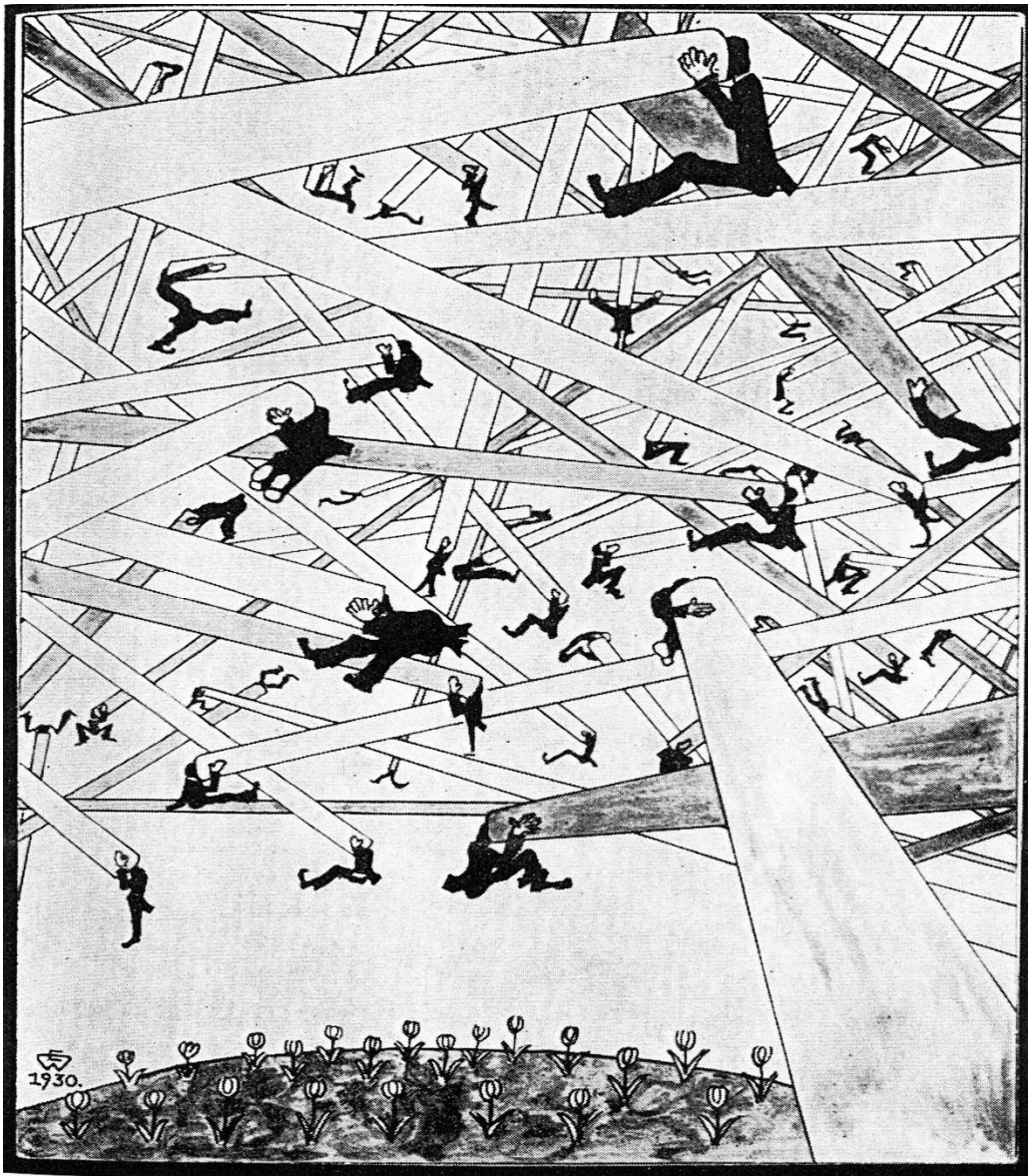


DGF Ekskursion d. 11. og 12. maj 2019

Tektoniske spor i nutidens landskaber

Diskussionsoplæg



Die wissenschaftlichen Gesichtspunkte.

C.E. Wegmann: Geol. Rundschau.

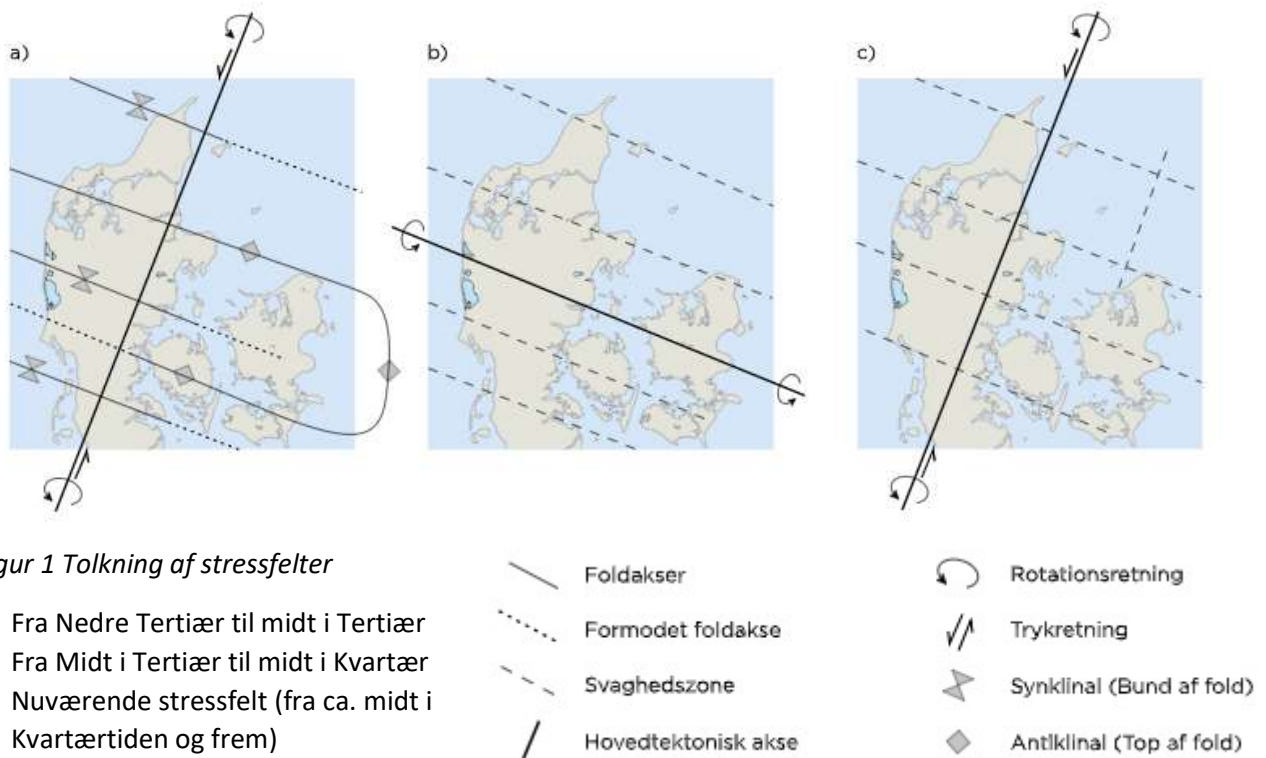
Hypotese, noter og henvisninger til artikler

Inga Sørensen marts 2019

Hypotese om stressfelter

Jordskorpen i Danmark er til stadighed udsat for spændinger og tryk, fordi vi ligger mellem tre store plader. Det er den atlantiske plade, der fra vest presser os ind mod den store russiske kontinentalplade i øst. Desuden har vi tryk fra syd, fra den kontinentalplade, der skubbes foran Alperne. Denne stres situation inspirerede i 1995 en græsk geolog, Ionannis Papadatos, til en tolkning af stressfelter i det danske område. Tolkningen blev foretaget ud fra rent geometriske betragtninger af eksisterende geologiske oversigtskort og studier af publiceret litteratur. Stres modellen blev publiceret i 1997 i et symposiumskrift (ref. 1), og gengives kortfattet herunder.

Et gennemgående træk i modellen er tilstedeværelsen af to hovedretninger af forskydninger: En retning, der går SSV-NNØ, og en anden retning, der går vinkelret herpå, dvs. VNV-SSØ. Et andet gennemgående træk i modellen er "genbrug" af forkastninger (når en forskydningsflade er etableret, udgør den en svag zone, der ofte genbruges senere). Papadatos nåede frem til en model med tre forskellige stress systemer, der har virket fra Nedre Tertiær og op til nutiden.



Stressfeltet op gennem Nedre Tertiær er domineret af en maksimal trykretning langs akser SSV-NNE, figur 1a). Denne kompression resulterer i en række foldeakser vinkelret herpå (se markering af antiklinaler (folderygge eller horste) samt synklinaler (foldetrug eller graben)). Udover foldeakserne er der en trykgradient, der får blokkene til at tippe mod VNV langs akser parallelt med den maksimale trykretning.

Fra ca. midt i Tertiærtiden ændres stressfelterne, så kræfterne nu er som på figur 1b). Der sker en hævnning af hele det nordlige Danmark og en opdeling af landet i blokke parallelle med de gamle foldeakser. Dette system af stress varer til ca. midt i Kvartærtiden.

Det yngste og nuværende stressfelt ligner det fra Nedre Tertiær. De fremherskende kræfter er igen kompression i retningen SSV-NNE samt vipning mod VNV af de enkelte blokke, som landet er delt op i, (figur 1c). Dette stressfelt har haft overtaget siden engang i Eem-mellemistid og virket *sideløbende* med de glaciale processer.

At det danske område er udsat for stres kan også erkendes ved, at der fra tid til anden forekommer små jordskælv. Ethvert jordskælv kan opfattes som et lille ryk i jordlagene, der kommer som tilpasning til et tryk eller stress opbygget gennem længere tid. I Danmark registreres 2-10 jordskælv om året med en styrke mellem 1,5 og 4,5 på Richterskalaen (ref. 2).

- Ref. 1 I. Papadatos og I. Sørensen (1997): *Neotectonic and glaciotectionic evolution of the broader area of Danish Basin during Quaternary*. Volume 1 of Proceedings of the Athen's 97 IAEG Symposium "Engineering Geology and the Environment".
- Ref. 2 S. Gregersen et al. (1996): *Earthquakes in Denmark*. Bulletin of the Geological Society of Denmark, vol. 43.

Noter

Ovennævnte stressmodel giver en forklaring på mange forhold og observationer, der vanskelig eller slet ikke lader sig forklare ud fra de traditionelle processer relateret til is og smeltevand eller isostatisk landhævning efter istiden. Det gælder f.eks. følgende 12 punkter:

1. Hullet ved Vorbasse" og Kvie sø – nye lavninger vest for Hovedopholdslinjen.
2. Hældningen mod VNV af de senglaciale havbundsflader i Nordjylland.
3. "Det forsvundne land" langs den jyske vestkyst.
4. Indlandsklinter og højtliggende prækvartær i Midtjylland.
5. Spaltdale i Midtjylland.
6. Andre tegn på tektonisk aktivitet i Midtjylland.
7. Carlsberg forkastningen og Roskilde Fjord.
8. Resultater fra sammenligning af præcisionsnivelementer.
9. Fordeling af jordskælv i Danmark.
10. Uregelmæssig isostatisk hævnning efter istiden.
11. Uregelmæssigheder på Tinglev hedeslette.
12. Den geometriske form af mange fjorde og sunde.

De følgende sider indeholder en kort omtale af ovennævnte 12 punkter. Under hvert punkt er der henvisning til publicerede artikler, hvis sådanne findes om emnet.

1. "Hullet ved Vorbasse" og Kvie sø – nye lavninger vest for Hovedopholdslinjen

I februar 1994 opstod der fra den ene dag til den anden et ca. 9 meter bredt og 3 meter dybt hul på en mark nær Vorbasse på Hejnsvig Bakkeø, se foto herunder og ref. 3.



Fig. 2. "Hullet ved Vorbasse" få dage efter, at det var opstået. (foto af Jens Bruun Pedersen)

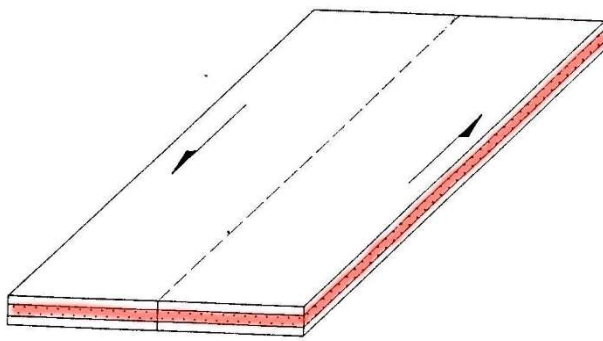
Den traditionelle forklaring på oprindelsen af lavninger er, at de er dannede som dødishuller ved forsinket afsmeltning af en begravet isklump eller som et jordfaldshul som følge af opløsning af højtliggende kalk. Begge forklaringer må forkastes på denne lokalitet, hvorfor lavningen i stedet kan tolkes som respons på en sideværts forskydning – se skitse fig. 3. på følgende side.

Den nye lavning ligger i en VNV - ØSØ gående zone med mange andre lavninger og småbakker. Det kan f.eks. ses på nutidens digitale kort fra Kortforsyningen. Jens Bruun Pedersen har i sin tid markeret Vorbasse-hullets beliggenhed på et 4-cm kort – og for interesserede kan oplyses at UTM koordinaterne er 502780, 6168288 (EPSG 25832). Med WGS systemet er det 9.04422, 55.66040 (EPSG 4326).

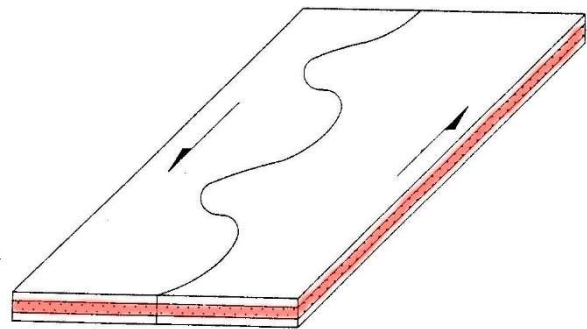
Kvie sø ligger på hedesletten ca. 18 km VNV for Vorbasse-hullet. I Kvie sø har man ud fra mange boringer og pollenundersøgelser konkluderet, at søen er opstået for ca. 12.000 år siden (Bent Odgård i DGU Information, juni 1991). Eftersom området ikke har været isdækket siden Saale istidens ophør for ca. 100.000 år siden, kan det ikke være smeltet dødis, der har forårsaget lavningen med Kvie sø - og det er derfor nærliggende at pege på en tektonisk oprindelse for søen.

Den tektoniske dannelsesmåde for Kvie sø understøttes også af, at der findes tørv i bunden af de ca. 5 meter tykke gytjeaflejringer, der er gennemboret i søen. Det kan være tegn på gradvis indsynkning, hvor området er blevet mere og mere fugtig for til sidst at ende som en sø.

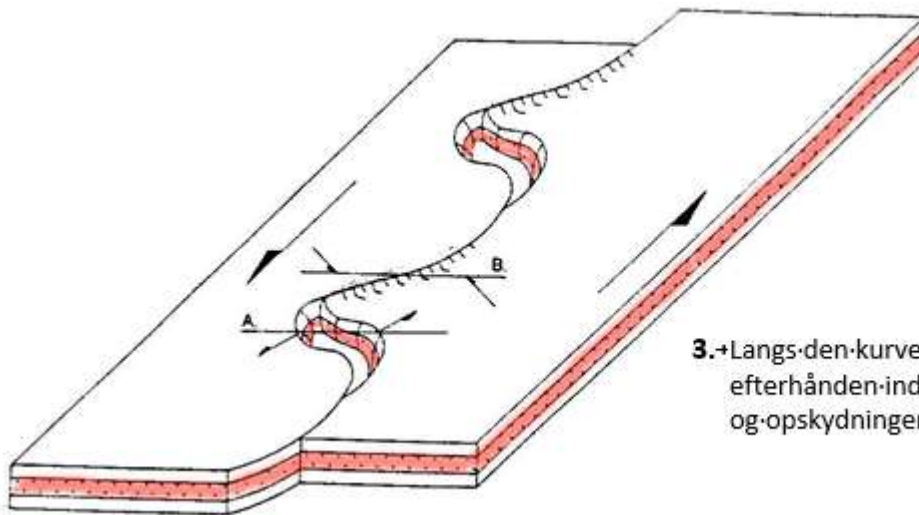
Ca. 15 km syd for Vorbasse-hullet ligger "Brørup moserne", hvorom Axel Jessen i 1918 publicerede artiklen "Brørupmosernes lejringsforhold" i DGF (Bd. 5. Nr. 14). V. Milthers beskrev moserne i 1925 i forbindelse med udgivelsen af "Kortbladet Bække" (DGU I Rk. Nr. 15). Mosernes dannelse forklares som dødishuller, men ud fra de to forfatteres omhyggelige beskrivelser af jordlagene og deres forekomstmåder, er der imidlertid meget der tyder på, at en del af Brørupmoserne kan være opstået som følge af tektonisk indsynkning, som det nærmere er forklaret i ref. 3.



1. Begyndende brudlinie eller forskydning, der opstår som følge af trækspændinger i jorden.



2. Trækspændingerne fortsætter, og brudlinien får et kurvet forløb pga. jordens gnidningsmodstand.



3. Langs den kurvede brudlinie opstår efterhånden indsynkninger (snit A) og opskydninger (snit B).

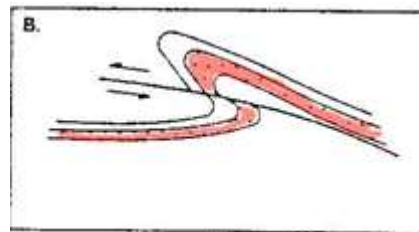
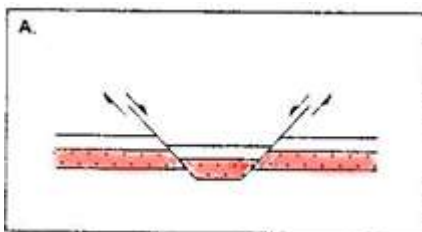


Fig. 3. Tektonisk dannelse af indsynkninger og opskydninger langs med en sideværts forskydningslinje. Skitse tegnet af Ioannis Papadatos.

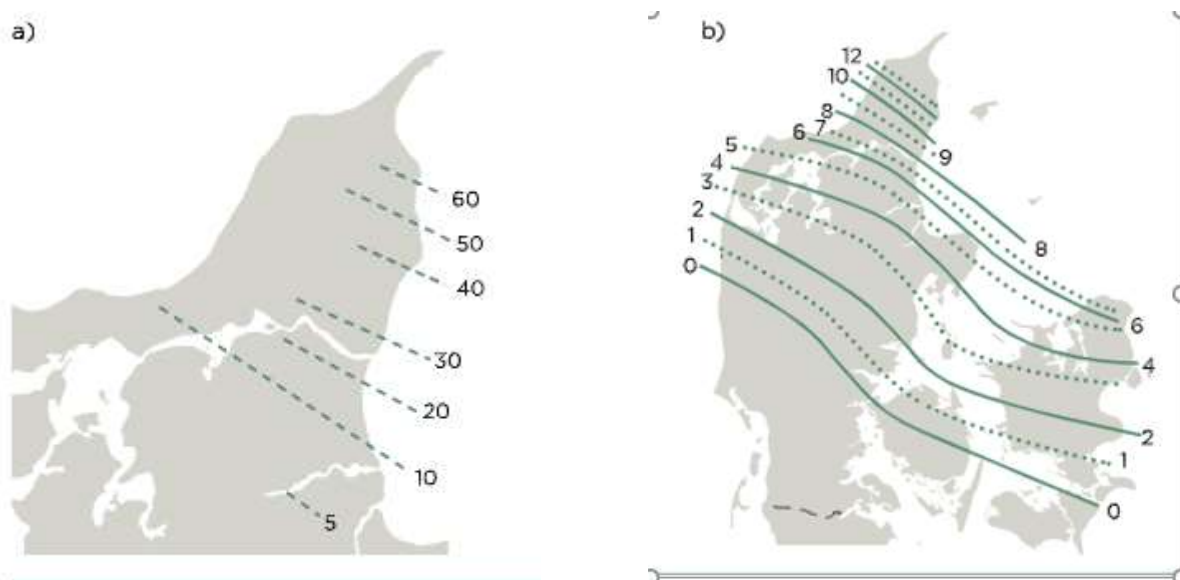
Skitsen viser en sidelæns forskydning med max træk i helt vandret plan. I naturen vil max træk formodentlig være i et plan, der vipper lidt i forhold til helt vandret. Det resultat vi ser i nutidens landskaber vil derfor formodentlig være variationer af de to A. og B. strukturer på figur 3.

Ref. 3 I. Sørensen (2008). *Hullet ved Vorbasse – tektonik i spil som landskabsdannede faktor*. Geologisk Nyt nr. 6. (4-7).

2. Hældningen mod VNV af de senglaciale havbundsflader i Nordjylland

Ellen Louise Mertz publicerede i 1924 "Oversigt over De sen- og postglaciale Niveauforandringer i Danmark". På det medfølgende kort var de formodede isobaser for senglaciale strandlinjer indtegnet som gengivet på nedenstående figur 4a). I modsætning til de postglaciale strandlinjer på figur 4b) stopper de senglaciale linjer midt i Vendsyssel. Det ville være nærliggende at forlænge linjerne mod vest, men så passer det ikke med højdekurverne for områdets terrænformer, fordi de senglaciale, hævede havbundsflader i det vestlige Vendsyssel ligger i et noget lavere niveau end de forlængede kurver viser. Det ses fx meget tydeligt, hvis man studerer terrænformerne omkring Børglum Kloster.

Den lave beliggenhed af de senglaciale hævede havbundsflader mod vest falder på plads, hvis man inddrager stressregimet vist på figur 1c) i tolkningen, idet den resulterer i en vipning mod VNV af de enkelte blokke, som landet er delt op i.



Figur 4. Isoliner for hævnings af senglaciale marine flader a) og de postglaciale marine flader b). Skitseret efter E.L. Mertz 1924.

3. "Det forsvundne land" langs den jyske vestkyst

Langs med den jyske vestkyst er der mange beretninger og vidnesbyrd om, hvordan kysten rykker længere og længere mod øst, så der netto er meget land, der forsvinder. Hvor meget der er sket i de seneste godt hundrede år, kan man få et indtryk af ved at sammenligne nutidens kystlinje med kysten på Kortforsyningens "Høje målebordsblade 1842-1899". Figur 5 viser således hvordan den lille by Agger har mistet land til havet – noget der også berettes levende om, hvis man deltager i den lokale omvisning for stedets turister. Størrelsesordenen på tilbagerykningen er godt 250 meter på 100 år, som det ses af figur 5, hvor den kraftige røde linje viser beliggenheden af den nuværende kystlinje med baggrundskort "Høje Målebordsblade 1842-1899".

Hvis man antager det nuværende stressregime (figur 1c), hvor der er generel vipning mod VNV kan det være med til at forklare, hvorfor der er så meget land, der forsvinder ud i Vesterhavet – op til 8 meter land i snit pr. år oplyser kystdirektoratet. Det forsøger man at imødegå ved sandfordring.

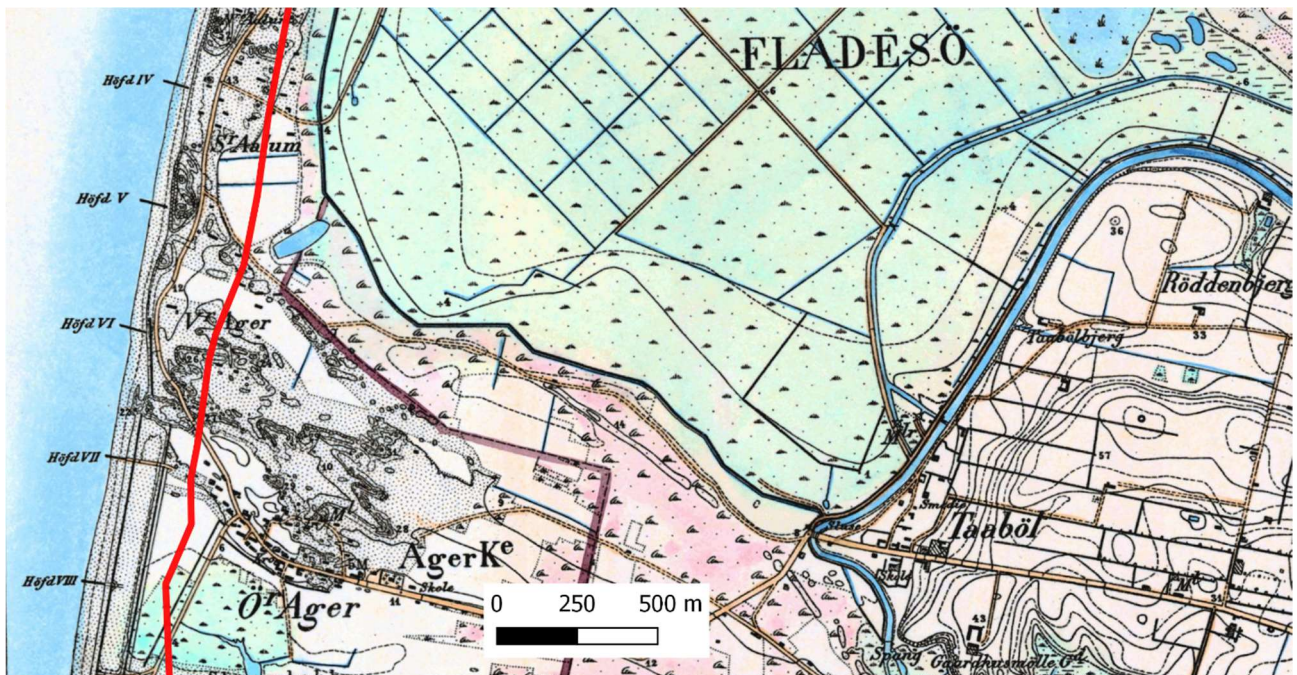


Fig. 5. Agger området, som det tager sig ud på "Høje målebordsblade 1842-1899". Rød kraftig linje er nuværende kystlinje. Det gamle kort over Agger viser, at man allerede i 1800 tallet har anlagt høfder for at beskytte landet.



Fig. 6. Aggerområdet i dag (ortofoto 2018) med samme røde kystlinje som vist på ovenstående figur 5. Kysten forsøges beskyttet med høfder, og samtidig foretages der sandfodring.

Kystdirektoratet oplyser, at der årligt pumpes ca. 990.000 m³ sand ind på kysten ved Agger og Harboøre Tange. Det sker bl.a. ved hjælp af rørledninger, hvorigennem skibe pumper sand fra Nordsøen ind på stranden. <https://www.minbystruer.dk/kysten-er-stormklar-sand-er-pumpet-ind/>

Et andet tegn på at tektonikken spiller en rolle langs den jyske vestkyst, er den store mængde helt unge sedimenter, der opbygger Horns Rev ud for Blåvands Huk – sedimenter der kan tolkes som

omlejringer af "det forsvundne land". Horns Rev er tidligere tolket som en rest fra Saale istidens morænebakker, men undersøgelser forud for placeringen af en havmøllepark har nu fastlagt, at både Horns Rev og Skallingen er opbygget af helt unge Holocæne marine sedimenter, ref. 4.

Ref. 4 J. O. Leth m.fl. (2004). *Sediment distribution and transport in the shallow coastal waters along the west coast of Denmark*. GEUS Bulletin 4. 41-44).

4. Indlandsklinter og højtliggende prækvartær i Midtjylland

I det prækvartære højland i Midtjylland er der flere eksempler på såkaldte indlandsklinter eller kildeklinter, hvoraf den mest kendte er Saltenprofilet. Profilet er en del af et større kompleks af stejle skrænter vest for Horsens-Silkeborg landevejen på nordsiden af Salten Å-dal, se figur 7.

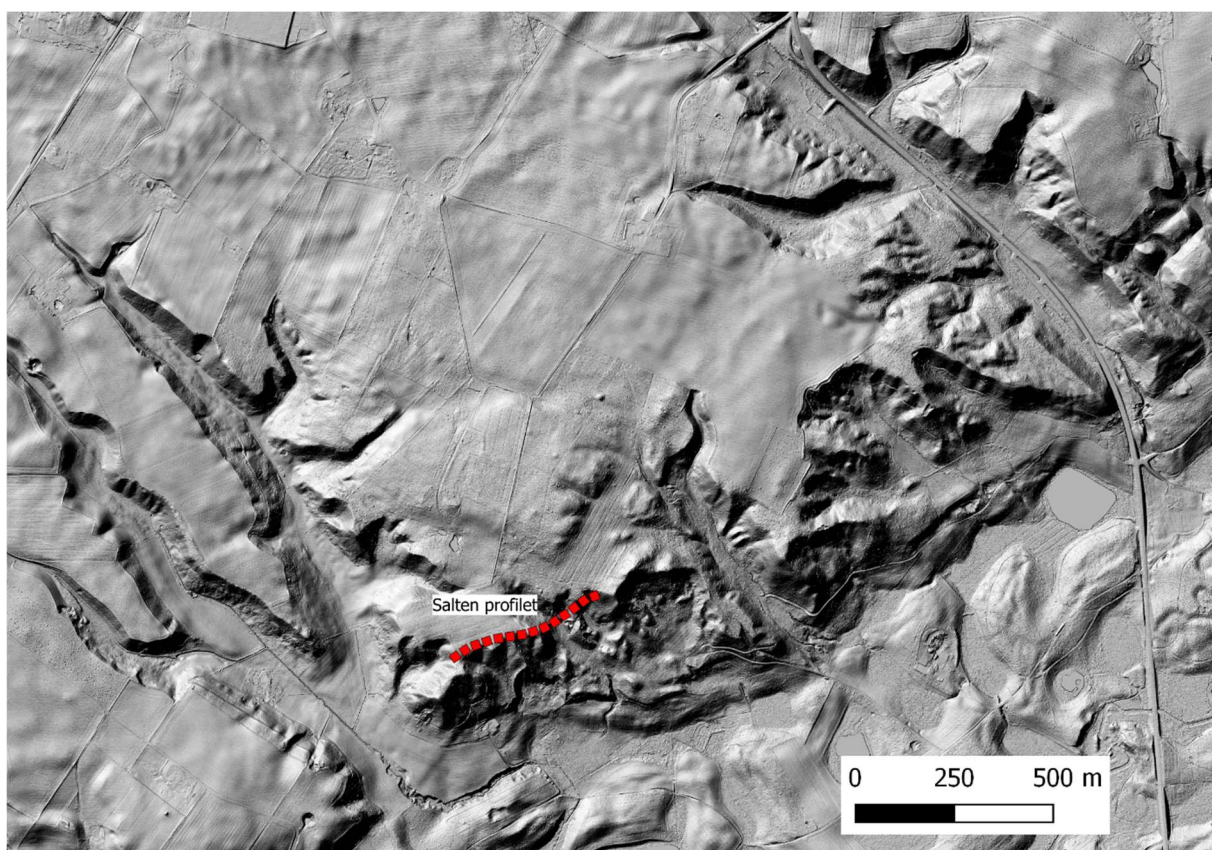


Fig. 7. Salten profilet og omgivende terræn vist vha. Kortforsyningens "DHM / Terræn skyggekort overdrevet".

Indlandsklinterne er beskrevet af S. A. Andersen i 1957 i artiklen "De jyske kildedale og deres problemer", ref. 5. Han forklarer kildedalene som dannet ved at "grundvandet er strømmet ud langs bakkefoden, og skyllet dennes løse sand ud i dalen, hvorved klinten er opstået, som da i tidernes løb er rykket tilbage ind i dalsiden. Mærkeligt nok synes de næsten uden undtagelse at være rykket ind til bakkens højeste top, hvorefter udviklingen er standset. Hvorfor klinten netop er standset her, når det dog er grundvandet der har dannet dem, er det ikke muligt at finde nogen forklaring på".

Hvis man antager, at der i området sker en tektonisk hævn for at tilpasse sig et givet stressniveau, giver det god mening, at de løse aflejringer fra tid til anden vil skride ned og danne et terrænmønster som det f.eks. kan ses på figur 7. Denne antagelse støttes af, at de eksempler på midtjyske indlandsklinter, som S. A. Andersen nævner, alle synes at ligge i områder, hvor den prækvartære overflade stiger markant fra lavere til højere niveauer, som det ses på figur 8.

Spontane skred er ikke et ukendt fænomen i Saltendalen ifølge Kaj Hansen, der levende beretter om en skredkatastrofe, der fandt sted d. 23. februar 1952 ca. 300m VSV for gården Klarfeldt 1200m SV for Saltenprofilet, ref. 6.

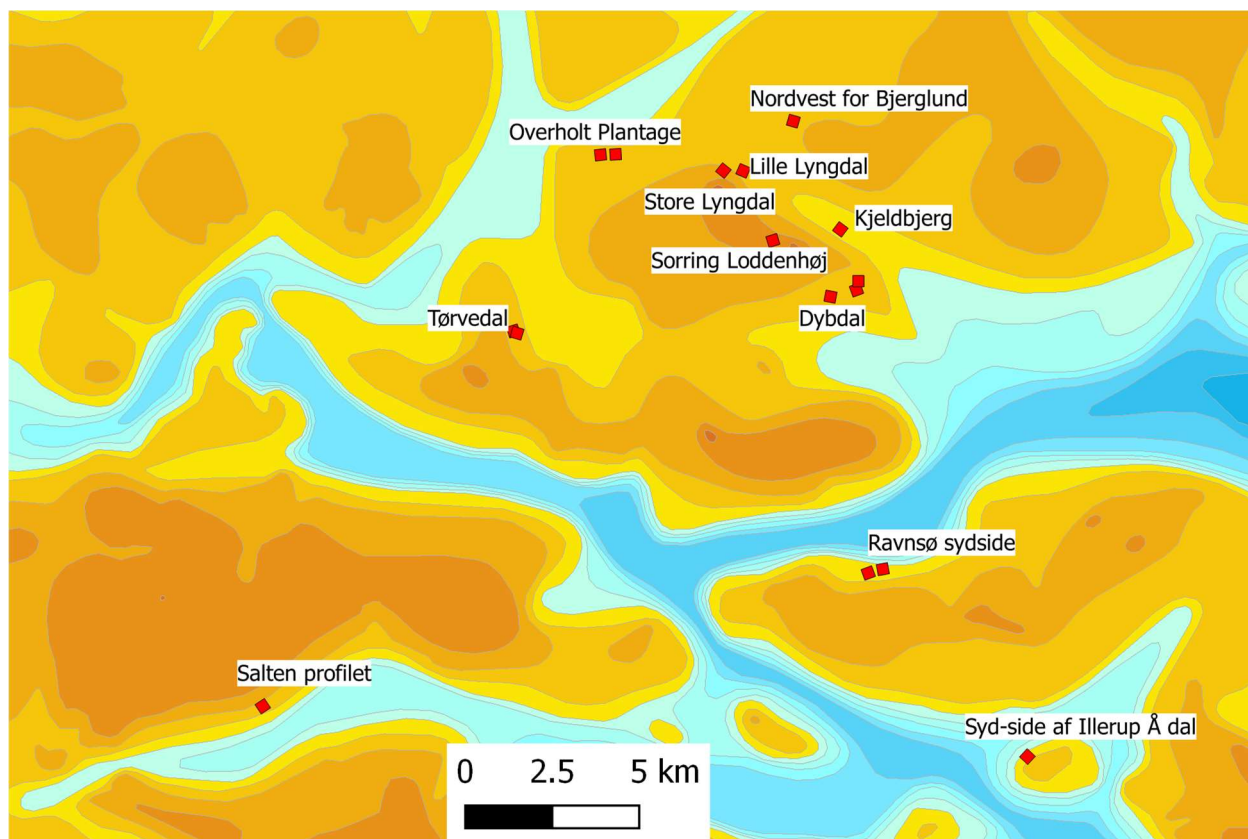


Fig. 8 Midtjyske kildedale (fra ref. 4) markeret med baggrund af GEUS kort "Prækvartær højdeforhold".

De prækvartære lag i Saltenprofilet ligger bemærkelsesværdig pænt vandrette og uforstyrrede, som det fremgår af A. Jessens fotografi fra 1897, se figur 9. Lagstillingen af de neogene aflejringer i mange af de andre sandgrave i "det prækvartære midtjyske højland" er ligeledes vandret og tilsyneladende uforstyrret af gletsjere. Dette forhold kan skyldes, at lagene tektonisk er hævede til deres nuværende niveau i nyere tid efter at den sidste is har forladt området.

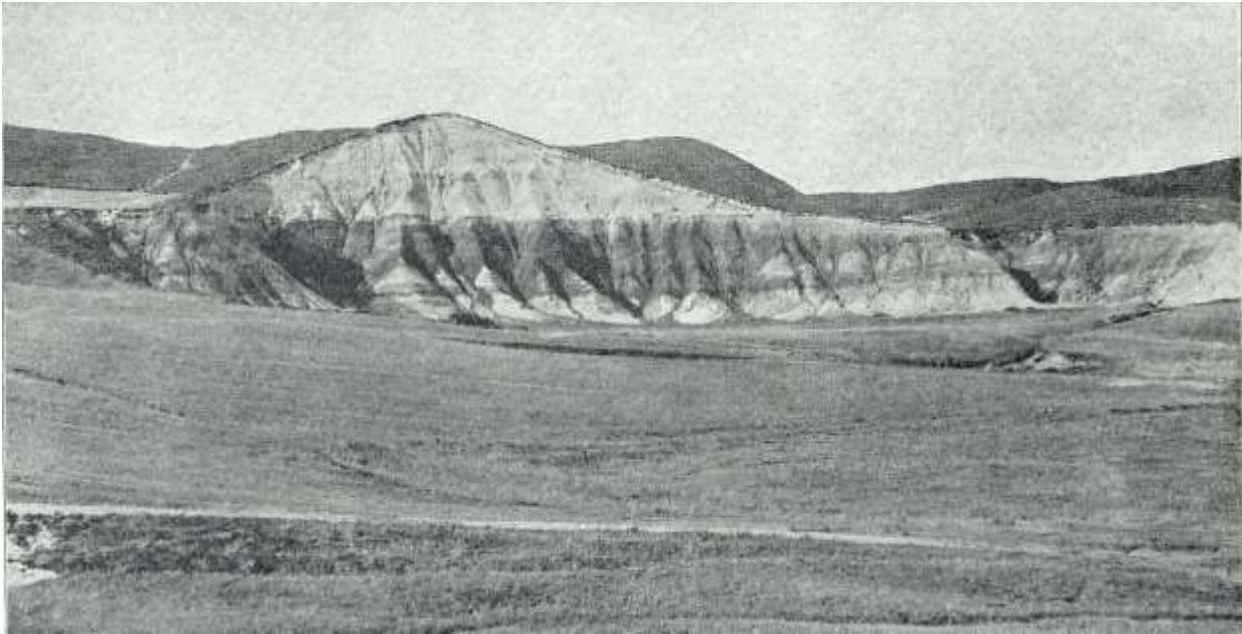


Fig. 9 Salten Profilet fotograferet af A. Jessen i 1897. Udklip fra ref. 6.

Ref. 5 S. A. Andersen (1957) *De jyske kildedale og deres problemer*. Medd. fra Dansk Geol. Forening. Bd. 13. s. 438-440.

Ref. 6 K. Hansen (1959). *Salten Profilet*. Medd. fra Dansk Geol. Forening. Bd. 14. s. 151-158.

5. Spalteredale i Midtjylland

At tektonisk aktivitet har præget det danske landskab blev allerede beskrevet af Vilhelm Milthers i 1916, ref. 7. Han havde under sin kortlægning af mergelforekomster i Midtjylland bemærket nogle retlinede dale, som ikke kunne forklares med de sædvanlige landskabsdannende processer i istiderne. Efter at have diskuteret forskellige muligheder skriver han "*Tilbage bliver som eneste Mulighed den, der tidligere er antydnet, at Dalfurerne er opstaaede ad tektonisk Vej*". At tektonikken spiller en rolle i Danmarks nyere tid er Milthers selv lidt skeptisk overfor, idet han under overskriften "*Dalenes tektoniske Karakter*" skriver "*I Betragtning af de tilsyneladende tektonisk rolige Forhold, Danmark lever under i Nutiden, maa de her dragne Slutninger om Dannelses-tiden forekomme i høj Grad paafaldende*".

Næsten 100 år senere har Milthers fået fuld tilslutning til sin tolkning om tektonikkens indflydelse på dalenes tilblivelse. I ref. 8 konkluderes det således, at systemet af lange, lige og smalle dale i det centrale Jylland kan erkendes som overfladespor af dybtliggende forkastningszoner – en fortsættelse af Himmerland Graben strukturen. Den tektoniske aktivitet tolkes i ref. 8 til at være foregået for max 21.000 år siden kort tid efter den seneste deglaciation i området.

Ref. 7. V. Milthers (1916) *Spalteredale i Jylland*. Medd. fra Dansk Geol. Forening. Bd. 5. Nr. 3.

Ref. 8. P. R. Jakobsen og S. A. S. Andersen (2009) *Fracture valleys in central Jylland – a neotectonic feature*. GEUS Bulletin 17. 33-36.

6. Andre tegn på tektonisk aktivitet i Midtjylland

Overskriften er valgt som fælles overskrift for tre artikler, der alle henviser til områder i Midtjylland og fortæller om forhold, der tyder på en vis tektonisk aktivitet i nyere tid.

Første artikel er skrevet af Holger Lykke-Andersen, Ivan Madirazza og Peter Sandersen, der i 1996 i Geologisk Tidsskrift beretter om tektonik og landskabsdannelse i Midtjylland. I konklusionen sammenfattes det til *"at der igennem hele Tertiær og Kvartær har været tektonisk aktivitet i området, og at denne aktivitet i det væsentlige har udspillet sig i tilknytning til sideværts forskydninger. For det andet erkendelsen af, at den tektoniske aktivitet har en betydelig, til dels kvantificerbar andel i struktureringen af landskaberne"* (ref. 9).

De to næste artikler er trykt i Geologisk Nyt, 2002, nr. 2, hvor Per Nørnberg skriver om dannelsen af røde jorde – magnetiske jernminerale i Midtjylland (ref. 10). Det afsluttende afsnit har overskriften "Forklaring mangler" og her konkluderer forfatteren at de røde jernudfældninger synes dannet på stedet og over lang tid. Den forklaring Per Nørnberg efterlyser KUNNE være, at området langsomt har hævet sig, hvorved grundvandets jernforbindelser har haft tid til at udfælde sig som de røde belægninger, han beskriver.

I samme nummer af Geologisk Nyt skriver Gudike Primdahl om "Søen der forsvandt – og kom igen" (ref. 11). Efter at der foretaget borer og undersøgelser omkring søen, konkluderer han i artiklen, at årsagen til at søen på et døgn forsvandt kan skyldes, *"at der er sket en forskydning af jordlagene under søen, der har medført et brud i såvel det underlejrende moræneler som i de sammenhængende jern- og manganudfældninger i bunden af søen. Herefter er vandet løbet ned i de tørre sandaflejringer, der efter al sandsynlighed findes under leret. At søen igen er fyldt med vand vurderes at være et udtryk for, at bruddet i bunden hurtigt er "slammet til". Sker der ikke yderligere forskydninger af jordbunden i området vil fortsatte jern- og manganudfældninger effektivt lukke bruddet og søen overleve til næste gang, der udløses spændinger i jorden"*.

Ref. 9 H. Lykke-Andersen m.fl. (1996). *Tektonik og landskabsdannelse i Midtjylland*. Geologisk Tidsskrift 1996/3.

Ref. 10 P. Nørnberg (2002). *Dannelsen af røde jorde – magnetiske jernminerale i Midtjylland*. Geologisk Nyt 2/03 (4-6).

Ref. 11 G. Primdahl (2002). *Søen der forsvandt – og kom igen*. Geologisk Nyt 2/03 (18-21)

7. Carlsberg forkastningen og Roskilde Fjord

Den geologiske litteratur har en del henvisninger til Carlsberg forkastningszonen, der går fra Amager og op mod Furesø. Meget karakteristisk er der knyttet en stor vandføringsevne til sprækkezonen. Forkastningen er i 2013 beskrevet i en artikel om nutidig indsykning i Københavnsområdet, ref. 12. Her konkluderes det, at der er tydelige tegn på regional indsykning øst for Carlsberg forkastningen og det konkluderes også at formen af Furesø kan tilskrives tektonisk forskydning langs Carlsberg forkastningen, dvs. at søen ikke er opstået som et dødishul som tidligere antaget.

Den karakteristiske aflange form af Roskilde Fjord og de mange lineamenter i landskabet omkring fjorden leder også tanken hen på aktiv tektonik i nyere tid. Det er beskrevet i en artikel af Stig A. Schack Pedersen og Peter Gravesen i 2016 (ref. 13). Her er nævnt en forskydning på op til 60 meter af referencefladen Selandien-Danien grænsen. Mest almindelig ses dog forskydninger i størrelsesordenen 10-30 meter.

Ref. 12 P. R. Jakobsen m.fl. (2013) *Terrain subsidence detected by satellite radar scanning of the Copenhagen Area, Denmark and its relation to the tectonic framework*. GEUS Bulletin 28, 25-28.

Ref. 13 S. A. Schack Pedersen (2016). *Tectonic control on the formation of Roskilde Fjord, Central Sjælland, Denmark*. GEUS Bulletin 35, 35-38.

8. Resultater fra sammenligning af præcisionsnivelementer

Ved at sammenligne Geodætisk Institut's præcisionsnivelementer foretaget med 60 års mellemrum har Holger Lykke-Andersen og Kai Borre vist, hvordan landoverfladen har ændret sig langs med landevejen fra Århus til Frederikshavn (ref. 14). De viser således, at terrænet hen over Hobro dalen har sænket sig i perioden, medens den øvrige del af strækningen har hævet sig. Kurven over hævningshastigheder (udregnet som mm/år) stiger mod nord til i størrelsesordenen 0,8 mm/år ved Frederikshavn og med et knæk i kurven, hvor den passerer nordflanken af Sorgenfrei-Tornquist linjen.

Ved at sammenligne de målte hævninger og sænkninger med tilgængelige seismiske profiler konkluderes det i artiklen, at de gamle forkastninger stadig er i live, og at blokkene i Sorgenfrei-Tornquist zonen ser ud til at være under kompression.

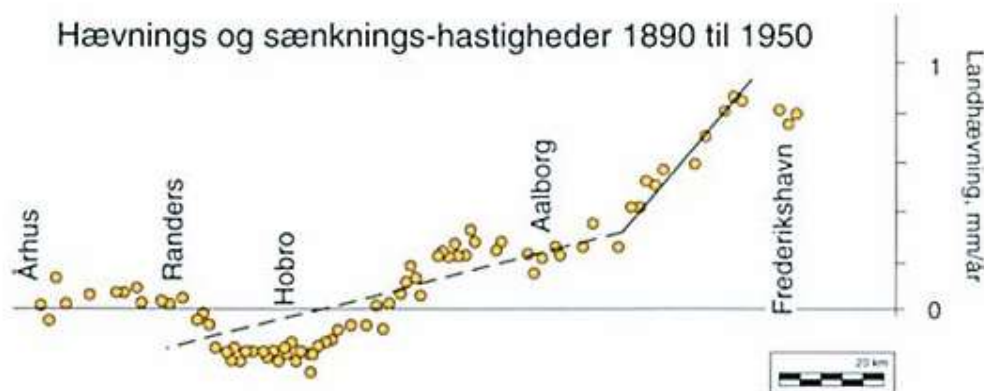


Fig. 10. Resultater fra analyse af præcisionsnivelementer. Del af figur fra ref. 14.

Ref. 14 H. Lykke-Andersen og K. Borre. *Aktiv Tektonik i Danmark – der er liv i Sorgenfrei-Tornquist Zonen*. Geologisk Nyt 6/00 s.12-13. 2000.

9. Fordeling af jordskælv i Danmark

Kort, der viser fordelingen af danske jordskælv er vist i en del publikationer, f.eks. ref. 2 og 15. Derudover kan man i GEUS jordskælvsdatabase <https://www.geus.dk/natur-og-klima/jordskaelv-og-seismologi/registrerede-jordskaelv-i-danmark/> få et overblik over alle jordskælv, der er registreret i Danmark. I denne database er der f.eks. for 2017 registreret i alt 303 jordskælv – flertallet ligger i Kattegat og Skagerrak. Hvert jordskælv er i princippet tegn på, at jordskorpens små og store blokke tilpasser sig det til enhver tid eksisterende stress i undergrunden.

Søren Gregersen og Peter Voss efterlyser i en artikel fra 2012 geologiske og geodætiske observationer, der kan relateres til lokaliseringen af de registrerede jordskælv i Danmark (ref. 15). Forfatterne omtaler og vurderer kritisk en række publicerede geologiske observationer, men finder ikke, at der er nogen sammenhæng til de registrerede jordskælv i det danske område. Hertil kan bemærkes, at de løse ikke-konsoliderede danske jordlag måske har en stor evne til at optage spændingerne ved langsomt at deformeres – uden at det udløser det ryk i jordlagene, som skal til før seismograferne og vi mennesker opdager noget.

Ref. 15 S. Gregersen et al. (2012) *Efforts to include geological and geodetic observations in the assessment of earthquake activity in Denmark*. GEUS Bulletin 26. 41-44. 2012.

10. Uregelmæssig isostatisk hævnning efter istiden

Opdrift af en landoverflade efter at den blev aflastet fra vægten af ismasser, er en velkendt proces. I Danmark afbildes landhævning i Postglaciertiden ofte med det kurvebillede, der kan ses på figur 4b) i disse noter.

At der er flere lokale afvigelser fra dette hævningsmønster ses f.eks. af figur 10, der i stedet for hævnning viser indsynkning over Hobrodalen. Grundlæggende er der imidlertid også andre forhold, der ikke stemmer med det generelle kurvebillede på figur 4b).

*Hvorfor er der i nyere tid **generel indsynkning** i den sydvestlige del af landet, (syd for 0-linjen på figur 4b), når de gængse rekonstruktioner af ismassernes fordeling i Weichsel istiden dog viser flere fremstød med islober, der dækker den sydøstlige del af landet ??*

Det flade Lolland var ifølge de paleogeografiske kort i ref. 16 dækket af is-lober i følgende tidsrum BP: 19-17.000 år, 21-23.000 år, 33-35.000 år og 45-50.000 år. **Hvor er opdriften henne fra disse ismassers vægt ?** I Nordjylland har vi derimod haft en tydelig opdrift resulterende i hævede havbundsflader både fra de senglaciale og postglaciale oversvømmelser, til trods for at isen her har været fraværende i længere perioder end gældende for syd-øst Danmark – ifølge ref. 16.

Ref. 16 M. Houmark-Nielsen m.fl. (2005) *De seneste 150.000 år i Danmark*. Geoviden nr. 2.

11. Uregelmæssigheder på Tinglev Hedeslette

I en artikel i BOREAS 2014 beskriver Peter Sandersen og Flemming Jørgensen en række terrænmæssige "uregelmæssigheder" med lavninger og forhøjninger, der afviger fra den generelle hældning mod vest sydvest af Tinglev hedeslette. Uregelmæssighederne er tidligere tolket til at være dødishuller fra et tidligt isfremstød lige før stilstanden ved hovedopholdslinjen. Forfatterne til BOREAS artiklen når imidlertid frem til at tolke uregelmæssighederne som resultat af strike-slip bevægelser relateret til den dybtliggende Tønder gravsænkning (jf. skitsen af en sideværts forskydning på fig. 3 i noterne her). Tolkningen på Tinglev hedeslette er baseret på meget grundige analyser af terrænet ud fra LiDAR kort, af jordlagene ud fra borer og geofysiske undersøgelser, og af undergrundens strukturer ud fra seimiske profiler.

I artiklen forklares reaktiveringen af de gamle forkastningslinjer som "deglaciation tectonics" der virkede i en begrænset tid i starten af Holocæn pga. trykaflastningen fra vægten af de Skandinaviske isdækker. At strukturerne på Tinglev hedeslette er tektonisk betingede passer godt ind i den hypotese, der præsenteres i starten af noterne her – men der synes ikke rigtig at være belæg for at tektonikken udelukkende tilskrives den trykaflastning, der skete efter istiden. Dels fordi isdækket i det pågældende område har været relativ tynd i Weichsel istiden (vurderet ud fra de paleogeografiske kort i ref. 15) og dels er det svært at forklare, hvorfor trykaflastningen resulterer i sidelæns forskydninger i stedet for en mere lodret hævnning.

Ref. 17 P. Sandersen m.fl. (2015). *Neotectonic deformation of a Late Weichselian outwash plain by deglaciation-induced fault reactivation of a deep-seated graben structure*. BOREAS Vol. 44, hefte 2.

12. Den geometriske form af fjorde og sunde

Som sidste argument for hypotesen om tektonikkens "overherredømme" mht. at forme det danske landskab, skal nævnes de geometriske former af mange fjorde, sunde og bælder.

Ser man f.eks. på Vejle Fjord, er den sydlige kyst tydeligt forskudt mod vest i forhold til nordsiden – det er som om fjorden har åbnet sig mere og mere ved at den sydlige blok er roteret væk fra den nordlige blok og samtidig er drevet mod vest. At området med Vejle fjord og den nordvestlige del af Fyn har været et sammenhængende land engang for ikke så lang tid siden, bekræftes også af, at det er samme type jordlag, vi finder i områdets kystklinter. Eksempelvis ses de plastiske lere ved Albæk Hoved, Trelde Næs, Røjle Klint og Æbleø. På samme måde finder vi de glimmerholdige Øvre Tertiære aflejringer i skrænterne både nord og syd for Vejle Fjord.

Limfjorden er et andet eksempel på, at det er meget svært at undgå tektonikken, hvis man skal forklare hvordan de rombeformede farvande her kan være opstået. Det gælder fx farvandet mellem Nordmors og Thy, hvor Hanklit og Silstrup Klint også kan ses som eksempler på jordlag, der er "rykket over". Limfjordens zigzag forløb omkring Ålborg er ligeledes meget vanskelig at forklare, uden at tektonikken tages til hjælp.

I artiklen ref. 17 nævnes det (i afsnittet *Implications*) at alle ældre forkastningszoner kan tænkes at blive genbrugt når de rette betingelser er til stedet. Det betyder at den mosaik af blokke, som er til stede i undergrunden kan rotere og tippe i forskellige retninger og derved forårsage diverse uregelmæssigheder i nutidens topografi.

I ref. 17 fokuseres der meget på at tilskrive de tektoniske forstyrrelser følgevirkninger af "deglaciation". Hvor meget tektonik der skyldes isostatisk hævnning af jordoverfladen, og hvor meget der er tilpasning til de generelle forskydninger af kontinentalpladerne kan være vanskelig at afgøre. Givet er det i hvert fald, at vi ikke behøver "med vold og magt" at lede blandt processerne knyttet til isens fremmarch og døde klumper, hver gang vi forsøger at finde en geologisk forklaring på de strukturer, vi ser i nutidens landskaber.

Det er tankevækkende, at overføres de spredningshastigheder der kendes fra Nordatlanten (2-3 cm pr. år) til pladebevægelser i de indre danske farvande, så er der i Kvartærtiden – og den foregående Pliocæn tid, god tid til at åbne diverse fjorde, sunde og bæltter i Danmark, se fig. 11.

Sprednings- hastighed	m/år	År start Holocæn	År start Weichsel III	År siden slut Eem	År slut Pliocæn	År start Pliocæn
		11700	28000	117000	2580000	5330000
2cm/år	0,02	234	560	2340	51600	106600
3cm/år	0,03	351	840	3510	77400	159900

Fig. 11. Resulterende spredning i meter fra udvalgte geologiske tidsrum med antagelser om spredningshastigheder 2 og 3 cm pr. år.

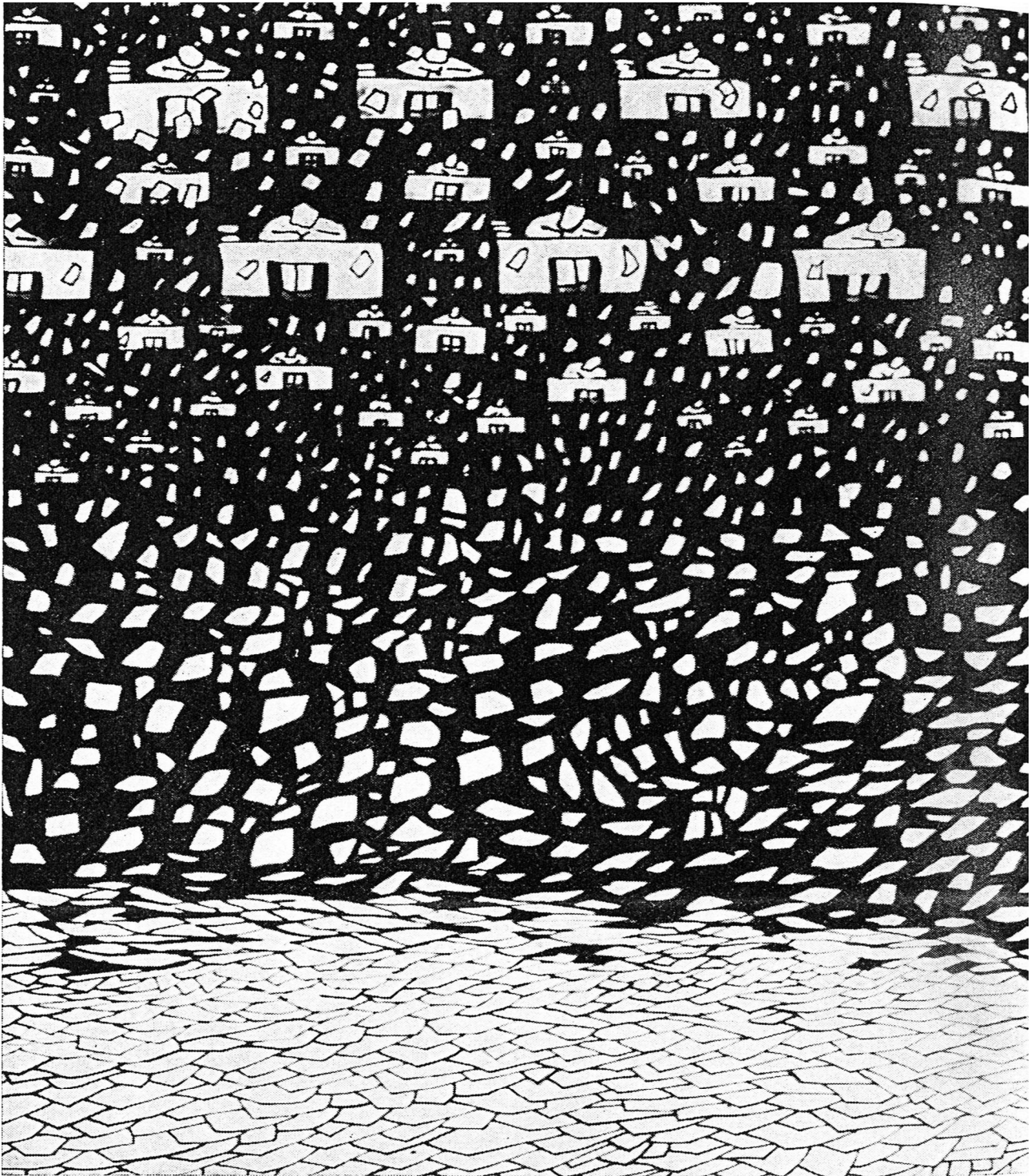
SLUT på noter med litteraturhenvisninger.

De nævnte artikler er blot en lille, bitte, bitte, bitte, bitte del af den geologiske litteratur om det danske landskabs udformning.

Forhåbentlig får vi en god og konstruktiv diskussion på den kommende ekskursion d. 11. og 12. maj – jeg glæder mig til den !

Glud d. 23-03-2019

Inga Sørensen



Die wissenschaftliche Literatur

C.E. Wegmann: Geol. Rundschau, 1939.