

Glacialstratigrafiske observationer i de vestjyske bakkeøer

STEEN SJØRRING OG JOHN FREDERIKSEN



Sjørring, S. og Frederiksen, J.: Glacialstratigrafiske observationer i de vestjyske bakkeøer. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1979*, side 63–77, København, 18. januar 1980.

During reconnaissance tours in the western part of Jutland all known outcrops in the Saalian landscape were investigated.

In addition to short descriptions of the sedimentary sequence and of their structural conditions, selected samples have been analysed for fine gravel composition, grain size distribution, limestone content and the content of redeposited Quaternary foraminifera.

The preliminary results demonstrate the presence of deposits from a least one glacial advance of Elsterian age and two (perhaps three) advances during Saalian time. This stratigraphy is comparable to the well established stratigraphy in Schleswig-Holstein and in the Hamburg-area.

Steen Sjørring, Institut for almen Geologi, Øster Voldgade 10, DK-1350 København K.

John Frederiksen, DSB, Brokontor 1, Sølvgade 40, DK-1349 København K. 18. oktober 1979.

Indledning

Aflejringerne i de vestjyske bakkeøer har tidligere været genstand for stratigrafiske undersøgelser. Især har Jessen's (1922) kortbladsbeskrivelse »Varde« og »Blåvandshuk« (Jessen, 1925) dannet grundlag for opfattelserne af stratigrafien, der også er behandlet af Milthers (1925 og 1939) i kortbladsbeskrivelserne »Bække« og »Brand«.

I oversigten over Danmarks geologi angiver Madsen (1928), at der i Vestjylland skulle være spor efter to forskellige Elster isfremstød og efter to eller tre adskilte fremstød i Saale.

Med udgangspunkt i ledeblokkenes fordeling i Vestjylland fremsatte Milthers (1955) en række synspunkter om rækkefølgen af nedisningerne i Saale istiden, og efter fornyede undersøgelser nåede Milthers (1957) frem til den opfattelse, at der havde været tre adskilte isfremstød i Saale, et ældre kommende fra nord, et isfremstød fra det baltiske område, og et sent isfremstød atter fra nord. Samtidig hermed beskrev og afgrænsede Milthers (1957) den »baltiske enklave« på sydsiden af Skovbjerg Bakkeø, hvor der i et område ikke findes norske blokke i stendyngerne, mens norske blokke dominerer i stendyngerne uden for enklaven. Ødum (1968) har senere i beskrivelsen af flintkonglomeratets udbredelse vist, at flintkonglomerat heller ikke findes i stendyngerne i enklaven.

Der er udført en række interessante undersøgelser af de interglaciale og interstadiale aflejringer i Vestjylland (f.eks. Andersen, 1965 og 1969; Buch, 1955), mens undersøgelser af de glacielle aflejringer stort set har været indstillet i de sidste 20 år i Vestjylland.

De sidste 10 års landvindinger inden for glacialstratigrafien i den del af Danmark, som var dækket af is i Weichsel istiden (f.eks. Berthelsen, 1978), sammenholdt med inspiration fra møder og ekskursioner i Nordtyskland, indbød til fornyede undersøgelser af lejringsforholdene i bakkeøerne: kunne kartérbare glaciogene aflejringer i Nordtyskland genfindes i Danmark, og kunne der i Danmark opstilles en glacialstratigrafi, der kunne sammenpasses med den nordtyske?

På grund af bakkeøernes arealmæssige størrelse, og ud fra en formodning om, at antallet af grus- og sandgrave var meget stort, indledtes feltarbejdet som en rekognoscering, hvor alle grave, der kunne findes på kort og for hånden værende luftbilleder, skulle besøges. Rekognosceringen har omfattet besøg ved 6–700 potentielle lokaliteter, hvoraf mindre end 200 har kunnet give geologiske oplysninger. Af de ca. 200 grave er omkring 50, som er spredt »jævnt« ud over bakkeøerne, bedømt som egnede til en grundigere bearbejdelse.

På det indledende trin af undersøgelserne, der er gennemført i 5–6 uger fordelt over 3 somre, har feltarbejdet bestået af en lokalisering af gravene, en kort beskrivelse af lagfølgen i den enkelte grav, en visuel karakterisering af de glaciogene lag og et skøn over eventuelle paleostrømretninger i de glaciofluviale lag. Stedvis er der udtaget prøver til kornstørrelsesbestemmelse, fingrustellinger og til bestemmelse af kalkindhold samt foraminiferanalyser. Yderligere er der i felten foretaget en kort beskrivelse af de strukturelle forhold med angivelse af formodet deformationsretning, samt notater om andre fænomener som periglaciale strukturer og deres niveau, eller fossile jordbunde og deres visuelle opbygning. I gennemsnit har der været anvendt $1/4$ – $1/2$ time pr. lokalitet, hvorfor en dyberegående undersøgelse ikke har været mulig.

I laboratoriet er der udført kornstørrelsesanalyser, fingrustellinger og bestemmelse af kalkholdige prøvers kalkindhold. I kalkholdige prøver er et eventuelt indhold af omlejrrede kvartære foraminiferer blevet bestemt.

På nuværende tidspunkt, hvor laboratorieundersøgelserne ikke er afsluttede, er de resultater og ideer, der kan fremlægges, kun af foreløbig karakter, men de kan måske have interesse for studiet af de geologiske forhold i de områder, der også har været dækket af is i Weichsel istiden, hvor ældre aflejringer kunne tænkes at være til stede.

Glaciogene aflejringer

Visuelt lader de glaciogene aflejringer sig adskille i mindst tre hovedtyper: en mørk brunsort moræne, en typisk let stenet morænesand og en (i uforvitret tilstand) stærkt kalkholdig fast moræneler (-mergel).

Den mørke moræne er i kalkholdig (= ikke helt udvasket) form en overgangstype mellem moræneler og morænesand. Morænen er meget mørk, ofte næsten sort, og indeholder for det meste glimmerpartikler, der tyder på iblanding af tertiært materiale. Sten er sjældne, men til gengæld er morænen ret gruset (fig. 1), hvor mange af kornene er helt klare og afrundede kvartskorn. Kalkanalyser viser, at grundmassen mindre end 1 mm indeholder 3–7% kalk.

Sammenlignet med tidligere beskrevne moræner, ligner denne mørke moræne »moræne A« (Madsen og Nordmann, 1940) fra Røgle Klint særdeles godt, og passer også sammen med den nedre moræne (moræne A) fra Esbjerg-området (Madsen, 1928). Hansen (1965) angiver, at »moræne A« regionalt set er meget ensartet, og Buch (1955) omtaler en mørk moræne, der ligger under det marine Holstein ved Inder Bjergum.

De tidligere så berømte lokaliteter ved Esbjerg kan desværre ikke længere beses, hvorfor en »reference-lokalitet« inden for området mangler. I udseende og habitus synes den mørke moræne at svare meget godt til Elster morænen i Hamborg-området.

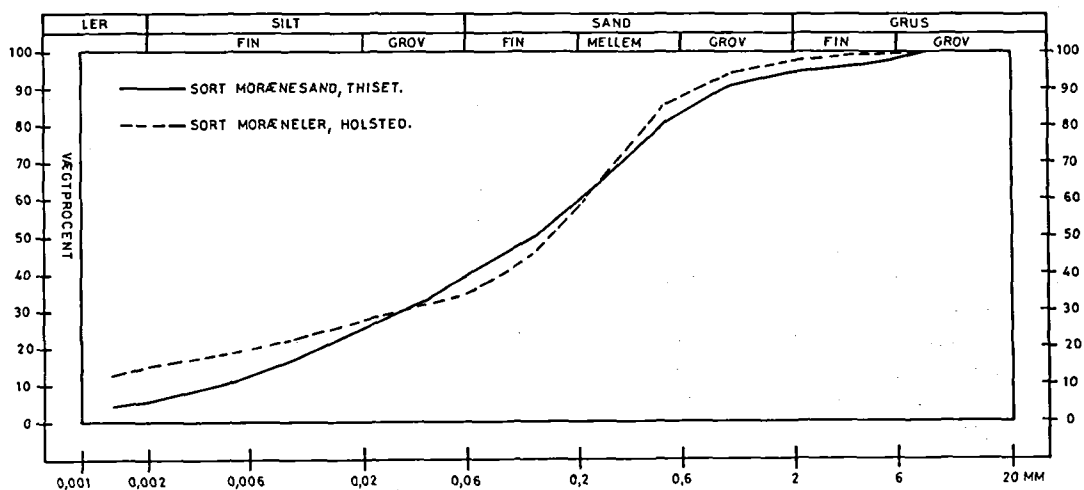


Fig. 1. Kornstørrelsesanalyse for 2 prøver af den mørke moræne. Prøven fra Thiset formodes at være af Elster alder, mens prøven fra Holsted sikkert er af Saale alder.



Fig. 2. Kompakt morænesand af Saale (Drenthe) alder.

På grundlag af den visuelle bedømmelse i feltet er der kun fundet én lokalitet med denne morænetype, nemlig ved Thiset syd for Gram. Ved fingrustællingerne (se senere) er der fundet yderligere én lokalitet, Stårup nordøst for Ribe, hvor morænen visuelt var karakteriseret som en Saale-type (Drenthe). Ved Stårup er morænen dog helt gennemforvitret.

I geotekniske borer er en mørk moræne kendt fra flere områder, mest almindeligt ved Herning, »Herningmorænen«, men også ved Holsted og Knudshoved øst for Christiansfeld. Det er muligt, at der er tale om en Elster moræne i nogle af disse tilfælde, men det må understreges, at tertiærprægede mørke moræner også kan være dannet som lokalmoræner under yngre glaciationer (se senere).

Morænesandet er som type let genkendeligt, men omfatter måske flere stratigrafiske enheder. Umiddelbart optræder der en kompakt morænesand (fig. 2) med få spredte sten, og en ret båndet morænesand (fig. 3), hvori båndingen er kornstørrelsesbestemt. I de mest finkornede bånd er sammensætningen dog stadigvæk morænesand (fig. 4). Den bandede type kunne tænkes opstået

som flow till, men indtil denne morænetype er nøjere undersøgt, kan båndingen også tænkes dannet på andre måder.

Båndingen kan ikke alene være opstået ved omlejring som flydejord i Weichsel istiden, idet den bandede type morænesand flere steder er disloceret, i områder der ligger langt uden for Weichsel isens maksimale udbredelsesgrænse.

På alle kendte danske lokaliteter er såvel den kompakte som den bandede morænesand helt kalkfri og forvitret og har brune og grå farver.

Til trods for det ringe stenindhold er det ikke ualmindeligt, at finde flere rhombeporfyrer siddende i morænesandet, inden for korte afstande.

Moræneleret (fig. 5) i Vestjylland optræder i uforvitret og forvitret form. Hvor moræneleret er forvitret, kan det være vanskeligt, at adskille det fra morænesandet, men oftest er strukturen i det forvitrede moræneler anderledes end i morænesandet, stenindholdet er større, og den mest almindelige enkelttype af sten er flint.

I uforvitret (= kalkholdig) form synes der at være to forskellige typer, én med ekstremt højt kalkindhold (kalkpræget), med et kalkindhold omkring 50% i fraktionen mindre end 1 mm, og



Fig. 3. Båndet morænesand af Saale (Drenthe) alder.

én med et mere moderat kalkindhold (kalkrigt moræneler), med et kalkindhold på omkring 25%.

Det flintholdige moræneler (incl. det kalkforvitrede) optræder fortrinsvis syd for hovedvej 1, og nord herfor kun i de østlige af bakkeøerne. Det kalkprægede moræneler (morænemergel) findes især i et bælte fra Ribe i nord til grænsen i syd, følgende den jyske vestkyst (Hansen, 1965

og 1966; Nordmann, 1943), men efter de opgivne kalkprocenter for moræneler i kortbladsbeskrivelsen »Bække« (Milthers, 1925), er det sandsynligt, at samme morænetype også forekommer omkring Fiting og Bække (kalkindhold op til 64%).

I følge Hansen (1978) har det store kalkindhold og den ringe forvitryngsdybde i den kalkpræ-

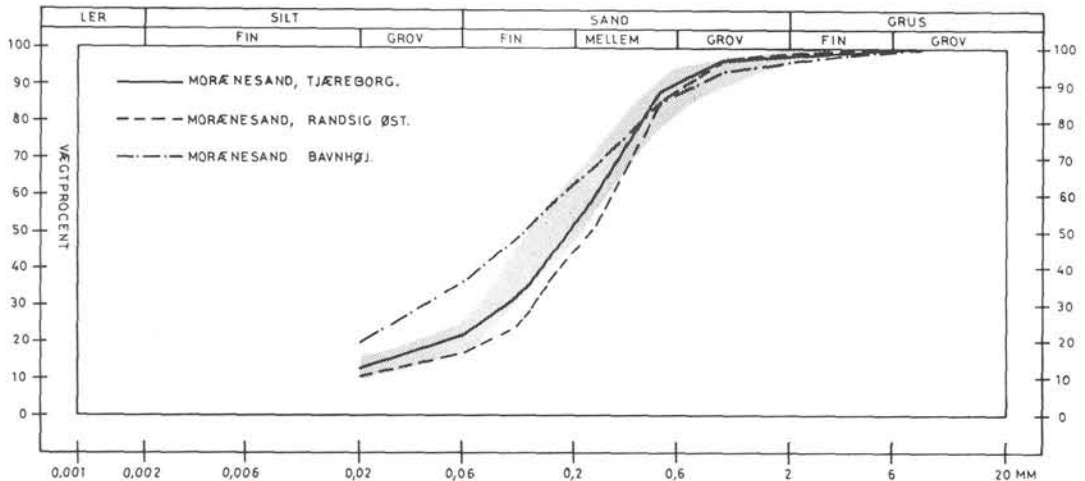


Fig. 4. Kornstørrelsesanalyser for 3 prøver af Saale morænesand. Området med grå raster viser fordelingen af kornstørrel-

sesanalyser for Drenthe moræner i Hamburg-området efter Ehlers (1978).

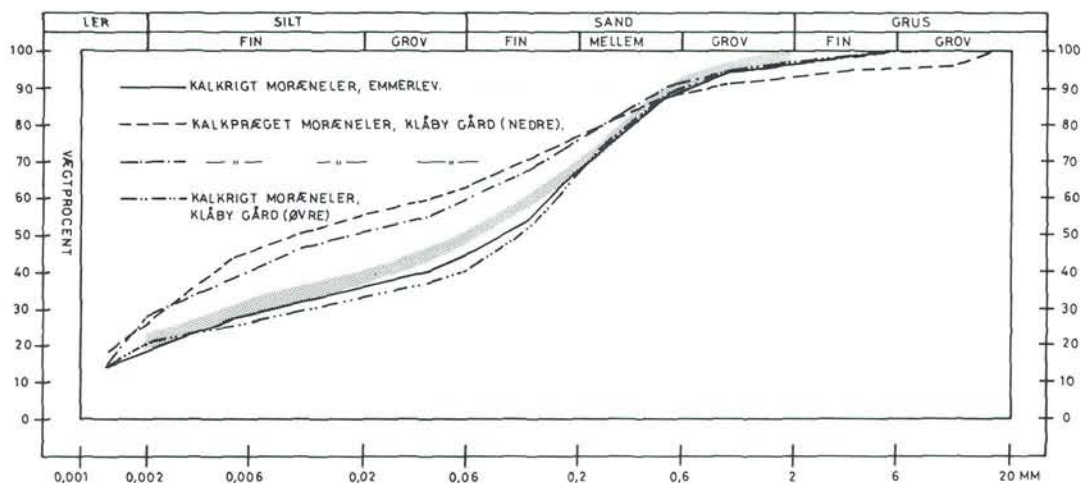


Fig. 5. Kornstørrelsesanalyser for 4 prøver af Saale (Warthe) moræner. Området med grå raster viser fordelingen af korn-

størrelsesanalyser for Niendorf moræner i Hamburg-området efter Ehlers (1978).

gede moræne ved Ribe været medvirkende til, at man tidligere antog, at Weichsel isen havde overskredet hele Vestjylland. Den kalkprægede moræne (mergel) er fundet ved Klåby Gård sydøst for Ribe (fig. 6) og er omtalt af Hansen (1966). Yderligere er den nu fundet ved Arnum og ved Lundsgaard, vest for Gram.

kendt fra Emmerlev Klev (fig. 7), hvor den danner underlaget for den berømte Eem-tørveaflejring (Nordmann, 1925).

Den kalkholdige moræne (25% kalk) er bl.a.

Det karakteristiske kalk- og flintindhold i moræneleret gør, at morænen sandsynligvis er aflejret af den østfra kommende »Warthe-is«. Muligvis er den ekstremt kalkholdige moræne-mergel en særlig facies fra dette isfremstød.



Fig. 6. Moræne-mergel ved Klåby Gård, nedre del.



Fig. 7. Kystprofil ved Emmerlev Klev. Omtrent 1 meter over strandplanet ses i moræneleret grænsen mellem øvre gråt kalkholdigt moræneler og nedre jernforvitret kalkholdigt moræne-

ler. Tørvemosen ses til højre i billedet, og mosens nordlige kant til venstre i billedet.

En meget stenet og sandet morænesand udgør måske en type for sig. Visuelt er den vanskelig at adskille fra det tidligere omtalte kompakte morænesand, men i fingrustællingerne er den forskellig fra det kompakte morænesand. Endvidere synes det stenede og sandede morænesand at være begrænset omtrent til et område, der er sammenfaldende med udbredelsesområdet for de af Ødum (1968) beskrevne flintkonglomerater.

Glaciofluviale aflejringer

På de fleste lokaliteter, der er sand- og grusgrave, dominerer glaciofluviale aflejringer, hvilket gør det vanskeligt at afgøre morænehedernes stratigrafiske placering indbyrdes, idet der kun undtagelsesvis er blottet mere end én morænehed.

Meget ofte er de glaciofluviale lag kraftigt forvitret, kun enkelte steder er der observeret et kalkindhold. Ved den kraftige forvitring reduceres antallet af sedimentter og krystallinske bjergarter til gengæld for en relativ stigning i kvarts- og flintindholdet.

Bestemmelse af paleostrømretninger, som et skøn over, i hvilken sektor-retning vandet løb i aflejringsstidsrummet, giver et meget varieret bil-

lede, sikkert fordi der har været tale om mange forskellige lokalt betingede strømretninger, men også fordi de glaciofluviale lag er knyttet til flere forskellige isfremstød og -afsmeltninger.

Fingrustællinger

Fingrustællinger er gennemført flere gange med anvendelse af forskellige metoder. Inden for det sidste år, hvor alle prøver er talt om, har fraktionen 2,80–4,75 mm været benyttet. Dette kornstørrelsesinterval er lidt forskelligt fra det af Ehlers (1978) benyttede (3,0–5,15 mm), men bortset fra en forventet ringe stigning i kvartsindholdet og en ubetydelig formindskelse af flintindholdet, vil de to sæt tællinger umiddelbart kunne sammenlignes.

Mens kornene efter den hollandske fingrus-tælle metode opdeles i 30 stentyper eller -grupper (Zandstra, 1976), er der, for prøver indsamlet under rekognosceringen, endnu kun talt de 5 hovedgrupper: kvarts, flint, krystalline + metamorfe bjergarter, sedimentter og kalksten. Kalkstenene opdeles i palæozoiske og kretasiske kalksten.

Optælling i de 5 grupper svarer nøje til de ty-

per, som Ehlers (1978) anvender i de afbildede diagrammer.

Ved hver fingrus-analyse tælles mindst 300 korn på kalkfri basis. De 4 grupper (kvarts, flint, krystalline + metamorfe bjergarter, samt sediment) omregnes til procent og indsættes i diagrammet i indbyrdes mængde, fig. 8. Små streger i diagrammernes over- og underkant er 20 %-mærker, mens stregerne i diagrammernes højre ramme markerer den enkelte prøve. Ud over prøvemærkingen er der for kalkholdige prøver angivet en brøk, der oplyser om prøvens kalkindhold. Brøken tæller angiver palæozoisk kalksten, nævneren kretasisk kalk. Kalkværdierne er udregnet, som nævnt af Ehlers (1978), hvor kalk-»procenterne« er antal kalksten i forhold til antal korn i den kalkfri gruppe. Herved bliver indholdet af kalksten opgivet større end de egentlige procentværdier, og et indhold på mere end 100% kalksten er derfor ikke ualmindeligt.

Ved de danske tællinger er kiselsten udskilt i en gruppe for sig selv, men kiselsten indgår ikke i diagrammerne. Kiselstenene omfatter bl.a. stumper af totalt afkalket bryozokalk, helt porøs, grå til hvidlig flint, der lader sig knuse af pincetten under tællingen, eller ægte kiselsten, hvoraf nogle måske er af Tertiær alder og ligner til forveksling den af Gripp (1964) omtalte »Heiligenhafener Kieselgestein«, som er af Øvre Eocæn alder. Kiselstenene spiller en stor rolle for materialernes anvendelighed som tilslagsmateriale til beton.

Ved tællingen af de mindst 300 korn (ofte det dobbelte antal) sorteres kornene under binokulært mikroskop, hvor prøven ligger i vand for at lette identifikationen. I modsætning til Zandstra (1976) og Ehlers (1978), der henregner kvartsiter til sedimentgruppen, er kvartsiter ved disse tællinger lagt til gruppen af krystalline + metamorfe bjergarter.

Opstilling af tællinger i diagrammet følger nøje den af Ehlers (1978) benyttede form. Prøverne ordnes stratigrafisk under hinanden, hvilket giver et indblik i den petrografiske variation inden for én og samme lithologiske enhed, men prøvernes indbyrdes afstand kan variere, selv om det ikke fremgår af diagrammet. Det er meget værdifuldt, at udtage flere prøver af samme lithologiske enhed, idet sammensætningen kan variere noget fra prøve til prøve.

Enkeltprøver er vanskeligere at vurdere, men kontrolforsøg med enkeltprøver indsamlet under

det første års rekognoscering viser, at enkeltprøvers tællerresultat normalt ligger inden for variationen af stratigrafiske serieprøver.

Punktværdierne i de enkelte tællinger forbindes med hinanden inden for samme lithologiske enhed. Hvor der sker en ændring af bjergartstype, som det også fremgår af den lithologiske søjle til højre for tællediagrammet, angives dette ved skarpe knæk på grænsekurverne i diagrammet.

Den umiddelbare fordel ved at udtegne diagrammet alene med kalkfrie bjergarter er, at fingrusindholdet i såvel kalkforvitrede som i kalkholdige prøver kan sammenlignes lettere, end det ville være muligt, hvis kalkbjergarterne indgik i diagrammet.

Som antydnet under omtalen af de forskellige moræneenheder, er der i Nordtyskland fundet markante forskelle mellem stratigrafisk forskellige moræneformationer. I følge Ehlers (1978) indeholder Elster prøver meget kvarts og kun lidt flint, Drenthe (= tidlig Saale) prøver indeholder meget kvarts og meget flint, Niendorf (= senere Saale) prøver indeholder kun lidt kvarts, men meget flint, og prøver fra Fuhlsbüttler morænen (= seneste Saale i Hamburg-området) indeholder kun lidt kvarts og kun lidt flint.

Karakteristika i fingrustællingerne fra de tyske aflejringer er i nogen grad benyttet ved tolkningen af de danske tællinger, men opmærksomheden har også været henledt på, at der kunne være andre forskelle i de danske Saale aflejringer, såvel som der kunne tænkes at optræde andre og måske flere enheder, end der var kendt i Tyskland.

I fingrusdiagrammerne (fig. 8) er der vist eksempler på en række danske tællinger, fortrinsvis fra lokaliteter, der har været lidt besværlige at tolke, fig. 9.

Udvalgte lokaliteter

Hjerting, lok 188, (fig. 8 og 9) består nederst af 4–5 m smeltevandsaflejringer, der indeholder mellem 5 og 10% kvarts og mellem 10 og 20% flint. Denne fordeling i smeltevandsaflejringer viser hen på et »Warthe«-sediment (Niendorf-type i Hamburg-området). Smeltevandsaflejringerne kvarts-flintindhold er godt overensstemmende med, at den dækkende moræne indeholder mere end dobbelt så meget flint som kvarts. Begge lithologiske enheder menes derfor at være aflejet af samme isdække.

I overkanten af den ca. 1–1½ meter tykke moræne er der dannet en meget tynd og stærkt kryoturberet fossil jordbund, der er dækket af ½ meter smeltevandsedimenter og et meget tyndt dække af flydejord. Det store indhold af flint i det øvre niveau skyldes sandsynligvis frostsprængning af sten, idet flin-

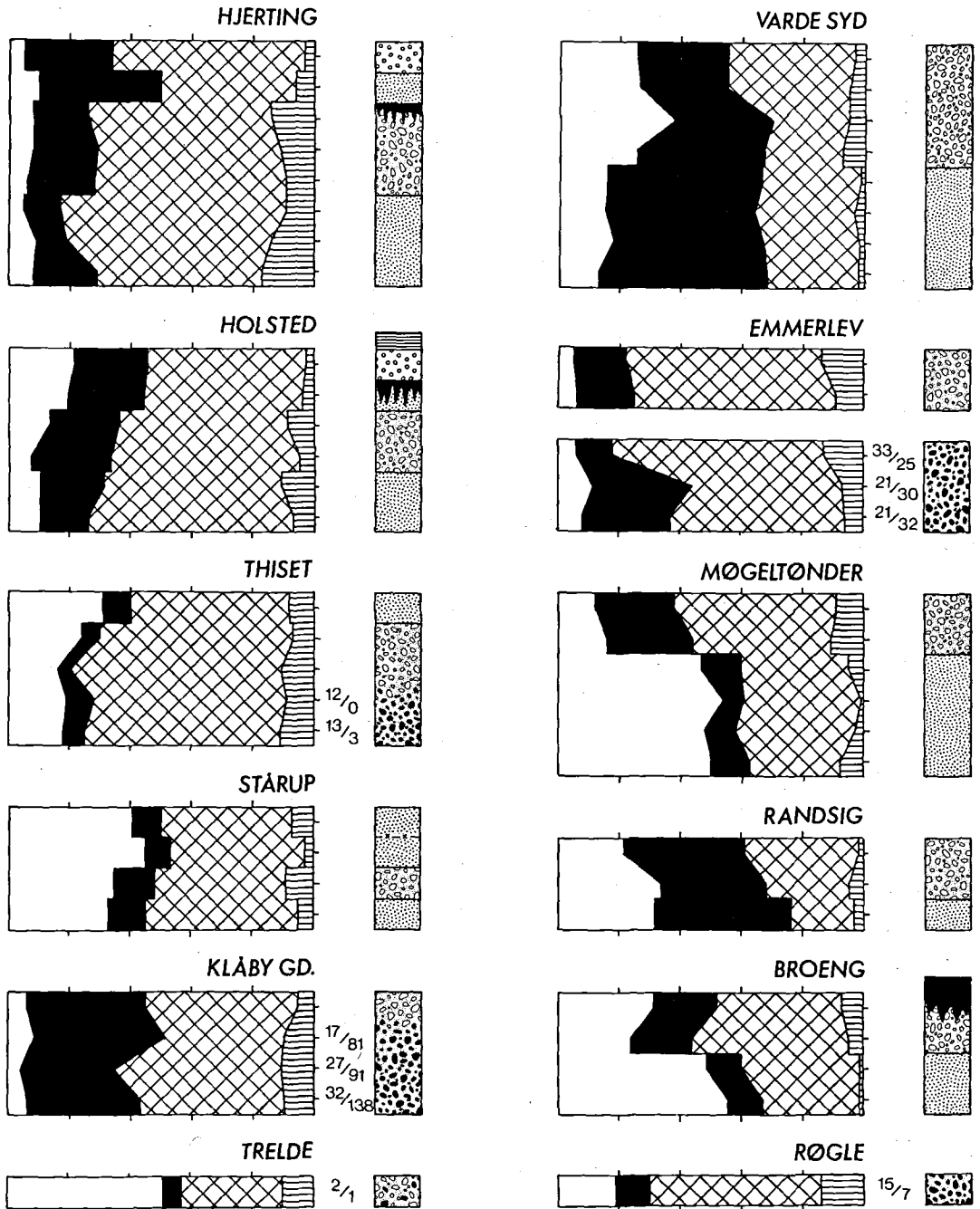


Fig. 8. Fingerstøllinger og lithologiske søjler fra udvalgte lokaliteter. Sorte »sten« i de lithologiske søjler viser kalkholdigt moræneler, og sort viser jordbundsudvikling. Se teksten side 69 og 71.

ten i prøverne fra dette niveau fortrinsvis er skarpkantet. Den fossile jordbund kan tænkes at være udviklet i Eem.

Holsted, lok. 32, (fig. 8 og 9) indeholder også en fossil jordbund, der ligger på en sedimentfølge, som ved Hjerting. Jordbundsannelsen har her fundet sted i et sediment, der i dag er helt udvasket. På diagrammet er det angivet som smeltevandsaflejringer, men det kan oprindeligt have været morænemateriale, idet sedimentstrukturene er helt ødelagt. Stigningen i indholdet af kvarts og flint op mod den fossile jordbund er relativ, idet stigningen formodentlig skyldes en bortforvitring af de sedimentære bjergarter og i særdeleshed af de krystallinske bjergarter. Dette er overensstemmende med, at en stor del af kvartsen i dette niveau er »restkvarts«, kvartsskellettet i krystallinske bjergarter.

Over jordbunden er der et op til 30 cm tykt lag af gråbrun flydejord (af omlejet jordbund), og herover følger en ca. 5 cm tyk gytjestrøbe (vandret skraveret på den lithologiske søjle i fig. 8), der igen overlejres af enskornet, horisontalt lejet søsand. Det er tænkeligt, at jordbundsudviklingen er af Eem alder og den overliggende gytjestrøbe f.eks. er af Brørup Interstadial alder.

Fingrusdiagrammerne fra lok. 19, Thiset syd for Gram (fig. 8 og 9), og fra lok. 122, Stårup nordøst for Ribe (fig. 8 og 9), er meget forskellige fra de tidligere viste diagrammer. Thiset er den eneste lokalitet med uforvitrede mørkebrun moræne i området. Af diagrammet fremgår det, at kvartsinholdet er 2–3 gange større end flintindholdet, hvilket er ganske overensstemmende med tællinger fra sikre Elster moræner i Nordtyskland. Ved Thiset synes også det overliggende smeltevandssand at vise typisk Elster spektrum.

Fingrustællingerne fra Stårup viser også en følge af Elster sedimentter, der er kraftigt disloceret fra nordøst. Det overliggende diskordante sand (øverste smeltevandssand) synes også at tilhøre Elster istiden. Såfremt alle de lithologiske enheder ved Stårup er af Elster alder, er der her en oplysning om et af Elster fremstødenes bevægelsesretning.

Da diagrammerne fra Thiset og Stårup er ret forskellige med hensyn til mængden af kvarts, er diagrammerne blevet sammenlignet med enkelttællinger fra moræne A i Røgle og fra en moræne, der ligger under det limniske Holstein på nordsiden af Trelde Næs. De to enkelttællinger er vist nederst på fig. 8. Det ses, at morænen fra Stårup ligner morænen fra Trelde, og at morænen fra Thiset ligner morænen fra Røgle. I prøverne fra Thiset og i prøven fra Røgle er der et moderat indhold af både kretasisk og palæozoisk kalk, mens kalkindholdet i morænen fra Trelde er ringe, og det mangler helt i morænen fra Stårup.

Morænen i Stårup er helt gennemforvitrede, hvorfor det var nærliggende at antage, at det varierende kalkindhold i prøverne alene skyldtes forvitring, men det faktum, at indholdet af restkvarts er ringe, og at den største del af kvartskornene i prøverne fra de 4 lokaliteter fortrinsvis er glasklare og helt afrundede, kan betyde, at der har været forskel i morænematerialet på aflejringstidspunktet.

I diagrammet fra Klåby Gård (fig. 8 og 9) ses et eksempel på den ekstremt kalkholdige moræner. Ved Klåby Gård har der i en årrække været gravet morænemergel (ca. 50% kalk), og der er for tiden 6–8 m dybe snit i morænen, hvoraf de øverste 1½ m er forvitrede (25% kalk). Meget typisk er et stort flintindhold, men på lokaliteten er de utroligt mange skrivekridt-klaste mest iøjnefaldende. I tællingerne af de uforvitrede prøver findes op til 138% kretasisk kalk. Fig. 6 viser netop morænemergel fra Klåby Gård.

Diagrammerne i højre side af fig. 8 viser øverst et sæt tællinger fra Varde Syd, lok 123 (fig. 9), hvor 5–6 m smeltevandssand er overlejret af 2–3 m morænesand. Smeltevandssandet viser det yngre Saale (Warthe/Niendorf) spektrum, men overlejres af glaciogene aflejringer med et flint/kvarts forhold på omkring 1, hvilket er typisk for ældre Saale (Drenthe) aflejringer.

Ved en række lokaliteter i nærheden af Esbjerg har det vist

sig, at ældre »Drenthe-typer« overlejrer yngre »Warthe-typer«. Det kan naturligvis betyde, at fingrustællingerne ikke er egnede som stratigrafisk hjælpemiddel men efter analyser af en række lokaliteter, der stort set ligger nord og vest for den af Ødum (1968) fastlagte udbredelsesgrænse for forekomst af flintkonglomerater, viste det sig, at »Drenthe-type«-tællingerne i dette område alle har en kvarts-% + flint-% sum, som overstiger 55–60.

Et eksempel på stort indhold af både kvarts og flint er givet med diagrammet fra Randsig, lok. 139, (fig. 8 og 9) hvor der er overensstemmelse mellem kvarts/flintforholdet i både smeltevandsaflejringer og i morænesand.

På grundlag af udbredelsen af de lokaliteter, der har moræneaflejringer med meget høj kvarts + flintindhold, og hvor andelen af kvarts er tilnærmelsesvis den samme, som andelen af flint, kan det formodes, at morænesandet repræsenterer et sent Saale isfremstød, der derfor kan overlejre sedimentter med »Warthe-type« tællerresultater. Indtil grundigere undersøgelser er gennemført, anser forfatterne morænesandet med stort flint + kvarts indhold for at repræsentere »flint-konglomerat-isen«s udbredelse, og på fig. 9 er der med stiplede linie vist, hvortil grænsen kan trækkes mod syd på grundlag af ovennævnte antagelser. Den fuldt optrukne linie er den af Ødum (1968) indtegnede udbredelsesgrænse for findesteder med flintkonglomerater i markstendynger.

Diagrammet fra Emmerlev Klev, lok. 3, (fig. 8 og 9) er opstillet som delt diagram. Ved Emmerlev Klev, der tidligere er omtalt af Nordmann (1925) og Hansen (1966), er de 2 øverste tællinger udtaget af moræneler øverst i klinten, men omkring 100 meter syd for den sydlige mose. De 3 nedre tællinger er fra morænelersprøver, der er indsamlet i siden af mosens underlag. Placeringen af de 2 øvre prøver er sandsynligvis stratigrafisk under mosens, men klintopbygningen er kompliceret, og der synes at være flagestrukturer – af moræneler i moræneler – i klinten, med en oprensning fra en sydlig sektor.

Umiddelbart under mosens er der 1–2 m gråt moræneler, (fig. 7), og herunder følger – med nogenlunde skarp grænse – kalkholdigt, men jernforvitrede moræneler, der nedad viser et normalt stigende kalkindhold. Det kan tænkes, at der er tale om to adskilte morænetyper under mosens, men ud fra fingrustællingerne at dømme, er der ikke tvivl om, at al moræneleret er af »Warthe-type«. Over mosens ses for tiden en pænt udviklet fossil jordbund.

Diagrammet fra Møgeltonder, lok. 1, (fig. 8 og 9) viser smeltevandssedimenter, der efter tællingerne henføres til Elster, og som er overlejret af en diskordant moræne, der formodentlig er af »Warthe-type«.

Lagfølgen ved Broeng, lok. 39, (fig. 8 og 9) viser tilsvarende Elster smeltevandssedimenter, men her overlejret af en morænesand, der efter sammensætning og habitus menes at være »Drenthe-type«. Det stigende indhold af kvarts og flint op gennem morænesandet skyldes en meget kraftig podsolering i morænesandets øvre del, hvorved de krystalline bjergarter er delvis forvitrede bort.

Den fossile jordbund ved Broeng er tidligere omtalt af Sjørring (1977), der diskuterede jordbundsudviklingens alder, og anså det for sandsynligt, at der var tale om en fossil jordbund fra Eem. Samtidig blev det formodet, at smeltevandssedimenterne under morænen var af Saale alder. De må nu efter fingrustællingerne – som nævnt – henføres til Elster.

Ved et besøg i 1978 kunne der iagttages en kraftig dislokation af smeltevandssand, moræne

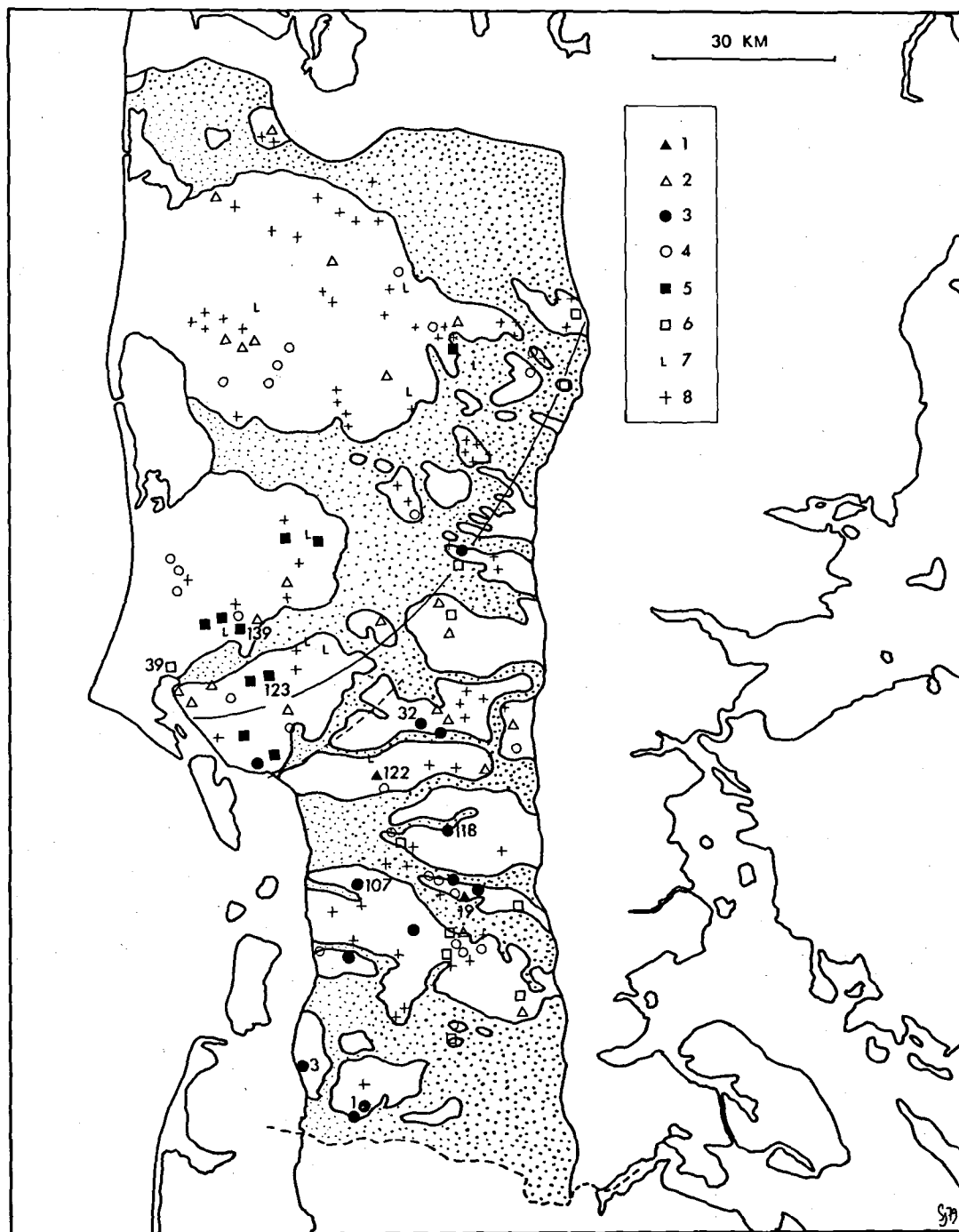


Fig. 9. Oversigtskort over lokaliteter. 1: Elster moræner, 2: lokaliteter med ikke undersøgte moræner, 3: Warthe moræner, 4: lokaliteter med smeltevandsaflejringer, der er stratigrafisk be-

stemt, 5: Flintkonglomerat moræner, 6: Drenthe moræner, 7: leraflejringer, 8: lokaliteter med smeltevandsaflejringer, hvorfra prøver endnu ikke er undersøgt.

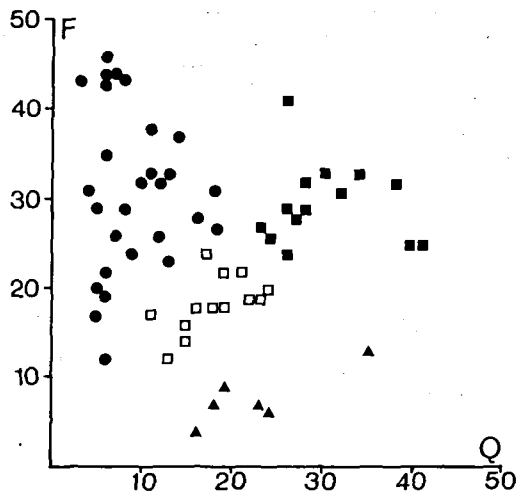


Fig. 10. De glaciogene prøver ordnet efter kvarts/flint forhold. Sorte pletter: Warthe moræner; sorte firkanter: Flintkonglomerat moræner; åbne firkanter: Drenthe moræner og sorte trekanter: Elster moræner.

og jordbund, hvilket må medføre, at jordbundsdannelsen må være ældre end det sidste isfremstød i området, dvs. ældre end Eem. Den antagelse, at jordbundsudviklingen har fundet sted i Drenthe morænesand, bestemmer, at jordbunden er yngre end Holstein, og der må således være tale om en intra-Saale jordbundsudvikling.

Stremme (1964) har beskrevet en fossil jordbund ved Böxlund (vest for Flensburg), der skulle være af Treene alder (interglacial eller interstadial mellem Drenthe og Warthe). Ved fornyede gravninger ved Böxlund i 1978 viste det sig, at Treene-jordbunden også ligger disloceret her.

Mens dislokationerne ved Böxlund formodentlig er af Warthe alder, er dislokationerne af jordbunden ved Broeng frembragt af en Warthe is eller af »Flintkonglomerat isen«. De to omtalte fossile jordbunde er ikke nødvendigvis udviklet samtidig.

En samlet oversigt over tællingerne fra de glaciogene prøver fra Vestjylland er sammenstillet i fig. 10, ordnet efter forholdet mellem kvarts og flint, som foreslået af Ehlers (1978).

Umiddelbart er der rimelig overensstemmelse mellem de danske og de tyske tællinger, men det skal fremhæves, at diagrammet for de tyske tællinger i Hamburg-området også viser »Drenthe-type« tællinger med højt kvarts + flintindhold. Til forskel fra den danske »Flintkonglo-

merat-type« er kvartsindholdet i de tyske tællinger noget højere end flintindholdet, der i de tyske tællinger for Drenthe ikke overstiger 25% flint, mens flintindholdet i de danske »Flintkonglomerat« tællinger overstiger 25%. Om denne forskel skyldes en tilfældighed, en horisontal variation, eller om der virkelig er tale om adskilte fremstød, kan være vanskeligt at afgøre.

For at fremhæve forskellen mellem den stenede og sandede morænesand i området med flintkonglomerater fra den normale kompakte eller båndede Drenthe-type, er de i fig. 10 viste tællinger indsat i et trekantsdiagram, hvor komponenterne er kvarts, flint og krystalline + metamorfe bjergarter (fig. 11). Herved fremhæves adskillelsen mellem Drenthe-type og Flintkonglomerat-type, men om denne adskillelse alene skyldes et forvittringsfænomen, eller om den er fremkommet som et resultat af en forskel i oprindelig genetisk sammensætning i aflejningsøjeblikket, som antaget af forfatterne, er endnu ikke helt afklaret.

Hvis flintkonglomerat-morænen antages at være fremkommet ved forvittring af en normal Drenthe-moræne, kunne en naturlig forklaring på den mere fremskredne forvittring i den vestlige del af Vestjylland være, at Warthe-isen ikke nåede frem over dette område, der således har været underlagt ét isfremstøds klimaforhold og varighed længere, end det resterende område med Drenthe aflejringer. Imod denne antagelse taler dog det nævnte forhold, at der i egnen omkring Esbjerg findes lokaliteter, hvor »Drenthe-type« (= Flintkonglomerat-moræne) overlejrer Warthe sediment, selv om kornstørrelsesfordelingen er præcis som for den tyske Drenthe.

Foraminiferundersøgelser

Som tidligere nævnt er lokaliteter med uforvitret morænemateriale sjældne i Vestjylland, men hvor der har været kalkholdige moræner, er 500 g tørt materiale vådsigtet på en 0,063 mm sigte, og eventuelle foraminiferer er separeret fra med CCl₄.

Fra den mørke moræne er der udtaget prøver i Thiset, ved Knudshoved Klint, fra boreri i Holsted og Hammerum, samt fra udgravninger i Herning. Endelig er en prøve af morænesand under det limniske Holstein i Trelde Klint undersøgt.

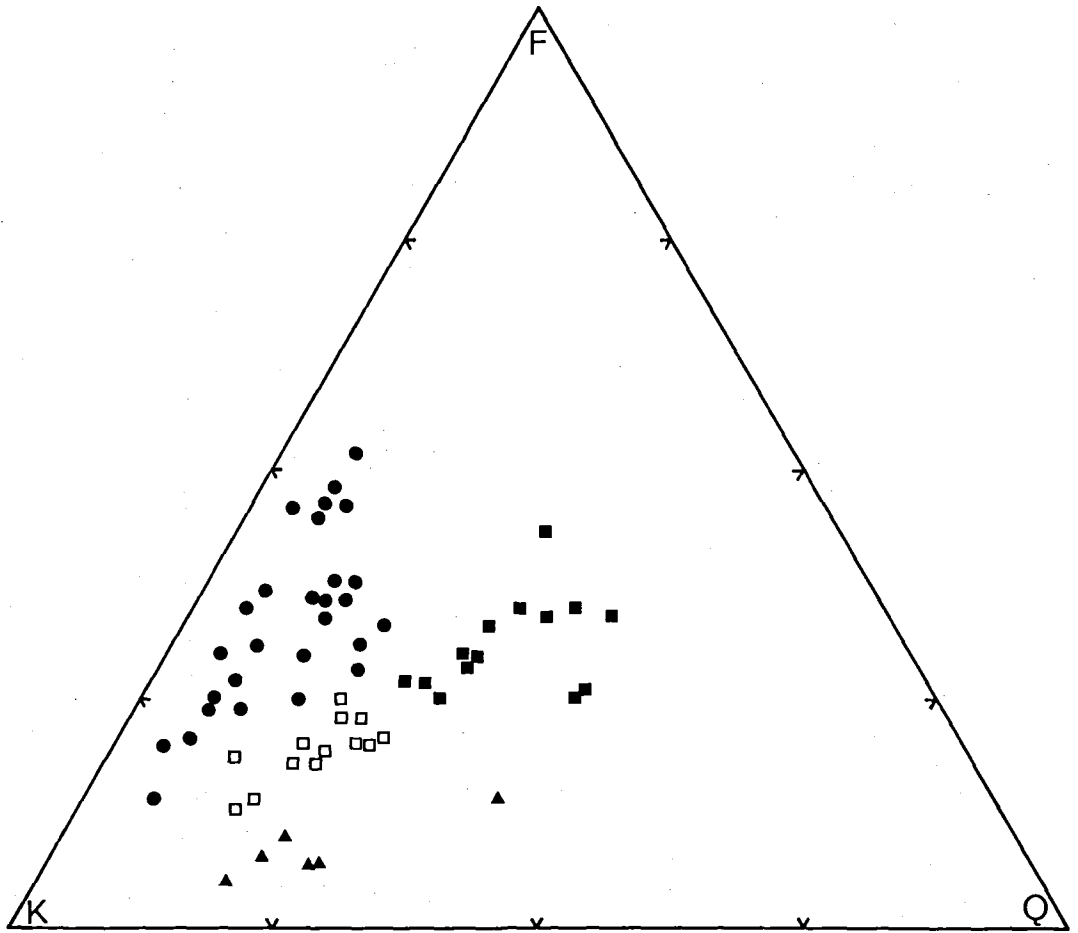


Fig. 11. De glacigene prøver ordnet efter kvarts-flint-krystallinitet. Signaturer som i fig. 10.

Prøverne fra Thiset og fra Trelde indeholder ingen kvartære foraminiferer, mens de øvrige prøver indeholder 5–25 foraminiferer pr. 100 g. Så få individer giver ikke sikre oplysninger om moderbjergarten, men de fundne foraminiferer kan være opsamlet fra samme havaflejrning. Dominerende form er *Elphidium excavatum forma clavata*, der optræder i alle de foraminiferholdige prøver, desuden findes *Ammonia batavus*, *Elphidium albiumbilicatum*, *Protelphidium orbiculare* og *Uvigerina peregrina* ofte, mens *Casidulina crassa*, *Elphidium subarcticum*, *Bulimina marginata* samt *Protelphidium anglicum* er sjældne (nomenklatur efter Konradi, 1976). Den nævnte fauna kan være optaget fra en marin Holstein havaflejrning jf. Buch (1955). Det sorte morænemateriale består formodentligt

af to forskellige enheder, hvor morænen i Thiset og Trelde kan være af Elster alder, mens prøverne fra Holsted, Herning, Hammerum og Knudshoved Klint antagelig er af Saale alder (hvilket er overensstemmende med udførte fingerstællinger).

Fra det kalkholdige moræneler ved Emmerlev Klev og den øvre del af Klåby Gård, og fra det kalkprægede moræneler (-mergel) ved Klåby Gård (nedre del), Lundsgård og Arnum, er prøvernes indhold af kvartære foraminiferer særdeles ringe (1–6 stk. pr. 100 g). Mest almindeligt findes *Protelphidium orbiculare* og *Elphidium excavatum forma clavata*, men desuden er der fundet enkelte *Noneon barleanum*, *Casidulina crassa*, *Elphidium marginataceum* og *Ammonia batavus*. Faunaens modermateriale kan ikke bestemmes

på grundlag af det ringe indhold af kvartære foraminiferer.

Stratigrafisk oversigt

Resultaterne fra rekognosceringen i Vestjylland viser, at såvel moræneaflejringer som smeltevandsaflejringer fra Elster kan findes i bakkeøerne. I overensstemmelse med foraminiferundersøgelserne og fingrustællingerne kan det fastslås, at den visuelt karakteristiske mørke moræneenhed består af mindst to stratigrafisk forskellige enheder. På grundlag af lejringsforholdene i graven ved Stårup er det også vist, at der er smeltevandsaflejringer både under og over moræneenheden, og at der enten er tale om to adskilte isfremstød eller et recessivt fremstød i Elster.

Aflejringerne fra Saale istiden synes at kunne opdeles i mindst tre enheder, et Drenthe fremstød, et Warthe fremstød og et fremstød, der er karakteriseret ved sit store indhold af flintkonglomerater, en lagfølge, der er ganske i overensstemmelse med den af Milthers (1957) foreslåede.

Der er fundet smeltevandsaflejringer fra Drenthe fremstødet såvel under, som over morænen. Mest almindeligt findes det under morænen, hvilket viser, at smeltevandsaflejringer typisk aflejres foran den fremrykkende is.

Der er tilsvarende fundet smeltevandsaflejringer under Warthe morænen, men sjældent (aldrig?) over den.

Det sidste isfremstød, »Flintkonglomerat-isen« fra nord, har aflejret en meget sandet og stenet moræne, der er fundet både over- og underlejret af tilhørende smeltevandssedimenter.

Retningerne af de tre Saale isfremstød, fra nord, øst og igen fra nord i Saale istiden, varierer lokalt. Foreløbige undersøgelser viser, at Drenthe isen ikke sjældent har bevæget sig fra en nordvestlig retning, stedvis fra vest.

Warthe isen har haft lokale retninger fra sydøst og nordøst. Retninger fra sydøst synes at være hyppigere i de kystnære områder, samt ind mod Ødum's (1968) udbredelsesgrænse for flintkonglomerater. Det er ikke utænkeligt, at Warthe isen mod nordvest har haft en udbredelsesgrænse, der ikke afviger meget fra udbredelsesgrænsen for de fra nord kommende flintkonglomerater. I denne forbindelse skal det nævnes, at der kun er fundet to lokaliteter inden for den baltiske enklave. Der er ikke fundet norske blokke på lokali-

teterne, men flere stykker rhombeporfyr i fingrustællingerne (3–5 mm).

Retningen for »Flintkonglomerat-isen« har været fra nord med lokalretninger fra nordvest og nordøst nær ved den maksimale udbredelsesgrænse, ofte mere subparallelt med grænsen end vinkelret herpå.

Korrelationer

Aflejringerne fra Saale istiden omfatter mindst tre adskilte isfremstød, hvoraf de to ældre kan korreleres med tilsvarende aflejringer i Nordtyskland. Det ældre Drenthe fremstød, der nåede frem til Nordholland (jf. kort i Liedtke, 1975), kendes i Hamburg-området med flere adskilte faser (fig. 12), nemlig Ottenser Vorstoss, Haupt-Drenthe og en »Obere Drenthe« (rød dolomitrig moræne, der optræder pletvis, og som ikke er tegnet med på fig. 12) i følge Ehlers (1978).

I Schleswig-Holstein er der lokaliseret to faser, et Hauptvorstoss og et mindre markant Itzehoe stadium, begge tilhørende Drenthe (= Lippe Eiszeit efter Picard (1967)). I Danmark er der indtil nu med sikkerhed kun fundet et Drenthe fremstød (Med hensyn til navngivning inden for dansk territorium, se nedenfor).

Det yngre Warthe fremstød, der i Danmark og Schleswig-Holstein generelt kom fra øst, og som nåede ud over kysten i Schleswig-Holstein og i Danmark til omkring Esbjerg i nord, havde i Hamburg-området en bevægelsesretning mod sydvest. I Hamburg-området og det nordlige Niedersachsen er indholdet af ledeblokke i dette Niendorfer Vorstoss stort set det samme, som i Haupt-Drenthe, hvorfor Niendorfer Vorstoss i en periode har været regnet til Drenthe (i betydning-

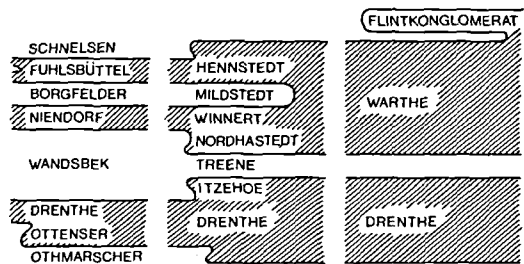


Fig. 12. Stratigrafisk sammenstilling af Saale morænerne med anvendelse af uformelle formationsnavne. Venstre afsnit repræsenterer Hamburg-området, i midten er stratigrafien for Schleswig-Holstein og til højre findes de tilsvarende danske enheder. Skravering angiver glaciogene aflejringer.

gen Drenthe II), jf. Woldstedt og Duphorn (1974). Senest har Ehlers (mundtligt ved et møde i Holland i juni 1979) foreslået, at Niendorfer Vorstoss henregnes til Warthe, som var den tidligere opfattelse (Grube, 1967), hvortil ellers kun Fuhsbüttler fremstødene har været henført. Bliver dette forslag accepteret, bliver der atter overensstemmelse mellem de forskellige områders Saale stratigrafi, som vist i opstillingen fig. 12.

Det yngste Saale isfremstød i Danmark, »Flintkonglomerat-isen«, er på fig. 12 udskilt som en egen enhed. Hvis de fremtidige undersøgelser viser, at der er tale om et eget egentligt isfremstød, medfører det en ægte 3-deling af Saale istiden, mod den nuværende 2-deling, men som diskuteret oven for, er der usikkerhed om »Flintkonglomerat-isens« eksistens, og det skal nævnes, at flintkonglomerater er fundet så sydligt, som i Ostfriesland (Meyer, 1971).

I det ovenstående er der benyttet lokale og regionale tyske betegnelser for enheder, der er undersøgt i Danmark. Årsagen hertil er, at de danske forhold endnu er så usikkert belyst, at egne formationsnavne måske ville få en yderst kort levetid. Så snart der er gennemført egentlige stratigrafiske undersøgelser, vil en ny terminologi blive overvejet, måske med en ændret korrelation til følg.

Tak

Rekognosceringen i Vestjylland har i det sidste år været støttet af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd, der også har muliggjort Steen Sjørring's rejse til Holland i juni måned, hvor Saale stratigrafi i Holland, Tyskland og Danmark blev diskuteret.

Fotograferne Ole Berthelsen og Preben Nielsen (Geologisk Centralinstitut) takkes for udført fotoarbejde, og Eckart Håkansson og Aase Bennedsen takkes for hjælp med oversættelse til henholdsvis engelsk og tysk.

Zusammenfassung

Eine Aufklärung ist in den »Hügelinseln« in Westjütland durchgeführt worden, wo alle bekannten Kiesgruben und Küstensteilufer besucht worden sind.

Die Untersuchungen haben eine kurze Beschreibung der Sedimente und der strukturellen Verhältnisse der Gruben umfasst, und stellen-

weise sind Proben für Feinkiesanalyse, Korngrößenanalyse, Kalkbestimmung und Bestimmung des Inhalts den umlagerten quartären Foraminiferen herausgenommen worden.

Die vorläufige Resultate Zeigen, dass es glaziale Ablagerungen mindestens eines Elster Eisvorstosses, und glaziale Ablagerungen von wenigstens zwei, wahrscheinlich drei getrennten Saale Eisvorstosses gibt.

Die vorgeschlagene Glazialstratigraphie der Saale Ablagerungen in Westjütland sind mit den in Schleswig-Holstein und im Hamburger Raum aufgestellten verglichen worden, und es scheint eine fernünftige Übereinstimmung im Aufbau der drei Gebiete zu geben.

Litteratur

- Andersen, S. T. 1965: Interglaciale og interstadiale i Danmarks Kvartær. *Meddr dansk geol. Foren.*, 15, 486–506.
- Andersen, S. T. 1969: Interglacial vegetation and soil development. *Meddr dansk geol. Foren.*, 19, 90–102.
- Berthelsen, A. 1978: The methodology of kineto-stratigraphy as applied to glacial geology. *Bull. Geol. Soc. Denm.* 27, spec. issue, 25–38.
- Buch, A. 1955: De marine interglaciale lag ved Inder Bjergum. *Meddr dansk geol. Foren.*, 12, 593–652.
- Ehlers, J. 1978: Die quartäre Morphogenese der Harburger Berge und ihrer Umgebung. *Mitt. Geogr. Gesellschaft in Hamburg*, 68, 181 s.
- Gripp, K. 1964: *Erdgeschichte von Schleswig-Holstein*, 411 s. Neumünster.
- Grube, F. 1967: Die Gliederung der Saale-(Riss-) Kaltzeit im Hamburger Raum. *Fundamenta*, 2, 168–195.
- Hansen, S. 1965: *The Quaternary of Denmark*, i: Rankama (ed.): *The Quaternary*, 1, 90 s.
- Hansen, S. 1966: I: Hansen, S., Andersen, A. og Jakobsen, B.: *Ekskursion til Sønderjylland. Meddr dansk Geol. Foren.*, 16, 246–260.
- Hansen, S. 1978: Sidste nedisnings maksimums-udbredelse i Syd- og Midtjylland, (redigeret af A. V. Nielsen). *Dann. geol. Unders., Årbog 1976*, 139–152.
- Jessen, A. 1922: Beskrivelse til geologisk kort over Danmark, kortbladet Varde. *Dann. geol. Unders.* I, 14, 105 s.
- Jessen, A. 1925: Beskrivelse til geologisk kort over Danmark, kortbladet Blåvandshuk. *Dann. geol. Unders.* I, 16, 76 s.
- Konradi, P. B. 1976: Foraminifera in Eemian deposits at Stensigmoose, southern Denmark. *Dann. geol. Unders.* II, 105, 57 s.
- Liedtke, H. 1975: Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. *Forschungen zur deutschen Landeskunde*, 204, 160 s.
- Madsen, V. 1928: Oversigt over Danmarks Geologi. *Dann. geol. Unders.* V, 4, 208 s.
- Madsen, V. og Nordmann, V. 1940: Kvartæret i Røgle Klint ved Lillebælt. *Dann. geol. Unders.* II, 58, 142 s.
- Meyer, K.-D. 1971: Flintkonglomerat-Geschiebe in Ostfriesland und Oldenburg. *Oldenburger Jahrbuch*, 70, 2, 113–118.
- Milthers, V. 1925: Beskrivelse til geologisk kort over Danmark, kortbladet Bække. *Dann. geol. Unders.* I, 15, 175 s.
- Milthers, V. 1939: Beskrivelse til geologisk kort over Danmark, kortbladet Brande. *Dann. geol. Unders.* I, 18, 162 s.

- Milthers, V. 1955: Et vestjysk istidsområde. *Meddr dansk geol. Foren.*, 13, 63–78.
- Milthers, V. 1957: Sydvestjyllands glaciale lagforhold. *Meddr dansk geol. Foren.* 13, 206–216.
- Nordmann, V. 1925: Interglaciale moser i Emmerlev Klint i Vestslesvig. *Meddr dansk geol. Foren.* 6, 35–37.
- Nordmann, V. 1943: Tønder-egnens geologi. I: »Tønder gennem tidene«, 7–31. Tønder.
- Picard, K. 1967: Zu Altersbezeichnungen des Eiszeitalters in Schleswig-Holstein. *Die Heimat*, 74, 9, 1–6.
- Sjørring, S. 1977: Et fossilt podsolprofil i Vestjylland. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1976*, 1–2.
- Stremme, H. E. 1964: Die Warmzeiten vor und nach der Warthe-Eiszeit in ihren Bodenbildungen bei Böxlund (westlich Flensburg). *N. Jb. Geol. Pal., Mh.*, 237–247.
- Woldstedt, P. und Duphorn, K. 1974: *Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter*. 500 s. Stuttgart.
- Zandstra, J. G. 1976: Sedimentpetrographische Untersuchungen des Geschiebelems von Emmerschans (Drenthe, Niederlande) mit Bemerkungen über eine Typeneinteilung der Saale-Grundmoräne. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 27, 30–52.
- Ødum, H. 1968: Flintkonglomeratet i Jylland, Tertiærformation og ledeblok. *Meddr dansk geol. Foren.*, 18, 1–32.