
Effektiv kortlægning af råstofforekomster

Adgang til råstoffer som sand og grus er vital i et moderne samfund bl.a. i forbindelse med større anlægsprojekter. Råstoffer udvindes fra undergrunden, og rentabiliteten af en forekomst afhænger af flere faktorer, herunder selve forekomstens størrelse, og hvor dybt den forekommer. Denne viden opnås typisk på baggrund af borer, men nye geofysiske metoder effektiviserer kortlægningen betragteligt. Sammenstilling af borer og geofysik reducerer risikoen for at grave i urentable områder og gør kortlægningen mere økonomisk ved at mindske antallet af nødvendige borer.

JESPER PEDERSEN, ANDERS V.
CHRISTIANSEN, ESSEN AUKEN &
MORTEN STEEN

Inddragelse af geofysik i kortlægningsstrategien

Den gængse strategi ved kortlægning af råstofforekomster er at lave et tæt grid af borer for at opnå en detaljeret viden om forekomstens dybde og størrelse. En fremgangsmåde, som potentielt kan være omkostningstung. Ikke mindst hvis geologien er kompleks, som det ofte er tilfældet i glacialt dannede miljøer. Inden for de senere år er der sket en markant udvikling inden for geofysiske metoder, der kortlægger i overfladen, hvilket giver nye muligheder for effektivt at bruge geofysik i kortlægningen. Den nyeste udvikling inden for disse geofysiske instrumenter er kendetegnet ved en stor lateral og rumlig opløsning, samtidig med en høj kortlægningshastighed. Sammen med den nyeste data-processerings-teknologi åbner det op for fuld flade-dækning af mulige råstofforekomster, hvilket i sidste ende giver en forståelse af geologien, der er svær for ikke at sige umulig at opnå med borer alene. Vi foreslår derfor, at man laver en integreret kortlægningsstrategi, hvor man først kortlægger med de nye geofysiske metoder

for at få fuld fladedækning, og derefter følger op med en boringskampagne for at oversætte geofysikken korrekt til råstof-geologi og afklare eventuelle særlige problemstillinger.

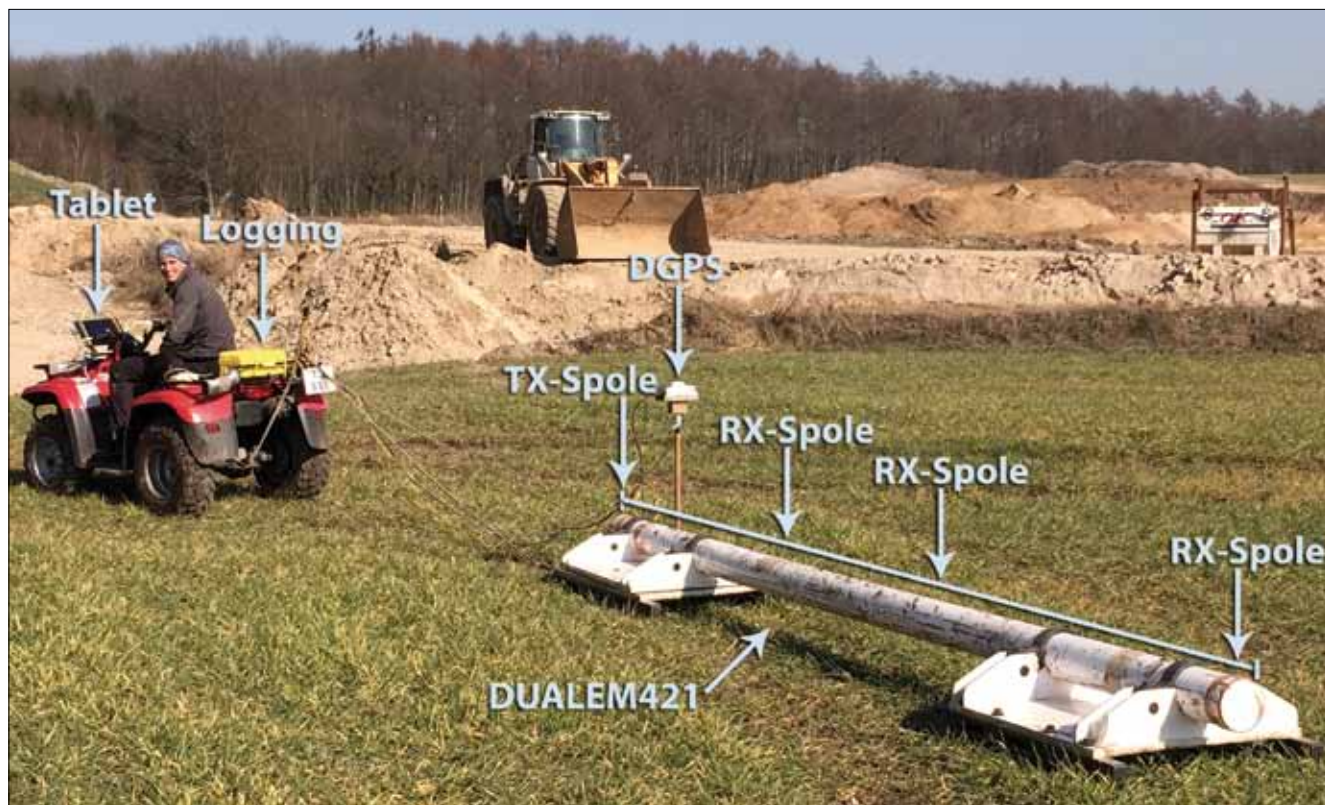
Metodikken er testet ved Kalbygård grusgrav i et udviklingsprojekt mellem Aarhus Universitet og Miljø, Region Midtjylland. Projektets fokus var en bestemmelse af dæklagets tykkelse (dybden til grus- og sandforekomsten) ud fra geofysikken og dernæst en detaljeret sammenstilling med eksisterende borer for at validere metoden.

Instrumentet DUALEM421

DUALEM421 er et relativt nyudviklet elektromagnetisk instrument (Figur 1), som virker ved princippet om elektromagnetisk induktion. Instrumentet er 4 meter langt og består af et rør med en senderspole i fronten og modtagerspøler i henholdsvis 1, 2 og 4 meters afstand, hvilket giver en indtrængningsdybde på 5-10 m afhængig af de geologiske forhold. Instrumentet virker ved, at et magnetfelt genereres fra senderspølen (TX-spøle, primærfelt), hvormed der induceres elektriske strømme i jorden. Strømmene i jorden genererer et sekundært magnetfelt, som optages i modtagerspølerne (RX-spøle). Ud fra det målte sekundære magnetfelt, kan man udregne jordens resistivitet, som vil være afhængig af jordtype, vandindhold og vandets ionindhold. Fx er ler-aflejringer kendetegnet

ved at have en lav resistivitet, mens sand- eller gruslag har en høj resistivitet. Instrumentet er fastgjort til to slæder bygget i materialer, der ikke indeholder metal. Slæderne trækkes bag en ATV, hvormed der kortlægges med hastigheder på op til 20 km/t. Instrumentet måler 10 gange i sekundet, hvilket sikrer en høj lateral opløselighed. Positionering opnås vha. af en differential GPS, som er fastgjort til frontslæden. Differential GPS og geofysiske målinger registreres kontinuerligt vha. et internt udviklet dataopsamlings-system, som sørger for at alle datatyper er synkroniseret. Endvidere kan man via en tablet følge med i, hvad der måles i realtid og dermed hurtigt danne sig et overblik og vurdere, om der er områder, som skal opmåles ekstra tæt.

Efter dataindsamling processeres rå-data for at fjerne fejlbehæftede data. Når instrumentet er inden for nogle meters afstand af begravede kabler eller armerede betonkonstruktioner, vil det udsendte magnetfelt ikke kun sende strømme ned i jorden, men også ind i de begravede kabler. Dette kaldes, at senderen kobler, og det resulterer i, at jordsignalet overdøves og må fjernes. Typisk fjernes data i et bånd på 5-10 m fra kabler. Efter processing tolkes data med 1D modeller med bånd imellem modellerne, så der opnås en kvasi-3D tolkning. Slutresultatet er en tre-dimensional model med resistiviteter og lagtykkelser, som herefter kan sættes i relation til geologien.



Figur 1. Dataindsamlingsystem med en ATV der trækker DualEM-instrumentet der er monteret på to slæder.

Kalbygård-kortlægningen

Kalbygård grusgrav ligger ved Låsby og udgør et cirka 3 hektar stort område (Figur 2). I grusgraven udvindes der smeltevandssand og grus til bl.a. vejkonstruktion. Geologien i området er kendetegnet ved et overfladenært lag af moræneler, som overlejrer smeltevandssand og -grus. Lagserien er varierende indenfor korte afstande, sandsynligvis på grund af isfremstød under seneste istids afsmeltning. Morænelerlaget er mere end 10 meter tykt i nogle områder og i andre områder ikke-eksisterende. Et 5 hektar stort oplandsområde til Kalbygård grusgrav er kortlagt med både borer og geofysik jf. figur 2. I området er der 15 borer, som er beskrevet ned til 10 meters dybde. Der er målt i alt 50.200 geofysiske datapunkter, med en linje-afstand på 10-20 meter, og 30 cm mellem datapunkterne langs med linjerne. Det 5 hektar store område blev kortlagt på 3,5 time, og den efterfølgende dataprocessering og tolkning tog i alt 3 timer.

Udbytte og perspektivering

Figur 3a og 3b viser de geofysiske resultater i form af et resistivetsprofil. På profilerne er borerne ligeledes visualiseret. Moræneleret er vurderet til at have en resistivitet under ca. 110 ohm^m, hvorimod sand/grus forventes at have en højere resistivitet end 110 ohm^m. Denne resistivetsgrænse er udsøgt (110 ohm^m) og vist på profilerne som en

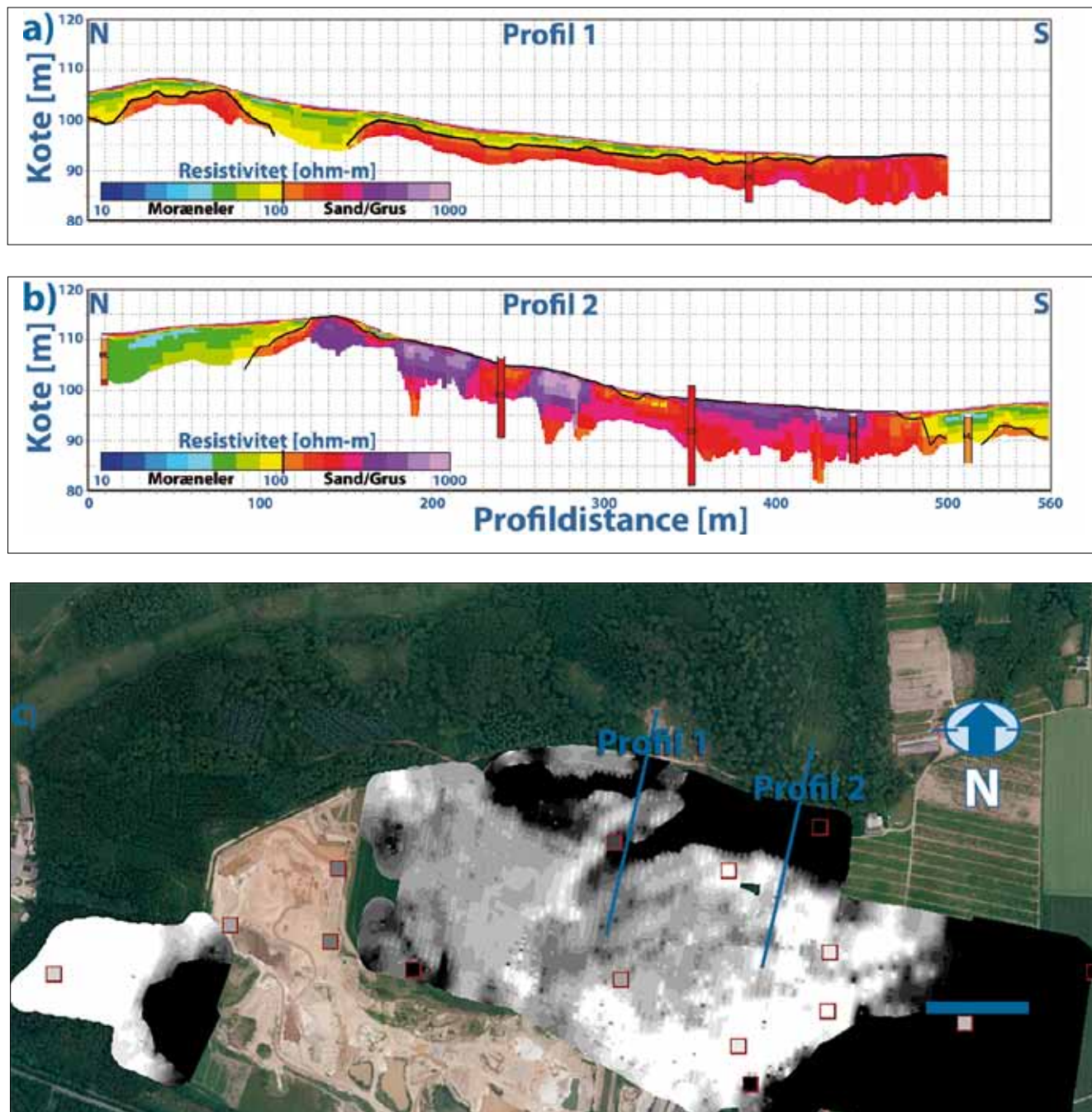
sort linje, som dermed markerer tykkelsen af morænedæklaget. Som det fremgår af profilerne, er der en rigtig god overensstemmelse mellem geofysikken og borerne. Endvidereses det, at tykkelsen af moræneleret varierer kraftigt inden for kortlægningsområdet. Blandt andet ses der en del moræneler-lommer, som ville være svære at fange med borer alene. På profil 2 ses nogle strukturer, hvor resistiviteten bliver meget høj og går helt over i lilla. Der er desværre ikke borer i disse strukturer, men vi forventer, at grunden til den høje resistivitet er, at strukturerne består af sand og grusaflejringer i den grove ende.

I figur 3c er 110 ohm^m grænsen udsøgt for

samtlig 50.200 geofysiske modeller og derefter visualiseret som et fladekort. Dæklagets tykkelse er ligeledes udsøgt i borerne og visualiseret som firkanter med dybden til sand/grus. Sammenstillingen viser, at der er god korrelation mellem borerne og geofysikken for stort set samtlige borer. De geofysiske resultater giver således et tredimensionelt billede med stor detaljeringsgrad af dæklagets tykkelse. Dette kan bruges som beslutningsgrundlag for rentabiliteten af nye graveområder. Ved at inddrage geofysikken som det første trin i en kortlægningsstrategi opnår man samtidigt en omkostningseffektiv kortlægning, da de geofysiske resultater kan bruges til at udpege de optimale lokaliteter



Figur 2. Oversigtskort over Kalbygård-kortlægningen. De blå prikker/linjer er geofysiske modeller, og de røde cirkler borer.



Figur 3. (a,b) Geofysisk profil med borer. Den sorte linje viser udsøgningen af tykkelsen af fyldlaget ud fra de geofysiske resultater. (c) Fladekort med tykkelsen af fyldlaget jævnfør geofysikken (fladekort) og borer (firkanter).

for borerne og dermed reducere antallet af borer samtidig med, at man faktisk øger detaljeringsgraden. Geofysikken giver samtidig en fladedækkende detaljeringsgrad, der ikke kan opnås ved borer alene. I denne kontekst er det vigtigt at pointere, at dataindsamling og tolkning for Kalbygård kortlægningen kun tog 6 timer i alt, hvilket gør metoden oplagt til at foretage en hurtig tredimensionel screening af geologien.

I indeværende artikel er der fokus en kortlægning af råstofforekomster, men den detaljerede overfladenære kortlægning, som kan opnås med DUALEM421-systemet, ville også være relevant for andre sektorer. Det er oplagt at bruge systemet i forhold til sårbarhedskortlægning og lokal afledning af regnvand, hvor tykkelsen af det overfladenære ler er af særlig vigtighed. Endvidere kan metoden bruges til jordbundskortlægning og geotekniske formål

såsom kortlægning af infrastruktur, da udstyret vil opfange signaler fra menneskabte installationer såsom ledninger, olietønder og kabler.

JESPER PEDERSEN (jesper.bjergsted@geo.au.dk), ANDERS V. CHRISTIANSEN og ESSEN AUKEN er tilknyttet Hydrogeofysik gruppen ved Aarhus Universitet, mens MORTEN STEEN er ansat ved Miljø i Region Midtjylland.