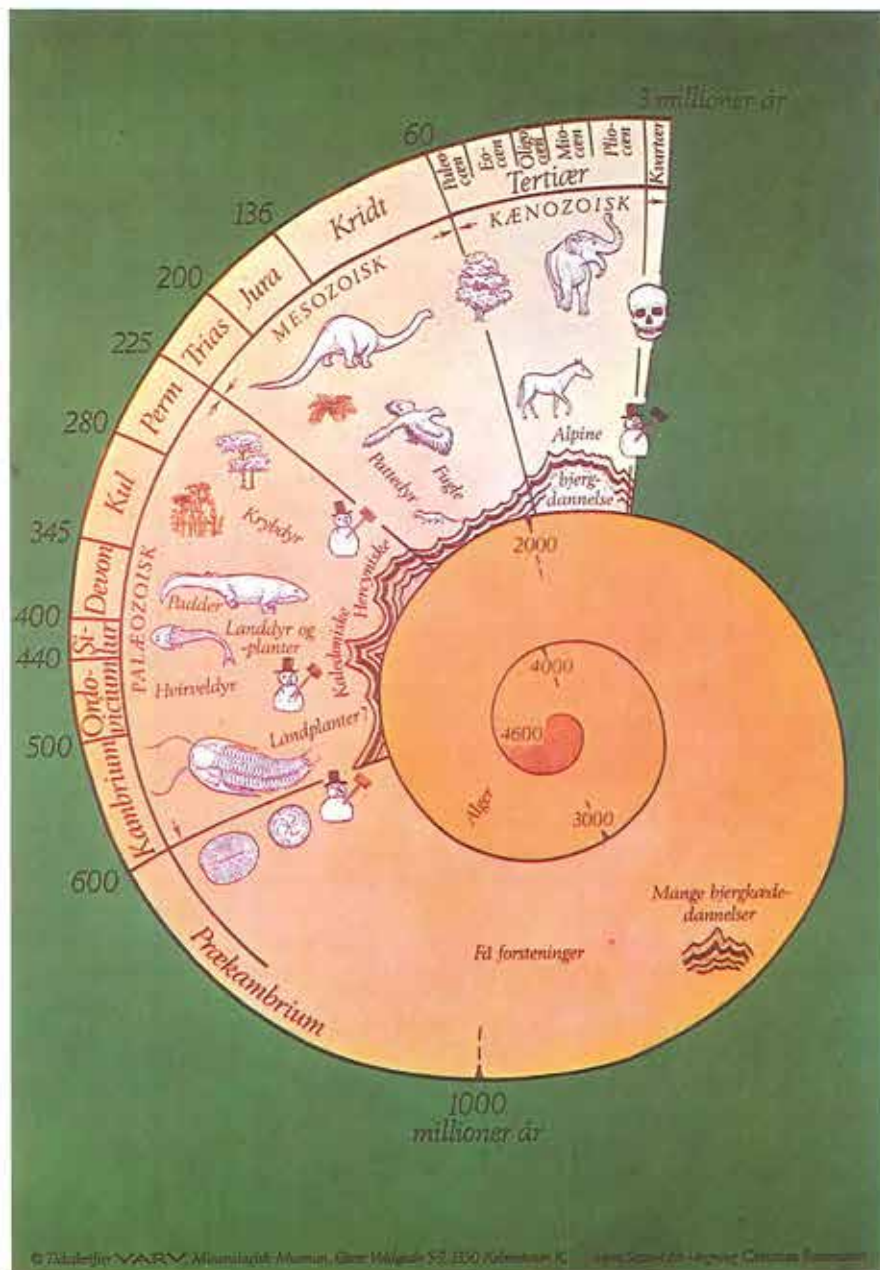




HEROVER SES FRA AUSTRALIEN PLANTEN GLOSSOPTERIS, DER OGSÅ KENDES FRA ANDRE OMRÅDER PÅ DEN SYDLIGE HALVKUGLE. GLOSSOPTERIS, SOM OMTALES PÅ BAGGRUND AF NYE FUND, HAR VÆRET EN FORGRUNDSFIGUR I DEBATTEN OM KLIMAET I KARBON- OG PERMTID SAMT OM DEN TIDLIGERE SAMMENHÆNG AF SYDKONTINENTERNE. ANDRE PROBLEMER ER DE TIDLIGSTE MENNESKER, OG EN ARTIKEL BELYSER OGSÅ HER DE NYESTE FUND OG DEN MULIGE SAMMENHÆNG MELLEM DISSE OP TIL 10-15 MILLIONER ÅR GAMLE HOMINIDER FRA ØSTAFRIKA. MERE JORDNÆR ER ET INDSLAG OM GAMLE KYSTKLINTER I DANMARK, OG ENDELIG OMTALES EN NY METODE TIL ABSOLUT ALDERSBESTEMMELSE.

15. august 1977.

FOR ALLE GEOLOGI-INTERESSEREDE

Folkeuniversitetet i København afholder i efteråret og vinteren 1977/78 et orienteringskursus i geologi samt et geologisk grundkursus som indledning til et geologisk liniestudium. Nærmere oplysninger og kursusprogram kan fås ved henvendelse til Folkeuniversitetet, Peder Hvittfeldts Stræde 9, 1173 København K, tlf. (01) 14 48 27.

NYT OM ENERGI

Carl Emil Andersen, Danmarks tekniske Bibliotek har udarbejdet en oversigt over artikler og bøger om solenergi og geotermisk energi:

- 1) Solenergilitteratur, Danmarks tekniske Biblioteks publikation nr 48 på 70 sider. Pris kr. 20,00 + moms.
- 2) Geotermisk energilitteratur, Danmarks tekniske Biblioteks publikation nr 47 på 29 sider. Pris kr. 20,00 + moms.

Publikationerne kan købes ved henvendelse til Danmarks tekniske Bibliotek publikationsafdelingen, Anker Engelundsvej 1, 2800 Lyngby. Tlf. (02) 88 30 88.

"Geologi på Bornholm" har nu allerede været på markedet et par måneder - den blev lidt større end vi forestillede os i sidste nummer af Varv. Derfor - og på grund af stigende trykkeudgifter er vi desværre nødt til at hæve prisen fra 33 kr. til 35 kr. - altså 35 kr. inklusiv forsendelse.

VARV

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

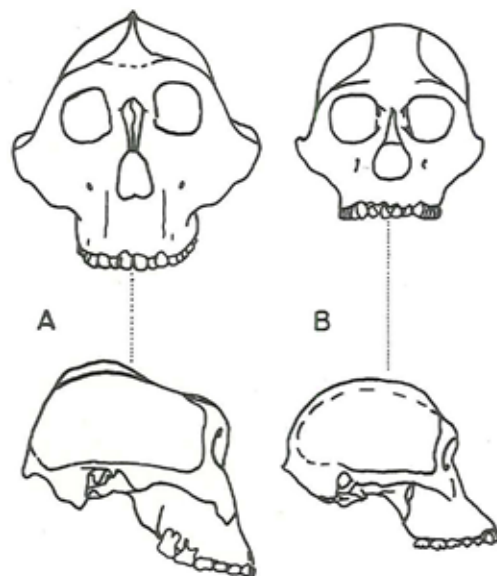
Redaktion: Valdemar Poulsen (ansvarshavende), Mona Hansen, Erling Bondesen, Erik Stenestad.

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 30,00 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80.

VARV's plakater (10 kr), postkort i farver (8 for 7 kr), ekskursionsførere (Stevns-Fakse-Møn 20 kr, Røsnæs 20 kr) og samlekassetter (til 6 årgange 12 kr) fås ved at indsende beløbet på postgiro 9068880.

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

© 1977 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kun efter tilladelse.



Figur 7. Kranier af australopitheciner set forfra og fra højre. Den robuste form (A) er "nøddeknekker-manden" fra Olduvai, mens den gracile (B) er baseret på fund fra Sydafrika. (Fra Handbuch der Zoologie).

de lidt yngre "Homo habilis" former. Der er intet til hinder for at disse kunne være successive stadier af vore direkte forfædre. Det kan imidlertid teoretisk begrundes, at man aldrig kan eftervise med fuld sikkerhed, om et konkret fossil har tilhørt en art, som var forfader for nogle bestemte andre arter (se usikkerheden under omtalen af Kenyapithecus side 89).

Homo erectus, som kort nævntes ovenfor, og som er den eneste mennesketype i Afrika i tiden fra cirka 1 til cirka 0,3 millioner år før nu, har måske sine egne lidt for specialiserede træk, som bevirker, at den må regnes som en menneskeart, der heller ikke kan have rummet vore direkte forfædre. Det vil vi forsøge at begrunde i en artikel om de problemer, der omgiver de senere dele af menneskets udviklingshistorie.

Status over de ældste hominider kan altså opsummeres: Kenyapithecus (og andre "ramapitheciner") er meget usikre, men mulige forfædre (eller i det mindste slægtninge) til mennesket - alder cirka 10-15 millioner år. Om de såkaldte "gracile" australopitheciner gælder at de ældste på 6 til godt 2 millioner år måske er forfædre for både de robuste australopitheciner og de mere avancerede mennesker, mens de yngste "gracile" med alder på 3-2 millioner år kunne være vore forfædre, men ikke de robuste formers aner. De "robuste australopitheciner" er godt 2-1 millioner år gamle og er ikke vore direkte forfædre. Såkaldte "Homo habilis" (alder 2-1½ millioner år) er nok både lidt yngre end og mere avancerede end gracile australopitheciner og repræsenterer et påfølgende stadium i den direkte udvikling mod Homo erectus og det moderne menneske.

Homo erectus-kraniet, der er fundet ved Lake Rudolf sammen med kraniet af en robust australopithecine, var det, der gav anledning til pressens sensationsmeddelelser, og det viser, at Homo erectus i det mindste går 1,3 million år tilbage. De ældste erectus-former på Java er endda måske næsten 2 millioner år gamle. Med større hjerne følger bedre redskaber - meget simple stenredskaber udvikles til håndøkser - og kropsskelettet bliver ikke til at skelne fra skelettet af Homo sapiens.

Det er nærliggende her at stille et økologisk spørgsmål: hvordan kan 2 (eller 3) menneskearter leve side om side gennem lang tid uden en for nogle arter fatal konkurrence om ressourcerne? Den ældre forestilling om, at der til enhver tid kun eksisterede én art, kan vi nok lade helt ude af betragtning, jævnfør de nyeste fund. R.E.F. Leakey (søn af ovenfor omtalte Leakey) og andre har fremhævet, at der kunne have været en meget forskellig fødebiologi hos australopitheciner og de mere typiske "Homo". Australopithecinerne tænder og kæber tydes sådan, at planteføde (muligvis kiselholdige frø og kerner, en analogi til Ethiopiens gelada-bavianer, den såkaldte "frø-æder" teori) har været den væsentlige fødebestanddel (de store kindtænders maledfunktion). De storhjernede mennesker ("Homo habilis") har snarere skaffet sig føden ved indsamling og jagt. Tandsættet er en smule spinklere og ligner vore mere, det antyder måske en mere varieret menu med mere vægt på kød.

At den robuste australopithecine har en helt lille hjørnetand, som ikke stikker ud over de andre tænders niveau, mens hjørnetanden er lidt mere fremtrædende hos den gracile form, tydes også således at endog disse to har haft noget forskelligt fødevalg - den første planteæder og den anden mere blandet kost.

I den nedre del af lagserien i Olduvai (lag I og II med "Homo habilis" og den robuste australopithecine, se Varv 1968, 2) er bevaret rester af menneskenes byttedyr. På de allertidligste bopladser dominerer ferskvandsskildpadder, på næsten alle andre bopladser arter af oksefamilien. Nulevende buskmænd i lignende naturlige omgivelser, som fandtes i Olduvai-området under afsætningen af lag I og II, har de samme hovedtyper af byttedyr: ferskvandsskildpadder er vigtigst i regntiden og dyr af oksefamilien i tørtiden. Derfor er det blevet foreslået, at de tidligste bopladser var regntids- og de senere bopladser tørtidsbosættelser, og at de nok alle har tilhørt "Homo habilis".

De primitive stenredskaber er - som håndøkserne senere - velegnede til flåning og partering af byttet. Alle er nok blevet lavet af redskabsmageren "Homo habilis".

Den stærke specialisering i kæber og tænder og samtidigheden med "Homo" for i alt fald de yngste robuste australopithecineres vedkommende, diskvalificerer disse sidste som vores forfædre. Noget tilsvarende gælder ikke de lidt tidligere gracile australopitheciner (? inklusiv "Lucy") eller

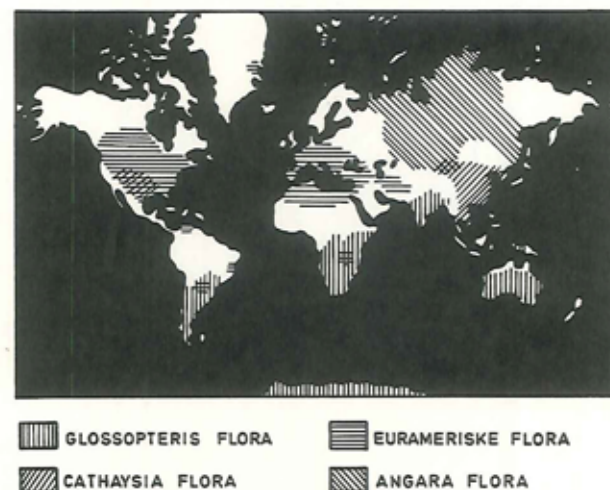
Glossopteris

nyt om en gammel plante

af K. Raunsgaard Pedersen.

Glossopteris er en fossil plante, der er fundet på den sydlige halvkugles kontinenter og i Indien i aflejringer fra Karbon (Kul) og Perm tiden.

Selvom Glossopteris således er fjern fra os både geografisk og tidsmæssig, har den dog fået ganske betydelig interesse. Det skyldes først og fremmest, at Glossopteris blev brugt som et vigtigt bevis for kontinenternes forskydning, idet man fandt den såkaldte Glossopteris-flora i Forindien, Australien, Sydafrika, Sydamerika og Antarktis (figur 1).



Figur 1. Glossopteris-floraens forekomst på kontinenterne syd for ækvator og i Indien. Desuden ses de andre vigtige flora områder fra Karbon-Perm tiden (efter W. Gothan).

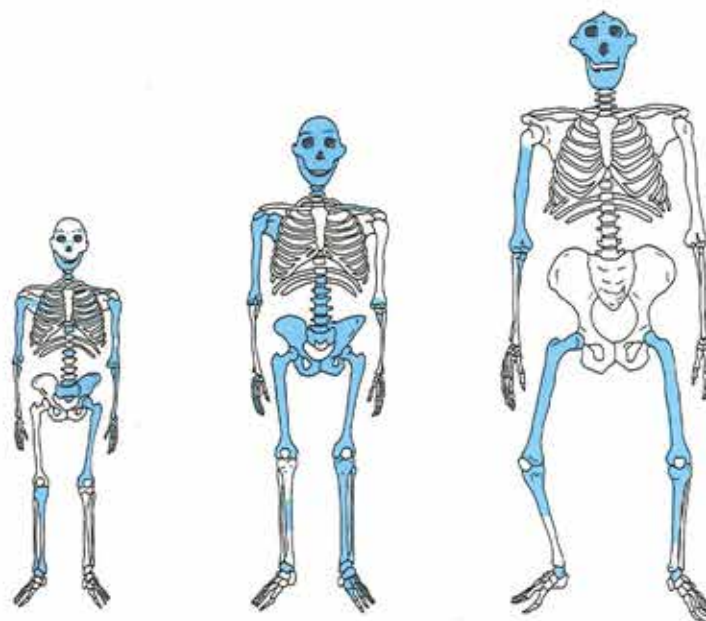
Glossopteris-floraen, der også rummer andre planteformer end selve Glossopteris, er meget karakteristisk og ret ensartet i de nævnte områder, hvor den findes i lagserier fra Karbon og Perm tiden, der også indeholder istidsaflejringer (tillitter), som beskrevet i en tidligere artikel i Varv (1976, nr.4). Man sluttede udfra tillitterne og Glossopteris-floraen, at de nævnte områder i Karbon-Perm tiden havde dannet et stort super-kontinent: Gondwana-land, der først langt senere blev opdelt i de nuværende kontinenter.



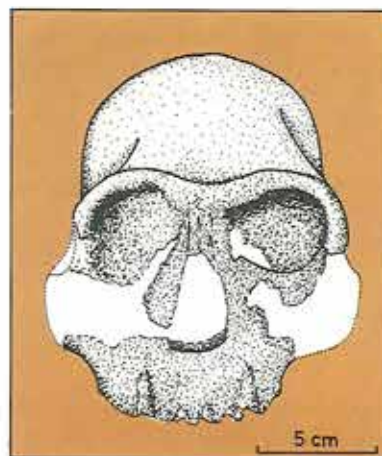
Figur 2. Glossopteris blade fra kulførende aflejringer fra Perm tiden. Queensland, Australien.



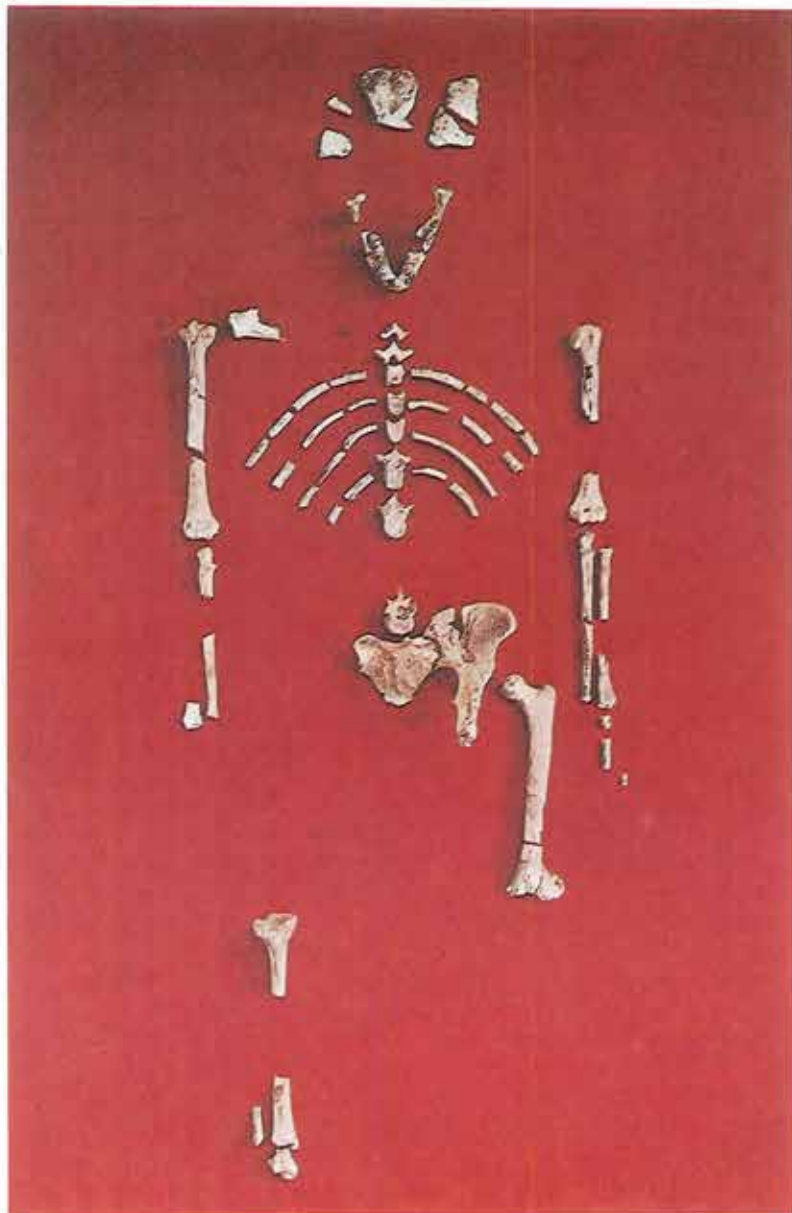
Figur 3. Fremforvitret stamme af Glossopteris i eucalyptusskov, Queensland, Australien. Stammen fortsætter helt frem til personerne.



Figur 5. Skeletdelene af "Lucy" sammenlignet med de dele, der kendes (cirka 1973) fra alle individer af gracile sydafrikanske australopitheciner og de robuste former fra Østafrika.



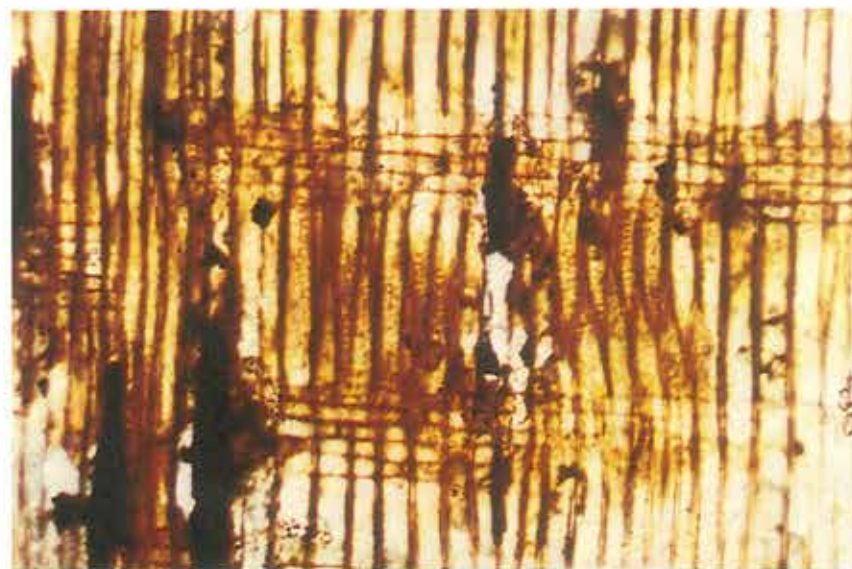
Figur 6. Det berømte kranium nr. 1470 fundet 1972 øst for Rudolfsøen. Det er en "Homo habilis" lignende type med et hjernerumfang på næsten 800 kubikcentimeter. Det mangler tænder (hjørnetændernes rodhuler er markeret) og kindbuerne har vi rekonstrueret helt hypotetisk (kun det stiplede kendes). Baseret på fotos taget fra en vinkel, så at højden af den stærkt skrånende pande kan synes for stor - ansigtets tilhæftning over næsen noget usikker.



Figur 4. Lille "Lucy", det hidtil mest komplette skelet af et enkelt individ af australopithecinerne. Fra en guide til en udstilling på Musée de l'Homme i Paris af et meget omfattende materiale af fossile mennesker - den er åben indtil januar 1978.



Figur 4. Tværsnit af Glossopteris stamme. Til venstre ser man marv, til højre ved med årringe.



Figur 5. Længdesnit af Glossopteris stamme med porer i vedet.

Navnet *Glossopteris* blev allerede i begyndelsen af 1800-tallet knyttet til en speciel type fossile blade fundet i Forindien og Australien. Senere fandt man tilsvarende blade i de andre kontinenter syd for ækvator, og overalt var *Glossopteris* blade tilstede i store mængder i de fossile floraer fra Karbon-Perm tiden. Da man altid fandt bladene "løstliggende" uden sammenhæng med andre plantedeile blev *Glossopteris* betragtet som en nærmest urteagtig plante. Dette blev sat i relation til tillitterne fra de samme lagserier og *Glossopteris* blev tolket som en plante, der voksede på "tundraen" omkring Gondwana is-områderne.

Det har været ukendt, hvordan *Glossopteris*-planten som helhed så ud. Man vidste intet om plantens opbygning, og dens systematiske tilhørsforhold var også uafklaret. Først nu er gåden ved at blive løst udfra en række nye og velbevarede fund undersøgt med moderne teknik.

Glossopteris bladet er tungeformet med en kraftig midtnerve og netformet nervation (forsiden og figur 2). Det kan være fra nogle få cm op til 40 cm langt. På materiale fra Indien, der havde et sort kulovertræk, har man været i stand til at trække dette lag af, opløse kulmaterialet og se aftryk af overhudens celler og spalteåbninger dækket med papiller i et resistent dæklag (figur 6).



Figur 6. Overhuds-celler og spalteåbninger fra *Glossopteris*-blad (efter D. Pant).

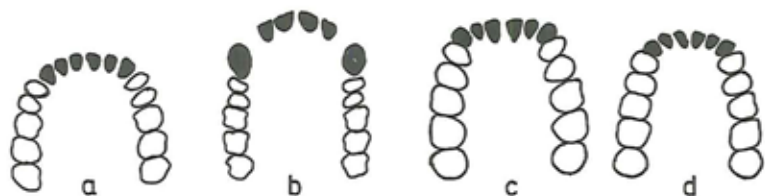
Sammen med bladene har man nu også fundet reproduktionsorganer. Der er gennem de sidste år gjort mange fund i alle områder. Først drejede det sig kun om aftryk af reproduktionsorganerne, men nu er der også fundet kulholdigt materiale, hvor man har kunnet udrede opbygningen af både det hanlige og hunlige reproduktionsorgan og af pollen og frø (figur 7 og 8). De hanlige og hunlige reproduktionsorganer findes på hvert sit blad. Pollensækkene sidder i knipper på små stilke udfra midtnerven, og de indeholder pollen, der har to luftsække forbundet med tværstriber (figur 7). Frøene sidder på indersiden af en flad stilk udvækst fra bladets midtnerve (figur 8). Frøene er små (2 mm) og har en tyk væg og et pollen-kammer, i hvilket der er fundet pollen-korn svarende til dem, der findes i det hanlige reproduktionsorgan.

Det ser heller ikke ud til, at der er sikre vidnesbyrd om de to formers sameksistens i Østafrika, selv om de påstås at have levet sammen ved Omo en kort tid for omkring 2 millioner år siden. Ligeledes påstås enkelte fund fra Lake Rudolf, som er samtidige med den robuste form, at repræsentere den gracile australopithecine. Man har på grundlag af fund af meget store og kraftigt byggede kæber fra Omodalen og østbredden af Rudolfsøen desuden ment at kunne udskille en tredje "superrobust" australopithecine-type. Her er det dog rimeligt at forestille sig, at det drejer sig om ekstremt store hanner af den robuste form. En sådan, stærk kønsforskel i skelettet (kraniet) findes hos nogle af vore nærmeste nulevende slægtninge (gorillaer med store førerhanner). Fund på Java synes at vise, at den robuste form har haft en stor udbredelse i den gamle verden, og nye fund fra Kina (1970) tyder måske på det samme for den gracile forms vedkommende.

Gangapparatet er som sagt næsten moderne hos disse tidlige mennesker. Nogle mener, at de forskelle mellem australopithecinerne og *Homo sapiens*, der er i lårbenets og bækkenets bygning, skal sættes i forbindelse med en anden bevægelsesmåde end vor, i alt fald hos den robuste australopithecine. Andre mener derimod, at de afvigende træk blot er funktionelt koblede til de snævrere fødselsveje, der følger med en mindre hjerne-kasse og dermed et mindre fosterhoved. Den robuste form er afgjort mest forskellig fra moderne mennesker.

Fundene af lidt mere storhjernede mennesker (hjernerumfang i midelværdi 700 kubikcentimeter) i samme lag som robuste australopitheciner (Rudolfsøen, Omo og Olduvai-kløften - alder mellem 1 og 2 millioner år eller lidt mere), svarer muligvis til enkelte underkæbefund fra Sydafrika. Kindtandsspecialiseringer som hos australopithecinerne ses mindre udpræget her, og tilhørende lårben er mere moderne og på grundlag af lårknoglerne kan skønnes en middelvægt på cirka 55 kg. Hvis de stenredskaber, der kendes fra samme lag er fremstillet af denne storhjernede mennesketype, (kaldet "*HOMO HABILIS*", det dygtige menneske, figur 6, vil redskabsfremstilling og de anatomiske forhold være avancerede træk, der peger frem mod nutidsmennesket. Det er grunden til, at disse 1-2 mil. år gamle mennesker regnes til vor egen slægt, *HOMO* (hvis menneskets nære slægtninge skulle behandles navnemæssigt mere på linie med andre dyr, måtte man medregne alle de fossiler, vi har omtalt, i slægten *Homo*). Hvis også nyligt fundet kæbe- og tandmateriale fra Laetoli nær Olduvai repræsenterer sådanne avancerede "*Homo*", er denne slægts minimumsalder stor: cirka 3,75 millioner år.

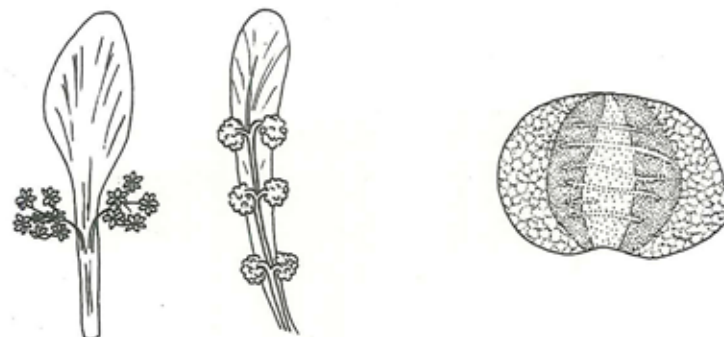
Højere oppe i lagserien ved Lake Rudolf og i Olduvai-kløften er fundet en mennesketype med en endnu større hjerne (middelværdi cirka 1000 kubikcentimeter). Den kan med stor sikkerhed henføres til *Homo erectus*, en art med så berømte medlemmer som Peking- og Javamennesket.



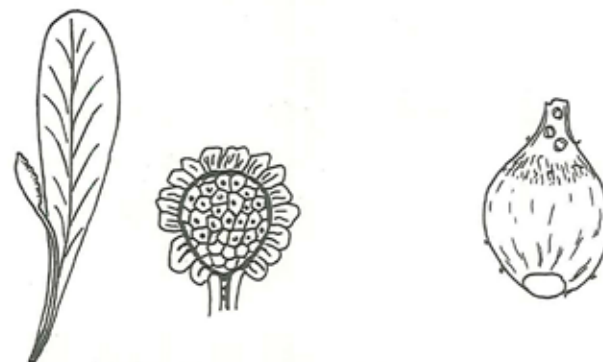
Figur 3. Tandbuer i ganen af moderne menneske (a), chimpanse (b), robust (c) og gracil (d) australopitheciner. Både menneskeformernes og menneskeabens buer er mere avancerede end Kenyapithecus. (Fra Handb.d.Zoologie).

De såkaldte AUSTRALOPITHECINER ("syd-aber"), hvoraf de første skeletrester, et barnekranium, er hulefund fra Sydafrika i 1924. Det er primitive mennesker med et hjernerumfang, der ikke overstiger de store menneskeabers, men med et kropsskelet, der nærmest er som nutidsmenneskets. Tandsættet er dog noget forskelligt fra vort, idet kindtænderne er overordentligt store i forhold til fortænderne, der er på størrelse med vore - åbenbart en tilpasning til en anderledes kæbefunktion. Det er særlig tydeligt hos den ene slags australopitheciner, den såkaldte "robuste" form, hvor der yderligere er udviklet en kraftig benkam på issen som ekstra fæste for de enorme tyggemusklere (se også Varv 1968, 2). De ret specielle kæbeforhold kan anvendes som argument mod at regne de robuste former for vore direkte forfædre (figur 3).

Denne robuste australopitheciner er den største af de to klassiske former med en middelhøjde på cirka 1,60 m og en middelvægt på cirka 60 kg. For den anden form af australopitheciner, den "gracile" (eller spinkle), er de tilsvarende tal små, 1½ m og 50 kg, især vægtskønnene er dog meget usikre. Hjernerumfangene ligger lidt over henholdsvis lidt under 500 kubikcentimeter svarende til forskellen i legemsstørrelse. Det vides ikke, om de to former har levet samtidigt i Sydafrika. Hvis dette er tilfældet, kan der dog næppe være tale om blot hanner og hunner af samme art, da de to former ikke findes sammen i hulerne. Meget menneskemateriale fra Østafrika svarer åbenbart til den robuste form fra Sydafrika. Aldrene i Østafrika ligger mellem cirka 3 og cirka 1 million år. Tænder fra lag, der er 5-3 millioner år gamle, ligner tænderne hos den gracile form fra Sydafrika. Et fund gjort for nylig i Hadar, alder cirka 3 millioner år, omfatter rester af både kranium og kropsskelet fra samme individ, en lille, voksen kvinde (nu med kælenavnet "Lucy"), kun lidt over en meter høj, vægt omkring 25 kg og med tænder, som er mindre end hos australopithecinerne og mere ligner moderne menneskers, figur 4. Muligvis er der tale om et menneske af den "gracile" form. Det er det mest komplette tidlige menneskeskelet, der hidtil er fundet.



Figur 7. Hanlige reproduktionsorganer med pollensække samt stærkt forstørret pollenkor (efter J.Schopf).



Figur 8. Hunlig reproduktionsorgan på Glossopteris blad. Frøene sidder på den indvendige side af den flade udvækst fra bladets midtnerve. Til højre ses et forstørret frø med pollen i pollenkommeret (efter J.Schopf og D.Pant).

Ud fra frøene og pollen kan ses, at Glossopteris er en plante med klar tilknytning til de nøgenfrøede planter såsom nåletræer, Ginkgo og cycadeer.

Det har kunnet vises, at bladene og reproduktionsorganerne sad på store træagtige planter. Stammerne, af hvilke der er fundet mineraliseret materiale, kan være op til 1 meter tykke og over 10 meter høje (figur 3). Opbygningen kan ses i meget tynde snit af det forstenede træ (figur 4 og 5). Også her er der tale om en opbygning, der har lighed med nøgenfrøede træer. Der er tydelige årringe i træet.

Rødderne har under navnet Vertebraria været kendt forholdsvis længe, men først nu er der ført endeligt bevis for, at disse rødder hører til Glossopteris. Aftryk af rødderne, som var det man kendte tidligere, har en mærkelig opdeling i led (figur 9). Nu er der fundet mineraliseret ma-



Figur 9. Aftryk af Glossopteris rødder (Vertebraria) med karakteristisk leddeling.



Figur 10. Mineraliseret Glossopteris rod med hulrum. Tværsnit (efter R. Gould).

I den foreliggende fremstilling er det værd at lægge mærke til, at de såkaldte "australopitheciner" måske ikke er en naturlig slægtskabsgruppe, da de inkluderede former (den gracile og den robuste) ikke viser overensstemmelse i sikre avancerede karaktertræk.

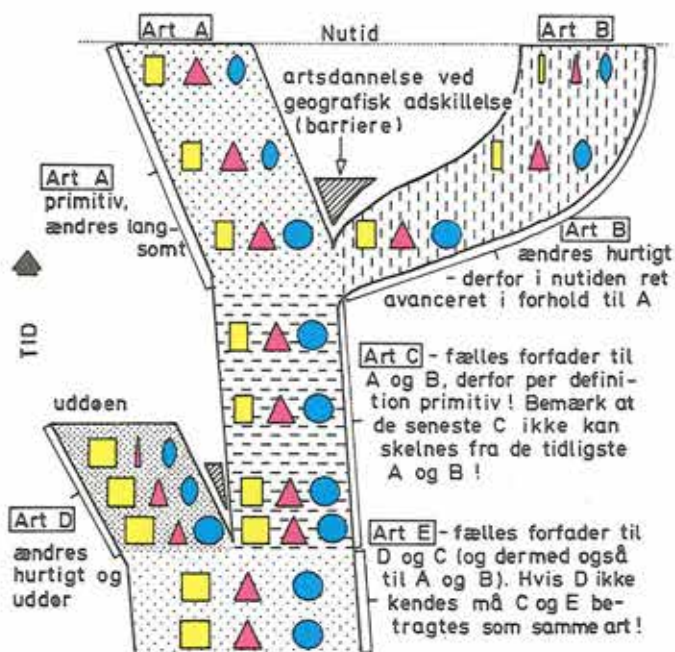
Hvad er da et menneske? Vi regner her de fossiler for mennesker, hvorom vi mener, de har forfædre, hvis eneste nulevende efterkommere er nutidsmennesket, *Homo sapiens*. Sådanne fossiler er da nærmere beslægtet, med nutidsmennesket end med nogen som helst anden nulevende art. Et af de tidligst udviklede træk på menneskelinien er nok den oprejste gang, mens den større hjerne utvivlsomt er udviklet langt senere.

Vi vil nu kort præsentere de mennesketyper, der findes i materialet fra Østafrika.

Først skal KENYAPITHECUS med en alder på cirka 15 millioner år nævnes. Formen er kun kendt fra nogle få kæbestumper med tænder fra Kenya, og det er usikkert, om der her findes avancerede træk, som placerer den på menneskelinien, muligvis dog de ret små hjørnetænder samt kindtændernes næsten plane nedslibning. Løjnefaldende er et primitivt træk som svagt divergerende kindtandsrækker. Om Kenyapithecus (og lignende, lidt yngre former fra Indien og Europa kaldet "ramapitheciner") er tidlige mennesker, er ret usikkert. Vi må jo forvente, at et fossil, der repræsenterer menneskelinien kort efter dennes udspaltnings fra nabolinien, næsten ikke kan skelnes fra et fossil fra kort før udspaltnings eller fra et tidligt fossil fra menneskets nabolinie. Denne sidste linie fører med stor sikkerhed til én eller flere af de tre nulevende afrikanske menneskeabearter (to chimpansearter og gorillaen).



Figur 2. Gane af Kenyapithecus med primitivt, svagt divergerende tandrækker (baseret på rekonstruktion først af tilsvarende underkæbes tandbue). Visdomstænder mangler - de fundne knogler er stiplede.



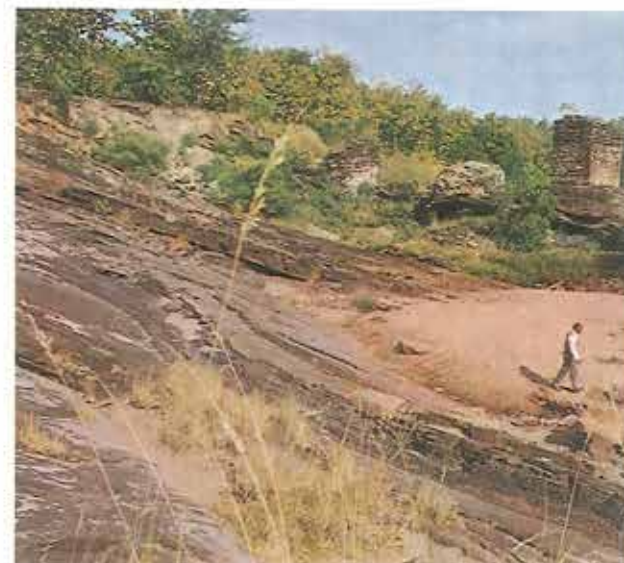
Figur 1. Artsdannelse og det palæontologiske artsbegreb. Ændringer i formen af kvadrater, trekanter og cirkler antyder ændringer i betydningsfulde, men rent hypotetiske karakterer. Jo større symboloverensstemmelse mellem de forskellige former, jo sværere vil det være at adskille fossile former - den situation opstår lige før og efter udgreningen af en ny art.

ligt nært beslægtede, som allerede Darwin fremhævede for mere end 100 år siden). Teorien bagved denne metode kaldes "fylogenetisk systematik" og er mærkeligt nok først blevet fuldt udviklet de sidste 10-20 år.

Ordet slægtskab hentyder her til afstammingsforhold og ikke blot til formlighed.

Sådanne elementære principper er dog ikke anerkendt af (eller er helt ukendte for) en del biologer og palæontologer - og især har mange antropologer (som jo specielt beskæftiger sig med nutidens og fortidens mennesker) en utilstrækkelig viden om teoretisk biologisk forskning. Dette gælder i ret høj grad for de forskere, der i dag er "experterne" angående menneskets udvikling, så deres påstande om fossile menneskeformers slægtskabsforhold - og dermed også de navne, fossilerne fagligt bør betegnes med - må altid tages med et gran salt.

Disse forhold har helt afgørende indflydelse på de fremstillinger, der gives af organismers udviklingshistorie (= fylogeni). Det drejer sig jo om bedømmelse af, i hvilken rækkefølge forskellige karaktertræk opstod.

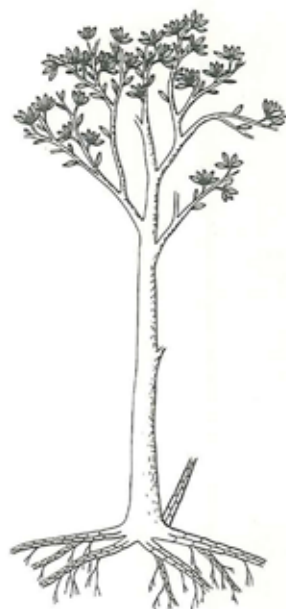


Figur 11. Kulførende aflejring fra Perm tiden. Satpura Range, Central Indien.



Figur 12. Kullag i aflejringer fra Perm tiden. Kystprofil nord for Sydney, Australien.

teriale, der viser en opbygning med hulrum, hvis placering skifter med korte intervaller, hvilket var årsag til leddelingen på aftrykkene (figur 10). Udfra rodopbygningen har man sluttet, at planterne har vokset under meget fugtige forhold, hvor der var behov for ilttilførsel til rodvævet.



Figur 13. Rekonstruktion af Glossopteris træ (efter D.Pant).

Den Glossopteris plante, man nu kan rekonstruere (figur 13), er således meget forskellig fra, hvad man forestillede sig for få år siden: Glossopteris er et træ, der hører til de nøgenfrøede planter. Det har været løvfældende, hvilket forklarer de store mængder af blade i visse lag og passer med, at der er årringe i træet. Glossopteris har vokset på fugtige, sumpede steder, hvor den har dannet en tæt vegetation.

Glossopteris-planten synes at kunne have udviklet sig fra Cordaites, en træagtig nøgenfrøet plante fra Karbontiden, der regnes for at være forfader til nutidens nåletræer. Glossopteris kendes først fra Nedre Karbone aflejringer, og i visse områder fortsætter den helt op i aflejringer fra Trias. Glossopteris synes efter, hvad vi ved nu, ikke at have været stamform til nogen af de nutidende plantegrupper.

Med hensyn til tolkning af levevilkårene for Glossopteris er der også sket betydelige ændringer. Klimaforholdene, som Glossopteris levede under, har ikke været arktiske, men snarere tempererede eller lidt varme. Glossopteris har koloniseret de flade og sumpede områder, som var dannet under nedisningerne. I Glossopteris sumpene blev der ligesom i kultidssumpene i Europa og Nordamerika aflejret tykke tørvelag, der også her er blevet omdannet til stenkul. I Indien og Australien findes store områder med lagserier, især fra Perm-tiden, der indeholder mange og tykke stenkulslag (figur 11, 12 og 14) af stor økonomisk betydning.

En del af de stenkul, vi her i Danmark nu må supplere brændstoffsforbruget til vore el-værker med, kommer fra fjerne sydlige områder som Sydafrika og Australien. Den gådefulde Glossopteris-plante, som har produceret det meste af plantematerialet til disse kul, har således også fået praktisk betydning for os.

råder, og som derfor kan sige noget om den relative alder. For det andet er hvert vulkansk askelag afsat samtidigt i hele udbredelsesområdet, og det er muligt at bestemme den absolutte alder ved metoder, der er baseret på radioaktive omdannelser siden askens afkøling. Heldige opbevaringsforhold og gode muligheder for aldersbestemmelse kendetegner således de østafrikanske fundlokaliteter.

Efter de store udgravninger i Olduvai-kløften har Kenyas Nationalmuseum foranstaltet mange internationale expeditioner til områder ved Rudolfssøen (nu Lake Turkana, N.Kenya, S.Ethiopien), og andre europæisk-amerikanske grupper har undersøgt Omodalen (S.Ethiopien) og senest Hadar (Afar, Ethiopien - geologien omtalt i Varv 1975, 2). I alt har en utrolig mængde af menneskefossiler set dagens lys i løbet af de sidste 6 år. Desværre følger de for ethvert teoretisk arbejde nødvendige beskrivelser ikke trop, men foreløbige beskrivelser kan findes i tidsskrifter som Science, Nature med flere.

En kort fremstilling af nogle problemer, der viser sig ved tolkningen af de østafrikanske fund gives i det følgende:

En umiddelbar vanskelighed ved klassificeringen af det store materiale er, at det biologiske artsbegreb ikke direkte kan benyttes på fossile dyr. Biologerne definerer nemlig en art som en forplantningsmæssig enhed (sådan kan principielt undersøges for nutidens dyr). Selv om man på en naturlig (ikke vilkårlig) måde kan udstrække artsbegrebet i tidsdimensionen ved at regne arten fra udspaltningen ved artsdannelseprocessen til nutiden eller til uddøen eller til næste udspaltning, er det stadig vanskeligt at henføre fossiler til bestemte arter (figur 1). Om fossiler kan vi jo aldrig sikkert vide det afgørende: med hvilke andre de faktisk indgik i forplantningsmæssigt fællesskab. Tilmed er arter lige før og lige efter en udspaltning selvfølgelig meget ens i de fleste karaktertræk. Man kan derfor i første omgang være henvist til at benytte ret vage begreber som type eller form om fossiler, der ligner hinanden.

Opståen af nye arter (artsdannelse eller speciation) antages at foregå, ved at individer af en oprindelig art (stamform, forfaderart) først adskilles geografisk fra hinanden (ved fysiske barrierer som for lang afstand, bjerge, vand- og landforbindelser og mange andre) og derefter udvikler forplantningsmæssige og genetiske barrierer overfor hinanden.

Ved analyser af slægtskabsforhold mellem arter kan det teoretisk begrundes, at man ikke kan nøjes med at skelne mellem karaktertræks ligheder og forskelle, men man må dele lighederne op i specialiserede (eller avancerede) træk modstillet oprindelige (eller primitive) træk indenfor den gruppe, man studerer. Kun overensstemmelser angående avancerede træk kan bruges som vidnesbyrd om særligt nært slægtskabsforhold, det vil sige: overensstemmelse i karaktertræk, som opstod ved forholdvis sene ændringer, er det, der viser os, at en gruppe arter har haft deres fælles forfader sent i Jordens og livets udviklingshistorie (og derfor kan kaldes sær-

Fossile mænd & damer

fra Østafrika

af Knud Thomsen og Niels Bonde.



Pressen rettede i foråret 1976 opmærksomheden mod nogle nye "sensationelle" fund af fossile mennesker fra Østafrika - både alder og bevaringstilstand vakte opsigt.

Før cirka 1960 var fund af fossile mennesker ældre end sidste istid (cirka 70.000 år) relativt sjældne og tilfældige begivenheder. Levesteder for fortidige mennesker (og aber) frembyder nemlig som regel dårlige opbevaringsforhold, så gode fundlokaliteter må på forhånd ventes at være få, og tidligere foretog man ikke systematiske efterforskninger i samme målestok som i dag.

De få, større fund inden 1960 blev gjort i huleaflejringer i Kina og Sydafrika samt i flodaflejringer på Java. Den moderne fundepoke indledtes af den meget energiske arkæolog L.S.B. Leakey, der gjorde den første af mange opdagelser i Østafrika i aflejringer i Olduvai-kløften (Tanzania, se Varv 1968, 2). Kløften er en lille sidegren til et meget omfattende system af nord-syd gående gravsænkninger, det såkaldte Rift Valley System. Det er bemærkelsesværdigt, at alle senere østafrikanske fund stammer fra dette system, der strækker sig fra Zambesiflodens munding i syd gennem Malavi, Tanzania og Kenya (øst og vest for Victoriasøen) til Ethiopia og Det røde Hav. Det døde Hav og Jordandalen tilhører en nordlig udløber af Rift Valley Systemet. Til gravsænkningerne knytter sig vulkanisme, og i dalene findes søer, der for en stor dels vedkommende mangler afløb (sodasøer som Lake Natron, Lake Naivasha og Lake Nakuru, kendte for et rigt fugleliv). Det vides at mange søer, der i dag er isolerede, har været sammenhængende i tidligere perioder med højere vandstand. Klimaforandringer og ikke mindst jordskorpebevægelser har ændret forholdene til de nuværende.

På savanneområderne, der har grænset op til Rift Valley's søer og floder, har mennesker levet i mindst 5 millioner år. Derfor kan udgravningsholdene i dag finde redskaber og menneskerester i sø- og flodaflejringer som blandt andet indeholder vulkansk aske og tuf-lag.

Denne situation giver gode muligheder for aldersbestemmelse. For det første indeholder aflejringerne knoglerester fra dyresamfund, der var karakteristiske for sin tid og som var forholdvis ensartede over store om-



Figur 14. Super-kontinentet Gondwana-land med kulførende aflejringer (sort). Efter B. Laska.

OP OG NED EFTER ISTIDEN

af Niels Just Pedersen.

Ser man på et landskabskort over Danmark - figur 1, vil hovedstrukturerne straks træde frem: et morænedomineret landskab i Østdanmark og et hedeslettelandskab med bakkeøer i den sydvestlige del af Jylland.

Går man mere i detalje vil det ses, at andre landskabstyper også optræder. En af disse er hævet havbund. Hævede marine flader er områder, der tidligere har været havdækket, men som nu er tørlagt ved en relativ hævnning af havbunden i forhold til havspejlet.

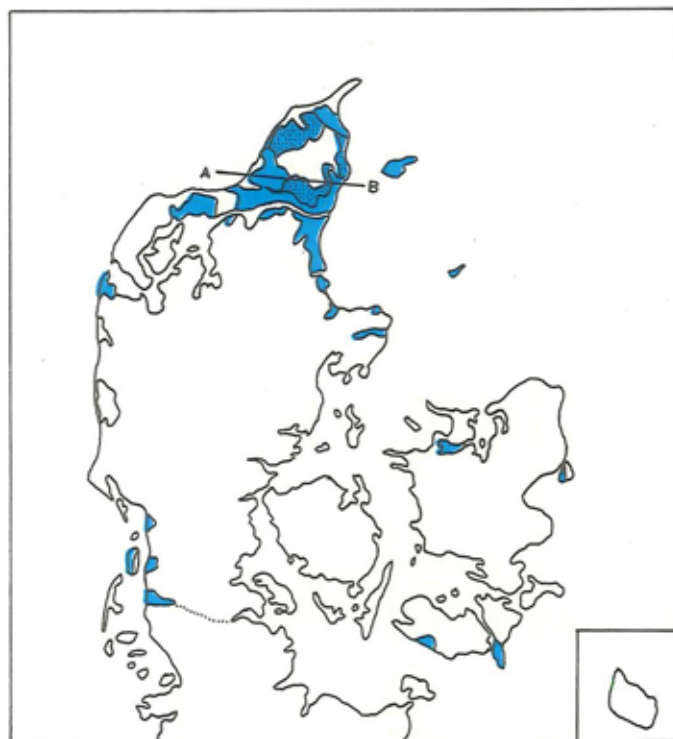
I det følgende vil der blive gjort rede for de geologiske kræfter, der er årsag til at vi idag finder tidligere havbund på tørt land.

Hævet havbund forekommer nordøst for en linie, der forløber omtrent fra Nisum Fjord til Møn - se figur 1.

Også syd for linien er der angivet tørlagt havbund. Der er imidlertid her tale om kunstigt inddæmmede arealer.

Af figuren ses endvidere, at der findes dels senglaciale, dels postglaciale marine hævede flader.

Senglaciale marine flader er flader, der er dannet i tidsrummet fra begyndelsen af den endelige afsmeltning frem til afslutningen af senglacialtiden - det vil sige fra cirka 15000 til 10000 år før nu. De senglaciale flader findes kun nord for Limfjorden.



■ havaflejringer fra senglaciertiden
 ■ havaflejringer fra postglaciertiden

Figur 1.

På figur 2 er vist et tværsnit af Nordjylland langs linien A - B på figur 1. Det viser skematisk opbygningen af fladerne. Det ses, at fladerne omkranser tidligere øer af opragende morænelandskab, afsat under sidste istid. På overgangen mellem flade og morænelandskab ses en fossil kystskrænt, uderoderet af det daværende senglaciale hav. Det borteroderede materiale er med strøm og bølger ført ud i nogen afstand fra de tidligere kyster og er aflejret her, og har netop derved opbygget de senglaciale marine flader. Foden af de fossile klinger markerer dermed selve kystlinien.

Den nuværende højde over havniveau af de senglaciale flader varierer fra 40 m til 0 m. Fladerne er højest beliggende i det nordøstlige hjørne af området og ligger i stedse lavere højde i sydlig retning - således findes de lige over havniveau nord for Limfjorden, men under havniveau syd for. Et ganske tilsvarende sydligt fald i niveau gælder de samtidligt dannede kystskrænter. Figur 3 viser i skematisk form højdeforløbet af den senglacial kystlinie.

hvoraf produktet er fremstillet. Zirkon er overordentlig velegnet til fissionssporsdatering og ved brændingen slettes alle dens fissionsspor - uret nulstilles. Uranets naturlige fission fortsætter imidlertid uhindret og man kan således datere brændingstidspunktet for vedkommende stykke keramik eller porcelæn. Derved har man kunnet afsløre nutidige (nogle snese år gamle) efterligninger af eksempelvis gammelt kinesisk porcelæn.

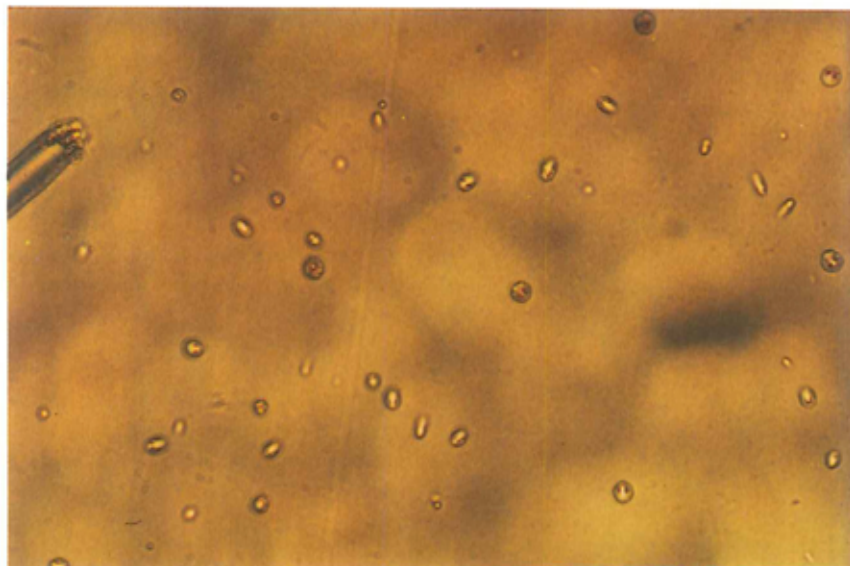
For at bestemme så unge aldre, er det en forudsætning, at der er et ret højt uranindhold tilstede. Det er ofte tilfældet i keramiske produkter, idet uranforbindelser har været anvendt som farvemiddel i disse produkter. Et andet eksempel: en økse af obsidian (en sort vulkansk glas) blev fundet i resterne af et ildsted. Man kunne således gå ud fra, at de fossile fissionsspor var blevet slettede og den opnåede alder efter denne nulstilling var i overensstemmelse med andre arkæologiske dateringsmetoder på andet materiale sammesteds fra.

I tilfælde af et uranindhold på eksempelvis kun 5 - 7 ppm i et arkæologisk brændingsprodukt har fissionssporsmetoden den meget store ulempe, at man skal undersøge ret store arealer for fossile fissionsspor og derved kan der opstå det problem, at man for at få en sikker alder må gøre et kraftigt indhug på mængden og derved ødelægge fundet.

Det at fissionsspor heler ved opvarmning, betyder, at metoden har sin styrke ved bjergarter, hvor man umiddelbart kan erkende en uproblematisk geologisk baggrund for eksempel en uforstyrret lavastrom, glasser dannet ved meteornedslag og lignende. Sedimenter lader sig normalt ikke datere ved denne metode, men for oceanbundssedimenter forholder sagen sig anderledes. Her vil der ofte være indslag af vulkanske bjergarter eller askelag og disse indeholder i reglen både zirkoner og glas, to særdeles egnede materialer til datering, og derved kan man komme tæt på de mellemtiliggende sedimenters aldre og yderligere få et indtryk af sedimentationshastighederne.

Aldre bestemt ved fissionssporsmetoden udgør for tiden skønsmæssigt 6-7% af de publicerede radiometriske aldersbestemmelser, og der er derfor allerede et stort sammenligningsgrundlag mellem denne metode og de øvrige. Her viser det sig, at aldre opnået ved fissionssporsmetoden næsten altid ligger en anelse under de resultater, der er opnået ad anden vej. En af forklaringerne kunne være, at de fysiske konstanter, der anvendes ved aldersudregningen, ikke er helt så præcist bestemte. Desuden kan også andre grundstoffer fissionere, for eksempel Th-232, men fissioneringshastigheden for thorium er så meget lavere end U-238, at det kun i tilfælde af meget store mængder thorium i forhold til uran skulle have nogen indflydelse.

Skønt der ikke er helt enighed om den teoretisk-fysiske forklaring på fissionssporenes dannelsesmekanik, råder man nu over endnu en radiometrisk dateringsmetode, der i de fleste tilfælde byder på store fordele med hensyn til laboratoriefaciliteter (bortset fra en reaktor), prøvemængder og arbejdstid, og som giver absolut anvendelige aldersresultater.



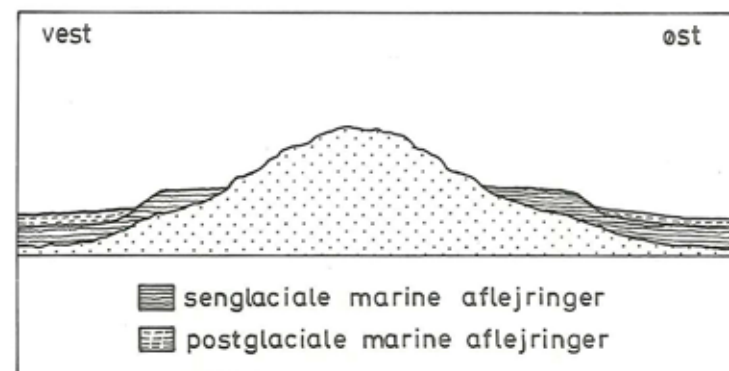
Figur 3. Fissionsspor i en glas fra et meteornedslag. Det ses, at de kegleformede fordybninger skærer glasoverfladen under forskellige vinkler. Diameteren af sporene er cirka $4\ \mu$.

Skal man sammenligne fissionssporsmetoden med de øvrige radiometriske aldersbestemmelsesmetoder, kan man sige, at hvor sidstnævnte måler mængden af henfaldsproduktet, måler fissionssporsmetoden det direkte resultat - nemlig skudkanalerne fra fissionen.

Fissionssporsmetoden har dog også sine begrænsninger. Den vigtigste er, at de naturlige (fossile) spor kan hele ved varmepåvirkning. De forskellige mineraler og glasser, der er egnet til denne aldersbestemmelsesmetode har forskellig modstandskraft mod opvarmning, men laboratorieforsøg viser generelt, at en opvarmning til $400 - 500^\circ\text{C}$ i blot en time vil slette de fossile fissionsspor, altså nulstille det radiometriske ur. På den anden side vil en ringe opvarmning, eksempelvis til 50°C ikke betyde noget, selv ikke over geologisk set meget lange tidsrum.

Forud for en fissionssporsdatering bør man derfor ved andre geologiske metoder sikre sig, at det undersøgte materiale ikke i tidens løb har været udsat for en opvarmning, der har forårsaget en eller anden grad af heling af de fossile spor. I den forbindelse er der udarbejdet korrektionstabeller, således at man ofte alligevel kan opnå en alder.

På den anden side kan man udnytte nulstillingen af uret og det gælder især arkæologiske materialer. I keramiske materialer vil man hyppigt finde det uranholdige mineral zirkon, der er fulgt med i det ler,



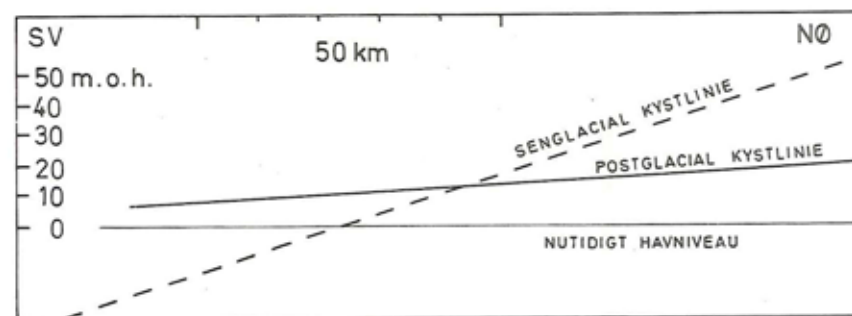
Figur 2. Øst-vestgående tværsnit af Nordjylland.

Postglaciale marine flader er mere udbredte end de sen-glaciale. Dannelsen af de postglaciale marine flader begyndte ved en markant klimaforbedring for cirka 10000 år siden og har fortsat til idag.

Af figur 2 fremgår, at de findes i et lavere niveau end de sen-glaciale flader i Vendsyssel. Derimod er de postglaciale flader højest beliggende syd for Limfjorden.

Det samme gør sig gældende for de kystskrænter, der er dannet samtidig med dannelsen af de postglaciale flader - se figur 3. Af figur 2 ses endvidere, at der er uderoderet yngre kystskrænter i de tidligere afsatte sen-glaciale marine lag, der således allerede på tidspunktet for udformningen af de postglaciale kystskrænter må være blevet hævet op som tørt land.

Undertiden benævnes de postglaciale marine flader som Stenalderhavbund. Udtrykket er misvisende, da der også findes hævet havbund fra bronzealder og jernalder.



Figur 3. Sen- og postglaciale kystlinier i Nordjylland.

Hvad er nu grunden til at vi idag finder forholdene som de er beskrevet her?

Under sidste istid var området - som det øvrige Skandinavien - presset ned som følge af den overliggende ismasses tyngde (se Varv 1972, nr.3 79-81). Man har skønnet at isen i de centrale dele har været 2000 - 3000 meter tyk, faldende til 0 meter ude ved randen. Afsmeltingen af isen ved istidens slutning bevirkede straks en trykaflastning i de påvirkede områder, og landet hævedes for at genoprette den tyngdemæssige balance. Hævningen er størst i de centrale dele af det tidligere nedslingsområde, som følge af den forudgående større nedpresning her, og falder ud mod den tidligere periferi.

Sideløbende hermed er der foregået forandringer i beliggenheden af havspejlet.

Under sidste istid var en vandmængde, der svarer til et vandlag på cirka 100 meters tykkelse fordelt ud over oceanerne, bundet på land i form af is. Ved isafsmeltningen løb dette vand tilbage til oceanerne og bevirkede en jordomspændende havstigning. Fordelingen mellem hav og land i sen- og postglacial tid - det vil sige i de sidste 15000 år må derfor opfattes som et samspil af de to tendenser - en langsom landhævning og en hurtig havstigning. I varmere perioder fandt en kraftig isafsmeltning sted, dette betød en stærkere havstigning med en oversvømmelse af nogle landområder til følge. En sådan oversvømmelse kaldes en transgression. I mere kølige perioder var isafsmeltningen mindre kraftig og i nogle områder dominerede landhævningen følgelig over havstigningen resulterende i en tilbagestrækning af havet, også kaldet en regression.

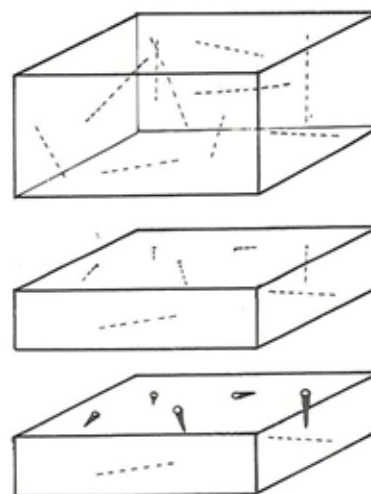
Dette gælder imidlertid ikke for alle områder - nær ved den centrale del af det tidligere nedslingsområde, for eksempel ved Oslo, har landhævningen gennem hele sen- og postglacialtiden været så meget kraftigere end havstigningen, at der i dette område udelukkende har været tale om en lang periode med regression. Omvendt har der i Sydvestdanmark og endnu sydligere, hvor der ingen gletscheris fandtes under sidste istid, næsten udelukkende fundet transgression sted.

Kun i et bælte langs med og indenfor den tidligere nedslingsgrænse - som i det nordlige Danmark - kan man se, at der har været tale om skiftende perioder med trans- og regressioner.

En interessant følge af dette forløb er, at kystnære bopladsfund fra sen- og postglacialtid bedst lader sig studere i de tidligere nedslidte områder - syd herfor ligger de tidligere kystlinier på indtil adskillige meters havdybde, hvorfor adskillige bopladser nu er havdækkede.

Forklaringen på forholdene, som de fremgår af figur 3, kan sammenfattes som følger.

- 1) De gamle kystlinier og marine flader befinder sig over havniveau som følge af landhævningen.



Figur 2. Præparatfremstilling.

I et mineral eller en bjergartsglas vil de fossile skudkanaler fra kærnespaltningerne i U-238 være tilfældigt orienterede - her angivet med stiplede linier.

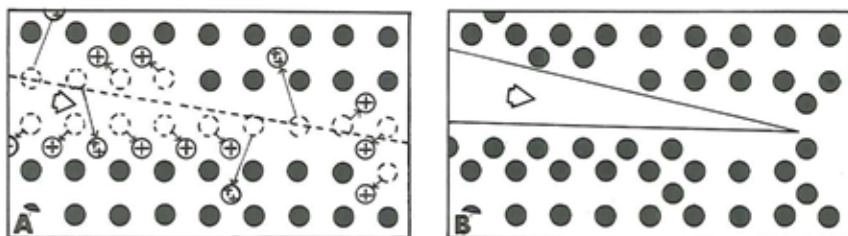
Ved at tilvejebringe en spalte- eller polerflade vil man skære nogle skudkanaler over.

Spalte- eller polerfladen behandles med for eksempel flussyre, der ætser skudkanalerne op til en diameter på 3-4 μ hvilket bevirker, at de kan observeres i et lysmikroskop.

Et tilsvarende parallelspræparat opvarmes tilstrækkeligt til at de fossile fissionsspor fra U-238 heler. Prøven bestråles derefter med en kendt dosis termiske neutroner, der kun forårsager spaltning af U-235 og de herved fremkomne fissionsspor ætzes frem og tælles - dette giver et mål for den totale uranmængde i præparatet, hvilket betyder, at man har grundlaget til udregningen af alderen.

ringe, at man i stedet for at angive den i procent, anfører den i ppm (parts per million). Hvis vi ser bort fra egentlige uranmineraliseringer, vil uranmængden typisk være på nogle få ppm og en nøjagtig angivelse af så små mængder vil kræve et detaljeret analysearbejde.

Til alt held viser det sig, at man kan undgå den direkte bestemmelse af uranmængden. Det skyldes, at uran består af forskellige isotoper (grundstoffer med samme atomnummer men forskellige atomvægte kaldes isotoper). Naturligt forekommende uran er en blanding af isotoperne U-238 og U-235, således, at der vil være 99,2830 vægtprocent U-238 og 0,7110 vægtprocent U-235 (resten udgøres af sjældne uranisotoper). U-235 fissionerer så meget langsommere end U-238, at de fossile fissionsspor i praksis udelukkende stammer fra U-238. Det forhold, der betinger, at man kan undgå en direkte mængdebestemmelse af uran er, at U-235 kan bringes til at fissionere ved bestråling med termiske neutroner - en sådan bestråling kan for eksempel foretages på atomforsøgsanlæg Risø. Ved at tælle, hvor mange nye fissionsspor, der efter bestråling med en kendt dosis termiske neutroner er fremkommet på et givet areal, har man indholdet af U-235 og i kraft af det konstante isotopforhold dermed det totale uranindhold. Ved derefter at anvende de relevante fysiske konstanter, kan man beregne alderen af det undersøgte materiale.



Figur 1. En meget skematisk model af fissionssporsdannelsen. Et positivt ladet fissionsfragment passerer langs den stiplede linie gennem et krystalgitter. Herved fjernes elektroner fra atomerne langs fissionsfragmentets vej. Det bevirker, at de berørte atomer joniseres og en rørformet ødelæggelse fremkommer i krystalgitteret på grund af frastødende kræfter mellem de joniserede atomer.

Den ødelagte del af krystalgitteret er mere modtagelig for opløsning end den ikke ødelagte del, og med passende ætsningsmidler kan sporet uddybes (B). Fissionsspor kan kun dannes i et ikke-ledende materiale.

Derved fremkommer en rørformet ødelæggelse, en "skudkanal", i krystallen inden for den distance fissionsfragmentet har tilbagelagt. Diameteren af en sådan skudkanal er cirka 100 Ångstrøm og længden er cirka 10μ . (1 Ångstrøm = $1/100\,000\,000$ cm - $1\mu = 1/1000$ mm).

Sporenes meget ringe størrelse medfører, at man kun i elektronmikroskopet kan observere skudkanalerne, og de er da også først blevet kendt fra sidst i 1950'erne. Ved et tilfælde blev det opdaget, at skudkanalerne kunne ætzes op til en diameter på få μ og derved gøres til genstand for undersøgelse i et almindeligt mikroskop. På General Electrics laboratorier skulle man bruge en kontrolleret lækage i en vakuumbeholder. En af siderne i denne beholder var lavet af glimmer, et mineral, der kan spaltes i meget tynde flager. Vakuumlækagen viste sig ikke uden videre kontrollerbar, idet man foruden at få ætset det kunstige hul også fik ætset fissionssporene op, noget man først fandt ud af efter detaljerede undersøgelser.

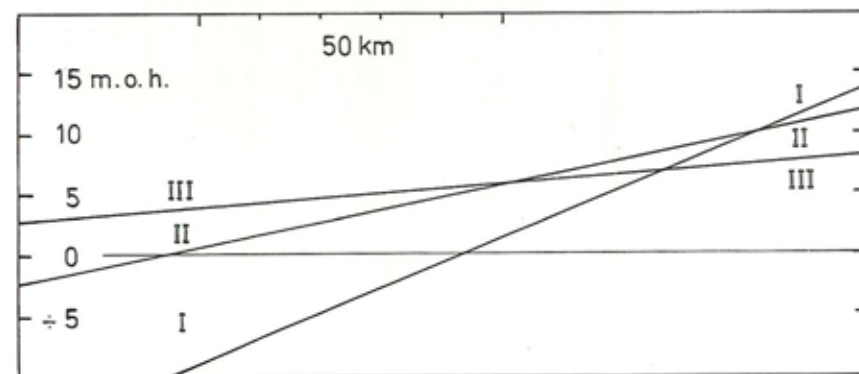
Ætsningsmidler er oftest meget stærke syrer eller baser og det gælder om at finde den ætsningstid, der er tilstrækkelig til at ætse de ødelagte krystalgitterpartier, fissionssporene, uden i for høj grad at angribe den egentlige overflade. Den overflade, man vil undersøge for fissionsspor skal være uhyre jævn og ensartet, figur 2. En sådan overflade kan opnås på to måder. Bedst er en spalteflade, men en næsten lige så god overflade kan fremskaffes ved polering, sidstnævnte metode anvendes på glasser.

Eftersom man kender fissioneringshastigheden for U-238 kan man ved at foretage en bestemmelse af uranmængden i prøven tillige med antallet af fossile fissionsspor per arealenhed få alderen. Oftest forefindes uran i meget små mængder i en tilfældig krystal eller glas. Uranmængden er så

- 2) Da nedtrykningen og den efterfølgende landhævning er størst mod nord, ligger den nordlige del af en given fossil kystlinie højere end dens sydlige del.
- 3) Hævningshastigheden målt i meter per 1000 år var størst lige efter istiden, og er gradvist aftaget siden da. Dette, sammenholdt med at den samlede hævningsstid er størst for de ældste kystlinier, bevirker, at kystlinierne i den nordlige del af området findes i større højde end yngre kystlinier.
- 4) Den indtegnede postglaciale kystlinie i figur 3 skærer den senglaciale kystlinie længere mod syd. Den postglaciale kystlinie er afsat under en transgression, det vil sige på et tidspunkt, hvor havstigningen oversteg landhævningen. Ved den efterfølgende regression, hvor landhævningen atter fik overtaget, trak havet sig tilbage i en takt, der svarede til størrelsen af landhævningen i området, det vil sige størst tilbagetrækning mod nord, og efterlod et vidnesbyrd om den tidligere højere vandstand i form af en fossil kystlinie. I nord ligger den senglaciale kystlinie betydeligt højere end den postglaciale - i syd hvor havstigning og landhævning siden senglacial tid omtrent har været i ligevægt, og hvor kystlinien derfor falder sammen med det nuværende havniveau, vil den postglaciale transgression derimod kunne nå op til et niveau over den senglaciale kystlinie. Derved kommer de to kystlinier til at krydse hinanden.

Et tilsvarende forløb af kystlinier ses i figur 4. Men her er det imidlertid udelukkende postglaciale kystlinier, der hver svarer til en transgressionsfase. Igen ses det, at de yngste er nærmest ved at være vandrette.

Det vil være af interesse, at få fastlagt det nøjagtige forløb af kystlinierne - dels for at kunne udsige noget om områdets generelle land-



Figur 4. Principskitse af forløbet af postglaciale kystlinier i Nordjylland. (Højderne er kun omtrentlige, I er ældst og III er yngst).

hævning, dels for at kunne bestemme til hvilken tid forskellige områder var oversvømmet af havet - et forhold, der vil være af betydning i arkæologiske undersøgelser.

Af figur 4 ses endvidere, at den højeste kystlinie i et område ikke nødvendigvis behøver at være af samme alder som den højeste kystlinie i et andet område. Den højeste kystlinie er ældst i Nordjylland (senglacial) og bliver gradvist yngre mod syd.

Endelig kan nævnes, at som følge af havspejlets "følsomhed" overfor klimasvingninger er der en nær sammenhæng mellem klima og forekomsten af trans- og regressionsfaser. En datering af trans- og regressionsfaserne kan derfor give oplysninger om mindre svingninger i middeltemperaturen og kan indgå i diskussionen, om hvorvidt klimavariationerne optræder med regelmæssige mellemrum og dermed eventuelt kan forudsiges.



Figur 5. Til venstre ses en fossil postglacial kystskrænt på Fur sydøst for Lille Knudshoved udformet ved havstigningen i Stenalderen. Foran til højre ses den tilsvarende marine flade. Lignende skrænter - nu noget tilskredne, da havet ikke kan komme til angreb - kan ses mange steder inden for den nuværende kyst i det nordlige Danmark. Forøvrigt er kystveje en del steder anlagt direkte på den marine flade foran Stenalder-skrænterne. A.V.Nielsen DGU fot.

ABSOLUT ALDERSBESTEMMELSE VED HJÆLP AF URANETS NATURLIGE SPALTNING, FISSIONSSPORSMETODEN.

af Vagn Jensen.

At vide alderen af dannelser og begivenheder i vores fysiske omverden har altid haft vores bevågenhed. Hvor gammel er Jorden, den enkelte bjergart, et fossil, et arkæologisk fund? Et vulkanudbrud i historisk tid frembyder ikke problemer rent aldersmæssigt, men langt ind i dette århundrede var man henvist til hovedsageligt at nøjes med relative dateringer inden for geologien. Ved relative dateringer finder man via bjergarternes lejringsforhold ud af deres dannelsesfølge, men uden at kunne sætte præcise tal på.

Atomfysikens udvikling medførte, at man fik kendskab til en række radioaktive henfaldsserier ligesom man hurtigt fik indblik i, med hvilken hastighed disse processer fandt sted. Hermed var grundlaget etableret for absolut aldersbestemmelse. I naturen findes en lang række radioaktive stoffer, hvis henfaldstid er kendt. Jo langsommere et radioaktivt stof henfalder, jo længere kan man nå tilbage i tiden og princippet er, at man måler forholdet mellem mængden af et radioaktivt stof og dets henfaldsprodukt. I det øjeblik for eksempel et magma størkner, vil det pågældende radioaktive stof være låst fast. De henfaldsprodukter, der herefter fremkommer kan blive tilbageholdt i bjergarten. I laboratoriet kan man så måle de respektive mængder og ved hjælp af henfaldslovene beregne bjergartsalderen - i dette tilfælde tidspunktet for størkningen. De mest anvendte henfaldsserier er så langsomme, at bjergarten ofte skal have en alder på flere millioner år, før der er fremkommet målelige mængder af henfaldsproduktet.

Drejer det sig om at aldersbestemme organiske materialer, har kulstof-14 metoden vist sig yderst effektiv, dog med den begrænsning, at det er vanskeligt at komme mere end 30-40000 år tilbage i tiden. Fælles for de nævnte dateringsmetoder er, at de kræver omfattende laboratorieudstyr samt en meget omhyggelig prøveforberedelse.

På det seneste er der kommet endnu en metode til absolut aldersbestemmelse, nemlig fissionssporsmetoden eller spaltningssporsmetoden, og selv om træerne heller ikke i dette tilfælde vokser ind i himlen, så byder denne metode på fordele, især med hensyn til mængden af prøvemateriale samt et beskedent laboratorieudstyr. Dertil kommer, forudsat at bjergarten er dateringsegnet, at metoden i øjeblikket kan række fra nogle snese år tilbage til mere end én milliard år.

Lidt om kærnespaltninger (fission). U-238 besidder den egenskab, at det kan spalte (fissionere) spontant. Herved deles U-238 kernen i to dele, der farer fra hinanden i stik modsatte retninger. Energien i kærnespaltningen er meget høj, cirka 200 MeV (megaelektronvolt) og den omsættes fortrinsvis i bevægelsesenergi - det betyder, at de to kærnde (fissionsfragmenter) kan gennemtrænge en vis distance i det materiale, de forefindes i, se figur 1.