

# VARV

NR. 3 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1974



HER GÅR SOLEN NED I DEN PERSISKE GOLF. VI MÅ SE I ØJNENE, AT DET FØR ELLER SIDEN ER NAT MED OLIEN. SPØRGSMÅLET ER SÅ, OM DEN DIREKTE SOLENERGI I FREMTIDEN VIL KUNNE ERSTATTE DE FOSSILE BRÆNDSTOFFER. I VARVS SERIE OM ENERGIRÅSTOFFER FORTÆLLES I DETTE NUMMER OM SOLENERGI. DESUDEN GIVES ANVISNING PÅ MINERALBESTEMMELSE VED KLASSISKE OG SIMPLE METODER - FOSSILE GRAVEGANGE BESKRIVES OG VI HØRER OM WILLIAM SMITH, EN AF GEOLOGIENS PIONERER.

*Vi blæser på*

# MINERALERNE

"OM BLÅSRÖRETS ANVENDANDE  
I KEMI OCH MINERALOGI"

af Ole Jørgensen

Som overskrift på denne artikel er anvendt titlen på en bog, der blev udgivet i 1820 af den svenske kemiker I. Jacob Berzelius. På den tid var kemien endnu en ung videnskab og særlig den analytiske kemi var i hastig udvikling - forøvrigt hjulpet godt på vej af hr. Berzelius selv. Foruden at forske og udvikle nye metoder, samlede Berzelius også de foregående århundreders kemiske viden, tilføjede egne og nyere erfaringer og udgav det under ovenstående titel. Det var viden, som var tilvejebragt af bjergværksfolk, potte- og glasmagere rundt om i Europa. Til grund for deres kemiske undersøgelser lå ingen kemisk teori, men derimod ønske om at få klarhed over hvilke malme man stod over for eller hvilken farve et bestemt mineral ville give en glas eller en glasur. Det værktøj man betjente sig af var enkelt. Det vigtigste redskab var et blæserør foruden nogle kemikalier som soda og salpeter. Blæserøret er, som navnet siger et tyndt metalrør gennem hvilket man kan blæse. Man blæser gennem en lille flamme på et stykke trækul, der bringes til at gløde. Når flammen får øget lufttilførsel bliver forbrændingen kraftigere og koncentreret i en lille stikflamme, hvis temperatur kan nå helt op mod  $1500^{\circ}$  C. Forsynet med dette værktøj var den tids bjergværksfolk nu i stand til at klassificere mineralerne efter deres smeltelighed for blæserør. Men det var også muligt at fremkalde en lang række kemiske reaktioner ved opvarmning med blæserørsflammen.

Desværre er der i Varv 2 blevet byttet  
om på de to billeder på side 40.

## SÅDAN BRUGER MAN ET BLÆSERØR

Når vi i dag skal foretage blæserørsanalyse bruger man helst en bunsenbrænder som varmekilde. I brænderens rør anbringes et lidt mindre kobberør, hvis ene ende er klemt sammen og savet skrånligt af, så der fremkommer en flad dyse (åbningen i røret skal være cirka 1 mm bred og 7-10 mm lang). Herved kan man få bredt gasflammen ud, så den danner "en fiskehale" hvis længde højst må være 3 cm.

Har man ikke adgang til gas kan man i stedet bruge flammen i et stearinlys eller en spritflamme.

(Pas på spritlamper i glas. Den stærke varme fra blæserørsflammen kan få glasset til at springe. Brug derfor kun spritlamper i metal.)

Den bedste blæserørsflamme fremkommer nu hvis man anbringer blæserøret i kanten af flammen og naturligvis blæser man på langs af den flade gasflamme (se figuren næste side). Herved får man en lang tynd blå flamme, som brænder lydløst.

## BLÆSEFLAMMENS KEMI

Ser man nu nærmere på blæseflammen vil man kunne iagttage to zoner med forskellig farve. Lige uden for blæserørets munding er flammen helt lyseblå. Her består flammen af uforbrændt gas blandet med kold luft fra blæserøret. Omkring den lyseblå flamme findes en smal violet kegle. Det er her den egentlige forbrænding finder sted, det vil sige, luftens ilt forbinder sig med gassens brint og kulstof. Denne forening sker under stor varmeudvikling, - man når helt op på  $1500^{\circ}$  C. Kommer man længere bort fra forbrændingszonen falder temperaturen gradvis, idet de varme forbrændingsprodukter blandes op med kold luft fra omgivelserne.

Blæseflammen er imidlertid ikke blot et stykke værktøj til smeltning af mineraler. Ved at udnytte flammens kemi rigtigt kan man få oplysninger om de grundstoffer, der findes i det mineral, man undersøger.

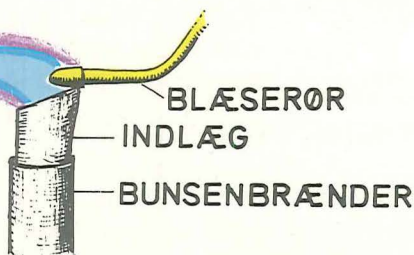
Da blæseflammen er lille har den også ringe varme-kapacitet. Man må derfor afpasse sine prøvers størrelse efter forholdene. Prøver på  $1 \text{ mm}^3$  (det halve af svovlet på en tændstik) er som regel store nok til at give sikre og hurtige reaktioner. For at koncentrere varmen om prøven, anbringes denne i en fordybning på et firkantet stykke trækul.

Hvorledes blæserørsflammen egentlig virker kan bedst illustreres med et eksempel. Det kan for eksempel være mineralet blyglans (PbS), man ønsker at undersøge.

Et lille stykke af mineralet anbringes på trækullet og blæseflammen rettes mod prøven. Først opvarmes med den yderste spids af flammen og man kan tydelig mærke den stikkende lugt af  $\text{SO}_2$  (svovldioxid), som straks kommer, når mineralet begynder at smelte. Det som sker er, at luftens ilt forbinder sig med svovlet i den smeltede blyglans. Samtidig sker der også

## OXIDERENDE (ILTENDE) FLAMME

REDUCERENDE  
(AFILTENDE) FLAMME



en reaktion mellem blyet og ilten, hvorved der dannes et gult stof  $PbO_2$ , der sætter sig på trækullet som et gult beslag udenom fordybningen (blymonoxid). En sådan proces kaldes en oxidation (iltning), og man siger, at der hersker oxiderende forhold i blæseflammens yderste dele.

Retter vi herefter den violette del af blæseflammen mod den smeltede kugle af blyoxid, ser vi, at den pludselig bliver skinnende og blank. Vi har åbenbart fået omdannet blymonoxiden til metallisk bly. En sådan proces kaldes en reduktion, det vil sige en afgivelse af ilt og det som har modtaget ilten er gassen, som er blevet oxideret til vanddamp og kuldi-oxid.

Hvis vi nu fjerner blæseflammen fra det smeltede bly bliver det hurtigt mat. Luftens ilt oxiderer det varme bly til blyoxid. Ønsker vi at bevare blyet, må det afkøles under reducerende forhold og det har vi i den lyseblå del af blæserørsflammen.

## FLAMMEFARVNING

Det er dog langt fra alle grundstoffer, der lader sig påvise ved hjælp af reduktion og oxidation. Til gengæld kan en hel del af disse identificeres gennem deres flammefarver.

Princippet i al flammefarvning er, at man bringer et let fordampeligt salt (af det man ønsker at undersøge) ind i en varm - og ikke for selvlysende flamme. Mange gange ser man allerede flammefarvning, når man varmer en mineralprøve med blæseflammen. Andre gange er det nødvendigt at dryppe den varme mineralprøve med koncentreret saltsyre og gentage opvarmningen før man får en farvereaktion.

En anden fremgangsmåde (til flammefarvning) er at opløse lidt af mineralet i et par milliliter saltsyre, indkoge syren til cirka 1/3 af det oprindelige rumfang. (Disse indkogninger sker med stor forsigtighed i et pyrex-reagensglas. Varm aldrig på reagensglassets bund, kun på siden - herved undgås stødkogning.) Den koncentrerede mineralopløsning bringes derefter ind i flammen på spidsen af en ren platintråd. Platintråden renses ved gentagende gange at blive glødet og derpå dyppet i ren koncentreret saltsyre. Trods en omhyggelig rensning af platintråden kan det ofte være vanskeligt at slippe af med den gule natriumfarve. Problemet kan ofte løses ved at man betragter sin farvede flamme gennem et stykke blå koboltglas. Det blå glas virker som et filter mod det gule natriumlys.



Natrium



Lithium



Barium



Kobber

### FLAMMEFARVER

Natrium (Na)	gul
Kalium (K)	violet
Lithium (Li)	karmin-rød
Strontium (Sr)	rød
Kalcium (Ca)	rosa - blegrød
Barium (Ba)	gul-grøn
Zink (Zn)	blå-grøn eller blå-hvid
Kobber (Cu)	blå eller grøn

den røde kalciumfarve frafiltreres af kobaltglas i modsætning til farverne fra lithium og strontium.

## PERLEFARVNING

Man skal ikke have arbejdet længe med blæserøret før man opdager, at mineralerne opfører sig højst forskelligt. Nogle smelter hurtigt andre er usmeltelige og atter andre lader sig reducere til frit metal. Mange mineraler indeholder imidlertid grundstoffer, som kan farve glas - en ting som udnyttes til glasurfarvning i den keramiske industri.

Man behøver dog ikke at bruge et silikat eller blyglans for at få disse farver frem. Smelter man borax (eller natrium-hydrogenfosfat) vil det størkne til en lille glaskugle. Er boraxen nu blevet blandet med lidt knust mineral, vil man få en farvet perle.

For at kunne arbejde med borax-perler må man anskaffe sig et cirka 5 cm langt stykke platintråd, som er indsmeltet i en glasstang. I enden af platintråden laves et lille øje, så man bedre kan styre den glødende perle.

Man arbejder nu på den måde, at den glødende platintråd stikkes ned i boraxen, som øjeblikkelig smelter sammen om trådens øje. Derefter varmes boraxen, så der dannes en klar perle i tråd-øjet. Den glødende perle bringes nu i kontakt med det fint pulveriserede mineral, og man fortsætter at varme boraxperlen i blæseflammen. På dette sted i undersøgelsen er det vigtigt enten at varme med oxiderende eller reducerende flamme. I tabellen nedenfor kan man se, hvorledes forskellige grundstoffer reagerer på oxiderende og reducerende forhold ved farvning af perlen.

	oxiderende flamme	reducerende flamme
Kobber (Cu)	blå	uigennemsigtig rød
Mangan (Mn)	violet	farveløs
Titan (Ti)	farveløs	violet (farves rød ved tilstedeværelse af jern)
Krom (Cr)	grøn	grøn
Uran (U)	gul	grøn
Kobalt (Co)	blåviolet	blåviolet
Nikkel (Ni)	brun (kold) violet (varm)	grå
Jern (Fe)	gul	flaskegrøn

Denne artikel er kun tænkt som en lille appetitvækker. Metodens charme er, at den er hurtig og billig, samt kan anvendes på meget små mineraler (for eksempel brækket ud af en bjergart ved hjælp af en kniv). Der findes bestemmelsesnøgler, hvori mineralerne bestemmes efter udelukkelsesprincippet set i forhold til reaktionerne. Læsere, som måtte være interesserede i at forsøge mineralbestemmelser, kan henvise til Me Mouritzen: Blæserørsanalyser anvendt til bestemmelse af mineraler, Polyteknisk Forening 1957.

*Ole Jørgensen*

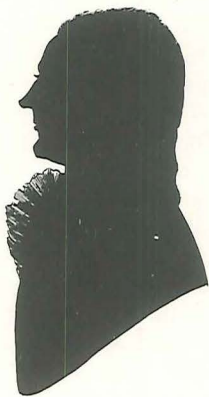
# WILLIAM SMITH



af Erik Kristiansen

I 1799 deltog den 30-årige William Smith i Bath's landbrugsselskabs årlige møde i Bath, Somersetshire (figur 2). Her traf han pastor Benjamin Richardson (figur 1), som ejede en stor fossilsamling. Denne samling fik Smith forevist og til stor undren for ejeren kunne han fortælle hvilke lag de forskellige fossiler var fundet i. Kort efter tog de to på Richardsons foranledning sammen på nogle udflugter i Bath's omegn, hvor lagenes hældning, rækkefølge og fossilindhold blev undersøgt til kontrol af Smith's forudsigelser.

Disse demonstrationer repræsenterede ganske ny viden for Richardson, og han kontaktede derfor den mere internationalt orienterede pastor J. Townsend (figur 1), der ligeledes mente, at dette var nyt for videnska-



*Rev.<sup>d</sup>. Benjamin Richardson*

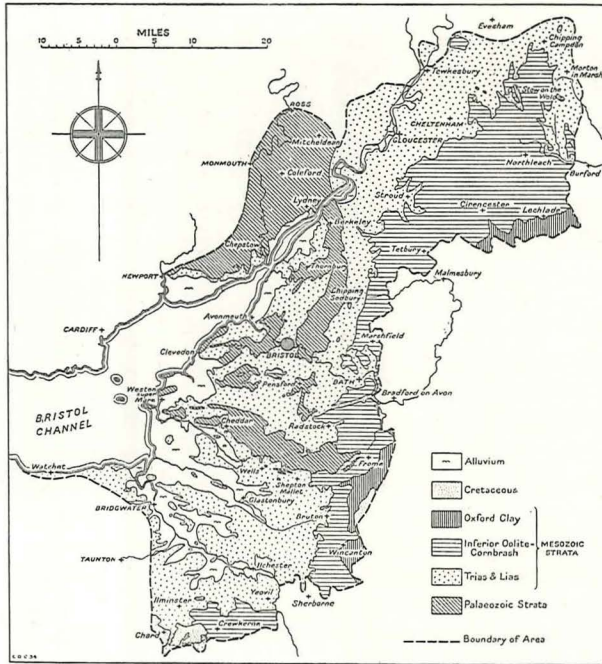
*from a Sichouette in the possession of Mr. Richardson.*



*Rev.<sup>d</sup>. Joseph Townsend. A.M.*

*from a Sketch by William Smith.*

Figur 1.



Figur 2. Geologisk kort over Bath visende udbredelsen af forskellige lag.

ben. Ved et middagsselskab hos J. Townsend enedes de tre om at udarbejdet skema (figur 3) over lagfølgen ved Bath med oplysninger om fossilindholdet. Smith dikterede, og Richardson nedskrev skemaet i tre eksemplarer, et til hver deltager. Ligeledes udarbejdede Smith samme år et håndkoloreret geologisk kort over Bath og omegn (figur 2).

Baggrunden for Smith's viden om de lokale geologiske forhold var hans arbejde som opmåler og leder af udgravningen af Somersetshire Coal Canal (1793 - 99) (figur 4). Under denne og andre udgravninger samt ved andre praktiske arbejder som dræning, kunstvanding, inddæmning og fundering var det vigtigt at kunne bestemme hvor i lagfølgen man befandt sig på det pågældende sted. Det var denne problemstilling som efterhånden fik Smith til at forstå fossilindholdets betydning for identifikationen af de enkelte lag.

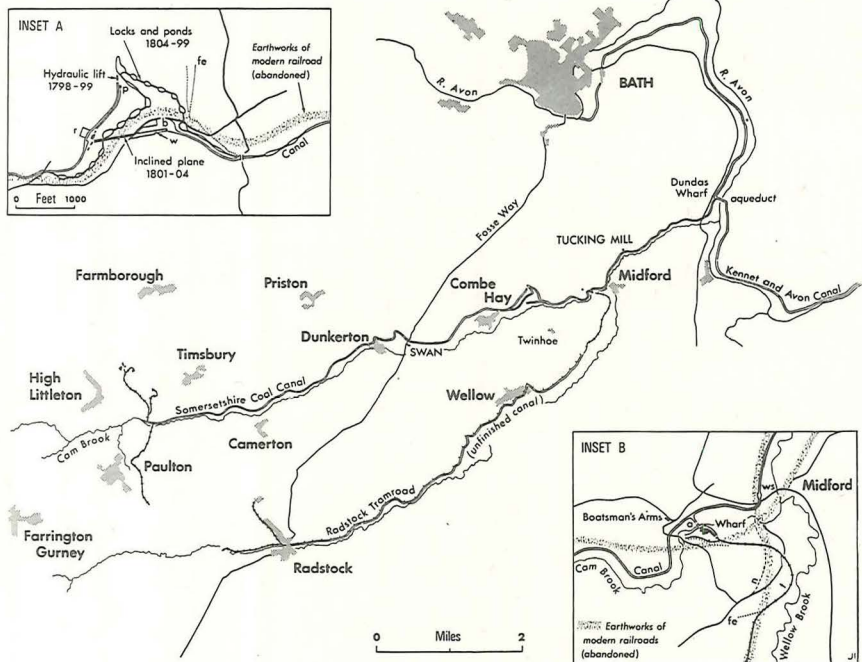
Lagfølgeskemaet blev af Richardson fordelt til udvalgte personer deriblandt også udlændinge, og selv om det ikke straks fik nogen stor praktisk betydning, repræsenterer det et afgørende vendepunkt inden for den del af geologien, man kalder stratigrafi, ligesom det sammen med det håndkolorerede kort var en landvinding inden for den geologiske kortlægning.



No. I.—Order of the STRATA and their imbedded ORGANIC REMAINS, in the vicinity of BATH; examined and proved prior to 1799.

Strata.	Thickness.	Springs.	Fossils, Petrifactions, &c. &c.	Descriptive Characters and Situations.
1. Chalk .....	300	{ Intermittent on the Downs }	{ Echinites, pyrites, mytilites, dentalia, funnel-shaped co- rals and madrepores, nautilites, strombites, cochlie, ostree, serpulie .....	Strata of Siles, imbedded. The fertile vaies intersecting Salisbury Plain and the Downs.
2. Sand .....	70	{ Between the Black Dog and Berkeley. }	{ .....	
3. Clay .....	30	{ Hinton, Norton, Woodvorton, Bradford Leigh. }	{ .....	
4. Sand and Stone	30	{ .....	{ .....	
5. Clay .....	15	{ .....	{ .....	
6. Forest Marble	10	{ .....	{ A mass of anomie and high-waved cockles, with calcareous cement .....	Imbedded is a thin stratum of calcareous grit. The stones flat, smooth, and rounded at the edges.
7. Freestone .....	60	{ .....	{ Scarcely any fossils besides the coral .....	The cover of the upper bed of freestone, or oolite.
8. Blue Clay .....	6	{ Above Bath. }	{ .....	Oolite, resting on a thin bed of coral. — Prior Park, Southstoke, Twyny, Winsley, Farley Castle, Westwood, Perfield, Conk- well, Monkton Farley, Coldhorn, Marshfield, Coldashton.
9. Yellow Clay .....	8	{ .....	{ .....	Visible at a distance, by the slips on the declivities of the hills round Bath.
10. Fuller's Earth .....	6	{ .....	{ Striated cardia, mytilites, anomie, pundibs and duck- muscles. }	
11. Bastard ditto, and Sandries	80	{ .....	{ Top-covering anomie with calcareous cement, strombites, ammonites, nautilites, cochlie hippocephaloides, fibrous shell resembling amianth, cardia, prickly cockle, myti- lites, lower stratum of coral, large scollop, nidus of the muscle with its cables .....	Lincombe, Devonshire Buildings, Englishcombe, English- batch, Wilmerston, Dunkerton, Coombe, Monkton Coombe, Wellow, Mitford, Stoke, Freshford, Claverton, Bathford, Bathaston and Hampton, Chadcombe, Swans- wick, Tadwick, Langridge.
12. Freestone .....	30	{ .....	{ Ammonites, belemnites .....	Ochre balls.—Mineral springs of Lincombe, Middle Hall, Cheltenham.
13. Sand .....	30	{ .....	{ Pectenites, belemnites, gryphites, high-waved cockles .....	The fertile marl lands of Somerscote, Tweston, Newton, Preston, Clifton, Stratton, Prior, Finsbury, Paul, Mar- bury, Farnborough, Corston, Hunstreet, Burnet, Key- sham, Whitchurch, Salford, Kelston, Weston, Puckle- church, Queencharlton, Norton-matward, Knowle, Charlton, Kilmersdon, Babington.
14. Marl Blue .....	40	{ Round Bath. }	{ .....	A rich manure.
15. Lias Blue .....	25	{ .....	{ Same as the marl with nautilites, ammonites, dentalia, and fragments of the enchrini .....	Pits of riddle. Beneath this bed no fossil, shells, or animal remains are found: above it no vegetable impressions.
16. Ditto White .....	15	{ .....	{ .....	The waters of this stratum petrify in the trunks which convey it, so as to fill them, in about fifteen years, with red watriele, which takes a fine polish.—Highlighton.
17. Marl Stone, In- digo and Black Marl .....	15	{ .....	{ Pyrites and ochre .....	
18. Red-ground .....	180	{ .....	{ No fossil known .....	
19. Millstone, 20. Pennant Street		{ .....	{ Impressions of unknown plants resembling equisetum. }	Fragments of coal and iron nodules.—Hanhnam, Brislington, Mangotsfield, Downend, Winterbourn, Forest of Dean, Pensford, Publow, Chelwood, Cumpstonand, Hallatrow near Stratford-on-Avon, Stonebench on the Severn, four miles from Gloucester.
21. Grays .....		{ .....	{ .....	Stourbridge, or fire-clay.
22. Cliff .....		{ .....	{ Impressions of ferns, olive, stellate plants, threnax-parvi- flora, or dwarf fan-palm of Jamaica .....	
23. Coal .....		{ .....	{ .....	

Figur 3.



Figur 4. Somersetshire Coal Canal.

I de følgende år arbejdede Smith på at udstrække sin viden om lag-identificering og kortlægning fra de lokale forhold til landsbasis. Han udstillede i årenes løb flere udkast til geologiske kort på landbrugsudstillinger rundt om i landet. Baggrunden for hans ihærdige arbejde med den geologiske kortlægning var hans interesse for at skaffe et bedre grundlag for alle former for praktisk udnyttelse af jordbund og undergrund. På trods af manglende støtte fra det i 1807 oprettede Geological Society of London, lykkedes det Smith i 1812 at færdiggøre et endeligt udkast til et geologisk kort over England og Wales. 400 abonnenter med Sir Joseph Banks i spidsen muliggjorde den endelige udgivelse af kortet i 1815. Det bestod af 15 farvelagte kortblade i formatet 2,67 m (højde) x 1,88 m (bredde), svarende til en målestok på cirka 1:317000. Kortet ledsagedes af noter. Som ufuldendt pendent til dette kort og som videre udbygning af lagfølgeskemaet fra 1799 udkom i 1816-19 fire af syv planlagte dele af et værk, der beskriver de enkelte lag og deres fossiler (forsteninger) i tekst og farveplaner (figur 5 og 6). Det har sikkert ærgret Smith, at han i dette værk ikke kunne anskueliggøre lagenes hældning, således som han havde gjort

# STRATA

IDENTIFIED BY

## ORGANIZED FOSSILS,

CONTAINING

**Prints on Colored Paper**

OF THE MOST

CHARACTERISTIC SPECIMENS

IN EACH

STRATUM.

---

---

BY WILLIAM SMITH,

MINERAL SURVEYOR,

AUTHOR OF "MAP OF THE STRATA OF ENGLAND AND WALES," AND "A TREATISE ON IRRIGATION."

---

---

London :

*Printed by W. Arding, 21, Old Boswell Court, Carey Street ;*

And sold by the AUTHOR, 15, Buckingham Street, Strand ; J. SOWERBY, 2, Mead Place,  
Lambeth ; SHERWOOD, NEELY, and JONES, and LONGMAN, HURST.

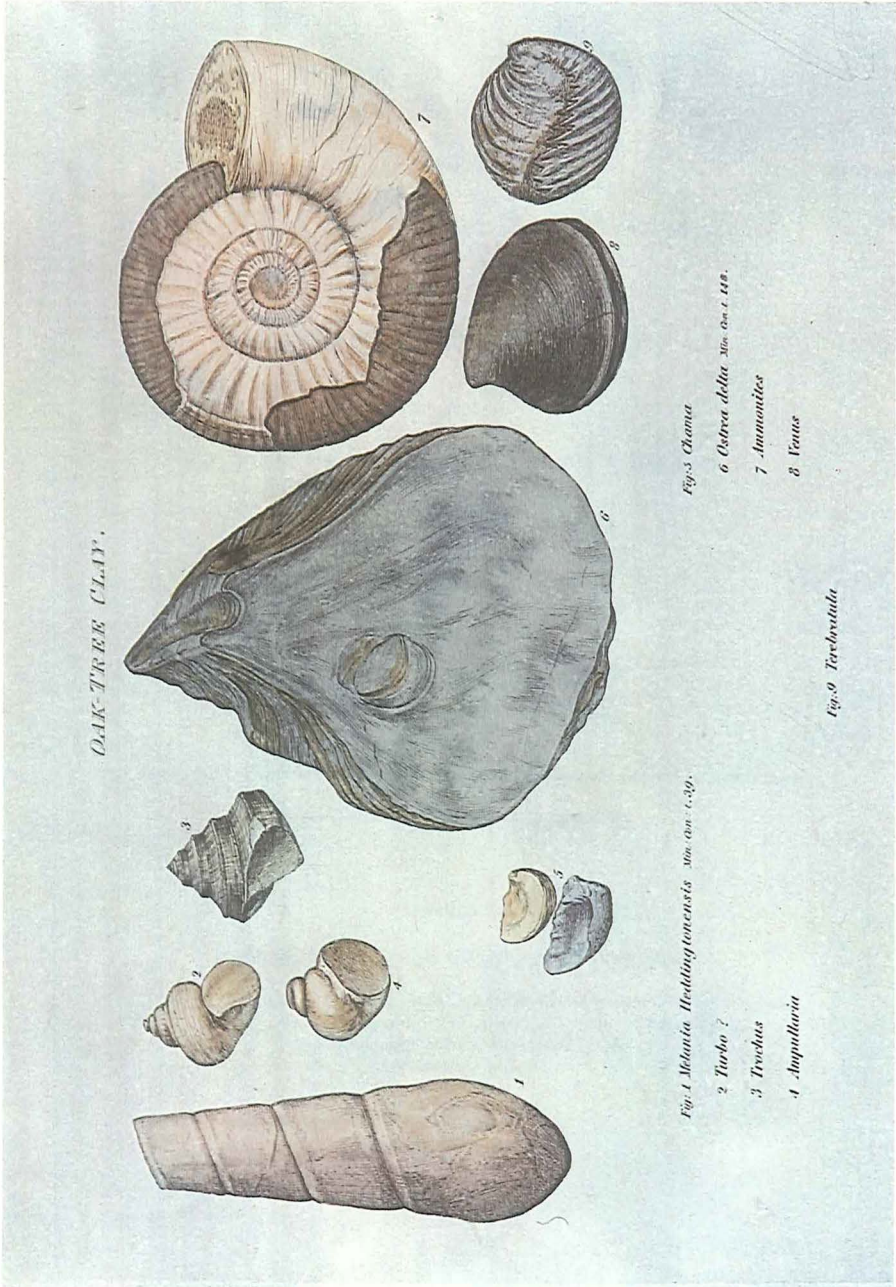
REES, ORME, and BROWN, Paternoster Row ;

And by all Booksellers.

---

JUNE 1, 1816.

Figur 5.



OAK TREE CLIFF.

Fig. 1 *Melania Haldingtonensis* sin. nov. t. 29.

- 2 Turbo ?
- 3 Trochus
- 4 Ampullaria

Fig. 5 *Chama*

- 6 *Ostrea delta* sin. nov. t. 158.
- 7 *Ammonites*
- 8 *Venus*

Fig. 9 *Terebratalia*

Figur 6.

ved at placere fossilerne på skråtstillede hylder i sin egen store fossilsamling, der i 1807 blev købt af British Museum.

Smith fortsatte sit arbejde i perioden 1817 - 24 med udgivelse af lokale geologiske kort fra flere engelske grevskaber, og i 1824 holdt han på foranledning af Yorkshire Philosophical Society, otte forelæsninger om Yorkshire's geologi. Det var første gang han offentligt holdt en forelæsning om geologi.

Mange andre, heriblandt Charles Lyell og R.I. Murchison anvendte nu i deres geologiske undersøgelser Smith's principper, og det faldt derfor helt naturligt, at Geological Society of London i 1831 tildelte William Smith den første Wollaston medalje med følgende begrundelse: "I betragtning af, at han har været en stor original opdager i engelsk geologi og især fordi han var den første i dette land der klarlagde og kundgjorde identifikationen af lag og bestemte deres lagfølge ved hjælp af de i dem indeholdte fossiler". Selskabets daværende præsident A. Sedgwich kaldte ham i en tale ved festen, i anledning af overrækkelsen, for engelsk geologis fader. I 1832 tildeltes han statspension på 100 pund årligt. Han døde som 70-årig den 28 august 1839. Kun halvandet år forinden havde han søgt ansættelse som inspektør ved det museum som indeholdt Geological Society of London's samlinger, da disse trængte til at blive ordnet. Han fik dog ikke stillingen, da man mente, der skulle en yngre mand til.

*J. Kristiansen*

## 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 samlekasetter (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.

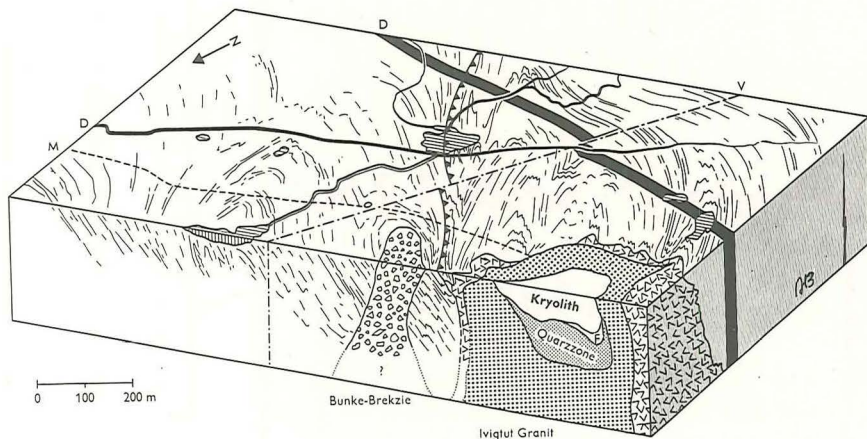
© 1974 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.

Den enestående kryolittforekomst ved Ivigtut indeholder foruden kryolitt mange sjældne mineraler. Et nært samarbejde mellem Kryolitselskabet Øresund og Mineralogisk Museum har bevirket, at der i museets samlinger indgår et stort og enestående materiale af Ivigtut-mineraler.

Den første særudstilling om Ivigtut åbnedes til den 21. Internationale Geologkongres i København i 1960. I samme anledning opbyggede nuværende professor Hans Pauly en udstilling på Kryolitselskabet Øresund.

Udstillingen, der åbnede 5. juni i år på Mineralogisk Museum er en sammensmeltning af de to nævnte udstillinger, idet Kryolitselskabet generøst har stillet sit materiale til rådighed for museet.

Den nye udstilling viser kryolittforekomstens regionale geologiske placering, selve kryolitlegemets opbygning illustreres, og der vises pragtstykker af mange af de 85 mineraler, der i dag kendes fra Ivigtut. På en vægtavle fortælles om kryolitens egenskaber og vigtigste anvendelse. I forbindelse hermed er der fremlagt en del typiske Ivigtut-stykker, som publikum selv kan studere. På fjernsyn vises dagligt kl. 13,15, 14,00 og 15,00 en cirka 15 minutters film om kryolitens brydning og oparbejdning.



Blokdigram, der viser kryolittforekomstens geologiske placering. Forkanten i diagrammet er et snit langs Arsuksfjordens sydkyst. De tynde streger viser foldstrukturer i gnejsen, den takkede linie en overskydning. De med D mærkede gange er diabaser, V angiver en forkastning, M en sprækkezone. Kryolitmassen med underliggende flusspat- og kvartszone forekommer i en yngre (dog cirka 1200 millioner år gammel) granit. Illustrationen er lånt fra beskrivelsen til det geologiske kort over Ivigtutområdet (1 : 100.000), som Grønlands geologiske Undersøgelse vil udgive i år.

# VARV

- der i år har 10 års virksomhed at se tilbage på - har efterhånden en omfattende række publikationer at fremvise. Vi vil gerne bidrage til at udbrede kendskab til geologi - viden om Jorden og dens ressourcer - gennem kvalificerede og forhåbentlig letforståelige artikler. Vi vil gerne være aktuelle og give bidrag til tidens brændende problemer som for eksempel gennem de artikler om energikilder, som denne Varv-årgang vil indeholde. Samtidig vil vi også gerne oplyse om naturens mange luner og om sære ting og pudsige fund.

Varv er imidlertid mere end et blad. Vi har udgivet ekskursionsførere for Bornholm, for Sydøstsjælland og Møn og trykt plakater og postkort og endelig også lærebøger. Som et sidste skud på stammen har Varv udgivet sit første temahefte - bogen om

## GHANA



Ashanti guldvægte

Varv vil med temahefterne belyse en række emner af aktuel og almen betydning gennem en bred geo-faglig orientering. Temahefterne vil ikke alene kunne anvendes i skoleundervisningen, men det er håbet, at de også vil nå ud til et større publikum med interesse for samfundsudvikling.

Det første hefte omhandler de geo-faglige forhold i et u-land, Ghana, og bidrager til at klarlægge problemer omkring vores forhold til den tredje verden og de vilkår, der er forudsætningen for udviklingen i de fattige lande.

Temaheftet Ghana er skrevet af professor Erling Bondesen, universitetslektor Nanna Nøe-Nygaard og universitetslektor Henrik Jeppesen. Alle 3 forfattere har nøje kendskab til Ghana gennem flere års ophold der.

# GHANA



De geologiske forhold danner ikke blot baggrund for Ghanas mineralproduktion, men geologien kontrollerer også jordbundsudviklingen, vandforsyningen og produktionen af byggematerialer. De geologiske forhold er således afgørende både for befolkningens dagligdag og for dens fremtidsmuligheder.

Alle disse emner belyses udførligt. Der skrives også om krukker og perler og om den sidste million års historie. Der orienteres om, hvorledes mineraludnyttelsen hænger sammen med den økonomiske og sociale struktur. Der er tal for produktion, import og eksport. Energikrisen har ramt u-landene og dermed også Ghana særligt hårdt. Varetransport til og fra og rundt i landet er blevet meget dyrere, og varerne der importeres fra industrilandene er steget kraftigt i pris, medens Ghanas egne produkter ikke er steget tilsvarende. Man skal bruge mere af den sparsomme fremmede valuta til olieimport, så der er færre penge tilbage til at købe andre importvarer for. Derfor tvinges man i højere grad til at udnytte lokale ressourcer. Heftet fortæller om "Volta River Project", et dæmningsprojekt med verdens største kunstige sø til følge, og om mulighederne for at finde olie i Ghana. Hvordan kan man hjælpe med at øge landbrugsproduktionen?

Disse og mange andre spørgsmål stilles og besvares i Varv temahefte





frankeres  
som brev

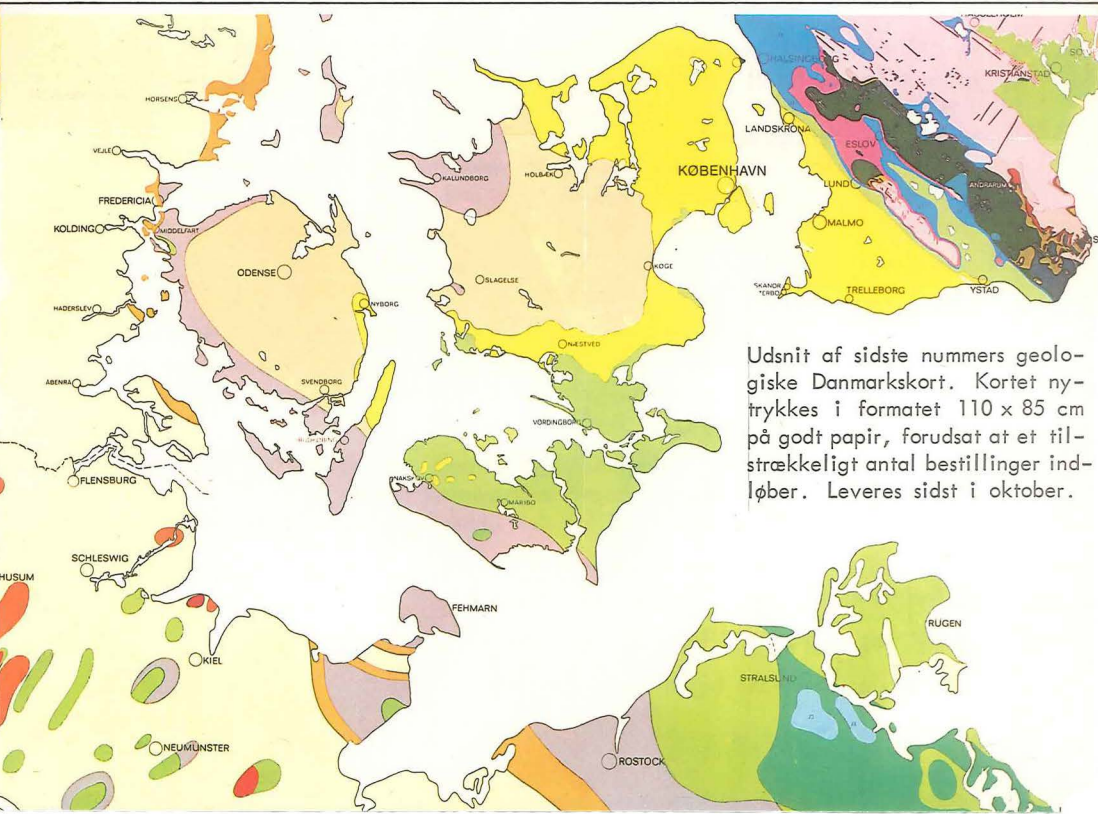
navn

adresse

Tidsskriftet VARV

Øster Voldgade 5-7

DK 1350 København K



Udsnit af sidste nummers geologiske Danmarkskort. Kortet nyrtrykkes i formatet 110 x 85 cm på godt papir, forudsat at et tilstrækkeligt antal bestillinger indløber. Leveres sidst i oktober.

## BESTILLINGSKORT

STK "GEOLOGI PÅ BORNHOLM"	kr. 18.00
STK "GEOLOGI PÅ ØERNE"	kr. 20.00
STK "GHANA"	kr. 25.00
STK "GEOLOGISK KORT OVER DANMARK"	kr. 50.00
STK PLAKATER (TIDSSPIRAL - GRUSGRAV)	kr. 10.00
STK POSTKORT	kr. 1.00
STK "DEN LILLE TEKTONIKER"	kr. 44.00
STK "PALÆOZOIKUM"	kr. 30.00
STK ABONNEMENT PÅ VARV	kr. 18.00
STK KASSETTER	kr. 8.00

nr 1 Ghana. Hefte er velegnet til undervisningen i gymnasiet og HF. Det giver mulighed for at behandle et udviklingsland fra en ny vinkel, de naturskabte forudsætninger. Et synspunkt som sikkert deles af mange af Varvs geologisk interesserede læsere.

Temahefte nr. 1 Ghana er på 96 sider med 75 illustrationer, heraf 50 farvefotos. Pris 25 kr (ved køb af mere end 25 stk - 20 % rabat) frit tilsendt.

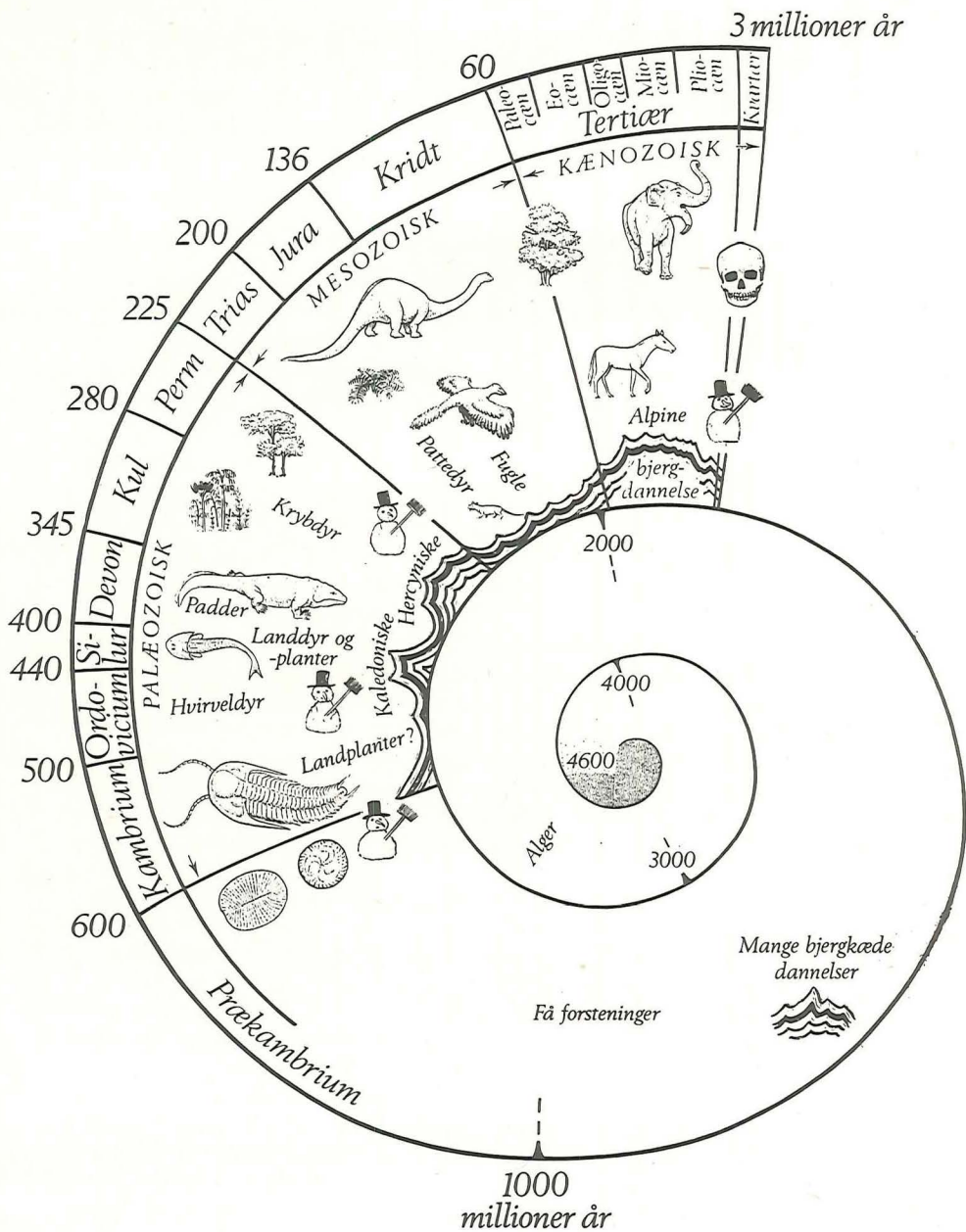
"Geologi på Bornholm" (64 sider) og "Geologi på Øerne" (96 sider) beskriver en række lokaliteter og giver forskellige turforslag. Begge bøger er i Varv-format - er righoldigt illustreret med kortskitser, profiltegninger, farvebilleder og afbildning af fossiler.

Lærebog for "Den lille tektoniker" (196 sider) er forfattet og illustreret af professor Asger Berthelsen. Bogen er beregnet for de første år ved universitetet, og har masser af stof for den alment geologi-interesserede.

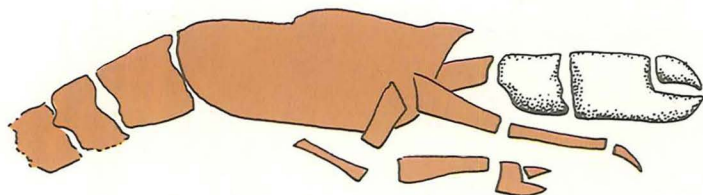
"Palæozoikum" (230 sider) er beregnet til undervisningsbrug i stratigrafi og er forfattet af professor Valdemar Poulsen.

VARV kan endnu fås i komplet sæt omfattende alle 10 årgange.

Ved køb af classesæt (mindst 25) ydes 20 % rabat.



# Gabeas corpus



HVOR ER LIGET ?

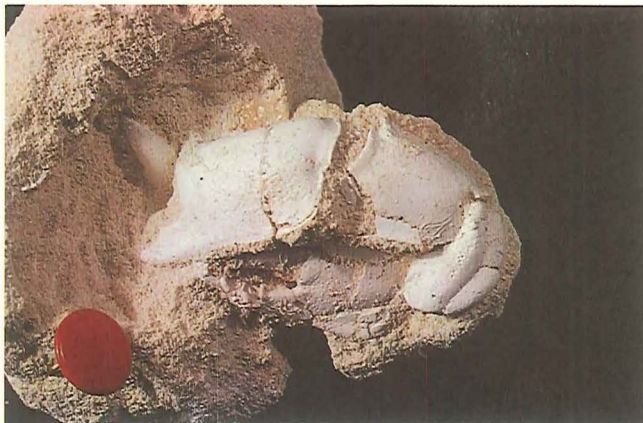
Af Richard Bromley

Et af de største problemer i palæoøkologi er ufuldstændigheden af den forstenede dyre- og planteverden. Det er svært at rekonstruere havbundens miljø i fortiden, når man ved, at forsteningerne kun repræsenterer en lille procentdel af den oprindelige fauna og flora i området - og en vis del af forsteningerne repræsenterer former, der kan være skyllet ind udefra og i virkeligheden hørte hjemme i andre områder og miljøer.

Netop sporfossilerne i mange sedimenter understreger ofte det forhold, at en stor del af den oprindelige fauna ikke er repræsenteret ved "rigtige" fossiler eller "krops"-fossiler. Mange spordannende dyr som orme og søpølser har ikke et hårdt skelet, som kan bevares fossilt. Andre gravende dyr, især muslinger, har hårde skeletdele, som udmærket kan blive til fossiler.

Det er få marine lavvandsedimenter fra Mesozoikum og Tertiær, som ikke indeholder gravegange af krebsdyr (rejer, hummere og krabber) - men kropsfossiler af krebsdyr er sjældne. Det er derfor altid spændende at finde en velbevaret forstenet reje.

Årsagerne til denne sjældenhed er mange. 1) Man ser både i naturen og i akvarier, at når et gravende krebsdyr skifter hud eller dør, bliver det afkastede hudpanser eller liget som alt andet affald smidt ud af gravegangssystemet af de andre krebsdyr. På havbunden bliver disse rester spist af ådselædere og har derfor kun ringe chancer for at blive til forsteninger. 2) Skelettet af de højtspecialiserede gravende krebsdyr er ofte ikke rigtig gennemforstærket med kalk. Hos nogle er kun klosaksene forstærket, medens resten af skelettet er blødt. Det giver krebsen en mulighed for at slå kolbøtter og således vende rundt i den snævre gravegang. Af denne type krebsdyr er derfor normalt kun klosaksene bevaret.



En klosaks af *Callianassa* fra det hollandske Øvre Kridt. Store lagtykkelser af kalksand indeholder velbevarede gravegange af krebsdyr, men selve dyret er kun bevaret i et enkelt lag. (tegnestift som målestok).



Gravegange fra Floridas Kvarter. Identiske gravegange dannes i dag af *Callianassa* på Floridas kyst, men kropsfossiler af den Kvarterære spordanner er ikke bevaret.



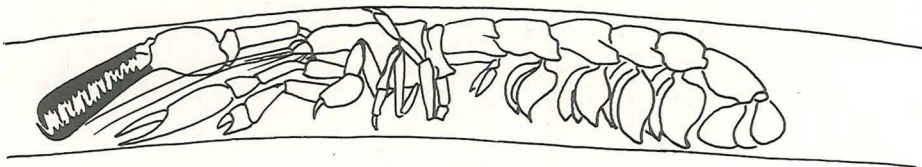
Tre flintkonkretioner, som er dannet i udfyldninger af krebsdyrgravegange i skrivekridt. Gravegangenes grenede form afspejles nøjagtigt af flinten.

3) Selv forkalkede skeletelementer indeholder ofte meget organisk materiale og vil efter dyrets død nedbrydes sammen med bløddelene. Kun en meget hurtig mineralisering til erstatning af det organiske stof i skelettet kan resultere i et velbevaret kropsfossil.

Derimod er krebsdyrets gravegang en sedimentstruktur. Gangen er udfyldt af sediment, der er en anelse forskellig fra det sediment, der omgiver den, idet fyldmaterialet ofte indeholder ekskrementer fra krebsdyrene og rester af deres måltider, gangens væg er i de fleste tilfælde forstærket mod sammenstyrtning af slim eller organisk cement, som arkitekten selv har udskilt og plastret på væggene. Disse små mængder af organisk stof i gravegangenes fyld og væg medvirker til at gravegangene bliver fremhævet gennem forsteningsprocesserne på samme måde som et fotografi bliver gjort synligt ved fremkaldervæskens indvirkning.

Således kan der blive udskilt konkretioner i fyldmaterialet, i væggene eller rundt om gravegangene. Konkretionerne kan bestå af flint, fosforit, calcit og så videre. Gangene kan også blive cementeret enten mere eller mindre end det omgivende sediment - på disse måder bliver sporet bevaret som et sporfossil.

De forsteningsprocesser, der fører til en god "fremkaldning" af en gravegang, nedbryder oftest arkitektens skelet, så arkitekt og bygningsværk findes sjældent sammen.



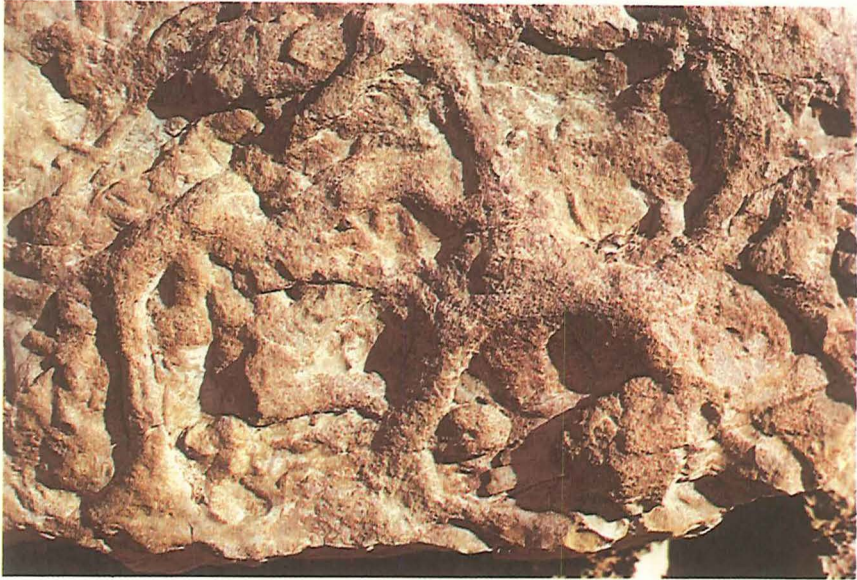
Den langhalede krebs *Ctenocheles* i sin gravegang, tegnet efter et nutidigt eksemplar. Kun spidserne af den store klosaks (sort) er bevaret i enkelte lag i Danmarks øverste skrivekridt og nederste Danien. Er denne slægt ansvarlig for de talrige krebsdyrgravegange som findes i Danmarks skrivekridt og Danien ?

Mange langhalede krebsdyr, der spiser havbundens sediment, bygger karakteristiske gravegangssystemer med Y- og T-udgreninger. Detaljerne varierer med de forskellige arter af krebsdyr - og indenfor samme art også med miljøet (havdybde, sedimenttype). Disse gravegange er meget almindelige sporfossiler, men da spordannerens lig oftest mangler, kan det være svært at finde ud af, hvem arkitekten egentlig var.

Tre "case-stories" kan passende illustrere de almindeligste forhold.

1) Langs sydøstkysten af U.S.A. bygger en langhalet krebs *Callianassa major* et meget karakteristisk, grenet gangsystem i sandet ved den nedre tidevandsgrænse. Gravegangene er styrket af kugler af slimfyldt sediment, som krebsen har rullet med sine munddele og presset ind i væggene. I det samme område findes tilsvarende gangsystemer i de Kvartære kystkliner. På grund af gangenes forgreninger, dimensioner og specielle vægstruktur tolker man gravegangene som dannet af *Callianassa major* selvom man har pillet utallige af disse gravegange i stykker uden at finde rester af krebsens skelet. Præcis det samme sporfossil (kaldet ophiomorfer) findes ved Robbedale på Bornholm ved Jura/Kridt grænsen. Heller ikke på Bornholm har man fundet rester af selve de gravende krebsdyr i gangene. Der kan her næppe være tale om *Callianassa* som den ansvarlige arkitekt, idet denne slægt først dukkede op i Øvre Kridt. Vi kan dog på grundlag af gravegangenes form og vægstruktur slutte os til, at arkitekten var en langhalet krebs, der opførte sig på samme måde og levede i det samme miljø som den nulevende *Callianassa*.

2) Danmarks skrivekridt (Øvre Kridt) er gennemsat af gravegange, der - at dømme fra deres form - må være lavet af krebsdyr. Gangsystemerne er mere synlige i nogle horisonter end i andre, og det kan skyldes at de er udfyldt med gråligt materiale eller de kan være udfyldt eller om-



A. Typiske grenede krebsdyrgravegange fra Øvre Jura på Jameson Land, Østgrønland. B. I nogle lag findes konkretioner i de grenede gangsystemer. C. Den gravende krebs *Glyphæa* er bevaret i konkretionerne og var uden tvivl gravegangsystemets arkitekt. (tegnestift som målestok).

vokset af flintkonkretioner. Skønt disse gravegange er uhyre almindelige, ved vi ikke med sikkerhed hvem arkitekterne var. Fragmenter af de for-kalkede klosakse af en langhalet krebs nært beslægtet med *Callianassa* findes i et brunt lerlag nær toppen af skrivekridtet i kridtgraven "Dania" ved Mariager, men de omtalte gravegange findes ikke i dette tynde lag, selv om der ikke er den ringeste tvivl om, at krebsdyret er en gravende form.

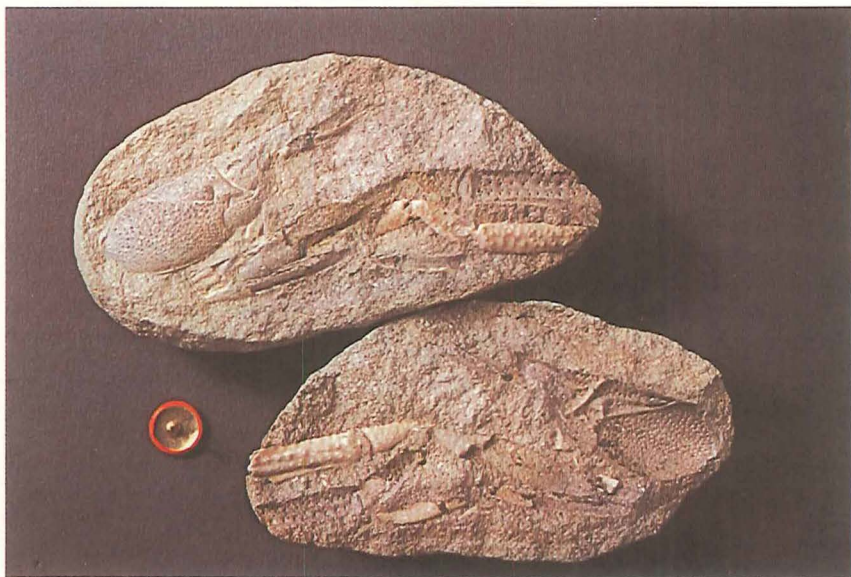
3) Endelig en heldig undtagelse. I Jamesonland i Østgrønland nord for Scoresbysund er en sandsten fra det øverste Nedre Jura gennemsat af Y-grenede gravegange af "krebse"-type. Fosforitknolde findes spredt gennem sedimentet, og det er kun i disse konkretioner, man finder kropsfosiler. De knolde, der ligger udenfor gravegangene, indeholder muslinger, snegle og så videre, medens de mere pølseformede, endog Y-grenede konkretioner, som findes inde i gravegangene, næsten udelukkende indeholder velbevarede, langhalede krebs af en type, som må have været gravende at dømme efter deres anatomi. Her kan vi for en sjælden gangs skyld med nogen rimelighed tro at vi har liget af arkitekten i hans egen bolig.

*R. Granille Bronler*





B.



C.

# SOLENERGI OG GEOLOGI

af Henning Sørensen

Menneskets materielle fremskridt har indtil nu, hvad energikilder angår, næsten udelukkende været baseret på den solenergi, der er oplagret i træ, vand- og vindkraft og i de fossile brændsler. Først i de seneste år er den oplagrede solenergi blevet suppleret med geotermal energi, tidevandsenergi og atomkraft, men de fossile brændsler er stadig langt de vigtigste energistoffer.

Som nærmere behandlet i Varv 1, 1974 næres der alvorlig frygt for, at de fossile brændsler ikke fortsat vil kunne dække energibehovet. Man er derfor begyndt at se på alternative energikilder. De geologiske aspekter af en af disse, atomkraften, blev behandlet i Varv 2, 1974.

Solenergien selv er umiddelbart den mest tiltalende af de alternative energikilder. Denne energi tilflyder Jorden kontinuert, er udtømmelig og er næsten uden bivirkninger. Den udgør mere end 99,9 % af den energi, som påvirker jordoverfladen, og menneskeheden anvender nu en energimængde, der er en meget lille brøkdel af den energi jordkloden modtager fra solen.

Man må gå ud fra, at mennesket i en ikke fjern fremtid vil udnytte solenergien direkte til husopvarmning og kraftfremstilling og sandsynligvis også indirekte via fremstilling af brint eller ved på anden måde at omdanne solenergi til kemisk energi. Disse lidt fjernere perspektiver vil vi lade ligge for i stedet at behandle de mere "traditionelle" former for oplagret solenergi.

Som vist på side 92 bliver en væsentlig del af solenergien tilbagekastet som kortbølget stråling fra atmosfærens øvre del. En anden betydelig del absorberes i atmosfærens støv, skyer og så videre. Lidt mindre end halvdelen af den indkomne solenergi når ned til jordoverfladen og opvar-

## Lidt om tal

Der er mange tal i denne artikel. De er sammenstykket af oplysninger fra mange og til dels indbyrdes modstridende kilder. De skal derfor tages med forbehold og viser først og fremmest størrelsesordenene.

## Apropos tal.

I Varv 2, 1974 side 62 linie 5 skal der stå 4 og ikke 40 km<sup>3</sup>.

mer denne, havene og atmosfærens nedre del. Denne energi er dog ikke 100 % til rådighed for jordoverfladens geologiske, meteorologiske og biologiske processer. Det at temperaturen ved jordoverfladen er nogenlunde konstant på trods af den stadige tilførsel af solenergi viser, at jordoverfladen må udstråle varme til atmosfæren og rummet uden for denne. Nettoresultatet af ind- og udstrålingen er, at der i gennemsnit er cirka 30 % af den indfaldne solenergi til rådighed for processerne ved jordoverfladen, men der er store variationer fra sted til sted.

0,2 % af den totale solstråling omdannes ved jordoverfladen til den mekaniske energi, som driver vinde, bølger og havstrømme. Cirka 20 % af solenergien holder vandets geologiske kredsløb - fordampning-nedbør-afstrømning, nedsivning-fordampning - i gang. Det er en lille del af denne mekaniske energi, der kan nyttiggøres som vind- og vandkraft.

0,02 % af solenergien oplagres ved fotosynteseprocessen i de klorofylholdige planter som kemisk energi. Denne energi kan udnyttes ved brænding af planter og fossilt brændsel.

## SOLENERGI OPLAGRET SOM MEKANISK ENERGI

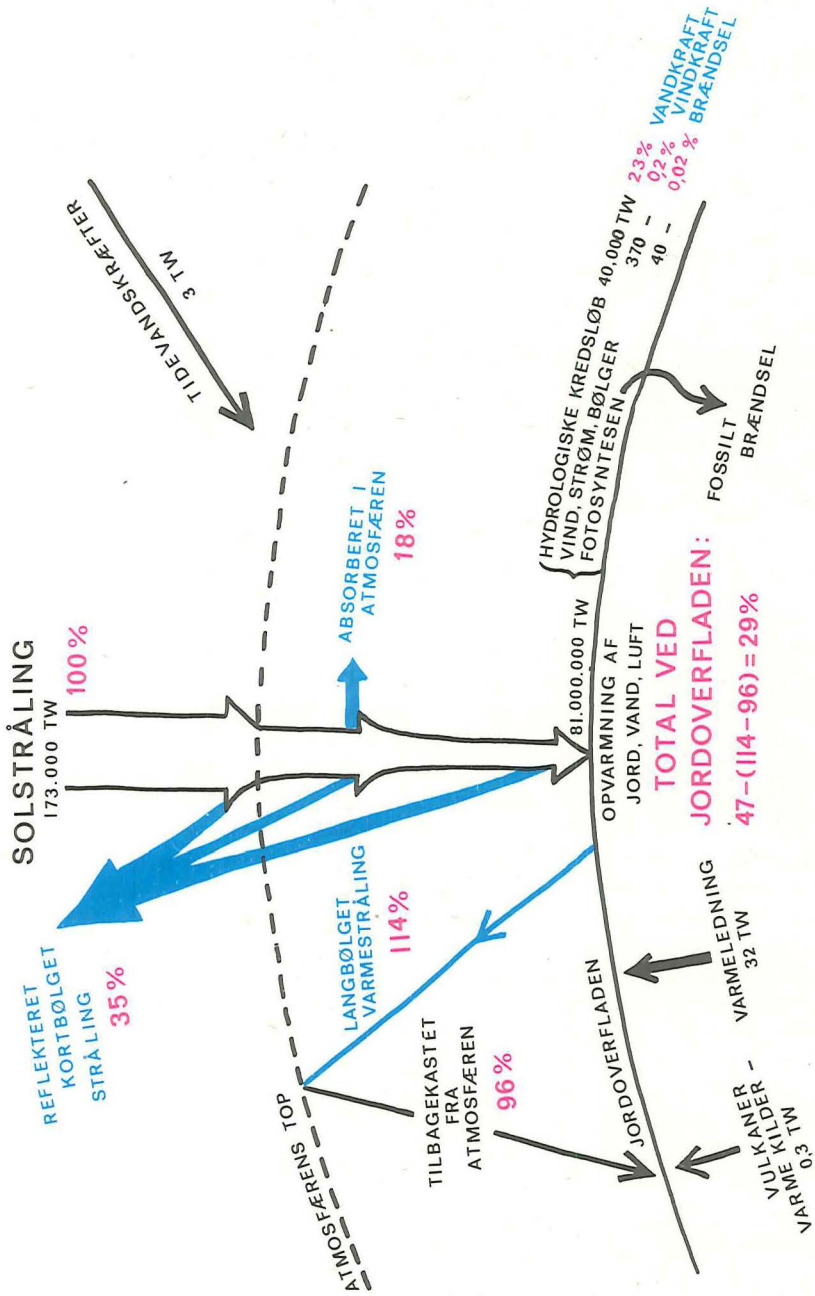
Vind- og vandkraft har til nu været af stor lokal betydning og vil fortsat kunne dække væsentlige lokale energibehov. Vandkraft udgør nu cirka 6 % af den totale energiproduktion, og 8-9 % af de beregnede vandkraftreserver udnyttes. Det skønnes, at vandkraft selv ved fuld udnyttelse af temperaturforskellen mellem overfladevand og dybere vand i tropiske have kun vil kunne dække få procent af det fremtidige energibehov.

Geologien spiller en vigtig rolle inden for vandkraftsektoren. Planlægningen af vandkraftværker kræver nøje geologisk analyse af de involverede vandløb og landområder, både hvad angår selve placeringen af dæmninger og andre anlæg, her tænkes især på fundering, analyse af spækkesystemer, analyse af skredrisiko og seismiske forhold, og hvad angår følgerne af bygningen af dæmninger og vandreservoarer og de dermed forbundne ændringer af flodernes vandføring og lejer. Opfyldning af vandreservoarer med sedimenter sætter en stopper for vandkraftanlæggenes drift og kan også virke ind på de økologiske og dyrkningsmæssige forhold længere nede ad vandløbene. Vandkraft er en vigtig side af ingeniørgeologien.

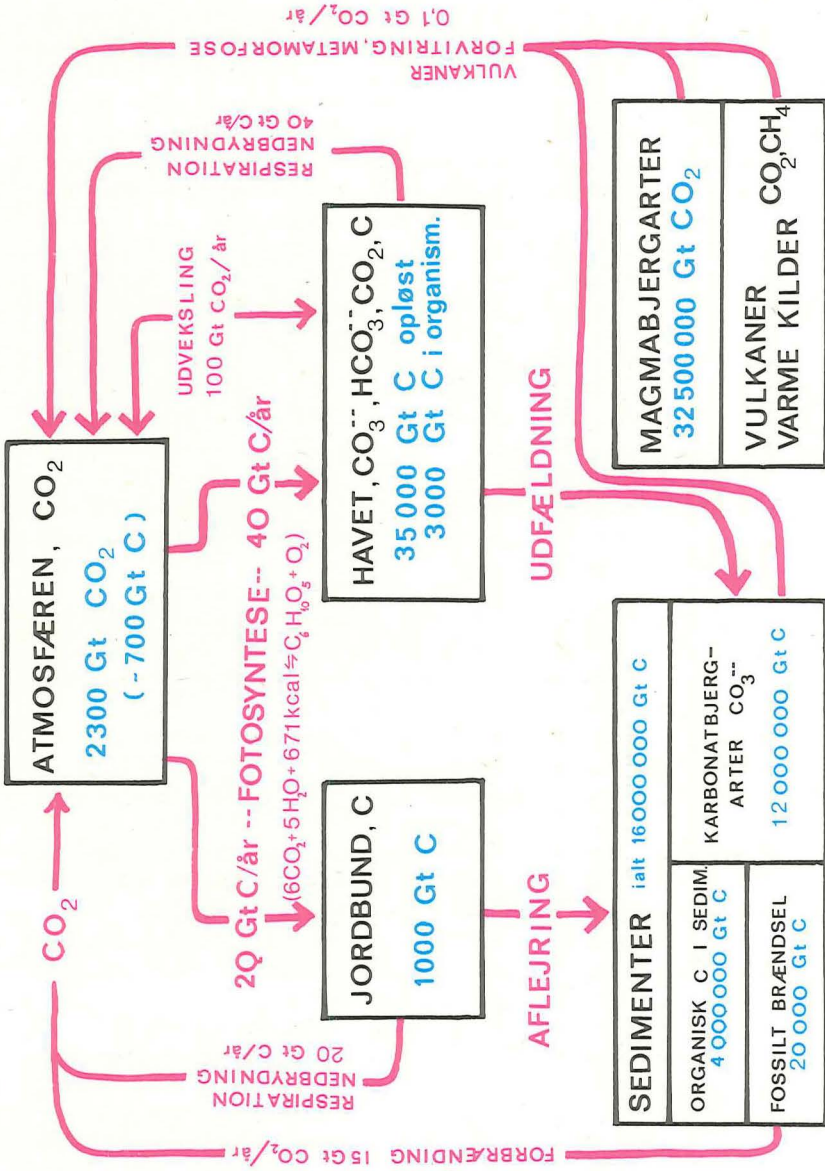
Vindkraften vil ikke blive omtalt nærmere, da geologiske forhold kun spiller en underordnet rolle inden for dette energiområde.

## SOLENERGI OPLAGRET SOM KEMISK ENERGI

Det er selvsagt umuligt at give nøjagtige tal for den mængde kulstof, som fotosynteseprocessen hvert år trækker ud af luftens og havvandets indhold af kuldioxid (CO<sub>2</sub>) og oplagrer som organiske kulstofforbindelser i de grønne planter på land og i havets planteplankton. Det skønnes, at



Skema over energistrømmen ved jordoverfladen.  
 1 watt = 1 joule/sec = måleenhed for effekt, det vil sige energiydelse per sekund.  
 1 TW (terawatt) = 10<sup>12</sup> watt = 1.000.000.000.000 watt.



Kulstofets geokemiske kredsløb. 1 Gt = 1 milliard t. Blå farve: beholdning. Rød farve: transport.

der hvert år på landjorden nydannes plantemateriale med et indhold af grundstoffet kulstof (C) på cirka 20 milliarder t; det tilsvarende tal for havet angives at ligge mellem 40 og 100 milliarder t. Det er denne kemisk bundne solenergi, som danner grundlaget for de biologiske processer i biosfæren.

Ved organismernes respiration og ved forrådnelsen af døde organismer dannes  $\text{CO}_2$  med mere under varmeudvikling. Der er nogenlunde ligevægt mellem mængden af nydannet organisk stof og mængden af nedbrudt materiale. De organismerester, som på grund af indlejring i sedimentbjergarter eller i iltfattigt vand afskæres fra kontakt med luftens ilt, unddrages imidlertid kulstofs ydre kredsløb og er udgangsmaterialet for dannelsen af de fossile brændselsstoffer. Disse sidste omfatter kulrækkens bjergarter - tørv, brunkul, stenkul, antracit, råolie, naturgas, olieskifer og tjæresand.

De ovennævnte tal for den mængde kulstof, som fotosyntesen frembringer hvert år, kan sammenholdes med, at der nu årligt bruges cirka 3 milliarder t kul og cirka 2 milliarder t olie. Det kan her også nævnes, at jordklodens skove skønnes at indeholde 400-500 milliarder t kulstof, en mængde der udgør cirka totrediedele af kulstofindholdet i atmosfærens kuldioxid (ialt cirka 700 milliarder t). Disse tal antyder, at det ikke skulle være helt umuligt at dække en væsentlig del af vort energibehov ved hjælp af solenergiplantager og -farme. Træ og planteaffald er stadig de vigtigste energiråstoffer i primitive samfund.

Det er beregnet, at 5-20 % af USAs skovbrug vil kunne dække hele USAs el-produktion, såfremt skovene drives som energiplantager. Skovbrug optager nu 23 % af USAs areal, i verden som helhed dækkede skovbrug i 1967 19 % af landarealet.

Man kunne også tænke sig at anvende energiplantagernes plantestof til at fremstille træsprit eller eventuelt vinsprit.

Træsprit ( $\text{CH}_3\text{OH}$ , methanol eller methylalkohol) vil kunne fremstilles ud fra hele træer, ukrudt, nedfaldne blade og så videre, men også ud fra brunkul, olieskifer og husholdningsaffald. Træsprit kan bruges som tilsætning til benzin i de nu anvendte forbrændingsmotorer og kunne tænkes helt at erstatte benzin, når olieklenderne er ved at være tømte. Anvendelse af træsprit og andre alkoholer giver mindre forurening og en bedre udnyttelse af bilmotorerne. Træsprit er næstefter benzin det flydende brændstof, som udvikler mest energi pr. rumfangsenhed.

Energiplantager forekommer at være en tiltalende løsning på en del af fremtidens energiproblemer. Det må dog erkendes, at denne energikilde skal konkurrere med fødevarereproduktionen om den dyrkbare jord. Intensiv dyrkning af jorden er i mange egne af jorden ledsaget af storstilet jordbundsødelæggelse og jorderosion. Og den er meget energikrævende, blandt andet fordi der skal tilføres store mængder kunstgødning og vand. Der er behov for en omfattende forskningsindsats, også geologisk og geokemisk,

med henblik på at udvikle dyrkningsmetoder, som ikke automatisk følges af jordbundsfordelæggelse. Dette er et forskningsfelt som stort set har været overset af geologer og geokemikere.

Er energiplantager en fremtidsmulighed, er udnyttelse af planteaf-fald og husholdningsaffald en nærliggende mulighed, som fortjener den stør-ste opmærksomhed.

## DE FOSSILE BRÆNDSLER - KULSTOFS GEOKEMI

Selv om der synes at være gode muligheder for at udvikle alterna-tive energikilder, vil vi i endnu en lang årrække være helt afhængige af de fossile brændsler. Der er derfor gjort mange forsøg på at vurdere, hvor store ressourcerne af disse er. Det er i denne forbindelse af en vis inter-esse at vide, hvor meget kulstof, der totalt findes i jordskorpens bjergar-ter og i havet.

Grundstoffet kulstof (carbon, C) findes hovedsagelig i to typer af kemiske forbindelser, organiske kemiske forbindelser og carbonater. De organiske kemiske forbindelser indeholder kulstof i reduceret form, især i forbindelse med grundstoffet brint (H). De simpleste af disse forbindelser er kulbrinterne, som for eksempel metan ( $\text{CH}_4$ ), der er vigtige bestand-dele af naturgas og olie. Mere komplicerede forbindelser er dyrenes og planternes "bygningsten", kulhydrater, proteiner og fedtstoffer.

Carbonater er kemiske forbindelser, hvori kulstof findes i oxideret tilstand, eksempler er mineralet kalkspat eller calcit,  $\text{CaCO}_3$ , og havvan-dets carbonatjoner,  $\text{CO}_3^{--}$ . Luftarten kuldioxid,  $\text{CO}_2$ , hører til denne type kulstofforbindelser.

Langt den største del af kulstoffet ved jordoverfladen findes i car-bonatbjergarter som kalksten og dolomit. En anselig mængde findes som organisk kulstof i levende og døde organismer, finfordelt i sedimenter og ophobet i de fossile brændsler. Luftens og overfladevandets indhold af  $\text{CO}_2$  (og  $\text{CO}_3^{--}$ ) udgør nok store vægtmængder, som dog er forsvindende i for-hold til mængderne af carbonatbjergarter og organiske aflejringer. Den svenske geokemiker F.E. Wickman har benyttet dette i et forsøg på at be-regne den totale mængde af organisk kulstof i sedimenter og i fossile brænd-sler.

Forholdet mellem de to stabile kulstofisotoper C-12 og C-13 er i organismer, olie og kul cirka 91,0, mens det er cirka 88,5 i carbonat-bjergarter. Denne forskel må antages at skyldes isotopfraktionering, idet jordklodens oprindelige kulstof formentlig har haft et konstant C-12/C-13 forhold. Isotopfraktioneringen kan være forårsaget af organismerne, som har opkoncentreret den lette isotop C-12, således at det  $\text{CO}_2$  de har afgivet, har været beriget på C-13. Kender man nu det primære C-12/C-13 for-hold og den totale mængde af carbonatbjergarter, kan den totale mængde

Udregning af den totale mængde "organisk" kulstof i sedimenter

$$a = \text{primære C-12/C-13} = 89,1$$

$$b = \text{biogene C-12/C-13} = 91,0$$

$$c = \text{carbonat C-12/C-13} = 88,5$$

$$K = \text{mængden af kulstof i carbonatbjergarter} = 2450 \text{ g/cm}^2 \text{ jordoverflade}$$

$$X = \text{mængden af organisk kulstof i sedimenter, indbefattet fossilt brændsel.}$$

Såfremt kulstof med det primære C-12/C-13 i løbet af den geologiske udvikling er blevet fordelt i de to store reservoirer for kulstof, carbonatbjergarter og biogene aflejringer haves:

$$a = \frac{c \cdot K}{K + X} + \frac{b \cdot X}{K + X}$$

$$89,1 = \frac{88,5 \cdot 2450}{2450 + X} + \frac{91,0 \cdot X}{2450 + X}$$

$$X = 774 \text{ g/cm}^2 \text{ jordoverflade}$$

af organisk kulstof beregnes, som vist i det indrammede felt. Den totale mængde af kulstof i carbonatbjergarter beregnede Wickman ad anden vej til at være  $2450 \pm 560 \text{ g/cm}^2$  jordoverflade. Kulstoffet i diamant og i meteoritter antages at repræsentere det primære C-12/C-13 forhold. Dette er fundet at være 89,1.

Wickman fandt da, at mængden af organisk kulstof er  $700 \pm 200 \text{ g/cm}^2$  jordoverflade eller, da jordoverfladens areal er  $5,1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^2 - 3,5 \cdot 10^{15} \text{ t}$ . Det meste af dette kulstof findes finfordelt i sedimentbjergarterne, som i gennemsnit har cirka 0,5 % kulstof. Dette kulstof kan ikke udvindes direkte, men kan være udgangsmateriale for dannelsen af olie og naturgas. De  $3,5 \cdot 10^{15} \text{ t}$  eller cirka 4.000.000 milliarder t kulstof er jordklodens ultimative kulstoffressource. De udgør en meget lille del af det organiske kulstof, som er dannet gennem de måske 2 milliarder år fotosyntesen har været virksom på jordkloden. Som nævnt er langt det meste af de fotosyntetisk producerende kulstofforbindelser hurtigt blevet omdannet til  $\text{CO}_2$ , med mere.

De fossile brændsler vil blive behandlet i en følgende artikel.

*Henny Sørensen*