

# Råsted Vandværk

Boringsundersøgelse  
DGU nr. 58.479

September 2005

## **Rekvirent**

Råsted Vandværk  
Hobrovej 396  
8900 Randers  
Niels Kaas

## **Rådgiver**

Hedeselskabet  
Miljø og Energi as  
Jens Juuls Vej 18  
8260 Viby J  
Telefon 87 38 61 66  
Telefax 87 38 61 99

Sag nr.	137 05 302
Udført	Allan Petersen
Kvalitetssikring	Henrik Andersen
Godkendt	Lars Åge Sloth
Udgivet	27. september 2005

## **INDHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>INDLEDNING</b>	<b>4</b>
1.1	Formål	4
<b>2</b>	<b>FELTARBEJDE</b>	<b>5</b>
2.1	Brøndborer og materialer	5
<b>3</b>	<b>BORINGSUNDERSØGELSE I DGU NR. 58.479</b>	<b>6</b>
3.1	Resultater af videoinspektion	6
3.2	Resultater af borehulslogging	6
<b>4</b>	<b>VURDERING AF BORINGENS TILSTAND</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>REFERENCER</b>	<b>7</b>

## Appendiks

Geofysiske metoder: Borehulslogging

Geofysiske metoder: Videoinspektion

## Figurfortegnelse

Figur 1.1                      Beliggenhed af boringen med DGU nr. 58.479

Figur 1.2                      Skitse af råvandsstation

## Bilagsfortegnelse

Bilag 1                        Video med inspektion af DGU nr. 58.479

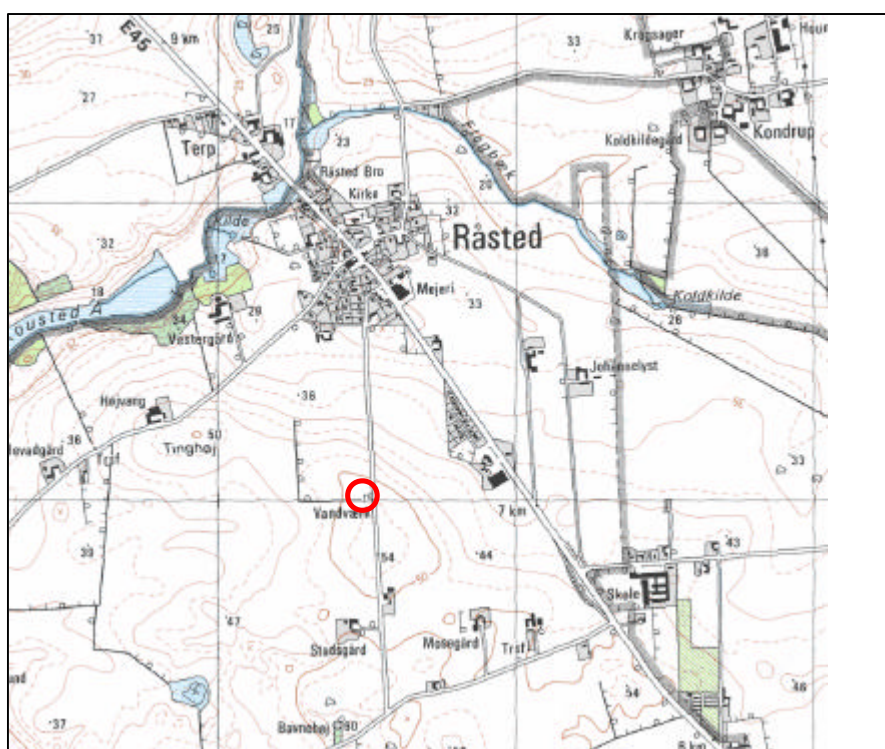
Bilag 2                        Logging resultater, DGU nr. 58.479

## 1 Indledning

Hedeselskabet Miljø og Energi har udført en boringsundersøgelse i en boring for Råsted Vandværk. Formålet med undersøgelsen er at fastslå boringen generelle tilstand, samt fastlægge eventuelle indstrømningszoner og barrierer i kalken.

### 1.1 Formål

Formålet med boringsundersøgelsen er dels at undersøge boringens generelle tilstand samt bemærke eventuelle uregelmæssigheder. Dels at fastlægge eventuelle indstrømningszoner og barrierer i kalken, til brug ved udtagelse af niveaubestemte prøve.

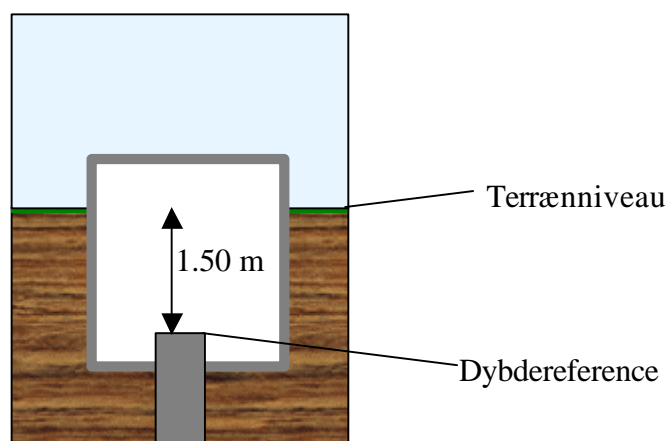


Figur 1.1 Beliggenhed af boringen med DGU nr. 58.479 er vist med en rød cirkel.  
Grundkort: KMS 1989.

## 2 Feltarbejde

Boringsundersøgelsen i boringen med DGU nr. 58.479 blev udført torsdag den 22. september 2005.

Indvindingspumpen blev taget op umiddelbart før boringsundersøgelsen, hvorefter der blev videoinspiceret og udført gammalog, induktionslog og caliperlog.



Figur 2.1 Skitse af råvandsstationen over boringen med DGU nr. 58.479

Videoinspektionen blev gennemført til en dybde af 56,48 meter under reference hvor kameraet stiller sig på bunden. Dybden refererer til sidekameraet og dybden til bunden af boringen er 57,08 m.u.r.

Den naturlige gammalog, induktionslog og caliperlog blev kørt til en dybde af 56,6 m.u.r. Anvendelse og tolkning af naturlig gamma-, induktions-, caliper-, fluid-resistivitets- og flowlog findes beskrevet i appendiks. For yderligere beskrivelse af principperne bag videoinspektion og borehulslogging henvises til /1/, /2/ og /3/

Ved udførelse af fluid-resistivitetsloggen og flowloggen blev der nedsat en pumpe til 33 m.u.r. og der blev indsamlet data fra 35 til 55 m.u.r uden pumpning og med pumpning (30 m<sup>3</sup>/t).

### 2.1 Brøndborer og materialer

PC Brøndboring udførte pumpningen under optagelse af fluid-resistivitetslog og flowlog. Ved pumpning i forbindelse med logging blev der brugt pumper monteret på slange. Pumper og slanger blev leveret af PC Brøndboring.

### 3 Boringsundersøgelse i DGU nr. 58.479

Resultaterne af den udførte videoinspektion og borehulslogging fremgår af bilag 1 og 2. Der er anført kommentarer til undersøgelserne i de følgende afsnit.

#### 3.1 Resultater af videoinspektion

Videoinspektionen er foretaget med et avanceret kamera, som er beskrevet i appendiks. Kameraet er udstyret med både en front- og en sidelinse, hvor sidstnævnte kan roteres 360°/1/. Resultatet af videoinspektionen fremgår af bilag 1. Dybderne vist på videobåndet angiver dybden til kameraets sidelinse.

Usikkerheden på dybdeangivelsen på videoptagelsen vurderes på baggrund af dybdeforskellen mellem ned- og opkørsel at være mindre end 0,15 meter.

Ved videoinspektionen er der gjort en række observationer, som er anført i tabellen nedenfor.

Dybde	Observation
0,00	Start af optagelse. Forerøret er af jern og fremstår uden belægninger og svagt tæret.
2,35	Gevindsamling. Svagt belagt og forerøret er svagt tæret.
6,28	Gevindsamling. Svagt belagt og forerøret er svagt tæret.
10,20	Gevindsamling. Svagt belagt og forerøret er svagt tæret.
12,08	Tæring. Forerøret afskallet, dog uden belægninger.
14,13	Gevindsamling. Svagt belagt og forerøret er svagt tæret.
17,84	Gevindsamling. Svagt belagt og forerøret er svagt tæret.
21,21	Slagmærke fra stigrørssamling. Svagt tæret og forerøret afskallet.
21,76	Gevindsamling. Svagt belagt og forerøret er tæret.
25,53	Gevindsamling. Svagt belagt og forerøret er tæret.
27,22	Slagmærke fra stigrørssamling. Svagt tæret og forerør afskallet.
28,00	Forerøret er kraftigt tæret 2-3 meter over vandspejlet.
29,20	Vandspejl. Svæv i vandet. Intet udsyn 1-2 meter under vandspejlet. Generelt kraftig tæring og belægning på forerøret under vandspejlet.
32,90	Gevindsamling. Kraftig knodet belægning på forerøret.
36,70	Afslutning af forerøret. Overgang til åben kalk. Kalken fremstår let belagt i det øverste interval.
44,30	Sprække med udfældning omkring.
48,00	Stort sprækkesystem.
56,48	Bund af boring.
	Opspor filmes med sidekamera.

#### 3.2 Resultater af borehulslogging

Data er præsenteret på et samlet plot i bilag 2. Som dybdereference er anvendt toppen af forerøret. Plottet viser induktionslog, caliperlog, gammalog, fluid-resistivitetslog og flowlog optaget i boringens fulde dybde.

Flowloggen er optaget med en pumpeydelse på 30 m<sup>3</sup>/time, hvorved der blev målt en sænkning på ca. 0,20 m. Flowloggen viser at ca. 10 % af den totale indstrømning sker omkring 41 m.u.r., ca. 65% af den totale indstrømning sker omkring 44 m.u.r. og ca. 25% af den totale indstrømning sker i intervallet 47-55 m.u.r.

Fluid-resistivitetsloggen viser, at der sker et skifte i vandkemien ca. 44 m.u.r. Desuden kunne faldet i vandets resistivitet i intervallet 50 m.u.r. til bunden af boringen tyde på et skifte i vandkemien.

Med caliperloggen kan forerørets indvendige diameter aflæses, ligesom opsprækkede sekvenser i kalken tydeligt træder frem. Sprækkesystemerne er generelt sammenfaldende med den tolkede indstrømning. Her iagttages det at størstedelen af indstrømningen sker fra et hul i kalken der primært er erkendt under videoinspektionen.

Den naturlige gammalog viser sekvenser med middel til høje tælleter fra 2,5 m.u.r. til 15 m.u.r., hvilket tolkes som henholdsvis sandede og lerede sekvenser, samt lave tælleter fra 16 m.u.r. til bunden af boringen hvilket tolkes som kalk.

Caliperloggen viser at forerøret har en dimension på 150mm og at overgangen til åben kalk ligger 36,7 m.u.r. Desuden erkendes sprækkezonen 48 m.u.r., som blev observeret under videoinspektionen.

Induktionsloggen viser relative modstande indenfor intervallet 45-65 ohmm i kalken.

## **4 Vurdering af boringens tilstand**

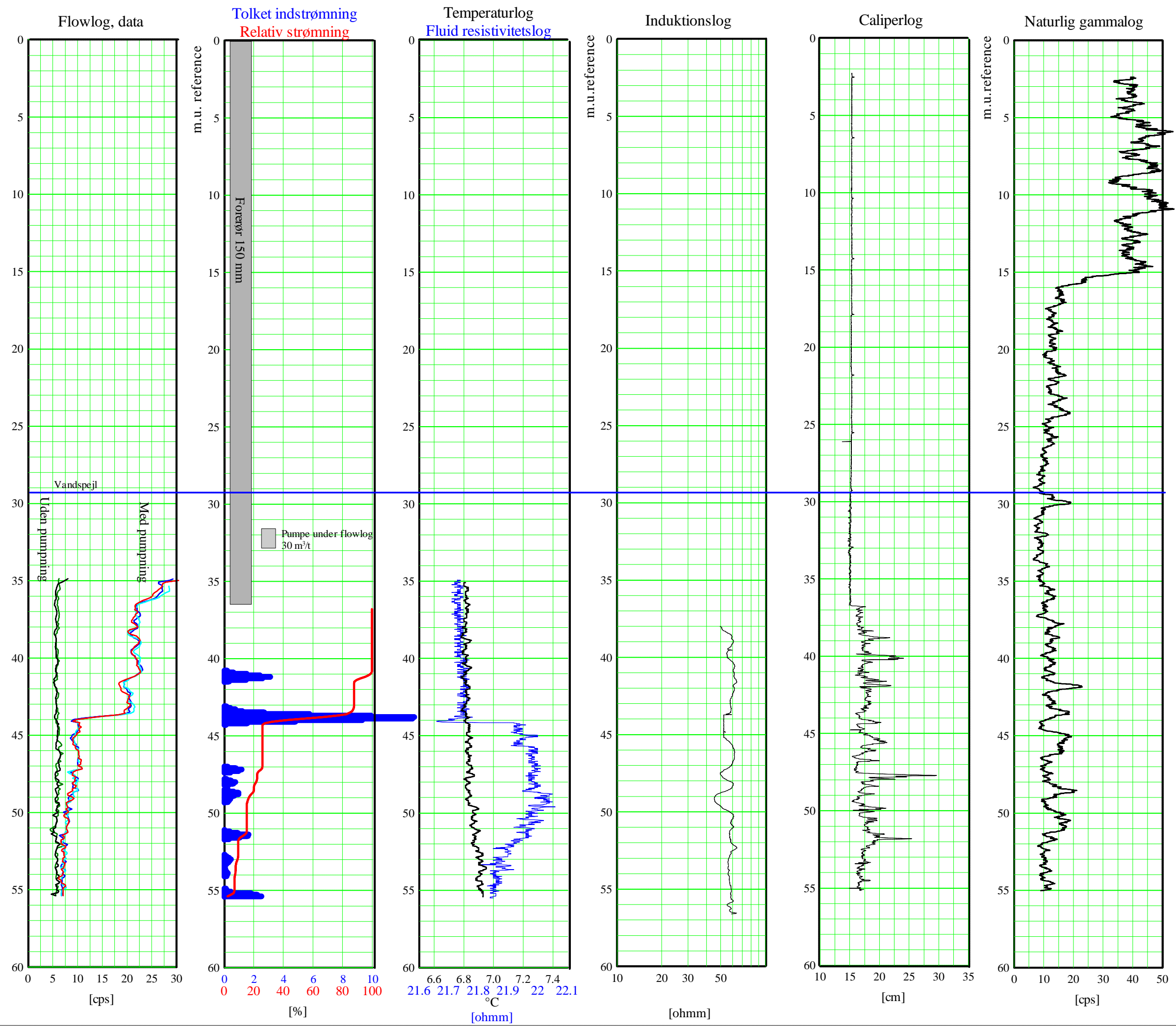
Resultaterne af videoinspektionen viser, at forerøret består af jern og fremstår en smule tæret over vandspejlet og mere udpræget tæret under vandspejlet. Der ses ingen nedløbsspor under samlingerne over vandspejlet. Forerøret var meget kraftigt og uensartet belagt under vandspejlet og der var svæv i vandet 1-2 meter under vandspejlet, hvilket gør at eventuelle utætheder ikke kunne erkendes. Kalken under forerøret fremstår en smule belagt og overvejende jævnt opsprækket.

Boringens tilstand vurderes samlet at være mindre god, jf. appendiks.

Resultaterne af borehulslogging viser at størstedelen af tilstrømningen sker 44 m.u.r., dog tolkes det at der sker en del tilstrømning under dette interval, hvilket støttes af faldet der kan ses på fluid-resistivitetsloggen i intervallet 50-53 m.u.r.

## **5 Referencer**

- /1/ Andersen, H. og Silkjær, O. 2002: Videoinspektion af boringer. I Geologisk Nyt 5/2002 pp.12-14.
- /2/ Skov & Naturstyrelsen 1987: Geofysik og råstofkortlægning. Råstofkontorets kortlægningsserie 5.p.165-188.ISBN 87-503-6531-2
- /3/ Bay, W. 1990: Geofysisk borehulsmåling logging. Laboratoriet for Geoteknik, Ingeniørhøjskolen – Horsens Teknikum. 3. udgave. ISBN 87-7758-002-8



**Borehulslogging**  
**Flowlog plot**  
 Råsted Vandværk  
 DGU nr. 58.479  
**0 - 60 m. u. reference.**

**Flowlog**  
 Ref.niveau : Top forerør  
 Logginghastighed : 7.0 m/min (ned)  
 Filter : Hast.korr. (20 cm vindue)  
 Fil : fa1.las, fa2.las, fa3.las, fd1.las & fd2.las  
 Udført : 22.09.2005/ALP  
 Q = 30 m<sup>3</sup>/time

**Fluid-resistivitetslog**  
 Ref.niveau : Top forerør  
 Logginghastighed : 9.0 m/min (op)  
 Filter : ingen  
 Fil : wa2.las  
 Udført : 22.09.2005/ALP

**Induktionslog (EM)**  
 Ref.niveau : Top forerør  
 Logginghastighed : 5.0 m/min (op)  
 Filter : ingen  
 Fil : ja2.las  
 Udført : 22.09.2005/ALP

**Caliperlog**  
 Ref.niveau : Top forerør  
 Logginghastighed : 3 m/min (op)  
 Filter : Ingen  
 Fil : ca1.las  
 Udført : 22.09.2005/ALP

**Naturlig gammalog**  
 Ref.niveau : Top forerør  
 Logginghastighed : 3.0 m/min (op)  
 Filter : Non-spike/middel (25cm)  
 Fil : ca1.las  
 Udført : 22.09.2005/ALP

**Udført for :**  
 Råsted Vandværk  
 Hobrovej 396  
 8900 Randers

Projekt : 137 05 302  
 Fil : \dk\_aaa\2005\RåstedVV\raastedVV.grf  
 Databehand.: ALP (27-maj-2005)  
 Kvalitetssikr.: HAN (27-maj-2005)





# Appendiks

## Geofysiske metoder

### Borehulslogging

#### **Rådgiver**

Hedeselskabet  
Miljø og Energi as  
Jens Juuls Vej 18  
8260 Viby J  
Telefon 87 38 61 66  
Telefax 87 38 61 99

Udført	Henrik Andersen
Kvalitetssikring	Anders Edsen
Godkendt	Lars Sloth
Udgivet	5. november 2003

<b>INDLEDNING</b>	<b>3</b>
<b>NATURLIG GAMMALOG</b>	<b>4</b>
<b>INDUKTIONSLOG</b>	<b>5</b>
<b>RESISTIVITETSLOG</b>	<b>6</b>
<b>FLUID RESISTIVITET</b>	<b>7</b>
<b>FLOWLOG</b>	<b>8</b>

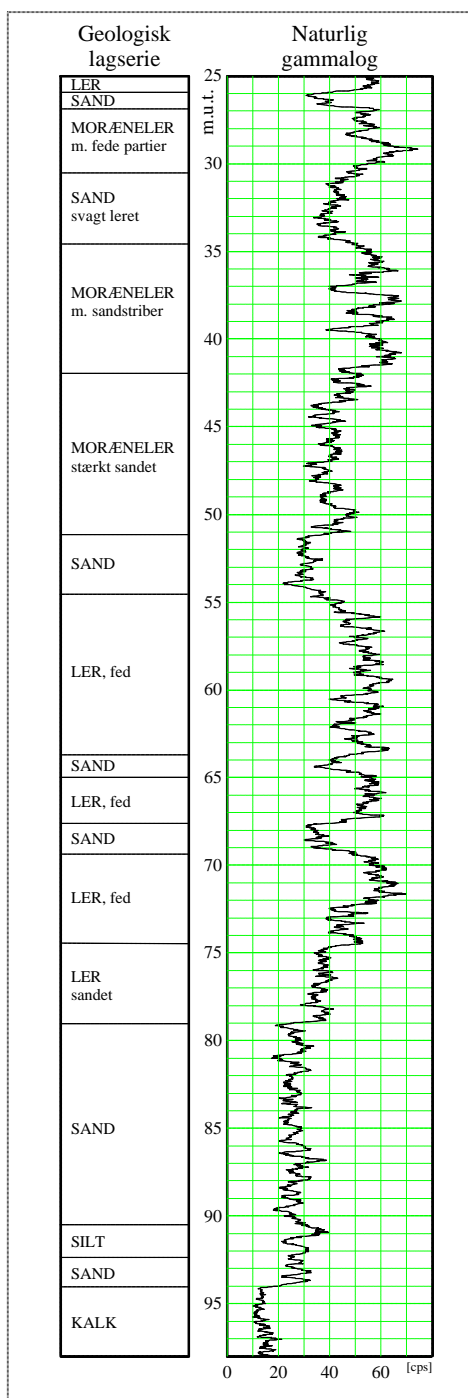
## Indledning

Med geofysisk borehulslogging forstås de undersøgelser, som foregår ved, at et instrument (en sonde) sænkes ned i et borehul, og måler forskellige fysiske parametre eller hydrauliske parametre.

Ved en efterfølgende fortolkning af disse målinger er det muligt at beskrive en række fysiske egenskaber ved de gennemborede geologiske aflejringer samt udtale sig om hydrauliske forhold i boringen. Endvidere er muligt at karakterisere bagfyldets beskaffenhed.

Borehulslogging kan udføres ved, at der udsendes et signal (lydbølge, elektrisk strøm, radioaktiv stråling osv.) fra sonden selv eller fra overfladen ud i jorden og et respons fra jordlagene opsamles som målinger (logges). Eller som en passiv måling af fysiske egenskaber ved jordlagene eller væsken i borehullet (naturlig gammastråling, væsketemperatur, ledningsevne osv.).

Afhængig af hvilke fysiske parametre, der ønskes beskrevet, anvendes sonder med forskellige egenskaber, men fælles for alle typer er, at målingerne foregår, mens sonden bevæges op eller ned i borehullet (undtaget heat-pulse). Hastigheden sonden bevæges med og målefrekvensen afgøres i forhold til den enkelte sondes målefølsomhed og den ønskede datatæthed.



## Naturlig Gammalog

Med denne sonde måles variationer i jordlagenes gammastråling, der primært stammer fra henfald af naturligt forekommende isotoper af Uran, Thorium og Kalium. Aktiviteten registreres som tælleantal i en detektor og angives i *counts per second* (cps).

I aflejringer som indeholder tungsand samt i lerholdige aflejringer specielt i leraflejringer fra tertiærtiden ses meget høje tælleantal. I grusaflejringer med et højt indhold af krystalline bjergarter vil der også være en relativ høj gammaaktivitet. I kalkrige og sandholdige aflejringer findes generelt en noget lavere gammaaktivitet. Disse indbyrdes relationer benyttes ved den geologiske tolkning af den målte gammalog.

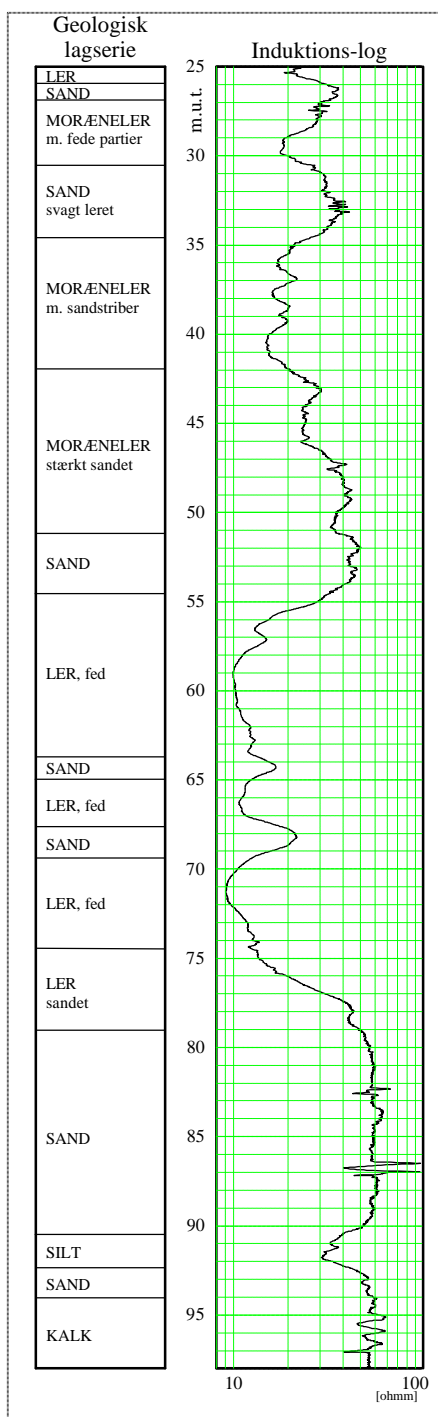
Gammalogen kræver ikke nogen direkte kontakt til jordlagene og kan anvendes i både stål- og PVC-forede borer. I forbindelse med et pågående borearbejde har Hedeselskabet eksempelvis målt gammalog i en hul borestamme.

Gammasonden, som Hedeselskabet anvender, er "2PGA-1000 Poly Gamma Probe" fra Mount Sopris Instruments. Sonden har følgende data:

- Længde: 79.5 cm
- Diameter: 41 mm
- Vægt: 3.2 kg
- Detektor: NaI 0.875x3"

I det viste eksempel er der brugt følgende parametre:

- Referenceniveau : Terræn
- Logginghast.(op) : 3.0 m/min
- Filter: Non-spike, gl. middel
- Filterbredde : 25 cm



## Induktionslog

Med denne sonde måles variationer af den elektriske modstand i de gennemborede jordlag ved elektromagnetisk induktion. I sonden sendes en strøm rundt i en senderspole, og herved skabes et magnetfelt, der inducerer en sekundær elektrisk strøm i jordlagene omkring sonden. Denne sekundære vekselstrøm danner et sekundært magnetfelt, der sammen med det primære felt fra senderspolen registreres i en modtagerspole i sonden. På baggrund heraf bestemmes jordlagenes resistivitet.

Ved tolkningen af data fra induktionsloggen benyttes, at geologiske aflejringer (grus, sand, kalk, ler osv.) har forskellig evne til at lede elektrisk strøm og dermed en forskellig elektrisk modstand (resistivitet). Foruden selve aflejringsarten afhænger resistiviteten også af porøsiteten, vandindholdet samt porevæskens elektriske ledningsevne.

Induktionsloggen kræver ikke nogen direkte kontakt til jordlagene og kan således anvendes i boreriger forede med plastikmaterialer som f.eks. PVC. Er der i forbindelse med PVC-rørene anvendt stål-skruer og/eller -styr vil disse dog give synlige forstyrrelser på induktionsloggen. For en ordens skyld nævnes, at induktionsloggen ikke kan anvendes i metalliske forerør.

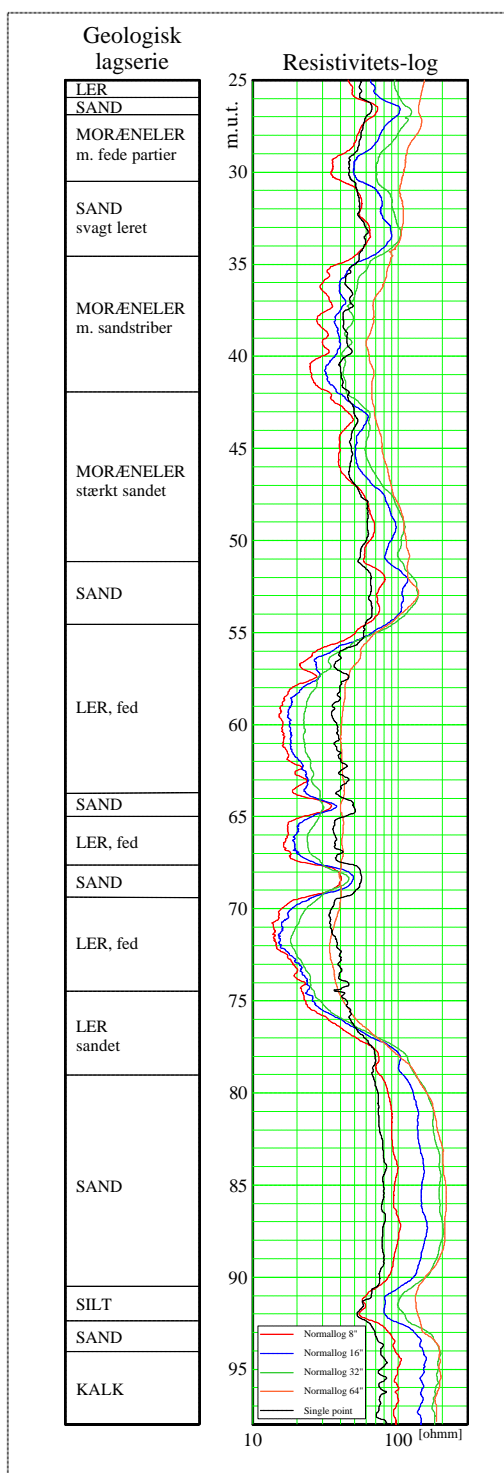
Induktionssonden er "2PIA-1000 Poly Induction Probe" fra Mount Sopris Instruments og har følgende data:

Længde :	170 cm
Diameter :	39 mm
Vægt :	3.2 kg
Spoleafstand :	50 cm
Mindste følsomhedsradius :	10 cm
Radius v. størst følsomhed :	28 cm

I det viste eksempel er der brugt følgende parametre:

Referenceniveau :	Terræn
Logginghastighed (op) :	3.5 m/min
Filter :	Ingen

Borehulslogging er her foretaget i åbent hul og forstyrrelserne på logkurven set f.eks. omkring 87 m.u.t. skyldes metaldele efterladt i formationen i forbindelse med boreprocessen.



## Resistivitetslog

Med resistivitetsloggen registreres den elektriske modstand ved at måle på en elektrisk strøm, der gennem væsken i borehullet sendes ud i de gennemborede jordlag. Denne log kan således kun anvendes i den (evt. kunstigt) væskefyldte del af borehullet og ikke i forede boringer.

Ved tolkningen af data fra resistivitetsloggen benyttes, at geologiske aflejringer (grus, sand, kalk, ler m. fl.) har forskellig evne til at lede elektrisk strøm og dermed en forskellig elektrisk modstand (resistivitet). Foruden selve aflejringsens art afhænger resistiviteten også af porøsiteten, vandindholdet samt porevæskens elektriske ledningsevne.

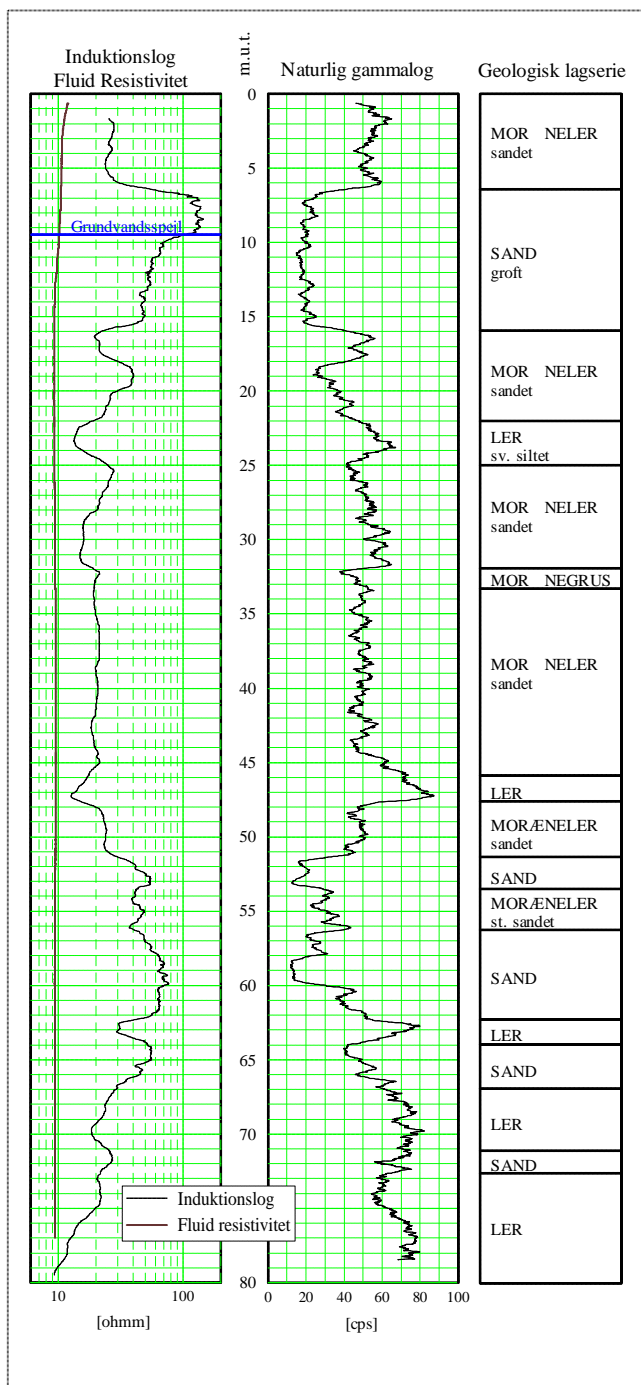
Den resistivitetssonde, som Hedeselskabet anvender, måler med 4 forskellige elektrodeafstande (16", 32", 64" og 128" normallog). Ved de korte elektrodeafstande ses en tydelig indflydelse fra væsken i borehullet, men ved længere afstande måles i et større jordvolumen, og derfor aftager borevæskens indflydelse. Med 4 elektrodeafstande er det således muligt at få en bedre bestemmelse af jordlagenes modstand. Foruden normalloggen registrerer sonden også en *single point* resistivitetslog.

Resistivitetssonden er "2PEA-1000 Poly Electric Probe" fra Mount Sopris Instruments. Sondens data:

Længde :	188 cm
Diameter :	40 mm
Vægt :	7.3 kg
Elektrodeafstande :	16", 32", 64" og 128"

I det viste eksempel er der brugt følgende parametre:

Referenceniveau :	Terræn
Logginghastighed (op) :	3.5 m/min
Filter :	Ingen



## Fluid resistivitet

Med denne sonde måles variationer i resistiviteten (den elektriske modstand) i den væske, der står i borehullet.

Ændringer i borehulsvæskens ionsammensætning vil afspejle sig som variationer i væskens resistivitet. Et salt grundvandspejl i boringen vil således vise sig som et voldsomt fald i den målte resistivitet af borehulsvæsken.

Ved en nøjagtig beregning af jordlagenes modstand regnes radiært ud fra borehullets midte. Her indgår borevæskens resistivitet som en væsentlig parameter på linie med jordlagenes resistivitet målt ved en induktionslog og resistivitetslog.

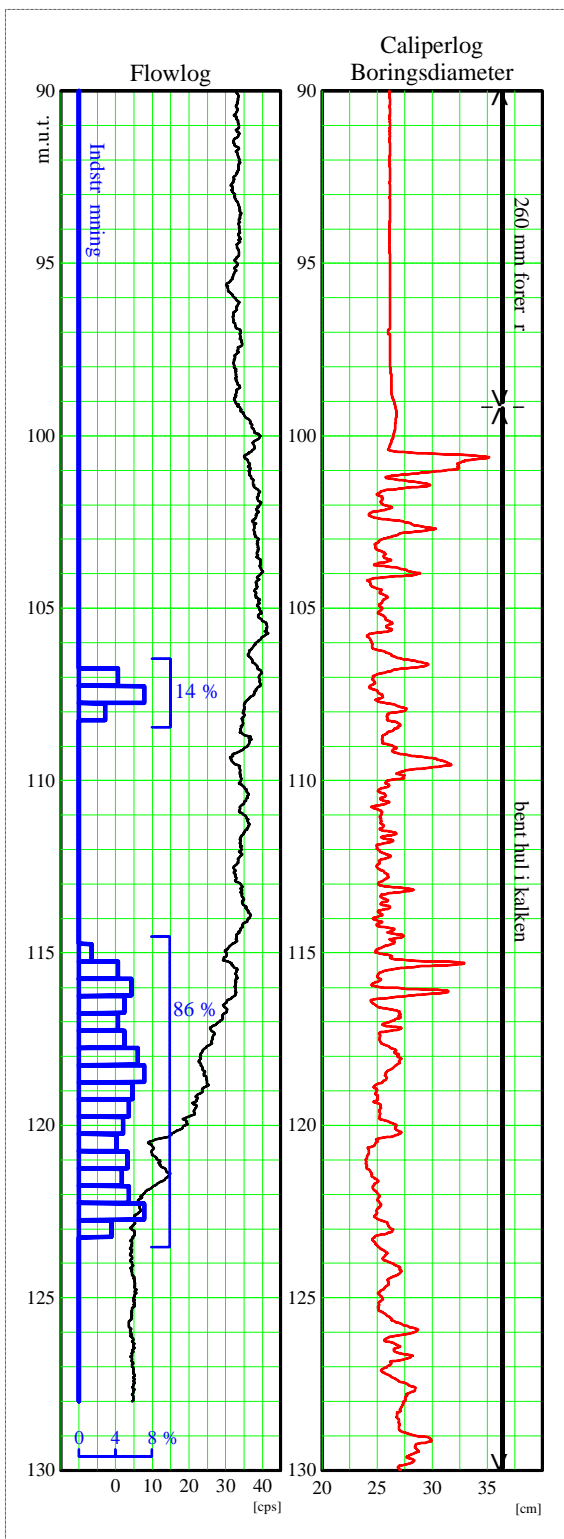
Målingerne foretages fortrinsvis i åbne borehuller, men kan også anvendes i lange filterintervaller ved mistanke om et salt grundvandspejl.

Hedeselskabet anvender “2PFA-1000 Poly Aqua Probe” fra Mount Sopris Instruments, som har følgende data:

- Længde: 38 mm
- Diameter: 56 cm
- Vægt: 2.3 kg
- Måleområde: 0 - 100 ohmm

I det viste eksempel er der foretaget borehulslogging i et åbent hul stabiliseret med en flydende bentonitblanding.

Resistiviteten af borehulsvæsken varierer kun ganske lidt ned gennem borehullet, og selv passagen af grundvandspejlet 9.5 meter under terræn giver ikke anledning til nogen ændring. Dette skyldes, at borehulsvæsken dels er relativ tykflydende og dels har en væsentlig højere massefylde end vand, og der sker derfor ingen opblanding i borehullet.



## Flowlog

Med en flowlog kan man registrere de niveauer, hvorfra der sker en indstrømning til boringen ved en given pumpeydelse. Målingen foregår ved at placere en pumpe i den øverste del af boringen og derefter med en propelsonde måle strømningshastighedens afhængighed af dybden. Indstrømning til boringen viser sig ved et fald i strømningshastighed i den pågældende dybde og på baggrund af målinger i hele borehullet kan det indbyrdes forhold mellem indstrømningen i forskellige niveauer fastlægges.

En flowlog kan måles i forede boringer med lange og/eller flere filtre eller i kalkboringer uden filter. Flowsonden anvendt af Hedeselskabet er "FLP-2492 Impeller Flowmeter" fra Mount Sopris Instruments. Sonden har følgende data:

Længde :	122 cm
Diameter :	42 mm
Vægt :	9.0 kg
Måleinterval:	2 - 70 m/min
Følsomhed :	0.3 m/min

I eksemplet er flowloggen vist sammen med en caliperlog fra samme borehul. Caliperloggen bruges under fortolkningen af flowloggen, da ændringer i boringens diameter også afspejles i den registrerede strømningshastighed. Data er præsenteret med følgende parametre:

### Flowlog

Referenceniveau :	Terræn
Hastighed (ned) :	7.0 m/min
Filter :	Gl. middel (50 cm)
Pumpe :	70 m <sup>3</sup> /time