

APROPOS ARTIKLEN OM DE FRANSKE VULKANER



Tertiærtiden regnes for en vulkansk periode. Fra denne tid stammer de kilometertykkede lavadækker, som opbygger Island og Færøerne. Imidlertid har den islandske vulkan Hekla i historisk tid med udbrud hver 100 år produceret materiale svarende til 5 gange Islands rumfang over havniveau. Nutiden er således også en vulkansk periode.

Surtsey 19 august 1964.
Fot. Sveinn Jakobsson.

VARV

Postadresse: Tidsskriftet VARV, Mineralogisk Museum, Østervoldgade 5-7, København K. (Tlf. Mi 5001).

Redaktion: Erling Bondesen (ansvarshavende), Mona Hansen, Søren Floris, Valdemar Poulsen

VARV udkommer fire gange om året. Prisen er 10 kr i abonnement. Abonnement tegnes ved indsendelse af beløbet til VARV, postgiro 68880.

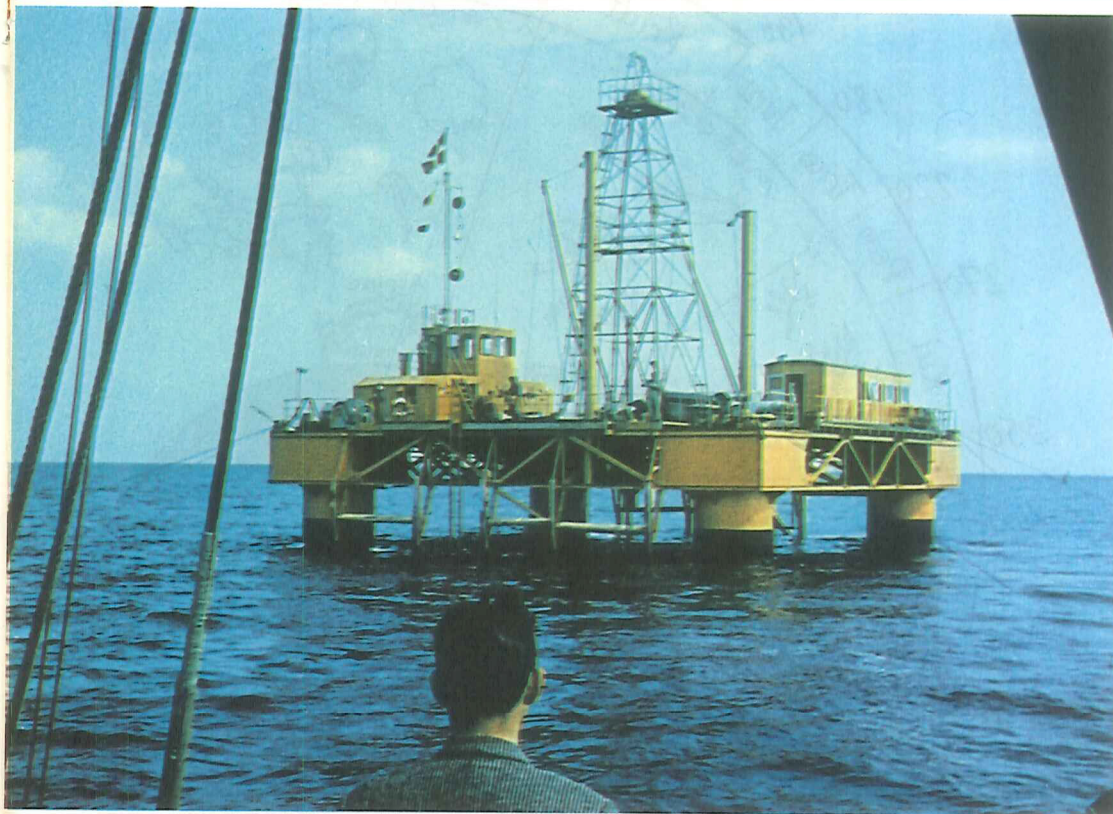
Alle henvendelser vedrørende adresseforandring, fejl ved bladets levering, og lignende bedes rettet til postvæsenet.

Eftertryk af tekst og billeder er kun tilladt med kildeangivelse.

AARHUUS STIFTSBOGTRYKKERIE A/S

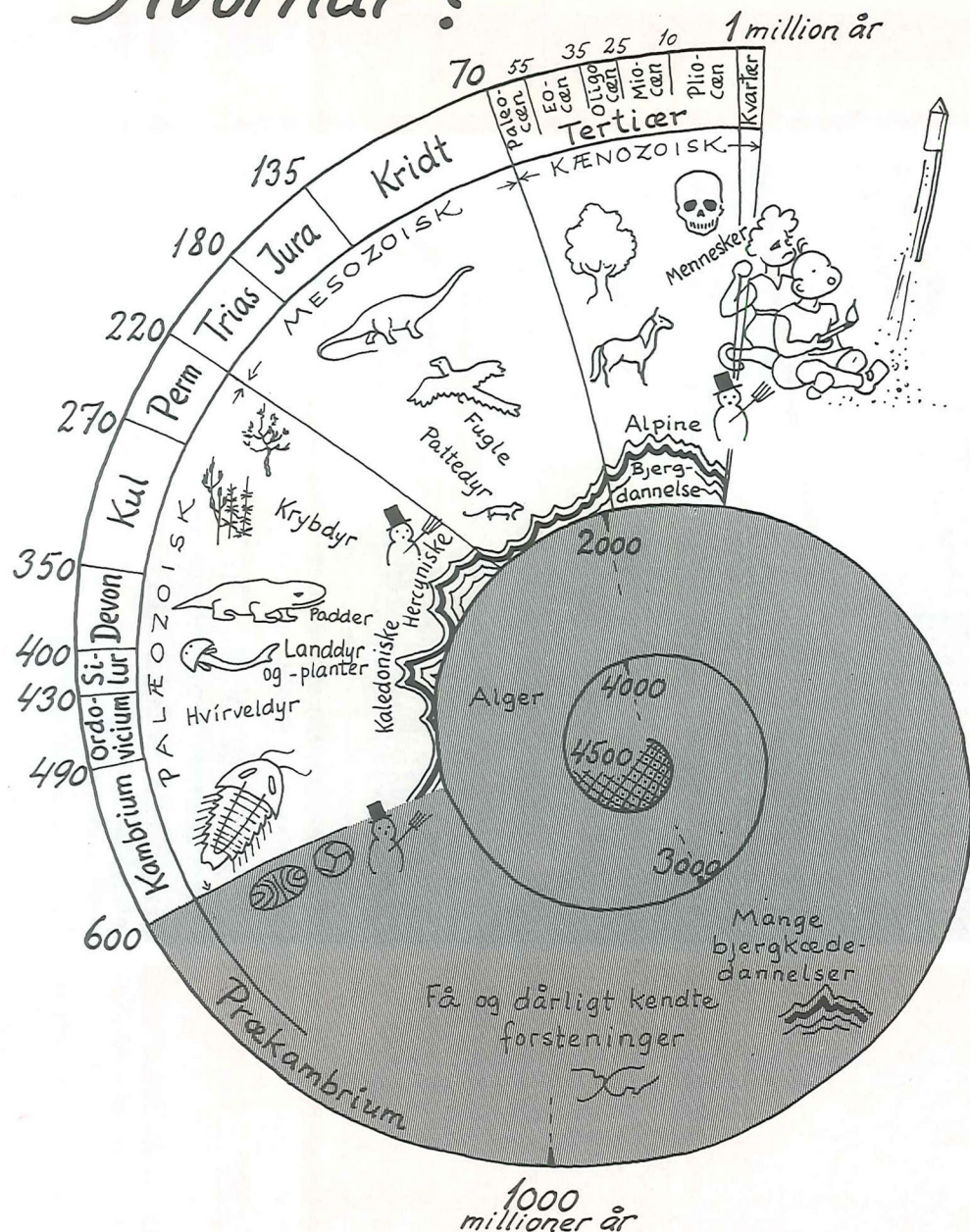
VARV

NR. 2 BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER 1967



Boreflåden GEO - 400 kvadratmeter på "flydeben" - hentede i 1964 prøver af sandsten og kalk dybt under Øresund. Formålet var at undersøge mulighederne for at bygge en fast nordlig forbindelse over eller under Sundet. Inde i bladet fortælles om de geologiske resultater af undersøgelsen.

Hvornår?



FØR ØRESUND BLEV TIL

Skal man vurdere den geologiske udvikling, må man først gøre sig klart, at Øresund, som vi kender det i dag, hører til de geologisk set unge fænomener. Da undergrunden blev dannet for 180-70 millioner år siden, herskede der andre naturforhold i området.

I begyndelsen af juratiden fandtes der - omtrent som i vore dage - et stort skandinavisk landområde. Derimod fandtes der ikke et Danmark dengang, men i stedet et havområde. Flodløb, der afvandede det skandinaviske land, mandede ud i havet, og ved udmundingen kunne der udbygges store deltaer. På det sted, hvor Skåne og det nordlige Øresund nu ligger, var der netop i ældre juratid udviklet et meget stort deltasystem med strømløb, laguner og sumpskovbevoksninger. I løbet af juratiden skete der tidvis havstigninger, hvorved deltaet blev oversvømmet. Til andre tider var havet vigende, og nye deltaer udbyggedes. Således vekslede forholdene gennem de godt 50 millioner år, juratiden varede. I denne tid skete der øjensynlig en stadig sænkning af området, hvorved der blev plads til en vældig materialophobning - den ca. 1 km tykke lagserie.

Vi må gå ud fra, at lagene på dannelsesstidspunktet lå praktisk taget vandrette. Den hældning, de udviser i dag (se blokdiagrammerne) må være fremkommet senere, d.v.s. efter juratiden. Vi kan komme det lidt nærmere: Det, at øvre kridt hviler med ringe hældning på stærkt hældende øvre juratid, må betyde, at deformationen i det væsentlige er foregået i tiden efter øvre juratid og før øvre kridt, men også at der er foregået visse jordskorpebevægelser på et endnu senere tidspunkt. Ved bevægelserne er der langs en NV-SØ akse sket en kraftig hævnning af nordøst-siden og en sænkning af sydvest-siden. Forskydningen var stor, det hævede område kom i en så højtliggende position, at det formentlig ikke senere i kridttiden blev overskyllet af havet.

ØRESUND OPSTÅR

På kort nr. 2 sås den foreliggende del af Øresund afspejlet som en lavning i undergrundsoverfladen. Denne lavning er utvivlsomt fremkommet ved erosion, sandsynligvis fremkaldt af gletscherbevægelse i istiden. I denne sammenhæng findes det nærliggende at opfatte den slyngede rende i Sundets midte som en "tunneldal", udgravet af en smeltevandsskud i bunden af gletscheren.

Da havet trængte ind i den lavning, isen havde udgravet i undergrunden, opstod Øresund. Hvornår dette skete står endnu hen i det uvisse, blot ved vi med sikkerhed, at Øresund har eksisteret i postglaciertiden.

Permar Larsen

i den nuværende havbund længere mod nordvest.

Dette var undergrundens beliggenhed. Om dens geologiske alder oplyser kort nr. tre. Også her er der benyttet eksisterende geologiske kort til at markere de sjællandske og skånske forhold, medens forholdene i undersøgelsesområdet i Øresund er opklaret ved en kombineret bearbejdelse af boringerne og seismiken. Som allerede nævnt findes der ældre juralag i de skånske kystregioner. De nye undersøgelser viser, at disse ældre lag fortsætter et stykke ud under Øresunds bund. Omtrent midt i Sundet (d.v.s. omtrent ved den dansk-svenske territorialgrænse) afløses nedre jura af en zone med lag fra mellem og øvre jura, og i en afstand af ca. 1 km fra Sjællandskysten overlæres juralagene af dannelser fra kridttiden. Det skal bemærkes, at disse dannelser stammer fra kridttidens yngre del, d.v.s. hele det geologiske afsnit, som benævnes nedre kridt, mangler her. Juralagene består af sandsten og skifre, stedvis med kul og stedvis med indhold af skaller af havdyr. Kridttidslagene er ikke udelukkende til stede som kalk og kridt, men der findes også sandsten, nemlig i zonen nærmest jura-grænsen.

Årsagen til, at lagene fordeler sig som vist på kort nr. 3, er, at de hælder mod sydvest. I de ældre juralag er hældningen gennemgående moderat (ca. 15-20°), noget større (omkring 30°) er den i mellem jura, og i øvre jura ved grænsen mod kridtområdet er den lokalt op til 45-50°. Ovenpå disse stærkt hældende øvre juralag hviler så kridtet med en hældning, som sjældent overstiger 15°. Disse deformationer af lagserien er anskueliggjort i de to blokdiagrammer på side 60.

Til disse oplysninger om undergrunden skal føjes endnu en, nemlig den, at juralagseriens samlede tykkelse er ca. 1 km.

Ud fra det nævnte kan vi allerede nu konstatere, at der ikke i den undersøgte del af Sundet forekommer et "hovedbrud" i egentlig forstand, men nok en udpræget deformation, nemlig en kraftig bøjning af juralagserien. I det geologiske sprog kalder man en sådan deformation for en flexur.

Hidtil har vi kun set på undergrunden. Over denne findes et dække af kvartære dannelser. I disse indgår spredte småforekomster af istidsaflejringer, bl.a. moræner, men hovedparten udgøres dog af havaflejrede sandmaterialer. Disse er geologisk set ganske unge, dannet indenfor de seneste ca. 10.000 år, d.v.s. i det tidsafsnit, som benævnes postglacialtiden. De unge havaflejringer varierer i tykkelse fra sted til sted, i den danske del af Sundet er de indtil 20 m tykke, medens de i den svenske del er så tynde, at de næppe helt skjuler undergrunden.

Dette var nogle træk af den indhøstede viden. Det geologiske udviklingsforløb, som kan spores i dette materiale, skal kort skildres i det følgende.

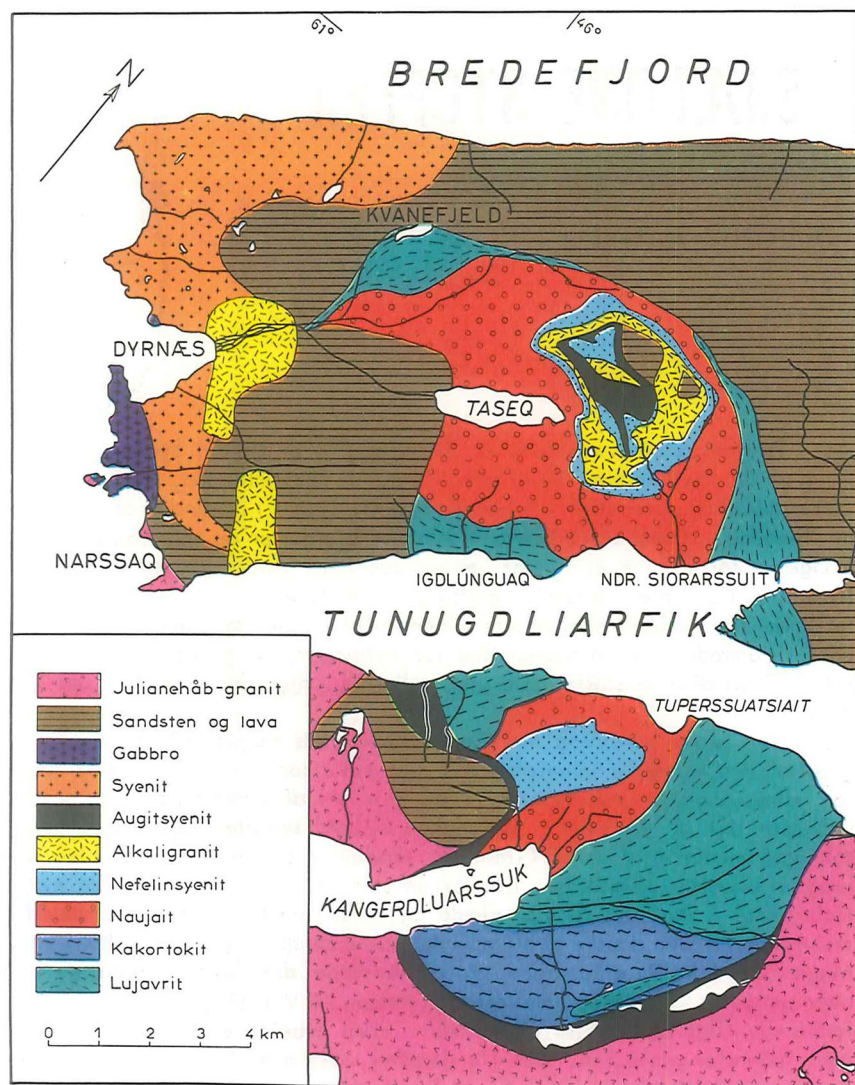
SJÆLDNE STOFFER

af JOHN HANSEN



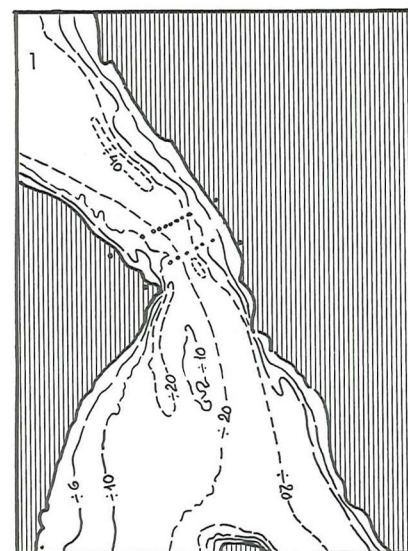
På trods af sit svære navn er Ilimaussaq - et fjeld i Sydvestgrønland - en af de mest kendte lokaliteter i verden. Berømmelsen, der er et ca. 100 kvadratkilometer stort bjergartskompleks, ligger i nærheden af den lille by Narssaq. Komplekset består af sjældne bjergarter og mineraler, hvoraf mange for første gang er fundet her og kun her. Andre kendes foruden fra Ilimaussaq kun fra en søsterforekomst på Kolahalvøen i Sovjetunionen. Naturligvis har sjældenhederne stor videnskabelig interesse, men der er desuden til området knyttet økonomiske forventninger, på grund af tilstedeværelse af værdifulde stoffer som uran, thorium, niobium, beryllium og zirconium.

Den første beretning om Ilimaussaqområdets særpregede bjergarter er givet af den østrigske mineralog K.L.Giesecke som i årene 1806-13 foretog mineralogiske undersøgelser i en stor del af Vestgrønland og på den sydligste del af østkysten. Det lange ophold skyldtes napoleonskrigene, som også medførte at en af Gieseckes sendinger af mineralprøver blev opbragt af engelske krigsskibe, hvorfor en stor del af hans indsamlede materiale endte i Skotland til stor glæde og senere berømmelse for derværende mineraloger. Den danske geolog K.J.V.Steenstrup besøgte området i slutningen af det 19. århundrede og udarbejdede det første geologiske kort over området. Det blev imidlertid professor N.V.Ussing, der foretog den første egentlige beskrivelse af området. Hans arbejde er blevet et klassisk værk inden for geologien. Der gik derefter næsten et halvt århundrede inden nye detaljerede undersøgelser blev foretaget. Disse undersøgelser påbegyndtes af Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU) og Atomenergi-kommissionen (AEK) i 1955. GGU havde fra 1955-1963 hovedbase i Dyrnæs nær Ilimaussaq. Da GGU flyttede sin hovedaktivitet nord på, blev den videre undersøgelse af Ilimaussaq-komplekset overdraget Københavns Universitet, som en speciel forskningsopgave, der dog løses i samarbejde med de to nævnte institutioner.

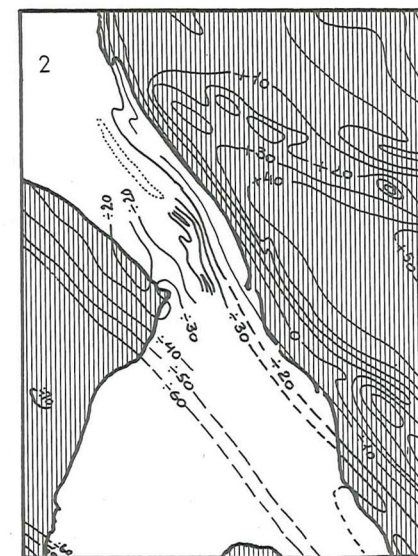


Geologisk kort over Ilimaussaq-intrusionen. Den først dannede bjergart er augitsyenit, der findes langs intrusionens rand og top. Senere er de sjældne nefelinsyeniter naujait, kakortokit og lujavrit dannet.

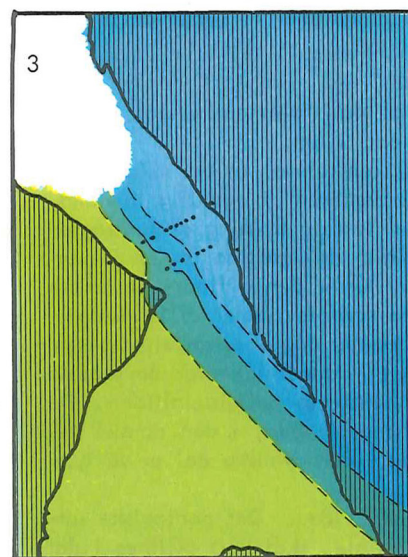
På grundlag af dette geologiske kort har det været muligt at fremstille rekonstruktionen vist på modsatte side (efter Ferguson).



Boringer og havdybde



Undergrunds-overfladens højdeforhold



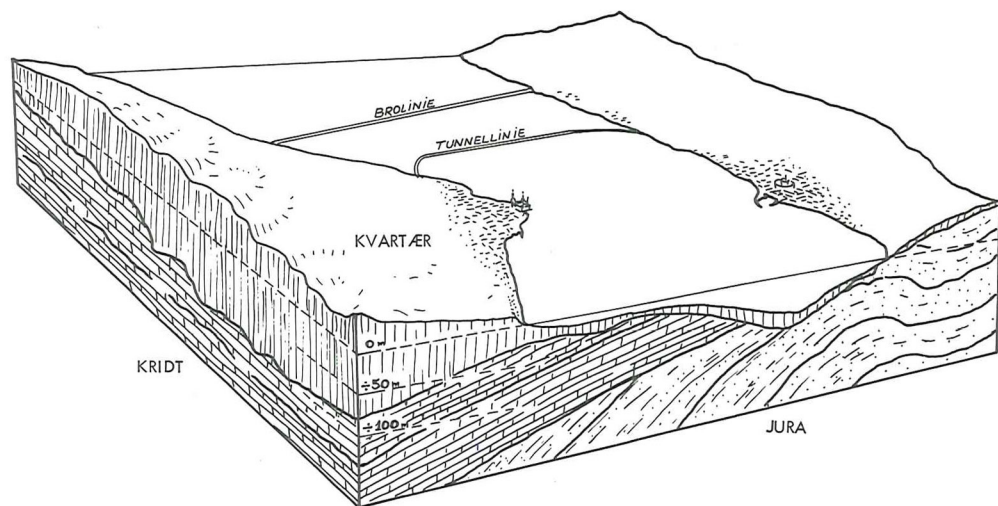
Geologi - blåt Jura, grønt Kridt

DEN INDHØSTEDE VIDEN

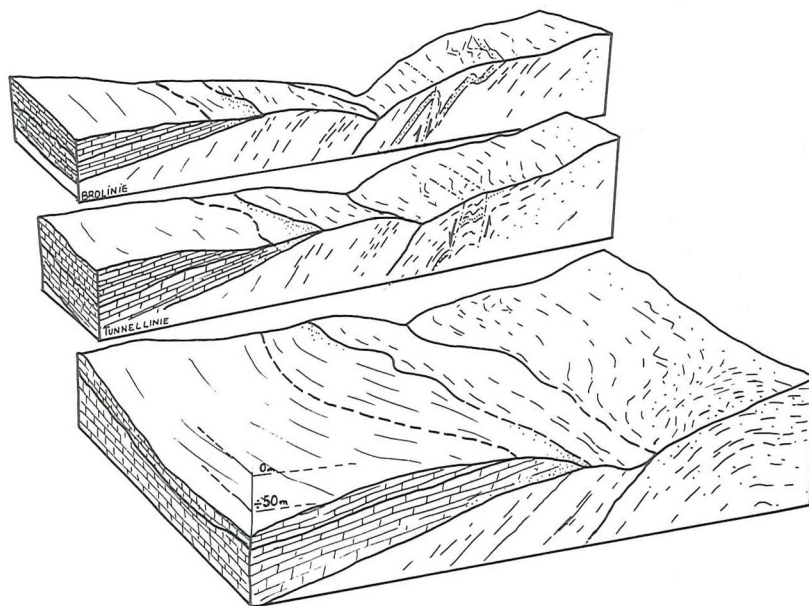
De tre ledsagende kort giver et indblik i nogle af de resultater, der fremkom ved undersøgelsen.

Det første kort viser borepunkternes beliggenhed i de to linier samt havbundens dybdeforhold.

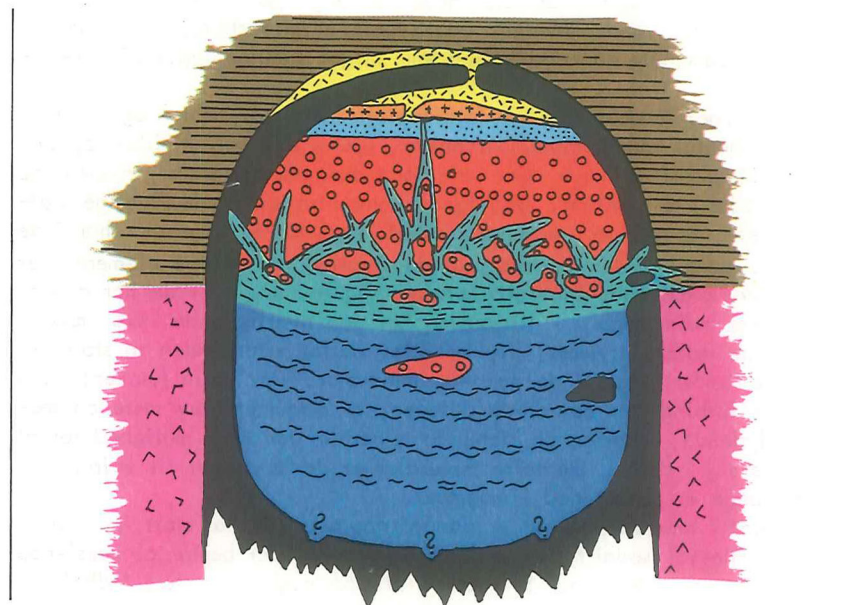
Det andet kort gengiver undergrundsoverfladens højdeforhold. Her er resultaterne af de seismiske undersøgelser i Sundet sammenstillet med oplysninger fra eksisterende geologiske kort over Nordsjælland og Skåne. Det ses, at undergrunden ligger meget højt i Skåne og også ret højt lige omkring Helsingør. Mellem de to kyster er der en lavning, som midtsunds gennemskæres af en slynget rende, hvis fortsættelse synes at kunne spores



DET UNDERSØGTE OMRÅDE I BLOKDIAGRAM



Ilmaussaq-komplekset er en intrusion d.v.s. den er dannet ved størkning af smeltede stenmasser, magma, der er trængt op i jordskorpen, hvor de er størknet p.g.a. afkøling mod den koldere sidesten. Forekomsten er dannet for ca. 1000 millioner år siden, og er således næsten samtidig med kryoliten i Ivigtut - en anden grønlandsk berømtthed i geologien.



Rekonstruktion af Ilmaussaq-magmakammeret. Signaturer som på kortet.

For ca 1400 millioner år siden bestod områdets overflade kun af granit, der p.g.a. årmillionernes slid var nedbrudt til en plan flade, et såkaldt peneplan. Der var ørkenklima og på graniten blev aflejret ørken-sand. Til tider lå området under vandets overflade og der aflejredes sand, grus eller store sten afhængig af vanddybden og afstanden fra land. Sandet er i tidens løb hærnet til kvartsit og gruset og de større sten til konglomerat. Til tider slog jordskorpen revner, og gennem disse strømmede magma frem til jordoverfladen og ud gennem vulkaner. Vulkanernes tilførselskanaler - de såkaldte gange, - skærer som rette linier gennem de ældre bjergarter. I nogle millioner år blev skiftevis afsat sand og vulkansk materiale. Dette kan f.eks. studeres ved Nunasarnaq på nordsiden af Tunugdliarfik, hvor man i et over 500 meter højt profil ser vekslende lag af sandsten og lava.

Samtidig med, at sandet og lavaen blev afsat på jordoverfladen fandtes dybt nede et stort magmakammer. Det er ved størkning af dette magma, Ilimaussaq-intrusionen er dannet. Medens lavaen er størknet hurtigt, har magmaet været måske millioner af år om at størkne. Lavaen har således dannet et tag, hvorunder magmaet er størknet.

Den første bjergart, der størknede var augitsyenit, der i dag findes langs intrusionens rand. Medens augitsyenit er en forholdsvis almindelig bjergart, er de senere dannede bjergarter meget sjældne typer af nefelinsyenit.

I magmaet fandtes flygtige forbindelser som fluor, chlor og vand og sjældne elementer som lithium, zirconium, uran, thorium, niobium og beryllium. Disse stoffer indgik ikke i de først dannede mineraler, hvorfor de koncentreredes i restsmelten. Den øgede koncentration af de flygtige stoffer bevirkede, at trykket i magmakammeret steg. Dette høje tryk har i de fleste intrusioner i verden bevirket, at de flygtige og sjældne elementer er sivet ud i den omgivende bjergarts sprækker og revner, hvor de har dannet pegmatit og malmgange. I Ilimaussaq har den overliggende lava været i stand til at modstå trykket. Trykket blev derfor efterhånden så stort, at de flygtige stoffer indgik i de dannede mineraler. Den store koncentration af flygtige forbindelser bevirkede desuden, at magmaet blev mere og mere tyndflydende, hvorfor de dannede mineraler har haft mulighed for at bevæge sig i dette. De lette mineraler er derfor steget til vejrs, mens de tunge er sunket ned i magmaet.

Øverst i magmakammeret er dannet naujait, der har stort indhold af det lette mineral sodalit, og nederst kakortokit, der består af vekslende røde, hvide og sorte lag. Bjergarten er rød p.g.a. et stort indhold af zirconium-mineralet eudialyt. Kakortokit, der er et af de bedste eksempler på lagdelte intrusive bjergarter, kendes kun fra Ilimaussaq.

Efter dannelsen af disse bjergarter foregik der en bevægelse i området hvorved specielt lavabjergarterne blev stærkt udvalset.

Af magmaet, der efter dannelsen af naujait og kakortokit var beriget på flygtige forbindelser og sjældne stoffer, blev lujavriten dannet. Dette magma blev presset op i de overliggende bjergarter: naujait, augitsyenit, lava og sandsten, hvori den i dag fremtræder som større sammenhængende legemer og årer.

Lujavritmagmaet har haft stort indhold af uran, thorium og niobium. Af disse stoffer er dannet de radioaktive mineraler steenstrupin og monazit, der findes jævnt fordelt i lujavriten og koncentreret i grænseområderne, hvor der er indeslutninger af ældre bjergarter i lujavriten. De flygtige forbindelser fra lujavritmagmaet, heriblandt niobiumforbindelserne, var mere mobile end det egentlige lujavritmagma. De kunne derfor gennemsive de mindste revner og sprækker i de udvalgte bjergarter, hvori de er blevet afsat p.g.a. afkøling. De dannede niobium-mineraler murmanit og nio-

blem, om der virkelig fandtes et "hovedbrud" i Øresund. Blandt andet derfor, men også fordi opklaringen af dette og lignende spørgsmål var vigtigt for vurderingen af de tekniske resultater, blev der under projektets gennemførelse arbejdet snævert sammen mellem Geoteknisk Institut, som forestod bundundersøgelserne, og Danmarks Geologiske Undersøgelse.

SEISMIK, BORINGER, BEARBEJDELSE

Undersøgelsen i Sundet begyndte i juni 1964 og varede til hen i november måned samme år.

Det første, man tog fat på, var en seismisk opmåling i farvandet; den blev foretaget fra skib. Der blev udført målinger langs ialt 38 linier fordelt i et netagtigt mønster, således at 24 af linierne var orienteret ca. SV-NØ, d.v.s. fra kyst til kyst, og de resterende 14 ca. NV-SØ. Som resultat fik man for hver linie et diagram over reflexionshorisonter. Fra disse kunne uddrages forskellige oplysninger, således om beliggenheden af havbunden, om beliggenheden af grænsefladen mellem de kvartære lag og undergrunden, og om hældninger i undergrundslagene. (se Varv, nr 4, 1965).

Det næste led i undersøgelsen omfattede et boreprogram med 19 boringer. Disse var fordelt på to linier, en "brolinie" og en "tunnellinie". Den sidstnævnte forløb fra Helsingør nordhavn til Helsingborgs nordlige bydel, "brolinien" var udstykket ca. 2 km længere mod NV. De 15 af boringerne udførtes på søen fra den flydende boreplatform "Geo", som også var blevet benyttet ved Storebæltundersøgelsen året forinden (se Varv, nr. 3, 1964). De sidste fire var beliggende på landjorden og udførtes på traditionel vis. Ved samtlige boringer blev der taget kerneprøver af undergrundslagene, mens der i de overliggende, kvartære dannelser blev benyttet andre former for prøvetagningsteknik.

Det materiale, der herved var bragt for dagen, blev bearbejdet geologisk. Denne bearbejdelse samlede sig i første række om borekernerne af undergrundsformationer. Disse blev undersøgt for beskaffenhed og laghældning, og den geologiske alder blev bestemt ud fra indholdet af forstenede dyr. Noget nær tilsvarende undersøgelser udførtes også på prøver af de yngre dæklag. Endelig blev de seismiske måleresultater taget op til en geologisk fortolkning, her var det især krydsningspunkterne mellem de forskellige linier, der blev studeret, bl.a. med det formål at få klarlagt, i hvilken retning undergrundslagene hældede.

Sideløbende med de geologiske undersøgelser blev der selvfølgelig også udført tekniske undersøgelser over lagenes bæreevne m.v. Denne side af sagen skal vi dog af gode grunde lade ligge her og i stedet gå over til de geologiske resultater.

FIRE ÅR EFTER



Verdens femtestørste meteorit (meteorsten) ligger stadig ved Thule og venter på at blive sejlet til København.

De 17 - 18 tons jern blev fundet i 1963. Bjergningen kom i 1964 ikke i gang på grund af isforholdene, men i 1965 lykkedes det at få grejlet frem og at slæde jernklumpen ned til kysten. Den videre bjergning blev i 1966 hindret af vejr og is.

Nu, i den fjerde sommer siden fundet blev gjort, holder man sig igen klar til at udnytte gunstige vejr- og isforhold.

Kommer meteoriten hertil, vil Danmark råde over verdens næststørste udstillede. Den største findes siden 1897 i New York og er en 31 tons jernmeteorit, også fra Thule.

ØRESUND

GEOLOGIEN HELSINGØR - HÄLSINGBORG

HOVEDBRUD ?

af GUNNAR LARSEN

"Landborgen", som den kaldes lokalt, er den markante klint, der strækker sig langs Skånes Øresundskyst navnlig nord for Hälsingborg. Den er opbygget af massive formationer af sandsten og skifre, dannet i den ældre del af jura-tiden for henimod 180 millioner år siden. På den danske side af Sundet, ved Helsingør, træffes andre geologiske forhold. Her møder man under istidsdannelserne hvidlige kalkstensaflejringer, som "kun" er ca. 70 millioner år gamle, idet de stammer fra den yngste del af kridt-tiden. Denne fordeling af jordlagene har været kendt af geologer i generationer, og som forklaring har man meget naturligt antaget, at der et sted under havbunden mellem de to kyster fandtes en forkastningszone med en måske kilometer-stor vertikal forskydning - et "hovedbrud". Denne antagelse manglede dog endelig bekræftelse, og der forelå faktisk også andre tolkningsmuligheder.

Dette var i meget korte træk situationen i foråret 1964, da man skulle i gang med bundundersøgelserne i Øresund for at belyse mulighederne for at bygge en fast forbindelse over eller under Sundet. Det stod helt klart, at netop disse undersøgelser kunne kaste lys over det geologiske pro-

bophyllit findes derfor ikke i lujavriten, men i de udvalgte bjergarter nær grænseområderne mod lujavriten.

Det sidste restmagma var ekstremt beriget på uran, thorium, niobium og beryllium. Opløsningsenergien trængte gennem revner og sprækker i de tidligere dannede bjergarter. Deres størkningsprodukt fremtræder nu som hvide eller svagt rødlige årer. I disse årer findes beryllium-mineralerne og niobium-mineralerne epistolit og pyrochlor.

ØKONOMISK MULIGE MINERALER

Ilmaussaq-området mineralforekomster har tidligt interesseret geologerne. Der blev således allerede i forrige århundrede gjort forgæves forsøg på at udnytte mineralet eudialyt, på grund af dets indhold af metallet zirconium, der bl.a. anvendes til stålforædling, smeltedigler, keramik og svejseelektroder. Fra 1955 har interessen først og fremmest samlet sig om uran og thorium og fra 1965 desuden om niobium og beryllium.

Uran og thorium.

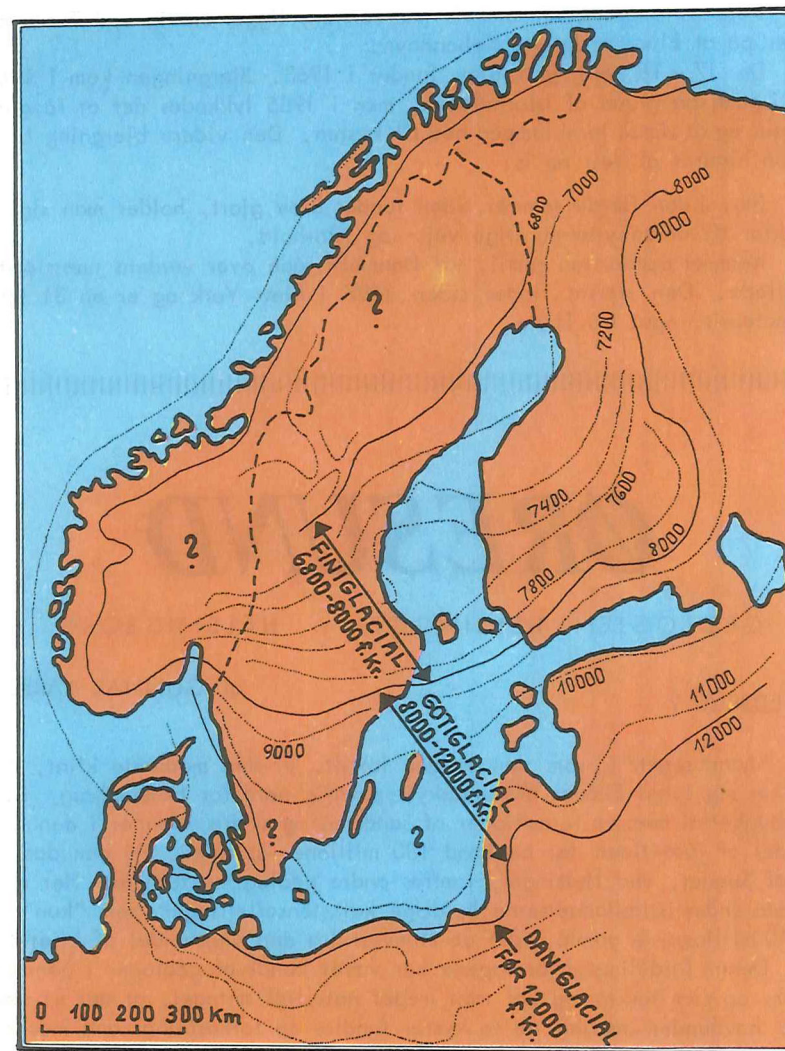
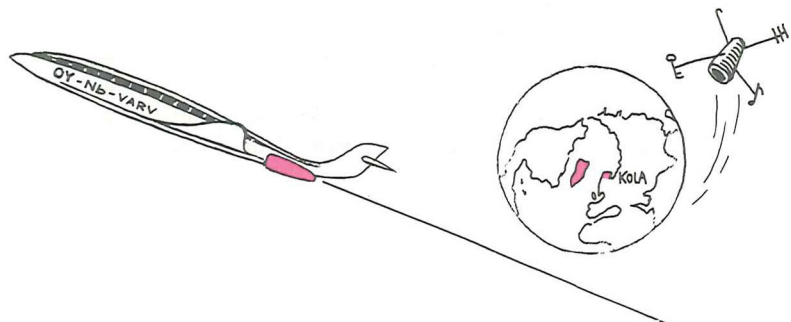
Medens uran i mange år har været anvendt til atomreaktorer, har interessen for thorium hidtil været ringe. Dette skyldes, at thorium ikke som naturligt uran indeholder spaltelige kerner. Man må derfor ved start af en thoriumreaktor anvende en blanding af thorium og beriget uran. Disse reaktorer er ikke i dag konkurrencedygtige på grund af den høje pris på beriget uran. Da der i verden findes ca. 7 gange så meget thorium som uran og da uranet indenfor en overskuelig fremtid vil blive opbrugt, er der i de sidste år sat meget ind på at gøre thoriumreaktorer billigere. Dette er heldigt for Ilmaussaq-forekomsten der indeholder ca. 2½ gange så meget thorium som uran.

Beryllium udgør under 0.001 % af jordskorpen. Det findes ikke rent i naturen men forekommer i over 30 mineraler. Det økonomisk vigtigste mineral er beryl der fra de ældste tider har været anvendt som ædelsten p.g.a. stor hårdhed og smukke farver. Beryl-varieteteten smaragd er grøn, mens aquamarin er blå til blågrøn. Beryllium er et af de letteste metaller med en vægtfylde på 1,8 g/cm³. Den vigtigste anvendelse af beryllium er som legeringsmetal idet en ringe mængde beryllium forbedrer mange andre metaller egenskaber i eminent grad. Det anvendes således inden for elektroniken, i atomreaktorer m.m. Det er særlig inden for luft- og rumfart man drager nytte af berylliums lave vægt i forbindelse med dets store styrke ved høj temperatur. For hvert kg, vægten af et fly reduceres spares årligt tusinder af kroner. For satellitter spares titusinder af kroner hver gang vægten reduceres med et kg. Rumpiloterne er desuden under nedturen skærmet mod gnidningsvarmen af et skjold af berylliumoxid.



Billederne viser to af de helt specielle bjergarter, der findes i Ilimaussaq intrusionen. Når bjergarterne er så specielle, har geologerne foretrukket at give dem navne af lokal oprindelse eller efter findestederne. Bjergarten på billedet til venstre er den smukke grovkornede NAUJAIT (naujat er grønlandsk for måge), hvor de store røde klatter er mineralet eudialyt, der indeholder en lang række sjældne grundstoffer, især zirconium. Bjergarten på billedet til højre er KAKORTOKIT (kakortoq er grønlandsk for hvid), en bjergart med en helt speciel struktur af vekslende hvide, røde og sorte lag. En tredje bjergart LUJAVRIT, der er sort og grøn henter sit navn fra Kolahalvøen (efter stedet Lujavr-urt), hvor på den anden side flere grønlandske navne finder anvendelse.

Niobium er et stålgråt metal med højt smeltepunkt (ca. 2500°C). Det har stor hårdhed og er modstandsdygtigt over for de fleste kemiske reagenser. Niobium angribes således hverken af salpetersyre, saltsyre eller kongevand. Niobium benyttes overvejende som legeringsmetal sammen med jern, hvor man kræver stor styrke ved høj temperatur som f.eks. i jetmotorer. Legeringer af niobium-tin og niobium-zirconium anvendes til superkraftige magneter, der kan opretholde magnetfelter af hidtil ukendt styrke praktisk taget uden at forbruge strøm.



5. STADIER I ISENS AFSMELTNING I SKANDINAVIEN.

VP

De Geer fandt, at indlandsisens tvedeling kunne være et passende punktum for senglacialtid, og tåpningsvarvet blev defineret som afsat i år 0.

Senere har man ved Ångermanelven kunnet opmåle varvserier fra nutiden tilbage til isafsmeltingen, og derved har De Geer's år 0 vist sig at svare til ca. år 6800 f. Kr. Dette år skulle da være grænseåret mellem senglacial- og postglacialtid i Sverige. På dette tidspunkt var postglacialtiden begyndt i Danmark. Senglacialtiden er her defineret som tiden fra den endelige isafsmeltnings begyndelse, til storskoven fik varigt indpas, og det skete i Danmark omkring 8300 år f. Kr.

AFSMELTNINGENS FORLØB

Den detaljerede viden om isafsmeltingens forløb i Skandinavien har gjort en opdeling i stadier naturlig - se også figur 5.

Daniglaciale stadium: Tiden før 12000 f. Kr. Isranden lå da udenfor Sverige. Fra ca 15000 f. Kr. (efter De Geer's opfattelse dog allerede 25000 år f. Kr.) begyndte afsmeltingen fra hovedopholdslinien gennem Jylland, og hele Danmark var endelig forladt af isen 4000-5000 år senere.

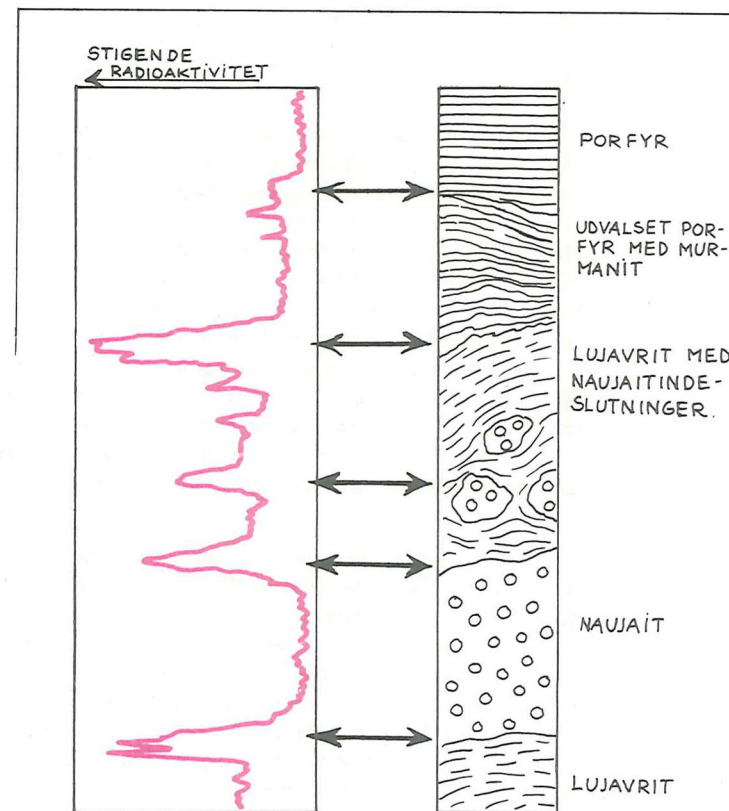
Gotiglaciale stadium: (Navn efter Götaland). Begynder ved første israndstilling i Skåne 12000 f. Kr. Den årlige tilbagesmelting af isranden i Skåne og Blekinge androg ca. 50 meter. Senere i Småland og på den finske side ligger hastigheden mellem 100 og 200 meter om året. Stadiet slutter ca. 8000 f. Kr.

Finiglaciale stadium: (Finis, slut). Omkring 8000 f. Kr. er en betydelig tilstand markeret ved tydelige israndslinier, som går gennem Oslo, de mellemsvenske søer og Salpausselkä i Finland ("den skandinaviske linie"). Efter dette ophold, som er et udtryk for en midlertidig klimaforværring, skete den endelige tilbagesmelting af isranden med en hastighed fra 200-300 meter om året - eller enkelte steder i Norrland op til 400 meter om året. Stadiet slutter 6800 f. Kr. ved isens tvedeling i den skandinaviske fjeldkæde (markeret af israndslinier, se figur 5).

Alt ialt har afsmeltingen fra den jyske linie til isens tvedeling i Jämtland kun vareet godt 8000 år!

Uran

Interessen for uran på Grønland går tilbage til 1955, da Atomenergikommisionen (AEK) blev oprettet, og man fra AEK's side var interesseret i straks at starte en uranefterfølgning på Grønland. Fra geologiske afhandlinger fra det 19. århundrede vidste man, at der fandtes radioaktive mineraler i Ilmaussaq-komplekset. Det var derfor nærliggende at starte ef-



Geologi i borer. Diagrammet til venstre viser radioaktiviteten målt i borehullet og søjlen til højre er bjergarterne fundet i borekernen. Porfyr og naujait er ikke radioaktive - den udvalgte porfyr svagt radioaktiv - lujavrit stærkere radioaktiv. De radioaktive mineraler (steenstrupin og monazit) er koncentreret op mod indeslutninger af ældre bjergarter i lujavrit.

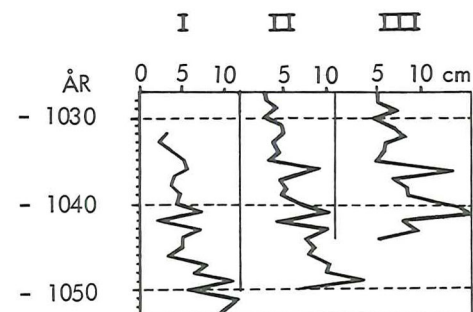
tersøgningen der. De mest lovende forekomster blev hurtigt fundet på Kvanefjeldsplateauet i områdets nordøstligste del. I 1957 påbegyndtes mere indgående undersøgelse her. Resultatet af disse undersøgelser blev, at der i 1958 blev foretaget 36 diamantboringer med en samlet kernelængde på over 4000 meter. På grundlag af disse undersøgelser blev indholdet af uran beregnet til 4000 tons og indholdet af thorium til ca. 10.000 tons i en samlet bjergartsmasse på 12 millioner tons. Der er således i Danmark mere uran pr. indbygger end i U.S.A. Til sammenligning kan det anføres at der af 1 kg uran og thorium teoretisk kan udvindes lige så meget varmeenergi som af 1000 tons gode kul. I praksis er udbyttet dog væsentligt lavere.

Uranet findes i kiseltsyreholdige mineraler (silikater). Da man ikke tidligere har udvundet uran af et silikatmineral har Risø's kemikere selv måttet finde en metode til udvinding af den grønlandske uranmalm. I 1962 var de nået så langt med dette arbejde, at de ønskede en større mængde malm til opbevaringsforsøg. Der blev derfor dette år hjemtaget 200 tons uranmalm fra Kvanefjeldsplateauet. I 1964 var det lykkedes dem at finde en anvendelig fremgangsmåde til udvinding af malmen. Der blev derfor påbegyndt en detaljeret geologisk kortlægning af forekomsten med henblik på udvinding. Allerede samme år blev det klart, at forekomsten var betydelig større end de 4000 tons uran og de 10.000 tons thorium man tidligere angav. Det vil imidlertid kræve nye og dybere boringer at bestemme forekomstens nøjagtige størrelse. Sideløbende med feltarbejdet bearbejder geologerne det indsamlede materiale herunder de over 4000 m borekerner.

Beryllium

Man har i flere år kendt beryllium-mineraler fra Ilmaussaq, men det drejer sig om små forekomster der har stor videnskabelig interesse, men som er uden økonomisk betydning. Under ekspeditionen i 1964 blev der imidlertid fundet en beryllium-mineralisering, der muligvis kan få økonomisk betydning. Der er hidtil fundet ialt 10 beryllium-mineraler i Ilmaussaq. Det vigtigste er chkalovit, der første gang er fundet på Kolahalvøen. Mineraliet indeholder 12% BeO, eller det samme som mineralet beryl, hvorpå næsten hele verdens produktion af beryllium i dag er baseret. Ved undersøgelsen af beryllium-mineraliseringen anvendes et på Risø konstrueret beryllometer, hvormed man direkte på klippen kan bestemme indholdet af beryllium i bjergarten. Princippet for beryllometeret er, at en i dette anbragt radioaktiv kilde udsender γ -stråling, der spalter beryllium i gassen helium og en neutron. De udsendte neutroner, der er et mål for indholdet af beryllium i prøven bestemmes ad elektronisk vej. Beryllometeret har med held været anvendt i 1965 og 1966. De første beryllometre var ret tunge (41 kg.) p.g.a. den store mængde bly, der er brugt til afskærmningen af den radioaktive kilde. Nye beryllometre med mindre vægt (20 kg.) og større måleflade vil blive anvendt i 1967.

Det klassiske område for varvundersøgelser er egnen omkring Stockholm, og figur 3-4 viser, hvorledes isens afsmeltning er foregået der.



4. Varvdiagrammer for 3 lokaliteter ved Stockholm. Diagrammerne laves for hver lokalitet for sig og forskydes op og ned, indtil kurverne ligger på linie for alle 3 lokaliteter. Eksempel: I år -1041 i De Geer's tidsskala er aflejret et tykt varv - muligvis på grund af en varm, fugtig sommer, som må have præget hele den skandinaviske region. Det tykke årsvarv på én lokalitet svarer da til tykke varv på de andre lokaliteter.

Det ses af figur 4, at aflejringen ved lokalitet II er begyndt 3 år senere end ved I, og ved III 9 år senere end ved I. Disse tal er et udtryk for hastigheden af isens afsmeltning mod nord. Da aflejring ved I begyndte, var II og III endnu isdækket. Afsmeltningshastigheden mellem I og II var 3 år - og mellem II og III 5 år, idet der tages hensyn til lokaliteternes placering (umiddelbart før III stoppede isranden i år -1045, hvorfor leraflejring her først begyndte i -1044).

De Geer's negative tidsskala kræver en nærmere forklaring. Da hans arbejde blev påbegyndt fandtes ingen mulighed for at sætte kalenderår ved de enkelte varv, og De Geer etablerede sin egen skala ud fra et år 0 i Jämtland. Året -1050 betyder da 1050 år før det valgte år 0, som repræsenterer en markant begivenhed i afsmeltningshistorien:

I senglaciertid har flere partier af den skandinaviske fjeldkæde raget op gennem isen som nunatakker omgivet af issøer. Også her blev der aflejret varvigt ler. I lang tid havde disse søer afløb til Atlanterhavet gennem Norge. På et vist tidspunkt deltes ismassen i fjeldkæden i to (bipartition), og derved fik blandt andet den store Jämtland-issø afløb mod øst ved en tapningskatastrofe. Herved kunne området hægtes på varvkronologien for det øvrige Sverige.

De danske issøer repræsenterer meget små og isolerede aflejningsbassiner, hvor faktorer af ovennævnte slags helt kan tilsløre årsrytmen, sådan at årsvarv ikke kan identificeres med sikkerhed. Lokale forhold har præget bassinerne i betydelig grad, hvorfor de uregelmæssige varvserier ikke kan sammenlignes fra sø til sø. Sammenligningsmuligheder eksisterer derimod mellem varvserier indenfor Østersøen's område, da dette opstod som den Baltiske Issø efter isens bortsmeltning fra Danmark.

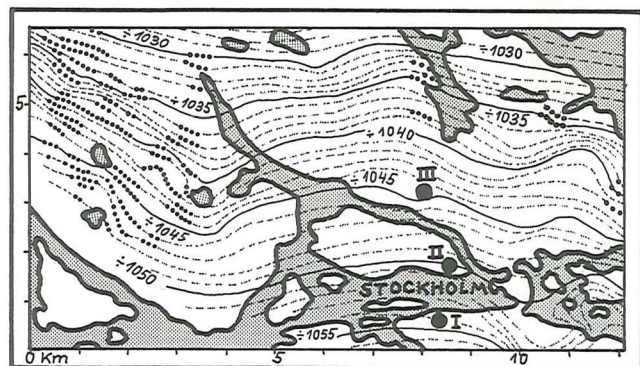
Den Baltiske Issø udgjorde et stort bassin, hvor årsvarvene blev meget regelmæssige (figur 1), fordi de lokale variationer blev udjævnet i forhold til de regionale.

VARVKRONOLOGI

Anvendelsen af varvserierne som kalender for isafsmeltningen i Skandinavien er grundlagt af svenskeren Gerard De Geer omkring århundredeskiftet. Figurene 2-5 er modificeret fra De Geer's arbejder.

To hovedprincipper er fundamentale for varvkronologien: 1) Varvene afsættes først, hvor isen først er afsmeltet. Ved isens fortsatte afsmeltning kan aflejring af ler finde sted længere og længere ind mod indlandsisens centrum, det vil sige mod nord. 2) Tykkelsen af de enkelte årsvarv er ikke konstant fra år til år. I år med varme somre og deraf følgende stor afsmeltning afsættes et tykt varv - kolde år gav tynde varv.

Ved sammenligningen af varvserier benytter man særlige diagrammer, hvis konstruktion fremgår af figur 2.



3. Forløbet af isens afsmeltning ved Stockholm. I, II, III: lokaliteter hvorfra varvdiagrammerne i figur 4 er konstrueret. ••••• Randmoræne. — Israndslinie for hvert år. Tallene ved israndslinierne er årstal i De Geer's tidsskala, som omtales i artiklen.

Beryllium-mineraler fundet i Ilimaussaq-intrusionen

Mineral	Formel	% BeO
Bertrandit	$\text{Be}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2$	40-43
Beryllit	$\text{Be}_3\text{SiO}_4(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$	40
Chkalovit	$\text{Na}_2\text{BeSi}_2\text{O}_6$	11-13
Epididymit	$\text{Na}(\text{BeSi}_3\text{O}_7)(\text{OH})$	11
Eudidymit	$\text{Na}(\text{BeSi}_3\text{O}_7)(\text{OH})$	11
Genthelvin	$\text{Zn}_8(\text{BeSiO}_4)_6\text{S}_2$	11-14
Leucophan	$\text{NaCa}(\text{BeSi}_2\text{O}_6)\text{F}$	10-12
Sorensenit	$\text{Na}_4\text{SnBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_4$	7-8
Spherobertrandit	$\text{Be}_5(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_4$	40-43
Tugtupit	$\text{Na}_8\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}(\text{Cl}_2, \text{S})$	5

Niobium

Der er i Ilimaussaq hidtil fundet 9 niobium-mineraler men kun epistolit-murmanit og pyrochlor findes i en sådan mængde, at de muligvis kan få økonomisk betydning. Epistoliten findes i de samme årer hvori berylliummineralerne findes, pyrochloren findes i den radioaktive bjergart på Kvannefjeldsplateauet. Murmanit findes derimod i områder uden andre økonomisk vigtige mineraler. En eventuel brydning af murmanitførende bjergarter skal derfor foretages for murmanitens skyld.

Niobium-mineraler fundet i Ilimaussaq-intrusionen

Mineral	Formel	% Nb_2O_5
Epistolit	$(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ti}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Mn})(\text{OH})\text{SiO}_4$	32
Gerassimovskit	$\text{TiNb}(\text{OH})_9$	41
Igdloit	NaNbO_3	62
Ilimaussit	$\text{Na}_4\text{Ba}_2\text{CeFeNb}_2\text{Si}_5\text{O}_{28} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	13
Murmanit	$\text{NaTi}(\text{OH})\text{SiO}_4$	0,6-9
Nenadkevichit	$(\text{Ba}, \text{K}, \text{Na})(\text{Ti}, \text{Nb})\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	28
Niobophyllit	$(\text{Na}, \text{K}, \text{Ca}, \text{Ce})_3(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})_{6-7}(\text{Ti}, \text{NbTa})_2(\text{Al}, \text{Si})_8\text{O}_{25}(\text{OH}, \text{F})_6$	9
Pyrochlor	$(\text{Na}, \text{Ca})_2(\text{Nb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F}, \text{O})$	41-59
Tundrite	$\text{Na}_2(\text{Nb}, \text{Ce})_4(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{Si}_2\text{O}_{15} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	6



Beryllometermåling på Taseq skråningen.

Beryllometeret udsender radioaktiv stråling der omdanner beryllium til helium og neutroner. Antallet af dannede neutroner er et mål for indholdet af beryllium i prøverne.

Økonomisk vigtige grundstoffer i Ilimaussaq

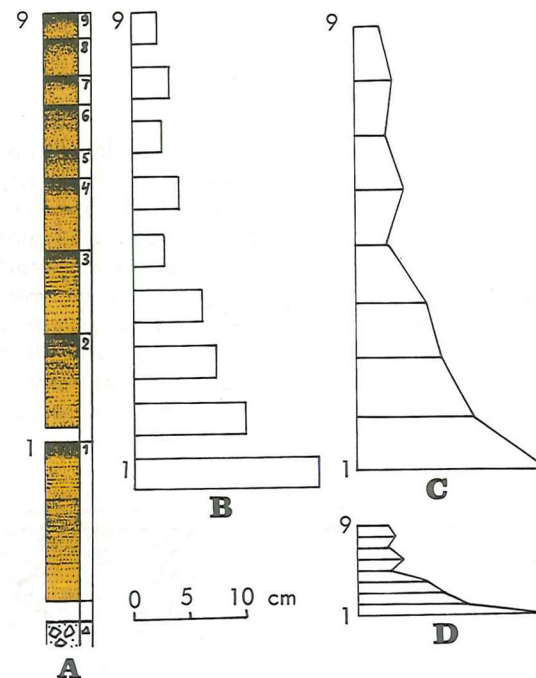
Uran og thorium	ca. 350 kr pr kg
Niobium	ca. 700 kr pr kg
Beryllium	ca. 1000 kr pr kg



Når man skal vurdere mulighederne for en eventuel udnyttelse af forekomsten er det væsentligt, at oparbejdning af uran, thorium, niobium og beryllium vil kunne foretages i samme fabrik, samt at forekomsterne vanskeligt kunne ligge bedre på Grønland, idet der kun er ca. 5 km til fjorden med de bedste muligheder for anlæggelse af en havn.

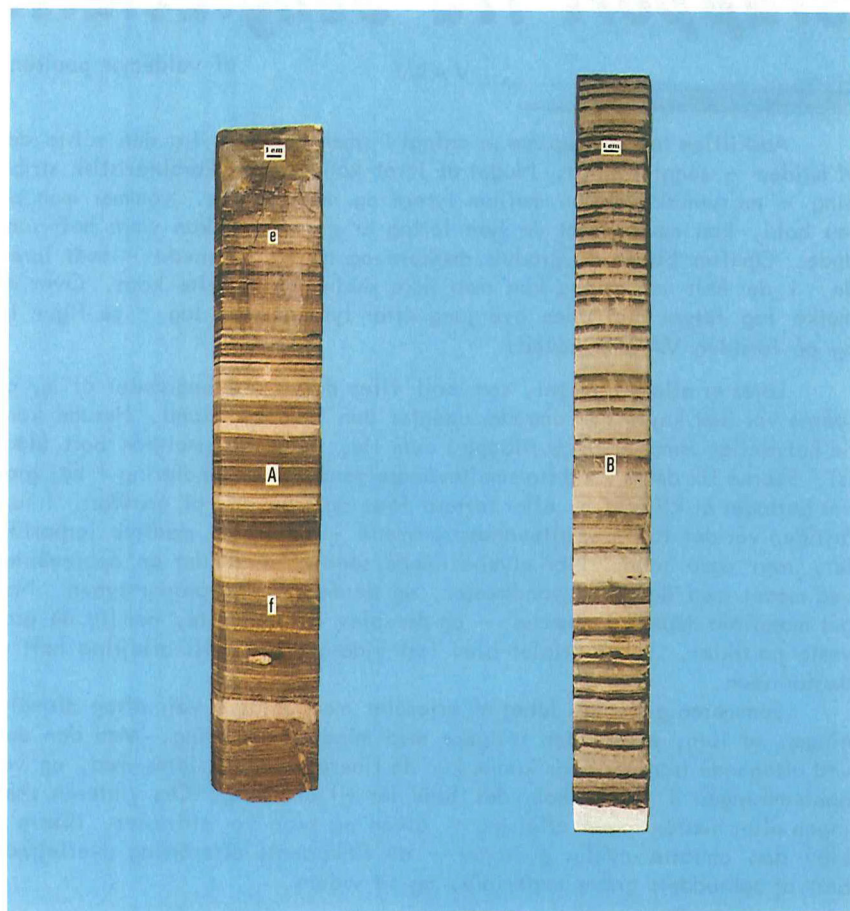
Sten Hansen

Betydeligt værre er det, at varvigheden ikke behøver at afspejle årsrytmen. I enkelte tilfælde kan der være tale om døgnvarv med det grove materiale afsat om dagen, hvor solen bevirker en større afsmeltning. Det finere materiale blev afsat i nattens kulde. Dertil kommer helt urytmiske varv, som var betinget af faktorer som en kold juli, regnfuld august, med mere.



2. Konstruktion af varvdiagram.

- Del af issøprofil med forskellige årsvarv - ialt 9.
- Tykkelsen af hvert årsvarv afsættes i en passende målestok ud fra en lodret linie, idet varvene anbringes med konstant afstand.
- Ved at forbinde de afsatte varvtykkelser med rette linier fås en kurve - et varvdiagram.
- For at give et bedre overblik ændres målestokken i højden.



1. Varvserie fra Danmark (A) og Finland (B).

A: Et års aflejring. Varvene repræsenterer enkelte døgn. f = forsommer, e = eftersommer. Et enkelt sted ses en nedfalden sten.

B: Varvene er i dette tilfælde virkelige årsvarv, og det finske eksempel afspejler de meget regelmæssige aflejningsforhold i et stort issøbassin - i modsætning til de små lokalprægede bassiner i Danmark.

Varvprøver som de afbildede får man ved at presse eller banke en aflang madkasse eller lignende ind i et renskrabet parti af lervæggen. Når prøven sammen med bakken er taget ud, skæres den til. Lejlighedsvis pensling med glycerin forhindrer sprækkedannelse ved udtørring.



Frankrigs gamle hjerte



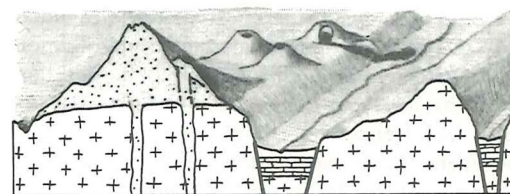
af STEEN ANDERSEN

Den geologisk interesserede har god grund til at søge til Auvergne, for som en del af det franske "centralmassiv" har denne dekorative egn en lang udvikling bag sig.

Anlagt under den hercyniske bjergkædefoldning har dette massiv af granit og gnejs dannet den faste kerne i Frankrigs opbygning gennem 300 millioner år. Ved dannelsen af Pyrenæerne og Alperne rystedes kolossen dog. Store N-S gående strøg sank ned, havet trængte frem deri og tykke kalklag aflejredes. Medens de krystalline bjergarter granit og gnejs danner barske plateauer i henved 1000 meters højde, ligger disse kalkstrøg i dag som fladbundede dale, der er naturlige indfaldsveje i Auvergne. Den største "Limagne" gennemstrømmes af floden Allier, her løber hovedvej N.9 og her ligger den vigtige by Clermont-Ferrand.

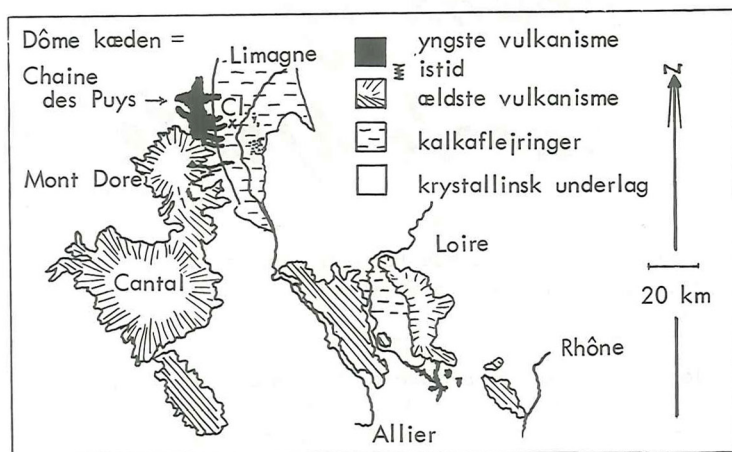
Indsynkningen fandt snart sit modstykke i dannelsen af de mest stor-slåede elementer i Auvergnens fysiognomi, i rejsningen af de talrige vulkaner.

Vulkanismen indledtes for henved 25 millioner år siden og har stået på siden da. Ældst er de store sammenhængende vulkanske områder i det sydlige Auvergne: Mont Dore, Cantal, Velay og Viverais, hvis opbygning stod på indtil kvartærtiden. Udsat for kvartærtidens erosion af gletschere og vandløb ligger de i dag som afslidte plateauer gennemsat af brede gletscherdale med U-formede tværsnit. Først set fra højden fornemmer man en enhed i den jævne rejsning af de enkelte brudstykker op mod vulkancentret, for eksempel Puy de Sancy på ryggen af Mont Dore.



Skematisk snit gennem Auvergne

- + granit og gnejs
- kalkaflejringer
- . vulkanske bjergarter



Yngst er Dôme kæden. Med sine halvhundrede keglar rejst på række langs randen af plateauet højt over Limagne'n indfanger kæden synet, hvor man end befinder sig. Det tidlige stenalderfolk i Lascaux-hulerne få hundrede kilometer mod sydvest må have været vidne til vulkanernes udbrud. Vi, deres efterkommere, står overfor døde vulkanbjerge, men de yngste af dem med deres mindre end 10.000 år på bagen fremtræder i form så friske, at fantasien let gør dem levende igen.

For størstedelen af vulkanerne har livet ytret sig ved ét eneste gigantisk åndepust. Fra dybet har en smeltet stenmasse rig på luftarter banet sig vej gennem granitskorpen. Trykket i denne masse vokser efterhånden, og i en eksplosion slår den op gennem jordoverfladen. Tusinder af kubikmeter gasser ladet med smeltet lava kastes til vejrs. Den afkølede lava falder tilbage som rødbrune og sorte slagter fyldt med luftblærer. Omkring udbrudscentret vil slaggedyngen tage form af en jævnt opstigende kegle afsluttet af en blødt tegnet fordybning over krateret.

Forskellige variationer kan fremkomme i dette tema - aflæselige i vulkanernes form. To kratere kan være fælles om en og samme kegle og danne en 8-tals fordybning (Puy de Come). Eller én side kan slås ud af keglen, der da bliver seglformet. Dette er tilfældet med tvillingvulkanerne Puy de Lassolas og Puy de la Vache. Gennem de åbninger, der her ved er dannet, er en lavastrøm flydt ud, som nu udgør et bælte med katisk brokket overflade. På deres vej fremad har lavastrømmene fulgt datidens dalstrøg og tvunget vandløbene ud af deres leje. Ved Aydat er to søer dannet ved, at lavaen har dæmmet op for elven. (Andre af Auvergnens søer udfylder tidligere kratere og er derfor næsten cirkelrunde og forholdsvis dybe. Den kendteste er Lac Pavin, som er 3/4 km i diameter og 92 meter dyb).

Årsrapport fra Senglacialtid



VARV

af valdemar poulsen

Adskillige teglværksgrave er anlagt i smeltevandssler fra den sidste del af istiden - senglacialtid. Noget af leret kan vise en karakteristisk stribning - en rytmisk vekslen mellem lysere og mørkere lag. Kommer man på tæt hold, kan man se, at de lyse lerlag er grovere - kan være helt sandede. Opefter bliver de gradvis mørkere og mere finkornede - fedt lerede. I de helt mørke lag kan man ikke skelne de enkelte korn. Over de mørke lag følger brat uden overgang atter lyse grovere lag - se figur 1, og på forsiden VARV's hoved!

Leret er aflejret i søer, som helt eller delvis var begrænset af is, og søerne var især knyttet til områder udenfor den levende isrand. Herude kunne betydelige ismasser ligge tilbage i rum tid, inden de smeltede bort (dødis). Søerne fik deres vand fra smeltevandsselvne, hvis vandføring i høj grad var betinget af klimaet - eller rettere først og fremmest af årstiden. I forårstiden var der fart i smeltevandsstrømmene - de kunne medføre lerpartikler, men også sand. Når elvene nåede søerne, skete der en opbremsning ved mødet med de større vandmasser, og dermed faldt transportevnen. Noget materiale måtte da afsættes - og det blev det tungeste, nemlig de groveste partikler. Lermaterialet blev ført videre og kom til aflejring helt udenfor søen.

Sommeren gik, og i løbet af efteråret med koldere vejr aftog afsmeltningen af isen, elvene løb roligere med mindre vandføring. Med den der ved aftagende transportevne kunne kun de finere partikler føres med, og ved opbremsningen i issøen kom det fede ler til aflejring. Om vinteren skete ingen eller næsten ingen aflejring - elven og søen var tilfrosset. Næste år blev den omtalte cyklus gentaget - de finkornede efterårsrag overlejreredes brat af tøjbruddets grove materiale, og så videre.

I en sådan lergrav kan man da i virkeligheden se en årsrytme. Ler af denne slags kaldes varvigt ler, og et enkelt årslag begyndende med grove lag og afsluttet af fedt mørkt ler kaldes et varv (se figur 1). Issølag med varvigt ler er en kalender - og hvordan kan den benyttes? Ja, kan man identificere 17 års-varv, så må første konklusion være, at issøen havde en tilsvarende levetid på 17 år.

Når man ser på issølag i Danmark, møder man imidlertid forskellige vanskeligheder. Op til 1 meter tykke lag af morænemateriale kan optræde i den ivotrigt uforstyrrede lagserie. Dette betyder ikke, at den levende is på det pågældende tidspunkt er rykket frem over issøområdet, og har aflejret moræne, for så ville varvlagene være stærkt forstyrret. Men det viser, at is har omgivet søen. I tøjbrudstiden inden søisen brød op, er vandmættet morænemateriale fra den omgivende dødis gledet som flydejord ud over den tilfrosne sø. Når søisen smeltede, sank flydejorden tilbunds.

Som et lettilgængeligt materiale finder basalt-lavaen udstrakt anvendelse som bygningssten, og såvel i byernes gamle kvarterer som i enlig liggende gårde, i kirker og i broer er den næsten enerådende. I bygninger anvendes helst den porøse Volvic-basalt, men selv den er en tung bygningssten. I de karakteristiske, romanske Auvergne kirker viser de højt rejste, tøndeformede hvælvinger, at man har kunnet bakse med de tunge sten, men stilen er trods alt den bastante, tætte, der går igen overalt i Auvergne. Et blik ind i stalden på en større gård med dens netværk af krydshvælvinger viser i øvrigt, at kunsten at spænde stenen i buer ikke var forbeholdt kirkerne.

Den gotiske katedral i Clermont er et eksempel på, at man også har formået at udhugge basalten i sprinkelværk. Et yngre eksempel er den festlige renaissancebrønd.

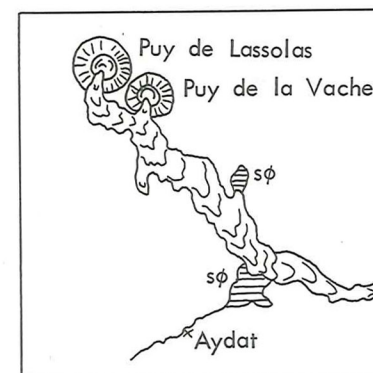
Som skulptursten har basalten egentlig kun været udnyttet i større udstrækning i middelalderens kirkekunst, men til gengæld i umådelig rigdom. I kirken i St. Nectaire er hvert eneste af korets søjlekapitæler udsmykket med fire relieffer. I al deres simpelhed og naivitet er disse skildringer af apostle, der sover i Getsemane eller deler brød ud, helt fortryllende.



Søren Andersen

Man kan have nytte af Michelin-landkort og Michelin's Auvergne-guide (fås i Danmark) og af Le Touriste en Auvergne, nr. 26, Itinéraires géologiques en Auvergne (fås i Augergnes større byer). Nogle af artiklens figurer er omtegnet efter disse.

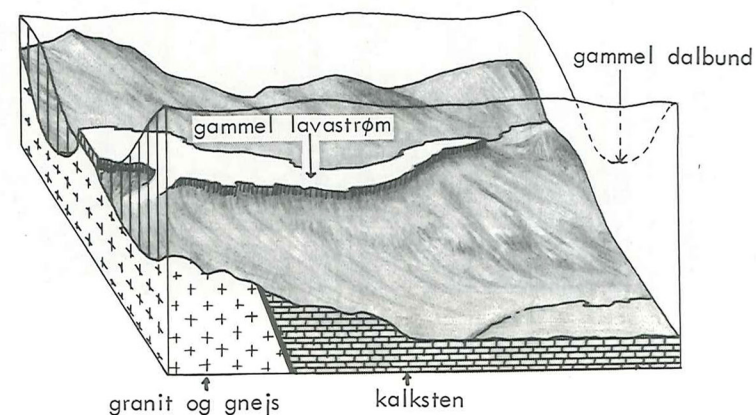
(Varv skal gerne søge at besvare skriftlige spørgsmål om geologiske rejseruter i Auvergne).



Lava opstemmer to søer

Talrige lavastrømme søgte fra det høje plateau gennem slugter ud over Limagne'n.

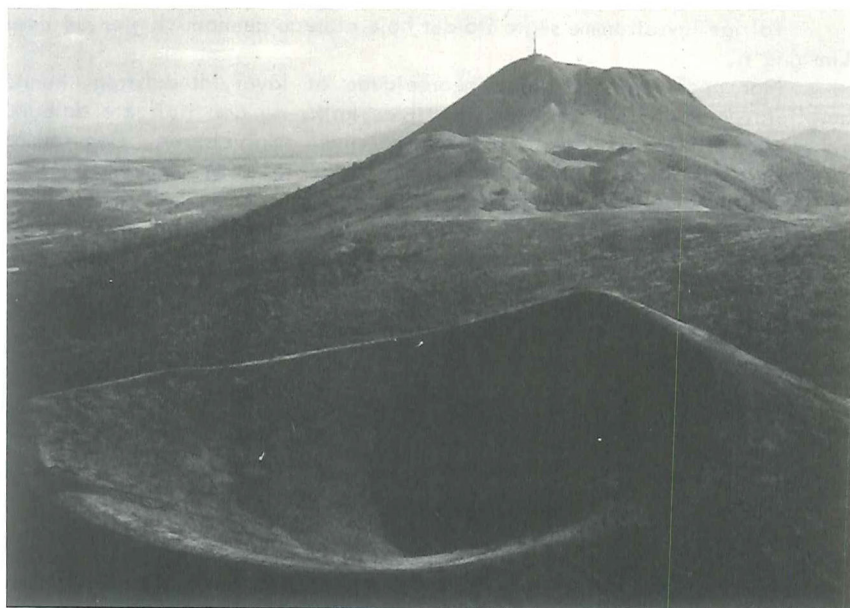
Når nedbrydningen siden bearbejdede et lavafyldt dalstrøg, kunne basalt-lavaen bedre stå imod end den bløde kalk, og den tidligere dalbund ender med at stå frem som et bånd hævet over omgivelserne. Den samme virkning ses ved de vulkaner, der findes spredt ud over Limagne'n. Ofte er vulkankeglens løse slagter her fjernet sammen med kalken - tilbage står med stejle sider den lavaprop, der optog krateret, samt muligvis dele af en lavastrøm.



En gammel lavastrøm i en dalbund modstår forvitringen bedre end omgivelserne. Til sidst er den det øverste af en bjergkam.

Cæsar led i år ± 52 et forsmædeligt nederlag til gallernes felt-herre Vercingétorix. Gallerne havde befæstet sig netop på et lava-plateau (Gergovie), og her havde de let spil overfor romerne, der blev udmattet ved bestigningen af de stejle sider.

Hidtil er Puy de Dôme ikke nævnt, skønt den med sine 1465 meter er Dôme kædens højeste og hæver sig 500 meter over plateauet. Puy de Dôme hører til en lille gruppe vulkaner, der udskiller sig ved at bestå af hvid, kompakt lava. I smeltet tilstand var denne lava meget tyktflydende, og vulkanen blev nærmest dannet som ved oppresning af en sej prop. Af denne grund er Puy de Dôme kuppelformet med stejle sider og affladet top. Der går i øvrigt vej til toppen af Puy de Dôme, og herfra har man den bedste udsigt over vulkanrækken.



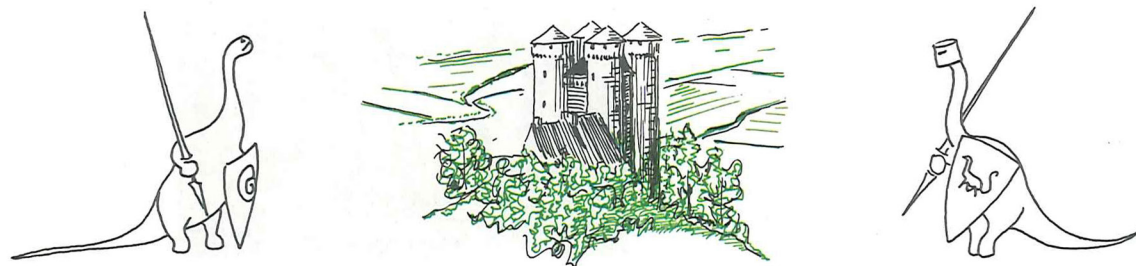
Telefoto af sprængkrater og Puy de Dôme.

Efter nu at have set en række eksempler på, hvorledes vulkanismen har sat sit præg på landskabet, vil vi følge emnet op ved at rette opmærksomheden mod auvergnat'en. Hvorledes har han indrettet sig med og draget nytte af at "leve på vulkaner" ?

Det er allerede nævnt, hvordan gallerhøvdingen Vercingétorix fra sin forskansning på et højtliggende lava-plateau besejrede Cæsar. Krige er i det hele taget næsten uden ophør blevet ført i Auvergne, hvor de isolerede strøg beherskedes af talrige fyrster og riddere i evig fejde.

Derfor finder man også bag landsbyen Cheix et system af huler indhugget i en lodret vulkansk skrænt. Til denne uindtagelige fæstning er landsbyens beboere flygtet i urolige tider. I de talrige etager har man indrettet sig godt med bageri, hestestald, fængsel, kirke (med romanske kalkmalerier) o.s.v. Også den lokale ridder havde sit rum, højest oppe med udsigt over hele egnen og mulighed for at hælde sten og kogende vand i hovedet på angribere.

Almindeligere var det naturligvis, at ridderen byggede en borg. Især på den ellers så flade Limagne gjorde de stejle toppe af basalt-lava god nytte som naturlige forsvarsværker. Derfor bærer da også talrige toppe deres ruin efter tårn eller mur.



Hist og her er det ikke en røverridder, men en from eremit, der har slået sig ned i sit vulkan-kapel højt hævet over tidens vel ret beskedne larm. Og også i dag er det mange steder skik, at et helgenbillede om sommeren bæres op i et højtliggende kapel for siden at blive ført til sit vinterhi i landsbykirken.

Vi kan da ikke finde det underligt, at vulkankeglerne tidligt har tiltrukket kultisk liv. På selve Puy de Dôme, hvor i dag en meteorologisk station findes, har man fundet rester af et gallisk kultsted, som senere romerne erstattede med et tempel for Merkur.

Romerne blev i øvrigt også tiltrukket af de mange mineralrige kilder, der findes som følge af vulkanismen. I tilknytning til dem indrettede de badeanstalter, der i dag er efterfulgt af moderne kursteder som Vichy og St. Nectaire. Byen Chaudes-Aigues har fra gammel tid haft indlagt varmt vand tappet fra en kilde.