

Hav

Forfattere: Anders Endal, Geir Johnsen, Tobias King,
Leif Lundby og Asgeir J. Sørensen



Framtidige utfordringer i havromsteknologien

Et hav av muligheter

Også for deg

Havromsteknologi

Innhold

Utfordringer og muligheter.....	2
Globale megatrender.....	4
Norge er allerede i dag en stormakt til havs,.....	6
og skal i neste tiår bli verdensledende i havrommet.....	7
Skipsfart og skipsoperasjoner i fremtiden – mer miljøvennlige, men også mer krevende.....	8
Olje- og gassutvinning i fremtiden – eventyret fortsetter.....	12
Fiskeri og havbruk i fremtiden – om få år vil fisk bli Norges nest viktigste eksportvare.....	14
Fornybar energi fra havet i fremtiden.....	16
Havromskartlegging og overvåking av marine ressurser og miljø.....	18
Marin mineralkartlegging og utvinning i fremtiden.....	20
Muliggjørende teknologier.....	21
Alt dreier seg om kunnskap.....	22
Et fagområde med mange muligheter.....	23
Hva er bærekraftig utvikling? Visjon !	
Referanser.....	24

Utfordringer

Menneskeheten står ovenfor store utfordringer, som global oppvarming, en økende verdensbefolkning og mangel på naturressurser

Med store utfordringer kommer også store muligheter, blant annet muligheten for deg til å utgjøre en betydelig forskjell



og muligheter

I dette kapitlet skal vi se inn i krystallkulen, og der vil vi se at disse mulighetene ligger i havet



Globale megatrender

Klima og miljø

Klimaforandringer er ikke noe du kan kjenne på kroppen fra år til år. Men forandringene er et faktum og blir mer og mer målbare ettersom teknologien utvikler seg med presise kartleggings- og overvåkingssystemer. Det ventes en økning av klimagassutslipp på 20 prosent innen 2020 og forskere har konkludert med at dramatiske klimaforandringer er uunngåelig de neste 30—50 årene. Konsekvensene vil være alvorlige, havnivået kan stige så mye som 1,8 meter innen århundret er omme, og vi står ovenfor økende grad av ekstremvær.

Utfordringen med klimaforandringer er todelt, man må tilpasse seg forandringene som allerede er irreversible og samtidig kutte utslippet av drivhusgasser for å hindre enda større skade for framtidige generasjoner. Hvorvidt man snakker om økende havnivå, ekstremvær eller issmelting, er kunnskap innen havromsteknologi sentralt.

Mat

Verdens befolkning kommer til å øke fra 7 mrd. i 2012 til 9 mrd. i 2044. Den grønne revolusjon på 1960-tallet la grunnlag for en sterk økning i kornproduksjonen, noe som bidro til at antallet underernærte i verden avtok. Men den ble også grunnlaget for industrielt landbruk, med økte vannbehov, kraftig bruk av kunstgjødsel, fossil energi og sprøytemidler. Artsmangfoldet er sterkt redusert. 90 % av matproduksjonen i verden kommer fra 15 planter og 8 dyrearter. Forurensning og erosjon ødelegger årlig landbruksareal tilsvarende det totale arealet av Benelux-landene. I dag stiger antall underernærte igjen, og flere dør av feilernæring. Klimaendringer med tørke og smelting av isbreer i Himalaya påvirker vannføringen i elvene. Vanning av jordbruksarealer med grunnvann i USA, India og Kina har ført til at disse reservoarene tømmes. Tilgangen på mineraler til kunstgjødsel er svært begrenset.

I havet er det rikelig med areal, vann og nærings-salter. Havet vil derfor bli stadig viktigere for produksjon av biomasse til mat, fôr og energi-produksjon.





Energi

Å skaffe nok energi på en miljøvennlig måte og til overkommelig pris også for U-land, er en av menneskehetens største utfordringer. De neste 10 årene ventes verdens energibehov å øke med nesten 20 prosent, mest på grunn av vekst i land som Kina og India. Dette behovet vil nok dessverre først og fremst bli dekket av fossile brensler.

Det neste tiåret er kritisk, det er nå man må ta det første skrittet mot utbygging av fornybar energi i stor skala. Store ressurser brukes på forskning innen biodrivstoff, solenergi og kjernekraft. Utbygging av vindkraft er allerede underveis og kan utgjøre 8 prosent av verdens energiproduksjon innen 2020, spesielt på grunn av de stabile vindforholdene man får i offshore vindturbinparker [0.3]. I tillegg er det muligheter til å utnytte bølger og havstrømmer til produksjon av energi.



Råvaremangel

Med flere U-land som nærmer seg levesettet i dagens I-land, får vi en økende konkurranse om verdens råvarer. Med dagens utvinning av råvarer vil vi i 2020 trenge 2 planeter for å opprettholde levemåten vår. I dag mister vi skogområder på rundt 130 000 kvadratkilometer i året. Dette er et område tilsvarende arealet til Hellas, og mangel på ferskvann ventes å dominere internasjonal politikk de neste tiårene. Alternative energiløsninger krever ofte sjeldne jordmetaller til bruk i blant annet elektriske motorer, batterier og solceller. Disse metallene er det stor etterspørsel av allerede i dag, og er en ressurs som ikke kommer til å vare evig. Økt utvinning av metaller fra havbunnen vil derfor bli interessant i framtiden. [0.3]



Transportbehov

Utslipp fra transport av folk og varer er en av hovedårsakene til global oppvarming og helseskadelig lokal luftforurensning. Skipet er motoren i verdenshandelen. Sammenlignet med transport på vei, jernbane og i luft er maritim transport mest effektiv og miljøvennlig, målt i kostnader og utslipp per kg fraktet gods. Dette transportbehovet ventes å øke kraftig i de neste tiårene, samtidig er en økende del av verdensbefolkningen avhengig av personbil til transport. Spørsmålet er om vi i framtiden kan dekke disse transportbehovene samtidig som vi kutter forbruket av fossile brensler.

Norge er allerede i dag en stormakt til havs

Kjernevirksomheter (næringer):

Skipsrelatert virksomhet (skipsfart, skipsoperasjoner, skipsbygging og skipsutstyr)

100 000 sysselsatte
71 milliarder kr i eksportverdi

Omfatter virksomhet som dreier seg om norskeide/norskdrivne **skip**:

- Transport til havs (nærskipsfart og utenriks, deepsea skipsfart)
- Assistanse til operasjoner til havs, særlig i offshorevirksomheten
- Virksomheter som knytter seg til et skip før det begynner å seile (design, bygging, produksjon og montering av utstyr, osv).

Olje- og gassutvinning

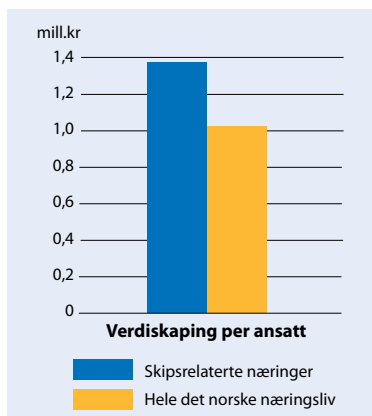
120 000 sysselsatte
481 milliarder kr i eksportverdi

Vi tenker da på utvinning av jordolje og naturgass fra den norske kontinentalsokkelen, altså Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Vi ser at det dreier seg om enorme verdier. Eksportverdien utgjorde 64 % av landets totale eksport og er hovedårsaken til at Norge hvert år har en meget gunstig handelsbalanse og har blitt et av verdens rikeste land.

Fiskeri og havbruk

13 000 sysselsatte
54 milliarder kr i eksportverdi

Dette er den tredje største gruppen av varer og tjenester som Norge eksporterer. Alle de tre største gruppene kan altså knyttes til landets virksomhet til havs. Havbruk er en virksomhet som ekspanderer enormt, slik at "fisk" vil bli den nest største gruppen om få år. Samlet sett utgjør de tre gruppene i dag nesten 80 % av landets eksport.



Kunnskapsbaserte næringer

Bak hver av de tre næringene står en vrimmel av relevante bedrifter som sammen danner såkalte næringsklynger. Vi symboliserer derfor næringene med tau, bygget opp av flere fibre. Bedriftene karakteriseres av at de er kunnskapsbaserte og at de dermed krever stor kompetanse hos ansatte. Dette medfører blant annet at verdiskapingen per ansatt blir høyere i disse næringene enn for resten av norsk næringsliv. Næringene er også globale i sine operasjoner, med aktiviteter i alle verdensdeler.

Figuren til venstre gjelder for skips- og skipsrelatert virksomhet i 2009, fra [0.8].

Norge skal i neste tiår bli verdensledende i havrommet

Les mer om
morgendagen
på sidene
0-8/11

Les mer om
morgendagen
på sidene
0-12/13

Les mer om
morgendagen
på sidene
0-14/15

Nye virksomheter (Les mer på sidene 0-16/20)

**Fornybar energi
fra havet**

**Havkartlegging og
overvåking**



Kilder (se side 0-24)

Framtidig utvikling, som beskrevet på etterfølgende sider, er basert på følgende kilder:

- Strategiplan fra Institutt for marin teknikk, NTNU [1]
- Maritim 21 [0.2]
- DNV Technology Outlook 2020 [0.3]
- Verdiskaping basert på produktive hav i 2050 [0.6]

Skipsfart og skipsoperasjoner i framtiden -mer miljøvennlig, men også mer krevende

Skipsdesignere står overfor noen spennende tiår. Høye drivstoffpriser, internasjonale regler som begrenser utslipp, og åpning av et nytt og rikt havområde i nord, gjør at havromsingeniørene må vende tilbake til tegnebrettet.

Spredte eksempler på hva den framtidige utvikling kan medføre for skip og skipsfart er vist på sidene 0-8/9/10/11.

Skipsfarten blir mer brenseløkonomisk og miljøvennlig

Selv om skipet oftest er det mest miljøvennlige transportalternativet, står skipsbransjen for 2 til 3 prosent av verdens utslipp av CO₂ og for store deler av den lokale luftforurensningen i form av partikler og gasser som NO_x og SO₂. Som vi ser i de følgende eksemplene, finnes det flere alternativer for å redusere et skips drivstofforbruk.



Optimaliserte skrogformer og radikalt nye konsepter med f.eks. hulrom i skrogets bunn, fylt med luft, reduserer friksjonsmotstanden mot vannet.



Laminater bestående av metaller og fiberarmerte materialer, kan redusere tyngden på skipsskroget og dermed også brenselsforbruket.



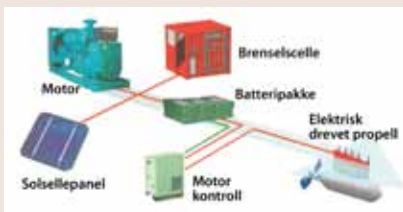
Nye balastsystemer. Bruk av ballastvann forbedrer skipets styrke, stabilitet og sjøegenskaper i ulastet tilstand, men øker brenselforbruket og utgjør en trussel for havets økologiske systemer.



Optimalt propulsjonssystem reduserer energitapene i systemet. Ulike kombinasjoner av konvensjonelle propeller, podder, elektrisk og mekanisk propulsjon kan skreddersys til ulike skipstyper og gir gode virkningsgrader over et større driftsområde.

Slankt skrog reduserer framdriftsmotstanden. Seil og solcellepaneler gir tilskudd av fornybar energi til framdriften





Mange skipstyper kombinerer elektrisk og mekanisk energi, kall det gjerne en "seilende Prius". Dette gir gode virkningsgrader og lavt brenselforbruk over et stort driftsområde. Det er også mulig å koble på andre energi-producenter, som f.eks brenselceller og solpaneler.



Seil og kite er andre eksempler på bruk av fornybar energi til skipsdrift. For 150 år siden foregikk all verdenshandel med seilskip. På tide å prøve igjen? Kan vi se for oss en renessanse der gamle løsninger kombineres med ny teknologi?

Skipsoperasjonene i olje/gassvirksomheten blir mer krevende

De to viktigste anvendelsene av skip:

- Skipsfart, det vil si transport av gods, varer og mennesker
- Skipsoperasjoner, det vil si assistanse fra havoverflaten av operasjoner som er nødvendige for utbygging og produksjon i olje- og gassvirksomheten. Disse blir vesentlig mer krevende etter hvert som aktiviteten stadig flyttes nordover og til større dyp. Dette gjelder både antall skip som deltar og kompleksiteten av operasjonene



Den norske offshoreflåten vil vokse ytterligere. Høyteknologiske serviceskip av alle typer med topp, avansert utstyr kan settes inn i krevende operasjoner i de fjerneste og vanskeligste farvann.

Nordområdene åpner seg for oss veldig fort

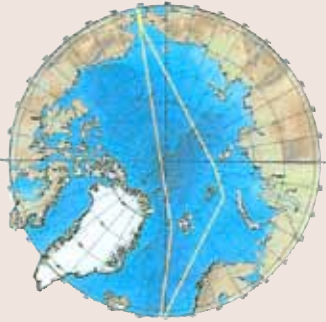
På grunn av global oppvarming kan Arktis være isfri allerede om noen år. Det vil si at vinterisen vil være under ett år gammel og dermed relativt enkel å bryte seg gjennom. Den generelle utfordringen er å gjøre inntoget i Arktis så forsvarlig som mulig. Derfor må vi utvikle kunnskap, teknologi og regelverk som setter oss i stand til å operere i krevende farvann med ekstrem kulde, mørke og langt fra infrastruktur på land.



Beredskap av isbrytere blir viktig. Sideveis isbryting gir en bredere råk.



Skipsoperasjoner i Arktis vil kreve skip med nytt design. Kanskje blir de lukket slik at de fleste arbeidsoperasjonene kan foregå innendørs? Hvordan lage gode skrogformer som fungerer godt i is og åpent farvann?



Et skip som seiler fra Yokohama til Rotterdam over Arktis i stedet for om Suezkanalen, kan spare 35 % av brenselsforbruket.



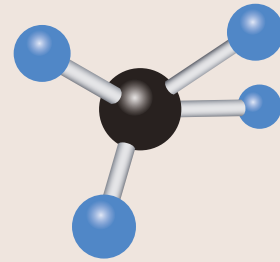
Det kan også bli aktuelt å frakte LNG over polhavet.



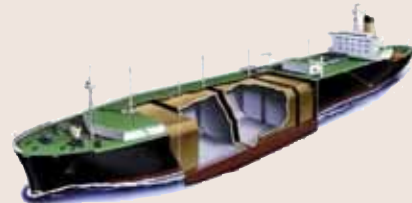
Store deler av arktiske farvann ligger langt bort fra annen infrastruktur. I tillegg karakteriseres de av ekstremvær, kulde, is og mørke. Det kreves grundige risikoanalyser i forkant av operasjoner. Skipsmanøversimulatoren i Trondheim gir realistiske treningsmuligheter for forvann med is.

LNG er framtidens drivstoff for skip

Med LNG (Liquid Natural Gas) som brensel kan CO₂ utslipp reduseres med 25%, NO_x-utslipp med 90%, mens SO₂ og partikkelutslipp nærmest kan elimineres. Norske forskere, politikere og næringsliv har som mål at Norge skal være verdensledende innen bruk og transport av gass. Bruk av gass vil øke kraftig også i andre sammenhenger i verden, og en stor del av denne gassen vil komme fra Norge og fraktes på "norsk kjøll".



Hva er LNG? I naturgassen er det fire typer gasser. Den letteste er metan (CH₄). Skal metan transporteres, må det skje enten i rør, i form av komprimert gass (CNG) eller ved å kjøle ned gassen så den går over i væskeform (LNG, Liquefied Natural Gas).



To konstruktive løsninger for transport av LNG i skip.



Norsk forskningsprogram: "LNG – Distribusjon og bruk"

Forskningsområder:

- Bruk av LNG i hovedmotorer og hjelpemotorer
- Bunkringsystem for LNG
- Lagring av LNG i skip
- Transport av LNG

Mål i 2020:

- 30 % av norsk nærskipsflåte bruker LNG
- Kompetanse og erfaring på LNG utvikling, drift og distribusjon har blitt en egen "eksportvare" for Norge

Forskningsprogram for næringsliv og forskningsinstitusjoner. Programmet skal innen 2020 gjøre Norge verdensledende på LNG-drift av skip og transport av LNG. Fra [0.2]

Innovativt, robust og fleksibelt

Den norske, maritime næringsklyngen, inklusiv forskningsmiljøene, kjennetegnes allerede i dag av stor oppfinnsomhet

og kreativitet. Denne evnen vil forsterkes ytterligere.

På NTNU satses det nå mot et mål om selvstyrte, ubemannede fartøyer og full automatisering av andre systemer til havs.



Større bruk av ubemannede fartøyer med automatiske og intelligente styringssystemer er fremtiden, ifølge NTNU. Her er et glimt fra forsknings-aktiviteter i Kybernetikklaboratoriet ved Marinteknisk senter, NTNU.



Væsketransport med ubemannet farkost uten propell. Framdriften etterligner fiskens bevegelser. Overflaten er skjellbelagt for å redusere framdriftsmotstanden.

Framtidige kyst-samfunn

Kystsamfunnet vist nedenfor baseres i stor grad på fornybare energikilder, som vindkraft, bølgekraft og varmepumper basert på sjøvann. Ferger, fiskebåter og transport til lands bruker for det meste LNG. Mange kystsamfunn i Norge startet med et skipsbyggeri. I de siste par tiårene har selve skrogene ofte blitt bygget i lavkostland og slept hjem for utrustning ved modervertet. I fremtiden vil det derimot bli mer aktuelt å flytte skrogbyggingen hjem igjen og la store deler av arbeidet gjøres av sveiseroboter. Innovasjon blir altså et konkurransefortrinn i vårt høykostland. Vi regner med at 80 prosent av nybyggingen i Norge vil være offshoreskip, proppfulle av avansert utstyr som i stor grad også er norskprodusert.



Olje- og gassutvinning i framtiden – eventyret fortsetter

Fossile brensler (olje, gass og kull) kommer nok til å være den dominerende energikilden også i de kommende tiårene. I 2020 ventes energiproduksjonen fra fossile brensler å stå for 79 prosent av verdensbehovet.

Mens vi venter på inntoget fra fornybare energikilder, er det viktig å utvinne og forbrenne de fossile brenslene med så lav miljøinnvirkning som mulig. Samtidig tar jakten på olje og gass oss til mer krevende brønner, dypere hav og til arktiske strøk. Mulighetene står i kø for en ingeniør innen havromsteknologi. Noen eksempler fra utviklingen er vist her.

Leting etter mer olje og gass vil fortsette, med fokus på sikkerhet og miljø

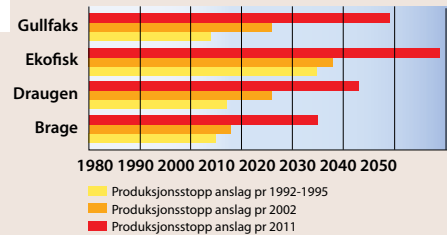
Med bedre leteteknologi og kunnskap gjøres stadig nye funn både i såkalte "modne" havområder (hvor drift allerede foregår) og i nye, krevende havområder (se neste side). Selv så langt inn i framtiden som i 2030, vil olje- og gassressursene fortsatt utgjøre 80% av nivået i 2012.



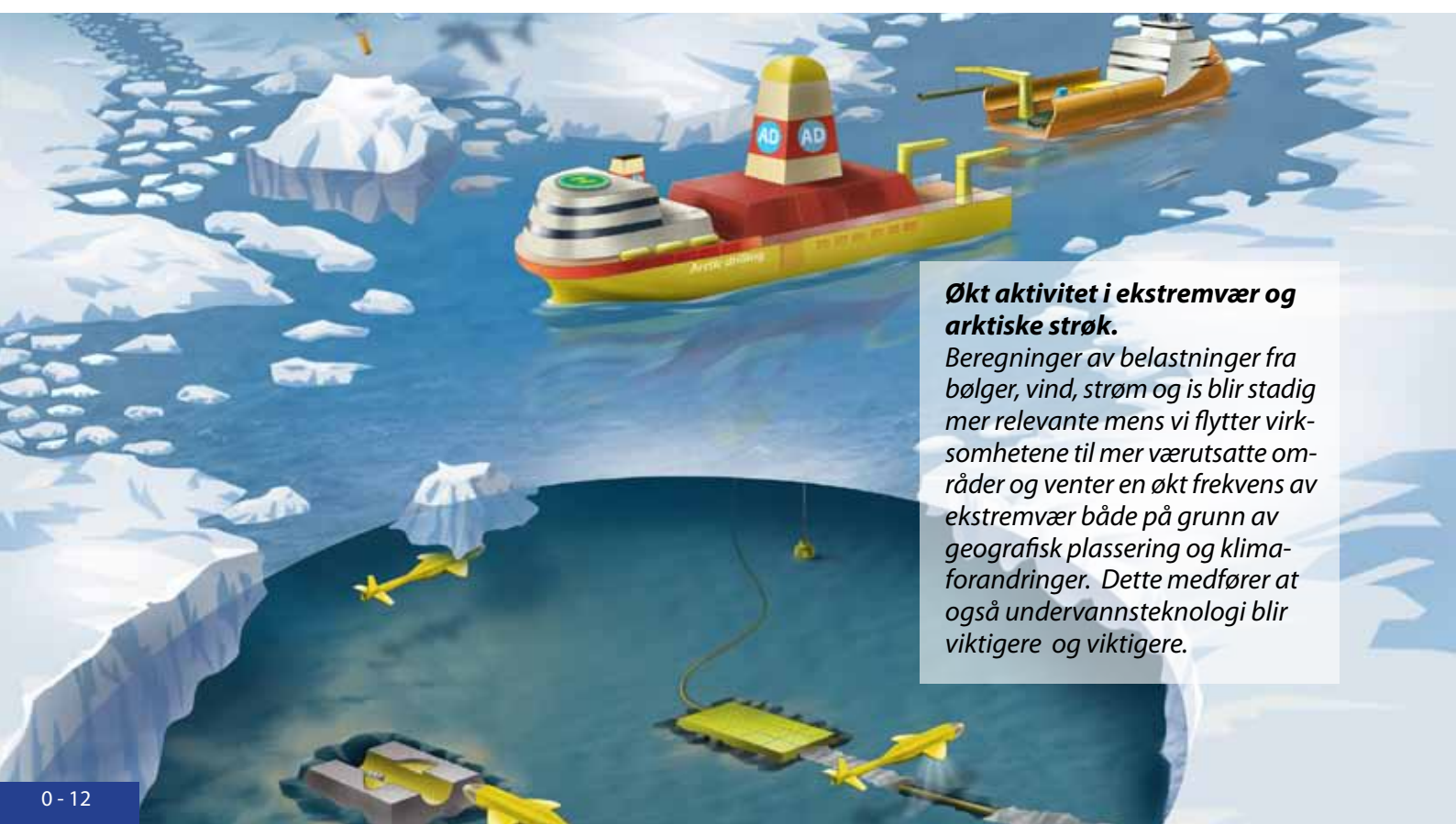
Avisene "slår på stortromma"! I 2011 fikk vi Avaldsnes-funnet, det tredje største noen gang i Nordsjøen. Også i Barentshavet er det allerede funnet olje og forskerne tror mye mer vil bli funnet.



Også Arktis er et meget løfterikt område for nye olje- og gassfunn.



Nye teknologier har stadig gitt økt utvinning også fra "modne" felt. Viktigst har det da vist seg å øke trykket i reservoarene ved hjelp av store kompresorer (økt trykkstøtte). Disse kan ettermonteres på plattformer eller på havbunnen like ved brønnhodet, jf. eksempel øverst på neste side.

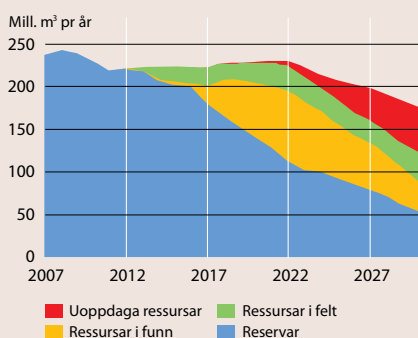


Økt aktivitet i ekstremvær og arktiske strøk.

Beregninger av belastninger fra bølger, vind, strøm og is blir stadig mer relevante mens vi flytter virksomhetene til mer værutsatte områder og venter en økt frekvens av ekstremvær både på grunn av geografisk plassering og klimaforandringer. Dette medfører at også undervannsteknologi blir viktigere og viktigere.



Trykkstøtte fra kompressorer montert på havbunnen er et relativt nytt teknologisprang for å gi økt utvinning på mange av feltene. En slik løsning er planlagt blant annet for Ormen Lange-feltet. Når kompressorene settes i gang i 2020, vil gassproduksjonen komme til å øke betydelig. Fra [0.7]



Utvikling av norske olje- og gassressurser fram til 2030. Fra [0.7]

Produksjonen av olje og gass på norske felt vil fortsette på en ren, energieffektiv og sikker måte

Norge opprettholder sin posisjon som den "flinkeste i verden" til å produsere olje og gass uten at CO₂-utslippene blir uakseptable.



CO₂ utslipp (kg) pr m³ produsert olje/gass

Dette oppnås ved at energibehovet ved drift av feltene tilstrebes å bli dekket ved elkraft fra land i stedet for fra egen produksjon på plattformene. Videre har Statoil teknologi som gjør det mulig å unngå avbrenning av gass på feltet ("fakling"). De lave CO₂-utslippene er et stort konkurransefortrinn når Statoil satser på deltakelse på utenlandske felter.

Utbygging og produksjon vil flyttes til nye og krevende havområder

Flytende boreskip og rigger kan på 3000 meters vanddyb nå reservoarer av olje og gass som ligger 10 000 meter under havnivået, samtidig som det er ekstremvær på overflaten eller riggen befinner seg i arktiske strøk. Sammen med Brasil og USA er Norge ledende på subsea systemer (undervannssystemer). I de neste årene vil denne posisjonen forsterkes ytterligere, når prosesseringen av brønnstrømmen (utskilling av sand og vann, og separering av olje og gass) også vil foregå på havbunnen. I tillegg kommer også kompressoranlegg for trykkstøtte og de vanlige betjeningsorganene for et eller flere brønnehoder. Alt dette vil si at det egentlig bygges opp komplette fabriker på havbunnen. Figuren nedenfor viser hvordan Statoil ser for seg en komplett havbunnsfabrikk. Transport til markedene kan skje via rør eller opplasting av skip på overflaten.

Statoils havbunnsfabrikk er et teknologisk underverk

Det er vanskelig å forestille seg hvordan man kan montere sammen en fabrikk på havbunnen i stummende mørke ved hjelp av ubemannede undervannsfartøyer og lyskastere. Spesielt med tanke på at prosessene kontrolleres fra et fartøy på overflaten opptil 3000 meter oppe, hvor det kan være variabelt vær.



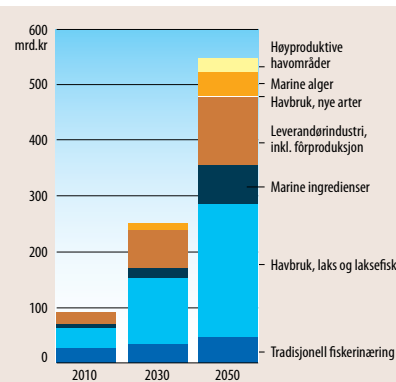
Fiskeri og havbruk i framtiden - om få år vil fisk bli Norges nest viktigste eksportvare

For fiskeriene vil hovedutfordringene i framtiden være å regulere uttaket av fisk slik at bestandene ikke overbeskattes. Dette er et stort problem for andre fiskerinasjoner, men Norge har vært flinkest i verden til å forvalte sine fiskeressurser. Vi kan derfor i framtiden opprettholde dagens fangstvolumer av tradisjonelle arter. Begynner vi å fiske på andre arter og dessuten blir flinkere til å ta vare på fisk og fiskerester som i dag kastes, er det imidlertid rom for betydelig øking i verdiskapingen i fiskeriene i årene som kommer.

Havbruk er en industri som vokser med omtrent 9 prosent hvert år. På grunn av strømforhold er norske farvann blant de mest ideelle i verden. I dag er oppdrettslaks en stor industri og en kjent matvare i hele verden, men fortsatt har vi bare sett toppen av isfjellet på hva havbruk potensielt kan produsere av mat.

Den enorme veksten i havbruk vil fortsette. I fiskeriene vil fangst på lavere nivå i næringskjeden øke.

Også på andre måter ventes en kraftig vekst og sjømatnæringen vil om få år bli Norges nest viktigste næring. Ser vi langt nok framover, mener mange at denne næringen til og med vil konkurrere med olje/gassnæringen om førsteplassen.



Framtidig verdiskaping i sjømatnæringen. Kilde: [0.6]



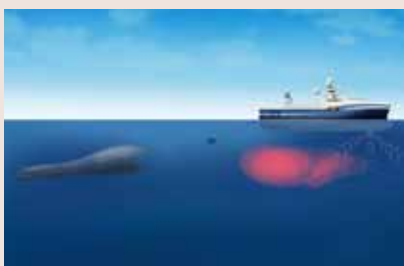
De tre største eksportnæringene i Norge er alle relatert til havromsteknologi. Figuren gjelder for 2010. Om få år vil den fantastiske utviklingen av havbruk sende eksport av fisk opp på 2. plass.



For hvert trinn i næringskjeden antas et energitap på 90%. Potensialet for matproduksjon er enormt om vi kan beherske oppdrett av småfisk eller dyrke/fange plankton for kost eller energi-produksjon.



Planktonfangst i framtiden: Fiskebåten legger ut nett, basert på data fra sensorer som kartlegger forekomstene. Utstrakt bruk av kybernetikk, ROV og AUV. Artists impression



Antarktisk krill inneholder super-viktige næringsstoffer, som kan brukes som kosttilskudd. Denne fiskebåten er meget avansert, er 70 meter lang og har fem dekk. Foredlingen av krillen skjer om bord. De viktigste sluttproduktene kan koste mer enn 1000 kr/kg



Det holdes konstant fokus på bærekraftighet. Oppdrettsnæringen er storforbruker av vilt fanget fisk til fôr. I fremtiden vil vi måtte utvikle fiskefôr som bedrer bærekraftigheten. Samtidig må det jobbes for å stanse rømming av oppdrettsfisk som truer den ville fiskebestanden. Bekjempelse av sykdommer er også av største viktighet.

Stor teknologiutvikling i fiskeriene

Denne vil primært være knyttet til de minste fiskebåtene. Sjarker erstattes av større båter, med bedre plass til etterbehandling av fangsten ombord og med muligheter for bruk av selektive og flere typer fiskeredskaper samtidig.

Økende bruk av LNG som brensel kommer trolig både i små og større båter. Alt dette bedrer energieffektiviteten pr. kg fanget fisk, noe som er av sentral betydning for en videre bærekraftig utvikling. Fiskefangst er nemlig energikrevende, og gir derfor store CO₂-utslipp per kg fisk.



Framtidens sjark kan bli dobbelt så stor som før (2–3 konsesjoner slås sammen).

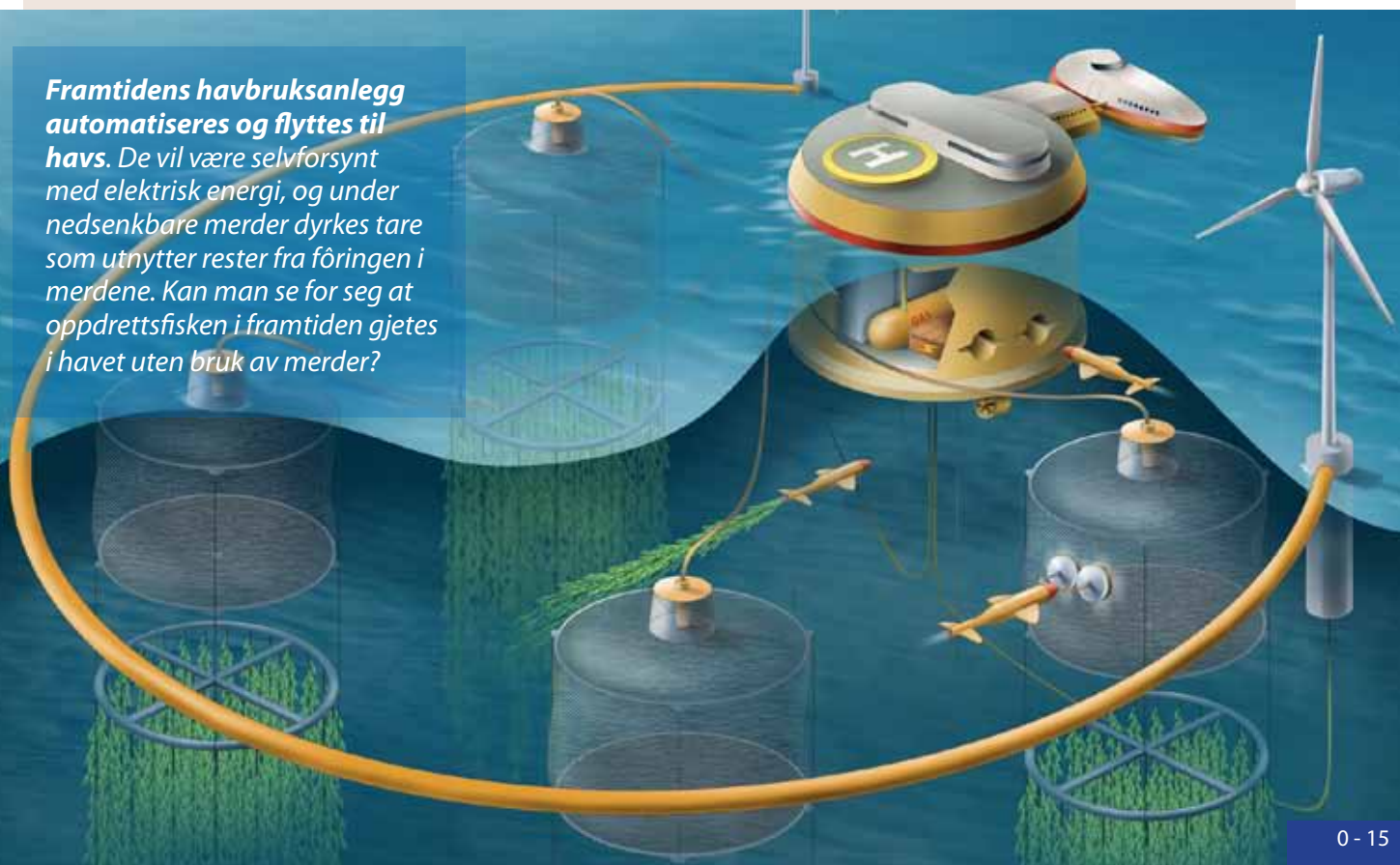
Anleggene for fiskeoppdrett vil gjennomgå store forandringer

Videre teknologiutvikling innen havbruk vil gi anlegg som vokser i størrelse. Lukkede anlegg kan også bli aktuelle, se side 0-10. Nedsenkbare merder vil bli vanlig, og teknologier fra offshore-næringen vil utgjøre en stor forskjell, som for eksempel kybernetikk, automatisering, bruk av undervannsfartøyer og spesial-designede servicefartøyer.



Havbruksanleggene vil flyttes til fjerntliggende lokaliteter. Dette vil avlaste kystsonene, minske lokal forurensing fra fiskefôr, redusere smittefaren og separere oppdrettsfisk fra andre økologiske systemer. Merden senkes ned i dårlig vær. Den er forankret i bunnen.

Framtidens havbruksanlegg automatiseres og flyttes til havs. De vil være selvforsynt med elektrisk energi, og under nedsenkbare merder dyrkes tare som utnytter rester fra fôringen i merdene. Kan man se for seg at oppdrettsfisken i fremtiden gjetes i havet uten bruk av merder?

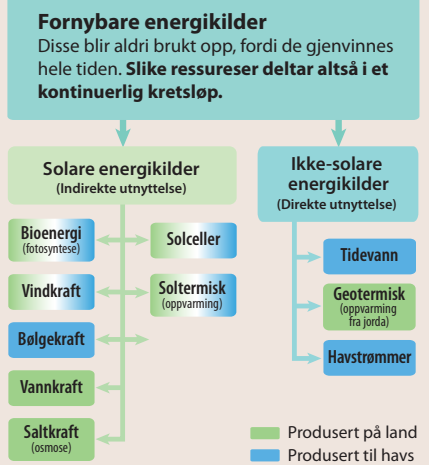


Fornybar energi fra havet i framtiden

Havrommet er fullt av fornybar energi i form av vind, bølger, strømmer og biologisk materie som vi har muligheten til å utnytte på en miljøvennlig måte. Per dags dato er det tøft å konkurrere mot fossile energikilder på kostnadseffektivitet, men i det neste tiåret ventes oppstarten av flere store prosjekter, som sammen med teknologiutvikling vil få ned kostnadene. Storbritannia planlegger å bygge rundt 10000 vindturbiner det neste tiåret, og investeringer i vindkraft i USA og Kina ventes å nå henholdsvis 850 og 2250 milliarder kroner innen 2020. Norge ligger også i startgropa.

Bølgekraft er annen interessant fornybar energikilde. Dette gjelder særlig for Norge, som har en både lang og værutsatt kyst. Det finnes en lang rekke forskjellige metoder for konvertering av bølgekraft til elektrisk energi.

Havet kan også brukes til produksjon av bioenergi. Dette er spesielt interessant fordi vi på sikt må forbeholde jordas landarealer til matproduksjon.



Oversikt over fornybare energikilder. De viktigste av havenergiene (blå) er vindkraft og bølgekraft. På sikt kan også bioenergi fra tare og andre planter i havet bli viktig. Bruk av solceller forutsetter store arealer, se side 0.8.

Vindkraft. Økende størrelser, dypere vann

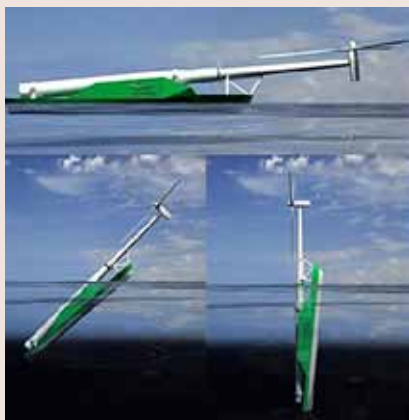
Ved å gjøre vindturbinene flytende, er det enklere å øke størrelsene og plassere dem på steder med optimale forhold. De vil komme til å ha enda "smartere" design enn i dag, med bl.a. bedre regulering av rotorbladene og med turbinen direkte koblet til den elektriske generatoren (uten gir).



Verdens største vindturbin, Hywind, på 10 MW skal utplasseres i 2013. Den vil flyte som en halvfull flaske, men være forankret til bunnen. Rotorbladene utgjør en sirkel med 145 m i diameter og sentrum 162 m opp.



Det arbeides med planer og uttesting av flere typer vindmøller og bølgekraftverk for utplassering i havet. Disse kan kobles sammen til en sentral overføring av elektrisk kraft mot land. Visste du at styring av vindmøller ligner på styring av propeller på skip?



Transport og utplassering av vindturbin. Både skipet og turbinens understell bruker regulering av ballastvann ombord for å oppnå den vertikale sluttstillingen. Systemet er designet av en gruppe marinstudenter ved NTNU.

Les mer på: www.windflip.com

Bølgekraft, mange konsepter

Også når det gjelder bølgekraft, er Norge med sine kystområder svært heldig stillet. Hovedutfordringen blir å finne fram til de mest økonomiske og driftssikre konseptene.



Noen metoder for utnyttelse av bølgekraft til produksjon av elektrisk energi. Dette er bare et svært lite utvalg.



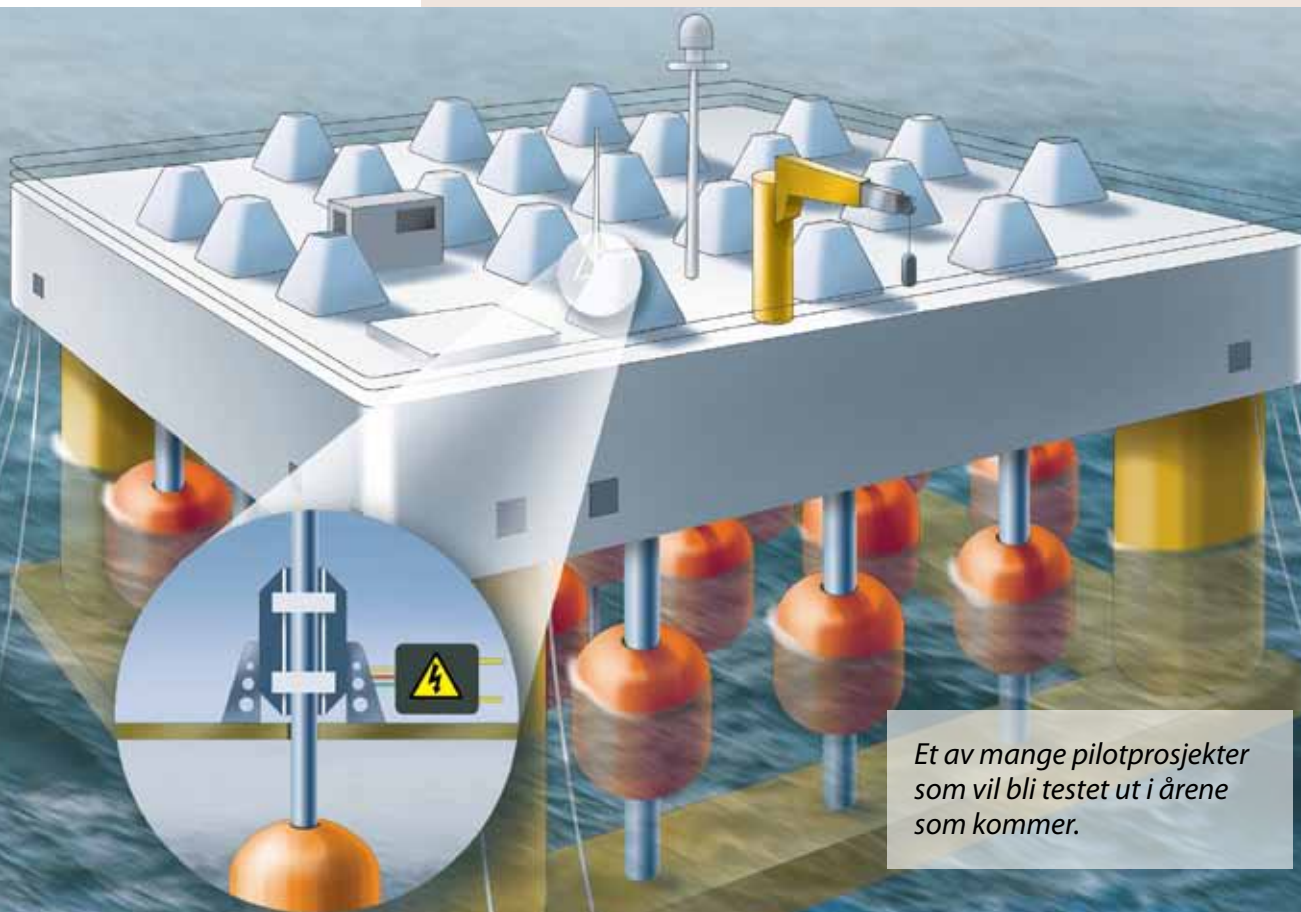
Eksempel på utnyttelse av bølgekraft til framdrift av skip. Ikke uventet er det, som i eksemplet ovenfor, mange metoder og systemer å velge mellom. Hovedutfordringene er driftssikkerhet og lønnsomhet.

Bioenergi fra havet

På sikt bør landområder på jorda brukes til produksjon av mat og ikke til energi. Derfor er planter som vokser i havet, f.eks. tang og tare, ekstra spennende. Norge har en lang kyst og tareveksten forbruker 8—10 tonn CO₂ per hektar per år. Dette er like mye som regnskog forbruker. Store arealer vil være tilgjengelige for dyrking.



Biobrensel fra tare kan bli et karbonnøytralt brensel for skipsmotorer. Norges lange kystlinje egner seg godt til dyrking av denne "grønne energien fra havet".



Et av mange pilotprosjekter som vil bli testet ut i årene som kommer.

Havromskartlegging og overvåkning av marine ressurser og miljø

For å forvalte norske havressurser og regioner er det påkrevet å bruke ny teknologi for å kartlegge og overvåke store havområder med hensyn på havoverflate, vannkolonne og havbunn. For å få så god romlig oppløsning som mulig må målingene skje så nærme objektene av interesse, som mulig. Disse objektene kan være organismer, mineraler, vrak og andre fortidsminner., forskjellige bunntyper og eventuelle gasslekkasjer fra havbunn ved f.eks. CO₂ deponering.

Kartlegging og overvåkning av marine ressurser stiller store krav til FoU og anvendelser

Av denne grunn har NTNU med 5 fakulteter dannet AUR-Lab - Applied Underwater Robotics

Laboratory (NTNU's Laboratorium for anvendt robotteknikk) for å utvikle marine undervannsroboter, sensorteknologi og metoder for en mer automatisert identifisering, kartlegging og overvåkning av marine ressurser og havmiljø.

Mot automatisert kartlegging og overvåkning

Vi har nå et skifte av tenkemåte som går fra punktmålinger fra havgående fartøyer til bruk av undervannsroboter som er fjernstyrte (ROV, Remotely Operated Vehicles) - eller autonome (Autonomous Underwater Vehicles, AUV) som gir oss detaljerte målinger over store områder, inkludert 3D data av vannkolonnen. Dette gir oss en bedre forståelse av havstrøm-

mer, klimaprossesser, biologi, geologi, kjemi og arkeologi. For kartlegging og overvåkning av havoverflaten benyttes i tillegg skip, bemannede og ubemannede fly og satellitter.

I de siste årene har undervannsroboter vist seg å være viktige instrumentbærere for å gi oss målinger over større områder (0,1–1000 km²) av fysiske, kjemiske og biologiske variable. Slike roboter med optiske og akustiske sensorer er svært viktig i videre arbeid med integrerte teknologiplattformer for å få en bedre forvaltning og beslutningstaking av norske ressurser, inkludert integrert miljøovervåkning.

Integrert miljøovervåking kan muliggjøres ved bruk av ulike teknologier, som satellitter, ubemannede fly og skip, undervannsroboter og bunnfaste installasjoner.

Framtidens arbeidshes-ter utstyres med avansert teknologi

Vi går også mot en større bruk av autonome roboter over og under vann, ustyrt med sensorer som automatisk kan detektere forskjellige objekter av interesse. Disse autonome robotene med "intelligente" sensorer vil sende data til endebbrukere ved hjelp av stasjonære og mobile undervannskommunikasjonsnettverk. Likeledes kan robotene, mens data blir sendt til basestasjonene, lade opp sine batterier ved hjelp av "docking stations".

Utprøving og verifisering av nye metoder for kartlegging og overvåkning av økosystemer, mineralforekomster, kulturminner, olje og gass, og havbunnstyper vil bli utført ved "NTNU Subea senter" ved Trondhjem biologiske stasjon. Dette vil skje ved å bruke NTNU's forskningsfartøy RV Gunnerus for testing av roboter og sensorer ned til flere hundre

meters dyp i Trondheimsfjorden. Etter dette vil så robotene og sensorene kunne brukes på alle verdenshav med hensyn på kartlegging og overvåkning av store havområder.

Bio-prospektering, søken etter "ny medisin" fra dypet

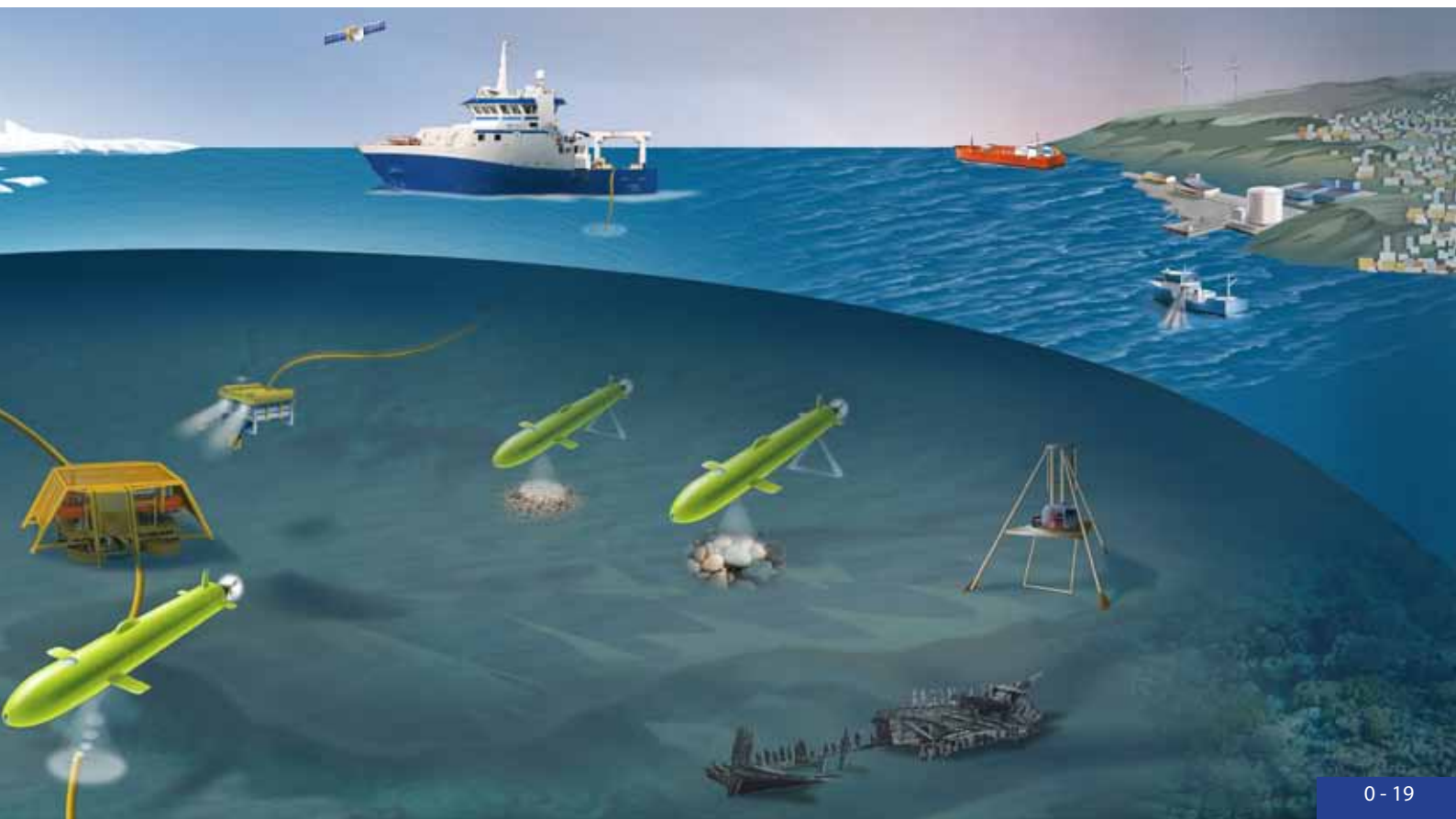
Bio-prospektering, hvor en leter etter nye organismer som inneholder nye uprøvede kjemikalier som kan brukes for eksempel innen nye typer antibiotika og kreftmedisin, er også en ny industri hvor en ved NTNU suksessfullt har brukt ROV teknologi til å identifisere og hente nye organismer fra store dyp til videre analyser i laboratoriet. Her har vi funnet nye typer antibiotika som dreper resistente sykehusbakterier og andre kjemikalier som har vært meget effektive innen blodkreftbekjempelse.

Havmiljømodeller og modellbaserte forvaltningsmetoder

Videre kan disse undervannsrobotene gi oss detaljinformasjon (3D) som kan brukes til å forstå og verifisere havmiljømodeller og utvikle modellbaserte forvaltningsmetoder.

Eksempler på spennende, framtdsrettede aktiviteter for dagens teknologiinteresserte ungdom

- Undervannsrobotikk - integrerte teknologiplatformer og sensorer
- Autonome systemer (under vann, overflate og fly) og operasjoner.
- Stasjonære og mobile nettverk for undervannskommunikasjon
- Metoder for kartlegging og overvåkning av økosystemer, kulturminner og havbunn
- Bio-prospektering av havrommet
- Havmiljømodellering og modellbaserte forvaltningsmetoder.



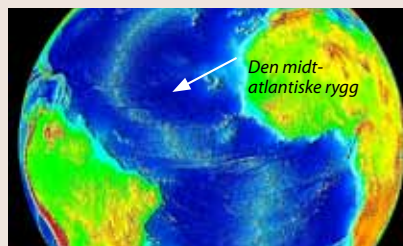
Marin mineralkartlegging og utvinning i framtiden

Allerede på slutten av 1800-tallet ble det oppdaget forekomster av mineraler på bunnen av dyp-havene. De fantes spredt utover, som opptil en desimeter store, sammenpressede klumper av sedimenter, rike på mangan og andre metaller. Forekomster av denne typen ble derfor kalt manganknoller eller mangan-noduler. En annen hovedtype mineralrike kilder på havbunnen forekommer som store, massive sulfidavleiringer. Disse finnes særlig i nærheten av tidligere vulkanske områder i dyphavene.

Interessen for disse forekomstene er sterkt økende. Ny teknologi gir reduserte kostnader både ved kartlegging og utvinning, fordi Norge kan utnytte sin kompetanse fra offshore installasjoner og drift. Det ventes derfor en økt satsing fra norsk side i årene som kommer.

I de neste årene starter for alvor kartlegging av dyphavene

Først må drivverdige forekomster kartlegges. Flere områder er allerede kjente og utvinning har begynt. Man er imidlertid sikker på at det finnes store forekomster som ennå ikke er oppdaget. Blant annet er tidligere vulkanske områder på begge sider av den midtatlantiske ryggen svært aktuelle. Kunnskaper om dannelse av mineraler på havbunnen må økes.



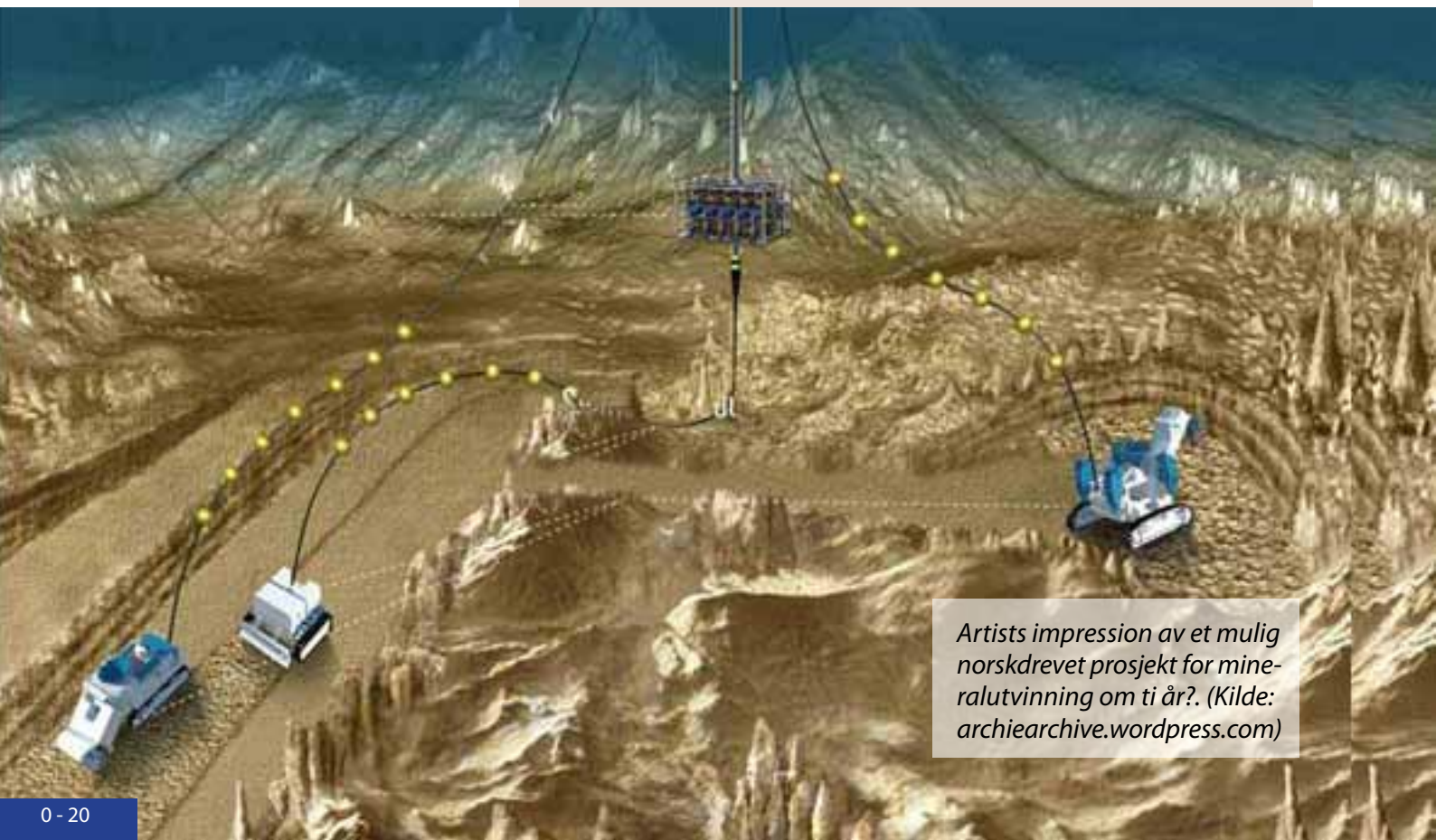
Den midtatlantiske ryggen alene gir enorme områder for kartlegging av mineralforekomster. Fra [0.5]

Hvordan utvinnes mineralene fra havbunnen?

Manganmodulene ligger mer eller mindre fritt på havbunnen og er i prinsippet relativt enkle å samle sammen av ROVER eller AUVer. De kan så enten suges opp gjennom slanger eller heises opp i kurver til et lasteskip på overflaten. Det samme kan gjøres med utgravninger fra sulfidavleiringer. Miljøkonsekvenser må utredes.



Mineralutvinning til havs. (Kilde: Hydro International)



Artists impression av et mulig norskdrevet prosjekt for mineralutvinning om ti år?. (Kilde: archiearchive.wordpress.com)

Muliggjørende teknologier

“The digital big-bang”

Den teknologiske utvikling skytter fart på mange områder i stadig større tempo. Ved å observere endringene i våre hjemlige omgivelser de siste 5-10 årene, vil vi raskt konstatere hvor fort utviklingen går, spesielt innen sensor, data- og kommunikasjonsteknologi. Dagens mobiltelefoner har f. eks. like stor regnekraft og beregningskapasitet som store datamaskiner hadde for bare noen få år siden.

Teknologisk utvikling

Når vi tar for oss teknologiske utviklingstrender, er det mange faktorer som spiller inn, se figur. Figuren er viktig i mange sammenhenger. Den forteller også hvordan NTNU har utviklet sin strategi for kjernevirksomhetene innen havromsteknologien.



Eksempler på drivkrefter, muliggjørende teknologier og kjerneteknologier i teknologiske utviklingsprosesser

Drivkrefter

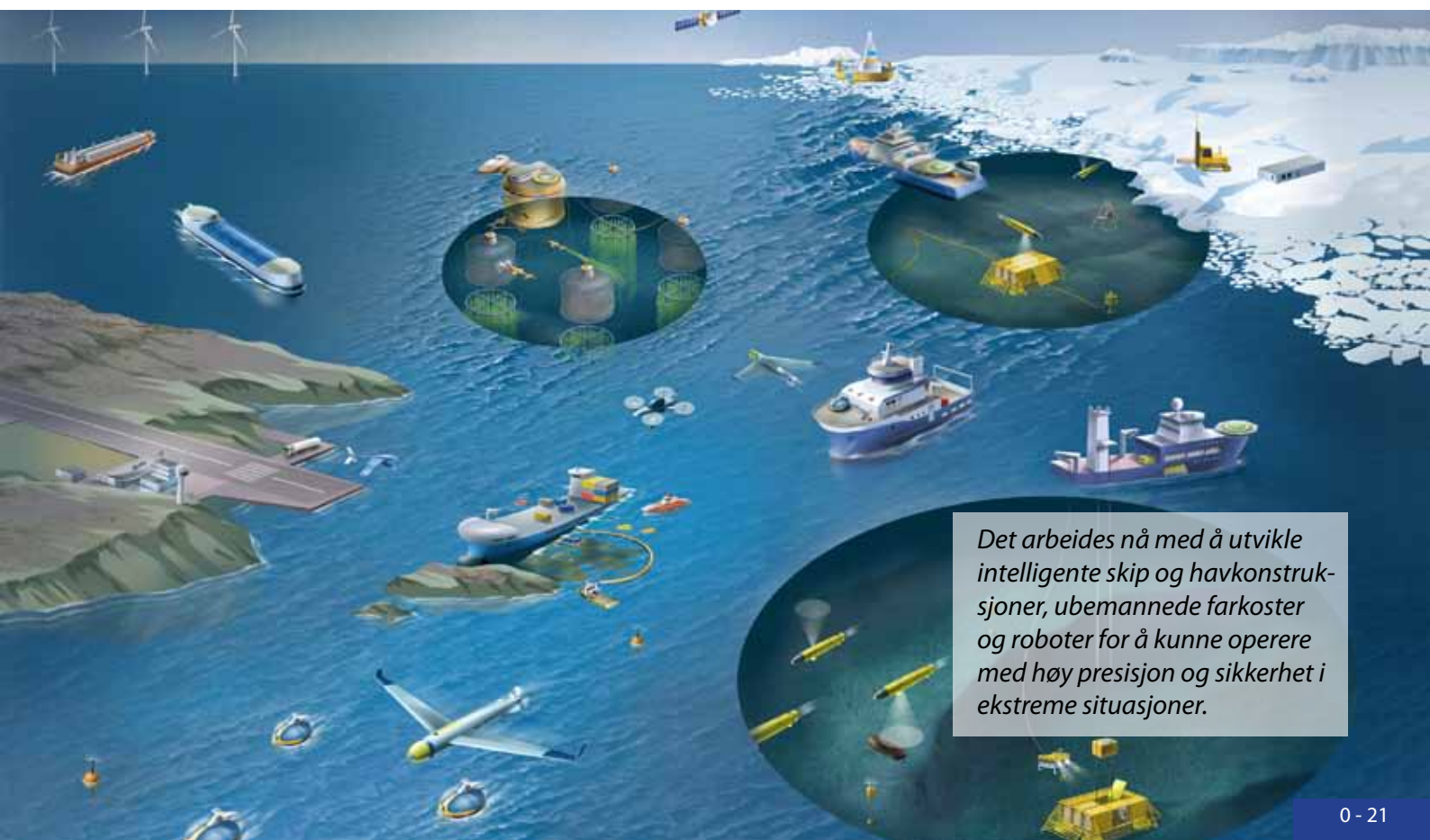
- a. Mat- og energitilgang
- b. Miljø- og klimautfordringer
- c. Økonomi- og handelsutvikling
- d. Rammebetingelser
- e. Tilgang på kunnskap
- f. Teknologi
- g. Uforutsette hendelser, ulykker
- h. Samfunnsmessige forhold

Muliggjørende teknologier

- i. Materialteknologi, nye typer
- j. Informasjons- og kommunikasjonsteknologi (IKT)
- k. Måle- og instrumentteknologi
- l. Bioteknologi
- m. Nanoteknologi

Kjerneteknologier i denne boka er knyttet til virksomhetene:

- n. Skipsrelatert virksomhet
- o. Olje-/gassutvinning
- p. Fiskeri- og havbruk



Det arbeides nå med å utvikle intelligente skip og havkonstruksjoner, ubemannede farkoster og roboter for å kunne operere med høy presisjon og sikkerhet i ekstreme situasjoner.

Alt dreier seg om kunnskap

Flerfaglig kunnskap er avgjørende for ny innovasjon

Integrasjon av disipliner og teknologier blir også stadig viktigere. Ved å integrere naturvitenskapelige felter som marin biologi, kjemi, geologi og arkeologi med teknologier, skaper vi helt nye muligheter for teknologiske gjennombrudd og bruksområder.

Kunnskap er kjernen i alt som vi gjør. På side 0-6 er gitt en oversikt over de tre kjernevirksomhetene som drives til havs, og det ble påpekt at disse i meget høy grad var kunnskapsbaserte. Dette betyr at de bedriftene/næringene som driver virksomhetene må ha ansatte med store kunnskaper og høy kompetanse.

Utdanning og forskning. Den nødvendige kunnskap skaffes ved kontinuerlig videreutvikling i bedriftene og ved ansettelse av personer med relevant utdanning fra ingeniørhøgskoler og universiteter. Disse institusjonene driver også forskerutdanning og forskningsvirksomhet i samarbeid med næringslivet. Framtidsvyene på sidene foran er basert nettopp på forskningsplaner fram til 2020 utviklet i et slikt samarbeid.

NTNU gir en omfattende undervisning innen alt som har med virksomhetene til havs å gjøre, se nedenfor. Den foreliggende boka, Havromsteknologi, er ment å motivere og inspirere elever i videregående skole til å velge studier innen teknologi i fortsettelsen av utdanningen.

NTNUs kompetanseområder

Fagområder ved Institutt for marin teknikk, NTNU:

Marin hydrodynamikk
 Marine konstruksjoner
 Marin cybernetikk
 Marint maskineri og forbrenningsteknikk
 Marin pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikehold og sikkerhet
 Marin design og logistikk
 Arktisk teknologi

Anvendelser av fagområdene:

Skipsfart og skipsoperasjoner
 Olje- og gassutvinning
 Fiskeri og havbruk
 Fornybar energi fra havet
 Havkartlegging og overvåking

Øvrige marinrelaterte fagfelt ved NTNU:

Marin akustikk, optikk, kommunikasjon og fjernmåling
 Marin biologi og kjemi
 Marin arkeologi
 Marin bioteknologi
 Marinforedling, prosessering og vannbehandling
 Teknologi og metoder for marin og maritim forvaltning

Eksempler på spennende, framtidsrettede aktiviteter for dagens teknologiinteresserte ungdom



- *Ligger på internett: www.marin.ntnu.no/havromsteknologi*
- *Enkeltkapitler kan skrives ut separat og tas inn i faget "Teknologi og forskningslære" eller andre fag i vgs. i passende omfang*
- *Er tilpasset fysikkfagene i studiespesialiserende retning med realfag i vgs., og viser hvor stor nytte man kan ha av disse fagene*
- *Legger stor vekt på beregninger som kan gjennomføres med det nevnte grunnlaget*
- *Gir et godt grunnlag for gjennomføring av prosjektoppgaver i "Teknologi og forskningslære", f.eks. "Den unge skipsdesigneren"*
- *Gir et godt grunnlag for deltakelse i den årlige, landsomfattende konkurransen Ocean Space Race i Havbassenget ved Marinteknisk senter i Trondheim*

Et fagområde med mange muligheter



Torbjørn Digernes, Rektor NTNU

- Norge er en liten nasjon i verden, men en stormakt på havet. Både innenfor skipsfart, petroleumsvirksomhet til havs, fiskeri og havbruk er Norge blant de store nasjoner i verden. Alle disse næringene er globale, og det finnes knapt bransjer med mer allsidige muligheter. Jeg kan derfor varmt anbefale marin teknikk som karrierevei for ungdom som ser etter et spennende yrke.
- Bruk tid på matematikken og fysikken i videregående skole – det er selve grunnlaget for ingeniøryrket. Men ikke glem norsken, du må kunne uttrykke deg skriftlig, og heller ikke engelsken, du må regne med å bruke engelsk som arbeidsspråk allerede fra studietiden.



Maren Kristoffersen, Det Norske Veritas på Høvik

- Jeg jobber i Det Norske Veritas (DNV) med skrog-godkjenning av bore-rigger. Arbeidet er variert, og strekker seg fra enkle håndberegninger til mer kompliserte analyser. Jeg startet i DNV som internasjonal trainee der jeg hadde tre ganger åtte måneders perioder i forskjellige avdelinger i DNV, hvorav en periode var i utlandet.
- Et høydepunkt i karrieren var å jobbe på verdt i Sør Korea i åtte måneder. Det var veldig spennende å oppleve en annerledes jobbhverdag enn min typiske kontorhverdag, og spennende å få oppleve en annen kultur og treffe andre nasjonaliteter.



Martin Brandshaug, STX OSV DESIGN i Ålesund

- Min karriere begynte som stabilitetsingeniør for Ulstein Design & Solutions AS. Der jobbet jeg i nesten to år, før jeg begynte i STX OSV Design.
- Jeg studerte på Marin Teknikk ved NTNU i Trondheim. Jeg likte realfag fra videregående, og tenkte at jeg burde velge sivilingeniør for å få dyrket den interessen. Tilfeldighetene plasserte meg på kystvaktskipet KV Svalbard under førstegangstjenesten, og dette var så inspirerende at jeg valgte å bli skipsingeniør. Det har jeg ikke angret på!



Fredrik Dukan, PhD stipendiat, Institutt for Marin Teknikk, NTNU

- Jeg jobber med automatisering av fjernstyrte undervannsfarkoster (ROV). Det vil si at jeg forsker på hvordan ROV'er kan navigere og gjøre operasjoner av seg selv uten en pilot som styrer den.
- Marin teknikk kan anbefales for deg som er interessert i teknologi og maritim industri. Sannsynligvis vil interessene dine endre seg etterhvert som du lærer mer, og du velger siden hvilke områder du vil spesialisere deg i. Det er mange felt innen maritim virksomhet der du kan gå i dybden.

Hva er bærekraftig utvikling?

Dette er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner til å få dekket sine behov

Visjon:

Norge er den mest attraktive lokalisering for globalt, kunnskapsbasert og miljørobust maritimt næringsliv.

Referanser

- 0.1 NTNU/iVT rapport: Fagplan 2011-2020.
Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi. 30.03.2012
- 0.2 Maritim 21: En helhetlig maritim forsknings- og innovasjonssatsing
Mai 2010. E-post: post@maritim 21.no
- 0.3 DNV: Technology Outlook 2020
- 0.4 Statistisk sentralbyrå. Statistisk årbok 2011 (www.ssb.no)
- 0.5 Wikipedia. Den frie encyklopedi
- 0.6 Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab / Norges Tekniske Vitenskapsakademi / Sintef: Verdiskaping basert på produktive Hav i 2050
- 0.7 Fakta. Norsk petroleumsvirksomhet 2012. Olje- og energidepartementet, Oljedirektoratet
- 0.8 Torgeir Reve, Amir Sasson: Et kunnskapsbasert Norge. Universitetsforlaget. Oslo. 2012