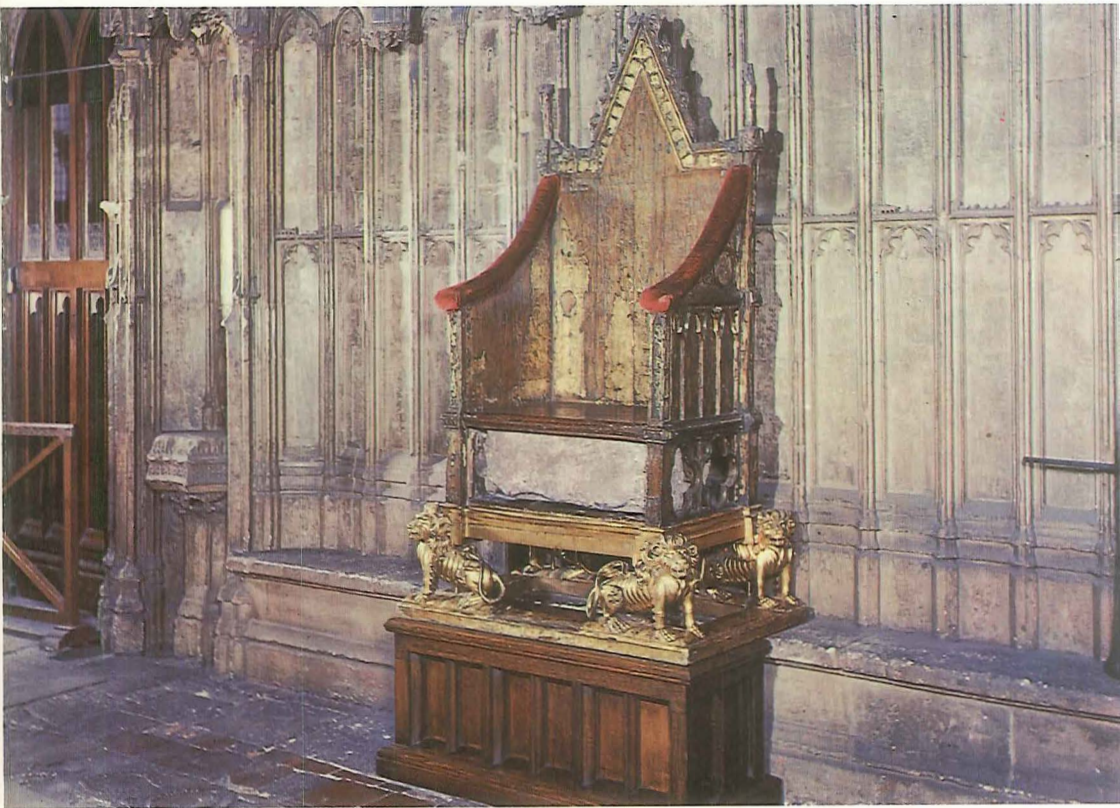


# VARV

NR. 4 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1974



HISTORIE OG GEOLOGI MØDES DE UNDERLIGSTE STEDER - SOM HEROVER, HVOR DEN ENGELSK KRONINGSSTOL OMSLUTTER EN STEN, HVIS GEOLOGISKE OPRINDELSE DISKUTERES I DEN FØRSTE AF FLERE ARTIKLER OM KENDTE STEN. DESUDEN OMTALES ROSETTE-STENEN, DER ENDELIG AFSLØREDE HIEROGLYFERNES GÅDE. LÆSERNE KAN FÅ ORIENTERING OM ENERGIRESERVERNE AF DE KLASSISKE "FOSSILE BRÆNDSLER" - KUL, OLIE OG GAS. TILSTEDEVÆRELSEN AF ET BEGRAVET KVARTÆRTIDSLANDSKAB VED ÅRHUS AFSLØRES, OG EN UNG VARV-LÆSER HAR SKREVET OM HAJTÆNDER I DANSKE AFLEJRINGER FRA YNGSTE KRIDT OG ÆLDSTE TERTIÆR. Copyright til foto: British Information Services.

## HVEM ER INTERESSERET I FLUORESCERENDE MINERALER ?

Da der i Europa sandsynligvis findes andre amatør-samlere med fluorescerende mineraler som speciale, vil en indbyrdes kontakt sikkert være af interesse og betydning. Derfor denne "efterlysning". Tanken er:

- 1) at få lavet en adresseliste, som kan sendes til alle interesserede.
- 2) at få udarbejdet en oversigt over fluorescerende mineraler og deres findested, opbevaring, udstyr og katalogisering.
- 3) at igangsætté udveksling af erfaringer, ideer, samt bytning af mineraler.
- 4) på længere sigt at muliggøre fælles møder og ture.

Skulle nogen være interesseret i at være med i en "Europæisk Klub for Interesserede i Fluorescerende Mineraler", så send navn, adresse og kort præsentation til amatør-samler:

Kitty Jørgensen-Menko  
Furesøvej 16  
3520 Farum, Danmark.

## VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K. (tlf. (01)135001).

Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Erling Bondesen, Finn Surlyk.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 18.00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880.

VARV's plakater (10 kr), postkort i farver (8 for 7 kr), ekskursionsførere (Bornholm 18 kr, Stevns-Fakse-Møn 20 kr) og samlekassetter (til 6 årgange 8 kr) fås ved at indsende beløbet på postgiro 68880.

Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

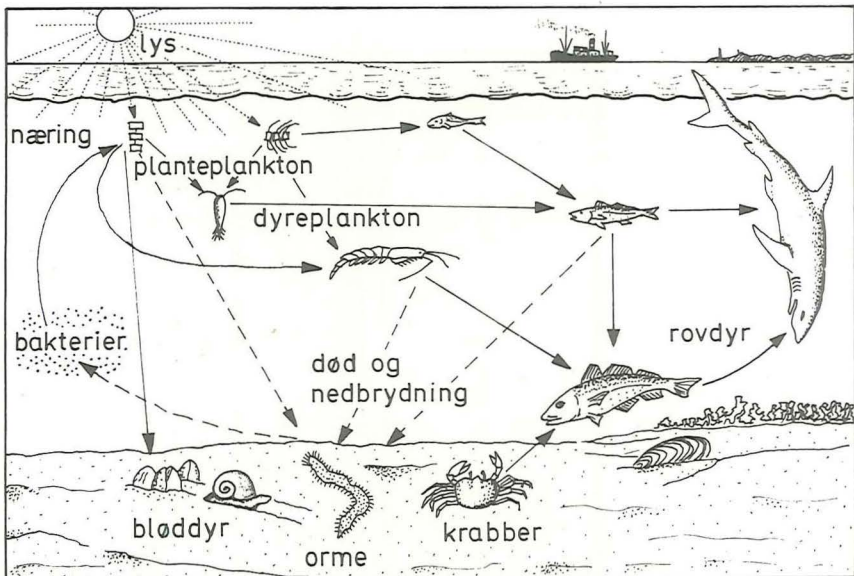
© 1974 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.



# Fortidshajer i Danmark

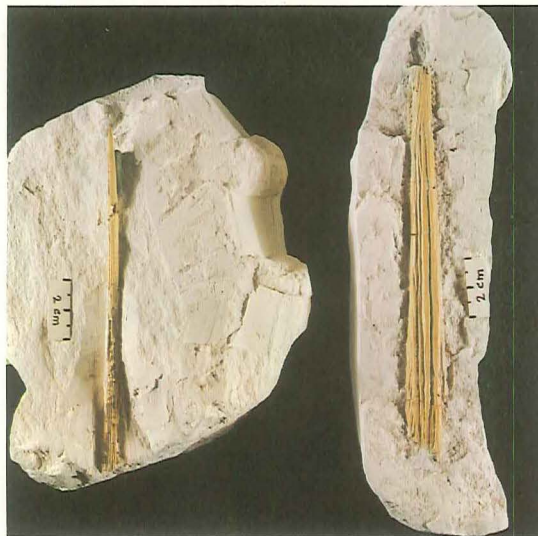
af Thomas Blume

De fleste mennesker - amatørgeologer eller ikke - synes der er noget fascinerende ved fortidens hajtænder. Måske fordi man let kan forestille sig resten af disse ellers så nøgterne fossiler som et stort levende uhyre, blandt andet kendt fra TV's udsendelser. Nogle har måske fået det indtryk, at man skal være overordentlig heldig for at finde fossile rester af hvirveldyr i sjællandske aflejringer. Det er langt fra tilfældet, idet man med lidt tålmodighed kan finde virkelig meget, især ved Stevns klint og i Faxe kalkbrud. Det er i reglen hajtænder, man kan finde, men som det senere skal omtales, forekommer også i enkelte lag mange rester af benfisk. Skæl- og knoglebeklædte gravegange - formodentligt lavet af krebsdyr - er ikke ualmindelige. Forekomsten af de mange hajtænder viser indirekte, at der har levet mange benfisk, også hvor disse ikke er påvist ved fund, idet de fleste hajarters hovedernæring består af benfisk. Da hjerne normalt repræsenterer et af de sidste led i en fødekæde, kan man opstille en hypotetisk kæde som vist i figuren.



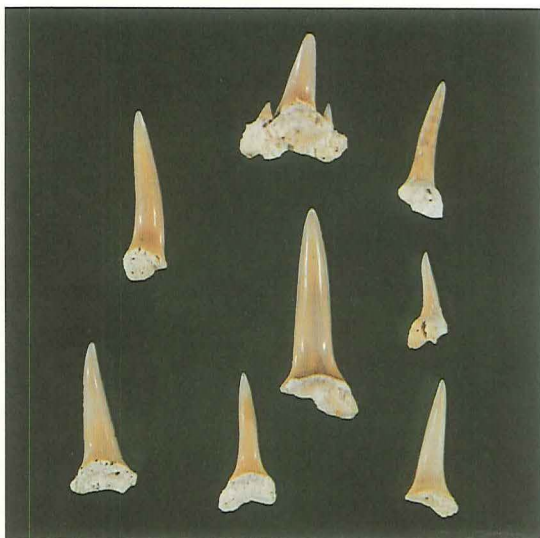


Figur 1. Øverst en lille *Notidanus* fra Faxe, til venstre *Orthacodus* og til højre *Lamna appendiculata*, begge er fra Faxe og blev afbildet af Davis 1890 ved beskrivelsen af danske og svenske Danien- og Kridttidsfisk.

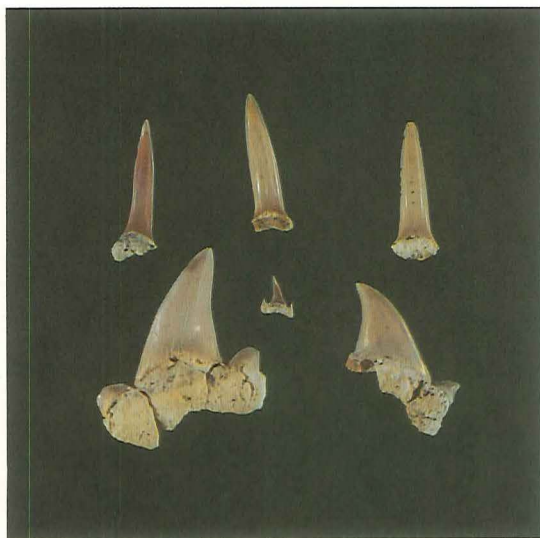


Figur 2. Fisk fra skrivekridtet: *Cylindracanthus*, spyddet fra en uddød type benfisk, hvis slægtsskabsforhold er usikkert, samlet på Stevns af S.Bo Andersen. Til højre en stor halepig af en ørnerokke, fundet nær Mariager, lignende fund er mulige på Sjælland, nogle få ørnerokke-tænder er fundet af forfatteren i Faxes Danien.





Figur 3. Tænder fra Faxes Daniel samlet af forfatteren: Øverst i midten med små sidetænder en sandhøj, *Odontaspis*. De største, slanke tænder er *Lamna elegans* (den længste er 17 mm), de små er *Scapanorhynchus tenuis*, som er meget hyppige i Faxe.



Figur 4. Øverst 3 slanke *Lamna elegans* (den længste 23 mm). Nederst 2 store *Lamna appendiculata* og en lille *Odontaspis*.

Tænderne fra de to lokaliteter stammer fra mange forskellige hajarter som næsten alle står i mere eller mindre nært slægtskabsforhold til nutidens.

De almindeligst forekommende slægter kan kort beskrives som følger:

Lamna - ofte meget kraftige, brede, trekantede og til tider skæve tænder med to mindre bispidsler i hver side. Også mindre, mere slanke typer forekommer.

Desuden er der fundet ryghvirvler af denne art. Sildehajen, Lamna cornubica, er en nær slægtning, som i nutiden hyppigt fanges i vore farvande.

Odontaspis - slanke tænder, også med bispidsler i hver side. Disse tænder er ofte svære at skelne fra ovenstående, slanke type af Lamna. En af denne slægts nutidige repræsentanter er sandhajen, Odontaspis taurus, som lever i næsten alle varmere havområder.

Scapanorhynchus - små, elegant krumme, slanke tænder. Slægten er i dag repræsenteret ved næsehajen, Scapanorhynchus (Mitsukurina) owstoni, en meget sjælden dybhavshaj, kun fanget i den japanske Sagamibugt, ud for Portugal og i det Indiske Ocean. Den er beslægtet med sandhajer.

Orthacodus (= "Oxyrhina") - store, slanke tænder, ofte med længdefurer. Tilhører en nu uddød familie. Der forekommer også mindre, mere kegleformede typer af "Oxyrhina".

Notidanus - i forhold til bredden meget lave savtakkede tænder. Nære slægtninge er de nulevende seks- og syvgællede hajer, henholdsvis Hexanchus og Heptanchus, som er ret primitive hajer.

Ovenstående former er udviklet i løbet af jordens middelalder, Mesozoikum, og har praktisk talt ikke gennemgået nævneværdige forandringer siden Jura-perioden.

Vi starter vores hajfiskeri ved Stevns klint. I klintens nederste partier, skrivekridtet og gråkridtet fra Maastricht-etagen (yngste del af Kridt-tiden) findes i reglen ikke mange hjætænder. Almindeligst er nogle små cirka 5 mm lange, ubestemmelige tænder. Hvis man er heldig, kan man finde tænder af Lamna, Odontaspis, Scapanorhynchus og Notidanus. Desuden er der fundet enkelte hajryghvirvler samt et par tænder af slangeøglen Mosasaurus. Bemærkelsesværdigt er et fund af "spyddet" af en sværdfiskelignende benfisk i skrivekridtet i Sigerslev bruddet. (Se i øvrigt artiklen i Varv 1972 nr 3).

Over gråkridtet finder vi det 5 til 10 cm tykke lag af fiskeler fra Danien-etagen, der nu anses for at høre til det ældste Tertiær. Her findes ofte mange, omend dårligt bevarede tænder. Fiskelerets navn er fremkommet ved, at leret indeholder en mængde findelte fiskeben og hvirvler. Man kan finde tænder af den slanke type Lamna, samt (sjældent) af Notidanus. Der er også fundet hajryghvirvler.

Den gullige, brokkede Cerithiumkalk fra Danien-perioden, indeholder ikke mange tænder og disse er ligesom fiskelerets dårligt bevarede. Man kan finde tænder af den slanke type af Lamna.

Klintens øverste parti, bryozokalken, indeholder, varierende efter lokaliteten, ofte højtænder. Man kan finde eksemplarer af Lamna, Odonaspis, Scapanorhynchus og Notidanus. Desuden er der fundet eet eksemplar af en havkrokodille-tand, Thoracosaurus scanicus (se Varv 1972,3).

Fra Stevns tager vi til Faxe kalkbrud. Højtænderne findes i næsten alle dele af bruddet, men før man går i gang med at lede, må man være klar over, at man ikke skal søge i koralkalken, da det sjældent vil give resultat, og i visse andre lag mangler de endog fuldstændigt. Det vil sædvanligvis give et godt udbytte, hvis man afsøger store blokke af bryozokalk, der ligesom ved Stevns stammer fra Danien. Nogle steder kan man finde i hundredevis af løstliggende eksemplarer, men på grund af bulldozeraktivitet er de ofte noget medtagne.

Den almindeligst forekommende art er nok Scapanorhynchus, der som ovenfor omtalt kan findes løstliggende i mængder. Orthacodus, Lamna og Odonaspis findes forholdsvis almindeligt, mens hele eksemplarer af Notidanus er ret sjældne. I øvrigt kan man finde ryghvirvler af Lamna.

Desuden kan det tilføjes, at der også her er fundet een enkelt havkrokodilletand, Thoracosaurus scanicus, samt en overarmsknogle af samme.

Artsbestemmelsen af højtænderne kan til tider volde en hel del besvær, men det ville måske være en god ide at søge oplysninger i litteratur, der omhandler nutidens hajer, samt i almindelige geologiske oversigter.

Thomas Blumne



Nu er kortet over Danmarks undergrund kommet, og læsere, som havde forudbestilt kortet, har allerede modtaget det.

VARV har imidlertid ladet lave et overskud af eksemplarer, og interesserede har da endnu en chance for at sikre sig et geologisk kort bragt up-to-date.

Det farvestrålende kort i formatet 110 x 85 cm fås ved at indsende 50 kr på giro 68880 - husk at mærke talonen "Kort over Danmark".



# BERØMTE STEN

af Elsebeth Thomsen

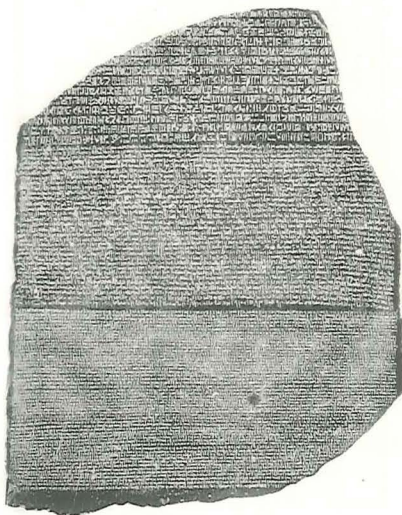
Gennem tiderne har det været skik og brug at benytte sten når en vigtig begivenhed eller en betydningsfuld person, som regel afdød, skulle ihukkommes. Til dette har man som oftest benyttet de mest uforgængelige bjergarter for at sikre mindets beståen langt ud i fremtiden, således er næsten alle Danmarks runestene granit eller gnejs fra Prækambrium. Takket være denne omhyggelige udvælgelse, findes der i dag sten, der er blevet berømte som følge af deres historie, og det behøver ikke at være den, som oprindeligt er direkte knyttet til dem, hvilket man for eksempel kan se i Rosette stenens historie.

## ROSETTE STENEN

Rosette stenen er berømt, fordi den gav nøglen til tydingen af det ceremonielle ægyptiske skriftsprog, hieroglyferne.

Forståelsen af disse var gået i glemmebogen lige til begyndelsen af 1800-tallet, hvor Napoleon I's felttog til Ægypten lagde grunden til en især engelsk interesse for ægyptologi. Det blev imidlertid en franskmænd, Jean François Champollion, der i 1822 ved hjælp af kopier af Rosette stenen lavede en rigtig tyding af hieroglyferne og senere en grammatik, som udgør grundlaget for alle senere ægyptologers arbejde.

Rosette stenen har sit navn efter byen Rosette, på arabisk Rashid, der ligger godt 10 km fra Middelhavet, vest for Nilens vestlige hovedarm.



Rosette stenen, husk at hieroglyfer skal læses fra højre mod venstre!

Rosette-stenen, der måler 114,30 cm i højde, 72,39 cm i bredde og 27,94 cm i tykkelse, bærer en indskrift delt i tre afsnit, hver med sit skriftsprog, således at det nederste afsnit er skrevet på græsk, det mellemste på demotisk - det vil sige dagligdags ægyptisk i den Ptolæmæiske periode fra år 332 - 30 f.Kr. og det øverste med hieroglyfer. Den blev fundet i august 1799 e.Kr. af en ingeniør-officer fra Napoleons hær, der på det tidspunkt var beskæftiget med skansegravning cirka 7 km nordvest for Rosette, mens man ventede på efterretninger fra Frankrig, om hvad man skulle gøre.

Der var sket det, at den franske flåde var blevet slået af Nelson ved Abukir, og kun 4 skibe var sluppet bort. Den franske hær var derfor afskåret fra at foretage sig andet end at forbedre deres stillinger og holde øgterne på afstand.

Foruden soldater havde Napoleon imidlertid også medbragt videnskabsmænd - "æslerne", som de menige kaldte dem. Disse forskere havde henrykt kastet sig ud i allehånde studier uden hensyn til eget vel, mange blev blindet af den ægyptiske øjensygdom, og når man læser listen over alt det, de nåede at undersøge, er der god grund til at blive imponeret. Nogle eksempler kan nævnes:

"Det Røde Havs mineraler", "Ørkensandets bestanddele", "Nilens fisk", "Deltaets planter" og så videre.

Også arkæologer var med, og mange templer i det øvre Ægypten blev udgravet.

Derfor rapporterede officeren omgående fundet til sin chef, general Menou, der straks indså betydningen af det fundne, hvilket medførte, at der gik næsten 2 år, før stenen blev bragt til Cairo, til det nyopførte "Institut National", fordi Napoleon tilfældigt hørte om den. I Cairo blev der taget kopier (lithografier), som blev sendt til forskere over hele Europa.

Samme år, altså i september 1801, kapitulerede Frankrig og alt af arkæologisk værdi skulle derfor overgives til englænderne. Dette medførte en del problemer, da generalen igen "sad" på stenen og faktisk anså den for sin private ejendom. Det fortælles, at da englænderne kom for at hente den med magt, gjorde han, hvad han kunne for at ødelægge den, hvilket heldigvis ikke lykkedes, kun træindfatningen gik i stykker.

Efter en mindre omvej endte Rosette stenen på British Museum, overdraget af Georg III, og her findes den den dag i dag.

Det betydningsfulde ved stenen er, som det fremgår, den nøgle, der ligger i indskriften.

Græsk forstod man, og den demotiske del blev også hurtigt oversat, da det ikke var langt fra koptisk, et sprog, der stadig benyttedes op i det 17. århundrede. Hieroglyfer var det derimod betydelig sværere at

forstå. Mange mente, at det var et billedsprog, og der fremkom flere særdeles fantasifulde tydninger, men den rigtige løsning kom fra Champollion og en engelsk forsker, Thomas Young, som begge gik ud fra, at det var bogstaver, og at der fandtes et alfabet.

Efter at den demotiske del var blevet tydet, og på grund af den tredelte opstilling, var man klar over, at indskriften gengav samme tekst. Champollion gik da ud fra, at de hieroglyfer, der var omskrevet af en oval ring, en cartouche, og derfor særligt fremhævet, altid indeholdt et kongenavn. Fra den græske del vidste man, at der var tale om kong Ptolemaios (V Epifanes), og derfor var det nærliggende at sammenligne de græske bogstaver med hieroglyferne i cartouchen. Dermed var nøglen fundet, og herpå byggede Champollion videre.

Geologisk set er Rosette stenen en uhyre finkornet sort lavablok af bjergarten basalt, poleret på inskriptionsiden.

En lignende basalt, af Tertiær alder, findes blottet syd for Memfis (hvor stenen efter indskriften at dømmes er blevet brudt i et sydvest-nordøst gående bælte af intrusioner fra nordsiden af el-Fayum distriktet, cirka 100 km fra Cairo, til denne by og videre østpå i Suez distriktet.

Denne basalt kan forekomme enten som isolerede intrusive gange eller som plateaubasalt med en ret konstant mægtighed på 25 m, og den kom til verden som følge af voldsomme forstyrrelser i forbindelse med det Røde Havs dannelse som en gravsænkning.

Man kender ikke basaltens nøjagtige alder, da de forskellige gang-intrusioner ikke fandt sted samtidig, men ikke desto mindre angiver den den øvre grænse for Oligocæn etagen i ægyptisk geologi, og vi kan derfor slutte os til, at Rosette stenens virkelige alder er omkring 25 millioner år forudsat, at præsterne har valgt den basalt, der var nærmest for hånden.

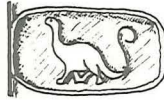
Det er ganske tydeligt, at netop denne modstandsdygtige bjergart er blevet valgt, fordi det var vigtigt at bevare stenens budskab for eftertiden, hvilket endda fremgår direkte af teksten. Denne er en lovprisning af Ptolemaios V Epifanes skrevet i foråret 196 f.Kr. af de ægyptiske præsters råd, der var forsamlet i Memfis for at fejre kongens 1 års jubilæum som regent. Det siges i indskriften, at de har fået eftergivet en hel del skat og gæld, at kongen også har givet mange gaver til templerne i form af blandt andet korn og penge, restaureret flere templer og herudover udøvet de sande kongelige gerninger, som at frigive fanger, tilgive landflygtige rebeller og sørget for at udsende tropper over vand og land mod Ægyptens fjender.

Som tak herfor bestemmer præsterne at yde flere æresbevisninger overfor Ptolemaios ved at lave statuer af og fester for kongen og så videre. Endvidere at: "Dette dekret skal indgraveres på en stele af hård sten i gudens ordskrift (hieroglyfer) og i bøgernes skrift (demotisk)(og i) Havi-nebu (grækernes) skrift. At en stele skal sættes op i det helligste i alle



templer nævnt herover (af) første, anden (og) tredje (orden) ved siden af statuen af Kongen af syd og nord, Ptolemaios, den evigt-levende, af Ptah elskede, den gud som kom til syne, herren over velgerninger."

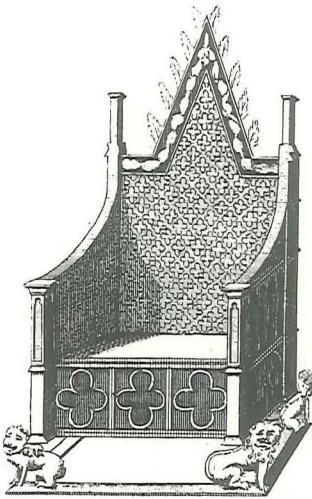
Desværre har præsterne næppe fulgt dekretet, da man kun har fundet yderligere 2 eksemplarer, men den her omtalte sten er dog blevet transporteret helt til Rosette.



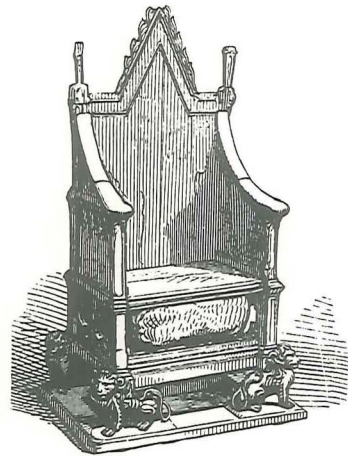
## SCONE STENEN

Endnu længere skal Scone stenen, den skotske kroningssten, være blevet bragt, hvis man kan stole på dens tidlige historie.

Denne sten, der befinder sig i Westminster-Abbey i London, siges at være af østlig oprindelse, ligesom Rosette stenen, idet legenderne dels hævder at den er ægyptisk, dels at det er den sten, som patriarken Jakob hvilede sit hoved på, da han i en drøm så en stige, der gik op i himmelen (1. mosebog kap. 28 vers 10-22). Da Jakob vågnede tog han stenen, rejste den som en støtte og gød olie over den. Stedet, der før hed Luz, kaldte han Betel, det vil sige Guds hus. Det hedder nu Ramallah og kan findes på et kort cirka 15 km nord for Jerusalem.



Kroningsstolen i 1722.



Kroningsstolen i 1974.

Fra dette sted skulle stenen på Moses' tid være blevet bragt til Spanien af en græker, til en by ved navn Brigantia i Galicien det vil sige i det nordvestligste hjørne af Spanien. Her blev den efter sigende brugt til dommersæde af Gethalus, hvis efterkommer, Simon Brech, den første skotske konge, i det 8. århundrede f.Kr. tog den med til Irland, hvor den forblev cirka 400 år, og derpå blev ført af kong Fergus til Dunstaffnage i Argyllshire i det vestlige Skotland. I 850 e.Kr. blev den igen flyttet, denne gang af kong Kenneth II til Scone abbediet i Perth grevskabet i det østlige Skotland.

I Scone var det skik at man kronede og salvede de skotske konger, og stenen blev derfor knyttet til denne ceremoni, idet den, dækket af et guldbroderet klæde, var anbragt ved korset på abbediets kirkegård, og kongen blev placeret på den "una petra magna super quam reges Scociae solebant coronari".

På grund af den store betydning man mente, og nogle stadig mener?, at den havde for skotternes skæbne, hvilket understøttedes dels af dens brug, dels af den inskription, der fandtes på den, blev den den engelske konges, Edward I's fornemste krigsbytte, da han havde slået kongen af Skotland, John Balliol, i 1296. Indskriften lyder:

"Ni fallat fatum, Scoti, quocunque locatum,  
Invenient lapidem, regnare tenentur ibidem."

Dette er ifølge overleveringen skrevet af Kenneth II omkring 840, og kan oversættes således:

"Hvis ej skæbnen fejler, oh! skotter, hvor end anbragt,  
de (skotterne) finder stenen, der vil de have herredømmet."

Samme år, 1296, sendte Edward den sammen med kronregalierne til Westminster-Abbey, hvor den lige siden er blevet brugt ved alle engelske monarkers kroning.

Stenen befinder sig under sædet i en trætronstol, der, med undtagelse af løverne, sandsynligvis er lavet til den på Edward's tid. Man kan i dag se stenen, hvilket ikke altid har været tilfældet.

En anden legende fortæller, at det var en ægyptisk prinsesse, Scota, som medbragte stenen til Irland og derfra til Skotland, idet hun, ved at fordrive englænderne, blev skotsk dronning og dermed gav navnet til landet og dets befolkning. Scota nævnes også som Gethalus kone i en anden version, hvorved "forbindelsen" med Jakob er opnået.

Endelig er stenen blevet identificeret med den irske kroningssten, "Lia Fail", fra Tara, cirka 34 km nordvest for Dublin. Denne sten gav lyd fra sig under den retmæssige konge, når en ny skulle vælges, og måtte altså være blevet bragt til Skotland, men den irske legende bringer "Lia Fail" fra Skotland, så der er visse uoverensstemmelser, og desuden forlyder det, at den aldrig har forladt Tara.

Selve Scone stenen er nok det mest afslørende. Den måler 66,04 cm i længde, 42,55 cm i bredde og 26,67 cm i tykkelse, og beskrives som

en mørk rødlig kalkholdig sandsten med nogle få indesluttede rullesten, heraf en af kvarts og to andre af et mørkt materiale, som er blevet betragtet som muligvis lydsk sten, det vil sige en sort hård kiselskifer bestående af kvarts og kalcedon af organisk oprindelse (den er især udbredt i ældre Palæozoiske lag). Ifølge den engelske professor Ramsay (1865) er Scone stenen den slags sten, som stenhuggere kalder "freestone", en let-bearbejdelig sten. Ved at betragte stenen ud fra et geologisk synspunkt kommer Ramsay til den konklusion, at den stammer fra egnen omkring Dunstaffnage, hvorfra den så senere er blevet bragt til Scone.

Dette er måske muligt, idet undergrunden nord for Oban, i Dunstaffnage's umiddelbare nærhed, udgøres af den nedre del af Old Red formationen fra Devontiden - altså med en alder på knap 400 millioner år. Bjergarterne her fremtræder mest som et basalkonglomerat, men også som breccier, sandsten, skifre og kalksten. Ramsay mener også at tilbagevise tanken om, at stenen kan være ægyptisk, idet han siger, at der ikke findes sandsten af samme slags i Ægypten.

Ikke alle er enige med ham i dette. W.J.Loftie påstår i 1891, at den "talende" Memnon-statue netop er lavet af denne sandsten. Statuen, der findes i Theben, består sandsynligvis af nubisk sandsten ligesom de fleste af øvre Ægyptens templer, en sandsten, der i farve og udseende minder en del om Old Red sandsten, men som er betydelig yngre, idet den stammer fra Kridttiden. Plinius, en romersk forfatter, der levede fra 23-79 e.Kr., har forøvrigt skrevet at statuen er lavet af "basanites", en sten, som i farve og hårdhed ligner jern, og denne er blevet tolket som en gråvacke, det vil sige en "uren" sandsten.

Betel, stedet hvor det hele startede, ligger i et kalkstensområde af Turon-Cenoman alder, men kun 3-4 km vest for byen findes en noget ældre blotning, fra Nedre Kridt, i form af vekslende lag af sandet kalk og dolomit, mergel, ler, hvide sandsten og brogede sandsten, blandt andet violette. Spørgsmålet er da, om Jakob, der var på vej nordpå, har valgt sig en kalksten eller en sandsten, der godt kunne minde om Scone stenen. Det må man lade stå ubesvaret.

Tilbage er imidlertid det mest nærliggende, nemlig Scone, hvis omegn udgøres af en rød sandsten fra den nederste del af den Devone Old Red formation, en sandsten, som minder forbavsende om Scone stenen.

Konklusionen må da blive, at selvom Scone stenen måske kunne stamme fra Dunstaffnage, er det nok mest sandsynligt, da flere kilder slet ikke omtaler denne station på stenens vandring, at stenen stammer fra Scone, og ikke har rejst nær så langt som antydnet, men det er forøvrigt også kun i engelske krøniker, at den er Jakobs hovedpude.

Andre berømte sten vil blive omtalt i kommende numre af Varv.

*Eusebia Thomsen*



# et begravet landskab ved Århus

Af Holger Lykke Andersen og Niels Schrøder

Fornylig blev der lagt sidste hånd på en undersøgelse af undergrunden i omegnen af Århus. Undersøgelsen havde det praktiske formål at kortlægge udbredelsen af vandførende lag med henblik på planlægning af vandforsyningen i området.

I denne artikel forelægges nogle af de resultater af undersøgelsen, som kan påkalde sig almindelig geologisk interesse.

Undersøgelsen af undergrunden blev lavet ved en kombineret anvendelse af oplysninger fra tidligere udførte vandboringer, som findes arkiveret i borearkivet på Danmarks geologiske Undersøgelse, og oplysninger som kan udledes af såkaldte elektriske sonderinger (Varv 1965,1). Et vigtigt mål for undersøgelsen var at finde beliggenheden af grænsefladen mellem istidslagene og de underliggende tertiære aflejringer.

På kortet er for det første udbredelsen af de vigtigste tertiære aflejringer, som de optræder umiddelbart under istidslagene, vist ved farvesignatur. For det andet er højdeforholdene for overfladen af de tertiære aflejringer angivet ved højdekurver med tyve meters højdeforskel.

Ved betragtning af kortet falder det straks i øjnene, at de tertiære aflejringers overflade er præget af et kraftigt relief, idet overfladen gennemses af et kompliceret netværk af mere eller mindre uregelmæssige dale.

Sammenlignes dette begravede relief med nutidens landoverflade ses det tydeligt, at de nuværende højdeforskelle er væsentlig mindre end i det begravede landskab. Ikke desto mindre viser sammenligningen det interessante forhold, at der i de store træk er overensstemmelse mellem de to landskaber, på den måde at de større nutidige dale næsten altid optræder ovenpå de begravede dale.

Denne sammenhæng illustreres af profiltegningen ved siden af kortet. Spørgsmålet om hvornår og hvorledes det begravede relief er udformet kan næppe besvares entydigt, men der synes at være tre geologiske mekanismer, som kan komme på tale, når spørgsmålet skal diskuteres. En mulighed er, at relieffet kan være dannet som følge af jordskorpebevægelser i den dybere undergrund. En anden er at det kan være dannet ved floder-nes erosion i Tertiær- og Kvartærtiden og en tredje mekanisme kan være, at de er opstået ved indlandsisens erosion i underlaget.

Der kan ikke herske tvivl om, at ismasser i løbet af Kvartærtiden har trængt frem gennem dalene, herom vidner de moræneaflejringer, som er aflejret i dalene. Problemet er blot, om dalene allerede var anlagt på den tid, da indlandsisen holdt sit indtog.

Der findes næppe nogen simpel løsning af problemet, men ved betragtning af de større træk i Danmarks geologiske udvikling i Tertiærtiden er det dog muligt at opnå en vis forestilling om, hvorledes landet har ligget ved istidens begyndelse.

Ved slutningen af Tertiærtiden har Danmark antagelig været et lavtliggende landområde i randen af det skandinaviske højlend, hvorfra store sand- og lermængder er transporteret af floder for til sidst at blive aflejret i den daværende Nordsø. Man kan forestille sig, at disse floder har skåret sig vej gennem det danske område, og at det er resterne af disse floddale, som er bevaret i det begravede relief.

Man må nok forestille sig, at det ret komplicerede mønster, som de begravede dale danner, er opstået i flere omgange. Det må således formodes, at istidens smeltevandsfloder også har været medvirkende til relieffets udformning - eller har virket modificerende på det tidligere landskab.

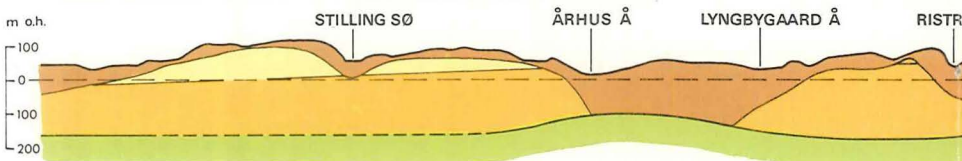
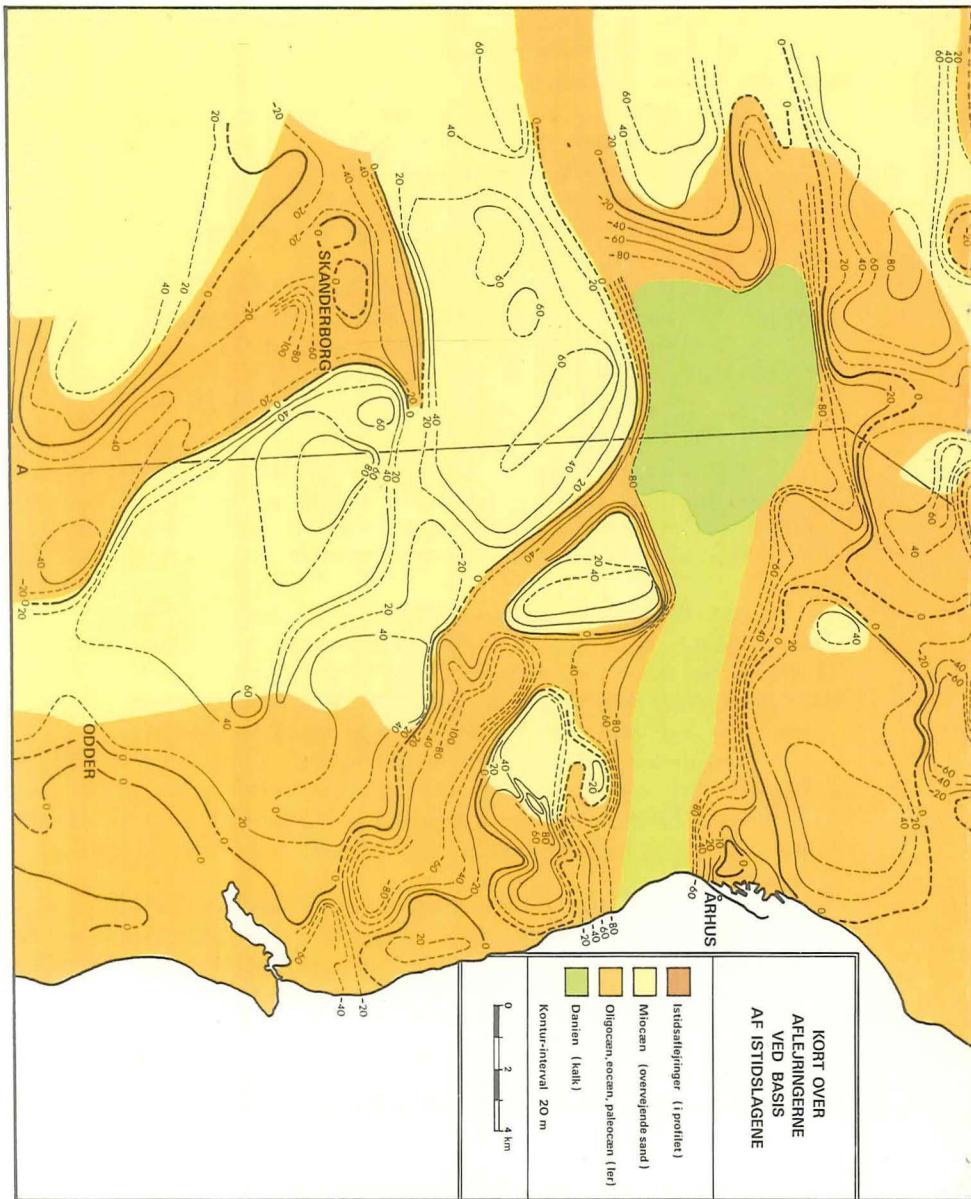
Det må nemlig erindres, at Danmark har ligget i udkanten af nedsyningsområdet, og at der har været bundet meget store vandmængder i indlandsisen, da den nåede frem til landet. Havniveauet har derfor i perioder ligget mere end 100 m lavere end i dag, således at smeltevandsfloderne foran isen har kunnet skære sig dybt ned i underlaget.

Bevægelser i jordskorpen har øjensynligt i visse tilfælde også haft indflydelse på reliefdannelsen. Betragter man nemlig den begravede dal ved Randers Fjord, vil man opdage, at dalen forløber i et sænkingsområde, mellem to hævningsstrukturer som ligger ved Gassum i nord og ved Lime i syd.

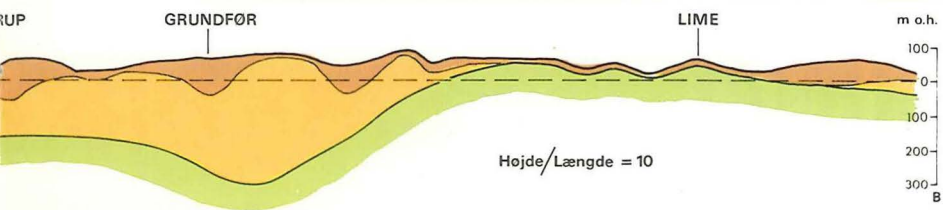
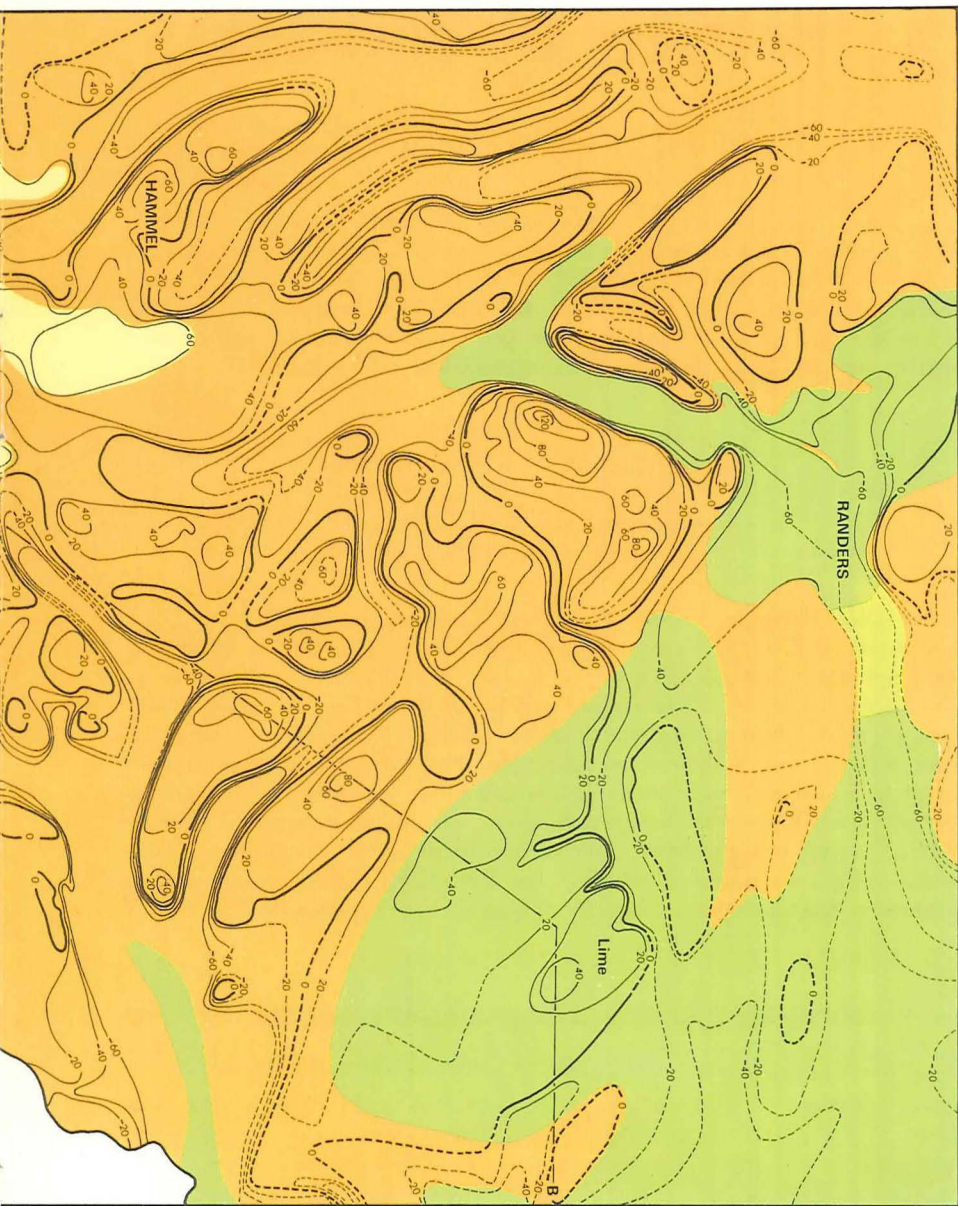
Hele vejen omkring Lime-strukturen findes der iøvrigt et bælte, hvor kalksten fra Danientid ligger unormalt dybt. Da man fra seismiske målinger og tyngdemålinger ved, at hævningsstrukturen skyldes tilstedeværelsen af en saltpude dybt i undergrunden, er det rimeligt at forestille sig at "randsænken" omkring strukturen også er et produkt af saltpudedannelsen. "Randsænken" kan således være dannet ved indsynkning af lagene i de områder, hvorfra det salt, som har dannet saltpuden, er fjernet.

Det skal bemærkes, at Dansk Undergrundskonsortium havde håb om at finde olie/gas i lagene umiddelbart over saltpuden, men boringen, som er afsluttet i april 1974, synes dog at have været negativ.









# De Fossile Brændsler

af Henning Sørensen

De fossile brændsler omfatter olie, naturgas, olieskifer og tjære-sand, samt kulrækkens bjergarter - tørv, brunkul, stenkul og antracit.

EF-kommissionen har beregnet, at såfremt olie var den eneste energikilde, skulle der i 1970 være brugt 4,8 milliarder tons olie for at dække verdens samlede energiforbrug dette år. Verdens samlede energiforbrug fordelte sig ivotrigt på de forskellige energikilder som følger:

olie	40 %
kul, brunkul	36 %
vandkraft	} — 6 %
atomkraft	
naturgas	18 %

Olie dækkede i 1970 57 % af EF-landenes energiforbrug, i Danmark cirka 90 % af forbruget, det vil sige oliemængder der lå langt over verdensgennemsnittet på cirka 40 %. Siden 1970 er oliens andel af energifremstillingen øget. Oliekrisen i 1973/74 har derfor, som diskuteret i Varv 1, 1974, skærpet frygten for at der kan blive knaphed på olie, således som det fra blandt andet geologisk side har været påpeget i snart mange år. Det er givet, at de fossile brændsler vil vedblive at være de vigtigste energikilder i en længere årrække, idet ingen alternative energikilder, bortset fra atomkraft, kan komme til at spille en betydende procentuel rolle i en nærmere fremtid. Jeg skal derfor i det følgende belyse de enkelte brændselstypers fremtidsmuligheder med hovedvægten på olie.

De forskellige brændslers andel af energiproduktionen (i procent)

	1900	1920	1940	1960	1970	1985
kul - brunkul	94,2	86,7	74,6	52,1	36,0	18,8
olie	3,8	9,5	17,9	31,2	40,1	48,5
naturgas	1,5	1,9	4,6	14,6	18,1	19,7
vandkraft + atomkraft	0,5	2,0	2,9	2,1	5,8	13,0

kilder: E.N. Tiratsoo: "Oilfields of the world". Scientific Press, Beaconsfield, England (1973) og "Energy in the 1980s". The Royal Society of London (1974).

## KUL

Reserverne af kul er meget store. US Geological Survey har i 1973 beregnet, at jordklodens oprindelige lager af brydeværdige kul, det vil sige kullag, som er mere end 36 cm tykke og som ligger mindre end 1,2 km under jordoverfladen, ialt har udgjort cirka 15.000 milliarder tons. Der er fra 1860 til nu brudt cirka 140 milliarder tons og nu brydes cirka 3 milliarder t/år. Kulressourcerne skulle således kunne dække et endog stærkt voksende forbrug i mange hundrede år. De opmålte og skønnede reserver er på tilsammen cirka 8.500 milliarder tons (i Varv 1, 1974, side 26 er givet resultaterne af en ældre vurdering). Det skal her påpeges, at kuls forholdsvis enkle geologiske forekomstmåde og velkendte oprindelse gør det muligt at beregne ressourcerne med en rimelig sikkerhed.

Problemet ved at anvende kul som brændsel er således ikke ressourcernes størrelse, men derimod brydningen, transporten og udnyttelsen, som er ledsaget af væsentlige bivirkninger. Minedriften er ubehagelig og farlig og efterlader skæmmende sår i landskabet og store affaldsbunker. Kun hvor overfladenære kullag kan brydes ved "strip mining" i åbne brud, kan et landskab restaureres fuldstændigt efter brydningen. Transporten fra mine til forbrugere vil omfatte milliarder af tons per år, hvilket dels er meget energikrævende, dels stiller krav om omfattende transportanlæg. Forbrændingen af kul er stærkt forurenende og efterlader store mængder aske og sod. Forureningen omfatter desuden røg, gasser og partikler med store indhold af svovl, uran, germanium, arsen og en lang række andre grundstoffer. Et 1000 MW (megawatt) kraftværk forbruger et par millioner tons kul per år og producerer cirka 250 tons svovldioxid per dag, 80 tons kvælstof-forbindelser per dag, samt kuldioxid med mere. En storstilet anvendelse af kul nødvendiggør, at de forurenende stoffer forhindres i at nå ud i atmosfæren, hvilket kræver rensning af kullene eller af forbrændingsprodukterne.

Verdens kulressourcer (brunkul + stenkul + antracit)  
i milliarder t

	Reserver <sup>x)</sup>	Hypotetiske res- sourcer, også i ukendte felter	Total
Asien	6.300	3.600	9.900
Nord Amerika	1.550	2.600	4.150
Europa	570	190	760
Afrika	70	150	220
Oceanien	55	65	120
Syd- og centrale Amerika	18	10	28
Ialt	8.563	6.615	15.178

efter US Geol. Survey Professional Paper 820, 1973.

(tal omregnet fra short ton, idet 1 sh.t. = 0,9 metrisk ton).

<sup>x)</sup> Af de ca. 8.500 milliarder t er ca. 730 milliarder t opmålt ved hjælp af borer, nemlig ca. 460 milliarder t stenkul + antracit og ca. 270 milliarder t brunkul. Den resterende del af reserverne udgøres af skønnede tonnager i kendte felter.





Eksempel på "strip-mining" i Nordøstengland. Øverst det aktive brud, nederst restaureret landskab lige efter flytning af brud.

Der foregår nu en betydelig forskning med henblik på at gøre brydning og udnyttelse af kul mere miljøvenlig og flere metoder er under udvikling. En mulighed er at omdanne kullene i selve minerne til syntetisk gas eller benzin, til træsprit (se Varv 3, 1974) eller til andre brændsler, som er lette at transportere, og som kan nedsætte forureningen knyttet til anvendelsen. Det kan her nævnes, at Tyskland under sidste krig var henvist til at fremstille benzin, olie med mere ud fra brunkul og kul, og i Sydafrika fremstilles nu cirka 230 millioner liter benzin per år ud fra kul. De stærkt stigende oliepriser har øget interessen for benzin, olie og gas fremstillet på denne måde.

Forgasning af kul i underjordiske miner vil fjerne de fleste af de ulemper, der nu knytter sig til udvinding og anvendelse af kul. Man vil kunne udnytte tynde lag af urene kul og dybe kullag, og udvinding vil kunne ske uden de ulemper for minearbejderne, som nu kendetegner kulbrydning. Forsøg på underjordisk forgasning er nu i gang i USA. Udvinningen vil kunne ske ved at luft pumpes ned gennem borehuller for at opretholde forbrændingen af kullag, som er løstnet gennem fjernstyrede sprængninger og derefter antændt. Kulgas kan da pumpes op gennem andre borehuller. Der forestår dog endnu et betydeligt udviklingsarbejde før denne metode for alvor vil kunne bidrage til energiforsyningen.

Lykkes det at udvikle metoder til storstilet og forureningsfri udnyttelse af kul som energikilde, vil energibehovet være dækket mange hundrede år ud i fremtiden.

## OLIESKIFER

Det har i den senere tid ofte været påpeget, at der rundt om i verden i de såkaldte olieskifre findes meget større mængder af olie end i de egentlige olieforekomster, og at de stigende oliepriser nu er ved at gøre disse forekomster rentable.

Olieskifre er finkornede sedimenter, hovedsagelig lerskifre, rige på organisk materiale (kerogen). Kerogen udgør 4-50 % af bjergarternes vægt. Olie og gas kan ikke direkte oppumpes eller ekstraheres med væsker fra sådanne forekomster, men må udvindes ved destillation ved 400-600° C. Det vil med den nu anvendte teknik sige, at skifrene brydes, knuses og ophedes.

Olie har i mange år været udvundet af olieskifre i for eksempel Estland, Manchuriet og Skotland, og i et vist omfang også i Sverige. Der fremstilles nu cirka 350 millioner tønder olie per år ad denne vej med Kina som den største producent.

Olieforekomster måles almindeligvis i tønder (barrels på engelsk) og ton. 1 tønde er 158,9 l eller 0,159 m<sup>3</sup>.

Olies vægtfylde varierer fra cirka 0,8 til 1,0. Ved omregning af ton olie til tønder går man ud fra en gennemsnitsværdi på 7,2 tønder per ton olie.

Gasreserver måles i m<sup>3</sup> eller kubikfod, 1 m<sup>3</sup> = 35,3 kubikfod.

De totale skønnede ressourcer af olie i skiferforekomster, hvoraf der kan udvindes mere end 100 liter olie per ton, opgives at være 16.000 milliarder tønder, hvortil yderligere kommer 330.000 milliarder tønder olie i forekomster, som kan give 40-100 liter per ton skifer. Beregningerne gælder for de skønnede mulige forekomster i dybder til cirka 6000 m. Alene Green River Formationen i Colorado, Utah og Wyoming skønnes at indeholde mere end 1.800 milliarder tønder olie.

Udvinding vil kunne ske ved brydning og knusning, men der skal i de fleste forekomster brydes mere end 100.000 tons skifer per 100.000 tønder udvundet olie, hvilket giver et meget alvorligt affaldsproblem. Meget store landområder vil blive ødelagt på grund af de store tonnager, der er tale om. Og der skal bruges så store mængder vand, at udvindingen af den grund vil blive begrænset i mange områder. Processen indebærer stor fare for forurening af vandløb, søer og grundvand. På plussiden tæller, at der er mulighed for samtidig fremstilling af nyttige biprodukter, som for eksempel natriumkarbonat, aluminiumsulfat, ammoniumsulfat, asfalt, koks med videre. Asken er rig på spormetaller, blandt andet uran.

Traditionel brydning vil nok være ledsaget af så alvorlig miljøforurening, at man vil foretrække underjordisk forgasning af skifrene.

Estlandsk olieskifer er anvendt direkte som brændsel i Narva-elvverket, og har også dannet grundlag for fremstillingen af syntetisk gas til Leningrad.

## TJÆRESAND

Tjæresand er forekomster af sandsten imprægneret med tjære, det vil sige tung sejtflydende olie. Den største kendte forekomst findes ved Fort McMurray i Alberta i Canada i et område på cirka 34.000 km<sup>2</sup> underlejret af sandsten fra den ældre del af Kridttiden. Forekomsten har en gennemsnitstykkelse på 50 m og er dækket af overjord, blandt andet morene, som kan nå tykkelser på mere end 100 m. Sandet indeholder mere end 2 vægtprocent olie.

Forekomsterne er formentlig dannet ved at de lette og flygtige bestanddele er fordampet fra et højtliggende oliereservoir.

På grund af den store mængde overjord er brydning i åbne miner meget bekostelig. Man udvasker i stedet olien ved gennem borehuller at gennemskyllende sandstenen med en blanding af vanddamp og natriumhydroxid. Udvinding har fundet sted siden 1967. Der skal tilsættes lejtflydende kulbrinter for at oparbejde denne olie, for eksempel cirka 15 m<sup>3</sup> naturgas per tønde udvundet olie.

Forekomsterne i Alberta rummer måske 900 milliarder tønder olie, men mindre end 100 milliarder tønder kan udvindes økonomisk med de nu benyttede metoder.



Tjæresandsforekomster findes også på Melville Island i det nordlige Canada, forskellige steder i USA, i det østlige Venezuela (med 200 milliarder tønder olie), i Afrika, USSR og andre steder.

## OLIE OG NATURGAS

Olie og naturgas har været de dominerende energiråstoffer i den sidste halve snes år. At disse brændselsstoffer har fortrængt kul i en række anvendelser skyldes, at de er meget lette og billige at udvinde og transportere (for eksempel gennem rørledninger), at de er mindre forurenende i anvendelsen end kul, at de er bedre egnede som brændstof i transportmidler, samt at der kan fremstilles en lang række værdifulde biprodukter fra råolie.

Problemerne, der knytter sig til anvendelsen, er for det første, at forbrændingen af olie og naturgas tilfører atmosfæren store mængder kuldioxid, svovl, vanadium og andre forurenende stoffer. Også havene forurennes, idet det skønnes, at cirka 0,1 % af den producerede olie, nu cirka 2 millioner tons per år, ender i havene. 90 % af denne mængde stammer fra den normale arbejdsgang, 10 % fra uheld.

For det andet skønnes de kendte reserver af olie + gas kun at kunne dække et fortsat stigende forbrug i endnu få tiår. Olieforbruget er vokset nogenlunde konstant med 7 % per år siden 1890, det vil sige forbruget fordobles for hver cirka 10 år. Produktionen er ved at toppe i USA, som for ikke mange år siden var den største producent.

Et tredje problem er, at de største olie- og gasforekomster er koncentreret i ganske få lande, først og fremmest i Mellemøsten.

Men det alvorligste problem er nok, at jordklodens totale udnyttelige forekomster af olie og naturgas kun skønnes at kunne række nogle tiår ind i næste århundrede, hvis forbruget vedbliver at vokse. Det er her på sin plads at minde om, at olie og naturgas er vigtige råstoffer i den petrokemiske industri og alt for værdifulde til at brænde op.

De dystre perspektiver er årsag til, at der knytter sig den allerstørste interesse til mulighederne for at beregne de totale ressourcer af olie og gas og for at finde nye forekomster.

En vurdering af de totale olie-gas-ressourcer bygger på kendskabet til hvordan olie-gas opstår og hvordan olie-gas-ansamlinger dannes, samt kendskab til de geologiske miljøer og strukturer, som er særlig gunstige. Hertil kommer tekniske og økonomiske vurderinger.

## HVORDAN OPSTÅR OLIE OG NATURGAS ?

Olie og naturgas er blandinger af kemiske forbindelser af kulstof og brint, de såkaldte kulbrinter. Den simpleste af disse er methan,  $\text{CH}_4$ . Der indgår også forbindelser af kulstof, brint, ilt og kvælstof.

Den geologiske forekomstmåde af olie og naturgas er langt mere kompliceret end kuls forekomstmåde. Man udvinder olie og gas fra store ansamlinger af disse i såkaldte reservoirbjergarter, men olie og gas er opstået diffust i helt andre, dybereliggende bjergarter, de såkaldte moderbjergarter.

Der er nu stort set enighed om, at olie og naturgas er fremkommet ved omdannelse af rester af organismer indlejret i sedimenter. Det underbygges blandt andet af følgende forhold:

- 1) I råolie indgår kemiske forbindelser, porfyriener, som helt sikkert stammer fra klorofylforbindelser, det vil sige fra planter grønne farvestof.
- 2) Mængdeforholdet mellem kulstofisotoperne C-12 og C-13 i olie og naturgas svarer til forholdet i planter og dyr (Varv 3, 1974).
- 3) I nutidige finkornede sedimenter rige på organismerester findes kulbrinter, som dog har en anden sammensætning end kulbrinterne i olie og gas. Der er fundet indhold på op til 1 % kulbrinter i sedimenter. Det er for eksempel beregnet, at nutidige sedimenter i Den Mexikanske Golf indeholder mere end 1.000.000 tønder kulbrinter per kubikkilometer.

Det at der er tydelige kemiske forskelle mellem kulbrinterne i nutidige sedimenter og i olie-gas viser, at oliedannelsen er betinget af en omdannelse af det organiske materiale, som er indlejret i sedimenterne. Denne omdannelse skyldes, at moderbjergarten for olie-gas-dannelsen er blevet overlejret af yngre sedimenter, således at den er blevet underkastet stigende tryk og temperatur. At en sådan omdannelse finder sted fremgår af flere kendsgøringer.

Der er således tydelig forskel på sammensætningen af olie og gas dannet til forskellig tid og i forskellig dybde. Det gælder generelt, at olien fra gamle og dybtliggende oliefelter har en enkel kemisk sammensætning, lav vægtfylde og et stort indhold af gas, mens olie fra unge og højtliggende oliefelter er tungere og med en mere kompliceret kemisk sammensætning, svarende til forholdene i levende organismer. Omdannelsen af det oprindeligt indlejrede organiske materiale går således mod let gasrig olie og i de dybeste forekomster dominerer gas over olie. Der er foregået en naturlig "krakning" af det organiske materiale.

Det kan indskydes her, at flydende og gasformige kulbrinter afgives fra kullag, når disse begravnes af yngre bjergarter. Indeholder en lagserie flere kullag, stiger lagenes indhold af kulstof mod dybet, hvilket svarer til, at kulbrinter er afgivet. Kulbjergarters gasindhold aftager med cirka 0,5 % per cirka 30 m. De britiske og hollandske Nordsø-forekomster af gas kan være uddrevet fra dybtliggende kullag.

Porfyriener nedbrydes ved cirka 200° C, og da olie indeholder disse kemiske forbindelser, kan moderbjergarterne ikke have været opvarmet over

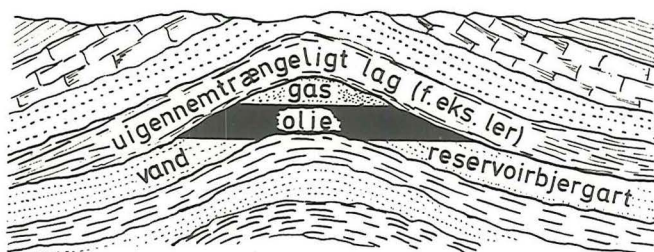
denne temperatur. Ydermere aftager sedimenters porerumfang, det vil sige evnen til at opbevare olie og gas, med stigende tryk, det vil sige stigende dybde. Disse forhold sætter en grænse for, hvor dybt olie-gas-forekomster kan ligge. I USA er ikke udvundet olie fra dybder meget større end cirka 7 km, og sjældent fra dybder større end 5 km. Hvor dybt olie kan findes afhænger iøvrigt af den lokale temperaturgradient, 200°C nås jo i forskellig dybde i de forskellige områder.

De nævnte forhold viser, at dannelsen af olie og naturgas forudsætter en så hurtig indlejring af organismerester i finkornede sedimenter (især marine), at de organiske rester forhindres i at blive iltet og nedbrudt. Betingelserne for olie-gas-dannelse er derfor bedst udviklede i sedimentationsområder, hvor indsynkning af havbunden resulterer i store sedimentmægtigheder. Olie-gas felter findes derfor i stort tal i randsænker langs bjergkæder.

De største oliemængder er fundet i Mesozoiske og Tertiære bjergarter, men man har fundet kulbrinter i mere end 3 milliarder år gamle bjergarter i Sydafrika. Det er sandsynligt, at disse kulbrinter er langt yngre end de bjergarter de nu findes i, men man har andre steder, blandt andet i Michigan, Prækambriske bjergarter med sikkert biogent organisk stof (porfyriner).

## OPSAMLING AF KONCENTRATIONER AF OLIE OG GAS

En betingelse for at få dannet store olie-gas-felter er, at olie-gas bliver uddrevet af moderbjergarterne, hvor det organiske stof, som omdannes til olie og gas, er jævnt fordelt i lav koncentration. Denne uddrivning af olie, gas og vand skyldes forskelle i tryk, sammenpresning af moderbjergarterne, tilstedeværelsen af gennemtrængelige lag som olien og gasen kan vandre igennem, forskelle i vægtfylde, idet olie og gas er lettere end både de bjergarter og det saltvand, de findes sammen med, forskelle i temperatur, samt bevægelse af varmt saltvand, som kan transportere olie og gas.

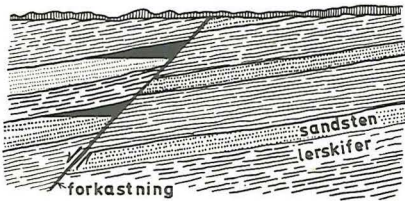


Olie opfanget i sandsten under impermeabel lerbjergart i antyklinalstruktur. Bemærk at olie i reservoirbjergarten findes under naturgas og over saltvand.

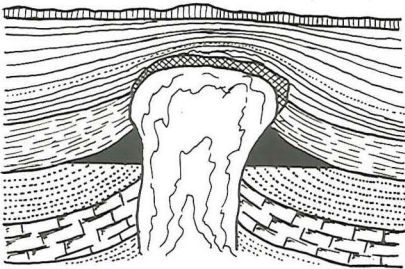


En yderligere betingelse er, at den vandrende olie + gas kan opfanges i reservoirbjergarter, det vil sige porøse og permeable (gennemtrængelige) bjergarter, især porøse sandsten og opsprækkede kalkbjergarter, og reservoirbjergarterne må endvidere indgå i geologiske strukturer, oliefælder, som forhindrer at olien og gassen undviger.

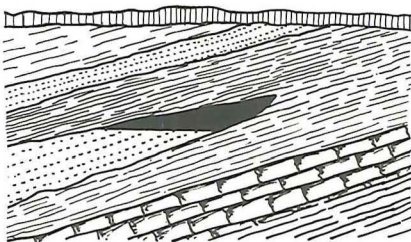
Olie og gas er til nu hovedsagelig udvundet fra de forekomsttyper, som er lette at finde med geologiske og geofysiske metoder, det vil sige store forekomster på ringe dybde knyttet til geologiske strukturer som antiklinaler, domer og salt diapirer. Forholdsvis lidt olie er hentet op fra dybe felter og fra olie-fælder, som er vanskelige at lokalisere med de nu benyttede metoder - det gælder for eksempel olie i stratigrafiske fælder.



Olie (sort) opfanget i svagt hældende sandsten, hvor denne langs en forkastning er bragt i kontakt med en uigennemtrængelig lerbjergart.



Olie opfanget i opbøjede lag langs salt diapir.



Stratigrafisk olie-fælde: olie + gas opfanget i udkilende lag af sandsten i en hældende lagserie af lerskifer.

## DEN GEOLOGISKE UDBREDELSE AF OLIE OG NATURGAS

Karakteristisk for forekomster af olie og naturgas er, at de findes i sedimenter i bassiner med sedimentmægtigheder på mindst 2000 m og ofte 3000-4000 m. De pågældende områder er svagt deformerede af forkastninger, svag foldning og eventuelt opskydende salt diapirer.

Cirka 80 % af de 200 største olie-gas-felter ligger i randzoner af kontinentområder og især langs bjergkæder. Mange store oliefelter er knyttet til de alpine foldekæder af Tertiær alder.

Andre oliefelter findes i sænkingsområder i bjergkæder, i dæklag på kontinenterne (Nordsøen), i gravsænkninger og på kontinenternes shelf-områder.

Man har forsøgt at placere olie-gas-forekomster i et pladetektonisk mønster. Det er foreslået, at Mellempøstens gigantfelter af olie og gas og Mellemerikas og det nordlige Sydamerikas olie-gas-felter er knyttet til spredningszoner, som blev anlagt, dengang Atlanterhavet blev skabt. Disse havarme dannedes i Kridttiden i løbet af kort tid i områder med varmt klima og med rigelig tilførsel af sedimenter og af føde til havorganismerne.

Pladetektoniske modeller kan derfor benyttes i eftersøgningen af ukendte olie-gas-felter.

## TEKNISKE OG ØKONOMISKE VURDERINGER

I de fleste oliefelter kan højst 30-40 % af olien udvindes med den nu benyttede teknik, mens gasudbyttet sjældent når over 80 %. Ny teknik vil kunne øge udbyttet, ligesom højere priser vil gøre ekstra anstrengelser lønnende. Tallene for reserverne af olie og naturgas omfatter de udnyttelige dele af forekomsterne på det tidspunkt beregningerne er foretaget og ændres glidende, efterhånden som produktionsudbyttet kan sættes i vejret.

## PRODUKTION OG RESERVER

Til og med 1971 er udvundet cirka 264 milliarder tønder olie i hele verden, heraf 97 milliarder tønder i USA. Produktionen i 1972 var på cirka 18 milliarder tønder (2,5 milliarder tons).

De opmålte oliereserver var i 1971 86 milliarder tons (eller 600 milliarder tønder), heraf findes de 70 milliarder tons på land, de cirka 16 milliarder tons under havbunden. Cirka 6 milliarder tons af oliereserverne findes i USA.

Den samlede produktion af naturgas var i hele verden i 1971 1350 milliarder  $m^3$ , heraf 680 milliarder  $m^3$  i USA. Reserverne var på 50.000 milliarder  $m^3$ , cirka 40.000 milliarder  $m^3$  på land og cirka 10 milliarder  $m^3$  under havbunden. USA's reserver er på cirka 8 milliarder  $m^3$ .

Olieproduktion og reserver i udvalgte lande

	Produktion i 1971 i millioner t			Reserver i 1971 i millioner t		
	på land	fra havbund	ialt	på land	fra havbund	ialt
Canada	66,3	-	66,3	1.368	?	>1.368
Mexico	23,2	1,8	25,0	?	?	630
USA	478,8	74,0	552,8	5.349	767	6.116
<b>Nordamerika ialt</b>	<b>568,3</b>	<b>75,8</b>	<b>644,1</b>	<b>6.717,1</b>	<b>767</b>	<b>8.114,1</b>
Argentina	21,7	-	21,7	< 358	?	358
Columbia	11,1	0	11,1	236	?	236
Venezuela	185,0	0	185,0	< 1.984	?	1.984
<b>Sydamerika ialt</b>	<b>235,8</b>	<b>4,3</b>	<b>240,1</b>	<b>3.689</b>	<b>39</b>	<b>3.778</b>
Algier	36,3	0	36,3	1.590	0	1.590
Libyen	132,3	0	132,3	3.300	?	> 3.300
Nigeria	57,2	18,2	75,4	1.331	248	1.579
<b>Afrika ialt</b>	<b>243,2</b>	<b>32,0</b>	<b>275,2</b>	<b>6.434,2</b>	<b>880,1</b>	<b>7.884,3</b>
Danmark	0	0	0	0	34	34
Norge	0	0,3	0,3	0	960	960
Rumænien	13,5	0	13,5	116	0	116
United Kingdom	0,1	-	0,1	480	210	690
<b>Europa ialt</b>	<b>34,6</b>	<b>0,3</b>	<b>36,2</b>	<b>994</b>	<b>1.217</b>	<b>2.253</b>
Indonesien	44,0	0,3	44,3	1.350	50	1.400
Iran	195,3	28,9	224,2	6.562	969	7.531
Irak	84,0	0	84,0	4.840	0	4.840
Kuwait	151,7	9,0	160,7	10.650	120	10.770
Saudi Arabien	176,4	60,8	237,3	12.972	8.488	21.460
USSR	358,5	11,0	369,5	< 10.010	> 190	10.200
<b>Asien ialt</b>	<b>1.106,2</b>	<b>150,4</b>	<b>1.256,8</b>	<b>51.523,1</b>	<b>10.414</b>	<b>63.537,1</b>
<b>120 lande ialt</b>	<b>2.190,5</b>	<b>275,3</b>	<b>2.467,3</b>	<b>69.391,4</b>	<b>13.690,1</b>	<b>85.973,5</b>

Kilde: US Geol. Surv. Professional Paper 817, 1973: Summary Petroleum and Selected mineral statistics for 120 countries, including offshore areas.

Den årlige olieproduktion i millioner tons (i verdensdele og i udvalgte lande)

	1960	1962	1964	1966	1968	1970
<b>Afrika</b>	<b>14,3</b>	<b>38,8</b>	<b>82,2</b>	<b>136,1</b>	<b>192,6</b>	<b>292,3</b>
Algier	8,8	20,5	26,5	34,0	42,9	48,1
Libyen	0,0	8,8	41,4	72,3	125,0	158,8
Nigeria	0,9	3,3	5,9	20,6	7,0	53,4
<b>Asien</b>	<b>436,7</b>	<b>524,5</b>	<b>637,5</b>	<b>768,2</b>	<b>920,9</b>	<b>1.113,4</b>
Kina	4,5	5,3	7,5	10,4	13,0	20,0
Indonesien	20,8	22,8	23,3	23,0	30,0	42,4
Iran	52,3	65,4	83,9	104,6	141,0	189,6
Irak	47,6	49,3	62,1	67,9	73,8	76,6
Kuwait	85,3	98,3	115,8	125,0	132,8	150,1
Saudi Arabien	65,6	81,7	94,6	129,5	151,8	188,9
USSR	147,9	186,2	223,6	265,1	309,2	352,5
<b>Australien, etc.</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>1,8</b>	<b>8,6</b>
<b>Europa</b>	<b>28,7</b>	<b>31,9</b>	<b>35,8</b>	<b>36,3</b>	<b>37,2</b>	<b>36,8</b>
Vesttyskland	5,5	6,8	7,7	7,9	8,0	7,5
Rumænien	11,5	11,8	12,4	12,8	13,3	13,4
<b>Nordamerika</b>	<b>431,3</b>	<b>459,6</b>	<b>484,8</b>	<b>531,5</b>	<b>592,5</b>	<b>643,0</b>
USA	391,9	411,0	431,5	471,3	521,5	555,9 <sup>x)</sup>
Canada	25,5	32,9	37,0	43,1	51,1	62,1
Mexico	13,9	15,7	16,3	17,1	19,9	25,0
<b>Sydamerika</b>	<b>180,0</b>	<b>204,7</b>	<b>217,7</b>	<b>220,2</b>	<b>240,8</b>	<b>246,4</b>
Argentina	9,1	14,0	14,3	15,0	17,9	20,3
Venezuela	148,7	166,7	177,2	175,6	188,4	193,2
<b>Totalt (120 lande)</b>	<b>1.091,0</b>	<b>1.259,5</b>	<b>1.458,2</b>	<b>1.692,7</b>	<b>1.985,8</b>	<b>2.340,5</b>

Kilde: US Geol. Surv. Professional Paper 817, 1973: Summary Petroleum and Selected mineral statistics for 120 countries, including offshore areas.

<sup>x)</sup> 1971: 552,8



Den årlige gasproduktion i milliarder m<sup>3</sup>

	1960	1962	1964	1966	1968	1970
Afrika	0,1	0,9	8,3	15,1	29,3	39,7
Algerier	?	0,4	0,8	2,0	9,6	9,6
Libyen	0,0	0,0	6,5	10,2	17,6	20,1
Nigeria	0,1	0,5	1,0	2,9	1,5	8,1
Asien	79,9	115,5	154,4	202,2	253,8	314,3
Iran	7,5	9,2	11,8	17,9	22,7	31,0
Kuwait	9,9	11,4	13,4	14,5	15,4	17,4
Saudi Arabien	7,7	9,6	11,0	15,1	17,7	22,1
USSR	50,0	79,0	109,0	145,0	171,0	198,0
Australien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
Europa	21,1	27,4	34,3	42,6	72,8	118,8
Vesttyskland	0,5	0,6	1,5	2,8	5,8	12,0
Italien	6,4	7,2	7,7	8,8	10,4	13,1
Holland	0,4	0,5	0,9	3,6	16,1	33,4
Rumænien	6,9	9,3	12,1	14,1	21,9	25,8
United Kingdom	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	11,2
Nordamerika	452,0	490,4	539,8	592,0	668,3	757,3
Canada	14,8	25,3	32,1	38,0	48,0	64,5
Mexico	10,2	11,1	13,7	15,0	16,3	18,8
USA	427,0	454,0	494,0	539,0	604,0	674,0
Sydamerika	44,5	53,2	59,8	62,4	71,3	74,2
Venezuela	31,6	36,3	39,3	41,3	46,3	48,4
Totalt (120 lande)	597,6	687,4	796,6	911,3	1.095,5	1.305,9

Kilde: US Geol. Surv. Professional Paper 817, 1973: Summary Petroleum and Selected mineral statistics for 120 countries, including offshore areas.

Cirka 240 olie-gas felter, eller cirka 5 % af alle produktive olie-felter, leverer mere end 85 % af olie-gas-produktionen og rummer en tilsvarende andel af de kendte reserver. 55 såkaldte supergigantfelter (felter med mere end 1000 milliarder tønder olie eller 1000 milliarder kubikfod gas, henholdsvis cirka 140 milliarder tons og cirka 30 milliarder m<sup>3</sup>) leverer mere end 65 % af den samlede produktion. Det karakteristiske træk, at det er de virkelig store felter der tæller, illustreres også af, at cirka 300 af de cirka 23.000 olie-gas-felter, som var produktive i USA i 1968, leverede mere end 60 % af produktionen dette år.

Den skæve geografiske fordeling af olie- og gas-reserverne viser også den helt dominerende betydning af de virkelig store felter. 85 % af produktionen af olie + gas kom i 1971 fra kun 11 lande, 34 % fra Mellemøsten, 20 % fra USA. Det kan her passende nævnes, at i 1946 kom kun 9 % af produktionen fra Mellemøsten, men 63 % fra USA. Mere end 60 % af de kendte reserver findes i Mellemøsten.

Til nu har forekomsterne på land domineret. Kun 9 % af den totale produktion af olie + gas stammede til og med 1972 fra havområderne, som dog forventes at levere 30-40 % af produktionen i 1980.

Det er ofte hævdet, at forholdet mellem reserver og årsproduktion er støt voksende, svarende til, at der hvert år er fundet mere olie + gas end der er brugt. Således svarede reserverne i 1940 til 16 års produktion og i 1960 til 39 års produktion. Men fundene har ikke kunnet holde trit med forbruget i 60'erne. Reserverne rækker nu til 33 års forbrug på det nuværende niveau.

## VURDERING AF OLIE-GAS-RESSOURCERNES STØRRELSE

Hvad angår vurderingen af olie og gasforekomsters størrelse må det straks slås fast, at sikre data kun kan opnås for forekomster under udnyttelse, hvor man kender tykkelse og udstrækning af reservoirstrøgarterne og fra pumpeforsøg har kendskab til tilstrømningen af olie og gas til borehullerne.

Vurderingen af olie-gas-mængderne i et område, hvori der ikke er fundet olie, kan baseres på en analyse af sedimentbassintype, af bassinets tykkelse og udstrækning, af indholdet af mulige moderbjergarter og på tilstedeværelsen af gunstige strukturer. Man er således i vid udstrækning henvist til at bygge på analogi med kendte felter. Der kan rettes alvorlig kritik mod denne metode, for eksempel at få gigantfelter, som det er nævnt ovenfor, er langt vigtigere end mange små felter. Dette gør en statistisk analyse umulig, idet der utvivlsomt må findes sedimentbassiner uden gigantfelter af olie eller gas.

M.K.Hubbert i USA har benyttet en anden metode. Han har beregnet de samlede olieforekomster i USA og i hele verden ud fra en detaljeret analyse af produktiviteten af de kendte oliefelter og af den hast hvormed nye felter er fundet. I begyndelsen udnyttede man især overfladenære forekomster, men efterhånden har man også fundet dybtliggende felter.

Hubbert lagde stor vægt på boredata. Det må her først konstateres at den eneste sikre måde at finde olie og gas på er at bore. I USA alene er til og med 1973 sat mere end 2 millioner borehuller ned med en samlet længde på 2 milliarder m, og det ene og alene med olie-gas-eftersøgning for øje.

I 1945 måtte man sætte 26 såkaldte "Wild cat" boringer ned i ukendte områder for at finde et felt med mere end 1 million tønder olie. I 1963 var det tilsvarende tal 65. At det er blevet vanskeligere at finde olie fremgår også af, at man 1860-1920 fandt 194 tønder olie per fod efterforskningsboring, mens tallene for 1920-1928 og 1928-1938 var henholdsvis 167 og 276. Det sidste høje tal skyldtes fundet af East Texas feltet. Nu findes kun 35 tønder olie per fod boring. Svarende hertil er prisen for at finde en tønde olie steget 2200 % fra 1938 til 1970 i USA (i faste priser).

På dette grundlag skønner Hubbert, at 80 % af de totale udnyttelige olieressourcer vil blive pumpet op i årene 1934 til 1999.

Hubbert skønner, at de totale ressourcer af olie er på mellem 1350 og 2100 milliarder tønder eller 190-295 milliarder tons, mens ressourcerne af naturgas skønnes at være mellem 230.000 og 340.000 milliarder m<sup>3</sup>.

T.A.Hendricks fra US Geological Survey har i 1965 skønnet, at der totalt findes 10.000 milliarder tønder olie, hvoraf 6.200 milliarder vil kunne findes og 2500 milliarder ton blive udnyttet.

Til og med 1971 var produceret cirka 264 milliarder tønder olie, og de kendte reserver var på cirka 600 milliarder tønder, det vil sige, i 1971 fandtes i ukendte felter mellem cirka 500 og cirka 1700 milliarder tønder olie.

Det skønnes, at der fra nu til 1990 vil blive brugt cirka 600 milliarder tønder olie, det vil sige cirka den mængde som findes i de kendte reserver.

Disse tal viser, at et stigende olieforbrug ikke vil kunne opretholdes i mange tiår. Det samme gælder udvindingen af naturgas. Og det er temmelig sikkert, at det vil blive dyrere og dyrere at finde og udvinde olie og gas, idet man er henvist til at søge nye forekomster i dybere dele af jordskorpen og i de mere utilgængelige egne, blandt andet havbundens forekomster.

## FREMTIDEN OG DE FOSSILE BRÆNDSLER

Som det er nævnt i det foregående vil de skønnede totale forekomster af olie og naturgas ikke kunne dække et stigende forbrug ret mange tiår ind i næste århundrede. De lande, som er afhængige af indtægter af olieproduktion, først og fremmest OPEC-landene, har derfor udkastet den tanke, at man på ethvert tidspunkt begrænser årsproduktionen til 1/50 til 1/100 af de til enhver tid kendte reserver, for derved at strække produktionen. Olie og gas i jorden synes mere værdifuld end penge i banken.

Tjæresand og olieskifer rummer enorme reserver, men udnyttelsen er meget miljøødelæggende. Det samme gælder kulbrydningen.

Skal de fossile brændsler kunne konkurrere med de alternative energikilder, som nu er under udvikling, eller som forventes at blive realiseret i de kommende tiår, må der sættes ind på en miljøvenlig brydning og udnyttelse. Lykkes det at udvikle sådanne metoder, vil der være fossilt brændsel til nogle hundrede år. Men formentlig vil de blive dyrere i anvendelsen end atomkraft og på et senere tidspunkt solenergi. Det er derfor et spørgsmål, om de fossile brændsler ikke bør reserveres til særlige formål som drivmidler i biler, fly med mere, som råstoffer for produktion af fødemidler.

Allerede nu er atomenergi billigere end fossile brændsler, når det gælder fremstillingen af elektricitet.

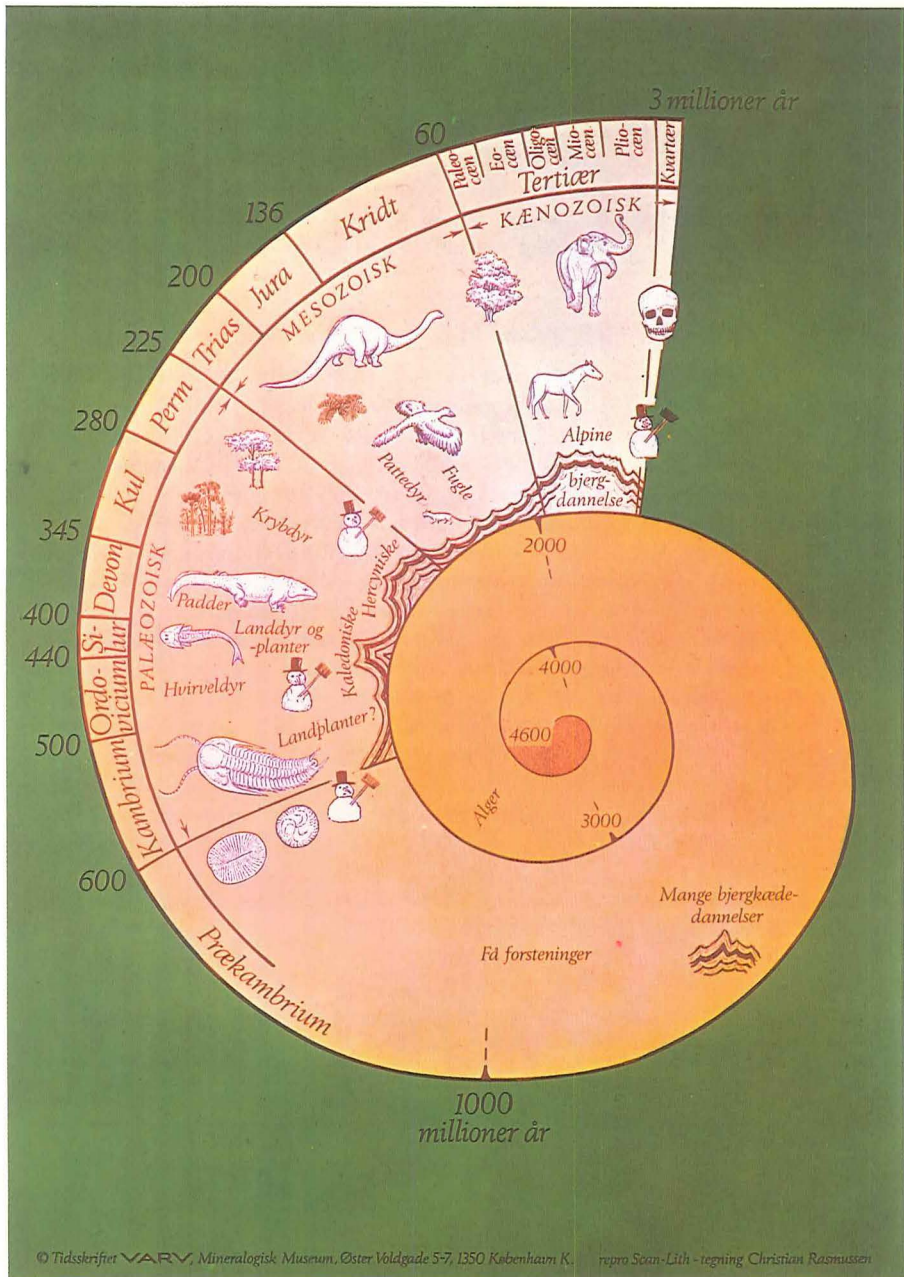
**NOGLE BENYTTETE BEGREBER:** Når man beskriver forekomster af kul, olie og andre geologisk dannede råstoffer skelnes ofte mellem begreberne reserver og ressourcer.

**RESERVER** er de forekomster eller dele af forekomster, som er opmålt eller som er skønnet med rimelig sikkerhed og som vil kunne udnyttes med økonomisk fordel under de givne økonomiske betingelser og med den kendte teknologi. Stigende priser, lavere skatter og nye metoder vil således kunne øge reserverne af et bestemt råstof uden at der er fundet et eneste ton mere, idet disse ændringer vil gøre hidtil uudnyttelige forekomster brydeværdige.

**RESSOURCER** omfatter dels dele af kendte forekomster, som ikke for tiden kan udnyttes med økonomisk fordel, dels forekomster, som ud fra geologiske oplysninger skønnes at være til stede i et givet område. Totale ressourcer eller ressourcebasis er jordklodens samlede beholdning af et givet råstof.

*Henry Jensen*





© Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K. repro Scan-Lith - tegning Christian Rasmussen