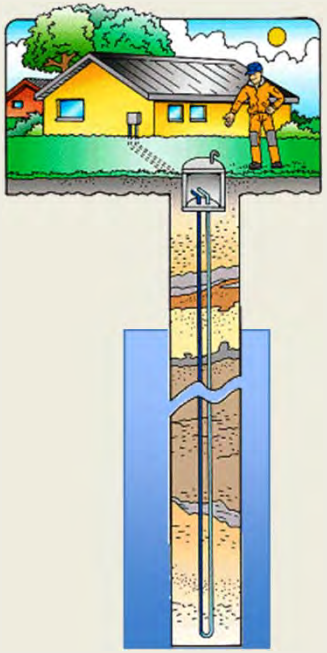
GEUS



Hvordan virker jordvarmeboringer og hvordan kan de påvirke hydrologi og grundvandskvalitet

Hvordan skaffes relevante hydrogeologiske data til sagsbehandling

Disposition

- Lidt om GEUS
- Introduktion til projekt om jordvarmeboringer
- Status for etablering af boringer i Danmark
- Geologi og jordvarmeboringer
- Hvordan kan en jordvarmeboring påvirke grundvandet
- Hvilke hydrogeologiske data kræves ved sagsbehandling
- Hvor findes de
- Hvad med jordvaremboringer i OSD ?
- Sammenfatning

eUDP
Energiteknologisk udvikling og demonstration

Claus Ditlefsen

GEUS

Arbejdsområder

Vand

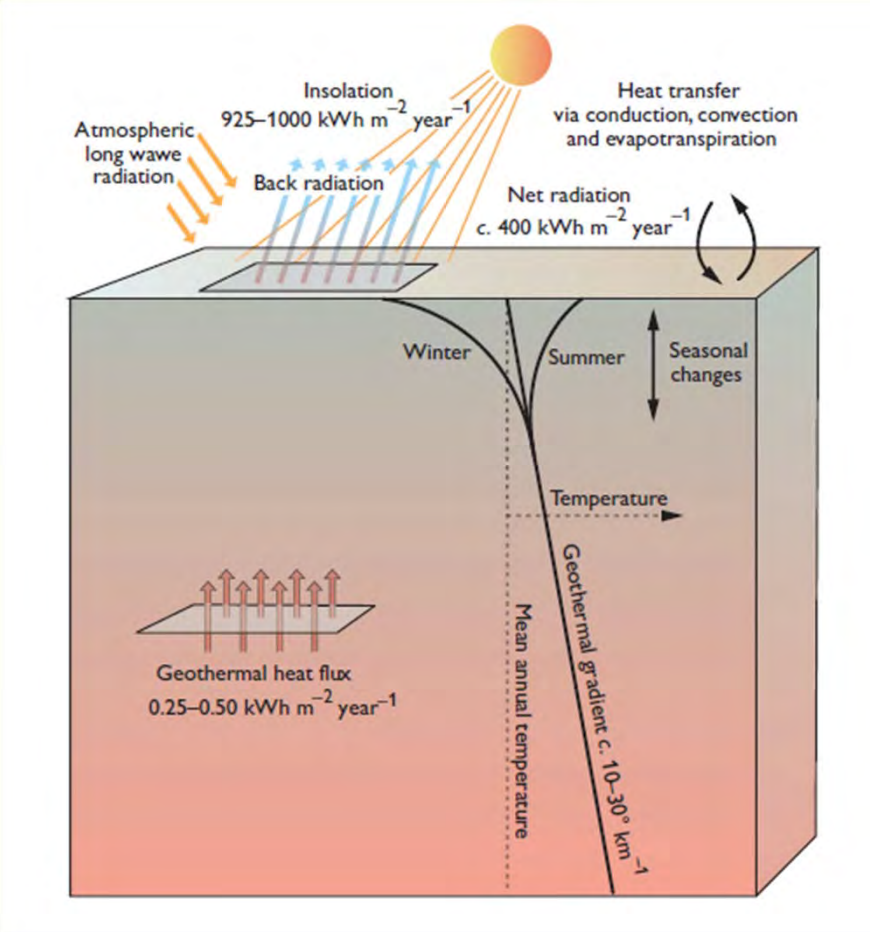
Energi

Mineraler

Natur og klima

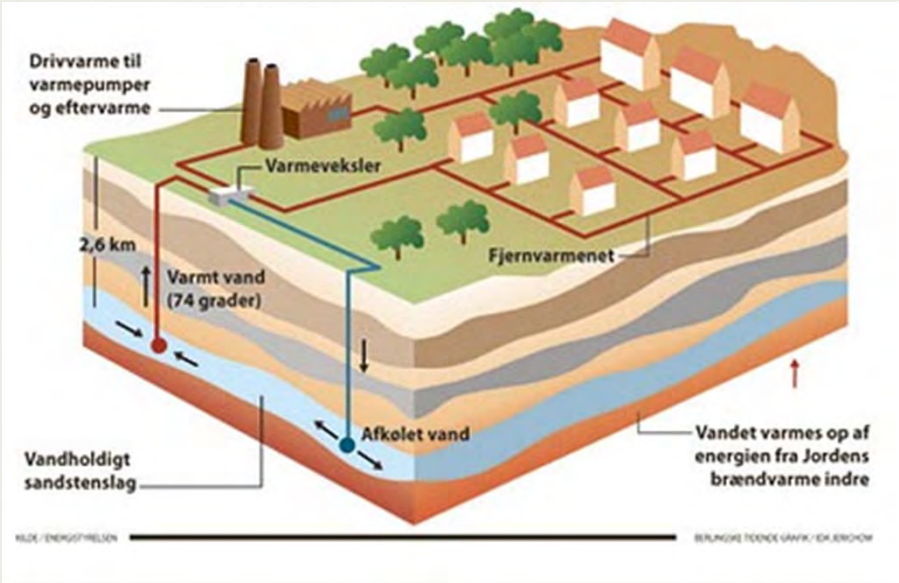
Databanker

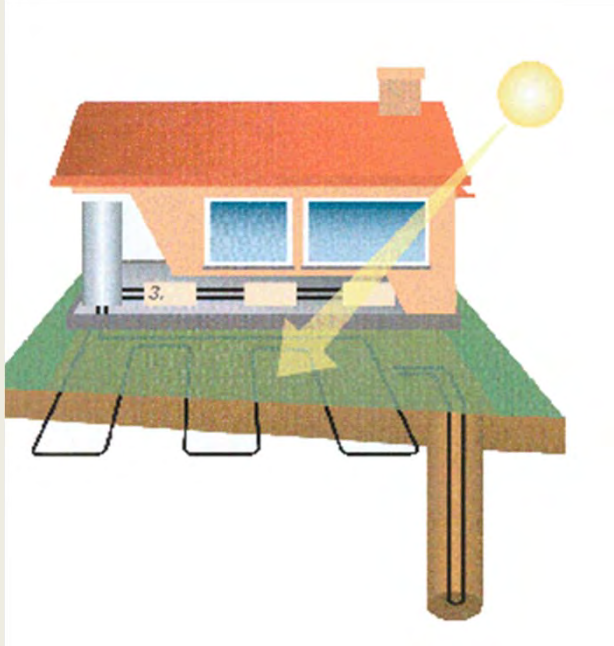
Energi-budgettet nær overfladen



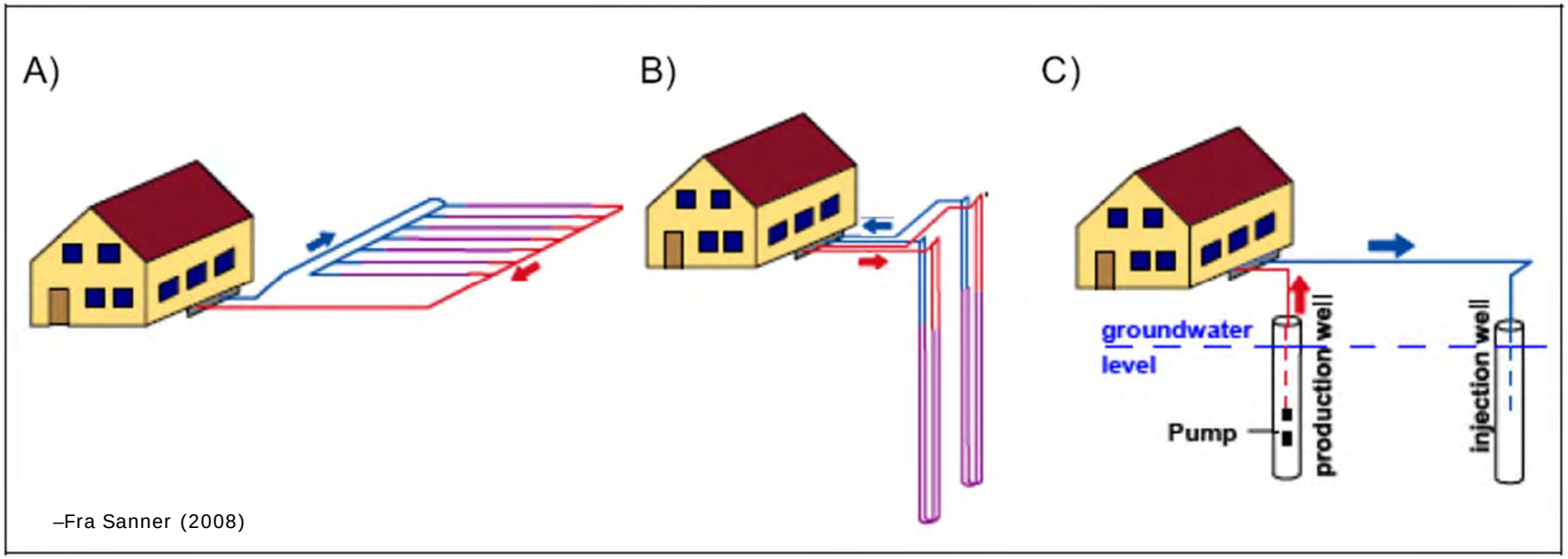
Efter Banks(2008)

Dyb geotermisk energi vs. jordvarme





Typer af jordvarmeanlæg



–Fra Sanner (2008)

–Omvendt flow til køling om sommeren

Energianlæg baseret på jordvarmeboringer

- udvikling af markedsfremmende værktøjer og best practice

Formål:

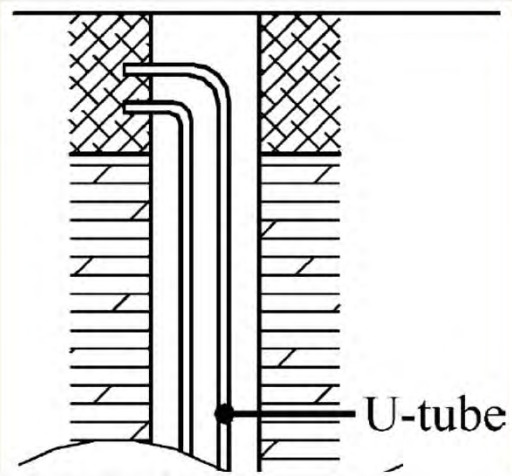
–Levere værktøjer til design og planlægning af systemer til husopvarmning og køling baseret på lukkede jordvarmeboringer

– Undersøge og levere vejledninger til optimal etablering samt sikring af miljø i forbindelse med lukkede jordvarmeboringer

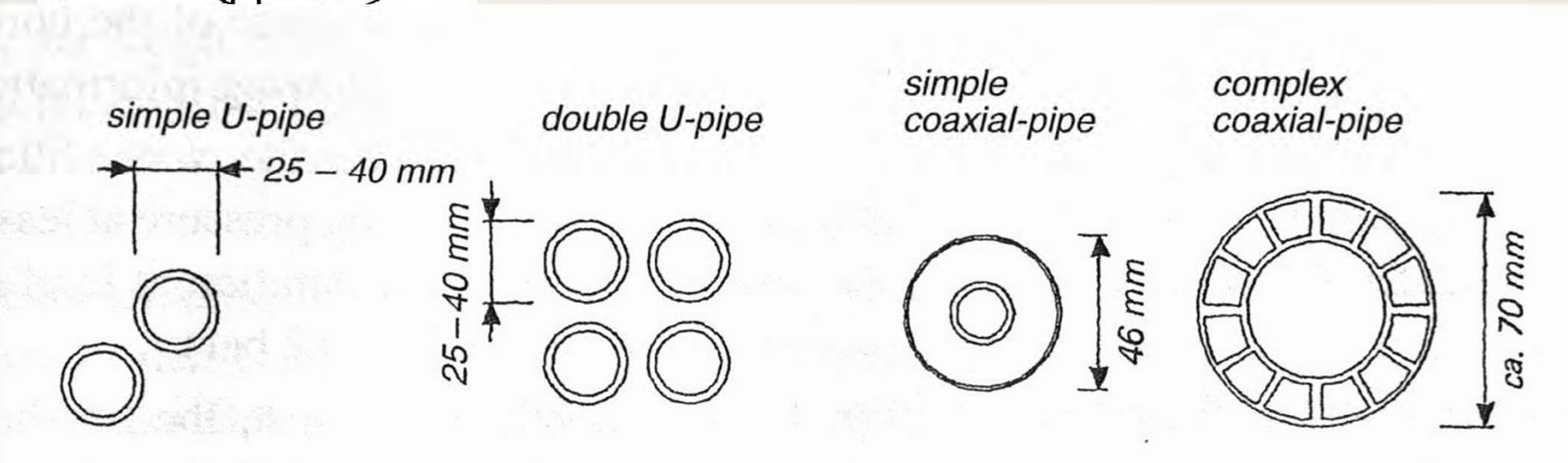
GeoEnergi Arbejdsprogram

WP 1	WP 2	WP 3	WP 4	WP 5	WP 6	WP 7	WP 8
Geologi GEO-databaser	Udstyr og målemetoder	Temperatur-gradienter og overflade-temperaturer	Boremetoder og grout teknik	Systemdesign og energibalance	Kurser og efteruddannelse	Interaktion med omgivende grundvands-system	Vejledninger og endelig formidling
GEUS	VIAUC	GEUS	VIAUC	VIAUC	VIAUC	GEUS	GEUS

Lukkede jordvarmeboringer

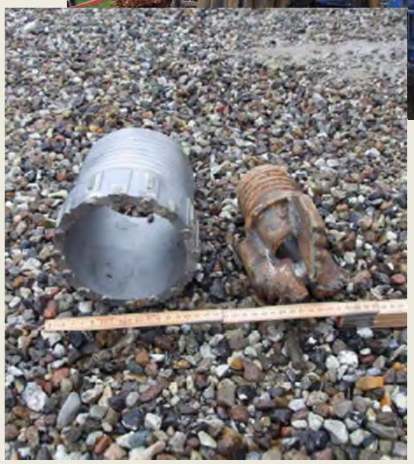


–Forskellige type geometri på varmeslagerne



Konstruktion af jordvarmeboringer

Forskellige boremetoder kan benyttes



Ofte bruges skylleboring med casing

Konstruktion af jordvarmeboringer

Jordprøvetagning og beskrivelse

Udbygning af jordvarmeboringer

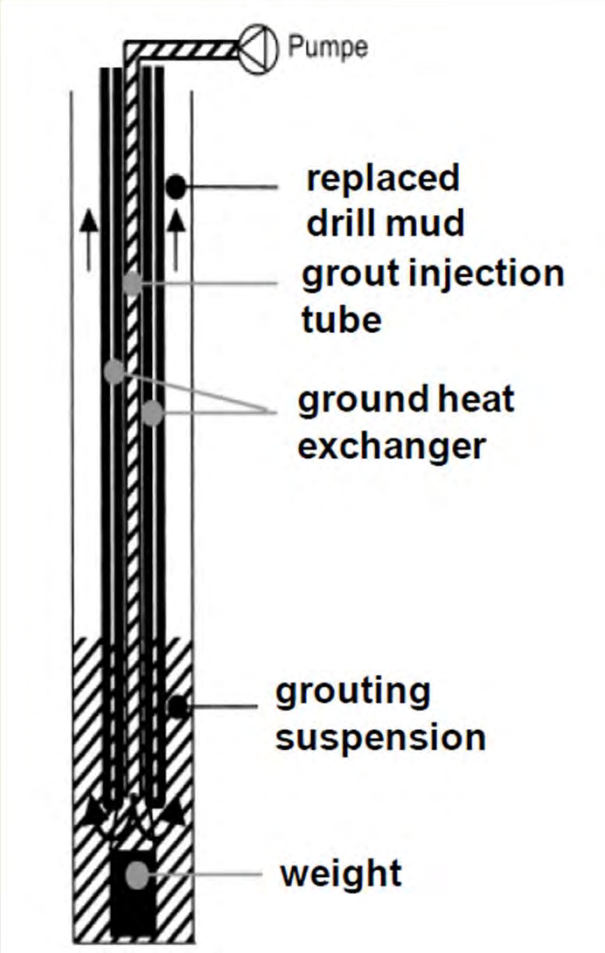
–Et anker placeres i enden for at trække slangerne ned

–Boringerne forsejles med en bentonit-blanding med forbedret varmeledningsevne

Forsejlingen pumpes via en fødeslage til bunden.

Nogle gange føres slagen med op under opfyldning andre gange forbliver den ved bunden

Konstruktion af jordvarmeboringer



Hvor god er forsejlingen

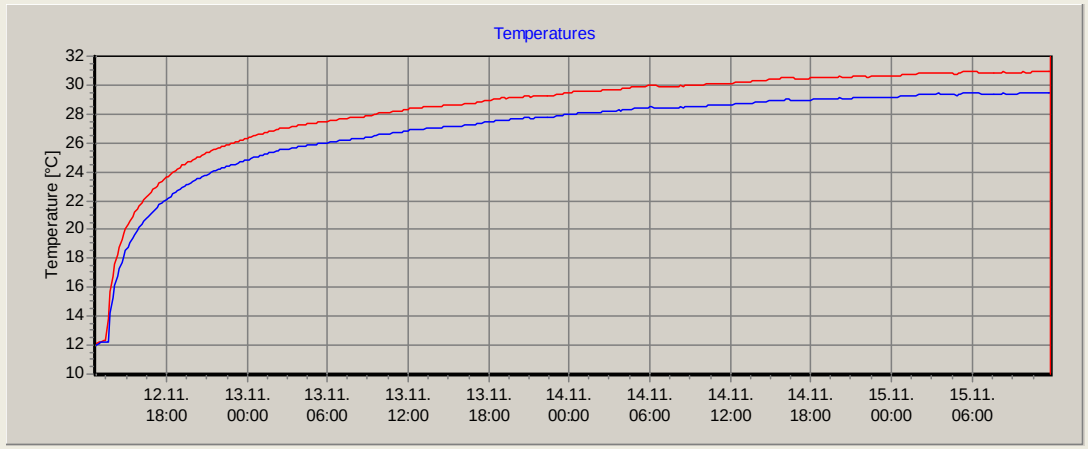
Foto: Reinhard Kirsch
Landesamt Schleswig-Holstein

Termisk responstest

Termisk respons-test (TRT) bruges til at bestemme den færdige borings faktiske termiske egenskaber.

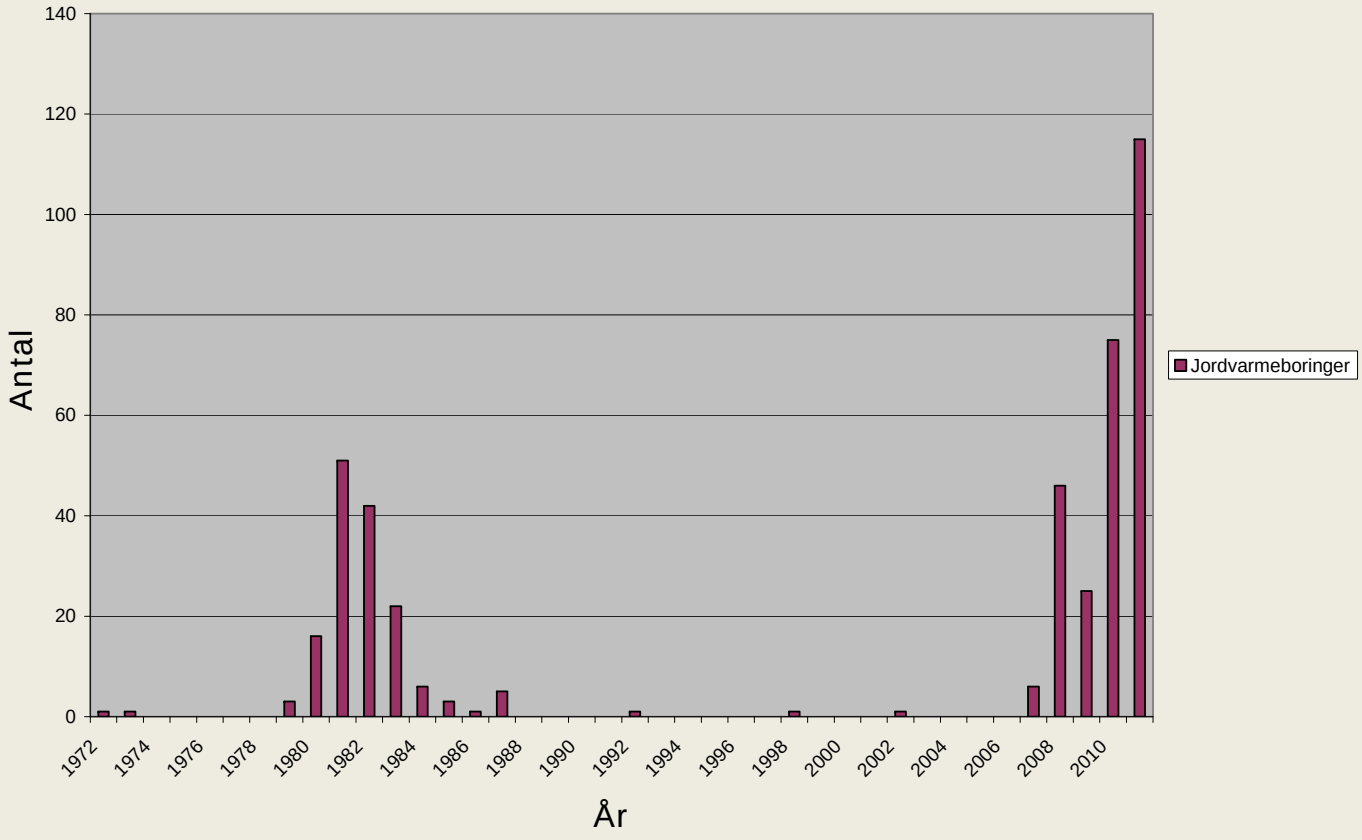
En bestemt varmemængde introduceres i det lukkede rør

- den introducerede energimængde måles
- ind- og udgående temperatur af kølevæsken måles;
- flow raten måles;

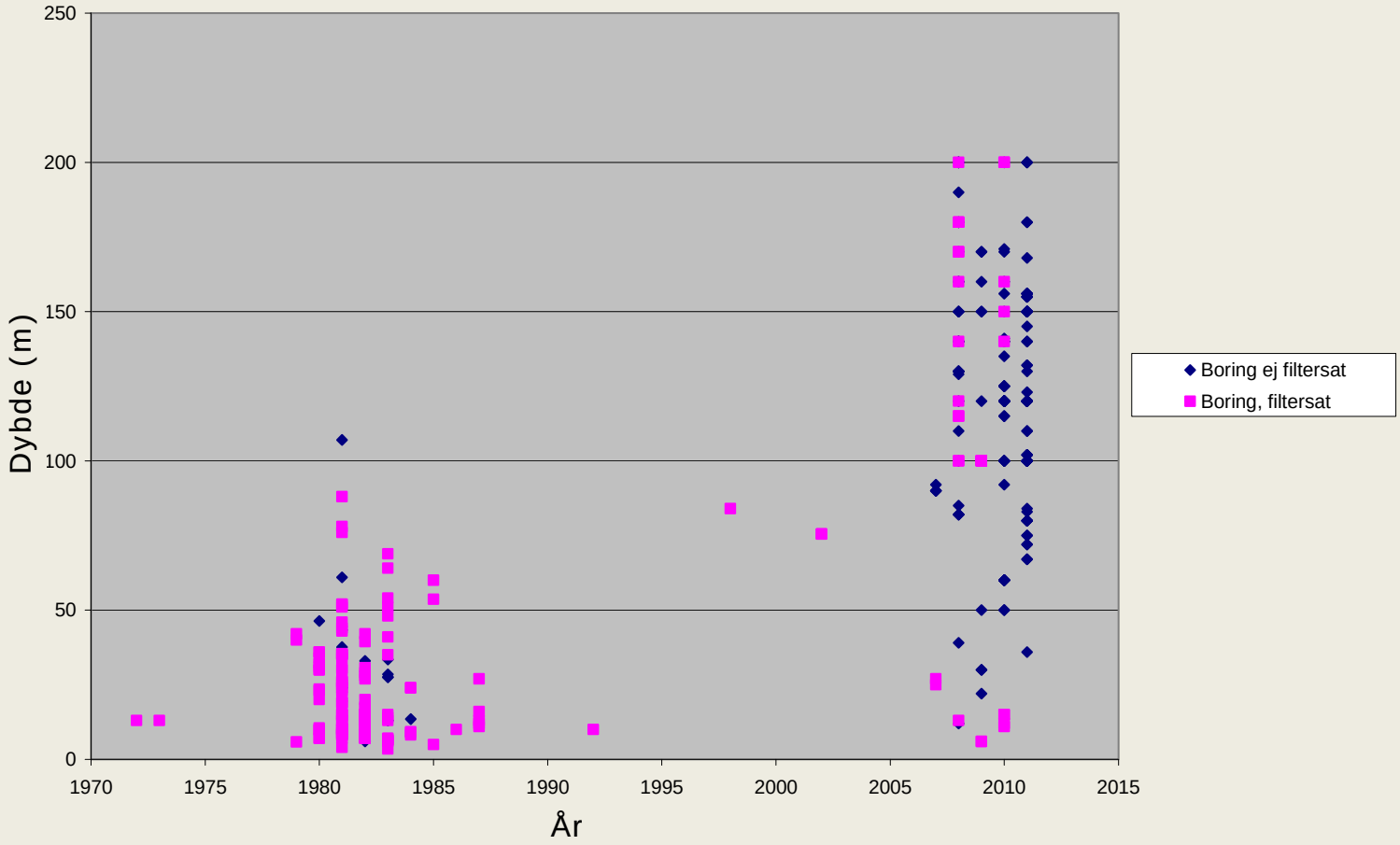


–Jordvarmeboringer i Danmark

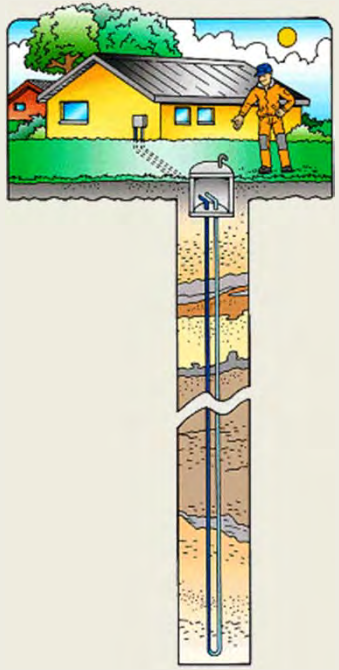
–-indberettet til Jupiter databasen



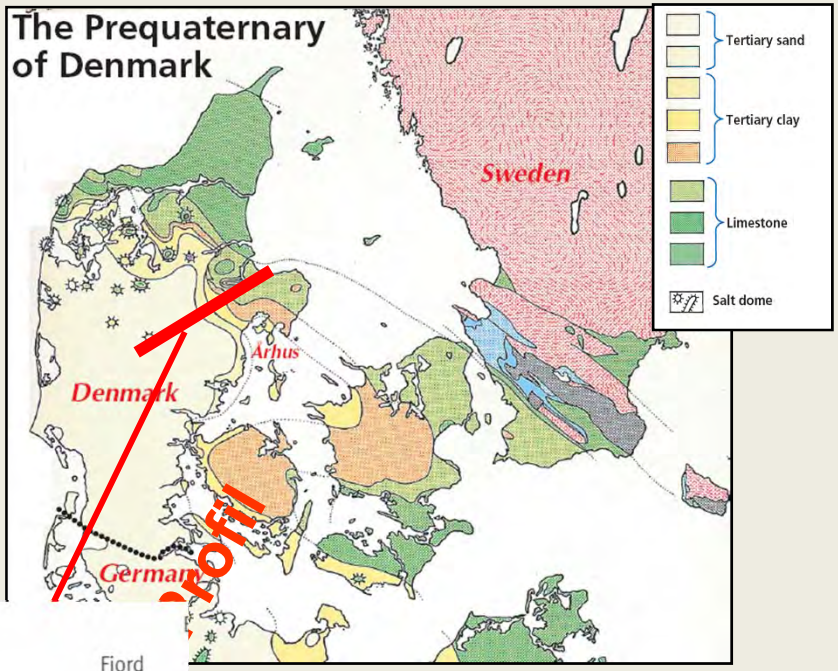
Dybde af indberettede jordvarmeboringer

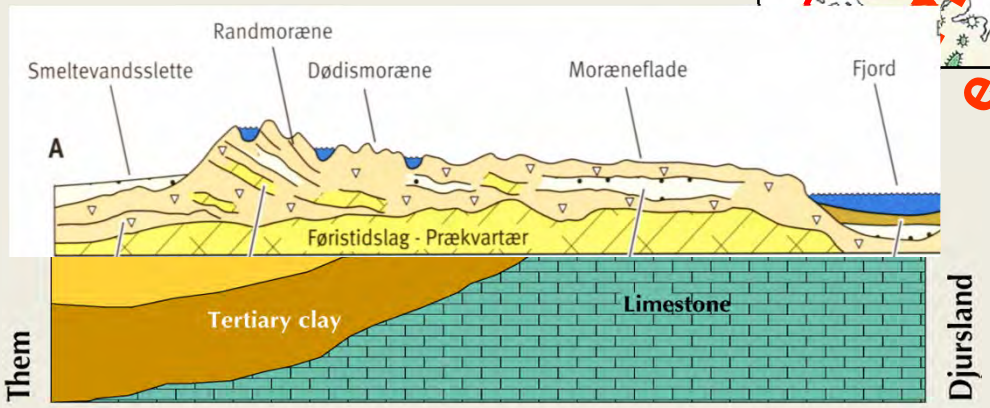


GEUS



–En kort geologisk oversigt

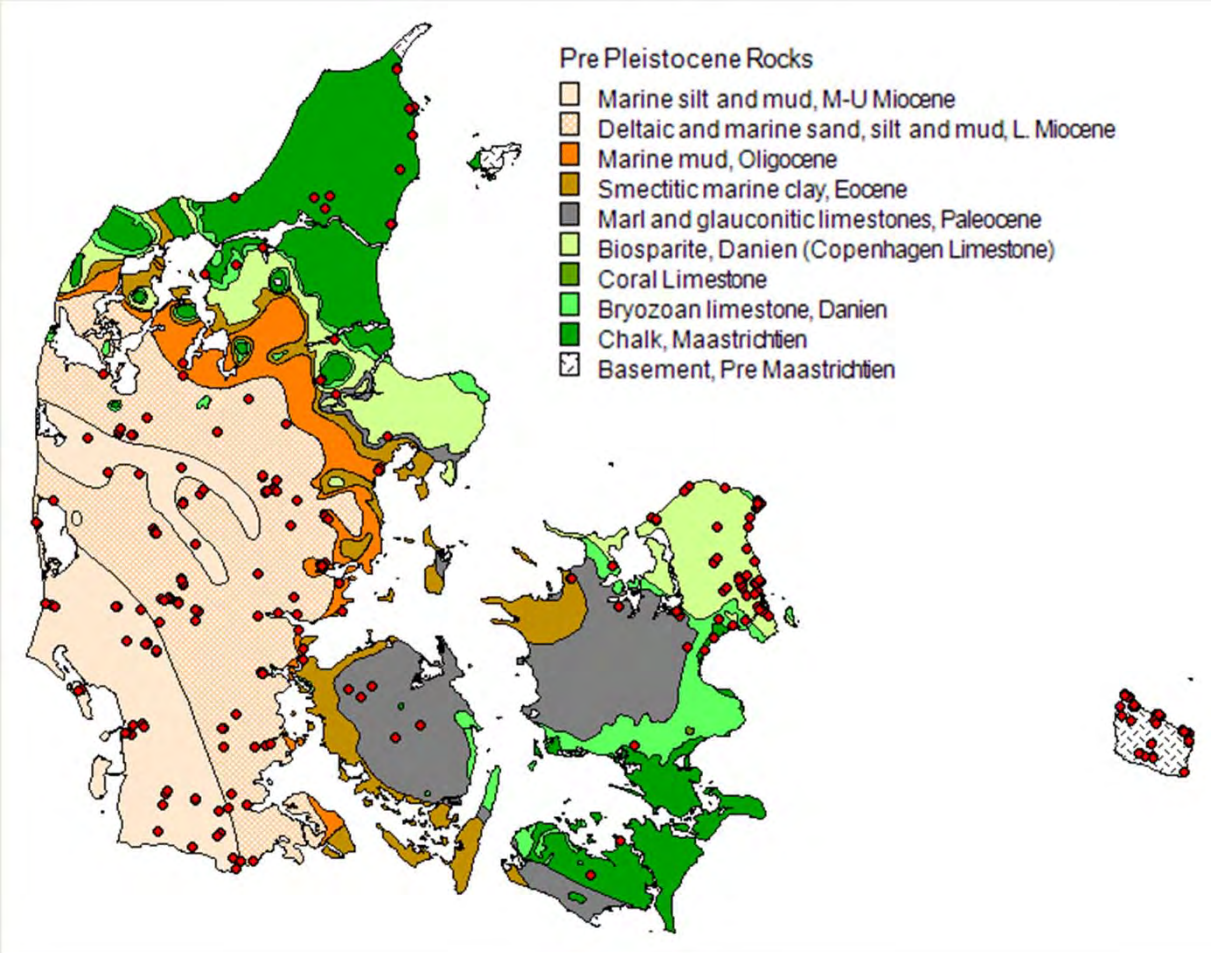




Cross section profile of the subsoil layers from SW to NE

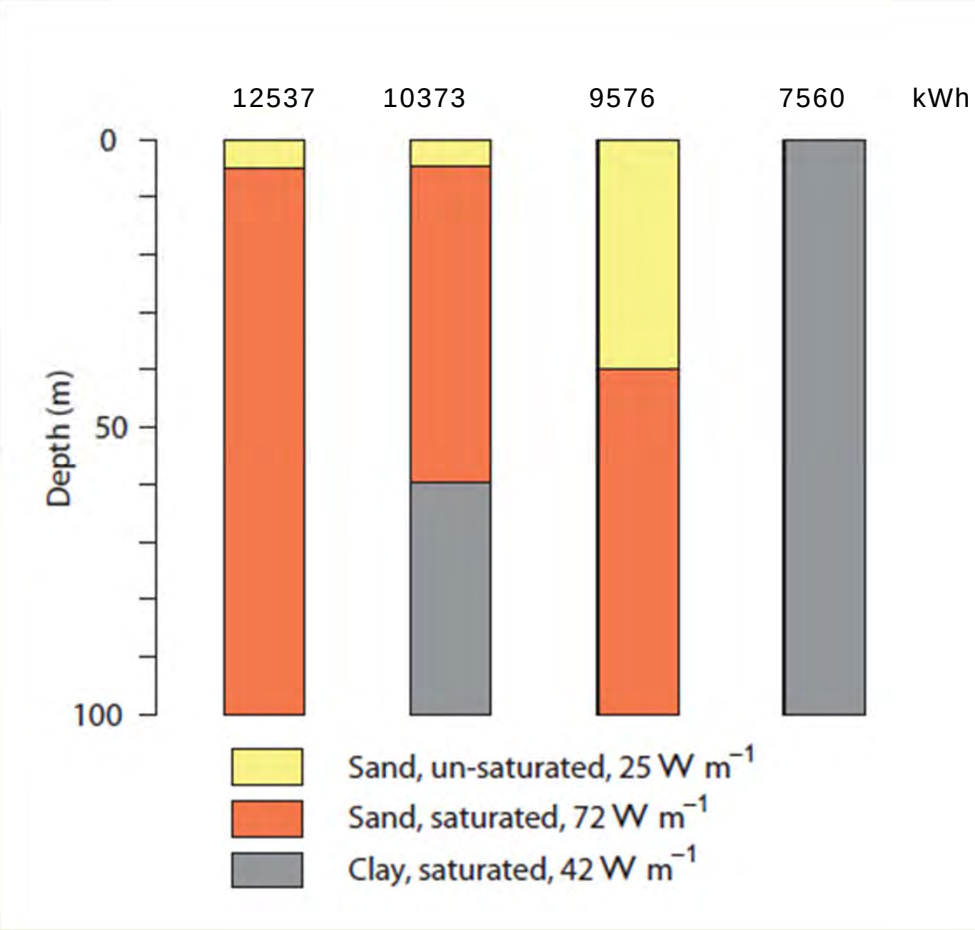
- Sand and clay (upper Oligocene and Miocene)
- Tertiary clay (Palaeocene, Eocene and lower Oligocene)
- Limestone (upper Cretaceous and Danian)

–Beliggenhed af jordvarmeboringer



–Anslået årlig udbytte

–Standard design, 1800 timers produktion



–Specific heat extraction rates from VDI (2001)

Termiske egenskaber
Internationale tabelværdier

Mineral	Varmeledningsevne W/mK	Specifik varmekapacitet MJ/m^{3}K
Kvarts	7,7	1,9-2,0
Feldspat	1,5-2,5	1,6-2,2
Glimmer	2,0-2,3	2,2-2,3
Calsit	3,6	2,2
Stensalt	5,9-6,5	1,98
Vand (10° C)	0,6	4,15
Luft (1 atm.)	0,024	0,0013

Fra Banks (2008)

Types of Soil	Thermal Conductivity W / (mK)
Saturated Soil	0.15 - 4
Sand perfectly dry	0.15 – 0.25
Sand moist	0.25 - 2
Sand saturated	2 - 4
Clay dry to moist	0.15 – 1.8
Clay saturated	0.6 – 2.5
Soil with organic matter	0.15 - 2
Solid Rocks	2 - 7
Tuff (porous volcanic rock)	0.5 to 2.5
Water	0.6
Air	0.001

Fra www.Huxeflux.com

GEUS

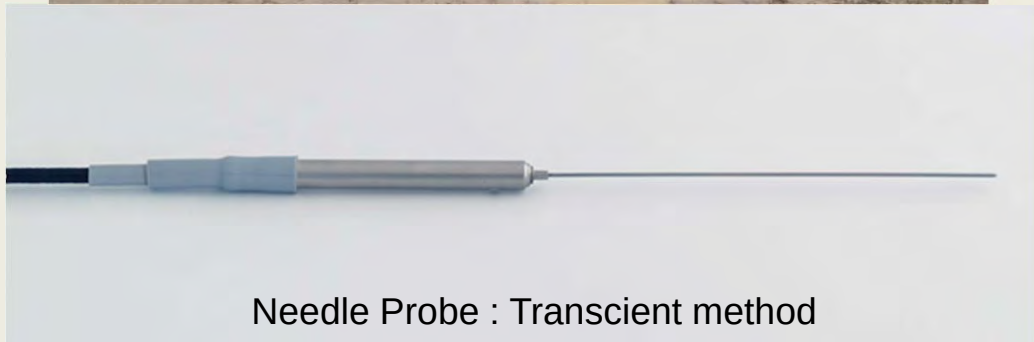
–**Varmeledningsevne i danske sedimenter**

–**Publicerede danske værdier**

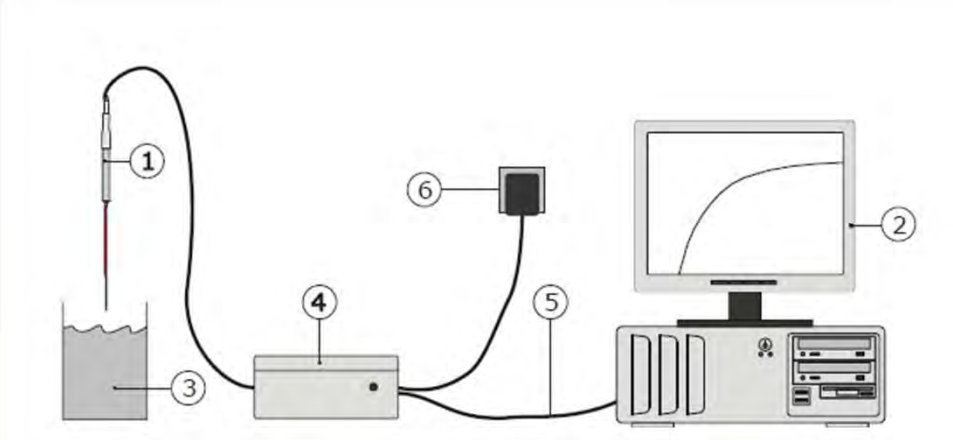
Sediment	Reference	λmin W/mK	λmax W/mK	λavg W/mK
SAND	B	1,95	2,004	1,97
SAND, fint siltet	B	1,704	1,713	1,71
SAND, fint siltet	B	1,943	2,122	1,94
SAND, medium grainsize	B	1,89	1,9	1,9
Moræneler	B	2,18	2,21	2,21
Moræneler, sandet	B	2	2,09	2,06
Moræneler, meget sandet	B	2,2	2,31	2,27
Fed ler , Oligocene Viborg 5, 215 m	A			1.39
Fed ler , Oligocene Vinding 1, 340 m	A			1.48
Meget fed ler, Eocæn-Paleocene Viborg 5, 243-312 m	A	1,34	1,40	1.38
Meget fed ler Eocæn-Paleocene Viborg 1, 434 m	A			1.56
Skrivekridt, Gasum 1 (136-267 m)	A	1,7	1,86	1,8
Skrivekridt Rønnebjerg 1 (171-283m)	A	1,55	1,67	1,61
Skrivekridt Svenstrup (124-198 m)	A	1.45	1.52	1,49
Skrivekridt Vemb 1 (127 m)	A			1,57
A: Geoteknisk Institut (1986)				
B: Balling et al. (1981)				

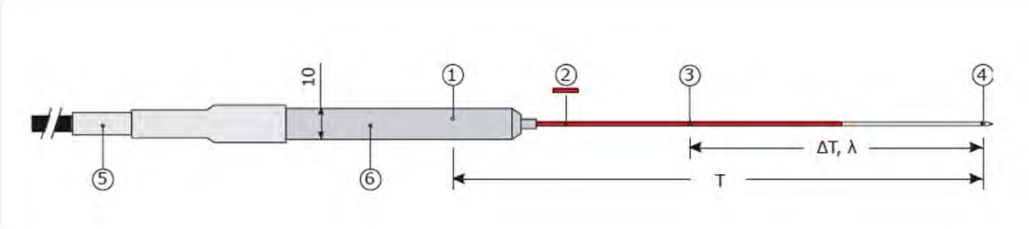
GEUS

–Måling af termiske ledningsevne



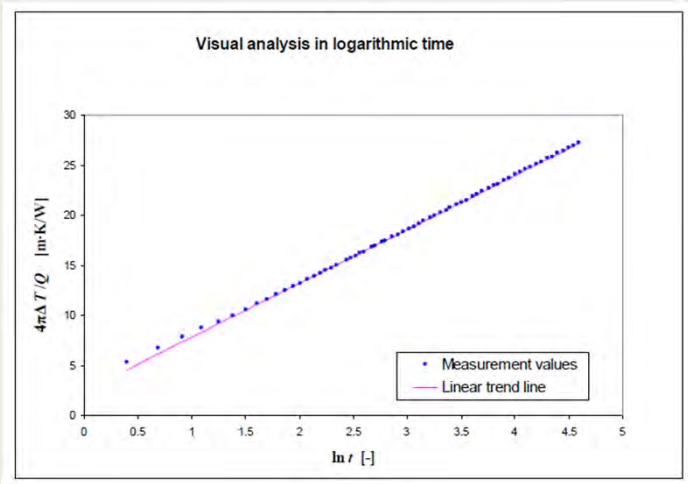
Needle Probe : Transcient method





Varmeledning i linieformet legme

$$\Delta T = (Q / 4 \pi \lambda) (\ln t + B)$$



GEUS

–Måling af termiske ledningsevne

–Vandmættede sedimenter

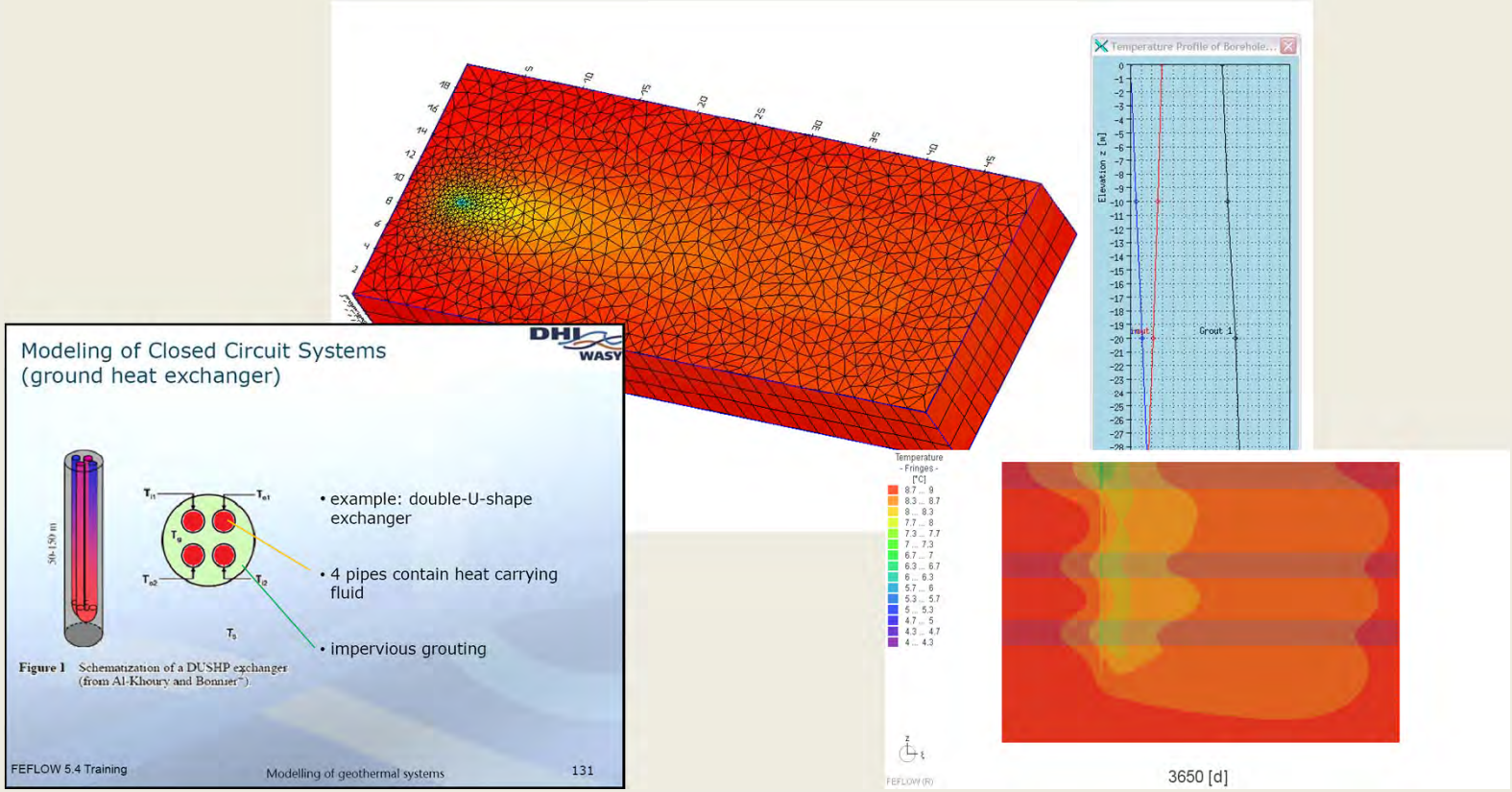
–(foreløbige resultater)

Sediment	λavg W/mK
Postglacialt marint gytje, (Helgenæs)	0,65
Smeltevandsler, siltet(Odder)	1,22
Smeltevandsler, siltet (Risskov)	1,40
Marint interglacialt ler, Kås, Salling	1,05
Moræneler, sandet (Haldum)	1,70
Moræneler, sandet (Voervadsbro)	2,33
Moræneler (Boring Horsens)	2,03
Moræneler, sandet (Roskilde)	2,37
Morænesand (Knuds Strand,Salling)	2,03
Smeltevandssand, m-g, gruset (Vestbrik)	2,22
Smeltevandssand, finkornet (Roskilde)	2,19
Smeltevandssand, m gruset, (Højbjerg)	2,33
Kvartssand, mellem-groft (Boring, Horsens)	2,31
Kvartssand, mellemkortnet (Voervadsbro)	2,62
Kvartssand, groft (Vorevadsbro)	2,95
Glimmersand (Vejlefjord)	1,73
Glimmerler (Vejlefjord)	1,11
Søvind Mergel (Boring Glud)	1,40
Lillebæltsler (Ølst)	0,90

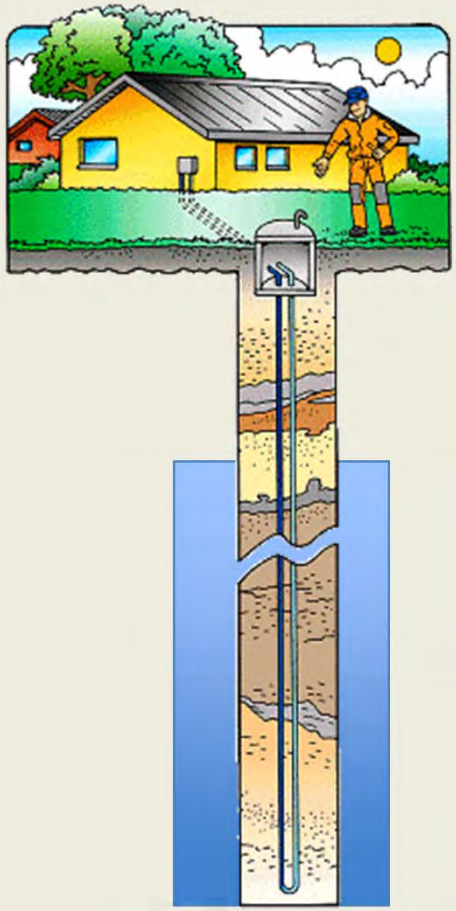
GEUS

Vekselvirkninger med det omgivende grundvandssystem vurdering af miljøpåvirkningerne

Modellering af varmestrømning og grundvand (FEFLOW)



GEUS



Del-konklusion

Når man planlægger / dimensionerer anlæg baseret på jordvarmeboringer er det vigtigt at have lokal kendskab til geologi

...og ikke mindst kendskab til beliggenheden af det lokale vandspejl

...det er det også når man laver sagsbehandling

GEUS

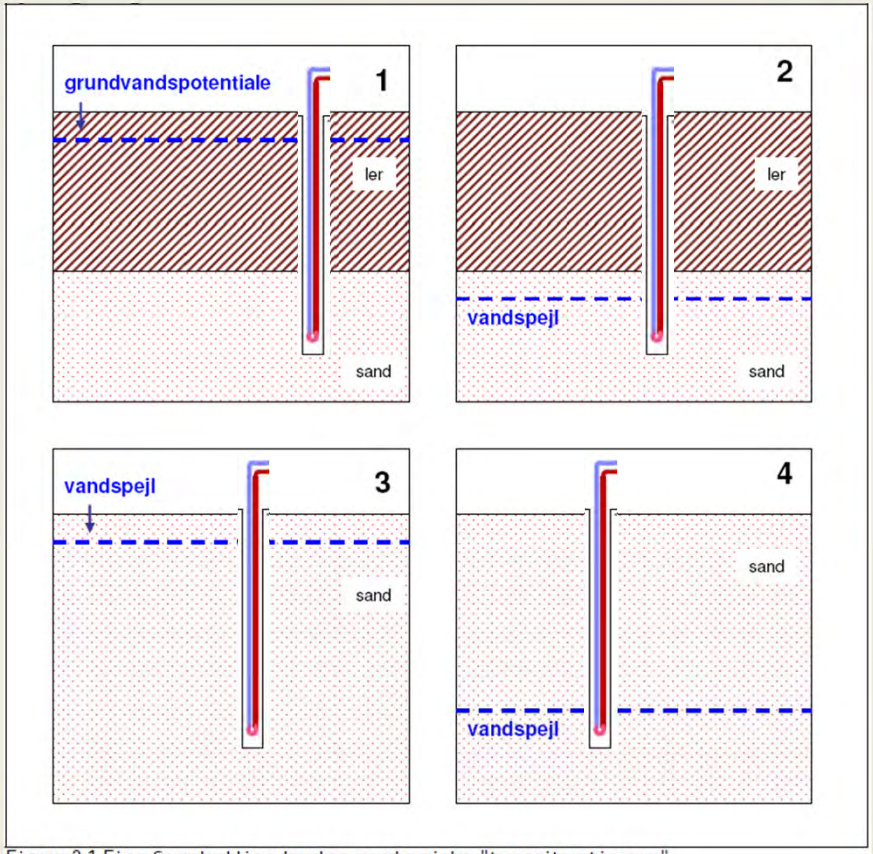
MILJØMINISTERIET
Miljøstyrelsen

Jordvarmeanlæg

Teknologier og risiko for jord- og grundvandsforurening

Bente Villumsen, COWI A/S

Miljøprojekt Nr. 1238 2008



Figur 3.1 Fire forskellige hydrogeologiske "typesituationer"

- Tykkelsen af umættet zone
- Tykkelse af reduceret dæklag over grundvandsmagasin
- Grundvandsdannelse
- Strømningshastighed / retning

Miljøstyrelsen / COWI 2008

GEUS

Hvordan kan jordvarmeboringer true grundvandet ?

1) På grund af dårlig udførsel

Dårlig forsejling mellem grundvandsmagasinerne

Dårlig lukning ved terræn

Utætte rør ?

2) Som følge af driften

Opsprækning af afpropning p.g.a tø / fryse temp.

Opvarmning af grundvand

3) På grund af uheld

Lekage af kølevæske

GEUS

Miljømæssige regler og god praksis

I boringer skal forsejles mellem forskellige grundvandsmagasiner

God forsejling kræver erfaring og omhyggeligt borearbejde af certificeret brøndborer

Etablering og forsejling af jordvarmeboringer kan være problematiske når der er vandtryk over terræn

Vigtigt af forsejling hærdner inden den udsættes for frostgrader

I områder med særlige drikkevandsinteresser, prioteres disse højest

Afstandskrav:

- 300 m til nærmeste drikkevandsboring
- 50 m til andre boringer
- 20 m mellem individuelle jordvarmeboringer i samme anlæg

Kølemiddel må indholde op til 35% frostvæske

Nogle kølemidler indeholder anti-korrosiver. Disse skal være godkendt

GEUS

Hvilke hydrogeologiske forhold bør man tjekke ved sagsbehandlingen

Beliggenhed af OSD og oplande uden for OSD

Beliggenhed af eksisterende vandindvindinger

Beliggenhed og tykkelse af primære grundvandsmagasiner

Oppumpede vandmængder

Strømningsretning fra potentialekort
eller evt. resultater af simuleringer med grundvandsmodeller

Lokal geologi og vandspejl mellem borested og vandindvinding

www.grundvandskortlaegning.dk

MILJØMINISTERIET

GEUS

Naturstyrelsen - GEUS

GRUNDVANDSKORTLÆGNING

- Om den nationale grundvandskortlægning
- Overblik og status
- Udviklingssamarbejde
- Kravspecifikationer
- Indberetning til databaser
- Links
- Styregruppen
- Fagdatacenter for grundvand
- RAPPORTER MV.
  - Rapporter
  - Artikler
  - VEJLEDNINGER

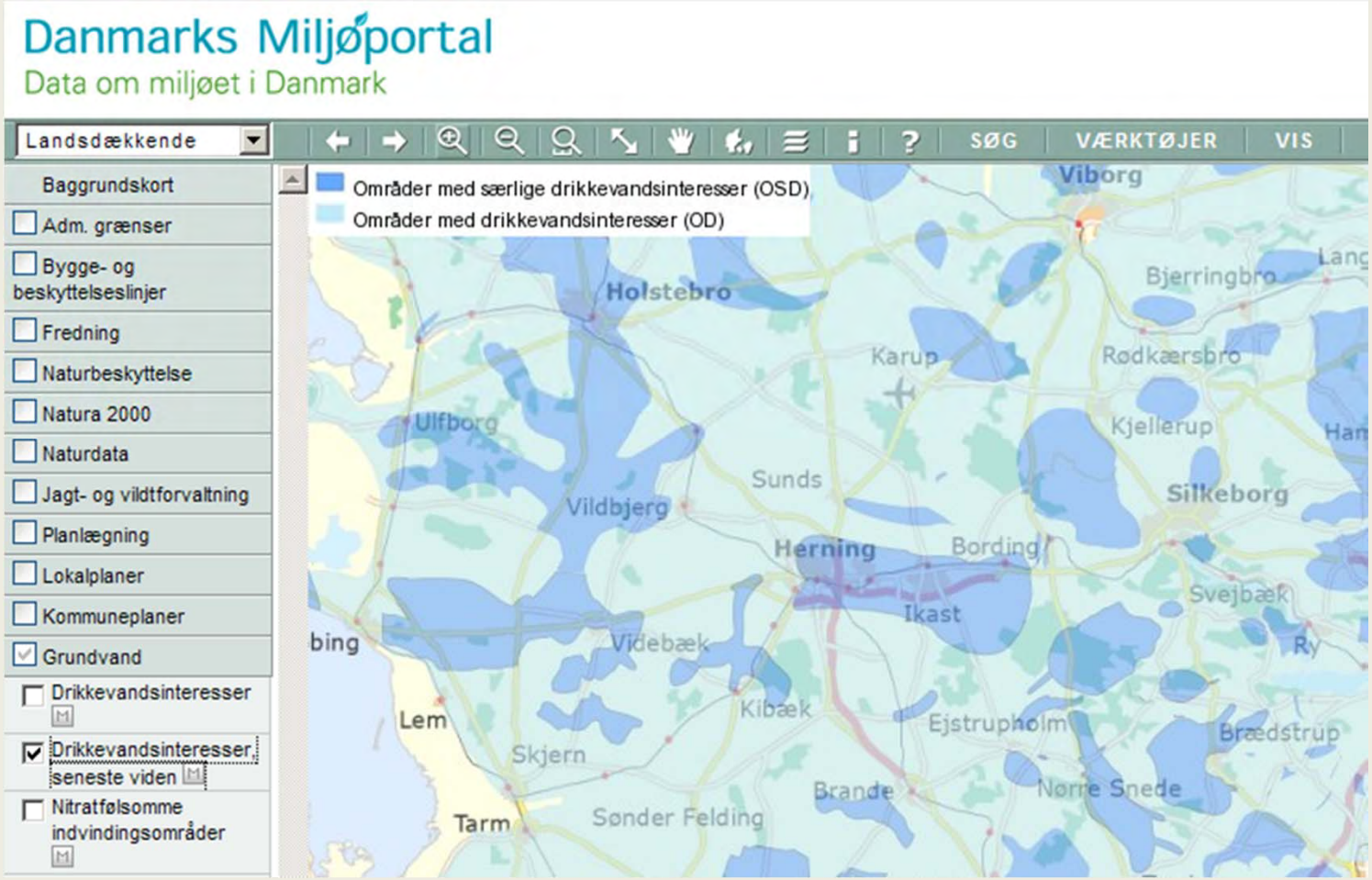
Vejledninger

- Geovejledning 9. Vejledning i anvendelse af Modeldatabasen, GEUS, juni 2012.
- Geovejledning 8. Kortlægning af kalkmagasiner, GEUS, juni 2011.
- Geovejledning 7. God praksis i hydrologisk modellering, GEUS, juni 2010.
  - Appendix A: MoST Tasks and Activities
  - Appendix B: MoST Methods
  - Appendix C: MoST Glossary
  - Appendix F1-F2 : Templates - usikkerhedsmatrice + modelgyldighed (~50 KB - Excel spreadsheet)
  - Appendix F3 : Template - Logbog (~50 KB - Worddokument)
- Geovejledning 6. Kemisk Grundvandskortlægning, GEUS, december 2009.
- Geovejledning 5. Vurdering af grundvandsmagasiners nitratsårbarhed, GEUS, maj 2009.
- Geovejledning 4. Potentialekortlægning, GEUS, juni 2009.
- Geovejledning 3. Opstilling af geologiske modeller til grundvandsmodellering, GEUS, juli 2008.
- Geovejledning 2. Udpegning af indvindings- og grundvandsdannende oplande, GEUS, november 2008.
- Geovejledning 1. Jordprøver fra grundvandsboringer, GEUS, juli 2008.

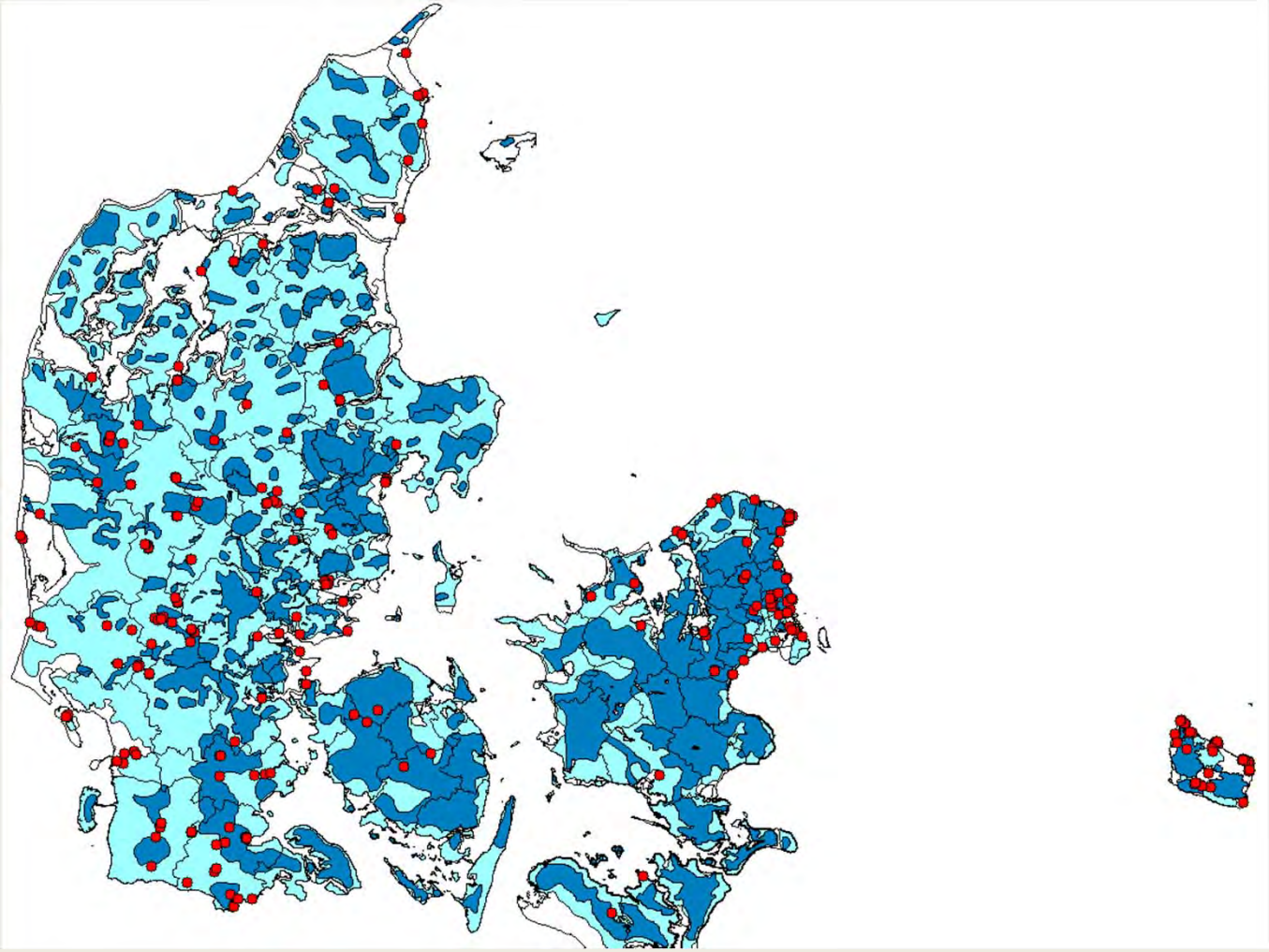
© GEUS grundvandskortlægning Øster Voldgade 10, 1350 København K Tlf.: 38142000 E-mail: geus@geus.dk

Sidst ændret : 3. juli 2012

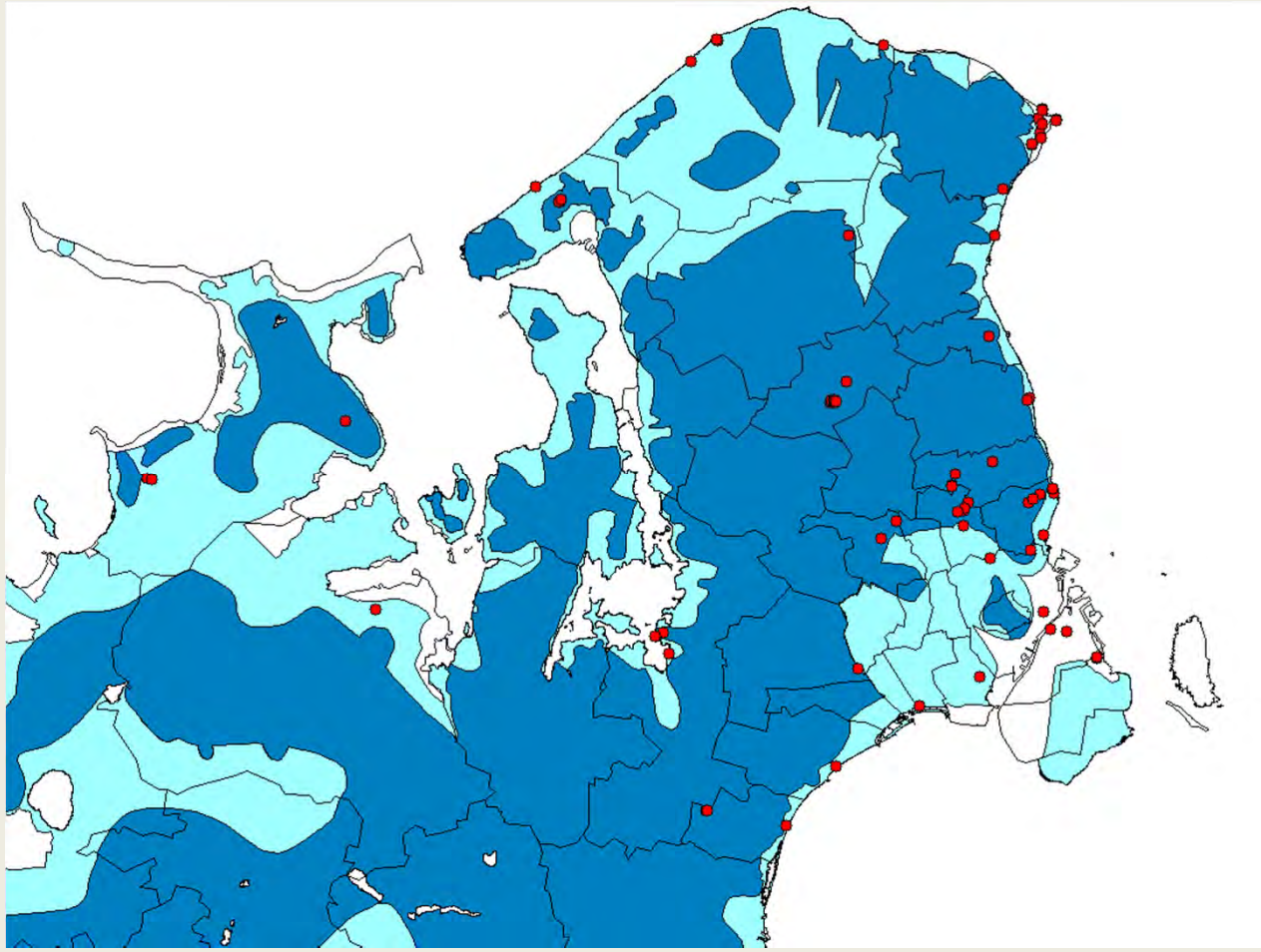
Opdaterede ODS områder findes på



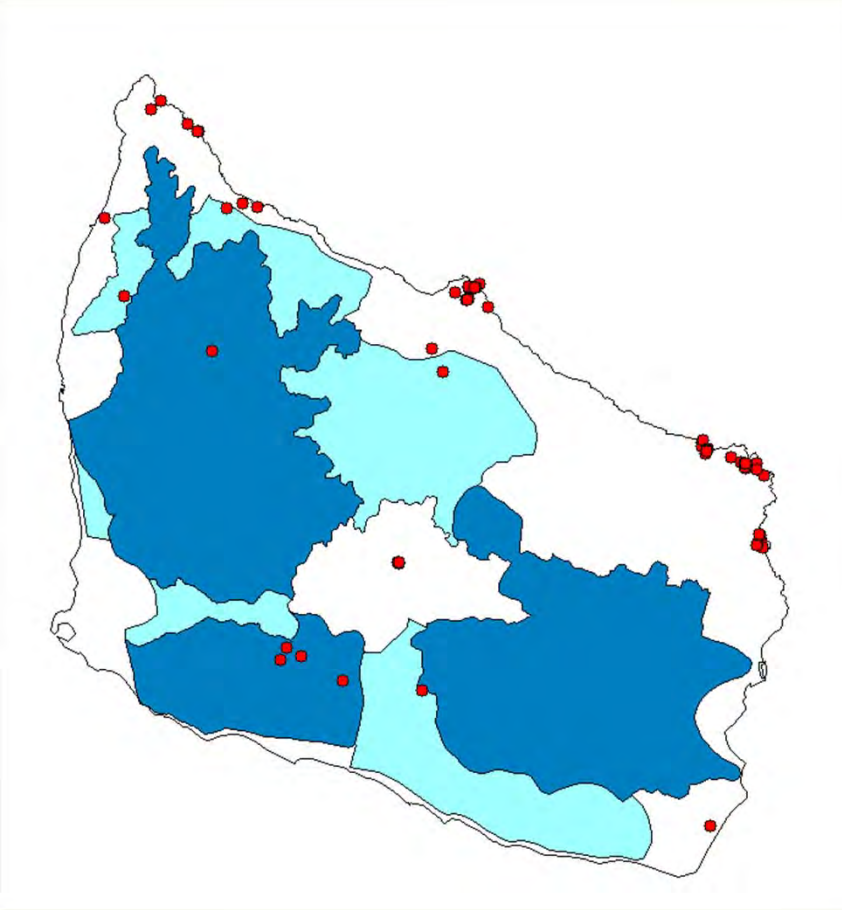
Jordvarmeboringer indenfor OSD ?



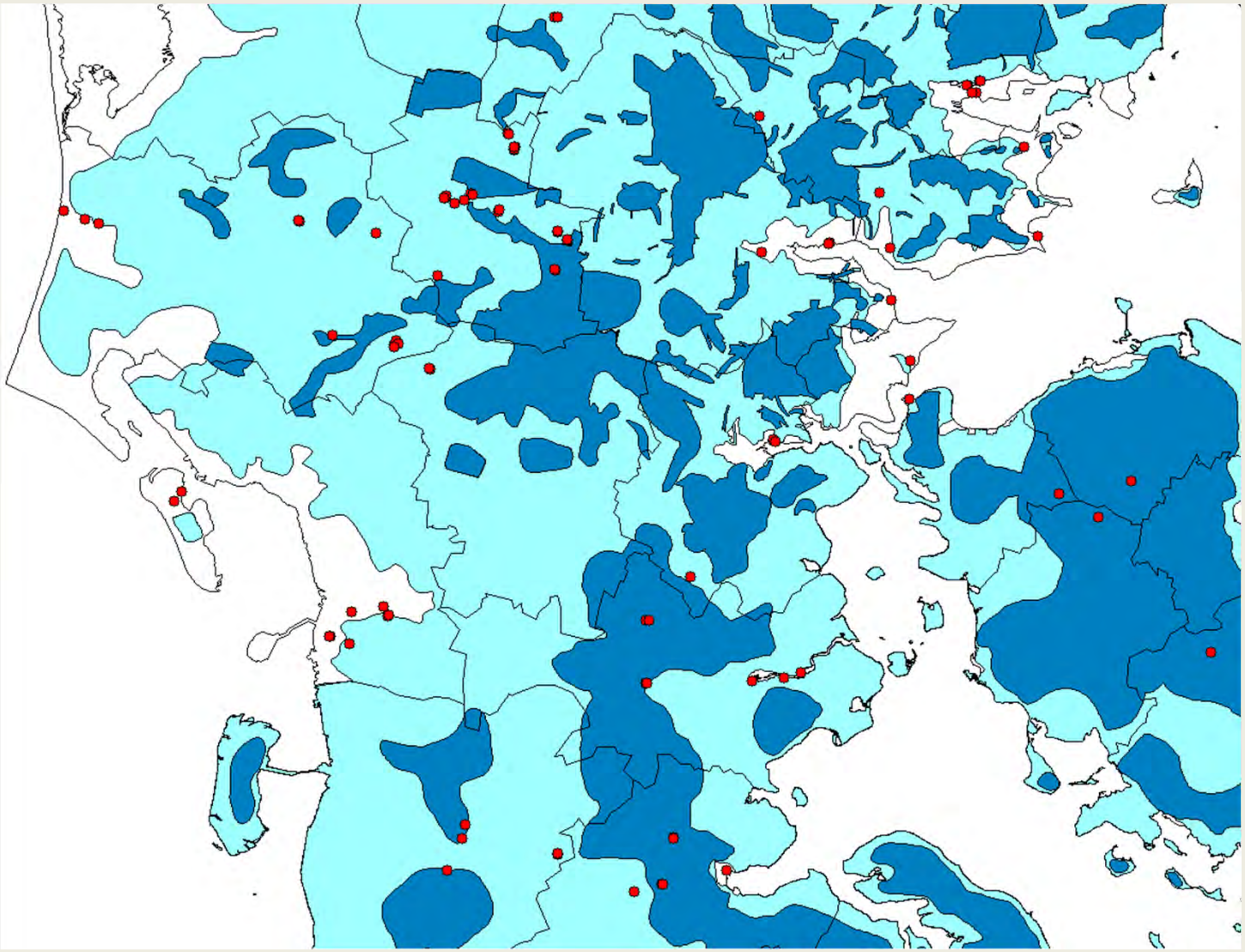
Jordvarme indenfor OSD ?



Jordvarme indenfor OSD ?



Jordvarme indenfor OSD ?



Fælles offentlige databaser hos GEUS

Danske data

National boringsdatabase (Jupiter)

Interaktivt kort | WMS * | WFS * | Google Earth KML * (*opdateres hver nat)

Landsdækkende database med geologiske oplysninger fra over 240.000 grundvands-, miljø- og geotekniske boringer samt aktive og passive anlæg. Mulighed for download af borerapporter med geologiske beskrivelser, grafisk visning af boringer og data for grundvandskemi (råvand). Boringsdata vedligeholdes af Borearkivet.

National geofysisk database (GERDA)

Interaktivt kort | WMS | WFS | Google Earth KML (opdateres hvert kvarter)

Landsdækkende geofysisk database for miljø- og råstofområdet, med information om geofysiske metoder, udvekslingsformater og muligheder for download af data.

Database med grundvandsrapporter

Interaktivt kort | WMS | WFS

Samling af georeferede rapporter primært med fokus på kortlægning og indsatsplanlægning for vandmiljøet.

Model-databasen

Interaktivt kort (opdateres hver nat)

Geologiske og hydrostratigrafiske modeller lagret i GEUS' modeldatabase. Modellerne er primært opstillet i forbindelse med den nationale grundvandskortlægning.

Danmarks Digitale Jordartskort 1:200.000

WMS | Google Earth KML

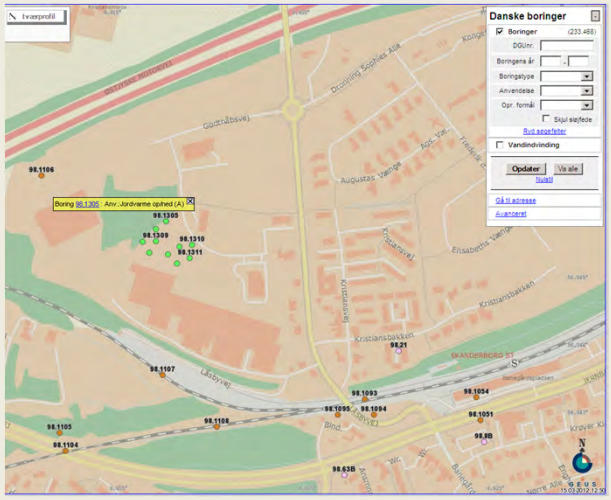
Kortet er overvejende baseret på den generelle geologiske kortlægning af Danmark. Disse informationer er suppleret med geologiske data fra GEUS' boredatabase, oplysninger fra den kvartærgeologiske litteratur, geomorfologiske kortlægninger samt foto-geologiske tolkninger.

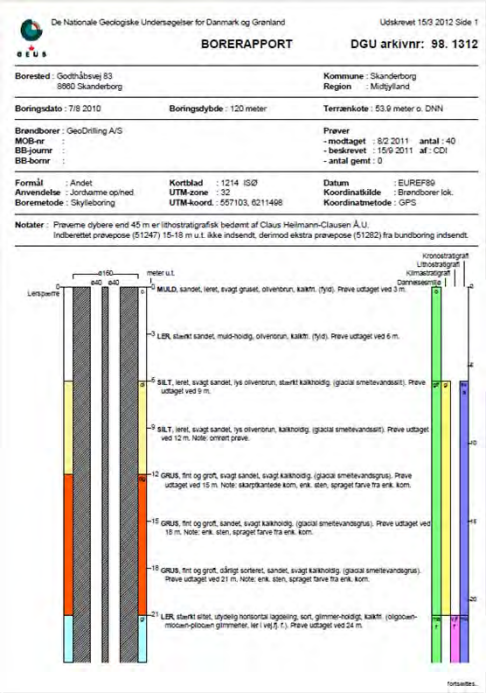
–Oplysninger i JUPITER

- Borearkiv / fælles offentlig database
- Grundlagt i 1926

>270.000 borehole descriptions

=> 5 boreholes / km^2





De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

Udskrevet 15/3 2012 Side 1

BORERAPPORT **DGU arkivnr: 98. 1312**

Borested : Godthåbsvej 83, 8660 Skanderborg
Kommune : Skanderborg
Region : Midtjylland

Boringsdato : 7/8 2010 **Boringsdybde** : 120 meter **Terrænkote** : 53.9 meter o. DNN

Brændborer : GeoDrilling A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

Prøver
- modtaget : 8/2 2011 **antal** : 40
- beskrevet : 15/9 2011 **af** : CDI
- antal gemt : 0

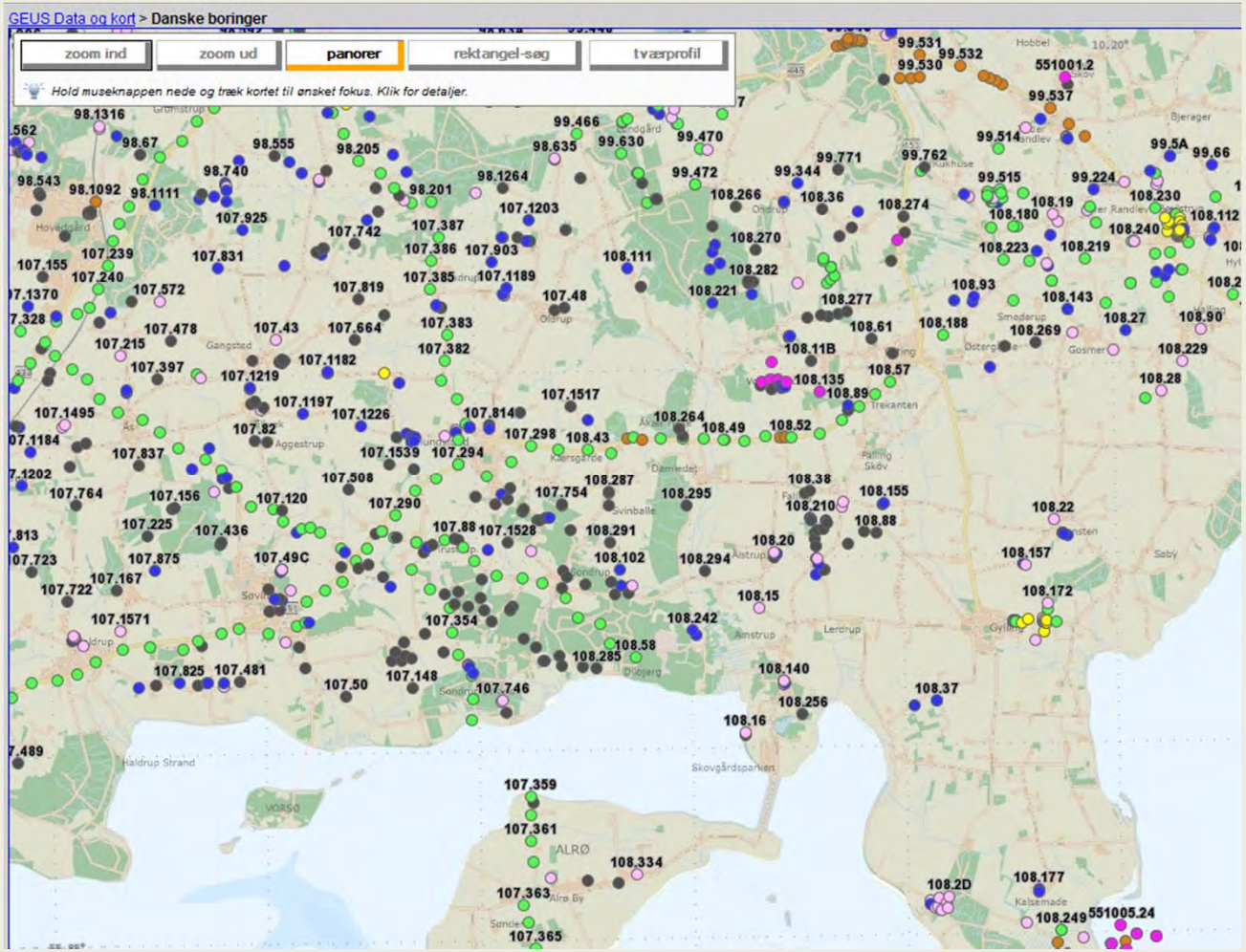
Formål : Andet
Anvendelse : Jordvarme opvind
Boremetode : Skylleboring
Kortblad : 1214 ISØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 557103, 6211498
Datum : EUREF89
Koordinatkilde : Brændborer lok.
Koordinatmetode : GPS

Notater : Prøverne dybere end 45 m er lithostratigrafisk bedømt af Claus Heilmann-Clausen Å.U.
Indberettet prøvepose (51247) 15-18 m u.t. ikke indsendt, derimod ekstra prøvepose (51282) fra bundboring indsendt.

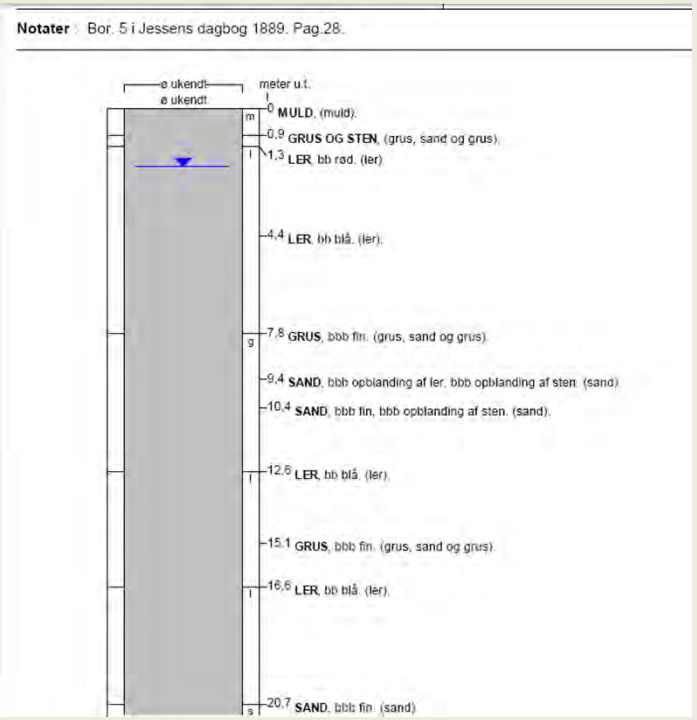
Lertspærre
ø160
ø40 ø40
meter u.t.
0
3 **MULD**, sandet, leret, svagt gruset, olivenbrun, kalkfr. (fyld). Prøve udtaget ved 3 m.
6 **LER**, stærkt sandet, muld-holdig, olivenbrun, kalkfr. (fyld). Prøve udtaget ved 6 m.
9 **SILT**, leret, svagt sandet, lys olivenbrun, stærkt kalkholdig. (glacial smeltevandssilt). Prøve udtaget ved 9 m.
12 **SILT**, leret, svagt sandet, lys olivenbrun, kalkholdig. (glacial smeltevandssilt). Prøve udtaget ved 12 m. Note: omrørt prøve.
15 **GRUS**, fint og groft, svagt sandet, svagt kalkholdig. (glacial smeltevandsgrus). Prøve udtaget ved 15 m. Note: skarptkantede kom, enk. sten, spraget farve fra enk. kom.
18 **GRUS**, fint og groft, sandet, svagt kalkholdig. (glacial smeltevandsgrus). Prøve udtaget ved 18 m. Note: enk. sten, spraget farve fra enk. kom.
21 **GRUS**, fint og groft, dårligt sorteret, sandet, svagt kalkholdig. (glacial smeltevandsgrus). Prøve udtaget ved 21 m. Note: enk. sten, spraget farve fra enk. kom.
21 **LER**, stærkt siltet, utydelig horisontal lagdeling, sort, glimmer-holdigt, kalkfr. (oligocæn-miocæn-pliocæn glimmerler, ler i vej.fl. f.). Prøve udtaget ved 24 m.
Kronostratigraft
Lithostratigraft
Klimastratigraft
Dannelsesmiljø
fortsættes...

–Oplysningerne er gratis til rådighed på nettet

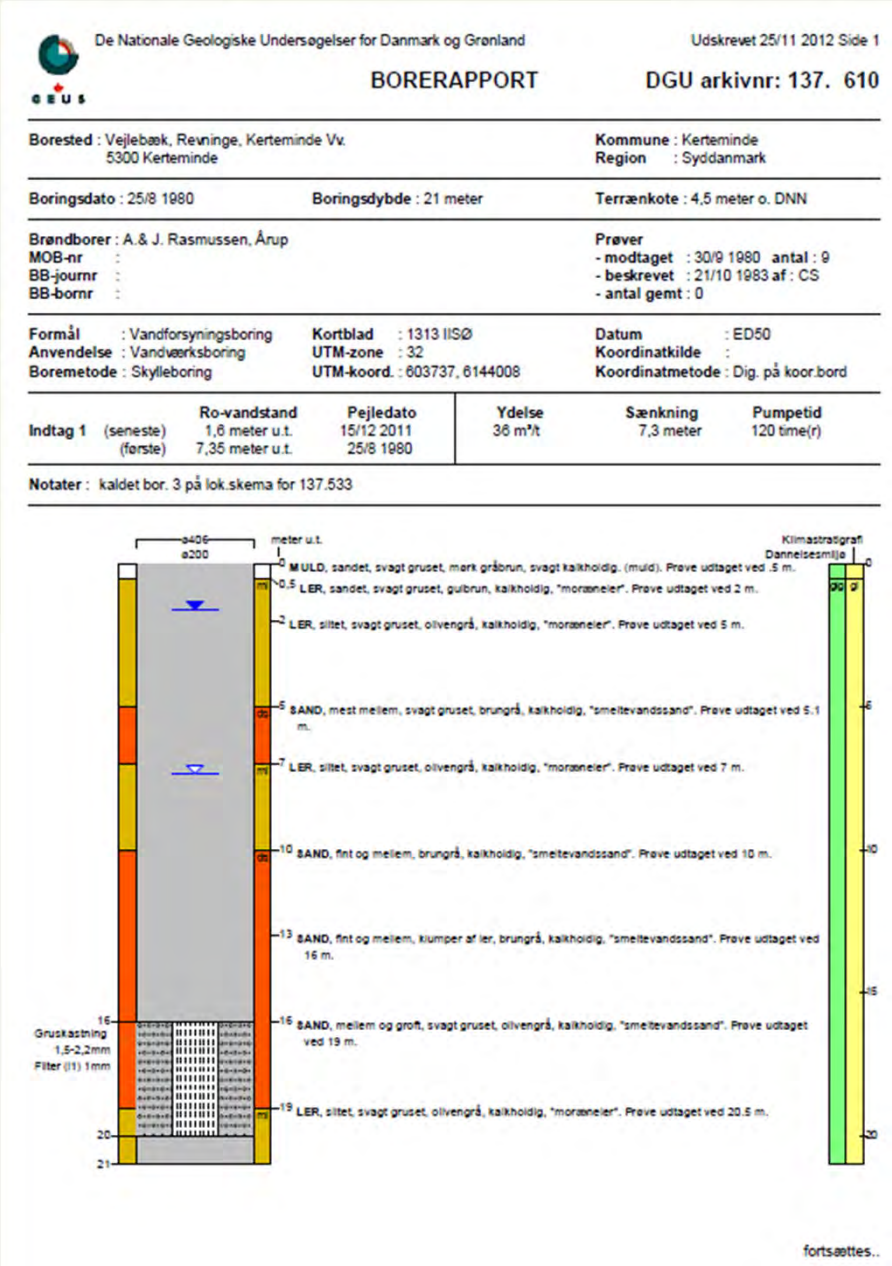
Oversigt over udførte boringer i Jupiter



Borejournaler



brøndborerbeskrivelser
&
geologbeskrivelser



De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland

Udskrevet 25/11 2012 Side 1

BORERAPPORT **DGU arkivnr: 137. 610**

Borested : Vejlebæk, Revninge, Kerteminde Vv.
5300 Kerteminde

Kommune : Kerteminde
Region : Syddanmark

Boringsdato : 25/8 1980 **Boringsdybde** : 21 meter **Terrænkote** : 4,5 meter o. DNN

Brøndborer : A.& J. Rasmussen, Årup
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

Prøver
- modtaget : 30/9 1980 **antal** : 9
- beskrevet : 21/10 1983 **af** : CS
- antal gemt : 0

Formål : Vandforsyningsboring
Anvendelse : Vandværksboring
Boremetode : Skylleboring

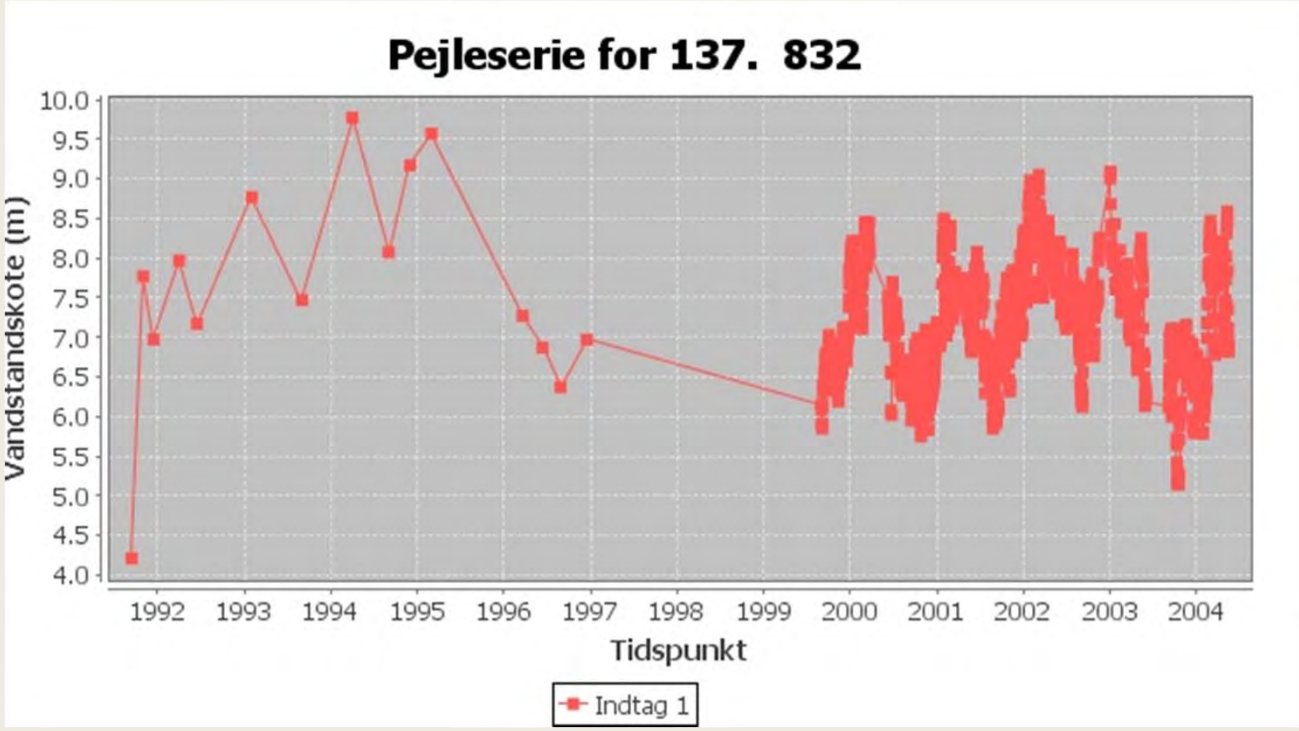
Kortblad : 1313 IISØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 603737, 6144008

Datum : ED50
Koordinatkilde :
Koordinatmetode : Dig. på koor.bord

		Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1	(seneste)	1,6 meter u.t.	15/12 2011	36 m³/t	7,3 meter	120 time(r)
	(første)	7,35 meter u.t.	25/8 1980			

Notater : kaldet bor. 3 på lok.skema for 137.533

Pejledata i Jupiter



GEUS

Brug af Fællesoffentlige Data i egen GIS

GEUS

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER FOR DANMARK OG GRØNLAND

Jupiter WFS-tjeneste

Med WFS kan du få GEUS' kort og data vist i dit eget GIS-progr
Tjenesten er gratis. Kortforsyningen har udmærkede vejledninge
kan hjælpe dig i gang.

Tilbage til forsiden

Mere om data og kort

GIS vejledninger

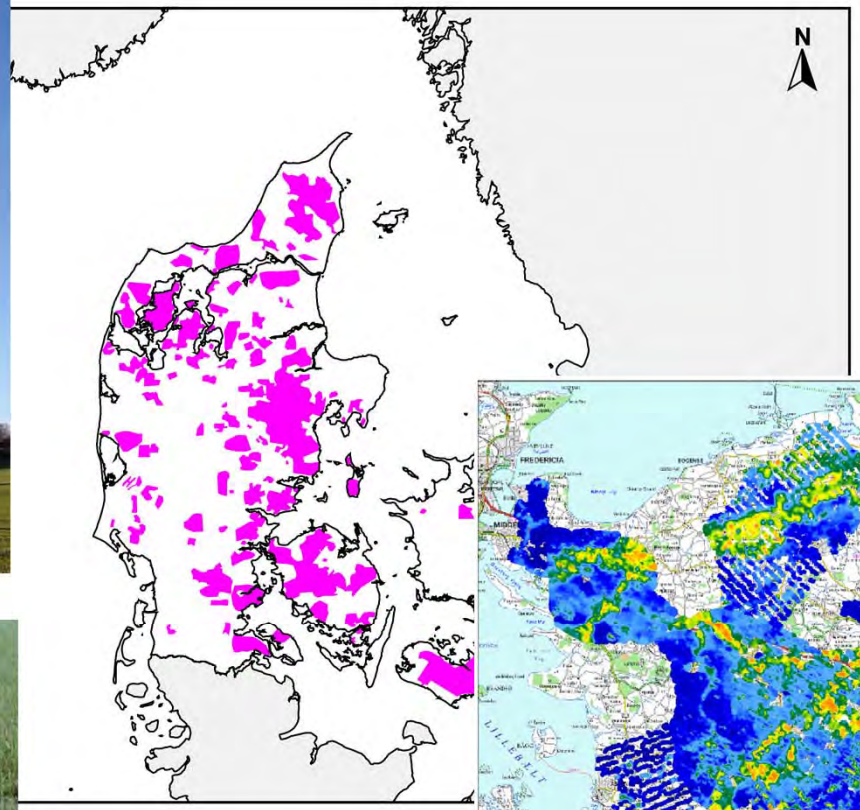
Nedenfor finder du vejledninger i hvordan Kortforsyningens services kan tilgås i standard GIS-værktøjer
Der findes vejledninger til 3 almindeligt anvendte GIS programmer ArcGIS, GeoMedia og MapInfo.
Vejledningerne beskriver både Kortforsyningens WMS tjenester (**W**eb **M**ap **S**ervices) og Kortforsyningens WFS tjenester (**W**eb **F**eature **S**ervices)

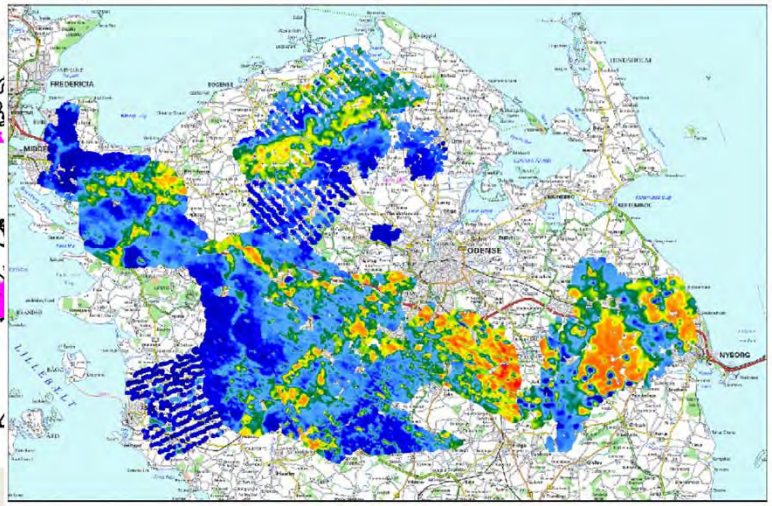
Derudover finder du også vejledninger i hvordan du tilgår WMS services i Open Source GIS programmerne Gaia, U-Dig og Quantum GIS (QGIS)

- LINK til GIS udbyders hjemmeside. Her findes information om produkt og evt. download af GIS program

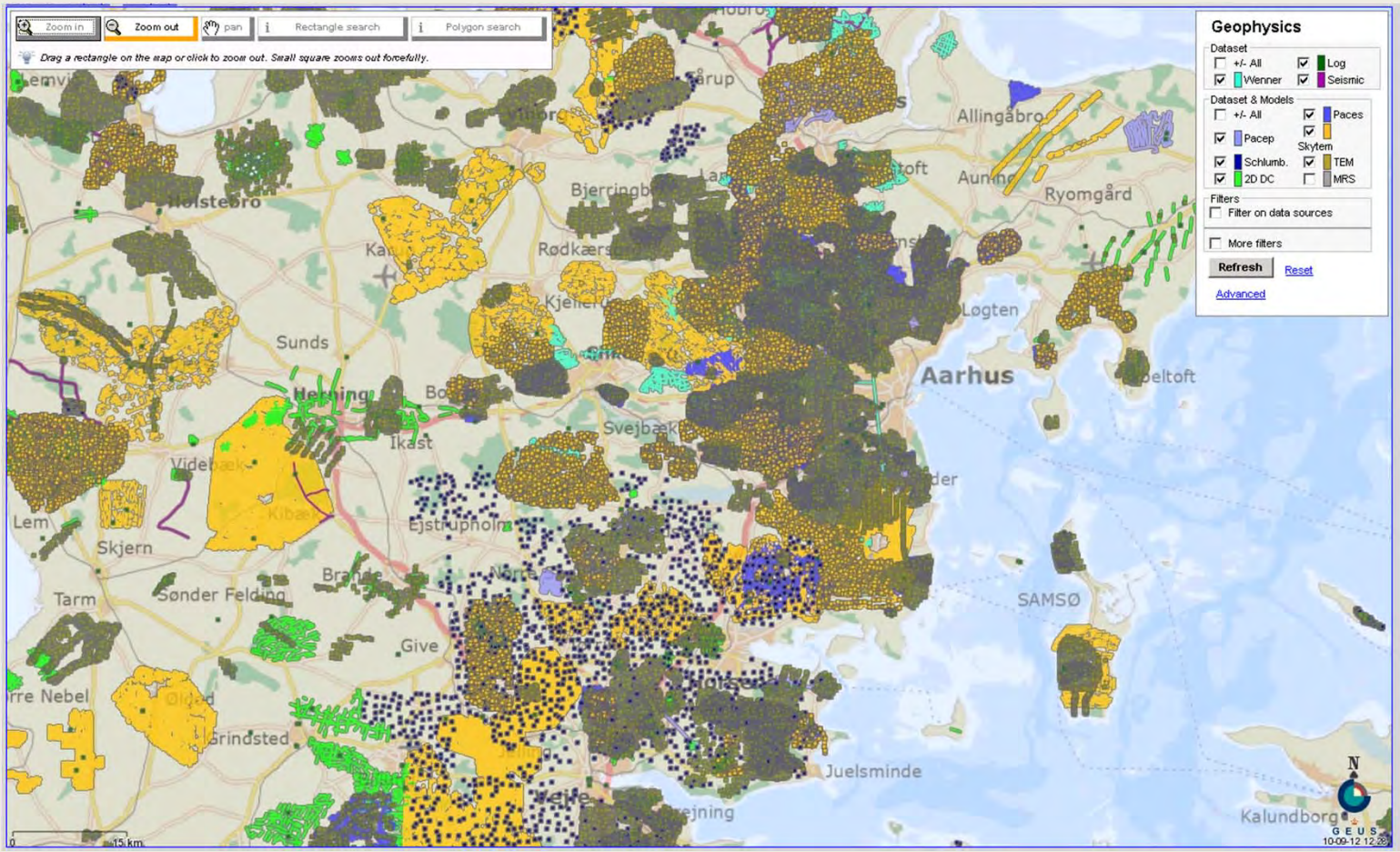
ESRI ArcGIS	WMS - vejledninger	• ArcGIS 9.0 sp2 • ArcGIS 9.3 og 9.3 sp1 (nov. 2009) • ArcGIS 10 (okt. 2011)
	WMS - Vejledning i brug af Styles	• ArcGIS 9.x.x (juni 2010)
	WFS - vejledning	• ArcGIS 9.x (nov. 2009)
GeoMedia GeoMedia	WMS - vejledninger	• GeoMedia 6 • GeoMedia 6 (Dansk koordinatsystem, zip-fil)
	WFS - vejledning	• GeoMedia 6
Pitney Bowes Software MapInfo	WMS - vejledninger	• MapInfo 8.0 • MapInfo 9.x (nov. 2009) • MapInfo 10.x og 11.x (okt. 2011)
	WMS - Vejledning i brug af Styles	• MapInfo 9x.10x (juni 2010)

Den fællesoffentlige geofysikdatabase –GERDA

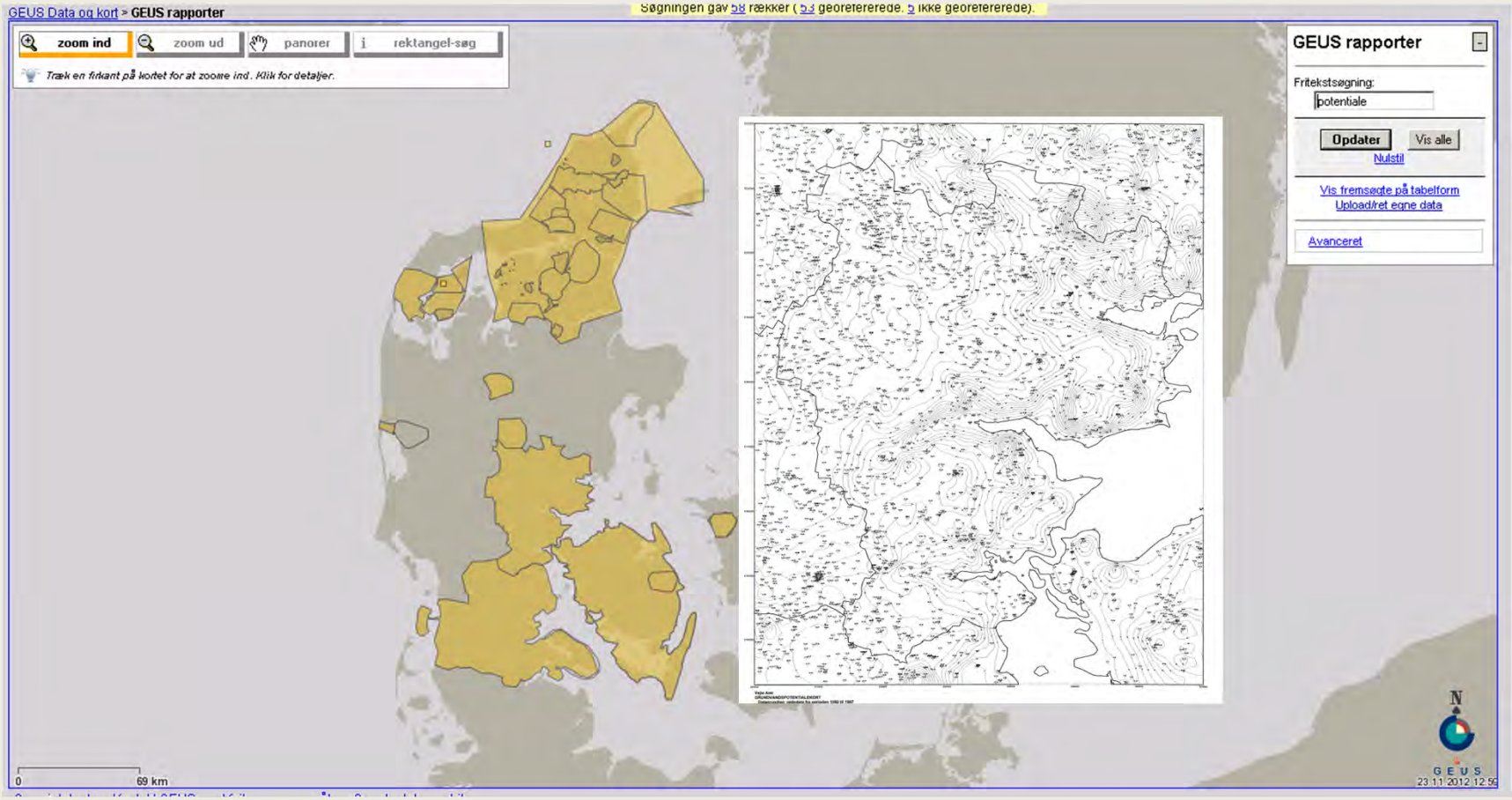




Oversigtskort fra GERDA



Rapport databasen



Forslag til mulige supplerende vilkår ved jordvarmeboringer i OSD

Hvis ansøgningen omfatter varmelagring udføres modelberegninger med krav som for ATES anlæg

Der udføres borehulslog (gamma) til sikker stedfæstelse af vandførende lag

Boringer rapporteres til GEUS (kommer i ny brøndborerbekendtgørelse)

Afpropning udføres ved oppumpning nedefra
under uvildigt tilsyn, der rapporterer til kommunen

Arealet omkring boringen befæstes med hældning væk fra boringen så spild på overfladen ikke kan finde vej ned lags bentonit-proppen

Tilbageløbs-temperaturer under 0 grader C må først forekomme efter 40 dages hærding af forsejlingsmaterialet

<u>Det foreslåes at der oprettes en kommunalt ERFA-kreds, hvor sagsbehandlere kan mødes og drøfte konkrete sager x gange om året</u>

GEUS

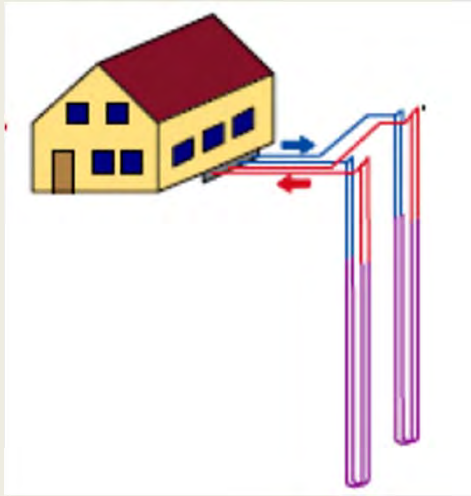
Tak for opmærksomheden

For mere information se projekt-hjemmesiden

www.geoenergi.org

samt

http://www.geus.dk

og

www.grundvandskortlaegning.dk