

TEMANUMMER **Den skjulte guldgrube** Råstoffer på havbunden

Vort fælles fundament



Jørn Bo Jensen & Poul Erik Nielsen

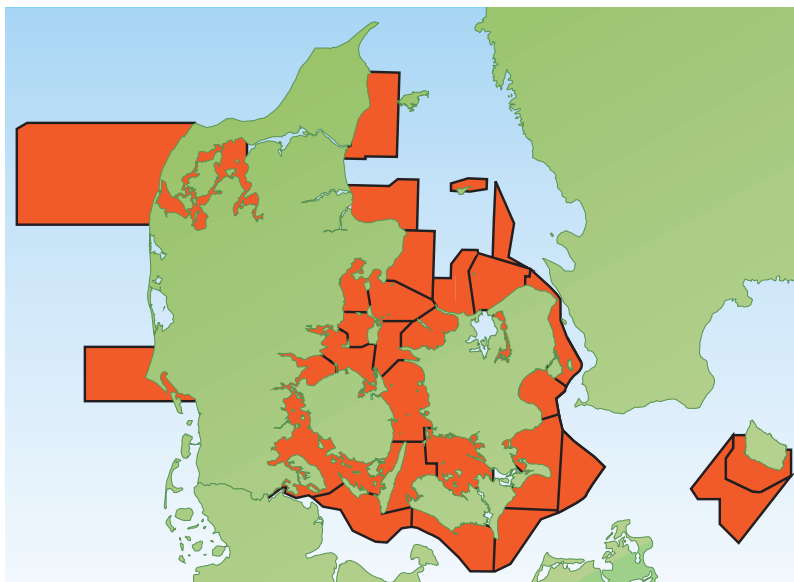


GEUS og Skov- og Naturstyrelsen (SNS) har netop afsluttet en foreløbig vurdering af sand- og grusforekomsterne på havbunden. I vurderingen indgår, hvilke naturlige og miljømæssige begrænsninger der findes for indvindingen, og hvad dette betyder for mængden af sand og grus, der er til rådighed. Spørgsmålet er, hvor meget vi kan tillade os at udvinde, uden at vi ødelægger naturgrundlaget.

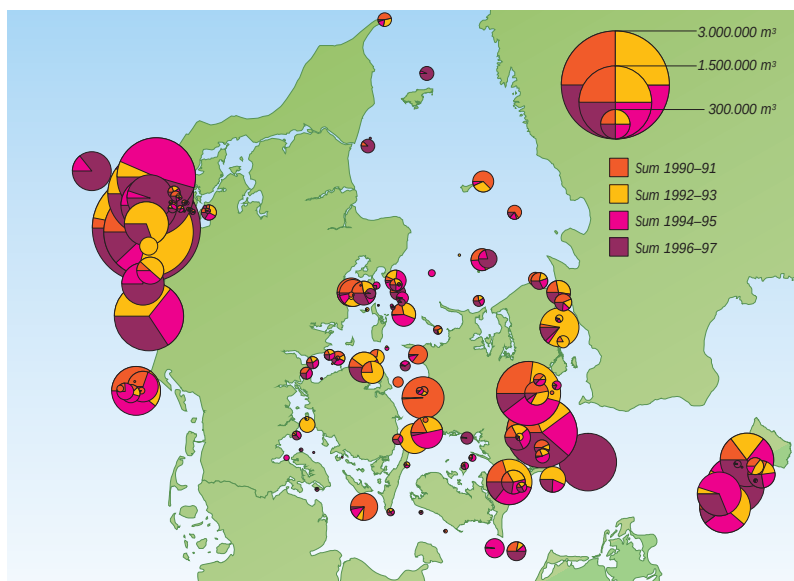
Traditionelt anser man Danmark for at være et land uden råstoffer af betydning. Olieindvindingen i Nordsøen har ændret en del på denne opfattelse og der er nu en øget forståelse for, at også de mere "dagligdags" råstoffer, som sand og grus på havbunden er værdifulde. Men disse "selvfølgelig" naturressourcer er begrænsede og der kan være en række miljøproblemer forbundet med indvindingen. Derfor må der ske en afvejning af alle interesser, så indvinding af disse råstoffer sker på en måde, der sikrer en bæredygtig udvikling.

Danmark har en gammel tradition for råstofindvinding til søs. Store dele af fundamenterne til Kronborg er f.eks. bygget af sten, der er fisket op fra havbunden langs kysten omkring Helsingør. Man brugte først grab til at indvinde sand og grus med; senere tog man hydrauliske pumper i brug. Det blev hurtigt klart, at der var store fordele forbundet med brug af sandsugerfartøjer, der på få timer kan fylde en last. De kunne også hurtigt og billigt transportere store mængder materialer derhen, hvor behovet var størst; især omkring de havnebyer, hvor en øget trafik skabte behov for større havnearealer og byggeri. Sandsugerskibenes størrelse er vokset støt, og indvindingen af sømaterialer toppede i 60'erne, hvorefter et stabilt niveau er nået på omkring 5 mio. m³ årligt. Der er i dag omkring 50 fartøjer, som har tilladelse til at indvinde.

I erkendelse af usikkerheden med miljøproblemerne ved en fortsat uhæmmet indvinding, blev den første råstoflov vedtaget i 1977. I loven foreslås bl.a., at de danske



Figur 1. Kortlagte havområder.



Figur 2. Råstofindvinding i udvalgte områder i perioden 1990-1997.

råstoffer skal kortlægges efter mængde, kvalitet og beliggenhed.

Siden er der hvert år kortlagt en bid af havbunden, så størstedelen af de lavvandede havområder i de indre danske farvande nu er dækket. På fig. 1 kan man se hvilke områder der er kortlagt og hvilke, der stadig mangler.

Råstofindvindingen i internationalt perspektiv

De fleste europæiske kystlande indvinder råstoffer på havbunden (fig. 3). Sømaterialer transporteres i stigende omfang over landegrænserne. England har f.eks. en stor eksport bl.a. til Holland og Belgien; og Danmark har for tiden en betydelig eksport af ral/sten fra Østersøen til det østlige Tyskland.

Råstofloven

Udnyttelse af sand, grus, sten, kalk og ler m.v. på land og på havbunden reguleres af råstofloven, mens råstofferne olie, gas og salt reguleres af undergrundsløven.

Råstoflovens skal bl.a. sikre "at udnyttelsen af råstofforekomsterne på land og hav sker som led i en bæredygtig udvikling efter en samlet interesseafvejning og efter en samlet vurdering af de samfundsmæssige hensyn".

Amterne administrerer råstofloven på land og har i deres regionplaner fastlagt retningslinier for administrationen i forhold til natur og miljø og andre interesser. I regionplanen er der også udpeget særlige "graveområder", hvor råstofindvindingen fortrinsvis skal foregå.

Skov- og Naturstyrelsen (SNS) administrerer råstofloven på havet. Der må kun indvindes i områder der er udvalgt til formålet, og fartøjerne skal godkendes for at få tilladelse til at indvinde.

Råstofloven omfatter også tilladelse til at nyttiggøre havbundsmaterialer, som fremkommer ved uddybning og oprensning af havne og sejltreder samt ved andre gravearbejder på havbunden, f.eks. Øresundsforbindelsen, hvor store mængder ler og kalk er blevet anvendt ved bygningen af den kunstige ø "Peberholm" i Øresund.

SNS giver tilladelser til indvinding i nye områder på grundlag af en samlet vurdering af de råstof- og miljømæssige forhold. Hvis der skal indvindes store mængder, over 1 mio. m³ om året eller 5 mio. m³ i alt, gennemfører SNS en VVM-procedure (Vurdering af Virkninger på Miljøet), hvor ansøgning og undersøgelsesresultater bliver sendt ud til offentlig høring, inden styrelsen træffer afgørelse. Dette er senest sket ved en kommende udvidelse af Århus Havn, hvor der skal indvindes op til 5,5 mio. m³ over en 25-årig periode.

Der er i øjeblikket udlagt ca. 150 indvindingsområder med et samlet areal på omkring 1.000 km².

Nogle af disse områder findes i EU-fuglebeskyttelsesområder, og skal afvikles i løbet af en kortere årrække.

Som det fremgår af fig. 2, ligger områderne meget spredt, og der er store variationer i indvindingens omfang og forløb. En lang række af områderne udnyttes således kun periodisk til lokalforsyning, mens andre områder har regional betydning og har været kraftigt udnyttet i en længere årrække.

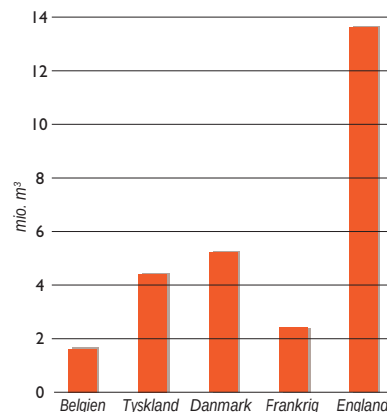
Danmark er i forhold til indbyggerantallet det land i Europa, der udvinder flest råstoffer fra havbunden, og Danmark er sammen med Japan, på verdensplan, blandt de førende i forhold til indbyggertal.

Råstofproduktion til havs

Ved indvinding af råstoffer på havbunden skelnes normalt mellem 5 typer: Sand; fyld-sand; grus; ral/sten og "andet". Firmaerne anvender denne inddeling ved indberetningen af indvundne mængder. De 5 typer er ikke geologisk/sedimentologisk entydige, men viser hvilke produkter, der kan produceres af havbundens materialer eller hvad de kan anvendes til. Der er i gennemsnit indvundet ca. 5 mio. m³ årligt de sidste 20 år. Mængderne viser store udsving i perioden (fig. 4); det skyldes bl.a. behovet for fyldsand i forbindelse med kystfodring og etableringen af de faste forbindelser over Storebælt og Øresund. Mængden af ral/sten har været stigende, mens indvindingen af sand og grus har været stabil. Indvindingen af fyldsand til kystfodring er steget jævnt fra ca. 40.000 m³ i 1980 til over 3 mio. m³ i 1997.

Fartøjer og indvindingsmetoder

Ral- og sandsugning foregår ved stiksugning eller slæbesugning. Grab og gravemaskiner anvendes kun undtagelsesvis. Ved stiksugning (fig. 5) ligger skibet stille og suger med et fremadrettet sugerør. Dette frembringer større eller mindre kegleformede huller i havbunden. Ved slæbesugning (fig. 6) sejler skibet og suger med et bagudrettet sugerør. Denne metode



Figur 3. Råstofindvinding til havs i Europa (1994).

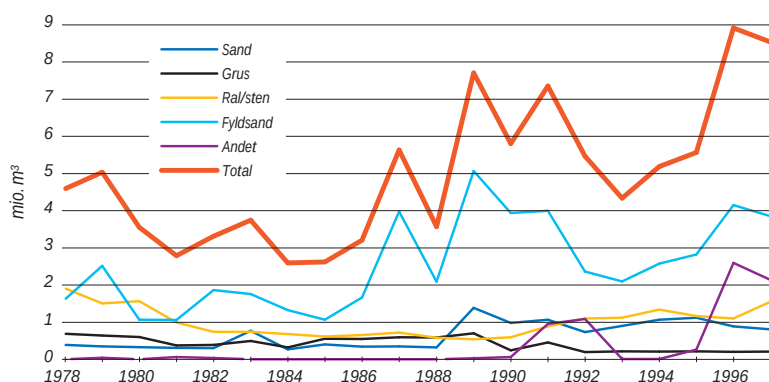
frembringer lange spor i havbunden med en bredde på ca. 1,5 m og en dybde på op til 40 cm.

Ral/sten indvindes ofte ved at sortere materialerne som led i oppumpningen. De finere fraktioner sorteres fra og ledes tilbage til havet sammen med overskudsvandet. Fyldsand indvindes derimod uden sortering.

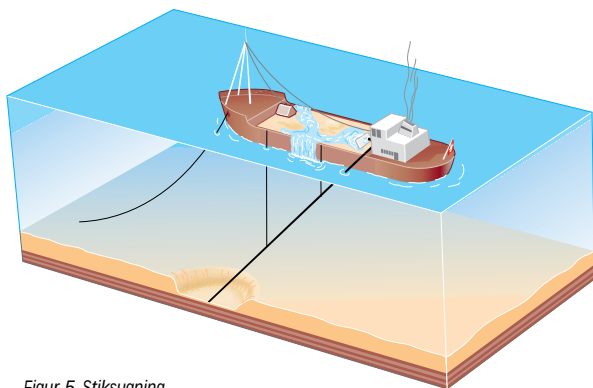
Den godkendte ral- og sandsugerflåde består for tiden af ca. 50 fartøjer, der har en samlet lastekapacitet på ca. 25.000 m³. Omkring 10 skibe er slæbesugere, og de repræsenterer ca. 45% af indvindingskapaciteten.

Sandsugning og miljøet

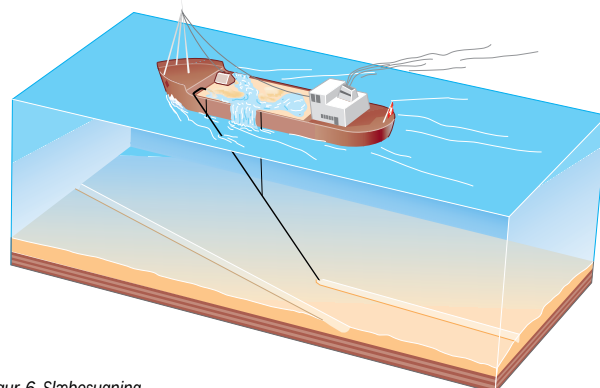
Når der suges fra havbunden fjernes planter- og dyrelivet. Derved ændres havbun-



Figur 4. Råstofindvinding til havs fordelt på råstofftyper.



Figur 5. Stiksugning.



Figur 6. Slæbesugning.

dens overfladeform og sedimentsammensætning. Finkornede partikler opslemmes i vandmassen; vandet bliver grumset og uigennemsigtigt; men de fine partikler aflejres senere på havbunden i området omkring indvindingsstedet. Ilforbrugende stoffer og næringssalte frigives fra havbunden, men normalt i så ringe omfang, at det sjældent påvirker miljøet. Langtidseffekterne for dyre- og planteliv i og rundt omkring et indvindingsområde afhænger af vanddybde og strømforhold m.m. samt vigtigst, hvor tit og hvor meget, der indvindes.

Stiksugning medfører en udhulning af havbunden i begrænsede områder. Hvis der dannes dybe huller uden mulighed for at vandet kan strømme igennem, kan det medføre en permanent ændring i sammensætning af sedimenterne, af flora og fauna samt give risiko for iltsvind. Sugehuller på større vanddybder med ringe strøm, fyldes normalt ikke eller kun meget langsomt op.

Slæbesugning påvirker større arealer, men der sker som regel kun en ringe forøgelse af vanddybden. Sedimentsammensætningen bliver oftest kun svagt ændret, og områderne vil derfor forholdsvis hurtigt blive koloniserede på ny. Dog kan gydepladser for visse fiskearter, f.eks. sild og tobis, blive ødelagt på grund af de ændrede forhold.

Råstofkortlægning til søs

Kortlægningen til søs foranstalles af SNS. I praksis foregår det ved, at GEUS indsamler data og foretager den råstofgeologiske tolkning til brug for SNS' planlægning og administration af råstofloven. De marine

råstofgeologiske data består af seismiske data og havbundsprøver, samt produktions-test. Formålet med arbejdet er at kortlægge sand- og grusressourcernes mængde og kvalitet; dermed skabes der mulighed for vurdering af virkningerne på miljøet ved en eventuel indvinding.



Figur 7. Sejlads med seismisk udstyr til kortlægning af sand, grus og ral.

Seismisk kortlægning

Refleksionsseismiske målinger til søs foregår ved gentagen udsendelse af lydsignaler, mens der sejles, og registrering af det reflekterede ekko; derved er det muligt at bestemme vanddybde samt dybden til lag nede i havbunden.

Ekkolod udsender højfrekvente lydbølger i området 10–200 kHz, hvor næsten al energien reflekteres fra havbunden; vanddybden kan på denne måde måles med få cm nøjagtighed.

Til efterforskning af sand og grus benyttes seismisk udstyr, der udsender lydbølger i området 0,5–10 kHz (fig. 7). Men selv inden for dette område er der en opdeling i høj og lavfrekvente lydkilder. Ofte benyttes der derfor flere forskellige lydkilder (se "Geologi til søs", DGU Information 1995) hvoraf de traditionelle er "Pingeren" (3,5 kHz) og "Boomeren" (0,6–2 kHz). I de senere år er der desuden blevet udviklet lydkilder som udsender lydbånd med et bredere frekvensområde ("chirpede" signaler); her søger man ved hjælp af databehandling af de modtagne ekko at forene dyb nedtrængning og mange detaljer (høj opløsning). Disse "shallow-seismiske" lydbølger trænger fra 10–50 m ned i havbunden og man kan se detaljer ned til en størrelse på 10–50 cm. Som supplement til de lodrette seismiske profiler benyttes "side scan sonaren", der ligeledes er et akustisk udstyr, men som udsender højfrekvente vifteformede lydbølger (100 eller 500 kHz) i 2 stråler vinkelret på skibets sejlretning. Disse lydbølger reflekteres fra havbunden og giver et "lydbillede" af hav-

bundens overflade, hvor man i et bælte på omkring 200 m kan se forskel på hård og blød bund, samt se f.eks. sandrigger, sten og skibsvrag (se f.eks. fig. 23 side 13).

Resultatet af alle de seismiske undersøgelser er lydbilleder af havbundens overfladesedimenter og af jordlagene til en dybde på op til 50 m under havbunden. Det akustiske billede kan oversættes til forskellige kendte aflejringstyper. Lydbølgerne kan trænge relativt langt ned i finkornede aflejringer som dynd, silt og ler, mens sand, grus og moræner hurtigt stopper nedtrængningen. Gas findes mange steder i havbundssedimenterne og udgør et specielt akustisk problem. Gas udvikles f.eks. ved nedbrydning af det organiske materiale i dynd. Når dyndlagene bliver tykkere end 2 m, er der som regel udviklet så meget gas, at den akustiske energi absorberes. Der

kommer derfor ingen information tilbage om dybereliggende lag.

Prøveudtagninger

Tolkningen af de seismiske undersøgelser afsluttes med udpegning af positioner til prøvetagning. Det er steder, hvor man ønsker at kontrollere den seismiske tolkning og samtidig vurdere råstofkvaliteten. Man tager dog ikke kun prøver fra de oplagte ressourceområder; det er også vigtigt at få belyst de omliggende aflejringer for at give mulighed for at bedømme bl.a. de geologiske processer i området. GEUS råder over forskelligt prøvetagningsudstyr: overfladeprøvetagere som grab og BOXcore, der samler materiale fra de øverste 50 cm af havbunden og vibrationsboreudstyr, der kan udtage kernemateriale ned til 6 m under havbunden.

Produktionstest

Når en potentiel ressource er kortlagt foretages der fuldskala produktionstest med en sandsuger. Der gennemføres en egentlig indvinding, som beskrevet foran i afsnittet om indvindingsmetoder. Der er forskellige metoder til vurdering af ydelse og kvalitet af råstoffet. Den mest vidtgående er omtalt side 10 i beskrivelsen af: "En smeltevandslette ud for Røsnæs". Den normale fremgangsmåde har imidlertid været prøvesugninger med løbende udtagning af prøver fra lasten eller strømmen fra sugerøret.

Laboratorieundersøgelser

Materialernes sammensætning analyseres med kornstørrelsesanalyser, bestemmelse af organisk indhold (glødetabsanalyse) og evt. tyndslibsbeskrivelse, dvs. undersøgelse med mikroskop af sandskorn indstøbt i epoxy og slebet til 0.02 mm tynde skiver. 

Vurderingsværktøjet i brug øst for Samsø

SNS og GEUS begyndte i 1995 et pilotprojekt med det formål at foretage en samlet vurdering af forekomsten af sand og grus i de danske farvande. Her-til blev der udviklet et "vurderingsværktøj", der omtales i boksen "Fra Geologi til Råstof" side 9.

Området øst for Samsø indeholder de fleste af de ingredienser, som indgår i vurderingen af ressourceområder i de danske farvande.

Fig. 8 viser, at der er stor forskel på detaljeringsgraden af de gennemførte seismiske undersøgelser. I Vejro Flak området er der sejlet i et meget tæt net og der er udført adskillige boringer, medens der i området syd for Sejro er langt færre data.

I den første fase af kortlægningen er der sejlet i et net med omkring 2,5 x 5 km mellem de seismiske linier. Dernæst er de seismiske data tolket; på grundlag af tolkningen og yderligere information f.eks. fra

indvindingsfirmaerne, er der derefter gennemført intensive undersøgelser i de mest interessante områder.

I Vejro Flak området har det været muligt at fremlægge detaljerede vurderinger af råstofmængden og tykkelsen af dyndet, der dækker dele af forekomsten. Desuden har boringer og produktionstest med efterfølgende laboratorieundersøgelser gjort det muligt med stor sikkerhed at vurdere kvaliteten af råstoffet.

Derimod er der sparsom viden om ressourceområderne syd for Sejro. Her rådes der kun over få seismiske linier og boringer, som kan danne grundlag for en geologisk vurdering af ressourceområderne og råstofkvaliteten.

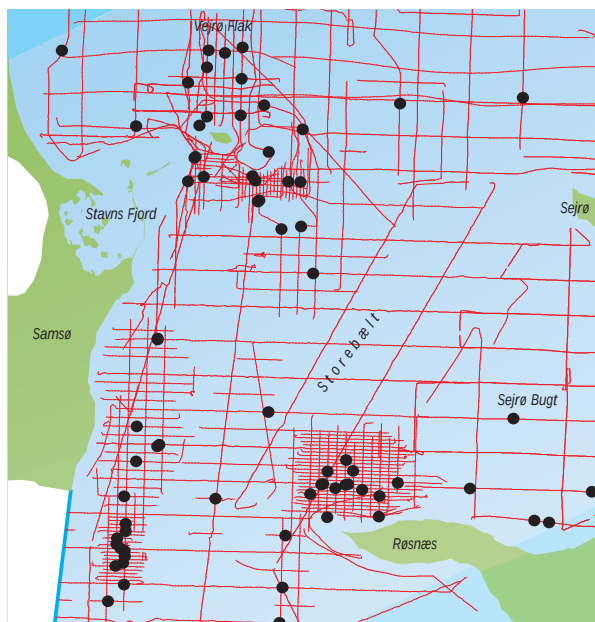
Indenfor et og samme lokalområde er der altså tale om såvel veldokumenterede som spekulative ressourcer (fig. 9).

Glaciale smeltevandsaflejringer findes ud for Røsnæs. Grovkornede sedimenter er afsat tæt ved en isrand, medens mere finkornede, sandede aflejringer findes nord for, og i Sejro Bugt. Råstofkvaliteten er generelt dårlig og de finkornede aflejringer er ikke rentable med den nuværende teknologi.

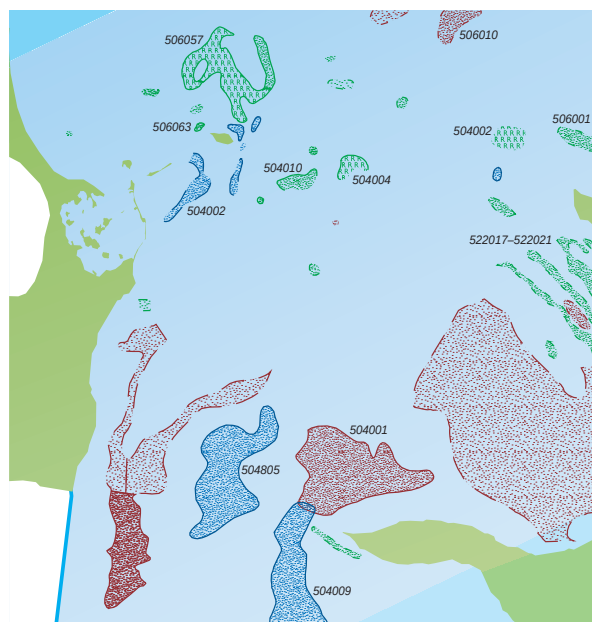
Marine fossile kystdannelser er udbredt i den nordlige del af området, hvor især Vejro Flak er undersøgt grundigt og der er påvist såvel sandede og grusede som stenede ressourcer, der har været genstand for indvinding i en længere årrække.

De steder, hvor der er foretaget kvalitetsanalyser, er der dokumenteret højkvalitetssand og ral. Det må forventes at ressourcerne i resten af området vil være af tilsvarende kvalitet.

Marine dynamiske aflejringer findes i den centrale del af Storebælt, hvor den kraftige indstrømning af bundvand eroderer i smel-



Figur 8. Seismiske linier og borer.



Figur 9. Kortlagte ressourceområder (numrene henviser til fig. 10 og 11).

tevandssaflejringer. Det omlejlrede sand afsættes igen nedstrøms som sandbølger. Også denne råstofstype må forventes at indeholde højkvalitetssand.

Øst for Samsø er der kortlagt ressourcer af typerne sand 1, grus 2 og ral 3 (se side 8 om kvalitetsparametre). Sandressourcerne er opgjort til omkring 320 mio. m³, hvoraf de 290 mio. m³ findes vest for Røsnæs. De resterende 30 mio. m³ fordeles sig jævnt i området (fig. 10). Der er kun kortlagt en grusressource som ligeledes befinder sig vest for Røsnæs og som indeholder omkring 65 mio. m³. Hvad angår ral er ressourceområderne små og fordeles sig i den nordlige del af området. Der er i alt kortlagt 17 mill. m³ ral i området (fig. 11). Der er tilsyneladende tale om enorme mængder ressourcer selv i dette lille område øst for Samsø, men en række naturlige forhold og lovgivningen begrænser mængden, der er til rådighed for udnyttelse.

Uden for den centrale del af Storebælt er der udbredte områder med kun lidt strømning i vandet. Her afsættes derfor mudder oven på områderne med sand og grus, der dermed kan være ubrugelige. I området omkring Stavns Fjord nordøst for

Ressourcesikkerhed

- Påvist ressource
- Sandsynlig ressource
- Spekulativ ressource

Råstof typer

- Sand 0
- Sand 1
- Grus 2
- Ral 3

Geologiske forekomsttyper

- Glaciale - senglaciale smeltevandssaflejringer
- Marine fossile kystaflejringer
- Marine recente dynamiske aflejringer

Andet

- Land/Vand
- Områdegrens
- Seismiske linier
- Borer

Ressourcebegrænsninger

- Dyndområder
- EF-fuglebeskyttelsesområder og habitatområder (RAMSAR)
- Arealer med vanddybder mindre end 6m
- Boplads
- Sejlroute
- Udlagte indvindingsområder
- Skydebaner

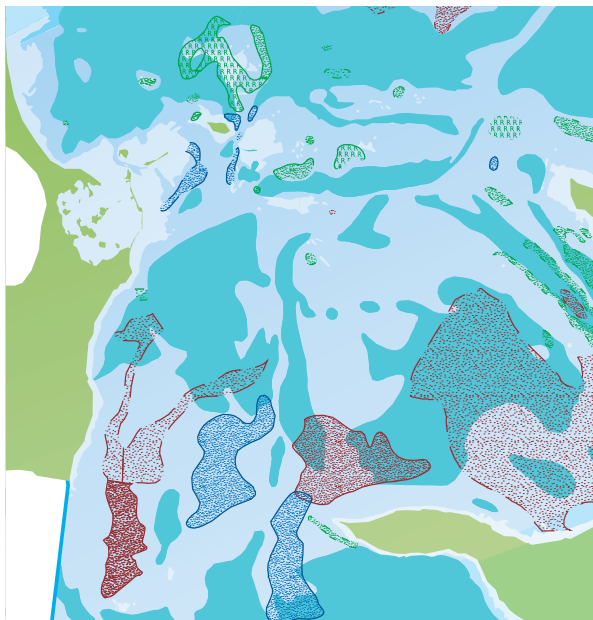
Samsø er der store lavvandede arealer med vanddybder på mindre end 6 m (fig. 12). Det er ikke hensigtsmæssigt at indvinde sand og grus på dette lave vand eller i strandzonen, da man derved fjerner det naturlige bolværk som beskytter kysten.

Ud over de naturlige begrænsninger kommer så EF-fuglebeskyttelsesområder/Ramsarområder, bopladsområder og skydeområder. Her er det enten ikke tilladt eller behæftet med store ulemper at indvinde (fig. 13). Det er igen i Stavns Fjord de største områder med begrænsninger findes.

Med de ovennævnte begrænsninger er de potentielle reserver nedbragt til omkring 180 mio. m³ af kategorien sand 1, hvilket dog stadig er et stort tal. Grusressourcen bliver ikke berørt, men ralreserven er nedbragt til 8 mio. m³.

Indvindingsområder i de kendte ressourceområder øst for Samsø indeholder 3 mio. m³ ral, hvoraf 1 mio. m³ på Vejro Flak, ikke må udvindes efter 1. januar 1999.

Det er sandsynligt at ralressourcerne indeholder omkring 15% ral hvilket vil sige at der kan udvindes omkring 1 mill. m³ ral i de kortlagte områder, og der er udlagt om-



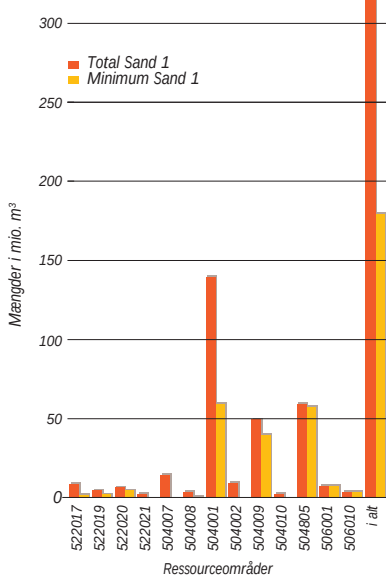
Figur 12. Kortlagte ressourcer påført indvindingsbegrænsninger i områder med lavere vanddybde end 6 m og områder dækket af dynd.



Figur 13. Kortlagte ressourcer påført samtlige indvindingsbegrænsninger. Udlagte indvindingsområder er ligeledes angivet.

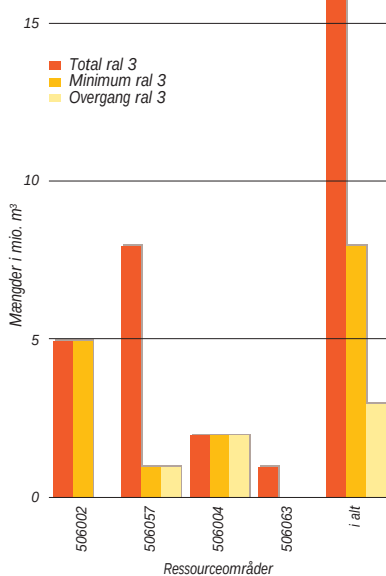
kring 0,3 mill. m³ til indvinding i perioden 1999–2007.

I perioden 1991–96 er der indvundet om-



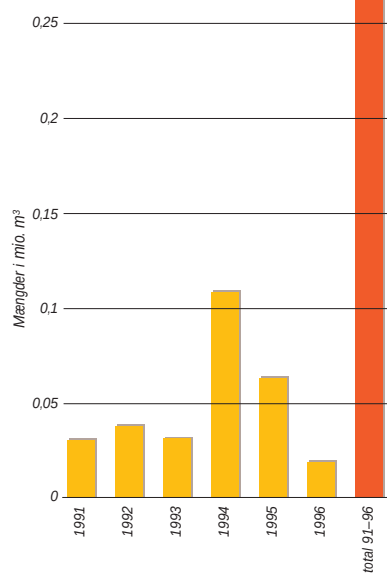
Figur 10. Sandressourcemængder øst for Samsø. Ud over den kortlagte mængde er det angivet, hvor meget der er tilbage efter at alle indvindingsbegrænsninger er trukket fra.

kring 0,3 mio. m³ ral øst for Samsø (fig. 14), så med den hidtidige produktion er det udlagte område ikke stort nok på længere



Figur 11. Ralressourcemængder øst for Samsø. Ud over den kortlagte mængde er det angivet hvor meget der er tilbage efter at alle indvindingsbegrænsninger er trukket fra og hvad der er til rådighed i overgangsområderne frem til år 2007.

sigt, og man må regne med at ralressourcerne er tømt inden for en 15 til 20-årig periode.



Figur 14. Produktion af ral øst for Samsø i perioden 1991 til 1996.

Kvalitetsparametre

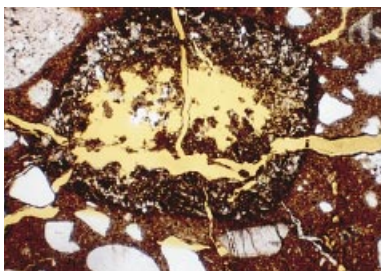
De enkelte kortlagte ressourceområders materialesammensætning kan karakteriseres ved hjælp af udvalgte kvalitetsparametre. Det drejer sig først og fremmest om kornstørrelsesfordeling, mens mere specielle undersøgelser, f.eks. petrografi, kun er udført i enkelte tilfælde.

Kornstørrelsesfordelingen

Den ideelle beskrivelse forudsætter en detaljeret viden om kornstørrelsesvariationerne i en given forekomst. En sådan detaljeret viden foreligger dog kun yderst sjældent. Derfor er angivelser af sand, grus og ralindholdet samt deres fordeling inden for de enkelte ressourceområder grove skøn, dannet på grundlag af de retningslinier, som indvindingsfirmaerne benytter ved indberetningen af skibslaster.

Sand 0: er kortlagte ressourceområder, som for tiden anses for uegnede, fordi sandet er for finkornet eller iblandet for meget silt, ler eller dynd. Denne råstof-type indgår ikke i indvindingsfirmaernes indberetninger, men typebetegnelsen anvendes i råstofkortlægningen til markering af underlødige ressourceområder. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at disse områder kan udnyttes på et senere tidspunkt, hvis den teknologiske udvikling gør det muligt.

Sand 1 (op til 4 mm): er kvalitetssand, som eventuelt kan benyttes til fremstilling af beton eller andre produkter der kræver høj kvalitet på sandmaterialet. Ofte benyttes



Figur 15. Foto af et tyndslib. Billedfeltet er på 5x3 mm og viser beton med et centralt beliggende opalholdigt flintkorn, der næsten er opløst ved alkalisk reaktion. Der stråler revner ud i betonen, hvor den omdannede gel er trængt ud.

denne type sand ligeledes til "kystfodring". Råstofftypen er vidt udbredt i de kortlagte områder. Detaljerede undersøgelser kan vise, at sandet i en del af disse områder er for finkornet eller at kornstørrelsen er for ensartet

Grus 2 (op til 20 mm): er for det meste sandede aflejringer med mindst 10% grus. Sammensætningen af gruset er kun kendt i enkelte tilfælde. Generelt er glaciale grusaflejringer af dårligere kvalitet end kystaflejringer.

Ral 3 (op til 300 mm): skal have et indhold på mindst 15 % ral. Der kan være tale om smeltevandsaflejringer, men det mest almindelige er fossile strandvoldsdannelse. Marine ralforekomster er meget efterspurgt, da der er tale om højkvalitets ral,

hvor porøs flint og forvitrede sten (svage klaster) er borteroderet eller frasorteret.

Sandfyld 4: er et produkt af lav kvalitet, hvor der dog kan stilles krav til kornstørrelsesfordelingen. Der ønskes ofte en stor spredning i kornstørrelsen, når det f.eks. skal anvendes til indfyldning i havneanlæg og lignende. Blandt de kortlagte områder er der specielt i den dybe del af Storbælt betydelige ressourcer, som kun anses for at være anvendelige som fyldsand.

Flint; Misteltenen i Beton

Petrografiske analyser udføres for at sikre at sand og grus kan bruges i beton. Et indhold af Opalflint vil reagere med mørtlen i beton. Opalflint er en vandholdig, porøs flinttype, som omdannes til en gel, der udvider sig. Derved mister betonen styrke og de såkaldte "springere" viser sig som "skudhuller" i betonoverfladen, så der bliver adgang til nedbrydning af jernarmeringen i betonen. I de glade dage i begyndelsen af 1970'erne tog man det ikke så nøje, hvilket man senere har måttet bøde for med dyre reparationer af betonterrasser og ikke mindst svømmehaller. I betonproduktionen er der opstillet klasser med krav til tilslagsmateriale, alt efter hvilken type beton der skal produceres. Sand undersøges i tyndslib, hvor mængden af opalflint kan bestemmes (fig. 15), medens grus og sten sorteres efter vægtfylde (densitet) og overfladen undersøges for at bestemme forekomsten af evt. porøse flintoverflader. ●

Hvor meget?

Ressourcemængderne er vurderet i de kortlagte områder, hvor der har været tilstrækkeligt med data fra kortlægningsrapporter til beregning af bruttoressourcer i områderne. For sand er den lig med den mængde, der kan indvindes. For grus og ral kan kun omkring 20% af ressourcen indvindes, resten består af andre kornstørrelser, hovedsagelig sand.

Hvad kan og må man udnytte?

De opgjorte mængder er et udtryk for, hvad der er muligt at indvinde i de kortlagte områder. Tilgængeligheden afhænger imidlertid ud over de fysiske forhold som vanddybde og dyndtykkelse også af lovgivningsmæssige og administrative begrænsninger. Som det fremgår af boksen om råstoffloven (se side 3) må der i øjeblikket

udføres ral- og sandsugning i ca. 150 udlagte områder (fig. 2). Nye områder til indvinde forudsætter tilladelse fra SNS.

Der er som nævnt en lang række lovgivningsmæssige og administrative bindinger på indvinde af sand og grus. De væsentligste begrænsninger der bestemmer den totale råstofresource er således EF-fuglebeskyt-

telsesområder, Habitatområder, lavvandede områder (mindre end 6 m) og fredninger; alle disse "begrænsninger" er inddraget i undersøgelsen af ressourceområderne.

Desuden er der en række begrænsende forhold, der skal indgå i afvejningen, når der gives tilladelser; det er områder med potentielle bopladser, skibsvrag, skydeområder og sejlruter. Gydeområder for fisk er ligeledes en begrænsende faktor, men endnu findes der ikke en landsdækkende kortlægning af disse.

Dynddække

Ressourcearealer dækket af dynd er normalt ikke egnede til indvinding. Specielt i områder, der er beskyttet mod strøm med videre; bl.a. i dele af Storebælt, Lillebælt, Smålandsfarvandet og i Limfjorden, er der en del eksempler på delvist dynddækkede ressourceområder.

Minimum dybde 6 m

På grund af et generelt naturbeskyttelseshensyn og for at undgå unødigt erosion i kystzonen vil indvinding som regel ikke blive tilladt på vanddybder mindre end 6 m. En række kortlagte, kystnære ressourceområder må derfor lades ude af betragtning i indvindingsammenhæng.

Internationale naturbeskyttelsesområder

Områderne er udpeget med henblik på beskyttelse af særlige naturtyper og arter, herunder trækfugle og sjældne ynglefugle. Beslutningsgrundlaget for de enkelte områder findes i publicerede lister og rapporter. Store områder i Limfjorden, ved Læsø, nord for Fyn og i Smålandsfarvandet er udlagt som internationale naturbeskyttelsesområder, men der er her tale om arealer med meget ringe råstofpotentiale.

Kystzonen

Før revisionen af råstofloven var der forbud mod indvinding i en række kystnære områder. De største af denne type områder var kystzonen langs Nordsjælland og Gedser Rev. Selv om forbudet formelt ikke eksisterer mere, vil myndighederne sandsynligvis ikke give tilladelse til indvinding her.

Bopladsområder – vrag

Stenalderbopladser og skibsvrag har stor kulturhistorisk værdi. De senere års undersøgelser har vist, at der i visse områder er en høj koncentration af særligt værdifulde bopladser langs med druknede kystlinier. Ligeledes kan der være koncentrationer af vrag omkring grunde, rev og naturlige sejlløb. Hvis der gennemføres råstofindvinding på bopladser eller vrag vil disse blive ødelagt. Der vil derfor ikke blive givet tilladelse til råstofindvinding før omfanget af kulturhistoriske værdier i området er undersøgt.

Skydeområder og sejlruter

Forsvarets skydeområder er afspærret i

forbindelse med øvelsesaktiviteter. Dette betyder ikke, at der er forbud mod råstofindvinding, men indvindingen kan i perioder være uigennemførlig. Sejlruter er ikke forbudsområder. Indvinding kan imidlertid være forbundet med problemer.

Hvor meget er brugt?

Indvindingen er siden 1990 systematisk blevet indberettet af industrien. Oplysninger vedrører mængder der er indvundet; hvor der er indvundet (positioner); hvornår (tidsperiode) og kvaliteten af de indvundne materialer. På fig. 4 side 3 er der vist råstofindvindingen fra havområderne i perioden fra 1978 til 1997.

Fra Geologi til Råstof

Et værktøj til vurdering af sand- og grusressourcer på havbunden

Udviklingen af vurderingsværktøjet blev gennemført med Pilotprojektet i havområdet omkring Samsø, som er omtalt side 5.

Der blev udviklet en metodik og afprøvet præsentationsformer til vurderingen af ressourceerne. Følgende kilder er anvendt i arbejdet:

1. Eksisterende geologiske kortlægningsdata.
2. Oplysninger i skriftserien "Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser" har været en vigtig kilde (se side 16 i afsnittet "Her kan man læse videre").
3. Rapporter udarbejdet af SNS og GEUS med data om kortlægning, råstoffer, kystprocesser, biologi, arkæologi og vrag. Her findes oplysninger om ressourceområderne med beskrivelse af geologisk dannelsesmåde, sedimenternes sammensætning, mængde og beliggenhed.
4. Systematisk udførte laboratorieanalyser af prøver til bestemmelse af kornstørrelse, glødetab og kalkindhold.
5. Detaljerede kortlægninger i udvalgte områder, med specielle undersøgelser af råstofkvaliteten.
6. Indberettede skibslaster i perioden 1990–1995 er ligeledes benyttet i vurderingen af råstofkvalitet og mængder.

Hvor meget ved vi?

Arbejdet med vurdering af ressourceerne har resulteret i en klassificering på grundlag af:

- Ressourcesikkerhed – dvs. kortlægningens kvalitet;
- Geologiske forekomsttyper;
- Mulighederne for indvinding og
- Administrative reguleringer,

Ressourcerne er inddelt i følgende kategorier:

Påviste forekomster,
Sandsynlige forekomster og
Spekulative forekomster

Kriterierne for denne inddeling er de samme som anvendes indenfor olie- og mineralindustrien.

Påviste forekomster: er karakteriseret ved, at datagrundlaget omfatter et detaljeret seismisk net, en række borer og andre prøveudtagninger tilstrækkeligt til at give en generel vurdering af mængde og kornstørrelse samt i visse tilfælde materialekvalitet. Desuden er der udført sandsynsningsforsøg, som dokumenterer indvindingsforholdene. Der kan således gives et kvalificeret bud på hvad og hvor meget, der kan produceres og af hvilken kvalitet. Man må forvente at ressourcens størrelse er angivet med en usikkerhed på ca. 20%. Det er kun ganske få af ressourceerne, der er kortlagt så detaljeret, at de tilhører denne kategori (se fig. 8 og 9 side 6).

Sandsynlige forekomster: er forekomster, hvor afgrænsning og mængde er rimeligt velkendt på basis af få seismiske linier og prøveudtagninger med tilhørende kornstørrelsesanalyser. Til denne kategori hører de fleste af de kortlagte ressourcer.

Spekulative forekomster: er hovedsagelig udkommenterede. Der findes evt. få seismiske undersøgelser; sammensætningen af råstofferne er i det væsentlige "formodet" ud fra en geologisk model, der er opstillet på grundlag af oplysninger fra lokaliteter uden for "forekomstområdet". Denne kategori er også udbredt.

Geologiske forekomsttyper

Ressourceområderne er inddelt i overordnede geologiske aflejringstyper, baseret på kendskabet til de geologiske processer, der har dannet aflejringerne (sedimenterne). Inddelingen kan samtidig give et fingerpeg om kvaliteten af ressourcerne. I det følgende gennemgås 4 eksempler på geologiske forekomsttyper fra de danske havområder.

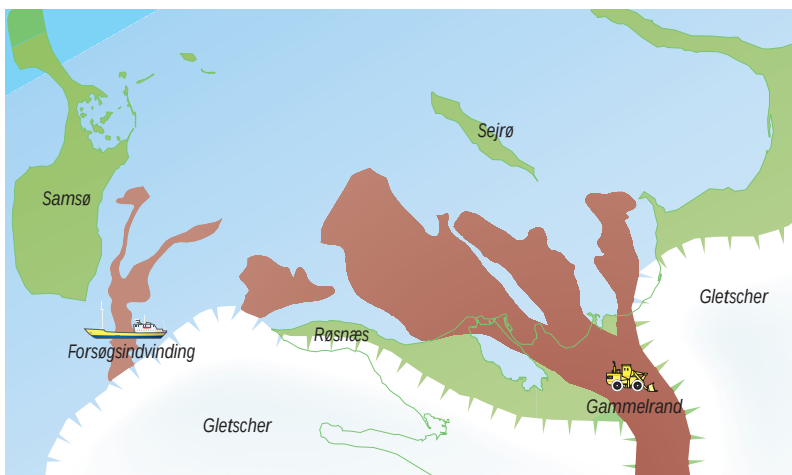
Glaciale – senglaciale aflejringer

(Som eksempel beskrives en smeltevandslette ud for Røsnæs). Den råstofrelevante del af den geologiske historie i området mellem Samsø og Røsnæs, begynder med bortsmeltningen af istidens gletschere. Røsnæs er dannet af jordmasser, der anses for at være skubbet sammen til en randmoræne af et mindre isfremstød, for omkring 16.000 år siden.

Ud for isranden aflejrerede smeltevandsfloeder en smeltevandslette (hedeslette eller "sandurflade"). Se fig. 16. Nærmest isen blev det groveste materiale afsat (sten, grus og sand) mens der længere væk blev afsat sand, silt og ler. På havbunden findes stadig de "urørte" sedimenter, mens aflejringerne på land bliver udnyttet i grusgrave.

Materialerne i disse aflejringer er samlet op af isen, enten på dens lange vej til Danmark eller i lokalområdet. Fælles for dem er at de er relativt "umodne", dvs. at den relativt korte transport fra isranden til aflejringsstedet ikke har slidt ret meget på kornene.

Aflejringerne på land ved Røsnæs indeholder ledeblokke f.eks. rombeoporfy og granitsten fra det skandinaviske grundfjeldsområde samt sten fra den danske undergrund, f.eks. kalksten, flintesten og klumper af plastisk ler. At det plastiske ler findes lokalt, kan man forvisse sig om, ved at tage en tur til kystklinterne på Røsnæs. Her kan man se flager af det tertiære plastiske ler og istidsaflejringer skubbet sammen som skråtstillede lag, sandsynligvis i forbindelse med det førnævnte isfremstød for 16.000 år siden eller før. Der har i mange år fundet indvinding sted på land i området ved Gammelrand (se fig. 16); men for at kunne producere grus og sten herfra med en kvalitet der



Figur 16. Kort over området ved Røsnæs med angivelse af smeltevandsletten og udbredelsen af gletscheren på det tidspunkt hvor smeltevandsaflejringerne blev dannet (brunt på kortet).

kan benyttes i betonindustrien, har man måttet frasortere de lette lersten og porøse flintkorn. Densitetsortering (dvs. sortering efter vægtfylde) er en fordyrelse af indvindingen, som bl.a. kan betyde, at indvinding af forekomsterne på havbunden er mindre interessant.

For at dokumentere at mulighederne er tilstede for indvinding til søs, er der gennemført et fuldskalaforsøg. Med en ralpumper blev der hentet 1.000 m³ sten og grus op sydøst for Samsø og hele lasten blev fra Grenå Havn kørt til Glatved grusgrav. Her findes der et sorteringsanlæg, som ud over kornstørrelsessortering til forskellige salgsprodukter (nøddesten, perlesten osv.) er i stand til at foretage densitetsortering. Forsøget viste, at der kan produceres tilslagsmaterialer af grus og ral i en kvalitet, der er anvendelig til almindelig betonfremstilling.

Med et spild på 20–30 % er ressourcen dog ikke tilstrækkelig økonomisk interessant, og der er til dags dato ikke foretaget indvinding af betydning, selv om der intet praktisk er til hinder for at gøre det.

Marine fossile kystdannelser

(Eksempel: Drukne, fossile kystdannelser i Fakse Bugt). Østersøen har gennemlevet to faser som ferskvandsø siden istiden. Den første søfase opstod foran en smeltende is-

rand og varede fra 13.000–11.200 år før nu. Denne "Baltiske Issø" havde på et tidspunkt afløb både igennem Øresund og Storebælt. Da Mellem Sverige blev isfrit, blev søen tappet for vand og i en periode trængte havvand ind i Østersøen og "Yoldiahavet" opstod, også kendt som "Det Baltiske Ishav", som varede fra 11.200–10.600 år før nu.

Da den skandinaviske is endeligt smeltede bort, forsvandt den vægt som trykkede jordskorpen ned. Det medførte en relativ landhævning i området. Østersøen blev igen til en sø, "Ancylus Søen", der varede fra 10.600–8.400 år før nu; omtrent samtidig med Fastlandstiden. Den generelle stigning af verdenshavet, førte derefter til at havvand atter trængte ind i Østersøen gennem de danske Bælter og "Littoriahavet" opstod; måske bedre kendt som "Stenalderhavet".

På havbunden i Fakse Bugt er der spor efter både opdæmningen af den Baltiske Issø og Littoriahavets indtrængning (transgression). Da den Baltiske Issø nåede sin højeste vandstand omkring 11.500 år før nu, lå kystlinien i Fakse Bugt omtrent 13 m lavere end i dag. Morænebakker langs kysten af issøen blev udsat for erosion; ler og silt blev transporteret ud på dybere vand, mens sand, grus og sten fortrinsvis blev afsat som stranddannelser. Efterhånden udvikledes et

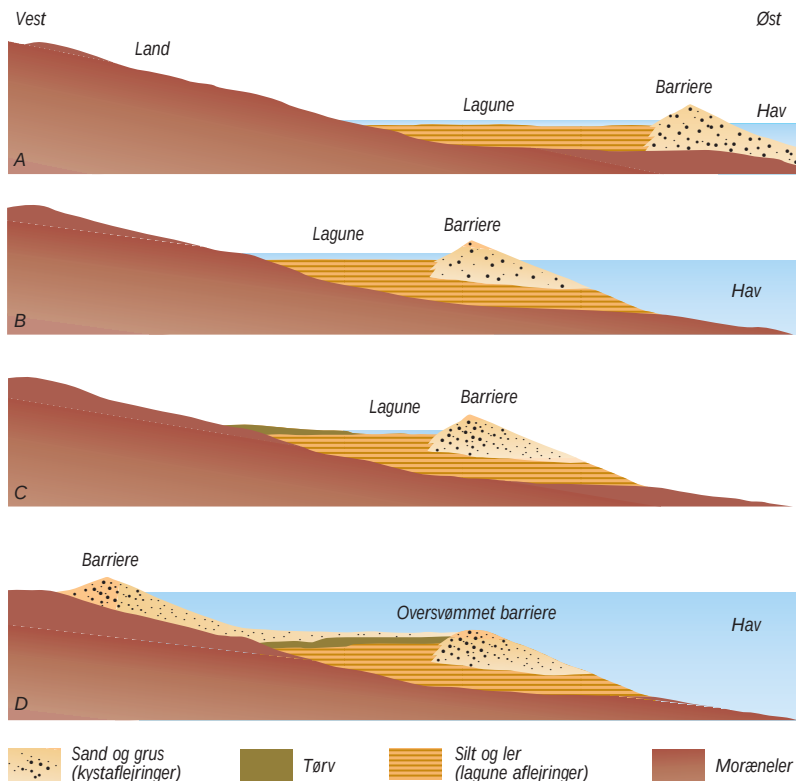
barrieresystem, der dæmmede en lokal sø op (fig. 17, 18). Da vandstanden faldt i løbet af Yoldiahavsperioden (11.200–10.600 år før nu), skete der også en delvis udtørring af denne lokale sø. Da Littorinahavet (Stenalderhavet) nåede de gamle kystdannelser fra den Baltiske Issø fortsatte kystprocesserne, som byggede videre på det gamle barrieresystem. Senere blev barrieresystemet oversvømmet. I læ af højtliggende morænebakker blev der dannet et system af odder, som ligeledes gradvist blev oversvømmet (fig. 17 og 19).

I dag ligger hele dette fascinerende puslespil af druknede kystlinier og lagunesedimenter bevaret på havbunden.

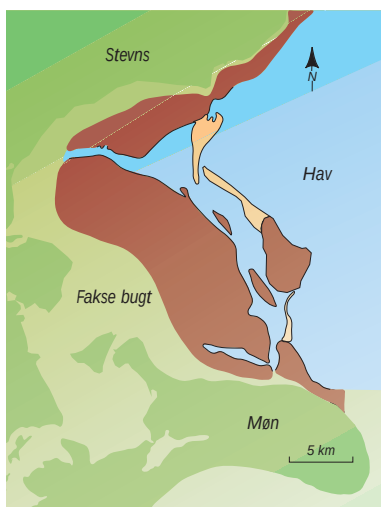
Kystsedimenterne er potentielle sand- og grusressourcer, og der har da også i mere end 50 år fundet indvinding sted fra de øverste let tilgængelige Littorina strandvolde. De ældre issø kystaflejringer blev først opdaget i forbindelse med råstofkortlægningen, og indvindingen er begyndt inden for det sidste årti. Der udvindes årligt omkring 150.000 m³ sand 1 mens indvindingen af grus og ral svinger meget. I årene 1990–92 blev der produceret omkring 150.000 m³ ral om året, mens produktionen faldt til 25.000–40.000 m³ ral om året i perioden 1993–95. En voldsom stigning er sket igen i 1996–97. Fakse Bugt leverer størstedelen af de sømaterialer, der sejles ind til Københavnsområdet. Samtidig er der i de senere år eksporteret en del til Tyskland.

Råstofkvalitetsundersøgelser viser, at der er stor forskel på materialerne. De ældste kystsedimenter indeholder overvejende grus og sten fra det svenske grundfjeld, medens de yngste strandvolde indeholder store mængder flint, som for en dels vedkommende består af porøs opal, der er farligt som tilslagsmateriale i beton.

Ved at kombinere den generelle geologiske viden om Østersøen med de råstofgeologiske undersøgelser er det muligt at udarbejde kort, der viser den rumlige fordeling af de forskellige ressourcekvaliteter. I dette eksempel viser det sig, at en del af de yngre, sandede Littorina aflejringer er overjord, der dækker mere værdifulde issøaflejringer af grus- og sten.



Figur 17. Tegneserie der viser udviklingen i Fakse Bugt. A: Barriere – lagunesystem som blev dannet af den Baltiske Issø omkring 13.000 år før nu. B: Den fortsatte vandstandsstigning bevirkede at barriere – lagunesystemet vandrede mod vest og omkring 11.500 år før nu nåede sit maksimum 13 m under nuværende havniveau. C: Tapningen af issøen førte til en udtørring af Fakse Bugt omkring 11.200 år før nu. D: Littorinahavets vandstandsstigning druknede de tidligere kystlinier og et nyt oddesystem blev dannet for ca. 6500 år siden.



Figur 18. Palæogeografisk kort der viser barriereø og lagunesystemet ved den maksimale vandstand af den Baltiske Issø.



Figur 19. Palæogeografisk kort der viser oddesystem, da Littorina Havets vandstand var ca. 10 m lavere end i vore dage.

Marine dynamiske områder

(Eksempel: Marine, dynamiske områder i Femer Bælt). Sådanne havbundsområder er steder, hvor bundstrømme kan flytte rundt på sedimenterne. Der foregår til stadighed vandudveksling mellem Nordsøen og Østersøen. Især ved ekstreme vandstandsændringer eller stormsituationer er de danske bælter påvirket af indstrømmende tungt saltvand på større dybde og lettere, brakt returvand på mindre dybder. I Femer Bælt (fig. 20) betyder det, at den sydlige del med vanddybder på mellem 12 og 22 m er domineret af indgående bundvand, medens udgående vand påvirker bunden i den nordlige del med vanddybder på mindre end 15 m. Dette strømningsmønster giver strømhastigheder, der er tilstrækkelig store til at erodere i havbunden. Resultatet af strømningen ses tydeligt på fossile, let eroderbare sandaflejringer, der omformes i et karakteristisk mønster domineret af store sandbølger ("sand waves"). Dannelsen begynder som erosionsformer på opstrøms-siden og sandet transporteres nedstrøms, hvor der gradvist først dannes mindre sandribber og derefter sandbølger. Længden af sandbølgerne er 40–70 m og højden af sandbølgerne er 1–2 m. De består af mellemkornet til grovkornet sand. De asymmetriske sandbølgers stejle østvendte læsider viser, at bundvandet generelt strømmer mod øst (fig. 21). For at kunne danne sandbølger kræves der strømhastigheder langs bunden på mindst 70–100 cm/sek. Så høje hastigheder forekommer sandsynligvis kun med års mellemrum. De nutidige processer betyder, at de fossile, sandede aflejringer bliver udsat for ekstra slid og sortering.

Derved bliver det mellem- til grovkornede sand opkoncentreret i sandbølgefelterne. Resultatet er et højkvalitetsråstof, velsorteret og uden svage korn.

Sandbølgefelterne i den vestlige del af Femer Bælt ligger ikke alle på dansk område, og hvis der skal bygges en Femer Bælt forbindelse, vil områderne på tysk side også blive interessante at indvinde.

For at opnå tilladelse til at indvinde skal der udføres en miljøvurdering. Her skal det bedømmes, om en fjernelse af sandbølgerne vil påvirke strømningen gennem Femer Bælt, med eventuel kysterosion til følge. Endvidere skal det undersøges om det vil være mere hensigtsmæssigt at indvinde andre typer sand på dansk side, herunder om det bliver nødvendigt at hente råstoffet fra de store sandressourcer, der findes på Rønne Banke sydvest for Bornholm. Det vil i så fald betyde øgede omkostninger til transport.



Figur 20. Kortet over Femer Bælt viser placeringen af profilet vist på fig. 21.

Prækvartære kystnære aflejringer

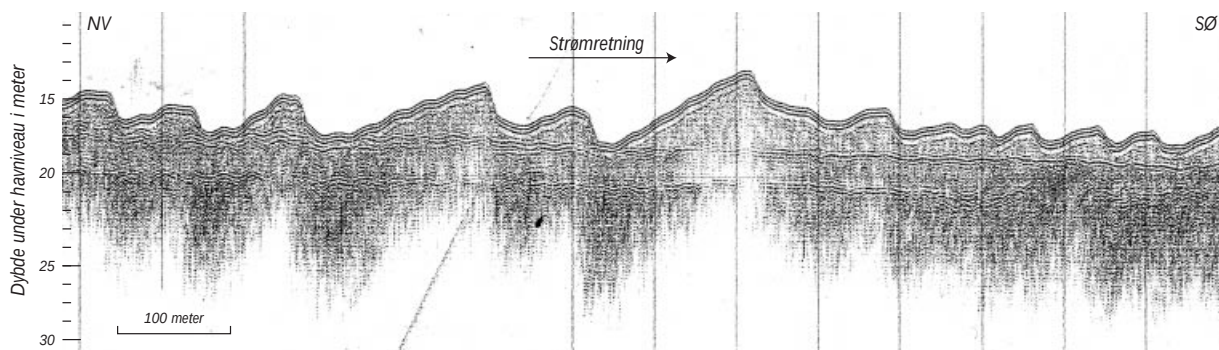
(Eksempel: Kvartssand ved Bornholm). Fra 1960 til 1985 blev der på Bornholm gravet kvartssand, som ud over det almindelige forbrug på øen blev eksporteret til Sverige som støbesand på metalstøberier. Der er tale om et højkvalitetsprodukt, som består af over 99 % kvarts. Sandet kan også benyttes til fremstilling af farvet glas, men er desværre ikke rent nok til, at det kan benyttes til fremstilling af klart glas.

Bornholms geologi adskiller sig fra resten af Danmark bl.a. ved at overfladen på den nordlige del af øen består af grundfjeld med granitter og gnejser fra jordens urtid (mere end 1000 mio. år gamle).

På den sydvestlige del findes gamle kystaflejringer fra jordens middelalder (Mesozoikum for 65–230 mio. år siden; fig. 22).

Det er i disse aflejringer, oprindeligt afsat ved en kyst, at man finder det rene kvartssand. Ud over det slid sandkornene har været udsat for i kystzonen, var klimaet på det daværende "Bornholm" varmt og fugtigt. Det betød at grundfjeldet blev udsat for en kraftig forvitring, hvor indholdet af feldspatkrystaller blev omdannet til lerarten kaolin.

Vandet i floderne og bølgerne ved kysterne kunne derfor nemt erodere leret bort, og det rene kvartssand blev efterladt og siden aflejret på Robbedale Formationens barriere-kyst. Råstorindvindingen var problematisk for Rønne Kommunes vandforsyning, da Robbedale Formationens sandlag udgør det vigtigste grundvandsreservoir. I begyndel-



Figur 21. Pinger profil med et seismisk snit gennem sandbølgefelt syd for Lolland. Stødsider mod vest og stejle læsuder mod øst viser at vandet strømmer mod øst.

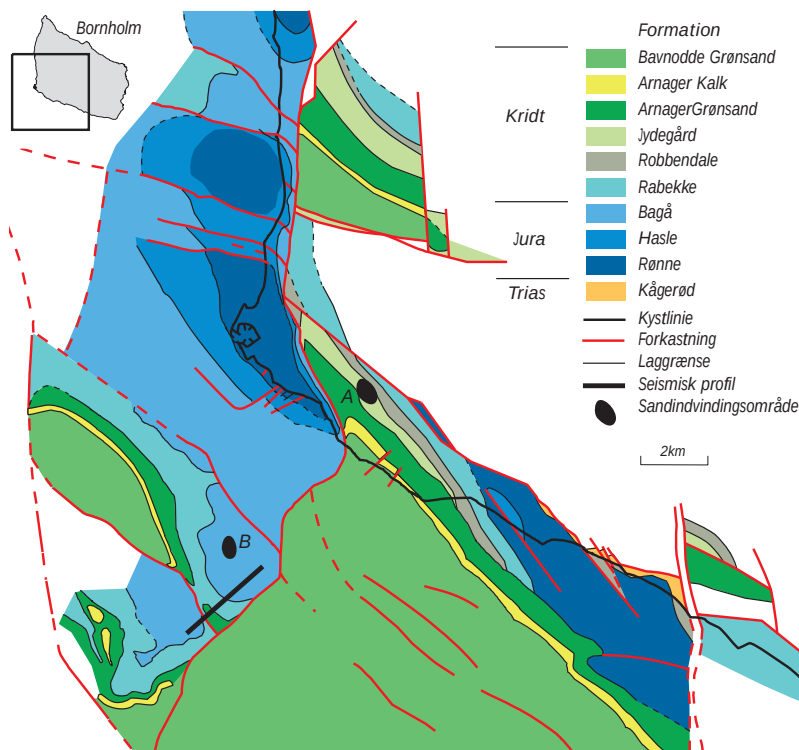
sen af 1980'erne blev det derfor bestemt, at produktionen skulle afvikles i løbet af en årrække. Samtidig blev der iværksat en detaljeret kortlægning af havbunden sydvest for Bornholm. Kortlægningen blev udført som en kombination af seismisk kortlægning og omfattende prøvesugninger. Det viste sig, at der i store områder af havbunden kun var meget lidt eller slet ingen overjord af yngre aflejringer, så de mesozoiske aflejringer var blotlagt på havbunden.

Jordskorpebevægelser har imidlertid vendt op og ned på jordlagene, der er blevet foldet langs brudzoner (forkastninger) i et kompliceret mønster (fig. 23). Kortlægningsopgaven gik bl.a. ud på at udrede forkastningsmønstret og undersøge de råstofrelevante lag. Det viste sig at Robbedale Formationen ikke findes til søs, men i stedet blev der påvist foldede lag af formodede deltaaflejringer (Bagå Formationen), der består af ler- og kullag, som blev aflejret i deltaets sumpområder og af kvartssand, der blev afsat af floderne i deltaet. I et gunstigt område sydvest for Rønne hælder lagene skråt ned i havbunden, og det er muligt at indvinde fra sandlagene. Det næste trin var at undersøge om sandet kunne bruges som råstof.

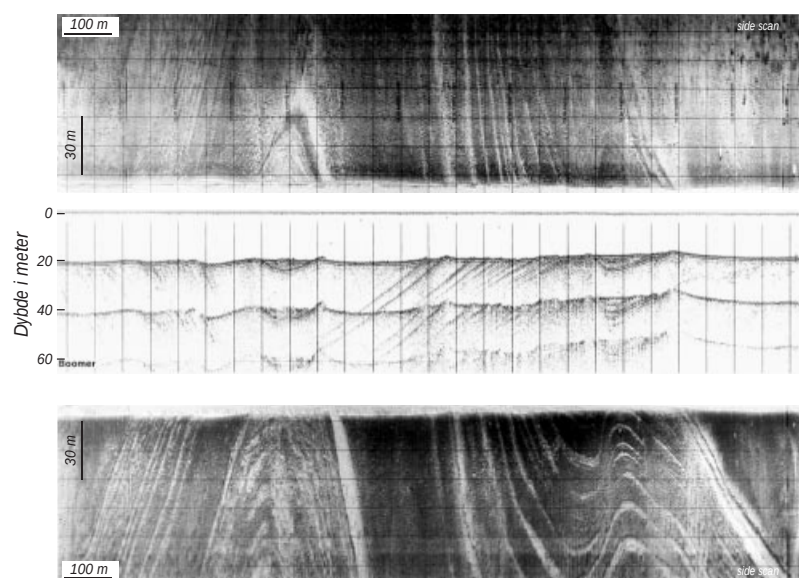
Efter en række undersøgelser og justering af det eksisterende produktionsanlæg lykkedes det at producere fra denne nye ressource, hvor der nu årligt hentes omkring 100.000 m³ sand. Bornholms almindelige forbrug af sand og grus bliver i dag for en stor del hentet på havbunden i forekomster med et lavere kvartssandindhold end Robbedale Formationen.

Havbundens råstof-kort på internettet
I foråret 1999 forventes råstofkortlægningens resultat lagt ud på Skov- og Naturstyrelsens og GEUS' hjemmesider.
Det bliver muligt at downloade udvalgte sammenstillinger af kortmateriale og ressource-data.

Skov- og Naturstyrelsen: (<http://www.sns.dk/>)
GEUS: (<http://www.geus.dk/>)



Figur 22. Kort over de Mesozoiske aflejringer på Vestbornholm og de tilstødende områder på havbunden. På kortet er angivet det tidligere sandindvindingsområde i Robbedale Formationen (A) på land og det nuværende indvindingsområde til søs i Bagå formationen (B). Placeringen af det seismiske profil på figur 23 er ligeledes angivet.



Figur 23. Seismisk profil af den foldede havbund sydvest for Rønne. I midten ses et boomerprofil, der viser et snit gennem havbunden. På hver side af boomerprofilen ses de to side scan bånd som viser havbundens overflade i profilinien.

Fremtiden

Forsyningsmulighederne fra havbunden

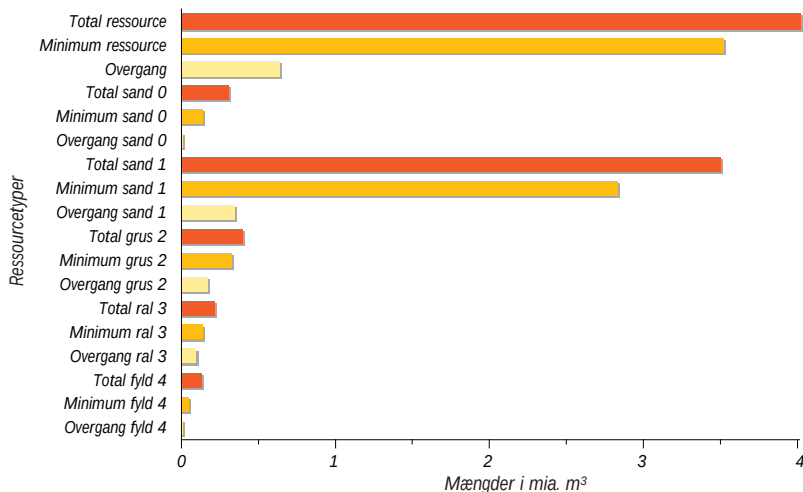
Resultaterne af den gennemførte vurdering viser, at der samlet er meget store og værdifulde ressourcer af sand, grus og sten i den danske havbund, men at der er store variationer i deres sammensætning og i de mængder, der umiddelbart kan indvindes i de enkelte farvande.

Hidtil er kun en lille del af Nordsøen og Østersøen blevet kortlagt, men de foreløbige resultater tyder på, at der kan være endog meget store ressourcer også i disse områder. Farvandene omkring Nordjylland og den centrale og nordlige del af Kattegat er de områder af havbunden, hvor der synes at være de dårligste indvindingsmuligheder. Kortlægningsgrundlaget er imidlertid spinkelt, og nye undersøgelser tyder på, at der kan være meget interessante forekomster på dybt vand, dvs. på dybder over 20 m.

Grus og ral/sten er en begrænset ressource, hvis forekomst og kvalitet er et resultat af smeltevandstransport og kystprocesser, og hvor de bedste materialer derfor næsten udelukkende findes i tilknytning til tidligere og nuværende kyster.

Bortset fra Nordsøen og området ved Adler Grund/ Rønne Banke i Østersøen, hvor der forventes at være betydelige ressourcer, findes størstedelen af de tilgængelige kortlagte ressourcer af ral/sten i tilknytning til allerede benyttede indvindingsområder. Disse har traditionelt forsynet de større havnebyer og deres opland med råstoffer. Samlet er der ved undersøgelsen opgjort påviste ralressourcer på ca. 250 mio. m³, hvoraf måske kun ca. 15 % består af ren ral (fig. 24). Det må derfor forventes, at indvindingsmulighederne i dele af de indre danske farvande vil blive reduceret i løbet af en årrække.

Mængden af grus i de kortlagte områder kan (med stor usikkerhed) opgøres til ca. 400 mio. m³, og der vil ikke foreløbig opstå forsyningsproblemer. Den største del af de samlede kortlagte ressourcer på 3,5 mia. m³, består af sand, som findes i varierende mængde overalt på det danske havbundsområde. Med den nuværende indvinding vil der således være kvalitetssand og fyldsand til flere hun-



Figur 24. Rød: total mængde sand, grus og ral. Orange: total mængde minus "begrænsninger". Gul: mængde til rådighed i overgangsområderne frem til år 2007. Kvalitetsparametre 0, 1, 2, 3 og 4 se side 8.

drede års forbrug. Dette hindrer dog ikke, at der kan opstå problemer med forsyningen af visse dele af landet, fordi indvindingsforhold, og afstanden til afsætningsstedet kan gøre det umuligt eller urentabelt at udnytte en række af forekomsterne. Da de fleste sandressourcer er forholdsvis finkornede, er det i høj grad de fremtidige kvalitetskrav, der vil bestemme, hvor store mængder, der vil være til rådighed.

Den samlede vurdering viser, at der er gode muligheder for også i fremtiden at forsyne landet med materialer fra havbunden. Omfanget og lokaliseringen af indvindingen vil primært afhænge af den fremtidige konkurrence med råstofindvindingen på land og af eksport/import interesser.

International standard for bedømmelse af ressourcer/reserver

For at gøre det lettere at tale samme "ressourcesprog" på tværs af det tidligere jerntæppe og udligne forskelle på planøkonomi og markedsøkonomi har FNs økonomiske og sociale råd igangsat et projekt, der skal harmonisere de klassifikationer som benyttes til at vurdere ressourcer/reserver af fast brændstof og mineralforekomster.

Det lyder måske meget fjernt fra sand- og grusforekomster i de danske farvande, men de opstillede principper er meget anvendelige også for disse råstoffer. Først og fremmest er en række begreber blevet defineret.

Feks. er: "En ressource en naturligt forekommende koncentration af mineralråstoffer af økonomisk interesse, der er påvist med en angivet geologisk sikkerhed"; "Reserven er den økonomisk brydbare del af den totale mineralressource".

I FNs klassifikationssystem vurderes ressourcer/reserver på basis af geologiske undersøgelser, vurderinger af gennemførlighed af indvinding/brydning og endelig af den økonomiske rentabilitet. Ved at kombinere disse variable er det muligt at gennemgå forskellige ressource typer og vurdere deres potentiale regionalt og globalt.

Kortlægningen af sand- og grusressourcer på den danske havbund præsenterer den geologiske vurdering af mulige ressourceområder og rummer tillige en bedømmelse af tilgængelighed og praktisk gennemførlighed af en indvinding. De tilgængelige ressourcer kan opgøres som den kortlagte reserve. Med denne kortlægning er der derfor skabt basis for videre samfundsøkonomiske betragtninger.

I minedrift, der vedrører fossile brændstoffer og mineralske råstoffer, går man et skridt videre og udfører "Feasibility studies" (gennemførlighed), hvor både tekniske data og økonomi bliver vurderet samlet. Et sådant studie i forbindelse med indvinding af sand og grus hører delvis fremtiden til.

Råstofferne og



SAMFUNDET

Danmark er som alle andre industrilande afhængig af råstoffer til bygge- og anlægsarbejder.

Stabile leveringsmuligheder er derfor en forudsætning for samfundets fortsatte udvikling.

Danmark er selvforsynende med sand, grus og sten, og vi har en mindre eksport. Der importeres en del knust granit til produktion af beton i dele af landet, hvor danske råstoffer f.eks. på grund af pris ikke kan konkurrere.

Mængden af råstof, der indvindes, hænger nøje sammen med omfanget af bygge- og anlægsarbejder. Råstoffer fra havbunden udgør 10–20 % af den samlede produktion.

Selv om prisen på råstoffer til et bygge- og anlægsarbejde ofte kun udgør en lille del af de samlede omkostninger, kan adgangen til de nødvendige råstoffer ofte være afgørende for, om projektet overhovedet kan realiseres. Ved kystfodring er prisen på sandet altafgørende, og selv mindre projekter vil måske ikke kunne gennemføres, hvis der ikke findes de nødvendige sandmængder i nærheden.

Samlet er der råstoffer på land og på havbunden til mange års forbrug, men geologiske, tekniske, økonomiske og miljømæssige forhold begrænser, hvor stor en del af råstofferne, der i praksis kan udnyttes.

For at sikre, at der altid vil være tilstrækkelige mængder af de egnede materialer til rådighed, er det derfor nødvendigt at økonomisere med råstofferne.

Samfundets adgang til råstoffer i tilstrækkelig mængde og rigtig kvalitet kan i yderste konsekvens være afgørende for, hvor og hvordan udviklingen kommer til forgå.

Det er derfor nødvendigt, at der planlægges på langt sigt, når det gælder hvor og hvordan råstofferne skal udnyttes, så der sikres en fortsat mulighed for stabile leverancer af materialer til byggeri og anlægsarbejder.



MILJØET

Mineralske råstoffer som sand, grus og sten er geologiske naturressourcer, hvis udbredelse og mængde er begrænset og som kun meget langsomt fornyes.

En u hensigtsmæssig udnyttelse af ressourcerne i form af forkert eller for intensiv indvinding giver uacceptable miljøkonsekvenser

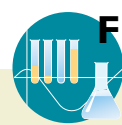
Det er vigtigt at tilstræbe en bæredygtig udvikling, hvor udnyttelsen foregår med størst mulig hensyntagen til beskyttelsesbehovene, og hvor samfundet samtidig sikres de fornødne råstoffer.

Det er derfor nødvendigt løbende at forbedre videngrundlaget om råstofressourcernes mængde, lokalisering og sammensætning, og ikke mindst om "naturen i havet" og om konsekvenser af råstofudnyttelsen for miljøet.

Et andet vigtigt led i en bæredygtig udvikling er at økonomisere med råstofressourcerne for ad den vej at mindske behovene for indgreb i naturen. Dette kan bl.a. ske ved at nyttiggøre eller genanvende affald, restprodukter, byggeaffald og oprensnings- og uddybningsmaterialer fra havområdet.

I dag udvindes ca. 80 % af alle råstoffer på land, mens de resterende ca. 20 % udvindes på havet. Uanset hvor råstofindvindingen foregår, vil der imidlertid være en effekt på det omgivende miljø, stor eller lille. Disse effekter på miljøet ved indvinding på havet kan derfor ikke betragtes isoleret, men skal vurderes i forhold til omkostningerne ved at tilvejebringe den samme materialemængde på land, hvad enten materialet indvindes i Danmark eller det importeres.

Denne afvejningsproces er naturligvis uhyre vanskelig, men er ikke destomindre nødvendig, hvis bæredygtighedsprincippet skal slå igennem.



FORSKNINGEN

Bæredygtig råstofindvinding på havet må baseres på et bredt kendskab til råstofressourcerne og til konsekvenserne af deres udnyttelse.

Den hidtidige kortlægningsindsats har fortrinsvis været koncentreret i de mere lavvandede dele af de indre danske farvande. En række af disse områder har naturmæssig eller kulturel interesse.

Derfor er der behov for at finde nye forekomster på større vanddybder, hvor man samtidig må forvente, at konsekvenserne for miljøet er mere begrænsede. Store dele af Nordsøen er stadig udforsket og en bæredygtig udnyttelse af ressourcerne her vil kræve en betydelig kortlægningsindsats. GEUS har sammen med SNS i en årrække udført råstofkortlægning på havbunden og en række maringeologiske forskningsprojekter, der har bidraget til forståelsen af den geologiske udvikling på havbunden. Det vil fortsat kræve en betydelig indsats at omsætte disse resultater, så de kan indgå i den fremtidige råstofplanlægning og danne grundlag for en række miljøvurderinger.

Den geologiske forskning og videnopbygning er blevet intensiveret de senere år, men der er fortsat behov for mere viden om samspillet mellem geologi, hydrografi, klimaudvikling og fiskerimuligheder.

Skov- og Naturstyrelsen arbejder med udviklingen af værktøjer til miljøvurdering, hvor der indgår en række geologiske parametre. Den fremtidige råstofgeologiske kortlægning skal tilgodesee en række forskellige interesser m.h.t. efterforskning og -udnyttelse, og samtidig tilvejebringe den natur- og miljørelevante viden, der indgår i en vurdering af konsekvenserne af et bredt spektrum af fysiske aktiviteter i det marine miljø. For at understøtte en fornuftig anvendelse af de tilgængelige ressourcer skal indsatsen på natur- og miljøområdet suppleres med øget forskning og produktudvikling når det f.eks. gælder anvendelse af affaldsprodukter og finkornet sand bl.a. til betonfremstilling samt nyttiggørelse af oprensningsmaterialer fra havne og sejlrænder.



Poul Erik Nielsen er geolog i Skov- og Naturstyrelsen. Han har i en årrække arbejdet med råstofkortlægning, miljøkonsekvensvurderinger og administrative opgaver i forbindelse med råstofindvinding og store anlægsarbejder.



Skov- og Naturstyrelsen



Jørn Bo Jensen er geolog på GEUS og har siden sin ansættelse i Miljøministeriet i 1985 arbejdet med maringeologisk kortlægning af de danske farvande. Kortlægningen af de danske sand- og grusressourcer er en vigtig del af denne aktivitet.

Her kan man læse videre

Ændring af råstofloven. Lov nr. 484 af 12. juni 1996. Forberedelse, folketingsbehandling samt andet materiale vedrørende loven. Skov- og Naturstyrelsen 1996.

Bekendtgørelse af lov om råstoffer. Miljø- og Energi-ministeriets lovbekendtgørelse nr. 569 af 30. juni 1997.

A. Kuijpers, B. Larsen & P. E. Nielsen, 1991: Overfladesedimenter i den danske del af Øresund. DGU Kortserie nr. 26.

Geologi til søs. DGU Information, December 1995. Temanummer.

J. Leth, 1992: DGU kortlægger havets råstoffer. Geologisk Nyt 1/1992.

P.E. Nielsen & T. Christensen, 1984: Kortlægning af Råstoffer på havbunden. Varv 1984/1.

P.E. Nielsen, 1995: Sedimentspredning og sedimentation i forbindelse med anlægsarbejder på havområdet. In: Olsson, P. (Ed.): Strategier for fiskeribiologiske undersøgelser relaterede till byggefart i vatten.

Nordisk ministerrådet, Tema Nord 1995:513, pp. 59-72. Köpenhamn.

S. Lomholt & J.B. Jensen, 1994: Kriegers Flak: A marine resource area. Dansk Geoteknisk Forening Bulletin 11, 5.169-5.178.

J.B. Jensen, 1987: Sandkvalitet i relation til geologiske hændelsesforløb. Dansk Beton nr. 1/87.

J.B. Jensen, A. Kuijpers & W. Lemke, 1996: Kortbladet Femer Bælt – Arkona Basinet, Sen-Kvartære sediment. DGU Kortserie nr. 52.

J.B. Jensen & O. Bennike, 1994: Den Baltiske Issø i Fakse Bugt. Varv 1994/3 s 76-83

J.B. Jensen & O. Bennike, 1998: Den sen-kvartære udvikling i den sydvestlige del af Østersøen. Varv 1998/4.

T. Kiørboe & F. Møhlenberg, 1982: Sletter havet sporene? En biologisk undersøgelse af miljøpåvirkninger ved Ral- og Sandsugning. Miljøministeriet.

Sandsugning og det fysiske miljø. Skov- og Naturstyrelsen 1991. Publikation nr. 4801.

Menneske Hav Kyst og Sand, Kystinspektoratet 173-1998, Lemvig 1998.

Miljøpåvirkninger ved ral- og sandsugning, 1993: Et literaturstudie om de biologiske effekter på råstofindvinding i havet. Faglig rapport fra DMU, nr 81.

Havbundsundersøgelser. Råstoffer og fredningsinteresser. Publikationer fra Fredningsstyrelsen/Skov- og Naturstyrelsen (indeholder afsnit om geologi, råstoffer, kyster og arkæologi): *Bornholm, 1986; *Djursland Nord, 1986; *Fakse Bugt, 1986; *Lille Bælt, 1986; *Grenå, 1987; *Nordsjælland, 1987; *Samsø Nordøst, 1987; *Roskilde Fjord, 1987; *Sjællands Rev, 1987; *Smålandsfarvandet, 1987; *Storebælt, 1988; *Bornholm Sydvest, en detailundersøgelse, 1988; *Hornbæk, 1989; *Sejerø Bugt, 1989; *Samsø Sydøst, 1991.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) er en forsknings- og rådgivningsinstitution i Miljø- og Energi-ministeriet.

Institutionens hovedformål er at udføre videnskabelige og praktiske undersøgelser på miljø- og energiområdet samt at foretage geologisk kortlægning af Danmark, Grønland og Færøerne.

GEUS udfører tillige rekvirerede opgaver på forretningsmæssige vilkår.

Interesserede kan bestille et gratis abonnement på GEOLOGI - NYT FRA GEUS. Bladet udkommer 4 gange om året.

Henvendelser bedes rettet til: Knud Binzer

GEUS giver i øvrigt gerne yderligere oplysninger om de behandlede emner eller andre emner af geologisk karakter.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

GEOLOGI - NYT FRA GEUS er redigeret af geolog Knud Binzer (ansvarshavende) i samarbejde med en redaktionsgruppe på institutionen.

Konsulent: Marianne Vasard Nielsen.

Skriv, ring eller mail:
GEUS

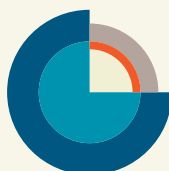
Danmarks og Grønlands
Geologiske Undersøgelse
Thoravej 8, 2400 København NV.

Tlf.: 38 14 20 00

Fax.: 38 14 20 50

E-post: geus@geus.dk

Hjemmeside: www.geus.dk



GEUS

GEUS publikationer:

Hos Geografforlaget kan alle GEUS' udgivelser købes.

Henvendelse kan ske enten på tlf.:

63 44 16 83 eller telefax: 63 44 16 97

E-post: go@geografforlaget.dk

Hjemmeside: www.geografforlaget.dk



Adressen er:

GEOGRAFFORLAGET 5464 Brenderup

ISSN 1396-2353

Produktion:

Carsten Thuesen, GEUS Grafisk

Tryk: From & Co.

Forsidebillede: Peter Moors
Sandsugerfartøj i Århus bugt.

Illustrationer: Carsten Thuesen,
Pia Andersen og andre.