

# Forureningsundersøgelse, Nimbusparken, 2006

## NIRAS

Udførelse af geofysiske borehulslogs i 3 boringer:  
DGUnr. 201.6708 (KB-101), 201.6709 (KB-102)  
og 201.6710 (KB-103)

Per Rasmussen & Per Jensen



# Forureningsundersøgelse, Nimbusparken, 2006

## NIRAS

Udførelse af geofysiske borehulslogs i 3 boringer:  
DGUnr. 201.6708 (KB-101), 201.6709 (KB-102)  
og 201.6710 (KB-103)

Per Rasmussen & Per Jensen

# Indhold

<b>1.</b>	<b>Introduktion og undersøgelsesprogram</b>	<b>3</b>
1.1	Introduktion.....	3
1.2	Undersøgelsesprogram .....	4
1.3	Tekniske forhold .....	5
<b>2.</b>	<b>Undersøgelsesresultater</b>	<b>6</b>
2.1	Boring DGUnr. 201.6708 (KB 101) .....	6
2.1.1	Geologisk lagfølge .....	6
2.1.2	Temperaturlog uden og med pumpning.....	6
2.1.3	Ledningsevnelog uden og med pumpning.....	6
2.1.4	Flowlog og indstrømningsfordeling .....	7
2.2	Boring DGUnr. 201.6709 (KB 102) .....	7
2.2.1	Geologisk lagfølge .....	7
2.2.2	Temperaturlog uden pumpning.....	7
2.2.3	Ledningsevnelog uden pumpning.....	8
2.2.4	Flowlog og indstrømningsfordeling .....	8
2.3	Boring DGUnr. 201.6710 (KB 103) .....	8
2.3.1	Geologisk lagfølge .....	8
2.3.2	Temperaturlog uden pumpning.....	9
2.3.3	Ledningsevnelog uden pumpning.....	9
2.3.4	Flowlog og indstrømningsfordeling .....	9
<b>3.</b>	<b>Bilagsliste</b>	<b>11</b>

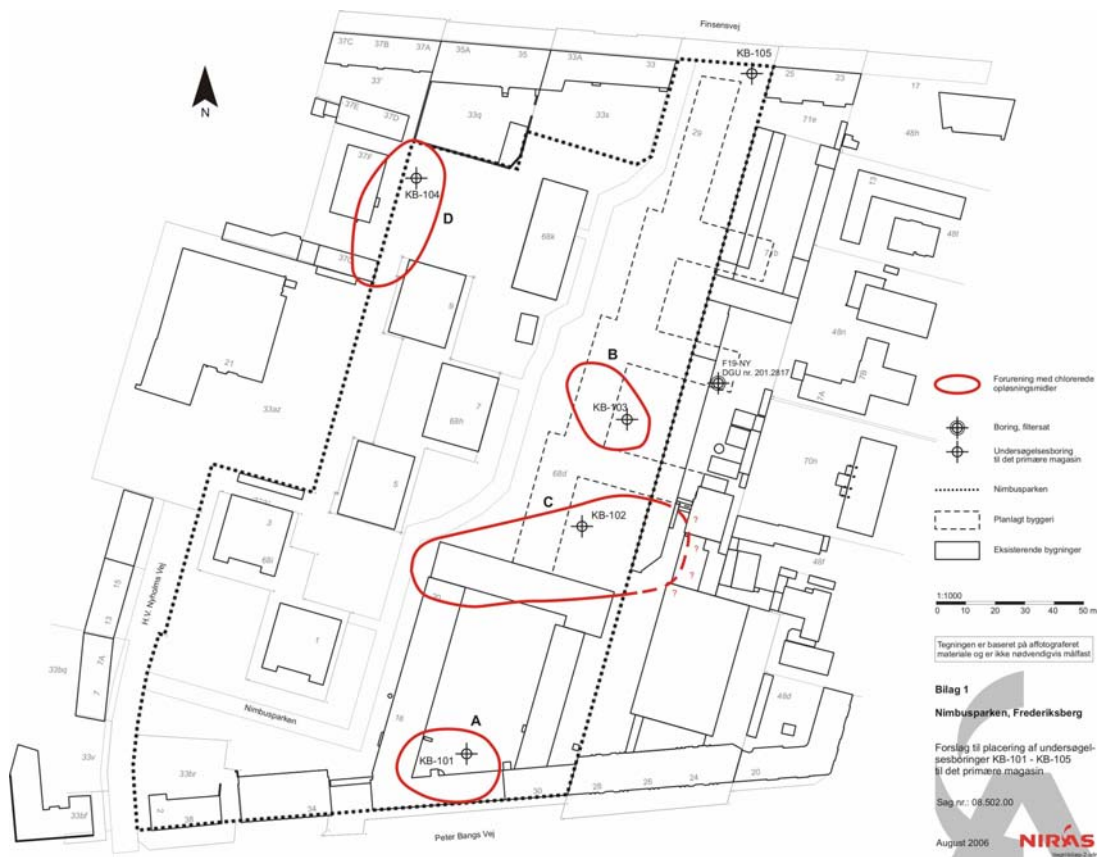
# 1. Introduktion og undersøgelsesprogram

## 1.1 Introduktion

På foranledning af NIRAS as gennemførte GEUS i november og december 2006 borehulslogging af 3 borer i Nimbusparken, Frederiksberg.

Formålet med undersøgelserne var at bestemme indstrømningsforholdene i 3 borer med henblik på at fastsætte dybdeniveauer for udtagning af grundvandsprøver i forbindelse med en forureningsundersøgelse på stedet. Desuden blev den geologiske lagfølge dokumenteret ved borehulsloggingen.

Boringernes placering fremgår af figur 1. På området findes en eksisterende boring (DGU nr. 201.2817) i hvilken der er beskrevet ler med slirer af grus fra terræn til 17 m dybde. Toppen af kalksandskalken (danien) er i 17 m, svarende til kote +4,5 m. Kalken er beskrevet som hård og flintholding fra 17 til 41 m dybde.



Boringerne blev boret og filtersat umiddelbart før gennemførelsen af de geofysiske borehulslogs, der blev foretaget henholdsvis den 5.12.2006 (201.6709 (KB 102) og 201.6710 (KB 103)) og den 13.13.2006 (206.6708 (KB 101)).

Det normale GEUS logging program for undersøgelsesboringer i forbindelse med forureningsundersøgelser omfatter en verifikation af den geologiske lagfølge i de enkelte boringer ved hjælp af gamma-log og induktions-log, medens ledningsevne- og temperatur-log udført såvel uden som under pumpning fra boringen giver information om eventuel intern strømning uden pumpning, samt identifikation af indstrømningszoner under pumpning og eventuel saltvandspåvirkning.

Programmet omfatter endvidere en fastsættelse af indstrømningen i de enkelte indstrømningszoner ved hjælp af flow-log under pumpning fra boringen, samt eventuelt en kaliberlog. Sidstnævnte er især nødvendig hvor en del af boringen er åben, fordi variation i borehullets diameter og især forholdet mellem diameteren i forerøret og den gennemsnitlige diameter i boringens åben del, f.eks. i kalken lige under forerøret, vil influere stærkt på flowloggens resultater. Kaliber-loggen giver tillige information om eventuelle uregelmæssigheder i forerørs diameteren, og disse kan ved ældre boringer være indikation på gennemtæringer. Forud for en flow-log udføres der altid en kalibreringstest af log sonden ved at køre den ned gennem hele boringen uden pumpning. En eventuel intern strømning imellem zoner i kalken eller mellem to filtre vil blive identificeret ved en sådan kalibrerings flow-log uden pumpning.

## 1.2 Undersøgelingsprogram

I Tabel 1.1 ses det aktuelle undersøgelsesprogram, der blev udført i de 3 boringer. Årsagen til at der ikke blev udført temperatur- og ledningsevnelog under pumpning i boring KB-102 og KB-103 skyldes tidsmæssige begrænsninger i forbindelse med oprensning af boringerne samme dag.

Tabel 1.1 Logging undersøgelser af boringerne DGUnr. 201.6708 (KB 101), 201.6709 (KB 102) og 201.6710 (KB 103) i Nimbusparken, Frederiksberg.

	<i>DGU nr.</i>	201.6708	201.6709	201.6710
	<i>Lokalt nr.</i>	KB 101	KB 102	KB 103
<i>Logging dato:</i>		13.12.2006	5.12.2006	5.12.2006
<i>Log metoder:</i>				
Gamma		X	X	X
Induktion		X	X	X
Temp. & Ledningsevne uden pumpning		X	X	X
Temp. & Ledningsevne under pumpning		X	-	-
Kaliber		-	-	X
Flow uden pumpning		X	X	X
Flow under pumpning		X	X	X

### 1.3 Tekniske forhold

I udgangspunktet var det planlagt at gennemføre borehulsloggingen i åbne kalkboringer kun udbygget med forerør fra terræn til top af kalken. Men som følge af problemer med at kalkstykker faldt ud og dermed umuliggjorde logging og prøvetagning, blev det besluttet at filtersætte borerne. Boring KB-103 blev dog succesfuldt logget i åben kalkboring. Tabel 1.2 viser den tekniske udbygning af borerne under borehulslogging.

Tabel 1.2 Udbygning af boring og rovandspejl på dato for borehulslogging.

	DGU nr. Lokalt nr. Logging dato:	201.6708 KB 101 13.12.2006	201.6709 KB 102 5.12.2006	201.6710 KB 103 5.12.2006
<i>Log metoder:</i>				
Forerørsdybde (meter under terræn)		13,2	14,6	15,6 *
Boreddybde (meter under terræn)		31,0	29,8	31,2
Filtersætning (meter under terræn)		12,1 – 28,1	13,4 – 29,4	åben
Bentonitforsegling (meter under terræn)		5,9 – 10,0	7,8 – 12,4	-
Gruskastning (meter under terræn)		10,0 – 28,1	12,4 – 29,4	-
Boringsdiameter (mm)		63	63	89
Logget dybde (meter under terræn)		29,2	29,6	30,4
Rovandstand (meter under terræn)		12,45	13,13	13,60
<b>Rovandstand UNDER top filter (m)</b>		<b>0,3</b>	-	-
<b>Rovandstand OVER top filter (m)</b>		-	<b>0,3</b>	-
<b>Rovandstand OVER bund forerør (m)</b>		-	-	<b>2,0</b>
Top flow-log måling (meter under terræn)		16,7	16,4	16,5
Top flow-log måling under top filter / bund forerør (m)		4,6	3,0	1,0
Top flow-log måling u. rovandstand (m)		4,3	3,3	2,9
Pumpeydelse under flowlog (m <sup>3</sup> /t)		1,8	1,2	1,8

\* Med kaliberloggen er dybde målt til 15,6, af brøndborer opgivet til 14,4 m

Det bemærkes i tabel 1.2 at rovandstanden ligger tæt (0,3 – 2,0 meter) på top af filter eller bund af forerør. Det betyder at det under pumpning ikke er muligt at måle indstrømning og ledningsevne/temperatur i den øverste del af filter/åbne del af boring. Dels medfører pumpningen en vis afsænkning af vandspejlet, dels optager selve pumpen en del af vandsøjlen og endelig kræver flowloggen mindst 1-2 meter til indstilling af konstant log-hastighed. Måling af indstrømning (flow-log under pumpning) har været mulig mellem 2,9 og 4,3 m under rovandstand for de 3 borer (tabel 2.1).

Forsegling med bentonit kan påvirke målingen af den naturlige gammastråling fra formationen afhængigt af hvilken type bentonit som anvendes. Ikke alle typer "bentonit" udsender gammastråling som vil påvirke gammaloggen.

## 2. Undersøgelsesresultater

### 2.1 Boring DGUnr. 201.6708 (KB 101)

#### 2.1.1 Geologisk lagfølge

Gammaloggen viser et morænelerslag ned til ca. 8,4 m dybde, dog mere sandet mellem 2,5 og 4 m. Fra 8,4 m til toppen af kalken i 12,5 m dybde optræder et lag af smeltevandssilt / smeltevandsand. Laggrænserne bestemt af brøndborer stemmer godt overens med gamma-loggen (bilag 1).

Formationsledningsevnen (induktionsloggen) er lidt større øverst i kalken ned til ca. 16,2 m dybde. Hvor formationsledningsevnen er større er porøsiteten (og/eller formationsvandets ledningsevne) større. Den øvre del af kalken ned til 16,2 m vurderes at have en relativt højere porøsitet. Da induktionsloggen er en elektrisk log kan den ikke måle i jernforerør eller tæt på disse.

#### 2.1.2 Temperaturlog uden og med pumpning

Temperaturen målt uden pumpning stiger jævnt fra 12,0 °C i bunden af boringen til 12,6 °C i 16 m dybde, hvilket afspejler aktiviteter fra byen, dels er grundvandstemperaturen relativt høj og normalt stiger grundvandstemperaturen mod dybden. Nær vandspejlet falder grundvandstemperaturen som følge af påvirkning direkte fra atmosfæren (bilag 1).

Under pumpning stiger temperaturen fra 11,9 °C i bunden af boringen (28,4 m dybde) til 12,3 °C i 26,0 m. Fra 26,0 til 23,2 m er temperaturen konstant, og herover stiger den jævnt til 12,6 °C i 16,2 m. Disse dybder ses at være sammenfaldende med ændringer i tilstrømningsmønsteret (Flow-log Q=1.8 (%)).

#### 2.1.3 Ledningsevnelog uden og med pumpning

Uden pumpning er ledningsevnen konstant fra bunden af boringen til 16,2 m dybde. Den svage stigning skyldes temperaturstigning i vandet, i det ledningsevnen vises ved aktuel temperatur. Over 16,2 m ses et fald i ledningsevnen sammenfaldende med stigningen i kalkens porøsitet (induktions-loggen), dette indikerer ændret tilstrømning af vand (bilag 1). Der ses en relativt høj ledningsevne uden pumpning forhold til under pumpning, hvilket muligvis kan skyldes en manglende eller ufuldstændig renpumpning af boringen.

Ledningsevnen målt ved pumpning falder jævnt fra 76,2 til 70,2 mS/m i niveaueet 27,7 til 23,2 m dybde. Herover måles en uændret ledningsevnen til 21,3 m. Herover falder led-

ningsevnen til 69,0 mS/m og forbliver konstant til 17,0 m dybde. Også disse dybder ses at være sammenfaldende med ændringer i indstrømningsmønsteret (Flow-log Q=1.8 (%) bilag 1).

#### **2.1.4 Flowlog og indstrømningsfordeling**

Kontinuert propel flow-log blev målt i boringen med en nedsænkingshastighed på 3 m/min. Flow-log uden pumpning viser et basistælleletal på 270 rpm. (rotationer per minut) (bilag 1).

Tælleletal fra flow-log under pumpning med  $Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{t}$  er reduceret med basistælletalet på 270 rpm., og derefter omregnet til procent af tælleletal i 16,7 m dybde, den dybde hvorfra det var muligt at måle tilstrømning til boringen under pumpning, se afsnit 1.3 og tabel 1.2. Den beregnede procentvise tilstrømning til boringen er således IKKE et udtryk for den totale indstrømningsfordeling i boringen, men KUN for tilstrømningen i det dybdeinterval hvor det var muligt at gennemføre en flowmåling givet det relativt dybe rolandspejl.

I bilag 1 er identificeret 8 indstrømningshorisonter, som kan samles til 5 karakteristiske indstrømningsintervaller:

- 17,0 - 18,4 m: 42 %
- 18,4 - 21,5 m: 35 %
- 21,3 - 23,2 m: 8 %
- 23,2 - 26,2 m: 15 %
- 26,2 - 28,3 m: ingen tilstrømning

## **2.2 Boring DGUnr. 201.6709 (KB 102)**

### **2.2.1 Geologisk lagfølge**

Gammaloggen viser et morænelerslag ned til ca. 9,8 m dybde, med enkelte mere sandede horisonter, hvor gammastrålingen relativt er lidt lavere. Fra 9,8 m til toppen af kalken i 13,8 m dybde er et lag af smeltevandssilt / smeltevandsand. Laggrænserne bestemt af brøndborer stemmer godt overens med gamma-loggen (bilag 2).

Formationsledningsevnen (induktionsloggen) er lidt større øverst i kalken ned til ca. 16,6 m dybde. Den øvre del af kalken ned til 16,6 m vurderes derfor at have en relativt højere porøsitet.

### **2.2.2 Temperaturlog uden pumpning**

Temperaturen målt uden pumpning er konstant 11,2 °C fra bund af boringen til 15,2 m dybde. Den konstante temperatur kan skyldes at der har været arbejdet i boringen (filtersæt-



ning) umiddelbart inden logging. Nær vandspejlet stiger grundvandstemperaturen som følge af påvirkning direkte fra atmosfæren (bilag 2).

### **2.2.3 Ledningsevnelog uden pumpning**

Uden pumpning falder ledningsevnen fra 76,6 til 74,6 mS/m mellem 29,2 og 26,8 m dybde. Herover er den konstant til 22,1 m. Ledningsevnen falder yderligere lidt til 72,5 mS/m i dybdeintervallet 22,1 – 18,5 m, for igen at stige til 74 mS/m mod toppen af vandsøjlen. De dybder, hvor der måles ændringer i ledningsevnen, stemmer godt overens med de niveauer, hvor der ses ændringer i indstrømningsmønsteret (Flow-log Q=1.2 (%) bilag 2).

### **2.2.4 Flowlog og indstrømningsfordeling**

Kontinuert propel flow-log blev målt i boringen med en nedsænkningshastighed på 3 m/min. Flow-log uden pumpning viser et basistælleletal på 255 rpm. (rotationer per minut) (bilag 2).

Tælleletal fra flow-log under pumpning med  $Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{t}$  er reduceret med basistællelallet på 255 rpm., og derefter omregnet til procent af tælleletal i 16,5 m dybde, den dybde hvorfra det var muligt at måle tilstrømning til boringen under pumpning, se afsnit 1.3 og tabel 1.2. Den beregnede procentvise tilstrømning til boringen er således IKKE et udtryk for den totale indstrømningsfordeling i boringen, men KUN for tilstrømningen i det dybdeinterval hvor det var muligt at gennemføre en flowmåling givet det relativt dybe rolandspejl.

I bilag 2 er identificeret 5 indstrømningshorisonter, som kan samles til 4 karakteristiske indstrømningsintervaller:

16,5 - 18,5 m: 73 %  
18,5 - 22,1 m: 8 %  
22,1 - 26,8 m: 6 %  
26,8 - 28,5 m: 13 %  
28,5 - 29,4 m: ingen tilstrømning

## **2.3 Boring DGUnr. 201.6710 (KB 103)**

### **2.3.1 Geologisk lagfølge**

Gammaloggen viser et morænelerslag ned til ca. 9,6 m dybde, med enkelte mere sandede horisonter, hvor gammastrålingen relativt er lidt lavere. Fra 9,6 m til toppen af kalken i 14,4 m dybde er et lag af smeltevandssilt / smeltevandsand. Laggrænserne bestemt af brøndborer stemmer godt overens med gamma-loggen (bilag 3).

Formationsledningsevnen (induktionsloggen) er lidt større øverst i kalken ned til ca. 17,8 m dybde. Den øvre del af kalken ned til 17,8 m vurderes derfor at have en relativt højere porøsitet.

### **2.3.2 Temperaturlog uden pumpning**

Temperaturen målt uden pumpning stiger fra 11,2 °C i bunden af boringen til 11,0 °C i 15 m dybde. Nær vandspejlet falder grundvandstemperaturen yderligere som følge af påvirkning direkte fra atmosfæren (bilag 3).

### **2.3.3 Ledningsevnelog uden pumpning**

Uden pumpning falder ledningsevnen fra 75,0 til 73,0 mS/m mellem 30,2 og 26,3 m dybde. Herover er den konstant til 19,7 m. Ledningsevnen stiger til 80,0 mS/m i dybdeintervallet 19,7 til 16,9 m, herover er den konstant til toppen af vandsøjlen. Denne markante stigning i ledningsevnen i den øvre åbne del af kalkens ses at være sammenfaldende med den største indstrømning i boringen, dette ses selvom der ikke er målt ledningsevne under pumpning.

### **2.3.4 Flowlog og indstrømningsfordeling**

Kontinuert propel flow-log blev målt i boringen med en nedsænkningshastighed på 3 m/min. Flow-log uden pumpning viser et basistællel på 85 rpm. (rotationer per minut) (bilag 3).

Tællel fra flow-log under pumpning med  $Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{t}$  er reduceret med basistællelet på 85 rpm., og derefter omregnet til procent af tællel i 16,5 m dybde, den dybde hvorfra det var muligt at måle tilstrømning til boringen under pumpning, se afsnit 1.3 og tabel 1.2. Den beregnede procentvise tilstrømning til boringen er således IKKE et udtryk for den totale indstrømningsfordeling i boringen, men KUN for tilstrømningen i det dybdeinterval hvor det var muligt at gennemføre en flowmåling givet det relativt dybe rolandspejl.

Flow-log-målingerne er væsentlig mere uregelmæssige i boring KB-103 i forhold til de 2 andre boringer, som følge af at boring KB-103 stod åben i kalken, hvilket dels giver et mere uregelmæssigt borehul med øget risiko for at flow-loggen rammer kanter i boringen, og dels fordi der er flere partikler i boringen som kan forårsage at flow-propellen sætter sig fast. Der er foretaget en kaliber-log i boringen, som viser en meget stor kavitet omkring 18,4 m og en mindre ved 25,7 m dybde. Da diameteren af den åbne kalkboring generelt ikke afviger fra diameteren i det øverste interval, hvor der er målt flow-log, og hvor tilstrømningen sættes lig 100 %, er der ikke foretaget korrektion for diametervariationer.

I bilag 3 er identificeret 5 indstrømningshorisonter, som kan samles til 4 karakteristiske indstrømningsintervaller:

16,5 - 17,6 m: 25 %

17,6 - 18,4 m: 41 %

18,4 - 22,3 m: ingen indstrømning  
22,3 - 25,5 m: 17 %  
25,5 - 30,1 m: 17 %

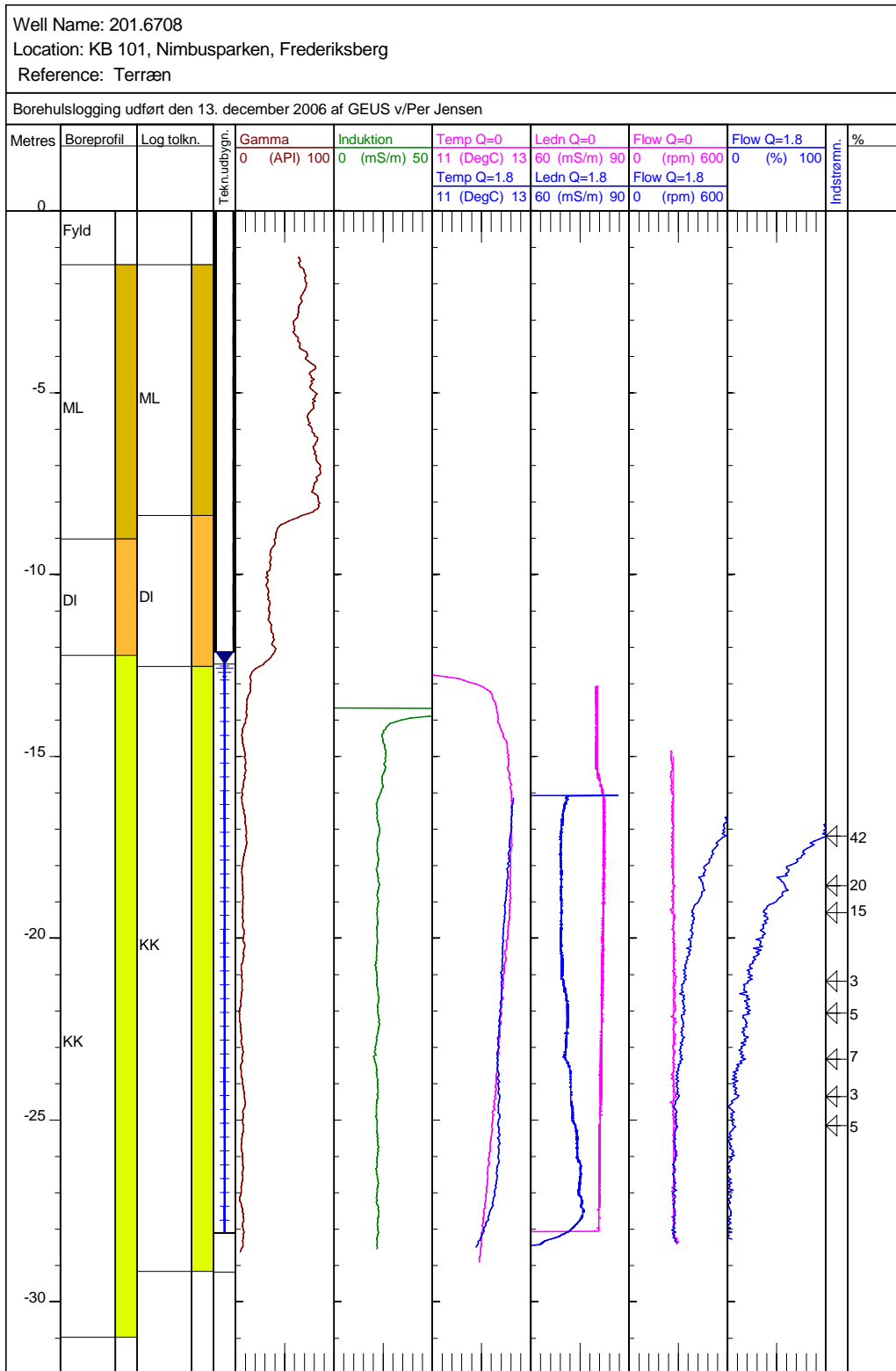
### **3. Bilagsliste**

Bilag 1 Borehulslogs DGUnr. 201.6708 (KB 101)

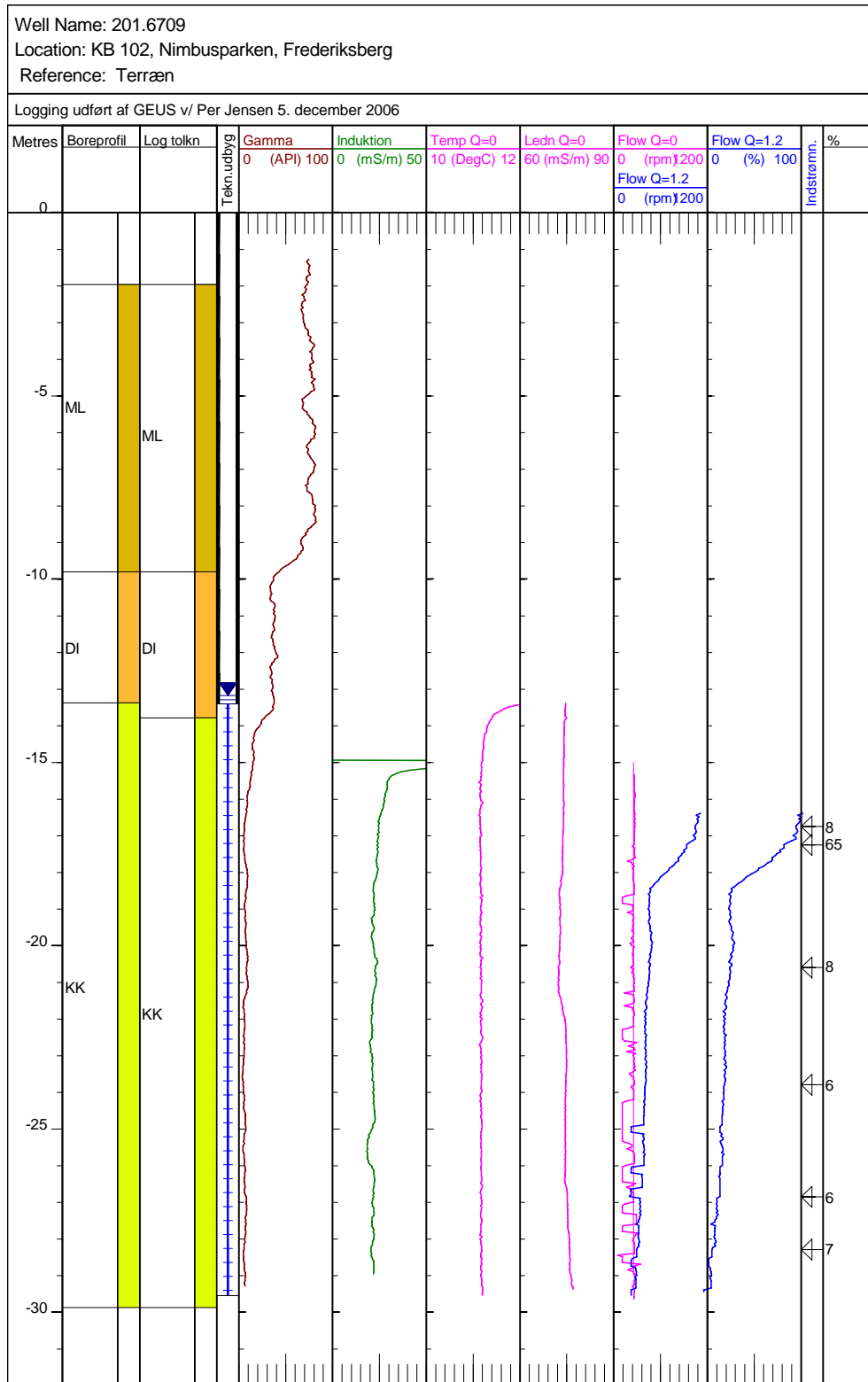
Bilag 2 Borehulslogs DGUnr. 201.6709 (KB 102)

Bilag 3 Borehulslogs DGUnr. 201.6710 (KB 103)

# Bilag 1



# Bilag 2



# Bilag 3

