

Københavns Amt, forureningsundersøgelse, Tornerosevej 58

Borehulslogging og udtagning af vandprøver i
DGU nr. 200.5251 (Boring B6)

Per Rasmussen & Per Jensen



**Københavns Amt, forureningsundersøgelse,
Tornerosevej 58**

Borehulslogging og udtagning af vandprøver i
DGU nr. 200.5251 (Boring B6)

Per Rasmussen & Per Jensen

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse.....	1
Introduktion og log-program	2
Boringens udbygning, forsegling og lagfølge	2
Gamma-log og lagfølge.....	3
Flow-log og indstrømningsfordeling	3
Temperatur- og ledningsevne-log før og under pumpning	4
Udtagning af vandprøver – vandkemiske analyse resultater.....	5
Liste over Log-bilag.....	9

Introduktion og log-program

GEUS udførte på foranledning af NIRAS v./ Kirsten Rügge den 14. april 2005 borehulslogging og vandprøvetagning i en ny filtersat boring ved Elverhøjens Skole, Tornerosevej 58 i Herlev. Boringen var etableret i dagene forud af brøndborefirmaet Per Aarsleff A/S som led i en forureningsundersøgelse for Københavns Amt. Boringens nummer er "DGU nr. 200.5251" og lokalt nummer "B6".

Formålet med borehulsloggingen var primært at bestemme indstrømningsfordelingen i det filtersatte dybdeinterval, og på basis heraf at udtage akkumulerede vandprøver i 3 forskellige dybdeniveauer samt en prøve af blandingsvandet med henblik på en detaljeret vurdering af forureningsudbredelsen i forskellige dybder i grundvandszonen.

Der blev derfor i boringen udført kombineret ledningsevne- og temperatur-log både uden og med pumpning, samt flow-log uden og med pumpning. Desuden blev der gennemført en gamma-log og en kaliber-log i boringen.

For boringen er der udarbejdet et bilag, hvor de udførte logs er sammenstillet med GEUS's beskrivelse af de indsendte boreprøver.

Boringens udbygning, forsegling og lagfølge

Boringen er udført som 12" boring til 24 m dybde (kaliber-loggen viste dog en boringsdybde på 24,9 m). Boringen er udbygget med et 125 mm PEHD filter i 16-24 m (16,9-24,9 m) dybde og adskilt fra et 63 mm filter placeret i dybden 7,5 m til 9,5 m. Forseglingen imellem filtre er udført med bentonit, således at der over det øverste filter er forseglet fra 2,5 til 7,5 m, og imellem filtrerne fra 15 til 16 m. Boringens udbygning ses i Bilag 2.

Overordnet beskrivelse af lagfølgen på grundlag af de udtagne jordprøver:

0,0-1,6	FYLD
1,6-2,2	GYTJE
2,2-4,0	SILT
4,0-11,5	LER
11,5-14,9	SAND, morænesand
14,9-15,5	SAND, smeltevandssand
15,5-19,0	KALK/KRIDT
19,0-19,5	SAND, stort indhold af kalkklaster, "smeltevandssand"
19,5-21,0	KALK/KRIDT
21,0-23,0	SAND, stort indhold af kalkklaster, "smeltevandssand"
23,0-24,0	KALK/KRIDT

En mere detaljeret beskrivelse af lagfølgen fremgår af Bilag 2.

Gamma-log og lagfølge

På en gamma-log vil lerlag normalt have et meget højere strålingsniveau end lag af silt, sand eller grus, som igen normalt har lidt højere strålingsniveau end kalk og kridt. Lokale Bentonit- eller cement forseglinger kan forstyrre muligheden for en verifikation af lagfølgen ud fra gamma-log, idet cement og visse typer Bentonit også bidrager med høj gamma-stråling. I den undersøgte boring er der udført forsegling med bentonit i 2 intervaller 2,5-7,5 m og 15-16 m, hvorfor et eventuelt ekstra strålingsbidrag i disse dybdeintervaller. Dette er forudsætningen for de følgende kommentarer til lagfølgen:

Gamma-loggen tyder på følgende lagfølge:

1,3-2,7	Fyld, sand, silt
2,7-8,0	Bentonit / ler
8,0-11,5	Ler, sandblandet
11,5-13,0	Sand, lerblandet
13,0-14,8	Sand
14,8-15,7	Bentonit / ler
15,7-23,8	Kalk

Den tolkede lagfølge er vist på log-bilag sammen med GEUS's beskrivelse af profilen.

Gamma-loggen viser god overensstemmelse med GEUS's beskrivelse af profilen, dog viser gammaloggen ikke de sandlag i kalken som fremgår af poreprofilen i henholdsvis 19-19,5 m og 21-23 m dybde. Dette kan skyldes at gammaloggen ikke viser forskelle mellem sand- og kalkkorn, hvor sandet som her er stærkt kalkholdigt. Tolkningen af gamma-loggen sløres dog af de 2 bentonit propper i boringen.

Flow-log og indstrømningsfordeling

Kontinuert propel flow-log blev opmålt i boring B6 med nedsænkningshastighed af sonden på 5 m/min og med en SQ7 pumpe anbragt i ca. 10 m dybde. Pumpens ydelse under logningen blev tilpasset i de enkelte boringer således at sænkningen af grundvandsspejlet ikke nåede pumpen indenfor den time, som en flow-log kunne vare. Der anvendtes følgende pumpeydelse: 5,1 m³/t. Rovandspejlet inden pumpning stod i B6 i 1,59 m dybde, og vandspejlet nåede under pumpningen ned på omkring 2,93 m dybde.

De ubehandlede flow-log tælleletal (rotationer per minut = rpm) ses på log-bilaget som "Flow Q=5,1 m³/t". På samme log-søjle er til sammenligning vist den opmålte flowlog uden pumpning, "Flow Q=0", som giver basis-tælleallet for sondehastighed 5 m/min. i den aktuelle boring (vist som en lodret linie på søjlen med "Flow Q=0"). Nederst i boringen ses tælleallet under pumpning at være større end i situationen uden pumpning, hvilket viser, at der sker indstrømning straks fra filterets bund. Det observerede basis-tælleletal i B6 er ca. 45 rpm.

For at kunne omregne en flowlogs ubehandlede (rå) tælleletal til akkumuleret indstrømning i procent skal ovennævnte basis tælleletal i boringen fratrækkes de rå flowlog tælleletal. Derefter omregnes de korrigerede flow-log tælleletal til akkumuleret indstrømning i procent ved, at alle tælleletal sættes i procent af det gennemsnitlige korrigerede tælleletal i blænderøret over filteret, hvor det jo vides at tælleallene repræsenterer 100 % indstrømning.

Ud fra den akkumulerede procent kurve, "*Flow Q=aktuel ydelse m³/t*", kan det vurderes hvor der sker lokale indstrømninger, og hvor der sker jævnt fordelt indstrømning eller eventuel slet ingen indstrømning. For boring B6 kan denne tolkning summeres således:

Der sker en indstrømning over det meste af filtersektionen fra 16,9 – 24,9 m dybde, hovedparten af indstrømningen, 64%, sker dog i de øverste 2,5 m af filteret. Opdelt på sektioner er der følgende indstrømningsfordeling i filteret:

16,9-17,9 m: 38%

17,9-19,5 m: 26%

19,5-22,0 m: 4%

22,0-22,5 m: 10%

22,5-23,0 m: 14%

23,0-24,3 m: 0%

I bund af boring: 8%

Temperatur- og ledningsevne-log før og under pumpning

Temperatur-logs

Temperaturen i det stillestående vand før pumpning: Fra 2,5-5,0 m er temperaturen ret konstant ca. 9 °C, herunder stiger temperaturen jævnt til ca. 10,1 °C i 13 m dybde for at falde til ca. 9,8 °C i 19,5 m dybde. Herunder er temperaturen konstant 9,7 °C til boringens bund. Fra den øvre del af filterintervallet 16,9-19,5 m er den lidt højere sammenfaldende med den zone i filteret hvor der sker den største vandtilstrømning sammenlignet med den dybere del af filter intervallet 19,5-24,9 m.

Temperatur-log under pumpning: Under pumpningen er temperaturen konstant 9,7 °C i det målet interval 13,3-24,9 m. Der ses ingen spring i temperaturen som følge af lokale indstrømninger eller overgang fra filter til blindrør.

De målte temperaturer er 3-4 °C lavere en de grundvandstemperaturer der blev målt i de nærliggende boringer, DGU nr. 200.5207, .5210, .5211 og .5212, i oktober 2004.

Ledningsevne-logs

Ledningsevne-loggen i det stillestående vand før pumpning (måles kombineret med temperatur-log):

Ledningsevnen er ret konstant gennem hele boringen, ca. 80 mS/m. Der ses ingen ændringer i ledningsevnen i de zoner hvor der sker en stor tilstrømning af vand fra formationen

til boringen. Ledningsevnen i blænderøret er den samme som i filtersektionen. Det ensartede forløb kan muligvis skyldes at boringen var blevet renpumpet dagen i forvejen.

Ledningsevne-logs under pumpning:

Forløbet af ledningsevnen under pumpning er sammenfaldende med forløbet uden pumpning. Ledningsevnen er konstant over hele filtersektionen, hvilket viser at vandkvaliteten med hensyn til makroioner er den samme i intervallet 17 til 19 m dybde, hvor størstedelen af vandtilstrømningen sker, som i den resterende del af det filtersatte interval 19 – 24 m u.t.

Udtagning af vandprøver – vandkemiske analyseresultater

I boring B6 blev der i tre forskellige dybdeniveauer i hovedfilteret (125 mm) udtaget akkumulerede vandprøver af det opadstrømmende vand med en MP1 pumpe på laveste ydelse (ca. 200 l/t), idet der samtidig blev pumpet med ydelsen henholdsvis 5,1 m³/t med en SQ7-pumpe anbragt i ca. 10 m dybde. Dybderne for udtag af vandprøver blev udvalgt på basis af en fortolkning i felten af flow-log, og er vist på Log-bilag 1 samt anført i Tabel 1 nedenfor. Her er der også anført, hvor mange procent af den totale ydelse, den enkelte vandprøve ifølge flow-loggen repræsenterer.

Der blev endvidere med MP1-pumpen udtaget en vandprøve et par meter over top filter, som således skulle repræsentere blandingsvandet fra filteret. I forbindelse med prøveudtagning med MP1 pumpe anvendtes der slanger af Teflon, idet prøverne skulle analyseres for klorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter heraf. Der blev udtaget én vandprøve til analyse for hovedbestanddele, analyseparametre efter "Boringskontrolprogrammet".

I boringens korte 63 mm filter blev der også udtaget vandprøver til analyse for klorerede opløsningsmidler og hovedbestanddele. Selve prøveudtagningen og –håndteringen blev forestået af NIRAS.

Tabel 1: Udtagne prøver, udførte analyser (x) og stofgruppe påvist (+)/ej påvist (-)

Udtaget prøve (dybde, m) % af total ydelse	B6				
	7,5 – 9,5 ¹⁾	15,0 ²⁾	17,5	21,0	23,8
	-	100	90	32	8
Analyse type:					
Boringskontrol	x		x		
Chlorerede opløs. i vand	x(+)	x(+)	x(+)	x(-)	x(-)
Chlorerede nedbryd.prod.	x(+)	x(+)	x(-)	x(-)	x(-)

¹⁾ Prøve udtaget i 63 mm filter

²⁾ Blandingsvand, prøve udtaget i forerør

For de 2 grupper af organiske forbindelser "Chlorerede opløsningsmidler i vand" og "Chlorerede nedbrydningsprodukter" er der analyseret for henholdsvis 5 og 4 stoffer.

I Tabel 2 nedenfor er analyseresultaterne for de organiske chlorforbindelser i blandingsvandprøven sammenstillet med analyseresultaterne fra de akkumulerede prøver. Der er som nævnt ovenfor analyseret for 5 forskellige chlorerede opløsninger og 4 forskellige chlorerede nedbrydningsprodukter.

Chlorerede opløsninger

Af de chlorerede opløsningsmidler er der målt Trichlorethylen i 3 vandprøver udtaget i forskellig dybde, 8,5, 15 og 17,5 m dybde. De 4 øvrige chlorerede opløsningsmidler er ikke målt i koncentrationer over detektionsgræsen. I de 2 nederste akkumulerede vandprøver udtaget 21 og 23,8 m dybde er ikke målt chlorerede opløsningsmidler i koncentrationer over detektionsgræsen. Trichlorethylen må derfor strømme til boringen i den øverste del af det dybe filter i intervallet 16,9-21,0 m.

Chlorerede nedbrydningsprodukter

To af de fire chlorerede nedbrydningsprodukter, nemlig trans-1,2-dichlor ethylen og cis-1,2-dichlorethylen, er målt i blandingsvandet udtaget i blænderet og i 63 mm filteret 7,5-9,5 m dybde. De 2 chlorerede nedbrydningsprodukter er ikke målt i koncentrationer over detektionsgræsen. I de 3 akkumulerede vandprøver udtaget i henholdsvis 17,5, 21 og 23,8 m dybde er der ikke målt chlorerede nedbrydningsprodukter i koncentrationer over detektionsgræsen. Trans-1,2-dichlor ethylen og cis-1,2-dichlorethylen må derfor strømme til boringen i den øverste del af det dybe filter i intervallet 16,9-21,0 m.

Tabel 2: Analyseresultater for Chlor. opløsninger og Chlor. nedbrydningsprodukter

Boringer			Chlorerede opløsningsmidler i vand					Chlorerede nedbrydningsprodukter			
Dybde (m)	% Q	Ind %	Trichlor methan (µg/l)	1.1.1-Trichlor methan (µg/l)	Tetra-chlor-methan (µg/l)	Trichlor ethylen (µg/l)	Tetra chlor ethylen (µg/l)	Vinyl chlorid (µg/l)	1,1-dichlor ethylen (µg/l)	trans-1,2-dichlor ethylen (µg/l)	cis-1,2-dichlor ethylen (µg/l)
7,5-9,5	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	12	0,24	<0,2	<0,1	0,4	2,6
15,0	100	15	<0,05	<0,05	<0,05	1,7	<0,05	<0,2	<0,1	0,3	4,3
17,5	85	53	<0,05	<0,05	<0,05	0,37	<0,05	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1
21,0	32	24	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1
23,8	8	8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1

Værdier i kursiv og med mørkegrå baggrund er beregnede koncentrationer i indstrømmende vand i dybdeinterval mellem prøveudtagning

Vertikal variation i stofkoncentrationer

Analyseresultaterne sammenholdt med kendskabet til indstrømningsfordelingen, dvs. til antal % af den totale ydelse, som den enkelte vandprøve repræsenterer, er anvendt til at beregne koncentrationen (X_{iN}) på det vand, der indstrømmer i dybdeintervallet (iN) imellem to vandprøver fra dybderne N og $N+1$. Som eksempel er der nedenfor vist beregningen af Trichlorethylen i dybdeintervallerne imellem vandprøverne i B6.

Der gælder følgende sammenhæng mellem vandmængde i % (PCT_N og PCT_{N+1}) for 2 efterfølgende vandprøver og deres koncentrationer (C_N og C_{N+1}) samt indstrømmet vandmængde ($PCT_{N+1} - PCT_N$) i dybdeintervallet imellem vandprøverne og koncentrationen (X_{iN}) i den indstrømmede vandmængde: $PCT_{N+1} * C_{N+1} = (PCT_{N+1} - PCT_N) * X_{iN} + PCT_N * C_N$

Fra Triclorethylen for øverste akkumulerede vandprøve sammenholdt med næstøverste:

$$85\% * 0,37 = (85\% - 32\%) * X_{i3} + 32\% * 0 \text{ hvoraf fås } X_{i3} = 0,59 \mu\text{g/l}$$

Blandingsvandsprøven sammenholdt med den øverste akkumulerede :

$$100\% * 1,7 = (100\% - 85\%) * X_{i3} + 85\% * 0,59 \text{ hvoraf fås } X_{i4} = 8,0 \mu\text{g/l}$$

Tilsvarende koncentrations-balance ligninger er opstillet for de andre prøver og koncentrationerne er beregnet således som det fremgår af værdierne vist i kursiv og med mørkegrå baggrundsskygge i tabel 2.

Analyseresultater fra boringskontrol

Der blev udtaget 2 vandprøver til analyse af grundvands hovedbestanddele efter boringskontrol analyseprogrammet. I det korte filter 7,5 – 9,5 m u.t. blev der udtaget en grundvandsprøve, og i det dybe filter blev der i 17,5 m blev der udtaget en akkumuleret vandprøve. Resultatet af disse analyses fremgår af Tabel 3. Der fremgår heraf at for flere af de anførte uorganiske vandkvalitetsparametre er der tale om overskridelser af de tilladte grænseværdier for drikkevand. Men for hovedparten af disse stoffer vil den almindelig vandbehandling på vandværket bringe indholdet under grænseværdierne.

Tabel 3: Resultater fra boringskontrol analyse (Miljølaboratoriet Glostrup)

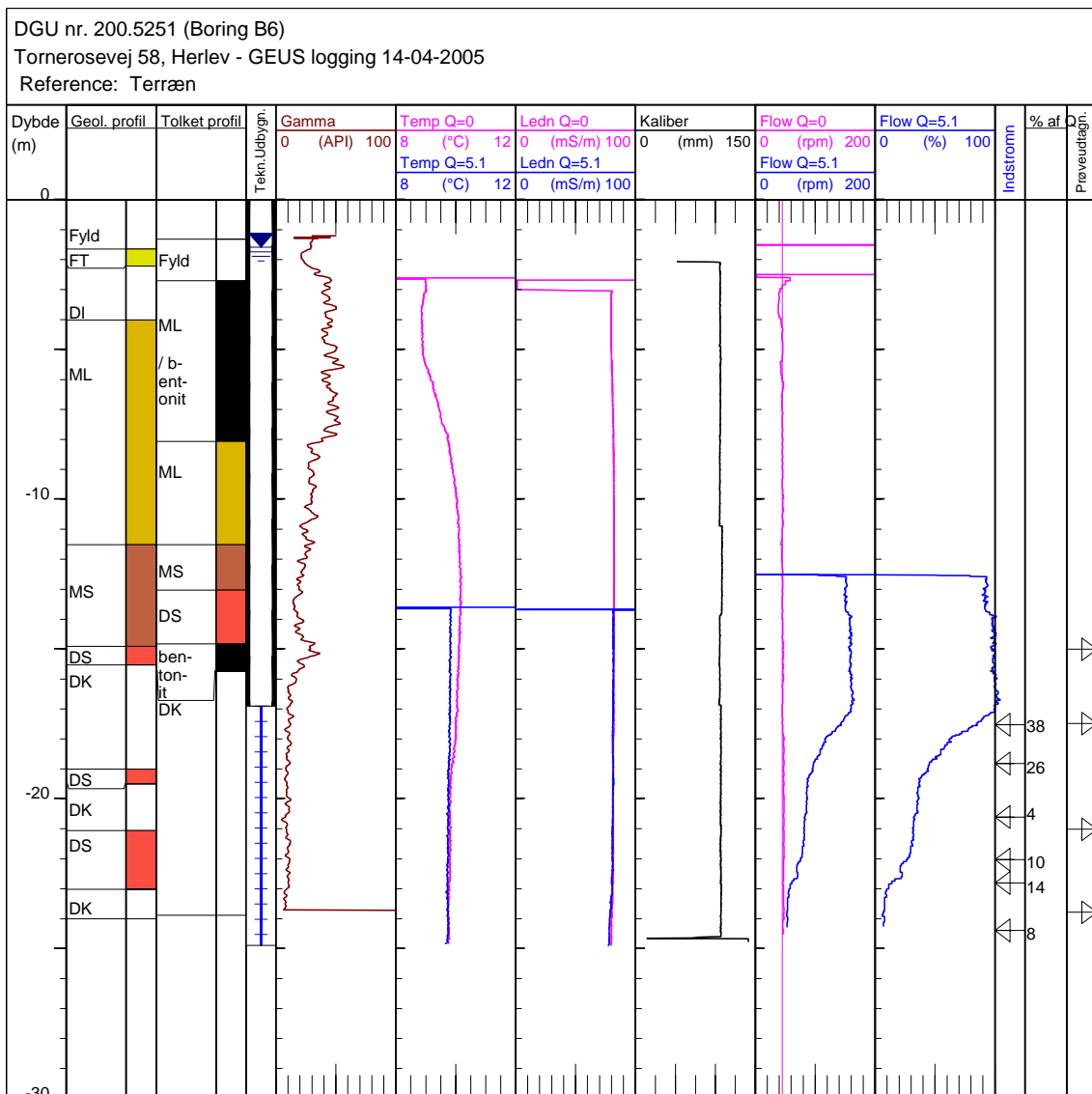
<i>Parameter</i>	<i>Øvre filter 7,5 – 9,5 m u.t.</i>	<i>Prøve udtaget 17,5 m u.t.</i>	<i>Grænseværdi for drikkevand (v.vandværk)</i>	<i>Enhed</i>
NVOC	12	1.3	4	mg/L
pH	7	7.2	7-8,5	
Ledningsevne	141	112	Min. 30	mS/m
Inddampningsrest	1290	835	1500	mg/L
Ammonium	0.21	0.43	0,05	mg NH ₄ /L
Hydrogencarbonat	517	294	Min. 100	mg HCO ₃ /L
Alkalinitet	8.48	4.82		mmol H ⁺ /L
Chlorid	130	118	250	mg Cl/L
Sulfat	205	210	250	mg SO ₄ /L
Nitrat	0.24	0.01	50	mg NO ₃ /L
Nitrit	0.02	<0,01	0,01	mg NO ₂ /L
Phosphor, total	0.07	0.11	0,15	mg P/L
Fluorid	0.16	0.24	1,5	mg F/L
Aggressiv kuldioxid	<2	<2	2	mg CO ₂ /L
Ilt, opløst	0.14	1.1	Min. 9	mg O ₂ /L
Jern (II)	5.36	4.521	(0,1*)	mg Fe/L
Calcium	359	185	200	mg/L
Jern *	7.5	5.6	0,1	mg/L
Kalium	5.7	3.4	10	mg/L
Magnesium	24	19	50	mg/L
Mangan	0.51	0.19	0,02	mg/L
Natrium	68	25	175	mg/L
Arsen	0.97	3.1	5	ug/L
Nikkel	3.5	2.8	20	ug/L
Methan i vand	<0,01	<0,01	0,01	mg/L
Hydrogensulfid	0.15	0.007	0,05	mg/L

Værdier i kursiv og med fed skrift viser overskridelser af grænseværdier for drikkevand

Liste over Log-bilag

- Bilag 1 GEUS borehulslogs fra boring B6 (DGU nr. 200.5251)
- Bilag 2 GEUS beskrivelse af de indsendte jordprøver fra boring B6 (DGU nr. 200.5251)

Bilag 1





BORERAPPORT

DGU arkivnr : 200. 5251

Borested : Ederlandsvej, ved Elverhøjens Skole
2730 Herlev

Kommune : Herlev
Amt : København

Boringsdato : 6/4 2005

Boringsdybde : 24 meter

Terrænkote : 18,6 meter o. DNN

Brøndbore : Aarsleff, Per. Tune

MOB-nr :

BB-journr : 230-306

BB-bornr : B6

Prøver

- **modtaget** : 25/4 2005 **antal** : 38

- **beskrevet** : 18/5 2005 **af** : NCH

- **antal gemt** : 0

Formål : Forurening/miljø

Kortblad : 1513 INØ

Datum : EUREF89

Anvendelse :

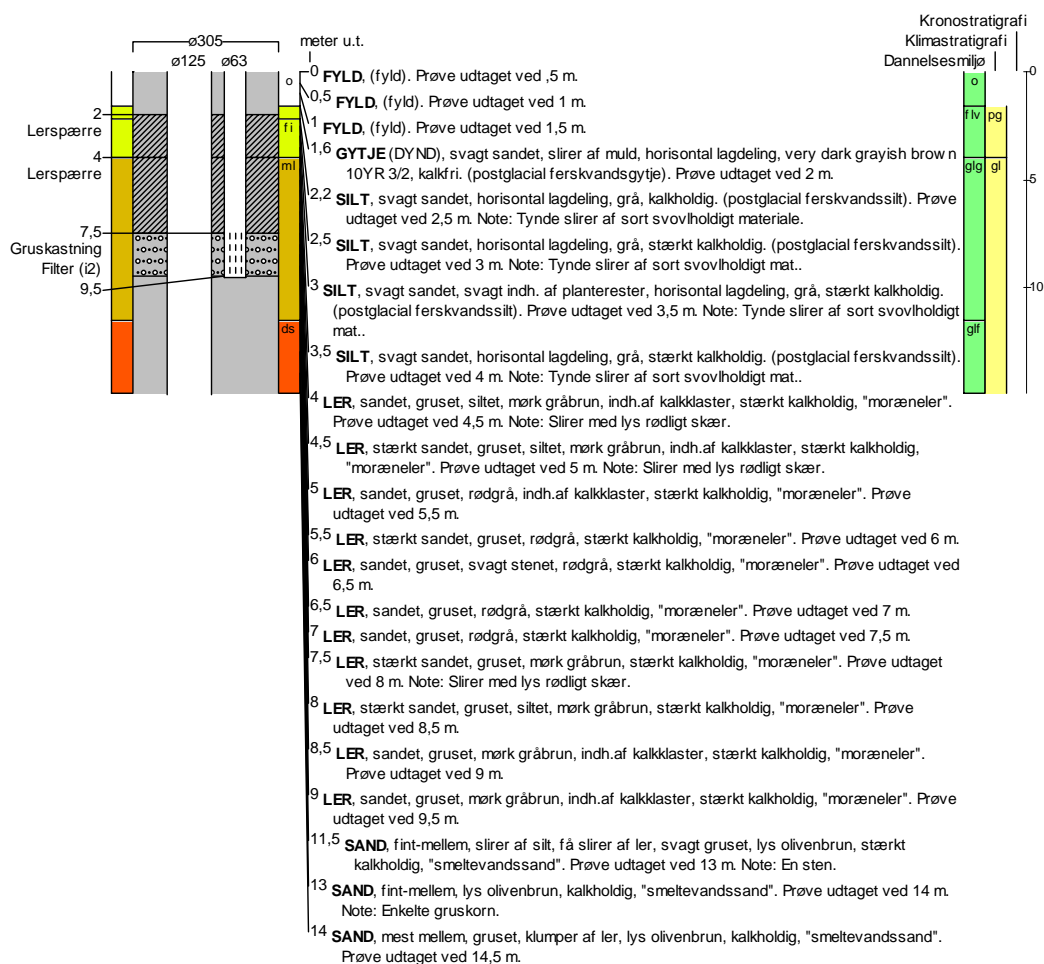
UTM-zone : 32

Koordinatkilde : GEUS

Boremethode : Snegleboring

UTM-koord. : 716350, 6181078

Koordinatmetode : GEUS aflæst



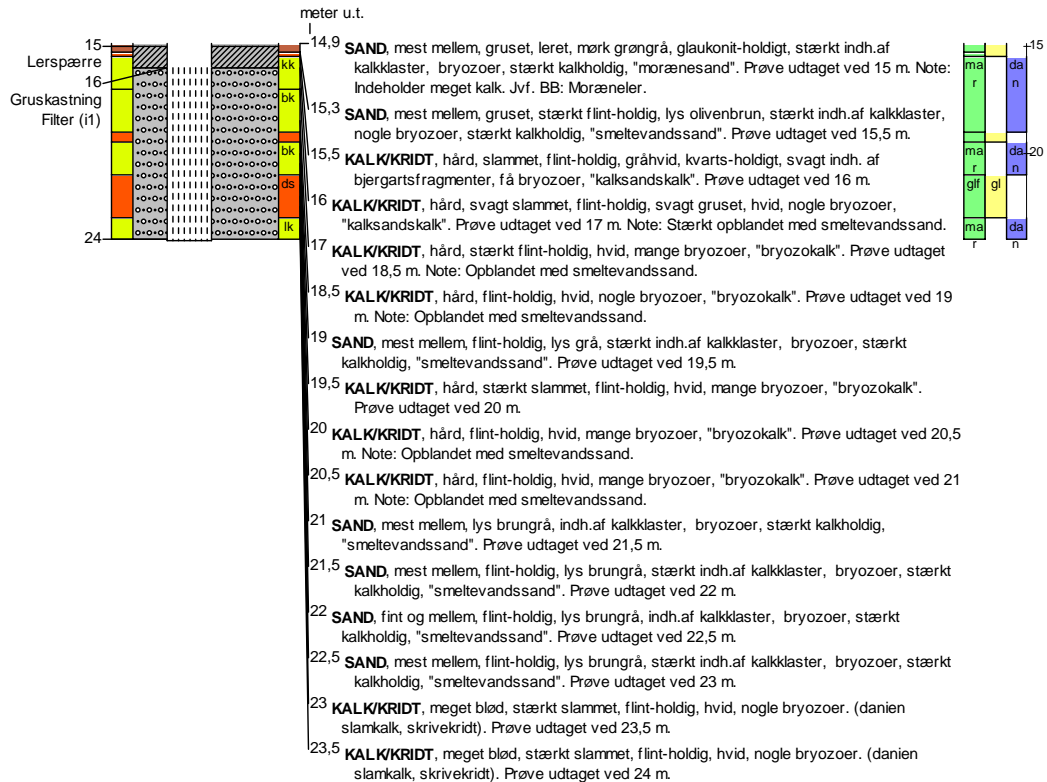
fortsættes..

Bilag 2 (forts.)



BORERAPPORT

DGU arkivnr : 200. 5251



Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)

meter u.t.	
0	- 1,6 fylde
1,6	- 4 fluvial - fluvial - postglacial
4	- 11,5 glacial - glacial
11,5	- 14,9 glaciofluvial - glacial
14,9	- 15,3 glacial - glacial
15,3	- 15,5 glaciofluvial - glacial
15,5	- 19 marin - danien
19	- 19,5 glaciofluvial - glacial
19,5	- 21 marin - danien
21	- 23 glaciofluvial - glacial
23	- 24 marin - danien