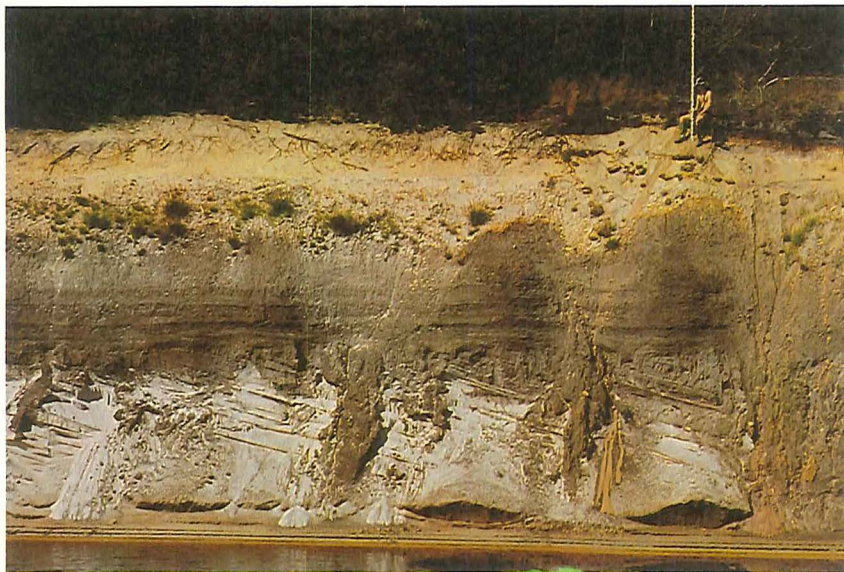


SET MED RØNTGENØJNE

af Søren Bo Andersen og Erling Fulgsang Nielsen

Geologer har i mange år benyttet røntgenfotografering til at afsløre ellers usynlige strukturer i hærtnede sedimenter som skifre og kalksten, og også til at bestemme stenorienteringens retning i moræneler. Røntgenfotografering har afsløret fine detaljer på blandt andet pyritiserede forsteninger. I denne artikel skal der fortælles om, hvordan det, takket være omhyggelig prøvetagning, er lykkedes at få nye oplysninger om det uhærdnede Hodde Ler, en ung-Tertiær aflejring fra Midt- og Sydjylland.

Til røntgenfotografering bruges cm-tynde sedimentskiver. Vi valgte en tykkelse på 2 cm, idet vi ville undersøge gravegange og deres forløb. For at kunne vurdere gravegangene nøjere, blev røntgenbillederne optaget til stereoskopisk betragtning. Såvel prøveudtagningen som røntgenfotograferingen beskrives i det følgende, og til sidst fortælles om de nye resultater, der kom frem ved undersøgelserne af Hodde Leret.

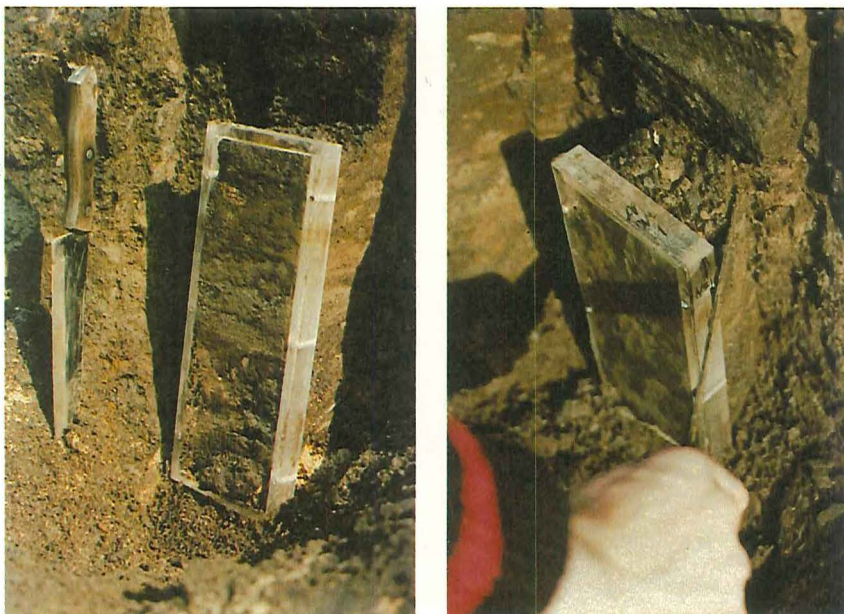


Figur 1. Profilet ved Klynholt i Søby-Fasterholt området i Midtjylland. Under det øvre, lyse gulbrune moræneler ses det mørke, gråbrune Hodde Ler. Under Hodde Leret ses lyst ferskvandssand fra den brunkulsførende miocæne Odde-rup Formation.

Prøvekasse og prøvetagning

Sedimentprøven, der skal røntgenfotoграфeres, skal være ensartet i tykkelse og skal være uforstyrret. For faste, hærdnede aflejringer er det naturligvis ikke noget problem, for der kan man save prøven ud i passende tykkelse, men ved bløde lerprøver kræves en anden metode. Vi måtte derfor konstruere nogle kasser, vi kunne putte prøven i, transportere den i og røntgenfotoграфere den i. Kasserne blev fremstillet af plexiglas med 1 cm tykke sider og låg og bund af 2 mm tykt plexiglas. Man kan naturligvis benytte andre materialer end plexiglas, men det er vigtigt, at låg og bund er "gennemsigtige" både for almindeligt lys og for røntgenstråler.

Når prøven skal udtages, renses profilvæggen for forvitrede sedimenter, og prøve kassens indre mål indrives i et lodret snit. Sedimentklodsen friskæres nu inden for det indrivede område og friskæres med forsigtighed med en skarp kniv. Snittene lægges først - forsigtigt - i siderne, så for oven og til sidst for neden, hvorefter plexiglasrammen presses på plads ind over sedimentklodsen. Det er vigtigt, at tilskæringen er så nøjagtig, at klodsen ikke kan forskubbe sig i ram-



Figur 2. To trin i prøveudtagningen. Til venstre er prøvens omrids friskåret og prøve kassen netop påsat. Til højre er udskæringen fortsat, og prøvens bagside er næsten frigjort.

men. Herefter skrues bundpladen på. (Der er i forvejen boret huller i siderammen og i bund og låg). Prøven løsnes fra profilvæggen med et skråt snit. Den frigjorte prøves bagside skæres ned i plan med prøverammen, og plexiglaslåget skrues på. Hele processen tager mellem en halv time og tre kvarter. Efter hjembringning kan prøven opbevares indpakket i plasticpose i køleskab i mindst en uge, uden at tage skade, hvis man ikke kan røntgenfotografere den straks efter hjemkomsten.

Røntgenfotografering

Prøvekassens mål er valgt således, at der bliver plads til to optagelser på hver røntgenfilm, der måler 24 cm x 30 cm. Det betyder, at der kan tages et sæt stereo-optagelser (et højre- og et venstre billede) på hver film. Stereo-optagelser giver et rumligt indtryk af strukturer i en prøve. Det bliver muligt at se, hvad der ligger øverst og hvad der ligger nederst, når billederne betragtes under stereoskop.

Ved stereo-optagelser anbringes kassen med prøveskiven først oven på den ene halvdel af røntgenfilmen, mens den anden halvdel afskærmes med en blyplade. Dernæst belyses film og prøve med røntgenstråler. Strålerne udsendes i et kegleformigt bundt fra røntgenrøret, og prøveskiven, der ligger på filmens ene halvdel belyses skævt af strålebundtet. Når den næste optagelse foregår på filmens anden halvdel, udnyttes den anden side af røntgenstrålebundtet. Ved den anden optagelse dækkes ligeledes den øvrige del af filmen med blypladen. Belysningstiden er meget afhængig af prøveskivens tykkelse og sammensætning.

Efter fremkaldelsen er filmen blevet til et negativ (et radiografi), som kan betragtes umiddelbart. Men røntgenbillederne i denne artikel er vendt om til positive billeder med mindre kontrast ved hjælp af en speciel fotografisk teknik. Det virker mere naturligt at materialet i prøveskiven, som har skygget mest for røntgenstrålerne, også er mørkt på billedet.

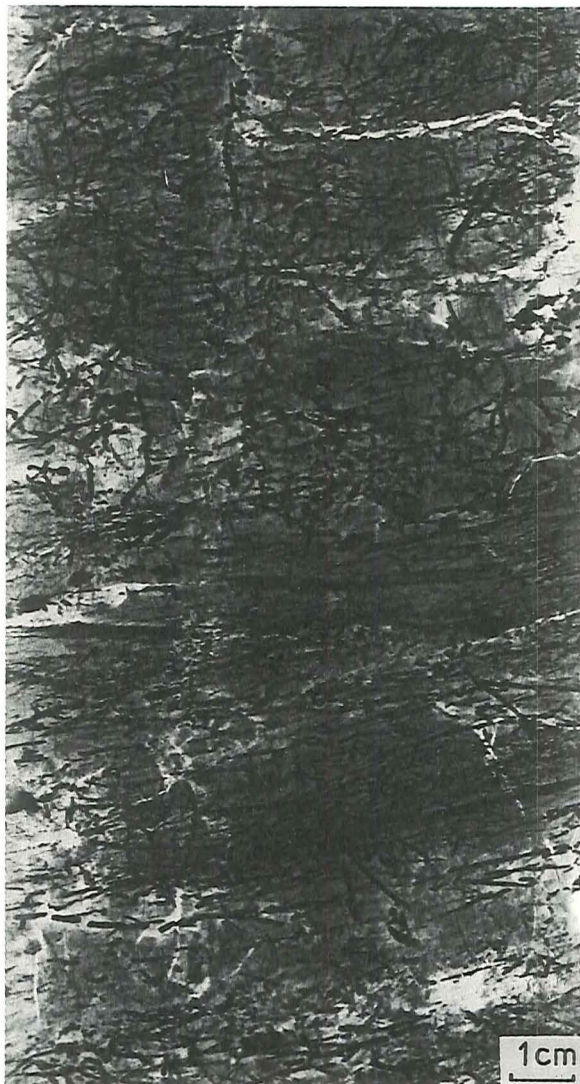
Hodde Leret set med røntgenøjne

Hvad har røntgen-optagelserne så afsløret om Hodde Leret? Hodde Leret består mest af silt- og lerpartikler. Lerets mørke farve skyldes et stort indhold af organisk materiale (humus og bitumen). Mineralogisk set består leret af lerm mineraler, kvarts og lys glimmer, samt svovlkis (pyrit). Disse bestanddele er ikke alle lige gennemtrængelige for røntgenstråler, nogle har større skyggeeffekt end andre: Ler og organisk materiale har ringe skyggeeffekt, mens pyrit og silt har stor skyggeeffekt.

Røntgen-optagelserne afslører derfor dels kornstørrelsesvariationer, såsom vekslen mellem ler- og siltholdige finlag, og dels pyritholdige sporfossiler (tidligere gravegange), se fig. 3 og 4.

Hodde Lerets store organiske indhold tyder på, at det blev aflejret i et iltfattigt miljø. Et iltfattigt miljø er ikke gunstigt for de fleste højere organismer, og det er måske forklaringen på, at det nyaflejrede sediment ikke blev gennemrodet i

særlig høj grad. Det forklarer, at det liv, der trods alt eksisterede i bunden af Hodde havet, har efterladt sig "synlige" spor. De gravende organismer efterlod både slim og afføring i gravegangene, og ved forrådnelse af disse organiske bestanddele skabtes et lokalt, svovlrigt miljø, hvor der udvikledes svovlbrinte. Når svovlbrinten kom i kontakt med opløst jern, dannedes pyrit, og derved blev pyriten koncentreret i gravegangene.



*Figur 3. Røntgenop-
tagelse af Hodde Ler.
Der ses mange svovl-
kis-udfyldte (mørke)
gravegange, både af
den fine trådede og
af den tykkere stæng-
lede type. Lagdeling-
en (næsten vandret)
kan også skelnes.*

Der findes mindst to typer sporstrukturer i Hodde Leret. Den ene (en tynd trådet form) er mere eller mindre lodret, mens den anden (en stænglet form) er stort set vandret orienteret (fig. 3).

Fine sporstrukturer optræder almindeligt i de tynde lerede finlag i Hodde Leret, men er ikke så hyppige i de siltede finlag, der må formodes at være aflejret hurtigere. I de mere sandede lag træffes kraftigere gravegange, fig. 4.



Figur 4. Røntgenoptagelse af et mere sandet lag i Hodde Leret, hvor gravegangene er kraftigere udviklet.

Røntgen-metoden udgør derfor et værdifuldt supplement til de øvrige sedimentologiske undersøgelsesmetoder. Uden "røntgenøjne" ville vi ikke have opdaget, hvordan det har kriblet og krablet i bunden af Hodde havet.