

# UNDERSØGELSER OG TOLKNINGER AF DISLOCEREDE ISSØBAKKER

af

H. WIENBERG RASMUSSEN

## Abstract

*Studies and interpretations of hills consisting of disturbed glacial lake deposits.*

The hills discussed were first described by A. RØRDAM and V. MILTHERS in 1900 under the name of "hat-shaped hills" from Northwest Zealand, Denmark. They consist of well-stratified sand and gravel with strongly inclined, often vertical bedding planes and rise prominently from a late Würm till plane. The origin of these hills is discussed on the basis of new studies.

The sediments consist of alternating, well-stratified beds of sand and gravel, locally with ripple mark, slumping and several series with rhythmic graded bedding resembling varves. This indicates sedimentation in glacial lakes with current melt-water. It appears that the sedimentation has lasted for at least 30 years.

The thickness of the sedimentary series is almost 200 m, and the thickness of the ice-sheet during the formation of the glacial lakes must have been slightly more.

The present inclination of the bedding planes is in most of the hills opposite to the movement direction of the ice. In these hills the deposit as a unit has been pressed up against stagnant ice. The beds may even stand vertical or be curved so that the upper part of the beds is tilted more than 90° and appears to slope in the direction of the ice movement.

Some hills with bedding planes sloping in the direction of the ice movement may have been overturned in this way more than 90°, but it is also possible, that they have been turned forward during the movement of the ice.

Reverse faults dip less than 45° in a direction opposite to that of the ice movement and confirm the interpreted direction of the ice movement. Since they are almost perpendicular to the bedding planes, they were formed by ice pressure after the deposit was tilted.

Normal faults dip more than 45° in several directions, mostly in that of the nearest edge of the hill. They displace the reverse fault planes. They were formed by settling of the hill when the surrounding ice melted away.

There is no indication of ice movement in more than one direction during the formation of the hills.

The pronounced form and the sharp edges of the hills show that they were overrun by the ice after their formation. They have formed small nunataks near the margin of the ice, corresponding to some degree to glacial lakes and nunataks along the boundary between active and stagnant ice near the ice margin in Greenland. Small amounts of boulder clay form an incomplete cover over a few hills. This has presumably come by solifluxion from the surface of the surrounding ice.

Low ridges of boulder clay behind some of the hills were presumably formed as morain accumulations behind nunataks. They agree with the direction of the ice movement. It is however possible that these elevations existed previously and initiated the formation of the glacial lakes.

### DE »HATFORMEDE BAKKER«

I området syd for Kundby i Nordvestsjælland rejser en gruppe af omkring 20 isolerede, velafgrænsede bakker sig markant over morænefladen og når i flere tilfælde en højde af mere end 20 m over omgivelserne. Bakkerne har en afrundet overflade med ret stejle sider og en elliptisk grundfalde, hvis største diameter sjældent overstiger nogle få hundrede meter. De består af lagdelte smeltevandsaflejringer, ofte som ret tynde lag og med stærkt vekslende kornstørrelse fra lag til lag. Hovedparten udgøres af sand, men i flere af bakkerne veksler sand med lag af grus og småsten, og stedvis er fundet ganske tynde lag af stenfrit ler. Den omgivende moræneflade består af moræneler.

Lagene i bakkerne er mere eller mindre stejltstillede, stedvis lodret stående, og er gennemsat af forkastninger med forskellige retninger. I nogle af bakkerne er lagene krummet i hele deres udstrækning, således at en stejltstillet lagflade kan hælde i én retning foroven i bakken og i den modsatte retning foroven i bakken. Langs bakkernes overflade kan lagene være ombøjjet og udtværet i den retning, overfladen hælder.

Disse bakker er først beskrevet af K. RØRDAM og V. MILTHERS i 1900 under betegnelsen "hatformige bakker", et navn, som ifølge oplysning fra V. MILTHERS var inspireret af den tids damehatte.

### ÆLDRE IAGTTAGELSER OG TOLKNINGER

K. RØRDAM og V. MILTHERS iagttog i Lundeberg et profil med en lodret stående lagserie, der havde en lagtykkelse på 70 m. De antog, at hele lagserien nåede en tykkelse på mindst 200 m svarende til bakkens udstrækning vinkelret på lagseriens strygning. Tilsvarende størrelser blev anslået for flere af de øvrige bakker, hvis laghældning var synlig i profiler. Dette tal skal dog muligvis reduceres noget på grund af en forlængelse fremkommet ved forskydninger langs brudflader og udskridninger langs bakkernes rand. De angav endvidere, at lagene i overfladen af Lundeberg var ombøjjet og udtværet af isen, og bakkens overflade var dækket af det udtværede grus og enkelte steder tillige af moræneler.

Om bakkernes oprindelse skrev RØRDAM og MILTHERS: "Naar man ser hen til de forøvrigt meget regelmæssige Terrænforhold, der er et Særligt for denne Del af Kortomraadet, synes der kun at være meget ringe Sandsynlighed for, at Isen paa sin Vej skulde have brudt saa mægtige Lag af Undergrunden op og atter aflejret dem med nogenlunde parallel og kun forholdsvis lidt forstyrret Lagstilling, saaledes som det her er sket. Derimod maa man rimeligvis snarere antage, at de Lag, som her nu staa paa Kant, oprindeligt ere dannede i Spalter eller Hulrum i Isen og have derved kunnet opnaa en meget anseelig Mægtighed samtidig med, at den horizontale Udstrækning af Lagene kun var forholdsvis ubetydelig. Ved Isens Bortsmeltning maatte de saaledes aflejrede, fluvioglaciale Lag næsten nødvendigvis komme til at hælde under større eller mindre Vinkler, ganske som Tilfældet er med de her forefundne Sand- og Gruslag." Ombøjningen af lagene i toppen af Lundeberg forklares som resultat af isens bevægelse hen over bakken enten samtidig med at lagserien er rejst på højkant eller ved en senere isbevægelse i ombøjningens retning.

I 1942 anvendte K. MILTHERS betegnelsen hatformede bakker om de talrige enkeltbakker på Langeland. Deres antal angaves til 160, og det blev oplyst, at ledeblokindholdet i bakkernes grus ikke står i modsætning til overfladens blok-indhold, men svarer til blokselskabet langs Langelands vestkyst, mens østkysten af Langeland har et lidt mere rent baltisk blokmateriale.

I 1943 gentog V. MILTHERS med visse tilføjelser sin beskrivelse og forklaring af de hatformede bakker ved Kundby. Lagene antoges at være aflejret i spalter



Fig. 1. Moræneflade med hatformede bakker ved Kundby, Nordvestsjælland. 1:40 000. Kurveafstand 2,5 m. Autoriseret gengivelse efter Geodætisk Institut M 3123. Kliché udlånt af D.G.U. (jvf. D.G.U., V række nr. 6, fig. 28, p. 87)  
 Till plane with "hat-shaped hills". N. W. Zealand, Denmark. 1:40 000. Contour interval 2.5 m.

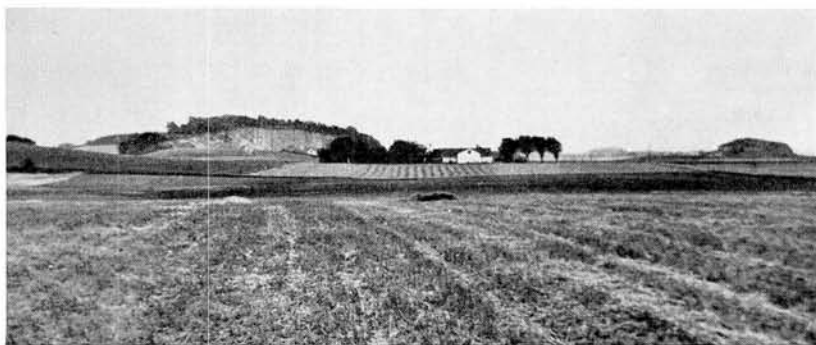


Fig. 2. Moræneflade med hatformede bakker syd for Kundby. Set fra nord. Gården ligger for enden af en lav moræneryg, som strækker sig i sydøstlig retning fra Keldbjerg (til venstre for billedet). Til venstre for gården ses profilet i Gedebjerg og lidt af det bagved liggende Lundebjerg. Til højre ses i baggrunden Kirkebjerg og i forgrunden en mindre bakke.

Till plane with "hat-shaped hills" south of Kundby seen from the north. The house is at the end of a low moraine ridge stretching southeast from Keldbjerg (left of the picture). Left of the house is seen the profile of Gedebjerg and behind this a part of Lundebjerg. To the right is Kirkebjerg in the background and a smaller hill in the foreground.

i isen, og lagstillingen blev forklaret som resultat af, at aflejringen er væltet ved isens bortsmelten. Senere skulle isen have bevæget sig hen over bakkerne og ombøjet lagene langs overfladen i bevægelsesretningen, altså mod nordøst i Lundebjerg. Samtidig skulle bakkerne have fået et dække af usortet grus, sand og stedvis moræneler. Ved isens passage hen over de stejle bakker skulle bevægelsens hastighed være aftaget, hvorved moræneler blev aflejret som lave, langstrakte rygge i læsiden af bakkerne. Disse rygge blev betegnet slæb og sammenlignet med de fra andre lande kendte drumlins, der er moræneaflejringer over og i læ af forhøjninger i det faste underlag. De formodede moræneslæb viser sig i kurvebilledet fra Kundby-området, hvor morænefladens højdekurver omkring nogle af bakkerne er trukket ud i vestlig eller sydvestlig retning. De ses mest tydeligt ved Drusebjerg, Lundebjerg, Hyrdehøj, Kirkebjerg, Toftebjerg og Rønnebjerg. De hatformede bakker skulle således være overskredet af en is med bevægelse i retning mod vest eller sydvest, hvilket er i overensstemmelse med de af V. MILTHERS angivne israndstillinger i området. Morænefladen er tilsyneladende dannet af en istunge, som er trængt frem gennem Holbæk Fjord og Lammebjerg mod de store randmoræner nord for Amosen og i nærheden af Brejninge.

Det må til denne fremstilling bemærkes, at isbevægelsen vurderet på grundlag af randmorænerne og moræneslæbet er foregået i retning mod vest eller sydvest. De ombøjede lag i toppen af Lundebjerg er tolket som resultat af samme isbevægelse som slæbet, men er taget som vidnesbyrd om, at bevægelsen foregik i den stik modsatte retning.

I 1948 meddelte K. MILTHERS i en ekskursionsberetning, at bakkerne syd for Kundby i Hornsherred ikke som angivet af V. MILTHERS er kames med uforstyrrede smeltevandslag. Et profil i Allingbjerg viste stejltstillede gruslag, som tilsyneladende er presset op fra øst og dækket af et tyndt lag moræne. Bakkerne svarer således i deres struktur til de hatformede bakker.

I 1949 publicerede G. WENBERG en mere detaljeret undersøgelse af de hatformede bakker i Danmark. Bakkernes materiale blev betegnet som smeltevandsaflejringer dækket af moræne, og lagstillingen blev tolket som resultat af oppresning forårsaget af et istryk fra den side, lagene hælder imod. I nogle til-

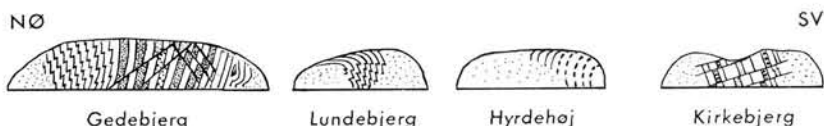


Fig. 3. Profilskitse med angivelse af lagserien i de hatformede bakker ved Kundby.

Profiles of the "hat-shaped hills" south of Kundby.

fælde er lagenes oppresning og krumning så kraftig, at hældningen af samme lagflade er modsat rettet i bakkens nedre og øvre del. Dette gælder således Gedebjerg ved Kundby og Eskebjerg på Langeland. For at forklare dette antog WENBERG, at oppresningen var betinget af to forskellige istunger, som trængte frem over området efter hinanden og med omtrent modsat bevægelsesretning. Lagene skulle da oprindelig være aflejret i en "Smålandsis", hvorved han forstår slutfacen af den nordøstlige "meridianis". Denne is fra nordøst kunne have oppresset lagene i Gedebjerg, som har fået en nordøstlig hældning, der endnu er bevaret i bakkens nedre del. Derimod fandtes en tilsvarende hældning af de nedre lag ikke i Eskebjerg på Langeland, og der er ingen vidnesbyrd om, at bakkerne på Langeland skulle være presset op af den nordøstlige is. Umiddelbart efter dette stadium er den baltiske is trængt frem gennem Storebælt i området mellem Langeland og Kundby. Smeltevandsaflejringerne på Langeland og ved Kundby var da endnu omgivet af en passiv meridianis, der i Kundby-området nåede en højde af 20–30 m over havet og således ikke dækkede bakketoppene. I Gedebjerg skulle bakkernes øvre del over 30 m niveauet være presset op af Storebæltsgletscherens tryk fra sydvest og lagene derved have fået hældning mod sydvest og små horisontalforskydninger mod nordøst. For Lundebjergs vedkommende angav WENBERG ud fra RØRDAMS og MILTHERS' figur, at den lodret stående lagserie i bakkens nedre del er horisontalforskuet af meridianisen mod sydvest langs forkastninger, mens lagenderne langs bakkens overflade er ombøjet mod øst af Storebæltsgletscheren. I Hyrdehøj, som ligger under 30 m niveauet, er lagene stejltstillede og bøjede, så de fornedet hælder mod vest, foroven mod øst, stik modsat Gedebjerg. Her har WENBERG set helt bort fra lagstillingen i bakkens nedre del og tolket lagenes hældning i den øvre del af profilet som resultat af meridianisens tryk fra øst, ligesom det anførtes, at meridianisen har horisontalforskuet de øvre lag mod vest. I Kirkebjerg hælder lagene mod sydvest, og det blev angivet, at lagene langs forkastninger er horisontalforskuet mod nordøst. Disse lag blev derfor tolket som oppresset fra sydvest af Storebæltsgletscheren. Ved Eskebjerg på Langeland skulle lagserien ifølge WENBERG være klemt sammen mellem Storebæltsgletscheren og den passive rest af "Smålandsis". De øvre lag skulle herved på sædvanlig måde have fået deres hældning mod sydøst ind mod Storebæltsgletscheren, mens den modsatte hældning i bakkens nedre del blev tolket som resultat af et "passivt modtryk" fra Smålandsisen.

Til denne fremstilling kan indvendes, at de af WENBERG angivne oppresningsretninger i Kundby-området ikke støttes af andre vidnesbyrd om isens bevægelsesretning. De er i strid med V. MILTHERS tolkning af isbevægelsen og randmorænernes beliggenhed i dette landskab og forudsætter den stik modsatte retning af isens bevægelse. Oppresningen af lagserien i Eskebjerg ved et "passivt modtryk" står uden forklaring. De krumme lagflader i Hyrdehøj kan ikke bringes i overensstemmelse med de anførte teorier, og de angivne horisontalforskydninger i flere af bakkerne er alle knyttet til stejltstående normal-forkastninger, som ikke kan dannes ved et horisontaltryk af isen.

I beskrivelsen til kortbladet Svendborg omtalte K. MILTHERS 1959, at der på Langeland findes mere end 1000 enkeltbakker svarende til de hatformede bakker. De danner flere rækker bag en israndlinie, som forløber omtrent i øens længderetning. Både smeltevandssand, grus og moræneler forekommer i bak-

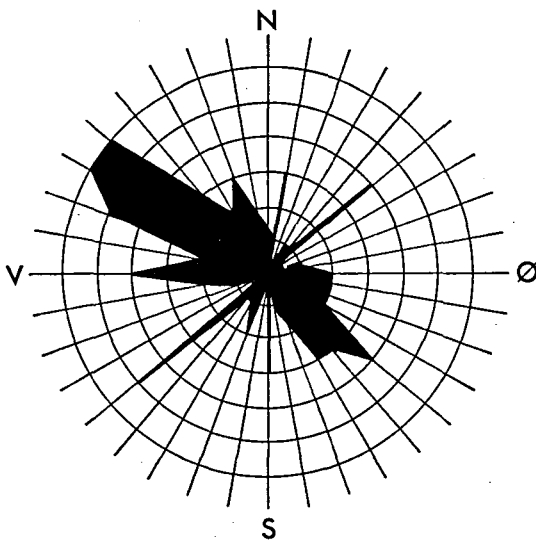


Fig. 4. Hældningsretningernes hyppighed i de hatformede bakker på Langeland. Efter K. MILTHERS, 1959.

Frequency of the dip directions in the "hat-shaped hills" on Langeland.

kerne. Det anførtes, at gruset er velsorteret, afsat i ret stærk strøm. Lagene er stejltstillede og stryger næsten konstant i bakkerækkernes og dermed israndens retning, men hælder snart ind mod isen (sydøst) snart ud mod randen (nordvest). Han anførte endvidere, at indholdet af ledeblokke i bakkerne er forskelligt fra ledeblokkene på overfladen, idet bakkerne indeholder godt 50% baltiske blokke, men overfladen 70% baltiske blokke. Han sluttede heraf, at bakkernes materiale er ældre end det sidste isfremstød. Det må dog hertil bemærkes, at der aldrig er foretaget tællinger af overfladen på Langeland, og de anførte procenter er baseret på 67 ledeblokke optalt af V. MILTHERS 1909 i to grusgrave på Langeland og sammenlignet med tællinger af overfladens ledeblokke omkring Svendborg.

Med hensyn til dannelsen af de hatformede bakker på Langeland skrev K. MILTHERS, at der ikke kan være tvivl om, at lagene er afsat i huller og spalter i isens randzone, idet moræneleret er presset op fra nedenunder, mens sandet er skyllet ned fra oven. Lidt senere skrev han dog, at sandet enten er en ældre hedeslette, som er brudt op af isen fra ØSØ (Storebæltsgletscheren) og som flager er indlejret i moræneaflejringerne, eller også er sandet af en ældre isstrøm afsat som en hedeslette oven på dødisen, hvorefter smeltevand fra den nye isstrøm har skyllet materialet ned i spaltesystemer, der opstod ved spændingen mellem dødisen og den nye isstrøm. Ved isens fortsatte fremrykning skulle lagene derefter være presset op.

I 1965 omtalte jeg de hatformede bakkers materiale som søaflejringer i randzonen af en levende indlandsis og nævnte forekomsten af glidestrukturer (slumping) i lagserien. Lagstillingen blev tolket som resultat af den fortsatte bevægelse i indlandsisen. Jeg anså bakkernes markante form og afgrænsning som uforenelig med teorien om, at de skulle have været overskredet af isen. Den pletvise forekomst af et morænedække blev forklaret som flydejord fra den omgivende is. Tolkningen af morænerygge i læ af bakkerne som slæb fra en overskridende is blev afvist.

I 1966 tolkede S. A. ANDERSEN de hatformede bakkers materiale som marint strandsand fra den interglaciale eller interstadiale Skærumhedeserie, og han

sammenstillede det med vidt udbredte forekomster af lagdelt sand under den øverste moræne i Nordvestsjælland og omkring Hedehusene. Brudstykker af denne oprindeligt sammenhængende aflejring skulle af isen være slæbt med, presset op og overskredet fra nordøst eller øst, hvorved bakkernes drumlinagtige sokkel blev udformet. Derefter skulle en sidste is have overskredet bakkerne i den stik modsatte retning, hvorved lagene i toppen af bakkerne fik deres hældning mod nordøst.

#### MATERIALET I DE »HATFORMEDE BAKKER«.

Som det fremgår af ovenstående gennemgang, har bakkernes materiale været tolket som oppressede brudstykker af marine sandaflejringer fra Skærumhede-havets kyst, oppressede brudstykker af en ældre hedeslette, smeltevandssand og -grus aflejret i gletscherspalter og hulrum i en levende indlandsis eller en dødis og, af nærværende forfatter, som smeltevandsaflejringer afsat i en issø i randzonen af en levende is.

Undersøgelserne har vist, at brudstykker, som muligvis kan hidrøre fra kvartære, marine skaller, ikke med sikkerhed har kunnet påvises, mens stumper af fossiler fra ældre aflejringer er fundet hist og her, og stumper af bryozoaer fra kridt-perioden er hyppige. De formodentlig faststående forekomster af Skærumhedeseriens aflejringer kendes fra boreriger ved Holbæk 10 km ØNØ for Kundby, ved Nordruplund 21 km SSV for Kundby og ved Gyrstinge 25 km SSØ for Kundby. Lagene ligger på disse steder i en dybde af henholdsvis  $\div 24$  m,  $\div 10$  m og  $\div 5$  m. De dækkes af 25–42 m moræne og smeltevandsaflejringer. Materialet består overalt af fedt, marint ler, og det samme gælder de istransporterede flager af Skærumhede-aflejringer ved Røsnæs og Høve. Sandede, marine aflejringer kendes ikke i forbindelse med Skærumhede-havet. Derimod findes flager af sandede Eem-aflejringer blandt andet ved Høng i en dybde af  $\div 20$  m. Dette sand og grus er rigt på skaller, som kan iagttages selv i de ret små boreprøver. Der er absolut intet i de hatformede bakkers materiale eller i de marine aflejringers udbredelse og beskaffenhed, som kan støtte den opfattelse, at aflejringerne i de hatformede bakker skulle være af marin oprindelse. Også lagseriens tykkelse på op mod 200 m sand og grus er uforenelig med en stranddannelse i Skærumhede-havet.

Bakkerne består af sand og grus, altid med en tydelig lagdeling. I nogle af bakkerne er variationen i kornstørrelse ringe og sandet næsten enerådende, i andre er der stærkt vekslende kornstørrelser og skiftende lag af sand og grus, ofte som 2 til 20 cm tykke lag, men i nogle tilfælde ses også metertykke lag. Ler forekommer i enkelte af bakkerne som kun få mm tykke lag afsat i forbindelse med kortvarige sedimentationsstandsninger. Strømribber (ripple-marks) og bølgede sandlag med små banker ses mange steder og er af WENNBERG tolket som en tektonisk transversalskifrigheid. Udkilende lag og glidestrukturer (slumping) forekommer ligeledes en del steder. Hvor sand og grus veksler regelmæssigt, kan man i nogle tilfælde få indtryk af, at kornstørrelsen aftager gradvis fra nederst til øverst i de enkelte lag (graded bedding). Dette er dog ikke overalt entydigt, og de fleste ændringer i kornstørrelsen må antagelig tilskrives tilfældige variationer i strømhastighed og materialtilførsel. Ty-



Fig. 5. Sand med strømribber i Kirkebjerg.  
Ripple marks in Kirkebjerg.

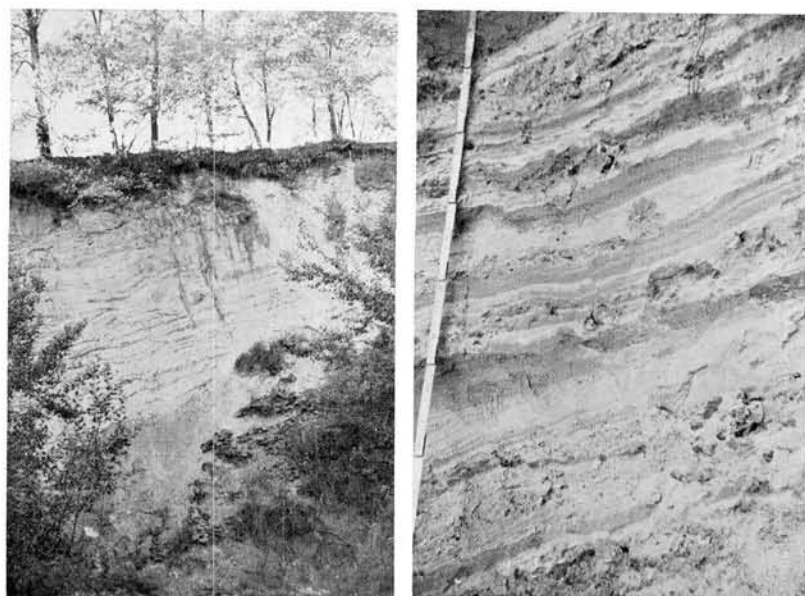


Fig. 6-7. Allingbjerg i Hornsherred. Rytmask gradet bedding (varv) i lagserien.  
Allingbjerg with rhythmic graded bedding (varv).





Fig. 8-9. Rytmask graded bedding i Gedebjerg.

Rhythmic graded bedding in Gedebjerg.

pisk graded bedding er derimod fundet i forbindelse med de tynde lerlag, og både i Gedebjerg ved Kundby og i Allingbjerg i Hornsherred er iagttaget regelmæssige serier af rytmask gentagne lag med entydig graded bedding. Hvert enkelt lag begynder forneden med sand og aftager gradvis i kornstørrelse opefter, endende med ler, hvorpå et nyt tilsvarende lag følger med skarp grænse ovenpå. Disse serier er antagelig dannet i

perioder, hvor materialtilførslen har været indskrænket til små, lokale smeltevandsstrømme, som svulmede op efter nedbør eller kraftig sol. De enkelte lags tykkelse er meget stærkt varierende. Nogle steder veksler tykkelsen i forbindelse med bølgeformede lag, andre steder kan man være i tvivl om, om et lag består af et eller flere afsnit, men på de mest regelmæssige steder i lagserien finder man ofte graded bedding som lag med en tykkelse fra nogle få mm til nogle få cm. Disse lag kan danne serier med en samlet tykkelse fra omkring 10 cm til 1 m, i enkelte tilfælde op til 5 m. De enkelte serier kan navnlig i Gedebjerg være adskilt af tykke lag af sten og grus fra den næste serie med graded bedding. Kornstørrelsen og den betydelige variation tyder på, at der i hvert fald til tider har været en kraftig strøm. Det er muligt, at en døgnrytme i afsmeltningen har været medvirkende ved udformningen af de finere lag i de mest regelmæssige partier, og at de enkelte serier kan repræsentere årslag eller rettere sommerserier adskilt af grusede og stenede lag fra tøjbrudsperioderne. Selv om der flere steder er iagttaget 3-5 m tykke serier med rytmisk sedimentation, er dog langt den største del af aflejringen opbygget af sand, grus og sten i vekslende lag, hvor man ikke med sikkerhed kan afgrænse regelmæssigt gentagne serier. Ud fra de rytmisk aflejrede dele af lagserien kan det skønmæssigt anslås, at sedimentationen har stået på gennem mere end 30 år med en gennemsnitlig årlig sedimentation på højst 5 m. Det er en varighed af lignende størrelsesorden som den, man kan påvise i mange danske dødisser med varigt ler.

Veludviklet graded bedding giver en sikker og entydig bestemmelse af, hvad der er op og ned i den oprindelige, uforstyrrede lagserie, og er derfor også af betydning for den tektoniske tolkning af de stejltstående lagserier. I nogle tilfælde kan lagseriens orientering tillige aflæses af slumpingstrukturenes udformning og den måde, hvorpå små banker afskærer og overlejrer hinanden.

Alle de beskrevne strukturer svarer til aflejningsbetingelserne i en smeltevandssø med gennemstrømmende vand, men ikke til en strand eller hedeslette.

### DEN TEKTONISKE UDFORMNING

RØRDAM og MILTHERS antog, at lagserien var aflejret i spalter eller huller i isen og opbygget til så stor højde i forhold til grundfladen, at lagserien uundgåelig måtte vælte, når den omgivende is smeltede bort. De anførte ikke isens tryk og bevægelse, men alene lagseriens dimensioner som årsag til væltningen.

Iagttagelser viser, at laghældningen, bortset fra betydningsløse uregelmæssigheder, altid har været enten den samme som eller den stik modsatte af isens bevægelsesretning, dengang landskabet blev udformet i slutningen af sidste nedisning. Vi må derfor antage, at lagstillingen er betinget af isens tryk og bevægelse, uanset om den er presset op eller væltet overende.

WENNBERG tolkede lagstillingen som resultat af en oppresning forårsaget af isens horisontaltryk på samme måde som de oppressede lag i mange

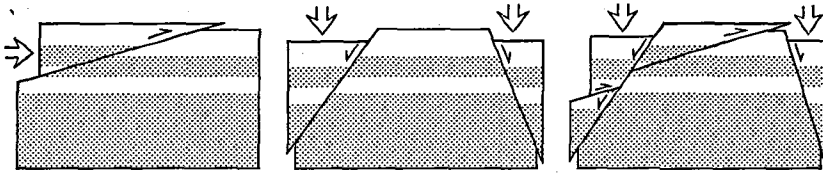


Fig. 10. 1, revers-forkastning (overskydning). 2, normal-forkastning. 3, revers-forkastning efterfulgt af normal-forkastning.

Reverse faults and normal faults.

randmoræner. Han fulgte den traditionelle glacialtektoniske model, som indebærer, at lagene altid hælder mod den side, hvorfra istrykket kom. Han blev derved tvunget til den antagelse, at oppresningen er forårsaget af to forskellige ismasser, som har overskredet området efter hinanden i modsat retning, eller at en rest af den ældre is ved et "passivt modtryk" kan have betinget en hældning modsat den, som fremkaldes af bevægelsen i den levende is ovenpå.

Den tektoniske tolkning af bakkernes struktur må baseres på lagenes hældning og på brudfladerne. Forskydninger langs brudflader gennem lagserien opstår, når spændingen overstiger forskydningsstyrken. De kan have karakter af overskydninger fremkaldt af isens horisontale tryk mod aflejringen i forbindelse med isens bevægelse fremefter, eller de kan have karakter af en sammensynkning forårsaget af tyngdekraften, når isen langs aflejringens rand og eventuelt langs undersiden forsvinder under afsmeltningen. Overskydninger er således betinget af en horisontal kraft og er sket i kraftens og dermed isbevægelsens retning, mens sammensynkningen er betinget af den vertikale tyngdekraft.

En overskydning og oppresning forårsaget af et horisontalt tryk med-

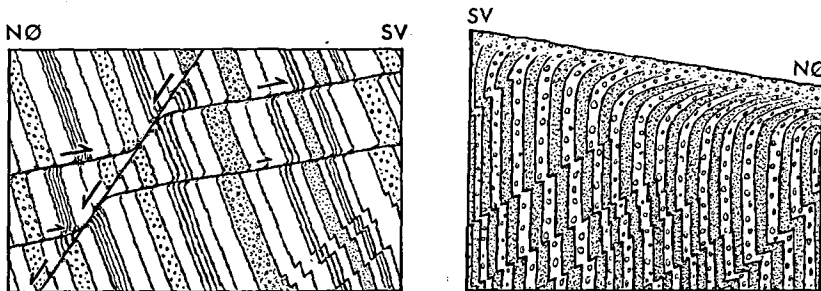


Fig. 11. Forkastninger i hatformede bakker. 1, Kirkebjerg. Stejltstillet lagserie gennemsat af revers-forkastninger og senere af normal-forkastninger. 2, Lundebjerg. Stejltstillede lag gennemsat af normal-forkastninger. Jordkrybning langs overfladen.

Faults in "hat-shaped hills". 1, Kirkebjerg. Inclined sediments cut by reverse faults and later by normal faults. 2, Lundebjerg. Strongly inclined beds cut by normal faults. Soil-creep along the sloping surface.

fører, at det parti, som ligger over brudfladen, forskydes i isens bevægelsesretning og opefter. En forskydning af denne type betegnes i tektonikken en revers-forkastning og svarer i geoteknikken til en passiv Rankine forskydning. Brudfladen hælder mod den side, hvorfra trykket er kommet, og dens hældningsvinkel er mindre end  $45^\circ$ . For en homogen løs sandaflejring sættes brudfladens hældningsvinkel i geoteknikken til  $45^\circ \div \frac{1}{2} \varphi$ , hvor  $\varphi$  er jordartens friktionsvinkel, der i tørt eller vandmættet sand svarer til den naturlige skræntvinkel og varierer mellem  $25^\circ$  og  $43^\circ$ . Ved revers-forkastninger viser således både forskydningens retning og brudfladens hældningsretning, hvilken side trykket er kommet fra.

Forskydninger langs brudflader fremkaldt af tyngden medfører, at det parti, som ligger over brudfladen, forskydes skråt nedefter. En forskydning af denne type betegnes i tektonikken en normal-forkastning og svarer i geoteknikken til en aktiv Rankine forskydning. Brudfladerne hælder stejlt i den retning, hvor modstanden mod en horisontal forlængelse er mindst, altså ud mod bakkens nærmeste rand. Hældningsvinklen sættes i geoteknikken til  $45^\circ + \frac{1}{2} \varphi$ .

Forkastningerne i de hatformede bakker er næsten overalt normal-forkastninger dannet ved sammensynkning under isens bortsmelten. De er stejltstillede og hælder i retning af bakkens nærmeste rand uafhængig af lagstillingen. Selv hvor lagfladerne er krumme, skærer brudfladerne sig uforstyrret igennem lagserien som plane flader. Hældningens størrelse kan variere fra  $40^\circ$  til  $80^\circ$ . De dominerende brudflader danner nogenlunde parallelle systemer med hældning omkring  $60^\circ$  i retning af bakkens nærmeste rand. I den centrale del af bakkerne kan brudflader med hældning mod forskellige sider skære hinanden. I mindre profiler eller i mindre afsnit af det store profil i Gedebjerg er normal-forkastninger med en enkelt retning dominerende. Af WENBERG er disse normal-forkastninger betegnet horisontalforskydninger og taget som vidnesbyrd om et horisontalt istryk i brudfladernes hældningsretning. En sådan forklaring er kun mulig, hvis lagserien drejes ca.  $90^\circ$ . Det vil i enkelte tilfælde svare til, at brudfladerne er opstået, mens lagene endnu lå vandret. Muligheden udelukkes imidlertid af brudfladernes varierende hældningsretning og i de fleste tilfælde tillige af brudfladernes vinkel med lagfladerne. Disse forkastninger kan derfor kun forklares som normal-forkastninger dannet ved sammensynkning efter at lagene var bragt i deres nuværende stilling.

Revers-forkastninger er iagttaget i Kirkebjerg ved Kundby. De hælder omkring  $15^\circ$  til  $30^\circ$  mod nordøst, og partiet over brudfladerne er forskudt mod sydvest. Der kan således ikke være tvivl om, at Kirkebjerg er presset op fra nordøst ligesom de øvrige bakker i området. Dette er bemærkelsesværdigt, fordi Kirkebjerg er en af de bakker, hvis lag hælder mod sydvest og af WENBERG forklares som resultat af et tryk fra Storebæltsgletscherens flanke. Revers-forkastningernes ringe hældning er i god overensstemmelse med RANKINE's forskydningsteori. Hvis man tænkte sig lagene bragt i vandret stilling, ville hældningen være meget nær  $90^\circ$ . Da en overskydning ikke kan være vertikal, kan den ikke her være dannet forud for lagseriens tipning. Revers-forkastningernes brudflader er forskudt langs normal-forkastningerne og må derfor være ældre end disse. Over-

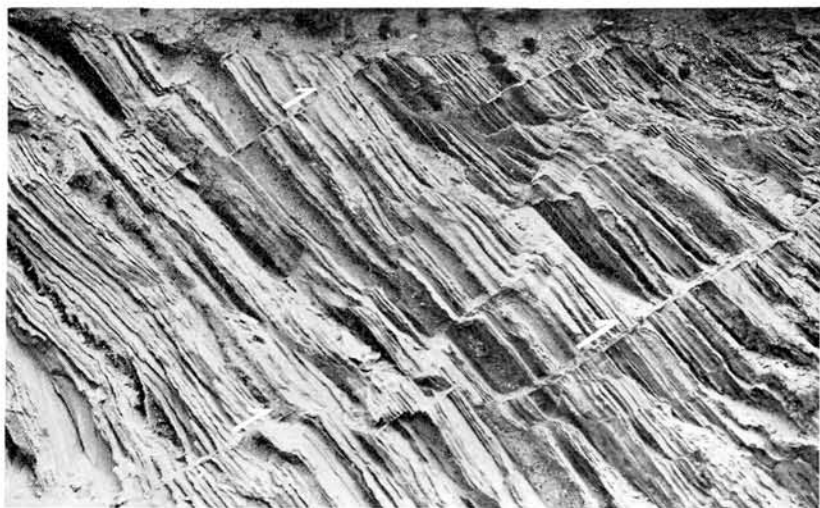
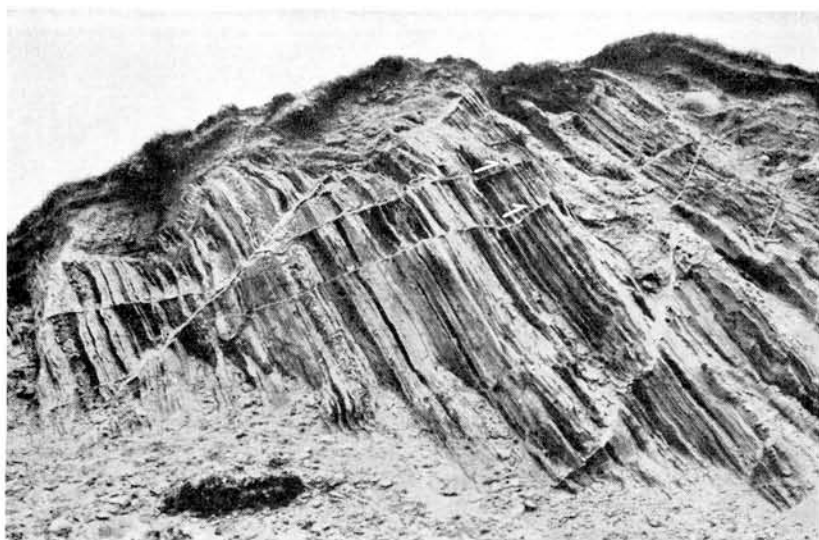


Fig. 12-13. Revers-forkastninger og normal-forkastninger i Kirkebjerg. Set fra nordvest.

Reverse faults and normal faults in Kirkebjerg seen from the northwest.

skydningerne må derfor være sket i en sen fase af isbevægelsen, efter at lagene er bragt i deres nuværende stilling, men inden isen smeltede bort og normal-forkastningerne opstod ved sammensynkningen. Da forskydningerne er sket ved tryk fra nordøst, efter at lagserien er tippet, udelukkes WENBERGS teori om, at lagseriens hældning skulle skyldes oppresning fra

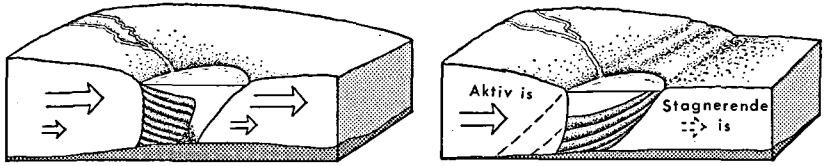


Fig. 14. 1, issø-aflejringer væltet ved isens bevægelse fremefter. 2, issø-aflejringer presset op langs grænsen mellem aktiv og stagnerende is.

1, glacial lake sediments overturned by the forward movement of the ice. 2, glacial lake sediments pressed up along the boundary between active and stagnant ice.

Storebæltsgletscheren i sydvest i en afsluttende face af landskabets udformning. Der er heller ikke andre vidnesbyrd i landskabet, som kan støtte teorien om, at Storebæltsgletscheren skulle være nået ind til egnen omkring Kundby.

Undersøgelsen af forkastningerne i Kirkebjerg viser, at de hatformede bakker må forklares tektonisk ud fra isens tryk og bevægelse i en enkelt retning, uanset om lagene hælder ind mod isen eller ud mod isranden. Man kan forklare lagseriernes hældning, hvis man tænker sig, at lagserien i nogle tilfælde er væltet ved isens bevægelse ud mod isranden, mens den i andre tilfælde er presset op af isens tryk.

Bevægelsen i en indlandsis eller gletscher har som følge af underlagets modstand den mindste hastighed langs bunden. Dertil kommer, som det senere skal forklares, at de søer, som er dannet i isens randzone, antagelig har nået helt ned til isens underlag, og at lagserien således har stået fast på underlaget. En væltning af lagserien må derfor altid være sket fremefter i isens bevægelsesretning. Forudsætningen for, at isen kan vælte en lagserie i stedet for at presse den op er, at dens basis har haft en ringe udstrækning, hvilket netop er tilfældet i de hatformede bakker. Endvidere må lagserien i issøen ikke have været støttet i læsiden af en effektiv hindring mod bevægelsen. Disse betingelser er opfyldt, hvis isen har haft nogenlunde samme hastighed foran og bag ved issøen, eller hvis der ved smeltning er dannet en ikke udfyldt del af søen i læsiden. Vi står her over for en mulig form for glacial tektonik, som tilsyneladende aldrig har været kendt. Forudsætningen for at denne tolkning kan bringes i anvendelse til forklaring af Kirkebjerg og andre bakker med lag, som hælder ud mod isens rand er, at lagseriens orientering er rigtigt tolket. Dette har ikke med sikkerhed kunnet afgøres, idet lagserien i Kirkebjerg ikke viser helt entydig rytmisk sedimentation. Det er muligt, at lagserien i virkeligheden står på hovedet, og den vil i så fald kunne forklares mere enkelt som resultat af en ekstrem oppresning. For Hyrdehøj synes kun denne forklaring ved en væltning at stemme overens med de ældre iagttagelser, men profilet er ikke længere blottet.

I flertallet af de hatformede bakker hælder lagserien mod den side, hvorfra trykket er kommet. Det gælder ikke blot på Langeland, men også ved Kundby i Odsherred og syd for Kyndby i Hornsherred. En sådan hældning er et normalt og velkendt fænomen i de oppressede rand-

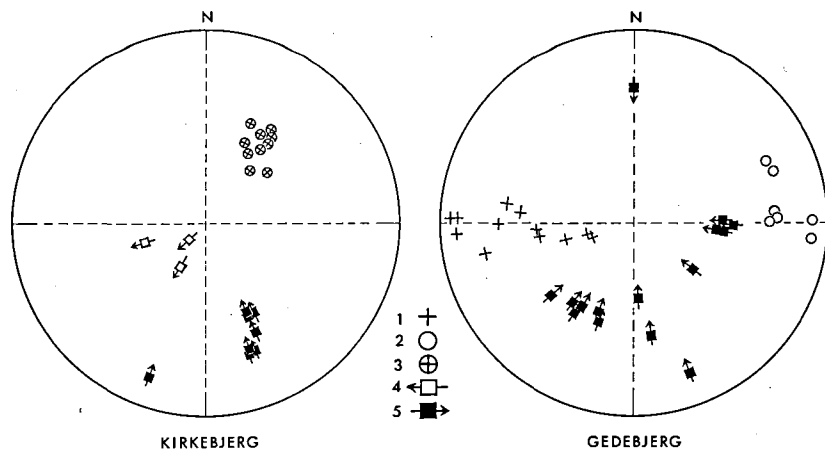


Fig. 15. Wulff net projektion (nedre halvkugle) af normalerne til lagflader og brudflader i Kirkebjerg og Gedebjerg. 1, normaler til hældende lagflader. 2, normaler til inverterede lagflader. 3, normaler til lagflader, hvis oprindelige overside ikke er påvist. 4, normaler til revers-forkastninger. 5, normaler til normal-forkastninger. Pilene angiver hovedretningen af det overliggende materials forskydning.

Wulff net projection (lower hemisphere) of poles to bedding planes and fault planes in Kirkebjerg and Gedebjerg. 1, poles to dipping bedding planes. 2, poles to inverted bedding planes. 3, poles to bedding planes of unknown orientation. 4, poles to reverse faults. 5, poles to normal faults. The arrows indicate main direction of movement of hanging wall.

moræner og kan iagttages i de dislocerede klinter. De to fænomener er dog ikke helt identiske. I de oppressede randmoræner er laghældningen fremkommet som resultat enten af en foldning eller af en oppresning langs en krum brudflade som beskrevet af H. GRY 1940. Disse brudflader svarer tilsyneladende til de i geoteknikken kendte brud med brudflader af form som en logaritmisk spiral, hvis tangent afviger fra cirkelns tangent med friktionsvinklen. Dog synes brudfladens forløb i mange tilfælde at afhænge af aflejringens lagdeling, idet den over lange strækninger følger lag af fedt ler eller andre lag med ringe forskydningsstyrke for derefter at afbøje mod overfladen i en kinematisk mulig form. I Lønstrup Klint og Ristinge Klint følger brudfladen således smeltevandseret og i Røjle Klint Tellina-leret, mens brudfladerne i Møns Klint følger lagflader i skrivekridtet over væsentlige dele af deres forløb. I de hatformede bakker er oppresning langs brudflader kun iagttaget i Kirkebjerg, hvor den har fundet sted, efter at lagene havde fået deres nuværende hældning. Disse overskydningers størrelse overstiger ikke  $\frac{1}{2}$  m, og de er foregået langs plane brudflader, der ikke medfører nogen ændring i lagenes hældning. Lagseriens hældning må derfor skyldes, at den som en helhed er presset op langs isen i dens læside, og den eneste brudflade må have fulgt en lagflade ved basis af bakken, sandsynligvis grænsen mod det underliggende moræneler. Grænsen mellem aflejringen og isen

i læsiden har været en udmærket glideflade med ringe friktion. Når lagserien er presset op og ikke væltet over ende, må isen i bakkens læside have udgjort en hindring for bevægelsen fremefter. Det må derfor have været en stagnerende is med ringe bevægelse. Det kan have været en ubevægelig dødis, men moræneslæbet i læ af nogle af bakkerne kan tolkes som vidnesbyrd om en bevægelse også i denne del af isen. Grænsen mellem de to dele af isen må have været en glideflade, således som det kendes fra randzonen af mange nutidige gletschere og fra randen af den grønlandske indlandsis.

Ved oppresning langs isen i aflejrings læside kan laghældningen blive meget betydelig og i de krumme lagflader stedvis overstige  $90^\circ$ . Ud fra denne fremstilling kan lagseriens hældning tolkes i flertallet af de hatformede bakker, måske i dem alle. I Gedebjerg er der en entydig og veludviklet rytmisk graded bedding, som gør det muligt at orientere den oprindelige lagstilling med sikkerhed. Lagfladernes hældning varierer fra  $25^\circ$ – $30^\circ$  mod øst i profilets nederste centrale del, men krummer sig op efter, så hældningen når op til  $90^\circ$ – $110^\circ$  i toppen af profilet. Efter isens bortsmeltning er der sket en sammensynkning af bakken langs stejltstillede normal-forkastninger i flere retninger. I bakkens østlige del dominerer brudflader med en hældning på ca.  $45^\circ$  mod nordøst. I bakkens vestlige del dominerer brudflader med en hældning på ca.  $45^\circ$  mod vest. I bakkens centrale del krydser brudflader med disse og andre retninger hinanden. Nær profilets vestlige ende ses en tilsyneladende diskordans i lagserien, idet lagene kiler ud fra hinanden, og et parti af det overliggende lag er gledet ned som en kile i mellemrummet, mens de tilstødende lag mod vest er knækket og ligger ind over det nedgledne parti. Derved fremkommer lokalt en større overkipning af lagserien som et sekundært fænomen.

Om Kirkebjerg kan tolkes på samme måde er usikkert, fordi lagseriens oprindelige orientering ikke med sikkerhed har kunnet afgøres. Visse partier af Kirkebjerg synes at vise en graded bedding, som tyder på, at lagserien er kippet  $120^\circ$ , således at den næsten står på hovedet, hvilket ikke kan udelukkes ved en oppresning af denne type.

I Lundeberg, hvor lagene er lodret stillet, er lagenderne langs profilets top afbøjet og udtværet i retning mod nordøst, hvilket af tidligere forfattere enstemmigt har været tolket som bevis for, at Lundeberg til slut blev overskredet af en is fra sydvest. Imidlertid er lagendernes ombøjning knyttet til selve bakkens overflade og er i overensstemmelse med overfladens hældning. Der er derfor al grund til at antage, at den skyldes den almindelige senglaciale og postglaciale jordkrybning. En ombøjning af de øvre lagender, som kan vidne om, at bakkerne har været overskredet af isen, er intetsteds iagttaget, ligesom der i øvrigt heller ikke langs basis af profilerne er iagttaget slæb, som kan vise, om bakkerne i deres helhed er skubbet frem over underlaget.

I Allingbjerg i Hornshered hælder lagserien ca.  $18^\circ$  mod østnordøst og er gennemsat af normal-forkastninger, som hælder  $55^\circ$ – $60^\circ$  mod nordvest.

I området øst for Vordingborg ligger 5 store hatformede bakker, hvor-



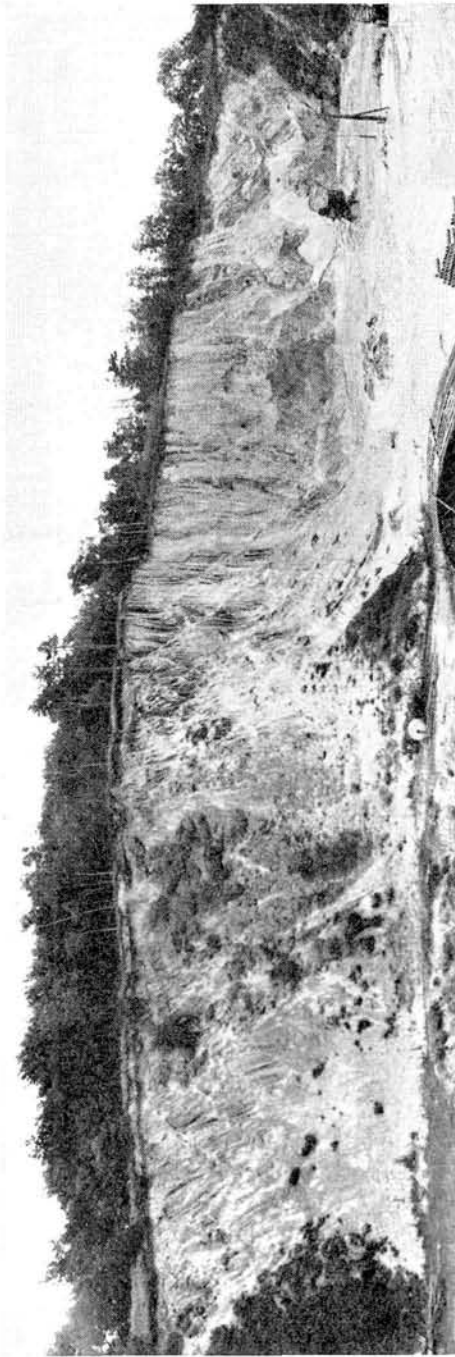


Fig. 16. Profil af Gedeberg set fra nord.  
Profile of Gedeberg seen from the north.

til hører Horsebjerg, Kalvebjerg og Kulsbjerge. Det gælder her ligesom på Langeland, at bakkerne danner en række, som antagelig har dannet grænsen mellem aktiv og stagnerende is i indlandsisens randzone. Lagserien hælder i alle de tilgængelige profiler mod sydvest vinkelret på bakkerækkens retning. I det største af profilerne i Kulsbjerge er rytmisk graded bedding iagttaget. Lagserien hælder her  $50^{\circ}$ – $70^{\circ}$  mod sydvest og er gennemsat af normal-forkastninger, som hælder  $60^{\circ}$  mod nordøst, hvor den nærmeste bakkerand findes. Hvis disse bakker er resultat af en normal oppresning på grænsen mellem levende is og stagnerende is, må istrykket være kommet fra Storebæltsgletscherens flanke, og trykket har været rettet mod nordøst. Dette synes også at være i bedre overensstemmelse med hele landskabets udformning end V. MILTHERS tolkning 1948 af bakkerne som kames afsat i en dødis i randzonen af en istunge, som kom fra øst og dækkede Fakse bugt.

#### MORÆNEDÆKKET

Det er angivet af V. MILTHERS og af G. WENBERG, at et morænedække stedvis forekommer i overfladen af de hatformede bakker. Jeg har dog kun i Allingbjerg og Kulsbjerge kunnet påvise et sådant ufuldstændigt dække af moræneler. Som omtalt i 1965 synes bakkernes markante form at udelukke, at de skulle have været overskredet af isen, og der er da heller intet i selve bakkernes opbygning, der tyder på dette. Det er usandsynligt, at isen skulle have overskredet bakkerne uden at efterlade tektoniske vidnesbyrd. Det er langt enklere og mere sandsynligt, at de små forekomster af moræneler i toppen af enkelte af bakkerne må betragtes som flydejord fra overfladen af den omgivende is. Det er kendt fra indlandsisens randzone i Grønland og andre steder, at glideflader på grænsen mellem aktiv og stagnerende is ses som sorte bånd, hvor isens overflade er dækket af moræne.

#### MORÆNESLÆB I LÆ AF DE HATFORMEDE BAKKER

Moræneslæb er omtalt af V. MILTHERS i forbindelse med nogle af bakkerne ved Kundby, men mangler ved de øvrige bakker og er ikke kendt i forbindelse med de hatformede bakker i Hornsherred, på Langeland eller øst for Vordingborg. Der er ikke i andre henseender iagttaget karakterer, hvorved de pågældende bakker udskiller sig fra de øvrige. Moræneslæbets retning er i god overensstemmelse med de øvrige vidnesbyrd om isens bevægelse mod vest og sydvest i området syd for Kundby.

Den af V. MILTHERS givne tolkning af moræneslæbet som resultat af, at bakkerne har været overskredet af isen, hvis bevægelse er aftaget i læ af bakkerne, må modificeres noget. Hvis isen havde overskredet bakkerne, ville det uundgåeligt have medført en kraftig erosion, og sandsynligvis ville bakkerne være fuldstændigt udjævnet. Slæbet ville da have bestået af det udtværede sand fra bakkerne, ikke af moræneler. Det er imidlertid velkendt fra Grønland og beskrevet af A. KORNERUP 1879 og C. H. RYDER 1889, at man i læ af nunataker, hvor isen atter slutter sig sammen, kan finde betydelige moræneaflejringer, som for en væsentlig del består af ma-

teriale, der ikke stammer fra nunataken. Det er således meget vel muligt, at morænelers-slæbet ved de hatformede bakker er afsat i læ af bakker, der ragede op af isen som nunataker.

En anden mulig forklaring, som ikke tidligere har været fremdraget, er, at de lave morænerygge kan have eksisteret som ujævnheder i morænefladen forud for dannelsen af de hatformede bakker, og i virkeligheden har betinget dannelsen af issøer på disse steder. I randzonen af den grønlandske indlandsis kan man iagttage, at der opstår revner i isen over forhøjninger i underlaget. Afsmeltningen fører her til dannelse af nunataker, som rager op i lavninger i isens overflade og undertiden er ledsaget af issøer. Disse forhold er især skildret af C. H. RYDER. Tilsvarende forhold kan have betinget dannelsen af de hatformede bakker. Over forhøjninger i morænefladen kan være dannet spalter i isen, og her har smeltevand samlet sig. Da vand opsuger mere af solens varmestråler end is, og det opvarmede vand ved temperaturer op til 4° synker ned mod bunden, har smeltningen hurtigt ført til dannelse af en issø, som nåede helt ned til underlaget. Issøen blev efterhånden udfyldt med sand fra smeltevandsstrømme på isens overflade og er derefter væltet eller oppresset ved isens bevægelse.

Issøer, som er betinget af forhøjninger i isens underlag, kan naturligvis kun opstå, hvis isens tykkelse er ringe. De kendes da også fra områder præget af dødis. I mange plateaubakker, hvor ler er afsat i søer i dødis, finder man, at moræneler udgør bakkernes nederste del. Tager vi som eksempel den 15 m høje plateaubakke ved Knabstrup Teglværk, da består den øverste meter af smeltevandsler, resten af moræneler. Der kan her næppe være tvivl om, at morænebakken har været den primære struktur, som betingede dannelsen af en issø på dette sted.

### KONKLUSION

Konklusionen af de beskrevne iagttagelser er, at de hatformede bakker består af aflejringer dannet i issøer i en levende indlandsis nær isranden. Isens tykkelse i området har været omkring 200 m eller lidt mere. Søerne er opstået på grænsen mellem en aktiv is og en stagnerende is eller dødis og kan eventuelt være dannet over forhøjninger i underlaget, som bevirkede, at der dannedes sprækker og spalter i isens overflade. Smeltevandsstrømme aflejrede sand og grus i søerne. Bølgeformet lejring, strømrubber og slumping forekommer i lagserien. Nogle steder er udviklet rytmisk graded bedding, som dog kun i de mest regelmæssige partier med forbehold kan stilles i relation til en årscyclus i afsmeltningen og således betegnes varv. Søernes udfyldning har tilsyneladende strakt sig over mindst 30 år. Den nuværende laghældning i bakkernes aflejringer er opstået, mens aflejringerne endnu var omgivet af is i bevægelse, ikke ved isens endelige bortsmelten. Ved isens bevægelse kan lagserien i enkelte tilfælde muligvis være væltet fremover i bevægelsens retning. I almindelighed er lagserien som en helhed presset op mod en stagnerende ismasse i bakkens læside. Ved denne oppresning har lagene fået en hældning mod den side, hvorfra istrykket kom. Dog kan oppresningen have været så voldsom, at lagene

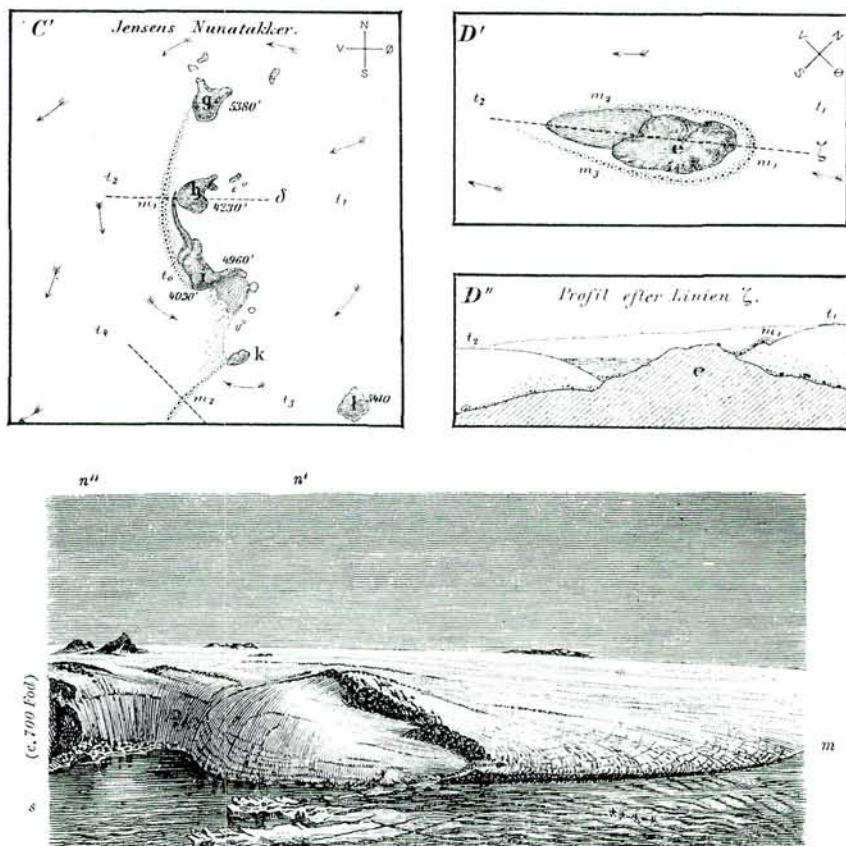


Fig. 17. Jensens Nunataker nord for Frederikshåb, Vestgrønland. Efter KORNERUP 1879. t er indlandsisen, m er moræne langs forskydninger i isen. Den nedre figur er tegnet fra nunataken "i" med syd. s er en issø. m er moræne. n' og n'' er nunatakerne k og l.

Jensens nunataks north of Frederikshåb in West Greenland (N 62° 50'), figured by KORNERUP (1879). t is the inland ice. m is moraine along thrust planes in the ice. The lower figure is seen from the nunatak "i" to the south. s is a glacial lake. m is moraine. n' and n'' are the nunataks k and l.

står lodret med oversiden vendende mod den side trykket kom fra, eller lagserien kan være tippet mere end 90°, så den oprindelige overside vender skråt nedefter og lagene tilsyneladende hælder i isens bevægelsesretning. I enkelte tilfælde har isens tryk fremkaldt revers-forkastninger i den hældende lagserie. Brudfladerne hælder da svagt mod trykket, og overskydningen er sket i istrykkets og bevægelsesretning. De oppressede bakker har ikke været overskredet af isen, men har ligget som nunataker omgivet af is. I læ af bakkerne kan isen i nogle tilfælde have aflejret ganske lave rygge af moræneler. Ved isens bortsmelten er bakkerne sun-

ket sammen over underlaget. Der er herved dannet stejltstående normalforkastninger, hvoraf flertallet hælder mod bakkens nærmeste rand. Aflejringerne og de tektoniske ændringer har fundet sted i en og samme isstrøm. Bevægelsesretningen af denne is har ved Kundby haft retning mod vest og sydvest, ved Kulsbjerg mod nordøst.

## LITTERATUR

D.G.F.: Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening.

D.G.U.: Danmarks Geologiske Undersøgelse.

ANDERSEN, S. A., 1966. De såkaldte "hatformige" bakker.—D.G.F. Bd. 16, hefte 2, pag. 202. København.

GRY, H., 1940. De istektoniske Forhold i Molerområdet.—D.G.F. Bd. 9, Hefte 5, pag. 586. København.

HANSEN, J. BRINCH, 1956. Earth Pressure Calculations. København.

KORNEUP, A., 1879. Geologiske Iagttagelser fra Vestkysten af Grønland.—Medd. Grønland. Bd. 1, Nr. 3. København.

LUNDGREN, H. & J. BRINCH HANSEN, 1958. Geoteknik, København.

MILTHERS, K., 1942. Ledeblokke og Landskabsformer i Danmark.—D.G.U. II. Rk. Nr. 69. København.

— 1948, Ekspeditionen til Hornsherred.—D.G.F. Bd. 11, Hefte 3, pag. 395, København.

— 1959. Kortbladene Fåborg, Svendborg og Gulstav.—D.G.U. I. Rk. Nr. 21—A. København.

MILTHERS, V., 1943. Nordvestsjællands Geologi.—D.G.U. V. Rk. Nr. 6. København.

— 1948. Det danske Istidslandskabs Terrænformer og deres Opstaaen. D.G.U. III. Rk. Nr. 28. København.

RASMUSSEN, H. WIENBERG, 1965. Strukturer dannet ved jordflydning, udglidning og issøtapning i kvartære smeltevandsaflejringer.—D.G.F. Bd. 15, hefte 4, pag. 470. København.

RYDER, C. H., 1889. Undersøgelse af Grønlands Vestkyst.—Medd. Grønland Bd. 8, Nr. 7. København.

RØRDAM, K. & V. MILTHERS, 1900. Kortbladene Sejro, Nykøbing, Kalundborg og Holbæk.—D.G.U. I. Rk. Nr. 8. København.

SHROCK, R. R., 1948. Sequence in Layered Rocks. New York

SORGENFRIE, T., 1945. Mindre Meddelelser fra Danmarks Geologiske Undersøgelses Borearkiv.—D.G.F. Bd. 10, Hefte 5, pag. 586. København.

WENNERBERG, G., 1949. Differentialrørelser i indlandsisen.—Medd. Lunds Geologisk-Mineralogiska Institution. Nr. 114. Lund.