

## Den danske havbund

- Sedimentkortlægning før og nu
- Habitatkortlægning
- Nyt digitalt havbundssedimentkort
- Råstoffer i havet omkring Danmark
- Sedimentdynamik i kystzonen
- Sedimentkortlægning - internationalt set



# Kortlægning af Danmarks havbundssedimenter før og nu

På havbunden er fordelingen af sedimenter oftest et resultat af de processer, der hersker i havet. Behovet for informationer om havbundens sedimenter har været stigende i takt med, at der kommer flere og flere aktiviteter på havområdet. Krav fra bl.a. EU om beskyttelse af den sårbare havbund og aktiviteter fra fiskeri, miljøundersøgelser, råstofindvinding og opførelsen af havvindmølleparker kræver et højt videnniveau om havbundens opbygning. Der er derfor store forventninger til det nye opdaterede havbundssedimentkort over de danske farvande. Kortet vil være frit tilgængeligt i digital form fra GEUS' hjemmeside.

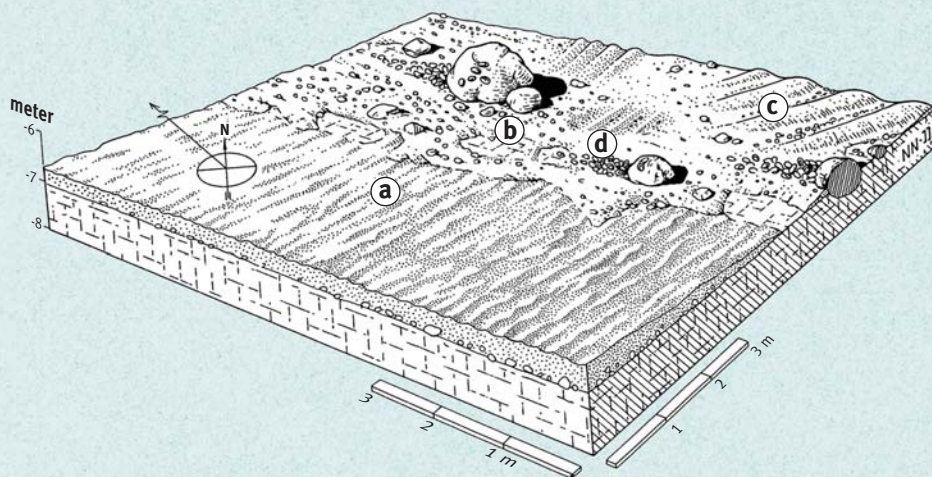
## Hvor kommer sedimenterne fra?

Fremstillingen af sedimentkortet er et resultat af en meget omfattende proces, hvor alle tilgængelige informationer om havbunden samles og bearbejdes, så de kan præsenteres på et kort som områder af ensartet beskaffenhed, eksempelvis sandbund.

De nutidige sedimenter er sammensat af mineral Korn, der stammer fra erosion af kysten eller havbunden, eller som er ført ud i havet af vandløb eller vind, og af organisk stof, sulfider, skaller m.v., som overvejende er dannet i havet.

Sedimentkortet viser, hvor havbunden består af sand, sandet dynd, blød dyndbund, samt hvor der er sten og grus eller klippegrund, hvor dyr og alger kan sætte sig fast.

Havbunden kan overordnet inddeles i tre kategorier afhængigt af, hvilke processer, der har været bestemmende for aflejringerne. *Akkumulationsbunden* findes der, hvor sand og mudder aflejres af bølger og strøm i det nuværende hav. *Erosionsbunden* kendetegner områder, hvor ældre lag stikker frem som banker og stenrev og til stadighed udsættes for erosion og borttransport. *Transportbunden* karakteriserer de områder, hvor sedimenterne flyttes hen over havbunden gennem bundtransport og kun aflejres kortvarigt, før de transporteres videre. Eksempler herpå er det organiske materiale, der bundfældes på mudderbunden og havbunden langs kysterne, hvor store sandmasser flyttes frem og tilbage med bølger og strøm, se figur 1.



Figur 1. Skitse, der viser hvordan forskellige typer sandede og stenede havbundssedimenter forekommer: a) og d) sand med strømribber, b) og c) restsedimenter med grus og sten.

Kilde: Naturen i Danmark, Havet. Efter Niels Nielsen.

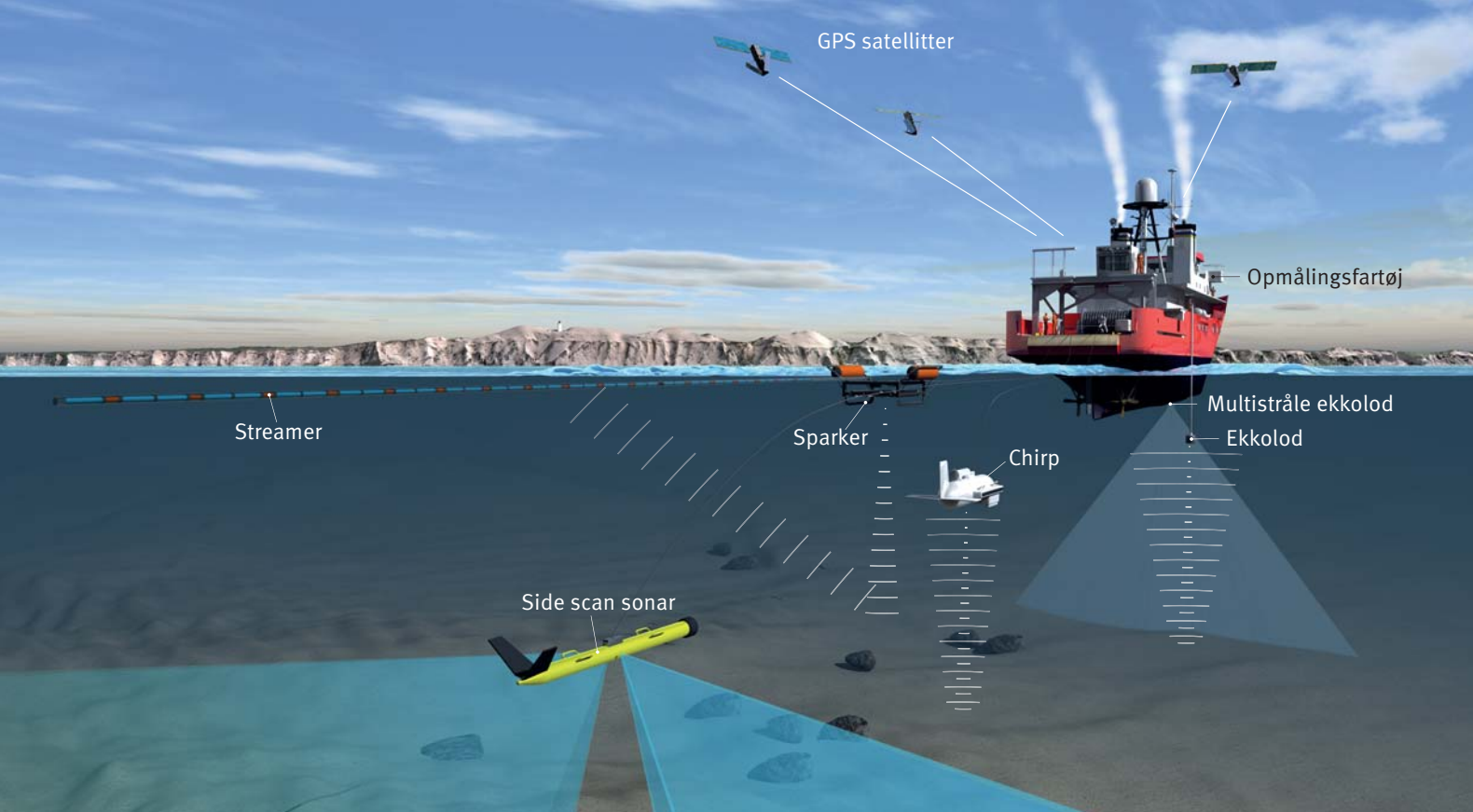
Ideelt skulle kortlægningen være baseret på et systematisk net af repræsentative prøver, hvor kornstørrelse, vandindhold og organisk stof mv. var målt i laboratoriet. Selv om mange af disse oplysninger findes for de danske havbunds-sedimentprøver, mangler der dog et systematisk prøvenet fra de danske farvande, på lige fod med de net, som mange af vore nabo-lande benytter.

## Kortlægning med ekkolod – seismiske og akustiske metoder

De data, som ligger til grund for udarbejdelsen af sedimentkort, er fremkommet gennem mange forskellige kortlægningsmetoder. Det nye sedimentkort er primært baseret på data indsamlet ved brug af akustiske og seismiske metoder. Ved hjælp af disse metoder kan man kortlægge havbundens beskaffenhed direkte under skibet, mens man sejler.

Et *sedimentekkolod* (figur 2) sender korte lydbølger ned mod bunden, og det reflekterede signal opfanges igen på båden. I en ren sandbund ligger sandkornene tæt pakkede, hvilket gør bunden hård og derfor er ekkot kraftigt. Så snart sandbunden er iblandet dynd, stiger vandindholdet i sedimenterne og bunden bliver blødere. Fra en sådan blandet havbundstype reflekteres lydimpulserne ikke så effektivt og noget af lyden trænger et stykke ned i bunden, før det reflekteres tilbage til ekkoloddet. Hvis der er tale om en ren dyndbund, altså en blanding af lerpartikler og rester af organisk materiale, er vandindholdet stort. Denne vandholdige sedimentmasse reflekterer ikke meget af ekkoloddets lydbølger, så dyndbunden fremstår transparent på ekkoloddets strimmel, se figur 3.

I takt med den teknologiske udvikling findes der i dag en række avancerede sedimentekkolodder, hvor lydbølgerne trænger dybere ned i havbundens øvre lag, samt det såkaldte *multistråleekkolod* (multibeam), der giver både dybde- og sedimentinformationer i et bredt strøg på begge sider af skibet, mens det sejler.



Figur 2. Et overblik over de akustiske og seismiske instrumenter, der anvendes til kortlægning af havbundes sedimenter. Positionen bestemmes ud fra GPS signaler fra satellitter. Sidescansonaren ses nederst til venstre, mens de seismiske instrumenter trækkes tættere på skibet.

Illustration: Carsten Egestal Thuesen, GEUS.

Mens sedimentekkolodet udelukkende måler lodret ned under skibet, sender en *side scan sonar* (sidesøgende sonar) en smal lydstråle omtrent vandret ud til siderne fra en slæbefisk, der trækkes tæt over havbunden (figur 2). Lyden reflekteres forskelligt afhængigt af sedimentkarakteren (figur 3). Menneskeskabte strukturer som pipelines, vrage, sand-sugehuller og spor efter trawl kan også ses. I takt med at skibet sejler, dannes der et lydbillede af havbundens overflade i et ca. 100 m bredt bånd på begge sider af skibets sejl-linje. Sidescansonaren er også god til at påvise forekomster af sten og gruspartier, tangskove og muslingebanker. På sandbunden kan man ofte se revler, bølgeribber og sandbanker, der vidner om retningen af sedimenttransporten. Mange af disse observationer er vigtige for at forstå den geologiske opbygning af havbunden og fordelingen af bunddyr og planter. Derfor indgår sidescansonaren som en vigtig del af den biologiske habitatkortlægning.

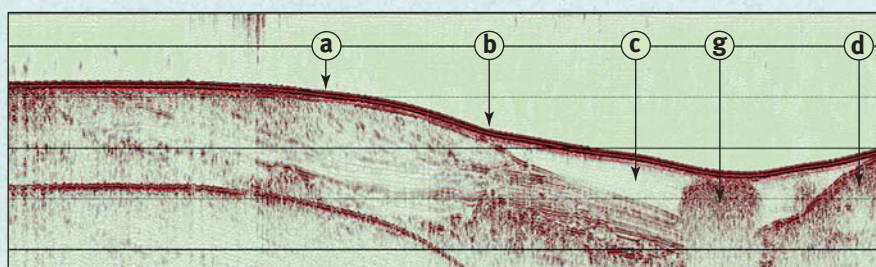
Når man øger lydstyrken og samtidig sænker frekvensen af signalet på lydkilden, trænger lydbølgerne længere ned i havbunden og reflekteres fra underliggende lag. Denne form for akustik kaldes for den seismiske metode. Der findes en række forskellige seismiske instrumenter, der ved hjælp af lydbølgernes refleksion fra laggrænserne i havbunden anvendes

til geologisk kortlægning af alt fra få meters dybde til olieselskabernes dybe seismik, der trænger flere kilometer ned i bunden. I forbindelse med kortlægningen af havbundens sedimenter anvendes udstyr, der kan give oplysninger om de øverste 1 til 50 meter under havbunden.

### Sedimenterne kortlægges

Udgangspunktet for kortlægningen er de forhåndenværende prøveoplysninger. Men ved hjælp af seismiske profiler kan man afgøre, om havbunden består af ældre sedimenter eller af sedimenter aflejret af det nuværende hav som følge af bølger og strøm (figur 3). Man kan altså identificere områder, hvor ældre lag når op til havbunden, og derved få in-

formationer om tidligere tiders aflejringsforhold på stedet. De ældre lag som fx morænersaflejringer fra istiden er dog almindeligvis dækket af et tyndt lag af grovkornede erosionsprodukter, kaldet restsedimenter, blandet med nutidige havbundsaflejringer og skaller. Dyr, der borer og graver i underlaget, er vigtige, idet de medvirker til at løsne materialet, så det lettere kan eroderes. De finkornede dele af det løsgjorte materiale føres bort af strømmen, mens de grovere dele bliver tilbage. Når områder med sådanne restsedimenter skal identificeres ud fra de seismiske profiler, er det primært på baggrund af, at de overliggende lag er ganske tynde eller helt mangler; suppleret med forekomster af sten og grovere sedimenter på overfladen. Ofte ses



Figur 3. Eksempel på, hvordan forskellige havbundstyper kan bestemmes ud fra et seismisk profil: a) sandbund, b) sandet dynd, c) dynd, d) ældre aflejring af moræneler, mens g) angiver gas i havbunden.

Kilde: Forfatterne.

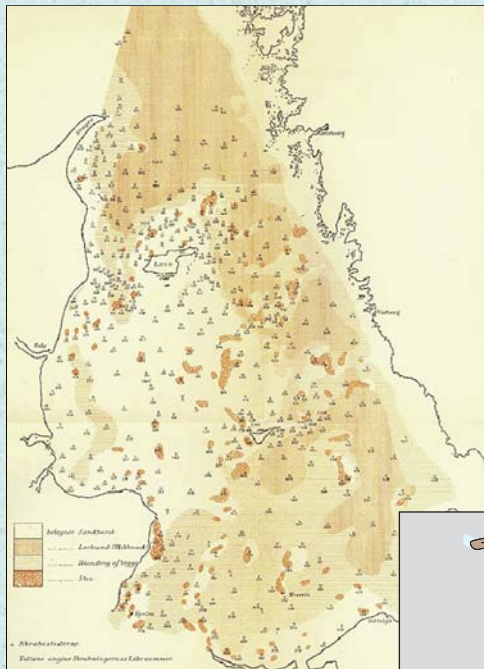
disse ældre aflejringer helt eller delvist dækket af sand, der transporteres hen over området på grund af de nuværende strømningsforhold. På sedimentkortet ses områder med rest-sedimenter ofte som en mosaik af grovkornede materialer og små sandbanker, der jævnligt flyttes omkring under stormvejr.

I de kystnære områder, dvs. i zonen langs kysten, hvor vanddybden er mindre end ca. 8 meter, er det ikke muligt at gennemføre kortlægning med traditionelle seismiske/akustiske metoder. Her er sedimenterne kortlagt ved hjælp af tolkninger af flyfotos og informationer fra den geologiske kortlægning fra landsiden. Resultatet er et sømløst sedimentkort, der giver geologiske informationer på tværs af kysten.

## De første danske havbunds-sedimentkort

Kortlægningen af de danske havbunds-sedimenter har stået på gennem mere end 120 år. Søkortene indeholder mange noteringer om bundmaterialerne med hensyn til ankerbund, fiskeri og farlige sten. Et af de ældste sedimentkort blev fremstillet som led i kortlægningen af bunddyrenes udbredelse i danske farvande allerede i 1888 (figur 4A). Der har senere været gennemført utallige opmålinger, men især kortlægning af mudderbund i forbindelse med forureningsundersøgelser (figur 4B) og efterforskningen efter sand- og grusressourcer i 1970'erne og -80'erne skabte grundlaget for, at det første samlede havbunds-sedimentkort kunne publiceres i 1992 (figur 4C). Kortet, der blev udgivet af Skov- og Naturstyrelsen i samarbejde med Danmarks og Sveriges Geologiske Undersøgelser og andre bidragsydere, præsenterede ikke kun sedimenttyperne i de danske farvande, men også i de tilgrænsende farvande på svensk og tysk område. Kortet blev ikke kun et meget eftertragtet kort men også et ganske kendt kort og på grund af en karakteristisk farvesætning blev det kendt under navnet 'Grisekortet' (figur 4C).

I år 2000 forestod GEUS en opdatering af sedimentkortet, der til forskel fra den tidligere, trykte version blev udgivet i digital form. Nu kunne kortet i større udstrækning end tidligere integreres i mange forskellige typer undersøgelser, som var afhængig af informationer om, hvordan sedimenterne på havbunden er fordelt.

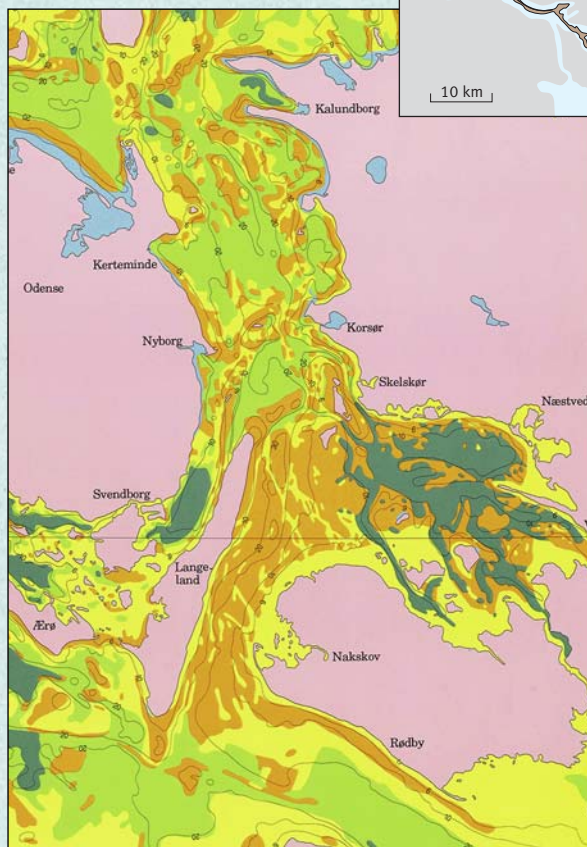
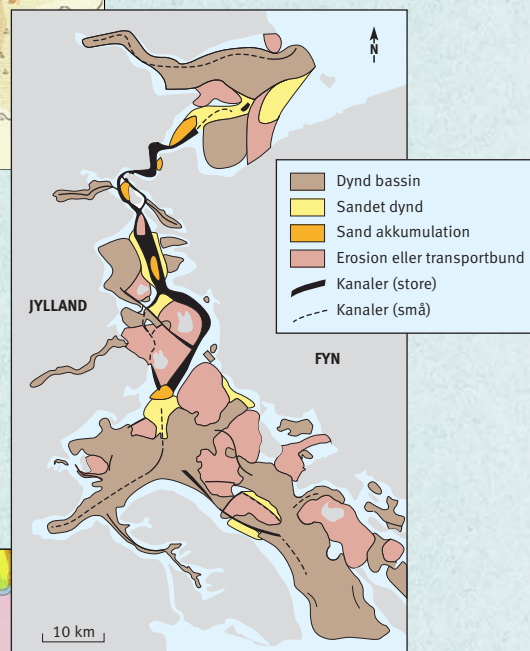


Figur 4A. Et af de tidligste havbunds-sedimentkort publiceret i 1888 i forbindelse med kortlægningen af bunddyrenes udbredelse. Havbunden blev på baggrund af bundskrab opdelt i 4 klasser: sandbund, lerbund, blandingsbund og stenbund.

Kilde: C. G. Joh. Petersen, 1888.

Figur 4B. Eksempel på sedimentfordelingen i Lillebælt. Havbundstyperne er inddelt i områder med dynd/sandet dynd samt områder med sandakkumulation og erosion.

Illustration: Eva Melskens, GEUS.  
Omtegnet efter B. Larsen & P. Pfeiffer Madsen, 1986.



Figur 4C. Udsnit fra Storebælt af det første samlede danske havbunds-sedimentkort.

Kilde: Skov- og Naturstyrelsen i 1992.

## En ny generation af sedimentkort

Som nationalt fagdatacenter registrerer, opbevarer og formidler GEUS havbundsdata, som indsamles af såvel GEUS som andre operatører i forbindelse med biologiske, råstof- og anlægsmæssige kortlægningsopgaver. Seismiske data registreres i MARTA-databasen, mens sedimentdata registreres i JUPITER-databasen. Disse unikke databaser danner grundlag for, at der nu kan udgives et nyt digitalt havbunds-sedimentkort. Kortet er et resultat af en intensiv sammenstilling af geologiske informationer fra GEUS' egne databaser kombineret med et væld af informationer fra rapporter og andre kilder.

Det nye sedimentkort publiceres som et offentligt tilgængeligt digitalt kort via kort-tjenesten på GEUS' hjemmeside. Kortet kan frit downloades digitalt som et samlet billede eller som GIS-tegninger og bruges i andre sammenhænge.



## Her kan du læse videre

**DGU-Information, 1995, Temanummer Nr. 4:** Geologi til søs.

**Larsen, B. 1979:**

Havets Geografi. I: Nørrvang, A. & J. Lundø (Red.) Danmarks Natur Politikens forlag.

**Larsen, B. 2006:**

De danske farvandes geologi. I: T.Fenchel (red.) Naturen i Danmark, Havet s.35-47.

[www.denstoredanske.dk/Naturen\\_i\\_Danmark](http://www.denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark)

**Lund-Hansen, L.C. med flere, 1994:**

Basisbog i fysisk-biologisk oceanografi.

Gads Forlag.

På [www.GEUS.dk/publikationer/geologi](http://www.GEUS.dk/publikationer/geologi)

Nyt fra GEUS følgende numre:

1998 nr. 4 Råstoffer fra havbunden.

2002 nr. 4 BALKAT, Østersøen uden grænser.

2003 nr. 3 Nordsøen efter istiden - udforskningen af Jyske Rev.

2003 nr. 4 Blåvands Huk - Horn Rev området - et nyt Skagen?.

2004 nr. 4 Mariager Fjord.

**Fredningsstyrelsen, 1986:**

Havbundsundersøgelser.

Råstoffer og fredningsinteresser.

Bornholm, Djursland Nord, Fakse Bugt, Lillebælt.

**Skov-og naturstyrelsen. 1987-1991:**

Nordsjælland 1987,

Sjællands Rev 1987,

Samsø Nordøst 1987,

Smålandsfarvandet 1987,

Roskilde Fjord 1988,

Storebælt 1988,

Bornholm Sydvest 1988,

Hornbæk 1989,

Samsø Sydøst 1991,

Lillebælt 2000.

Jørn Bo Jensen  
Seniorforsker, GEUS  
jbj@geus.dk

Zyad Al-Hamdani  
Seniorforsker, GEUS  
azk@geus.dk

# Habitatkortlægning

Havbundens sedimentkortlægning er et vigtigt redskab for kortlægningen af habitater, altså af de naturlige levesteder for planter og dyr. Sedimentfordelingen er en af de vigtigste bestemmende parametre for udbredelsen og mangfoldigheden af habitaterne, og den menneskelige påvirkning af havbundens sedimenter kan have fatale konsekvenser for fremtidens liv i havet. Erkendelsen af dette har været den drivende kraft i de senere årtiers sediment- og habitat-kortlægning, som har været præget af et stadigt øget raffinement af metoder og detaljeringsgrad. Habitatkortlægning har stor international bevågenhed, både på EU- og globalt plan, og er et vigtigt redskab, når der skal findes et bæredygtigt kompromis mellem udnyttelse og bevarelse af naturen.

## Havet sletter ikke alle spor

Det var tidligere en udbredt opfattelse, at havet sletter alle spor og at havet er en udtømmelig ressource. Siden 1930'erne har der således været fisket store sten til anvendelse i havnebyggerier og andet anlægsarbejde (s. 6 figur 1). Stenene blev hovedsageligt hentet på lavvandede rev, hvor de var lette at hente. Efterhånden som offentligheden blev mere opmærksom på, hvordan menneskelige aktivi-

teter påvirker havbunden, fulgte også modstanden mod stenfiskeri, som blev forsøgt reguleret i flere omgange, men først helt forbudt i 2010. Med Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987 startede de første systematiske undersøgelser af stenrev. De nationale initiativer blev imidlertid overhalet af EU-regler, som forpligter medlemslandene til at udpege områder med forskellige habitattyper (EU Habitatt direktivet 1992) samt at udarbejde en mål-

sætning for fremtidig forvaltning af områderne. Alle EU-habitatområder indgår i et fælles NATURA 2000-netværk af naturbeskyttelsesområder, som omhandler både land og hav. På dansk havbund er der tre dominerende habitater: *Rev*, *Boblerev* og *Sandbanker* (se boks side 7) som alle er defineret af den geologiske beskaffenhed af havbundens sedimenter, kombineret med dybdeforhold, saltholdighed mv.

GEUS' kortlægning af havbundssedimenterne har vist sig at være et vigtigt fundament for habitatkortlægning. Lige fra begyndelsen, hvor det generelle sedimentkort fra 2000 blev benyttet som basis for kortlægningen af mulige stenrev og sandbanker, til de senere år, hvor der er sket en bemærkelsesværdig udvikling med hensyn til detaljeringsgrad af kortlægningen, instrumentteknologi, geologisk tolkningsmetodik og præsentation. Desuden har det været en absolut nødvendighed



## Her kan du læse videre

### Om stenrev:

Dahl, K., Lundsteen, S., Helmig, S. 2003. Stenrev, Havbundens oaser, Gads Forlag.

### Se Geoviden 2013, 3, s. 12–17

for mere detaljeret gennemgang af de akustiske instrumenter.

*Figur 1. Dykker iført tungdykkerudstyr af den slags, der kunne være brugt af stenfiskerne. Stenfisker er betegnelsen på en dykker, der gik rundt på havbunden og satte stentangen omkring en stor sten, som skibet oppe i overfladen trak op med et spil. I forgrunden er indsat et foto af en stentang, der befinder sig i udstillingen på Dragør Museum. Stentænger fandtes i forskellige størrelser.*

Fotos: Gunnar Broge.  
Fotocollage: Benny Scharck, GEUS.

med et tæt samarbejde mellem de implicerede marinbiologer og geologer, samt administrationen af havets ressourcer og miljøbeskyttelse.

### Hvad er et habitat

Darwin definerede i 1859 habitat som “et område, hvor en plante eller et dyr har naturligt levested”. Sidenhen har der været et utal af definitioner og senest i EU-kommissionens Habitat-direktiv: “Arealer, der er kendetegnet af geografiske naturlige og semi-naturlige, ikke-biologiske og biologiske parametre”. På havet skelner man mellem *pelagiske habitater* (i selve vandsøjlen) og *bentiske habitater* (knyttet til havbunden). Vores fokusområde er de bentiske habitater, som omfatter fysiske, biologiske og kemiske forhold på havbunden. Et ha-

bitatområde og dets tilknyttede samfund af dyre- og plantearter kaldes en *biotop*.

De fysiske forhold på havbunden er områdets sedimenttype, fx sandbund, stenet bund eller mudderbund, kombineret med områdets morfologi, fx en flad bund, en banke eller en rende. Områdets miljømæssige parametre inkluderer den fysiske zone, dvs. den del af vandsøjlen, der har lys nok til, at fotosyntese kan foregå, og turbiditet, som er et udtryk for vandets uklarhed og strømhastighed. De kemiske parametre omfatter saltholdighed, iltindhold og surhedsgrad (pH).

Det fremgår af definitionerne, at havbundens beskaffenhed er en vigtig faktor, der styrer havbundens biologiske samfund, hvad enten der er tale om grundfjelds-, hårbunds- eller mudderbunds-samfund. På figur 2 (s. 8)

er vist en kortlægning af hhv. sediment- og habitattype i samme område.

### Hvorfor kortlægger vi habitater

Vi kortlægger de marine habitater for at få en bedre forståelse af den arealmæssige udbredelse, fordelingen, mangfoldigheden og variationen i den levende natur, samlet kaldet diversiteten. Viden om disse parametre og ændringer over tid er en forudsætning for at vi kan bevare den naturlige fordeling af planter og dyr i et område. Desuden vil ændringer i biodiversiteten helt sikkert også påvirke alle andre levende organismer, eksempelvis fisk, der er afhængige af bunddyr og planter i deres fødekæde. Således er kortlægningen af havbundens habitater et afgørende skridt i retning af mulighed for sikring af en bæredygtig

## De vigtigste habitater på dansk havbund

### Rev:

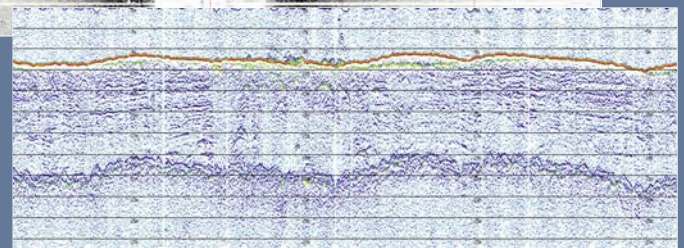
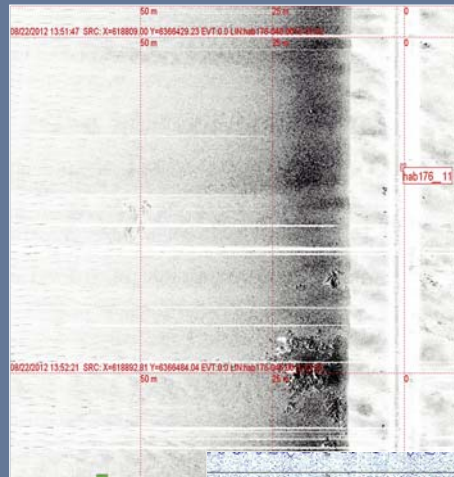
Områder, hvor hård, kompakt bund rager op fra den omkringliggende havbund. Det er typisk områder med store sten, men der medregnes også lodrette, skrånende eller vandrette klippevægge/klippehylder; stendynger, overhængende sten, søjler, rygge, toppe, osv. Rev kan optræde på dybt eller lavt vand, og kan være tørlagte ved lavvande. Arealer, der er dækket af et tyndt lag mobilt sediment, fx sand, klassificeres som rev, så længe der hovedsagelig findes dyr og planter knyttet til hård bund på arealet. På de enkelte rev kan der forekomme stor variation i dyre- og plantearterne. Især den faldende saltholdighed fra Kattegat mod Østersøen er årsag til, at dyre- og plantelivet kan være meget forskelligt fra rev til rev.

### Boblerev:

Sandstensstrukturer i form af plader med talrige huler eller op til 4 m høje søjler. De er opstået ved sammenkitning af sand med en karbonatholdig cement som følge af tilfning af metangas, der siver ud fra havbunden. Hulrummene i de aktive boblerev frigiver gasbobler. Ofte findes en zoneinddeling af diverse bundlevende samfund af alger og/eller hvirvelløse dyr, som er specielt tilpassede til hårde bundtyper. Biodiversiteten øges endvidere af dyr, som søger føde eller beskyttelse i boblerevets mange hulheder.

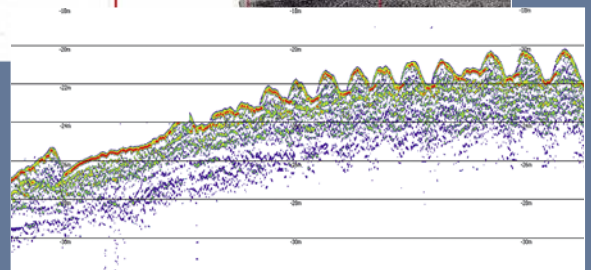
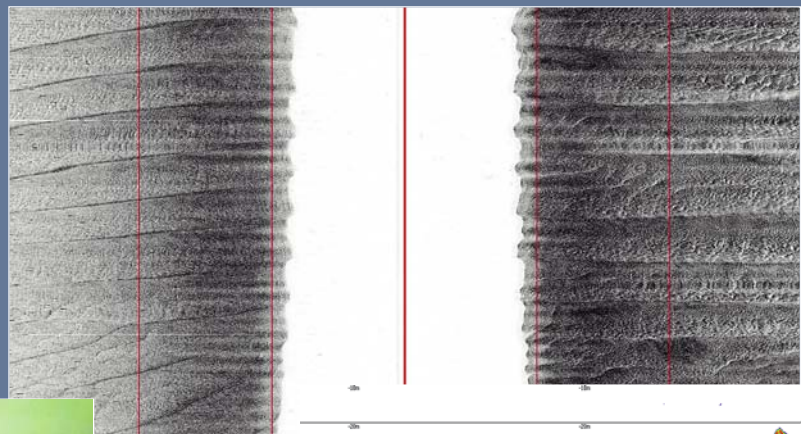
### Sandbanker:

Topografiske elementer, som typisk er omgivet af dybere vand og hvis top er dækket af op til 20 m vand. Blottes ikke ved lavvande. Bankerne består hovedsageligt af sandede sedimenter, men der kan også forekomme mudder, grus eller store sten, så længe der overvejende findes dyr og planter knyttet til sandbund på arealet. Sandbanker kan være dækket af vandplanter, fx ålegræs. Bankerne kan træffes tæt på kysten i form af revler eller som mere permanente banker længere ude.



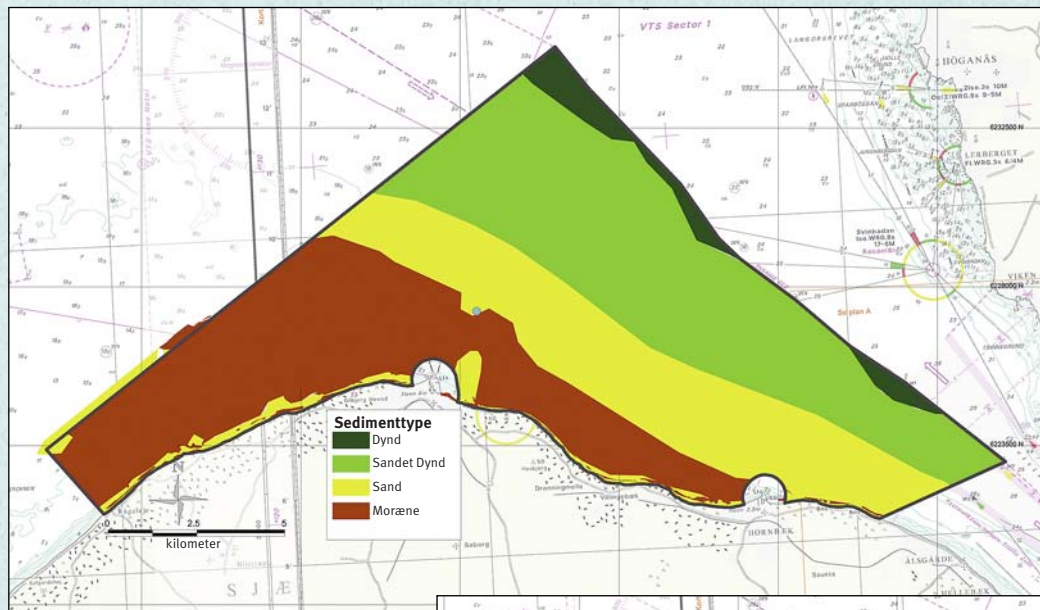
Habitattypen boblerev illustreret med sidescansonar, sedimentekkolod og foto (eksempel fra nord for Læsø).

Kilde: Forfatterne.



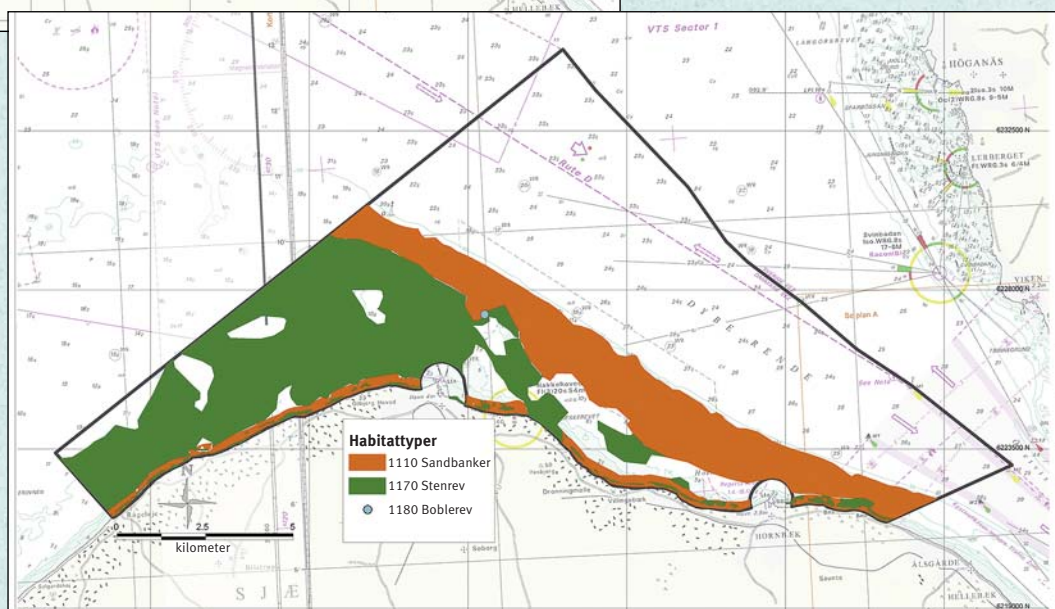
Habitattypen sandbanker illustreret med sidescansonar, sedimentekkolod og foto (eksempel fra Stavns Fjord, Samsø).

Kilde: Forfatterne.



Figur 2. Kortudsnit nord for Gilleleje med sediment- og habitattyper.

Kilde: Forfatterne.



tig udnyttelse af det marine miljø. På den baggrund er det muligt at monitere de mest sårbare habitater og de menneskelige aktiviteter, som kan have skadelige virkninger.

Rev er nok det bedste eksempel på et habitat, som har mange funktioner i et økosystem – her er på samme tid plads til mange forskellige biologiske samfund, fx er det et godt gydeområde, samtidig med at det kan tjene som beskyttelse for fisk. At kortlægge dette habitat med en detaljeret afgrænsning er et vigtigt planlægningsredskab for arealregulering af eksempelvis fiskeri og sandindvinding i nærheden. Lignende betragtninger kan anvendes til andre habitattyper, hvoraf de mest almindelige er defineret i boksen side 7.

## Hvordan kortlægges habitatområderne

Havbundskortlægning er en tidskrævende og omkostningsfuld proces, som ud over udgifter til sejlads, kræver avancerede og dyre instrumenter. Derfor planlægges kortlægnings-

metoden nøje efter krav til detaljering og habitattype. Den traditionelle metodik har været direkte observation med dykning, prøvetagning, fotodokumentation og slæbning af videokamera over bunden. Men det er en meget dyr løsning, som kun er anvendelig i mindre områder, som kræver detaljeret kortlægning.

Akustisk opmåling kombineret med prøvetagning har vist sig som en mere økonomisk metode til dækning af større arealer med en acceptabel nøjagtighed. I praksis benyttes en vifte af akustisk udstyr, bl.a. sidescan, ekkolod/multibeam og sediment-ekkolod (se første artikel i bladet). Med disse indirekte metoder sejles der i et netværk af sejllinjer, hvorved der kan kortlægges arealer med letgenkendelige havbundstyper og bundformer. Dernæst udpeges inspektionspunkter, som efterfølgende monitoreres med en kombination af bundprøver og foto-/videodokumentation. Det færdige produkt er et fladedækkende kort med inddeling af havbunden i habitattyper, som kan benyttes i arealplanlægningen.

## ‘Downscaling’ – lavvandskonceptet

På det seneste har GEUS udviklet et koncept, som kan benyttes til habitatkortlægning i lavvandede og kystnære områder, på vanddybder ned til ca. 5 m's dybde, hvor der er begrænsede muligheder for at sejle med akustisk udstyr, men hvor det er muligt at få oplysninger om havbundens beskaffenhed via *remote sensing* teknik. Første trin er at udarbejde et meget generelt kort over sedimentfordeling og havbundens kystnære morfologi baseret på tolkninger af flyfotos og satellitdata. Derefter bliver der ‘downscaled’ og dermed zoomet ind på kortlægningen med udpegning af nålestiks-inspektioner i form af spredte akustiske sejllinjer, som understøttes af foto/video og prøvetagninger. Endelig kombineres det samlede dataset som hidtil i et fladedækkende habitatkort.



# Nyt digitalt havbunds-sedimentkort

**Nye sedimentdata fra den danske havbund indsamlet gennem de sidste 14 år er nu sammenstillet til et opdateret digitalt kort over havbundens sedimenter. Kortet giver med sine klassifikationer informationer om havbundens meget varierende sammensætning og udformning.**

Det nye sedimentkort viser fordelingen af havbundssedimenter i de danske farvande. Kortet er en opdatering af det sedimentkort, som GEUS udgav i 2000, og er resultat af en omfattende sammenstilling af alle tilgængelige nye informationer om havbundens beskaffenhed. Data stammer i høj grad fra habitatkortlægning udført for Naturstyrelsen, samt fra Naturstyrelsens og råstof erhvervets råstofkortlægninger gennemført i løbet af de sidste 5–10 år. Derudover er der store mængder af nye data fra Kystdirektoratets kortlægninger i Nordsøen samt data indsamlet i forbindelse med etablering af havvindmølleparker.

Alle anvendte data er samlet i GEUS' databaser. Der er en meget ujævn fordeling af data fra den danske havbund – nogle steder ligger data meget tæt, andre steder meget spredt. Tolkningerne er derfor baseret på ekstrapolationer mellem datapunkterne, men den geologiske viden om dannelsesforholdene sammenholdt med præcise kort over dybdeforholdene har været anvendt til at tegne

grænserne mellem sedimentklasserne. Endvidere har biologiske informationer (udbredelsen af bundlevende alger, ålegræs og muslinger) været anvendt som supplement til de geologiske data, idet de giver indirekte indikationer om det substrat, der knytter sig til de enkelte arters tilstedeværelse.

Sedimentkortet er et geologisk kort, der hovedsageligt er baseret på seismiske og akustiske baggrundsdata kalibreret ud fra sedimentprøver. Der er ikke foretaget systematiske prøveindsamlinger, som man gør i mange af vores nabolande. Klassifikationerne på kortet er et udtryk for et gennemsnit af havbundens sedimenter i de øverste ca. 0,50 m. Hver sedimentklasse er defineret ud fra specifikke kornstørrelsessammensætninger. 'Moræneler' er dog et blandingssediment ligesom klassen 'Sedimentært grundfjeld' dækker over flere mio. år gamle aflejringer af forskellig oprindelse. De anvendte klassifikationer fremgår i forenkelt form af boksen nedenfor.



Jørgen O. Leth  
Seniorrådgiver, GEUS  
jol@geus.dk

Danni Junge Jensen  
Videnskabelig assistent, GEUS  
djj@geus.dk

Steen Lomholt  
Seniorrådgiver, GEUS  
slo@geus.dk

Zyad Al-Hamdani  
Seniorforsker, GEUS  
azk@geus.dk

Niels Nørgaard-Pedersen  
Seniorforsker, GEUS  
nnp@geus.dk

Jørn Bo Jensen  
Seniorforsker, GEUS  
jbj@geus.dk

Camilla Snowman Andresen  
Seniorforsker, GEUS  
csa@geus.dk

Lisbeth Tougaard  
IT-konsulent, GEUS  
lit@geus.dk

Frants Von Platen-Hallermund  
Geodatalog, GEUS  
fph@geus.dk

Mikkel S. Andersen  
Studertermedhjælper, GEUS  
misa@geus.dk

Birger Larsen  
Adjungeret seniorforsker, GEUS  
bil@geus.dk

## Sedimentklasser. Forenklet beskrivelse

### Moræneler

Moræneler helt/delvist dækket af mindre end 0,50 m restsedimenter af sten, grus, groft sand og/eller sandet mudder.

### Sand, grus og småsten

Blandingssediment med lagtykkelse over 0,50 m. Dannet af udvasket moræneler, smeltevandssedimenter eller fossile kystdannelser.

### Sand

Ensartet bund af løst sand. Øverste 5–20 cm omlejres jævnlgt af bundstrømme. Meget velsorteret. Fremstår ofte med strømribber.

### Sandet dynd/dyndet sand

Blandingssediment; meget variabelt forhold mellem sand og dynd. Aflejret på kanten af bassin-områder, samt som et tyndt dække på dele af erosionsområderne.

### Dynd/marint lergytje

Blødt, finkornet sediment med mere end ca. 10 % findelt organisk stof og med højst nogle få vægt % sandkorn, ofte med muslingeskaller og planterester. Meget højt vandindhold. Findes i akkumulations- og bassinområder i indre danske farvande.

### Kvartært ler

Hav-, smeltevands- eller sø-ler og tørvekslende med indslag af sand/silt. Eventuelt med tyndt dække af restsedimenter (sand, grus, småsten). Ler-/tørvelaget kan være Yoldialer (Kattegat), Baltisk/Ancylus ler (Østersøen) og Holocænt ler (Nordsøen).

### Sedimentært grundfjeld

Findes fremeroderet omkring Bornholm, ved Øresundstærsklen, ud for Vestkysten og foran kalkklinter.

# Havbundens sedimenter omkring Danmark

## Kornstørrelser (diameter)

### Silt

0,002 → 0,06 mm

### Sand

Fint sand 0,06 → 0,2 mm  
 Mellem sand 0,2 mm → 0,6 mm  
 Groft sand 0,6 mm → 2 mm

### Grus

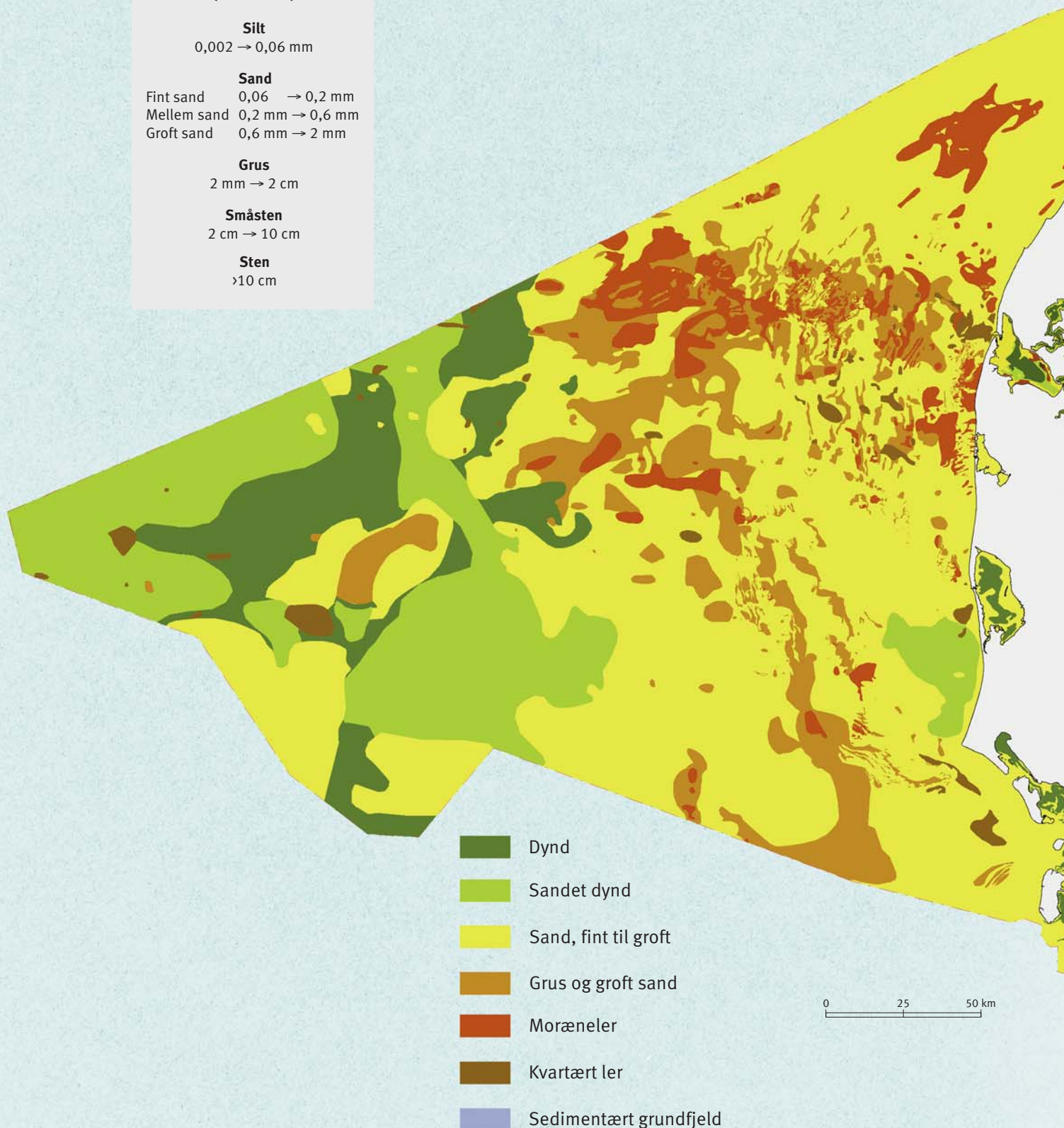
2 mm → 2 cm

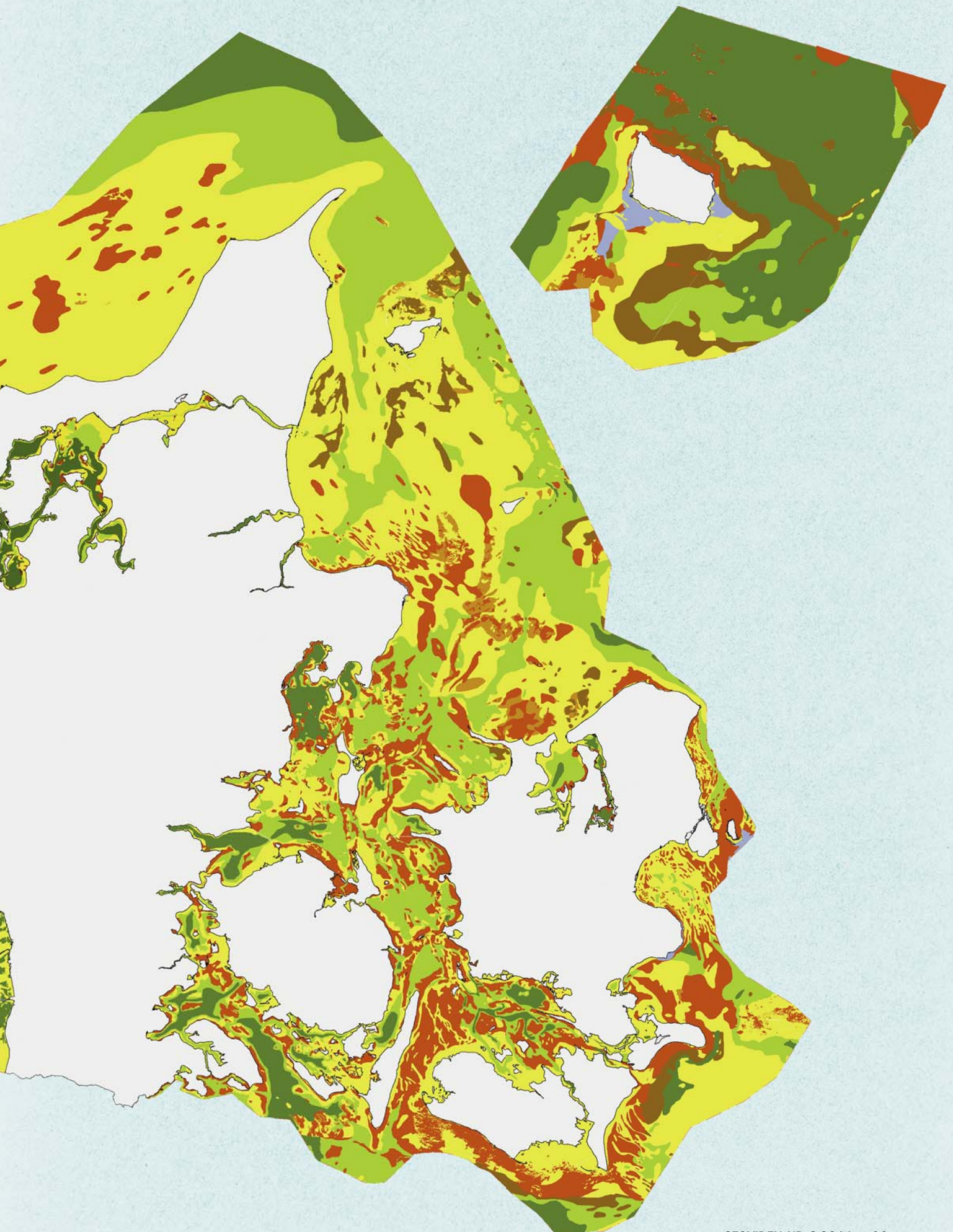
### Småsten

2 cm → 10 cm

### Sten

>10 cm





# Råstoffer i havet omkring Danmark

Basale råstoffer som sand og grus indvindes i stigende grad fra havbunden omkring Danmark. Indvinding finder sted i afgrænsede områder administreret af Naturstyrelsen, således at naturinteresser, kystbeskyttelse og andre samfundsinteresser tilgodeses. Materialerne benyttes til byggeri, betonfremstilling, kystbeskyttelse samt opfyldningsopgaver. Råstofferne på havbunden har sit udgangspunkt i det landskab, som lå tilbage efter sidste istid for godt 15.000 år siden, og den efterfølgende erosion og omlejring af materialerne, som skyldes havets kræfter. De marine råstoffer er ofte af en højere kvalitet end de landbaserede grusgravsmaterialer på grund af den sortering, der er sket. Såfremt indvindingen til havs sker i begrænsede miljø-kontrollerede områder, anses det i almindelighed for at være et mindre skadeligt indgreb i naturen end udvidelse af grusgravsområder på land.

## Marine råstoffer

I Danmark indvindes der årligt mellem ca. 25 og 40 mio. m<sup>3</sup> sand, grus og småsten til byggeri og vejanlæg, dels som fyld og vejmaterialer, dels til fremstilling af beton, mørtel og asfalt. Af denne mængde kommer knap 20 % fra havet, med svagt stigende tendens. I modsætning til tung og støjende lastbiltransport fra grusgravsområder, transporteres marine råstoffer i store skibsladninger til nærmeste havn med losse- og sorteringsanlæg.

## Dannelse

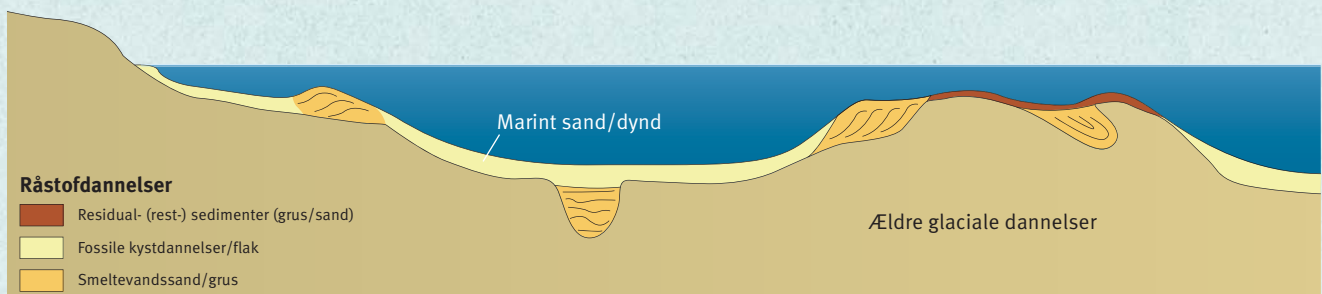
Sand, grus og småsten både til lands og til havs er fragtet hertil af gletsjere og smeltevandsfloder under de seneste istider. Sidenhen har havet oversvømmet store områder og medført en udvaskning og genaflejring af løst

materiale som kystdannelser, bankeformer og såkaldte residualaflejringer (se figur 1). Havets bearbejdning af materialerne over længere tid har ført til en større sorteringsgrad og nedbrydning af ustabile mineraler (såsom amorf/porøs flint). Dermed dannes et højkvalitetsmateriale, som bl.a. kan anvendes til betonfremstilling. Råstofforekomster på havbunden i form af tidligere smeltevandsaflejringer, der ikke er marint omlejrte, vil være af en ringere kvalitet og er sammenlignelige med grusgravsmateriale.

## Regulering

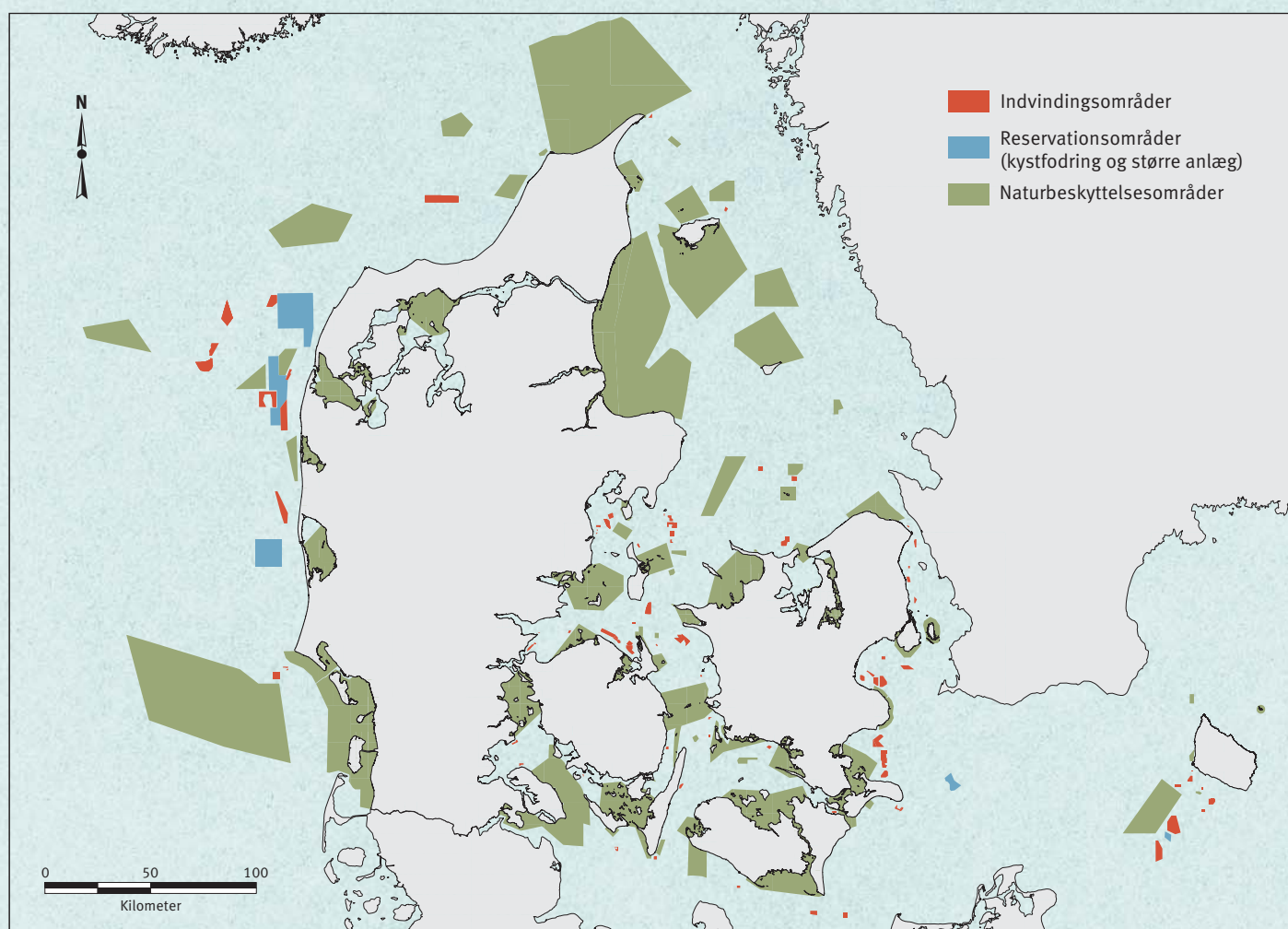
Råstofindvinding fra havbunden har igennem de seneste 50 år udviklet sig fra at være nærmest 'vilde vesten'-forhold til at være reguleret af en lovgivning, der tager hensyn til miljø-

og planlægningsmæssige forhold. I 1972 blev den første regulering af råstofindvindingen til havs fastlagt. Herefter krævede al indvinding fra havbunden en tilladelse og enkelte områder blev lukket for råstofindvinding. I 1992 fik stenrev status som en særlig beskyttelsesværdig naturtype (jf. EU lovgivning), og såkaldt stenfiskeri aftog meget for i 2010 at blive helt forbudt. I 1998 (med opfølgning i 2009) kom den nuværende råstoflov, der sikrede, at al efterforskning og indvinding af råstoffer til havs skal ske i geografisk afgrænsede og miljøvurderede områder, som skal godkendes af Naturstyrelsen. Udlægningen af indvindingsområder tager hensyn til EU fuglebeskyttelses- og habitatområder, samt kravet om, at der i kystvande med en vanddybde på mindre end 6 m almindeligvis ikke må finde råstofindvinding sted. Indvinding er belagt med et vederlag per kubikmeter last samt en arealafgift (større offentlige anlægsarbejder og kystfodring/kystbeskyttelse undtaget), da de marine råstoffer tilhører staten, og afgiften går bl.a. til at dække regional kortlægning af råstoffressourcer på havet. Naturstyrelsen har i øjeblikket udlagt ca. 100 indvindingsområder omkring Danmark med et samlet areal svarende til ca. 550 km<sup>2</sup> (se figur 2, s. 13). Hertil kommer reservationsområder, som udelukkende er udlagt til brug for store anlægsarbejder og kystfodring (ca. 630 km<sup>2</sup>).



Figur 1. Model for marine råstofdannelse. Tre typer dominerer: smeltevandssand og -grus, fossile kystdannelser (marint og søaflejrte), samt residualaflejringer dannet ved udvaskning af højereliggende morænegrunde. Det er ikke tilladt at indvinde forekomster tæt på kysten (mindre end 6 m's dybde).

Illustration: Eva Melskens, GEUS.  
Omtegnet efter forfatterne.



Figur 2. Fordeling af marine råstofindvindingsområder, reservationsområder til kystfodring og større anlægsarbejder (havneudvidelser, brobygning, osv.), samt naturbeskyttelsesområder (NATURA 2000) i de danske farvandsområder.

Kilde: Naturstyrelsen/GEUS.

## Indvinding og anvendelse

Indvinding af sand og grus foregår fra sandsugerfartøjer, der fuldt lastede kan fragte i størrelsesordenen 500–50.000 m<sup>3</sup>. Ved hjælp af en kraftig pumpe suges vand og sediment via et rør op fra havbunden. Et gittersold på mundstykket sørger for at større sten ikke medtages. Indvindingen foregår enten som punktvis stiksugning eller ved såkaldt slæbesugning, under hvilken sandsugeren bevæger sig langsomt frem.

Ved indvinding fra havbunden skelnes normalt mellem fire typer råstoffer: sand, grus, ral (småsten) og fyldsand. Sand anvendes især til fremstilling af cement, beton, mørtel og til rekreative formål, mens fyldsand (lavkvalitetsmateriale) fortrinsvis anvendes til opfyldning

ger i havne, i forbindelse med bygningen af broer og kunstige øer og til kystfodring (se figur 3). Grus og ral bruges primært til fremstilling af beton.

Indvindingsmængden varierer meget fra område til område og fra år til år, afhængig af den lokale og regionale efterspørgsel. I en lang række områder indvindes kun nogle få tusinde kubikmeter årligt til lokalforsyning, mens der til kystbeskyttelse (kystfodring) og store anlægsarbejder i enkelte områder kan indvindes op til flere mio. m<sup>3</sup> inden for få måneder. Flere områder ud for den jyske vestkyst er reserveret til kystfodring, mens Kriegers Flak øst for Møn er reserveret til en ny vindmøllepark og til råstofforsyning af Femern Bælt projektet.

## Påvirkninger af miljøet

Ved indvinding af råstoffer fra havbunden vil denne i indvindingsområdet og dens umiddelbare nærhed blive påvirket. Punktvis stiksugning efterlader større eller mindre kegleformede huller i havbunden, mens slæbesugning frembringer lange, op til 80 cm dybe spor i havbunden. Herved vil substratet for bunddyr, fisk og planter midlertidigt blive ødelagt. Ved selektiv indvinding af grovere materiale, vil de finere fraktioner blive sorteret fra og ledt tilbage i havet. Aflejringen af materialet vil påvirke livet på havbunden i en vis omkreds omkring indvindingsstedet. Ved udlægning af indvindingsområder tages ovennævnte forhold i betragtning således, at områder klassificeret som vigtige habitatområder, fortids-

Figur 3. Sandsuger i færd med at tømme lasten i forbindelse med kystbeskyttelse af strandområde.

Kilde: Rohde Nielsen A/S.



## Her kan du læse videre

[www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Raastoffer/](http://www.naturstyrelsen.dk/Vandet/Havet/Raastoffer/)  
[www.danskeraastoffer.dk](http://www.danskeraastoffer.dk)

minder (fx vrag), eller kystnære områder med vanddybde mindre end 6 m undgås. Hertil skal også siges, at inden for langt størstedelen af de udlagte områder er indvindingsaktiviteten af meget begrænset varighed og frekvens, således at bundliv ofte kan regenerere i området. Statistik for de samlede områder igennem en længere periode har således klarlagt, at der i mere end 75 % af områderne indvindes mindre end 1 skibslast om ugen.

### Samfundsøkonomiske aspekter

På land er der rift om arealerne, fordi der også skal være plads til landbrug, byer, veje,

naturområder mv. Derfor er det et politisk vedtaget mål, at indvindingen af råstoffer fra havbunden øges, så den kommer til at udgøre en større del af den samlede råstofindvinding. Markedet for råstoffer styres i høj grad af udbud og pris. Råstoffer som sand og grus er relativt billige i forhold til de omkostninger, der er forbundet med transport af materialerne fra indvindingssted til byggeplads. Hvis det er muligt at få leveret materiale fra en lokal grusgrav, vil det ofte være billigere end at få det fra et af landets havnedepoter for marine råstoffer. Derfor vil de marine råstoffer ofte kun være konkurrencedygtige,

når det gælder krav om høj kvalitet til betonfremstilling eller ved større anlæggesarbejder langs kysten eller til havs. Stigende behov og krav om arealplanlægning – også på det marine område – bevirker også at interessehensyn til naturfredning, fiskeri, vindmølleparker, sejltreder, kabelforbindelser og råstofindvinding skal afvejes nøje.



# Sedimentdynamik i kystzonen

Aart Kroon  
Lektor, IGN, Københavns Universitet  
ak@ign.ku.dk

Verner B. Ernsten  
Forskningslektor, IGN, Københavns Universitet  
vbe@ign.ku.dk

Mikkel Fruergaard  
Postdoc, IGN, Københavns Universitet  
mif@ign.ku.dk

**Kystzonens sedimenter transporteres let og er derfor udsat for gentagne omlejring. Transport af sedimentet i kystzonen er især forårsaget af bølger og strøm. Ændringer i størrelsen af det sediment, der transporteres, giver anledning til aflejring, erosion eller dannelse og migration af bundformer. Herved opstår der ændringer i kystzones sedimentbudget, der er en af de styrende parametre for, hvorledes kystzonen udvikler sig – på kort såvel som på lang sigt.**

Sedimentdynamik er afhængig af de processer, der påvirker sedimentet. Balancen mellem ydre bevægende kræfter, fx bølger og strøm, og sedimentets stabiliserende kræfter, fx tyngdekraften, bestemmer om sedimentet sættes i bevægelse. Overstiger de ydre kræfter en tærskelværdi, vil sedimentet komme i bevægelse med mulige ændringer af bundtopografien til følge. Overordnet stiger sedimenttransport-størrelsen med intensiteten af de processer, som forsøger at flytte sedimentet.

Grove sedimenter (fx grus) er vanskeligere at flytte end finere sedimenter (fx sand). Dette skyldes bl.a. at massen af en gruspartikel er højere end massen af en sandpartikel. Det er dog ikke altid massen af sedimentet, der afgør om et sediment mobiliseres. De fineste

sedimenter, lerpartikler, har stærkere stabiliserende kræfter end sand og grus, fordi lerpartikler 'klistrer' sammen. Man siger, at disse sedimenter har kohæsive egenskaber.

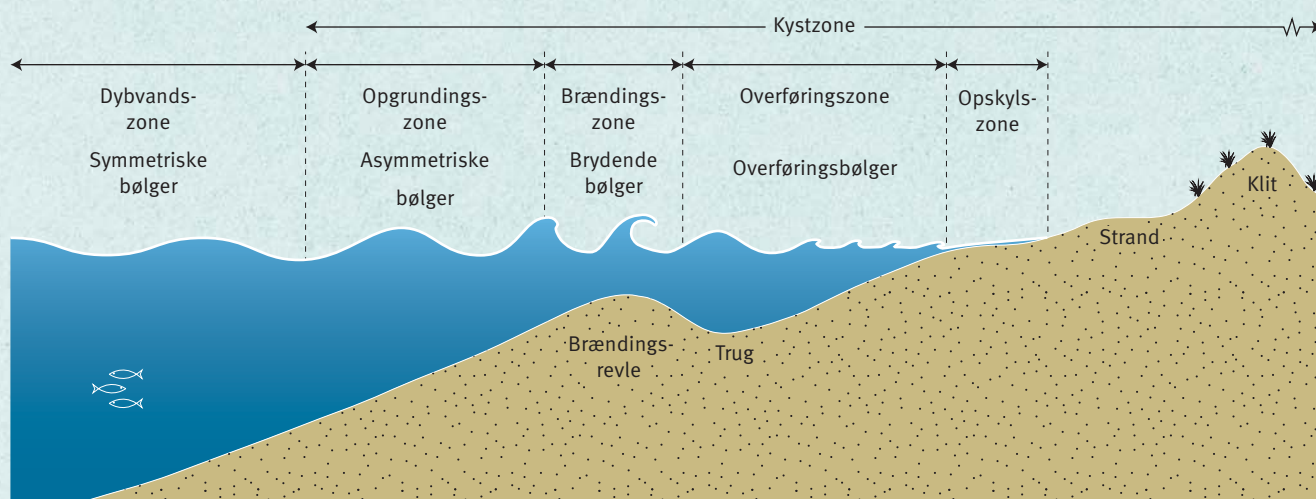
## Bølger

De vigtigste processer i kystnære områder er knyttet til bølgerne, da bølgenes energi kan omdannes til strømme, som igen kan resultere i sedimenttransport. Bølger opstår, når vinden påvirker vandets overflade. Under bølgens top bevæger vandpartiklerne sig fremad og under bølgens trug bevæger partiklerne sig tilbage. Vandpartiklerne under bølger følger et cirkelformet bevægelsesmønster. På dybt vand når cirkelbevægelsen ikke ned til sedimenterne på havbunden, så dér skaber bølgerne ingen sedimenttransport. På lavt

vand når vandpartiklernes cirkelbevægelse helt ned til bunden, og hvis vandets hastighed er tilstrækkelig stor, sættes sedimentet i bevægelse. Figur 1 viser hvilke bølgerelaterede processer og påvirkninger, som finder sted under bølgens omdannelse fra dybt vand og ind til stranden. Generelt stiger den bølgeskabte sedimentdynamik, jo nærmere på kysten man kommer, og helt tæt på kysten opstår brusende bølger og bølgeskabte strømme både vinkelret og på langs af kysten.

## Strømme

Hav- og kyststrømme er vigtige for mobilisering og transport af sedimenter. Strømmene skabes ved astronomiske, atmosfæriske og bølgerelaterede processer samt vindstuvning. Astronomiske processer skaber tidevand og tidevandsstrømme, der er af stor betydning på dybt vand, i tidevandsbassiner og i æstuarier (flodmunding i tidevandsmiljø) fx i Vadehavet. Atmosfæriske ændringer over havet skaber hældninger i vandspejlet, som danner strømme. Det samme gør sig gældende for vindstuvning, hvor vinden blæser vand ind i



Figur 1. Omdannelse af bølger fra dybt vand til stranden.

Kilde: Forfatterne.

## Sedimentdynamik i tidevandsdyb

Tidevandsdybene, som adskiller barriereøerne i Vadehavet, forbinder de bagvedliggende tidevandsbassiner med Nordsøen. Som følge af tidevandskræfter udveksles ved hver flod (stigen- de vand) og ebbe (faldende vand) millioner af kubikmeter vand gennem disse snævre løb, hvor der er høje strømhastigheder i både flod- og ebbeperioden, med maksimale middelstrømhastigheder på mere end 1 m/s. Disse høje strømhastigheder medfører, at bunden i tidevandsdybene typisk består af sand, grus og skaller, og at transportraten af bundmateriale er høj. Det finere materiale (ler og silt) bliver pga. de høje strømhastigheder transporteret i vandsøjlen i suspension, båret af vandets turbulens. Dog kan det finere materiale midlertidigt aflejres ved høj- og lavvande, når strømhastigheden falder og strømmen skifter retning.

Når vand strømmer over en sandbund med bundtransport til følge, dannes der bundformer (ribber, banker osv.). Disse kender vi alle fra en soppetur i vandkanten. I tidevandsdybene, hvor strømhastighederne er høje og vanddybderne relativt store (10–20 m), findes bundformer i mange dimensioner (se figuren), fra små ribber kortere end 1 m og lavere end 5 cm til enorme

banker, som er flere meter høje og over 100 m lange. De største banker i Vadehavets tidevandsdyb er knap 10 m høje og over 300 m lange. I løbet af både flod og ebbe er der store materialeomlejring i dybene, med morfologiske ændringer af både store og små bundformer (se figuren). Millioner af tons sand omlægges i løbet af hver flod- og ebbeperiode, men set over en enkelt tidevandsperiode er nettotransporten minimal og bundformerne er praktisk taget statiske. Men flod og ebbe indfinder sig regelmæssigt to gange i døgnet, dag efter dag, året rundt. Pga. lidt højere strømhastigheder under ebbe end under flod, foregår netto- bundtransporten i ebberetningen, hvilket også kan ses på bundformene, der over tid vandrer gennem dybene i ebberetningen (se figuren). Således føres der løbende sand ud mod de store ebbedeltaer, der ligger ved dybenes munding i Nordsøen.

Med den permanente sedimentomlejring i tidevandsdybene bliver bundmaterialet kontinuerligt fordelt og sorteret i samspil og ligevægt med morfologi og strømning. Dette fører bl.a. til en karakteristisk sortering af materialerne, der er ca. dobbelt så grove på kammen af bankerne som i trugene (se figuren), i overensstemmelse

med stigende strømhastigheder fra banketrug til -kam. Ligeledes er materialerne ca. dobbelt så grove i midten af tidevandsdybene som i kanterne af løbene. Det skyldes til dels højere strømhastigheder centralt i løbet, men også sorteringsmekanismer som følge af sekundære strømninger i tidevandsdybene på tværs af de dominerende retninger for flod- og ebbestrømmen.

Tidevandsdybene er ikke blot interessante pga. højintense og -frekvente processer, spektakulær morfologi og sedimentdynamik. Ved at danne forbindelsen mellem det åbne hav og beskyttede æstuarier spiller tidevandsdybene en vigtig rolle i det kystnære miljø, idet de udveksler fersk- og saltvand, grov- og finkornede sedimentter samt næringsstoffer. Dermed har tidevandsdyb en essentiel betydning for biodiversiteten i æstuarine økosystemer og fungerer som livsnerve for fugleyngepladser, fiskeri og unikke rekreative områder. Desuden er tidevandsdyb også socioøkonomiske livsnerver, idet adgangen til mange store havne går gennem tidevandsdyb, som det også er tilfældet for en af Danmarks største havne – havnen i Esbjerg – der anløbes gennem tidevandsdybet Grådyb.

et område og herved skaber en strøm. Dette kunne observeres under stormen Bodil (5.–6. dec. 2013), hvor store mængder vand blev blæst ind i Kattegat, hvilket resulterede i en kraftig strøm mellem Kattegat og Østersøen. Tæt på kysten skabes kystparallelle strømme af bølger, der løber skråt ind på land. Disse strømme er sammen med strømmene vinkelret på kysten ansvarlige for dannelsen af bl.a. odder og barriereøer.

### Sedimentdynamik

Sedimentdynamikken og effektiviteten af de mobiliserende processer afhænger hovedsageligt af følgende faktorer: intensitet, varighed, hyppighed og rækkefølge af processer. *Intensiteten* er direkte knyttet til tilførslen af energi. Ved storm og vedvarende vind dannes højere bølger, og disse bølger påvirker sedimentter allerede på dybt vand. Ved stigende bølgeenergi øges påvirkningen af bunden, og dermed også sedimenttransporten. *Varigheden* af de mobiliserende processer er

også vigtig, for jo længere tid, de intensive påvirkninger varer – eksempelvis en storm – desto mere sedimentdynamik og større morfologiske (form-) ændringer, kan der observeres. *Hyppigheden*, hvormed en begivenhed indtræffer, er af stor betydning. Jo hyppigere begivenheder, jo større sedimentdynamik må forventes. Og når man taler om hyppighed – fx fire storme i en vis kategori pr. år – er det af afgørende betydning for sedimentdynamikken, om disse storme ligger tæt efter hinanden eller om de er spredt ud over året. Hvis stormene ligger for tæt, kan de morfologiske ændringer, der knytter sig til den enkelte storm, ikke nå at blive udbedret, før den næste storm indtræffer. Skaden efter den følgende storm vil derfor blive mere omfattende, end det ville have været tilfældet, hvis landskabet kunne nå at genetablere sig selv først. Dermed er hyppigheden og rækkefølgen af begivenheder af afgørende betydning for kystzonens og kystsystemers robusthed.

### Er der altid sedimentdynamik i kystzonen?

Nej, sedimentter er ikke altid i transport og ændringer i morfologien sker ikke kontinuerligt. I det åbne hav og i dybe dele af de indre danske farvande er det kun under storme, at havbundens sedimentter påvirkes af bølger. Storme kan altså generere tilstrækkeligt store bølger til at mobilisere sediment på dybt vand, og strømme kan videretransportere sedimentet. Under rolige vejrforhold, hvor der ikke flyttes rundt på sedimentterne, fremstår havbunden relik. Det er også i disse dybere havområder, at det er muligt at finde sedimentter, som ikke er aflejret af marine processer, men som stammer fra tidligere aflejningsperioder, fx moræner fra sidste istid.

Tættere på kysten/i mere lavvandede områder stiger hyppigheden af de sedimentdynamiske processer. Dette gør sig fx gældende for den indre del af strandplanet, som næsten altid er under indflydelse af bølger og strøm, og hvor det er muligt at observere

## Sedimentdynamik i Grådyb og Knudedyb, Vadehavet



Bankekam, typisk med groft sand med middeldkornstørrelser i størrelsesordenen 0,6-0,8 mm.

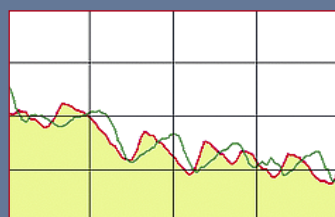
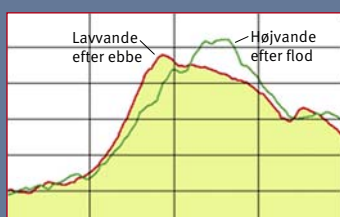
Foto: Christian Svenson.



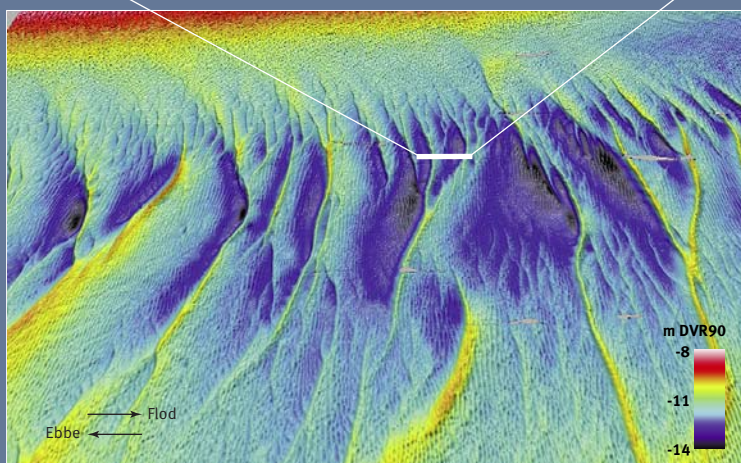
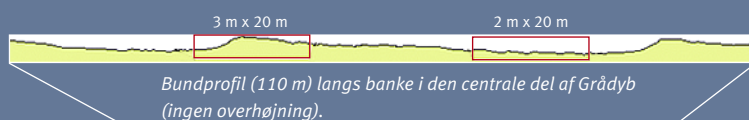
Nedre bankeryg, typisk med fint/mellem sand med middeldkornstørrelser i størrelsesordenen 0,2-0,4 mm

Foto: Christian Svenson.

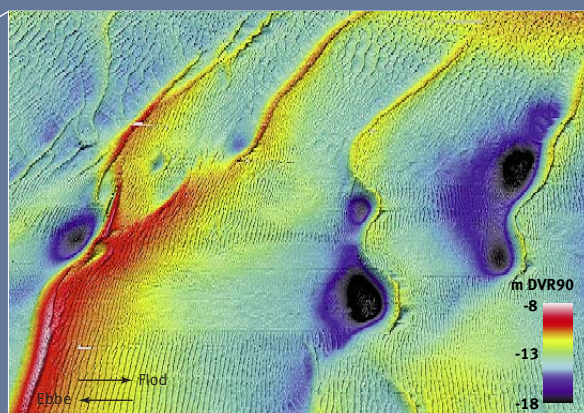
Store sediment-omlejninger på bankekammen.



Mindre banker skifter orientering under en tidevandsperiode.

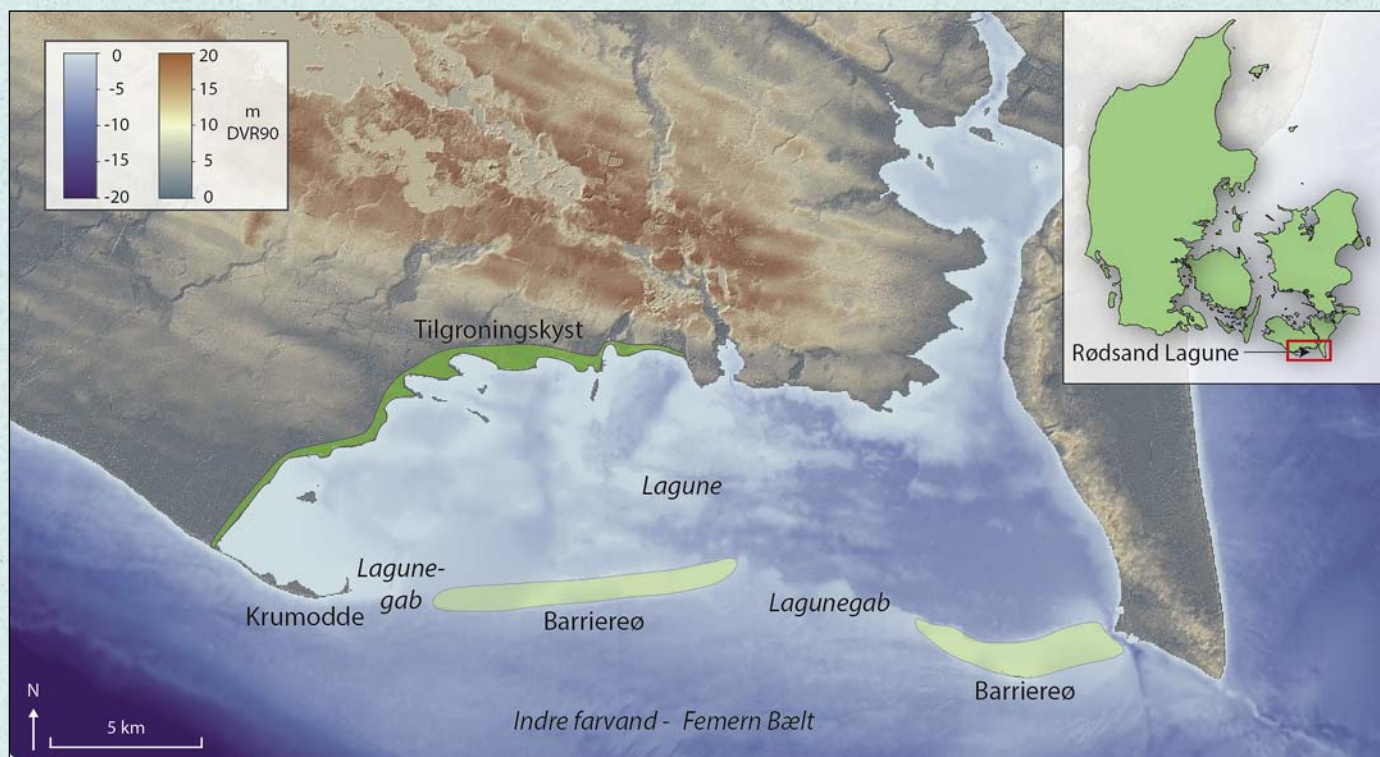


Grådyb, som ligeledes er indsejling til Esbjerg Havn, med bundformer med et væld af dimensioner, fra små ribber kortere end 1 m og lavere end 5 cm til enorme banker, som er flere meter høje og over 100 m lange (udsnittet er ca. 600 m langt).



Knudedyb med knap 10 m høje og over 300 m lange banker (udsnittet er ca. 600 m langt).

Kilde: Forfatterne.



Figur 2. Rødsand Lagune. Transport af sand og grus forgår på barriereøernes strande og i lagunegab. Ler og silt aflejres i lagunen og på tilgroningskysten.

Kilde: Forfatterne.

sedimenttransport under både gennemsnitlige og ekstreme bølger. På Jyllands vestkyst blæser det hyppigt fra vestlige retninger og den resulterende bølgepåvirkning af stranden er stor. Faktisk er de bølgedynamiske processers indvirkning på den øverste del af strandprofilen så store, at finkornede sedimenter (ler og silt) ikke aflejres og permanent vegetation ikke findes. På Amager Strand ved Øresund er strandprofilen mindre aktivt fordi kysten her ofte påvirkes af fralandsvinde og bølger, der er så små, at vegetationen er i stand til at vokse på den nederste del af strandprofilen.

Helt anderledes er det på mere komplicerede kyststrækninger, som i Vadehavsregionen, der er kendetegnet ved kontinuerlig transport af sedimenter og ændringer af morfologien, både tæt på stranden (bølgepåvirkninger) og i tidevandsdybene mellem det åbne hav og lagunen (Vadehavet), og hvor stærke tidevandsstrømme hersker (se boksen). I disse områder er energien så høj, at sedimentdynamikken er præget af sandtransport og dannelsen og vandrings af bundformer. Finere sedimenter aflejres under lavere energiforhold og når turbulensen i vandsøjle er lav. Dette er for eksempel tilfældet på marsken på bagsiden af barriereøerne.

På de lavvandede tidevandsflader er sedimentdynamikken resultat af en kombination af bølger, bølgeskabte strømme og tidevandsstrømme. Barriere- og lagunesystemer i de indre danske farvande er ikke påvirket af tidevand. Her er sedimentdynamikken i lagunegabene og på barriereøerne i stedet styret af højenergiebegivenheder, hvor overskyl med aflejring af sediment i form af overskylstunger er med til at opbygge barrieren, og hvor barrierer gennembrydes med dannelsen af nye lagunegab til følge (se figur 2).



## Her kan du læse videre

Geviden 2009, nr. 1: Vadehavet  
 Geviden 2005, nr. 3: Danmarks kyster  
 GEOLOGI – nyt fra GEUS, 1997 nr. 4: Blåvands Huk –  
 Horns Rev området – et nyt Skagen?

# Sedimentkortlægning i internationalt perspektiv

Jørgen O. Leth  
Seniorrådgiver, GEUS  
jol@geus.dk

Zyad Al-Hamdani  
Seniorforsker, GEUS  
azk@geus.dk

For få år siden begyndte man i EU at indse vigtigheden i at have et harmoniseret sedimentkort over de europæiske havområder. Indtil da blev kortene produceret efter princippet 'én nation – ét klassifikationssystem' og kortene var oftest baseret på spredte, fragmenterede datasæt. Dette princip kunne ikke længere opfylde EU's målsætning om en ensartet og fælles havpolitik, hvorfor der blev taget initiativer til nye kortlægningsprojekter.

## EU's habitatdirektiv bliver til

EU's Habitatdirektiv blev lanceret i 1992 med det formål at sikre biodiversiteten gennem overvågning og beskyttelse af en række naturlige flora- og faunahabitater (levesteder) inden for EU. Sandbanker, stenrev, boblerev og mudderflader er eksempler på habitat-typer, som er særligt vigtige for Danmark. Direktivet var begyndelsen på en målrettet indsats mod at kortlægge havbundens sedimenter og habitater på tværs af Europas grænser. For at indfri direktivets politik og krav om indførelse af beskyttelseszoner for alle truede arter og habitat-typer inden for EU, blev Natura 2000-netværket etableret.

Alle europæiske informationer om habitater er blevet samlet og standardiseret i en unik database – *The European Nature Information System* (EUNIS). Databasen indeholder informationer om biologiske arter, habitater og den geografiske udbredelse af de nationalt udpegede beskyttede områder. EUNIS er samtidig forbundet til Natura 2000-netværket. Der er tale om et hierarkisk system, hvor de tre første klassifikationsniveauer for de marine habitater er baseret på sediment-type og andre fysiske parametre, eksempelvis vanddybde og strømforhold.

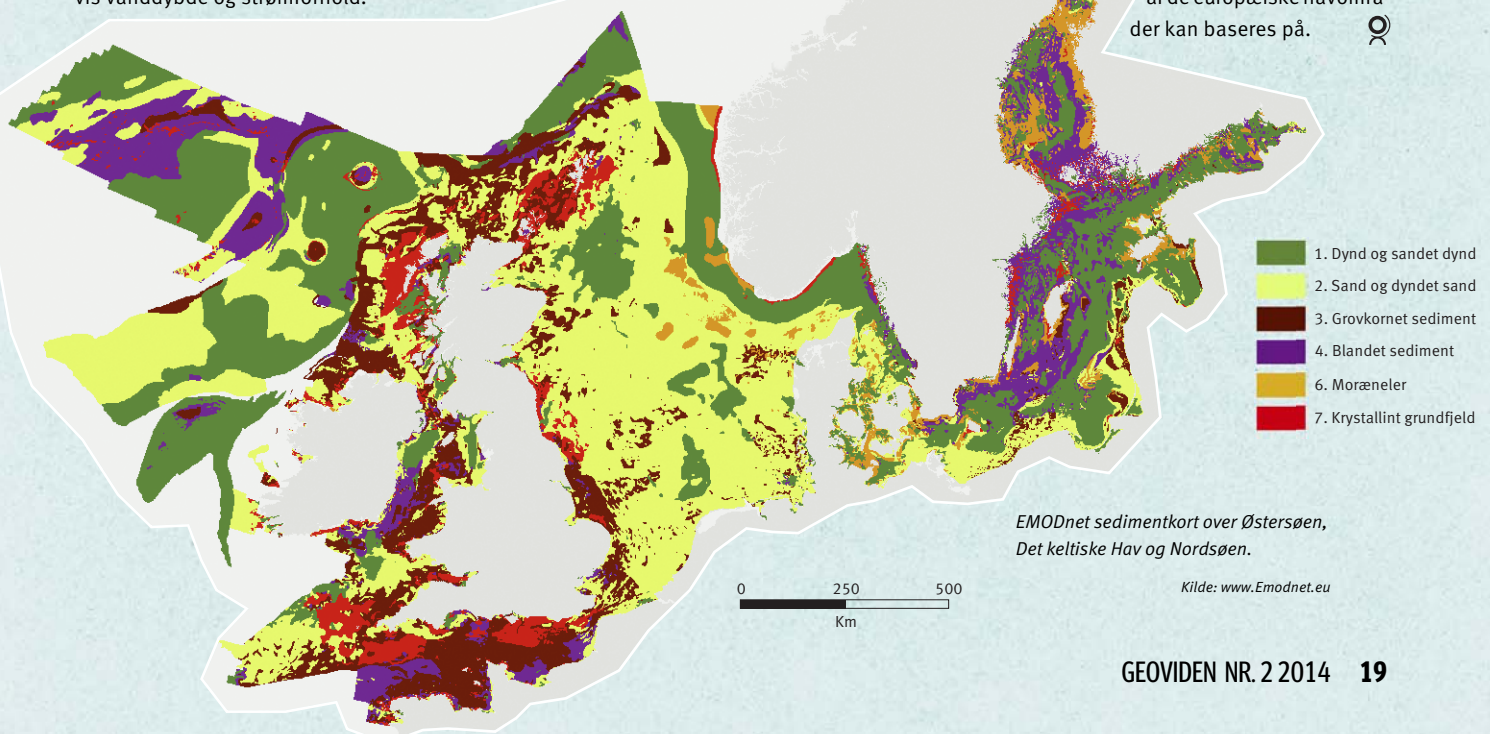
## EU-programmer støtter havforvaltningen

De stadigt stigende interessekonflikter mellem udnyttelse og beskyttelse af havets levende og mineralske ressourcer – udnyttelse/overudnyttelse kontra beskyttelse/bæredygtighed fx mht. fiskeri og råstofindvinding – tilskyndede EU-politikerne til at forbedre grundlaget for forvaltningen af havområderne. Nye initiativer til kortlægning af havbundens sedimenter og habitater i de europæiske farvande blev igangsat gennem EU-finansierede programmer som fx MESH i det NV-atlantiske område og BALANCE i Østersø-regionen. GEUS spillede en central rolle i BALANCE-projektet, der på baggrund af informationer om sedimenter m.v. opdelte havbunden i en række marine landskaber. Indsatsen har efterfølgende fået stor betydning for den internationale regulering af Østersøens havmiljø. Begge projekterne beviste, at det ud fra eksisterende havbundssedimentdata er muligt at udarbejde habitatkort på tværs af territorialgrænser.

## EMODnet kommer til verden

Indsamling, opbevaring og adgang til marine data i Europa har gennem mange år været

præget af, at data er indsamlet til bestemte formål af vidt forskellige private og offentlige aktører, oftest isoleret fra hinanden. EMODnet (Det europæiske marine observations- og datanetværk) er et langsigtet netværk af EU-organisationer, der samarbejder om at overvåge havet og bearbejde og lagre marine data i et internationalt standardiseret format. Ud fra filosofien 'indsamle én gang, bruge mange gange' gøres kvalitetssikrede data og afledte produkter frit tilgængelige. Denne data-politik er anslået at kunne spare EU's borgere for mere end 7 mia. €/år. GEUS deltager på Danmarks vegne i EMODnet for geologiske havbundsdata (EMODnet-Geology). Det første resultat af EMODnet, et havbundssedimentkort baseret på eksisterende, standardiserede data, blev fremstillet i perioden 2009–11 (se kortet). Kortet, som er frit tilgængeligt fra internettet, blev anvendt som baggrund for fremstillingen af det første tværnationale havbundshabitatkort i de nordligste europæiske farvande nogensinde. En meget ambitiøs EMODnet fase 2, der startede i oktober 2013 med 35 partnere, udvider samarbejdet og vil skabe fri adgang til digitale geologiske data og kort dækkende alle europæiske farvande fra Nordatlanten til Sortehavet i skala 1:250.000, baseret på de standarder, der blev udviklet i første fase. Kortlægning af havbundssedimenter er et højt prioriteret emne for at skabe et grundlag, som en bæredygtig forvaltning af de europæiske havområder kan baseres på.



EMODnet sedimentkort over Østersøen, Det keltiske Hav og Nordsøen.

Kilde: [www.Emodnet.eu](http://www.Emodnet.eu)



"Når jorden skælver": Ny omfattende e-learning om jordskælv og pladetektonik. Indeholder både generel teori og konkret viden om nogle af de største jordskælvskatastrofer i de senere år. "Når jorden skælver" er tænkt som inspiration og afveksling i undervisningen i naturfag i Folkeskolens ældste klasser og til Naturvidenskabeligt Grundforløb i gymnasiet. Helt gratis på [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

## GEOCENTER DANMARK

### GEOCENTER DANMARK

Er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, samt Geologisk Museum (Statens Naturhistoriske Museum) begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geovidskabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.

### UDGIVER

Geocenter Danmark.

ISSN 1604-6935 (PAPIR)

ISSN 1604-8172 (ELEKTRONISK)

### REDAKTION

Geoviden – Geologi og Geografi redigeres af Seniorforsker Merete Binderup (ansvarshavende) fra GEUS i samarbejde med en redaktionsgruppe. Geoviden – Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til Annette Why, tlf.: 91 33 35 03, e-mail: [athy@geus.dk](mailto:athy@geus.dk) og på [www.geocenter.dk](http://www.geocenter.dk), hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet.

Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.

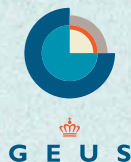
Tryk: Rosendahls - Schultz Grafisk A/S.

Forsidefoto: Havbunden på det lave vand i Begtrup Vig, østlig del af Århus Bugt.

Foto: Gunnar Brøge.

Reprografisk arbejde: Benny Schark, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS. Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.



DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER  
FOR DANMARK OG GRØNLAND (GEUS)

Øster Voldgade 10  
1350 København K  
Tlf: 38 14 20 00  
E-mail: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)



INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB OG  
NATURFORVALTNING (IGN)

Øster Voldgade 10  
1350 København K  
Tlf: 35 32 25 00  
E-mail: [sl@life.ku.dk](mailto:sl@life.ku.dk)



INSTITUT FOR GEOSCIENCE

Aarhus Universitet  
Høegh-Guldbergs Gade 2, B.1670  
8000 Århus C  
Tlf: 89 42 94 00  
E-mail: [geologi@au.dk](mailto:geologi@au.dk)

GEOLOGISK MUSEUM (SNM)

Øster Voldgade 5–7  
1350 København K  
Tlf: 35 32 23 45  
E-mail: [rcp@snm.ku.dk](mailto:rcp@snm.ku.dk)

DANMARK

PP

Magasinpost UMM  
ID-nr. 46439