

TEMANUMMER
**Nordsøen efter istiden
- udforskningen af Jyske Rev**

Nordsøen efter istiden - udforskningen af Jyske Rev

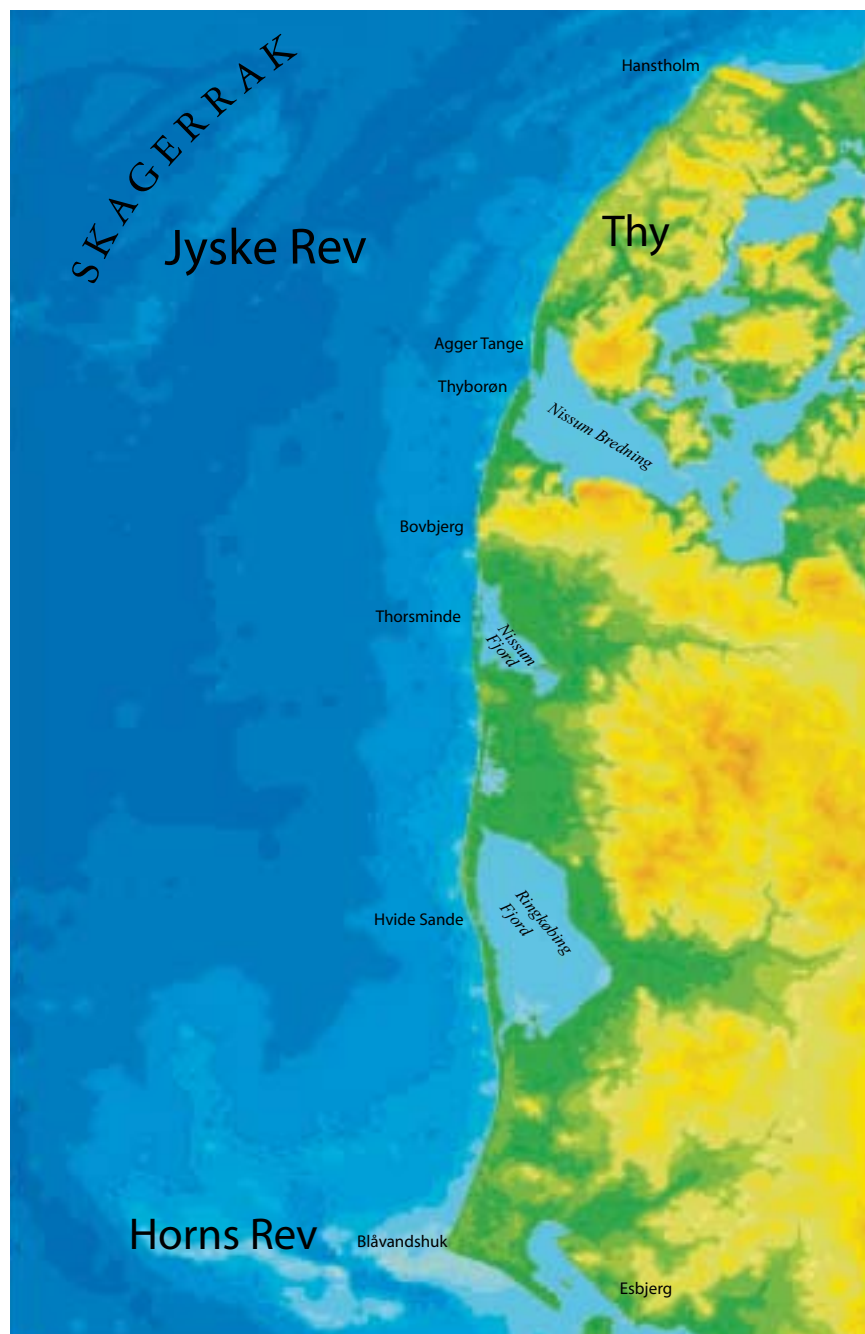
Jørgen O. Leth

Kendskabet til den øverste del af havbunden og sedimentfordelingen i den danske del af Nordsøen var indtil begyndelsen af 1990'erne kun sporadisk sammenlignet med de omkringliggende farvande. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) har op gennem 1990'erne ved hjælp af akustiske opmålinger og borer udført en geologisk kortlægning af havbundens geologi i den østlige del af det danske Nordsøområde. Undersøgelserne har især været koncentreret om at forstå, hvordan Nordsøen har udviklet sig gennem de sidste 12.000 år. I den såkaldte fastlandstid, dvs. perioden fra isen smeltede bort fra Nordsøen til havet oversvømmede området, lå havniveauet 130 meter under det nuværende niveau, hvorved Jylland blev landfast med De Britiske Øer. I takt med at de store is-skjolde i Skandinavien og Nordamerika smeltede begyndte havet at stige gradvist og de nyskabte landskaber blev oversvømmet.

Forståelsen af områdets udvikling fra sidste istid til i dag er ikke kun af videnskabelig interesse, men er i høj grad en forudsætning for at udnyttelsen, reguleringen og beskyttelsen af dette havområde foregår på det bedst mulige grundlag. Resultaterne fra undersøgelserne har således allerede været anvendt til rådgivning af både erhvervslivet indenfor råstoffer og fiskeri og af miljø-, fiskeri- og søfartsmyndigheder.

Udforskningen af Jyske Rev og Vesterhavet

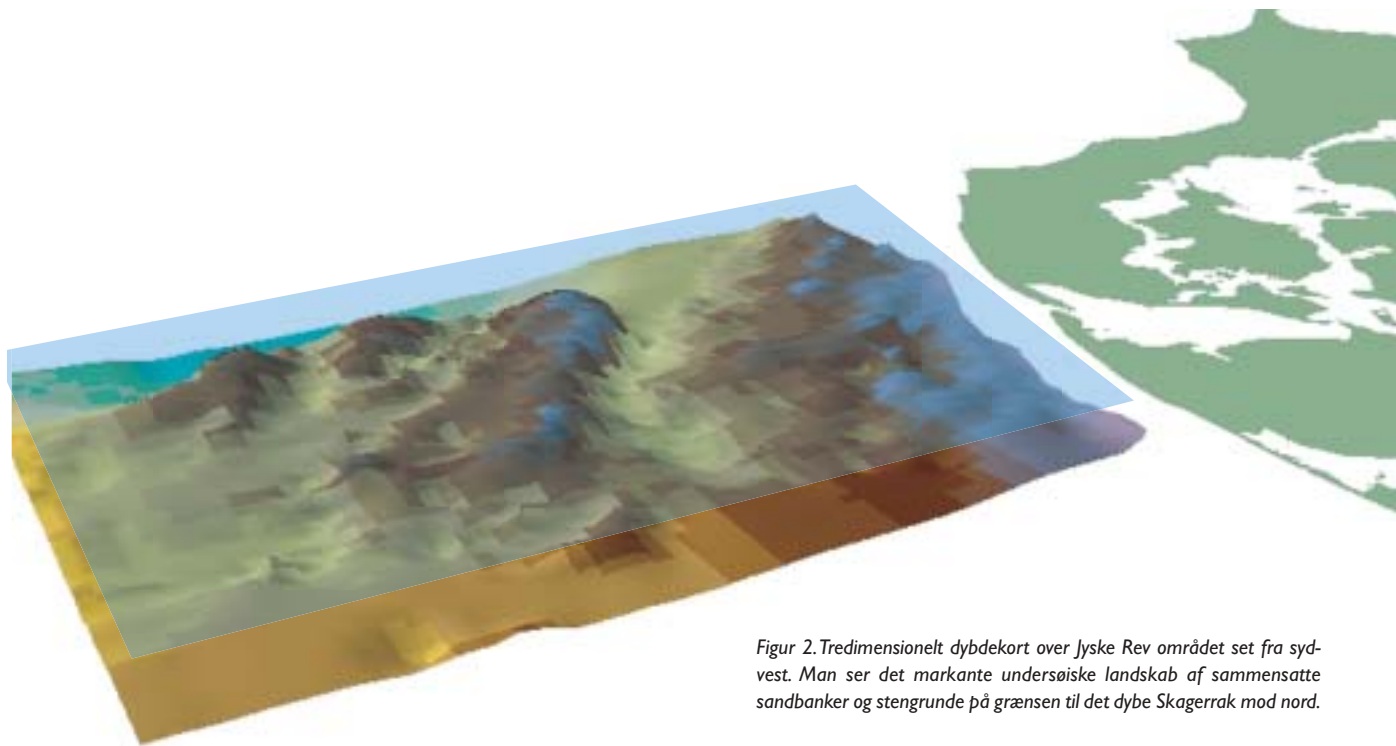
Betragter man et søkort over den østlige del af Nordsøen – eller Vesterhavet som nogen vil kalde det – ser man en relativt jævn skrånende havbund, lige indtil man mod nord ud for Limfjorden støder på området Jyske Rev (figur 1). Midt i det åbne hav finder vi sammensatte banker og grunde med vanddybder under 20 m på grænsen til det dybe Skagerrak mod nord. Med et areal på mere end 4.000 km² antyder Jyske Revs beliggenhed, at der her findes et modstandsdygtigt undersøisk landskab, som har tilpasset sig Nordsøens kraftige bølger og



Figur 1. Oversigtskort med dybder over den østlige del af Nordsøen, hvor GEUS har foretaget undersøgelser.

strøm gennem årtusinder (figur 2). Området er den dag i dag fortsat eksponeret for de nordatlantiske bølger og den permanente jyske kyststrøm, hvilket betyder, at der til stadighed foregår en betydelig erosion og sedimenttransport på Jyske Rev. I havbunden syd for Jyske Rev gemmer der sig rester af den jyske vestkyst, som den har taget sig ud fra sidste istid til i dag.

Som følge af et stigende antal aktiviteter i den danske del af Nordsøen f.eks. udnyttelse af råstofferne på havbunden, kabelføringer og olierørlægninger, rettede GEUS (dengang DGU) i 1991 øjnene mod Nordsøen for at indlede en maringeologisk kortlægning af dette store havområde. Hovedformålet med kortlægningen har været at fremskaffe viden om Nordsøens geologiske udvikling bl.a. ved at studere udviklingen af



Figur 2. Tredimensionelt dybdekort over Jyske Rev området set fra syd-vest. Man ser det markante undersøiske landskab af sammensatte sandbanker og stengrunde på grænsen til det dybe Skagerrak mod nord.

de geologiske aflejringsmiljøer, der har knyttet sig til havet og den foranderlige kystzone. I første omgang blev indsatsen koncentreret om det nordøstlige delområde omkring Jyske Rev. I perioden 1997-2001 blev kortlægningen udvidet til hele området mellem Horns Rev og Skagen Odde.

Nye råstofområder i Nordsøen

En væsentlig baggrund for netop at undersøge det omtrent 4.000 km² store Jyske Rev var en forhåbning om at finde nye råstofområder som supplement til de efterhånden sparsomme ressourcer på land i det nordlige Jylland. Det skulle vise sig at være et ganske fornuftigt valg. Jyske Rev indeholder meget store mængder råstoffer af både ral, grus og sand, der hovedsagelig er erosionsprodukter fra de druknede istidslandskaber af moræner og smeltevands-sedimenter. I takt med isens afsmeltning og den efterfølgende havstigning blev disse sedimenter transporteret med strøm og bølger for at opbygge odder og strandvolde.

Råstofindvindingen fra Jyske Rev har i de senere år udviklet sig til at være Danmarks størst producerende område af ral og sten (ca. 0,6 mill. m³ om året) svarende til ca. 40 % af den samlede ralindvinding i Danmark. De producerede materialer anvendes især som tilslagsmateriale ved fremstillingen af beton. Jyske Rev som indvindingsområde har derudover helt erstattet Horns Rev som forsyningsområde til Esbjerg, idet både

kvaliteten og tilgængeligheden af materialerne er så gunstig, at det langt overstiger, hvad der er muligt fra de kendte forekomster på Horns Rev. Da materialerne tillige har indfriet ønsket om at kunne erstatte landmaterialer i det nordlige Jylland, foregår der også en stigende leverance af ral til flere nordvestjyske havne. Men også andre nyopdagede ressourceområder i Nordsøen bl.a. nord for Horns Rev og havbunden vest for Hirtshals, kan i de kommende år måske blive nye interessante indvindingsområder.

Data bliver indsamlet

Det første GEUS-togt til Nordsøen fandt sted i august 1991 med det danske miljøskib "Gunnar Seidenfaden" som platform. Skibet var udstyret til at foretage både shallow seismiske opmålinger, udføre borer og optage sedimentprøver fra Nordsøens bund. En flok spændte marinegeologer og besætningsmedlemmer begav sig af sted mod Nordsøen vel vidende, at vejret her ikke altid er tilpasset maringeologiske opmålinger. Til forskel fra tidligere GEUS-togter gennemførtes togtet over 10 døgn uden havneanløb med opmålingerne kørende i døgndrift. Bekymringerne skulle senere vise sig at blive gjort til skamme, idet debuten på Nordsøen stort set gennemførtes i havblik. Som tak for besøget blev vi dog sendt hjem fra Nordsøen med en hård nordøstlig kuling, så vi ikke skulle foranlediges til at tro, at vi "kunne gå på vandet".

Teknisk set var der i de følgende år sta-

dig udfordringer nok. Undersøgelsesfartøjerne skulle udstyres med opmålingsinstrumenter, der kunne klare udfordringen i det åbne farvand med op til flere hundrede meters vanddybde. Der blev anvendt flere forskellige typer af seismisk og akustisk udstyr: Boomer, pinger, chirp sonar, watergun, sparker, side scan sonar og opmålingsekkolod, der supplerer hinanden med informationer om større eller mindre strukturer på og under havbunden (figur 4).

For at opnå så høj effektivitet som muligt, måtte der planlægges med relativt store fartøjer vel vidende at "vejrvinduet", for hvornår der kan arbejdes forsvarligt i dette farvand, er begrænset. GEUS har i forbindelse med varierende projekter derfor udnyttet muligheden for at benytte både danske og udenlandske fartøjer, der alle opfyldte kravene til størrelse og sødygtighed. Der kan nævnes M/S "Esvagt Dana", det danske forskningsskib R/V "Dana", søopmålingsfartøjerne "Gribben" og "Flyvefisker" (for sidefoto), R/V "Professor Shtokman" fra Kaliningrad i Rusland, R/V "Gauss" fra Tyskland og R/V "Tydemann" fra Holland. Ud over togter ledet og finansieret af GEUS er der også blevet indsamlet data i samarbejde med mange andre institutioner bl.a. Skov og Naturstyrelsen, Kystdirektoratet, Danmarks Fiskeriundersøgelser, Århus Universitet, Farvandsvæsenet og Søværnet samt en række private selskaber.



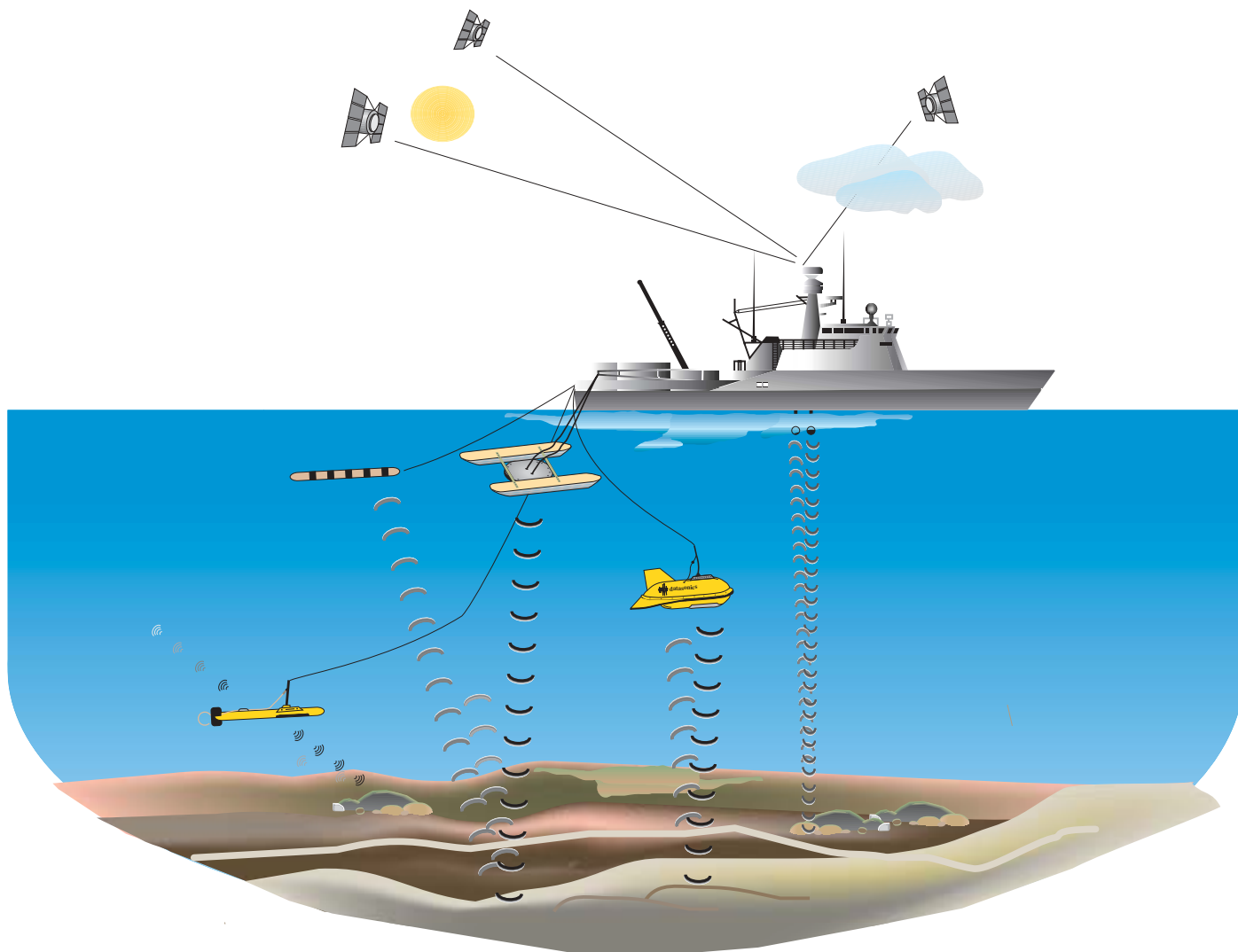
Figur 3. Råstoffernes vej fra undersøgelse til produktion.

Databearbejdning

Resultatet af alle togterne til Jyske Rev blev ca. 2.000 km seismiske linier, 42 vibro-core borer til 6 meters dybde og 120 sedimentprøver. Tolkningsarbejdet er blevet

hjulpet på vej af en række analyser af både mikro- og makrofossiler, der dels har givet værdifulde informationer om lokale aflejningsmiljøer i Postglacial tiden, dels har skaffet materiale til en række C-14 aldersbe-

stemmelser. Aldersbestemmelserne blev gennemført ved hjælp af den såkaldte AMS-kulstof-14 metode.



Figur 4. Marinegeologisk opmåling af havbunden foregår ved at flere seismiske/akustiske instrumenter måler samtidigt. Skibets position bestemmes ved hjælp af satellit navigation (DGPS) med en nøjagtighed bedre end 0,5 m.



Figur 5. Opmålingsfartøjet "Gunnar Seidenfaden" i færd med at foretage 6 m lange vibrocore borer.

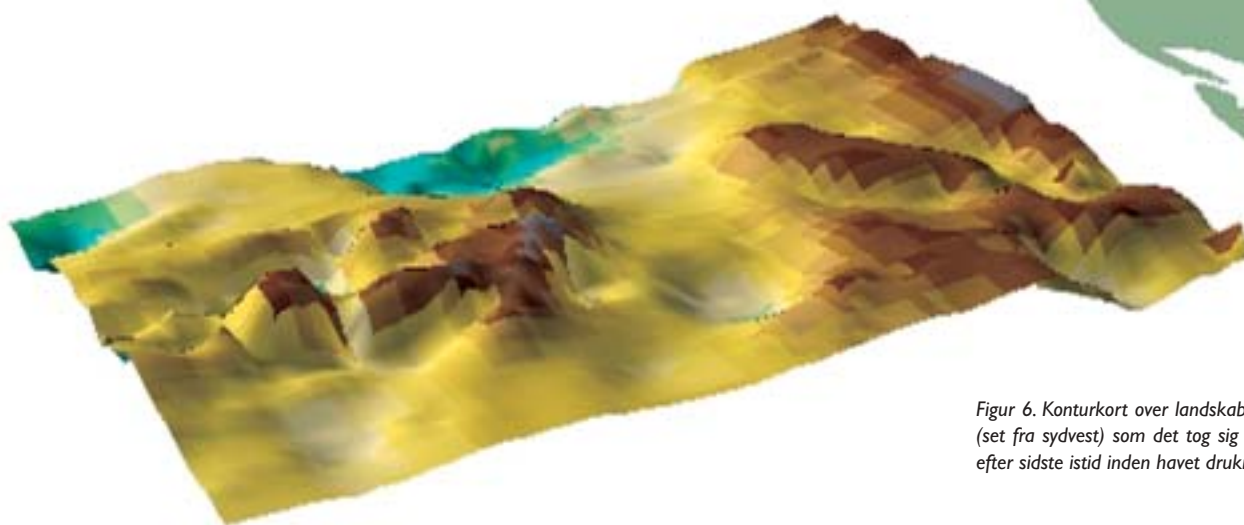
De præ-kvartære aflejringer

Tolkningen af den omfattende mængde seismiske data og borer har gjort det muligt at opstille udviklingshistorien for Jyske Rev fra sidste istid helt frem til i dag - bestående af 6 overordnede enheder. Underlaget for istidsaflejringerne (Præ-kvartæret) findes flere steder i området umiddelbart under havbunden. I Jyske Rev området findes aflejringer fra Nedre og Mellem Tertiær lokalt meget tæt på havbunden, idet en række salt diapirer i undergrunden har presset disse aflejringer op. Syd herfor - mellem Nissum Fjord og Ringkøbing Fjord - findes de tertiære aflejringer også tæt på havbunden dog på deres oprindelige leje. Nord for Jyske Rev findes præ-kvartære kalkaflejringer fra perioderne Øvre Kridt og Danien. Disse meget resistente bjergarter står flere steder frem som skær (såkaldte cuestas) direkte på havbunden.

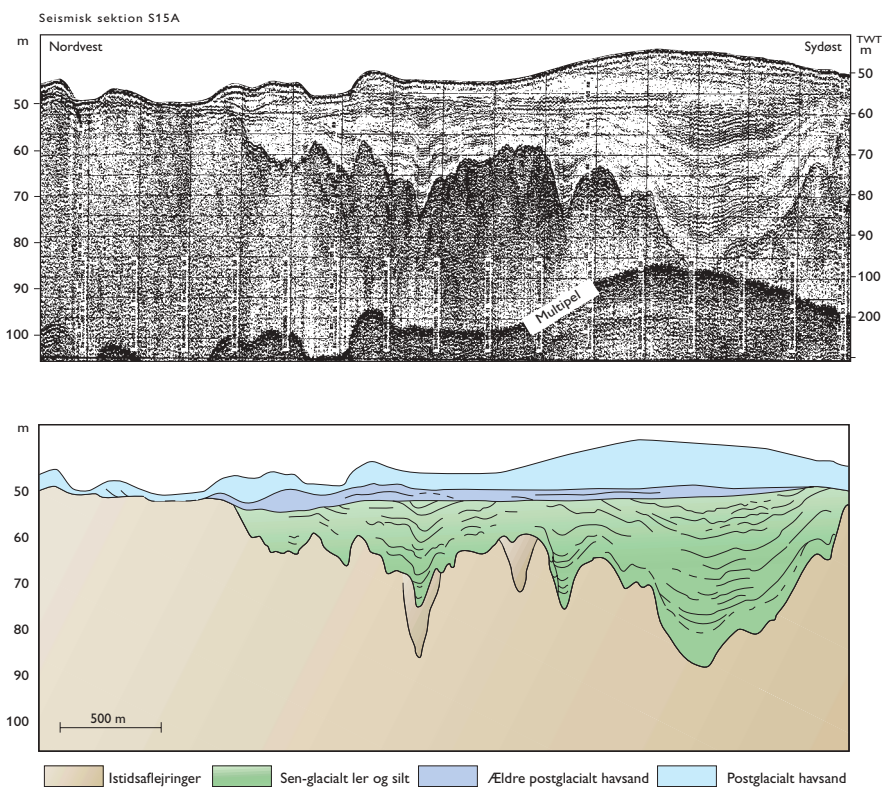
Den sidste istid

Da isen ved slutningen af den sidste istid for omkring 20.000 år siden nåede sin maksimale udbredelse var Jyske Rev området dækket af en eller flere gletschertunger. Isfronten fortsatte mod øst til området omkring Viborg. Herfra fortsatte isfronten mod syd og udgjorde samtidig en del af den såkaldte hovedopholdslinie ned gennem Jylland. Aflejringerne fra dette isfremstød finder vi i dag som udbredte moræneaflejringer på Jyske Rev. Ved at måle dybden til overfladen af disse aflejringer på de seismiske profiler har det været muligt at tegne et udsnit af det landskab, som isen efterlod sig - et landskab der dog er lettere modificeret gennem den efterfølgende strøm- og bølgeerosion som følge af havstigningen (figur 6).

I området nord for Jyske Rev findes der i det begravede landskab under havbunden tegn på flere fornyede isfremstød. Istidslagene kan ud fra de seismiske målinger un-



Figur 6. Konturkort over landskabet på Jyske Rev (set fra sydvest) som det tog sig ud umiddelbart efter sidste istid inden havet druknede området.



Figur 7. Et ca. 4 km. langt seismisk tværsnit fra den nordlige del af Jyske Rev, der viser den overordnede lagfølge.

derinddeles, hvilket tyder på flere sæt moræneaflejringer enten fra sidste istid i forbindelse med isens bortsmeltning mod Skagerrak og Norge eller fra forrige (Saale) eller måske endnu ældre istider. Smeltevandssedimentene strømmede i begyndelse mod syd i et netværk af floder der antagelig hurtigt flettede sammen med smeltevandssedimentene (Storåen) fra det vestjyske område syd for Bovbjerg for at danne store flade aflejringskegler i Nordsøen. Efterhånden som isen smeltede tilbage ændrede floderne strømningsretning, så vandet i stedet strømmede mod nord i retning af det dybe Skagerrak bassin.

Resterne af disse smeltevandssedimentale ses af det seismiske profil (figur 7).

På Jyske Rev findes der dog kun ganske få indikatorer på bevarede smeltevandssedimentale. Man må antage, at der i forbindelse med

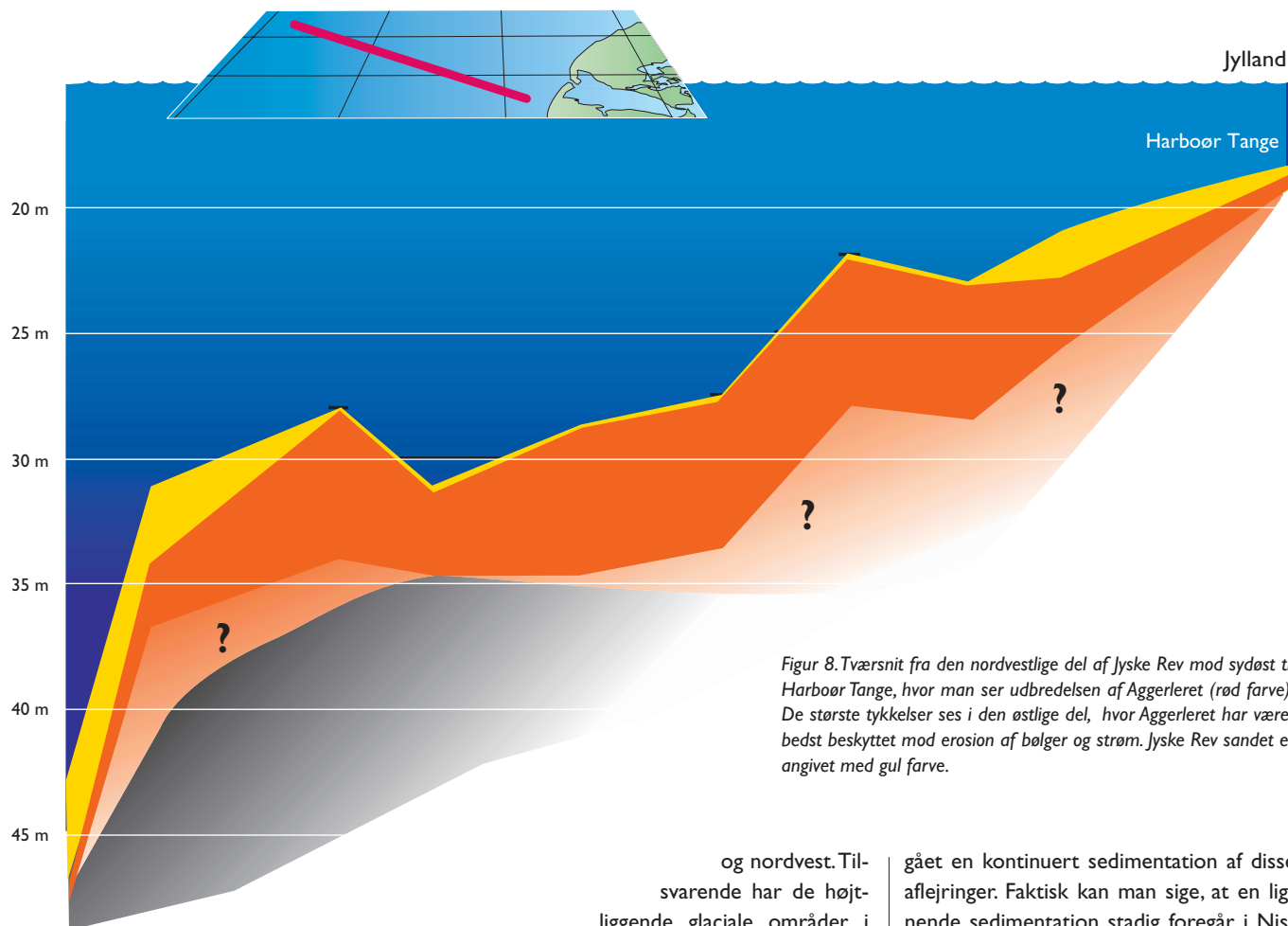
havspejlsstigningen er sket en omfattende erosion og omlejring af smeltevandssedimentene.

Tiden efter sidste istid

I Sen-glacialtiden dvs. perioden fra ca. 14.000 til 10.000 år før nu blev der ført meget store mængder sediment ud i bassinet mellem Jyske Rev og Skagerrak. De dybe lavninger, som var blevet efterladt af gletscherne, blev i denne periode efterhånden udfyldt hovedsagelig af finkornede smeltevandssedimentale. Det nydannede landskab blev draperet af op til 50 m lerede og finsandede sedimentale afsat i et forholdsvis roligt aflejringsmiljø (figur 7). I takt med at de store gletschere i Nordamerika og Skandinavien smeltede, begyndte havspejlet i verdenshavene og dermed også i Nordsøen at stige. I begyndelsen trængte Atlanterhavets vand fra nord og nordvest ind over området.

På baggrund af de eksisterende data er der udarbejdet en serie af palæogeografiske kort (se figur 9). Kortene viser fem faser fra perioden 11.000 til 8.700 år før nu, hvor Jyske Rev gradvis oversvømmes af havet fra nordvest. Omkring 10.300 år før nu er havet via en fjordarm nået frem til Agger Tange.

En række C-14 aldersbestemmelser og faunaanalyser af foraminiferer og mollusker fra både Jyske Rev, Agger Tange og Nisum Bredning har givet en fin forståelse af havets indtrængen over området. Fra borerne på 50 m vanddybde i den yderste del af Jyske



Figur 8. Tværsnit fra den nordvestlige del af Jyske Rev mod sydøst til Harboør Tange, hvor man ser udbredelsen af Aggerleret (rød farve). De største tykkelser ses i den østlige del, hvor Aggerleret har været bedst beskyttet mod erosion af bølger og strøm. Jyske Rev sandet er angivet med gul farve.

Rev
viser de ældste
havaflejringer, at der for
omkring 11.000 år siden eksisterede
et Limfjordslignende havområde ca. 70 km
vest for den nuværende kystlinie. At
dømme efter det sparsomme indhold af
foraminiferer i boringerne, var fjordsyste-
met beskyttet mod det åbne hav og havde
forholdsvis moderat saltholdighed pga.
ferskvandstilstrømning fra land.

I løbet af de efterfølgende få hundrede
år fortsatte havets hastige stigning med det
resultat, at nye lavninger i det glaciale land-
skab blev omdannet til lavvandede fjorde og
vige med en række større eller mindre øer
og holme. Havet nåede den østlige del af
Jyske Rev og Agger Tange i perioden
10.500-10.300 før nu.

Fra 10.300 til 6.600 før nu skal man fo-
restille sig Jyske Rev som et skærgårdsli-
gende landskab, der beskyttede de bagved-
liggende fjorde mod det åbne hav mod vest

og nordvest. Til-
svarende har de højt-
liggende glaciale områder i
Thy ligget som øer. Netop i denne
periode blev der opbygget en række land-
tanger og strandvolde både på Jyske Rev og
i Limfjorden.

Men den relativt hurtige havstigning
gjorde disse dannelser sårbare over for
erosion fra bølger og strøm. Dog finder vi
nogle af disse systemer bevaret på de mere
beskyttede dele af de tidligere kyst-
strækninger på Jyske Rev og i den vestlige
del af Limfjorden.

I forhold til råstofindvinding er det
netop disse aflejringer, der har størst inter-
esse, da de kan indeholde store mængder
grus og ral.

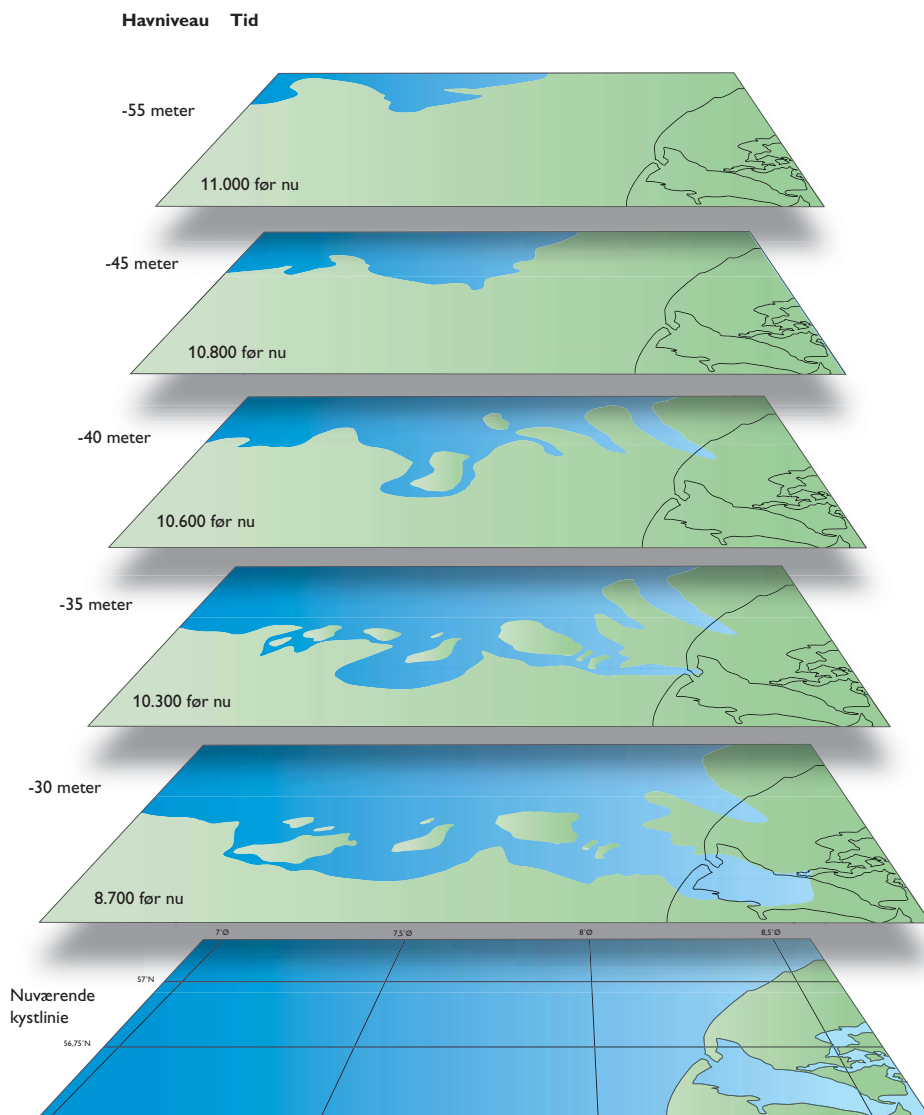
Aggerleret

Aflejringerne fra de bagvedliggende
fjorde - det såkaldte Aggerler - er en typi-
ske laguneaflejringer af silt og ler med
spredte linser af sand. Aflejringer af Agger-
leret kan følges fra den vestligste del af
Jyske Rev mindst 70 km mod øst ind under
Agger Tange til hele Nissum Bredning og vi-
dere herfra ad Limfjorden mod nord (fig. 8).
Fra ca. 11.000 til 2.800 før nu har der fore-

gået en kontinuert sedimentation af disse
aflejringer. Faktisk kan man sige, at en lig-
nende sedimentation stadig foregår i Nis-
sum Bredning i nutiden. Minimumstykkel-
sen af Aggerleret er 40 m selv efter den er-
osion, der fandt sted under havspejlsstign-
ingen. En sedimentationshastighed på i
gennemsnit 50 cm/100 år under Aggerle-
rets afsætning er væsentlig højere end den
nutidige ca. 10 cm/100 år. Fauna undersø-
gelserne viser, at den østlige del af bassinet
har været præget af afstrømningen af fersk-
vand fra de nærliggende landområder. Ef-
terhånden som kysten rykkede østover og
de højest liggende glaciale øer druknede
omkring 6.600 før nu, skete der en erosion
af Aggerleret, som fortsætter den dag i dag.
I området vest for Thyborøn finder man
nemlig Aggerleret stående frem direkte på
havbunden i et større sammenhængende
område. Ellers findes det Aggerleret over-
lejret af sand, som var bragt i transport på
den nyetablerede kyst.

Jyske Rev sandet

I hele den østlige del af Nordsøen af-
spejler de ændrede havstrømme sig tydeligt
i sedimenterne, der ændredes fra ler og silt
til sand. De sandede sedimenter på den ny-



Figur 9. Palæo-geografiske kort der viser hvordan havet gradvist har bredt sig ind over Jyske Rev fra nord til Limfjorden.

etablerede åbne kyst, det såkaldte Jyske Rev sand (figur 8), blev nu i hovedsagen transporteret langs bunden med bølger og strøm. C-14 aldersbestemmelser fastslår, at der allerede omkring 11.000 før nu var etableret en åben kyst i den vestligste del af Jyske Rev ca. 70 km vest for den nuværende kystlinje. De finkornede sedimenter blev ikke længere aflejret i området, men blev som i dag transporteret ud af området for at aflejres på de store vanddybder i Skagerrak. De sandede aflejringer findes derimod udbredt langs hele den jyske vestkyst mellem Ringkøbing Fjord og Hanstholm.

På Jyske Rev ses op til 30 m tykke sandaflejringer. Tilstedeværelsen af aktive sandbølger på havbunden er et tydeligt tegn på, at der til stadighed foregår en kraftig sand-

transport i stort set hele området.

Ændrede havstrømme

Det står klart, at det stigende havniveau kan forklare de markante skift i sedimentationen fra ler til sand vi ser på Jyske Rev. Men også havstrømmene i Nordsøen har haft en afgørende betydning for de ændringer vi ser. Cirkulationen af havstrømmene i den østlige del af Nordsøen har samtidig med havspejlsstigning tilpasset sig den stadig skiftende land-hav fordeling. Den mest markante ændring af strømmingen fandt sted ca. 6.600 før nu, da havet oversvømmede de sidste dele af det glacial landskab. Indtil da har strømmingen og dermed sediment transporten og de tilhørende aflejringer (Aggerleret) været domineret af tide-

vandskræfter med en noget højere tidevandsforskel end den nutidige, sandsynligvis i størrelsesordenen 2 m, som vi kender den fra Vadehavet i dag.

De nutidige tidevandsforskel i Jyske Rev området er mindre end 0,5 m. Det skyldes hovedsagelig samspillet (interferensen) mellem to tidevandsbølger, der hører til amfidrom systemerne, som er styrende for tidevandsstrømmen i de tilstødende områder af Nordsøen. Betingelsen for at denne interferens kan finde sted er, at tidevandsbølgerne fysisk mødes. Dette har ikke kunnet lade sig gøre før de sidste glacialer druknede omkring 6.600 før nu. De opragende glacialer havde indtil da forhindret kystparallelle strømminger - som den nuværende jyske kyststrøm, Jyllandstrømmen - i at opstå men derimod favoriseret et tidevandsdomineret strømsystem. Det antages derfor, at Jyllandstrømmens historie begynder på dette tidspunkt. Ændringerne i havstrømmene omkring dette tidspunkt afspejles også ved Skagen med en pludselig ændring fra finere til grovere sedimenter. I Kattegat ses den stigende indflydelse af Nordsøens vand ved ændringer i foraminifer faunaen.

Nisum Bredning bliver til

Sedimenterne og fossilerne (foraminiferer og mollusker) i borekerner fra Nisum Bredning og Jyske Rev er blevet grundigt analyseret for at kunne afgøre, hvordan aflejringsmiljøet har skiftet siden havet for første gang nåede Nisum Bredning omkring 8.700 før nu. Først ca. 1.000 år senere nåede havet den inderste del af Nisum Bredning. I begyndelsen var der tale om et brakvandsmiljø, som vi kender det i Limfjorden idag pga. en temmelig stor afstrømning af ferskvand fra de tilstødende landområder og den relativt store afstand til det åbne hav. I den efterfølgende periode på næsten 6.000 år var Nisum Bredning at betragte som en del af Nordsøen. Da havspejlsstigningen kulminerede for ca. 8.000 år siden nåede havet så langt mod øst, at det oversvømmede store dele af Thy og kysterne omkring Nisum Bredning. Samtidig blev der også etableret en havforbindelse fra Limfjorden nordud henover Østthyl/Vester Hanherred til Skagerrak. Denne

BOKS



Jyllandsstrømmen

Havstrømmenes cirkulation i Nordsøen. Jyllandsstrømmen betegner vandmassen i den østlige del af Nordsøen, som på grund af specielle hydrografiske forhold (lav vanddybde, store tidevandshastigheder, store forskelle på tværs af kysten i temperatur og saltholdighed) har et veldefineret strømmønster. Den relativt lave saltholdighed skyldes tilførsel af ferskvand fra de tyske floder i den sydlige del af Nordsøen. Jyllandsstrømmen anses som hovedansvarlig for den overvejende nordgående sedimenttransport i den østlige del af Nordsøen.

nordlige forbindelse aftager de efterfølgende årtusinder i takt med landhævnningen.

I dag er kysterosionen som bekendt meget kraftig langs vestkysten. Ved at sammenligne Det Kongelige Danske Videnskaberne Selskabs kort, der blev opmålt i ca. 1790 med de nyeste landkort kan det ses, at kysten ved Agger er rykket ca. 1.200 m tilbage. Samtidig er Agger Tange rykket omtrent 2 km ind i fjorden. En kysttilbagerykning af denne takt betyder, at kysten på dette sted har flyttet sig i størrelsesordenen 1-2 m pr. år. Kysttilbagerykningen på Jyske Rev de sidste 10.000 år har foregået væsentlig hurtigere. På grundlag af kulstof-14 aldersbestemmelser er den bestemt til 5-10 m pr. år tæt knyttet til den hurtige stigning i det relative havspejl. De mest udsatte kyststrækninger mellem Limfjorden og Ringkøbing Fjord er dog i dag udsat for en lignende erosion. Men erosionen bliver i det væsentlige imødegået ved en intensiv kystsikring.

Agger Tanges omskiftelige tilværelse

Et særligt kapitel i udviklingen knytter sig til Agger Tange. Som følge af ændrin-

Amfidromer/tidevand:

BOKS



Tidevandsstrømme skyldes månens og solens tiltrækning på den roterende Jord. På grund af jordens rotation vil tidevandsstrømmen et vilkårligt sted i havet ændre styrke og retning med en periode på et halvt månedøg svarende til 12 timer og 25 minutter og et halvt soldøg eller 12 timer. Tidevandet i Nordsøen er i hovedsagen frembragt af tidevandet i Atlanterhavet, hvorfra tidevandsbølgerne forplanter sig gennem Kanalen og farvandet nord om Skotland. Langs den danske nordskyst er tidevandsforskellen størst i Vadehavet, hvor den når op på ca. 2 m. Mod nord langs den jyske vestkyst aftager tidevandsforskellen hurtigt bl.a. fordi tidevandsbølgerne nordvest og syd fra mødes og interfererer. Således er tidevandsforskellen ved Jyske Rev i dag i størrelsesordenen 0,5 m.

gerne i havniveauet og de deraf følgende ændrede strømforhold har tangen naturligt tilpasset sin form. En sammenstilling af geologisk og historisk dokumentation gør det muligt at opstille et tidsbillede for Agger Tanges udvikling. Limfjordens åbninger hhv. lukninger mod Nordsøen gennem de sidste 5.000 år afspejler ændringerne i havniveauet i Atlanterhavet. Sammenholder man eksempelvis klimaudviklingen i Nordatlanten med bl.a. resultaterne fra iskerneboringerne på den grønlandske indlandsis er der god korrelation til Agger Tanges udvikling.

En brat fauna ændring omkring 750 før Kristus i en boring på Agger Tange tolkes til at markere tidspunktet, hvor Limfjordstangerne første gang lukker Nissum Bredning af mod Nordsøen. Efter en periode på ca. 400 år med havforbindelse mod vest lukker Limfjordstangerne igen Nissum Bredning ca. 1100 e. Kr. indtil det store gennembrud i 1825.

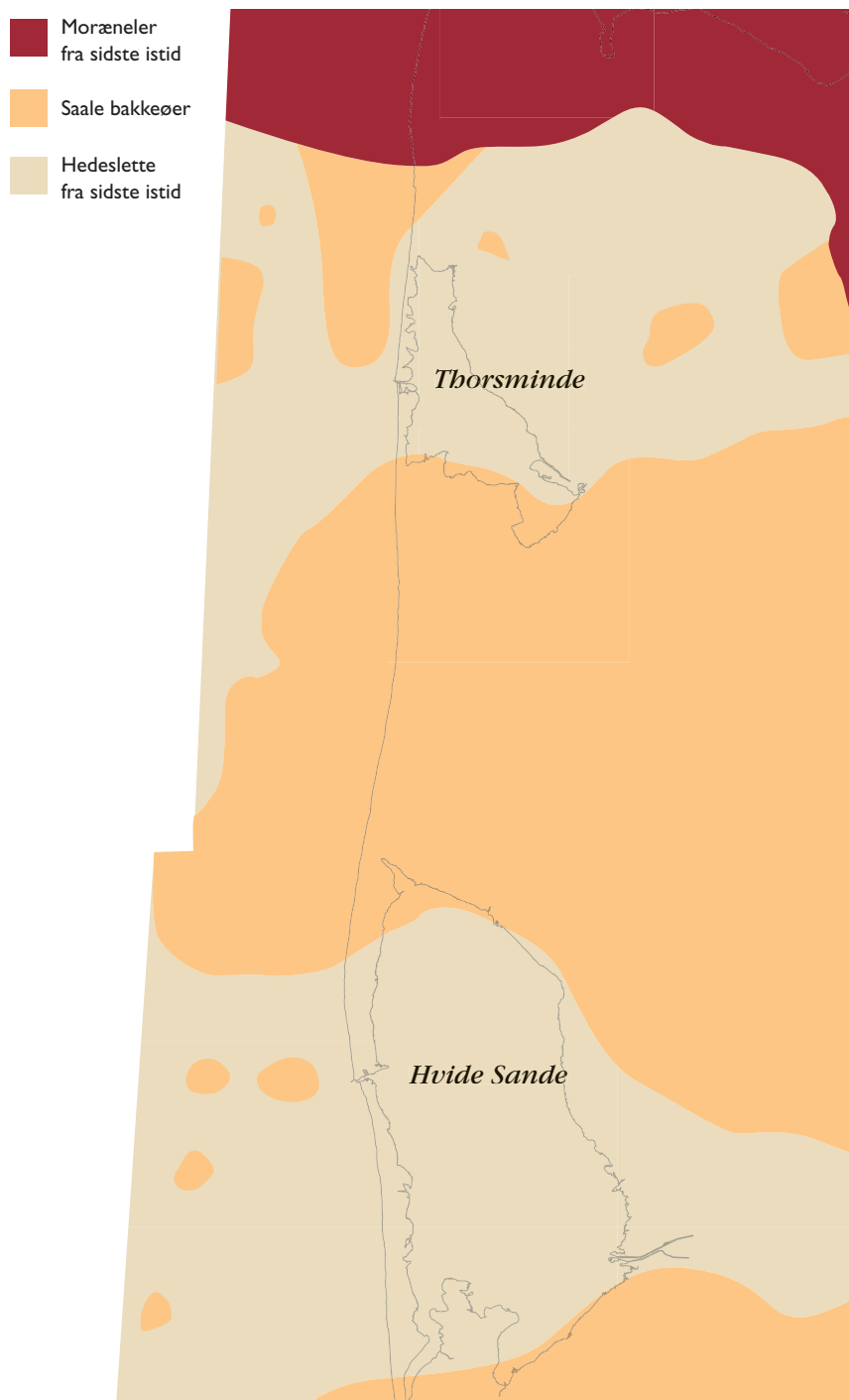
Ser man på Agger Tanges udvikling ud fra en historisk synsvinkel er der flere sikre vidnesbyrd på, at tangen snart har været lukket og snart gennembrudt af havet. På trods af havets ubønhørighed har Agger Tange alligevel været beboet i årtusinder. Der er beretninger om, at Knud den Store i året 1027 sejlede ind i Limfjorden fra vest,

og at hans søn Knud den Hellige i 1085 samlede sin flåde på 1000 skibe syd om Harboør Tange over Ferring Sø, inden han sejlede på plyndringstogt til England. Om disse begivenheder fandt sted i Nissum Bredning eller længere mod nord er dog usikkert. Også iflg. Saxos krønike lukker tangen omkring år 1200, hvilket kan have været årsag til, at bispesædet flyttede fra Vestervig til Børglum. Stranden her har utvivlsomt været mere sikker for skibstrafik end ved Agger med Jyske Rev lige udenfor.

1500-1700-tallet var en urolig tid for Agger Tange. Med klimændringen forbundet med "den lille istid" fulgte et svagt faldende havspejl, og de fremherskende vindretninger ændredes, samtidig med at hyppigheden af storme øgedes. Der findes adskillige beretninger om mindre åbninger og gennembrud i denne periode samtidig med at en omfattende sandflugt satte ind. Kombinationen af hav og vind betød, at tangen i denne periode blev stadig svagere og smallere. Den kraftige erosion gik hårdt ud over en række byer på tangen, Toft, Bolm, Nabe, der alle var anlagt på forhøjninger eller "øer" på tangen. Stormfloder i begyndelsen af 1700-tallet menes at have været årsag til Toft og Bolms gradvise forsvinden i havet. Beretningerne om Nabe fortæller, at de sidste men-

B) Viser geologien under havbunden fra seismisk tolkning langs profiler vinkelret på kysten.

Figur 11. En geografisk rekonstruktion af landskabet på tværs af den jyske vestkyst. Den nuværende kystlinje er angivet med tynd sort streg. Man ser Skovbjerg Bakkeø og de vestjyske hedesletter fortsætte under havbunden i Nordsøen. Bemærk israndslinien fra den sidste istid øverst i billedet, hvor man finder moræner fra sidste istid.



nesker bosiddende dér, døde i 1766. Efter en periode i 1700-tallet, hvor tangen i det store hele var hel og ubrudt bortset fra overskylninger og rendedannelser i forbindelse med storme, ændredes forholdene endegyldigt under en serie af stormfloder i 1825. Med tilbagevendende gennembrud og efterfølgende tilsandinger som udtryk for en meget uligevægtig kyst ændredes geografien ustandselig i området. Men især ét gennembrud i tangens nordlige ende skulle vise sig at have afgørende betydning for tangens fremtid. Hjulpet af de evindelige stormfloder blev dette løb - Aggerkanalen - stadig dybere og bredere. Senere byggede man dæmninger på både nord og sydsiden for at holde kanalen åben for den efterhånden anseelige skibstrafik (i 1855 passerede 1.805 skibe kanalen). Først da den skelsættende stormflod indtraf i 1862 blev den kystgeografi vi kender i dag og den nuværende åbning ved Thyborøn skabt. Åbningen ved Aggerkanalen, der i mellemtiden var blevet til to, sandede i løbet af de næste 10 år gradvist til. Udformningen af kanalen ved Thyborøn med indadbøjende tanger betød, at den sydgående strøm af naturlig vej udvidede kanalen. Problemet i dag er dog som dengang en tilsanding af løbet pga. de store mængder sand, der føres med strømmen ind i Limfjorden. Den må til stadighed holdes åben ved hjælp af sandpumpning, samtidig med at der foregår en betydelig kystsikring af tangen mod Nordsøen.

Geologisk kortlægning af Vestkysten

GEUS gennemførte i årene 1998-2001 et større kortlægningsprojekt i kystzonen ud til ca. 25 meters vanddybde i området fra Limfjordens udmundning i nord til Horns Rev i syd (figur 10). Baggrunden var Kystdirektoratets ønske om at opbygge en systematisk viden dels om havbunden inden for kystzonen, dels om den aktive sedimenttransport langs den danske Nordsøkyst for at kunne optimere den omfattende kystbeskyttelse langs Jyllands vestkyst. Der blev i

løbet af projektet indsamlet mere end 2.000 km seismiske og akustiske data og 80 boringer.

Den aktive sandtransport

Det øverste sandlag, der dækker havbunden indenfor kystzonen, repræsenterer det sand, der indgår i den nutidige sedimenttransport, dvs. sand der lader sig

transportere og aflejre under de aktuelle bølge- og strømforhold. Laget kan adskilles fra de underliggende lag via en markant laggrænse, der kan følges i størstedelen af området. En række aldersbestemmelser af sandlaget antyder at strømforholdene i kystzonen er intensiveret indenfor det sidste årtusind. Ændringen kan muligvis henføres til klimaændringen i Middelalderen kaldet

"den lille istid", med lavere temperaturer og faldende havniveau.

Fordelingen af sandlaget er bemærkelsesværdig, da det i størstedelen af området er mindre end 0,5 m tykt bortset fra nogle velafgrænsede sandbanker på op til 6 m tykkelse. Kilden til disse store sandforekomster antages at være de omgivende smeltevandssletter, der har været udsat for kraftig erosion og omlejring i forbindelse med havspejlsstigningen.

Tolkningen af de indsamlede data skaber et billede af geologien under havbunden, som den ser ud, hvis man fjerner det sandede dæklag (fig. 10). Billedet afspejler ikke den oprindelige udbredelse af de geologiske enheder, men derimod den rest, der står tilbage efter en betydelig bølge- og strømerosion gennem flere tusind år. Selvom billedet umiddelbart synes komplekst er der en sammenhæng mellem havbundens geologiske opbygning og geologien i de tilstødende landområder. Ler og

silt aflejret i lavninger mellem det glacielle landskab i perioden efter sidste istid, findes bevaret udfor de vestjyske fjorde (Ringkøbing Fjord, Nissum Fjord og Nissum Bredning). Disse finkornede aflejringer afspejler, at der i tilknytning til de nuværende fjorde for mere end 8.000 år siden fandtes fjorde og laguner beskyttet mod den åbne Nordsø ligesom det er beskrevet for Aggerlerets vedkommende.

Vestjylland består af udjævnede morænelandskaber fra forrige istid (Saale istiden) de såkaldte bakkeøer, omgivet af udbredte smeltevandssletter dannet af de store flodsystemer under den sidste istid. I Nordsøen syd for hovedopholdslinien ved Bovbjerg finder vi fortsættelsen af dette landskab. Den store Skovbjerg Bakkeø på land mellem Thorsminde og Hvide Sande kan således forlænges mindst 10 km mod vest på tværs af kystlinien (figur 11). Det er kendt fra land, at bakkeøerne ofte har en kerne af præ-kvartære aflejringer. At vi fin-

der udbredte tertiære lag fra Miocæn tid omkranset af moræneler i forbindelse med Skovbjerg Bakkøes forlængelse ud i Nordsøen kan således forklares ved, at vi her ser et snit gennem bakkeøen efter at havet har eroderet og fjernet den øverste del.

Nordsøen og maringeologi

GEUS vil med sin maringeologiske ekspertise også i fremtiden bidrage til samfundets behov for dokumentation af Nordsøens geologiske forhold. I de kommende år fortsættes arbejdet med udforskningen af havbunden i den resterende del af Nordsøen. Anvendelsen af de eksisterende resultater har vist at den geologiske viden er nødvendig i forbindelse med planlægning, udnyttelse og regulering af havområdet. Også i fremtiden vil der være efterspørgsel på denne viden bl.a. i forbindelse med efterforskning af råstoffer, etablering af vindmølleparker, kystsikring, habitat kortlægning mv.



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) er en forsknings- og rådgivninginstitution i Miljøministeriet. Institutionens hovedformål er at udføre videnskabelige og praktiske undersøgelser på naturressourcer- og miljøområdet samt at foretage geologisk kortlægning af Danmark og Grønland.

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.

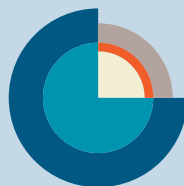
Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

GEOLOGI - NYT FRA GEUS

Er redigeret af Knud Binzer (ansvarshavende) i samarbejde med en redaktionsgruppe på institutionen.

Skriv, ring eller mail:

GEUS
Danmarks og Grønlands
Geologiske Undersøgelse
Øster Voldgade 10, 1350 København K.
Tlf.: 38 14 20 00
Fax.: 38 14 20 50
E-post: geus@geus.dk
Internetside: 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: GEUS Grafisk

Tryk: Schultz Grafisk A/S.

Foto: Peter Wærna-Moors og Dennis Anthony

Illustrationer: Henrik Klinge Pedersen, Carsten Thuesen, Eva Melskens og Frantz Von Platen-Hallermund m.fl.