

# Den nationale grundvandskortlægning i Danmark

Faglige resultater 2009

Susie Mielby (red.)





# Den nationale grundvands- kortlægning i Danmark

Faglige resultater 2009

Susie Mielby (red.)

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND  
KLIMA-OG ENERGIMINISTERIET



**Den nationale grundvandskortlægning i Danmark  
Faglige resultater 2009**

Redigeret af: Susie Mielby

Forsidefoto: Bente Fyrstenberg Nedergaard

Øvrige fotos fra miocæn-projektet: Jens Bruun-Petersen (Miljøcenter Ribe) og Margrethe Kristensen

Særudgivelse

Omslag: Henrik Klinge

Repro: GEUS

Oplag: 200

April 2010

Trykt udgave: ISBN 978-87-7871-275-2

www:: ISBN 978-87-7871-276-9

Faglige resultater 2009 kan hentes på nettet: [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

© De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland, GEUS  
Øster Voldgade 10  
DK-1350 København K  
Telefon: 38 14 20 00  
E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)

Projekt udført i samarbejde med By- og Landskabsstyrelsen, Miljøministeriet

# FORORD

Med Folketingets vedtagelse af tillæg til Vandforsyningsloven i 1998 blev det besluttet, at der over en årrække skulle foretages en kortlægning af grundvandet i Områder med Særlige Drikkevandsinteresser og vandværkernes indvindingsoplande uden for disse med henblik på fremtidig beskyttelse af drikkevandsressourcen i Danmark.

Kortlægningen blev i 2003 indbygget i Miljømålsloven og blev indtil 2006 udført af de nu nedlagte amter. I forbindelse med kommunalreformen overgik opgaven fra 2007 til By- og Landskabsstyrelsens miljøcentre med GEUS som fagdatacenter for det faglige grundlag for, hvordan opgaven udføres.

GEUS' Afdeling for Grundvands- og Kvartærgeologisk Kortlægning (GRUK) har til opgave at bistå med udviklingsprojekter, faglig koordinering og udarbejdelse af vejledninger, således at kortlægningen så vidt muligt bliver udført mere ensartet, hvor der er tale om sammenlignelige problemstillinger. Arbejdet udføres i samarbejde med de statslige miljøcentre.

I konkrete projekter deltager GEUS øvrige afdelinger. Det drejer sig om Geologisk datacenter samt afdelingerne Geokemi, Hydrologi og Geofysik.

Som en del af GEUS resultatkontrakt for år 2010 er anført, at der skal etableres en årsrapport med Den nationale grundvandskortlægnings resultater for 2009.

Faglige resultater for 2009 tager udgangspunkt i GEUS' rolle som fagdatacenter for grundvand og indeholder de udførte faglige aktiviteter, hvis strategiske grundlag er fastlagt af styregruppen for grundvandskortlægningen.

Faglige resultater for 2009 sigter på at informere om GEUS faglige opgaver i forbindelse med Den nationale grundvandskortlægning og deres betydning for grundvandskortlægningen.

Omtalte rapporter og vejledninger kan findes på [www.grundvandskortlaegning.dk](http://www.grundvandskortlaegning.dk).  
Resultater af miljøcentrenes kortlægning kan findes på [www.blst.dk](http://www.blst.dk).



*Bilfund fluvialt sand ved Voervadsbro*

# Indholdsfortegnelse

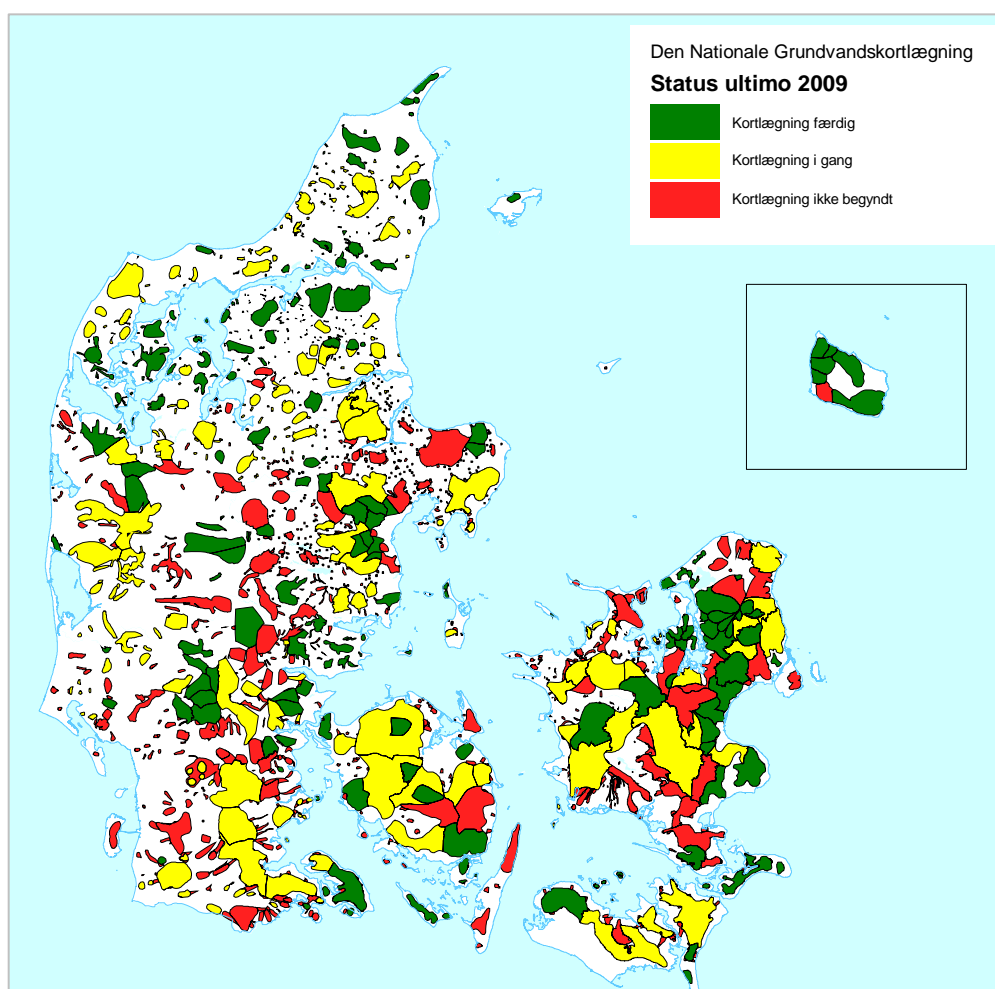
|  |           |
|--|-----------|
| <b>FORORD</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Indholdsfortegnelse</b>   | <b>7</b>  |
| <b>1. Kortlægningsarbejdet i 2009</b>                                      | <b>9</b>  |
| <b>2. GEUS' bistand i styregruppe, projektsekretariat og kompetencenet</b> | <b>12</b> |
| <b>3. Udvikling af metoder</b>   | <b>13</b> |
| 3.1 Hydrogeofysisk metodeudvikling .....                                   | 13        |
| 3.1.1 Geofysiksamarbejdet .....  | 14        |
| 3.1.2 Øvrige geofysik-aktiviteter .....                                    | 15        |
| 3.2 Geologisk kortlægning og modellering i 3D .....                        | 16        |
| 3.2.1 Begravede dale .....   | 16        |
| 3.2.2 3D-modellering af den miocæne lagserie .....                         | 18        |
| 3.2.3 GeoScene3D .....   | 20        |
| 3.3 Kortlægning og beskyttelse af grundvandet .....                        | 20        |
| 3.3.1 Vurdering af danske magasiners følsomhed overfor vejsalt .....       | 21        |
| 3.3.2 Kortlægning af kalkmagasiner .....                                   | 21        |
| 3.3.3 Arsen i kalkmagasiner .....  | 22        |
| 3.3.4 Udpegning af indvindingsoplande .....                                | 22        |
| 3.3.5 GIS og grundvandskortlægning, specifikke projekter .....             | 24        |
| <b>4. Andre kortlægningsprojekter</b>                                      | <b>27</b> |
| 4.1 SkyTEM-kortlægning på Lolland .....                                    | 27        |
| 4.2 Geologisk/hydrologisk modellering ved Egebjerg .....                   | 28        |
| 4.3 Sårbarhedskortlægning i Himmerland .....                               | 29        |
| 4.4 Jordartskarteringen .....  | 30        |
| 4.5 Polymorfologisk kort for Sjælland og øerne .....                       | 31        |
| <b>5. Data og databaser - udvikling og indhold</b>                         | <b>34</b> |
| 5.1 Jupiter-databasen .....  | 34        |
| 5.2 GERDA-databasen .....  | 36        |
| 5.3 Rapport-databasen .....  | 40        |
| 5.4 Model-databasen .....  | 41        |
| 5.5 GIS og grundvandskortlægning .....                                     | 42        |
| <b>6. Vejledninger, standarder og formidling</b>                           | <b>44</b> |
| 6.1 Geo-vejledninger og vejledninger .....                                 | 44        |
| 6.1.1 Vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed .....              | 44        |
| 6.1.2 Geo-vejledning om god praksis i hydrologisk modellering .....        | 44        |
| 6.1.3 Geo-vejledning i kemisk kortlægning .....                            | 45        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 6.1.4     | Geo-vejledning i potentialekortlægning .....                | 45        |
| 6.1.5     | Dokumentation af informationer om modeller.....             | 45        |
| 6.1.6     | Vejledning i forbindelse med indlæsning af gamle data ..... | 46        |
| 6.2       | Koordinerende aktiviteter og formidling .....               | 46        |
| 6.2.1     | Deltagelse i ATV .....                                      | 47        |
| 6.2.2     | Deltagelse i DGF.....                                       | 47        |
| <b>7.</b> | <b>Perspektiver i forhold til andre anvendelser</b>         | <b>48</b> |
| <b>8.</b> | <b>Referencer</b>   | <b>50</b> |
|           | <b>Bilag. Oversigt over publikationer</b>                   | <b>53</b> |
|           | Udarbejdede vejledninger.....                               | 53        |
|           | Udarbejdede særudgivelser / rapporter .....                 | 54        |
|           | Artikler i 2009.....  | 55        |

# 1. Kortlægningsarbejdet i 2009

Kortlægningen af Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande for vandværker uden for OSD er en detaljeret kortlægning af grundvandsressourcen med henblik på en præcis beskyttelse af grundvandet mod fremtidig forurening og afhjælpning af følger af tidligere forureninger.

By- og Landskabsstyrelsens kortlægning af grundvandsressourcen i Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande uden for disse løber frem til 2015. Grundvandskortlægningen er planlagt at skulle dække 40% af Danmarks areal i 2015, og med udgangen af 2009 er 35-40% af denne kortlægning fuldført og yderligere 40% påbegyndt (se figur 1.1).



Figur 1.1. Oversigtskort over Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande uden for disse med status for kortlægning ultimo 2009 (Udarbejdet af Projektsekretariatet, marts 2010).

GEUS bidrager til kortlægningsopgaven med rådgivning og udarbejdelse af vejledninger med henblik på at sikre, at kortlægningen kan ske på et fagligt forsvarligt grundlag, og således at administrationen kan ske efter et ensartet grundlag.

GEUS' bidrag har i 2009 været koncentreret om

- At bidrage til arbejdet med projektorganisationen, herunder udarbejdelse af administrationsgrundlag og udbud samt faglig koordinering.
- At løse behovet for udvikling og validering af metoder til forbedret udnyttelse af geofysiske data.
- At videreudvikle metoder til en ensartet opstilling af 3D geologiske tolkningsmodeller.
- At forbedre de kvantitative og kvalitative opgørelser for vandkredsløbet ved udvikling af metoder til kvalitetssikring og usikkerhedsbestemmelse i forbindelse med opstillingen af hydrostratigrafiske tolkningsmodeller og beregning af indvindingsoplande.
- At videreudvikle metoder til løsningen af de vandressourcekortlægnings- og planlægningsopgaver (der iværksættes af miljøcentrene) gennem implementering og standardisering af et ensartet beslutningsgrundlag for kommunernes indsatsplaner. Metoderne skal udvikles til at være operationelle for bl.a. miljøcentre og rådgivere.
- At bidrage til at videreføre og videreudvikle samarbejdet med etablering af udviklingsaftaler mellem miljøcentrene og forskningsinstitutionerne.

GEUS' Afdeling for Grundvands- og Kvartærgeologisk Kortlægning indgår i et tæt samarbejde med statens miljøcentre under By- og Landskabsstyrelsen om grundvandskortlægningen med deltagelse i såvel Styregruppe som Projektsekretariat og Kompetencenet.

GEUS har endelig en nøglefunktion som fagdatacenter i den fælles offentlige dataløsning, der udgør Danmarks Miljøportal, således at der skabes adgang til indberettede kortlægningsresultater.

GEUS konkrete opgaver hermed og resultater for 2009 er kort skitseret i omstående tabel. Aktiviteterne er uddybet i de følgende afsnit af Faglige resultater for 2009.

Samtlige vejledninger og rapporter samt artikler fra 2009 er listet i det vedhæftede bilag.

## Væsentlige elementer i GEUS opgaver og aktiviteter i 2009

- Deltagelse i styregruppe og projektsekretariat for Den nationale grundvandskortlægning
- Deltagelse i og drift af kompetencenet for geofysisk, geologisk, hydrologisk og kemisk kortlægning
- Bidrage til udvikling af administrationsgrundlag for grundvandskortlægning
- Bidrage til udvikling af retningslinier for udbud af kortlægningen
- Videreførelse af vandressourcekortlægningen
- Kortlægning af de dybe miocæne aflejringer
- Kortlægning af begravede dale
- Udvikling af retningslinier for gennemførelse af geofysiske målinger
- Udvikling af retningslinier for kortlægning af kalkmagasiner
- Udvikling af digitale værktøjer og database til geologisk modelopstilling
- Udvikling af retningslinier for vurdering af nitratsårbarhed
- Fase 2 projekter om fastlæggelse af indvindingsoplande
- Planlægning og koordinering af GIS-temaerne for grundvandskortlægningen
- Vedligeholdelse af hjemmeside om grundvandskortlægning
- Vedligehold og videreudvikling af databaser

## 2. GEUS' bistand i styregruppe, projektsekretariat og kompetencenet

For at sikre at GEUS' kompetencer og viden omkring grundvandskortlægning bringes i spil i forhold til miljøcentrenes videnbehov og projektstyring, har GRUK bidraget aktivt i styregruppen, projektsekretariatet og i de faglige netværk.

Opgaverne har været af såvel faglig som administrativ art.

### **Faglige opgaver i Den nationale grundvandskortlægning**

De faglige opgaver omfatter

- Rådgivning i forbindelse med udarbejdelse af arbejdsprogrammer og ved deltagelse i styregruppen og projektsekretariat.
- Deltagelse i kompetencenet med sparring, rådgivning og formidling.
- Rådgivning om udviklingsprojekter omkring oplæg, projektledelse, udførelse og formidling af resultater.
- Sikring af kortlægningens ensartethed ved udarbejdelse af grundlaget for administration samt bidrag til baggrundsmaterialet for Miljøministeriets EU-udbud.
- GIS-koordinering i forbindelse med indsamling af kortlægningens korttemaer.
- Planlægning og afholdelse af temadage.
- Rådgivning generelt.
- Vedligeholdelse af hjemmeside med information om vejledninger, metoder, mv.

### **Administrative opgaver i den nationale grundvandskortlægning**

De administrative opgaver omfatter

- Arbejdsprogrammer til styregruppe og projektsekretariat.
- Drift af udviklingsprojekter (vejledning om oplæg, kontrakter, midtvejsstatus, opfølgning og formidling).
- Drift af kompetencenet (planlægning, rådgivning om opgaver og opgavekoordinering).
- Deltagelse i projektsekretariatets koordinering af den samlede kortlægning.
- Formidling af kortlægningsresultater.

I 2009 har der som følge af ændringer i organiseringen i såvel By- og Landskabsstyrelsen som i Den nationale grundvandskortlægning været et stort arbejde med etablering af et fælles administrationsgrundlag, bidrag til baggrundsmateriale for udbud og indkøring af et projektsekretariat for kortlægningsopgaven. GRUK har haft en betydelig indsats i forbindelse med ovenstående.

## 3. Udvikling af metoder

I dette afsnit er omtalt de igangværende faglige forsknings- og udviklingsprojekter, som GEUS har medvirket til i 2009.

Projekterne inden for metodeudvikling er underopdelt i følgende 3 kategorier:

- Hydrogeofysik
- Geologisk kortlægning og modellering i 3D samt
- Kortlægning og beskyttelse af grundvandet.

Ved de igangsatte projekter er der fokuseret på Den nationale grundvandskortlægning. I styregruppen er der dog samtidig skelet til behov og anvendelighed i forhold til By- og Landskabsstyrelsens øvrige opgaver med overvågning, vandramme mv.

### 3.1 Hydrogeofysisk metodeudvikling

Geofysik har spillet og spiller fortsat en stor rolle som centralt kortlægningsredskab i den nationale grundvandskortlægning. Der udføres hvert år geofysiske målinger over store arealer inden for OSD og i randområderne. Disse målinger skal processeres, tolkes og sluttelig arkiveres i den nationale geofysiske database GERDA med henblik på efterfølgende at blive anvendt i det videre kortlægningsforløb.

De geofysiske data repræsenterer store værdier økonomisk set, men de er samtidig af stor værdi – ofte uundværlige - i alle de OSD, hvor en sparsom boringsdækning gør den detaljerede kortlægning af grundvandet og dets sårbarhed til en nærmest umulig opgave uden geofysikken.

De fladedækkende geofysiske data har stor betydning ved placering af seismiske linieprofiler, nye undersøgelsesboringer og efterfølgende geologisk og hydrogeologisk tolkning af det samlede datamateriale. Derfor er det af største vigtighed, at såvel indsamlingen af geofysiske data i felten som den efterfølgende processering, tolkning og arkivering foregår efter fælles retningslinjer og vejledninger af højeste faglige standard.

Fortsat nyudvikling og videreudvikling af metoder og måleudstyr forudsætter opfølgning med processeringsmæssige og tolkningsmæssige metodeudviklinger samt tilhørende software og databaser. Dette afføder igen behov for ajourføring af tekniske vejledninger og opdatering af viden og faglig ekspertise hos såvel rådgivere som opdragsgivere.

I 2009 er der specielt arbejdet med metodeudvikling inden for eksisterende målemetoder (TEM og seismik), sårbarhedskortlægning og forbedring af GERDA-databasen.

### 3.1.1 Geofysiksamarbejdet

Geofysiksamarbejdet har helt siden den afgiftsfinansierede kortlægnings iværksættelse været af afgørende betydning som garant for, at de geofysiske data indsamles, tolkes og arkiveres efter detaljerede og ensartede standarder af høj faglig kvalitet. Dette gælder først og fremmest de fladedækkende geofysiske metoder i form af elektromagnetiske målemetoder, primært TEM og SkyTEM og i form af elektriske målemetoder som PACES og MEP.

Geofysiksamarbejdet har ligeledes sikret en videreformidling af nyeste viden til såvel samarbejdets parter som til de medarbejdere hos rådgivende firmaer, der udfører en stor del af det geofysiske arbejde, og hvis faglige kvalifikationer derfor er afgørende for de resultater, der kommer ud af den geofysiske kortlægning.

Geofysiksamarbejdet er formaliseret i en samarbejdsaftale mellem By- og Landskabsstyrelsen/miljøcentrene og Aarhus Universitet/Geologisk Institut. Formålet med samarbejdet er at sikre et tilstrækkeligt og ensartet fagligt niveau af den geofysiske del af den nationale grundvandskortlægning. De to aftalepartnere bidrager ligeligt til budgettet. GEUS deltager som faglig sparringspartner og i egenskab af fagdatacenter og ejer af den nationale geofysikdatabase. Den nuværende samarbejdsaftale er gældende for perioden 2010 og 2011. I løbet af 2010 diskuteres omfang og indhold af fornyet aftale om Geofysiksamarbejde fra 2012 frem imod 2015, hvor kortlægningen afsluttes.

#### Aktivitet

I 2009 har der i Geofysiksamarbejdets regi været en meget omfattende aktivitet

- *Møder/kurser*: 2 møder i styregruppen, 5 faglige temamøder/følgegruppemøder samt 6 kurser.
- *Integreret tolkning af geologiske og geofysiske data*: omfatter udvikling, implementering og afprøvning af koncepter til integreret tolkning
- *Dokumentation og kvalitetssikring af geofysiske data*: omfatter procedurer for indsamling, processering og tolkning af data
- *Udvikling og vedligeholdelse af geofysiske tolkningsprogrammer*: Dette emneområde er det mest omfattende i Geofysiksamarbejdet. Det omfatter udvikling og videreudvikling af processerings-, tolknings- og præsentationsprogrammer på både forsknings- og produktionsmæssigt niveau. Disse programmer er basis for tolkning af alle SkyTEM, MEP og PACES-data i Danmark.
- *Indsamling af viden om geofysiske metoder og tolkning internationalt*: skal sikre at anvendelsen af geofysiske metoder i den danske kortlægning lever op til en kvalitetsmæssig standard, der kan tåle evaluering foretaget af eksterne/udenlandske fagfolk.

De ovenfor omtalte hovedaktiviteter er afrapporteret i årsrapport 2009 fra Geofysiksamarbejdet (Geofysiksamarbejdet, 2009a).

I 2009 er der desuden udgivet en håndbog om anvendelsen af geofysikken i forbindelse med kortlægning af sårbarhed: "SSV-konceptet - baggrund, anvendelse og eksempler,

2009" (Geofysiksamarbejdet, 2009b). Håndbogen er blevet til i et samarbejde mellem Geologisk Institut, GEUS og medarbejdere fra miljøcentrene.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

De mange aktiviteter er afgørende for det løbende arbejde, som i stor stil udføres for miljøcentrene af konsulentfirmaer. Vejledninger opdateres, tolkningssoftware udvikles og videreudvikles, og kurser og møder holder medarbejdere ved miljøcentre og rådgivere opdaterede.

### **3.1.2 Øvrige geofysik-aktiviteter**

Af andre anvendte geofysiske metoder uden for Geofysiksamarbejdets regi er seismik, logging og MRS. Her er standarder, vejledninger og indberetningsværktøjer pt. under udarbejdelse af projektgrupper med fagkyndige personer fra rådgivere, miljøcentre, Aarhus Universitet og GEUS.

#### **MRS-metoden**

MRS-metoden anvendes til kortlægning af jordens vandindhold og kan desuden give indikationer af andre centrale parametre såsom permeabilitet.

I 2009 er der iværksat et projekt, hvis formål er at implementere den geofysiske målemetode Magnetisk Resonans Sondering (MRS) i den danske grundvandskortlægning. Projektleder er Mette Ryom Nielsen, Rambøll, med projektdeltagere i øvrigt fra Rambøll, Miljøcenter Århus og GEUS. Til projektet er knyttet en følgegruppe med deltagere fra miljøcentrene og GEUS.

Projektet blev påbegyndt i efteråret 2009 og løber til starten af 2011. Metoden udvikles stadig såvel nationalt som internationalt, og projektet har derfor til formål også at fungere som samarbejdspartner i forhold til denne udvikling.

Projektets vigtigste leverancer er implementering og verificering af MRS-metoden, erfaringsopsamling, udarbejdelse af vejledning og kravspecifikationer samt beskrivelse og implementering af den nødvendige tabelstruktur i GERDA-databasen med tilhørende indberetningssoftware.

#### **Seismik**

De seneste 10 års erfaringer inden for grundvandsområdet har vist, at seismik er særdeles anvendelig, og sammen med de elektriske og elektromagnetiske metoder udgør metoden grundlaget for strukturel geologisk kortlægning. Nærværende projekt sigter primært på at

- forbedre kvaliteten af de indsamlede data gennem optimering af optageparametre og analyse af støjkluder og
- forbedre tolkningsmulighederne ved at belyse den geologiske betydning af forskellige refleksionsmønstre.

I 2009 har styregruppen for grundvandskortlægning besluttet at iværksætte et projekt, hvis formål er at optimere anvendelsen af den seismiske metode inden for grundvandskortlægningen i Danmark. Projektleder er Egon Nørmark fra Aarhus Universitet.

### **Test af og verificering af VTEM i Danmark**

VTEM er en helikopterbåren geofysisk kortlægningsmetode i lighed med SkyTEM. VTEM benyttes normalt til kortlægning i mineindustrien, men har været anvendt til enkelte grundvandskortlægninger, bl.a. i Afrika.

I 2009 er der iværksat et projekt, hvis formål er at vurdere, om VTEM kan være et brugbart alternativ til SkyTEM. Projektleder er Jens Demant Bernth fra Miljøcenter Ringkøbing.

#### Aktivitet

I forbindelse med projektet har Geofysiksamarbejdet iværksat en udbygning af det nationale teststed for TEM-målinger, så det kunne bruges til VTEM-metoden. GEUS har desuden i samarbejde med Geofysiksamarbejdet udarbejdet detaljerede beskrivelser af kravene til en validering af et generelt luftbåret system til anvendelse i den danske grundvandskortlægning.

SkyTEM har i lighed med firmaet bag VTEM udført målinger både på det nationale teststed og i et test-kortlægningsområde ved Struer. Projektet forventes afsluttet i 2010.

## **3.2 Geologisk kortlægning og modellering i 3D**

Den geologiske kortlægning og modellering omfatter aktiviteterne fra de første geologiske vurderinger starter med tolkninger i det enkelte punkt, og til den slutter med etableringen af den hydrostratigrafiske tolkningsmodel, som ligger til grund for den hydrologiske modellering.

Bidragene i 2009 omfatter fortsættelse af den landsdækkende kortlægning af begravede dale, metodeudvikling i forbindelse med kortlægningen af de miocæne aflejringer i Jylland samt videreudvikling af modelleringsværktøjet, Geoscene3D.

### **3.2.1 Begravede dale**

Begravede dale er et vigtigt element i den danske undergrund. Dalene styrer grundvandstrømme, indeholder grundvandsmagasiner og kan perforere beskyttende lerlag. Derfor er kendskab til deres natur og dannelse vigtig, og det er vigtigt at kende deres udbredelse og forekomst.

#### Aktivitet

GEUS har i samarbejde med Grontmij Carl Bro a/s udført en landsdækkende kortlægning af dalene. Der er desuden udført en beskrivelse af karakteristiske træk ved dalene, dalenes dannelse samt af dalenes betydning for grundvandskortlægningen.

Denne kortlægning er blevet udført for Statens Miljøcentre og er blevet afsluttet i 2009 (Jørgensen, F. & Sandersen, P., 2009).

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Resultaterne viser, at der forekommer begravede dale i hele Danmark (se figur 3.1), og at de i mange områder udgør et dominerende element i den geologiske lagserie.



Figur 3.1. Resultater af kortlægningen af begravede dale.

Dalene er vigtige for vandforsyningen i mange områder af landet, men af forskellige grunde. Mange steder findes store og betydningsfulde grundvandsmagasiner i dalene. Dalene udgør således den primære kilde til drikkevand. I andre områder af landet er det lige modsat, idet dalene gennemskærer beskyttende lerlag og derved udgør sårbare zoner.

Kortet over de begravede dale kan bl.a. benyttes ved vandressourceplanlægning, planlægning af geologiske undersøgelser og ved opstilling af geologiske modeller.

### 3.2.2 3D-modellering af den miocæne lagserie

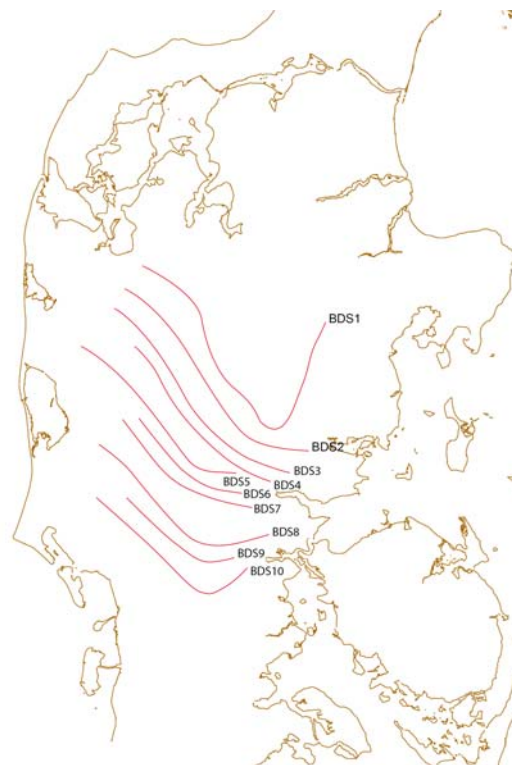
Den rumlige geologiske model for den miocæne lagserie opstilles med udgangspunkt i de stratigrafiske metoder, som er udført i forbindelse med olieeftersforskningen. Det er formålet at skabe en tolkningsmæssig ramme for de lokale modeller i Den nationale grundvandskortlægning. Projektet startede i september 2008 og kører frem til maj 2010.

#### Aktivitet

Der er fokuseret på at modellere de 3 niveauer med gode sandede formationer: Billund, Bastrup og Odderup, samt de mellemliggende mere lerede formationer: Vejle Fjord, Klintinghoved og Arnum (Rasmussen, E.S. m.fl., 2009).

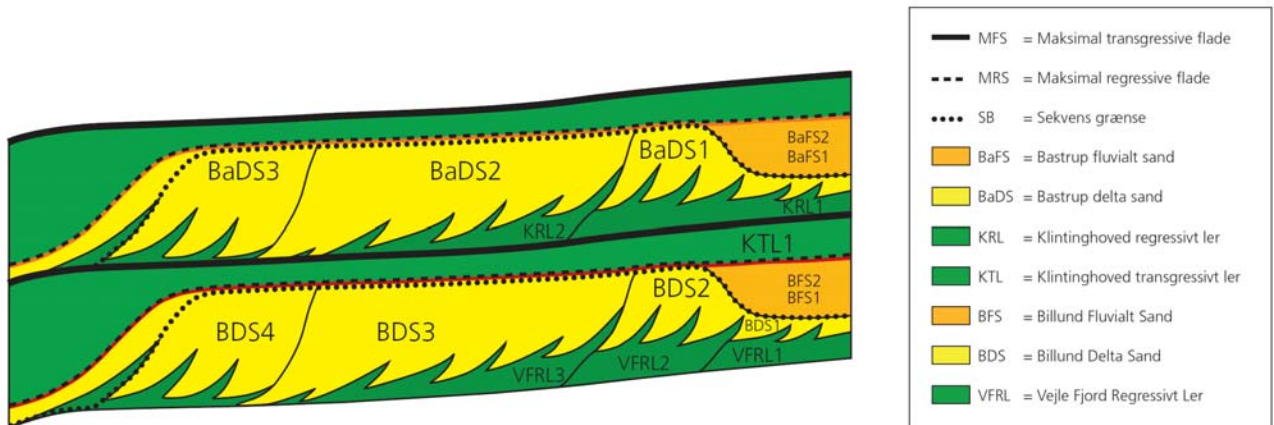
Nøgleboringer i 3D-tolkningen af den miocæne lagserie er boringer fra stratigrafiske korrelations-paneler opstillet i forbindelse med den nye lithostratigrafi. Disse er blevet suppleret med boringer fra korrelations-paneler i tidligere rapporter fra kortlægningen af miocæne grundvandsmagasiner. Der er således i alt anvendt omkring 130 nøgleboringer, som er tolket med baggrund i den opstillede lithostratigrafi.

De grundvandsførende sedimente (især i Billund og Bastrup Formationerne) er aflejret under gradvise kystudbygninger fra nordøst mod sydvest, hvilket har bevirket, at eksempelvis Billund Formationen kan underinddeles i ca. 10 adskilte generationer af delta-lober. Se figur 3.2.



Figur 3.2. Principskitse for udbygning af delta-lober fra nordøst mod sydvest.

I hele modelområdet er tolket gennemgående, overordnede flader i den miocæne lagserie. Mellem de overordnede flader er tolket en række underordnede enheder, der hver især har en begrænset udbredelse, se figur 3.3. Der arbejdes i alt med ca. 75 flader og lithologiske enheder i den rumlige geologiske model for miocænet.



Figur 3.3. Principskitse for opbygningen af lithologiske enheder.

I forbindelse med opstilling af den rumlige geologiske model er der udført kvalitetssikring og færdiggørelse af tolkningen af de overordnede lag Top Miocæn, Bund Miocæn, MRS Billund og MRS Bastrup på hele det seismiske datasæt i kortlægningsområdet. Som støtte til tolkningen i GeoScene3D er der udført detailtolkning af de underordnede lag Vejle Fjord, Billund, Klintinghoved, Bastrup, Arnum og Odderup på en del af det seismiske datasæt.

Naturlige gammalogs, der benyttes til lithologisk tolkning, bruges udover til skelnen mellem lerede og sandende sedimenter også til at skelne mellem f.eks. deltaaflejringer og fluviale aflejringer. Kornstørrelsen i deltaaflejringer viser ofte en tendens til at blive mere grovkornet opad, hvilket afspejles sig som faldende gamma-niveau opad. Fluviale aflejringer viser typisk en tendens til at blive mere finkornet opad, hvilket afspejles som stigende gamma-niveau opad.

Der er desuden udviklet et system, hvor usikkerheden på de enkelte datapunkter registreres i bagvedliggende tabeller. Usikkerhedsværdierne kan efterfølgende anvendes til at fremstille kort for de enkelte flader og enheder, der viser, hvor sikker tolkningen er i området.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Modellen over de lithostratigrafiske enheder i den miocæne lagserie kan hjælpe med at udpege mulige nye vandindvindingsområder og forudsige de geologiske lag på nye borelokaliteter. Modellen kan også udgøre fundamentet i fremtidige hydrostratigrafiske modeller for området.

### 3.2.3 GeoScene3D

GeoScene3D er et computerprogram til visualisering og modellering af geologi. Programmet udvikles af I-GIS. Med programmet kan boredata, geofysiske data, vandkemiske data, hydrauliske data, terræn og geologiske lag visualiseres på kort, i profiler og i tre-dimensionelle views. Endvidere er der indbyggede funktioner til både 2D og 3D interpolation. Senest er der udviklet funktioner til editering og modellering af geologi.

#### Aktivitet

I samarbejde med Statens Miljøcentre og GEUS er programmet i 2009 blevet udvidet til at rumme en editor til geologisk modellering. Heri er der bl.a. udviklet faciliteter til punkttolkning, horisontaltolkning og tolkning direkte i 3D-miljøet. Endvidere er der udviklet avancerede faciliteter til voxelmodellering og øvrig håndtering af 3D-grids.

Alle datatyper, der benyttes som grundlag ved geologisk modellering i Danmark, kan visualiseres i programmet. Udviklingen er sket i forlængelse af "Geo-vejledning 3, Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering", således at de retningslinjer, der er angivet heri, nu understøttes af GeoScene3D.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Programmet er i løbet af året taget i brug af Miljøcentrene og af deres konsulenter i projekter vedr. geologisk modellering. Programmet benyttes desuden aktivt i flere projekter i GEUS-regi, blandt andet i projekterne om 3D-modellering af den miocæne lagserie og geologisk/hydrologisk modellering ved Egebjerg.

## 3.3 Kortlægning og beskyttelse af grundvandet

Grundvandskortlægning og -beskyttelse fokuserer især på grundvandsmagasinerne, vandkemi og vandbalance, og mulighederne for samfundsskabte effekter, det være sig uønskede og utilsigtede skadelige påvirkninger.

Arealanvendelsen og tiden herfor spiller en meget vigtig rolle inden for dette fagområde, idet der i høj grad er fokus på ændringer i tilstand for grundvand: f.eks. vandkvalitet eller vandbalance. Dette skal ses i relation til de tidligere omtalte udviklingsmetoder, der er meget fokuseret på at fastlægge det geologiske dannelsesmiljø og den hydrostratigrafiske model, der via den geofysiske og geologiske kortlægning definerer den ramme, som vandet bevæger sig i og ændrer sig i.

Aktiviteterne i 2009 omfatter vurdering af følsomhed over for vejsalt, kortlægning af kalkmagasiner og studier af arsenforekomster i kalkmagasiner. Hertil kommer arbejde med den forbedrede viden om afgrænsning af indvindingsoplande. Endelig er der sket metodeudvikling med henblik på effektivisering og homogenisering af dataudtræk i forbindelse med udarbejdelse af kortlægningens GIS-temaer.

### 3.3.1 Vurdering af danske magasiners følsomhed overfor vejsalt

Der er gennemført et kortlægningsprojekt af Geologisk Institut, Aarhus Universitet, Rambøll og GEUS i fællesskab, som vurderer danske grundvandsmagasiners sårbarhed overfor vejsalt.

#### Aktivitet

Projektet er rapporteret i en GEUS rapport (Kristiansen m.fl., 2009). Årligt bruges der ca. 300.000 tons vejsalt til glatførebekæmpelse i Danmark. Samtidig viser studier i flere skandinaviske lande samt Nordamerika, at klorid fra vejsaltning påvirker grundvandskvaliteten negativt. Disse forhold danner baggrund for at vurdere, om salt fra glatførebekæmpelsen påvirker kvaliteten af grundvands- og drikkevandsressourcen i Danmark både på nationalt plan og i en del af Storkøbenhavn.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Resultaterne viser, at det danske øvre grundvand fra 0-80 m.u.t. påvirkes af kloridtilførsel fra jordoverfladen, som kan skyldes flere kilder som f.eks. vejsaltning, atmosfærisk deposition og landbrugsgødning etc. Rapporten anbefaler, at der analyseres for bromid i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning og –overvågning, da bromid kan bruges som en indikator for vejsalt.

I modelberegningerne af udbredelse af klorid i grundvandet under Københavns Vestegnskommuner regnes der med, at 15% af vejsaltet tabes til grundvandet. Det vil resultere i, at kloridindholdet i grundvandet vil stige med 25-40 mg/l over baggrundsniveauet i løbet af 20-40 år. Lokalt vil grundvandets kloridindhold dog kunne forøges med op til 125 mg/l, som følge af vejsaltningen. Fordobles tabet af vejsalt til 30%, fordobles det resulterende kloridindhold i grundvandet. Viden om aktuelle tab af salt fra vejene er sparsom, og rapporten peger på et behov for feltundersøgelser i et større byområde.

Klorid fra vejsaltning vurderes derfor ikke i sig selv at udgøre et større regionalt eller nationalt problem for grundvandskvaliteten, men kan forøge kloridindholdet væsentligt lokalt i trafikintensive områder.

### 3.3.2 Kortlægning af kalkmagasiner

Kortlægningen af grundvandet i kalk og skrivekridt er helt speciel i forhold til andre grundvandsmagasiner på grund af grundvandets strømning og kalkmagasinernes marine oprindelse. Sprækker og impermeable lag afstedkommer præferentiel strømning og den marine oprindelse medfører risiko for indstrømning af saltvand i drikkevandsboringerne. Der findes ikke i dag en samlet litteratur, som kan vejlede om kortlægning af og indvinding fra kalkmagasinerne i Danmark.

#### Aktivitet

I foråret 2009 blev der afholdt en temadag om kortlægning af kalkmagasiner. Formålet med dagen var at afdække metoder og erfaringer inden for kortlægningen af forskellige kalkmagasiner i Danmark. Foredragsholderne kom fra Århus Universitet, Grontmij Carl Bro, COWI, Rambøll samt GEUS kemiske og hydrologiske afdelinger, og der var deltagelse af såvel

rådgivere som miljøcentre. Indlæggene kan ses på grundvandskortlægningens hjemmeside (GEUS, 2010a).

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Temadagen i 2009 bekræftede, at kortlægningen af kalkmagasinerne er meget tværdisciplinær, og at kortlægningsstrategien er individuel fra område til område. Derfor er der i efteråret 2009 vedtaget en erfaringsopsamling, som skal munde ud i en geo-vejledning om kortlægning af kalkmagasiner. Vejledningen tager udgangspunkt i erfaringerne fra temadagen i 2009 og udarbejdes i løbet af 2010.

### **3.3.3 Arsen i kalkmagasiner**

DTU og GEUS har gennemført et kortlægningsprojekt af arsen i kalkmagasiner. Det overordnede formål med projektet har været at forbedre den generelle viden om årsager til forhøjede koncentrationer af arsen i grundvandet. Derudover er mulighederne for at udvikle et operationelt koncept for vurdering af naturlig udvaskning af arsen fra forskellige sedimenttyper undersøgt, med henblik på at medvirke til en forbedret geokemisk forståelse for høje arsenkoncentrationer i grundvandet.

#### Aktivitet

Projektet er rapporteret i en GEUS rapport (Kjøller, C. m.fl., 2009).

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Projektet har opstillet en generel model for frigivelse af arsen til grundvandet fra kalksedimenter.

Den primære kilde til arsen i kalksedimenter er sandsynligvis sulfidminerale med arsen (pyrit). Som følge af oxidation af sulfiderne, er arsen blevet frigjort og bundet sekundært i oxider af jern og mangan. Disse oxider findes nu i den øverste del af kalksedimenterne, det vil sige i den umættede zone, eller i den øvre, opsprækkede del af den mættede zone. Frigivelse af arsen til grundvandet foregår sandsynligvis ved, at det infiltrerende vand transporterer naturligt indlejret, reaktivt, organisk stof fra de overliggende kvartære lag ned i kalkmagasinet. Med tiden vil en reduktiv opløsning af oxidminerale frigive arsen til grundvandet i kalkmagasinerne, og høje koncentrationer vil lokalt kunne opbygges.

### **3.3.4 Udpegning af indvindingsoplande**

I forbindelse med en opdateret udgave af Geo-vejledningen om indvindings- og grundvandsdannende oplande (Iversen m.fl., 2008) er der blevet gennemført 2 projekter i løbet af 2009 om AEM og Stationære og dynamiske oplande.

#### **AEM**

Formålet med projektet var, at vurdere anvendeligheden og præcisionen af AEM (Analytisk Element Modeller) sammenlignet med traditionelle numeriske grundvandsmodeller, og vise

om metoden kan anvendes i forbindelse med grundvandskortlægningen til udpegning af oplande.

#### Aktivitet

Der er udarbejdet en rapport over test og anvendelse af AEM til udpegning af indvindingsoplande (Iversen, C.H. m.fl., 2009). Nærværende rapport beskriver de test, der er foretaget for at finde de situationer og den skala – regional eller lokal, hvor AEM kan anvendes samt hvilke begrænsninger, metoden har.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Af projektet konkluderes, at AEM er velegnet som screeningsværktøj til indledende planlægning af f.eks. nye kildepladser og i forbindelse med planlægning og udpegning af områder til videre kortlægning i Trin 2 under Den nationale grundvandskortlægning. AEM giver et godt bud på indvindingsoplande og kan give et kvalificeret bud på, i hvilke områder kortlægningsressourcerne bør anvendes i forbindelse med den videre kortlægning hen imod en indsatsplanlægning.

Endvidere er metoden velegnet til beregning af indvindingsoplande i områder, hvor der ikke eksisterer en strømningsmodel, og hvor den geologiske kompleksitet er begrænset.

AEM kan anvendes i sagsbehandling til overslagsberegninger og lokalisering af indvindingsoplande i områder med sparsom kendskab til hydrogeologien.

Modellerne skal ikke betragtes som en erstatning for tredimensionelle strømningsmodeller, men et supplement til de redskaber, man har til rådighed.

#### **Stationære og dynamiske modeller**

Formålet med projektet har været at teste, i hvor høj grad dynamikken har betydning for oplandes størrelse og udformning for forskellige geologiske miljøer, der kan findes i Danmark.

#### Aktivitet

Med udgangspunkt i en eksisterende Karup Å model er der opstillet tre syntetiske hydrostratigrafiske modeller, som hver for sig repræsenterer en typisk dansk geologitype: en hedeslette, et østdansk morænelandskab med og uden geologiske vinduer i dæklagene, og henholdsvis en øst- eller vestdansk geologi indeholdende en begravet dal. Modellerne dækker et areal svarende til den sydøstlige del af det oprindelige Karup Å modelområde.

For hver hydrostratigrafisk model blev der opstillet en grundvandsmodel i MIKE-SHE med otte beregningslag. Oplandene blev beregnet ved brug af både en stationær og en dynamisk udgave af grundvandsmodellen i kombination med partikelbanesimuleringer foretaget med MIKE-SHE's partikelbanemodul. Ved sammenligning af de beregnede oplande for hver geologi vises det, om der er forskel mellem det stationært og dynamisk beregnede opland.

### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Resultaterne fra projektet viser, at de årlige variationer i nedbør, og dermed tidlige ændringer i potentialeforholdene, ikke har den store indflydelse på det grundvandsdannende oplands beliggenhed under typiske danske forhold.

Undersøgelserne har udelukkende testet, om der er forskel på oplandsarealer, hvis de beregnes med en stationær model eller en dynamisk model med ens parameterisering. Det er værd at bemærke, at kalibrering af en dynamisk, henholdsvis stationær model ofte vil resultere i forskellige parameterværdier og dermed forskelle på de enkelte vandbalance komponenter. I hvilket omfang disse forskelle i kalibrering og vandbalancer vil påvirke oplandsberegningerne er ikke undersøgt systematisk med modelberegninger.

Klimascenarierne viste dog, at både form og udbredelse af grundvandsdannende oplande påvirkes under ændrede klimaforhold, ligesom denne undersøgelse også har vist, at forskelle i hydraulisk anisotropi og porøsitet giver forskelle mellem de beregnede oplande. Det bemærkes, at der i litteraturen også er påvist betydelige forskelle i grundvandsdannende oplande, hvis ligevægtstilstand, f.eks. som følge af ændret indvindingsmønster, ikke er indtruffet.

Grundvandsdannende oplande kan derfor i forbindelse med Den nationale grundvandskortlægning beregnes uden særlig hensyntagen til klimatiske variationer på op til dekadniveau. Det anbefales, at der laves særlige scenarieberegninger for større og mere permanente ændringer.

Resultater og konklusioner fra dette arbejde vil blive indarbejdet i Geo-vejledningen om indvindings- og grundvandsdannende oplande og således være tilgængelig i forbindelse med kortlægningen og den videre sagsbehandling.

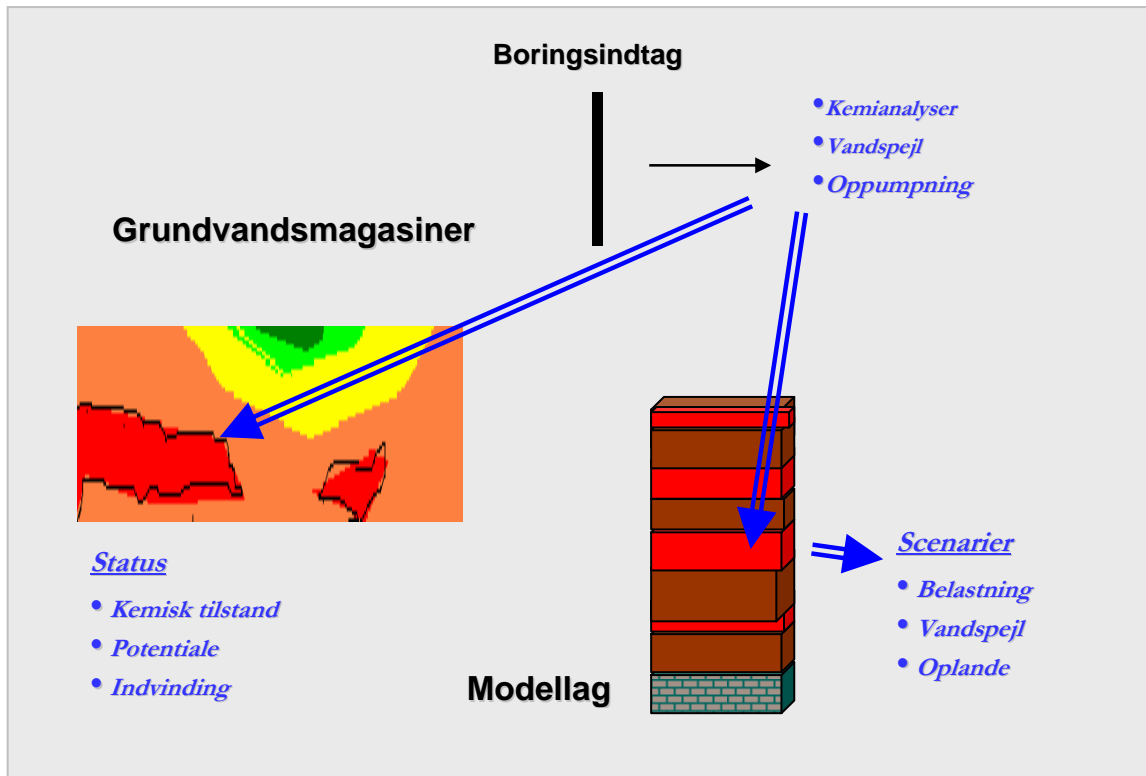
Rapporten bliver tilgængelig forår 2010 på [www.grundvandskortlaegning.dk](http://www.grundvandskortlaegning.dk).

### **3.3.5 GIS og grundvandskortlægning, specifikke projekter**

En stor del af grundvandskortlægningen indebærer anvendelse af eksisterende kort (f.eks. fra geologiske kort udført ovenfor og udtræk af eksisterende databaser). I den sammenhæng er der i 2009 arbejdet med effektivisering af dataudtræk fra Jupiter og ved anvendelse af kombinationer af hydrodynamiske enheder (modellag, magasiner og grundvandsforekomster), analyser og modellering i følgende 2 projekter:

#### **Nøgletabel til kobling af indtag med magasiner, DK-model og grundvandsforekomster**

I 2008-2009 er der i samarbejde med miljøcentrene Roskilde og Nykøbing foretaget metodeudvikling med henblik på at kunne koble information fra borerne i Jupiter-databasen med oplysning om lag i DK-modellen og grundvandsforekomsterne, se figur 3.4.



Figur 3.4. Princippet bag nøgletabellen er, at boringernes indtag i Jupiter-databasen kobles sammen med modeller og grundvandsmagasiner, således at informationen i Jupiter-databasen direkte kan anvendes i sammenhæng med informationen fra grundvandsmagasiner og modeller.

#### Aktivitet

Opgaven har taget udgangspunkt i en sammenstilling af tabeller med oplysning om indtagenes placering i grundvandsforekomster og modellag, som miljøcentrene har etableret i forbindelse med vandplanarbejdet. De indsamlede oplysninger sammenlignes med resultater af landsdækkende beregninger af indtagenes placering i forhold til DK-modellens lag.

På baggrund af ovennævnte erfaringer med indtagsdata er der udarbejdet forslag til nøgletabellens felter og til det videre arbejde med fastlæggelse af beregningsmetode m.v. (Mielby, S. m.fl., 2009c).

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Rapporten danner baggrund for et efterfølgende projekt for etablering af en landsdækkende nøgletabel, der sammenkæder boringsindtag i Jupiter-databasen med modellag i Model-databasen, som er igangsat i 2010.

Det er hensigten, at nøgletabellen på sigt kan benyttes til geokemisk kortlægning, potentialekortlægning, modellering, vandplanarbejde, overvågning, indberetning til EU mv.

### **GIS temaer med Jupiter data**

Et led i grundvandskortlægningen er produktion af et stort antal tematiske kort. Denne kortproduktion er hidtil udført manuelt, og eftersom der mange manuelle operationer, betyder det, at der er et stort tidsforbrug til såvel dataudtræk, -bearbejdning og kortproduktion såvel som den efterfølgende kvalitetssikring.

#### Aktivitet

I 2009 er der igangsat et projekt med web-tjenester til dynamiske udtræk af 24 nærmere specificerede temaer fra Jupiter-databasen (se <http://Geuskort.geus.dk/McPortal> ). Projektet udføres i samarbejde med miljøcentrene Roskilde og Ringkøbing. GEUS dataafdeling står for systemudviklingen og GRUK for kvalitetssikring.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Det forventes, at resultaterne vil medføre en mere ensartet kortlægning (dataudtræk og kortproduktion) i forbindelse med udarbejdelsen af temakortene, ligesom der vil spares megen tid ved processen.



*Kvartær/Øvre miocæn grænse, Marbæk*

## 4. Andre kortlægningsprojekter

GEUS har i 2009 medvirket i 3 kortlægningsprojekter, som bidrager til metodeudvikling og erfaring, og som foretages i samarbejde med miljøcentrene. De 3 projekter har hvert sit formål: udvikling af hydrogeofysisk kortlægning, geologisk/hydrologisk modellering og sårbarhedskortlægning.

Hertil har GRUK arbejdet med kartering (Jordartskarteringen i Danmark) og metodeudvikling i forbindelse med KUPA-projektet.

### 4.1 SkyTEM-kortlægning på Lolland

I forbindelse med SkyTEM-kortlægningen af Lolland er der til dato udført i alt ca. 3900 km flyvelinjer. Projektet blev udført i et samarbejde mellem Miljøcenter Nykøbing, Århus Universitet og GEUS. Firmaet SkyTEM Aps har forestået selve dataindsamlingen og deltaget i test af et nyudviklet instrumentel.

Projektet er opdelt i 2 trin, hvor trin 1 var en testfase med særlig fokus på måling og inversion af x-data, for den vej igennem at øge opløsningen af specielt den overfladenære geologi. Til dette formål udførte Århus Universitet en større udvikling, både i processerings- og inversionsmodulet til Aarhus Workbench og i selve inversionskoden, for at kunne håndtere og anvende x-data samt processere og tolke datamængder i et omfang, som ikke tidligere var prøvet i Danmark. Udviklingen på instrumentsiden hen imod at kunne måle meget tidlige tider for z-data viste sig dog at være mere værdifuld end den ekstra information, der kunne opnås ved at inkludere x-data.

Ved trin 2 blev der derfor kun indsamlet z-data. Til gengæld blev det superlave moment (SLM) introduceret således, at det er muligt måle data til meget tidlige tider. SkyTEM-opsætningen til trin 2-kortlægningen blev således specielt tilrettet til at give en god opløsning af de overfladenære lag såvel som høj lateral opløsning. Datasegmentet bidrager til en optimeret opløsning af den overfladenære geologi, samt informationer om den dybere del.

Udviklingen gjorde det muligt at måle det første datapunkt allerede ved ca. 12  $\mu$ s mod normalt ca. 18  $\mu$ s. De tidlige tider er essentielle for opløsningen af de meget overfladenære geologiske strukturer, hvilket gør metoden mere anvendelig til sårbarhedskortlægning. Lolland-projektet har således initieret en værdifuld udvikling af SkyTEM-metoden, der siden hen er blevet videreudviklet således, at man i dag er i stand til at opnå brugbare data allerede fra omkring 10  $\mu$ s, og derved opnås viden om de helt terrænnære jordlag.

#### Aktivitet

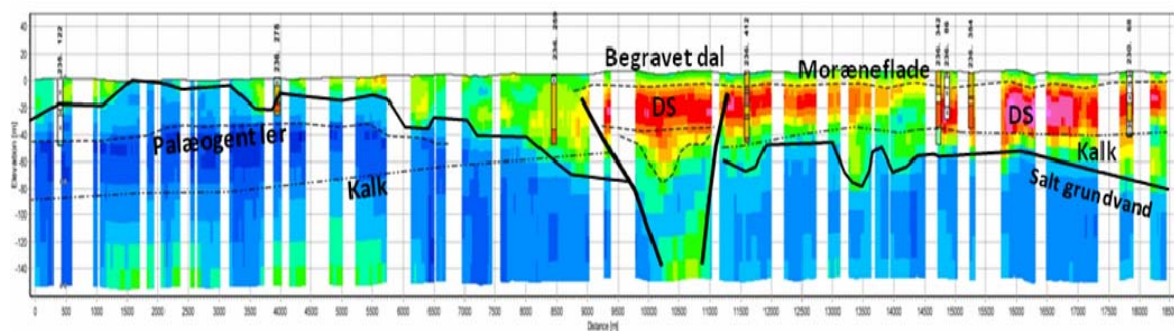
I 2009 er der ikke udført nogle egentlige kortlægningsaktiviteter. Århus Universitet har færdiggjort og afrapporteret inversion af SkyTEM-data, og der er udarbejdet en status-rapport, der sammenfatter resultaterne fra to workshops.

### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Indledende tolkninger har vist, at der ved hjælp af SkyTEM-data i kombination med boringer opnås en markant forbedret viden om udbredelser og mægtigheder af regionale og lokale sandmagasiner, der sammen med skrivekridtet og kalk udgør de primære grundvandsmagasiner på Lolland. Det har været muligt at kortlægge forløbet af de begravede dale og dalfyldet, da dalene har stor betydning for grundvandsstrømningen.

Grundvandsressourcen på Lolland er sparsom. Ved hjælp af SkyTEM-dataene er det muligt at kortlægge dybden til grundvand med forhøjet saltindhold, og især områder med meget højtliggende saltholdigt grundvand, jf. figur 4.1.

Endelig har der været fokus på SkyTEM-metodens anvendelighed til kortlægning af terrænnære lag med henblik på sårbarhedskortlægning.



Figur 4.1. SV-NØ-orienteret profil med SkyTEM-modeller og boredata for det centrale Lolland. Tolkninger er vist på profilet, ref. Flemming Jørgensen (GEUS)

## 4.2 Geologisk/hydrologisk modellering ved Egebjerg

GEUS opstiller en klimahydrologisk grundvandsmodel i Egebjerg-området nordøst for Horsens for Miljøcenter Århus. Formålet med modellen er at opnå en detaljeret beskrivelse af en meget kompleks geologi med mange begravede dale, og foruden at få modelleret nuværende indvindingsforhold til kildepladser i området, skal klimaændringers betydning for bl.a. grundvandsstanden i området modelleres.

### Aktivitet

Arbejdet med den del af projektet, der omfatter den geologiske model er påbegyndt i 2009.

Den geologiske model opstilles som en voxel-model, og for at dette har kunnet realiseres, er der blevet gennemført et udviklingsarbejde indeholdende blandt andet metodeudvikling og udvikling af specifikke moduler i GeoScene3D.

Voxelmodel-metoden er valgt her på grund af den geologiske kompleksitet. Det forventes at voxelmodel-metoden på sigt vil kunne fungere som en mere effektiv og fleksibel måde at opstille geologiske modeller på. Projektet forventes færdigt medio 2010.

### 4.3 Sårbarhedskortlægning i Himmerland

Miljøcenter Aalborg har i slutningen af 2008 fået fløjet 2150 linie-km SkyTEM i den østlige del af Himmerland. Målingerne er foretaget med en målekonfiguration, der giver det bedst mulige grundlag for at vurdere, hvorvidt det vil være muligt at anvende SkyTEM til sårbarhedskortlægning i et omfang, så de luftbårne målinger evt. kan erstatte de traditionelt anvendte geoelektriske metoder netop i sårbarhedskortlægningen.

Formålet med dette projekt er derfor at evaluere den målekonfiguration, som SkyTEM er fløjet med, set i forhold til en sårbarhedskortlægning. Det vil sige, at det skal være muligt at få brugbare måledata, der viser lag tættere på overfladen til tidligere tider, end det før har været muligt.

#### Aktivitet

I 2009 er udvalgt strækninger på flyvelinierne, hvor geologien synes varieret, og hvor man derfor har vurderet, at der kan foretages den mest optimale evaluering af SkyTEM-metodens egnethed i sårbarhedskortlægningen. Evalueringen sker ud fra en sammenligning af SkyTEM-tolkningerne med data fra PACES-målinger og efterfølgende kerneboringer og el-log boringer.

Der er i efteråret 2009 udført i alt ca. 20 km PACES linier, og de er målt så præcist langs flyvelinierne som muligt. Resultaterne fra SkyTEM- og PACES-målingerne har dannet grundlag for at placere 5 hulsneglsboringer, der skal bidrage til bl.a. at verificere forskelle i resultaterne fra de to geofysiske metoder.

Boringsarbejdet er afsluttet primo januar 2010, og GEUS har efterfølgende beskrevet kernerne samt målt den geofysiske modstand i jordtyperne med en elektrisk wennerkonfiguration.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Foreløbige resultater fra tolkningen af de luftbårne data tyder på, at det er muligt at få oplysninger om de mere overfladenære jordlag. Når måledata fra meget tidlige tider korrigeres for bias, og der foretages ændringer i lagring af data, vil det fremover vil kunne lade sig gøre at få oplysninger til endnu tidligere tider end selv dette projekt viser, og dermed informationer om jordlagene tættere på overfladen.

I 2010 tolkes målingerne færdigt, og resultaterne diskuteres på en workshop.

## 4.4 Jordartskarteringen

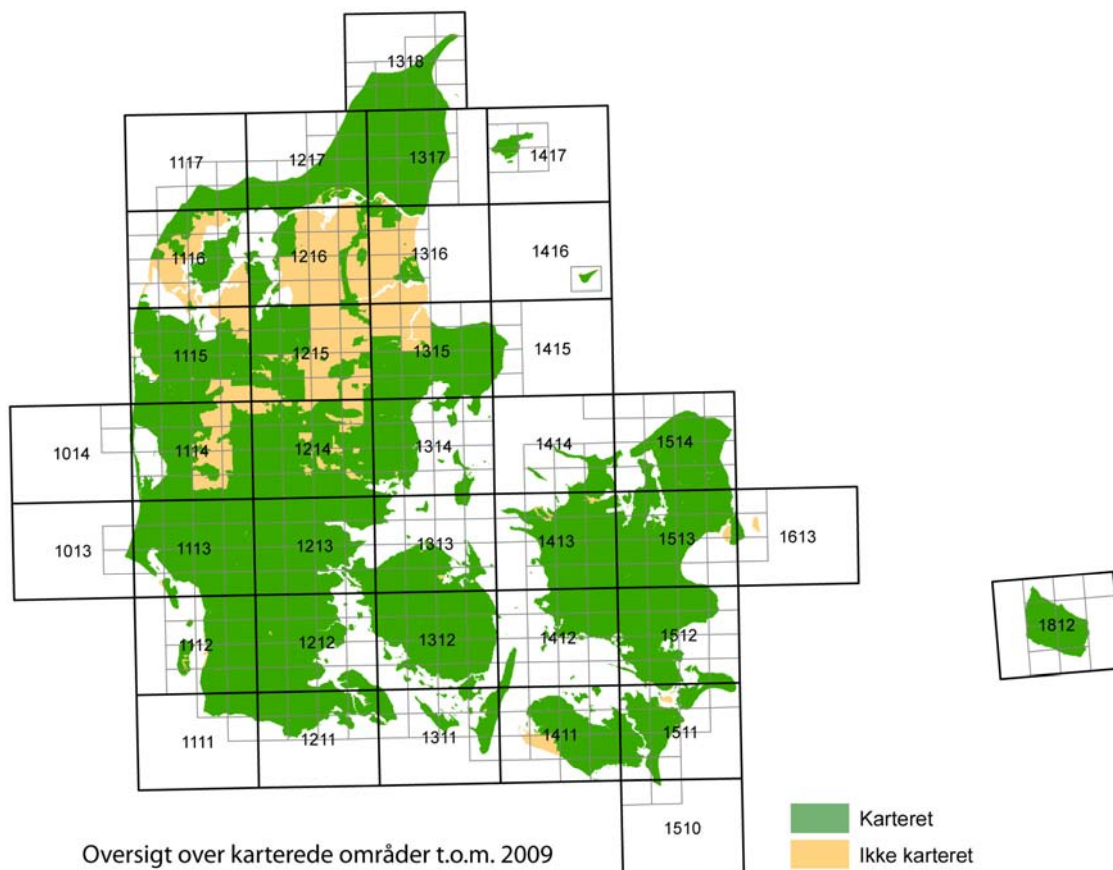
### Aktiviteter

I foråret 2009 blev den systematiske geologiske kartering af de overfladenære jordarter afsluttet på Mors. Den afsluttende kortlægning var koncentreret om området fra Sindbjerg, der er det vigtigste råstofområde for sand og grus på Mors, og ind til Nykøbing Mors.

I august og september 2009 blev kortlægningen af kortbladet 1316 III, Mariager Fjord opstartet. Det var her fortrinsvis de hævede marine flader øst for Hadsund, som blev karteret. Det hævede marine område fra Als Odde og op mod Lille Vildmose indeholder desuden et mindre antal fossile øer, hvoraf Als, Bjerget og Havnø udgør det mest markante bakkeelementer.

Kortlægningen af Lolland-området fortsatte i foråret 2009 med kartering af området NØ for Nakskov.

Det samlede område med jordartskartering ved udgangen af 2009 er vist på figur 4.2.



Figur 4.2. Det samlede område med jordartskartering.

### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

En meget stor del af den systematiske geologiske kortlægning har i det forgangne år dækket væsentlige dele af OSD. Det gælder især det sydlige Mors, hvor området mellem grusgravsområdet midt på øen og omegnen af Nykøbing M er blevet kortlagt. På Lolland er det især hele Nakskovs OSD nord for byen, som er blevet betjent med kortlægning af de overfladenære jordlag.

Inden for området information og formidling er der i det forløbne år udgivet en ny opdateret version (3.0) af det kvartærgeologiske grundkort i målestok 1:25.000 på CD-Rom.

## **4.5 Polymorfologisk kort for Sjælland og øerne**

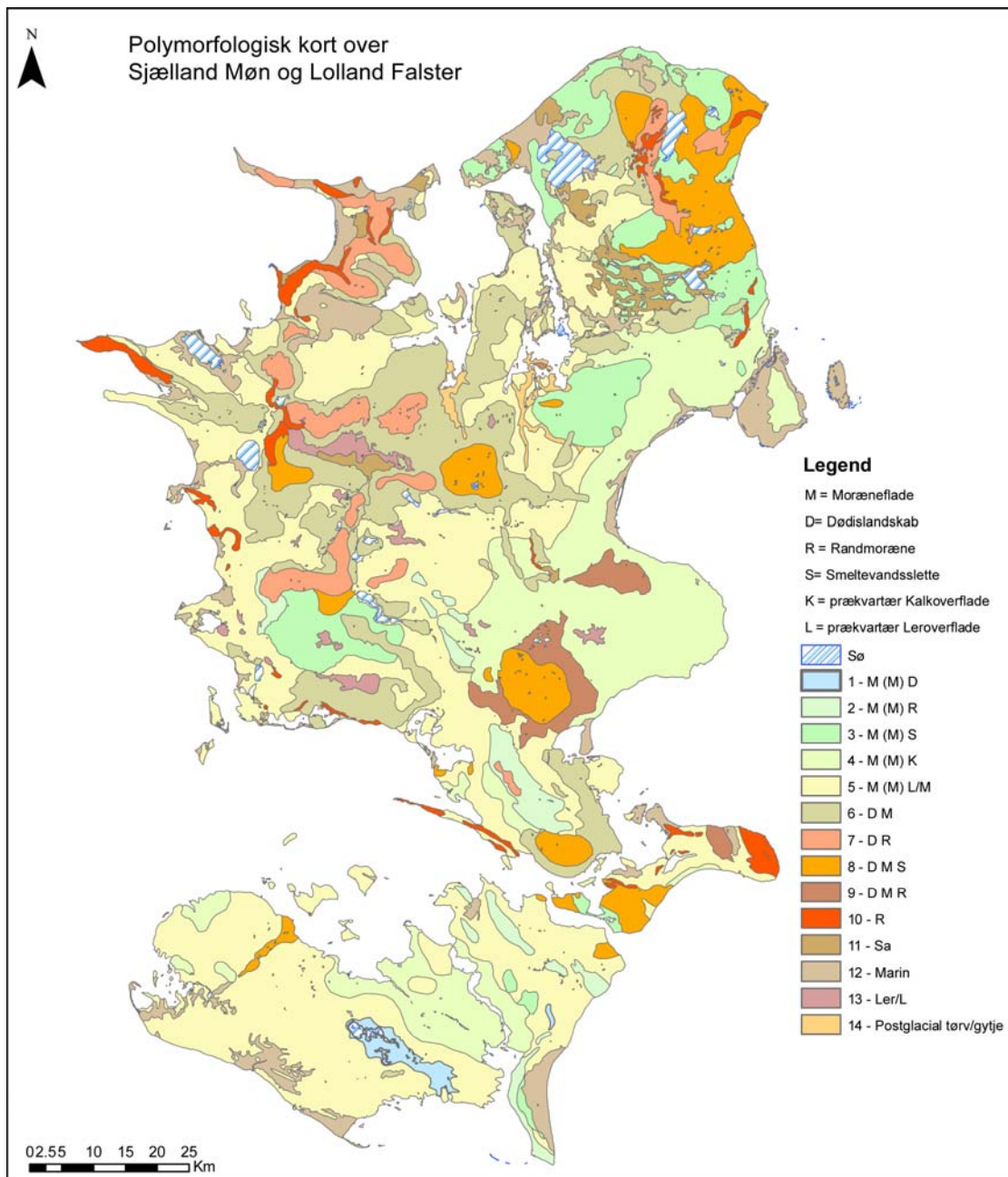
I forbindelse med gennemførelse af KUPA ler projektet er der udarbejdet en ny korttype, der kan indgå i vurderingen af udbredelse af sprækker/sandlinser i moræneler. Kortet benævnes *det polymorfologiske kort* (GEUS & DJF, 2009).

Kendskabet til den geologiske variabilitet i danske jordarter er essentiel for vurderingen af sårbarhed på lerjorde. Der er derfor et behov for at opdele lerjorde i mindre enheder med karakteristisk heterogenitet. På det traditionelle geomorfologiske kort findes en opdeling på landskabsselementskala, men det har vist sig, at inden for de klassiske geomorfologiske landskabslementer varierer heterogeniteten meget. Derfor er der behov for at opdele disse elementer i endnu mindre enheder, og da der tilsyneladende er en sammenhæng imellem de underliggende lags hydrauliske egenskaber og forekomsten af især sprækker i de øvre dæklag, er det nødvendigt at inddrage disse lag.

### Aktivitet

En ny type tematisk kort er således blevet udarbejdet for Sjælland og tilliggende øer (se figur 4.3) i 2009. Kortet tager udgangspunkt i nye digitale geomorfologiske kort udarbejdet af Jakobsen 2008. Idéen er at videreudvikle det digitale geomorfologiske kort til et kort, der ikke kun viser de øverste landskabsformer, men også inddrager de underliggende "begravede landskabsformer".

Ved at kombinere i første omgang det geomorfologiske kort med geologisk information fra Jupiter boredatabasen, Geologiske kort (jordartskort, se afsnit 4.4 ovenfor), Basisdatakort (cirkeldiagramkort), Den nye digitale højdemodel, eksisterende viden fra litteratur, feltdata fra udgravninger, kystkliner og grusgrave etc. og i høj grad ekspertviden om glacielle processer og landskabsdannelse, har det vist sig muligt at konstruere et kort, der inddrager underliggende landskabsformer i højere eller mindre grad.



Figur 4.3. Polymorfologisk kort over Sjælland og øerne.

Kortet er opdelt i 9 dominerende landskabskonfigurationer for Sjælland og Lolland/Falster og Møn, hvor særlig moræneflade og dødislandskab dominerer:

- Moræneflade over smeltevandsslette MS,
- Moræneflade over dødislandskab MD,
- Moræneflade over kalkoverflade MK,
- Moræneflade over randmoræne MR,
- Moræneflade over moræneflade MM,

- Moræneflade over issøler ML,
- Dødislandskab over smeltevandsslette DS,
- Dødislandskab over randmoræne DR samt
- Dødislandskab over moræneflade DM.

Derudover er ikke overskredne randmoræner R og marine områder Ma (både hævet havbund og inddæmmede områder) indtegnet.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Det polymorfologiske kort kan primært bruges til at opdele specielt OSD i mindre enheder med potentielt ensartet grad af geologisk heterogenitet. Ved at sammenligne det polymorfologiske kort med en række andre korttemaer som f.eks.: lertykkelse, redoxdybde, jordart, eksisterende forureningsfund, tekstur, overfladehældning, samt eksisterende undersøgelser af målte hydrauliske forhold, åbnes der mulighed for at få et supplement til den geologiske information fra en anden vinkel.

## 5. Data og databaser - udvikling og indhold

Jupiter-databasen og GERDA-databasen, som anvendes til dels boringer, analyser og pejlinger og dels geofysiske data har fungeret over en længere årrække, mens rapportdatabasen og modeldatabasen først er blev udviklet i de senere år. Alle databaser hostes og drives af GEUS, der også forestår videreudviklingen.

Det er vigtigt, at de indsamlede kortlægningsdata indberettes i de nationale databaser, så de kan bevares for eftertiden og for andre.

Der er i 2009 arbejdet med at gøre GEUS' databaser mere anvendelige for By- og Landskabsstyrelsen. Dette er bl.a. sket ved udvikling af en række web-tjenester til Jupiter-databasen, ved udbygning af den geofysiske database GERDA, med færdiggørelse af modeldatabasen og rapportdatabasen samt med optimerede indberetningsfaciliteter.

### 5.1 Jupiter-databasen

I forbindelse med kommunalreformen blev amternes hydrogeologiske data overført til GEUS. Selv om amternes boringsdatabaser i princippet kun forelå på to databaseformater (GeoGIS2000 og GeoEnviron), har der i praksis været stor forskel på, hvordan amterne brugte deres databaser. Dette har medført, at miljøcentrene i løbet af 2007 har måttet erkende, at der i den første automatiserede overførsel i høj grad manglede data, især inden for grundvandskemi og pejledata. Det har blandt andet vist sig ved, at forskelle i den måde pejlepunkter repræsenteres i henholdsvis Jupiter-databasen og i amternes databaser vanskeliggjorde overførsler af pejlinger fra nogle amter.

#### Aktivitet

GRUK deltager i Jupiters arbejdsgruppe, og har i forlængelse heraf bl.a. arbejdet med indlæsning af udvalgte, manglende data fra amternes grundvandsdatabaser.

På grund af disse forskelle har det i anden omgang været nødvendigt at gennemgå og udtrække manglende data fra de enkelte amtsdatabaser med individuelt tilpassede forespørgsler. Endvidere har det vist sig i nogle tilfælde ikke at være praktisk muligt at repræsentere pejlinger foretaget med skiftevis brug af forskellige pejlepunkter. I disse tilfælde har pejlingerne alene måttet overføres som målte vandspejlskoter uden reference til et pejlepunkt. Da ikke alle data har kunnet overføres til Jupiter, hverken direkte eller ved en entydig omformatering, har GEUS bibeholdt kopier af amternes databaser (ultimo 2006), og det vil i særlige tilfælde fortsat i de kommende år være muligt at finde frem til eventuelt manglende data i disse.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Jupiter indeholder ikke felter, der på en systematisk måde kan bruges til at registrere, om en boring er udført i forbindelse med grundvandskortlægningen. Derfor kan der ikke gives nøjagtige tal for, hvilke boringer og hvilke data i Jupiter er finansieret som en del af grundvandskortlægningen. Det er dog rimeligt at antage, at de fleste af boringerne, selvom der

kan være geografiske eller tidlige afvigelser herpå, er registreret som undersøgelsesboringer i Jupiter.

GEUS har derfor lavet en opgørelse over de undersøgelsesboringer, der er udført i perioden 1999-2010. Den viser, at ca. 55% er rekvireret af miljøcentrene eller de tidligere amter. I perioden blev der i alt udført 1222 undersøgelsesboringer, hvoraf amterne stod for 633 og miljøcentrene for 33, mens de resterende 556 er fordelt på andre myndigheder, vandforsyninger og rådgivere (herunder GEUS). Omregnet betyder det, at amterne i gennemsnit har udført ca. 90 boringer pr. år (1999-2006), mens miljøcentrene i gennemsnit har udført ca. 10 pr. år (2006-2009). Tallene fremgår af figur 5.1.

Sammen med boringerne er der indberettet en lang række følgedata såsom lagbeskrivelser, pejlinger og grundvandskemi.

| <b>Myndighed</b>             | <b>Antal undersøgelsesboringer</b> |
|------------------------------|------------------------------------|
| Miljøcenter Aalborg          | 0                                  |
| Miljøcenter Nordjylland      | 2                                  |
| Miljøcenter Nykøbing Falster | 4                                  |
| Miljøcenter Odense           | 0                                  |
| Miljøcenter Ribe             | 4                                  |
| Miljøcenter Ringkøbing       | 10                                 |
| Miljøcenter Århus            | 13                                 |
| <i>I alt miljøcentre</i>     | <i>33</i>                          |

| <b>Myndighed</b>   | <b>Antal undersøgelsesboringer</b> |
|--------------------|------------------------------------|
| Frederiksborg Amt  | 16                                 |
| Fyns Amt           | 119                                |
| Københavns Amt     | 11                                 |
| Nordjyllands Amt   | 50                                 |
| Ribe Amt           | 12                                 |
| Ringkøbing Amt     | 28                                 |
| Roskilde Amt       | 20                                 |
| Storstrøms Amt     | 6                                  |
| Sønderjyllands Amt | 21                                 |
| Vejle Amt          | 59                                 |
| Vestsjællands Amt  | 38                                 |
| Viborg Amt         | 55                                 |
| Århus Amt          | 198                                |
| <i>I alt amter</i> | <i>633</i>                         |

| <b>Myndighed / andre</b>                  | <b>Antal undersøgelsesboringer</b> |
|---|------------------------------------|
| GEUS                                      | 100                                |
| I alt miljøcentre og amter                | 666                                |
| I alt andre (GEUS, vandforsyninger, m.v.) | 556                                |
| <i>Total</i>                              | <i>1222</i>                        |

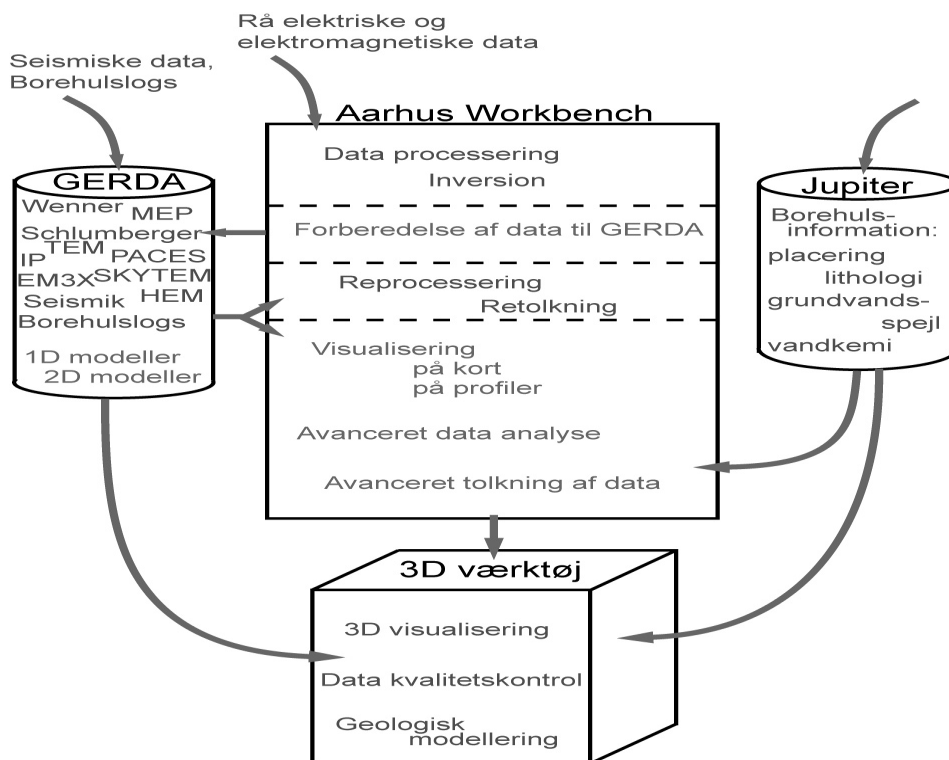
Figur 5.1. Antal undersøgelsesboringer fordelt på rekvirerende myndighed for perioden 1999-2010.

## 5.2 GERDA-databasen

GERDA-databasen er en meget omfattende og kompleks database, som hele tiden er under videreudvikling for at kunne tage mod nye eller udvidede datatyper, når der forekommer nyt på geofysik-området, som det f.eks. er sket og fortsat sker med SkyTEM-metoden.

GERDA-databasen er et centralt sted, hvor alle rådgiverne henter de relevante geofysik-informationer, når f.eks. geologiske modeller skal opstilles, eller geologiske og hydrogeologiske udredninger for et område skal foretages.

I figur 5.2 illustreres GERDA-databasens rolle i det integrerede datahåndteringssystem, der benyttes af både miljøcentre og rådgivere hele vejen fra dataindsamling til opstillingen af geologiske og hydrostratigrafiske modeller.



Figur 5.2. Skitse af et integreret datahåndteringssystem: Aarhus Workbench, GERDA og Jupiter databaserne samt et 3D visualiseringsværktøj, som Geoscene3D.

### Aktivitet

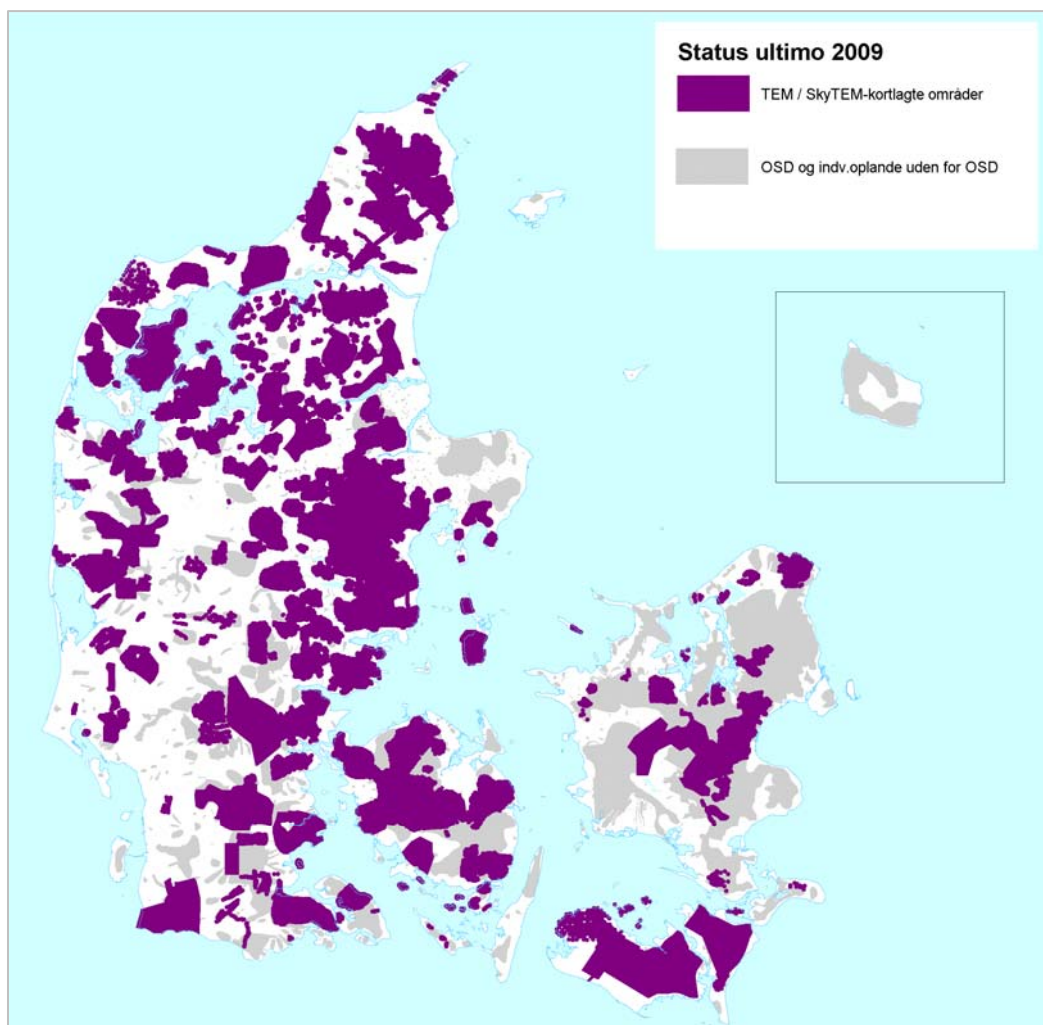
I 2009 er der foretaget en omlægning af GERDA-databasen. Projektet havde følgende tre leverancer: omlægning af GERDA-databasen, omlægning af GERDA's webserver og udvikling af nyt, forbedret hjemmesidekort. Resultatet er, at pladsproblemerne er blevet uddyddet og svartiderne forbedret.

I 2009 er der endvidere som led i driften af databasen også foretaget en del forbedringer, bl.a. test og fejlretning af den fungerende indberetning af seismik-data, der som led i et særskilt aftalt projekt skal optimeres yderligere og tilpasses kravene i den nye seismikvejledning fra 2009.

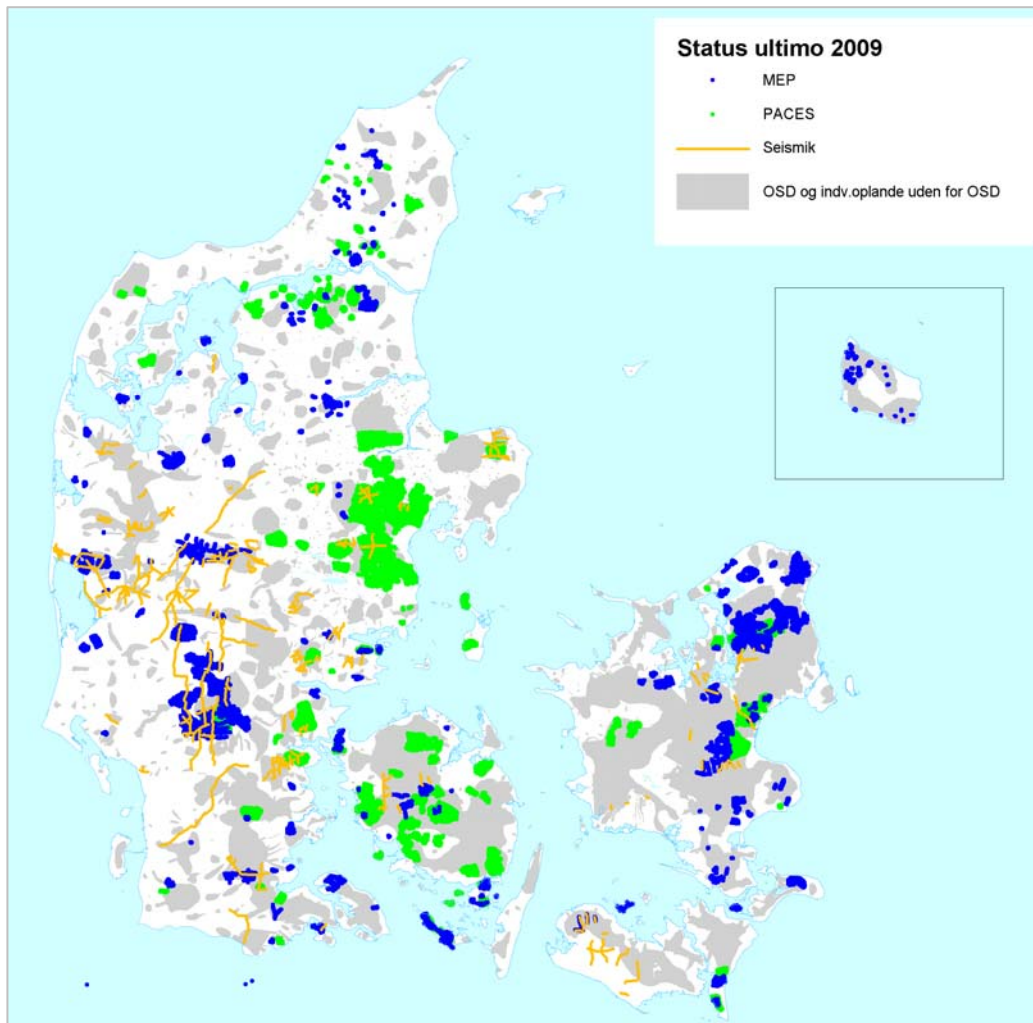
I 2009 har to projekter medført konkret behov for nyudvikling i databasen, nemlig MRS-projektet og Seismik-indberetningsprojektet.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Ved udgangen af 2009 er store dele af OSD dækket af geofysiske målinger. Som det fremgår af oversigtsfigurerne 5.3, 5.4 og 5.5 på de følgende sider, udgør SkyTEM og TEM de mest udbredte metoder, men også de elektriske metoder dækker betydelige arealer.



Figur 5.3. Oversigtskort over alle områder kortlagt med TEM eller SkyTEM set i forhold til OSD og indvindingsoplande uden for disse.



Figur 5.4. Oversigtskort over alle områder kortlagt med MEP, PACES og/eller Seismik set i forhold til OSD og indvindingsoplande uden for disse.

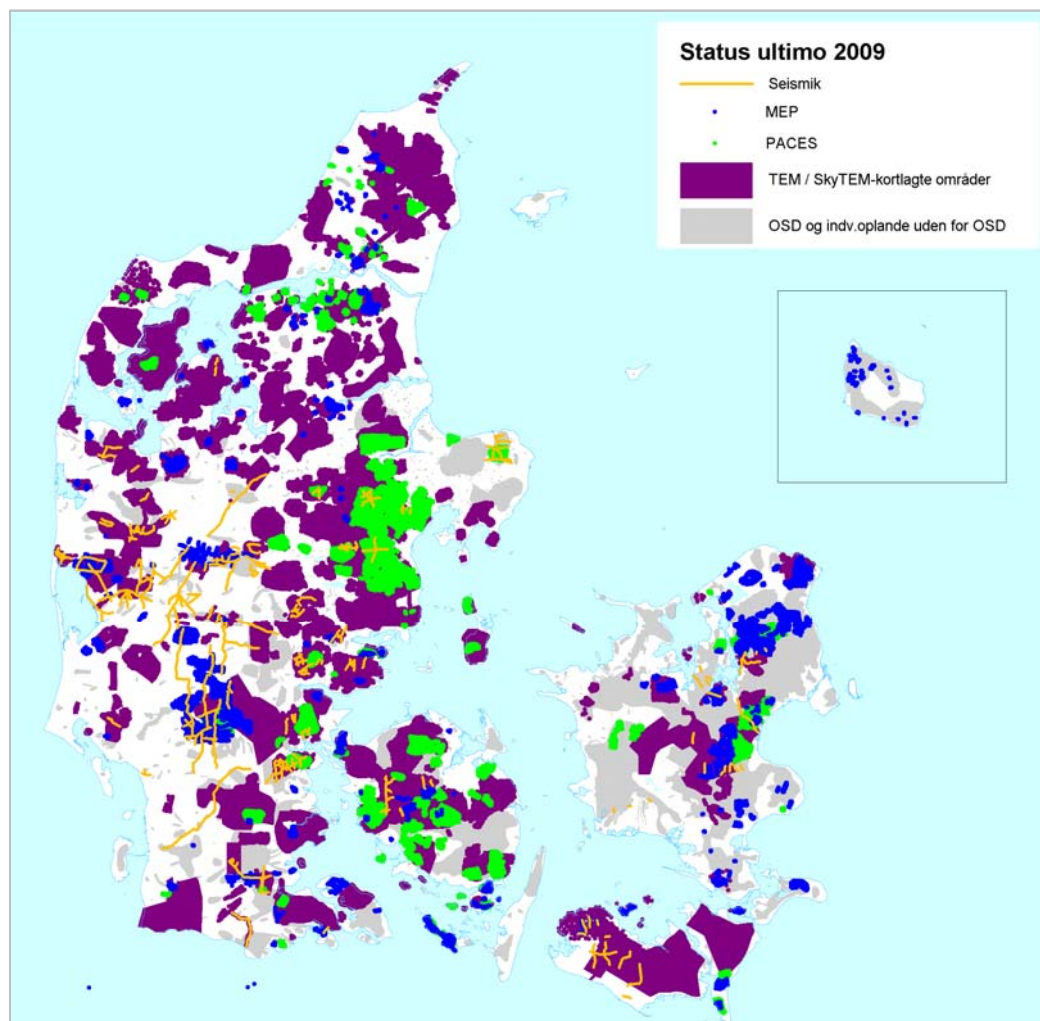
Seismik spiller en væsentlig rolle som linjebaseret metode, der supplerer de fladedækkende metoder med detaljerede strukturelle informationer om grundvandsmagasinerne og deres omgivelser.

Fra SkyTEM-metoden var færdigudviklet i første udgave og klar til brug i 2003 og frem til nu, er der udført ca. 70 større kortlægninger med denne metode, og yderligere en del vil blive udført de næste 2 – 3 år. De jordbaserede metoder tager længere tid at udføre i feltet, men vil også blive anvendt de nærmeste år. Herefter må indsamlingen af geofysiske data forventes at klinge af.

En del geofysiske målinger er udført, men endnu ikke indrapporteret, idet der går en vis tid fra at data er målt i feltet til de er tolkede og indlagt i databasen. Først når afrapporteringen er godkendt af kunden, bliver måledata og tolkningsresultater lagt ind. I forbindelse med f.eks. SkyTEM-målinger, hvor der ofte flyves flere og meget store arealer ad gangen, kan der gå helt op til 2 år, fra selve målingerne er udført, til data og modeller ligger i GERDA-databasen.

GERDA-databasen og geofysikafrapporteringen må betegnes som en ubetinget succes, da det er lykkedes at få stort set al geofysik, udført i forbindelse med grundvandskortlægningen, indberettet elektronisk til databasen siden starten i 1999.

Databasen indeholder både de indsamlede data med tilhørende måleparametre og de tolkede modeller. Enighed mellem amterne/miljøcentrene om kontraktligt formulerede krav i forbindelse med enhver geofysisk kortlægning har hele vejen igennem været forudsætningen for, at data fra hele landet konsekvent er blevet indrapporteret.



Figur 5.5. Oversigtskort over alle områder kortlagt med TEM/SkyTEM, MEP, PACES og/eller Seismik set i forhold til OSD og indvindingsoplande uden for disse.

## 5.3 Rapport-databasen

Rapport-databasen har til formål at sikre lagring af hydrogeologiske rapporter på en ensartet måde, således at rapporterne løbende kan genbruges. Derved er databasen et vigtigt led i lagringen af rapporter fra den igangværende grundvandskortlægning.

Rapport-databasen blev oprindeligt etableret i et samarbejde mellem de tidligere amter og GEUS som et led i dataredningen i forbindelse med amternes nedlæggelse. Det blev anbefalet, at amternes hydrogeologiske rapporter blev overført til GEUS og tilgængeliggjort via GEUS' hjemmeside. Der blev ikke oprettet mulighed for indberetning af rapporter efter 1. januar 2007.

Der har været stor forskel på den måde, de tidligere amter har indberettet rapporterne. Der er ligeledes en klar sammenhæng mellem indberetningen af rapporter og henholdsvis starten af grundvandskortlægningen i 1998/1999 og kommunalreformen i 2006/2007, hvor kortlægningen har været brudt op. Mange amter valgte at afslutte deres kortlægninger og af-rapportere ved udgangen af 2006, og miljøcentrene har dermed igangsat nye kortlægninger, som først afrapporteres senere.

Der er planlagt drift og vedligehold af databasen frem til 2015.

### Aktivitet

Tidligt i 2009 begyndte arbejdet med videreudvikling af rapport-databasen med henblik på at gøre grundvandsrapporterne let tilgængelige for alle interesserede og give brugere mulighed for selv at indberette nye rapporter til GEUS. Rapport-databasen indeholder nu gode søgefaciliteter, mulighed for at oprette, redigere og geo-referere rapporter, og mulighed for at indberette digitale dokumenter – alt sammen via internet. Databasen findes på <http://www.geus.dk/rapportdatabase>.

Der er udarbejdet to vejledninger i brug af databasen: "Tutorial 1: Sådan kommer du i gang" og "Tutorial 2: Indlæsning af nye rapporter". Tutorial 1 er tænkt anvendt af brugere, som kun skal søge og downloade rapporter, mens Tutorial 2 er tiltænkt miljøcentre og rådgivere, som skal indlæse nye rapporter.

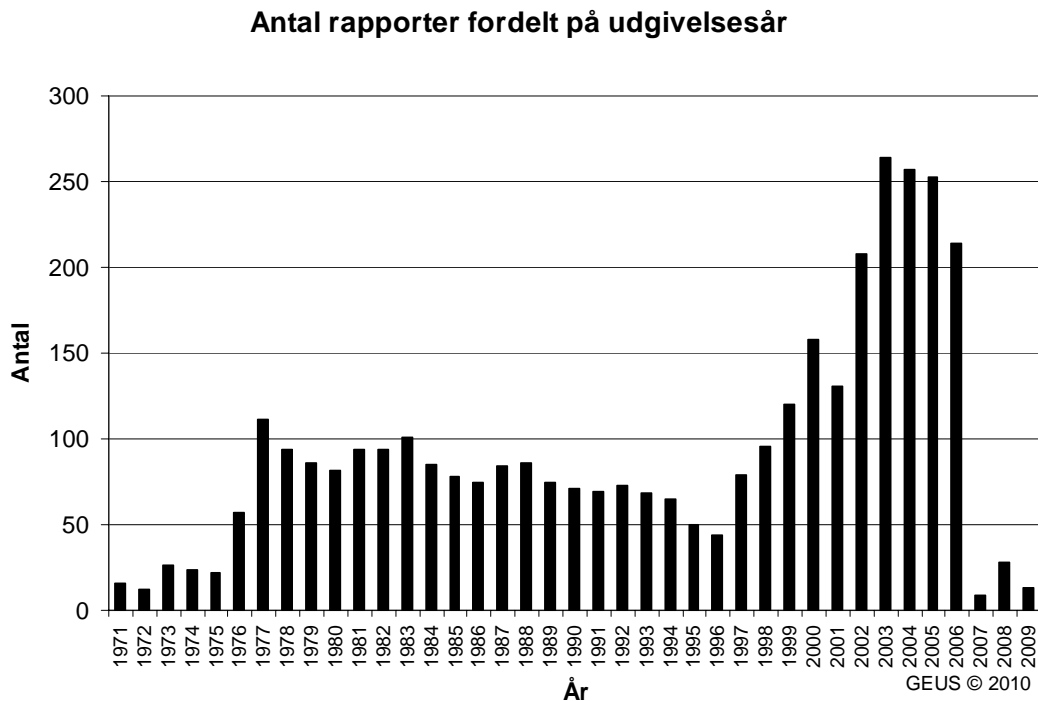
Specielt miljøcentrene Odense og Aalborg har været meget aktive med indberetningen i efteråret 2009 – dog primært i form af rapporter udarbejdet før årsskiftet 2006/2007.

### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Databasen indeholder nu godt 3700 rapporter, hvoraf godt 2300 er geo-refererede. Figur 5.6 herunder viser antallet af rapporter i rapportdatabasen fordelt på udgivelsesår for perioden 1971-2009.

Det må formodes, at flere miljøcentre har et efterslæb med at indberette rapporter, der er igangsat og udarbejdet efter kommunalreformen. Efterslæbet kan til dels skyldes, at rapportdatabasen kun har været i drift i sin nuværende form siden sommeren 2009.

Det er vigtigt i de kommende år fortsat at have fokus på indrapportering til rapportdatabasen, og at driften af databasen fortsætter.



Figur 5.6. Antal indberettede rapporter i rapportdatabasen fordelt efter udgivelsesår.

## 5.4 Model-databasen

Model-databasen har til formål at sikre lagring af geologiske modeller på en ensartet måde, således at modeller eller dele af modeller løbende kan genbruges og udbygges, i takt med at nye data indsamles. Derved er databasen et vigtigt led i lagringen af data fra den igangværende grundvandskortlægning.

Der er planlagt drift og vedligehold af databasen frem til 2015.

### Aktivitet

GRUK har i samarbejde med GEUS databaseafdeling foretaget en videreudvikling og dokumentation af den geologiske modeldatabase for miljøcentrene. I 2009 har der primært været arbejdet med:

- Tilpasning og videreudvikling af databaser og tilknyttet software.
- Lagring af flere og andre oplysninger og datatyper.
- Regelsæt for beskrivelse / mærkning af data, der indlæses.
- Vejledning i anvendelse af modeldatabase.
- Indlæsning af DK-modellen i takt med at opdateringen færdiggøres.

I 2009 er der udarbejdet en vejledning om dokumentation af modeller med henblik på sikring af fremtidig genanvendelse (se afsnit 6.1.5).

Med henblik på at sikre lagring og genanvendelse af geologiske modeller, der opstilles i forbindelse med Den nationale grundvandskortlægning, påtænkes arbejdet med modeldata-basen fortsat. For 2010 er bl.a. planlagt afholdelse af brugerkursus i praktisk brug af databasen.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

P.t. er der "kun" indlæst 7 færdige modeller. Det forventes imidlertid, at indlæsningen vil blive øget i 2010, når de første modeller udviklet i GeoScene3D er færdige. Det er vigtigt også i 2010 at have fokus på denne problemstilling.

## 5.5 GIS og grundvandskortlægning

Styregruppen for grundvandskortlægning har i september 2009 vedtaget et arbejde med opsamling af den nationale grundvandskortlægningens GIS-data inden for OSD samt oplande til vandværker uden for disse. Denne opsamling fokuserer på de GIS-produkter, som er vurderet relevante at producere i forbindelse med kortlægningen, jf. Administrationsgrundlagets afsnit 3 og til Trin1 (BLST, 2009).

#### Aktivitet

I 2009 har GRUKs opgaver for en stor dels vedkommende bestået af en strukturering af GIS-temaer. Der er nedsat en GIS-gruppe med deltagelse af GRUK, Miljøcenter Roskilde og KMS/Miljøcenter Aalborg, som koordinerer opsamlingen af data. Foreløbig koncentrerer der om følgende 3 hovedkategorier:

1. Temakort fra Jupiter
2. Arealudpegninger (jf. dataansvarsaftalen)
3. Hydrogeologiske temaer.

**Kategori 1 - Temakort fra Jupiter-databasen** arbejder med tilgængeliggørelse af forskellige korttemaer med udtræk fra Jupiter-databasen, og som planlægges snarest muligt, dvs. hovedsagelig i år 2010. Produkterne søges gjort tilgængelige for alle via web-tjenester.

**Kategori 2 - Arealudpegninger** jf. Dataansvarsaftalen (Miljøportalen, 2010) omfatter data-sæt vedrørende Generelle indsatsområder, OSD/OD, Nitratfølsomme indvindingsområder, Indsatsområder mht. specifikke stoffer (i dag nitrat) samt Indvindingsoplande (ansvaret for opdateringen af indvindingsoplande uden for kortlægningssområderne ligger ved kommunerne). OSD/OD samt Nitratfølsomme indvindingsområder findes p.t. på Miljøportalen, og de øvrige forventes på sigt at kunne lagres/præsenteres samme sted. Miljøportalen har faciliteter til online ajourføring af data, og det forventes at Miljøcentrene i løbet af 2010 vil benytte denne adgang.

Opsamlingen af **Kategori 3 - Hydrogeologiske data** skal indledes med en planlægning af dataopsamlingen, som baseres på aftaler med de enkelte miljøcentre om fremskaffelse af data fra kortlægningens start og frem til kortlægningen slutter i år 2015.

Opsamlingen af de hydrogeologiske temaer tager udgangspunkt i kortlægningens data, men skeler samtidig til behovet i forbindelse med forvaltningen af basisanalyse, vandplaner, kontrol og overvågning, og efterfølgende mulighed for vedligehold og opdatering. Det, at kortlægningen er startet for flere år siden i de tidligere amter og fuldføres af en anden instans, By- og Landskabsstyrelsen, gør, at der skal tages stilling til den nødvendige "homogenisering" af data (Mielby, S & Møller, R. R, 2008).

Opsamlingen af de hydrogeologiske data skal endvidere tage sit udgangspunkt i de udarbejdede programmer, databaser og vejledninger, og de første elementer vil være grundvandsmagasinernes udbredelse og beliggenhed i forhold til boringsindtag og modellag, herunder anvendelse af modeldatabasen og Geoscene3D.

#### Væsentlige resultater for grundvandskortlægningen

Projektplanlægningen for de 3 kategorier vil løbende blive omsat til forslag til handlingsplaner, som successivt beslutes af styregruppen for Den nationale grundvandskortlægning.

De første to projekter med edb-værktøjer til kortlægningen er i fuld gang, jf. afsnit 3.3.5.



*Marbæk-Formationen, Øvre miocæn*

## 6. Vejledninger, standarder og formidling

Dette afsnit indeholder en beskrivelse af de vejledninger, der er arbejdet med i løbet af 2009. Endelig beskrives de aktiviteter, som GEUS har haft med formidling af viden – ud over det arbejde, der udføres i forhold til miljøcentrene og i Geofysiksamarbejdets regi.

En komplet liste over vejledninger og publikationer kan ses i bilaget bagest i Faglige resultater for 2009.

For en komplet oversigt over vejledninger, anvisninger og anbefalinger udarbejdet i Geofysiksamarbejdets regi er henvises til Geofysiksamarbejdets hjemmeside (Geofysiksamarbejdet, 2010).

### 6.1 Geo-vejledninger og vejledninger

I forbindelse med Den nationale grundvandskortlægning har GEUS etableret en række særudgivelser, benævnt Geo-vejledninger, som specielt retter sig mod grundvandskortlægning. Ud over disse udgives, hvor der er tale om mindre vejledninger eller specifikke tilfælde, også særudgivelser eller mindre notater.

#### 6.1.1 Vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed

GEUS har i samarbejde med By- og Landskabsstyrelsen udarbejdet en geo-vejledning om vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed (Hansen, B. m.fl., 2009a). Geo-vejledningen indeholder anbefalinger til vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed, som er en central opgave i den afsluttende del af Den nationale grundvandskortlægning. Zoneringsvejledningen fra Miljøstyrelsen fra 2000 (Miljøstyrelsen, 2000) er stadig gældende og danner det egentlige grundlag for udpegningerne og vurderingen af nitratsårbarheden. Retningslinierne fra Zoneringsvejledningen præciseres i geo-vejledningen ved hjælp af en række anbefalinger.

Geo-vejledningen tager udgangspunkt i konklusionerne fra rapporten "Status for udpegninger af nitratfølsomme indvindingsområder og indsatsområder mht. nitrat" fra 2008, som viste et behov for forenkling, ensartethed og afklaring af de anvendte begreber og fremgangsmåder på området.

#### 6.1.2 Geo-vejledning om god praksis i hydrologisk modellering

Formålet med at udarbejde en geo-vejledning i hydrologisk modellering til grundvandskortlægning er at medvirke til et tilstrækkeligt fagligt niveau i løsningen af grundvandsmodelleringen samt at resultaterne bliver baseret på et mere ensartet grundlag i de forskellige modelleringsprojekter, som det beskrives i Administrationsgrundlaget (BLST, 2009).

Projektet er vedtaget ultimo 2009, og der er afholdt et opstartsmøde i januar 2010, hvor projektgruppen og følgegruppen har diskuteret geo-vejledningens struktur og opnået enighed om det indhold, der er vigtigt for at gøre vejledningen operationel.

### **6.1.3 Geo-vejledning i kemisk kortlægning**

Der er udarbejdet en geo-vejledning i kemisk kortlægning i samarbejde mellem GEUS, kommuner, rådgivere, Århus Universitet og miljøcentrene (Hansen, B. m.fl., 2009b). Geo-vejledningen er den første egentlige håndbog i kemisk grundvandskortlægning i Danmark, og kan anvendes bredt i forbindelse med alle typer af grundvandskemiske forsknings- og udviklingsprojekter. Geo-vejledningens formål er primært at tjene som fagligt grundlag for den kemiske grundvandskortlægning, som miljøcentrene er ansvarlige for under Den nationale grundvandskortlægning.

Geo-vejledningen indeholder praktiske anbefalinger til udførelse af en kemisk grundvandskortlægning med hensyn til arbejdsgang, datahåndtering, vandindvinding, indsamling af nye data, præsentationer og tolkningsværktøjer.

### **6.1.4 Geo-vejledning i potentialekortlægning**

Der er i 2008-09 udarbejdet en geo-vejledning i potentialekortlægning i samarbejde mellem Orbicon og GEUS (Mielby, S. m.fl., 2009b). Geo-vejledningen er den første egentlige håndbog i potentialekortlægning i Danmark, og den skitserer de forskellige typer potentialekort. Geo-vejledningens formål er primært at tjene som fagligt grundlag for udførelsen af potentialekortlægning og opsamlingen af kortlægningsresultaterne, som miljøcentrene er ansvarlige for under Den nationale grundvandskortlægning.

Geo-vejledningen indeholder konkrete anbefalinger til udførelse af en potentialekortlægning med hensyn til valg af potentialekorttype, betydning af tidlige variationer (årsvariationer og langtidspåvirkninger for eksempel som følge af vandindvinding og klima), datahåndtering og -udvælgelse, konturering, præsentationer, indsamling af nye data, samt genbrug og lagring af potentialekortlægningens data.

### **6.1.5 Dokumentation af informationer om modeller**

GRUK og Hydrologisk afdeling, GEUS, har i samarbejde med rådgiver-repræsentanter udarbejdet en vejledning i dokumentation af informationer om digitale geologiske modeller med henblik på sikring af fremtidig genanvendelse (Jørgensen, L. F., 2009).

Formålet med dette arbejde har bl.a. været at udvikle et datablad til teknisk dokumentation af modeller, der lagres i den nationale modeldatabase. Databladet skal sikre dokumentation og lagring af udførte tolkninger samt de informationer, der bringes til veje ved opstilling af modeller, så de er let tilgængelige for fremtidig brug. Databladet fokuserer primært på den tekniske del af dokumentationen, som består af beskrivelser af specifikke emner samt filer, der skal beskrives og lagres. Udover databladet er der udarbejdet en checkliste, der

kan anvendes til en vurdering eller gennemgang af eksisterende modeller, og dermed danne basis for en diskussion mellem rådgiver og rekvisit ved opstart af en ny opgave, hvor den eksisterende model skal anvendes. Endelig opridses sidst i rapporten forskellige emner som f.eks. mulige samarbejdsformer, anbefalinger omkring konsensuskabelse blandt de involverede aktører, kvalitetssikringsprocedurer, versionering af modeller etc.

Databladet og vejledningen sikrer, at informationer gemmes på en hensigtsmæssig måde, så det er let at skaffe sig et overblik og eksempelvis genskabe interpolerede flader. De fleste geologiske modelleringsværktøjer kan eksportere og indlæse data fra Modeldatabasen i det såkaldte PC-model-format.

Vejledningen kan downloades fra grundvandskortlægningens og modeldatabasens hjemmesider.

### **6.1.6 Vejledning i forbindelse med indlæsning af gamle data**

Som led i Den nationale grundvandskortlægning indsamles eksisterende data (i trin 1). Nogle af disse data vil være fra eksterne datakilder og vil ikke i forvejen findes i de nationale databaser hos GEUS.

I forbindelse med Miljøcentrenes EU-udbud er der udarbejdet et notat, der giver en oversigt over, hvordan man indberetter disse data, og henviser til de specifikke vejledninger og notater vedrørende indberetning af de enkelte datatyper (GEUS, 2009).

I notatet behandles indberetning af følgende datatyper:

1. Tekniske boringsoplysninger
2. Pejlepunkter
3. Pejlinger
4. Grundvandskemiske data
5. Eksisterende rapporter
6. Geofysik
7. Geologiske modeller
8. Jordprøvebeskrivelser fra Miljøcenter-boringer
9. Sedimentkemiske analyser

## **6.2 Koordinerende aktiviteter og formidling**

For at sikre, at GEUS' kompetencer og viden omkring vand bringes i spil, og erfaringer udveksles i forhold til offentlige myndigheders og private virksomheders videnbehov inden for grundvandskortlægning, deltager GEUS aktivt i en række netværk.

### **6.2.1 Deltagelse i ATV**

GEUS sidder i bestyrelsen for ATV-fonden for Grundvands bestyrelse og deltager i planlægning og gennemførelse af utallige møder. Fra denne position har GEUS mulighed for at integrere GEUS' ekspertise med de konkrete opgaver, der udføres på vandområdet bredt, fra specialismøder om modellering i kalk, til brede møder om generel grundvandsbeskyttelse, og neden for nævnte møde om pejledata. Workshops på vintermødet og almindelige temamøder giver en god platform for formidling af resultater, inspiration og feedback for det arbejde, GRUK udfører på kortlægningen, med vejledninger og overvågningen mv.

#### **ATV vintermøde 2009**

I marts 2009 deltog GEUS med adskillige indlæg på ATV vintermødet, hvor kortlægningens resultater og vejledninger blev præsenteret. Blandt andet var der en hel workshop med kemisk kortlægning og en hel workshop, hvor den nationale grundvandsmodel og kortlægning blev præsenteret. Disse workshops havde deltagelse af såvel miljøcentre, kommuner som rådgivere og analyselaboratorier. På sidstnævnte workshop efterlyste kommunerne en mere direkte indgangsvinkel til kortlægningens vejledninger.

#### **ATV møde om pejledata**

I september 2009 blev der afholdt et ATV heldagsmøde om indsamling og brug af pejledata. Fra GEUS var der oplæg fra Lærke Thorling, Susie Mielby, Claus Ditlefsen, Martin Hansen og Richard Thomsen. Mødet var planlagt af Lærke Thorling, Susie Mielby og Heidi Barlebo Christensen i samarbejde med Gentofte Kommune og Ålborg Vandforsyning. På mødet deltog et bredt udsnit af rådgivere samt medarbejdere i kommuner, miljøcentre og regioner.

Mødet påpegede store behov for bedre dataflow og anvendelse af de data, der indsamles i forbindelse med Den nationale grundvandskortlægning og grundvandsovervågningen. Kommunerne er med deres nye opgaver efter kommunalreformen blevet mere aktive medspillere. Der var en meget positiv stemning for, at det er et fælles problem for hele vandsektoren, og at GEUS kan spille en stor rolle for at koordinere og implementere løsninger. Der er imidlertid nogle strukturelle problemer, ikke mindst med at få finansieret de løsninger, der var enighed om, der er behov for.

### **6.2.2 Deltagelse i DGF**

Claus Ditlefsen er medlem af Dansk Geologisk Forenings bestyrelse og har i 2009 bl.a. været med til at planlægge flere møder med indlæg om grundvandskortlægning.

## 7. Perspektiver i forhold til andre anvendelser

Selvom Faglige resultater for 2009 primært omhandler GEUS' bidrag til Den nationale grundvandskortlægning, er det også vigtigt, at resultaterne af grundvandskortlægningen kan anvendes i vandressourceforvaltningen og til andre opgaver efterfølgende.

GEUS ser følgende forhold som væsentlige i forhold til kortlægningen:

### Overvågning og kortlægningen

Overvågningen og kortlægningen kører uafhængigt af hinanden, men specielt omkring inddragelse af borer, konkrete faglige resultater og projektet omkring nøgletabel er der store fælles interesser. Nøgletabelprojektet (jf. afsnit 3.3.5) er således etableret, så det også kan anvendes til overvågnings opgaver.

I forbindelse med revisionen af overvågningsprogrammet skal stationsnettet revideres for at kunne tilfredsstille kravene i vandrammedirektivet og grundvandsdirektivet, og dermed dække behovene i forhold til vandplanarbejdet. Dette indebærer øget brug af modellering og anvendelse af modelresultater i forhold til optimering af pejlestationernes placering. Den nationale grundvandskortlægning kan bidrage med borer og geologisk information mv. til understøttelse af bedre modeller, der igen kan understøtte et optimeret design af stationsnet. Derudover kan et udvalg af borerne fra kortlægningen genbruges i den fremtidige overvågning.

DK-modelleringen er i dag bundet op i forhold til overvågningen. Det er i den sammenhæng vigtigt at få opsamlet grundvandskortlægningens resultater i forhold til opdatering af DK-modellen. Det er derfor ekstra vigtigt, at der følges op på indberetningen af geologiske modeller til af modeldatabasen. Dokumentation af modellerne er ligeledes vigtige for det videre arbejde med indlægning af kortlægningens resultater.

### Vandplanerne og kortlægningen

Der arbejdes hen mod, at vandplanerne og kortlægningen kan integreres bedre. Dels kan de undersøgelsesboringer, der etableres i forbindelse med kortlægningen, indgå i vandplanarbejdet, og dels kan redskaberne til udarbejdelse af en national indtagstabel bidrage til, at der kan etableres en mere homogen og effektiv dataindsamling, analyse og opfølgning. Endelig kan bidraget til DK-modelleringen give forbedret modellering til planlægning.

### By- og Landskabsstyrelsens øvrige programområder og kortlægningen

I forhold til Sundt miljø - nu, i hverdagen og i fremtiden, 2009-2012 skal det bemærkes, at videnopbygning og standarderne i kortlægningen har stor indflydelse på følgende områder:

- Opbygning, anvendelse og formidling af viden om de sammenhænge, der har betydning for udnyttelsen og beskyttelsen af dansk grundvand og befolkningens drikkevandsforsyning.
- Etablering af en bedre forståelse af samspillet mellem grundvand og overfladevand.
- Forbedret viden om transport og omsætning af pesticider og andre miljøfremmede stoffer i vandkredsløbet.

- Metodeudvikling vedrørende trendanalyser inden for grundvandskvalitet, jfr. Vandrammedirektivet
- Udbygning af det metodiske grundlag for udpegning af nitratfølsomme arealer.
- Bistand til regionerne, kommunerne og vandforsyninger med grundvandskortlægning, grundvandsmodellering og rådgivning inden for forureningskortlægning

### **Indberetning til EU og kortlægningen**

Etablering af en national indtagsmodel (en digital nøgletabel, der kobler oplysninger om grundvandsforekomster/-magasiner, grundvandskemi og boringsudbygning) vil forbedre muligheden for indberetning af data ud over overvågningsdata til EU.

### **De fællesoffentlige databaser og kortlægningen**

GEUS' databaser Jupiter (for borings-, grundvands- og drikkevandsdata), GERDA (for landgeofysiske data) Rapportdatabasen (for afrapportering af undersøgelser) og Modeldatabasen (for geologiske modeller) bruges i høj grad af eksterne brugere bl.a. som en del af de fællesoffentlige løsninger under Danmarks Miljøportal.

Jupiter-databasen er den fællesoffentlige database for boringer, grundvand og drikkevand. Sagsbehandlerne i bl.a. kommunerne arbejder online på databasen.

I forbindelse med Den nationale grundvandskortlægning vil der i 2010 blive arbejdet videre med at anvendeliggøre GEUS' databaser for By- og Landskabsstyrelsen, bl.a. ved udvikling af en række web-tjenester til Jupiter-databasen, udbygning af den geofysiske database GERDA og optimerede indberetningsfaciliteter. Det er klart, at disse aktiviteter også vil understøtte regioner og kommuners forvaltning på vandområdet.

### **Landsdækkende GIS-temaer og kortlægningen**

I den nationale kortlægning tages der udgangspunkt i en opsamling af kortlægningens resultater, det vil sige primært korttemaer inden for OSD. Det er planlagt, at denne opsamling fortsætter frem til 2016.

Når projektet er færdigt, og kortlægningerne er samlet fra kortlægningsområderne, vil der ligge et betydeligt digitalt kortværk, der vil være tilgængeligt for alle.

For flere af kortlægningens temaer er der efter Den nationale grundvandskortlægnings færdiggørelse ikke taget stilling til vedligehold, kvalitetssikring og opdatering efter denne periode. Derfor er der behov for, i god tid inden kortlægningens afslutning, at der træffes aftaler herom.

I 2009 er EU's INSPIRE-direktiv implementeret i dansk lov, og det vil stille krav til GEUS om tilgængeliggørelse af geologiske data på nye former. Det er endnu uafklaret, hvilken indflydelse det vil få på kortlægningens GIS-produkter.

## 8. Referencer

Dette afsnit indeholder en oversigt over de vejledninger, artikler og rapporter, der er refereret til i Faglige resultater for 2009.

BLST, 2009.

Administrationsgrundlag for Miljøministeriets afgiftsfinansierede kortlægning.

<http://www.blst.dk/NR/rdonlyres/425AA420-781A-4E8A-8D7F-71A3BD14B75A/90910/AdministrationsgrundlagEndelig010709.pdf> , 75 pp.

Dybkjær, K., 2009.

Dinoflaggellat stratigrafi i Miocæn i Jylland, baseret på 4 prøver per boring.

GEUS rapport 2009/32, 32 pp.

Dybkjær, K. & Piasecki, P., 2009.

Neogene dinocyst zonation in the eastern North Sea Basin, Danmark.

GEUS rapport 2009/30, 89 pp.

Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S., 2009.

Palynofaciessammenhæng og –variationer i udvalgte nedre miocæne aflejringsmiljøer, Danmark. GEUS rapport 2009/33, 39 pp.

Geofysiksamarbejdet, 2009a.

Geofysiksamarbejdets årsrapport, 2009. 15 pp.

[http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/Aarsrapport\\_GFS\\_2009.pdf](http://www.hgg.geo.au.dk/rapporter/Aarsrapport_GFS_2009.pdf)

Geofysiksamarbejdet, 2009b.

SSV-konceptet - baggrund, anvendelse og eksempler, 56 pp.

[http://www.hgg.geo.au.dk/Rapporter/SSV\\_rapport.pdf](http://www.hgg.geo.au.dk/Rapporter/SSV_rapport.pdf)

Geofysiksamarbejdet, 2010.

Geofysiksamarbejdets hjemmeside

<http://www.gfs.au.dk/rapporter/?id=262>

GEUS, 2009.

Indberetning til GEUS af ældre data under trin 1 af grundvandskortlægningen.

GEUS notat, 5 pp. [http://gk.geus.info/xpdf/indberetning-af-gamle-data\\_sept09.pdf](http://gk.geus.info/xpdf/indberetning-af-gamle-data_sept09.pdf)

GEUS, 2010a.

Grundvandskortlægningens hjemmeside. [www.grundvandskortlaegning.dk](http://www.grundvandskortlaegning.dk)

GEUS, 2010b.

Grundvandsovervågningens hjemmeside. [www.grundvandsovervaagning.dk](http://www.grundvandsovervaagning.dk)

GEUS & DJF, 2009.

Afprøvning af undersøgelsesmetoder med henblik på etablering af zoneringskoncept for danske lerjorde: Statusrapport, bilag 2.

Koncept for udpegning af pesticidfølsomme arealer, KUPA.

Hansen, B., Iversen, C.H., Nielsen, A.M. & Søndergaard, V., 2008.

Status for udpegning af nitratfølsomme indvindingsområder og indsatsområder mht. nitrat. Amternes arbejde. Særudgivelse fra GEUS, 47 pp.

Hansen, B., Iversen, C.H., Nielsen, A.M. & Søndergaard, V., 2009a.

Vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed. Geo-vejledning 5, 38 pp.

- Hansen, B., Mossin, L., Ramsay, L., Thorling, L., Ernstsen, V., Jørgensen, J. & Kristensen, M., 2009b. Kemisk grundvandskortlægning. Geo-vejledning 6, Særudgivelse fra GEUS, 112 pp.
- Iversen, C. H., Wernberg, T. & Nyholm, T., 2009. Test af Analytiske Element modeller (AEM) sammenlignet med den numeriske metode til udpegning af indvindingsoplande. Særudgivelse fra GEUS. 66 pp.
- Jørgensen, F. & Sandersen, P., 2009. Kortlægning af begravede dale i Danmark, opdatering 2007-2009. Geological Survey of Denmark and Greenland - GEUS. Særudgivelse fra GEUS, 374 pp.
- Jørgensen, L. F., Sandersen, P., Sørensen, J., Troldborg, L., Ditlefsen, C., Højberg, A. H., Møller, R. R., & Iversen, C. H., 2009. Dokumentation af informationer om modeller – sikring af fremtidig genanvendelse. GEUS rapport 2009/87, 32 pp.  
<http://www.geus.dk/geuspage-dk.htm?http://www.geus.dk/modeldb/>
- Kjøller, C., Larsen, F. & Sø, H.U., 2009. Arsen i kalkmagasiner i Danmark. GEUS rapport 2009/58.
- Kristiansen, S.M., Christensen, F.D. & Hansen, B., 2009. Vurdering af danske grundvandsmagasineres sårbarhed overfor vejsalt. Særudgivelse fra GEUS, 107 pp.
- Mielby, S. & Møller, R. R., 2008. Den nationale grundvandskortlægning i Danmark. Status 2007. Særudgivelse fra GEUS, 58 pp.
- Mielby, S., 2009a. Pejledata i det offentlige Danmark – Hvem, hvad og hvorfor? I ATV-møde om: Variationer af vandspejl og forvaltning, p. 1-14.
- Mielby, S., Ditlefsen, C. og Olesen, H., 2009b. Potentialekortlægning. Vejledning i udarbejdelse af potentialekort. Geo-vejledning 4. Særudgivelse fra GEUS. 70 pp.
- Mielby, S., Mahrt, J., Wiene Jensen, C. 2009c. Kobling af boringernes indtag til DK-modellens lag og til grundvandsforekomster. Særudgivelse fra GEUS, 54 pp.
- Miljøportalen, 2010. Dataansvarsaftalen, <http://www.miljoportal.dk/Myndigheder/Dataansvarsaftalen/>
- Miljøstyrelsen, 2000. Zonering, Detalkortlægning af arealer til beskyttelse af grundvandsressourcen. Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 3, 2000. 153 pp.  
<http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2000/87-7944-132-7/pdf/87-7944-133-5.pdf>
- Piasecki, S., Dybkjær, K. & Rasmussen, E.S., 2009. Dinoflagellat stratigrafi i Borg-1 boringen, DGUnr. 158.760, i Sønderjylland, Danmark. GEUS rapport 2009/31, 19 pp.
- Piasecki, S. & Riisager, P., 2009. Web baseret GIS analyse af dinoflagellat stratigrafi i neogene borer i Jylland, Danmark. GEUS rapport 2009/34, 12 pp.
- Rasmussen, E.S., 2009. Seismic facies and log pattern of fluvio-deltaic deposits: with special emphasis on the distribution of thick sandrich aquifers. GEUS rapport 2009/36, 33 pp.

Rasmussen, E.S. & Dybkjær, K., 2009.

Miocæne blotninger i Nordjylland. GEUS rapport 2009/35, 37 pp.

Rasmussen, E.S., Dybkjær, K., Piasecki, S. & Riisager, P., 2009.

Højopløselig stratigrafi af den miocæne lagserie i Jylland, Danmark  
GEUS rapport 2009/29 (30-36).



*Billund Formationen ved Hindsgavl*

## Bilag. Oversigt over publikationer

Dette bilag indeholder en oversigt over udarbejdede vejledninger og rapporter fra GRUK. Desuden er der en oversigt over udarbejdede artikler fra 2009.

### Udarbejdede vejledninger

GEUS, 2009.

Indberetning til GEUS af ældre data under trin 1 af grundvandskortlægningen.

GEUS notat, 5 pp. [http://gk.geus.info/xpdf/indberetning-af-gamle-data\\_sept09.pdf](http://gk.geus.info/xpdf/indberetning-af-gamle-data_sept09.pdf)

Ditlefsen, C., Sørensen J., Pallesen, T. M., Pedersen, D., Nielsen, O. B., Christiansen, C., Hansen B. og Gravesen P., 2008.

Jordprøver fra grundvandsboringer. Vejledning i udtagning, beskrivelse og geologisk tolkning i felten.

**Geo-vejledning 1**, Særudgivelse fra GEUS, 135 pp.

Hansen, B., Iversen, C.H., Nielsen, A.M. & Søndergaard, V., 2009.

Vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed.

**Geo-vejledning 5**, Særudgivelse fra GEUS, 38 pp.

Hansen, B., Mossin, L., Ramsay, L., Thorling, L, Ernstsen, V., Jørgensen, J. & Kristensen, M., 2009b. Kemisk grundvandskortlægning.

**Geo-vejledning 6**, Særudgivelse fra GEUS, 112 pp.

Iversen, C. H., Lauritsen, L. U., Nyholm, T. & Kürstein, J., 2008.

Udpegning af indvindings- og grundvandsdannende oplande (Del 1). Vejledning i oplandsberegninger i forbindelse med Den nationale grundvandskortlægning.

**Geo-vejledning 2**, Særudgivelse fra GEUS, 107 pp.

Jørgensen, F., Kristensen, M., Højberg, A., L., Klint, K.E.S., Hansen, C., Jordt, B. E., Richardt, N. & Sandersen, P., 2008.

Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering.

**Geo-vejledning 3**, Særudgivelse fra GEUS, 177 pp.

Jørgensen, L. F., Sandersen, P., Sørensen, J., Troldborg, L., Ditlefsen, C., Højberg, A. H., Møller, R. R., & Iversen, C. H, 2009.

Dokumentation af informationer om modeller – sikring af fremtidig genanvendelse.

GEUS rapport 2009/87, 32 pp.

<http://www.geus.dk/geuspage-dk.htm?http://www.geus.dk/modeldb/>

Mielby, S., Ditlefsen, C. og Olesen, H., 2009.

Potentialekortlægning. Vejledning i udarbejdelse af potentialekort.

**Geo-vejledning 4**. Særudgivelse fra GEUS. 70 pp.

## Udarbejdede særudgivelser / rapporter

- Christiansen, A.V. & Søndergaard, V., 2009.  
Generel verificering af luftbårne TEM-systemer.  
General verification of airborne TEM-systems.  
Notat (både dansk og engelsk version) fra GEUS, 6 pp
- Geofysiksamarbejdet, 2009.  
SSV-konceptet - baggrund, anvendelse og eksempler, 56 pp.  
[http://www.hgg.geo.au.dk/Rapporter/SSV\\_rapport.pdf](http://www.hgg.geo.au.dk/Rapporter/SSV_rapport.pdf)
- Gravesen, P. & Pedersen, S.A.S., 2009.  
Vurdering af lerforekomster i Danmark med henblik på anvendelse i cement. Et geologisk bidrag til FUTURECEM projektet.  
GEUS rapport 2009/85, 25 pp.
- Hansen, B., Iversen, C.H., Nielsen, A.M. & Søndergaard, V., 2008.  
Status for udpegning af nitratfølsomme indvindingsområder og indsatsområder mht. nitrat. Amternes arbejde.  
Særudgivelse fra GEUS, 47 pp.
- Iversen, C. H., Wernberg, T. & Nyholm, T., 2009.  
Test af Analytiske Element modeller (AEM) sammenlignet med den numeriske metode til udpegning af indvindingsoplande.  
Særudgivelse fra GEUS. 66 pp.
- Jørgensen, F. & Sandersen 2009.  
Kortlægning af begravede dale i Danmark, opdatering 2007-2009. Geological Survey of Denmark and Greenland - GEUS.  
Særudgivelse fra GEUS, 374 pp.
- Kristiansen, S.M., Christensen, F.D. & Hansen, B., 2009.  
Vurdering af danske grundvandsmagasiners sårbarhed overfor vejsalt.  
Særudgivelse fra GEUS, 107 pp.
- Mielby, S. & Møller, R. R., 2008.  
Den nationale grundvandskortlægning i Danmark. Status 2007.  
Særudgivelse fra GEUS, 58 pp.
- Mielby, S., Mahrt, J., Wiene Jensen, C., 2009.  
Kobling af boringernes indtag til DK-modellens lag og til grundvandsforekomster.  
Særudgivelse fra GEUS, 54 pp.
- Pedersen, S.A.S., 2009.  
Forekomster af moler omkring det Gule Hus ved Skarrehage molergrav, nordlige Mors. Undersøgelser af molerreserver ved det Gule Hus på matr. nr. 5c Sejerslev i Skarrehage Molerfelt, det nordlige Mors.  
GEUS rapport 2009/4, 19 pp.
- Pedersen, S.A.S., 2009:  
Geology of the Jammerbugt area. Geological setting of the Jammerbugt area in the south-western part of Vendsyssel, northern Denmark. Prepared for Vattenfall A/S June 2009. GEUS rapport 2009/11, 16 pp.
- Thorling, L. (red) 2009 .  
Grundvand status og udvikling 1989-2007.  
Særudgivelse fra GEUS, 101 pp.

## Artikler i 2009

- Auken, E., A. V. Christiansen, J. A. Westergaard, C. Kirkegaard, N. Foged, and A. Viezzoli, 2009, An integrated processing scheme for high-resolution airborne electromagnetic surveys, the SkyTEM system. *Exploration Geophysics*, 40, p.184-192.
- Jakobsen, P.R. & Pedersen, S.A.S., 2009. Fracture valleys in central Jylland – a neotectonic feature. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 17, 33–36.
- Jørgensen, F. and Sandersen, P.B.E., 2009. Buried valley mapping in Denmark: evaluating mapping method constraints and the importance of data density. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, Vol. 160, 3, p. 211-223.
- Mielby, S., 2009. Pejledata i det offentlige Danmark – Hvem, hvad og hvorfor? I ATV-møde om: Variationer af vandspejl og forvaltning. p. 1-14.
- Møller, I., Søndergaard, V.H. & Jørgensen, F., 2009. Geophysical methods and data administration in Danish Groundwater mapping. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, 17, p. 41-44.
- Møller, I., Søndergaard, V.H., Jørgensen, F., Auken, E. & Christiansen, A.V, 2009. Integrated management and utilisation of hydrogeophysical data on a national scale. *Near Surface Geophysics*, 7, p. 647-659.
- Nielsen, L., Møller, I., Nielsen, L.H, Johannessen, P.N, Pejrup, M., Andersen, T.J., & Korshøj, J.S., 2009. Integrating ground-penetrating radar and borehole data from a Wadden Sea barrier island. *Journal of Applied Geophysics*, 68, p. 47-59.
- Pedersen, S.A.S., 2009. Molerklinterne ved Limfjorden. Verdensarv – i Danmark og Grønland. *Kulturarvsstyrelsen, København*, p. 56–59.
- Pedersen, S.A.S. & Gravesen, P., 2009. Structural development of Maglevandsfald: a key to understanding the glaciotectonic architecture of Møns Klint, SE Denmark. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin* 17, 29–32.
- Sandersen, P.B.E., Jørgensen, F., Larsen, N.K., Westergaard, J. and Auken, E., 2009. Rapid tunnel valley formation beneath the receding Late Weichselian ice sheet in Vendsyssel, Denmark. *Boreas*. Vol. 38, p. 834–851.
- Simon, B., A. V. Christiansen, & Auken, E., 2009. A review of helicopter-borne electromagnetic methods for groundwater exploration: *Near Surface Geophysics*, 7, p. 629-646.
- Simon, B., E. Auken & Christiansen, A. V., 2009. Laterally constrained inversion of helicopter-borne frequency-domain electromagnetic data: *Journal of Applied Geophysics*, 67, p. 259-268.



*Kolding Fjord Member ved Rønshoved*



## DEN NATIONALE GRUNDVANDSKORTLÆGNING I DANMARK

### FAGLIGE RESULTATER 2009

Den nationale grundvandskortlægning er indbygget i Miljømålsloven og udføres af By- og Landskabsstyrelsens miljøcentre med GEUS som fagdatacenter for det faglige grundlag for, hvordan opgaven udføres.

Den nationale grundvandskortlægning er en detaljeret kortlægning af grundvandsressourcen med henblik på en præcis beskyttelse af grundvandet mod fremtidig forurening og afhjælpning af følger af tidligere forureninger. Kortlægningen omfatter Områder med Særlige Drikkevandsinteresser og indvindingsoplande for vandværker udenfor disse, og omfatter 40% af Danmark.

GEUS har til opgave at bistå med udviklingsprojekter, faglig koordinering og udarbejdelse af vejledninger, således at den nationale grundvandskortlægning så vidt muligt bliver udført mere ensartet, hvor der er tale om sammenlignelige problemstillinger. Arbejdet udføres i samarbejde med de statslige miljøcentre.

Faglige resultater 2009 tager udgangspunkt i GEUS rolle som fagdatacenter for grundvand og indeholder de udførte faglige aktiviteter, hvis strategiske grundlag er fastlagt af styregruppen for grundvandskortlægningen.

Rapporten sigter på at informere om de faglige opgaver og deres betydning for grundvandskortlægningen.