

Strukturel analyse af Kattegat områdets præ-Kænozoiske aflejringer

TOMMY E. MOGENSEN



Mogensen, T. E.: Strukturel analyse af Kattegat områdets præ-Kænozoiske aflejringer. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1990-91*, side 129-134, København, 18. november 1992.

The interpretation of newly released commercial 2D reflection seismic data in the Kattegat area, Denmark, has provided us with a better understanding of the Early Palaeozoic to Late Cretaceous tectonic processes along the Tornquist strike-slip fault zone. A Base Palaeozoic time structure map and a Late Palaeozoic synrift isopach map clearly shows the Late Palaeozoic extension. The isopach map, in combination with the time equivalent opening of the Skagerrak graben at a right angle to the Tornquist zone in the Kattegat indicates that this extension tectonic event had a dextral slip component. Extensional tectonic episodes prevailed during the Mesozoic, also with a possible strike-slip component. The Triassic subsidence is a regional subsidence, while the Jurassic – Early Cretaceous subsidence is primarily restricted to the area between the two main faults in the Tornquist zone. Late Cretaceous – Early Tertiary compressional tectonics caused inversion of the zone between the main faults. This tectonic phase did also have a dextral slip component, which is indicated by the “push up” and “pull down” structures, that was formed along major lateral curvatures of the fault plane.

Tommy Egebjerg Mogensen, *Geologisk Institut, Aarhus Universitet, DK-8000 Aarhus C*. 13. december 1991.

Introduktion

Kattegat er blevet undersøgt ved hjælp af adskillige kommercielle reflektionsseismiske undersøgelser siden midten af tresserne, hvilket har resulteret i en række artikler om strukturerne af den Fennoskandiske Rand Zone (Baartman og Christensen, 1975) og Tornquist Zonen (Pegrum, 1984; Symposium on Tornquist Zone geology, 1984; Liboriussen et al., 1987; Ziegler, 1987; Aubert, 1988; Michelsen and Nielsen, 1991), og hvor Pegrum (1984) og Liboriussen et al. (1987) postulerede store strike-slip bevægelser langs Tornquist Zonen i Phanerozoikum.

Børglum forkastningen og Grenå-Helsingborg forkastningen er de to hovedforkastninger i Kattegat området, som krydser hele området kontinuerligt fra Sverige til Nordjylland (Fig. 1).

Denne artikel er baseret på seismiske undersøgelser foretaget i forbindelse med fornyet interesse for indhold af hydrokarbon i området i midten af firserne, hvilket også resulterede i de første dybe borer i den centrale del af Kattegat, Hans-1 og Terne-1 (Fig. 1).

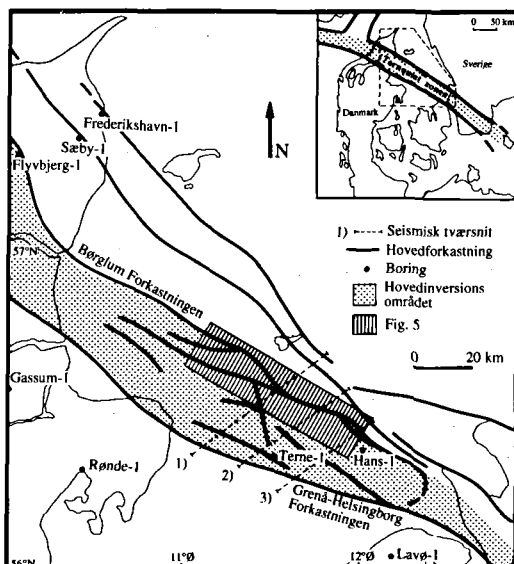


Fig. 1. Kattegat området og Tornquist Zonen med de to hovedforkastninger, Børglum Forkastningen og Grenå - Helsingborg Forkastningen. Det skraverede område er området vist i Fig. 5. De tolkede seismiske linjer i Fig. 2 er anført.

The Kattegat area and the Tornquist Zone with the two main faults, the Børglum Fault and the Grenå - Helsingborg Fault. The hatched area is shown in detail in Fig. 5. The interpreted seismic sections in Fig. 2 is indicated.

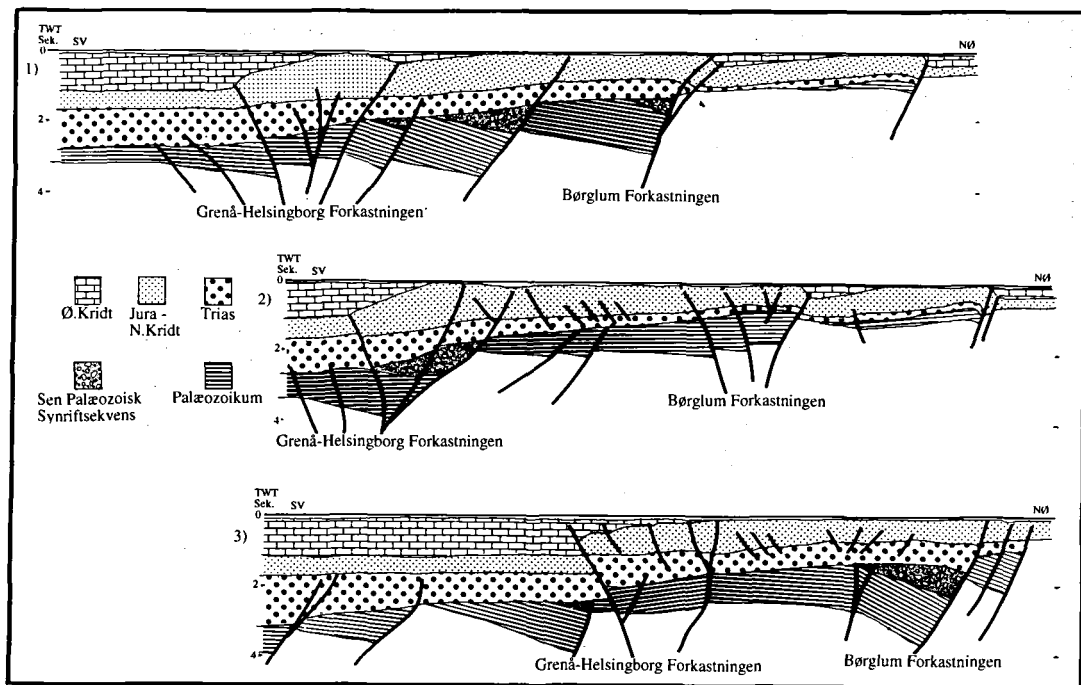


Fig. 2. Tolkede seismiske linier over Tornquist Zonen.

Interpreted seismic sections across the Tornquist Zone.

Den strukturelle udvikling fra Tidlig Palæozoikum til Sen Kridt – Tidlig Tertiær

Ud fra seismiske data og boredata kan to tektoniske hovedbegivenheder umiddelbart erkendes: En Sen Karbon – Tidlig Perm ekstensionsbegivenhed samt en Sen Kridt – Tidlig Tertiær inversionsbegivenhed, (Fig. 2). I mellem disse tektoniske hovedfaser var der mindre ekstensions-tektoniske begivenheder i Trias og Jura/Nedre Kridt. Ud fra det foreliggende datamateriale kan forkastningstektoniske begivenheder tidligere end Sen Palæozoikum ikke erkendes i Kattegat området. Den tykke Øvre Silure skifersekvens i området blev sandsynligvis aflejret i et marginalt forlands-bassin til den nordtyske Kaledonske deformationsfront (EUGENO-S Working Group, 1988).

Det Sen Palæozoiske riftmønster ses af synriftsediment isopakkortet (Fig. 3). Riftsekvenserne imellem Børglum Forkastningen og Grenå-Helsingborg Forkastningen ligger primært langs forkastninger, der er nord-syd orienteret, dette sammen med nordvest-sydøst orienterede riftse-

kvenser langs hovedforkastningerne viser, at tensionsretningen under rifteperioden må være i området fra øst-vest til nordøst-sydvest. Dette, sammenholdt med forkastningsmønstret imellem Børglum – og Grenå-Helsingborg Forkastning på Basis Palæozoikum niveau (Fig. 4) samt med den samtidige ekstension i den NØ-SV orienterede Skagerrak Graben (Ro et al. 1990) (retvinklede til Tornquist zonen, Fig. 1), viser, at tensionsretningen må være mere øst-vest end nordøst-sydvest, hvilket igen medfører, at forkastningsbevægelserne langs hovedforkastningerne må have haft en dekstral komponent.

I Perm er forkastningernes liggende blokke blevet dybt nederoderede, og ved begyndelsen af Trias er området et peneplan. Den Triassiske regionale indsynkning medfører seismisk pålap, og de yngste Trias sedimenter findes i øst overlejrende det skandinaviske grundfjeld. Enkelte strejltstående Triassiske forkastninger kan indicere sideværtsbevægelser i Trias.

Jura – Nedre Kridt sekvensen har depocenter imellem hovedforkastningerne i Kattegat (Fig. 2). At ekstensionen i Sen Jura – Tidlig Kridt primært er begrænset til området imellem hovedforkastningerne kunne indicere, at ekstensionen i

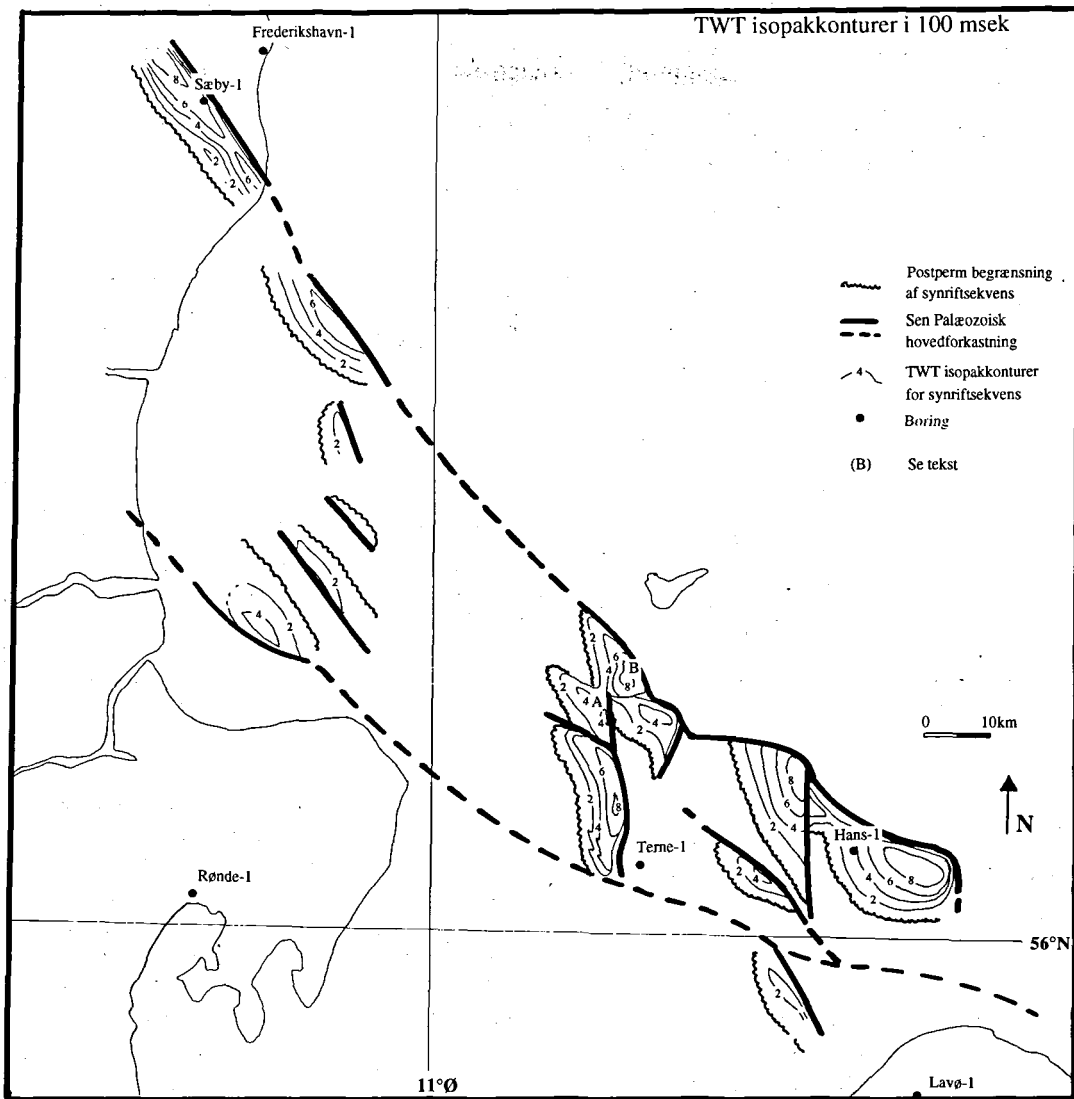


Fig. 3. Senpalæozoisk syrift tovejstids isopakkort. A og B henføres til tekst.

Late Paleozoic synrift TWT isopach map. The depocenters A and B might have been separated by 7 km's of dextral strike-slip.

denne periode skyldes en kombination af ekstension og transtension. Isopakkort, der er under udarbejdning, vil formodentlig kunne give et bud på både eksistensen og størrelsen af en Sen Jura – Tidlig Kridt transtension.

Et udsnit af Børglum forkastningen i den centrale del af Kattegat ses på Fig. 5 på et Basis Trias tids struktur kort. Basis Trias overfladen er som tidligere nævnt en hovedinkonformitet i området, hvorfor alle tektoniske begivenheder yngre end

Perm vil være afspejlet i denne overflades nuværende udseende. Dekstrale bevægelser langs Børglum Forkastningen samtidig med Sen Kridt – Tidlig Tertiær inversionen ses tydeligt i Basis Trias overfladen. Både »indsynkninger« (»pull down«) samt »opbulinger« (»push up«, der er resultater af sideværts forkastningsaktivitet (Sylvester, 1988; Harding, 1990), ses langs krumninger af Børglum Forkastningens plan (A og B i Fig. 5).

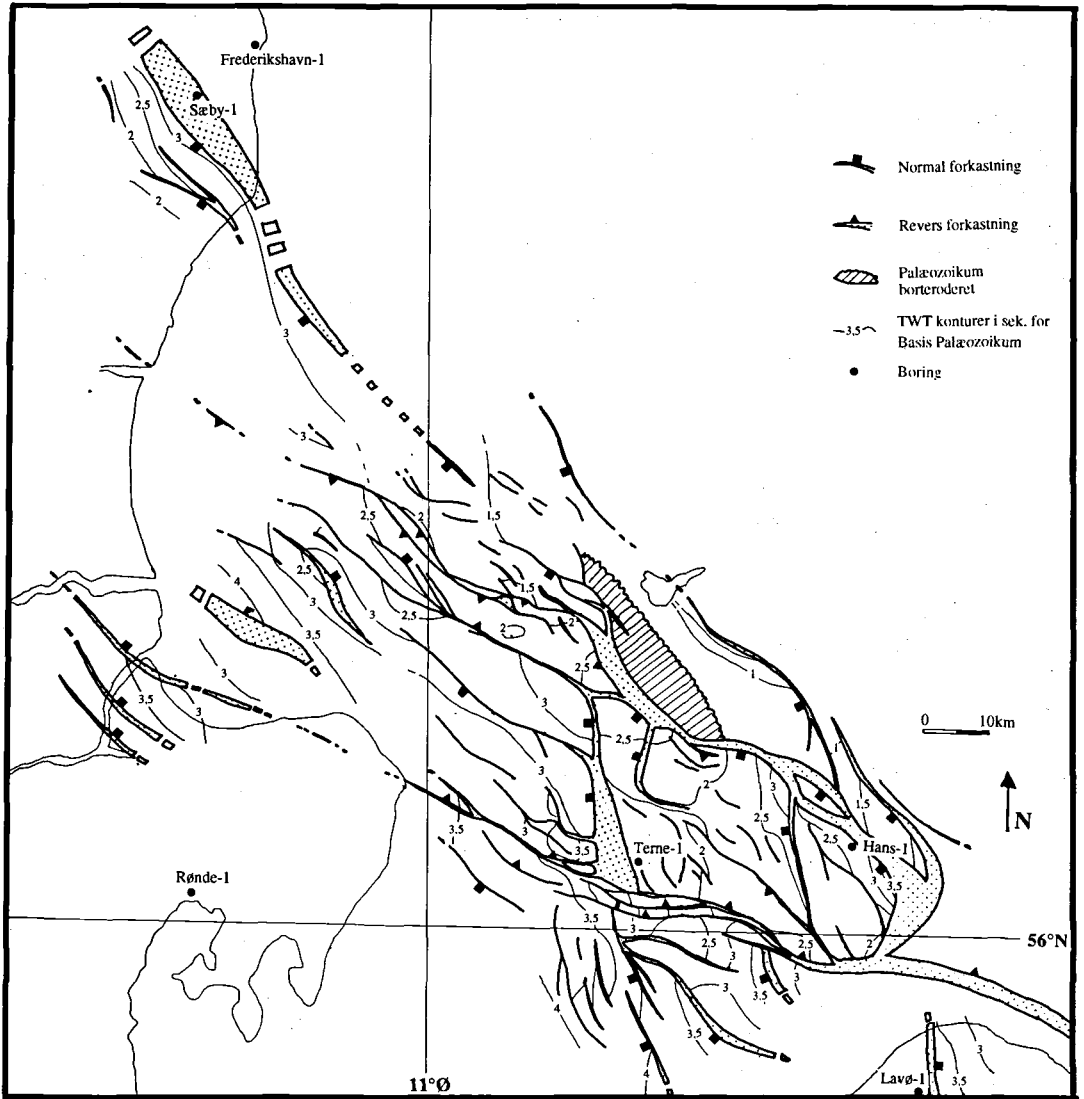


Fig. 4. Struktur kort i tovejstid for Basis Palæozoikum.

Base Paleozoic TWT structure map.

Den laterale bevægelse samtidig med inversionen er næppe mere end nogle få kilometer langs Børglum Forkastningen. En mulig lateral forskydning af Sen Palæozoiske rift sekvenser, mellem A og B på Fig. 3, giver en dekstral bevægelse på ca. 7 km. Denne forskydning kan kun tidsfæstes til post Sen Palæozoisk rifting, så forskydningen kan være en summing af samtlige sideværts episoder i tidsrummet Mesozoikum – Kænozoikum. Den Sen Kridt – Tidlig Tertiære laterale forskydning er derfor sandsynligvis mindre. Dersom sideværtsbevægelsen i Trias, Jura – Tidlig Kridt har været sinistrale, kan den laterale

komponent samtidig med inversionen dog have været større end 7 km.

Indikationer på Sen Karbon – Tidlig Perm dekstrale bevægelser på flere hundrede kilometer, som Pegrum (1984) og Liboriussen et al. (1987) postulerede, er ikke blevet observeret på de seismiske data, selvom større laterale bevægelser kan have fundet sted langs Grenå – Helsingborg Forkastningen, hvor den seismiske opløsning i den Palæozoiske sekvens er dårlig. At stort set identiske Tidlig Palæozoiske planparallele sekvenser findes på begge sider af Grenå – Helsingborg Forkastningen tyder dog på, at der

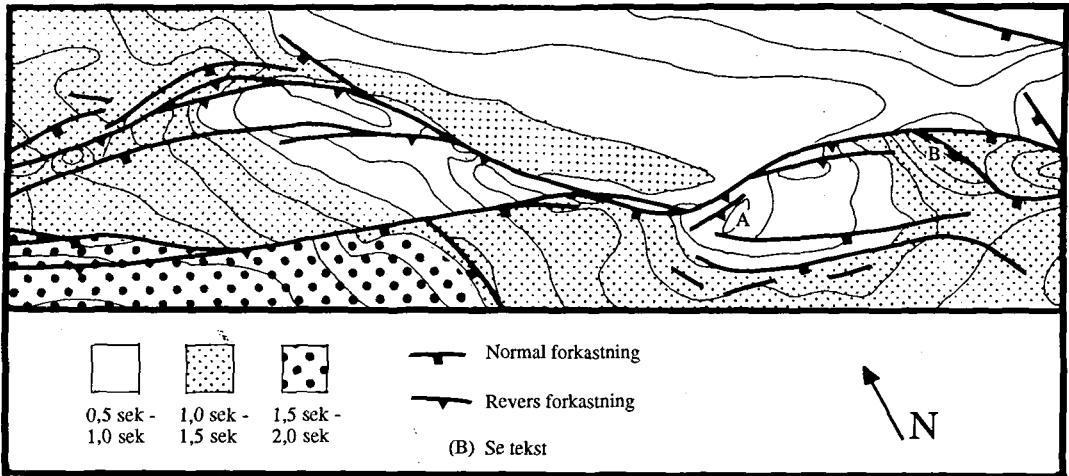


Fig. 5. Basis Trias struktur kort i tovejstid. A = »Indsynkningsbøj«, B = »Opbulingsbøj«.

Base Trias TWT structure map. A is a "pull down" and B is "push up" structure.

ikke har været Sen Palæozoiske laterale bevægelser i størrelsen flere hundrede kilometer.

Tertiære sedimenter er ikke blevet observeret i Tornquist Zonen i Kattegat, hvilket muligvis skyldes den Neogene regionale hævnning og erosion (Jensen og Michelsen, 1992; Japsen, 1992).

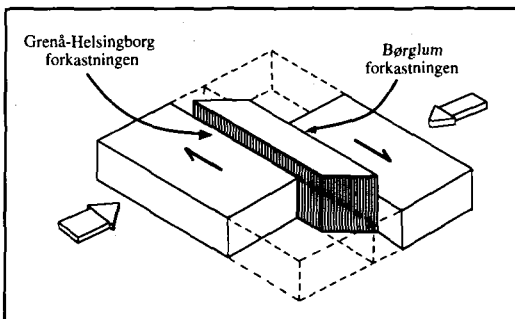


Fig. 6. Tornquist Zonen som en »bufferzone« imellem skorpeblokke, der reagerer på ændringer i det regionale stressfelt.

The Tornquist Zone acting as a "bufferzone" between large crustal blocks, whenever changes in the stress field is induced.

Konklusion

Der er ikke umiddelbart fundet evidenser for store laterale bevægelser langs Tornquist Zonen i Kattegat i Phanerozoikum, men zonen har været tektonisk aktiv i flere perioder siden Tidlig Pa-

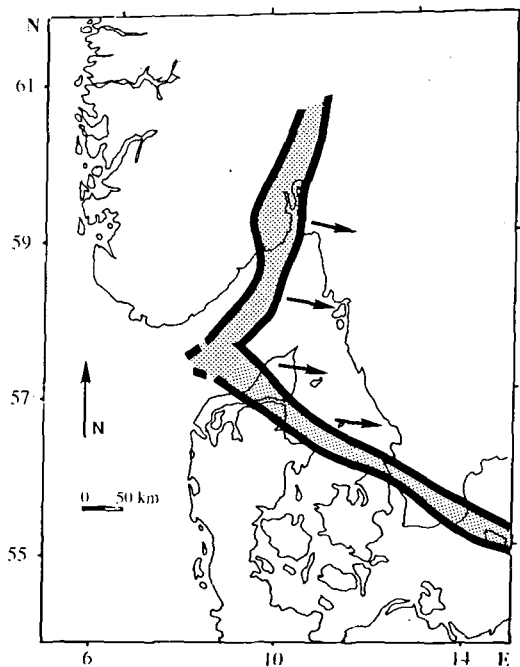


Fig. 7. Det Sen Karbon - Tidlige Permiske Oslo - Skagerrak - Kattegat riftsystem. Pile indicerer en mulig bevægelsesretning af blokken øst for riftsystemet. Denne hypotetiske retning giver den viste dextrale åbning af Kattegat riften og en sinistral åbning af Skagerrak delen af Skagerrak - Oslo riften.

The Late Carboniferous - Early Permian Oslo - Skagerrak - Kattegat riftsystem. Arrows indicates one possible orientation of the movement of the crustal block to the east of the riftsystem. This hypothetical direction gives the shown dextral movement in the Kattegat rift and a sinistral opening of the Skagerrak part of the Skagerrak - Oslo rift.

læozoiom. Den tektoniske aktivitet hænger sammen med overordnede regionale tektoniske bevægelser, hvilket tyder på, at Tornquist Zonen i Kattegat må være en relativ mobil blokgrænse, et skorpelineament der reagerer på ændringer af det overordnede stressfelt. Denne »bufferzone« vil reagere på kompression ved at invertere (Fig. 6), og på ekstension ved lokal indsynkning imellem hovedforkastningerne.

Den dekstrale bevægelse i forbindelse med den Sen Palæozoiske rifting viser, at skorpeblokken øst for Tornquist Zonen kan have haft en bevægelse i forhold til Zonen, som vist på Fig. 7. Denne bevægelse, indiceret ved pile, vil have medført sinistral åbning af Skagerrak riften.

Litteratur

- Auber, K., 1988: *Strukturell og stratigrafisk udvikling i Kattegat*. Cand. Scient. Thesis. Institutt for Geologi, Universitetet i Oslo. 126 pp.
- Baartman, J. C. and Christensen, O. B., 1975: Contributions to the interpretation of the Fennoscandian Border Zone. *Danm. geol. Unders.* II. Række. København 102, pp. 1-47.
- EUGENO-S Working Group, 1988: Crustal structure and tectonic evolution of the transition between the Baltic Shield and the North German Caledonides (EUGENO-S Project). *Tectonophysics* 150, pp. 253-348.
- Harding, T. P., 1990: Identification of wrench faults using subsurface structural data: criteria and pitfalls. *AAPG. Bulletin* 74 (10), pp. 1590-1609.
- Japsen, P., 1991: Kvantitativ analyse af landhævningerne i Sen Kridt og Tertiær i det nordlige Danmark. Abstract. Marin-geologisk møde vedrørende »De indre danske farvandes geologi« Abstracts. Geol. Inst., Århus Uni., 3.-4. okt. 1991 pp. 24.
- Jensen, L. N. og Michelsen, O., 1992: Tertiær opløft og erosion i Skagerrak, Nordjylland og Kattegat. *Dansk geol. Foren. Årsskrift 1990-1991*, pp. 159-168.
- Liboriussen, J., Ashton, P. and Tygesen, T., 1987: The Tectonic evolution of the Fennoscandian Border Zone in Denmark. in: P. A. Ziegler (ed.) *Compressional Intra-Plate Deformation in the Alpine Foreland*. *Tectonophysics* 137, pp. 21-29.
- Michelsen, O. and Nielsen, L. H., 1991: Well records on the Phanerozoic stratigraphy in the Fennoscandian Border Zone, Denmark. Hans-1, Sæby-1, and Terne-1. *Danm. geol. Unders.*, serie A, 29 (in press).
- Pegrum, R. M., 1984: The Extension of the Tornquist Zone in the Norwegian North Sea. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 64, pp. 39-68.
- Ro, H. E., Stuevold, L. M., Faleide, J. I. and Myhre, A. M., 1990: Skagerrak Graben - The offshore continuation of the Oslo Graben. in: E.-R. Neumann (Ed.) *Rift Zones in the Continental Crust of Europe - Geophysical, Geological and Geochemical Evidence: Oslo-Horn Graben*. *Tectonophysics* 178 pp. 1-10.
- Ro, H. E., Larsson, F. R., Kinck, J. J. and Husebye, E. S., 1990: The Oslo Rift - its evolution on the basis of geological and geophysical observations. in: E.-R. Neumann (Ed.) *Rift Zones in the Continental Crust of Europe - Geophysical, Geological and Geochemical Evidence: Oslo-Horn Graben*. *Tectonophysics* 178 pp. 11-28.
- Symposium on Tornquist Zone geology: summaries of talks. 1984: *Geol. Fören. Stockh. Förh.*, vol. 106, pp. 379-397.
- Sylvester, A. G., 1988: Strike-slip faults. *Bull. Geol. Soc. Am.* 100, pp. 1666-1703.
- Ziegler, P. A., 1987: Late Cretaceous and Cenozoic intra-plate compressional deformations in the Alpine foreland - a geodynamical model. in: P. A. Ziegler (ed.) *Compressional Intra-Plate Deformation in the Alpine Foreland*. *Tectonophysics* 137, pp. 389-420.