

## Kyst og Hav

Danmark er omgivet af kyst og hav til alle sider. Dette har været medvirkende til, at Danmark har en førende position indenfor traditionel vandbygning som fx. havnebyggeri, brobygning, marin infrastruktur, kyst og stormflodssikring.

Gennem de senere år har anvendelsen af de marine områder ændret sig i takt med udbygning af offshore vindmøleparker, marin akvakultur, større udnyttelse til rekreative formål og øget kystpåvirkning på grund af klimaændringer.

Denne udvikling vil tage til i de kommende år. I takt med den stigende udnyttelse af kysterne bliver der stillet stadig mere vidtrækkende krav til anvendeligheden, præcisionen og evnen til at forudsige og beskrive forhold i kystzonen.

Ligeledes vil den fremtidige intense udnyttelse af havområder til implementering af havbaserede energisystemer og akvakultur kræve særlige ydelser for at opnå omkostningseffektive løsninger med en minimal negativ påvirkning af miljøet.

Aktivitetsområdet indeholder følgende to delaktiviteter:

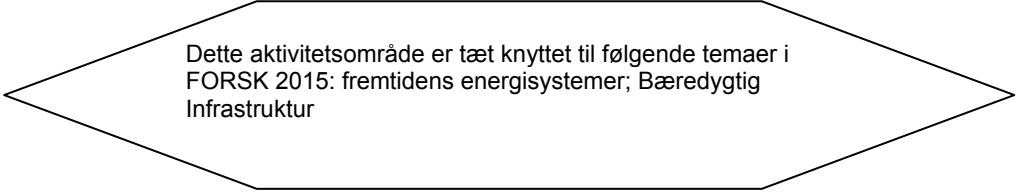
1. Teknologier til fremtidens kystzoneforvaltning
2. Udnyttelse af havets ressourcer

Når projektet er gennemført vil følgende væsentlige milepæle være opnået:

- Effekt af forskellige offshore konstruktioner parameteriseret og implementeret i spektral bølge- og strømmodel.
- Model til langtidsfremskrivning af kystlinjer.
- Metode udviklet til beregning af tidlig havbundsvariation omkring marine konstruktioner og fartøjer.
- Integration af bølge, strøm og skibsbevægelser i et forecast system og beslutningsstøttesystem.
- En styrket integration af model og måleteknologi for bølger og strøm i kystnære farvande.

Målgrupperne for aktiviteterne er et bredt udsnit af det danske erhvervsliv, der opererer i det marine miljø, herunder bl.a. rådgivere, entreprenører, udviklere, energiselskaber. Målgruppen indeholder desuden en bred vifte af danske myndigheder, der inddrages i høringer og med behov for beslutningsstøtteværktøjer fx. By- og Landskabsstyrelsen, miljøcentre, kommuner samt ikke mindst Kystdirektoratet.

## Reference til FORSK 2015:



Dette aktivitetsområde er tæt knyttet til følgende temaer i FORSK 2015: fremtidens energisystemer; Bæredygtig Infrastruktur

Aktivetsområde:	Kyst og Hav	Aktivetsområde nr. 6
<p><a href="http://www.BedreInnovation.dk">www.BedreInnovation.dk</a></p>	<p><b>Bæredygtig infrastruktur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kyst- og stormflodssikring samt planlægning</li> <li>• Optimal design og drift af havne og terminaler</li> <li>• Ruteplanlægning og driftsoptimering</li> <li>• Vand- og miljøhåndtering for store infrastrukturprojekter</li> </ul> <p><b>Fremtidens energisystemer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vandbaseret energiproduktion</li> </ul> <p><b>Fremtidens klima og klimatilpasning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klimatilpasning ved beskyttelse mod kysterosion og oversvømmelser</li> <li>• Offshore: tilpasning af faste og flydende installationer til ændrede/vanskeligere drifts og fysiske hydrografiske forhold</li> </ul> <p><b>Konkurrencedygtige miljøteknologier</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intelligent miljøovervågning og monitoringsteknologi</li> </ul>	
<p><b>Formål og målgruppe</b></p>	<p>Formålet med dette aktivetsområde er at imødekomme behovet for teknologisk nyudvikling, der følger med den intensiverede kommercielle, industrielle og rekreative udnyttelse af kyststrækninger og havområder. Aktivetsområdet indeholder følgende to aktiviteter:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teknologier til fremtidens kystzoneforvaltning</li> <li>2. Udnyttelse af havets ressourcer</li> </ol> <p>En del af aktiviteterne omfatter udviklingen af generiske værktøjer. Værktøjerne vil finde bred anvendelse i bl.a. "klimaeffekter og klimatilpasning".</p> <p><b>Rationale og behov</b></p> <p>DHI har med udviklingen af sine modelværktøjer påviseligt været en væsentlig markeds-'driver' indenfor det kyst- og havtekniske område i Danmark og internationalt. En bred vifte af aktører i det danske erhvervsliv og forvaltning har haft gavn af den videnskabelige markedsstrategi, som DHI har lagt for dagen, både gennem den direkte brug af DHI's avancerede teknologier, men også ved indirekte at have sat Danmark på verdenskortet indenfor det kyst- og havtekniske område. For at DHI fortsat i fremtiden skal kunne holde denne position (og ydermere være med til at drive markedet videre fremad) og hermed bidrage til forbedret konkurrenceevne for dansk erhvervsliv på området, har DHI brug for at fastholde en udviklingsstrategi bestående af to elementer: 1) Den inkrementale kontinuerlige innovation/videreudvikling af den eksisterende modelteknologi og 2) En mere radikal/springvis udvikling, hvor helt nye teknologier og modelleringskoncepter bringes på banen. Begge typer af innovation er uhyre vigtige for de foreslåede aktiviteter – måske især set i forhold til det marked, der er under udvikling i dag. Selvom DHI's modeller er state-of-the-art, er dette ikke nok i forhold til fremtidens centrale behov: Klimaændringer vil skabe mere komplekse og voldsommere scenarier, marine konstruktioner flyttes længere offshore og udsættes for voldsommere påvirkninger og skærpede sikkerheds- og miljøkrav vil kræve mere nøjagtige metoder og mere præcise risikovurderinger. Havniveauanstigningers betydning for kystzonen skaber nye behov for vurdering af langtidskonsekvenser. Dette giver forvaltere og udviklere af kystnære områder helt nye udfordringer som beskrevet i det følgende. Disse udfordringer vil kræve gentænkning af designs og af forvaltningsstrategi og vil ydermere sætte større krav til både præcision og anvendelsesområde af de beregningsværktøjer, der skal støtte/guide beslutningsprocesserne. Generelt anses det - i lyset af de ændrede meteorologiske forhold - for sandsynligt, at behov for mere og mere krævende typer af teknologiske ydelser vil dukke op i fremtiden. Den</p>	

opfattelse deles af centrale aktører på området. DHI ønsker at forholde sig proaktivt i forhold til dette marked og ønsker at investere ressourcer i både videreudvikling af eksisterende teknologier og udvikling af genuint nye koncepter, der kan imødegå de nye behov/krav.

Den stigende udnyttelse af kyst og hav kombineret med vandstandsstigninger, ændrede havstrømme og stormmønstre vil øge eksponeringen af kyster, klitter, diger og infrastrukturanlæg signifikant. Nye vandbygningsteknikker er derfor påkrævet, og mere innovativ kystbeskyttelse og kystnære anlæg, der løser flere problemer samtidig, bliver nødvendige i fremtidens forvaltning. Behovet er fremhævet i kystbeskyttelseslovens formålsparagraf og sammenfattet præcist på Kystdirektoratets hjemmeside, hvor det fremgår at: *"I kraft af stigende vandspejl som følge af klimaændringer og et øget pres på udnyttelsen af de lavtliggende kystnære arealer til bl.a. boligformål, stilles større og større krav til beslutningsstøtte værktøjer. Beslutningsstøtteværktøjerne anvendes til at prioritere mellem forskellige muligheder for kystbeskyttelse ..."*.

Kystsikring har til hovedformål at forhindre tilbagerykning af en kystlinje og sikre eksisterende arealudnyttelser, herunder havne og infrastruktur, og skabe attraktive og sikre strande til rekreative formål. Kystsikring kan også være en del af en stormflodssikring, der har til hovedformål at forhindre oversvømmelse af baglandet. Kystteknisk chef Per Sørensen, Kystdirektoratet skriver bl.a. på [www.BedreInnovation.dk](http://www.BedreInnovation.dk), at *"Der er et udtalt behov for en forbedret teknologi til implementering og forvaltning af bl.a. EU's oversvømmelsesdirektiv, innovativ kystzoneforvaltning samt ved stormflodssikring og tilhørende beredskabsplaner"*.

Udbygningen af havvindmølleparker spiller en central rolle i opfyldelsen af regeringens (og EU's) målsætning om at gøre Danmark uafhængig af fossile brændstoffer, hvilket også vil være et vigtigt led i strategien mod global opvarmning. Det er samtidig nødvendigt at afsøge nye muligheder som f.eks. tidevandsenergi, bølgeenergi og biofuels fra marin algeproduktion. Både teknologien og udnyttelsen af disse nye energikilder er langt fra så veludviklet som vindenergi, men Danmark kan få en betydelig rolle som knudepunkt for både testning og etablering af nye koncepter og teknologier med stort eksport-potentiale. Regeringens nye Greenlab.dk initiativ og Offshore Lindø er de synlige udtryk for dette områdes prioritering hos såvel regering som erhvervsliv.

Partnerskabet MEGAVIND (et af de fem partnerskabet etableret ifm regeringens Handlingsplan for miljøeffektiv teknologi) har defineret "vindkraftens integration" og "offshore teknologi" som vigtige indsatsområder for forskning og udvikling. I FORSK2015 under "Fremtidens energi-systemer" fremhæves forsknings-behovet, idet *"Der skal satses på forskning og udvikling af miljøeffektive energiteknologier og systemer, der kan reducere udslip af drivhusgasser samt mindske afhængigheden af fossile brændsler"*. En sådan satsning og udbygning af vedvarende energiformer afføder et behov for forbedret designgrundlag for at reducere designusikkerheden og dermed omkostninger for faste og flydende offshore konstruktioner samt forbedret forudsigelse af vind-, strøm- og bølgeforhold for at reducere risici ifm med installation og for optimering af drift og vedligeholdelse.

DHI har særlige forudsætninger for at spille en helt central rolle i at kunne levere teknologien disse serviceydelser til danske aktører.

#### **Målgrupper**

Målgrupperne for aktiviteterne i Kyst og Hav er et bredt udsnit af det danske erhvervsliv, der opererer i det marine miljø herunder rådgivere, entreprenører, udviklere, råstofudvindere, rederier, energiselskaber, fiskere, deponeringsanlæg, olieselskaber, havbrug, forsikringselskaber, turistindustrien og myndigheder herunder havnemyndigheder,

	<p>Energistyrelsen, Skov og Naturstyrelsen, og Miljøstyrelsen. Målgruppen indeholder desuden en bred vifte af danske myndigheder, der inddrages i høringer og med behov for beslutningsstøtteværktøjer f.eks. By- og Landskabs-styrelsen, Kulturarvsstyrelsen, Farvandsvæsenet, Fiskeriinspektoret, miljøcentre, kommuner samt ikke mindst Kystdirektoratet.</p> <p><b>Målgruppeeffekt</b> Den foreslåede nye vidensgenerering og teknologiudvikling udruster og forbedrer målgruppernes forudsætninger og muligheder for at træffe rationelle og omkostningseffektive beslutninger i forhold til stadigt mere komplekse problemstillinger. Formidling og spredning til målgrupperne vil ske via etablerede netværker samt specialist rådgivning, integration i DHI's internationalt anerkendte "MIKE by DHI" softwarepakker og som grundlag for serviceydelser. De nye teknologiske løsninger, styrker samtidigt danske rådgivere, entreprenører og udviklere's internationale konkurrenceevne.</p>
<p><b>Aktivitetsplanens indhold</b></p>	<p>Aktivitetsplanen indeholder teknologiske nyudviklinger, som er afgørende for at fastholde DHI's internationale førerposition. De affødte nye serviceydelser vil indgå i specialistrådgivning til rådgivere og slutkunder, i DHI's software, og/eller implementeres i beslutningsstøttesystemer. Aktiviteterne beskrevet i det følgende er af state-of-the-art+, og DHI er i en unik position til at varetage den for Danmark helt nødvendige udvikling af viden, kompetencer og teknologier.</p> <p><b>Teknologier til fremtidens kystzoneforvaltning</b></p> <p><b>Ny viden og teknologi</b> <i>Langtidsmorfologisk modellering</i> I dag eksisterer der to typer numeriske modeller, der kan beregne ændringer i hav og kystlinjers morfologi. Disse modeller anvendes primært til at forudsige besejlingsdybder, kysterrosion, oprensningmængder af sand i sejlrender og slam i havneanlæg og havbundssænkninger omkring konstruktioner. Den ene type model er en detaljeret procesnær model til beskrivelse af lokale morfologiske udviklinger og den anden en grov model - der baserer sig på en lang række antagelser - til beskrivelse af kystlinjers udvikling på regional skala. I denne aktivitet vil et helt nyt modelleringskoncept for langtidsudviklingen af kystlinjers morfologi blive udviklet. Modellen vil kunne anvendes langs Danmarks mere end 7000km kystlinje til forudsigelse af konsekvenser af indgreb og vedligeholdelse som f.eks. fodringer med sand på åbne danske kyster. I dag fodres med omkring 2 millioner kubikmeter årligt, men langt større mængder i de såkaldte megafodrings programmer planlægges som en del af en ny overordnet forvaltningsstrategi. Det vurderes, at modellen vil blive et vigtigt værktøj til VVM-undersøgelser og konsekvensvurdering af megafodringsprogrammerne, men i høj grad også til konceptudvikling af fremtidssikrede havnedesigns og af intelligente kystbeskyttelsesstrategier. Modellens styrke ligger i at forskellige fremtidige scenarier vil kunne gennemregnes uden de restriktive antagelser, som de mere primitive modeller indebærer, samtidig med at modellen ikke vil være begrænset af den regnekraft som detailmodellerne kræver. Det nye modelkoncept angiver et spring i måden, hvorpå morfologisk modellering tænkes og forventes at udfylde et centralt behov for at vurdere langtidseffekter af forskellige kystbeskyttelsesstrategier, der i dag ikke mødes af eksisterende modeller. Der vil blive arbejdet med at udvikle modeller til at yde længere forudsigelser og med at udvikle innovative parameteriserede modelleringsteknikker, der adresserer området mellem den meget detaljerede model kompleks og den grovere kystliniemodel. Modellen vil på et mere generelt niveau hjælpe til at understøtte forståelsen for langtidsmorfologiske processer i den kystnære morfologi. Aktiviteten støttes bl.a. af DSF midler, som en del af den markante oprustning af dansk klima og kystforskning.</p>

### *Kystdynamik og stormflodssikring*

En stigende befolkning i vores kystnære områder, en øget anvendelse af det marine miljø samt forventede klimaændringer afføder i dag et voksende behov for mere præcist at kunne vurdere økonomiske og miljømæssige risici ved stormflod samt konsekvenserne af sådanne ekstremvejrshændelser på de kystnære områder – se også stormflodslovgningen. Omkostningerne ved stormfloder er enorme og alene erstatningsudbetalinger fra Stormrådet oversteg i sæsonen 2007/2008 450mill kr (materielle tab alene til private). Siden 1991 har Stormrådet modtaget anmeldelser fra ialt 78 af landets 98 kommuner.

I Danmark er dette markeret af specielt kystkommunernes og Kystinspektorets behov for bedre at kunne vurdere metoder og strategier til at forvalte kyststrækningerne i forhold til risikoen for digebrud, kliterosion og overskyl af strukturer og oversvømmelse af baglandet. Sådanne vurderinger foretages mest hensigtsmæssigt ved anvendelse af et velegnet modelværktøj. Formålet med en sådan model er, at den fungerer som et analyseværktøj, der kan give fornuftige svare på spørgsmål som: 1) Hvor på kysten vil et eventuelt gennembrud ske? 2) Hvilke forholdsregler kan der tages? 3) Hvor store konsekvenser har et eventuelt gennembrud? 4) Hvordan vil en eventuelt begivenhed forløbe?

Skal der overordnet set udvikles intelligente kystbeskyttelsesstrategier for at mindske risiko og omkostninger ved stormfloder vil vurderingen af strategiernes virkemåde/effektivitet netop kunne undersøges af en sådan model. I dag kan man på overordnet niveau vurdere effekten af stormfloder ved typisk at anvende to separate modeller, en for bølger på kysten og en for udbredelse af det eventuelt gennemtrængte vand på området bag kystens diger/klitter. Sådanne eksisterende modeller inkluderer kun forholdsvis simple koblinger mellem kyst og bagland, og der benyttes typisk en simplificeret model baseret på parameteriserede bølgekonkonditioner. Dette leder til stor usikkerhed i risikoanalysen og dermed i sikringen af kyster og den kystnære urbane udvikling, og afledt heraf, behov for at anvende større sikkerhedsfaktorer som fører til fordyrende design. Da de relevante scenarier ofte kræver en langt mere detaljeret forståelse/beskrivelse af den dynamiske kobling mellem kysten, digerne/klitrækken og bagland over en storms levetid, er de eksisterende modellers anvendelsespotentiale begrænsede i forhold til formålet.

I nærværende aktivitet vil en model, der netop er i stand til at opfylde formålet med en stormflodsmodele blive udviklet. Modellen vil indeholde følgende elementer og egenskaber: Modellen skal integrere alle de for problemet vigtige delprocesser så modellen vil kunne håndtere en fuld beskrivelse af et vilkårligt hændelsesforløb under en ekstrem stormhændelse. Koblingen foretages via en fuld opløsning af bølgespektra bl.a. i blandede søtilstande for at få modelleret effekten af stormbølger på kysten, stormerosion, overskyl af diger samt transmission gennem kystbeskyttelseskonstruktioner. Den integrerede model kobles sammen med terrænmodeller og GIS-baserede fysiske planlægningsværktøjer. Integrationen af en samlet model for kystens dynamik ved stormflod og oversvømmelse af baglandet med fysisk planlægning vil udgøre et beslutningsstøtteværktøj, som f.eks. vil kunne anvendes til nøjagtige beregninger af økonomiske tab, som eventuel ødelæggelse af værdier vil medføre. Modellen vil kunne anvendes som prognoseværktøj i forhold til en eventuel konkret, øjeblikkelig trussel/risiko (baseret på vejrprognoser) eller som designværktøj til at designe hensigtsmæssig kyst og stormflodssikring, eller blot som værktøj til at studere effekten af ekstreme hændelser og omfanget af skader ved et givent stormflodscenarie (f.eks. forsikringsselskaber).

### *Multiskala modellering*

På europæisk plan er god miljøtilstand i fremtidens marine miljø fremhævet i

EU's nye havstrategidirektiv. Implementering af direktivet afføder et behov for effektiv detaljeret oceanografisk modellering af Danmarks samlede havareal. "Global Monitoring for the Environment and Security" (GMES – et fælles program for EU and det Europæiske Rumfartsagentur) efterlyser serviceydelser til monitorering og modellering af det lokale marine miljø.

Det afgørende element i den foreslåede udviklingsaktivitet er etableringen af GMES serviceydelser til effektiv nedskalering af informationer fra regionale skalaer til lokale forhold. Nedskaleringen af storskala-information omfatter parametre som vandstand, strøm, salt, temperatur og bølger til den helt lokale skala nær kyster, havne og marin infrastruktur. Den foreslåede aktivitet vil integrere brugen af online bøjesystemer og satellitobservationer som en del af nedskaleringsmetodikken med state-of-the-art data assimileringer og modeller. Der vil være særlig fokus på at levere forudsigelses-, og analyseprodukter til alle former for marine aktører herunder støtte til myndigheder, industri m.fl. i forvaltningen af det kystnære område.

#### ***Forbedring i teknologisk service***

DHI er uden konkurrence i Danmark, når det gælder udnyttelse af procesviden ved udvikling af numeriske modeller som beskrevet. DHI's modeller definerer i dag state-of-the-art. Den udvikling, der har ført modellerne til deres nuværende stade stopper ikke af denne grund, men må nødvendigvis fortsætte, og på visse punkter endda tage nogle kvantespring, hvis fremtidens behov skal mødes. De nærværende aktiviteter vil hjælpe med at føre modellerne vigtige skridt videre, således at disse også i fremtiden vil fremstå som tidssvarende beregningsværktøjer, der matcher relevante problemstillinger. Den opnåede viden og de udviklede redskaber vil generelt medføre et teknisk bedre og mindre usikkert analyse- og beslutningsgrundlag og dermed mere effektive investeringer for såvel slutkunder i målgruppen, som de rådgivere og entreprenører, som DHI arbejder sammen med eller som anvender DHI software i både danske og udenlandske opgaver. De udviklede teknologier vil kunne finde anvendelse i bredere forvaltningsopgaver ikke mindst integreret kystzoneforvaltning og understøtter samtidig offentlig innovation, idet modelkomplekset vil kunne administreres af bl.a. Kystdirektoratet til f.eks. risikovurdering og planlægning af sandfodringsbehov. Endelig er udviklingen af nedskaleringsmetoder samt en egentlig værdiskabende integrationsteknologi for state-of-the-art model- og måleteknologier et teknologisk løft, der revolutionerer anvendeligheden af services og tillader softwarebrugere at udvikle egne innovative services. De beskrevne modeludviklinger vil på hver deres niveau være med til at opfylde behov, der i dag kun tilnærmelsesvist kan opfyldes.

#### ***Markedsmodning***

Resultaterne af udviklingsarbejdet vil blive indarbejdet løbende i DHI's serviceydelser efter allerede 6-8 måneder. En egentlig produktmodning og indbygning i DHI's software har en horisont på 2-4 år.

#### ***Samarbejdspartnere og Ph.D.-indsatser***

Denne udvikling sker i tæt samarbejde med DTU MEK's vand-bygningssektion. DHI medfinansierer og medvejleder to Ph.D. studerende og der planlægges 2 yderligere fælles Ph.D.-projekter. DHI samarbejder desuden med Kystdirektoratet og Institut for Geologi og Geografi, KU gennem et fælles strategisk forskningsråds projekt.

#### ***International videnhjemtagning***

International videnhjemtagning vil primært blive foretaget gennem deltagelse i internationale netværk samt samarbejde med nationale og internationale forskningsinstitutioner. DHI er bl.a. koordinator for kyst- og marin netværket DANCORE (en del af det europæiske netværk, EUCC) og har netop søgt midler til Nordic Network (NordForsk) med deltagelse af kysteksperter fra 4 nordiske lande. Opbygning af nye kompetencer, der vurderes at være

nødvendige for aktiviteterne beskrevet ovenover, vil også finde sted gennem EU FP7 samarbejder herunder specielt med førende geotekniske forskere fra Europa

## **Udnyttelse af havets ressourcer**

### ***Ny viden og teknologi***

#### *Fra vindfelt til bølgelast*

Der vil blive udviklet metoder til at forudsige design konditioner og laste på mangeartede marine konstruktioner som f.eks. offshore vindmøller, bølgeenergimaskiner, fiskefarme, og kyst og havnekonstruktioner. Eksempelvis vil offshore vind spille en vigtig rolle i at gøre Danmark 100% uafhængig af fossile brændstoffer. Vinden er stærkere og mere stabil offshore og alligevel er elektriciteten dyrere end fra landbaserede møller. Dette skyldes bl.a. store omkostninger til fundamenter som udgør ca. 1/3 af prisen. Derfor skal designet optimeres, hvilket kun kan lade sig gøre ved brug af præcise metoder med en dokumenteret lav usikkerhed. En reduktion af prisen på 0,2-0,5 mio. kr per fundament er realistisk. Ved 5 mølleparker med hver hundrede møller giver det en samfundsmæssig besparelse på 175 mill kr. Hvis der ses på udbygningen i hele Nordeuropa er potentialet en faktor 10 til 100 gange større. For at udvikle præcise dokumenterede metoder er det nødvendigt at adressere hele området fra vind, over spektrale bølgemodeller, videre til tidsdomæne bølgemodeller og beregning af bølgelast. Her vil direkte løsning af potentialteori kombineret med avancerede CFD-modeller til at beregne opløb og laste på konstruktioner spille en central rolle. Potentialløseren kan vise sig at være et paradigmeskift i forhold til "state-of-the-art", som er simplificerede hastighedsprofiler under bølgen. Den vil kunne beregne bølger i tidsdomænet præcist både på dybt og lavt vand, hvilket er nødvendigt i bl.a. Nordsøen og Østersøen.

#### *Langtidsforudsigtelse af havbundsniveau omkring marine fundamenter*

Bølger og strøm vil resultere i erosion (scour) omkring fundamenter og til tider tilbagefyldning erosionshullet. For at modvirke dette udlægges scour-beskyttelse. Ved offshore vindmøller er prisen for scour beskyttelse ca. 0,5 mio. kr per fundament, og derved bliver den potentielle besparelse ved at udelade beskyttelse ved 500 møller 250 mill kr. I Nordeuropa vil den potentielle besparelse være adskillige mia. kr. Udeladelse/reduktion af scourbeskyttelse vil kun kunne accepteres ved præcis vurdering af havbundsvariationerne både i anlægsfasen og i hele vindmølleparkens levetid. Dette skyldes at understøtningen varierer i tid og dermed ændrer de cykliske laster (svingninger) og ekstrem lasten (typisk 50 års maksimal last). Viden om den tidlige udvikling ved erosion og i særdeleshed ved tilbagefyldning er i dag mangelfuld. Ved udvikling af avancerede beregningsværktøjer, som bl.a. er baseret på CFD, bliver det muligt at vurdere den tidlige variation af bundniveauet over lang tid. Dette har stor betydning for vurdering af omfanget af fundamentets kontakt med havbunden og dermed sikkerheden for konstruktionen. Konstruktionerne er ofte placeret på rev og grunde, fx. ud for vestkysten, samt i Femern Bælt, hvor sandbølger i skalaen 100-200 m forefindes. Derfor vil dynamikken af storskala bundformer blive undersøgt og inkluderet via en ny interaktiv database, hvor der tages højde for variabiliteten af styrende mekanismer som tidevand, ekstreme stormfloder og klimaændringer. Beregningsværktøjerne kan anvendes ved mange forskellige marine konstruktioner bl.a. også installations-fartøjer og vil blive brugt til at understøtte både store og små rådgivningsfirmaer, entreprenører, projektudviklere og energiselskaber.

Metoderne udvikles i et DSF-finansieret projekt 2008-2011, (SBWI).

#### *Kompetenceopbygning på havenergi*

Udvikling af bølgeenergimaskiner, tidevandsanlæg og bioolie fra alger foregår

spredt i Danmark og i udlandet. Ofte er udviklingen baseret på en enkelt/simpel ide, som ikke nødvendigvis er underbygget med sikker viden. Der benyttes simple analyse metoder med efterfølgende tests i laboratorier, hvilket gør den iterative udvikling lang og tung. Store udviklingsindsatser er i spil og det er nødvendigt at højne kompetence og metodeniveau. For at imødekomme dette vil CFD-metoder blive udviklet til at beregne vekselvirkning mellem bevægelige konstruktionselementer, anlæg og strømnings-forhold DHI vil ved udviklingen af de foreslåede metoder kunne behandle ideer hurtigt og effektivt på et højt kompetenceniveau.. Dette vil generere den nødvendige viden og kompetencer, som nye brancher og eksportmuligheder kan udvikle sig fra. Effekten af farne bestående af adskillige bølge- eller tidevandsvandanlæg på de fysiske omgivelser vil blive beskrevet i numeriske modeller af bølger og strøm, hvorved præcise vurderinger af virkninger på miljøet kan udarbejdes. Netop sådanne og pålidelige teknologier er stærkt efterspurgt, men findes ikke i dag.

#### *Havet som transportvej; havnen som flaskehals*

På grund af stigende verdenshandel vil der være et behov for øget effektivisering af og udbygning af eksisterende havne. Større skibe vil skabe et behov for dybere havnebassiner, bedre adgangssforhold til havnene og specielt optimering af losning og lastning. Dette synliggøres bl.a. af at 75 % (opgjort i ton) af Danmarks udenrigshandel går via havnene, og ved at der har været en vækst på over 50% gennem de seneste 20 år. Der er behov for en effektiv infrastruktur mellem hav, havn og bagland. For eksempel har Hanstholm havn en ambitiøs udviklingsplan til over 1 mia kr, hvor der er fokus på betjeningen af havnens kunder. Ligeledes vil optimering og udvikling af vedligeholdelsesprocedurer til marine infrastrukturer (f.eks. offshore vindmøller, fiskefarme) være nødvendigt for at reducere omkostningerne. For at få den størst mulige gevinst ved en sådan udvikling skal der udvikles et integreret beslutningsstøtte system, der bygger på udvikling af online monitoringsystemer og numeriske modeller til forudsigelse af strøm og bølger og liggeforhold m.v. Systemet skal løbende integreres med operatøernes erfaringer, hvorved systemet vil være selvopdaterende. Den reelle down-time (tid hvor lastning og losning ikke er mulig) og dermed omkostningerne, såvel økonomiske som miljømæssige, kan derved reduceres. Resultaterne fra forecasts præsenteres illustrativt via en internet service for både skibe, havne, og operatører. Systemets generiske komponenter kan genanvendes indenfor mange typer marine infrastrukturer.

#### **Forbedring i teknologisk service**

Højtopløselig vurdering af metocean konditioner (bølger, strøm, vandstandsforhold) i bl.a. Nordsøen vil via de udviklede værktøjer forbedre serviceydelser, som DHI er ene om at kunne levere i Danmark. F.eks. vil det her igennem, modsat tidligere, være muligt nøjagtigt at vurdere om brydende bølger på moderat vanddybde giver større total last end bølger på dybere vand på samme type konstruktion. Resultaterne fra værktøjerne leveres via interaktive data-baser med både met-ocean data, men også med lasttidserier i forbindelse med specialistrådgivning. Dette vil give danske rådgivere, entreprenører og udviklere en konkurrencefordel på eksport markederne.

Forudsigelse af havbunds niveauet omkring fundamenter over lang tid er en central service i udbygningen af især vindmølleparker i indre danske farvande og Nordsøen. I mange tilfælde vil de forbedrede metoder kunne lede til hel eller delvis udeladelse af scourbeskyttelse, hvorved konstruktions - og vedligeholdelsesomkostninger kan reduceres betydeligt uden at konstruktions-sikkerheden formindskes. Værktøjerne vil blive udnyttet i specialist rådgivning og blive implementeret i beslutningsstøtteværktøjer til f.eks. installationsprocedurer for marine konstruktioner.

Gennem kompetenceopbygningen på havenergi vil DHI etablere den nødvendige viden og højne det faglige niveau i vurderingen af udnyttelsen af



	<p>funktion og virkningsgrad for energiproduktion fra havet. Dette vil være af stor betydning for de mange små SMV'ere, som har et stort behov for faglig sparring, men er også af stor samfundsmæssig værdi. Udover specialistservice vil værktøjerne blive implementeret i DHI's software værktøjer og i beslutningstøttesystemer.</p> <p>Beslutningsstøtteværktøjerne til optimering af operationer ifm marine infrastrukturer vil blive implementeret direkte hos brugerne; havneoperatører, operatører af offshore vindmølleparker og marine aquakulturer.</p> <p><b>Markedsmodning</b> Markedsmodningen for specialistservice er 1-2 år, mens den videre implementering i beslutningstøttesystemer er 2-3 år og i software 3-4 år.</p> <p><b>Samarbejdspartnere og PhD-indsatser:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fra vindfelt til bølgelast: Metoderne udvikles i samarbejde med Risø-DTU, DTU-MEK bl.a. med en samfinansieret Ph.D.</li> <li>• Scour og erosion omkring offshore vindmøller: Metoderne udvikles i samarbejde med DTU-MEK, AAU, LICengineering (SMV) og University of Dundee, og norske Statkraft, DONGEnergy og Vattenfall i et fælles DSF-projekt, bl.a. ved to fælles Ph.D-studerende med DTU MEK og en Ph.D sammen med AAU.</li> <li>• Kompetenceopbygning på havenergi: Metoderne udvikles i samarbejde bl.a. med AAU, DTU-MEK, Det Norske Veritas (DNV) og udenlandske universiteter i en strategisk forskningsalliance. Fælles Ph.D-studier vil blive igangsat.</li> <li>• Havet som transportvej; havnen som flaskehals: Beslutningsstøtteværktøj vil blive udviklet i samarbejde med bl.a. Hanstholm Havn, og energiselskaber.</li> </ul> <p><b>International videnhjemtagning</b> Udover ovennævnte samarbejdspartnere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompetenceopbygning på havenergi: Gennemføres via et fælles Ph.D-projekt med ERI (Environmental Research Institute) i Skotland Især engelske og skotske universiteter og vidensinstitutioner</li> </ul>
<p><b>Koordinering og samspil med andre FoU-aktiviteter</b></p>	<p><b>Igangværende projekter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• EU HYDRALAB der omhandler kobling mellem fysiske og numeriske modeller. 2006-2009</li> <li>• EU ENCORA (nu afløst af EUCC), der er et europæisk kystnetværk, hvorunder DANCORE er den nationale pendant.</li> <li>• DSF: Seabed wind farm Interaction, Udvikling af metoder til forudsigelse af tidlig udvikling af scour og erosion omkring offshore vindmøllefundamenter. 2008-2011</li> <li>• DSF: "Danske Kyster og Klimatilpasning – oversvømmelses-risiko og kystbeskyttelse" under temaet "Fremtidens Klima og Klimatilpasning. Udviklingen omfatter udvikling af metoder til beregning af oversvømmelse og kysterrosion." 2009-2013</li> <li>• EU FP7 Space downstream projekt: FIELD_AC, der omhandler udvikling af teknologi og service til nedskalering af GMES kerne services til lokal skala i land/vand zonen.</li> <li>• ESA, GMES Service Elements: MarCoast-2, 2009-2011. Udvikling af satellit jordobservationsbaserede service ydelser af vandkvalitet til understøttelse af primært offentlig miljøforvaltning.</li> </ul>
<p><b>Formidlings- og spredningseffekt</b></p>	<p><b>Netværk</b> Formidlingen af resultater vil bl.a. ske gennem DHI's omfattende marine netværk; DHI har søgt om netværksmidler til Nordic Network (under NordForsk) og er bl.a. koordinator for kyst- og marin netværket DANCORE (en del af det europæiske netværk, EUCC). DHI er aktiv i Dansk Vandbygningsteknisk Selskab, hvor vi årligt deltager med flere tekniske indlæg. DHI er desuden medlem af HYDRALAB og er partner i</p>

	<p>Forskningskonsortiet for vindenergi (sammen med DTU MEK, Risø DTU og AAU). DHI er endvidere aktiv medlem af forskellige marine organisationer bl.a. Vindmølleindustrien, Sammen-slutningen af Danske Havne, PIANC (The World Association. for Waterborne Transport Infrastructure) og European Wind Energy Association samt Central Dredging Association.</p> <p><b>Software</b> DHI's marine (kyst og hav relaterede) software er solgt til mere end 2500 brugere globalt, heraf mere end 300 i Danmark. Potentialet for vidensspredning er derfor stort indenfor det marine område, hvilket omfatter havnearlæg, bebyggelse, industri, deponering, energifremstilling, broer, badning, sejlads, navigation, forurening, kystarkitektur. En del af resultaterne af de foreslåede aktiviteter vil blive implementeret direkte i DHI's marine software og således komme softwarebrugere og DHI's brede kreds af kunder indenfor kyst og hav til gode som en del af den årlige opdatering af DHI's software og via softwaretræning og omfattende kursusaktivitet udbudt af DHI.</p> <p><b>Publikationer</b> Der udgives ca. 6 publikationer årligt; heraf 2 peer-reviewed artikler. Arbejdet vil ligeledes blive formidlet i artikler i danske fagblade og via DHI's web-page. Endvidere opdateres DHI's populære monograf om "Shoreline Management Guidelines" med afsnit om klimatilpasning af vores kyster.</p> <p><b>Seminarer</b> DHI deltager i en række internationale konferencer herunder International Conference on Coastal Engineering, Offshore Mechanics and Arctic Engineering, European Offshore Wind, European Wave and Tidal Conference. Resultaterne vil blive præsenteret i danske fora, for danske myndigheder og ved seminarer arrangeret af f.eks. Vandbygningsteknisk Selskab, Vindmølleindustrien, for medlemmerne af DANCORE, MIKE-by-DHI software brugergruppemøder og i forbindelse med større nationale som internationale forskningsprojekter.</p> <p><b>Formidling på universiteter</b> De centrale kompetencer angivet nedenfor er samtidig undervisere på DTU og KU og er årligt medvejledere på et større antal Ph.D. og M.Sc. studerende.</p>
<p><b>Centrale kompetencer involveret i FoU-projektet</b></p>	<p><b>Erik Damgaard Christensen</b>, Ph.D og innovationschef for marin infrastruktur og energi, er internationalt anerkendt ekspert indenfor hydrodynamik, sedimenttransport og vekselvirkning mellem det fysiske miljø og konstruktioner. Tæt samarbejde med DTU-MEK, AAU, Risø-DTU, University of Edinburgh (GB), University of Cantabria(ES), University of Bologna (IT) og Deltares (NL). Har udgivet over 30 internationale publikationer.</p> <p><b>Jacob Hjelmager Jensen</b>, Ph.D og innovationschef for kyster og estuarier, er anerkendt ekspert indenfor kyst- og marinteknik med speciale i hydrauliske bygningsværker, kyst-morfologi og sedimentationsproblemer. Han har tætte samarbejder med nationale og internationale forskningsinstitutioner, bl.a. gennem sin deltagelse i national samt EU-finansierede forskningsprogrammer, og har forfattet omkring 20 internationale publikationer.</p> <p><b>Rolf Deigaard</b>, Ph.D og cheffingeniør, arbejder med hydrodynamik, sedimenttransport og morfologi på kyster og har været docent ved DTU. Han er medlem af Advisory Editorial Board for tidsskrifterne 'Coastal Engineering' og 'Continental Shelf Research', har fungeret som reviewer for 15 internationale tidsskrifter og for forskningsprogrammer fra USA, Holland og EU, er forfatter til mere end 20 artikler i internationale tidsskrifter og bogkapitler og er medforfatter til en vidt udbredt international lærebog.</p> <p><b>Jacob V. Tornfeldt Sørensen</b>, Ph.D og seniorforsker i oceanografi med stor erfaring inden for fysisk oceanografi, udvikling af brugerdrevne teknologiske services og data assimilering. Han har været DHI projektleder på flere GMES forskningsprojekter under European Space Agency (ESA) og EU. Jacob V. Tornfeldt Sørensen har 5 peer reviewed internationale publikationer og et</p>

	større antal konferencebidrag.
<b>Milepæle år 2010</b>	<p><b>Teknologier til fremtidens kystzoneforvaltning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opstilling af modelkoncept og principper for parameterisering til langtidfremskrivning af kystlinjer</li> <li>• Demonstration af nedskaleret oceanografisk model som GMES service</li> <li>• Præsentation ved Vandbygningsteknisk selskabs åbne årsmøde</li> </ul> <p><b>Udnyttelse af havets ressourcer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablering koncept for model til nedskalering (spektrale bølgemodeller til fase-opløste bølgemodeller).</li> <li>• Effekt af forskellige offshore konstruktioner parameteriseret og implementeret i spektral bølge- og strøm model.</li> <li>• Deltagelse i Vindkraftnets matchmaking</li> </ul> <p><b>Publikationer for Kyst og Hav</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 artikler i faglige tidsskrifter/Konferenceartikler</li> <li>• 2 reviewed artikler</li> </ul>
<b>Milepæle år 2011</b>	<p><b>Teknologier til fremtidens kystzoneforvaltning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode til analyse af bølgespektra i søtilstande med kombineret dønninger og vindbølger.</li> <li>• Forståelse af modelegenskaber og færdiggørelse af koncept for langtidfremskrivning af kystlinjer</li> <li>• Præsentation ved Vandbygningsteknisk selskab åbne årsmøde</li> </ul> <p><b>Udnyttelse af havets ressourcer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode udviklet til beregning af tidlig havbundsvariation omkring marine konstruktioner og fartøjer.</li> <li>• Resultaterne præsenteres endvidere ved et åbent seminar via DSF-projektet SBWI.</li> <li>• Direkte potentialløser for bølger på dybt og lavt vand udviklet, kombineret med lastberegninger.</li> <li>• Deltagelse i Seminar arrangeret af Offshore Center Danmark</li> </ul> <p><b>Publikationer for Kyst og Hav</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 artikler i faglige tidsskrifter/Konferenceartikler</li> <li>• 2 reviewed artikler</li> </ul>
<b>Milepæle år 2012</b>	<p><b>Teknologier til fremtidens kystzoneforvaltning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Endelig implementering af model til langtidfremskrivning af kystlinjer.</li> <li>• Demonstration af model ved international konference</li> <li>• Måleret GMES service, der integrerer model og måleteknologi for bølger og strøm i kystnære farvande.</li> </ul> <p><b>Udnyttelse af havets ressourcer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration af bølge, strøm, og skibsbevægelser i et forecast system og beslutningsstøttesystem. Demonstrationsprojekt i funktion.</li> <li>• Seminar sammen med samarbejdspartnere omkring havenergi i DK</li> <li>• Deltagelse i seminar arrangeret af VE-net.</li> </ul> <p><b>Publikationer for Kyst og Hav</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 artikler i faglige tidsskrifter/Konferenceartikler</li> <li>• 2 reviewed artikler</li> </ul>