

En råstofgeologisk kortlægning omkring Roskilde

ERIK MAAGAARD JACOBSEN



Jacobsen, E. M.: En råstofgeologisk kortlægning omkring Roskilde. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1984*, side 65–78, København, 28. februar 1985.

An example of the mapping of raw materials in the greater Copenhagen region is presented. The methods used in the mapping and the results obtained are described. As a supplement the local stratigraphy with special attention to the location of the raw material deposits in the stratigraphic column is described. Examination of existing available information forms the basis for the planning of the field work, which consists of geological descriptions of pits, geological profiling and -sounding, and borings. Samples from pits and borings are examined in the laboratory using grain size distribution, petrography, fine gravel analysis and CaCO_3 -content. These laboratory tests describe the general quality of the raw material. The geoelectrical data is used to produce an iso-ohm meter map, which together with other data is interpreted in terms of raw material extent. A raw material map based on these interpretations is presented. Finally the Quaternary evolution of the area is described.

Erik Maagaard Jacobsen, Geokon A/S, Rustenborgvej 7, DK-2800 Lyngby. 18. december 1984.

I Danmark foregår der for tiden en intensiv kortlægning (Fase 2) af råstofforekomster med det formål, at indsamle viden om art, mængde, kvalitet og udbredelse. Det er meningen, at disse informationer skal samordnes og derefter afvejes med andre interesser til brug for den fysiske planlægning. I forbindelse med en sådan kortlægning indsamles en stor mængde geologiske data, der danner baggrund for opstilling af en geologisk model for selve råstoflegemet. Da der samtidig indhentes oplysninger om de omkringliggende aflejringer, er det ofte muligt, at indpasse råstoflegemet i områdets kvartære stratigrafi. Alle data fra et råstofområde vil – med en lille ekstra indsats – kunne supplere den kvartærgeologiske kortlægning i regionen.

Denne artikel er et eksempel på en råstofundersøgelse udført for Hovedstadsrådet. Arbejdsmetoderne beskrives kort, og en kvartærstratigrafisk model for området præsenteres.

Undersøgelsesområdet

Det undersøgte område omfatter ca. 75 km² og er beliggende omkring Roskilde (fig. 1).

Området kan naturligt opdeles i 3 dele, det karakteristiske Hedeland plateau, Vasby bakke og Himmelev bakke.

I Hedeland plateauet ligger overfladen omkring kote +40–+50 m, fladen er højest mod øst

og hælder svagt mod vest, hvor plateauet afgrænses af Kornerup ådal.

Himmelev og Vasby bakker rager ca. 15 m op over omgivelserne og har en topkote omkring +40. Bakkerne er velafgrænsede, og de har begge en NNØ–SSV-lig orientering.

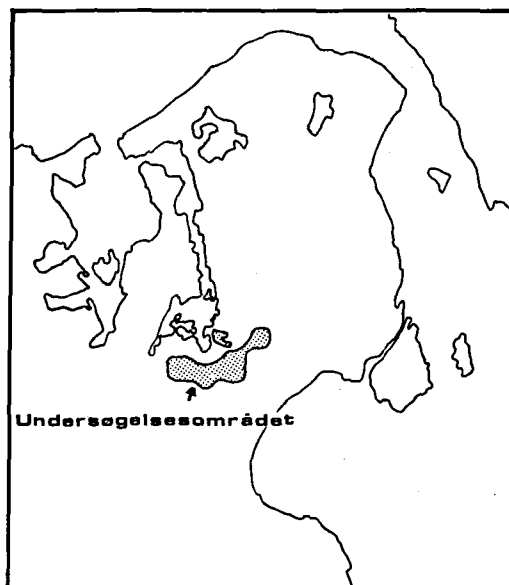


Fig. 1. Kort over undersøgelsesområdets beliggenhed.

Map showing the location of the examined area.

I alle 3 områder findes et morænelersdækket sand-gruslegeme, der er genstand for råstofudvinding. Dette sand-gruslegeme er navngivet Hedeland-formationen af Bondesen (1979), og denne term bliver benyttet for Hedeland og Vasby områderne i det følgende.

Tidligere undersøgelser

Grusforekomsterne ved Roskilde har interesseret mange forfattere, men den stratigrafiske placering har været forskelligt bedømt.

Rørdam (1899) opfattede gruset ved Roskilde (både Hedeland-formationen og gruset ved Himmelev) som en kystaflejring fra et interglacialt hav. På baggrund af ledeblokanalyser i Hedeland og Himmelev opfattede Milthers (1935) gruset som en smeltevandsaflejring afsat foran en nordfra kommende gletscher.

På grundlag af petrografiske analyser mener Falkesgård (1967), at Hedeland-formationen er afsat af smeltevand strømmende mod NV fra en gletscher beliggende øst for området. Himmelev gruset tolkes som en glacialflage af Hedeland-formationen transporteret mod NV af gletscheren, som senere overskred området. Adskillige forfattere har således toklet Hedeland-formationen som en sandur-aflejring dækket af moræner afsat ved et senere isfremstød i området.

Bondesen (1979) placerer sanduren som værende af Weichsel alder og ældre end NØ-isens fremstød til Hovedopholdslinien. Senere menes sanduren at være yngre end hovedfremstødet, men ældre end det Østjyske fremstød (Bondesen & Schrøder, 1981). Sørensen (1982) anser gruset for at være afsat foran den »Norske is« i Weichsel, og de seneste arbejder (Sørensen, 1983; Jacobsen, 1984 a og b samt Kylesbech, 1982) tolker Hedeland-formationen som en sandur afsat foran den avancerende NØ-is. Derimod anses Himmelev gruset for at være aflejret foran den »Norske is« (Sørensen et al., 1981; Kylesbech, 1982; Jacobsen, 1984 b).

Nye undersøgelser

Selve kortlægningen har omfattet følgende undersøgelser:

1. Geologisk beskrivelse af råstofgrave i området.
2. Geo-elektrisk linieprofilopmåling som dækker arealet.

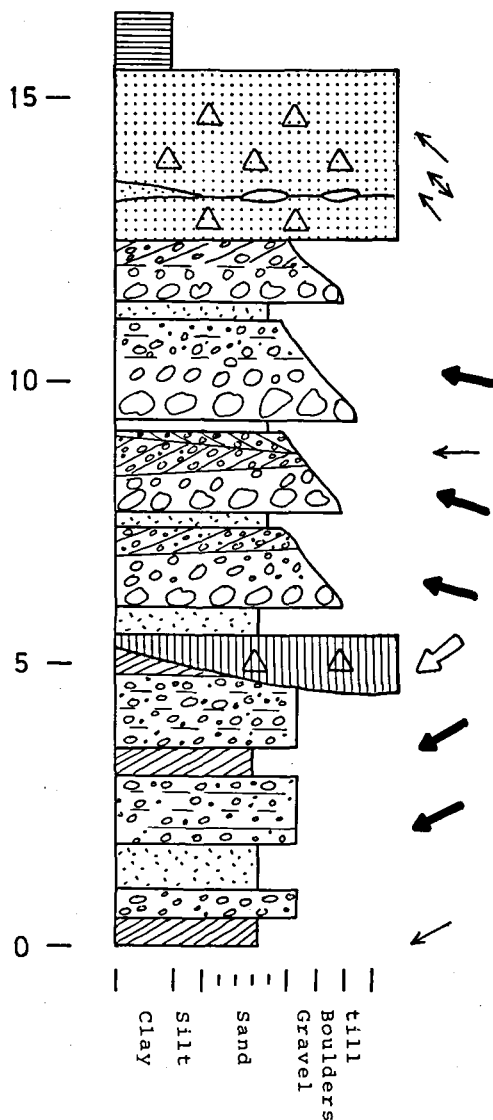


Fig. 2. Sedimentologisk profil fra en grusgrav vest for Reerslev. Pilene viser strømretningerne for smeltevandet bestemt ved: skrålejrning – tynd pil, imbrication – udfyldt pil, og for isen bestemt ud fra: fabric – tynd pil, skurestriber – dobbelt pil og istryk – åben pil.

Sedimentological log measured in a gravel pit to the west of Reerslev. The arrows show the direction of flow. The meltwater interpretation is based on: cross bedding – thin arrow, imbrication – solid arrow and for the glacier: fabric – thin arrow, striated pavement – double arrow and ice pressure – open arrow.

3. Geo-elektriske sonderinger.
4. Boringer.
5. Laboratorieundersøgelser af prøver fra grave og boringer.

Den geologiske beskrivelse af råstofgravene følger de retningslinier, der er afstukket i »Vejledningen i beskrivelse af råstofgrave« (Fredningsstyrelsen, 1981). I råstofgravene findes de bedste profiler, hvor detaljerede sedimentologiske logs opmåles. Et eksempel herpå er vist i fig. 2.

De nederste 5 m viser horisontalt lejret grus med imbrikerede sten, med indslag af krydslejrede sandlag (Nedre Hedeland-formation). Over en erosionsdiskordans følger en ca. 1 m tyk morænelersbænk, der er svagt lagdelt og med tendens til skifrihed. Konkordant over moræneleret ses et ca. 0.5 m tykt finsandslag uden skarp nedre grænse.

Den beskrevne lagserie er deformeret og foldet af et istryk fra NØ, se fig. 3. Denne NØ-deformationsfase er også iagttaget andre steder i graven, hvor moræneleret mangler.

Den øvre grusede del af Hedeland-formationen hviler med en erosionsdiskordans på deformationerne i det nedre stokværk. Der synes at være en vis repetition i lagene med en erosiv basis for hver enkelte cyklus. Nederst ses et residualt bloklag med tendens til fining upwards. Herover følger – med en gradvis overgang – grus med en svag horisontal lagdeling eller planar krydslejring ofte i flere lag. Af og til afsluttes den enkelte cyklus af et sandlag med planar krydslejring eller horisontal lejring, sjældent ses ribbestrukturer i

sandet. Den enkelte cyklus har en tykkelse på 1 à 2 m, og der er iagttaget op til 9 cykler i graven.

Diskordant over gruslagene ligger en ca. 3–5 m tyk morænelersbænk, der synes todelt af et tyndt sandlag og/eller en svagt udviklet glacial brotlægning.

Lagserien afsluttes med små lavninger i terrænet. I den østlige del af graven er der iagttaget en op til 2 m tyk issøaflejring af ler, silt og finsand.

De sedimentologiske logs benyttes til tolkning af det sedimentologiske miljø. Gruslagene i den beskrevne grav menes aflejret i et flettet flodsystem, og den enkelte cyklus kan opfattes som longitudinelle barrier afsat meget tæt ved isranden. Sandlagene, der afslutter de enkelte cykler, anses for at være afsat i forbindelse med oversvømmelser af barrrens top ved høj vandstand.

Som et vigtigt supplement til de sedimentologiske logs, opmåles tektoniske profiler i graven, fig. 3. I dette profil ses erosionsdiskordansen mellem det nedre deformerede stokværk og de øvre cykliske gruslag tydeligt. Deformationstidspunktet ligger efter aflejringen af moræneleret men før afsætning af de cykliske gruslag.

Palæostrømretningen for smeltevandsaflejringerne er bestemt ved målinger af imbrikation og skrålejrning. I morænelagene måles fabric, skurestriber samt interne småstrukturer. Endelig måles folder og andre deformationer, og istryksret-

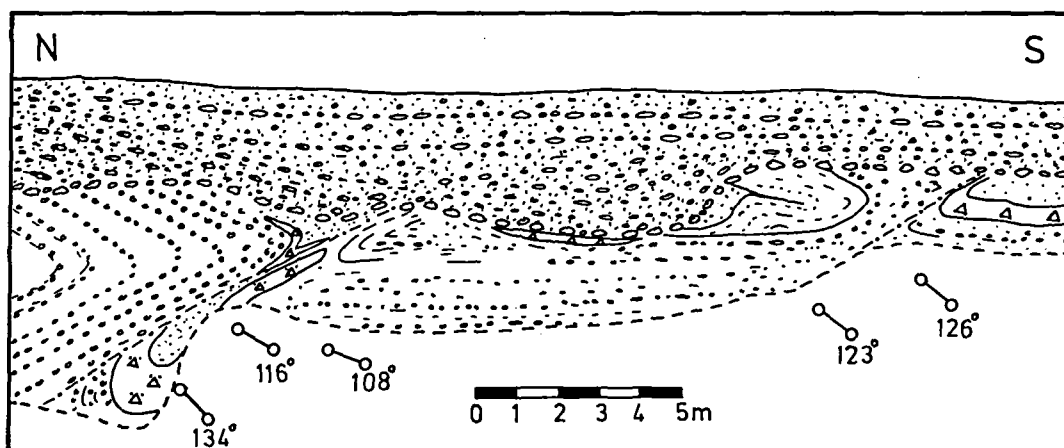


Fig. 3. Profilskitse fra samme grav som det sedimentologiske profil. Der ses foldede sand-, grus- og morænelerslag, der med en erosionsdiskordans overlægges af uforstyrrede gruslag. Folderne viser et istryk fra NØ.

Field sketch showing a section from the pit in which the sedimentological log (fig. 2) was measured. Folded layers of sand/gravel and till overlain by undisturbed gravel with an erosional discordance are seen. The interpretation of the folds shows an ice pressure from the NE.

ningen bestemmes. Tilsammen danner de forskellige informationer fra beskrivelsen af råstof-graven basis for den geologiske model.

Geo-elektrisk linieprofilopmåling

Den geografiske udbredelse af det område, hvor det morænedækkede grus-sandlegeme findes tættere end 10 m under overfladen, kortlægges ved geo-elektrisk linieprofilopmåling. Der er benyttet både Wenner ($a = 10$) og Schlumberger ($L/2 = 10$) opstillinger. På denne måde kan variationen af den tilsyneladende modstand i de øverste 10 m bestemmes.

Der eksisterede en del ældre undersøgelser i området, i øst udført af Geodan, Danmarks Geologiske Undersøgelse, Danmarks Tekniske Højskole og Statens Vejlaboratorium i tidsrummet 1965-1982, og i vest af Rambøll & Hannemann, hvorfor en systematisk undersøgelse blev udeladt her.

Geo-elektrisk sondering

I de områder hvor den geo-elektriske linieprofilopmåling viste anomalier, blev der udført geo-elektriske sonderinger. Formålet med sonderingerne var at indsamle yderligere informationer om lagfølgen i disse områder. En sondering udføres med et fastholdt center (måleelektroderne), medens afstanden mellem strømoelektroderne ($L/2$) gradvis øges, så den tilsyneladende modstand måles med voksende dybde.

Variationen af den tilsyneladende modstand ned gennem lagene benyttes i tolkningen af den geologiske stratigrafi ud fra en erfaring om forskellige jordlags specifikke modstand. En forudsætning for en teoretisk løsning af en sondering er, at jordlagene er homogene, ligger vandret og har uendelig udstrækning i forhold til opstillingen. Disse forudsætninger er sjældent opfyldt, og sonderinger skal derfor korreleres med boringer eller profiler i nærheden. Tynde lag med høj eller lav modstand vil normalt ikke kunne identificeres i sonderinger, men de påvirker den tilsyneladende modstand af de omkringliggende lag, hvilket nemt kan føre til forkerte tolkninger. Lag med en høj modstand kan også »skygge« for de underliggende lag, således at tolkede laggrænser kan komme til at ligge for dybt.

Det må understreges, at bestemmelsen af den tilsyneladende specifikke modstand for et lag er en teoretisk løsning af en elektrisk problemstil-

ling og dermed ikke nødvendigvis også af en geologisk.

Boringer

Med henblik på kalibrering af de geo-elektriske observationer fra linieprofiler og sonderinger blev der udført boringer i de områder, der viste anomalier. De fleste boringer er standset på sten, hvilket tolkes som oversiden af sand-grus lagene, da disse i profilerne var meget stenede i toppen.

Boringerne der er udført i forbindelse med denne undersøgelse giver hovedsagelig kun informationer om overjordens tykkelse, eventuelt også om de øverste sand- og gruslag. De dybere vandforsyningsboringer i området giver langt bedre informationer om over- og undergrænser af sand-gruslagene.

Laboratorieundersøgelser

Kvaliteten af sand- og gruslagene som råstof er forsøgt belyst gennem laboratorieundersøgelser, omfattende kornstørrelses analyser, petrografiske analyser og bestemmelse af kalkindhold.

De indsamlede prøver er blevet sigtet som beskrevet i DS. 405.9, såvidt det har været muligt. En stor del af Hedeland-formationen er dog så grovkornet, at det er umuligt at indsamle repræsentative prøver. En prøve med max. kornstørrelse mellem 256 og 512 mm, hvilket er normalt i de øvre dele af Hedeland-formationen, skal for at være repræsentativ omfatte mellem 18 og 20 tons. En prøve af denne størrelse er ret umulig at samle og behandle i laboratoriet, hvorfor GEO-KON udviklede den Fotogramulometriske metode (Sørensen et al., 1981) til bestemmelse af kornstørrelsesfordeling i grovkornede sedimenter. Ved denne metode bestemmes kornenes størrelse ved en punkttælling på et fotografi af gruslagene. Kornene bestemmes i intervallerne: 32-64, 64-128, 128-256 og 256-512 mm. Analyserne fra Hedeland-formationen viser, at den nederste del hovedsagelig udgøres af sandet grus, medens den øverste del udgøres af groft gruset sten.

Der er udført petrografiske analyser af gruset i fraktionen 2-32 mm, fordelt på følgende grupper: 1. Porøs flint, kalkholdigt; 2. Porøs flint, kalkfrit; 3. Tæt flint, kalkholdigt; 4. Tæt flint, kalkfrit; 5. Krystalline og eruptive bjergarter; 6. Kalk; 7. Sand- og siltsten; 8. Skifer; 9. Ler rullesten. Ved adskillelsen af porøs, kalkholdig flint

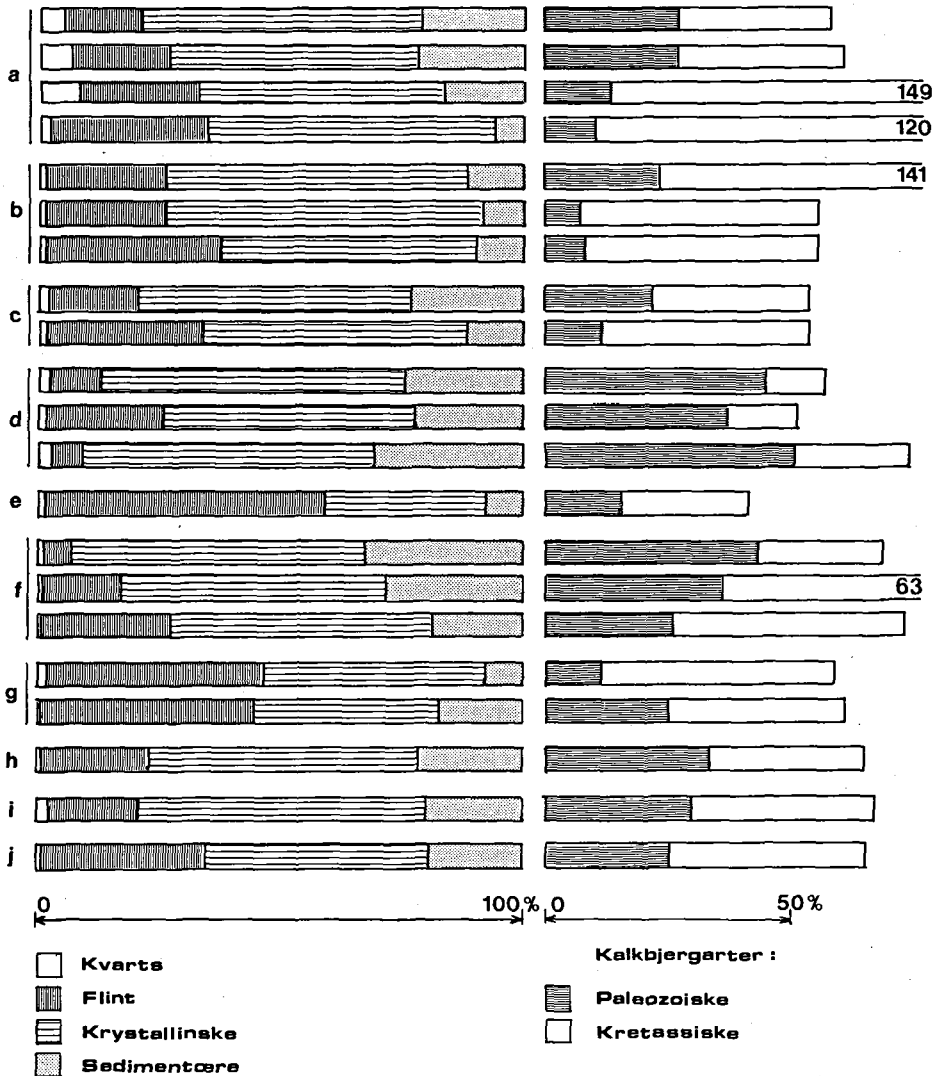


Fig. 4. Fingrusanalyser på fraktionen 3-5 mm fra morænelersprøver fra beskrevne grusgravsprofiler i området. a. Darup-Kamstrup, b. Vor Frue, c. Glim, d. Tune-Stærkende, e. Superfos, f. Nymølle, g. Kallerup, h. Vasby, i. Herredfogedhuse og j. Himmelev.

Fine gravel analysis (fraction 3-5 mm) of till samples from examined sections in gravel pits within the area. a. Darup-Kamstrup, b. Vor Frue, c. Glim, d. Tune-Stærkende, e. Superfos, f. Nymølle, g. Kallerup, h. Vasby, i. Herredfogedhuse and j. Himmelev.

og kalk er der benyttet en farvetest, som er beskrevet af Högberg (1967). Resultatet af disse tællinger viser, at Hedeland-formationen er domineret af tæt kalkfri flint og krystalline og eruptive bjergarter (58-72%), porøs flint udgør 10-23% og kalk 12-24%. I Himmelev formationen er de tilsvarende tal 52-56%, 20-30% og 14-16%. Dette tyder på, at Hedeland- og Himmelev-formationerne ikke er afsat af smeltvand fra en og samme ismasse.

Mængden af porøs flint i Hedeland-formationen stiger generelt mod vest, medens indholdet af krystalline og eruptive bjergarter samtidigt falder. Dette tolkes som et udtryk for en voksende afstand til isfronten og dermed en aftagen af strømstyrken i smeltvandfloderne.

Små variationer i tallene tyder på en mere kompleks historie for sedimentationen af den nedre Hedeland-formation.

Der er udført 21 fingrus analyser på moræne-

lersprøver (fraktionen 3–5 mm) fra forskellige stratigrafiske niveauer indenfor området. Resultaterne er vist i fig. 4, hvor det også ses, at der findes 2 tydelige grupper, samt 3 prøver der falder midt imellem. Den første gruppe er kendetegnet ved et lavt indhold af flint og et højt indhold af Palæozoisk kalk. Denne gruppe er beliggende øverst i profilerne og er udtaget af 1–2 morænelersbænke, med en fabric der tyder på, at den aflejrende is kom fra SØ. Den anden gruppe kendetegnes af et stort indhold af flint og et lavt indhold af Palæozoisk kalk. Prøverne stammer fra moræneler dels over Hedeland-formationen og dels midt i denne. Dette moræneler tolkes som aflejret af en is fra NØ ud fra fabric målinger. De sidste 3 prøver karakteriseres ved et stort indhold af flint samt et relativt højt indhold af Palæozoisk kalk. Stratigrafisk kommer disse prøver fra bunden af Hedeland-formationen, fra transporterede klumper af moræneler i bunden af

Hedeland-formationen og fra toppen af Himmelev formationen. En fabric måling samt istektoniske forstyrrelser tolkes som evidenser for, at den aflejrende is kom fra NØ.

Fra hver prøve til petrografisk analyse er der udtaget en repræsentativ prøve, og kalkindholdet er bestemt ved HCl behandling og titrering med NaOH. Resultaterne gives i vægt-% kalk i fraktionen 0–16 mm. Variationen i Hedeland-formationen er lille, 16–28%, og viser ingen systematiske, geografiske eller stratigrafiske ændringer. Himmelev formationen falder også indenfor dette interval. Bestemmelserne af kalkindholdet i morænelersprøverne viser derimod systematiske, stratigrafiske variationer men ingen geografiske. Den ældste moræneler fra NØ har et indhold på 28% (2 prøver), den yngre moræneler fra NØ varierer mellem 14 og 18% (5 prøver) og de øverste morænelersbænke fra SØ varierer mellem 19 og 25% (10 prøver).

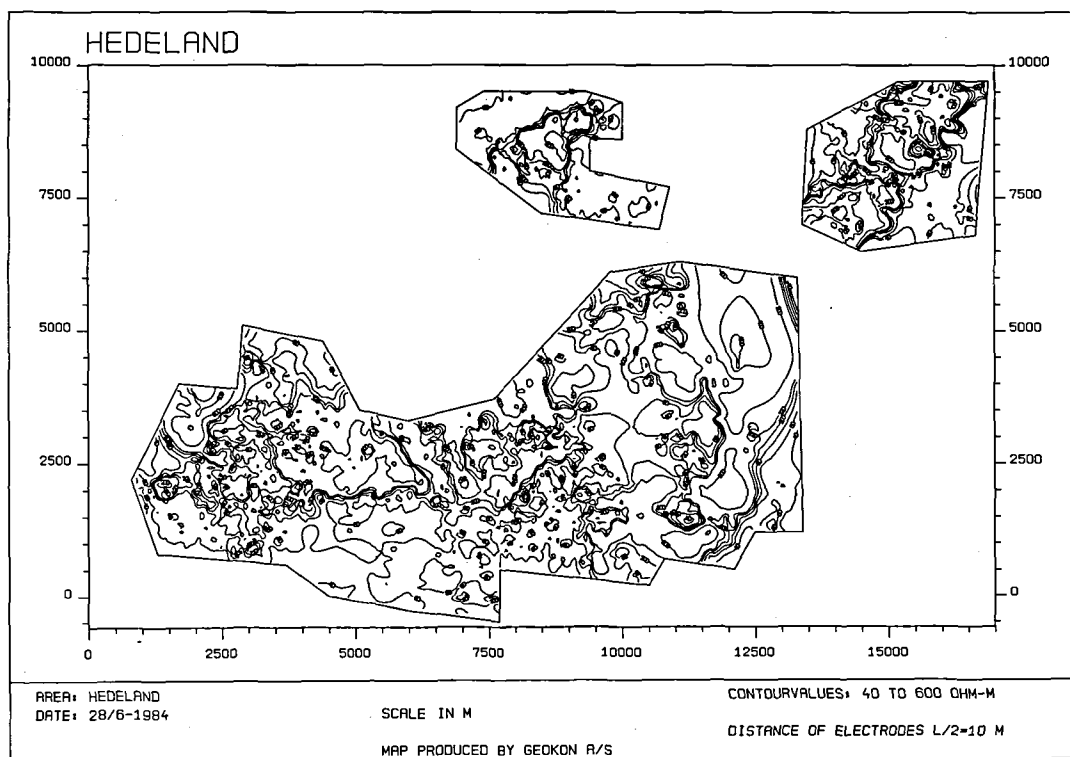


Fig. 5. Iso-ohm-meter kort der viser den geografiske variation af den tilsyneladende specifikke modstand. Erfaringsmæssigt tolkes værdier over 80 ohm-m som et udtryk for, at sand/gruslag forekommer nærmere end 10 m under overfladen.

Iso-ohm-m map showing the geographical variation in the apparent resistivity in the topmost 10 m. From experience, values above 80 ohm-m are interpreted as indicating less than 10 m of overburden over sand/gravel layers.

Konklusion

Iso-ohm-meter kort

De indsamlede geo-elektriske data fra linieprofil-opmålingerne og sonderingerne er lagt ind i en database og iso-ohm-meter kortet fig. 5 er udtegnet ved hjælp af EDB programmell udviklet af Geokon A/S.

Overjorden betragtes som et lag med en lav modstand, hovedsageligt bestående af moræneler. Denne simplificering baseres på tidligere erfaringer fra undersøgelser indenfor området. De underliggende Hedeland- og Himmelev-formationer er lag med en høj modstand, og giver her ved gode kontraster til overjordens lave modstand. Ud fra den forenkede model tolkes en stigende tilsyneladende modstand som en aftagen af overjordens tykkelse. Det er dog klart, at sand- og gruslag med en høj modstand og som findes i moræneleret som lag eller linser eller aflejret ovenpå, vil vanskeliggøre tolkningerne.

Udstrækning af råstof

Den definition på råstof af sand og grus, som er benyttet i denne undersøgelse, er mindre end 10 m overjord og mindst samme tykkelse af sand og gruslag. Denne betegnelse afhænger af teknologi, priser, kvalitet og afstand til aftageren og kan derfor ændres i fremtiden. I nogle grusgrave er overjordstykkelsen for tiden mere end 10–15 m, men i disse tilfælde er gravene udvidet fra områder med overjord under 10 m.

Ved en kombination af den topografiske overflade og de informationer, der er indsamlet om sand-gruslegemets top og bund, fandtes udbredelsen og tykkelsen af råstoflegemet som vist i fig. 6. Hedeland-formationen udgør et stort irregulært legeme. Tykkelsen af Hedeland-formationen er normalt mellem 15 og 18 m med lokale variationer mellem 6 og 25 m.

Overjordstykkelsen

Kortet fig. 6 viser nogle N-S og NNV-SSØ orienterede områder med tykkere overjord både i lavninger og i områder, der ikke reflekteres i morfologien. Disse områder tolkes som deformationer af gruset frembragt af overskridende is. I andre områder udgør fortykkelsen af overjorden lave bakker, hvilket tolkes som akkumulation af materiale ved gletscherfronten. Et tredje område med tykkere overjord udgøres af et Ø-V til SV-NØ orienteret bælte gennem størstedelen af un-

dersøgelsesområdet. Dette er tolket som en nederoderet dal i Hedeland-formationen, opfyldt af moræneler og issøsedimenter, der har udglattet den tidligere daltopografi.

Roskildeområdets stratigrafi

En råstofkortlægning, der har til formål at belyse et råstoflegemes udbredelse og tykkelse samt dybden til dets overside, giver gennem nogle få ekstra undersøgelser også informationer om den mere detaljerede stratigrafi.

Ved at sammenstille alle de indsamlede oplysninger fra grusgrave, borerer, geo-elektriske undersøgelser og laboratorieforsøg er den generelle stratigrafi for området opstillet i fig. 7.

Prækvartær

I vandforsyningsboringerne i området findes i den østlige del Danien kalk i den prækvartære overflade. Mod vest består overfladen af Mellem Paleocæn mergel, sand og kalk med en karakteristisk grøn farve. Grænselinien mellem disse to stratigrafiske niveauer er beliggende øst for Roskilde, og følger hovedsagelig en N-S gående linie. Denne linie kaldes Roskilde forkastningen (Bondesen, 1979), og tykkelsen af de Mellem Paleocæne lag går fra 0–10 m øst for linien til omkring 50 m vest for.

Nederoderet i prækvartæroverfladen ses nogle dybe dale udfyldt med kvartært materiale. De fleste af disse dale er N-S gående, en enkelt er Ø-V orienteret. Disse dybe dale tolkes som forkastningsbetingede og udformet ved kraftig erosion i svaghedszoner.

Kvartær

I borerne ses moræneler med indslag af smeltvandssand og grus over prækvartæret. Af og til findes flere morænelersbænke adskilt af smeltvandsaflejringer, især i den sydlige og vestlige del af området, hvor smeltvandet, der aflejrerede Hedeland-formationen, ikke har været så erosivt. Alderen af disse lag kendes ikke, men de er ældre end Hedeland-formationen, der overlejrer dem i alle borerer.

»Saale«?

Direkte under Himmelev-formationen er der truffet blågråt siltet moræneler, som blev undersøgt for omlejrerede foraminiferer. »Faunaen« havde en sammensætning, der ikke kendes fra

RÅSTOF KORT

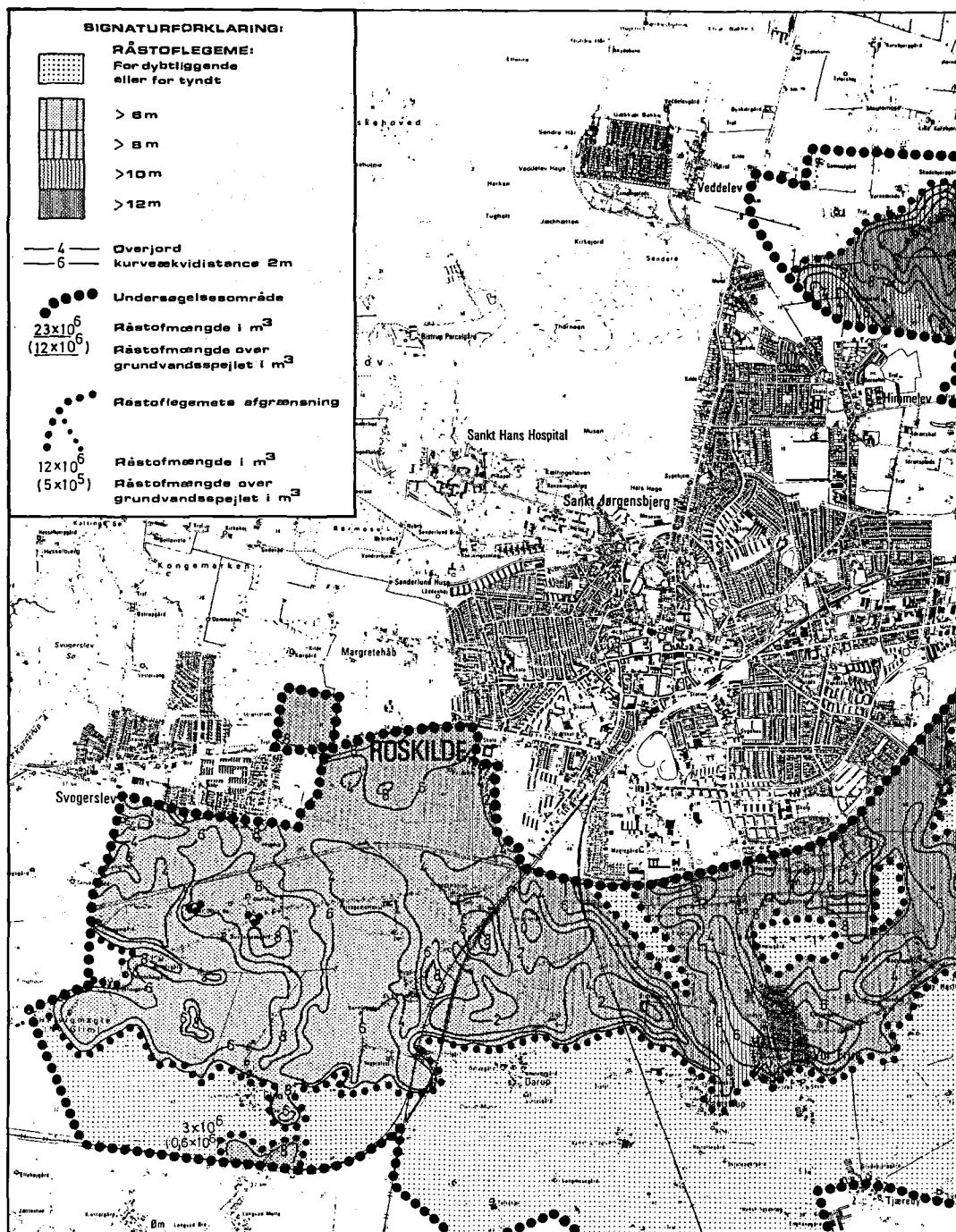
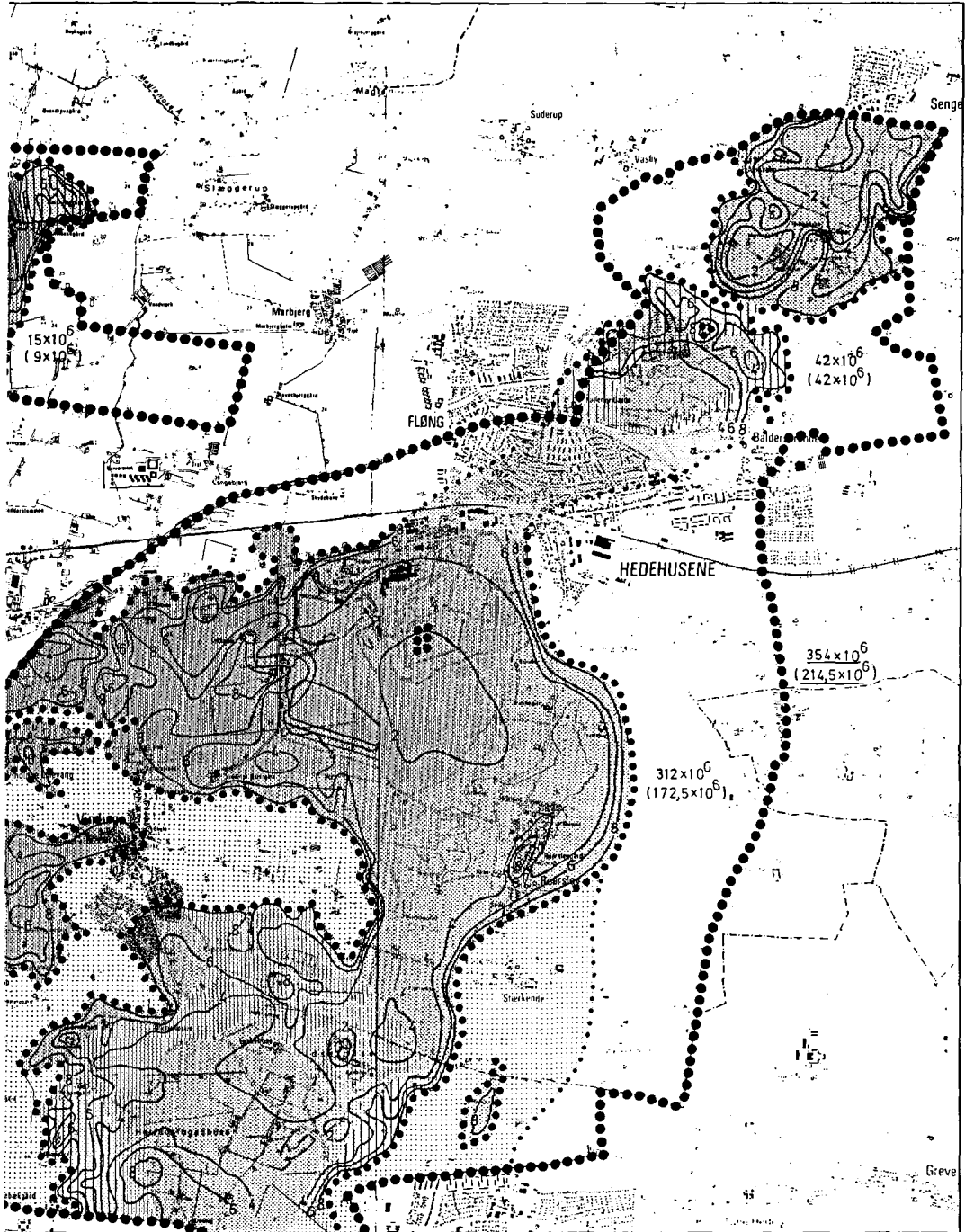


Fig. 6. Råstofkort der viser afgrænsningen af undersøgelsesområdet og udbredelsen af råstoflegemet. Tykkelsen af overjorden er vist med kurver, og tykkelsen af råstoflegemet med forskellige stregraster. Grundkort: Udsnit af Geodætisk Instituts 4 cm kort 1513 IV SØ Roskilde og 1513 ISV Tåstrup. Gengivet med instituttets tilladelse (A.531/84). Copyright.

Raw material map showing the border of the surveyed area and the extent of the raw material body within this. The thickness of the overburden is shown as contours and the thickness of the raw material by shading.

Sand - grus - sten



Basis map: Section of Geodætisk Institut (Geodetic Institute) 4 cm map 1513 IV SE Roskilde and 1513 I SV Tåstrup. Reproduced by permission of Geodætisk Institut (Permit no. A.531/84). Copyright.

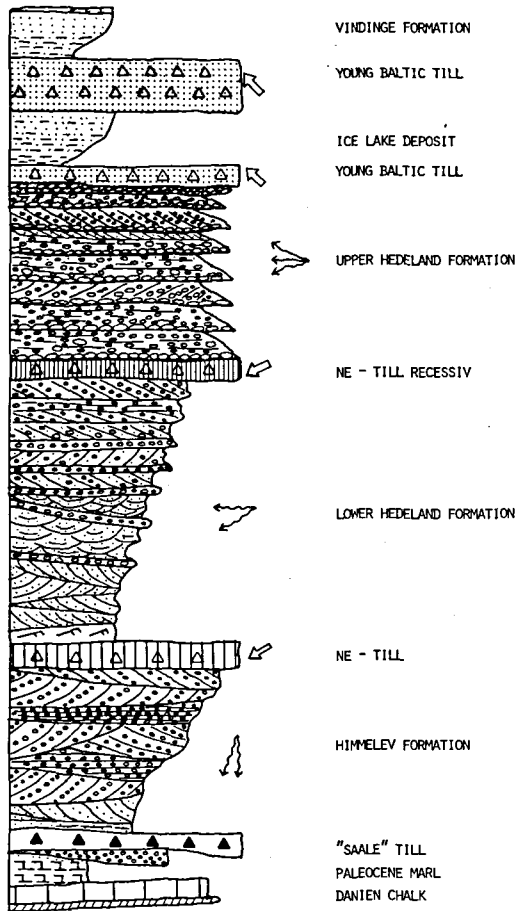


Fig. 7. Skematisk snit gennem lagserien i Roskilde området. Profilet er sammensat ud fra oplysninger fra eksisterende boringer suppleret med grusgravsobservationerne. Pilene viser generelle strømretninger for smeltevand og is.

A schematic profile showing the stratigraphic column in the Roskilde area. The profile is based on information from water well drillings, supplemented with observations from gravel pits. The arrows indicate the general direction of the paleocurrent of the meltwater and the ice.

Weichsel aflejring i området. Selskabet minder mest om den blandingsfauna, der findes i det nedre moræneler i Københavns-området. Det blågrå moræneler menes afsat under Saale nedisningen, men kan være ældre.

Den Norske is

Over »Saale« moræneleret findes op til 17 m vekslende sand og gruslag, Himmelev-formationen. Der findes en tydelig tiltagen i kornstørrelse op gennem profilerne, samtidig med et fald i kornstørrelsen mod S og SSV. Himmelev-formatio-

nen menes aflejret i et flettet flodsystem på en isbegrænset hedeslette (fig. 8a). På baggrund af en generel palæostrømretning mod S, samt af de petrografiske undersøgelser af gruset, tolkes isbegrænsningen som værende dødis umiddelbart foran den Norske is.

NØ-is komplekset

Diskordant over den foldede Himmelev-formation ses et morænesandsdække; folderne er frembragt af istryk fra NØ. Fingrusanalyser af dette morænesand samt af moræneler underlejrende Hedeland-formationen antyder, at morænerne er afsat af den samme gletscher. Fabric målinger i moræneleret viser, at det er afsat af is fra NØ. Disse oplysninger fører til konklusionen, at den første gletscher efter det norske Weichselfremstød kom fra NØ (fig. 8b). Efter afsmeltning af isen i en del af området, blev den Nedre Hedeland-formation afsat foran en NØ isrand (fig. 8c). De undersøgte grusgrave viser, at formationen blev afsat i et flettet flodsystem på en hedeslette. Palæostrømretningen var hovedsagelig mod SV, enkelte steder mere mod vest. Der er op gennem profilerne iagttaget en voksende kornstørrelse og tykkelse af gruslagene, hvilket viser en stigende strømstyrke og vandføring. Den største kornstørrelse i toplaget er næsten den samme over hele området, hvilket – sammen med den stigende strømstyrke – afspejler en fremadskridende isrand. Hedesletten ligger som et tykt dække over hele undersøgelsesområdet, længere mod syd og vest bliver hedesletten mere og mere afhængig af den tidligere morfologi. Mod syd og sydvest synes smeltevandet at have løbet i de lavestliggende dele af terrænet mellem »bakkeøer«. Mod vest fortsætter hedesletten i »Torkilstrup-formationen« (Bondesen & Schrøder, 1978). Dette underbygges af petrografiske analyser fra en grusgrav ved Hvalsø, som viser en sammensætning svarende til Hedeland-formationen. Hen over den Nedre Hedeland-formation ses et morænelersdække, som viser, at isen til sidst overskred hele området (fig. d). Fabric-målinger indikerer, at isen kom fra NØ også denne gang. Isen frembragte mindre forstyrrelser i underlaget i form af store åbne folder. Dette andet NØ-isfremstød nåede længere vestpå end undersøgelsesområdet, hvor langt vides ikke, da der ikke foreligger stratigrafiske undersøgelser, der belyser det.

Under tilbagesmeltningen af dette andet NØ-isfremstød foretog isen endnu et mindre fremstød (fig. 8e). Isfronten bevægede sig fra Reerslev til Vor Frue (fig. 8e), hvorved underlaget, Nedre Hedeland-formation, moræneler fra andet NØ-isfremstød og et tyndt lag smeltevandssand, blev deformeret i tætte svagt overkippede folder. Målinger på folderne viser, at istrykket nu havde en ØNØ-lig retning.

Efter dette lille fremstød stabiliseredes isranden omkring en linie fra Hedehusene til Tune (fig. 8f), og i Roskilde fjord lå dødis, som dannede en nordlig afgrænsning af det isfrie område. Foran denne nye isfront opbyggedes en ny hedeslette, Øvre Hedeland-formationen. Toppunktet for denne hedeslette lå ved Reerslev og aflejring foregik hovedsagelig mod SV og mindre mod NV. Et større areal mellem Roskilde, Vor Frue, Glim og Svogerslev har formentlig ligget som en »bakke«, da der ikke er fundet nogle aflejringer af den Øvre Hedeland-formation. I kanten af »bakkeøen« viser kanaludfyldninger nederoderet i NØ-moræneleret, at smeltevandssloeder har løbet ind over de ydre dele af bakkerne. Den Øvre Hedeland-formation består af blokgrus-sandlag med en cyklisk gentagen. Der findes en tydelig aftagen af max. kornstørrelse med stigende afstand til isranden. Ved isfronten er største kornstørrelse omkring 100 cm, medens den er 35 cm omkring 3.5 km væk. Denne observation er i god overensstemmelse med iagttagelser ved recente gletschere (Boothroyd & Ashley, 1973) og viser, at denne hedeslette er afsat foran en stationær isfront.

Medens denne hedeslette blev aflejret, smeltede den døde is i Roskilde fjord væk, hvilket medførte, at smeltevandet kunne løbe denne vej. Det medførte også en sænkning af erosionsbasis, hvorved smeltevandet, i stedet for at fortsætte med aflejringen af hedesletten, begyndte at erodere i samme. Denne erosionsdal fulgte kanten af »bakkeøen« syd for Roskilde, og vandet løb gennem Korneurp ådal ud i Roskilde fjord (fig. 8f). Denne dal blev nedskåret i det meste af både Øvre og Nedre Hedeland-formation. Efter den erosive fase smeltede NØ-isen helt væk fra området.

Ungbaltisk isfremstød

Over den Øvre Hedeland-formation findes aflejringer fra to ungbaltiske isfremstød og deres af-

smeltning. Det ældste ungbaltiske isfremstød overskred området fra SØ til SSØ og efterlod et tyndt dække af moræneler (fig. 8g). Ved isoverskridelsen blev der frembragt større deformationer i de SØ-lige dele af Hedeland-formationen, medens størstedelen af undersøgelsesområdet er uden forstyrrelser fra dette fremstød. Fingrusanalyser viser, at sammensætningen af moræneler fra de to ungbaltiske isfremstød er identiske. Fabric målinger i moræneleret viser, at isen kom fra SØ-SSØ.

Ved afsmeltningen af denne første SØ-is blev der efterladt et dække af dødis. I denne dødis fandtes nogle søer hvori fint sand, silt og ler blev aflejret ovenpå moræneleret (fig. 8h). En stor del af disse issøer var beliggende i den dal, der var efterladt efter erosionen i slutningen af Øvre Hedeland-formations periode.

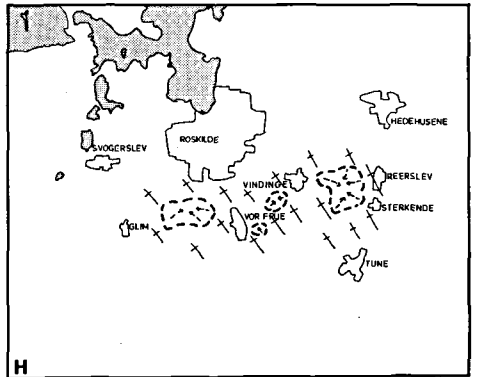
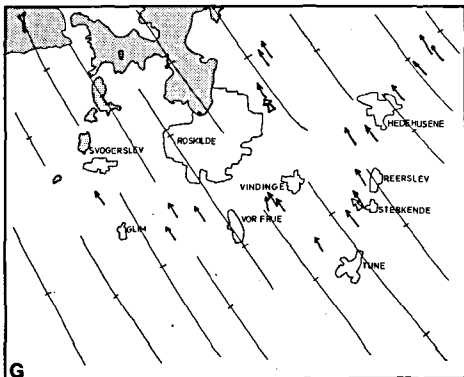
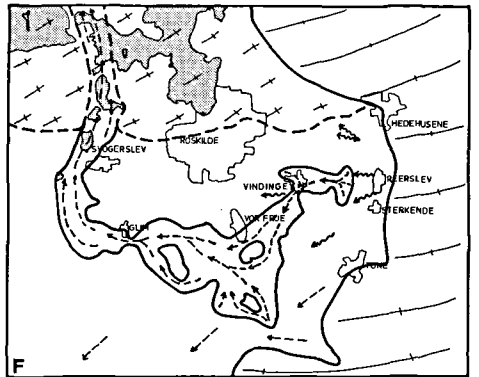
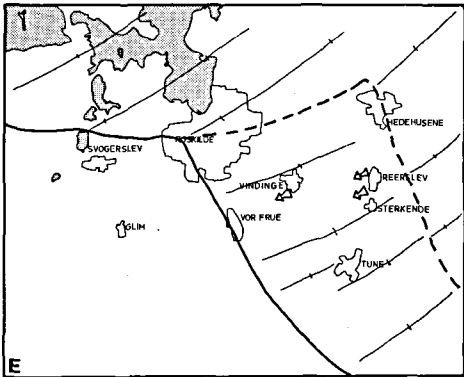
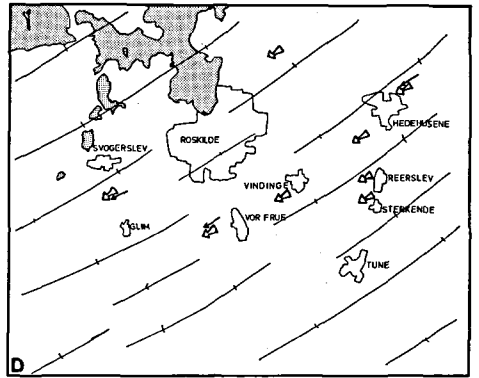
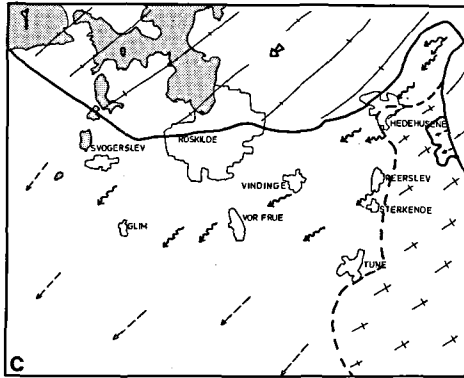
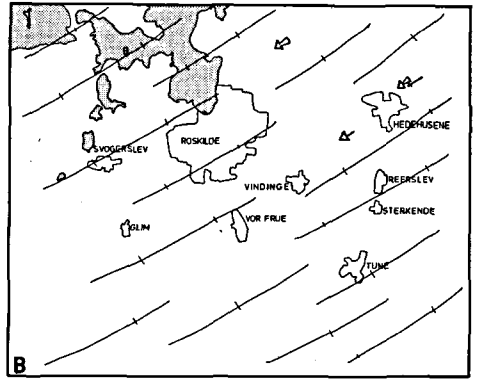
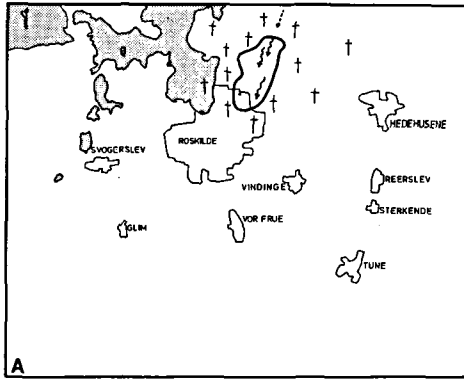
Efter denne issø-fase overskred den Ungbaltiske is endnu engang området fra SØ (fig. 8i). Dette fremstød efterlod det øverste moræneler i området, og frembragte mindre deformationer af issøsedimenterne. Denne morænelersbænk er tynd, og mangler af og til i profilerne.

Dette isfremstød gik også over i en dødisfase med issøer, i hvilke finkornet sand, silt, ler og sjældent grus blev aflejret (fig. 8j). Disse aflejringer blev kaldt Vindinge formationen af Bondesen & Schrøder (1981). Disse sedimenter træffes også uden for det oprindeligt beskrevne område. En stor del af disse issøaflejringer – Vindinge formationen og andre – er beliggende i den dal, der er placeret over erosionsdalen.

Det kan konkluderes, at de ungbaltiske isfremstød hovedsagelig har haft en udglattende effekt.

Et væsentligt resultat af undersøgelsen er den 2-delning af Hedeland-formationen, der er foretaget her. Dette er foretaget på baggrund af iagttagelser af moræneler i 2 grusgrave, deformationer (med en ensartet ØNØ-lig trykretning) af moræneleret og det underliggende grus i disse grave samt lignende deformationer i andre grave. Observationerne støttes af en del borer i området, hvor der er truffet moræneler i Hedeland-formationen i omtrent samme niveau som i gravene.

Et andet væsentligt resultat er påvisningen af en smeltevandssdal nedskåret i Hedeland-formationen, som har strakt sig længere mod syd. Denne dals placering har i tidligere undersøgelser været betragtet som den sydlige afgrænsning



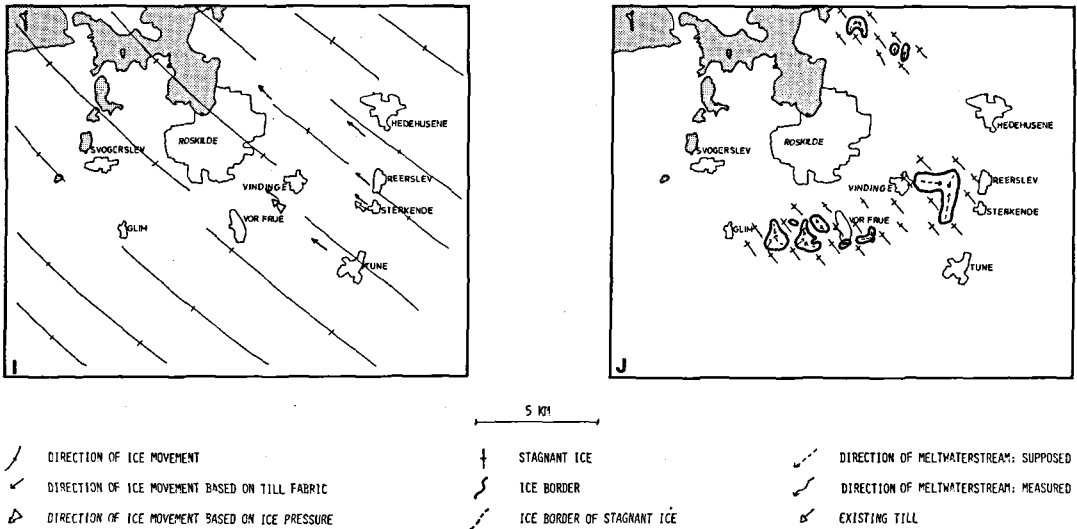


Fig. 8. Kort der viser udbredelsen af is, dødis, issøer og hedesletter inden for området til forskellig tid, som det ser ud på baggrund af undersøgelsen. A. Norske Is, B. Den første NØ-Is, C. Første tilbagesmeltning af NØ-Isen, D. Den anden NØ-Is, E. Den anden tilbagesmeltning samt en lille fremrykning af NØ-Isen, F. Et endeligt tilbagesmeltningss stadium for NØ-Isen, G. Den første Ungbaltiske Is (Østjysk), H. Dødis-stadium med issøer efter afsmeltning af den første Ungbaltiske Is, I. Den anden Ungbaltiske Is (Bælt fremstød), J. Dødis-stadium med issøer efter afsmeltning af den anden Ungbaltiske Is.

Map showing the extent of glaciers, dead ice, ice lakes and sandurs within the area at different times, as it is interpreted on the basis of the investigation. A. Norwegian Ice, B. The first NE-Ice, C. The first recession of the NE-Ice, D. The second NE-Ice, E. The second recession and a smaller advance of the NE-Ice, F. The final recessional stage of the NE-Ice, G. The first Young Baltic Ice (East Jutland), H. Dead ice stage with ice lakes from the recession of the first Young Baltic Ice, I. The second Young Baltic Ice (Belt advance), J. Dead ice stage with ice lakes from the final recession of the Young Baltic Ice.

af sand-gruslegemet. Den vestlige afgrænsning har tidligere ligget, hvor smeltevandsdalen svinger nordpå til Roskilde fjord, her mangler Hedeland-formationen nemlig, men undersøgelsen peger på, at hedesletten fortsætter over i »Torkilstrup-formationen«.

Denne undersøgelse viser en meget kompleks opbygning af NØ-isens sedimenter. NØ-isen når at overskride området 3 gange samt at opbygge 2 hedesletter i forbindelse med disse oscillationer.

Tak

Jeg vil gerne takke Hovedstadsrådet og Ivan Printzlau for tilladelse til publicering af materialet samt vejledning under udførelsen af undersøgelsen. En tak også til Jørn Bo Jensen, som har deltaget i selve undersøgelsen samt i diskussionerne om tolkningen af resultaterne.

Litteratur

Bondesen, E. 1979: *Roskilde, by og landskab – geologi og samfund*. Roskilde Museums Jubilæumsskrift.

Bondesen, E. & Schröder, N. 1978: *Torkilstrup formationens geologi og geohydrologi*. Institut for miljø, teknologi og samfund. RUC august 1978. 40 sider.

Bondesen, E. & Schröder, N. 1981: *Hedeland – geologisk – geohydrologisk planlægningsgrundlag*. Institut for miljø, teknologi og samfund. RUC oktober 1981, 71 s.

Boothroyd, J. C. & Ashley, G. M. 1973: Processes, bar morphology and sedimentary structures on braided outwash fans, Northeastern gulf of Alaska. *Glaciofluvial and Glaciolacustrine sedimentation. Soc. Econ. Paleont. and Mineralogists Spec. Publ.* 23, 193–222, 1975.

DS 405.9: Kornstørrelsesfordeling bestemt ved sigteanalyse. I: *Dansk Standard 405: Prøvetagningsmetoder for sand-, grus- og stenmaterialer*. Februar 1978.

Falkesgaard, P. O.: *Grusforekomsterne ved Roskilde. Et forsøg på en sedimentologisk bedømmelse af deres oprindelse, variationer og udstrækning*. Upubliceret, Københavns Universitet, 1966.

Fredningsstyrelsen, 1981: *Beskrivelse af råstofgrave. Råstofkontorets kortlægningsserie nr. 3*. København 1981, 179 s.

Geodan, 1980: *Råstofkortlægning. Fase 2 kortlægning af et område sydøst for Roskilde*. Rapport til Hovedstadsrådet. København 1980, 85 s.

Høgberg, E. 1967: Staining method for examination of siliceous, cretaceous, limestone. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, vol. 89, 423–431.

Jacobsen, E. M. 1984a: Glim. En detailkortlægning af overfladenære råstofforekomster i et område sydvest for Roskilde. *Geokon Bulletin* 5, 56 s.

Jacobsen, E. M. 1984b: Råstofkortlægning. Et fase 2 kort udarbejdet på baggrund af råstoffdetailkortlægning omkring Roskilde. *Geokon Bulletin* 6, 70 s.

- Kyllesbech, M. 1982: *Råstofgeologisk kortlægning i området mellem Roskilde, Tåstrup, Jyllinge og Måløv*. Hovedstadsrådet 1982, 176 s.
- Milthers, V. 1935: *Oversigt over Nordøstsjællands Geologi*. *Danm. geol. Unders.* 5, rk. 3, 192 s.
- Rambøll & Hannemann, 1981: *Regional råstofkortlægning - fase 2. Svogerslev-Roskilde*. - Rapport til Hovedstadsrådet. København 1981, 104 s.
- Rørddam, K. 1899: *Kortbladene Kjøbenhavn og Roskilde*. *Danm. geol. Unders.* 1, rk. 6. Kjøbenhavn 1899, 107 s.
- Sørensen, P. R., Jacobsen, E. M. & Kirsbo, E. 1981: En råstof-
detaillortlægning af et område nord og øst for Himmelev, Roskilde kommune. *Geokon Bulletin* 1, København 1981, 61 s.
- Sørensen, P. R. 1982: En råstofdetaillortlægning af et område mellem Vor Frue og Vindinge, Roskilde kommune. With an English summary. *Geokon Bulletin* 2, København 1982, 87 s.
- Sørensen, P. R. 1983: En detaillortlægning af overfladenære råstofforekomster i et område omkring Darup og Kamstrup syd for Roskilde. *Geokon Bulletin* 4, København 1983, 71 s.