

# Kortlægning på Syd- og Vestfyn - i regional skala

Af geologerne Gunnar Larsen, Fyns Amt, Ole Silkjær og Claus Ditlefsen, Hedeselskabet, Miljø og Energi A/S

Mineralråstofferne sand, grus og sten vil også i de kommende årtier være en væsentlig komponent i materialer til byggeri og anlæg. Årligt indvindes alene på land omkring 30 mio. m<sup>3</sup>, og der vil derfor fortsat være behov for kortlægning af nye forekomster. Denne artikel beskriver fremgangsmåde og problemstillinger ved kortlægning og udpegning af nye graveområder med udgangspunkt i en større regional kortlægning omfattende seks delområder på Syd- og Vestfyn.

I 2003-2004 foretog Fyns Amt med Hedeselskabet, Miljø og Energi, som rådgiver en såkaldt Fase 2 råstofkortlægning af 6 områder på Syd- og Vestfyn. Det overordnede formål med kortlægningen var at kortlægge råstofferne sand, grus og sten med hensyn til deres udbredelse, mængde og kvalitet.

## Baggrunden

Baggrunden for kortlægningen var amtets forpligtelse til at udlægge nye regionale graveområder, således at indvinding bliver



Råstofkortlægning kan bl.a. bruges til at styre indvindingen og efterbehandlingen: Hvor findes de gode og dårlige kvaliteter, og kan der graves under grundvandspejlet? Her er det en grusgrav på Østfyn, hvor indvindingen har skabt søer og skrænter med digesvæle huller. (Foto: Gunnar Larsen).

samlet i bestemte geografiske områder. Amtet bruger endvidere kortlægningsresultaterne i en langsigtet planlægning af ressourcehusholdningen, og en planlægning af grave- og efterbehandlingsplaner for en eventuel indvinding.

For indvindere af sand og grus betyder det, at eventuelle overordnede interessekonflikter så vidt muligt er afklaret, og at der på længere sigt er anvist områder med gode råstoffer. For den øvrige befolkning betyder det, at eventuelle gener bliver samlet, og at overordnede interessekonflikter så vidt muligt er afklaret, så man på længere sigt ved, hvor der vil ske indvinding.

En større regional kortlægning af sand- og grusforekomster vil typisk omfatte både geofysik, undersøgelsesboringer og analyser af materialekvalitet. Denne kombination af metoder vil samlet give det nødvendige grundlag for vurdering af en fremtidig råstofressource.

## Man starter med eksisterende data

Områder egnet til kortlægning vil typisk blive udpeget på baggrund af eksisterende data som ældre boringsoplysninger, geologiske jordartskort, beskrivelser af grusgrave og eksisterende geologisk litteratur. Endvidere vil øvrige arealinteresser allerede blive inddraget, inden et område udpeges til kortlægning.

Ved at gennemgå den geologiske litteratur danner man sig et billede af forekomsterne geologiske dannelse og overordnede forekomstmåde. På Sydvestfyn findes forekomsterne eksempelvis som del af et glacialt landskab med en kompleks dannelseshistorie omfattende istryk og dødisprocesser. Man vil derfor i morænelandskabet kunne forvente en forholdsvis regelløs udbredelse af de enkelte sand- og grusforekomster. Dette har betydning for, hvor tæt man vil foretage sin kortlægning.

## Udbredelsen kortlægges vha. geofysik

Med forskellige geofysiske metoder er det muligt fra overfladen at kortlægge forekomsterne udbredelse. Hvilken metode, der skal benyttes, afhænger af råstoffernes forventede forekomstmåde. I områder med fx hedesletteaflejringer, hvor der ikke forventes lerede dæklag over forekomsterne, vil den såkaldte Georadar være velegnet til at kortlægge strukturer i overfladenære sand og grusaflejringer. I områder som på Sydvest Fyn, hvor det derimod er sandsynligt, at der stedvist findes lerede dæklag, er geoelektriske metoder som PACES mere velegnede. Det skyldes, at denne metode bygger på forskelle i elektrisk modstand i forskellige jordarter. I områder med tørre sandede aflejringer vil der være høje elektriske mod-

## Også vandværkerne har brug for at lade idéerne gro

Gode idéer der udspringer af erfaring og ekspertise fører frem til frugtbare løsninger.

Vand-Schmidt har specialiseret viden inden for:

- Vandforsyningsanlæg
- Brøndboring
- Ledningsanlæg
- Projektering/rådgivning
- Service

- ring og få gode råd og uforbindende tilbud



**Vand-Schmidt a/s**  
Jernbanegade 5 • 6070 Christiansfeld  
Tlf. 74 56 11 11 • Fax. 74 56 32 69

stande i jorden, mens der i områder med lerede aflejringer vil være lave elektriske modstande. PACES er en relativt ny geoelektriske metode, hvor et målekabel trækkes efter et mindre bæltekøretøj. Variationer i jordens elektriske modstand måles ved at udsende strøm med 8 forskellige indtrængningsdybder. Ved en efterfølgende databehandling kan de målte modstande omsættes til tykkelser af lag med forskellige modstande ned til 15-20 m's dybde. Ved at kortlægge langs forholdsvis tætliggende målelinier kan man opnå et tredimensionelt billede af udbredelsen af lag med forskellige elektriske modstande. Dette er godt grundlag for en efterfølgende nærmere kortlægning ved hjælp af undersøgelsesboringer. Det er specielt store sammenhængende forekomster, man er interesseret i at finde, når man leder efter råstoffer, da det som regel kun er rentabelt at åbne en kommerciel grav i disse områder.

### Boringer og geologi

For med sikkerhed at kunne udpege egnede graveområder må den geofysiske kortlægning suppleres med undersøgelsesboringer. Disse placeres på baggrund af den geofysiske kortlægning. Boringerne tjener flere formål. For det første skal de bekræfte den overordnede udbredelse af lagene fundet ved den geofysiske kortlægning. Endvidere skal de give nærmere oplysninger om sammensætningen og den geologiske dannelse af de enkelte råstoflag. Endelig skal der fra boringerne udtages prøver til geologisk prøvebeskrivelse og nærmere analyse af materialernes råstofegenskaber.

I laboratoriet blev foretaget en detaljeret geologisk prøvebeskrivelse i henhold til "Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse" af Larsen m.fl. fra 1995. Det er en god idé at bruge denne bog som standard, og at det er en erfaren prøvebeskriver, som gennemgår de enkelte prøvebeskrivelsestrin punkt for punkt. Formålet med en detaljeret prøvebeskrivelse er at belyse den geologiske sammenhæng på det bedst mulige



I kortlægningen på syd og vest Fyn blev der i alt udført 123 råstofboringer fordelt på 6 områder. For at nå dette inden for rimelig tid, var det nødvendigt at benytte op til 4 borerigge på samme tid. Boringerne var fra 10 til 30 meter dybe, og for hver boret meter blev der udtaget en jordprøve til geologisk beskrivelse og til senere analyse ved et vejteknisk analyselaboratorium. Her er et borehold i gang ved Vester Hæsing. (Foto: Ole Silkjær).

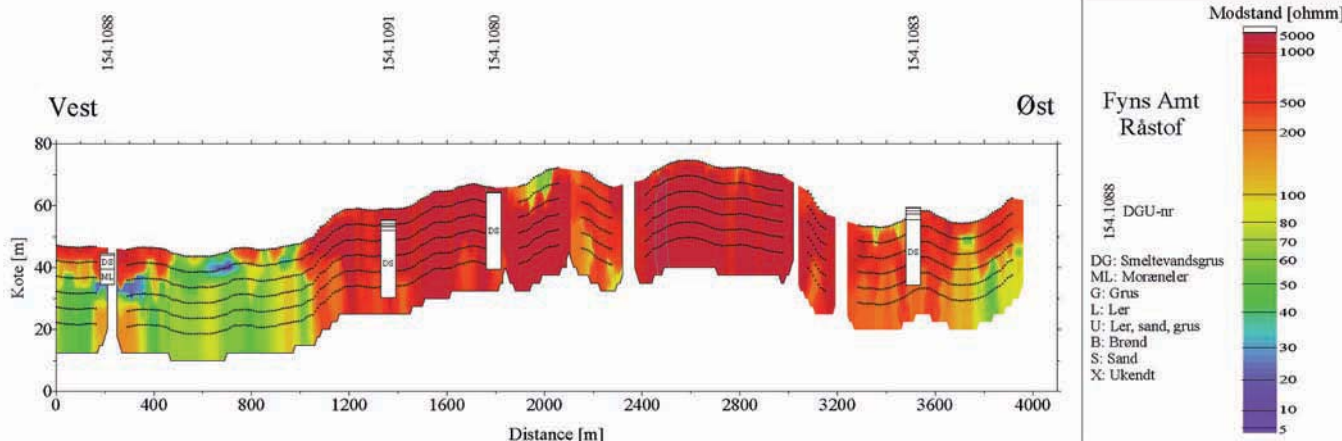
grundlag en gang for alle. Det har den fordel, at man altid kan vende tilbage til en god prøvebeskrivelse i forbindelse med geologiske tvivlsspørgsmål eller andre kortlægninger, fx sårbarheds- eller forureningskortlægning. I beskrivelsen i denne kortlægning er der lagt særlig vægt på parametre af betydning for aflejringerens råstofegenskaber som kornstørrelse og sorteringsgrad m.v. Endvidere er der foretaget en tolkning af det geologiske dannelsesmiljø.

I forbindelse med kortlægningen blev der endvidere foretaget beskrivelse af de enkelte aktive råstofgrave i de forskellige områder for at få et indtryk af råstofforekomsternes geologiske dannelse. I gravbeskrivelserne blev der bl.a. udført sedimentologiske logs, hvor kornstørrelse og strømningssretningsmålinger er anført

### Geologi og geofysiske data

Det er sjældent, at der er mulighed for at verificere en geofysisk kortlægning med hele 123 boringer. Råstofkortlægningen på Sydvestfyn har der derved givet en særligt god mulighed for at sammenligne geologi med geofysiske data. Generelt viser boringer udført i områder med høje elektriske modstande overvejende sandede og grusede materialer, og de få boringer, der som kontrol er udført i områder med lave elektriske modstande, domineres af lerede aflejringer. Endvidere ses der en god overensstemmelse mellem tykkelsen af det øvre lag med høj modstand og tykkelsen af sandede og grusede aflejringer fundet i boringerne.

Nedenfor ses et eksempel på samstilling af geologiske og geofysiske data i et profil fra Vester Hæsing. På profilet ses geofysik



Sammenstilling af geofysik og boredata fra Vester Hæsing. Profilet viser god overensstemmelse mellem modstandsniveauet og sedimenterne. (Grafik: Hedeselskabet, Miljø og Energi A/S)



og boredata samstemmende, dvs. at store mægtigheder af sandede aflejringer findes i det kuperede landskab i den østlige del af profilet, mens der i den vestlige del af profilet kun findes tyndere overfladenære lag af sand og grus.

### Råstof og overjord

Hvorvidt en råstofforekomst med gode materialeegenskaber er rentabel at indvinde, afhænger af forekomstens tykkelse sat i forhold til tykkelsen af overjorden, der skal fjernes, for at indvindingen kan begynde.

Overjord er typisk moræneler, men kan også være smeltevandsler og meget finkornet sand.

Med henblik på at vise den enkelte borings råstofpotentiale plottes tykkelsen af råstoflaget mod tykkelse af overjord i et koordinatsystem. Dette er inddelt i tre delområder, så borerne derved plottes inden for felter med materialer, som er henholdsvis egnede, mindre egnede og uegnede til råstofindvinding. Disse oplysninger bliver kombineret med de slæbegeoelektriske målinger, hvorfra der er udarbejdet et fladekort over områder med egnede, mindre egnede og uegnede råstoffer.

Metoden med at plote i en graf har dog den svaghed, at da de fleste borer er placeret hvor geofysikken viste tykke råstoflag nær jordoverfladen, vil de fleste borer falde ud som egnede. Derfor er metoden



Når råstoffet er gravet op, skal det bearbejdes til forskellige produktkvaliteter. Først sorteres det i kornstørrelsesfraktioner. Visse fraktioner knuses til skarpkantede vejmaterialer, mens andre fraktioner skulpes i vand så skadelige flintkorn i betonmaterialer fjernes. (Foto: Gunnar Larsen).

mere effektiv til en indledende gennemgang af et område, hvor der endnu ikke er udført geofysik. Endelig trænger grafens kategoriinddeling til fornyelse, da den bygger på en inddeling fra Sjælland i 1980. Ny teknologi har gjort, at man kan indvinde dybereliggende råstoflag i dag.

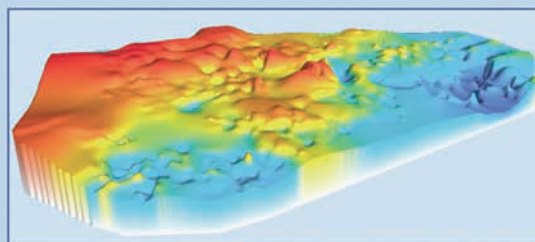
### Kvalitet og anvendelsesmuligheder

For at få et overblik over kvalitet og anvendelsesmuligheder af de kortlagte materialer er prøver fra udvalgte borer med potentielle råstoffer sendt til kvalitetsanalyse ved et vejteknisk og et betonteknisk laboratorium.

Da arealinteresserne i Danmark er man-

## Fra dannelse til forståelse

- Landskabsanalyse
- Geofysisk kortlægning
- 3-D geologisk model
- Vandbalance
- Grundvandsmodel
- Skov- og landbrugs-kortlægning
- Kemisk kortlægning



### Hedeselskabet Miljø og Energi A/S

Aalborg  
99 35 16 00

Viborg  
87 28 10 00

Århus  
87 38 61 66

Esbjerg  
36 97 36 36

Odense  
66 15 46 40

Roskilde  
46 30 03 10

me-dir@hedeselskabet.dk  
www.hedeselskabet-me.dk

HEDESELSKABET



geartede, er det fra et ressourcensynspunkt vigtigt, at råstofferne af høj kvalitet bliver udvundet inden et område evt. overgås af en anden bindende anvendelse som byudvikling, vejeanlæg, skovrejsning, golfbane eller lignende. Formålet med analyserne er at få afklaret, om råstofferne er tilstrækkeligt værdifulde til at udlægge et område som regionalt graveområde.

Prøverne er testet for deres materialeegenskaber inden for forskellige kategorier af vejmaterialer, som for eksempel balastskærver, bundsikringsgrus, glatføregrus, stabilt grus og byggematerialer som fx betonsand. Analysemetoderne omfattede kornstørrelsesanalyse, sandækvivalent, indhold af reaktive korn i sand (0-4 mm), bjergartsfordelingen på fraktionen > 4 mm, lette korn under 2.400 kg/m<sup>3</sup> og 10 % flintabsorption i henhold til normen fra Dansk Standard eller vejledninger fra Teknologisk Institut.

Det skal i den forbindelse nævnes, at de anvendte standarder for analyserne pr. januar 2004 er officielt ophævet, og det er vedtaget, at materialer nu skal prøves efter EU-standarder, de såkaldte CE-mærkninger. De nye standarder betyder, at der skal udføres nye og grundigere analyser. Fx skal kornstørrelserne for bestemte materialeklasser ligge mere nøjagtigt i bestemte intervaller. Rekvirenten af analyser kan også forlange øget dokumentation for den udførte prøvning. Standarderne er endnu ikke tilpasset helt til mange europæiske lande, da der er stor forskel på råstofferne fra Nordnorge til Sicilien. I forhold til kortlægningen af nye råstofforekomster kan det måske betyde, at det i visse egne kan blive endnu sværere at finde materialer, der overholder kravene til bygge- og anlægsformål.

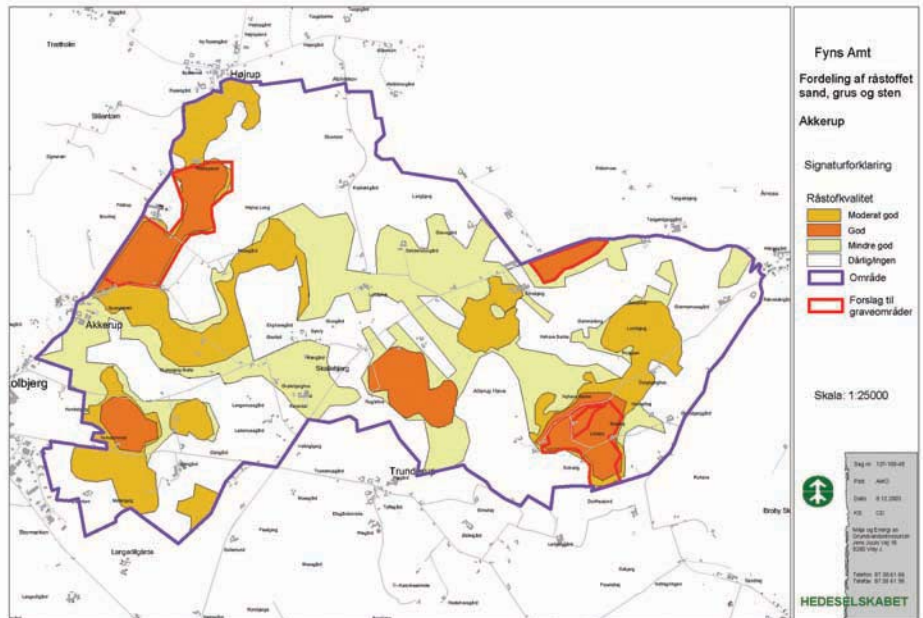
#### Konklusive kort

Når analyserne er udført, kan man indtegne resultaterne på kort over forholdet mellem råstof og overjord. Derved får man for hver materialekvalitet et kort, som viser udbredelsen af råstofferne, tykkelsen af råstoflaget, tykkelsen af overjorden samt aflejringernes egnethed til at fremstille den pågældende materialekvalitet.

Resultaterne sammenfattes endeligt på et konklusivt kort, der viser områder med gode, mindre gode og dårlige eller ingen råstoffer. Til slut kan man så lave en beregning af, hvor mange kubikmeter råstof der er i området. Ved at dividere dette tal med den indvundne mængde pr. år for en region, får man et mål for levetiden af et område. Dette tal er dog meget usikkert, da indvindingsmængderne varierer med bl. a. konjunkturerne i bygge- og anlægsbranchen. Tager man gennemsnittet for en tiårig periode, bliver tallet dog lidt sikrere.

#### Den videre planlægning

Som geolog/kortlægger er man tilbøjelig til at synes, at projektet er afsluttet, når man har fundet gode råstoffer. Men nu begynder arbejdet først for alvor, efter at kortlægningen



Konklusivt råstofkort. Forslag til fremtidige graveområder er indtegnet. (Grafik: Hedeselskabet, Miljø og Energi A/S)

er udført. Først skal råstofområdernes udbredelse sammenholdes med de øvrige arealinteresser, der er i området, og en række spørgsmål rejser sig: Ønsker man byudvidelse, fritidsområde, at beskytte grundvand, natur og arkæologiske interesser? Mangler der råstoffer i regionen, og er det rentabelt og muligt at køre materialerne ad offentlige veje, vil jordejerne have gravet og vil naboer finde sig i indvinding? En del spørgsmål afklares af den offentlige administration, fx hvad der fremgår af love og planer, men en del er politiske beslutninger, der kræver offentlig debat og politiske forhandlinger.

Hvis et område så endelig bliver udlagt som regionalt graveområde i et amts regionalplan, kan det ske, at råstof erhvervet ikke for tiden finder det økonomisk rentabelt at indvinde råstoffet. Mange gode kortlægningsprojekter er strandet, ved at markedspriserne er i bund, eller at der ikke er efterspørgsel på et bestemt produkt for tiden. Derfor må kortlæggere og myndigheder altid

være i tæt dialog med erhvervet og følge med i den kommercielle og teknologiske udvikling i råstofgravene.

#### Fremtidens råstofmyndighed

Når amterne nedlægges, vil kortlægning og planlægning fra 1. januar 2007 overgå til 5 landsdækkende regioner. Tilsyn og tilladelser følger imidlertid ikke med, da det er de nye kommuner, der skal stå for alt det administrative vedrørende råstofgravene. Derfor er det vigtigt, at de to nye myndigheder fremover har et nært samarbejde, så kortlæggerne i regionen ved, hvordan udviklingen i de enkelte råstofgrave og i erhvervet er. Omvendt skal kommunerne vide, hvor der kan findes nye områder, og hvilke mængder og kvaliteter der findes i de eksisterende graveområder. Det bliver en spændende udfordring for de to myndigheder at få de mange modstridende interesser på råstofområdet til at falde i hak, og der arbejdes nu intenst i de eksisterende amter på at overdrage erfaringerne.

## Geologiprisen 2004

Tirsdag d. 22. februar 2005 modtog dr. scient Asger Ken Pedersen fra Geologisk Museum, dr. scient Lotte Melchior Larsen fra Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og lektor Lic. tech. Keld S. Dueholm fra DTU, Danmarks Geologipris 2004 på 25.000 kr. Prisen blev givet for deres enestående samarbejde i kortlægningen af de store fjertliggende vulkanske områder i Vest- og Østgrønland, der blev skabt, da Grønland langsomt blev løsrevet fra Canada og Nordeuropa for mellem 60-54 millioner år siden. Prisen blev overrakt af direktør Martin Ghisler fra GEUS under et møde i Dansk Geologisk Forening på Geologisk Museum.



De tre prismodtagere. (Foto: Bent Erik Kramer Lindow, Geologisk Museum)