

Nykøbing Sjælland, Rørmosens Vandværk

Geofysisk borehulslogging i borerne
DGU nr. 191.165 og DGU nr. 191.36B

Kurt Klitten og Erik Clausen



Nykøbing Sjælland, Rørmosens Vandværk

Geofysisk borehulslogging i borerne
DGU nr. 191.165 og DGU nr. 191.36B

Kurt Klitten og Erik Clausen

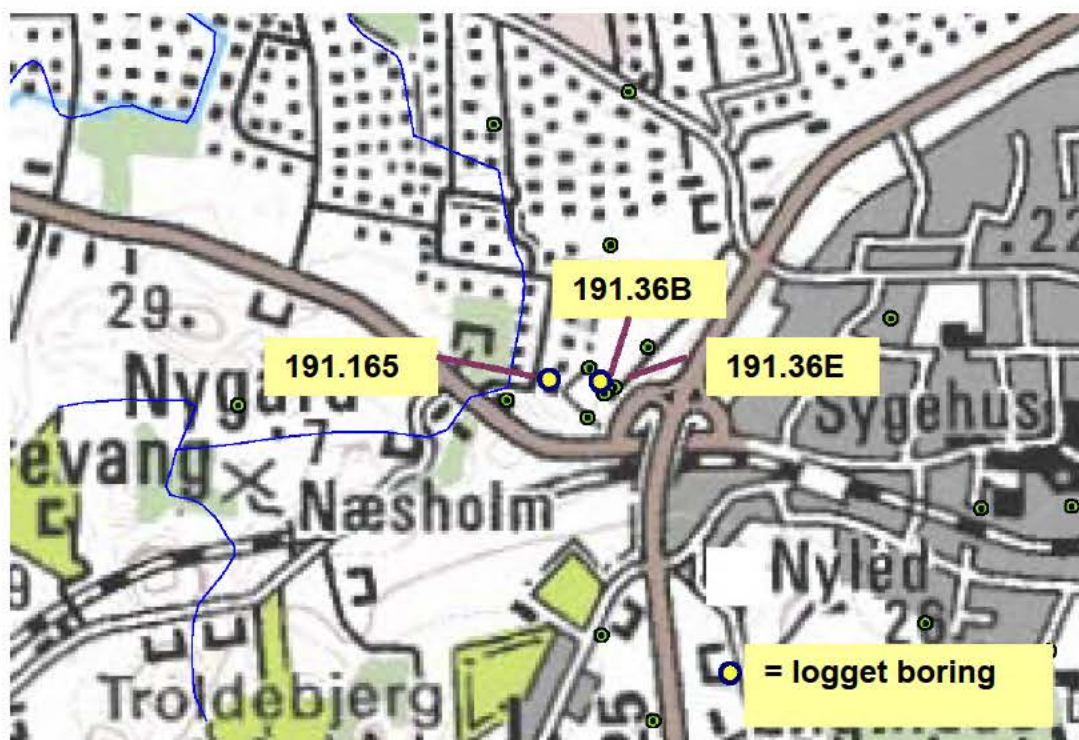
Indhold

Indledning	3
Boring DGU nr. 191.165 (B16)	4
Geologisk beskrivelse	4
Geofysiske logs.....	4
Gamma-log:	4
Temperatur-log:	5
Ledningsevne-log:	5
Kaliber-log:	5
Flow-log:	5
Video optagelse:.....	7
Vandkemiske analyse resultater fra udtagne prøver	7
Sammenfatning	10
Boring DGU nr. 191.36B (B11)	12
Geologisk beskrivelse	12
Geofysiske logs.....	12
Kaliber-log:	12
Flow-log:	12
Video optagelse:.....	13
Vandkemiske analyse resultater fra udtagne prøver	13
Sammenfatning	14
 Bilag 1. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 191.165 (B16)	
 Bilag 2. GEUS Video inspektions rapport for boring DGU nr. 191.165 (B16)	
 Bilag 3. Vandprøver fra DGU nr. 191.165 – Udtagningsmetode og strategi	
 Bilag 4. GEUS Boreprofil, DGU nr. 191.165 (B16)	
 Bilag 5. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 191.36B (B11)	
 Bilag 6. GEUS Video inspektions rapport for boring DGU nr. 191.36B (B11)	
 Bilag 7. GEUS Boreprofil, DGU nr. 191.36B (B11)	

Indledning

På foranledning af Brøndbore firmaet Brøker i Holbæk har GEUS den 19-20 februar og 8 marts 2004 udført borehulsmålinger i indvindingsboringer ved Rørmøssens vandværk i Nykøbing Sjælland, DGU nr. 191.165 (Boring 16) og 191.36B (Boring 11) i relation til udtagning af vandprøver og undersøgelse af boringernes tilstand. Boringernes lokalisering er angivet på nedenstående kort. Nærværende rapport sammenfatter resultaterne af de udførte borehulsmålinger, se nedenstående **tabel 1**.

København d.21 april 2004



Figur 1. Lokalisering af de undersøgte boringer. Kortgrundlag 1:50.000 (ikke målfast).

Tabel 1. Dato for udførte borehulsmålinger i de to boringer.

Log typer	191.165 (B16)	191.36B (B11)
Gamma	19.02.04	-
Resistivitet	-	-
Induktion	-	-
Kaliber	19.02.04	08.03.04
Temp/ledn uden pumpning	19.02.04	-
Temp/ledn under pumpning	-	-
Flow-log uden pumpning	19.02.04	08.03.04
Flow-log under pumpning	19.02.04	08.03.04
Heat Pulse flow målinger	20.02.04	-
Vandprøver ved separationspumpning og akkum.	20.02.04	08.03.04
Video-optagelse	20.02.04	08.03.04

Boring DGU nr. 191.165 (B16)

Boring DGU nr. 191.165 er udført som 8" tørboring til 89 m dybde i 1964 af brøndborerfirmaet N.P. Christiansen. Den står ifølge GEUS borings database med et 8" stål forerør til 42,3 m under terræn, og som åben kalkboring herfra og til bund. Boringens udbygning, samt vandspejlets beliggenhed ved logging undersøgelsen er angivet på bilaget med de geofysiske logs, **Bilag 1**.

Geologisk beskrivelse

Det er ukendt, om der har været indsendt prøver, idet GEUS lagfølge beskrivelse er meget mangelfuld og i høj grad følger brøndborer beskrivelsen, se **Bilag 4**. Kalken træffes ifølge brøndboreroplysningerne i 40,8 m dybde under terræn, og kvartæret ovenover består af vekslende ler og grus lag: Groft grus til 3,3 m kun dækket af 40 cm tørv, fint leret sand til 7,9 m, moræneler til 26,6 m, grus og sten til 28,9 m, moræneler til 31,2 m, grus og sten til 40,8 m. Boreprofilet er vist på logging bilaget, **Bilag 1**. På dette ses endvidere et tolket profil ud fra gamma-log, se beskrivelsen af gamma-log nedenfor.

Geofysiske logs

Der er som vist i tabel 1 kun udført gamma-log for kontrol af lagfølgen. Derudover er der målt temperatur og ledningsevne-log uden pumpning, samt kaliber-log og flow-log. De optagne logs er vist på logging bilaget, **Bilag 1**. Gamma-, temp.- og ledningsevne-logging blev kun udført til ca. 87 m dybde for at undgå at sondens nederste måleelektrode skulle blive forurenede af eventuel slam i bunden af boringen. Flow-log og kaliber-log kunne ikke føres dybere end til ca. 81 m p.g.a. indsnævring i borehullet, se nedenfor under video-log.

Gamma-log:

Gamma-loggen viser ved den meget lave gamma-stråling fra 40,4 m dybde, at kalken træffes fra denne dybde. Generelt synes Gamma-loggen ved den overvejende høje gamma-stråling, som ses fra terræn og ned til kalken, at indikere, at kvartæret overvejende består af ler, men dog med indslag af sand og grus med lavere stråling i følgende dybdeintervaller: 1-6 m, 26,5-28 m og fra 35 til 38,5 m. Dette er ikke helt i overensstemmelse med brøndborerprofilet, som viser en større tykkelse på især det nederste sandlag, se såvel brøndborerprofilet som det tolkede lagfølge profil på **Bilag 1**. De øverste sand og lerlag vurderes ud fra den velbeskrevne og nærliggende boring 191.36D (B10) at være postglaciale marine, og den resterende del af kvartæret fra ca. 9 m vurderes til at være glaciale aflejringer.

Den lidt højere gamma-stråling ved de nederste par meter af kvartæret vurderes til at være en cement forsegling, idet brøndboreren har beskrevet, at gruslaget hviler direkte på

kalken. Den store indstrømning, se nedenfor under Flow-log, lige under forerøret tyder også på, at der er direkte hydraulisk kontakt til gruslaget over kalken.

Temperatur-log:

Normalt viser en temperatur-log uden pumpning en jævn stigning mod dybden med en gradient på 2-3 °C per 100 m. En temperatur-log under pumpning vil også vise stigende temperatur mod større dybde på sektioner med indstrømning og konstant temperatur på dybde sektioner uden indstrømning. Hvis indstrømningerne sker lokalt som i kalk, vil temperaturstigningerne ske trinvis ved de enkelte indstrømninger, og temperaturen vil være konstant imellem indstrømningszonerne.

Den aktuelle temperatur-log uden pumpning har både sektioner med gradient stigninger, og en sektion med konstant ledningsevne, og har endvidere en sektion midtvejs med lavere temperatur end øverst og nederst i boringen. Den afspejler følgelig en langt mere kompleks situation, nemlig delsektioner med stagnerende vand fra den strømningssituation, som herskede i boringen under indvindingspumpningen forud for logging undersøgelsen, samt en sektion, hvor der tilsyneladende sker intern strømning i boringen mellem ca. 40 m dybde og ca. 58 m, selv om der ikke pumpes fra boringen.

Ledningsevne-log:

Laveste ledningsevne, 50 mS/m, på de første 3 m under vandspejlet i 8 m dybde, i ca. 11 m en svag stigning til 53 mS/m, som ses i forerøret ned til ca. 40 m dybde, hvor der igen ses en lille stigning således, at ledningsevnen fra 40 m og ned til ca. 60 m er konstant 55 mS/m, og videre ned til 72 m ses et meget svagt fald på et par mS/m. Fra 72 m stiger ledningsevnen til 60 mS/m, som er ledningsevnen resten af vejen ned til bund af boring. Den konstante ledningsevne fra 40 til ca. 60 m underbygger tolkningen ovenover af temperatur-loggen med hensyn til intern strømning fra 40 m til ca. 58 m dybde.

Kaliber-log:

Denne viser, at forerøret ikke går ned til 42,3 m dybde, men kun lige akkurat til top kalk i 40,4 m. Diameteren af forerøret er 205 mm, og i den nederste halvdel af det åbne kalkinterval, d.v.s. fra ca. 60 m og til ca. 81 m er diameteren ret konstant mellem 190 og 205 mm. I den mellemliggende sektion fra forerøret og ned til ca. 60 m er den større og mere varierende, mellem 205 og 250 mm, dog helt op til 300 mm i et par dybder indenfor de øverste 4 m under forerøret.

Flow-log:

Efter temperatur- og ledningsevne-logs samt kaliber-log udførtes en basis flow-log uden pumpning med nedsænkningshastighed på 5 m/min. Denne log, Flow Q=0 på **Bilag 1**, viser et konstant tælleantal på 32 rotationer per minut (rpm) på det meste af strækningen fra

top til bund. men fra forerøret i ca. 40 m og ned til 58 m er tællertallet kun ca. 25 rpm, hvilket skyldes at vandet strømmer i samme retning som sonden bevæger sig. Der er således tale om en nedad rettet strømning fra top af kalk til en sprækkezone i ca. 58 m på grund af lavere vandtryk i sidstnævnte zone, formodentlig fordi der indvindes fra en af naboboringerne, hvilket bekræftes ved, at vandspejlet faldt ca. 1,5 m under de indledende logs uden at der blev pumpet fra B 16.

Efter basis flow-log uden pumpning udførtes en flow-log ved pumpning med 20 m³/t og samme nedsænkningshastighed 5 m/min. Den resulterende log, Flow Q=20 m³/t (rpm), ses ligeledes på **Bilag 1**. Basis rotationstællertallet på 32 rpm, som opstår alene ved sondens egen nedsænkningshastighed, fratrækkes derefter rotationstællerne på Flow Q=20 m³/t (rpm). Endelig omregnes denne til akkumuleret procent af det gennemsnitlige tællertal i forerøret over filteret, som sættes til 100%. Den akkumulerede flow-log, Flow Q=20 i %, ses at vise trinvis stigende vandmængde (som % af pumpeydelsen Q = 20 m³/t) og med konstant vandstrømning på delstrækninger imellem indstrømningerne. Diameter variationer ses imidlertid også at influere på Flow-loggen, således at vandmængden går ned ved diameter udvidelser og går op ved diameter formindskelser. Ved tolkning af flow-loggen, d.v.s. lokalisering af indstrømningerne og vurdering af størrelsen af disse, skal derfor også tages hensyn til kaliber loggens udsving i forhold til forerørs diameteren 205 mm, som derfor til sammenligning er vist sammen med kaliber loggen.

Allerede fra bunden af loggen ses der en strømning på 20% af Q, hvilket viser, at boringen er dybere end logging dybden 81 m, og med indstrømning på 20% i sektionen under 81 m. Derover ses indstrømning i ca. 72 m (5%), 66 m (7%), 55,5 m (13%), 57,5 m (12%), 51,5 m (8%) og endelig den største indstrømning lige under forerøret i ca. 41 m (35%). Det er således værd at bemærke, at den interne strømning uden pumpning netop sker fra den højest ydende zone i ca. 40-41 m til den næsthøjeste ydende zone i 55,5 og 57,5 m.

Tabel 2: Heat pulse flow målinger i boring DGU nr. 191.165

Dybde (m)	Puls 1/tid	Puls 1/sek	Puls 2/tid	Puls 2/sek	Tolkn. Flow	
25	16:02	0			Ingen	
27	16:29	41 op			Ingen	>30 sek op=varmekonvektionsstrømning
28	16:20	31 op			Ingen	>30 sek op=varmekonvektionsstrømning
30	16:12	19,5 op			Op	
35	15:15	34,5 op			Ingen	>30 sek op=varmekonvektionsstrømning
39	16:45	0			Ingen	
40	15:25	12 ned			Ned	
40,5	15:48	0			Ingen?	
41	15:34	12,5 op			Op	
42	15:04	0	15:40	0	Ingen	
50	14:56	0			Ingen	
56	14:48	0			Ingen	
70					?????	Ingen print, men står anført med datafil nummer?
80	14:36	16,5 op	14:39	22,5 op	Op	

Der blev også udført Heat Pulse flow målinger i 13 forskellige dybde positioner (6 i forerøret og 7 i den åbne kalksektion) uden pumpning fra boringen med henblik på at verificere den interne strømning mellem de to dybdeniveauer i kalken, 40 m og 58 m. Målingerne viste imidlertid ikke konsistente resultater, se **tabel 2** ovenfor. Årsagen hertil kan være, at

belægninger fra forerøret blev løsrevet ved nedsænkning af sonden, hvorved sondens øverste sensor ved tre af målingerne øjensynligt er blevet påvirket af nedfaldende flager og derfor viser opadgående strømning. Heat Puls flow målingerne indgår derfor ikke i rapportens vurderinger, selv om nogle af dem bekræfter den interne nedadrettede strømning fra 40 m til ca. 58 m.

Video optagelse:

Video optagelsen er gennemgået med henblik på identifikation af rørsamlinger, indikation på korrosion, belægninger, slut dybde på forerør, samt sprækker, hulrum og prominente flintlag i den åbne kalk sektion, og observationerne ses i vedlagte inspektionsrapport, **Bilag 2**. Heraf fremgår bl.a., at forerøret slutter i 40,4 m, samt at der er indsnævring i 81,4 m dybde som følge af indfaldne flintknolde, som forhindrer kaliber- og flow-log sonderne at komme helt til bund af boring. Rørsamlingerne kan ikke observeres, formodentlig p.g.a. belægninger. Indikation på korrosion observeres fra ca. 15 til 22 m, samt på de nederste par meter af forerøret. Der ses dog ingen direkte gennemtæring. (Kopi af video optagelsen er udleveret til Brøndborerfirmaet Brøker, Holbæk)

Vandkemiske analyse resultater fra udtagne prøver

Der er udtaget to sæt vandprøver, det ene sæt er prøver udtaget med en MP1 pumpe anbragt imellem en øvre og en nedre højtydende SP10 pumpe, hvis ydelse blev indreguleret således, at der var vandskel ved den lavtydende MP1 pumpe, hvilket blev kontrolleret med Heat Pulse målinger. Denne form for prøveudtagning, separationspumpning, anvendes typisk ud for indstrømningszoner i kalk, hvorved vandprøven repræsenterer det lokalt indstrømmende vand og således ikke blandingsvand af flere indstrømninger fra forskellige zoner. I denne boring udtoges vandprøve ved separationspumpning fra indstrømningszonen i 48 m, i 55,5 m og i 70 m med henblik på at bestemme de vandkemiske parametre i de ovenfor beskrevne indstrømninger i ca. 72 m, i 55,5 m og ca. 51 m. Årsagen til, at separationsprøveudtagningen ikke i alle tilfælde er sket lige ud for en indstrømningszone er, at tolkningen af flow-log skete i felten umiddelbart forud for prøvetagningen, og især forholdsvis svagt ydende zoner som dem i 51 m og 72 m kan være vanskelige at identificere helt præcist.

Det andet sæt prøver blev udtaget som akkumulerede prøver, d.v.s. med MP1 pumpen, men kun med en af de to SP10 pumper i drift enten ovenover eller nedenunder MP1 pumpen. Denne form for prøveudtagning skete med MP1 pumpen i henholdsvis 31 m dybde og 41 m dybde og med SP10 nedenunder. Hensigten hermed var dels at se, om vandanalysen fra 31 m prøven ville vise tegn på utæthed i forerøret f.eks. ved at vise en helt anden vandkemi end indstrømningerne fra kalken, og dels få bestemt de vandkemiske parametre i den store indstrømningszone i 41 m dybde.

Endvidere udtoges en akkumuleret prøve med MP1 pumpen i 78 m dybde og med SP10 pumpen siddende ovenover MP1 pumpen med henblik på at få bestemt vandkemien i vandet, der indstrømmer fra bunden af boringen.

På **Bilag 3** ses de ydelser, som de forskellige pumper blev indstillet til under separationspumpningerne, samt ligeledes pumpeydelse ved de akkumulerede prøveudtagninger. Endvidere målt ledningsevner på det udstrømmende vand fra alle pumpesituationerne.

I nedenstående **tabel 3** ses resultaterne af vandanalyserne, og det fremgår af disse, dels at vandet fra indstrømningszonen lige under forerøret, ca. 41 m, har et stort indhold af NVOC, 13 mg C/l, men også at de øvrige indstrømninger har NVOC. Det er også værd at bemærke, at Fluorid især stammer fra den dybere del af kalken. Vandprøven udtaget inde i forerøret i 31 m's dybde synes at repræsentere det blandingsvand, som blev stående i forerøret efter at indvindingen blev stoppet, og kan ikke tages til indtægt for, at forerøret er utæt.

Tabel 3: Analyser af vandprøver fra boring DGU nr. 191.165 (B16) udtaget februar 2004. – koncentrationer i mg/l.

Parameter	Bland.vand	Akk31/Pu32	Akk41/Pu42	Sep 48	Sep 55,5	Sep 70	Akk78/Pu77
NVOC	6,6	8,1	13	6,2	7,8	5,8	2,9
Calcium	73	74	95	74	83	72	31
Magnesium	25	23	18	24	22	25	33
Natrium	51	55	45	48	44	48	99
Ammonium	0,83	0,88	1,2	0,84	0,88	0,83	0,58
Jern, total	0,98	2,3	11	1,3	1,8	1,5	0,79
Hydrogen carb.	402	400	378	392	381	395	467
Klorid	46	47	48	44	43	45	55
Sulfat	30	36	54	37	46	28	4,2
Fluorid	1,5	1,5	0,52	1,3	1,1	1,4	3,7
Svovlbrinte	0,53	1,2	6,6	0,5	0,3	0,34	2,2

Der foreligger også analyse resultater fra to sæt vandprøver udtaget i juni 2003 som akkumulerede prøver med MP1 pumpen i forskellige dybder. Ved det ene sæt var den store SP10 pumpe anbragt i 30 m dybde, d.v.s. at en vandprøve fra en given dybde repræsenterer vand fra indstrømninger under den pågældende dybde, se **tabel 4**.

Tabel 4: Vandanalyser - boring DGU nr. 191.165 (B16) udtaget juni 2003 – pumpe i 30 m – koncentrationer i mg/l.

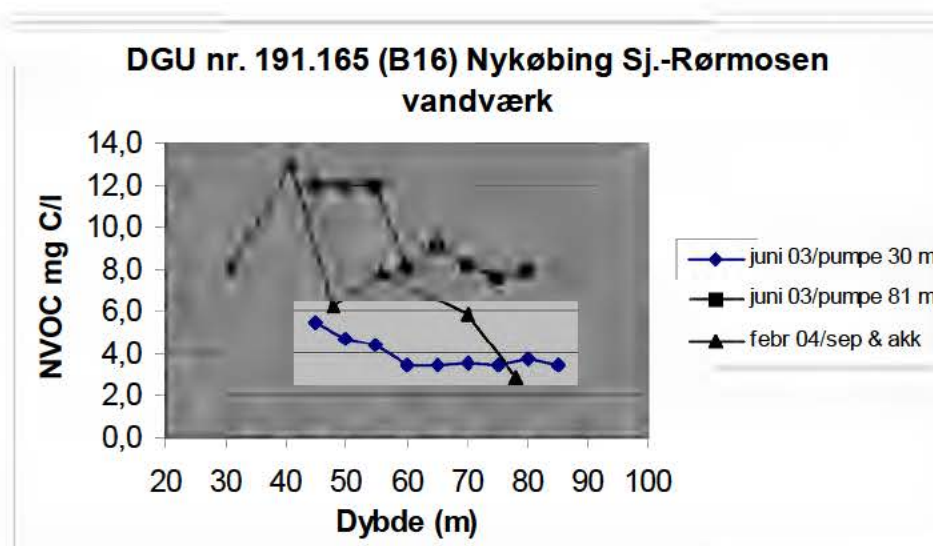
Parameter	Bland.vand	45 m	50 m	55 m	60 m	65 m	70 m	75 m	80 m	85 m
NVOC	6,6	5,4	4,7	4,4	3,4	3,4	3,5	3,4	3,7	3,4
Calcium	73	69	64	62	38	40	37	34	33	33
Magnesium	25	28	29	29	35	36	35	34	34	34
Natrium	51	55	60	61	86	85	87	99	100	101
Ammonium	0,83	0,84	0,81	0,81	0,66	0,65	0,64	0,63	0,63	0,64
Jern, total	0,98	3,6	2,9	4,2	7,0	5,3	5,0	3,8	11	34
Hydrogen carb.	402	411	415	418	456	459	461	470	471	473
Klorid	46	43	43	44	49	49	49	51	52	51
Sulfat	30	19	14	12	2,6	2,6	2,6	3,0	3,1	3,1
Fluorid	1,5	1,6	1,7	1,8	3,0	3,0	3,1	3,4	3,3	3,4
Svovlbrinte	0,53	1,2	2,2	1,3	4,0	3,8	3,3	4,2	4,5	12

Ved det andet sæt prøver var den store pumpe anbragt i 81 m, og en vandprøve fra en given dybde repræsenterer derfor vand fra indstrømninger ovenover denne dybde, se nedenstående **tabel 5**.

Tabel 5: Vandanalyser - boring DGU nr. 191.165 (B16) udtaget juni 2003 – pumpe i 81 m – koncentrationer i mg/l.

Parameter	Bland.vand	45 m	50 m	55 m	60 m	65 m	70 m	75 m	80 m	85 m
NVOC	6,8	12	12	12	8,0	9,1	8,2	7,6	7,9	
Calcium	72	98	98	99	85	85	84	83	82	
Magnesium	25	19	18	18	22	21	21	23	23	
Natrium	48	44	42	41	46	45	46	46	47	
Ammonium	0,92	1,1	1,1	1,1	0,95	0,98	0,98	0,99	0,96	
Jern, total	20	4,2	3,5	2,5	1,5	1,2	1,5	1,4	1,4	
Hydrogen carb.	404	375	372	369	377	381	380	387	388	
Klorid	43	43	41	41	40	41	41	41	41	
Sulfat	27	54	58	58	39	37	37	34	33	
Fluorid	1,4	0,39	0,40	0,41	0,81	0,78	0,79	0,93	0,95	
Svovlbrinte	2,1	0,84	0,39	0,16	0,06	0,14	0,08	<0,05	<0,05	

Resultaterne fra disse vandprøver med hensyn til indhold af NVOC er på **Figur 2** nedenfor sammenstillet med NVOC indholdet i vandprøverne udtaget her i februar 2004. Blandingsvandet fra prøveudtagningen i 2004 havde 6,6 mg C/l NVOC (se tabel 3 ovenfor), medens de to blandingsvandsprøver ved prøveudtagningen i 2003 havde 6,6 og 6,8 mg C/l NVOC. **Figur 2** viser tydeligt, at indstrømningen i 41 m (lige under forerøret) har et stort NVOC indhold, samt at ved pumpning fra 81 m bliver det nedad strømmende vands indhold af NVOC på 12 mg C/l først fortyndet efter de store indstrømninger (se flow-log) ved 55,5 m og 57,5 m. Vandet fra disse to indstrømninger har dog stadig et NVOC indhold, som er forholdsvis højt, 7,8 mg C/l fra prøven i februar 2004, hvilket også ses på kurven over NVOC fra juni 2003 med pumpen i 30 m. NVOC værdierne på det opad strømmende vand ligger på ca. 3,4 indtil 60 m, men i 55 m er den steget til 4,4 mg C/l.



Figur 2. NVOC indhold i akkumulerede vandprøver fra juni 2003 og i akkumulerede vandprøver samt vandprøver ved separations-pumpning fra februar 2004.

Bemærk ! Ved hovedpumpe i 30 m, repræsenterer vand udtaget til analyse i udvalgte dybde med prøvetagningspumpen, blandingsvand der strømmer til prøvetagningspumpen nedefra (opadgående strømning), med hovedpumpen i 81 m repræsenterer de udtagede prøver blandingsvand der strømmer til prøvetagningspumpen fra alle zoner over prøvetagningsniveauet (nedadgående strøm).

Sammenfatning

Forerøret synes kun lige ført ned til top af kalken, som træffes i 40,4 m dybde u. terræn. Der er muligvis udført cementforsegling udenfor forerørets nederste ca. 2 meter. I så fald er det forklaringen på den høje gamma-stråling fra 38 til 40 m, og kalk overfladen kan da godt ligge lidt højere uden, at det kan ses på gamma-loggen, ligesom at gruslaget ligger direkte på kalken.

De øverste ca. 8 m er sandsynligvis postglaciale marine aflejringer af sand og ler med formodentlig stort organisk indhold, medens de glacielle aflejringer udgør resten af den kvartære lagserie ned til kalkoverfladen, og overvejende består af moræneler, men dog med et par indslag af gruslag.

Boringen har en indsnævring eller forhindring i ca. 81 m dybde, men sektionen nedenunder er dog stadig delvis åben, idet der strømmer ca. 20% af ydelsen op fra sektionen under 81 m. Diameteren variere ellers kun lidt under 60 m, mellem 190 og 205 mm, men varierer noget mere over 60 m og op til forerør, 205 til 300 mm. Forerørets diameter er 205 mm, og der ses ingen samlinger på video optagelsen, og der er heller ikke observeret gennemtæring af røret, men stedvis tegn på korrosion og i øvrigt mange belægninger, ligesom hverken vandprøver eller ledningsevne- og temperatur-log eller flow-log viser tegn på lækage igennem forerøret.

Indstrømningen til boringen sker hovedsagelig fra tre sprækkezoner i kalken, nemlig fra sektionen under 81 m med 20 %, fra 55,5 til 57,5 m dybde i alt 25%, og fra zonen lige

under forerøret i ca. 41 m kommer 35%. Det er lidt sværere at sige præcist, hvor de resterende ca. 20% indstrømmer, men det synes at være i dybderne ca. 72 m (5%), ca. 66 m (7%) og ca. 51 m (8%).

De udtagne vandprøver fra forskellige dybdeniveauer og under forskellige pumpnings situationer både i juni 2003 og i februar 2004 viser, at vandet, der indstrømmer lige under forerøret og i den øvre del af kalken har stærkt forhøjet NVOC indhold og noget forhøjet ammonium og sulfat, medens vandet, der indstrømmer nederst i kalken har forhøjet fluorid og svovlbrinte, der dannes ved sulfatreduktion (derfor observeres også lave sulfatreduktioner). NVOC fra den øvre del af kalken stammer formodentlig fra postglaciale marine lag øverst i lagserien, idet moræneler-aflejringen mellem disse og gruslaget over kalken ikke behøver at være hydraulisk tæt. Forureninger fra terræn kan derfor potentielt sive ned til kalkmagasinet, og forholdsregler herimod bør derfor overvejes.

Alle forhøjede koncentrationer vurderes at være forårsaget af naturlige processer i grundvandsmagasinet, som dog muligvis er accelereret af indvindingen på kildepladsen. De højest målte NVOC værdier er op til 6-7 gange højere end den almindeligt observerede naturlige baggrundsværdi i grundvandsmagasiner i Danmark og Europa, og på et niveau hvor begyndende misfarvning (gulligt vand) typisk observeres. NVOC indholdet på 6-7 mg/l i blandingsvandet fra boringen er forhøjet ca. 3 gange, men er under niveauet for misfarvning og giver ikke anledning til specielle forholdsregler.

Fluorid koncentrationen i blandingsvandet er nær grænseværdien på 1,5 mg/l og udviklingen i fluoridkoncentration i boringen bør følges.

Der er konstateret intern strømning i boringen, når der ikke pumpes fra denne. Denne strømning sker fra den øverste del af kalken til de stærkt vandførende zoner i 55-58 m dybde, når der pumpes fra andre borer ved vandværket. Dette bevirker, at NVOC fra gruslaget over kalken kan spredes til dybere dele af kalken gennem borer på vandværkets kildeplads, der ikke er i drift.

Vandkvaliteten af det oppumpede vand fra kalkmagasinet er dermed truet både oppefra (NVOC og potentiel forurening) og nedefra (F, mm. ?), hvilket er typisk for kalkmagasinerne på Sjælland (<http://www.geus.dk/vand-og-data/vd02-dk.htm#05>).

Boring DGU nr. 191.36B (B11)

Boring DGU nr. 191.36B (B11) er udført som 6" tør boring til 70 m dybde i 1947 af brøndborerfirmaet Brøker fra Holbæk. Der er i GEUS borings database ingen oplysninger om boringens udbygning, men en kaliber-log har givet oplysning herom, se nedenfor.

Geologisk beskrivelse

Der synes ikke at være indsendt prøver, idet GEUS lagfølge beskrivelse er meget mangelfuld og formodentlig helt baseret på brøndborer beskrivelsen, se **Bilag 7**. Kalken træffes i 45,5 m dybde under terræn, og kvartæret ovenover består af vekslende ler og grus lag: Under 2,2 m tørv ses 1 m ler, sand og grus til 8 m, 0,7 m ler, sand til 17 m, ler til 30 m, og endelig ler med sand og sten til kalken i 45,5 m.

Da det vides, at der er truffet op til 14 m postglacialt marint sand og ler i området, bl.a. beskrevet i boring DGU nr. 191.36D, er ovennævnte lagfølge tolket som marin postglacial ned til 17 m, hvilket fremgår af **Bilag 5**., som også viser de udførte logs.

Geofysiske logs

I denne boring er der kun udført kaliber-log samt flow-log uden og med pumpning.

Kaliber-log:

Kaliber-loggen ses på **Bilag 5** sammen med den tolkede lagfølge. Loggen viser, at forerøret går ned til 48,9 m dybde, hvilket vil sige at det er ført ca. 3,5 m ned i kalken. Diameteren af forerøret er $\varnothing 156$ mm, og der ses flere små uregelmæssigheder, som kunne tyde på rør samlinger. De øverste 5 m har en lidt mindre diameter, 150 mm.

Kaliber-målesonden stødte på en forhindring allerede i 63,4 m dybde, og video-optagelsen viste, at dette var bunden af boringen. De nederste ca. 6-7 m af den oprindelige dybde synes således at være blevet fyldt op.

I den åbne kalksektion fra forerøret og ned til 63 m ses der tre store hulrum med diameter op til 240 mm, men ellers ligger diameteren på 150-160 mm.

Flow-log:

Efter kaliber-log udførtes en basis flow-log uden pumpning med nedsænkningshastighed på 5 m/min. Denne log, Flow Q=0 på **Bilag 5**, viser et konstant tælleantal på 34 rotationer per

minut (rpm) i hele forerøret, men i den åbne kalksektion viser den store variationer. Dette skyldes, at det var vanskeligt at få loggen til at køre med konstant hastighed på grund af det forholdsvis snævre borehul og den ujævne kalkoverflade. Variationerne skyldes således ikke strømning imellem forskellige zoner i kalken.

Efter basis flow-log uden pumpning udførtes en flow-log ved pumpning med $7 \text{ m}^3/\text{t}$ og samme nedsænkningshastighed 5 m/min . Den resulterende log, Flow $Q=7 \text{ m}^3/\text{t}$ (rpm), ses ligeledes på **Bilag 5**. Basis rotationstællertallet på 34 rpm, som opstår alene ved sondens egen nedsænkningshastighed, fratrækkes derefter rotationstællerne på Flow $Q=7 \text{ m}^3/\text{t}$ (rpm). Endelig omregnes denne til akkumuleret procent af det gennemsnitlige tællertal i forerøret over filteret, som sættes til 100%. Den akkumulerede flow-log, Flow $Q=7$ i %, ses at have kraftige variationer, som skyldes de store diameter variationer. Flow-tallet går således ned ved den større diameter lige under forerøret, samt ved de tre store hulrum. Størstedelen af indstrømningen ses at ske nær bunden, nemlig fra 62 m til 60,5 m, hvor 85% indstrømmer. De resterende 15% indstrømmer i en zone i 58,5 m dybde. Der sker ingen indstrømning lige under forerøret således som det var tilfældet i den første boring.

Video optagelse:

Video optagelsen er gennemgået med henblik på identifikation af rørsamlinger, indikation på korrosion, belægnings, slut dybde på forerør, samt sprækker, hulrum og prominente flintlag i den åbne kalk sektion, og observationerne ses i vedlagte inspektionsrapport, **Bilag 6**. Heraf fremgår bl.a., at forerøret slutter i 48,9 m, samt at boringens nuværende bund er i 63,4 m dybde. Der ses færre rørsamlinger end indikeret ved kaliber-loggen. At rørsamlingerne således er svære at observere, skyldes formodentlig de belægnings som ses i næsten hele forerøret. Der er flere indikationer på korrosion, ligesom der observeres huller i belægningen. Der ses dog ingen direkte gennemtæringer. (Kopi af video optagelsen er udleveret til Brøndborefirmaet Brøker, Holbæk)

Vandkemiske analyse resultater fra udtagne prøver

Der er udtaget to sæt akkumulerede vandprøver, det ene sæt med den store pumpe, $Q=7 \text{ m}^3/\text{t}$, anbragt i 20 m dybde, og prøver udtaget med en MP1 pumpe på dybderne 50 m, 57 m og 60 m, samt en prøve af vandet fra den store pumpe, benævnt "blandingsvand".

Ved det andet sæt prøver var den store pumpe, $Q=7 \text{ m}^3/\text{t}$, anbragt nederst i boringen, og 3 vandprøver blev udtaget med MP1 pumpe i stort set samme dybder, 50 m, 55 m og 60 m.

De fleste vandkemiske parametre viser samme værdier uanset dybde og strømning, se **tabel 6**. NVOC, Calcium, ammonium og jern er dog lidt højere med nedadrettet strømning og pumpen i 62 m end ved opadrettet strømning og pumpen i 20 m. Dette tyder på, at der sker en vis indstrømning over 60 m dybde, som har højere koncentration af disse ioner/stoffer end ved den store indstrømning under 60 m dybde. Omvendt ses der ved nedadrettet strømning lavere magnesium, natrium, fluorid end ved

opadrettet strømning, hvilket må udlægges som at der er mindre koncentration af disse ioner/stoffer i indstrømningen over 60 m end ved den store indstrømning under 60 m.

Tabel 6: Vandanalyser fra boring DGU nr. 191.36B (B11) – koncentrationer i mg/l.

Parameter	Bland.vand	50 m/20m	57 m/20 m	60 m/20 m	50 m/62 m	55 m/62 m	60 m/62 m
NVOC	4,0	3,9	4,1	4,1	5,0	4,8	4,7
Calcium	74	74	72	73	83	85	85
Magnesium	27	28	27	28	24	22	23
Natrium	45	46	46	46	41	35	36
Ammonium	1,1	1,1	1,1	1,1	1,6	1,2	1,2
Jern, total	0,44	0,40	0,38	0,39	0,85	1,3	1,1
Hydrogen carbonat	398	397	397	396	401	401	396
Klorid	48	46	46	48	47	45	44
Sulfat	17	17	17	17	15	14	17
Fluorid	1,1	1,2	1,2	1,1	0,62	0,51	0,63
Svovlbrinte	0,23	<0,05	<0,05	<0,05	0,056	0,47	<0,05

Sammenfatning

Boringen har hovedparten (85%) af sin indstrømning nær bunden fra 60,5 m til 62 m, og det indstrømmende vand her har mindre koncentration af NVOC end vandet som indstrømmer højere oppe ved 58,5 m.

Der er ikke udført gamma-log, så det kan ikke verificere, at kalken træffes i 45,5 m. Forerørets diamet er 150 mm og 158 mm, og er ført ned til 48,9 m dybde. Det har kraftig belægning med visse huller og indikationer på tæring. Der er dog ingen observationer, som tyder på gennemtæring.

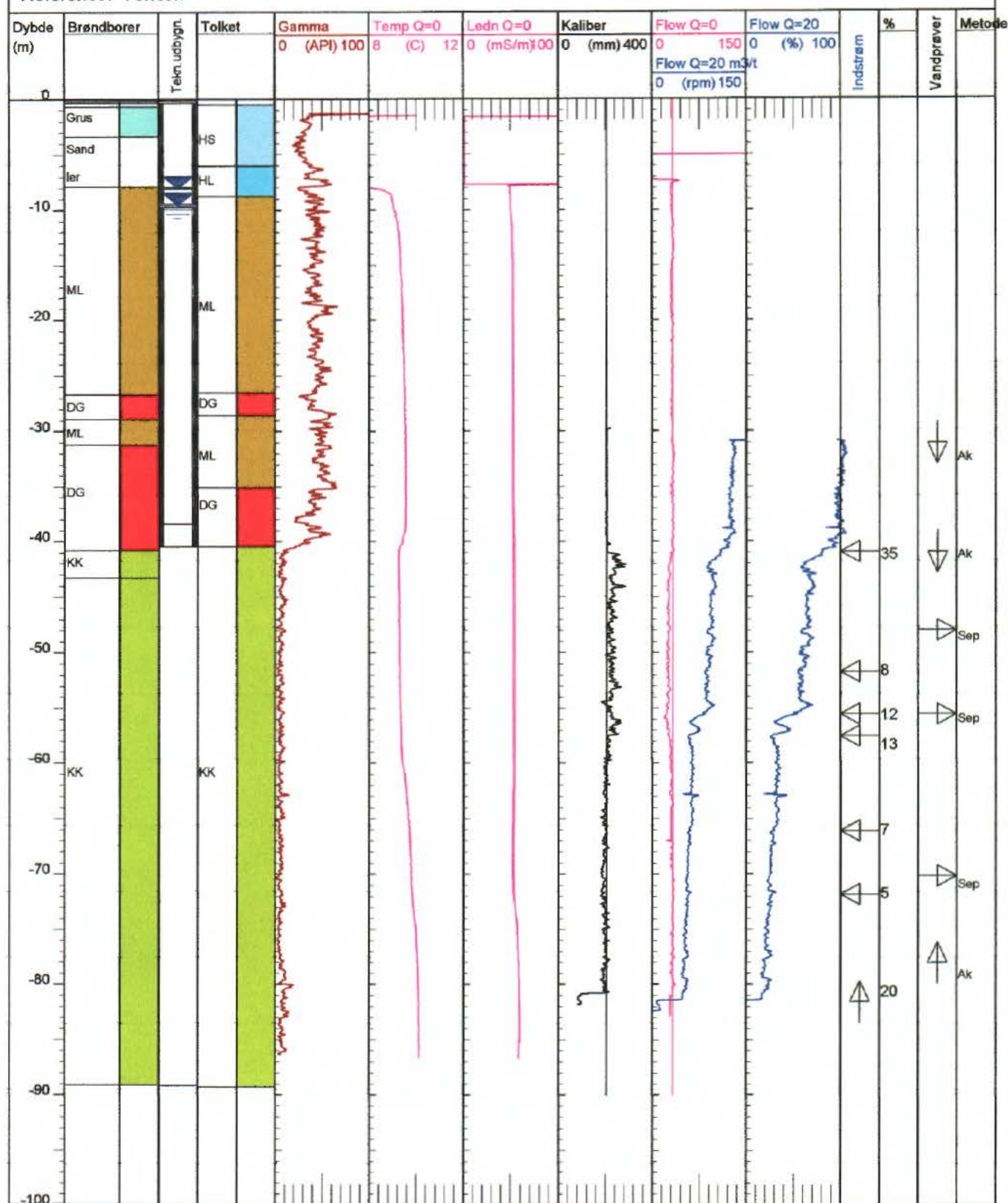
Boringens nuværende dybde er 63,4 m, og der ses store diameter variationer i den 14 m åbne kalk sektion.

Bilag 1. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 191.165 (B16)

DGU nr. 191.165 (B16)

Nykøbing Sj. Vandværk Rørmosen: GEUS logging 20-02-04

Reference: Terræn



Bilag 2. GEUS Video inspektions rapport for boring DGU nr. 191.165 (B16)

GEUS video borings inspektion : Nyk.Sjælland, Rørmosen DGU nr. 191.165 (B 16) 20-feb-2004											
MP/m.u.t	Konstr.	Samling	Korrosion	Utæthed	Belægning	Tilstopn.	Flint	Farve	Sprække	Caving/hulrum	Bemærkninger
3.35	Forerør/jern				x						
4.17	"	x ?			x						
6.81	"										vand uklart
9.77	"				x						- -
13.07	"				x						- -
15.65	"		x ?		x						- -
16.86	"		x ?		x						- -
18.05	"		x ?		x						
19.48	"		x ?		x						- -
21.51	"		x ?		x						vand mere uklart
22.75	"				x						- -
24.96	"				x						- -
28.98	"				x						afskalning af rør
31.06	"				x						afskalning af rør
33.15	"				x						afskalning af rør
35.75	"				x						afskalning af rør
37.86	"				x						afskalning af rør
38.06	"		x		x						afskalning af rør
38.89	"		x		x						afskalning af rør
40.36	"		x		x						bund af forerør
40.32	"		x		x						bund af forerør
41.50	åbent hul									x	
42.19	"									x	
46.75	"						x				
53.60	"								x		vert kale sprækker
55.54	"								x	x	horionsontale sprækker
56.27	"						x			x	
61.77	"						x				
71.16	"						x				
76.01	"								x	x	
76.71	"								x	x	
79.06	"								x	x	
81.35	"						x		x	x	Stop. Rammer væg med flintknolde

Bilag 3. Vandprøver fra DGU nr. 191.165 (B16) – Udtagningsmetode og strategi

Nykøbing Sjælland, Rørmosen DGU nr. 191.165 (B 16) 20-02-04 (Separations pumpning og Akkumulerede prøver)									
Dybde	Øvre SP10		Prøvepumpe MP-1		Nedre SP10		Tid	Bemærkninger	Prøvetagn.
m.u terræn	Q=m3/t	EC=uS/cm	Q=l/t	EC=umS/cm	Q=m3/t	EC=uS/cm	Kl.		metode
31	8	665			6	660	10:55		
31	8	677			6	690	11:05		
31	0		327	691	6	691	11:20		
31	0		327	691	6	691	11:25	Prøve udtaget	Akkumuleret ned
41	0				6	688	11:40		
41	0		327	685	6	688	11:50		
41	0		327	685	6	687	12:00	Prøve udtaget, vand svag sort	Akkumuleret ned
48					6	6856	12:12		
48	7	687			6	678	12:20		
48	3	687	211	673	6	674	12:40		
48	3	687	211	673	6	672	12:50	Prøve udtaget	Separation
55,5	6	674			6	674	13:00		
55,5	6	685			6	675	13:10		
55,5	3	684			6	672	13:25		
55,5	3	684	211	362	6	671	13:30	Prøve udtaget	Separation
70	6	688			6	714	13:50	Øvre sort vand	
70	5	663			6	700	13:55		
70	6	657	211	664	3	698	14:08		
70	6	659	211	665	3	705	14:30	Prøve udtaget	Separation
78	7	676					14:40		
78	7	676			6	708	14:46		
78	7	655	211	750	0		14:59		
78	7	673	211	750	0		15:10	Prøve udtaget	Akkumuleret op

Bilag 4. GEUS boreprofil af DGU nr. 191.165 (B16)

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 191. 165

Borested : Nygård, Rørmosen, ca. 200m V for Vv.
4500 Nykøbing Sj
bor. 16

Kommune : Trundholm
Amt : Vestsjælland

Boringsdato : 1/1 1964

Boringsdybde : 89 meter

Terrænkote : 4,5 meter o. DNN

Brøndbore : N.P. Christiansen, Bagsværd
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

Prøver
- modtaget :
- beskrevet : 1/1 1964 af : B
- antal gemt :

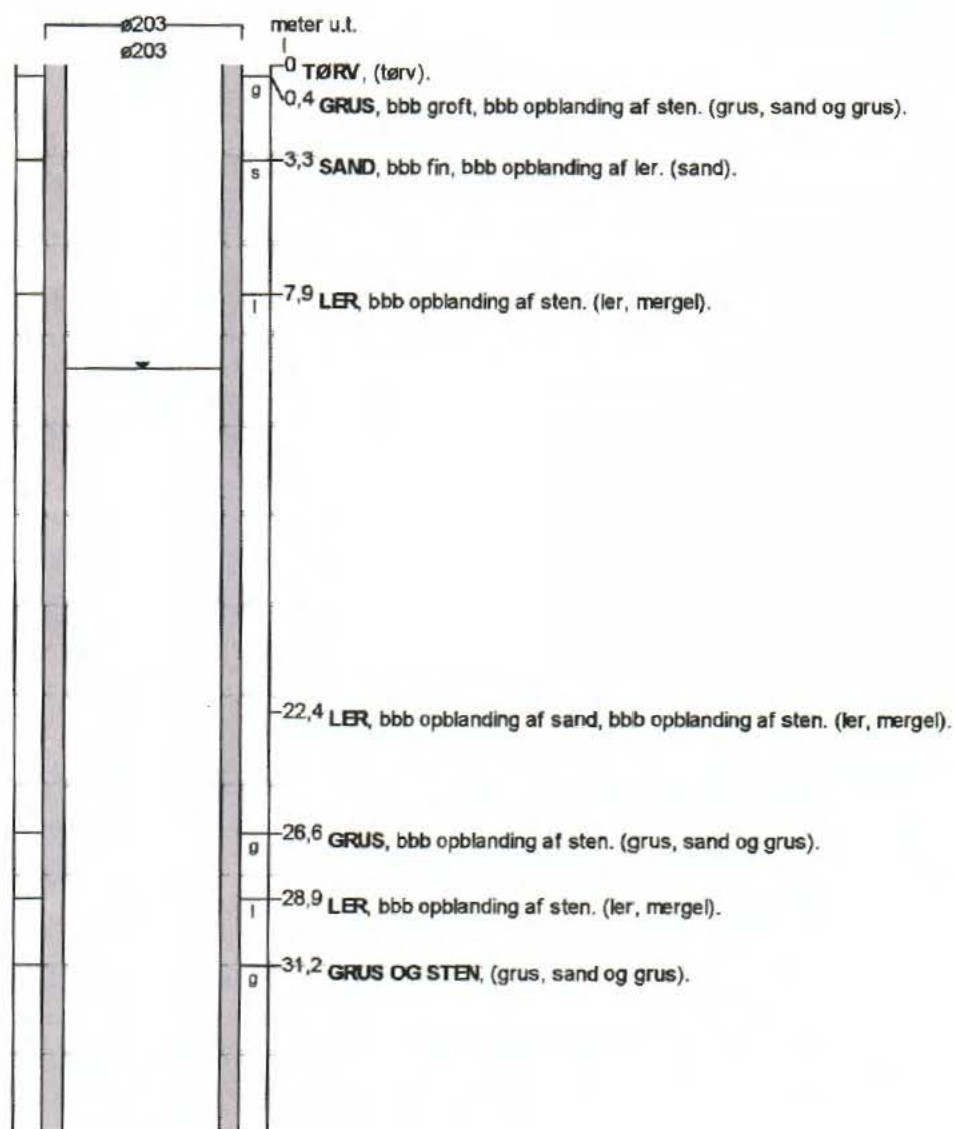
Formål : Vandforsyningsboring
Anvendelse :
Boremetode :

Kortblad : 1414 IINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 665257, 6201033

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

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	10,5 meter u.t.	1/1 1964	48 m ³ /t	13,4 meter	288 time(r)

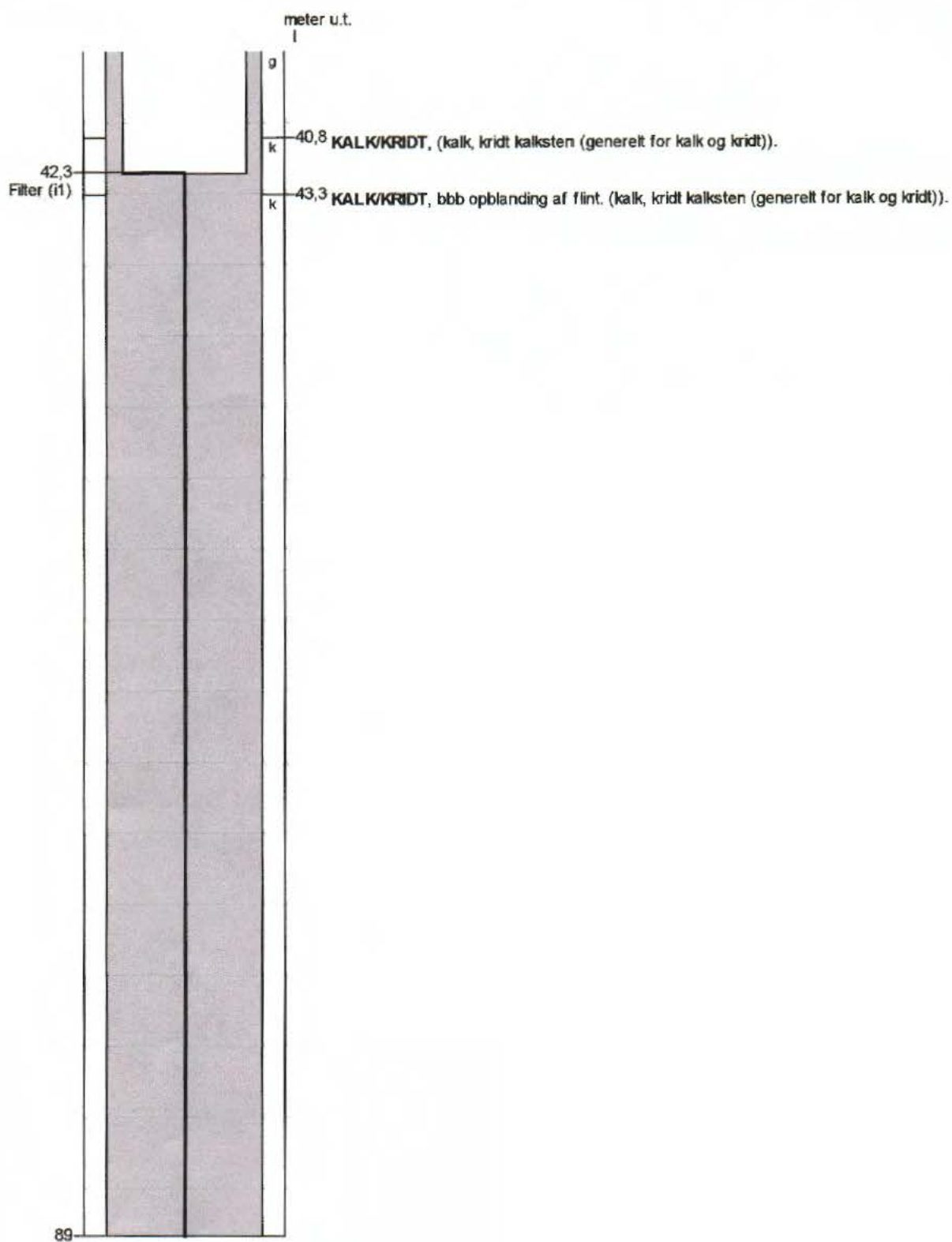
Notater : oplyst pumpning: 30kbn/t med vsp. 17-18m.u.t. der ønskes filter i grus- og stenlag 31.2-40.8m.u.t.



fortsættes..

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 191. 165

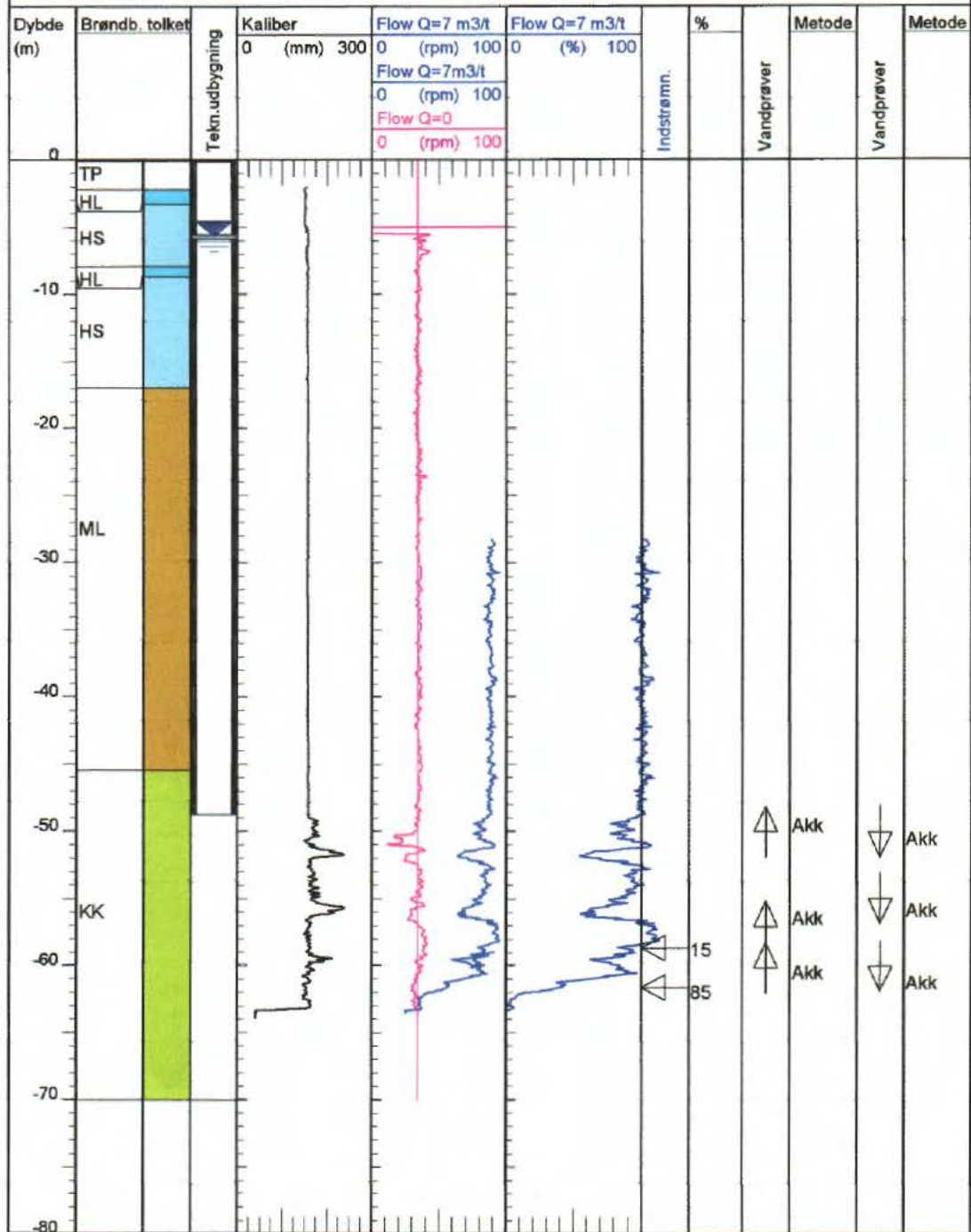


Bilag 5. Geofysiske borehulslogs fra DGU nr. 191.36B (B11)

DGU nr. 191.36 B (B11)

Nykøbing Sj. Vandværk Rørmosen: GEUS logging 08-03-04

Reference: Terræn



Bilag 6. GEUS Video inspektions rapport for boring DGU nr. 191.36B (B11)

GEUS video borings inspektion :			Nyk.Sjælland DGU nr. 191.36 B (Bor. 11) 09-03-2004								
Dybde	Konst.**	Samling	Korrosion	Utæthed	Belægning	Tilstopn.	Flint	Farve	Sprække	Caving/hulrum	Bemærkninger
2.16	Forerør/jern	X			X						
2.45	"		X		X						Store flager
9.02	"										pumpe sat på 8 m
15.70	"				X						
18.22	"		X		X						hul i belægning
19.13	"				X						afskalning
19.81	"				X						afskalning
21.11	"				X						mange huller i belægning
23.12	"				X						mange huller i belægning
26.63	"		X		X						rust knolde
36.92	"				X						
38.42	"				X						afskalning
41.20	"				X						
42.64	"	X?	X		X						kraftig tæring ?
44.19	"		X		X						Rust flage
44.89	"		X								
45.75	"	X			X						
48.12	"		X								
48.93	"										bund af forerør
49.26	åben hul									X	
50.50	"									X	
51.03	"										afskalning fra rør ?
51.68	"								X		
52.84	"									X	
55.72	"									X	
58.53	"								X		
59.52	"									X	
60.87	"									X	
62.87	"										lige over bund, ingen strømning
63-.44	"										Stop bund

Bilag 7. GEUS boreprofil af DGU nr. 191.36B (B11)

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 191. 36B

Borested : Nygård, Rørmosen, Nykøbing Sj. Vv., værk II
4500 Nykøbing Sj

Kommune : Nykøbing-Rørvig
Amt : Vestsjælland

Boringsdato : 1/1 1947

Boringsdybde : 70 meter

Terrænkote : 4,2 meter o. DNN

Brøndborer : H. Brøker I/S, Holbæk
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

Prøver
- modtaget :
- beskrevet : af : B
- antal gemt :

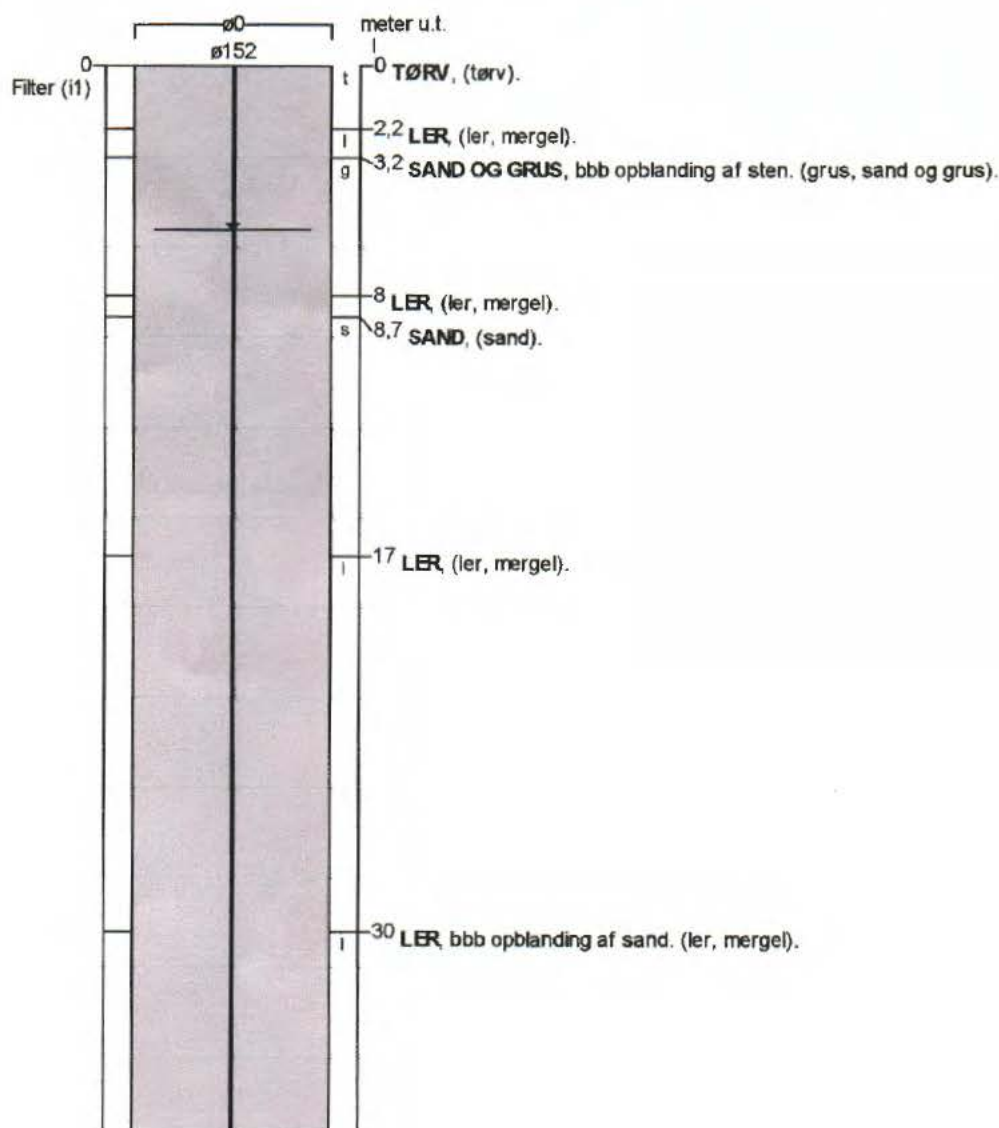
Formål : Vandværksboring
Anvendelse : Vandværksboring
Boremetode :

Kortblad : 1414 IINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 665435, 6201014

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

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	5,7 meter u.t.	14/6 1961	18,4 m ³ /t	1,6 meter	

Notater : vsp. og kapacitet oplyst ved lok. d. 14/6-61 - ingen opl. på afskrift efter LVK d.9/3-51 - muligvis samme bor. som 191.36E terr.kote iflg. mbbl. ca. +7-7.5 ! - iflg. afskrift +4.2



BORERAPPORT

DGU arkivnr : 191. 36B

