Kvartære grundvands-førende sedimenter

I 2001 indgik de jysk-fynske amter og Geologisk Institut ved Aarhus Universitet en samarbejdsaftale om kortlægning af de kvartære grundvandsførende sedimenter i Jylland og på Fyn.

Charlotte Krohn
Jette Sørensen
Christian Kronborg
Ole B. Nielsen.

Projektet, der er navngivet »Sedimentsamarbejdet«, har til formål at sikre en bedre korrelation af grundvandsførende sedimenter samt at styrke den kvartærgeologiske forskning. Korrelationen af sedimenterne indgår som en vigtig del af opbygningen af de geologiske modeller, der danner basis for opstilling af grundvandsmodeller.

I artiklen beskrives de petrografiske og mineralogiske metoder, der danner grundlaget for korrelation af de kvartære, grundvandsførende sedimenter.

Komponenterne i de kvartære aflejringer

Danmark har i de sidste ca. 2,4 millioner år oplevet gentagne istider og mellemistider. I løbet af hver istid har flere gletscherfremstød bevæget sig fra de skandinaviske fjelde nedover det nordeuropæiske lavland. I Danmark ses spor efter de 4 yngste kendte istider, hvorfra der kan erkendes aflejringer fra ialt 11 isfremstød (fig. 1). Desuden kendes aflejringer fra de seneste 4 kendte mellemistider inkl. Holocæn (Nutiden).

En gletscher medbringer materiale fra sit oprindelsessted, men eroderer, optager og sammenblander også materiale fra den lokale undergrund. Materialerne afsættes herefter som usorterede moræneaflejringer ved gletscherens bund eller som mere eller mindre sorterede smeltevandsaflejringer i floder eller søer på smeltevandssletten foran gletscheren. Gletscheren har desuden en deformerende effekt, der bevirker, at lagene i undergrunden og foran gletscheren i mange tilfælde er præget af glacialtektonik sådan, at sedimenterne ikke altid kan forventes at ligge i regulære, kontinuerte lag. Korrelation med petrografiske analyser kan derfor være den eneste mulighed for at udrede opbygningen af den kvartære lagserie i et område.

Et isfremstød vil under sin bevægelse henover forskellige typer af prækvartære og kvartære underlag optage, sammenblande og aflejre materiale med en karakteristisk petrografisk og mineralogisk sammensætning i de tilhørende moræne- og smeltevandsaflejringer. Den petrografiske sammensætning af sedimenterne fra et gletscherfremstød kan således benyttes som et slags fingeraftryk. I mange tilfælde er det herved muligt både at angive en relativ alder og at foretage en korrelation til tilsvarende aflejringer på andre lokaliteter.

C. Kronborg har i 1983 opstillet en model for fingrussammensætningen i glaciale aflejringer i Midt- og Østjylland /2/. Ifølge modellen, der er opstillet på basis af observationer i daglokaliteter, falder kvartsindholdet i fingrusfraktionen med antallet af gletscherfremstød, mens indholdet af krystalline korn stiger. Ligeledes viser modellen, at kvartsindholdet stiger i isens bevægelsesretning mod vest, mens det krystalline indhold falder.

Udviklingen i fordelingen af lermineraler afspejles også i modellen. De ældre kvartære aflejringer indeholder således mere kaolinit og mindre smectit end de yngre. Der ses også en horisontal variation, idet indholdet af kaolinit øges fra øst mod vest.

Periode	Stadium	
Holocæn		11.500 år
Weichsel Istid	Højvang Fårup Kattegat Ringshøj Sundsøre	115.000 år
Eem Mellemistid		127.000 år
Saale Istid	Asklev Hinnerup Haar	(390.000 år)
Holstein Mellemistid		(410.000 år)
Elster Istid	Sdr. Thise Søbyvad	500.000 år
Cromer Komplekset		
Menap Istid	Urebro	

Figur 1. *Den midt- og østjyske tillstratigrafi. Baseret på Kronborg et al 1990 /1/.*

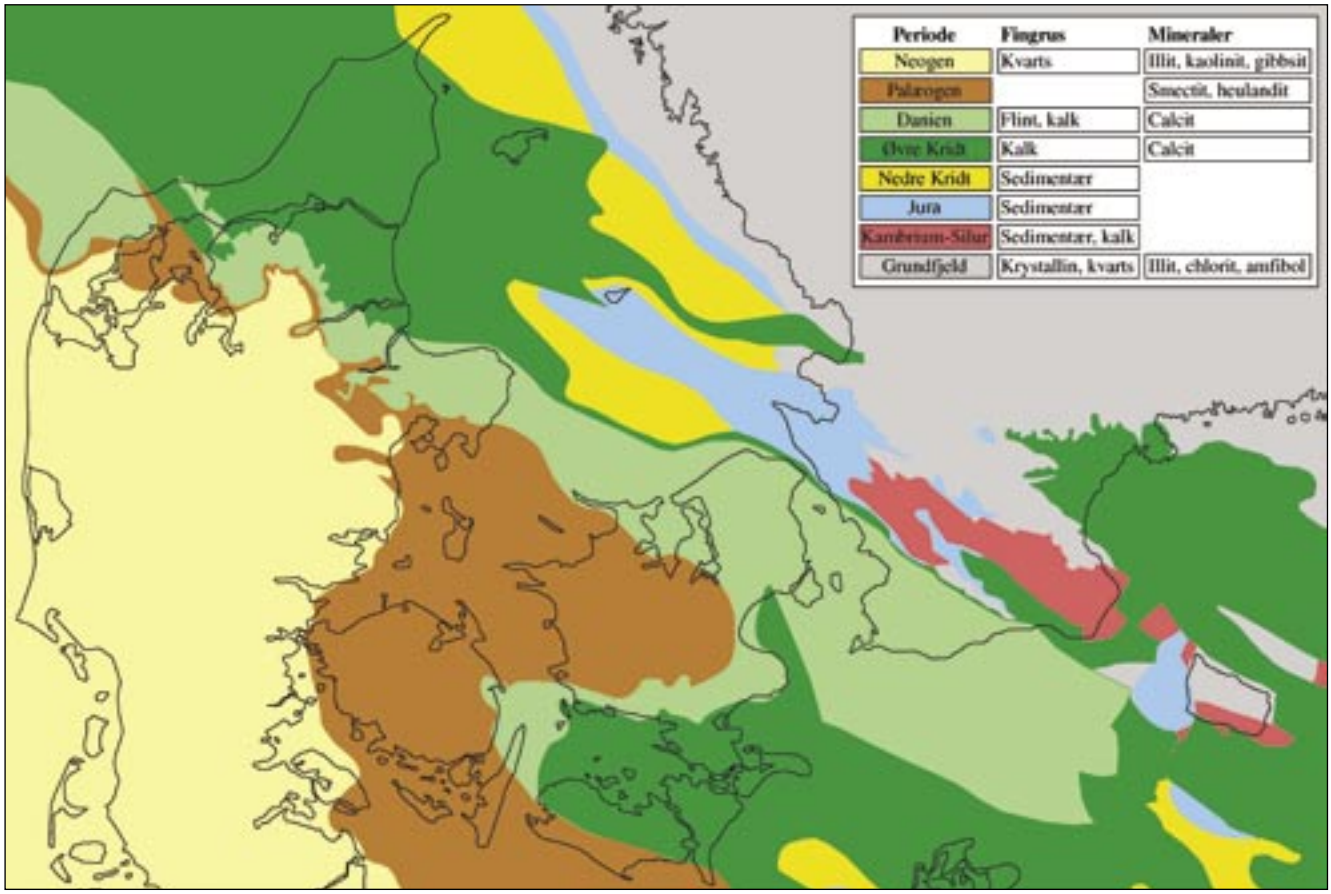
Det prækvartære underlags indflydelse

De prækvartære aflejringer i Danmark har forskellige sammensætninger af lermineraler og spormineraler, hvilket anvendes til at udrede oprindelsesstedet for de kvartære sedimenter.

På undergrundskortet (fig. 2) ses, at grundfjeldsområderne bidrager med krystallint materiale (granit, gnejs) og kvarts til fingrusfraktionen samt illit, chlorit og amfibol til lerfraktionen. Aflejringer fra Kambrium-Silur, Jura og Nedre Kridt bidrager primært med sedimentære korn og palæozoisk kalk til fingrusfraktionen. Kalk og til dels flint i fingrusfraktionen samt calcit i mineraldelen stammer fra aflejringer afsat i Øvre Kridt og Danien.

Den tertiære periode opdeles i en ældre (Palæogen) og en yngre del (Neogen). De finkornede palæogene aflejringer udgøres primært af smectit, idet tilførslen af vulkansk materiale i denne tidsperiode har favoriseret dannelsen af dette lermineral. Samtidig dannes ofte spormineralet heulandit. De neogene aflejringer domineres i lerfraktionen af mineralerne glimmer, illit og kaolinit, som er langt mere modstandsdygtige end smectit over for den intense kemiske forvitring, der har præget det danske område i store dele af tertiærtiden. Forvitringen har desuden medført dannelsen af spormineralet gibbsit. I fingrusfraktionen ses et bidrag af kvarts fra de udbredte kvartssandsområder i Jylland.

De ældste gletschere, der har bevæget sig nedover det danske område, har haft rig mulighed for at erodere og optage materiale direkte fra de prækvartære aflejringer, og de



Figur 2. *Efter Varvs undergrundskort /3/ med angivelse af de prækvartære aflejringers bidrag til de kvartære aflejringer.*

ældste moræneaflejringer i Jylland er derfor meget kvartsrige. Jo flere isfremstød, der har overskredet landet, desto mere materiale fra grundfjeldsområderne er transporteret til det danske område, og de yngre aflejringer er derfor mere krystallint prægede.

Af undergrundskortet ses også, at en gletscher, der er kommet fra nord ikke har haft samme mulighed for at erodere og optage materiale i f.eks. de palæogene aflejringer som en gletscher, der er kommet fra øst. Endvidere ses, at glaciale aflejringer i f.eks. Vendsyssel og på Fyn vil være kvartsfattige, fordi gletscherne ikke har haft mulighed for at optage materiale fra de jyske kvartssandsområder.

Prøvekvalitet

Korrelationen af de kvartære, grundvandsførende sedimenter bygger på en række analyser af prøver fra undersøgelsesboringer, der er udført som led i amternes kortlægning af grundvand. Boremetoden og prøveudtagningen har en væsentlig betydning for kvaliteten af det prøvemateriale, der bores op.

De fleste boringer, der undersøges, er udført som lufthæveboringer, og prøvekvaliteten er generelt god. For at øge kvaliteten af prøverne er en registrering af borearbejdet vigtig, f.eks. i hvilket niveau der er sket tilslag af boremudder, eller i hvilke intervaller der er anvendt rullemejsel. Hvis boremudderet ikke opslemmes ordentligt, inden borearbejdet sættes i gang, kan der findes partier af rent bentonit i prøverne, hvilket ikke er hensigtsmæssigt i forhold til ler- og bulkmineralogiske analyser. Anvendelsen af rullemejsel, der nedknuser grus og sten, betyder, at prøver udtaget i det niveau er uanvendelige til fingrusanalyse. Sammenblanding af prøvemateriale over flere niveauer er heller ikke hensigtsmæssigt for de stratigrafiske analyser, og det kan f.eks. ske ved gentagen hævning og sænkning af borestammen. For en uddybning af emnet henvises til /4/.

Forkert håndtering, opbevaring og transport af en ellers god boreprøve kan have væsentlig indflydelse på boreprøvens kvalitet, ligesom en mangelfuld prøvebeskrivelse kan få alvorlig betydning for den senere tolkning af alder, dannelsesmåde og korrelation af de opborede sedimenter. For yderligere anvisninger på behandling af boreprøver henvises til /4/.

En fyldestgørende prøvebeskrivelse er grundlaget for at kunne udtage prøver til petrografiske analyser. En god prøvbebeskrivelse består i at observere og at formidle observationerne på en objektiv og fyldestgørende måde, så enhver geolog kan forstå hvilket sediment, prøvebeskriveren har haft mellem fingrene. Prøvebeskriveren skal derfor have en relevant baggrund og erfaring, og bør som minimum følge anvisningerne i Ingeniørgeologisk Prøvebeskrivelse /5/. Prøvebeskrivelsen skal endvidere foregå i dagslys på borestedet.

Laboratorieanalyser

Når prøverne ankommer til Geologisk Institut, bliver de lagt op i rækkefølge på et langt bord, og prøvematerialet relateres til gammalog (geofysisk borehuslmåling) og til prøvebeskrivelser foretaget i felten. Boringen inddeles i litologiske enheder, hvorfra der bliver udtaget et repræsentativt antal prøver til laboratorieanalyser.

I Sedimentsamarbejdet er der siden projektets start i 2001 undersøgt over 100 boringer. På prøver fra disse boringer er der i gennemsnit pr. år udført følgende analyser:

- 432 kornstørrelsesanalyser ved sigtning
- 323 kornstørrelsesanalyser ved slemning
- 319 bulkmineralogiske analyser
- 319 lermineralogiske analyser
- 354 fingrusanalyser
- op til 51 analyser af reduktionskapacitet

I 2005 og 2006 forventes antallet af analyser at være i nogenlunde samme størrelsesorden som ovennævnte tal.

Fingrusanalyse

Fingrusanalysen består af en opdeling af en prøves fingrusfraktion i forskellige petrografiske grupper. Fingruskornene inddeles i to hovedgrupper efter deres stabilitet overfor kemisk forvitring for derved at undgå forvitringsbetingede forskelle ved sammenligning af prøver.

Den forvitringsstabile gruppe udgøres af kvarts, flint, sedimentære korn og krystalline korn, der igen underinddeles i røde, lyse og mørke korn. Gruppen, der er ustabil overfor forvitring, udgøres af kalk fra Øvre Kridt og Danien, palæozoisk kalk, porøs flint, kalkholdige sedimentære korn og andet (f.eks. brunkul, pyrit, lersten).

På Geologisk Institut, Aarhus Universitet tælles mindst 300 stabile korn i fraktionen mellem 2 og 4 mm. Denne kornstørrelse er valgt for at få tilstrækkeligt med korn fra boreprøver og for at få tilstrækkeligt med kvartskorn, der overvejende findes i fraktionerne mindre end 5 mm.

Ler- og bulkmineralogi

I forbindelse med Sedimentsamarbejdet foretages en systematisk analyse af den mineralogiske sammensætning af alle typer kvartære aflejringer. Dels opkoncentreres en prøves lerfraktion (mindre end 0,002 mm), og dels tørres og knuses en repræsentativ prøve (bulkprøve). De to prøvetyper udsættes for røntgenbestråling i et diffraktometer, hvorefter den kvantitative mineralogiske sammensætning beregnes. Analysen af bulkprøven viser prøvens mængdemæssige andel af almindelige mineraler såsom kvarts og feldspat, men også andre mineralers tilstedeværelse og mængde bestemmes. Mineralerne i lerfraktionen opdeles i ikke-lermineraler (f.eks. gibbsit, heulandit) og lermineraler, der igen opdeles i smectit, illit (herunder glimmer), kaolinit og chlorit.

Ved den bulkmineralogiske analyse opnås desuden en bestemmelse af pyrit-indholdet i et sediment, hvilket kan anvendes til bestemmelse af reduktionskapaciteten i grundvandsmagasinet og de overliggende sedimenter.

Øvrige analyser

En prøves relative indhold af grus, sand, silt og ler bestemmes ved kornstørrelsesanalyse, hvilket ofte kan give vigtige informationer om det aflejringsmiljø, hvori sedimenterne er afsat. I visse tilfælde kan kornstørrelsesfordelingen lokalt benyttes til korrelation af moræne-enheder /6/. Endvidere udføres en række stratigrafiske analyser ved andre samarbejdspartnere på Geologisk Insitut, Aarhus Universitet. For en nærmere præsentation af analysemetoderne henvises til /7/.

Stratigrafisk metode

Indenfor Sedimentsamarbejdet er der udviklet en ny stratigrafisk metode til opdeling af de kvartære sedimenter i en boring samt til korrelation med øvrige boringer og lokaliteter i et lokalområde.

Opdelingen af selve boringen er baseret på 2 stratigrafiske enheder, dels litologiske enheder og dels petrografiske grupper. Den litologiske enhed kan f.eks. være lag af moræneler eller smeltevandssand. Opdelingen baseres på prøvebeskrivelser, teksturelle analyser og geofysiske logs, herunder især integral og spektral gammalogs. Den petrografiske gruppe udgøres af en samlet lagfølge af litologiske enheder i en boring, der besidder de samme petrografiske og mineralogiske fordelinger bestemt ved laboratorieanalyser. En petrografisk gruppe bærer boringens DGU nr. samt et bogstav og navngives nedefra og op.

Ved korrelation af flere boringer eller daglokaliteter i et lokalområde opstilles petrografiske hovedgrupper, der udgøres af de petrografiske grupper fra de enkelte boringer eller daglokaliteter, som korrelerer såvel med hensyn til stratigrafisk placering som med hensyn til petrografi. Hovedgruppen bærer lokalitetens navn samt et nummer og navngives nedefra og op. De petrografiske hovedgrupper afspejler opbygningen af den kvartære lagfølge for et område, og den udvides efterhånden som, der undersøges flere lokaliteter fra området.

I flere områder har det været muligt at henføre de petrografiske hovedgrupper til bestemte isfremstød, mens erfaringsgrundlaget i andre områder endnu er for spinkelt.

Vigtige resultater

Som et af de vigtigste resultater fra Sedimentsamarbejdet viser de petrografiske analyser, at moræne- og smeltevandsaflejringer afsat under samme isfremstød har et karakteristisk petrografisk og mineralogisk fingeraftryk. Herved er det muligt at korrelere smeltevands- og moræneaflejringer og at adskille smeltevandsaflejringer, der er afsat under forskellige isfremstød. Fingeraftrykket kan ofte relateres til undergrundens petrografiske og mineralogiske sammensætning.

Mange af de undersøgte boringer er placeret i begravede dale, og i Sedimentsamarbejdet er der opnået nyt kendskab til meget gamle kvartære aflejringer, da der som oftest bores igennem hele den kvartære lagserie ned til det prækvartære underlag. Herved er der desuden opnået nyt kendskab til prækvartæroverfladens relief og beskaffenhed.

Charlotte F. Krohn, geolog med speciale i kvartærgeologi. Ansat som forskningsassistent ved Sedimentsamarbejdet, Geologisk Institut, Aarhus Universitet.
email: Charlotte.krohn@geo.au.dk.

Jette Sørensen, geolog med speciale i kvartærgeologi. Ansat som forskningsassistent ved Sedimentsamarbejdet, Geologisk Institut, Aarhus Universitet.
email: js@geo.au.dk

Christian Kronborg, lektor ved Geologisk Institut, Aarhus Universitet. Centrale forskningsområder er kvartær- og glacialgeologi.
email: geolck@geo.au.dk

Ole B. Nielsen, lektor ved Geologisk Institut, Aarhus Universitet. Centrale forskningsområder er lermineralogi og marin sedimentologi.
email: ole.bjoerslev@geo.au.dk

Referencer

1. Kronborg, C., H. Bender, R. Bjerre, R. Friborg, H. O. Jakobsen, L. Kristiansen, P. Rasmussen, P. R. Sørensen og G. Larsen, 1990: Glacial stratigraphy of East and Central Jutland. Boreas 19, p. 273-287.
2. Kronborg. C., 1983: Glacialstratigrafien i Øst- og Midtjylland. Geologisk Institut, Aarhus Universitet.
3. Håkansson, E. og S. S. Pedersen, 1992: Geologisk kort over den danske undergrund. Varv.
4. Sørensen, J., C. Krohn, C. Kronborg og O.B. Nielsen, 2004: Prøvekvalitet. Erfaringer fra Sedimentsamarbejdet. ATV-møde Prøvens vej fra bor til bord, p. 7-45.
5. Larsen, G., J. Frederiksen, A. Villumsen, J. Fredericia, P. Gravesen, N. Foged, B. Knudsen og J. Bauman, 1995: Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse. DGF-bulletin no. 1, Dansk Geoteknisk Forening. 144 p.
6. Ditlefsen, C., 1988: Kortlægning af ler til teglproduktion. Råstofkontorets kortlægningsserie 6. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.
7. Kronborg, C., O. B. Nielsen, J. Sørensen, C. Krohn og A. Kragelund, 2004: Kortlægning og korrelation af grundvandsførende sedimenter i Jylland og på Fyn. ATV Vintermøde om jord- og grundvandsforurening, p. 253-265.