

# VARV

NR. 1

BLADET MED DE ÆLDSTE NYHEDER

2000



VERDENS ÆLDSTE DAGSOMMERFUGL  
FLINT PÅ AFVEJE

ASKEFØRENDE TERTIÆRE AFLEJRINGER

Forsidebillede: Den smukke Knudeklint på Vestfur med sine foldede moler-  
aflejringer fra nederste del af Fur Formationer. Foto: B. Hageskov

Forfattere til artiklerne i dette nummer kan kontaktes på følgende adresser:

Claus Heilmann-Clausen, Geologisk Institut, Århus Universitet,  
8000 Århus C

Jes Rust, II. Zoologisches Institut & Museum der Universität, Berliner Str. 28  
D-37073 Göttingen Tyskland

Henrik Madsen, Moler-museet, Skarrehagevej 8, Hesselbjerg  
7900 Nykøbing Mors.

Ole Bennike og Jørn Bo Jensen, Geus, Thoravej 8, 2450 København NV

Valdemar Poulsen, Geologisk Institut, Østervoldgade 10 1350 København K

---

VARV

**VARV** er udgivet med støtte fra Kulturministeriets bevilling til almenkul-  
turelle tidsskrifter.

Adresse: Tidsskriftet VARV, Geologisk Institut, Øster Voldgade 10,  
1350-København K. Telefon: 35 32 24 00, Geologisk Institut.  
E-Mail: SvendP@Geo.Geol.KU.DK

Redaktion: Asger Berthelsen, Bjørn Buchardt, Bjørn Hageskov, Henrik Fougat,  
Mikkel Hede, Mikael Pedersen og Svend Pedersen (ansvarshav.)

Bestyrelse: Asger Berthelsen, Valdemar Poulsen, Bjørn Hageskov og Svend  
Pedersen.

Tekstredaktør: Svend Pedersen

Lay-out og grafik: Bjørn Hageskov

Repro og tryk: B.B. Serigrافي & Offset.

VARV udkommer fire gange årligt. Prisen er 120 kr i abonnement for 1999.  
Abonnement kan tegnes ved at indsende beløbet til VARV, postgiro 9 06 88 80,  
eller 140 SEK til VARV's svenske postgirokonto: 4388-5, eller 140 NOK til V  
VARV's norske postgiro: 0806 1923234.

**Adresseændringer bedes meddelt VARV!**

© 2000 VARV. Eftertryk af tekst og billeder kan kun ske efter aftale.



# En norsk? flintesten fra den danske askeserie

Claus Heilmann-Clausen

Det er absolut ikke normalt at finde løse sten i den askeførende lagserie fra overgangen mellem Paleocæn og Eocæn. For ti år siden beskrev Stig Schack Pedersen imidlertid en cementsten fra moleret ved Skarrehage på Mors (Varv 1990,2) med bevarede fossile trærødder, og med små flintesten mellem disse. Cementstenen er dannet ved, at kalk er blevet udfældet i moleret, dvs. det er en konkretion opstået på stedet. Flinten er derimod transporteret dertil som løse sten.

Nu er der så igen dukket en flintesten op. Denne gang er der tale om en ordentlig kleppert på to kilo (figur 1). Flinten er sort og finkornet med en tynd hvid skorpe,



*Figur 1. Det udtagne stykke af flintestenen. Det lille brune område markeret med T er en trærest..*

en type som er karakteristisk for skrivekridtet. Omkring flinten er der hvide og lysegrå partier, som består af delvis forkislet kalk, eller rettere porøs kisel, for kalken er forlængst blevet opløst (figur 2). Heldigvis er nogle af de mikrofossiler (kokkolitter), som kalken bestod af, blevet forkislet og har derved undgået at blive opløst. Nogle af dem er så godt bevaret, at de har kunnet bestemmes. Specialisterne Erik Thomsen og Morten Hjuler fra Geologisk Institut i Århus er enige om, at det er kridttidsformer.

Selve flinten ser fuldstændig frisk ud, hvilket ved nærmere eftertanke ikke er så mærkeligt: flint har det bedst i et surt miljø, og det er lige netop hvad denne sten har befundet sig i, i de sidste 55 millioner år. Stenen blev fundet i september måned 1999 under feltarbejde med studenter fra Geologisk Institut i Århus, som var ude for at beskrive og opmåle jordlag. Flinten befandt sig i den lille blotning af askeserien (Ølst Formationen), som findes i klinten ved Albæk Hoved på nordsiden af Vejle Fjord (lokaliteten er omtalt i Varv 1990,4).



*Figur 2. Det stykke af stenen, som stadig sidder tilbage i klinten. Bemærk den grønne farve af den oprindeligt lysegrå forkislede skorpe. Grønfarvningen er kun til stede på oversiden af stenen og skyldes en delvis omdannelse til mineralet glaukonit. Glaukonitdannelse optræder sommetider på rester af organismer eller småsten, som har ligget eksponeret på havbunden i meget lang tid. Trærester optræder på begge sider af stenen.*



Et nærmere kig på lagseriens vulkanske askelag afslørede, at stenen sad midt mellem de to tykke askelag nr. 101 og nr. 114 (figur 3). Et pænt stykke af flintestenen stak drillende ud af klinten, og jeg må indrømme, at min første tanke var: dette er forkert, den flintesten hører ikke til her! - Måske en person er kommet forbi på stranden og har moret sig med at kaste en flintesten ind i lervæggen. Eller måske en istidsgletscher har fået den kilet ned i en sprække i underlaget. Men efter at studenternes feltarbejde var overstået, tog vi et grundigere kig på den. Den fortsatte et pænt stykke ind i klinten og kunne ikke være kastet derind. De beskedne istidsforstyrrelser kunne heller ikke forklare dens tilstedeværelse.

Det var ikke til at komme udenom: den har siddet der, lige fra disse ler- og askelag blev aflejret i havet for 55 millioner år siden. Herved ændrede flintestenen status fra at være en ren banalitet til at være noget temmelig interessant. Lige som det samtidige moler fra Limfjordsområdet består Ølst Formationen (som findes i den øvrige del af landet) af fine partikler, som blev bundfældet i et hav ret langt fra nærmeste land. Lagene er absolut fri for grus og småsten, og det er første gang overhovedet, at en sten er fundet i Ølst Formationen.

Flintestenen har adskillige, skarpkantede slagmærker, men er i øvrigt næsten ikke slidt, hverken mekanisk eller kemisk (figur 4). Det tyder på, at den først har fået en temmelig hård medfart, men hurtigt herefter har fået lov at være i fred. Hvordan er det gået til? - herom senere.

*Figur 3. Øverste del af Ølst Formationen i klinten ved Albæk Hoved. Toppen markeres af et knap en halv meter tykt grønt lag. Derover ses lidt af det rødbrune Røsnæs Ler. Det tykke vulkanske askelag nr. 101 er ud for håndtaget på murerskeem. Flintestenen ses midt mellem askelag 101 og det grønne lag i toppen.*



## Hvordan er flintestenen havnet i Ølst Formationen?

Ganske som det var tilfældet med den omtalte flint fra moleret, er den ny flint utvivlsomt blevet fragtet ud til sit hvilested, indfanget i et træs rødder. Herom vidner lidt fossilt træmateriale, som er bevaret på begge sider af flinteknolden (figur 1 og 2) og desuden kan ses spredt i den nærmeste halve meter af laget til begge sider. Det er ganske normalt, at der sidder sten fra voksestedet mellem rødderne på flydende træstammer. Et sådant træ er altså drevet forbi ved begyndelsen af Eocæntiden og det har så tabt nogle halvvrådne rodtrævler, hvori en flintesten fra træets hjemland var indfiltret.

Nu kunne man så spørge: endnu en flintesten, det er da meget sjovt, men det er åbenbart ikke noget nyt, så hvorfor beskæftige sig mere med dette emne? - men det er netop gentagelsen, der er det interessante: at vi nu kan se et mønster! Selvom det er farligt at lave statistik på kun to tilfælde, lader det nye fund ane, at jordbunden var rig på flint i det land, hvorfra træer blev ført til havs i begyndelsen af Eocæn. Og det er ikke uden interesse!



Figur 4. Paleocæne slagmærker i flintestenen.



## Hvor er stenene kommet fra, og hvorfor er det flint?

Det menes, at den fremherskende vind- og strømretning var nordlig, evt. nordvestlig, da askeserien blev aflejret. Derfor har træerne nok vokset i det nuværende Sydnorge, som har været det nærmeste landområde i den retning.

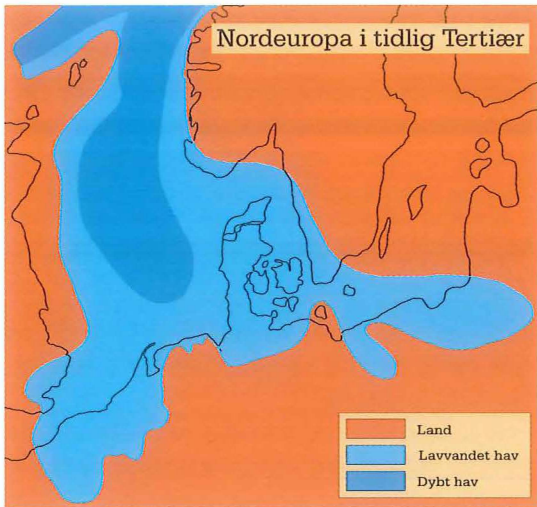
I den omtalte artikel i Varv 1990,2 blev der gjort grundigt og udmærket rede for, hvordan de skandinaviske landområder kan have set ud, og for dyre-

og plantelivet, som udfoldede sig der. Allerede dengang var der mistanke om, at jordbunden i det mindste et sted har været rig på flint, og det blev beskrevet, hvordan den kunne være dannet ved lokalt nedskyl fra højereliggende bakke- eller fra fjeldrygge, som bestod af kridt og kalksten med flint.

Foran kalkklipperne har vandløb opbygget kegler af sand og grus, som dannede et skrånende lavland ud mod kysten. Træerne har så (måske på et noget senere tidspunkt) vokset i dette terræn, alt imens floder har eroderet i brinker og skrænter. Nogle af træerne er styrtet ned i floderne, og er derefter blevet ført til havs.

Hvordan kan dette billede nu hænge sammen: kridt og flintesten i landet mod nord - det rimer ikke rigtig med nutidens Norge, som jo er domineret af sit ældgamle grundfjeld. Her skal vi først gøre os klart, at det Norge vi kender, med op til 2 kilometer høje fjelde, er ganske forskelligt fra Eocæntidens land. Norge er faktisk blevet hævet cirka 2 kilometer alene i løbet af de sidste 10 millioner år. Samtidig skete en kraftig nedslidning - materialet ligger i dag som tykke aflejringer ude i Nordsøen.

Før den tid er der ikke produceret de store mængder af sedimenter, så landet har nok ikke været nær så højt. Dog var en vis hævning allerede begyndt, og den er formentlig foregået i flere ryk. De første tegn er fra Paleocæntiden, hvor tykkere aflejringer ud for Sognefjorden tyder på, at der på det tidspunkt fandt en hævnings sted, i al fald i denne del af Norge. Det kan passe tidsmæssigt med den såkaldte Laramidiske fase i den Alpine bjergkædedannelse. Denne hævning fandt altså sted i tidsrummet efter Kridttiden (hvor flinten blev dannet), men før vort træ styrtede i floden ved begyndelsen af Eocæn.



Før den paleocæne hævnning - og vi er nu tilbage i den sene del af Kridttiden - var der nok temmelig fladt, hvor Norge i dag ligger. Verdenshavet stod på dette tidspunkt højere end nogensinde før og efter. Store dele af Afrika og Nordamerika var oversvømmede, og Europa var opdelt i spredte øer. I Sydsverige kan man se lidt af Kridthavets skærgårdskyst på Ivø, 133 meter over nuværende havniveau.

Vi kan nok gå ud fra, at mange områder af Norge også var dækket af havet, og at der i den sydlige del blev aflejret lignende kridtlag som i Danmark. I slutningen af Kridttiden begyndte vandstanden i verdenshavet imidlertid at falde, og det norske område er måske blevet tørlagt. Herefter fulgte så den midt-paleocæne norske hævnning. Den har ført til erosion af Kridttidsaflejringerne. Det kan godt have været en kort og intens affære. - Måske de knubs som vor flintesten har fået, er laramidiske!

Sammenfattende kan vi sige, at vor flintesten har oplevet mere end de fleste af slagsen: Den så dagens lys første gang, da den blev eroderet ud af et norsk bakkedrag i Paleocæntiden, anden gang (et par millioner år senere?), da et træ ved begyndelsen af Eocæn rev den med sig i faldet og sejlede den til Danmark, og tredje gang ved Vejle Fjord, 55 millioner år senere, hvor den blev eroderet ud af Ølst Formationen, og endda blev set af mennesker.

Skulle nogle af Varvs læsere have fundet andre løse sten i askeserien, vil vi gerne høre om det!



# Verdens ældste dagsommerfugl -om insekter fra moler og Stolleklint ler

Henrik Madsen og Jes Rust

Den ældste insektforstening man kender er fra Devontiden (for ca. 400 millioner år siden). Det har slet ikke været noget primitivt insekt, selvom det var vingeløst - det regnes til gruppen springhaler - så allerede dengang må insekterne have haft en ret lang historie som landdyr bag sig.

Insekter er måske den mest succesfulde gruppe af dyr. I dag er 80% af alle beskrevne nulevende dyrearter insekter, hvoraf ca. en million arter er kendt, og nye opdages hele tiden. De er tilstede i alle miljøer, bortset fra i havvand. Insekterne er den dyregruppe, der er mest artsrig og som omfatter det største antal individer. Nogle forskere mener, at der er over 25 millioner uopdagede arter, især i troperne. En bedre forståelse af insekternes evolution baseret på studiet af fossiler vil kunne øge vort generelle kendskab til evolutionshistorie og -processer. Insektevolution har påvirket udviklingen af mange andre organismer, i særdeleshed blomsterplanter, som mange insekter lever i tæt symbiose med.

Beskrivelser af fossile arter er hidtil blevet meget forsømt. Som resultat af dette er slægtskabsforhold blandt insekterne stadig langt fra afklaret. Det er f. eks. ukendt, hvornår og hvor den vigtigste insektgruppe Holometabola (insekter med fuldstændig forvandling fra larve over puppe til voksen) opstod, og hvad der var skyld i denne udvikling. Systematiske studier, hvori indgår data fra både fossile og nulevende insekter, vil kunne give svar på sådanne spørgsmål.

I tidligere numre af VARV er bl.a. molerets fauna og geologi beskrevet. I denne artikel vil vi koncentrere os om de mange fossile insekter, der til stadighed samles.

De seneste 5-6 år har amatørgeologer årligt indsamlet et par tusinde molerinsekter, hvoraf nogle af de mest exceptionelle er blevet Danekræ. Det skal dog siges, at det ikke nødvendigvis behøver at være store komplette dyr, der bliver Danekræ. Det kan også være små bladlus (3-4 mm). Et andet mere iøjnefaldende insekt er en kæmpe skjøtøløber, som bl.a. Bent Søe Mikkelsen har været så heldig at finde et eksemplar af i en cementsten fra niveauet omkring askelag -11.

I 90'erne er der blevet indsamlet mange insekter fra moleret. Disse fossile insekter er aflejret i sediment - moler (eller Fur Formationen) - i modsætning til



*De smukke molersklinter på Mors. Fra Sundby til Hanklit. Foto: E Nedergaard.*

den mest berømte danske fauna, som er fra baltisk rav (rav er forstenet harpiks fra 'ravtræerne').

I moleret, der er en lys diatomit bestående af kiselalger (diatoméer) og ler, er der dannet kalkstenskonkretioner (cementsten). De forekommer i ca. 10 horisonter i den 60 meter tykke molerserie, som indeholder næsten 200 vulkanske askelag nummereret fra -39 til +149.

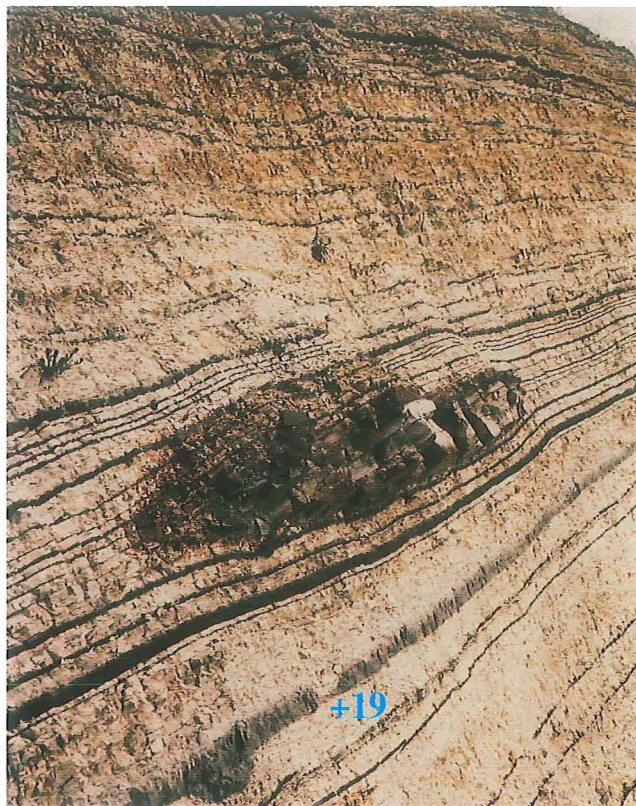
Insekter er næsten kun bevaret i cementstenene og er meget sjældne i det bløde moler, hvor de er ringe bevaret. I cementstenene har insekterne meget ofte bevaret spor af farvetegninger, f.eks. mørke pletter på vingerne.

Den nederste del af askeserien findes i Stolleklint leret, der svarer til nederste del af Ølst Formationen, som det sorte ler snarere burde kaldes. Deri er der opdaget en del arter, som ikke forekommer højere i askeserien, i Fur Formationen.



*Moler med mange askelag og en cementsten.*

*Det tykke grå askelag har nummeret +19.. Cementsten ses på de fleste lokaliteter på Mors.*



## Sommerfuglene

Sommerfugle, som tilhører ordenen Lepidoptera (= skælvinger), er den næststørste orden indenfor nulevende insekter med omkring 120.000 arter. Kun billeordenen med over 300.000 arter er større. Af sommerfuglene lever ca. 5.000 arter i Europa. Måske er den ældste form fundet i Nedre Kridt i Rusland, men man ved ikke med sikkerhed, om den hører til vårfluer eller sommerfugle. Langt de fleste fossile sommerfugle kommer fra Oligocæn og er bl.a. fundet i baltisk rav.

I hærdnede slamsten i det mørke Stolleklint ler omkring askelag -33 (ofte kaldet skifre<sup>4</sup>), hvor der igennem flere år er fundet fisk, som er blevet Danekræ, har en af forfatterne (HM) fundet verdens ældste dagsommerfugl (Rhopalocera), som også er blevet Danekræ. Sommerfuglen, som er på størrelse med den nulevende lille hvide kålsommerfugl, kan ikke med sikkerhed bestemmes til familie, idet der mangler detaljer, som er nødvendige for at placere den i rette sammenhæng. Muligvis tilhører den Hesperioidea (bredpander).

Der bliver tit også fundet andre mindre sommerfugle (uglelignende), som fejlagtigt har været tolket som vårfluer. I nogle år var den ene af forfatterne (HM) i tvivl om, hvorvidt dette kunne være rigtigt, for flere gange blev der observeret skæl på vingerne af disse vårfluer.

Nogle få gange er der dog også fundet ægte vårfluer, og de ligner slet ikke den 'gamle' vårflue. De eneste insekter, som har mange skæl på vingerne, er sommerfugle. Da artiklens anden forfatter (JR) hørte om fundene, blev han meget begejstret, for her var tale om nogle af de ældste sommerfugle i verden, hvor man tydeligt kunne se skæl. I øvrigt kendes kun to møl med skæl, begge fundet i Kridt i England.

Efter forfatternes gennemgang af de tre største molersamlinger med i alt over 15.000 fossile insekter - HM's private samling, Fur Museums og ikke mindst Molermuseets samlinger - blev der ændret en del i de gamle ideer om diversitet og hyppigheder. De nu almindelige sommerfugle kan være bevaret fossilt med skæl, men det er dog sjældent, og det kan være grunden til, at de for 25 år siden blev fejlbestemt.

Sv. G. Larsson fra Zoologisk Museum gennemgik i 1975 Geologisk Museums og Fur Museums samlinger for at få overblik over, hvad der lå i gemmerne. Dengang blev der totalt undersøgt 1802 insekter, hvoraf sommerfuglene udgjorde 0,3%. Med den nye viden blev Fur Museums samling undersøgt endnu en gang af forfatterne. 756 molerinsekter blev undersøgt, og det forventede billede gik igen, idet 5,2% blev bestemt til sommerfugle. I HM's samling (med over 11.000 eksemplarer) blev der fundet næsten 10% sommerfugle.

Den store forskel på resultaterne skyldes samlemetoden. De fleste fund af sommerfugle er isolerede kroppe og løse vinger. De 1 cm store vinger kan ind imellem være så utydelige, at det er de færreste samlere, som overhovedet vil genkende dem eller være klar over, at der tale om fossilt materiale. Der er dog fundet nogle meget velbevarede, komplette eksemplarer, som også er blevet erklæret for Danekræ.

Den 1 cm store stinktæge blev tidligere anset for at være molerets mest almindelige insekt. Dette skyldes i høj grad, at dens mørke farve er meget let at få øje på, når man er i felten, hvorimod der skal mere øvelse til for at genkende de undertiden næsten usynlige vinger fra sommerfuglene. Den meget svingende bevaringstilstand kan skyldes det tidsrum, hvor insekterne efter døden lå på havoverfladen.

Et eksperiment med nulevende sommerfugle - udført af Matinez-Delclos & Martinell i 1993 - bekræfter dette. Efter en 'svømmetur' på to dage i vandtanke viser bagkroppen, at forrådnelsens første stadium er i gang, og at skællene på vingerne i store områder er faldet af. Efter 15 dage er forrådnelsen så fremskredet,

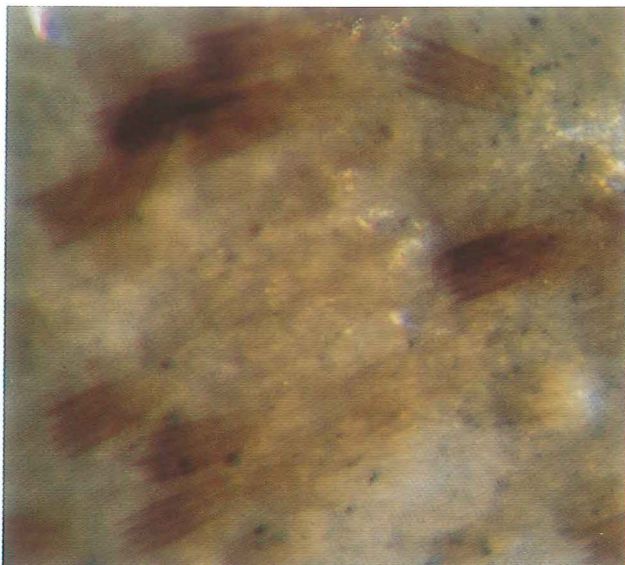




*Verdens ældste dagsommerfugl bevaret i slamsten fra Fur. Længde 2,5 cm.  
Foto: T. Nygaard Kristensen.*



*Uglelignende sommerfugle findes tit i cementsten på Mors. Kropslængde 2 cm.*



*Udsnit af fossil sommerfuglevinge med fint bevarede skæl. Forstørret ca. 50 gange.*

at insekterne overhovedet ikke kan identificeres som sommerfugle. De mange kroppe og vinger af den ovennævnte sommerfugl, nogle gange fundet i større antal i cementsten med askelagene +25 - +30, viser også, at der ind imellem har været store sværme på afveje ud over Molerhavet, og generelt må denne art siges at være det almindeligste insekt i de nævnte askelag.

## **Græshopperne**

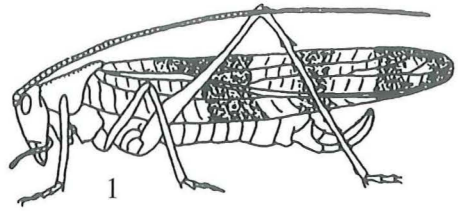
Moleret har også et sensationelt indhold af forskellige græshoppegrupper, Saltatoria. Både antallet af individer og bevaringskvaliteten er enestående høj sammenlignet med forholdene på andre insektfossillokalteter verden over.

Et af de mest iøjnefaldende insekter fra moleret er en stor løvgræshoppe (*Pseudotettigonia amoena*, Henriksen, 1929) med vinger, der er op til 6 cm lange. Bortset fra et enkelt fragment af en bagvinge fra den paleocæne Paskapoo Formation i Canada er de danske græshopper de ældste kendte løvgræshopper i verden.

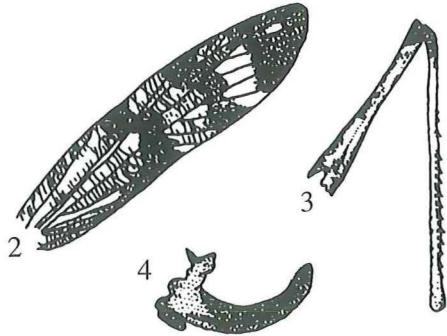
De store smalle vinger fra *P. amoena* har mørke farvebånd, og foruden de mange hunner, der er fundet, kender man i dag også vinger fra 10 hanner. Bevaringen af hannernes vinger er exceptionelt god. F.eks. kan man på nogle se det sangproducerende organ (stridulationsapparatet). Dette organ har på venstre forvinge ribber (filen), som frembringer lyden, når den bevæges mod højre vinge (skraber).

Løvgræshopper hører med forbenene. De har et specielt lydopfattende organ på skinnebenet. Denne struktur er også bevaret i fine detaljer i moler-materialet.





- 1) Rekonstruktion af *P. amoena*.
- 2) Forvinge.
- 3) Bagben.
- 4) Læggebrod.



Dette betyder, at vi nu har morfologisk information om både de lydproducerende og de lydopfangende organer fra de ældste kendte fossile løvgræshopper.

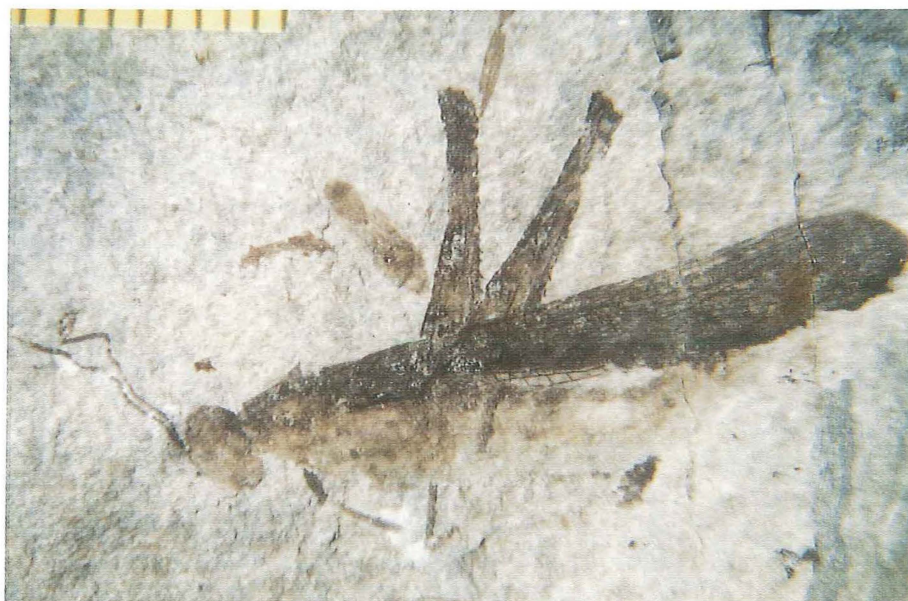
Materialet er kompletteret af store læggebrodde med takket spids. Komplette eksemplarer af *P. amoena* kendes stadig ikke. Dette skyldes formentlig, at dyret flød i længere tid på Molerhavets overflade. Det var især bagkroppen, som var fyldt med luft og senere med forrådnelsesgas, der blev nedbrudt. Derfor var det kun isolerede dele af græshoppen, som nåede havbunden.

En anden vigtig og fantastisk velbevaret gruppe af græshopper i moleret er familien Tetrigidae (torngræshopper). Ud over to isolerede for- og bagvinger fra Nedre Kridt i Sibirien (formentlig tilhørende Tetrigidae) er molerfundene de ældste og bedst bevarede fossiler fra denne familie i verden. Der findes mere end 400 eksemplarer i forskellige molersamlinger. Torngræshoppen fra moleret har en lang kitinpig, som løber fra nakken ned over kroppen og lidt ud over bagkroppen. Piggen dækker de lange bagvinger. Forvingerne er stærkt reducerede og ligner små skæl.

Fra nutidige arter, for eksempel *Tetrix subulata* som findes i Danmark i dag, ved vi, at der er langvingede og kortvingede eksemplarer i en enkelt bestand, men kun de langvingede er gode flyvere. Selvfølgelig er alle fundene fra moleret langvingede, og det viser klart, at de nåede det åbne hav ved aktiv flyvning. Alle hunnerne har lysegule eller rødfarvede rester af kønsceller i deres læggebrod - et exceptionelt tilfælde af bevaring indenfor fossile insekter.



*Græshoppeforvinge med tydelige farvebånd. Fundet på Mors.  
Typisk længde 5 cm..*



*Komplet markgræshoppe fra 'Den sribede Cementsten'. Fundet på Fur:  
Længde 2,5 cm..*





*Holotypen af P.rebekkae. For at finde nulevende myrer af samme størrelse (2.5 cm) må man til troperne.*

Nogle arter af nutidige torngræshopper og andre græshopper er meget gode svømmere, og nogle af dem kan endog dykke. Dette er formentlig grunden til, at de sædvanligvis er sjældne i sediment fra ferskvandsmiljøer (kun ca. 1% af hele insektfaunaen på de fleste fossillokaliteter). Det sker ofte, at græshopper, som falder i vandet i søer eller åer, kan nå land ved at svømme. Det var selvfølgelig ikke en fordel på det åbne hav, som Molerhavet var for 55 millioner år siden. Land var alt for langt væk, mere end 100 kilometer. Derfor er græshoppernes andel af den samlede insektfauna i moleret kun 5%.

### **Kæmpemyrer fra Stolleklint ler**

Myrer er blandt de mest succesfulde insektgrupper i dag på grund af deres højt udviklede sociale adfærd. Deres fossile historie rækker tilbage til Kridttiden, og de ældste kendte myrer i rav er fra Turon etagen i New Jersey (92 millioner år).

Stolleklint lerets myrer er de ældste eksemplarer bestemt til en nutidig myreslægt. De tilhører slægten *Pachycondyla*, som har mange forskellige arter. De fleste forekommer i troperne i dag. Den 55 millioner år gamle myreart er blevet navngivet *P. rebekkae* til ære for findereren Rebekka Madsen. Holotypen er blevet publiceret i *Zoological Journal of the Linnean Society*. Der er fundet over 100 mere eller mindre komplette eksemplarer af hunner, men kun én han..

Molermyrerne er virkelige 'kæmper' med en længde på 2,5 cm. Hovedet på dronningerne viser store kindbakker, som har været meget effektive redskaber til at gnave reder med og til jagt. Denne karakter viser, ligesom hos de nutidige myrer, at kun dronningerne (hunner) kunne grundlægge nye kolonier. Den vigtigste opgave for hannerne med små hoveder og små kindbakker var at befrugte æggene. Myrer, især hunnerne, flyver i parrings- eller kolonidanssværme, hvilket også har været tilfældet med *P. rebekkae*. Det kan formodes, at de store hunner var ret dårlige flyvere, og at de derfor blev presset ned på havoverfladen, når der ikke var opvinde, eller når de var udmattede.

### **Molerinsekter - et fælles dansk-tysk samarbejde**

Arbejdet med fossile insekter fra moleret - indsamling, præparation, registrering og videnskabelig undersøgelse - er opgaver for mange personer med forskellige talenter og interesser. Langt de fleste af de mere end 20.000 insekterfund kendt fra Limfjordens lokaliteter er indsamlet af private samlere. Disse er hovedsagelig fra Danmark, og det er deres fortjeneste, at kendskabet til insekterne er blevet forøget enormt i løbet af det sidste årti.

Den videnskabelige bearbejdning af insekterne er selvfølgelig afhængig af artsrigdommen og af antallet af meget velbevarede eksemplarer. Derfor er udveksling af information og materiale mellem private samlere og videnskabsfolk altafgørende for arbejdet. Gennem de sidste år er der etableret et fælles dansk-tysk samarbejde, som skal belyse systematik og udviklingshistorie samt søge at rekonstruere insekternes biologi og økologi set i lyset af det geologiske miljø, palæogeografi og klimaindikatorer.

Den tyske interesse for de 'danske' insekter startede i firserne med et par videnskabelige beskrivelser af stankelben og hvepse. Det har ført til et generelt projekt om molerinsekter ved Universitetet i Göttingen. Projektet støttes af Den Tyske Videnskabsfond.

I Danmark arbejdes der flere steder med insekterne - bl.a. på Zoologisk Museum i København. Der er udstillinger på Geologisk Museum i København, Fur Museum samt på Molermuseet på Mors.



# Renderne i Storebælt - en kommentar

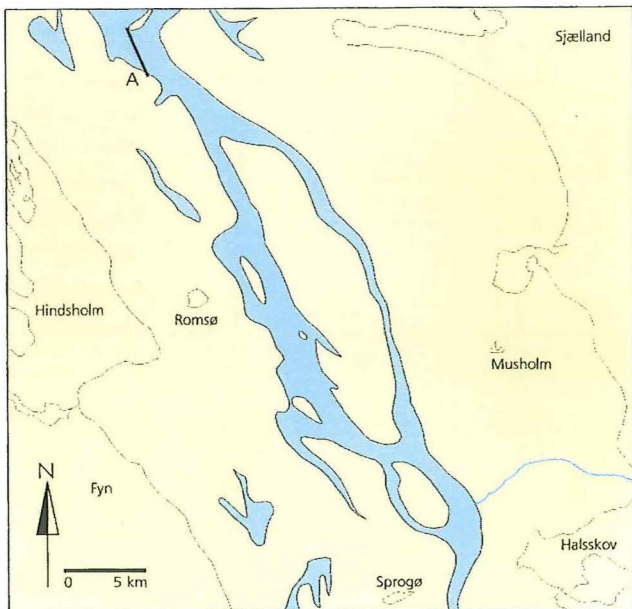
Ole Bennike og Jørn Bo Jensen

I VARV 1999,3 er der givet en oversigt over Øresunds udvikling gennem de sidste 20.000 år. Øresunds historie er naturligvis kædet sammen med hele regionens historie, og i den forbindelse vil vi knytte en kommentar til en enkelt af sætningerne (side 81): 'Senere flyttede afløbet til Storebælt, hvor floden, 'Danaelven', dannede de dybe render'. Dette er en udbredt opfattelse, som er svær at forene med nyere data.

At der findes dybe render i Storebælt kan man forvisse sig om ved at kaste et blik på søkortet. Dybest er Østerrenden mellem Sprogø og Korsør i den midterste del af Storebælt. Vanddybden overstiger 50 meter over en strækning af ca. 6 km, og den maksimale vanddybde angives til 71 meter, mens mere normale vanddybder i Storebælt er omkring 20 meter. Tilsvarende - om end ikke helt så

dybe render - findes også vest for Sprogø (Vesterrenden), i Langelandsbælt, i området mellem Lolland og Langeland og på strækningen mellem Romsø og Sejerø. Man skulle tro, at sådanne dybe render ville virke som fælder for sediment, således at de hurtigt blev fyldt op, men havstrømmene er så kraftige, at sedimentet ikke får mulighed for at bundfældes. Bundformer i Femer Bælt tyder på, at bundstrømmene kan nå hastigheder op mod 100 cm/sek. Formentlig er det dog kun noget, der sker med års mellemrum.

Det spørgsmål vi her vil forsøge at belyse er, hvornår

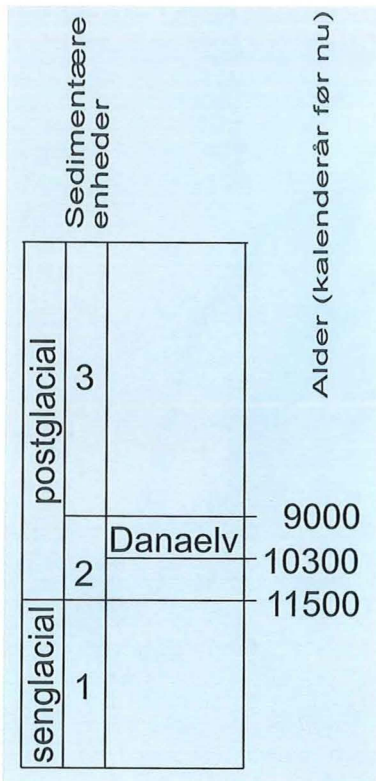


*Storebælt for ca. 9.600 år f.Kr., hvor bæltet var bevokset med tundra, og store langstragte søer fyldte det centrale dalsystem. Se anmeldelse i VARV 1998, 4.*

renderne blev dannet. Renderne er eroderet ned i moræneaflejringer, der er afsat af gletschere under sidste istid, og renderne er altså yngre end sidste istid.

I de render, der i dag fremstår som dybe dale i havbunden, findes som nævnt ikke sedimenter. Men på strækningen fra Sprogø til Romsø er strømmene mindre kraftige, fordi de ikke skal udenom forhindringer som Sprogø. Her er renderne mere eller mindre udfyldte, og de fremtræder ikke på søkortet. Men at de også findes i dette område, fremgår tydeligt af seismiske undersøgelser. Det er især Dorte Rørbeck Mathiassen, der har arbejdet med kortlægningen af renderne, og hendes resultater er publiceret i bogen 'Storebælt i 10.000 år'. Dette værk blev anmeldt af Nanna Noe-Nygaard i VARV 1998,4, hvori kort med rendernes forløb er gengivet.

Men hvad er det så for aflejringer, der udfylder disse render? Aflejringerne kan opdeles i tre enheder (se figur). Nederst findes lerede og siltede uorganiske aflejringer, der tolkes som søsedimenter (enhed 1). Herover følger organiskrigte aflejringer, der tolkes som mose-, sø- og flodsedimenter (enhed 2). Øverst findes aflejringer af dynd afsat i brakvand og saltvand (enhed 3).



Og så kommer vi til det afgørende spørgsmål: Hvor gamle er sedimenterne? Hvis vi begynder med den yngste enhed, så er de ældste kulstof-14 daterede skaller af marine muslinger fra Storebælt 8.000 kalenderår gamle. Det drejer sig om skaller af østersømusling indsamlet nær udløbet af Tudeå. Der findes betydeligt ældre kulstof-14 dateringer af sedimentprøver, men disse dateringer er svære at tolke, fordi sedimenterne i Storebælt ofte indeholder gammelt kulstof, hvorved dateringerne bliver for gamle.

Enhed 2 indeholder stubbe af fyrretræer og andre vedrester, der er yderst velegnet materiale til kulstof-14 datering. Dateringerne fra de dybe dele af Storebælt ligger mellem 11.500 og 10.200 kalenderår før nu.

*Den tidsmæssige placering af enhederne i Storebælt og den hypotetiske Danaelv.*



Dateringer af tørv, der også kan regnes for pålidelige, giver aldre mellem 11.200 og 9.500 kalenderår før nu. Enhed to er altså afsat i begyndelsen af postglacial tid, der begyndte 11.500 år før nu.

Så er vi kommet til den ældste enhed. Desværre foreligger der ingen kulstof-14 dateringer fra denne enhed. Men da den ældste del af enhed 2 er dateret til begyndelsen af postglacial tid, må enhed 1 være afsat i senglacial tid. Dette passer med, at sedimentet fra borerne beskrives som sorteret ler og silt uden rester af planter og dyr. Det er en sedimenttype, der kendes fra talrige senglaciale bassiner.

Konklusionen bliver altså, at renderne var dannet allerede i senglacial tid. Vi foreslår, at renderne blev dannet i forbindelse med afsmeltningen fra det Fennoskandiske Isskjold. Da Storebæltsgletscheren smeltede tilbage, må der være strømmet store mængder smeltevand nordpå. Efterhånden kom isranden til at lægge længere og længere østpå, og smeltevandet blev nu ledt ud til Kattegat gennem Øresund. Renderne lå tilbage som langstrakte søer, der var omgivet af en arktisk vegetation.

Ifølge den klassiske opfattelse havde den hypotetiske Danaelv sit udløb gennem Storebælt under den sidste del af Ancylus Sø-stadiet, for mellem ca. 10.300 og 9.000 år siden. Det skulle begynde med en katastrofisk tapning af Ancylus Søen. Men det ser altså ud til, at renderne i Storebælt er betydeligt ældre, så deres dannelse kan ikke sættes i forbindelse med Danaelven. Der er heller ikke meget, der tyder på, at en voldsom flod har løbet i renderne senere. I al fald er der ikke fundet spor efter erosion eller grovkornede flodaflejringer, som man skulle forvente.

#### Litteratur:

Mathiassen, D.R. 1997: Storebælts skiftende landskaber fra isen forsvandt, til havet trængte frem. I: Pedersen, L., Fischer, A. & Aaby, B. (red.): Storebælt i 10.000 år.

A/S Storebæltsforbindelsen, København, 22-27.

Skov- og Naturstyrelsen 1998: Havbundsundersøgelser, råstoffer og fredningsinteresser. Storebælt. Oversigt og bilagsbind.

# Tilbageblik ved et århundredeskifte

Valdemar Poulsen

Hvad er geologi andet end et langsynet tilbageblik - langt ud over århundreder og årtusinder? Men her er det undtagelsesvis nogle mere personlige noter, som omhandler tiden fra først i 1930'erne frem til 1945.

Kort før jul 1999 fandt jeg ved oprydning et vildfarent hefte af 'Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening' fra 1946, og heri var der en nekrolog, som satte gang i tankerne og gav inspiration til dette noget anderledes indlæg.

Inden for de ovennævnte år udspillede optakten til den anden verdenskrig og selve krigen - en stor katastrofe, som greb ind i menneskeskæbner over det meste af Jorden. For næsten alle mennesker er lykke et ønske om fremgang i karrieren, tryghed, et godt helbred og et harmonisk hjemmeliv - eventuelt med tid tilovers til at dyrke fritidsinteresser. Under den anden verdenskrig skete der drastiske ændringer for mange.

Videnskabsmænd, især naturvidenskabsmænd, blev på forskellig vis inddraget i begivenhederne, og de fleste ældre læsere vil sikkert erindre, at Niels Bohr i 1943 blev smuglet ud af det besatte Danmark til Sverige og videre til England, og sidst til USA for at medvirke ved fremstillingen af den første atombombe. I

de krigsførende lande blev mange geologer naturligt nok knyttet til jagten på vigtige mineraler og fossile brændstoffer.

I det besatte Danmark blev en del geologer inddraget i modstandsbevægelsen - enkelte på et højt organisatorisk niveau, her vil jeg blot nævne to personer:

Professor Arne Noe-Nygaard sad i en periode fra september 1943 i Danmarks Frihedsråd som repræsentant for det politiske parti 'Dansk Samling'. Daværende afdelingsgeolog Keld Milthers ved Danmarks Geologiske Undersøgelse blev udstationeret i Jylland, hvor han rejste rundt som leder af brunkulfeltersøgningen. Hans store frihedstrang sammen med



*Arne Noe-Nygaard*



de helt legale muligheder for at bevæge sig frit rundt førte ham hurtigt ind i modstandsbevægelsen, og efter et stykke tid endte han i 1945 i Jyllandsledelsen. Andre deltog på anden måde.

For at tilføje et par små vignetter må jeg støtte mig til, hvad jeg har hørt fra min far, daværende museumsinspektør ved Mineralogisk Museum, Christian Poulsen.

To tyske geologer, Curt Teichert og Hans Frebold, deltog tidligt i 1930'erne i ekspeditioner til Østgrønland under ledelse af Lauge Koch, og de opholdt sig i Danmark i adskillige år for at bearbejde det indsamlede materiale. Der var en del selskabeligt samvær, og jeg legede som 7-8 årig jævnligt sammen med Frebold's børn - enten hos os eller hos Frebold, som havde lejet et hus i Holte.

De havde selvsagt begge to kendskab til noget af det, der foregik i Tyskland og kunne med god grund være bekymrede for fremtidsudsigterne. Curt Teichert henvendte sig i midten af 30'erne til min far for at få en alvorlig snak. Teichert's far havde en udmærket købmandsforretning, men var en ældre mand, hvorfor det vist egentlig forventedes, at sønnen skulle overtage forretningen. Det ville være det sikre, mens en fremtid som geolog var uvis. Min far rådede ham til at stå fast ved geologien, som var Teichert's egentlige lyst. Teichert fik i en kortere periode et job i Estland, flyttede senere til Australien og endte efter krigen som professor i Kansas, USA. Derved undgik han lykkeligt personlig deltagelse i krigen på tysk side.

Hans Frebold og familie rejste tilbage til Tyskland i slutningen af 30'erne. Krigen kom og derefter besættelsen af Danmark. En dag i 1943, da min far som sædvanlig tog med S-tog til arbejdet på museet, var der kun én ledig siddeplads, som min far tog. Lige over for sad en tysk søofficer, og da min far kiggede op så han, at det var hans tidligere kollega og ven, Frebold. Min far blev helt paf og sagde ikke noget - det gjorde Frebold heller ikke.

Efter befrielsen mødte Frebold op på Mineralogisk Museum og kunne fortælle, at han naturligvis var blevet indkaldt ved krigsudbruddet, men at hans kendskab til Danmark og beherskelsen af det danske sprog havde ført til en administrativ stilling ved den tyske marinestab i København. Frebold og min far mindedes episoden i S-toget i 1943, og Frebold nævnte, at han selvfølgelig havde genkendt min far med det samme - men 'jeg ville ikke hilse på dig, for det kunne jo være,



*Keld Milthers*

at nogle af de øvrige passagerer kendte dig, og det kunne blive pinligt for dig, hvis du blev set i snak med en tysk søofficer'!

Frebold fik i øvrigt efter befrielsen en latterligt lille erkendtlighed fra den danske regering for inden befrielsen at have forsynet modstandsbevægelsen med information om tyskernes placering af sprængladninger til en eventuel ødelæggelse af Københavns havn. Det lykkedes heldigvis at skaffe Frebold et lektorat i geologi, så han i de næste to år ikke behøvede at rejse tilbage til det krigshærgede Tyskland. Derefter rejste han til Canada og fik et professorat der. Jeg så ham sidste gang i 1960, hvor han sagde, at det var hans første, men også sidste besøg efter krigen i et Europa, han var blevet træt af.



Rudolf Kaufmann

For at slutte ringen vender jeg tilbage til nekrologen nævnt i indledningen. De hidtil omtalte personer kom alle lykkeligt ud af krigen og kunne fortsætte deres forskning og fredelige eksistens - anderledes gik det for den tyske palæontolog og geolog Rudolf Kaufmann.

Rudolf Kaufmann var fra drengsårene optaget af geologi og indsamling af sten, og denne leg blev siden afløst af uddannelsen ved universiteterne i Königsberg, München og Greifswald.

*Olenus truncatus*. Ændringer i væksten af haleskjoldet i enkelt individer og gennem artens geologiske levetid. Originalfigur fra Kaufmann (1933). Se tekst for nærmere forklaring

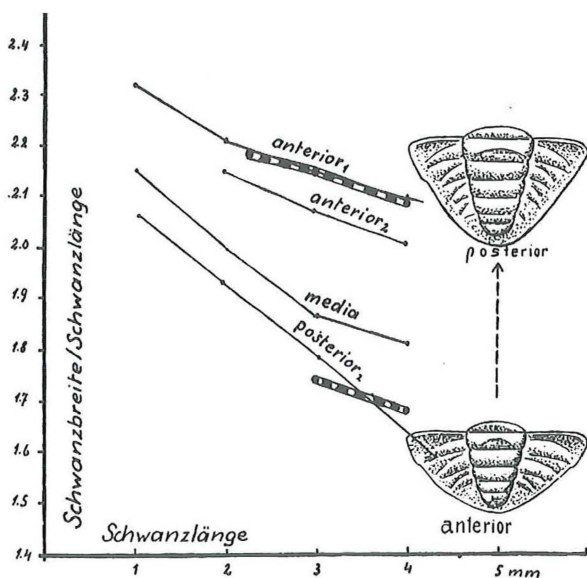


Abb. 2. *Olenus truncatus*.



Kaufmann huskes bedst for et par grundlæggende arbejder (1933) om udviklingen af den Kambriske trilobit *Olenus*, baseret på et tæt og meget præcist indsamlet materiale fra den sorte alunskiffer ved Andrarum i Østskåne og ved Læså på Bornholm.

Talrige målinger af trilobiterne gav anledning til en seriøs statistisk bearbejdelse af materialet - et af de første arbejder af den art og nu en klassiker. Det er derfor passende at gøre rede for nogle af hans resultater.

Alunskiferen, som er aflejret i et iltfattigt havmiljø, er i sig selv meget finkornet, og dermed giver forsteningsindholdet den eneste umiddelbart synlige variation.

Den del af skiferen, som indeholder trilobitslægten *Olenus*, er lidt over 2 meter tyk. Op gennem dette lag følger seks forskellige *Olenus*-arter hinanden.

Kaufmann's omhyggelige indsamling viste, at hver gang en ny art dukkede op, var der talrige eksemplarer. Opefter i den enkelte arts tidsspand aftog antallet for at slutte med et tilsyneladende helt dødt afsnit uden trilobiter - se figuren til højre, hvor tæt vandret skravering viser de døde afsnit. Til måling af trilobiterne brugte han et binokulært mikroskop kombineret med selvkonstrueret måleudstyr, der tillod en nøjagtighed på 0,01 mm.

Når han så på materialet fra samme lagflade, var der tydelige 'spring' i størrelse - simpelt hen fordi trilobiter som leddyr har vokset gennem en serie hudskifter. Figuren til venstre dækker omkring 50 cm lagtykkelse, som indeholder arten *Olenus truncatus*.

I diagrammet er den vandrette

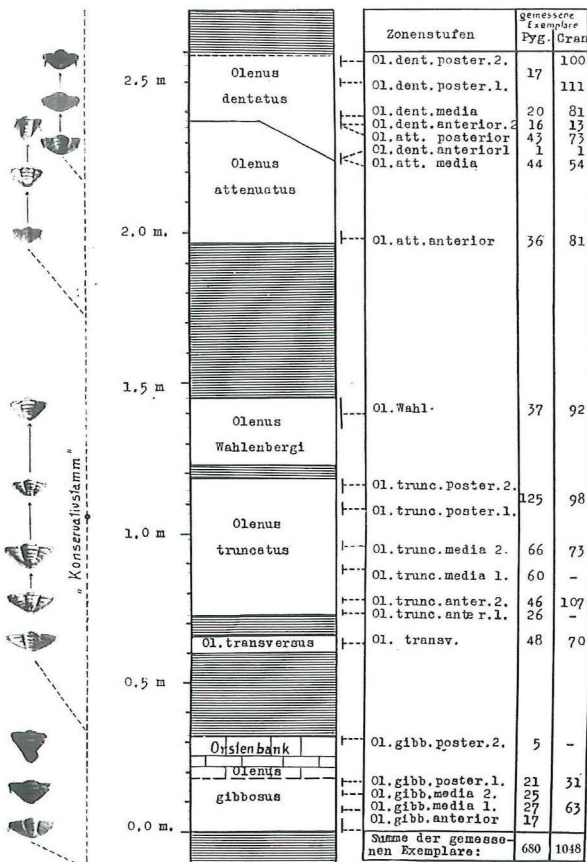


Tabelle 2

Zoneprofil durch die *Olenus*-Stufe von Andrarum.

Zoneprofil gennem *Olenus*-lagene ved Andrarum i Skåne. Kaufmann 1933.

akse længden af haleskjoldene i mm, og den lodrette akse er forholdet mellem halebredde og halelængde (B/L). De tynde linier er baseret på materialet fra Andrarum, og det sort-hvide bælte er materialet fra Læså.

Man ser, at linierne er trukket gennem op til 4 punkter, der betegner de beregnede middelværdier for hver enkelt hudskiftegeneration. Kurverne falder alle ned mod højre.

Ved at vurdere tallene fra et enkelt niveau kunne Kaufmann dermed vise ændringerne under individudviklingen (ontogenese) - et lille individ har et haleskjold, som er relativt bredt, og i et større individ er halen mere smal. Det skal tilføjes, at ændringerne gælder for hele dyret, men kropsleddene spredes let, hvorfor det er nemmest at illustrere i hoved- og haleskjolde. Da Kaufmann havde målt næsten alt, der kunne måles, kunne han også vise, at nogle proportioner var konstante gennem hele væksten, hvad der kunne have stor betydning ved artsidentifikation.

Når Kaufmann dernæst så på hele den pågældende arts tidsspannd og brugte de mange data stod det klart, at individerne også blev relativt smallere med tiden (begge figurer). Han skelnede mellem tre former af arterne: 'anterior', 'media', og 'posterior' - måske bedre udtrykt som tidlig, mellem og sen. I den nederste figur ses, at anterior-kurven ligger øverst, posterior-kurven nederst, og det er klart nok, at en bred hale giver en høj værdi af B/L forholdet. Bemærk at de mere sparsomme data fra Bornholm passer ret fint ind i billedet. Media-formerne og posterior-formerne optræder i højere niveauer, hvor halerne som nævnt er smallere, og derfor har de tilhørende kurver en lavere position i diagrammet. Det smukke diagram viser da på én gang individvæksten over en kort periode og artens udvikling gennem tiden!

Da alle de successive seks *Olenus*-arter i deres tidsspannd viser ganske samme tendens tydede Kaufmann det som en artskaraktéristisk udvikling (fylogenes). Forholdene i lagserien i Skåne og på Bornholm med arterne adskilt af døde intervaller ledte ham til at postulere eksistensen af en ,konservativ stamme' af *Olenus*, som udefra i alt fire gange har indvaderet området. De døde intervaller (godt halvdelen af lagtykkelsen) mente han kunne repræsentere faser, hvor iltindholdet blev for ringe helt op til de øvre vandlag, så arterne forsvandt eller uddøde. En mulig grund kunne være aftagende havdybder på grund af jordskorpebevægelser.

I dag - snart 70 år efter dette pionérbearbejde - ser man måske anderledes på nogle af konklusionerne; men det rækker ikke ved Kaufmann's stadige betydning for afsløringerne af hemmelighederne i alunskifferen.

Tilbage til Kaufmann, som tog sin afsluttende eksamen i Greifswald i 1933, hvor alt tegnede lyst for den begavede og entusiastiske forsker - men kort efter



gik alt rivende galt, for 1933 var også året, hvor Hitler tog magten i Tyskland. Kaufmann havde jødiske aner, men var selv anden generations kristen. Et job som geolog i Tyskland var udelukket, jødiske organisationer vaskede deres hænder, og videnskabelige nødkomiteer fandt, at ,unge mænd uden erfaring ikke var ønskede i udlandet‘.

Desperat søgte den unge mand økonomisk at udnytte sine glimrende evner som fotograf, og som lærer i sport og atletik - først i Danmark, så Italien og Danzig, og sluttelig tilbage i Tyskland som lærer i en jødisk skole. Der fulgte år i fængsel med hårdt arbejde, hvor hans gode konstitution reddede ham igennem.

Fra fængslet kunne han opretholde en videnskabelig brevveksling med venner i udlandet, og han begyndte et manuskript om genetiske problemer og evolution og deres anvendelse inden for palæontologien. Dette manuskript er nu tabt - ligesom et tidligere arbejde om de bornholmske granitter blev undertrykt og nu også er tabt.

Et visum til Australien ventede på Kaufmann; men alle anstrengelser for at få ham løsladt mislykkedes. Under den generelle forvirring omkring krigsudbruddet i september 1939 lykkedes det ham at undslippe og flygte til Litauen, hvor han straks mødte vanskeligheder som, en tysker i værnepligtsalderen‘. Dog fik han efter flere måneders uvished lov til at bosætte sig og kunne genoptage det geologiske arbejde.

Året efter blev Litauen inkorporeret i Sovjetunionen, og Kaufmann blev omsider ansat ved den Geologiske Undersøgelse i Kaunas, hvor han straks gik i gang med de nye opgaver. I 1941 invaderede tyskerne Litauen; men han kunne fortsætte arbejdet et stykke tid - indtil den ulykkelige dag, hvor to tyske soldater genkendte ham på en landevej som ‘jøden fra Königsberg‘. Han slæbtes bort og blev myrdet. Det har ikke været muligt at fremskaffe præcis information om hans dødsdag; men han var da mellem 32 og 35 år.

Curt Teichert, der kendte Rudolf Kaufmann, har skrevet nekrologen, som er grundlaget for denne beretning, og den slutter ordene om ham med: ‘He shared the fate of millions and his senseless death stands as a monument to human wickedness and ignorance alike’.

Lad os alle håbe på et nyt århundrede, hvor vi kan leve i fred, og hvor videnskabelige tanker og resultater frit kan udveksles til gavn for hele menneskeheden.

# Setesdalområdet i Sydnorge

## -et mål for den geologiske sommerferie

Svend Pedersen og Jens Konnerup-Madsen

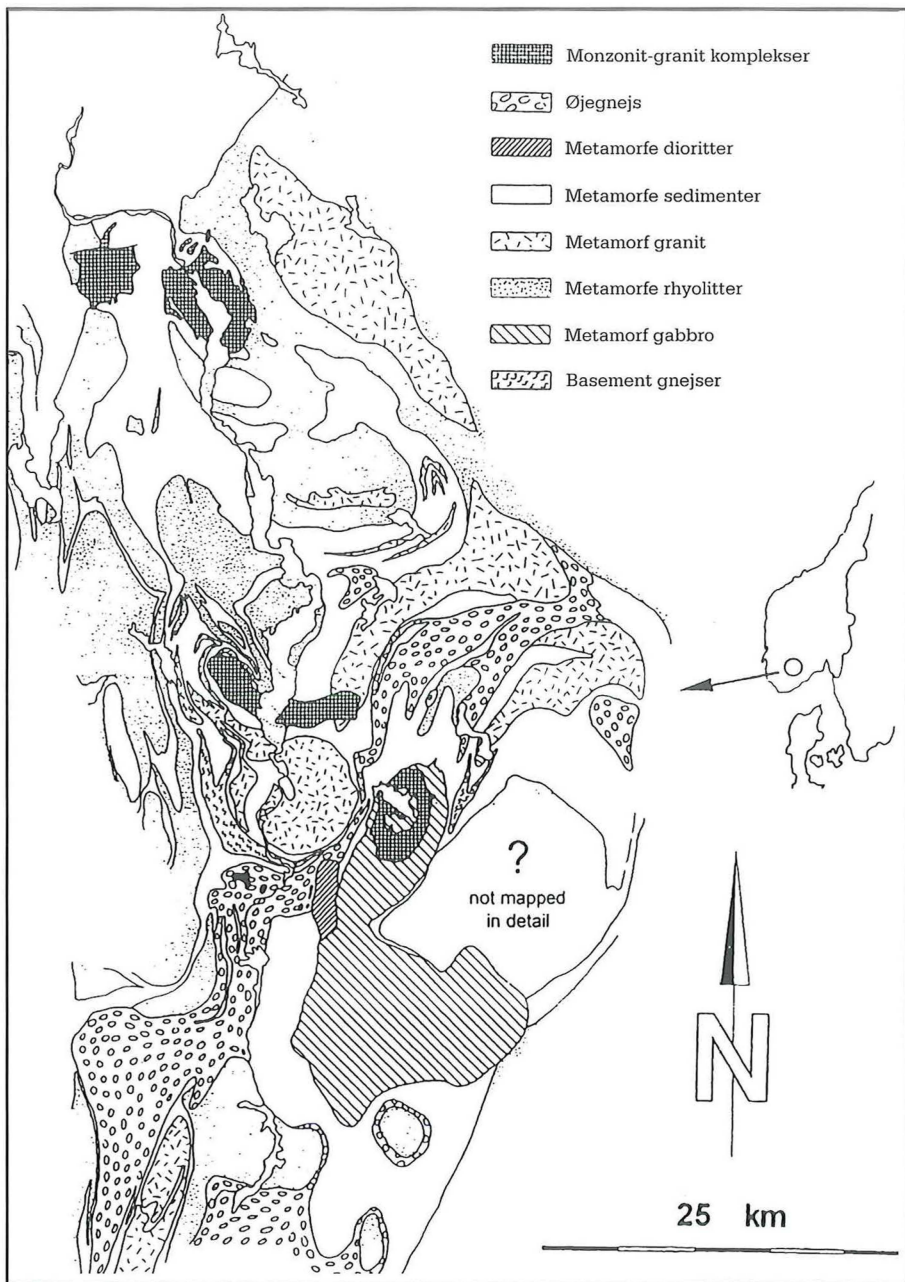
Mange geologiinteresserede danskere kender Setesdalområdet i det centrale Sydnorge, da Iveland-Evje området - området mellem 2 bygder i den sydligste del af Setesdal - fra gammel tid har været kendt for et utal af pegmatitter med sjældne mineraler. I dag er det muligt mod betaling at besøge et lille antal af disse pegmatitter. Er man heldig, får man noget spændende eller interessant med hjem. Forfatterne til dette indlæg, som har arbejdet i området i mange år, vil her godt advokere for, at mineralinteresserede kigger op over kanterne på det brud, de er i gang med at undersøge for mineraler, eller løsriver sig fra affaldsbunkerne fra pegmatitbruddene for at overveje: hvad er det for bjergartstyper pegmatitterne ligger i, hvordan indgår de i den geologiske historie og kunne der være andet interessant, sådan rent geologisk set. Og det er der. På de følgende sider beskrives områdets geologiske historie, og VARV håber, det vil kunne være til inspiration for årets geo-sommerferie. Specielt når vi tilbyder læserne en guide med en række spændende lokaliteter.

Setesdalen ligger centralt i det senprækambriske område i Sydnorge og har en vigtig placering ved belysningen af den yngste prækambriske bjergkædedannelse i Skandinavien - den Sveconorvegiske (ca. 1.000 millioner år gammel). Den Sveconorvegiske bjergkæde indgår i Grenville bjergkæden, der strækker sig som et sammenhængende strøg fra det nordligste Norge, sydvestligste Skandinavien, Østgrønland, videre gennem den sydøstlige del af Canada, gennem USA til Texas og endnu længere.

Området ligger i den sydlige del af Telemark-sektoren og indeholder repræsentanter af både overfladebjergarterne (suprakrustalerne) i Telemark (vulkanitter og sediment) og af gnejserne længere mod vest. Disse er ofte beskrevet som underlag for Telemark suprakrustalerne. Fra gammel tid er området kendt for pegmatitter med sjældne mineraler samt for den store nikkelforekomst ved Flåt.

Hovedparten af Setesdalområdets bjergarter er metamorfoserede suprakrustaler, der tilhører Byglandsfjorden gruppen, som underopdeles i to enheder: en sedimentær enhed, der består af metamorfoserede sandsten og konglomerater, og en vulkansk enhed, der primært består af metamorfoserede rhyolitter (og granitter), men med mellemljrede metamorfoserede basalter og basaltiske tuffer. På overgangen mellem de to enheder ses lejlighedsvis større indslag af meta-



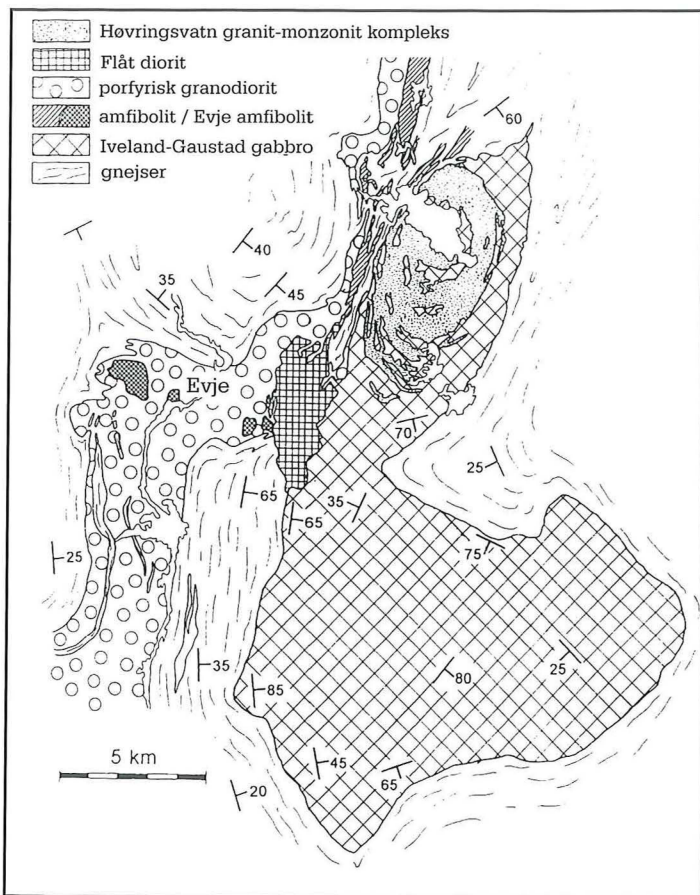


Forenklet kort over Setesdalområdet (delvis basert på Sigmond (1975) og Falkum (1982)).

morfoserede basalter. Overgangen kan være gradvis indenfor nogle meter med tynde lag af vulkanske bjergarter i sedimentære og vice versa.

Disse bjergarter er kun deformeret og metamorfoseret under den Sveconorvegiske bjergkædedannelse. En metamorfoseret granit, der tidsmæssigt er samtidig med rhyolitterne, giver en alder på ca. 1.120 millioner år. Denne alder anses for at afspejle granittens dannelsesalder og giver dermed også en indikation på rhyolitternes alder.

I Setesdalområdet findes stedvis bjergarter, der har undergået metamorfose og deformation forud for den Sveconorvegiske bjergkædedannelse. En øjegneds med en alder på ca. 1.300 millioner år skærer folder i bandede gnejsler, som altså må være dannet før 1.300 millioner år. Begge bjergartstyper danner således et underlag (basement) for Byglandfjorden gruppens bjergarter. Der er også iagttaget klaster af gnejs i et metamorfoseret konglomerat.



Den store metamorfoserede gabbro (Iveland-Gaustad gabbroen), der er aldersbestemt til knapt 1.300 millioner år, kommer også til at indgå i basementet til Byglandfjorden gruppens bjergarter. I gabbroen findes områder af ældre gabbroer (og dioritter), der er kraftigt deformerede.

Iveland-Gaustad gabbroen er én af en række sammensatte metamorfoserede gabbro- og dioritlegemer i området. Et legeme med en 'lokalnavn' er den såkaldte evjeit.

*Geologisk kort over området omkring Evje og Iveland i den sydlige del af Setesdalen*



Lokalnavne på bjergarter har der været tradition for i Norge, og Evje har da også fået en lokal bjergart opkaldt efter sig - navnet har i dag kun geo-historisk interesse og bruges ikke mere.

Hoveddeformationen under den Sveconorvegiske bjergkædedannelse er tidsmæssigt veldefineret og er yngre end 1.030 millioner år. Bjergkædedannelsen er ansvarlig for de dominerende strukturer og har generelt kun nået amfibolitfacies-betingelser, stedvis måske granulitfaciesbetingelser.

For omkring 1.030 millioner år siden ved indgangen til den Sveconorvegiske bjergkædedannelse ændres den geologiske udvikling i området markant, først og fremmest kemisk, idet de magmatiske bjergarter, der dannes i løbet af de næste ca. 100 millioner år, slet ikke ligner ældre magmatiske bjergarter. På dette tidspunkt intruderes en stor granodiorit (Fennefoss øjegnests), der indgår som en del af et to-komponent bjergartskompleks (Flåtkomplekset) bestående af granodioritten og forskellige dioritiske bjergarter. En af disse er nikkelførende og har dannet baggrund for minedriften ved den lille bygd Flåt, der på et tidspunkt var Europas vigtigste nikkelmine. Alle Flåtbjergarterne har høje usædvanligt høje koncentrationer af grundstofferne titan, fosfor, strontium, barium og de lette sjældne jordartsmetaller. Ydermere har dioritten forholdsvis lave koncentrationer af silicium.

Flåtkomplekset hører til den ældste del af den magmatiske Setesdalsprovins, hvis yngste del består af mindre komplekse legemer, der ofte har to komponenter med henholdsvis monzonittisk og granittisk sammensætning. Et enkelt af komplekserne er lagdelt. Disse legemer er subvulkanske af karakter, og kan bl.a. have tilknyttede keglegange og 'klokke' strukturer, som er karakteristiske for magmakamre under vulkaner. Legemerne er dannet sent under den Sveconorvegiske bjergkædedannelse. Dateringer giver aldre på 950-970 millioner år. Disse bjergarter har ligeledes høje koncentrationer af grundstofferne titan, fosfor, strontium, barium og de lette sjældne jordartsmetaller, men også af kalium.

Sidst i den geologiske udvikling - og efter afslutningen af den sveconorvegiske bjergkædedannelse - intruderes en stor mængde pegmatitter i området (Iveland-Evje pegmatitfeltet). Pegmatitterne ses især i den sydlige del af Setesdalen. Alderen på (nogle af) pegmatitterne kan være så lav som 850-830 millioner år. En sådan alder betyder, at de ikke - som ventet - kan være knyttet til de yngste magmatiske granit/monzonit-legemer i Setesdalprovinsen.

I den nordligste del af det beskrevne område forekommer en øst-vest forløbende doleritisk gangsværm. Alderen på doleritgangene er ukendt, men kan være af samme størrelsesorden som alderen på pegmatitterne.

Sammenfattende kan man sige, at det dominerende bjergartselement i Setesdalen er overfladebjergarter, der er ca. 1.120 millioner år gamle og som afspejler en

hævning og erosion af et kontinentalt randområde før den Sveconorvegiske bjergkædedannelse. Spor af ældre bjergkædedannelser (ældre end eller lig 1.300 millioner år) er sparsomme, men dog entydige.

Under den Sveconorvegiske bjergkædedannelse trænger store mængder smelte op i skorpen, nogle af dem med en sammensætning der ikke er almindelig i det sydnorske prækambriske område. De store pegmatitter i Evje-Iveland pegmatitfeltet må for en stor dels vedkommende tilskrives processer, der er væsentlig yngre end bjergkædedannelsen og som kan være knyttet til en delvis opsmeltning af sedimenter fra den nedre skorpe under hævning og strækning af skorpen efter bjergkædedannelsen.

Den beskrevne geologiske udvikling kan således bidrage til belysning af vigtige pladetektoniske aspekter ved udviklingen af den sydnorske kontinentalskorpe:

1. Mulig bjergkædedannelse for ca. 1.300 millioner år siden (måske også tidligere).
2. Hævning og peneplanisering med dannelse af bl.a. sedimenter og vulkanitter for ca. 1.120 millioner år siden.
3. Dannelse af smelter og begyndelse af den Sveconorvegiske bjergkædedannelse for ca. 1.030 millioner år siden.
4. Afslutning af bjergkædedannelsen for ca. 970-950 millioner år siden.
5. Strækning af jordskorpen og et tidligt opbrud af det daværende kontinent. Dannelse af pegmatitter og doleritter for ca. 840 millioner år siden og muligvis senere.
6. Fortsat hævning og peneplanisering.

**Guiden over området kan bestilles ved henvendelse til VARV og vil være til salg fra 1. juni. Prisen vil være 50 kr.**