

# Frederiksborg Amt - Forureningsundersøgelse i Stenløse Industri kvarter

Borehulslogging og udtagning af vandprøver  
i boringerne DGU nr. 200.5119 og -.5120

Kurt Klitten og Erik Clausen



# **Frederiksborg Amt - Forureningsundersøgelse i Stenløse Industrikvarter**

Borehulslogging og udtagning af vandprøver  
i boringerne DGU nr. 200.5119 og -.5120

Kurt Klitten og Erik Clausen

## Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse.....	2
Introduktion og logging program.....	3
Boringernes udbygning .....	3
Lagfølge og bentonit forsegling .....	3
Flow-log og indstrømningsfordeling.....	4
Temperatur- og ledningsevne-log før og under pumpning .....	5
Udtagning af vandprøver - analyse resultater for organiske klorforbindelser.....	6

## Introduktion og logging program

GEUS udførte på foranledning af NIRAS v./Charlotte Riis den 5 februar 2004 borehulslogging i to nye filtersatte boringer i Stenløse, udført i november-december 2003 for Frederiksborg Amt af brøndborerfirmaet Brøker som led i en forureningsundersøgelse. Boringsnumrene er DGU 200.5119 og 200.5120, med lokal numrene N1 og N2.

Formålet med borehulslogging var primært at bestemme indstrømningsfordelingen i det dybe filtre i de to boringer, og på basis heraf i hver af boringerne at udtage akkumulerede vandprøver i 4 forskellige dybdenniveauer med henblik på en detaljeret vandkemisk kvalitetsvurdering af grundvandet i forskellige dybder.

Der blev derfor udført kombineret ledningsevne- og temperatur-log både uden og med pumpning i de dybe filtre, samt flow-log uden og med pumpning i samme filter. I den kombinerede ledningsevne- og temperatur sonde er der også indbygget en detektor for gamma-stråling, så der samtidig måles en gamma-log.

For hver boring er der udarbejdet et bilag, hvor de udførte logs er sammenstillet med brøndborerens jordlagsprofil. GEUS's beskrivelse af de indsendte boreprøver foreligger endnu ikke.

## Boringernes udbygning

### **N1 (DGU 200.5119):**

Boret med 12" rullemejsel til 25 m dybde. Udbygget med adskilte 125 mm PEHD filtre i henholdsvis 7-11 m dybde og 19-25 m dybde. Forseglingen imellem filtre er udført med bentonit, og ovenover det øverste filter er der forseglet med bentonit fra 6,5 til 5,5 m u.t. Herover og til 2,0 m u.t er der udstøbt med cement.

### **N2 (DGU 200.5120):**

Boret med 12" rullemejsel til 21 m dybde. Udbygget med adskilte 125 mm PEHD filtre i henholdsvis 4-8 m dybde og 13-21 m dybde. Forseglingen imellem filtre er udført med bentonit, og ovenover det øverste filter er der forseglet med bentonit til 1 m u.t. Herover og til terræn er der udstøbt med cement.

## Lagfølge og bentonit forsegling

Kalken træffes ifølge brøndboreprofilen i N1 i 18 m dybde og i N2 i 13 m dybde. Som nævnt foreligger GEUS's prøvebeskrivelse endnu ikke, men den kvartære lagserie synes i N2 overvejende at bestå af moræneler med mindre indslag af sand, f.eks. fra 3 til 5 m. I N1 er der øverst ca. 6 m moræneler, og derunder overvejende sand til 16 m med underordnede lag af ler. Fra 16 m og ned til kalken (18 m) tyder brøndborebeskrivelsen på, at der er moræneler.

På en gamma-log vil kalken normalt have et meget lavere strålningsniveau end de kvartære lag. Dette lave niveau ses netop at indtræffe i N1 fra 17,5 m dybde og i N2 fra 12,5 m dybde, hvilket bekræfter de omtrentlige dybder til kalkoverfladen.

I den kvartære lagserie er det normalt også muligt at verificere lagfølgen, idet lerlag vil have højere strålningsniveau end sandlag. En sådan verifikation er imidlertid ikke muligt i disse to borer, idet borerne er udbygget med bentonit forseglinger imellem filterne, og bentonit forårsager i sig selv som regel en høj gamma-stråling afhængig af den kemiske sammensætning af bentonitten.

I N1 ses der således et forhøjet niveau i dybdeintervallet 5-6 m, og 11-16,5 m, hvilket så nogenlunde svarer til brøndborerens oplysning om forsegling i henholdsvis 5,5-6,5 og 11-18 m.

I N2 ses der at være forhøjet niveau i dybdeintervallet 1-3,5 m og 8,5-12 m svarende til brøndborerens oplysning om forsegling i henholdsvis 1-3,5 m og 8-12,5 m.

## Flow-log og indstrømningsfordeling

Kontinueret propel flow-log blev opmålt i begge borer med nedsænkningshastighed af sonden på 5 m/min og med en MP1 pumpe anbragt i ca. 10 m dybde. Pumpens ydelse under loggingen var 1,3 m<sup>3</sup>/t. Rovandspejlet inden pumpning var i N1 ca. 7,5 m u.t. og i N2 ca. 4,5 m under terræn.

De ubehandlede flow-log tælleletal (rotationer per minut = rpm) ses på log-bilaget som "Rå flow  $Q=0$ ". Der ses nederst i boring N2 lidt højere værdier end, hvad der svarer til basistælleallet for sondehastighed 5 m/min., som er på 43 rpm i N2 (og som er vist som en lodret linie på søjlen med "Rå flow  $Q=0$ "). Der er således tale om en indstrømning helt fra boringens bund i N2, hvorimod tælleallet i N1 ved bunden er i næsten af samme størrelsesorden som basistælleallet i N1, der her er 46 rpm. Den observerede forskel i basistælleletal i de to borer kan skyldes forskel i det man kalder "stempeeffekt", som er ekstra tælleletal som følge af vandfortrængning på grund af sondens volumen i forhold til vandvolumen i boringen. Forskel i "stempeeffekt" skyldes igen forskel i kalkens transmissivitet og dermed evne til at tage imod det fortrængte vand som følge af sondens nedsænkning.

For at korrigere tælleallene på "Rå flow  $Q=0$ " for nedsænkningshastighedens bidrag til antal rotationer, fradrages basistælleallet på henholdsvis 46 rpm og 43 rpm fra de rå tælleletal. Derefter omregnes den resulterende flow-log til procent-andel af den anvendte pumpeydelse ved, at alle tælleletal sættes i procent af det gennemsnitlige korrigerede tælleletal i blænderet over filteret, som jo svarer til 100 % af den anvendte pumpeydelse.

På log-bilagene til de to borer er den akkumulerede procent kurve, Flow  $Q=1.3$ , tolket med hensyn til identifikation af, hvor indstrømningerne sker, idet det vides, at det i kalkbjergarter vil ske ved specifikke sprækker, som ofte følger lagplaner mellem hårde og bløde

kalk lag. Så selv om flow-log kurverne tilsyneladende indikerer jævnt stigende flow, så sker stigningen i virkeligheden i spring. Resultatet af en sådan tolkning er, at indstrømningszonerne er fundet i følgende dybder og med følgende procentandele:

N1: nederst/2%, 23.7m/5%, 21.7m/8%, 20.2m/20%, 19.6m/12% og 19.3m/53%.

N2: nederst/8%, 19.7m/4%, 18.6m/13%, 16.4m/15%, 16.1m/16%, 14.8m/3%, 14.1m/13% og 13.4m/28%.

N2 har således en del flere indstrømninger end N1, og indstrømningsbidragene i N2 er også mere ensartede resulterende i en mere jævn fordelingskurve end i N1. Her sker mere end halvdelen af indstrømningen øverst i filteret.

## Temperatur- og ledningsevne-log før og under pumpning

I begge borerer ses der at være stor forskel på temperatur- og ledningsevne-log før pumpning og under pumpning.

Temperaturen i det stillestående vand før pumpning er højere i blænderet over filteret, 11,2-11,3 °C, end nede i filteret, hvor temperaturen aftager mod dybden til 10,8 °C i 24,5 m dybde i N1, og til 10,5 °C i 21 m dybde i N2. Formodentlig på grund af den bymæssige placering af borerne er der således tale om, at temperaturen i grundvandet i den øvre filtersatte del af kalken i begge borerer er ca. 1-1,5 °C højere end i tilsvarende dybder i borerer i det åbne land.

Temperatur-log under pumpning viser i N1 en fuldstændig konstant temperatur på 10,9 °C, som er den samme temperatur som det stillestående vand har øverst i filteret, hvor jo også 40% af vandet indstrømmer. Men det er overraskende, at på trods af indstrømninger i den nedre del af filteret så er temperaturen på det strømmende vand under pumpning ca. 0,1 °C højere end det stillestående vands temperatur i den nederste halvdel af filteret. Forklaringen herpå må være, at det indstrømmende vand fra sprækker i den nedre del af filteret har hydraulisk forbindelse op til den øvre del, og at vandet må stamme herfra. Dette er også bekræftet ved de kemiske analyser fra N1, hvor det ses, at indholdet af tre af de fire fundne stoffer er højere i den nederste prøve end i den næst nederste.

Temperatur-log under pumpning i N2 fra bekræfter i flere henseender tolkningen af flow-log fra denne boring. F.eks. at temperaturen nederst under pumpning er lavere end det stillestående vands temperatur viser, at der i bunden opstrømmer vand fra kalken under boringens bund. Efter de sidste indstrømninger øverst i filteret øges temperaturen til 10,5 °C, som er temperaturen på det vand, der når hovedpumpen, og som er 0,4 °C koldere end vandet i N1.

Ledningsevne-loggen i begge borerer før pumpning (måles kombineret med temperatur-log) viser samme generelle forløb, nemlig en konstant og lavere ledningsevne i blænderet end i filteret, hvor den dog også er konstant. Dette forløb kunne tyde på, at vandet i blænderet stammer fra skyllevandet fra borearbejdet, medens vandet i filteret må være opblan-

det formationsvand fra kalken. En så konstant ledningsevne i filteret tyder ofte på en vertikal intern strømning i filteret imellem en indstrømning ved bunden og en udstrømning ved top af filter eller modsat. Men dette er ikke tilfældet her, idet temperaturen da også ville være konstant ned gennem filteret.

Ledningsevne-log i N1 under pumpning viser at indstrømningerne i den nedre del af filteret har samme ledningsevne på 90 mS/m. Indstrømningen i 20.2m har en lavere ledningsevne, indstrømningen i 19.6m øger ledningsevnen en smule og det samme sker ved den sidste indstrømning i 19.3m dybde, hvorefter ledningsevnen igen er det samme som ved bunden, nemlig 90 mS/m, i øvrigt det samme som i hele filteret før pumpning.

Ledningsevne-log i N2 under pumpning viser i princippet samme variations mønster: Indstrømningerne i den nedre del af filteret har samme ledningsevne på 131 mS/m. Indstrømningen i 18.6 m øger ledningsevnen til 137 mS/m, hvorimod indstrømningen i 16.4 m ikke ændrer denne. Derimod har indstrømningen i 16.1 m en lavere ledningsevne, så den herover kun er 122 mS/m. De sidste indstrømninger i henholdsvis 14.8, 14.1 og 13.4 øger alle ledningsevnen en smule således at den lige over filteret er det samme som ved bunden, nemlig 131 mS/m, som øvrigt er lidt lavere end ledningsevnen i det stillestående vand i filteret før pumpning.

## **Udtagning af vandprøver - analyse resultater for organiske klorforbindelser**

I hver af de to borer blev der med en MP1 pumpe på laveste ydelse (ca. 200 l/t) udtaget 4 vandprøver af det opstrømmende vand, idet der samtidig pumpes med en MP1-pumpe anbragt i ca. 10 m dybde med ydelsen 1.3 m<sup>3</sup>/t. Dybderne for udtaget af vandprøver er vist på log-bilagene, og er også anført i tabellen nedenunder, hvor der samtidig er anført, hvor mange procent af den totale ydelse, den enkelte vandprøve repræsenterer.

Vandprøven lige ovenover top filter skulle repræsentere den totale ydelse, og derfor vise samme analyse resultat som en eventuel vandprøve fra hovedpumpen med mindre, der er utætheder i blænderet over filteret. Ved denne undersøgelse blev der dog ikke udtaget prøver fra hovedpumpen, idet det skønnedes, at fremgangsmåden ved samling af blænderør over filteret skulle sikre tætte samlinger.

I tabellen er der også vist ledningsevnen ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  ved 25 °C) målt i felten på de udtagne vandprøver. Endvidere er resultaterne fra de kemiske analyser for organiske forbindelser indført i tabellen. Der er i alle prøver påvist "purge & trap, halogener + nedbrydelige stoffer. Der er analyseret for 14 forskellige organiske klorforbindelser, og 4 af disse, nemlig Triclor-ethylen, Vinylclorid, Diclorethylen og Diclorethan, optræder i alle prøver fra N1, men kun i tre af prøverne fra N2. Fra den nederste prøve i N2 kunne Diclorethan ikke påvises, men de tre andre optrådte også i denne prøve.

Sammenlignes analyse resultaterne fra de to borer, ses indholdet af tre af stofferne at være signifikant højere i N2 end i N1, hvorimod der er større koncentrationer af det fjerde stof, Diclorethan, i N1 end i N2. Variationsmønstret i de to borer er også forskelligt, idet

koncentrationen for alle stoffer stiger mod dybden i N2, hvorimod det er et mere komplekst variationsmønster i N1: Triclorethylen og Diclorethylen aftager mod dybden bortset fra den nederste prøve, som igen viser stigning. Vinylclorid er stort set konstant og lige over detektionsgrænsen, medens Diclorethan først aftager i forhold til total prøven, og derunder igen viser stigning.

N1							N2						
Dybde (m)	EC (μS/cm)	% Q	Triclorethylen (μg/l)	Vinylclorid (μg/l)	Diclorethylen (μg/l)	Diclorethan (μg/l)	Dybde (m)	EC (μS/cm)	% Q	Triclorethylen (μg/l)	Vinylclorid (μg/l)	Diclorethylen (μg/l)	Diclorethan (μg/l)
18.5	1043	100	0.51	0.023	0.45	0.82	13	1394	100	4.1	0.056	0.66	0.040
	1067		0,75	0,026	0,485	1,139		1530		-0,01	-0,001	0,069	0,019
19.5	1016	47	0.24	0.020	0.41	0.46	14	1341	72	5.7	0.078	0.89	0.048
	994		0,30	0,018	0,462	0,376		1569		4,65	0,029	0,155	0,024
21.5	1062	15	0.12	0.025	0.30	0.64	16	1276	56	6.0	0.092	1.1	0.055
	1101		0,09	0,026	0,274	0,544		1182		5,84	0,100	1,487	0,099
23.5	1018	7	0.16	0.024	0.33	0.75	18	1393	25	6.2	0.082	0.62	<0.02

Værdier i kursiv er beregnede koncentrationer og ledningsevne i indstrømmende vand i dybdeinterval mellem prøveudtagning

Det er værd at bemærke, at de øgede koncentrationer i den nederste prøve i N1 kan skyldes, at indstrømningen til filteret under denne prøvedybde har hydraulisk kontakt i lidt større afstand fra boringen til det mere forurenede vand øverst i kalken jævnfør bemærkninger ovenfor til temperatur-loggen under pumpning.

Analyseresultaterne sammenholdt med kendskabet til indstrømningsfordelingen, d.v.s. 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 Triclorethylen i dybdeintervallerne imellem vandprøverne i N2.

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 værdierne for de nederste to vandprøver i N2 fås:

$$56\% * 6.0 = (56\% - 25\%) * X_{i1} + 25\% * 6.2, \text{ hvoraf fås } X_{i1} = 5.8$$

Tilsvarende fås for næstnederste og næstøverste vandprøve:

$$72\% * 5.7 = (72\% - 56\%) * X_{i2} + 56\% * 6.0, \text{ hvoraf fås } X_{i2} = 4.65$$

Endelig for øverste vandprøve sammenholdt med næstøverste:

$$100\% * 4.1 = (100\% - 72\%) * X_{i3} + 72\% * 5.7, \text{ hvoraf fås } X_{i3} = 0$$

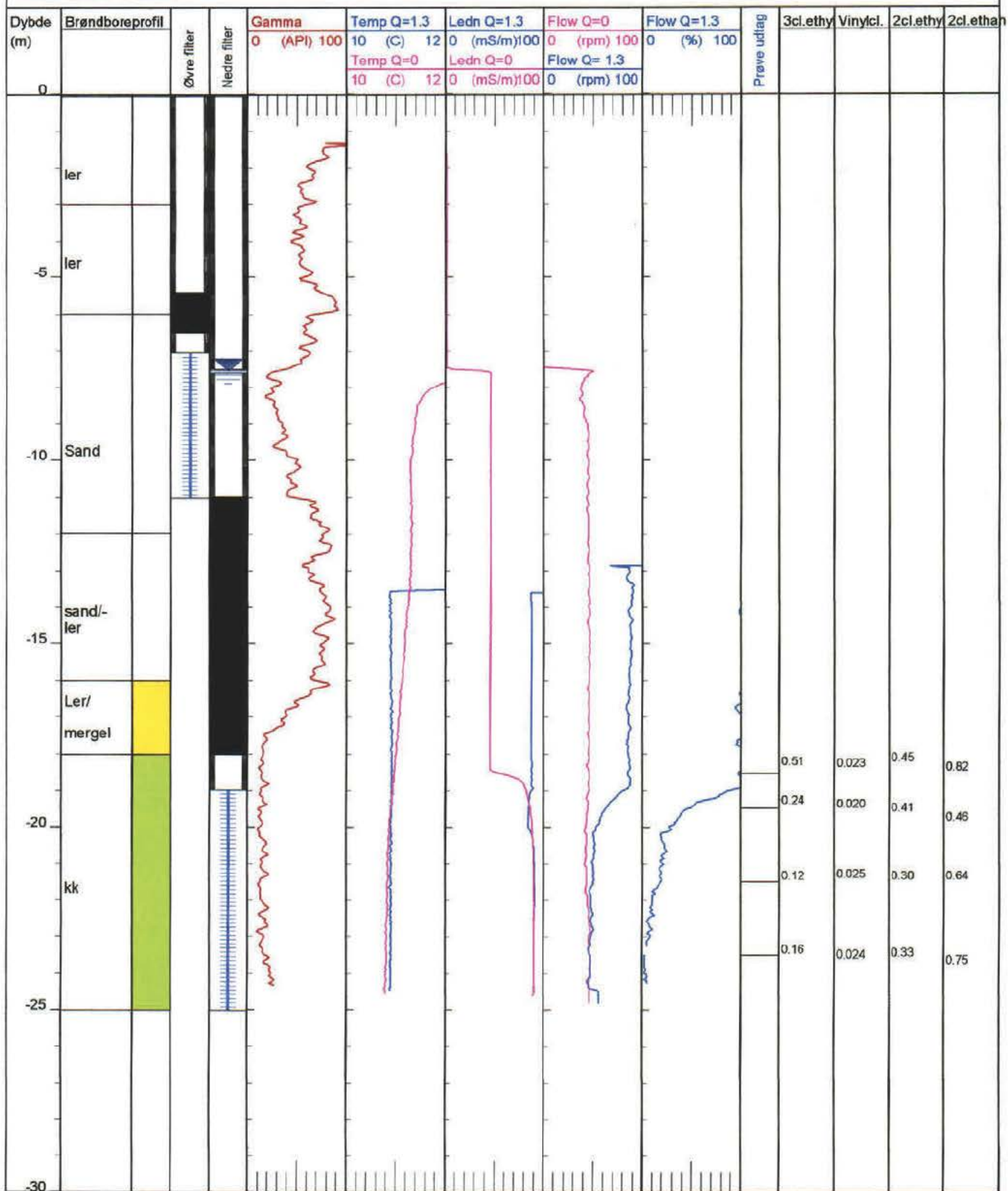
Tilsvarende koncentrations-balance ligninger er opstillet for de andre prøver og koncentrationerne er beregnet således som det fremgår af værdier i kursiv i tabellen. Heraf fås det overraskende, at det indstrømmende vand øverst i det dybe filter i N2 ovenover dybden 14 m ikke indeholder hverken Triclorethylen eller Vinylclorid, og kun små mængder Diclorethyl og Diclorethan sammenlignet med indstrømningerne dybere nede i filteret.



DGU nr. 200.5119 (lokal nr. N1)

Frydensbjergvej 2, Stenløse - GEUS logging: 05-02-2004

Reference: Terræn



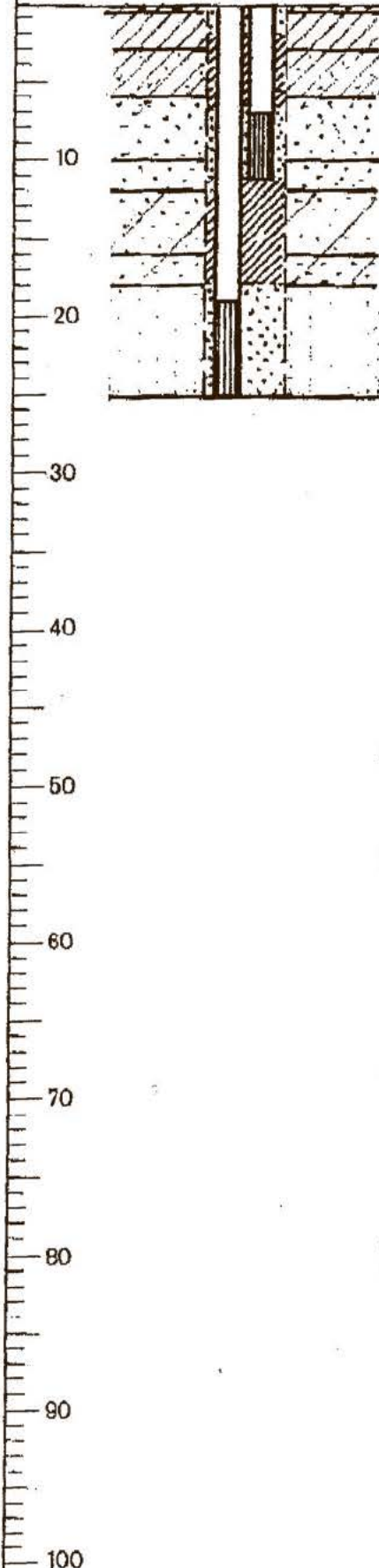


DGU nr. 200.5119  
248-03

# BOREJOURNAL

Frydenbergvej 2, Stenløse. Boring beliggende  
15 m NØ for Frederikssundvej og  
110 m SØ for Dam Agre.

m.



Terrænkote ca. 15,6. UTM-koordinater x700703  
ED 50-zone32 y6185432

Jordlag fra 0 m.

til 0,5 m muld, leret

- 3 - gult ler
- 6 - gult sandet ler
- 10 - fint gult sand
- 12 - fint gråt sand
- 16 - fint gråt sand m lerstriber
- 18 - leret gråt sand med kalk
- 25 - kalk med flint

## Boremethode:

Rotationsborearbejde ved omvendt skylning med  
12" rullemejsel til 25 m.u.t.

## Boringens udbygning:

- A: til 19 m 125 x 10 mm PEHD forerør  
- 25 m 125 mm PEHD filter med 0,7 mm slids og sten 6
- B: til 7 m 125 x 10 mm PEHD forerør  
- 11 - 125 mm PEHD filter med 0,7 mm slids og sten 3

## Forsegling:

- fra 2 m.u.t. til 5,5 m.u.t. cement  
- 5,5 - til 6,5 - bentonit QSE  
- 11 - - 18 - bentonit QSE

A: Vandstør i v 7,30 m u.t.  
10 m<sup>3</sup>/t ved 6,7,3 m senkning

B: Vandstør i v 7,30 m u.t.  
0,4 m<sup>3</sup>/t ved 2,72 m senkning

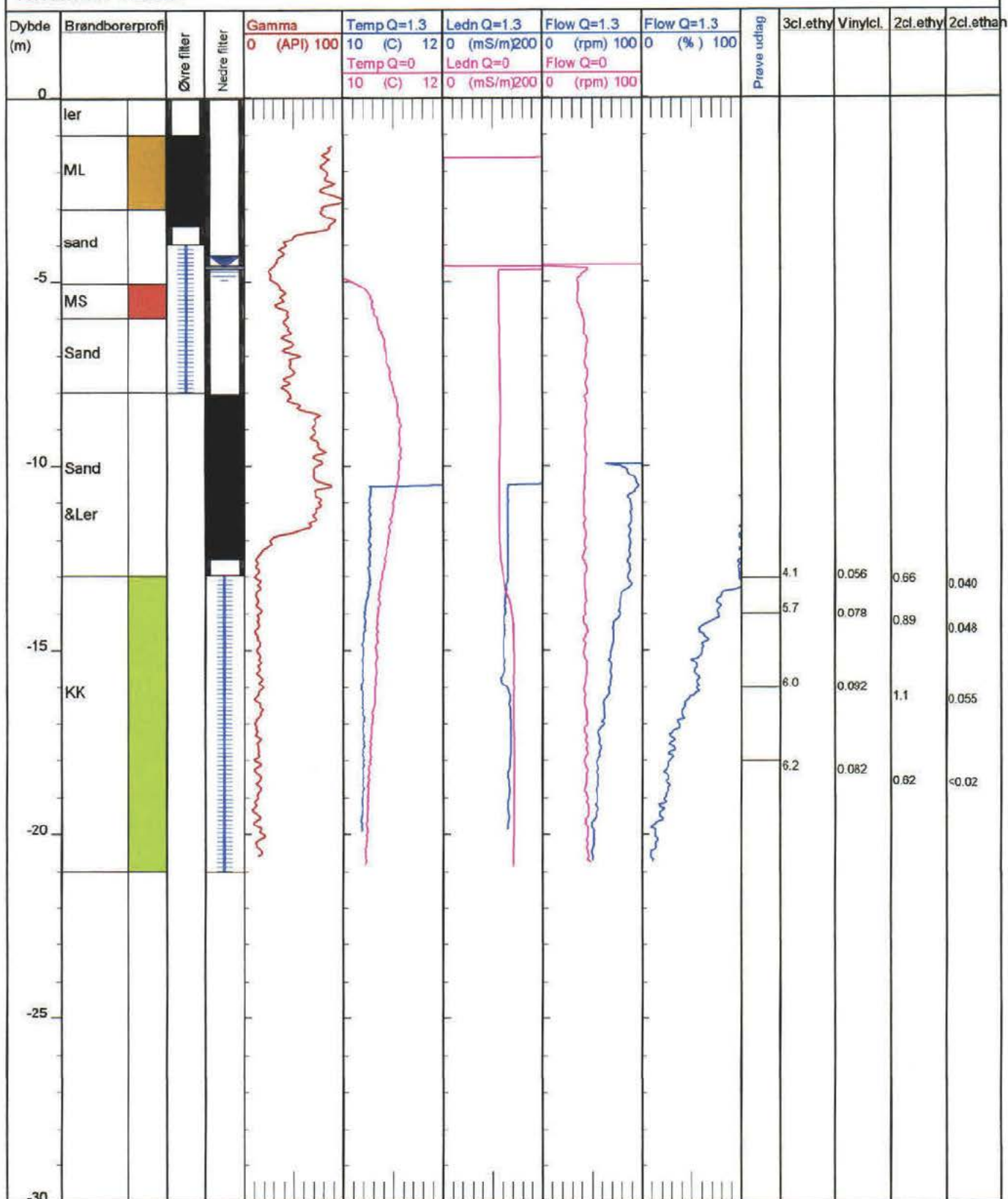
Holbæk, den 22-12-2003

*H. Brøker*

DGU nr. 200.5120 (lokal nr. N2)

Damgårdsparken, Stenløse - GEUS logging: 05-02-2004

Reference: Terræn





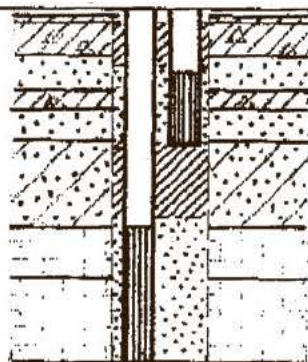
DGU nr. 200.5120

**BOREJOURNAL**

247-03

Stenløse, Damgårdsparken, boring nr. N2  
 beliggende 30 m SV for Frederikssundvej og  
 75 m SØ for Krogholmvej.

m.



Terrænkote ca. 12,8. UTM-koordinater x 700622  
 ED 50-zone 32 y 6185404

Jordlag fra o.m.

- til 0,5 m stabil grus
- 1 - gult ler
  - 3 - moræneler
  - 5 - gult sand
  - 6 - sandet moræneler
  - 8 - stenet gråt sand
  - 13 - stenet leret gråt sand
  - 16 - kalk
  - 21 - kalk med flint

**Boremethode:**

Rotationsborearbejde ved omvendt skylning med  
 12 1/4" rullemejsel til 21 m.u.t.

**Boringens udbygning:**

- A: til 13 m 125 x 10 mm PEHD forerør  
 - 21 - 125 mm PEHD filter m 0,7 mm slids og sten nr.6
- B: til 4 m 125 x 10 mm PEHD forerør  
 - 8 - 125 mm PEHD filter m 0,7 mm slids og sten nr.3

**Bentonitforsegling:**

fra 1 m.u.t. til 3,5 m.u.t. bentonit type QSE  
 - 8 - til 12,5 - - - -

$$A: v_s i_{v0} = 5,44 \quad 10 \frac{m^3}{c} \div 2,93 m$$

$$B: v_s = 5,55 \quad 0,2 \frac{m^3}{c} \div 4,0 m$$

Holbæk, den 26-12-2003