


# BOREKERNEN



## På jagt efter havbundens rigdomme – side 4

Fortidens synder  
kan ikke altid  
graves væk  
- side 2

En digitaliseret  
forundersøgelse  
- side 6

GreenRemediation  
Konference  
- side 8

Havmøller ved  
Anholt  
- side 8

OKTOBER 2009

# Fortidens synder kan ikke altid graves væk

Det er for første gang lykkedes at fjerne klorerede opløsningsmidler fra et grundvandsmagasin beliggende i kalk. Løsningen var kemisk oxidation.

Fortidens synder kan måles i vandværkernes drikkevand og i parcelhusenes indeklima. Især de kræftfremkaldende klorerede opløsningsmidler, der engang med gavmild hånd blev brugt til tøjrensning og affedtning af metaller, er farlige. Det kræver handling af regionerne. "Forurening med klorerede opløsningsmidler har vores højeste prioritet, fordi det er den type, der lukker flest vandværker og udgør det største problem for indeklimaet, fordi de er meget flygtige og siver op i husene," siger teknikumingeniør Peder Johansen fra Region Hovedstaden. Netop midlernes mobilitet gør dem dyre og svære at rense op.

## TCE på Baunevej

I et rækkehuskvarter på Baunevej i Taastrup stod Region Hovedstaden med en gammel forurening fra et metalværksted. Jorden var kraftigt forurenet af det klorerede opløsningsmiddel triklorethylen (TCE). Så kraftigt, at det kunne måles i vandboringerne på en nærtliggende kildeplads, hvor grænseværdierne for TCE blev overskredet. Københavns Amt, nu Region Hovedstaden, havde i 2002

fået etableret en spunsvæg ned i 7 meters dybde og gravet størstedelen af den forurenede jord bort. Det var dog ikke tilstrækkeligt. Vandet på kildepladsen var fortsat forurenet i 2 ud af 7 boringer. GEO blev kontaktet og kunne efter at have udført en række boringer og niveauspecifikke vandprøver konstatere, at forureningen fra Baunevej fortsat bidrog til forurening af grundvandet i området.

"TCE var trængt gennem mere end 10 m moræneler og havde forurenet det primære grundvandsmagasin. Her blev det spredt til kildepladsen, og det er problematisk, fordi der af sundhedsmæssige årsager er meget lave grænseværdier for stoffet i drikkevand," fortæller projektleder Jes Holm fra GEO og fortsætter: "Det er et problem, at stoffet er meget mobilt. I modsætning til mange andre forureninger, løber det gennem moræneleret ned til grundvandsspejlet, hvor forureningen opløses og transporteres videre."

## Kemisk oxidation

Efter GEOs indledende undersøgelse blev



Permanganaten tilsættes via drænbrønde.

forskellige afværgemetoder skitseret og efter en dialog med regionen valgte kemisk oxidation.

"Vi valgte kemisk oxidation, fordi det er en effektiv metode, når forureningen ligger dybt og er vanskelig at komme til," forklarer Peder Johansen fra Region Hovedstaden.

Kemisk oxidation fungerer ved, at man til jord og/eller grundvand tilsætter et kraftigt oxidationsmiddel, som går i forbindelse med forureningsstofferne og uskadeliggør dem. Metoden er prisbillig og hurtig i forhold til afværgepumpning, bortgravning og termiske metoder.

"Hvis forureningen er lokaliseret under eksisterende byggeri, er teknikken også meget billigere end alternativet - at rive huset ned," siger Peder Johansen.

## Gode resultater

Kemisk oxidation er en veldokumenteret metode i Danmark, men på Baunevej var det første gang, den skulle anvendes i et grundvandsmagasin beliggende i kalk, et såkaldt kalkmagasin.

"Man skal være ekstra forsigtig med at tilføre fremmede stoffer i et kalkmagasin, fordi vandet løber i sprækker og dermed hurtigt spreder en eventuel forurening," forklarer Jes Holm. Der-



## FAKTA

### ■ Kunde

Region Hovedstaden

### ■ Underleverandør

Arkil

### ■ Periode

Laboratorie- og feltforsøg fra 2006-2007. Udførelse af den kemiske oxidation i 2008. Monitorering af forureningsudviklingen i 2009.



for indledte GEO med at udføre en række forsøg på sit laboratorium, hvor boreprøver fra Baunevej blev tilsat permanganat. Det er et relativt billigt oxidationsmiddel, som reagerer med og destruerer TCE. Forsøgene ledte til den rette dosering af permanganaten, så både oxidationsmidlet og TCE forsvandt og dannede uproblematiske stoffer.

Efter laboratorieforsøgene flyttede GEO sine forsøg til Baunevej. Der blev via drænbrønde først tilsat meget små og siden større mængder permanganat, hvorefter spredningen blev fulgt via tilsat salt.

"Vi tilførte saltet, så vi kunne måle, hvor permanganaten bevægede sig hen. Den er nemlig ikke længere målbar, når den går i forbindelse med TCE," siger Jes Holm. Feltforsøgene gik så godt, at en entreprenør fik opgaven med at tilsætte først 250 kilo permanganat, siden yderligere 250 kilo og endelig et ton mere. GEO førte tilsyn, og hver gang viste permanganaten en effekt på målingerne, så tallene for TCE efterhånden kom ned under grænseværdierne.

### Nye målinger

"Tallene for TCE er steget i de seneste målinger, hvilket indikerer, at al forurening bag spuns væggen ikke er væk. Der

siver fortsat forurening fra jorden ned i grundvandet. Vi overvejer i samråd med Region Hovedstaden, om der fremover skal tilsættes permanganat en gang om året," forklarer Jes Holm fra GEO.

Region Hovedstaden er tilfredse med resultatet af den kemiske oxidation på Baunevej. Metoden vil ifølge Peder Johansen også fremover være en mulig løsning på nogle af de flere tusinde forurenede grunde, der er identificeret af Region Hovedstaden. Fortidens synder kan ikke altid graves væk, men så kan de måske oxideres væk.

## FAKTA

### ■ Klorerede opløsningsmidler

Tre af de mest almindelige er triklorethylen (TCE), tetraklorethylen og 1,1,1,-triklorethan.

### ■ Kemisk oxidation

En metode, hvor der tilsættes et kraftigt oxidationsmiddel til jord eller grundvand, som destruerer forureningsstofferne kemisk. Metoden dækker ikke over én type oxidationsmiddel. Flere oxidationsmidler kan anvendes, afhængig af forureningsstoffet.

Metoden stammer fra USA.

### ■ Permanganat

Det kræver sikkerhedsforanstaltninger (maske ved opblanding, ellers handsker og forklæde) at arbejde med det kraftigt oxiderende stof.



Laboratorieforsøg med permanganat.



Prøvetagning med vibrocore.

# På jagt efter havbundens rigdomme

Behovet for sand og grus sender entreprenørselskaberne til havs. En geofysisk survey viser vej.

I alle byggeprocesser skal der anvendes sand og grus – bl.a. til beton og asfaltbelægning. Da det ikke går an at rydde Danmarks sandstrande eller udvide antallet af grusgrave i det uendelige, må entreprenørselskaber som NCC til havs for at hente råstofferne. Men hvor skal de lede? En geofysisk survey og en række kerneprøver hjælper med til at lokalisere lige netop den type sand og grus, NCC efterspørger.

NCC Roads A/S Råstoffer er et af de firmaer, der tager til havs for at hente grus og sand. Råstofferne anvendes primært til beton, anlæg og asfalt.

"Som produktionsvirksomhed skal vi have råstoffer, så vi kan producere i en årrække frem. Samtidig har vi behov for råstoffer til at servicere vores kunder i beton- og asfaltindustrien," forklarer geolog Christian Abildtrup fra NCC Roads A/S Råstoffer.

## FAKTA

- **Kunde**  
NCC Roads A/S Råstoffer
- **Opgave**  
Identifikation af områder til råstofindvinding samt udarbejdelse af geologiske bundtypekort
- **Samarbejdspartnere:**  
Orbicon, der udarbejder de biologiske bundtypekort og Nord-Marine, ejer af skibet Madog
- **Feltkampagne i perioden**  
Juni - september 2009. I efteråret fortsætter kampagnen i andre danske farvande.

## FAKTA

- **Vibrocore**  
Et rør vibreres 3 – 6 meter ned i havbunden og trækkes op igen. Herved optages en kerneprøve af undergrunden. Kerneprøven analyseres for kvaliteten af sedimenterne og korreleres til de seismiske data, hvorved forekomsten kan kortlægges.



Ubåd liggende på havbund med sandribber. Billedet er taget med side scan sonar. De sorte striber midt i billedet er skygger under udstyret, hvorfra der ingen data er.

Storebælt er et område, hvorfra NCC tidligere har indvundet råstoffer, og det var da også her, man i sommer satte gang i en efterforskning efter nye indvindingsområder. NCC havde på forhånd søgt om tilladelse til efterforskning i en række områder, hvor GEO stod for de geofysiske undersøgelser og udarbejdelsen af geologiske bundtypekort.

"Vi har udført en geofysisk survey, der viser, hvor der er sand, grus, stenrev etc. Dermed har vi identificeret bundtyper, der kunne være interessante for råstofindvinding," forklarer geolog Kristian Andersen, projektleder i GEO.

### Geofysisk survey

En geofysisk survey består af seismik og sonar og udføres fra et undersøgelseskib. Man begynder med en seismisk survey, hvor der sendes henholdsvis høj- og lavfrekvente lydbølger (pinger og sparker) ned mod havbunden. Lyd-

bølgerne penetrerer havbunden og bliver reflekteret op til skibet fra forskellige lag i undergrunden. De lavfrekvente lydbølger skaber et indirekte billede af havbunden, som viser, hvor der er sand, grus, ler og sten. De højfrekvente bølger kommer ikke så langt ned i undergrunden, men giver til gengæld et mere detaljeret billede af havbundens sammensætning.

"Den seismiske survey sejles først i brede linjer ud over det afsøgte område. På den baggrund får vi dannet et groft billede af de geologiske strukturer i undergrunden. Ud fra billedet udpeger vi de områder med sand og grus, der ser lovende ud for råstofindvinding. Bagefter bliver de grundigt undersøgt i helt tætte linjer," siger Kristian Andersen.

Sideløbende med den seismiske undersøgelse, trækkes der en skanner (side scan sonar) efter skibet. Skanneren sender data tilbage til skibet. På skibet modeleres data på computeren, der skaber et visuelt billede af havbunden. "Det er næsten som et fotografi," siger Kristian Andersen.

### Vibrocore

På baggrund af resultaterne fra surveyen foretog GEO en række boreprøver for NCC. Boreprøverne kaldes vibrocores

og blev udført på de lovende områder. Christian Abildtrup var med ombord på undersøgelseskibet og vurderede boreprøverne sammen med GEOs geologer. Han havde stor gavn af dialogen med geologerne: "Det var rart med et kvalificeret med- og modspil," siger han og kalder hele GEOs operation for meget velorganiseret og professionel. Efter boreprøverne kunne det endeligt fastslås i hvilke områder, de efterspurgte råstoffer findes. GEO udarbejdede herefter geologiske bundtypekort for områderne.

For hvert område skal der, foruden de geologiske bundtypekort, udarbejdes biologiske bundtypekort. Først efter en sammenlægning af kortene kan en ansøgning om prøvesugning sendes ind til By- og Landskabsstyrelsen, som giver tilladelser til råstofindvinding i de danske farvande.

"Der er lang vej endnu. Først fra midten af 2010 regner vi med at vide endeligt, hvilke områder vi kan suge fra. Men GEOs undersøgelse har givet os en række områder at arbejde videre med," slutter Christian Abildtrup.



Kort over Frederikssund med angivelse af GEOs borerer.



Roskilde Fjord.

# En digitaliseret forundersøgelse

Digitale værktøjer effektiviserer indsamlingen og delingen af data og letter kommunikationen mellem aktørerne i et projekt.

Masser af biler og lange køer. Det er hverdagen på Kronprins Frederiks Bro i Frederikssund. Nu skal der skabes mere kapacitet over Roskilde Fjord med enten en ny bro eller en tunnel. Vejdirektoratet har derfor iværksat en VVM-undersøgelse med bl.a. COWI som rådgiver. GEO har som underleverandør fået mulighed for at folde paletten af boreteknikker ud, bundet sammen og effektiviseret af en række digitale værktøjer. "COWI har anvendt vores digitale arkiv, GEOatlas, i planlægningen af, hvor der skulle udføres borerer. Vores elektroniske feltjournal har sikret opdaterede data om borearbejdet, og alle data er blevet samlet på et fælles projektweb, som COWI og andre aktører har haft adgang til," siger projektleder Ulrik M. Eriksen fra GEO.

## Opdaterede data

Broprojektet har krævet anvendelsen af mange af GEOs boreteknikker. "Vi

har været ude på Roskilde Fjord, hvor vi har boret os igennem 7 meter aflejrede østersskaller. Inde på land har vi boret ved de mulige landanlæg i forbindelse med en bro eller tunnel," forklarer Ulrik M. Eriksen. Borearbejdet på land har inkluderet 4 store pumpeforsøg for at afdække behovet for grundvandssænkning i forbindelse med anlægsarbejdet. Netop omfanget af projektet har stillet krav til leverancen af data, og her har de digitale værktøjer vist sig værdifulde. "De har sikret opdaterede, kvalitetssikrede data og vi har undgået tunge mails og lange mailkæder. Det tror jeg alle har værdsat," siger Ulrik M. Eriksen.

## Højere kvalitet

GEOs direktør Kim Sillemann har igangsat udviklingen af værktøjerne og mener, at de øger effektiviteten. "Vi skal ikke længere ned i papirarkivet efter en rapport, og den elektroniske feltjournal har sikret en hurtigere hjemtagning af data

## FAKTA

■ **Kunde**  
COWI

■ **Projekt**  
Leverance af geotekniske og hydrogeologiske data til en VVM-undersøgelse. Den skal beskrive de trafikale, miljømæssige og økonomiske konsekvenser af forskellige løsninger på de trafikale udfordringer.

■ **VVM-undersøgelse**  
VVM står for Vurdering af Virkninger på Miljøet

■ **Samarbejdspartnere**  
SSE AB, DHI, Rambøll og Milana

■ **Periode**  
Borearbejde juni-august 2009, rapport 1 afleveret september 2009.

## FAKTA

### Borearbejde

- 4 stk. 12" geotekniske borerer/pumpeboringer til 20-30m
- 26 stk. 8" geotekniske borerer/pejleboringer til 15-30m
- 7 stk. 6" geotekniske borerer fra flåde til 20-43m
- 4 stk. 5 dages pumpeforsøg (inkl. vandprøvetagning) samt 3-trinsforsøg
- Borehulslogging af flere omgange.



# Fra vådt papir til digital rapportering

Våde borejournaler med ulæselig skrift er blevet historie med indførelsen af den elektroniske feltjournal.

i digital form. Kunden modtager også data hurtigere," siger han og påpeger, at kvaliteten af GEOs ydelser også styrkes. Alle data kvalitetssikres undervejs i indtastningen på den elektroniske feltjournal, og boreteknikerens vurdering af en boreprøve dobbelttjekkes på GEOs laboratorium. Da borearbejdet kan følges fra GEO kan der også foretages ændringer undervejs, hvis det bliver nødvendigt.

COWI har på projektet i Frederikssund stået i den anden ende som modtager af data. "Jeg synes det er smart, at vi har kunnet hente data på projektweb. Det er vi ikke vant til med data fra borearbejder," siger projektleder Claus Bo Jensen fra COWI. Han værdsætter, at projektweb har betydet færre stykker papir mellem aktørerne. Den elektroniske feltjournal har også reduceret fejlene, fordi problemerne med at tolke en boreteknikers ulæselige håndskrift er eliminerede.

Der er således fordele for både kunder og GEO, og de digitale værktøjer er da også i gang med at blive en fast del af medarbejdernes hverdag i GEO. Planen er at alle boreværker skal være udstyret med den elektroniske feltjournal med udgangen af 2010.

Data indtastes på den bærbare PC. Tryk send og borejournalen er af sted. GEOs elektroniske feltjournal har gjort arbejdet lettere for både boreteknikere og projektledere. De gammeldags papirblanketter er historie. Nu kan alle data om en boring hurtigt sendes til GEO, hvor man ikke længere behøver at indtaste data fra papirblanketter. At være online er ikke engang påkrævet, da alle data kan sendes via mobiltelefonen til GEOs server, hvorfra den efter en time (sikrer tid til rettelser) bliver oploadet til GEOs borearkiv og sendes til projektlederen og videre til kunden. Filen er desuden kompatibel med GEUS' Jupiter database.

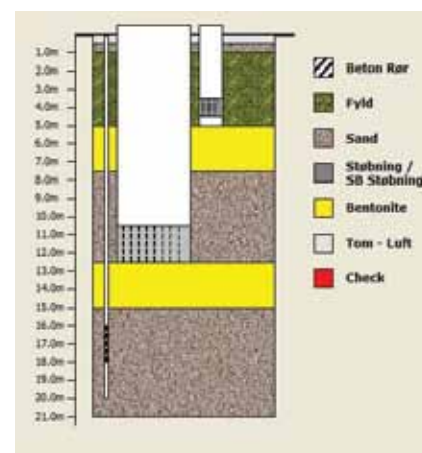
## Praktisk i regnvejlr

Surveytekniker hos GEO, Lee Johansen, er manden bag digitaliseringen af feltjournalerne. "Der er tale om en database, hvor boreteknikerne under arbejdet kan indtaste oplysninger om borerne på en online blanketter, der ligner papirblanketterne," siger han og forklarer, at systemet blev udviklet for at udgøre en effektiv afløser for papiret. Det er lykkedes, og andre fordele ved den elektroniske feltjournal har vist sig: "I regnvejlr er det altså nemmere at udfylde blanketten på den vejrbestandige bærbare computer end at udfylde et stykke vådt

papir," siger Lee Johansen, der under hele udviklingsforløbet har haft en tæt dialog med boreteknikerne for at imødekomme deres ønsker.

## Kvalitetssikring

Den elektroniske feltjournal er også en del af GEOs løbende arbejde med kvalitetssikring. Indtastes der tal, der virker ulogiske eller ikke stemmer overens med de øvrige indtastninger, markeres det med rødt, hvorefter data kan efterkontrolleres. Tegninger af filtersætninger etc. foretages også i systemet, hvilket har sparet en arbejdsgang i GEO. Meget er blevet lettere med den elektroniske feltjournal.



Filtersætninger tegnes automatisk i den elektroniske feltjournal.

# Havmøller ved Anholt



Sommeren har budt på flere geofysiske og geotekniske undersøgelser offshore. GEO har været i England, Tyskland og Danmark. I Danmark har GEO udført de indledende undersøgelser til Anholt/Djursland offshore wind farm. Det bliver Danmarks hidtil største havmøllepark på 400 MW, der vil kunne dække 400.000 husholdningers strømforbrug. Energinet.dk står bag. Havmølleparken skal stå færdig inden udgangen af 2012.

Anholt/Djursland havmøllepark skal placeres ca. 20 km ud for Djurslands kyst, nordøst for Grenaa. Den endelige placering er stadig under overvejelse, og flere muligheder bliver netop nu vurderet. Som et led i undersøgelserne foretog GEO flere borerer ned til 40 meter samt DTH (down-the-hole) CPT-forsøg på forskellige lokaliteter.

## FAKTA

### ■ Kunde

Energinet.dk

### ■ Opgave

Borerer, DTH-CPT, CPT, vibrocore og laboratorieforsøg

### ■ Undersøglesperiode

Maj 2009

### ■ CPT(Cone Penetration Test)

En instrumenteret sonde presses kontinuert ned gennem havbunden. Herved opsamles data til brug for vurdering af havbundens sammensætning og fysiske egenskaber.

Alle prøver blev efterfølgende geologisk beskrevet på GEOs laboratorium. Her blev der også udført klassifikations- og styrkeforsøg samt avancerede forsøg på udvalgte prøver.

Den strøm, som havmølleparken vil producere, skal ledes ad et ca. 20 km langt søkabel fra parken til Djurslands kyst. Heller ikke søkablets rute er endelig fastlagt, og GEO foretog derfor en undersøgelse – med vibrocore og CPT – af to forskellige kabelkorridorer.

På baggrund af undersøgelserne har GEO udarbejdet en generel beskrivelse af de geologiske og geotekniske variationer i området.

# GreenRemediation

Hvordan fjerner vi på en bæredygtig måde jordforurening, der er skadelig for mennesker og natur? Det søges der svar på ved den internationale konference, GreenRemediation, der afholdes i København d. 9.-10. november. Hensigten

med konferencen er at få os til at tænke i mere miljø- og klimavenlige baner, når det gælder oprensning af jordforurening. Forskere, rådgivere, politikere og embedsmænd vil på konferencen få mulighed for at diskutere, hvad vi kan

gøre, hvad der virker, og hvilke forhindringer der er. Førende teknologier inden for jordoprensning vil også blive præsenteret. GEO er sponsor og med i konferencens planlægningskomité. Læs mere på [www.polytec.dk/GreenRemediation](http://www.polytec.dk/GreenRemediation).

Udgiver:  
GEO

Redaktion:  
Kim Sillemann, Lone Wiegandt,  
Birgitte Hannibal, Communique+

Redaktion afsluttet:  
14.10.09

Grafisk tilrettelæggelse:  
Ambition, Communique+

Tryk:  
Nofoprint as

Oplag:  
3.000



EKSPERTER I JORD OG VAND

Maglebjergvej 1  
2800 Kgs. Lyngby  
Telefon: 4588 4444

Sødalsparken 16  
8220 Brabrand  
Telefon: 8627 3111

Danalien 1  
9000 Aalborg  
Telefon: 9818 9144

[geo@geo.dk](mailto:geo@geo.dk)  
[www.geo.dk](http://www.geo.dk)