

Tektonik som en mulig medvirkende årsag til daldannelsen i Midtjylland

Christian Kronborg, Henry Bender og Gunnar Larsen

Kronborg, Christian, Bender, Henry and Larsen, Gunnar: Tektonik som en mulig medvirkende årsag til daldannelser i Midtjylland. *Danm. Geol. Unders., Årbog 1977*, pp. 63–76, København, 23. oktober 1978.

Geomorphological studies in Central Jutland have lead to considerations as to the development of the extensive valley systems (Tunnel valleys). A possible explanation of their development might include tectonic displacements in the substrata. Results of the study of morphology, lithology and chemistry of the ground water are discussed to illuminate this possibility. Furthermore several scale model experiments have been carried out and compared with the actual terrain morphology. The age of this displacements is discussed and it is proposed that they occurred as late as after the Saalian glaciation.

Christian Kronborg, Henry Bender, Gunnar Larsen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, DK-8000 Aarhus C, Denmark.

En landskabsgeologisk bedømmelse af »Det midtjyske søhøjland« og af egnen omkring »Gudenåens kilder« er iværksat efter anmodning fra Fredningsplanudvalgene for henholdsvis Aarhus amt og Vejle amt og med økonomisk støtte fra Naturfredningsrådet. Denne egn er behandlet i nogle af dansk kvartærgeologiske klassiske arbejder fra århundredets begyndelse (Ussing 1903, 1907; Harder 1908). Også kortbladet Brande (Milthers 1939) må nævnes som et væsentligt bidrag. I de seneste år er flere resultater af igangværende kvartærgeologiske undersøgelser lagt frem, bl.a. Hansen (1958, 1975, 1977).

Det foreliggende arbejde slutter sig til denne række af nye undersøgelser. Der fremlægges her betragtninger over oprindelsen af de for egnen så karakteristiske dalsystemer. En del af disse er ifølge den traditionelle opfattelse »tunneldale« (Ussing 1907; Milthers 1948), d.v.s. dale udformet ved erosion af smeltevand i bunden af tunneler i isdækket under sidste nedisning. I nyere tid har Hansen (1971 b) draget denne forklaring i tvivl, bl.a. med henvisning til nogle af dalenes overordentlig store bredde. I fortsættelse heraf har Berthelsen (1972) og Andersen (1972) fremlagt alternative forklaringer på daldannelsen. Med dette indlæg bringes en hidtil mindre påagtet mulighed ind i diskussionen, nemlig den, at tektoniske bevægelser kan have været en medvirkende årsag til daldannelsen.

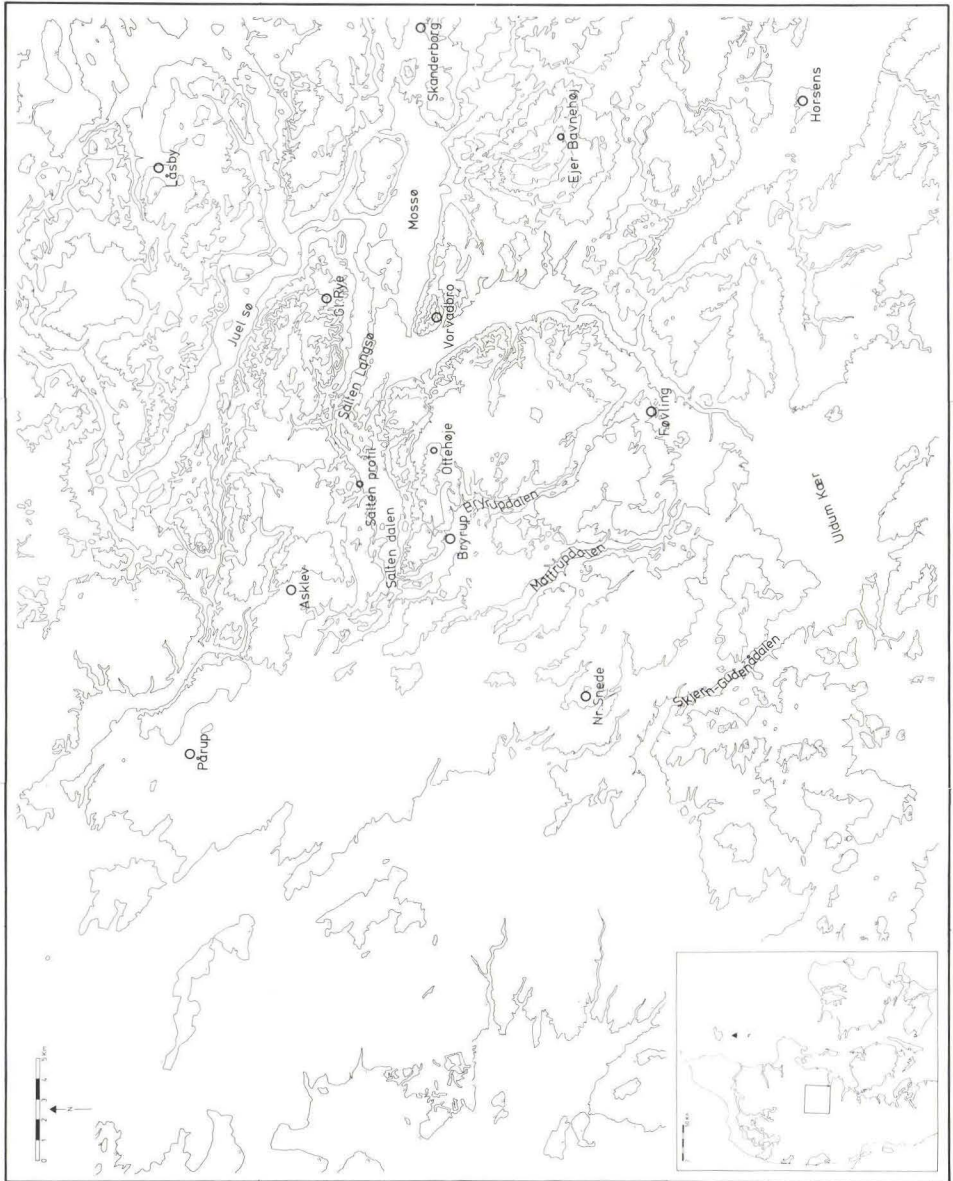


Fig. 1. Lokaltetskort. Højdeforskellen mellem kurverne er 25 m.

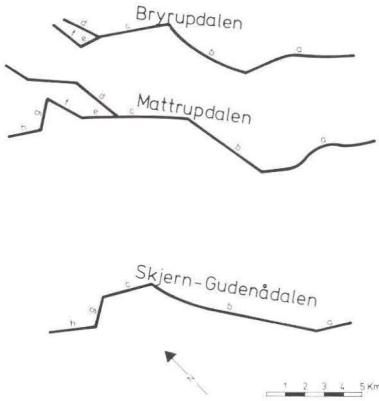


Fig. 2. Let skematiseret gengivelse af Bryrupdalen, Mattrupdalen og Skjern-Gudenådalen. De dalafsnit, der regnes for parallelle, er markeret med samme bogstav.

Den tanke, at tektonik har været med til at præge landskabsudformningen i Danmark, er dog ikke af helt ny dato. Allerede tidligt i dette århundrede har Milthers (1916) foreslået en tektonisk oprindelse af de jyske »spalเต็ดale«, en opfattelse der dog ikke siden har vundet tilslutning (Hansen 1971 a). Det skal også nævnes, at erkendelsen af forekomster af salthorste i undergrunden har ført til påvisningen af salttektonisk indflydelse på detaljer i landskabsudformningen (Madirazza 1968, 1977). Senest har Larsen et al. (1977) peget på det sandsynlige i, at der er en tektonisk eller salttektonisk baggrund for udviklingen af den dalsænkning, hvori Randers fjord er lokaliseret.

Morfologiske træk

Det område, denne redegørelse omhandler, er vist på kortet fig. 1. Det er fundet bemærkelsesværdigt, at der mellem Saltendalen i nord og Uldum kær i syd findes tre dalsystemer med en udpræget indbyrdes parallelitet. Dalene er fra nord mod syd: Bryrupdalen, Mattrupdalen og Skjernå-Gudenådalen. I let skematiseret form er disse gengivet i fig. 2, hvor det med bogstaver er anført, hvilke dalafsnit der regnes for indbyrdes parallelle. Det fremgår, at afsnittene a, b og c findes i alle tre dale, medens d, e, f, g og h findes i Mattrupdalen samt i en af de to andre dale. En så iøjnefaldende indbyrdes parallelitet kan næppe forklares tilfredsstillende ved hjælp af glacialgeologiske processer, idet det findes lidet sandsynligt, at gletscher- eller smeltevandsbevægelser skulle have ændret sig så systematisk over så stort et område.

Der findes også andre morfologiske træk, som ikke umiddelbart lader sig forklare glacialgeologisk. En række næsten retlinede strukturer, som i fig. 3 er betegnet sprækker og brud, skærer landskabet i retningen NNØ-SSV. De fremtræder navnlig tydeligt på reliefkortet fremstillet af Meesenburg (1967)

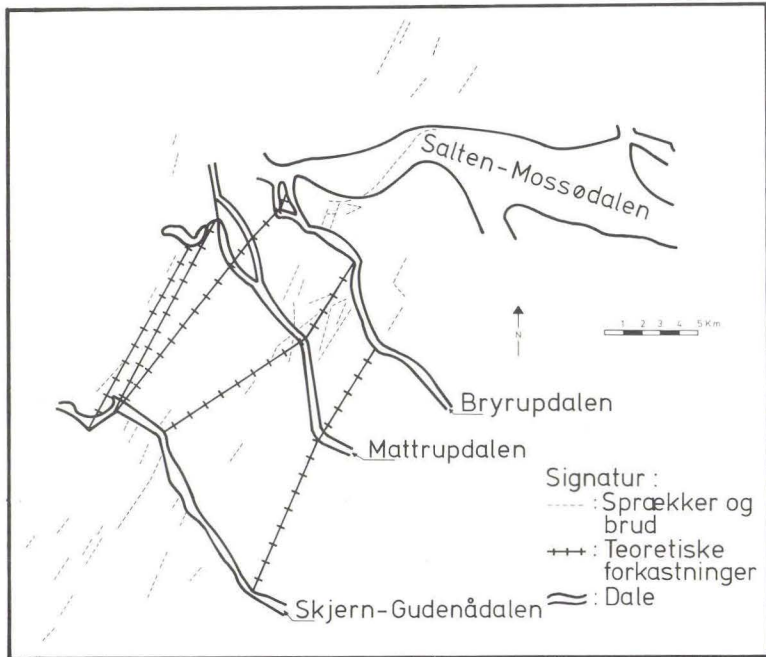


Fig. 3. Kort visende retlinede strukturer betegnet som sprækker og brud, samt forløbet af teoretiske forkastninger.

(fig. 4). De viser sig bl.a. ved, at mange bakker er afgrænset med en markant retlinet skrænt. Skrænterne kan naturligvis være dannet ved smeltevandserosion, men da de også findes på læsiden af smeltevandets bevægelsesretning, kan erosion næppe være hele forklaringen. En anden mulighed er, at de er opstået ved erosion i randparallelle sprækker i isdækket. Den udpræget retlinede form over så lange strækninger er dog usædvanlig for sådanne sprækker, og de følger da heller ikke nogen kendt israndslinie.

De nævnte morfologiske træk lader sig altså ikke tvangsfrit forklare ved glacialgeologiske processer. Derimod synes de at kunne indpasses i en dannelsesmodel, der indebærer tektoniske forskydninger. Man kan forestille sig, at dalenes udseende er fremkommet ved sideværts forskydninger af tre oprindeligt næsten relinede dale. Fig. 5 viser en mulig udvikling af et sådant forkastningssystem. Det skal bemærkes, at samtlige forkastninger kan skabes ved én bevægelse.

En forkastning må rimeligvis slutte et sted, og på dette sted kan man forvente en åbning i landskabet. Åbningen må være lige så stor eller større end forskydningslængden. For de tre dalsystemer er forskydningslængden godt 3000 meter. Nord for de parallelle dale ligger to store dale med søerne



Fig. 4. Reliefkort (Meesenburg 1967).

Salten langsø og Mossø samt Juelsø. Den samlede bredde af disse dale er ca. 5500 meter. Disse dale kan derfor udgøre den forventede åbning i landskabet.

Modelforsøg

For at efterprøve rimeligheden af ovennævnte hypotese er der udført en række modelforsøg. Hertil er benyttet en lav kasse med bundareal ca. 70×70 cm. I den ene halvdel af kassens bund var anbragt en forskydelig plade. Plade og bund blev dækket af et ca. 5 cm tykt lag vådt støbesand. Over sandet anbragtes et håndklæde, hvorefter det hele blev tildækket af ca. 10 cm vådt støbesand. Sandet blev jævnet, og tre streger, symboliserende Bryrupdalen, Mattrupdalen og Skjernå-Gudenådalene, blev tegnet vinkelret på pladens bevægelsesretning. Forsøget blev udført ved et jævnt træk i den forskydelige plade. Godt 20 forsøg udførtes.

I fig. 6 er et forsøgsforløb vist. Af praktiske grunde refereres der i den følgende beskrivelse til at nord er op efter på fig. 6. Det fremgår, at der langs bagkanten af den forskydelige plade opstod 2 smalle sprækker (billede 1), en nordlig svagt buet sprække med den konkave side vendende mod syd, samt syd herfor en mere retlinet øst-vestgående sprække. Ved fortsat træk i den

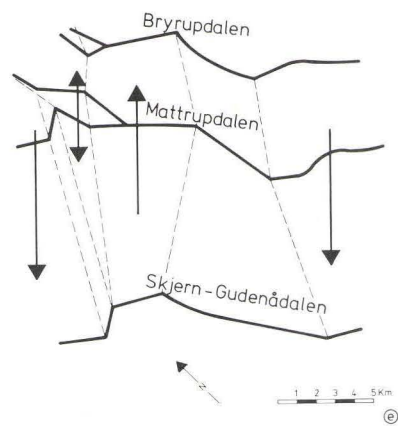
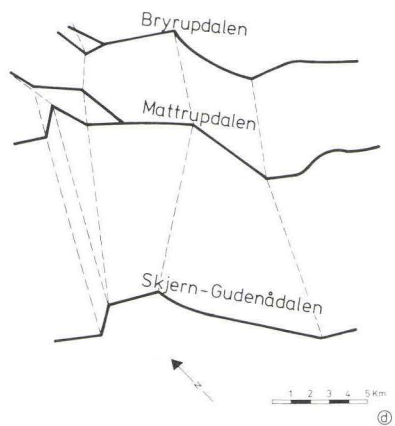
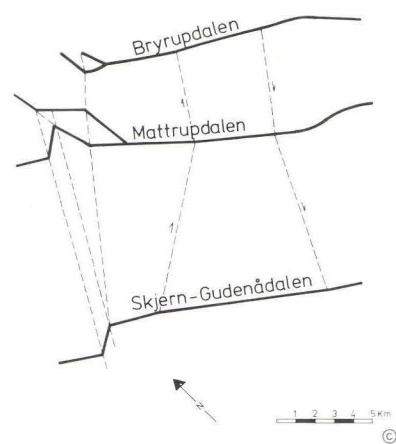
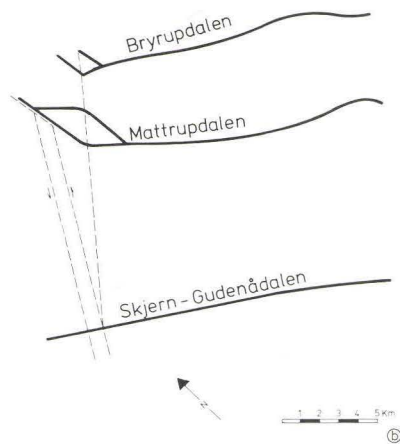
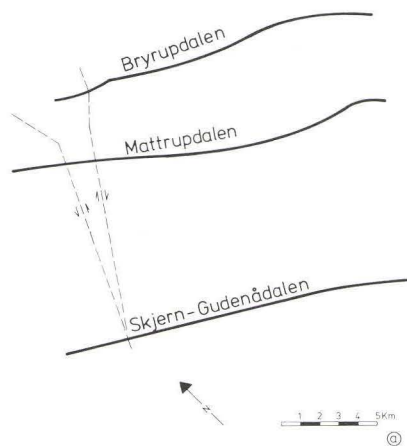


Fig. 5 (a-d). Udviklingsforløbet ved sideværforskydninger af tre oprindeligt næsten retlinede dale. (e) Relative bevægelser ved forskydningerne.

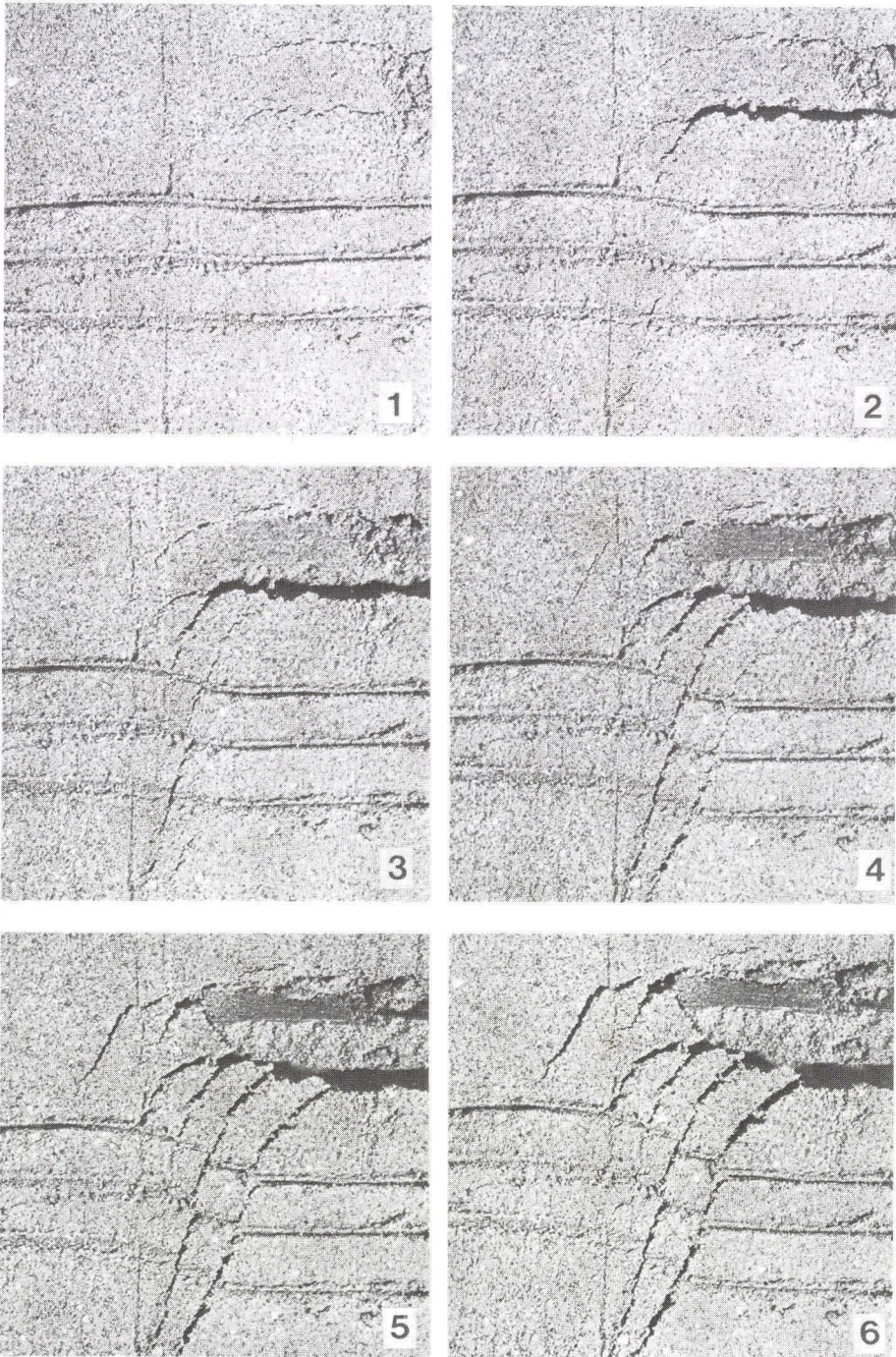


Fig. 6. Udviklingsforløb ved et modelforsøg.

forskydelige plade åbnede sprækkerne sig yderligere, samtidig med at der ved vestenden af den øst-vestgående sprække dannedes en SSV gående sprække med en vinkel på 113° i forhold til øst-vest sprækken (billede 2). Endvidere opstod 2–4 sprækker over vestsiden af den forskydelige plade også med en vinkel på 113° i forhold til øst-vest sprækken. Disse sidste sprækker udviklede sig kraftigt under forsøgets videre forløb, og de havde til sidst en sådan længde, at de strakte sig fra den øst-vestgående sprække hen over den forskydelige plades vestkant til forsøgskassens sydende (billede 3 + 4). Imellem de to sprækker ved bagkanten af pladen var sandet nu skredet sammen med en bred åbning mellem sprækkerne som resultat, og de 3 dale var nu forskudt tydeligt fra deres udgangsposition. Ved forsøgets slutning udvikledes der ved vestenden af den brede åbning flere små sprækker parallelt med 113° sprækkerne (billede 5 + 6). I nogle tilfælde opstod der på dette tidspunkt af forsøgsforløbet nogle øst-vestgående sprækker umiddelbart syd for den brede åbning ved den forskydelige plades bagkant.

Modelforsøg kontra naturen

I en grusgrav ved Voervadsbro kunne der tidligere iagttages en mere end 20 meter høj, øst-vest strygende normalforkastning, adskillende kvartære sandaflejringer på sydsiden fra tertiære sandaflejringer på nordsiden. Forkastningen kunne følges gennem hele graven på en strækning af mere end 200 meter. Retningen af forkastningen svarer til de øst-vest retninger, der i forsøget opstod ved den forskydelige plades sydlige bagkant. Vinklen mellem de på fig. 3 viste sprækker og brud er 107° i forhold til Salten-Mossødalen, det vil sige en meget lille afvigelse fra de 113° , der blev målt ved forsøgene. Der er altså meget stor lighed mellem resultaterne af forsøgene og forholdene i naturen.

Grundvandskemiske forhold

Undersøgelsesområdet ligger i den sydvestlige del af det danske zechsteinbassin. Ved forskydninger i undergrunden kan der være mulighed for opstigning af salt mineralvand i sprækkezonerne. Det er derfor nærliggende at søge opklaret, om der i foreliggende grundvandskemiske data kan findes en yderligere belysning af den ovenfor skitserede model. Med henblik herpå er der på grundlag af DGU's upublicerede basisdatakort 1:50 000 (1214 I Silkeborg, 1214 II Horsens, 1214 III Brande, 1214 III Ikast) over grundvandskemien tegnet et konturkort over kloridkoncentrationen, fig. 7. Herunder har det ikke været muligt at tage hensyn til prøvedybde, da den i mange tilfælde ikke er opgivet.

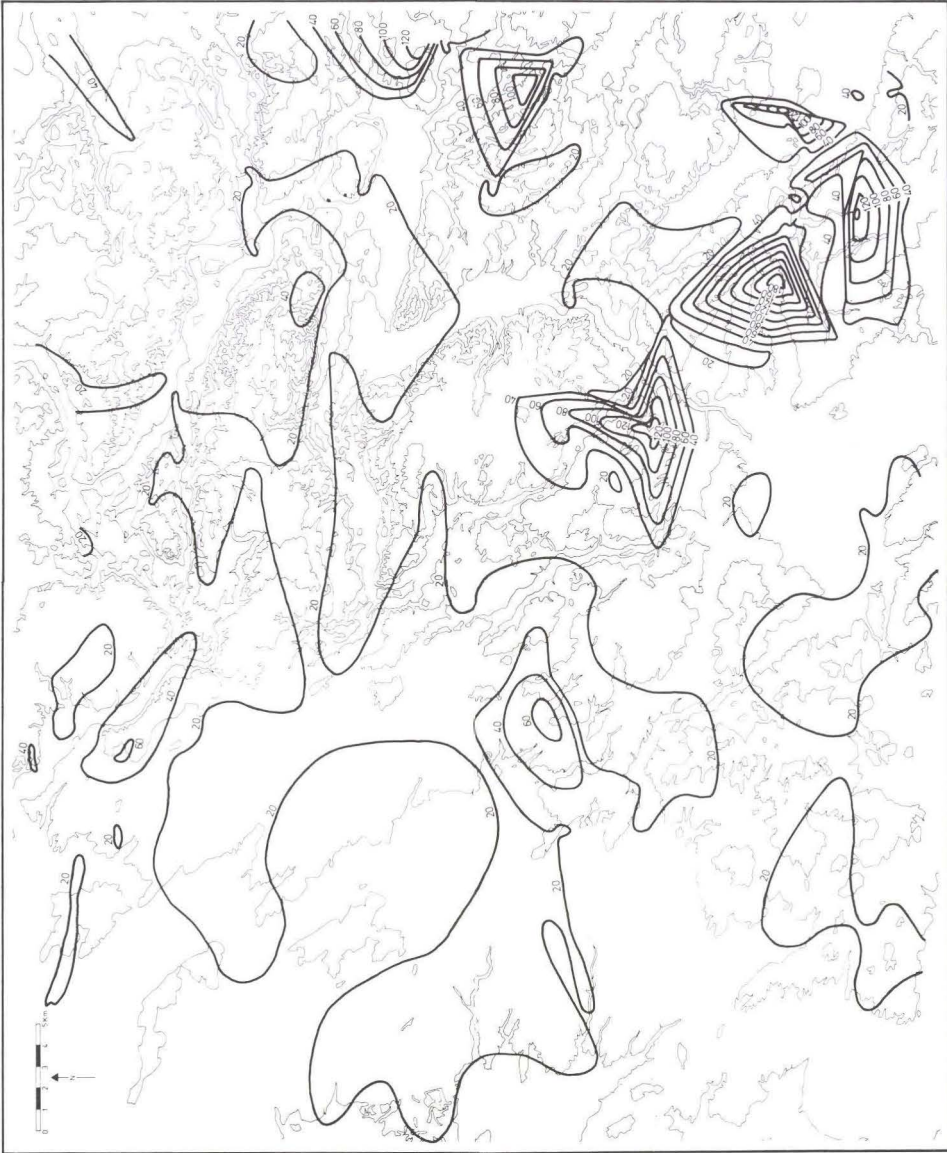


Fig. 7. Konturkort over kloridkoncentrationen. Ækvidistance 20 mg/l.

Kloridindholdet i grundvandet kan stamme fra forskellige kilder. De vigtigste er: Nedbøren, sen- og postglaciale marine aflejringer, for kraftig pumpning nær kysterne, vejsalt og dybere liggende lag. Nedbørens saltindhold falder med afstande til kysten, og da undersøgelsesområdet ligger cen-

tralt i Jylland, regnes dette tilskud for minimalt. Kilder til koncentrationer på mere end 20 mg/l må søges andre steder (A. Villumsen, personlig medd.). Der er ikke sporet forhøjede kloridkoncentrationer langs vejene, vejsalt som kilde udelukkes derfor. Salt fra sen- og postglaciale aflejringer menes kun at have haft indflydelse på grundvandskemen i et mindre område omkring Horsens. Alle andre steder skønnes afstanden til nærmeste kendte aflejring at være for stor. Fraset Horsens-området synes indpumpning af havvand også at kunne udelukkes. Den normale kloridkoncentration for området ligger på ca. 20 mg/l, men flere steder ligger værdierne dog betydeligt højere. Vest for Horsens nås således værdier på 199 mg/l, ved Føvling 134 mg/l, ved Ejer Bavnehøj massivet 120 mg/l og ved Skanderborg en værdi på 138 mg/l. Derudover findes en række steder, hvor værdierne ikke er så høje, men alligevel over områdets grundværdi på 20 mg/l. Nord for Pårup er der målt op til 63 mg/l. Ved Nr. Snede 71 mg/l, ved Gl. Rye 48 mg/l, og nord for Låsby er værdien 43 mg/l.

Forhøjelsen ved Pårup skyldes sandsynligvis, at man her er nær Pårup saltdiapiren. Værdien ved Låsby kan måske sættes i forbindelse med de forstyrrelser i undergrunden, der i forvejen er kendt (Nørlund og Brockamp 1934). Kloridindholdet vest for Horsens fjord kan ses i sammenhæng med en sænkingsstruktur under Horsens fjord (I. Krüger A/S a+b 1976). En op-pumpning af saltvand fra fjorden kan dog heller ikke udelukkes. De øvrige høje værdier kan ikke sættes i forbindelse med tidligere beskrevne fænomener i undergrunden. I de store dale ligger kloridkoncentrationen mange steder under 20 mg/l. Dette kan skyldes de store mængder ferskvand, der til stadighed gennemstrømmer dalene. En eventuel opstigning af saltvand fra undergrunden vil derfor blive stærkt opblandet med ferskvand, med en fortynding af kloridindholdet til følge.

Ved en betragtning over den geografiske fordeling af de forhøjede kloridkoncentrationer ses, at områderne fraset Låsby forhøjelsen ligger på tre næsten rette linier. En linie går i ØSØ-VNV-lig retning fra Horsens over Føvling til Nr. Snede. En anden linie løbende i NNØ-SSV-lig retning går fra Skanderborg over Ejer Bavnehøj massivet til Horsens. Den tredje linie går parallelt med den første linie fra Skanderborg over Gl. Rye til Pårup. Derudover viser kloridværdierne indenfor Føvling koncentrationen en NNØ-SSV-lig retning.

Aldersspørgsmålet

Hvis man som forfatterne mener, at de foran nævnte indikationer er stærke nok til at man kan antage tilstedeværelse af tektoniske bevægelser som medvirkende årsag til daldannelsen i Midtjylland, så må det næste spørgsmål

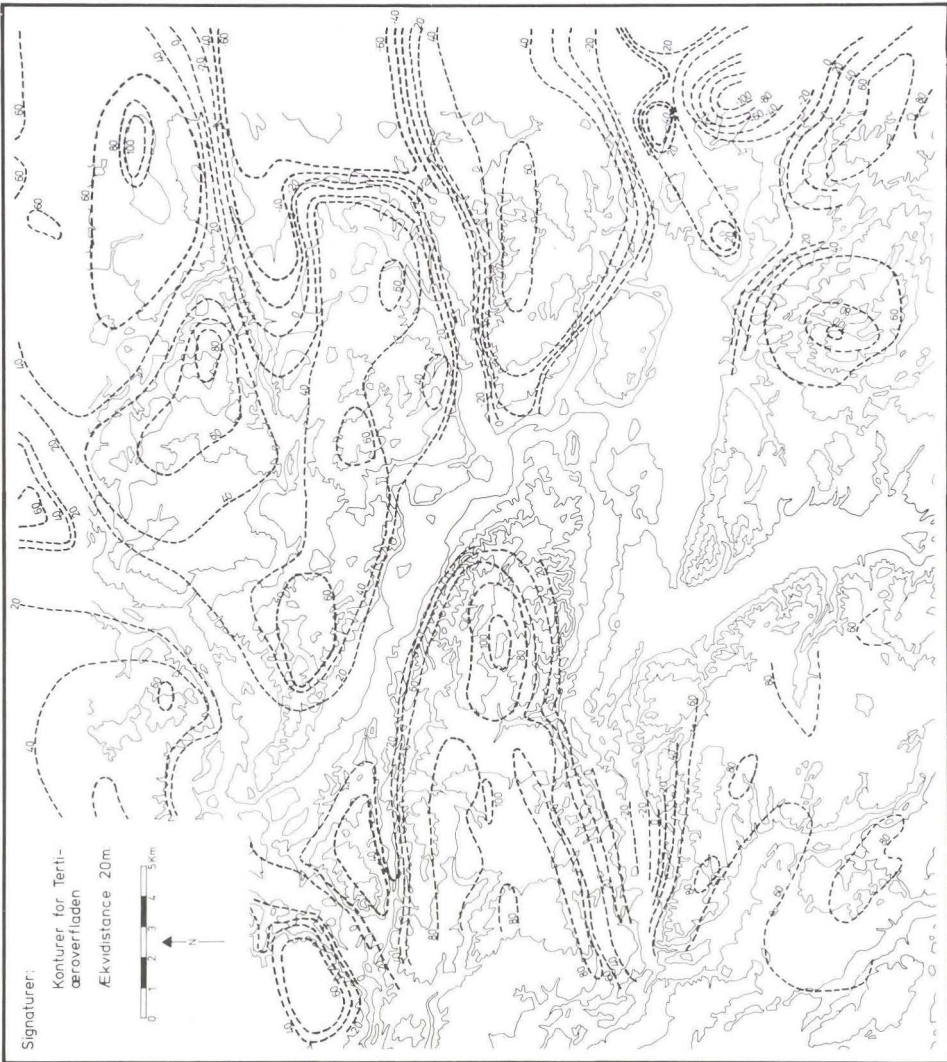


Fig. 8.

naturligt være: Hvornår kan bevægelserne være foregået? Spørgsmålet søges belyst i det følgende.

En stor del af det midtjyske landskab kan anskues som et noget uregelmæssigt, dalfuret plateau. I landskabet udenfor dalene møder man højtliggende prækvartær i form af miocænt kvartssand og glimmerler med underordnede forekomster af brunkul, medens prækvartæret i dalene ligger dybt, tildækket af tykke kvartærslag, jvf. kortet fig. 8, fremstillet af cand. scient.

Inga Sørensen, lab. for geofysik, Geologisk Institut, Aarhus, på grundlag af oplysninger fra Danmarks geologiske Undersøgelser borearkiv.

Det forhold, at dalene skærer sig ned i den miocæne undergrund, må betyde, at de er dannet efter miocæn. Enkelte observationer kan føre os endnu nærmere på en tidsfæstelse.

Ved Bryrup har Aarhus amts vejvæsen udført en række boringer i dalbunden. I en del af boringerne findes et ca. 1 m mægtigt lerlag i et niveau omkring kote + 50 m. Ved udtegnning af højdekurver for underkanten af dette lerlag får man indtryk af en meanderende rende indenfor Bryrupdalen. En prøve af lerlaget er pollenanalyseret af statsgeolog, dr. phil. Svend Th. Andersen, Danmarks geologiske Undersøgelse med følgende resultat: Indholdet af prækvartære pollen er stort (40%); det øvrige pollenindhold kan godt stamme fra holstein-interglacialtiden, men det kan også være omlejret; aflejringens alder kan ikke afgøres med sikkerhed. I en anden prøve fra samme lerlag har cand. scient. E. M. Friis, Geologisk Institut, Aarhus, fundet frø af vandbregnen *Azolla* sp.; bevaringstilstanden lader formode, at frøene er uomlejrrede. Da *Azolla* ikke kendes fra NV-Europa efter holstein (Bertelsen 1973), må lerlaget og dermed Bryrupdalen være af holstein alder eller ældre.

I en grusgrave ved Asklev N for Saltendalen er flg. lagserie iagttaget: Øverst 2 m moræne; derunder 0–2 m smeltevandssand, hvilende på morænesand med en tydelig podsoludvikling i toppen; morænesandet overlejrer en større serie af smeltevandssand. Asklev ligger på et NV-SØ orienteret bakketrøg, som kan antages oprindeligt at have været sammenhængende med det højtliggende terræn omkring Ottehøje. Bakkedragets NV-SØ orientering genfindes i mange andre bakkesystemer i Midt- og Østjylland. Vorre-Røved-Galten ryggen S for Randers er et sådant bakkedrag; alderen af dette antages at være saale (Larsen *et al.* 1977). Asklev-Ottehøje bakkedraget kan ligeledes antages at være dannet i saale. Podsoljorden i Asklev er søgt pollenanalytisk dateret, men da der kun fandtes enkelte pollenkorn, som tilmed var stærkt korroderede, lykkedes det ikke. Selvom en egentlig datering således ikke foreligger findes det ud fra lejringsforholdene rimeligt at antage, at podsolprofilen er udviklet i eem-interglacialtiden.

Asklev-Ottehøje bakkedraget gennemskæres af Salten dalen, og dalen må derfor antages at være yngre end bakkedraget, d.v.s. formentlig yngre end saale.

Af ovenstående er fremgået, at Bryrupdalen, og med denne formentlig også Matrupdalen og Skjernå-Gudenådalen, er ældre end saale, medens Salten-Mossø dalen ser ud til at være dannet efter saale. Bryrupdalen kan altså udmærket have eksisteret før Salten-Mossødalen opstod, hvilket netop forudsættes i det forklaringsforsøg, der er fremlagt i det foregående.

Såfremt tektoniske bevægelser har spillet den rolle ved daldannelsen i Midtjylland, som den fremsatte forklaring går ud på, så må disse bevægelser formentlig have gjort sig gældende i videre regional sammenhæng. Den mulighed foreligger, at Kattegats dannelse indgår som et led i det tektoniske begivenhedsforløb. I Skærumhede boringen hviler 20 m glaciale aflejringer indeholdende baltiske blokke (Jessen *et al.* 1910) på skrivekridt. De glaciale lag antages dannet i saale (Larsen *et al.* 1977). Over disse aflejringer findes en 180 m tyk lagserie fra eem og weichsel (Bahnson *et al.* 1974). At der kun findes en så relativ lille mægtighed af kvartære aflejringer ældre end eem, kan skyldes, at Nordjylland på daværende tidspunkt var højtliggende. De store mægtigheder af aflejringer fra eem og weichsel synes derimod at vise, at området nu indtog en dybereliggende position. Rimeligvis har vi i dette spor af en tektonisk indsynkning, som markerer Kattegats dannelse, en indsynkning, som tidsmæssigt udmærket kan tænkes at sammenfalde med de bevægelser, som øjensynlig har gjort sig gældende i det her behandlede midtjyske område.

Afsluttende bemærkninger

Det her fremlagte emne må nok anses for noget kontroversielt, idet der ikke er tradition for at tillægge tektoniske begivenheder væsentlig betydning i dansk kvartærgeologi. Forfatterne mener ikke, at der med denne fremlæggelse er ført endeligt bevis for, at daldannelsen i Midtjylland er foregået som her skitseret, men mener samtidig, at der er fremdraget så væsentlige indicier, at emnet fortjener en seriøs debat.

Afslutningsvis skal bemærkes, at ung tektonik øjensynlig er noget man må regne med også i denne del af verden, jvf. Lundqvist og Lagerbäck (1976) og Lagerbäck (1977) som i Sverige har påvist en 150 km lang forkastning, som har været virksom i senglacial tid. Ligeledes sandsynliggør Lagerlund (1977), at der også i Skåne er sket forskydninger i samme tidsrum.

Litteratur

- Andersen, H. L. 1972: Viborgegnens tunneldale. – Museerne i Viborg amt, 2, 10–15.
- Bahnson, H., Petersen, K. S., Konradi, P. B. og Knudsen, K. L. 1974: Stratigraphy of Quaternary deposits in the Skærumhede II boring: lithology, molluscs and foraminifera. – Danm. geol. Unders., Årbog 1973, 27–62.
- Bertelsen, F. 1973: *Azolla* species from the Pleistocene of the central North Sea area. – Grana 12 (3), pp. 131–145.
- Berthelsen, A. 1972: Flod-, fjord- og tunneldale. – Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1971, 101–104.

- Hansen, K. 1958: Landskabsudviklingen i Himmelbjergegnen. – Meddr dansk geol. Foren., 13, 542–545.
- Hansen, K. 1971 a: De miltherske spaltedale i Jylland. – Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1970, 47–73.
- Hansen, K. 1971 b: Tunnel valleys in Denmark and Northern Germany. – Bull. geol. Soc. Denmark, 20, 295–306.
- Hansen, K. 1975: The Salten Valley. – Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1974, 5–24.
- Hansen, K. 1977: Developmental history of the River Gudenå, Denmark. – Bull. geol. Soc. Denmark, 26, 237–250.
- Harder, P. 1908: En østjysk israndslinje og dens indflydelse på vandløbene. – Danm. geol. Unders., II række, 19.
- Jessen, A., Milthers, V., Nordmann, V., Hartz, N., Hesselbo, A. 1910: En boring gennem de kvartære Lag ved Skærumhede. – Danm. geol. Unders. II række, 25, 175 p.
- Krüger, J. A/S 1976 a: Vandplanlægningsafd. – Rapport over hydrologisk kortlægning af et område ved Horsens. Den vestlige $\frac{2}{3}$ af 1214 II.
- Krüger, J. A/S 1976 b: Vandplanlægningsafd.: N. Bull, R. Kallesøe, Henrik Kærgaard: Rapport over hydrologisk kortlægning af et område ved Horsens. Den østlige $\frac{1}{3}$ af 1214 II + vestlige $\frac{1}{3}$ af 1314 III.
- Larsen, G., Jørgensen, F. H., Priisholm, S. 1977: The stratigraphy, structure and origin of glacial deposits in the Randers area, eastern Jutland. – Danm. geol. Unders., række II 111, 36 p.
- Lagerbäck, R. 1977: Unga rörelser i svenska urberget. – Forskning och Framsteg 2, pp. 7–14. Solna.
- Lagerlund, E. 1977: Förutsättningar för moränstratigrafiska undersökningar på Kullen i nordvästskåne – teoriutveckling och neotektonik. – Thesis 5, Lunds Universitet.
- Lundquist, J. og Lagerbäck, R. 1976: The Pärve Fault: A late glacial fault in the Precambrian of Swedish Lapland. – Geologiska Föreningens i Stockholm Förh., 98, 45–51.
- Madirazza, I. 1968: An interpretation of the Quaternary morphology in the Paarup salt dome area. – Meddr dansk geol. Foren., 18, 241–243.
- Madirazza, I. 1977: Zechstein bassinet og saltstrukturer i Nordjylland med særligt henblik på Nøvling og Paarup. – Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976, 57–68.
- Milthers, V. 1916: Spaltedale i Jylland. – Danm. geol. Unders., række IV, 1(3), 16 P.
- Milthers, V. 1939: Beskrivelse til det geologiske Kortblad Brande. – Danm. geol. Unders., I række, 18.
- Milthers, V. 1948: Det danske Istidslandskabs Terrænformer og deres Opståen. – Danm. geol. Unders., række III, 28, 234 p.
- Nørlund, N. E. og Brockamp 1934: Deismische Feldarbeiten in Dänemark. – Institut Geodesique de Danemark. Memoires 3^e serie. Toure 2, 48 pp.
- Ussing, N. V. 1903: Om Jyllands Hedesletter og Teorien for deres Dannelse. – Oversigt kgl. danske Vidensk. Selsk. Forhandl. 2: 99–164.
- Ussing, N. V. 1907: Om Floddale og Randmoræner i Jylland. – Overs. o. Det kgl. danske Vid. Selsk. Forh. 1907, 4, 161–213.