

Nogle undergrundstektoniske elementer i det danske Kvartær

HOLGER LYKKE-ANDERSEN



Lykke-Andersen, H: Nogle undergrundstektoniske elementer i det danske Kvartær. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1978*, side 1-6. København, x. januar 1979.

Resultater af refleksionsseismiske undersøgelser i Kattegat og Østjylland peger på en betydelig kobling mellem landskabsdannelse og undergrundens strukturforhold. Arkæologiske og andre observationer på Samsø og i Horsens Fjord lader formode, at dette element i dannelsen af landskaberne er aktivt den dag i dag.

Udbredelsen af marine Kvartære aflejringer (Ældre Yoldialer) på Sjælland synes at være begrænset til den samme strukturelt betingede depression, hvori Palæocæne aflejringer findes.

Det foreslås at de sjællandske forekomster af Ældre Yoldialer betragtes som en sydlig udløber af de fra Vendsyssel og Kattegat kendte. På baggrund heraf fremsættes den hypotese, at Kattegat blev åbnet i løbet af Eem i forbindelse med en indsynkning af et område mellem Jylland og Den Fennoskandiske Randzone.

I Vendsyssel påpeges en række forhold i de Kvartære aflejringer og landskaber som indikation for tektonisk aktivitet i Kvartæret.

Holger Lykke-Andersen, Laboratoriet for Geofysik, Aarhus Universitet, Finlandsgade 6, 8200 Århus N.

De danske landskaber er hidtil næsten udelukkende blevet betragtet som et Kvartært, glacial-geologisk fænomen. En væsentlig årsag hertil er rimeligvis, at oplysninger om den rumlige opbygning af Kvartæret og dets relationer til strukturer i præ-Kvartæret hidtil har været begrænsede.

I de senere år er der, bl.a. ved forskellige geofysiske undersøgelser, tilvejebragt et materiale, som giver anledning til overvejelse vedrørende relationerne mellem landskabsdannelsen og tektoniske processer med rod i den præ-Kvartære undergrund.

Seismiske undersøgelser i Kattegat og Østjylland

Med bevilling fra Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd blev der i 1976 gennemført en kortlægning i Kattegats sydlige dele af en seismisk reflektor ved Tertiærets basis. Med de muligheder som foreligger for korrelation med landboringer antages det, at reflektoren er meget tæt sammenfaldende med Danien-kalkens overflade. På grundlag af dybdeberegninger efter samme retningslinier som tidligere beskrevet (Andersen & Tyachsen 1977), er konturkortet, fig. 1, fremstillet.

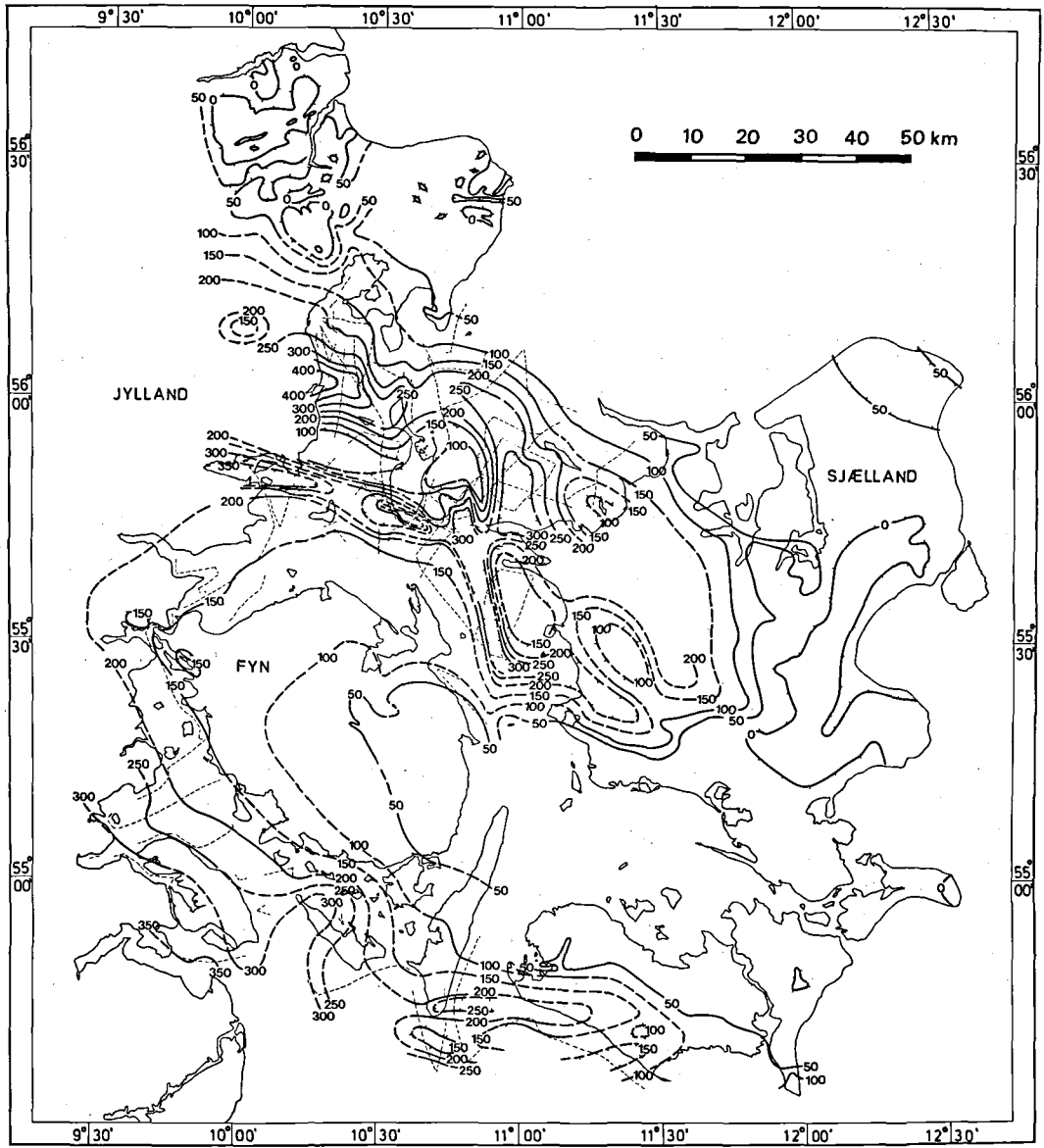
Danien-kalkens overflade afspejler i hovedlinier undergrundens velkendte strukturelle mønstre med Det danske Bassin og Det nordjyske Bassin adskilt af Ringkøbing-Fyn-Horsten.

I 1977 blev der med støtte fra Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd forsøgsvis udført en række refleksionsseismiske målinger i egnen mellem Århus, Silkeborg og Horsens Fjord med det formål, at få indtryk af den landværts fortsættelse af det strukturbillede, som fandtes i Kattegat inden for Det danske Bassin. Resultatet af undersøgelsen, som må betragtes som foreløbig, er fremstillet i fig. 2, hvor de seismiske data for dybden til Danien-kalkens overflade er sammentegnet med tilgængelige oplysninger fra DGU's borearkiv.

Inden for Det danske Bassin findes der detaljer i relieffet i Danien-kalkens overflade, som skal omtales i følgende.

Samsø

Under den sydlige del af Samsø findes en hævningsstruktur, som strækker sig i omtrent øst-vestlig retning ind mod det jyske fastland nord for Horsens Fjord. Kalkoverfladen hvælver sig op til mindre end 100 m under havniveau,




BASE- TERTIARY REFLECTOR	TOP OF SENONIAN OR DANIAN LIMESTONE
Depths in meters below M.S.L.	Contour interval: 50 m
On sea:  Data lines Depths to Base-Tertiary reflector calculated with $v = 1750$ m/sec	On land: Contours on Senonian or Danian limestone. Fyn, Sjælland other islands: based on B. Larsen(1977) Jylland: based on borings from the well file at the Geological Survey of Denmark
H. Lykke Andersen J. Tychsen	LABORATORIET FOR GEOFYSIK ARHUS UNIVERSITET 1977

Fig. 1.

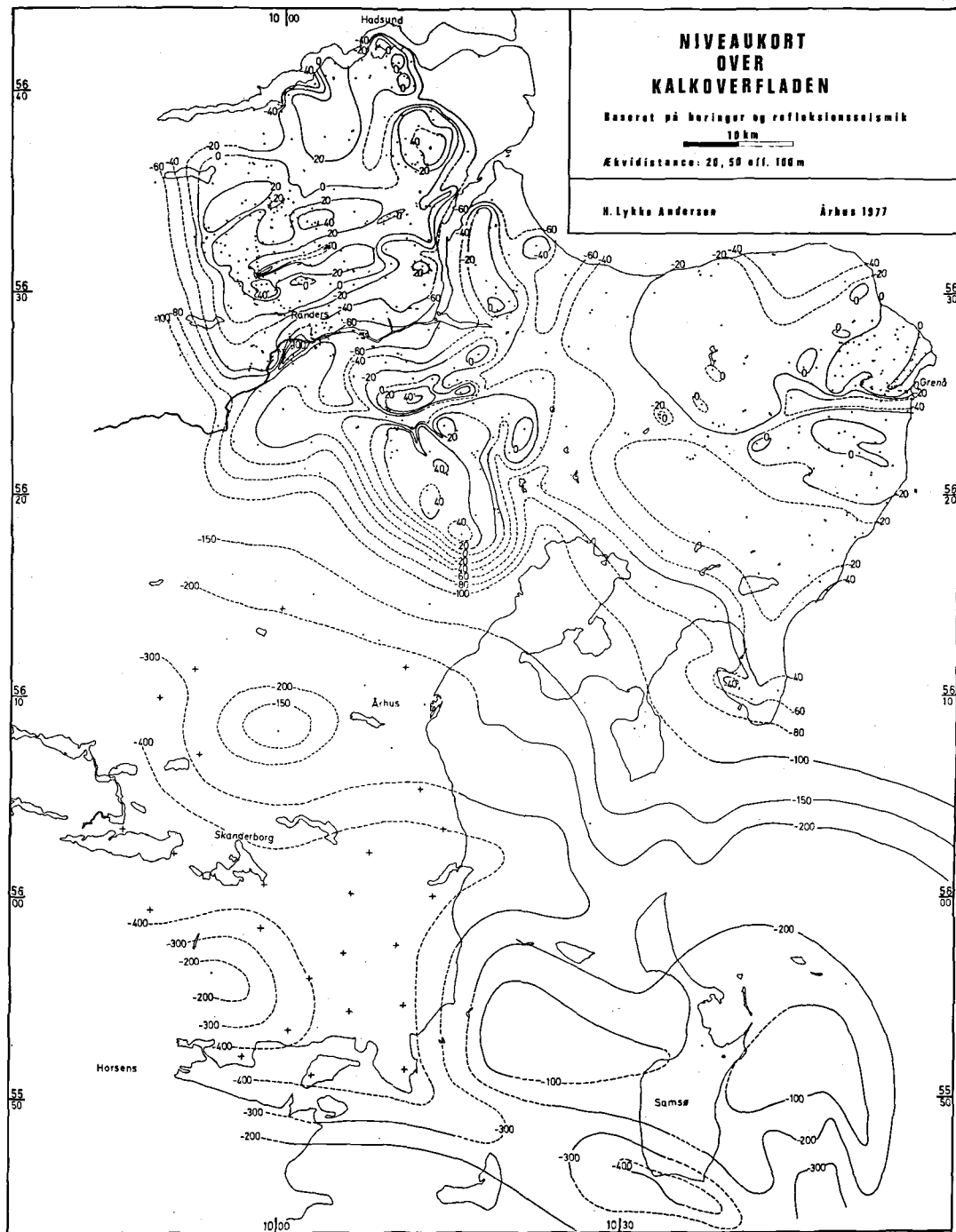


Fig. 2. De midtjyske søer er lokaliseret indenfor en depression i kalkoverfladen. Kortet er sammentegnet på grundlag af oplysninger fra boreriger (.) i DGU's borearkiv, refleksionsseismiske

målinger i Kattegat, samt refleksionsseismiske målinger (+) på land.

mens den både mod nord og syd falder til dybder på mere end 400 m under havniveau. At dømme efter dybseismiske målinger (venligst stillet til rådighed af DGU) må dannelsen af hævningsstrukturen ses i sammenhæng med en akkumulation af Zechstein-salt her ved den sydlige rand af den danske saltstrukturprovins.

Ifølge Mertz's (1924) sammenstilling af Littorinahavets strandlinie-højder fremtræder den sydlige del af Samsø med højder, som ligger op til ca. 1.5 m over det regionale niveau (2–2.5 m). Det forekommer nærliggende at sætte disse to forhold i forbindelse med hinanden, altså at regne den ekstraordinære hævnning af Sydsamsø for et resultat af vækst i Zechstein saltstrukturen. Alderen på de hævdede strandlinier kendes ikke præcist, men anslås de at være Senatlantiske, kan den gennemsnitlige ekstraordinære hævningshastighed anslås til ca. 0.3 mm pr. år. Denne størrelse svarer ret nøje til skønnede hævningshastigheder ved andre danske saltstrukturer (Madirazza 1968).

Horsens Fjord

Umiddelbart syd for Samsø-strukturen danner kalkoverfladen en ca. 10 km bred næsten retlinet depression. Depressionen kan følges fra det indre af fjorden til farvandet mellem Samsø og Kalundborg Fjord, hvor den øjensynligt løber sammen med en tilsvarende depression, som har sit forløb omtrent midt ned igennem Store Bælt.

Med hensyn til dannelsen kan der peges på i det mindste tre mulige mekanismer: 1) indsykning som følge af Zechstein-saltets flydning ind mod Samsø-strukturen. Analoge fænomener kendes f.eks. fra Randers Fjord og mange steder i Nordtyskland (Johannsen 1971); 2) indsykning som følge af opløsning af Zechstein-salt i cirkulerende grundvand på stor dybde. Fænomener af denne art er bl.a. beskrevet fra Canada (Gorrell & Alderman 1968); 3) indsykning som følge af aktivering af normalforkastninger i grundfjeldet i nordflanken af Ringkøbing-Fyn-Horsten. Ifølge modelstudier (Horsfield 1977) kan normalforkastninger i grundfjeld føre til fremkomst af Graben-struktur i de overliggende sedimentter.

Uanset hvilken eller hvilke årsager der ligger bag dannelsen af depressionen i kalkoverfladen, så synes der næppe at kunne være tvivl om, at den har været af afgørende betydning for Horsens Fjords placering. Dette, at fjordens næsten ret-

linede sydside er nært sammenfaldende med depressionens relativt stejle sydflanke, tyder ydermere på, at indsykningen har været aktiv i Kvartæret.

I samme retning peger også følgende arkæologiske observationer (pers. medd. Søren H. Andersen): Langs fjordens bredder navnlig mod nord findes mange bopladser, som tidsmæssigt hører hjemme i Senatlantisk tid eller lidt senere. Bopladserne, som med sikkerhed ligger in situ, befinder sig omkring kote nul. Sikkert er det altså, at der siden Senatlantisk tid, har fundet en sænkning sted i dette område. Accepteres de af Mertz (1924) angivne niveauer for Littorinahavet som de normale for området i Senatlantisk tid, betyder det, at der kan anslås en total ekstraordinær sænkning i Horsens Fjord på 1.5–2 m, hvilket svarer til en gennemsnitlig sænkingshastighed på ca. 0.3 mm pr. år. Også af præcisionsnivelementer udført i 1890'erne og 1940'erne (Andersen, Kejlsø & Remmer 1974) er der ved Horsens konstateret en lokal ekstraordinær sænkning. Gennemsnitshastigheden synes dog kun at være ca. 0.1 mm pr. år.

Det midtjyske Søområde

Samsø-strukturen omgives på nord- og sydsiden af depressioner. De landseismiske forsøgsmålinger (fig. 2) synes at vise, at der umiddelbart indenfor kysten sker en sammensmeltning af de to depressioner, således at Samsø-strukturen adskilles fra Horsens-strukturen, som ligger umiddelbart nord for Horsens. Den nordlige depression fortsætter tilsyneladende mod vestnordvest, idet den flankeres af Horsens-strukturen mod syd og Harlev-strukturen mod nord.

Som det ses, ligger søerne omkring Skanderborg og Silkeborg indenfor denne depression. Ingen detaljer er kendt endnu, men forholdet giver næring til den formodning, at sødannelsen kan være styret af strukturelle forhold i den præ-Kvartære undergrund. En tilsvarende formodning er tidligere fremført på grundlag af magnetiske opmålinger af Madsen (1938). For nylig har Kronborg *et al.* (1977) med udgangspunkt i morfologiske studier fremsat en mere konkret tektonisk model for daldannelsen i Midtjylland.

Vestsjælland

Den bassinstruktur i kalkens overflade, som er

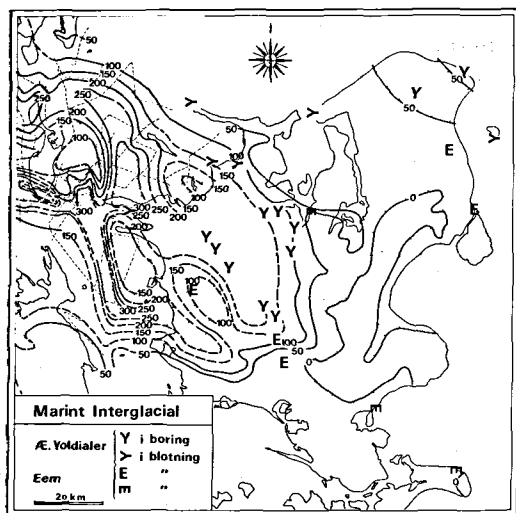


Fig. 3. Sammenhæng mellem forekomst af Ældre Yoldialer og depression i kalkoverfladen. Lokaliteter med marine Interglaci-ale aflejringer er hovedsagelig sammenstillet efter Ødum (1933) og A.-L. Lykke-Andersen.

kortlagt til søs, er en fortsættelse af det »Palæocæn-bassin« som er kendt fra det vestlige Sjælland (jfr. fig. 1).

I det sjællandske område er marine interglaciale aflejringer kendt fra et stort antal lokaliteter. En del er beskrevet af Ødum (1933). A.-L. Lykke-Andersen (pers. medd.) har ved foraminiferundersøgelse af en række nyere borer, venligst stillet til rådighed af DGU, suppleret med en del nye lokaliteter. Disse er indtegnet på kortet i fig. 3 sammen med de fra litteraturen kendte. Aflejringerne beskrives dels som Eem-aflejringer og dels som Ældre Yoldialer. Det Ældre Yoldialers stærke tilknytning til det vestsjællandske »Palæocæn-bassin« viser, at dette i begyndelsen af Weichsel er blevet genoplivet som sedimentationsområde. (En Analog forekomststype for marint Kvartær kendes fra Sønderjylland, hvor udbredelsen af marine Holstein-aflejringer ind mod Løgumkloster er styret af en strukturelt betinget depression i de Miocæne aflejringer (Andersen 1963 og Rasmussen 1966)).

Forekomster af store mægtigheder af marine interglaciale aflejringer i Vendsyssel og Kattegat peger i retning af, at området har været under indsynkning i tiden mellem de to sidste istider. Det vestsjællandske bassin (muligvis sammen med Alnarpdalen (jfr. Sorgenfrei 1945)) kan ri-

meligvis betragtes som en sydlig udløber af dette indsynkningsfelt, som da udgør rammen om en tidlig, måske den første, udgave af Kattegat.

Vendsyssel

I denne landsdel findes flere observationer udover den allerede omtalte, som indicerer, at Kvartæret har været påvirket af tektonisk aktivitet. I Klintprofilen fra Rubjerg Knude til Løkken kan der således flere steder iagttages normalforkastninger, som forsætter de glacialt dislocerede aflejringer. Jessen (1931) beskriver en sådan forkastning med en springhøjde på ca. 20 m ved Stensnæs i den sydlige side af Rubjerg Knude. Ved Nr. Lyngby findes i de nederste ferskvandslag en normalforkastning, som har mindst 3 m's springhøjde, og som kan dateres til Allerød (Bondesen & Lykke-Andersen 1978).

Området mellem Rubjerg og Løkken befinder sig indenfor et felt, hvor der ved seismiske undersøgelser er fundet indikationer på normalfor-

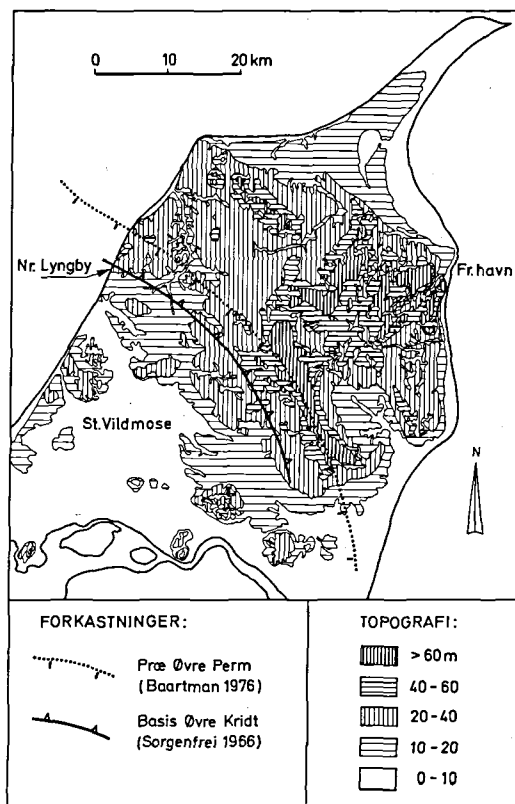


Fig. 4. Sammenhæng mellem landskab og forkastninger i præ-Kvartæret i Vendsyssel.

kastninger, som fortsætter både de dybeste dele (præ-Øvre Perm) (Baartman 1976) og de øverste dele af den præ-Kvartære sedimentserie (Basis Øvre Kridt) (Sorgenfrei 1966). Fig. 4. De ovenfor nævnte observationer synes at vise, at forkastningerne har været aktive langt op i Kvartæret. Forkastningens forløb, næsten parallelt med grænsen for de glacielle landskaber, peger i samme retning.

Yderligere kan det bemærkes, at præisions-nivellementer langs hovedvejen fra Løkken til Frederikshavn viser, at hævningshastigheden mellem Løkken og Hjørring er næsten konstant 0.35 mm pr. år, mens den mellem Sindal og Frederikshavn er 0.6–0.7 mm pr. år. Denne forskel kan være et tegn på recente spændingsdannelser, som viser hen til recent tektonisk aktivitet i undergrunden. I denne forbindelse bør det bemærkes, at maximalintensiteten for jordskælvet i 1904 iflg. Sorgenfrei (1966) falder i et nord-sydligt langstrakt område mellem Sindal og Brønderslev.

Afslutning

Af de fremførte eksempler er det tydeligt, at tektoniske kræfter har spillet og spiller en ikke uvæsentlig rolle i det Kvartærgeologiske begivenhedsforløb. Detaljerede studier af strukturelle forhold indenfor præ-Kvartære formationer, som med sikkerhed ikke er glacial-tektonisk påvirket, vil derfor uden tvivl være en vej mod en bedre forståelse af dansk Kvartærgeologi.

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

Litteratur

- Andersen, H. Lykke & Tychsen, J. 1976: Danien-Kalkens overfladepopografi i egnen og farvandet omkring Arhus. *Dansk geol. Foren., Arsskrift for 1976*, 69–73.
- Andersen, O. Bedsted, Kejlsø, E. & Remmer, O. 1974: Secular Movements Within Jutland as determined from repeated precise Levellings 1885–94 and 1943–53. *Geodætisk Instituts Skrifter* 3. Rk. Bd. XL, 70 pp.
- Andersen, S. T. 1963: Pollen Analysis of the Quaternary marine deposits at Tornskov in South Jutland. *Danm. geol. Unders. rk. 4*, bd. 4,8, 23 pp.
- Baartman, J. C. 1976: Structural Outline of Denmark (Pre-Upper Permian) *Geological Survey of Denmark*.
- Bondesen, P. & Lykke-Andersen, H. 1978: The Desman, Desmana Moschata (L.) – a new mammal in Denmark after the Ice Age. *Natura Jutlandica*, vol. 20, 25–32.
- Gorrell, H. A. & Alderman, G.R. 1968: Elk Point Group Saline Basins of Alberta, Saskatchewan, and Manitoba Canada. *The Geological Society of America Special Paper* 88, 291–317.
- Horsfield, W. T. 1977: An experimental Approach to Basement-Controlled faulting. *Geologie en Mijnbouw*, vol. 56 (4), 363–370.
- Jessen, A. 1931: Lønstrup Klint. *Danm. geol. Unders. rk. 2*, 49, 142 pp.
- Johannsen, A. 1971: Salinar tektonische Einflüsse auf Ausbildung und Verbreitung tertiärer und quartärer Sedimente in Ost-Holstein. *Meyniana* 21, 33–39.
- Kronborg, C., Bender, H. & Larsen, G. 1978: Tektonik som en mulig medvirkende årsag til daldannelsen i Midtjylland. *Danm. geol. Unders., Arbog for 1977*.
- Larsen, B. 1977: Danmarks geologiske forudsætninger for lagring af energi som varmt vand i undergrunden. I: Energidagen 1976. *Laboratoriet for Energiteknik, DTH, RE77–3*.
- Madirazza, I. 1968: Mønsted and Sevel salt domes, north Jutland, and their influence on the Quaternary morphology. *Geologische Rundschau* Band 57, 3, 1034–1066.
- Madsen, V. 1938: Meddelelse om de for Staten i 1937 udførte Tyngdemålinger i Sønderjylland. *Meddr. dansk geol. Foren.* 9, 371–380.
- Mertz, E. L. 1924: Oversigt over de sen- og postglacielle Niveauforandringer i Danmark. *Danm. geol. Unders. rk. 2*, 41, 49 pp.
- Rasmussen, L. B. 1966: Biostratigraphical Studies on the marine younger Miocene of Denmark. *Danm. geol. Unders. rk. 2*, 88, 358 pp.
- Sorgenfrei, T. 1945: Træk af Alnarp Dalens geologiske opbygning. *Meddr. dansk geol. Foren.* 10, 617–630.
- Sorgenfrei, T. 1966: Strukturgeologischer Bau von Dänemark. *Geologie* 15, heft 6, 641–660.
- Ødum, H. 1933: Marint Interglacial på Sjælland, Hven, Møn & Rügen. *Danm. geol. Unders. rk. 4*, bd. 2,10, 44 pp.