

Saltdiapirernes betydning for den Kvartære kronologi: Batum – et eksempel

IVAN MADIRAZZA



Madirazza, I.: Saltdiapirernes betydning for den Kvartære kronologi: Batum – et eksempel. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1978*, side 7–13. København x. januar 1979.

The climatic conditions play an essential role in the development of shallow salt diapirs. Detailed studies in the areas of such structures in northern Germany have shown that under arid periglacial climates, with deep zones of permafrost, renewed upward movements of salt frequently occurred. In the area of Batum, a shallow salt diapir in northwestern Jutland, a number of deeper borings have penetrated the caprock and reached the Zechstein salt. The present salt mirror lies at a depth of ca. 200 m. On the basis of data from these borings, and other available geological information, an interpretation of the successive stages in the development of this diapir during the Quaternary, as induced by climatic changes, is offered. It is emphasized that detailed geological and geomorphological studies, preferably combined with geophysical measurements, in the area of this diapir, as well as other similar salt structures, can provide important guidelines towards a better understanding of the Quaternary events and their chronology in this part of Jutland.

Ivan Madirazza, Laboratoriet for Geofysik, Geologisk Institut, Finlandsgade 6, DK-8200 Aarhus N.

Man har i en årrække været klar over, at de klimatiske forhold spiller en vigtig rolle for aktivisering af saltflydning og dermed forbundne hævn timer i områder med højtliggende saltstrukturer (se f.eks. Gripp 1920, 1952, Gignoux 1930, Johannsen 1971). Især i NV-Tyskland har man udført detaljerede studier ved en række saltdiapirer og rekonstrueret deres historier i forskellige dele af Kvartærtiden, således ved: Segeberg (Gripp 1920, Teichmüller 1948, Averdick et al. 1972), Lüneburg (Niedermayer 1957, Richter 1966, Benda & Michael 1966), Peissen (Picard 1958), Elmshorn, Lägerdorf, Stade (Grube 1957), Cismar (Johannsen 1971), etc.

Disse studier har bl.a. vist, at hævningsprocesserne dominerer under aride og semiaride klimaforhold, som f.eks. lige før og under en glaciation. Hævningerne betinges dels af permafrost, som beskytter saltmasserne mod opløsning, og dels af ismassernes tryk på de labile saltstrukturer.

Ved overgang til et varmere klima og ved permafrostens forsvinden, skete der en opløsning af de hævde saltmasser. Dette efterfulgtes af sammenstyrtning («collapse») af de præ-Kvartære og ældre Kvartære bjergarter over sådanne strukturer. Der opstod lavninger i terrænet, hvor der dannedes søer og moser.

Det er blevet påvist, at isbevægelsen både under Saale og Weichsel glaciationerne har været påvirket af saltstrukturer (se f.eks. Gripp 1952, Picard 1969, Johannsen 1971). Således dannedes der i de israndnære områder flere steder is-tunger i lavningerne mellem de hævde saltstrukturer, medens isfronten ikke nåede så langt frem over selve strukturerne (fig. 1).

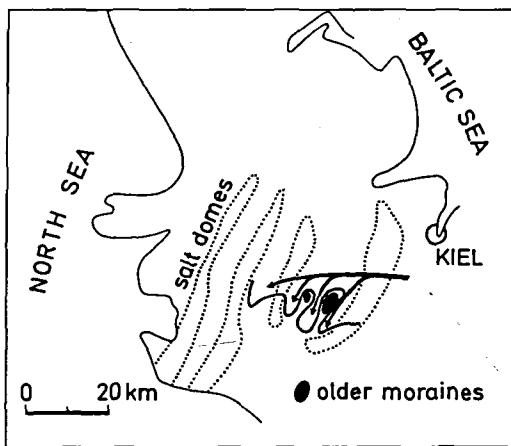


Fig. 1. Israndslinien i NV-Tyskland dannet ved slutningen af Saale glaciationen (efter Picard 1969). Ice-border line in NW Germany formed during the last stage of Saale glaciation (after Picard 1969).

Kvartærgeologiske forhold i NV-Jylland Gry (1940, 1964) har vist, at isbevægelserne i den nordvestlige del af Jylland, som f.eks. på nordsiden af Mors og Fur, har været rettet fra nord til nordøst. Isens trykretninger i dette område kan bestemmes ud fra de stærkt foldede og forkastede Eocæne moler- og askelag, der ofte opbygger langstrakte rygge. Ovenpå disse formationer, som flere steder findes deformerede sammen med de ældre Kvartære aflejringer, hviler diskordant generelt tynde, uforstyrrede moræneaflejringer. Dette viser, at indlandsisen under sit fremstød har deformeret og delvist eroderet disse Tertiære formationer og derefter overskredet disse områder. Men derudover er vort kendskab til de Kvartære, især Pleistocæne, begivenheder i denne del af Jylland temmelig begrænset.

Batum saltdiapirens opbygning

Batum saltdiapir i det nordlige Salling er en af de højtliggende saltdiapirer i denne del af Jylland. DAPCO (The Danish American Prospecting Co.) har i begyndelsen af 1950'erne udført 18 dybere borer i diapirens område, de fleste af dem til en dybde mellem ca. 400 m og 700 m. I 14 af dem gennemborede man caprocken og nåede ned i selve saltet. Oplysninger fra disse borer har gjort det muligt at tegne højdekurver for overfladen af den højere del af saltlegemet, som vist i fig. 2 (se også Rasmussen 1960). Det ovale saltspejl er meget tydeligt og regelmæssigt og ligger i et niveau på mellem -190 m og -200 m.

På baggrund af dette kort over saltets overflade og residualtyngdebilledet over Batumstrukturen (Sorgenfrei & Buch 1964, Rasmussen 1973) må man antage, at saltet inden for området markeret med den ovale, stiplede linie (»residual gravity feature«) befinder sig i en forholdsvis ringe dybde.

I størstedelen af kortet syd for det indstiplede område er terrænet højt og temmelig plant, og det består af en relativt tyk leret moræne. I den nordøstlige del af kortet er to aflange, op til 45 m høje bakker fremtrædende. Disse bakker består hovedsageligt af deformerede Eocæne moler- og askelag, hvis strykning er parallel med bakkernes aflange form. I lighed med det omtalte billede fra Fur og Mors kan vi udlede, at også her har trykretningen fra den deformerende is været fra nord

til nordøst. Imellem de to høje områder, d.v.s. hvor saltet befinder sig tættest ved overfladen, findes de laveste terrænformer. Dog kan man her skelne et noget højere, ovalt bælte (op til +28 m), som følger en lavning, hvis indre grænse svarer til grænsen af det ovale saltspejl (se også Madirazza 1970). I dette område findes kalkbjergarter i en ringe dybde. Disse bjergarter er dækket direkte af en moræneaflejring, der ofte kun er et par meter tyk, som f.eks. omkring Batum by.

Ved flere daglokaliteter i denne vestlige del af området har allerede Ødum (1926) beskrevet disse bjergarter som Senon skrivekridt. Senere har Birkelund og Stenestad (1969) aldersbestemt dem til Nedre Maastricht. Ligeledes har Stenestad i DAPCO boringen 16a foretaget datering af hele kernen indtil caprocken. Bjergarterne her tilhørte (den nedre del af) Nedre Maastricht og Campan, som fandtes i kontakt med caprocken. Mægtigheden af disse bjergarter i denne boring var ca. 150 m.

Disse oplysninger viser bl.a., at diapirstadiet ophørte på grænsen til Nedre Campan, men at meget stærke post-diapiriske bevægelser fandt sted i resten af Senon. Havde sedimentationen foregået under normale betingelser og ikke over en hævede saltstruktur, kunne man forvente, at mægtigheden af disse bjergarter ville være mindst 1000 m. Man må antage, at bjergarter fra Øvre Maastricht og Tertiær er blevet borteroderet i Pleistocæn over disse højeste dele af strukturen.

Boring nr. 4, som er placeret mere perifer i forhold til de højeste dele af saltlegemet, er den eneste, hvor en mere komplet præ-Kvartær lagfølge er gennemboret. I denne boring fandtes forholdsvis tykke (94 m) Kvartære aflejringer, kun 2-3 m delvis borteroderet Oligocæn, ganske tyndt (8,5 m) Eocæn og ca. 15.5 m Paleocæn. Herunder 119 m Danién, samt 220 m Senon, som ved slutdybden ikke var gennemboret. Ud fra denne lagfølge må man antage, at de vertikale bevægelser af diapiren har fortsat også i Tertiær, dog muligvis adskilt fra de meget stærke hævnninger i Senon af en roligere periode under aflejring af Daniénkalken.

På baggrund af oplysninger fra daglokaliteter, DAPCO borer, samt et større antal kortere borer udført i salt diapirens område (ifølge det geologiske basisdatakort 1216 III Farsø, DGU 1976) kan man tegne den omtrentlige grænse for de Senone bjerarter som vist i fig.

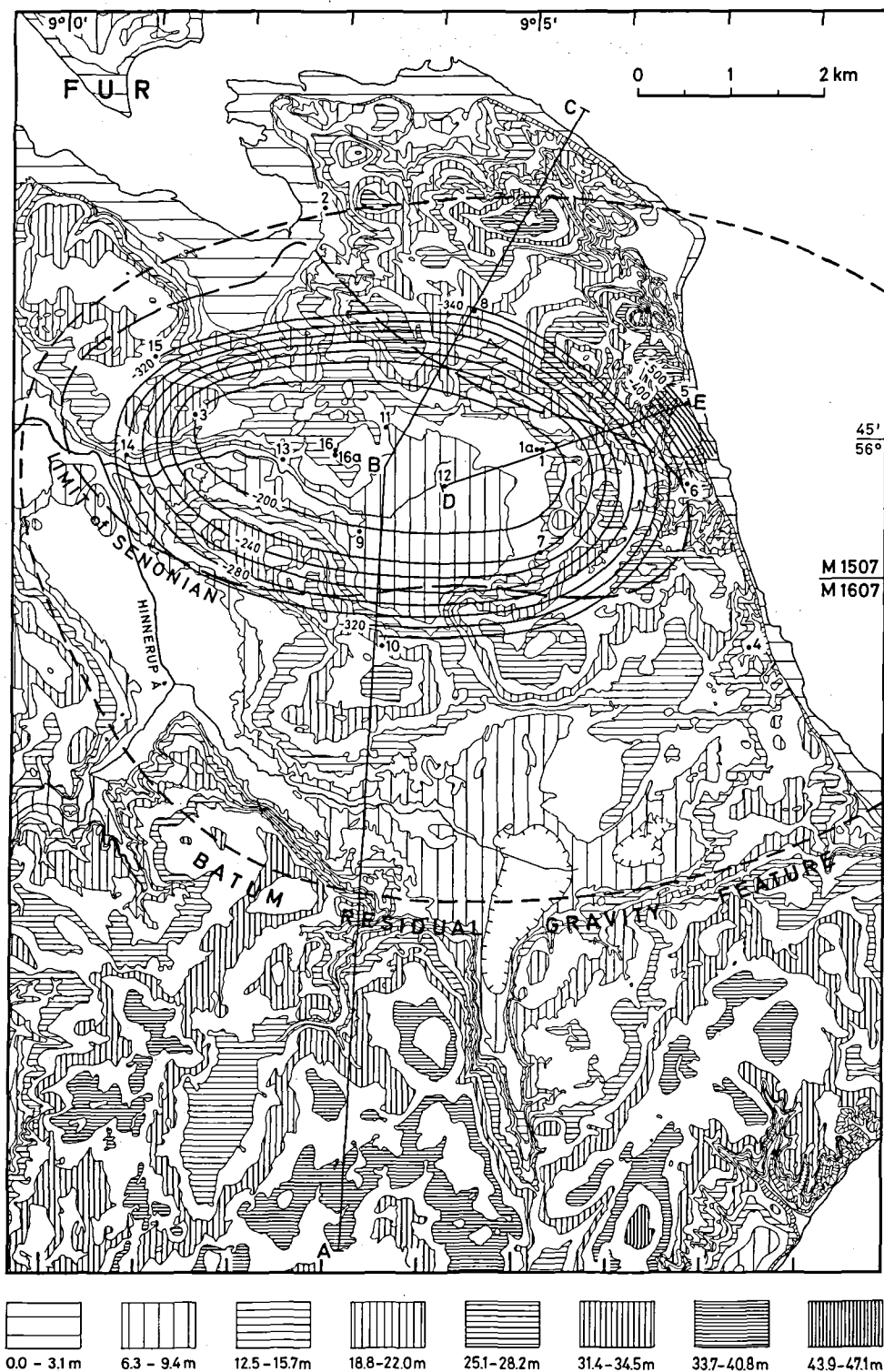


Fig. 2. Batum salt diapirens område, nordlige Salling (NV-Jylland).

The area of Batum salt diapir, Salling peninsula (NW Jutland).

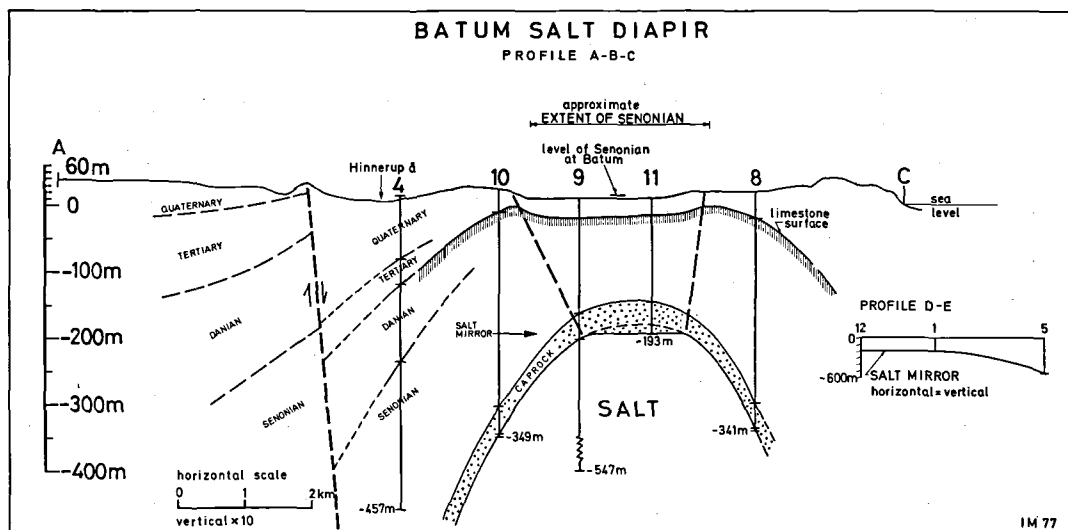


Fig. 3.

2. Disse er omringet af et bælte af Danien kalksten, hvis overflade hælder væk fra saltlegemet.

Profilen ABC (fig. 3) er konstrueret på basis af oplysninger fra DAPCO borer, som findes ved, eller i nærheden af profilinien, samt den overfor omtalte boring nr. 4. Saltets overflade er overført fra fig. 2. Som det fremgår af disse borer og ligeledes af alle de andre borer, som nåede ned i saltet, er saltets overflade dækket af en 40–50 m tyk caprock, der stedvis er noget tykkere over selve saltspejlet. Ved at korrigere for de øjensynlige tykkelser af caprock i borer langs profilet kan man trække den stiplede linie over saltspejlet. Forskellen angiver mængden af det opløste salt, i dette tilfælde maximum 15–20 m over de centrale dele af saltspejlet. Resultatet af denne opløsning har været en tilsvarende sammenstyrtning af de ovenliggende Senone bjergarter og Kvartære aflejringer. En senere tilførsel af materialer til denne centrale lavning, som sandsynligvis har rummet en sø, har dækket og udjævnet den uregelmæssige overflade, som utvivlsomt opstod efter saltets opløsning. Lavningens nuværende overflade, som modsvarer saltspejlet, er således ganske plan og regelmæssig.

Langs profil ABC ligger grænsen mellem Senon og Danien tilsyneladende meget nær de randlige brudzoner, som er dannet ved saltopløsningsprocessen. Da man i borerne nr. 8 og nr. 10 ikke har kunnet skelne mellem Danien og Senon, er grænsen mellem disse bjergarter ikke

indtegnet i profilet. Man kan dog antage, at mindre mængder af Danien kalksten også er gennemboret i begge borer, men at langt den største del af de kalkbjergarter, der findes i kontakt med caprocken, er af Senon alder. Det er derfor muligt, at der også findes Danien kalksten inden for den centrale lavning, men som det fremgår af fig. 2, ligger Senon/Danien-grænsen længere væk fra randen af saltspejlet over størsteparten af denne højeste del af diapiren.

Profilen D–E viser saltets overflade uden overhøjning. I boringen nr. 5 var caprocken stadigvæk ca. 50 m tyk i en dybde af ca. 500 m. Som nævnt findes i alle de øvrige borer, der også ligger klart uden for grænsen af saltspejlet, en veludviklet caprock i dybder under 300 m. Her er der således tale om to forskellige saltspejle, det nuværende i en kote mellem –190 m og –200 m, over hvilket den omtalte sammenstyrtning fandt sted, og et ældre saltspejl, som sammen med sin caprock har været opadbøjet på grund af en fornyet saltflydning. At dømme efter profilet D–E hælder dette saltspejl ca. 12°–14°, og dets hældning tiltager med dybden (se også fig. 2).

Batum diapirens udvikling i Kvartær

På basis af de her fremlagte data, samt fra studier af lignende saltstruktur-typer i NV-Tyskland, skal det forsøges, at rekonstruere de vigtigste faser, som Batum saltdiapiren har gennemgået i løbet af Kvartær.

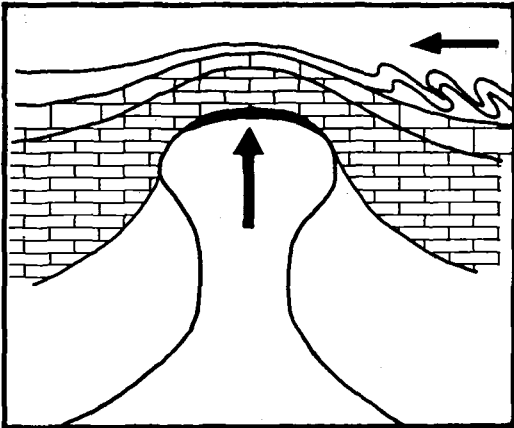


Fig. 4

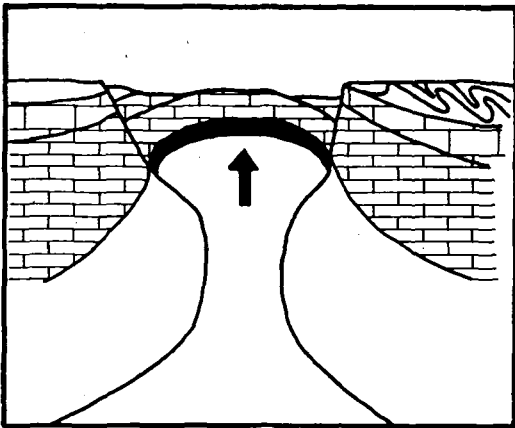


Fig. 7

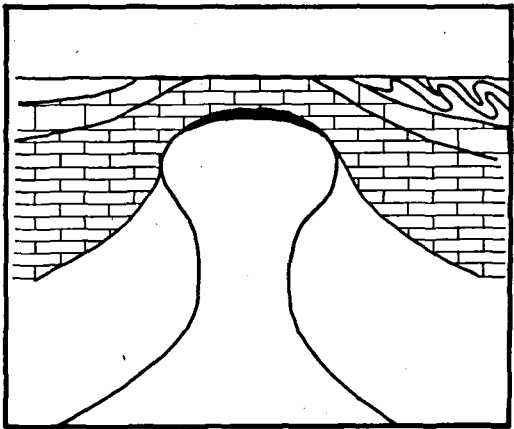


Fig. 5

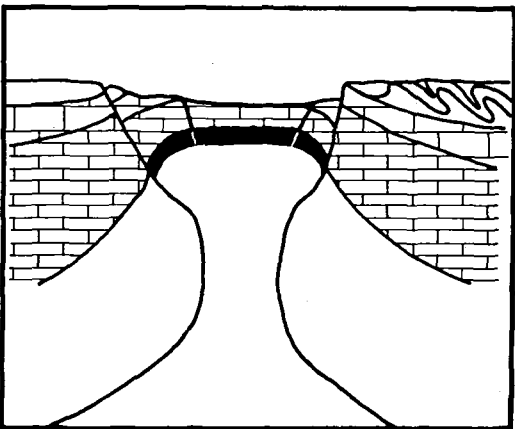


Fig. 8

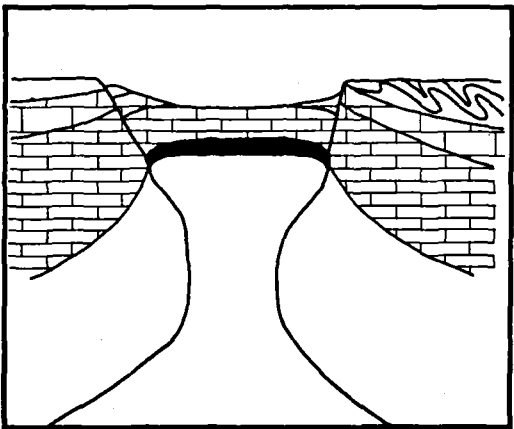


Fig. 6

LEGEND:



QUATERNARY
TERTIARY



DANIAN



SENONIAN

IM 77

Fig. 4–8. Skematisk fremstilling af Batum saltdiapirens udvikling i Kvartær (se s. 10–12).

Schematic representation of the development of Batum salt diapir during the Quaternary (see p. 10–12).

Under et aridt og meget koldt periglacialt klima med dyb permafrost kunne en fornyet flydning af saltet mod overfladen finde sted. Dermed skabtes der en forhøjning over saltdiapiren i forhold til det omgivende terræn (fig. 4). Under isens fremrykning blev de Tertiære formationer, bl.a. Eocæne moler- og askelag, muligvis sammen med de ældre Kvartære aflejringer, foldet og forkastet på nordsiden af strukturen. Derefter overskred isen dette højere område og eroderede en del af de deformerede aflejringer bort (fig. 5). Over de højeste dele af diapiren blev de evt. ældre Kvartære aflejringer, Tertiær (med Danien) samt de øverste dele af Senon fjernet. En relativt tynd, kalkrig bundmoræne blev afsat direkte på de resterende Senone bjergarter.

Efter bortsmeltning af isen og ved permafrostens forsvinden blev en del af det højtintruderende salt opløst af det på ny cirkulerende grundvand (fig. 6). Resultatet af denne opløsning blev indsynkning langs en ydre forkastningszone af Senone, Tertiære og Kvartære bjergarter. En sådan forkastning, tegnet på basis af oplysningerne fra boring nr. 4, er vist i profilet fig. 3.

Et saltspejl med en veludviklet caprock dannes ved kontakten med grundvandet. Dette varme tidsafsnit, som efter alt at dømme varede i en længere periode, blev igen efterfulgt af koldere klima med permafrost. En ny, men næppe så stor opadgående bevægelse af saltet blev dermed mulig (fig. 7). Dette medførte, at det »gamle« saltspejl med sin caprock blev opadbøjet og de dækkende bjergarter igen hævet. I forbindelse med denne kolde periode har isen ikke dækket området.

Under en efterfølgende varm periode opløstes den højeste del af saltet, men i mindre omfang end tidligere (fig. 8). Denne opløsning resulterede i en sammenstyrtning langs en indre brudzone, som følger randen af det ovale saltspejl. Sammenstyrtningen berører hovedsageligt kun de Senone bjergarter og Kvartære aflejringer. Dette yngst dannede saltspejl befinder sig i dag mellem -190 m og -200 m. Man kan antage, at dette er sket i tilknytning til den endelige forsvinden af permafrosten fra området, d.v.s. under den sidste senglaciale tid, muligvis mod dens slutning. For de foregående klimaændringer, og de til dem svarende faser i Batum saltdiapirens udvikling, kan der på nuværende tidspunkt kun opstilles denne relative kronologi. Detaillerede undersø-

gelser, først og fremmest ved hjælp af en kontinuerlig prøvetagning af de Kvartære sedimenter og så vidt muligt en absolut aldersbestemmelse, er nødvendige for at kunne datere de forskellige faser i diapirens udvikling. De mest lovende områder hertil er de, med tykke Kvartære sedimenter, som f.eks. Hinnerup ådal og den centrale lavning.

Endvidere, ved hjælp af seismiske profiler kunne dybden til kalkbjergarterne over de forskellige dele af diapiren bestemmes. Sådanne undersøgelser ville give yderligere, vigtige oplysninger om diapirens opbygning, som f.eks. størrelsen af bevægelser langs forkastningerne, etc.

Man kan til slut sige, at områder med højtliggende saltdiapirer, i dette tilfælde Batum, repræsenterer et vigtigt led i forståelsen af de kvartærgeologiske begivenheder og deres rækkefølge, og de giver os en mulighed for at opstille en mere detaljeret Kvartærkronologi i denne del af Jylland.

Tak

Forfatteren ønsker at takke Leif Banke Rasmussen for tilladelsen til at bruge de oplysninger fra DAPCO borer udført ved Batum, som findes arkiveret ved DGU. Ligeledes takkes tegnestuen og fotolaboratoriet ved Laboratoriet for Geofysik for det udmærket udførte arbejde. Carlsbergfondet har ydet finansiel støtte til forfatterens feltarbejde i området af Batum saltstrukturen.

(Foredrag i Dansk Geologisk Forening, 19. april 1978, Århus).

Litteratur

- Averdieck, F. R., Erlenkeuser, H. & Willkomm, H. 1972: Altersbestimmungen an Sedimenten des Grossen Segeberger Sees. *Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst.* 42, 47-57.
- Benda, L. & Michael, E. 1966: Ein neues Vorkommen von marinem Holstein-Interglazial bei Lüneburg. *Mitt. Geol. Inst. T. H. Hannover.* 3, 20-45.
- Gignoux, M. 1930: La tectonique des terrains salifères et son rôle dans les Alpes françaises. *Livre Jubil. Cent. Soc. Géol. France*, 329-360.
- Gripp, K. 1920: Steigt das Salz zu Lüneburg, Langenfelde und Segeberg episodisch oder kontinuierlich? *13. Jahresber. niedersächs. geol. Ver. Hannover*, 21 pp.
- Gripp, K. 1952: Inlandseis und Salzaufstieg. *Geol. Rundsch.* 40, 74-81.
- Grube, F. 1957: Das Oberflächenbild der Salzstöcke Elmsborn, Lägerdorf (Holstein) und Stade (Niedersachsen). *Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg.* 26, 5-22.
- Gry, H. 1940: De istektoniske Forhold i Moleromraadet. *Meddr dansk geol. Foren.* 9, 586-627.
- Gry, H. 1964: Furs geologi. *Dansk natur, dansk skole, Arsskrift* 1964, 45-55.

- Johannsen, A. 1971: Salinartektonische Einflüsse auf Ausbildung und Verbreitung tertiärer und quartärer Sedimente in Ost-Holstein. *Meyniana*. 21, 33–39.
- Madirazza, I. 1970: Landskab og saltstrukturer. *Varv* 1, 3–11. København.
- Niedermayer, J. 1957: Beitrag zur Geologie des Salzstockes von Lüneburg unter besonderer Berücksichtigung der Senkungserscheinungen. *Geol. Jb.* 74, 211–224.
- Picard, K. 1958: Die Struktur Peissen und das glazigene Geschehen im Raum des Lockstedter Sanders. *Geol. Jb.* 75, 347–358.
- Picard, K. 1969: Pleistocene Tectonics and Glaciation in Schleswig-Holstein, Germany. Quaternary Geology and Climate. Publ. 1701, *National Academy of Sciences*, 67–71. Washington.
- Rasmussen, L. Banke 1960: Geology of north-eastern Jylland-Denmark (Guide to excursions, part 2). *Inter. Geol. Congress, XXI Session*, 38 pp. Copenhagen.
- Rasmussen, L. Banke 1973: Nøvling nr. 1 – oversigt over boringens historie og geologiske resultater. In Rasmussen, L. Banke (ed.): Dydboringen Nøvling nr. 1 i Midtjylland. *Danmarks geol. Unders., rk. 3, 40*, 9–33.
- Richter, K. 1966: Der Salzstock von Lüneburg im Quartär. *Mitt. Geol. Inst. T. H. Hannover*. 3, 1–19.
- Sorgenfrei, T. & Buch, A. 1964: Deep Tests in Denmark 1935–1959. *Danmarks geol. Unders., rk. 3, 36*, 146 pp.
- Stenestad, E. 1969: The genus *Heterohelix* Ehrenberg, 1843 (Foraminifera) from the Senonian of Denmark. In Brönnimann, P. & Renz, H. H. (eds.): *Proceedings of the first international conference on planktonic microfossils*. 2, 644–662.
- Teichmüller, R. 1948: Das Oberflächenbild des Salzdomes von Segeberg in Holstein. *Zeitschr. deutsch. Geol. Ges.* 98, 7–29.
- Ødum, H. 1926: Studier over Daniet i Jylland og på Fyn. *Danmarks geol. Unders., rk. 2, 45*, 306 pp. (summary in English).