referansealternativet vil være at Marintek må bevise at nye metodikk basert på hybrid testing, er like bra til tross for at infrastrukturen ikke er der. Dette er noe NTNU's smålabber til viss del kan avhjelpe, f.eks. gjennom å validere modellering av fenomener. Som følge av dette vil hybrid testing i referansealternativet ikke gi de ekstra oppdragene men vil være et pluss på toppen. I noen få tilfeller kan det være avgjørende for å vinne oppdraget/prosjektet.

1.1.2 Tiltaksalternativene (Adskilte og D-fleks)

Det foreslås den samme satsingen på Hybrid testing som i referansealternativet (200 MNOK og gjennomføring av WG1 til WG5). Det er også lagt inn investering for instrumentering spesifikk for hybrid testing for sjøgangsbassenget og dypvannsbassenget (i tillegg til for havbassenget og slepetanken). Nedenfor kommenteres hvordan utviklingen av hybrid testing vil påvirkes av de nye laboratoriene.

1.1.2.1 Med dypvannsbasseng

Hvis man lykkes med hybrid testing så vil et dypvannsbasseng kunne være mindre viktig for enkelte av anvendelsesområdene. Forbeholdet er verifikasjon og validering i perioder mens nye verktøy utvikles. Det er i tillegg slik at selv med et dypvannsbasseng med dypde 15 meter så vil hybrid testing eller trunkering av ankerliner være nødvendig for å "nå" de store dypene. Dypvannsbassenget er det stedet hvor strøm genereres under bølgesonen. Samvirket mellom bølger og strøm er også noe som hybrid testing kan adressere for enkelte typer konstruksjoner. På samme måte som for effekt av dypt vann så kan dypvannsbassenget være viktig for validering av verktøy/metoder for å simulere strøm eller bølge / strøm interaksjon.

1.1.2.2 Med sjøgangsbasseng

Sjøgangsbassenget gir en tilleggsfunksjonalitet (utover slepetank/havbasseng) som i all hovedsak ikke kan kompenseres med hybrid testing. Sjøgangsbassenget er spesielt bygget for testing av skip med foroverhastighet i bølger fra alle mulige retninger. Alternativet til testing her er simuleringer, og det vil ta lang tid før disse er nøyaktige og raske nok til å etablere robust statistikk for laster og bevegelser av skip, spesielt utsatt for ekstreme kondisjoner. Hybrid testing vil tilby viktig tilleggsfunksjonalitet og øke konkurranseevnen til MTS.

1.1.2.3 Med nye forskning- og undervisningslaboratorier

Flere mindre laboratorier i et fleksibelt areal vil muliggjøre skreddersydd testing og fleksibel ad hoc testing på en billig måte. Uten de små labbene kan utvikling og gjennomføring av hybrid testing bli dyrere og vanskelig å gjennomføre.

1.1.2.4 Andre nye laboratorier

Hybrid testing som konsept kan sannsynligvis også gi en merverdi i de andre laboratoriene. Det er ikke klart at hybrid testing vil kunne erstatte funksjonalitet av foreslått nytt konstruksjonslaboratorium eller nytt energi- og maskinerilaboratorium.

2 FULLSKALA TESTING

Med fullskala testing menes at målinger, analyser og vurderinger utføres på den virkelige strukturen eller elementer av denne. Dette kan gjøres i et laboratorium eller i felt. Ofte kalles dette prototype testing.

Utviklingen av bedre, rimeligere og mer tilgjengelige sensor- og instrumenteringssystemer har gjort det mulig å utføre mer nøyaktige feltmålinger og fjernovervåkning av:

- Miljøtilstander (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
- Driftsdata fra elektriske og mekaniske kraftverk

Muliggjørende teknologier som IKT, nanoteknologi og materialteknologi samt markedsdrivere for utvikling av mer miljøvennlige, "smartere" og sikrere skip og havkonstruksjoner, og autonome marine systemer, vil medføre enda høyere utviklingstakt i årene som kommer. Denne trenden er sterk ettersom flere andre næringssektorer som luftfart, bil og bane, automasjon, smarte bygg og elektriske forsyningsnett, og forbrukerelektronikk også har mange av de samme behovene som havromsindustriene. /D063/

For havromsteknologisk forskning betyr dette at miljøpåkjenninger og effekten av disse kan måles og karakteriseres mer nøyaktig gitt gjeldende omstendigheter. På denne måten vil fullskala målinger og felttesting bidra til å verifisere og validere matematiske modeller, kontrollsystemdesign, konseptdesign, og være komplementær til modelltesting. /D063/

Ved å utvide konseptet med "hardware-in-the-loop" (HIL), kan simulatorer bygget på matematiske modeller som er utviklet med bakgrunn i fullskalaforsøk transformeres til modellskala og benyttes for simulering i modellskala sanntid. Disse kan i en viss utstrekning benyttes i samspill med fysiske forsøk i modellskala i et laboratorium for å kompensere for fysiske begrensninger i laboratoriet (en form for hybridtesting). For at dette skal være et alternativ så er det behov for videreutvikling av teknikken for hybridtesting. /D063/

Fullskala testing vil dessuten 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. Slike data vil lukke sløyfen av faser fra forskning – design – engineering – drift – forskning. Likevel er det viktig å presisere at fullskala forsøk ikke vil kunne erstatte behovet for modelltesting da det i modellskala laboratorier i tillegg er mulig å kontrollere og repetere miljøet, og å studere bl.a. hydrodynamiske fenomen i detalj, som et skips oppførsel og enhver marin operasjon. /D063/

Senter for fremragende forskning AMOS – Centre of Autonomous Marine Operations and Systems – 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/

2.1 Fremtidig utvikling av fullskala testing på Marintekniske senter

Fullskala testing og feltmålinger er relevant både i et referansealternativ (0+) og i tiltaksalternativene. En investering i fullskala måling vil utvide porteføljen til Marintek og legge til rette for verifikasjon/validering av modeller og tester. Marintek har utført fullskala testing i varierende grad fram til i dag. Ett første steg mot mer aktiv bruk av fullskala testing og feltmålinger vil være å investere i instrumentering og målesystemer for måling i felt. Det er estimert en rund sum på 3-5 MMNOK per laboratorium for investering i instrumentering og målesystemer for utvikling av virksomheten innen fullskala testing og feltmålinger:

- Havlaboratoriet
- Slepetanken og kavitasjonstunellen / Sjøgangsbassenget og kavitasjonstunellen
- Dypvannsbassenget
- Flex-bassenget
- Konstruksjonslaboratoriet (dagens/nytt)
- Energi- og maskinerilaboratoriet (dagens/nytt)

Dette er investeringer som på lik linje med all annen instrumentering og målesystemer må fornyes med jevne mellomrom, anslagsvis hvert 5. år.

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. Investeringen i utstyr er nødvendig, men en forutsetning for å lykkes er å få de rette kompetansehevende prosjektene. Her kan det være smart og kanskje nødvendig å samarbeide med etablerte aktører innen feltmålinger fra andre fagområder (vær, klima, is, biologi, salinitet, strømforhold på grunt/dypt vann etc.).



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.