

Bornholms Regionskommune

Logging og vandkemi i vandforsyningsboringer, 2004

DGU nr. 244.557 og -558, Vang; 246.795 og -796, Lobbæk;
247.265, Snogebæk og 248.53, Strandmarken

Kurt Klitten



Bornholms Regionskommune
Logging og vandkemi i vandforsyningsboringer, 2004

DGU nr. 244.557 og -558, Vang; 246.795 og -796, Lobbæk;
247.265, Snogebæk og 248.53, Strandmarken

Kurt Klitten

Indledning	5
Resume	6
Vang vandværks boringer 244.557 og 244.558	6
Lobbæk vandværks boringer 246.795 og 246.796	7
Snogebæk vandværks boring 247.265	8
Strandmarken vandværks boring 248.59	9
Aldersdatering	10
Boring DGU nr. 244.557; Vang Vandværk	12
Boringens tekniske udbygning	12
Geologisk beskrivelse	12
Geofysiske logs.....	12
Gamma-log	13
Temperatur-log uden pumpning	13
Ledningsevne-log uden pumpning	14
Flow-log uden og med pumpning	14
Udtagning af vandprøver og vandkvalitet	15
Sammenfatning	17
Boring DGU nr. 244.558; Vang Vandværk	18
Boringens tekniske udbygning	18
Geologisk beskrivelse	18
Geofysiske logs.....	19
Gamma-log	19
Temperatur-log uden pumpning	20
Ledningsevne-log uden pumpning	20
Flow-log med pumpning	21
Udtagning af vandprøver og vandkvalitet	21
Sammenfatning	23
Boring DGU nr. 246.795; Lobbæk Vandværk	25
Boringens tekniske udbygning	25
Geologisk beskrivelse	25
Geofysiske logs.....	26
Gamma-log	26
Fokuseret resistivitets-log.....	26
Temperatur-log uden og med pumpning	27
Ledningsevne-log uden og med pumpning	27
Kaliber-log	27
Flow-log uden og med pumpning	28
Udtagning af vandprøver og vandkvalitet	29
Sammenfatning	32
Boring DGU nr. 246.796; Lobbæk Vandværk	33
Boringens tekniske udbygning	33

Geologisk beskrivelse	33
Geofysiske logs.....	34
Gamma-log	34
Fokuseret resistivitetslog.....	34
Temperatur-log uden og med pumpning	35
Ledningsevne-log uden og med pumpning	35
Kaliber-log	36
Flow-log uden og med pumpning	37
Udtagning af vandprøver og vandkvalitet	37
Sammenfatning	39
Boring DGU nr. 247.265; Snogebæk Vandværk	42
Boringens tekniske udbygning	42
Geologisk beskrivelse	42
Geofysiske logs.....	42
Gamma-log	43
Fokuseret resistivitets-log.....	43
Temperatur-log uden og med pumpning	44
Ledningsevne-log uden og med pumpning	44
Kaliber-log	44
Flow-log uden og med pumpning	44
Udtagning af vandprøver og vandkvalitet	46
Sammenfatning	47
Boring DGU nr. 248.53; Strandmarkens Vandværk	49
Boringens tekniske udbygning	49
Geologisk beskrivelse	49
Geofysiske logs.....	49
Gamma-log	50
Fokuseret resistivitets-log.....	50
Temperatur-log med og uden pumpning	51
Ledningsevne-log med og uden pumpning	51
Kaliber-log	51
Flow-log uden og med pumpning	52
Udtagning af vandprøver og vandkvalitet	53
Sammenfatning	56
Tritium- og Helium analyser til aldersdatering	57
Dateringsmetode.....	57
Resultater.....	58
Konklusion	59
Litteratur	60

Bilagsoversigt

Borejournaler	Bilag 1
Boringskontrol vandanalyser	Bilag 2
Boring 244.557 Vang vandværk - blandingsvandprøve	2.1
Boring 244.558 Vang Vandværk - blandingsvandprøve.....	2.2
Boring 246.795 Lobbæk Vandværk – 2 prøver (øvre og nedre indstrømning)	2.3
Boring 246.796 Lobbæk Vandværk – 2 prøver (øvre og nedre indstrømning)	2.4
Boring 247.265 Snogebæk Vandværk – 2 prøver (øvre og nedre indstrømning).....	2.5
Boring 248.53 Strandmarken Vandværk – 3 prøver (øvre, mellem og nedre indstrømn) .	2.6
Boringskontrol analyser - Oversigt	Bilag 3

Indledning

Som led i Bornholms Regionskommunes program for undersøgelse og dokumentation af lagfølge, udbygning, indstrømningsfordeling, vandkemi og grundvandsalder i alle de vigtigste indvindingsboringer på Bornholm har GEUS i august 2004 udført borehulslogging og udtagning af vandprøver i følgende 6 vandforsyningsboringer:

Boring DGU nr. 244.557; Vang vandværk
Boring DGU nr. 244.558; Vang Vandværk
Boring DGU nr. 246.795; Lobbæk Vandværk
Boring DGU nr. 246.796; Lobbæk Vandværk
Boring DGU nr. 247.265; Snogebæk Vandværk
Boring DGU nr. 248.53; Strandmarken Vandværk

De to førstnævnte boringer ved Vang Vandværk er mindre end 30 m dybe og filtersatte i kvartære lag med kun 6 m lange filtre, og log-programmet i disse omfatter derfor kun gamma-log, temperatur- og ledningsevne-log uden pumpning samt flow-log uden og med pumpning.

De øvrige fire boringer er dybe boringer i palæozoiske lag og uden filtersætning, hvorfor log-programmet her er mere omfattende: Gamma-log, resistivitets-log, temperatur- og ledningsevne-log med og uden pumpning, flow-log med og uden pumpning samt kaliber-log.

I alle boringerne er der udtaget vandprøver til boringskontrol analyse hos A/S AnalyCen i Fredericia, samt til Tritium og Helium analyser på University of Utah i USA med henblik på vurdering af vandets alder. I de to boringer ved Vang er der kun udtaget blandingsvandprøve, medens der i de øvrige er udtaget prøver som repræsenterer indstrømninger i forskellige sektioner af boringerne.

Boringernes placering er angivet på 3 kortudsnit vist i henholdsvis Figur 1, 2 og 3.

Nærværende rapport omhandler beskrivelse og tolkning af logging af de 6 boringer, samt sammenstilling og diskussion af de vandkemiske analyseresultater. Sidstnævnte er sket i samarbejde med Lektor Flemming Larsen, Institut for Miljø & Ressourcer, DTU, som også stillede pakkerudstyr til rådighed for udtagning af vandprøver fra de to boringer ved Lobbæk.

Resultaterne af Tritium og Helium analyserne er vist sidst i rapporten, og diskussionen af disse og vurdering af aldersbestemmelserne er sket i samarbejde med Klaus Hinsby, seniorforsker ved GEUS.

København, 1 september 2005.

Resume

Vang vandværks boringer 244.557 og 244.558

Boringerne er henholdsvis 27,5 m og 29,0 m dybe og nedboringen er formodentlig i begge stoppet, da grundfjeldet blev nået (kun anført ved 244.558). I begge boringer er der sat et 6 m PVC-filter (Ø160 mm) nederst, selv om lagserien tilsyneladende ikke er optimal for denne filtersætning i nogen af boringerne.

Således er lagserien i 244.557 fra 7 m dybde til bund af boringen beskrevet som moræneler. Filtersætningen har alligevel resulteret i en specifik kapacitet i boringen på ca. $1 \text{ m}^3/\text{t/m}$ og en T-værdi på ca. $2,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sek}$. Flow-loggen viste, at hele indstrømningen sker fra 23 m til 24,5 m med 60% af indstrømningen koncentreret lige under 23 m. Gamma-loggen indikerer, at netop intervallet 22 til 24 m indeholder sand og grus således som også vurderet af brøndboreren, sidstnævnte angiver dog intervallet 23 til 25 m.

I boring 244.558 er lagfølgen ikke på samme måde domineret af moræneler, idet der dels optræder smeltevandsaflejringer til 16 m, og dels optræder et 4,5 m tykt sand-grus lag lige over klippeoverfladen. Sidstnævnte har resulteret i en høj specifik kapacitet på ca. $7 \text{ m}^3/\text{t/m}$ samt en T-værdi på ca. $5,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sek}$. Flow-loggen viser, at indstrømningen er forholdsvis jævnt fordelt over dybdeintervallet 24,5 til 28 m.

I begge boringer viser gamma-loggen et dybdeinterval (henholdsvis 15-22 m og 18,5-24,5 m), som er beskrevet som moræneler, men som udviser en så lav gamma-stråling, at det normalt ville blive tolket som indikation på sand-grus. Denne lave gamma-stråling skyldes antagelig at morænen i højere grad indeholder silt end ler, idet visse typer silt kan udvise endog meget lav gammastråling.

Ifølge brøndborers oplysninger er begge boringer udført med ler-afspærring til henholdsvis 19,5 m dybde og 22 m. Jævnfør det netop omtalte lave gamma-strålingsniveau fra henholdsvis 15 m og 18,5 m dybde, kan ler-afspærringerne maksimalt være nået til disse dybder, idet en lerspærre normalt giver sig til kende ved øget gamma-stråling.

Fra boring 244.557 er der udtaget en vandprøve ovenover filteret af råvandet på dets vej op til pumpen. Selv om indstrømningen til filteret sker over et kort filterinterval på kun 1,5 m synes vandprøven at repræsentere en blanding af nitratholdigt og sulfatholdigt "øvre vand" og af "nedre vand" med mangan og reduceret jern (Ferrojern).

I boring 244.558 blev der ligeledes udtaget en vandprøve ovenover filteret af råvandet på dets vej op til pumpen. Denne vandprøve synes i højere grad end den forrige Vang boring at repræsentere en "nedre" reduceret vandtype med mangan, men sandsynligvis også opblandet med sulfatholdigt "øvre vand", som her er nitratfrit.

For begge boringer gælder, at vandkvaliteten ikke giver anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, vil kunne overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet fra boring

244.557 har en elektrisk ledningsevne på 85 mS/m (ved 25 C°) og en forholdsvis høj hårdhed på 22,4 °dH, medens det i boring 244.558 har en forholdsvis lav elektrisk ledningsevne på kun 62 mS/m (ved 25 C°) og en middelhøj hårdhed på 16,3 °dH.

Lobbæk vandværks boringer 246.795 og 246.796

Boringerne er henholdsvis 109 m og 103 m dybe, og står som åbne fra henholdsvis 23 m og ca. 41 m dybde u.t. Herover er de udbygget med ø225 mm PVC-forerør.

Boring 246.795 viser kun 2,3 m kvartære dæklag, og er ført gennem "Grønne skifre" og videre ned i "Balka sandstenen, og ifølge boreprofilen skulle grænsen mellem de to bjergarter ligge i 70 m dybde. Gamma-log og resistivitets-log viser imidlertid, at grænsen ligger i ca. 75 m u.t. De "Grønne skifre" kan på basis af gamma-strålingsmønstret inddeles i tre sekvenser, hvoraf den midterste er karakteristisk ved et generelt højere og mere varierende strålingsniveau end de to andre sekvenser. De mest markante maksima i den midterste sekvens skyldes antagelig et større indhold af Uran, som optræder i relation til særlig fosforholdige lag. Vurderet ud fra gamma-loggen og resistivitets-loggen synes indslaget af tynde sandstens lag at øges mod større dybde i den nederste sekvens af de "Grønne skifre".

"Balka sandstenen fra 75 m u.t. til boringens bund ca. 109 m u.t. er generelt karakteriseret ved lavt gamma-strålingsniveau og meget høj resistivitet, 500 til 3.000 ohmm. Der forekommer dog underordnede lag med lavere modstand og højere gamma-stråling som følge af højere indhold af glaukonit og skifer. Sådanne skiferlag kan være op til flere meter tykke, således som det ses på begge typer logs i dybden 87 til 89 m.

75% af indstrømningen til boringen sker fra zoner i Balka-sandstenen, hvoraf en enkelt sprækkezone 8-9 m nede i sandstenen producerer 50% af boringens ydelse. De resterende 25% indstrømmer i en enkelt sprækkezone i 38 m dybde i de "Grønne skifre".

Der er udtaget en vandprøve som repræsenterer indstrømningen på 25% i 38 m dybde fra de Grønne skifre, og en vandprøve, der repræsenterer den øvrige indstrømning på 75% fra Balka sandstenen. Begge vandprøver viser en reduceret vandtype med opløst reduceret jern (0,8 og 1,4 mg/l) og mangan (0,056 og 0,24 mg/l). Endvidere med relativt lav koncentration af sulfat (27-28 mg/l) og calcium (78-80 mg/l), der begge kan tolkes som reaktionsprodukter fra kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt i grundvandet. Begge prøver viser aggressiv kuldioxid (10 og 13 mg/l).

Boring 246.796 viser mindre end 1 m kvartært dæklag, og er ført gennem "Balka sandstenen og videre ned i Nexø sandstenen. Grænsen mellem de to bjergarter skulle ifølge boreprofilen ligge i ca. 80 m dybde, men gamma- og resistivitets-log viser, at grænsen ligger i ca. 88 m u.t. Balka sandstenen kan på basis af gamma- og resistivitets-log underdeles i fem sekvenser, hvoraf de tre udgøres af kvartitiske sandsten med lavt gamma strålingsniveau - 25 til 50 API - og meget høj resistivitet – 1000 til 3000 ohmm -, medens de to mellemliggende sekvenser udgøres af skifrige silt/lersten med højt gamma strålingsniveau – 100 til 200 API - og væsentligt lavere resistivitet – 100 til 300 ohmm. Tilsvarende sekvenser blev ved logging undersøgelsen i 2002 konstateret i boring 247.323 ved Smålyngen, hvor ca. 80 m af Balka sandstenen var repræsenteret (GEUS rapport 2002/94). Derimod kan

denne sekvens opdeling ikke umiddelbart korreleres til den i GEUS rapport 1998/126 opstillede log-stratigrafi for Balka sandstenen på basis af logs fra borerne 247.306 og 247.349. Denne tilsyneladende forskel vil blive søgt nærmere belyst ved en efterfølgende undersøgelse af stratigrafien i de "Grønne skifre" og Balka sandstenen, planlagt i samarbejde med geolog Arne Thorshøj Nielsen ved Geologisk Museum i København.

Nexø sandstenen i 88 m dybde afspejles dels ved et højere gamma-strålingsniveau end i den ovenliggende nedre del af Balka-sandstenen, og dels ved et skifte i resistiviteten fra at være meget høj i den nedre Balka sandstenssekvens til noget lavere, men fortsat relativt høj – 500 til 1.000 ohmm - i Nexø Sandstenen.

Hovedparten af indstrømningen (88%) til boringen sker i overgangen mellem den mellemste sandstenssekvens og den overliggende skifersekvens i Balka Sandstenen, medens de resterende 12% indstrømmer i en række zoner i den nedre sandstenssekvens i Balka sandstenen. Der er således intet indstrømningsbidrag fra Nexø Sandstenen.

Der er udtaget to vandprøver, som repræsenterer henholdsvis indstrømningen på 88% fra Balka sandstenens mellemste sekvens og på 12% fra den nedre Balka sandstenssekvens. Der er kun mindre forskelle på vandkvaliteten fra de to sekvenser. I begge må vandtypen karakteriseres som værende en reduceret vandtype med opløst reduceret jern (0,11 og 2,9 mg/l) og mangan (0,99 og 0,82 mg/l), og med relativt lav koncentration af sulfat (38 og 29 mg/l) og calcium (74 og 79 mg/l). Sidstnævnte to stoffer kan tolkes som reaktionsprodukter fra kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt i grundvandet. Vandprøverne viser omtrent samme ledningsevne, henholdsvis 49 mS/m og 53 mS/m v. 25 C⁰. I prøven fra den nedre del af Balka sandstenen er der lidt højere koncentration af fluorid (0,64 mg/l mod 0,39 mg/l), hvilket indikerer en længere opholdstid i sandstenen i kontakt med fluoridholdige mineraler.

For begge disse to nye og dybe borer ved Lobbæk gælder, at vandkvaliteten ikke giver anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, vil kunne overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet fra boring 246.795 har en elektrisk ledningsevne på 61 mS/m (ved 25 C⁰) og en middelhøj hårdhed på ca.16 °dH, medens vandet fra boring 246.796 har en elektrisk ledningsevne på kun ca. 50 mS/m (ved 25 C⁰) og en forholdsvis lav hårdhed på ca.12 °dH.

Snogebæk vandværks boring 247.265

Denne boring er 50 m dyb, og udbygget med 6" stålforerør til ukendt dybde. Resistivitets- og kaliber-loggen dokumenterer, at forerøret er ført ned til 17,5 m u.t.

Ifølge boreprofilen i GEUS's database er hele lagserien vurderet til at være Balka-sandsten, men den udførte gamma log dokumenterer ved sammenligning med tilsvarende log fra 2002 undersøgelsen i Snogebæk vandværks boring 247.306, at de nederste ca. 10 m af de "Grønne skifre" er til stede øverst i lagserien under et ca. 4 m kvartært dæklag. Grænsen til den underliggende Balka-sandsten er således beliggende i ca. 14 m dybde u.t.

De ca. 36 m Balka-sandsten, som er repræsenteret i boringen, kan på basis af gamma-log og resistivitets-log underdeles i en øvre og en nedre kvartsitisk sekvens adskilt ved en skifret sekvens i intervallet fra 27 til 37 m. Disse log-sekvenser kan i store træk korreleres med de tilsvarende log-mønstre fra de ca. 33 m Balka-sandsten i boring 246.795 ved Lobbæk.

65% af indstrømningen til boringen sker fra to zoner i den øvre kvartsitiske sekvens, og de resterende 35% indstrømmer fra to zoner i den nedre kvartsitiske sekvens.

Der er udtaget to vandprøver, som repræsenterer henholdsvis den øvre indstrømning på ca. 65%, og den nedre indstrømning på 35%. Begge prøver viser en reduceret vandtype med opløst reduceret jern (3,1 og 1,6 mg/l) og mangan (0,21 og 0,27 mg/l), og med relativ lav koncentration af sulfat (41 og 34 mg/l) og calcium (72 og 78 mg/l). Sidstnævnte to stoffer kan som tidligere omtalt begge tolkes som reaktionsprodukter fra kemisk oxidation af sulfider under reduktionen af opløst ilt i grundvandet. I prøven fra den nedre del af Balka sandstenen er der en forhøjet koncentration af fluorid (0,97 mg/l), hvilket indikerer en længere opholdstid i sandstenen i kontakt med fluoridholdige mineraler. Begge vandprøver viser calcium-natrium ionbytning samt et vist indhold af aggressiv kuldioxid (6,7 og 7,0 mg/l). Hårdheden er kun middelhøj (14,8 og 15,6°dH).

Vandkvaliteten giver således ikke anledning til bemærkninger, idet råvandet fra boring 246.265 efter en normal vandbehandling, med en iltning og efterfølgende filtrering, vil overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Råvandet har en elektrisk ledningsevne på omkring 71 mS/m og en middelhøj hårdhed på omkring 15°dH.

Strandmarken vandværks boring 248.59

Denne boring er 94 m dyb, og udbygget med stålforerør til 8,5 m u.t. Boringen står i de "Grønne skifre", som her er overlejret af 4 m kvartær. De "Grønne skifre" er ikke gennem-boret, men ved sammenligning med gamma- og resistivitets-log mønstrene fra boring 246.795 ved Lobbæk ses det, at denne boring ved Strandmarken kun skulle være ført et par meter dybere for at nå grænsen til Balka-sandstenen.

På basis af den udførte gamma-log suppleret med resistivitets-log er der for første gang udført en sekvens opdeling af de "Grønne skifre" i henholdsvis en "Øvre", en "Mellem" og en "Nedre" sekvens. Den midterste sekvens er karakteriseret ved et generelt højere gamma-strålingsniveau med flere signifikante peaks, som formodentlig skyldes Uran i sammenhæng med forekomst af fosforit. Loggene indikerer endvidere, at der optræder flere op til 0,5 m tykke sandstensbænke, samt at indslaget af sand generelt er højere i den øvre halvdel af den midterste sekvens, samt i den nedre del af den øvre sekvens.

Formationsresistiviteten er generelt i størrelsesordenen 100-200 ohmm, men med maksima svarende til sandstensbænkene på op til 500 ohmm.

Indstrømningsfordelingen i boringen er ret overraskende, idet der er identificeret fire indstrømningsintervaller med tilsammen 130% indstrømning. Således 45% i intervallet 86-77 m, 30% i 57-52 m, 45% i 34-28 m og endelig 10% i ca. 15 m dybde. Dette kan naturligvis ikke finde sted uden at der også foregår en udstrømning på 30%, hvilket sker i ca. 49 m

dybde. Denne udstrømning er sandsynligvis forårsaget af samtidig indvinding fra en nærliggende indvindingsboring.

Der er udtaget tre niveau-specifikke vandprøver til analyse. Den nedre repræsenterer indstrømningen i intervallet 86-77 m, og kan karakteriseres som en reduceret vandtype, men med lavt jern- og mangan indhold (0,25 og 0,065 mg/l), samt kun lettere forhøjet sulfat (47 mg/l), og tydeligvis med Calcium-Natrium ionbytning (37 mod 110 mg/l). Hårdheden er efter danske forhold meget lav, 8°dH. Den har højere fluorid end de to øvrige (0,89 mg/l mod 0,52 og 0,48 mg/l), hvilket indikerer længere opholdstid i bjergarterne og i kontakt med fluoridholdige mineraler. Den adskiller sig også fra de to andre prøver ved ikke at indeholde aggressiv kuldioxid.

De to andre prøver repræsenterer henholdsvis en øvre indstrømning i ca. 15 m dybde og indstrømningerne ovenover 35 m inklusiv den øvre indstrømning. Disse to vandprøver viser en reduceret vandtype med forholdsvis højt indhold af opløst reduceret jern (1,2 og 2,9 mg/l) og mangan (0,24 og 0,29 mg/l) og ligeledes højt indhold af sulfat (120 og 190 mg/l) og af calcium (95 og 130 mg/l). Hårdheden er middelhøj til høj, 17,1 og 22,6°dH, og de udviser et vist indhold af aggressiv kuldioxid (7,6 og 8,1 mg/l).

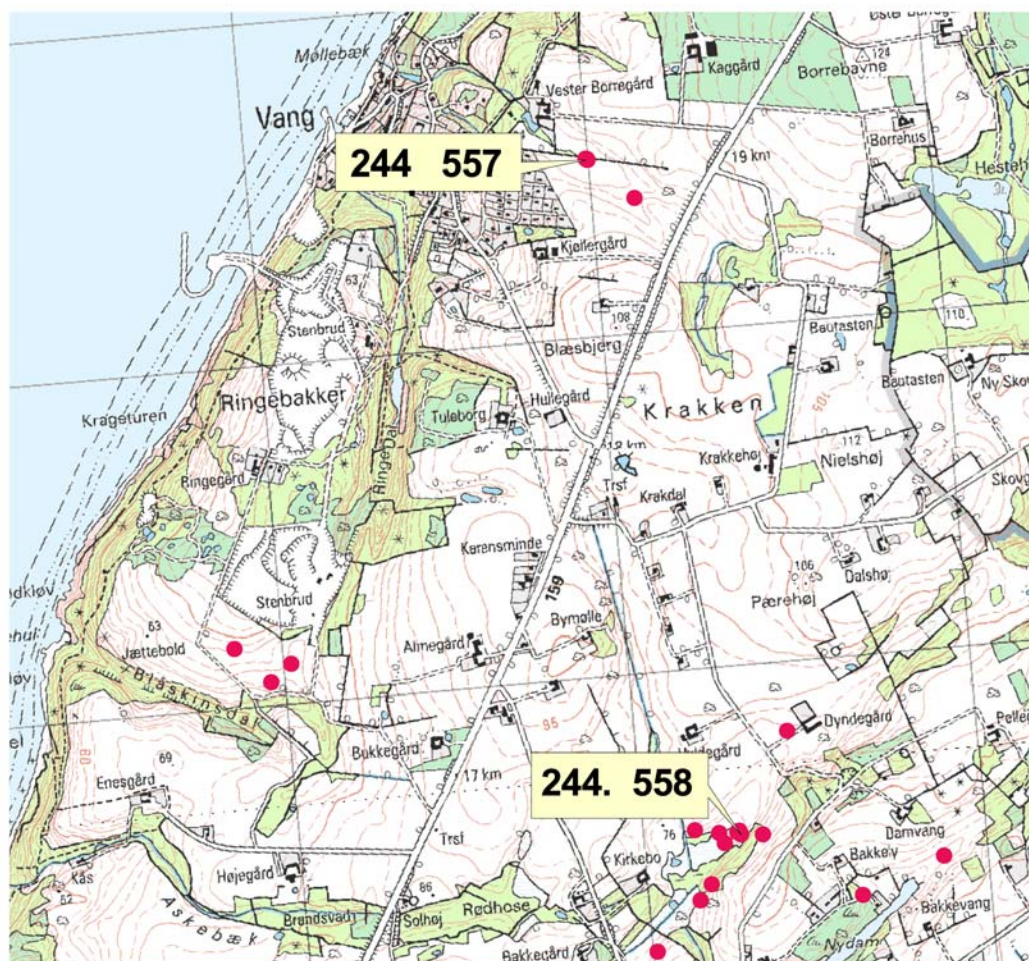
Ved samtidig pumpning fra den nærliggende indvindingsboring vil den nedre vandtype kun i begrænset omfang indgå i råvandet fra boring 248.53, hvorimod det nedre vand vil bidrage med ca. 30%, når der kun pumpes fra denne boring. I begge indvindingssituationer vil vandkvaliteten ikke give anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling med iltning og efterfølgende filtrering, vil overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet vil have en ledningsevne på 75-80 mS/m og en hårdhed på 15-20°dH.

Aldersdatering

Med henblik på aldersbestemmelse af grundvandet er der foretaget Tritium og Helium-3 analyser af blandingvandprøverne fra hver af de to Vang boringer, 244.557 og 244.558, samt af to niveau-specifikke vandprøver fra hver af de andre fire boringer.

På grund af uventet stort indhold i alle vandprøverne af Helium-4 og dermed også af Helium-3 stammende fra undergrundens bjergarter, er de opnåede aldersbestemmelser på basis af Tritium/Helium-3 forholdet (Helium-3 er datter isotop af Tritium) behæftet med stor usikkerhed.

Der er derfor foretaget en vurdering af vandprøvernes relative alder på basis alene af Tritium koncentrationerne. Herved er det sandsynliggjort, at med undtagelse af de nedre vandprøver fra boring 247.265 og 248.53, er de øvrige 8 grundvandsprøver helt eller delvist påvirket af ungt vand dannet senere end 1980. De to nævnte undtagelser synes derimod at repræsentere gammelt Tritium-frit grundvand fra før 1952 som er opblandet med små mængder grundvand sandsynligvis dannet i årene omkring 1963 med højt Tritium-indhold i nedbøren.



Figur 1. Lokalisering af de undersøgte borer ved Vang vandværk. Kortgrundlag 1:25.000.

Boring DGU nr. 244.557; Vang Vandværk

- Borehulslogging udført den:	19-08-2004
- Målepunkt (MP):	top rør
- Terrænkote:	+83 m
- Målepunkt i forhold til terræn (over/under):	40 cm over
- Rovandsspejl målt ved logging:	Overløb
- Bund af boring målt ved logging:	Ca. 27 m u. MP

Boringens tekniske udbygning

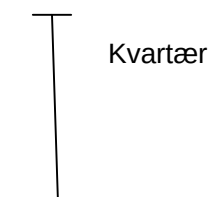
Boringen er udført i 1993 af brøndborerfirmaet Højfeldt, Herning som en 18" boring med lufthæve boremetode. Boringen er ført til en dybde af 27,5 m u.t. og udbygget med et 160 mm PVC forerør og filterrør med filterinterval fra 21,5 m til 27,5 m. Information om gruskastningen er ikke oplyst, men der er udført afspærring med ler udenom PVC-forerør fra 0 m til 19,5 m dybde. Ifølge gamma-log, se nedenfor, når ler-afspærringen næppe dybere end til 15 m.

Rovandsspejl er efter boringens etablering målt til 1,46 meter under terræn, hvorimod der var overløb fra boringen ved udførelsen af logging-undersøgelsen i 2004. Den er prøvepumpet med en ydelse på 7,7 m³/time med en afsækning på ca. 8,5 meter i ca. 8 timer svarende til at boringen har en specifik kapacitet på 1 m³/t/m. T-værdien er ifølge en prøvepumpningsrapport udregnet til ca. 2,6 x 10⁻⁴ m²/sek.

Geologisk beskrivelse

Boringen er beskrevet af GEUS' boreprøvelaboratorium og baseret på 9 indsendte prøver (bilag 1). Laggrænserne er baseret på oplysningerne fra brøndborer. Boreprofilet kan resumeres som følger:

0	-	2,5 m	Gytje
2,5	-	4,0 m	smeltevandssand
4,0	-	6,0 m	moræneler
6,0	-	7,0 m	smeltevandsgrus
7,0	-	27,5 m	moræneler



Der foreligger ingen oplysninger om hvorvidt boringen er stoppet ved toppen af Vang granitten, men dette er ret sandsynligt.

Geofysiske logs

Følgende geofysiske logs er målt i boringen (figur 2):

Gamma-log; Temperatur-log uden pumpning; Ledningsevne-log uden pumpning; Flow-log uden og med pumpning.

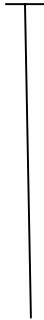
Gamma-log

Gamma-loggen viser et generelt højt strålingsniveau ned til 15 m dybde tydende på overvejende ler. De to sandlag i intervallet fra 2,5 m til 7 m ses ikke at være reflekteret ved mindre stråling i det omfang, som de normalt ville gøre. Gamma-strålingen synes således til 15 m dybde i højere grad at være forårsaget af lerafspærringen end af lagfølgen. Dette skyldes antagelig, at den store diameter på det oprindelige borehul (18"), sammenlignet med PVC-forerørets diameter (160 mm) har medført et ganske betragteligt volumen af lerafspærringen.

Fra 15 m til 22 m er strålingsniveauet markant lavere, hvilket normalt ville blive tolket som indikation på et sand-grus lag. Et sådant er imidlertid ikke observeret i dette tilfælde, idet boreprofilen her viser moræneler. Det ville være overraskende, hvis et så tykt sand-gruslag ikke var blevet observeret af brøndboreren. Forklaringen på det lave strålingsniveau fra 15 m til 22 m må derfor nok snarere skyldes at morænen jævnfør brøndborens profil indeholder meget silt, der som regel har et lavere gamma-strålingsniveau end ler. Lerafspærringen synes således ikke at nå ned til de 19,5 m som opgivet af brøndboreren, men kun til 15 m.

Fra 22 m til 24 m er strålingsniveauet noget højere og fra 24 m til loggens slutdybde i 26,5 m igen lige så højt som ovenover 15 m dybde. Disse to niveauer på gamma-strålingen synes således at afspejle de to lagtyper, som også brøndboreren har observeret, nemlig et sand-gruslag med klæg (leret) fra 23 til 25 m, og leret finsand fra 25 m til bund af boring i 27,5 m.

I den originale brøndborebeskrivelse er følgende lagfølge angivet:

0	-	2,5 m	dynd		Kvartær
2,5	-	4,0 m	finsand og sten		
4,0	-	6,0 m	klæg sand		
6,0	-	7,0 m	grus og sten		
7,0	-	8,0 m	ler med sandstriber		
8,0	-	13,0 m	moræneler		
13,0	-	23,0 m	siltet moræne		
23,0	-	25,0 m	grøn klæg sand og grus		
25,0	-	27,5 m	finsand leret		

På basis heraf har brøndboreren valgt at sætte det 6 m lange filter nederst i boringen, dvs. fra 21,5 til 27,5 m.

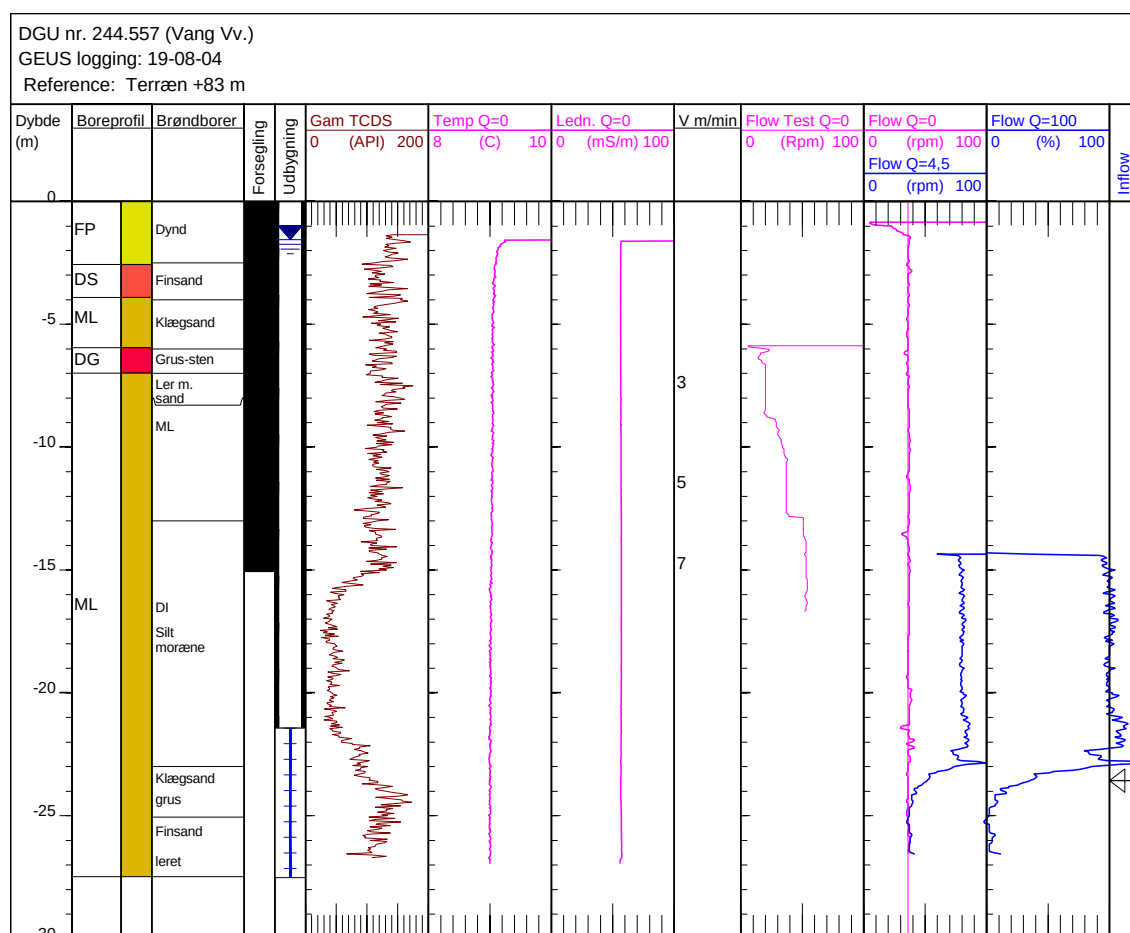
Temperatur-log uden pumpning

Boringen var i drift til umiddelbart før logging, og dykpumpen blev optaget umiddelbart inden logging.

Temperatur-loggens ensartede forløb er derfor ikke overraskende og angiver en temperatur på det indstrømmende grundvand på 9,0 C°.

Ledningsevne-log uden pumpning

Ledningsevnen af det stagnerende vand i boringen er ligeledes konstant i hele boringens dybde, 57 mS/m ved aktuel temperatur 9,0 C°. Denne værdi svarer til 86 mS/m ved 25 C° og er således analog til den i laboratoriet målte ledningsevne, se **Tabel 1** nedenfor. En ledningsevne i denne størrelsesorden er middelhøj og indikativ for en middelhøj ionstyrke i grundvandet. Den konstante ledningsevne indikerer, at der ikke sker indstrømninger til filteret af vand med forskelle i ledningsevne. Eventuelle forskelle ville nemlig stadig være at se på en ledningsevne-log, selv om den er opmålt uden samtidig pumpning, idet boringen som nævnt ovenfor havde været i drift kort tid forinden.



Figur 2. Geofysiske borehulslogs, GEUS boreprofil og brøndborer beskrivelse i boring DGU nr. 244.557.

Flow-log uden og med pumpning

Flow-loggen uden pumpning (Flow Q=0 på Figur 2) viser et konstant tælleantal på 37 rotationer per minut (rpm) hele vejen ned gennem forerør og filterrør, hvilket svarer til en relativ vandhastighed på 5 m/min, nemlig log-sondens nedsænkningshastighed. Der foregår således ingen intern strømning i boringen. Log-sondens funktion blev indledningsvis testet ved

nedsænkningshastighederne 3 m/min, 5 m/min og 7 m/min, hvilket gav et response på henholdsvis 20 rpm, 37 rpm og 53 rpm (se Flow Test $Q=0$ på Figur 2).

Flow-loggen med pumpning (Flow $Q=4,5$ på Figur 2) er gennemført med en ydelse på $4,5 \text{ m}^3/\text{time}$. I forerøret ligger tælleallet på ca. 80 rpm, medens de i den øverste 1,5 m af filteret svinger mellem 70 og 100 rpm. Fra 23 m dybde til 24,5 m aftager tælleallet til ca. 37 rpm som jo jævnfør ovenstående er basis tælleallet svarende til log-sondens nedsænkningshastighed.

Flow-loggens tælleal er derefter fratrasket basis tælleallet 37 rpm, og omregnet til procentisk strømning i forhold til $Q=100\%$ i forerøret. Derved ses det, at hele indstrømningen sker i dybdeintervallet 23 – 24,5 m, hvor brøndborenen har observeret et klægholdigt sand-grus lag, hvis tilstedeværelse synes bekræftet af gamma-loggen. Hverken fra den siltrige moræne ovenover eller fra det lerede finsand nedenunder sker der indstrømning.

Variationerne, som ses i den øverste 1,5 m af filteret lige ovenover indstrømningsintervallet, er ikke usædvanlige lige ovenover en kraftig indstrømning, og skyldes blot uregelmæssig strømning. Det er netop normalt, at strømningen først bliver regelmæssig 1 til 2 m ovenover sidste indstrømning, og at tælleal herover bliver stabile.

Udtagning af vandprøver og vandkvalitet

På grund af, at hele indstrømningen sker over et dybdeinterval på kun 1,5 m besluttedes det kun at udtage en enkelt prøve, som repræsenterer det producerede blandingsvand. Prøven blev udtaget med en MP1-pumpe forsynet med Teflon slange. MP1-pumpen var anbragt ovenover filteret, men nedenunder den større SQ7 pumpe, som pumpede med ydelsen $4,5 \text{ m}^3/\text{time}$.

Resultaterne af boringskontrol analyserne fremgår af Bilag 3, men er også vist i nedenstående Tabel 1 sammen med resultaterne af feltmålinger af visse parametre.

Analyseresultatet viser, at vandprøven repræsenterer råvand, der efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, overholder fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på 85 mS/m (ved 25 C°) og en hårdhed på $22,4 \text{ }^\circ\text{dH}$. Med hensyn til vandtypen kan der siges følgende:

Vandprøven indeholder nitrat (11 mg/l) og samtidig opløst reduceret jern ($0,12 \text{ mg/l}$) og mangan ($0,15 \text{ mg/l}$). Det vurderes, at den lave koncentration af ilt (feltmåling $0,2 \text{ mg/l}$ og laboratoriemåling $0,33 \text{ mg/l}$) skyldes tilførsel af ilt fra atmosfæren under prøvetagningen.

Da nitrat og opløst reduceret jern ikke samtidig kan forekomme i kemisk ligevægt i grundvandsmagasiner, må vandprøven fra boringen repræsentere en blanding af mindst to vandtyper. I den øvre del af lagserien må der således forekomme grundvand med nitrat, og i de nedre sedimentære lag, samt evt. i grundfjeldets sprækker, forekommer grundvand uden ilt og nitrat, men til gengæld med opløst, reduceret jern og mangan. Den relative høje koncentration af sulfat (100 mg/l), tyder på en reduktion af nitrat ved oxidation af sulfider (pyrit) i kontakten mellem de to vandtyper. Denne tolkning støttes af den relativt høje kon-

centration af calcium (150 mg/l) i vandprøven, idet syreproduktionen ved oxidationen af sulfider er blevet neutraliseret ved opløsning af kalcit.

Tabel 1. Boringskontrol analyse og feltmålinger fra boring 244.557.

DGU-nr.		244.557
Lokalitet		Vang Kildepl.
Vandværk anlægsnr.		...
Prøvetagningsdybde ^a		...
Repræsenterer indstrømning ^a		Hele indstr.
Andel af total indstrømning		100%
AnalyCen Journal nr.		V204-01977-01
GEUS Labnr.		040112
Prøvetagningsdato		19-08-04
Ilt [mg/l]	Feltmåling	0,20
Ledningsevne [mS/m] v. 25 C ⁰	Feltmåling	85,6
Redoxal [mV]	Feltmåling	59
pH	Feltmåling	7,26
Temperatur [°C]	Feltmåling	11,1
pH	Laboratorium	8,2
Konduktivitet [mS/m] v. 25 C ⁰	Laboratorium	84,6
Ammoniak+Ammonium [mg/l]	Laboratorium	0,008
Nitrit ^c [mg/l]	Laboratorium	0,17
Inddampningsrest [mg/l]	Laboratorium	580
Calcium [mg/l]	Laboratorium	150
Magnesium [mg/l]	Laboratorium	9
Hårdhed [°dH]	Laboratorium	22,4
Natrium [mg/l]	Laboratorium	24
Kalium [mg/l]	Laboratorium	3,8
Jern ^c [mg/l]	Laboratorium	0,12
Mangan ^d [mg/l]	Laboratorium	0,15
Hydrogencarbonat [mg/l]	Laboratorium	270
Chlorid [mg/l]	Laboratorium	72
Sulfat [mg/l]	Laboratorium	100
Nitrat ^c [mg/l]	Laboratorium	11
Fluorid [mg/l]	Laboratorium	0,24
Phosphor, total-P [mg/l]	Laboratorium	0,026
Opløst Ilt ^c [mg/l]	Laboratorium	0,33
Aggressiv Kuldioxid ^e [mg/l]	Laboratorium	0
Ionbalance [%]	Beregnet	1,9
NVOC ^d [mg/l]	Laboratorium	1,1
Nikkel ^d [µg/l]	Laboratorium	1,2
Arsen ^{c,d} [µg/l]	Laboratorium	0
Barium ^d [µg/l]	Laboratorium	75
Bor ^d [µg/l]	Laboratorium	21

^a Angivet i meter under top rør.

^b Analyse af to blandede prøver fra samme indstrømningdybde.

^c Angivet til 0 mg/l eller mg/l, hvis analyseresultat under detektionsgrænse.

^d Filtreret

^e Filtreret i felten

Sammenfatning

Gamma-loggen er ned til 15 m dybde domineret af den udførte lerafspærring, men indikerer dog tilstedeværelsen af de to observerede sandlag i intervallet 2,5 m til 7 m. Lerafspærringen når således ikke ned til 19,5 m dybde som rapporteret af brøndborer. Den overraskende lave gamma-stråling i dybdeintervallet 15 – 22 m synes at skyldes en meget siltrig moræne. Det 6 m lange filter blev placeret nederst i boringen fra 21,5 m til 27,5 m, idet brøndboreren må have skønnet, at der i dette interval kunne være lag, som kunne give en vis ydelse på trods af, at boreprofilet i dette interval af GEUS er beskrevet som moræneler.

Brøndborerens skøn viste sig at holde, idet en prøvepumpning viste en specifik kapacitet på ca. $1 \text{ m}^3/\text{t}/\text{m}$ og en T-værdi på ca. $2,6 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sek}$. Flow-loggen viser, at hele indstrømningen sker fra 23 m til 24,5 m med 60% af indstrømningen koncentreret lige under 23 m.

Der er udtaget en vandprøve ovenover filteret af råvandet på dets vej op til pumpen. Selv om indstrømningen til filteret sker over et kort filterinterval på kun 1,5 m, synes vandprøven at repræsentere en blanding af nitratholdigt og sulfatholdigt "øvre vand" og af "nedre vand" med mangan og reduceret jern (Ferrojern). Vandkvaliteten giver ikke anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, vil kunne overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på $85 \text{ mS}/\text{m}$ (ved 25 C°) og en forholdsvis høj hårdhed på $22,4 \text{ }^\circ\text{dH}$.

Boring DGU nr. 244.558; Vang Vandværk

- Borehulslogging udført den:	19-08-2004
- Målepunkt (MP):	top rør
- Målepunktskote:	+77 m
- Målepunkt i forhold til terræn (over/under):	30 cm over
- Rovandsspejl målt ved logging:	Overløb
- Bund af boring målt ved logging:	ca. 28,8 m u. MP

Boringens tekniske udbygning

Boringen er udført i 1993 af brøndborefirmaet Højfeldt, Herning som en 18" boring med lufthæve metoden. Boringen er ført til 29 m u.t. og udbygget med et 160 mm PVC-forerør og filterrør med filterinterval fra 23 m til 29 m u.t. Der foreligger ingen oplysninger om gruskastningen, men der er foretaget lerafspærring udenom forerøret fra 0 til 22 m u.t. Ifølge gamma-log, se nedenfor, når ler-afspærringen næppe dybere end til 18,5 m.

Efter boringens etablering er der ved flere lejligheder observeret, at rovandsspejlet står over top rør, dvs. overløb. Således også ved udførelsen af logging-undersøgelsen i 2004. Efter boringens etablering blev der prøvepumpet med en ydelse på 22 m³/time ved en afsækning på kun 3,2 m efter 3 timers pumpning svarende til, at boringen har en ret høj specifik kapacitet, ca. 7 m³/t/m. T-værdien er ifølge en prøvepumpningsrapport udregnet til ca. $5,4 \times 10^{-4}$ m²/sek.

Geologisk beskrivelse

Boringen er beskrevet af GEUS' boreprøvelaboratorium og baseret på 10 indsendte prøver (bilag 1). Laggrænserne er baseret på oplysningerne fra brøndborer. Boreprofilen kan resumeres som følger:

0	-	3,0	ler (moseler)		Kvartær
3,0	-	5,0	silt, smeltevandsaflejring		
5,0	-	8,0	smeltevandssand		
8,0	-	15,0	silt, smeltevandsaflejring		
15,0	-	16,0	smeltevandsler		
16,0	-	24,5	moræneler		
24,5	-	29,0	smeltevandssand og -grus		Prækvartær
29,0	-	29,5	granit		

Som det fremgår, er boringen ført helt igennem den kvartære lagserie og stoppet ved toppen af Vang granitten.

Geofysiske logs

Følgende geofysiske logs er målt i boringen (figur 3):

Gamma-log; Temperatur-log uden pumpning; Ledningsevne-log uden pumpning; Flow-log uden og med pumpning.

Gamma-log

Gamma-loggen viser et generelt højt strålingsniveau ned til 18,5 m dybde tydende på overvejende ler, selv om boreprofilet viser overvejende silt. Gamma-strålingen synes således til denne dybde i højere grad at være forårsaget af lerafspærringen end af lagfølgen, hvilket blandt andet skyldes den store diameter på det oprindelige borehul sammenlignet med PVC-forerørets diameter.

Fra 18,5 m til loggens slutdybde i 28,5 m er strålingsniveauet markant lavere, hvilket normalt ville blive tolket som indikation på et sand-grus lag, som således er betydeligt tykkere end oplyst på boreprofilet. Her er det angivet fra 24,5 til 29 m. Ligesom ved den forrige boring synes det usandsynligt, at brøndboreren skulle have overset tilstedeværelsen af et lag med sand og grus fra 18,5 m og ned til 24,5 m, dvs. et 6 m tykt lag. Forklaringen er antagelig den samme som ved den forrige boring, at der i dette dybdeinterval optræder en specielt siltrig moræne, idet gamma-stråling i visse typer af silt kan være endog meget lav.

Lerafspærringen synes således ikke at nå ned til de 22 m som opgivet af brøndboreren, men kun til 18,5 m.

I den originale brøndborebeskrivelse er følgende lagfølge angivet:

0	-	2,0 m	gult ler		Kvartær
2,0	-	3,0 m	blå ler og silt		
3,0	-	5,0 m	fin klæg sand		
5,0	-	8,0 m	klæg sand og sten		
8,0	-	15,0 m	ler siltet		
15,0	-	16,0 m	ler med sandstriber		
16,0	-	17,0 m	ler siltet		
17,0	-	21,0 m	moræneler		
21,0	-	24,5 m	moræneler og sten		
24,5	-	29,0 m	grus		
29,0	-		klippe		Prækvartær

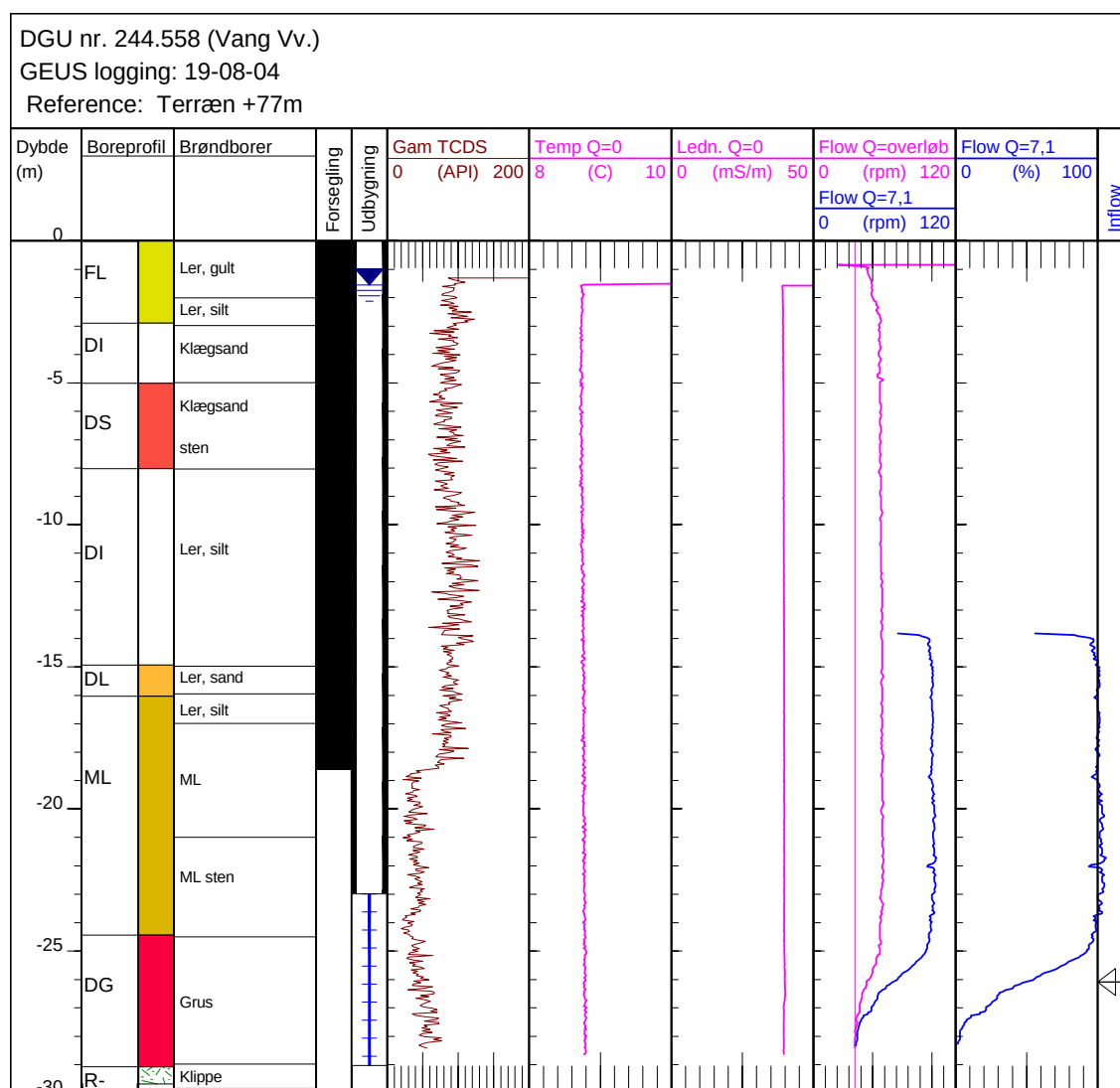
På basis heraf har brøndboreren valgt at sætte det 6 m lange filter nederst i boringen, dvs. fra 23 til 29 m.

Temperatur-log uden pumpning

Boringen var i drift til umiddelbart før logging, og dykpumpen blev optaget umiddelbart inden logging. Temperatur-loggens ensartede forløb er derfor ikke overraskende og angiver en temperatur på det indstrømmende grundvand på 8,8 C°, dvs. 0,2 C° lavere temperatur end ved den forrige boring.

Ledningsevne-log uden pumpning

Ledningsevnen af det stagnerende vand i boringen er ligeledes konstant i hele boringens dybde, 40 mS/m ved aktuel temperatur 8,8 C°. Denne værdi svarer til 61 mS/m ved 25 C° og er således analog til den i laboratoriet målte ledningsevne, se **Tabel 2** nedenfor. En ledningsevne i denne størrelsesorden er lav og indikativ for en lav ionstyrke i grundvandet. Den konstante ledningsevne indikerer, at der ikke sker indstrømninger til filteret af vand med forskelle i ledningsevne. Eventuelle forskelle ville nemlig stadig være at se på en ledningsevne-log, selv om den er opmålt uden samtidig pumpning, idet boringen som nævnt ovenfor havde været i drift kort tid forinden.



Figur 3. Geofysiske borehulslogs, GEUS boreprofil og brøndborer beskrivelse i boring DGU nr. 244.558

Flow-log med pumpning

Flow-loggen uden pumpning (Flow Q =overløb på Figur 3) viser et konstant tælleantal på 60 rotationer per minut (rpm) hele vejen ned gennem forerør og den øverste del af filterrør, hvilket jo er et væsentlig højere tælleantal end de 37 rpm, som svarer til en relativ vandhastighed på 5 m/min, nemlig log-sondens nedsænkningshastighed. Der foregår derfor en intern strømning i boringen svarende til det observerede overløb. Indstrømningen sker i dybdeintervallet fra 25 m til ca. 27,5 m, idet flow-loggens tælleantal her falder fra 60 rpm i 25 m til 37 rpm.

Flow-loggen med pumpning (Flow $Q=7,1$ på Figur 3) er gennemført med en ydelse på 7,1 m³/time. I forerøret og ca. 2 m ned i filterrøret ligger tælleantallet på ca. 103 rpm, hvorefter det fra ca. 25 m dybde og ned til 27,5 m ligesom tilfældet uden pumpning aftager jævnt til basis tælleantallet 37 rpm.

Flow-loggens tælleantal er derefter fratrasket basis tælleantallet 37 rpm, og omregnet til procentisk strømning i forhold til $Q=100\%$ i forerøret. Derved ses det, at hele indstrømningen sker i dybdeintervallet 24,5 – 28,0 m, hvor brøndboreten har observeret et grus lag. Der ses således ingen indstrømning på de øverste 1,5 m af filteret, selv om gamma-loggen her viser den mindste stråling. Dette synes at bekræfte tolkningen af den lave gamma-stråling i intervallet fra 18,5 m til 24,5 m som værende forårsaget af silt og ikke af sand-grus.

De kraftige variationer i flow-loggens tælleantal, som observeredes lige ovenover indstrømningsintervallet i den forrige boring, ses således ikke ved denne boring. Forklaringen ligger i, at indstrømningen her er jævnt fordelt og derfor ikke giver anledning til samme uregelmæssige strømning, som når indstrømningen sker over et meget lille dybdeinterval.

Udtagning af vandprøver og vandkvalitet

Da hele indstrømningen sker over et dybdeinterval på kun 3 m, besluttedes det kun at udtage en prøve, som repræsenterer det producerede blandingsvand. Prøven blev udtaget med en MP1-pumpe forsynet med Teflon slange. MP1-pumpen var anbragt ovenover filteret men nedenunder den større SQ7 pumpe, som pumpede med ydelsen ca. 7 m³/time. Resultaterne af boringskontrol analyserne fremgår af Bilag 3, men er i nedenstående Tabel 2 tillige sammenstillet med en tidligere boringskontrol analyse af blandingsvand fra oktober 2002. I denne tabel er resultaterne af feltmålinger af visse parametre også inkluderet.

Med undtagelse af opløst reduceret jern ses der stort set ingen forskelle i de betydende parametre imellem resultaterne fra vandanalysen fra 2002 og 2004. Begge vandanalyser repræsenterer råvand, der efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, vil overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på 62 mS/m (ved 25 C°) og en hårdhed på 16,3 °dH. Med hensyn til vandtypen kan der siges følgende:

Vandprøven indeholder ikke nitrat. Det vurderes, at den lave koncentration af ilt (feltmåling 0,2 mg/l og laboratoriemåling 0,42 mg/l) skyldes tilførsel af ilt fra atmosfæren under prøvetagningen. Vandet indeholder ikke opløst, reduceret jern (0,45 mg/l i prøven fra 2002 er muligvis ikke filtreret), men derimod mangan (0,22 mg/l).

Tabel 2. Boringskontrol analyser og feltmålinger fra boring 244.558.

DGU-nr. Lokalitet Vandværk anlægsnr.		244.558 Vang Kildepl. ...	
Prøvetagningsdybde		...	...
Repræsenterer indstrømning		Hele indstr.	Hele indstr.
Andel af total indstrømning		100%	100%
AnalyCen Journal nr.		V204-01978-01	B202-59512-1
GEUS Labnr.		040113	2003025850
Prøvetagningsdato		20-08-04	Boringskontrol: 9. oktober 2002
Ilt [mg/l]	Feltmåling	0,20	
Ledningsevne [mS/m] v. 25 C ⁰	Feltmåling	62,3	
Redoxal [mV]	Feltmåling	26	
pH	Feltmåling	7,47	7,4
Temperatur [°C]	Feltmåling	10,0	8,7
pH	Laboratorium	8,3	...
Konduktivitet [mS/m] v. 25 C ⁰	Laboratorium	61,4	59,2
Ammoniak+Ammonium [mg/l]	Laboratorium	0,022 ^d	0,035
Nitrit [mg/l]	Lab./Feltm.	0,021	0,013 ^b
Inddampningsrest [mg/l]	Laboratorium	390 ^a	375
Calcium [mg/l]	Laboratorium	98	86,8
Magnesium [mg/l]	Laboratorium	11	9,8
Hårdhed [°dH]	Laboratorium	16,3	...
Natrium [mg/l]	Laboratorium	17 ^d	12,9
Kalium [mg/l]	Laboratorium	3,6 ^d	3,4
Jern [mg/l]	Laboratorium	<0,005 ^a	0,45
Mangan [mg/l]	Laboratorium	0,22 ^a	0,17
Hydrogencarbonat [mg/l]	Laboratorium	260 ^a	256
Chlorid [mg/l]	Laboratorium	25 ^d	26
Sulfat [mg/l]	Laboratorium	69 ^d	69
Nitrat [mg/l]	Laboratorium	<0,5 ^d	<0,1
Fluorid [mg/l]	Laboratorium	0,40 ^d	0,35
Phosphor, total-P [mg/l]	Laboratorium	0,025 ^a	0,021
Opløst Ilt [mg/l]	Laboratorium	0,42	0,68
Aggressiv Kuldioxid [mg/l]	Laboratorium	<2	4
Ionbalance [%]	Beregnet	...	4,6 ^c
NVOC [mg/l]	Laboratorium	1,5 ^d	0,72
Nikkel [µg/l]	Laboratorium	1,7 ^a	<1
Arsen [µg/l]	Laboratorium	0,81 ^a	0,9
Barium [µg/l]	Laboratorium	78 ^a	75
Bor [µg/l]	Laboratorium	27 ^a	27

^a Filtreret.

^b Feltmåling.

^c Beregnet som (SUM[Kationer]-SUM[Anioner])/(SUM[Kationer]+SUM[Anioner]), hvor alene summerne er oplyst på analysen.

^d Filtreret i felten.

Vandet som oppumpes fra boring 244.558 kan, som tilfældet er ved boring 244.557, være blandingsvand af "øvre vand" og "nedre vand", men er i denne boring 244.558 mere præget af den nedre, reducerede vandtype. Denne tolkning er støttet af de højere koncentrationer af mangan og fluorid, samt de lavere koncentrationer af nitrat, sulfat og calcium.

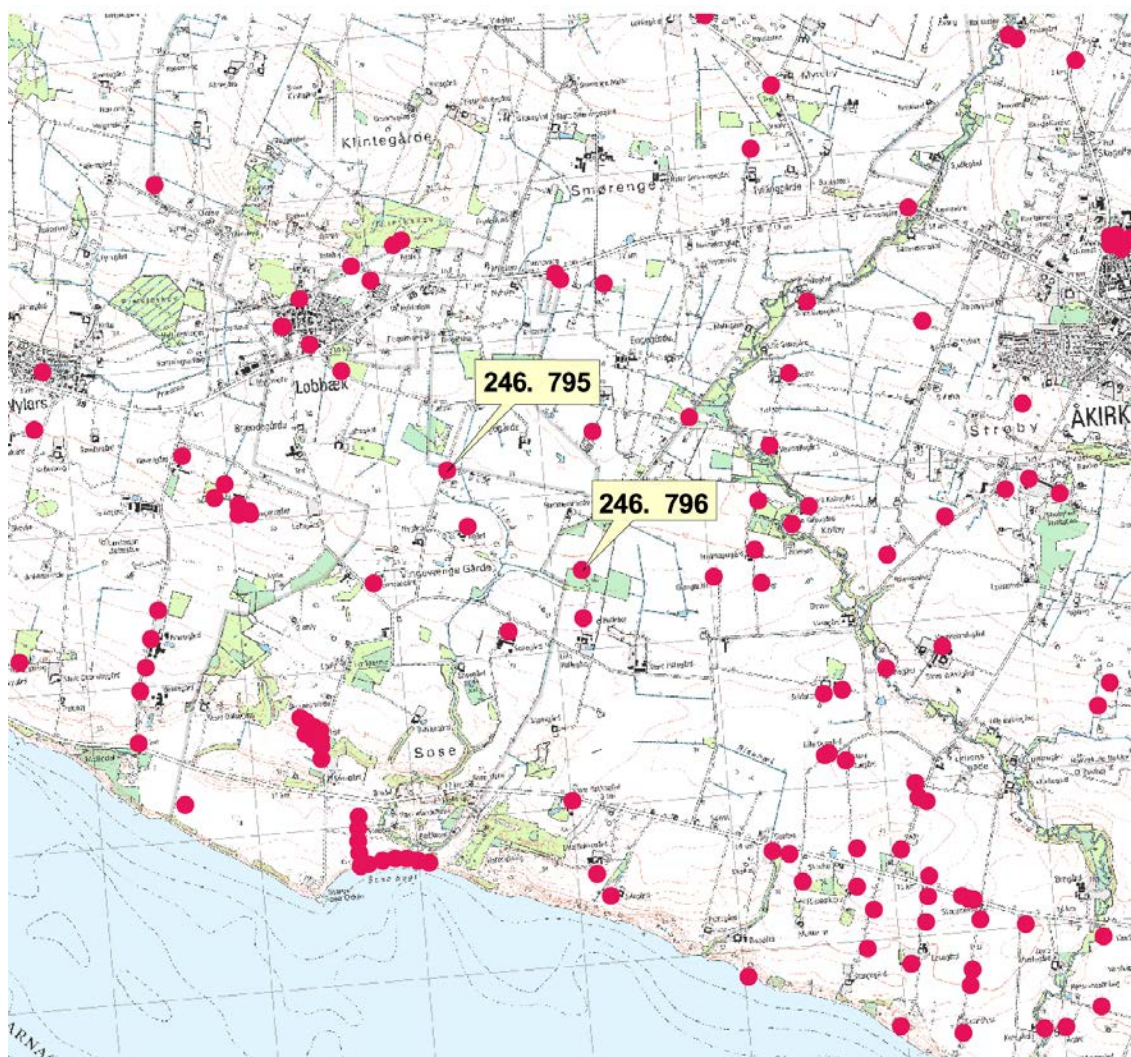
Sammenfatning

Gamma-loggen er ned til 18,5 m dybde domineret af den udførte lerafspærring, og giver derfor ikke nogen entydig verifikation af lagfølgen ned til denne dybde. Lerafspærringen når således ikke ned til 22 m dybde som rapporteret af brøndborer. Fra 18,5 m dybde og ned til 24,5 m dybde ses en overraskende lav gamma-stråling, som må formodes at skyldes en meget siltrig moræne. Det 6 m lange filter blev placeret nederst i boringen fra 23 m til 29 m, idet brøndboreren ovenover klippegrunden i 29 m havde observeret et ca. 4,5 m tykt gruslag.

Brøndborerens observation viste sig at holde stik, idet en prøvepumpning viste en høj specifik kapacitet, ca. $7 \text{ m}^3/\text{t}/\text{m}$ samt en T-værdi på ca. $5,4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sek}$. Flow-loggen viser, at indstrømningen er forholdsvis jævnt fordelt over dybdeintervallet 24,5 til 28 m.

Der er udtaget en vandprøve ovenover filteret af råvandet på dets vej op til pumpen. Denne vandprøve synes i højere grad end den forrige Vang boring at repræsentere en "nedre" reduceret vandtype med mangan, men sandsynligvis også opblandet med sulfatholdigt "øvre vand", som her er nitratfrit.

Vandkvaliteten giver ikke anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, vil kunne overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på 62 mS/m (ved 25 C°) og en middelhøj hårdhed på 16,3 °dH.



Figur 4. Lokalisering af de undersøgte borer ved Lobbæk vandværk. Kortgrundlag 1:25.000.

Boring DGU nr. 246.795; Lobbæk Vandværk

- Borehulslogging udført den:	23-08-2004
- Målepunkt (MP):	top af rør
- Terræn- og Målepunktskote:	ukendt
- Målepunkt i forhold til terræn (over/under):	33 cm over
- Rovandsspejl målt ved logging:	4,57 m u.terræn
- Bund af boring målt ved logging:	Ca. 109 m u. MP

Boringens tekniske udbygning

Boringen er udført i juli 2001 af GEO ved Bjarne Christiansen, Roskilde med DTH-Odex boreværktøj. Boringen er udført som 12" til 29 m, som 9" til 38 m og videre til ned til 109 m som 8" boring under anvendelse af et 250 mm stål-arbejdsrør til 21,9 m dybde. Dette er efterfølgende trukket og et 225 mm PVC-forerør installeret til 24 m dybde med bentonit forsegling imellem oprindeligt borehul og PVC rør. Fra 24 m og ned til 109 m står boringen som åbent borehul.

Der foreligger ingen oplysninger om rovandspejl efter boringens etablering, men ved udførelse af logging-undersøgelsen observeredes rovandsspejlet på 4,57 m under terræn.

Boringen er formodentlig prøvepumpet, men oplysninger herom foreligger ikke.

Geologisk beskrivelse

Boringen er beskrevet af GEUS' boreprøvelaboratorium og baseret på 23 indsendte prøver (Bilag 1). Laggrænserne er baseret på oplysningerne fra brøndborer. Boreprofilen kan opsummeres som følger:

0	-	2,3 m	moræneler		Kvartær
2,3	-	67,5 m	siltsten, Grønne skifre		Læså Formationen; Broens
67,5	-	68,5 m	siltsten og sandsten,		Odde Led ("Grønne skifre")
68,5	-	70,0 m	siltsten, Grønne skifre		
70,0	-	109,0 m	"Balka sandsten"		Hardeberga Formationen

I henhold til boreprøve laboratoriets tolkning af lagsøjlen tilhører sekvensen fra 2,3 m u.t. til 70 m u.t. Broens Odde Ledet af Læså Formationen. Herfra og til bund af boring er der beskrevet "Balka Sandsten", men grænsen ved 70 m er skønnet, idet prøven udtaget i 70 m repræsenterer "Grønne skifre" og prøven udtaget i 75 m repræsenterer Balka sandsten.

På baggrund af logtolkningen nedenfor vurderes det, at grænsen til "Balka sst." skal rykkes ca. 5 meter dybere, således at den i stedet er beliggende ca. 75 m u. terræn.

Geofysiske logs

Følgende geofysiske logs er målt i boringen (Figur 5):

Gamma-log; Resistivitets-log; Temperatur-log uden og med pumpning; Ledningsevne-log uden og med pumpning; Kaliber-log; Flow-log uden og med pumpning.

Gamma-log

Log-mønstret kan underdeles i 5 karakteristiske sekvenser:

- 1) Fra top af skifren til ca. 16 m dybde ses en forholdsvis ensartet og lav stråling (mindre end 200 API).
- 2) Fra 16 m til ca. 41 m ses et meget varierende, men generelt stigende strålingsniveau med flere markante maksima (på op mod 600 API).
- 3) Fra ca. 41 m til ca. 74 m ses et noget varierende, men generelt aftagende strålingsniveau med enkelte maksima, som er mindre markante end i sekvensen ovenfor (på op mod 400 API).
- 4) Fra ca. 74 m til 79 m ses to markante minima (under 100 API) imellem tre markante maksima (200-400 API).
- 5) Fra 79 m og til boringens slutdybde ses et generelt meget lavt strålingsniveau (mindre end 50 API) med enkelte intervaller med lidt højere stråling (op til 200 API).

Det formodes, at det for de Grønne skifre såvel som for Balka sandstenen gælder, at et højere strålingsniveau primært afspejler et større indhold af glimmer og glaukonit. Det er dog sandsynligt, at nogle af de markante maksima i sekvens 2 i de Grønne skifre skyldes et øget indhold af Uran i relation til fosforitter, idet der tidligere er rapporteret om en ca. 15 tyk fosforit- og glaukonitrig zone omtrent midt i de "Grønne skifre". (Kaj Hansen, 1936)

Sekvenserne 1, 2 og 3 er sekvenser i de Grønne skifre, medens sekvens 5 er karakteristisk for Balka sandstenen.

Den kun 5 m tykke sekvens 4 afspejler tilstedeværelse af to sandstenslag imellem tre lersten/skiferlag og markerer overgangen mellem Grønne skifre og Balka sandstenen. Det kan ikke på det foreliggende grundlag afgøres, om denne sekvens skal henregnes til Broens Odde formationen eller til Hardeberga formationen (til Grønne skifre eller til Balka sandstenen). Med støtte i den markante forskel i de to formationers mønstre på resistivitetsloggen, se nedenfor, tolkes grænsen imellem de to formationer at ligge lige under det øverste af de tre gamma-maksima. Det vil sige, at de to sandstenslag med mellemliggende skifer/lersten tolkes som tilhørende Hardeberga Formationen (Balka sst.).

Fokuseret resistivitets-log

Resistivitets-loggen er kun målt i det åbne borehul, dvs. fra 23,5 m dybde under terræn.

På grund af den meget store forskel i resistiviteten i de to formationer, Grønne skifre med en resistivitet varierende omkring 100 ohmm og Balka sandstenen med en resistivitet varie-

rende mellem 200 og 3000 ohmm, og med ønsket om at kunne se variationer i begge bjergarters resistivitet, er loggen vist på Figur 5 i logaritmisk skala. I begge formationer ses minima på resistivitets-loggen at modsvares af maksima på gamma-loggen, og maksima på resistivitets-loggen at modsvares af minima på gamma-loggen. I de "Grønne skifre" formodes de sidstnævnte at afspejle mere sandede indslag, og i Balka sandstenen afspejler gamma-minima og resistivitets-maksima de kvartsitiske sandstensbænke.

Det skal bemærkes, at den tilsyneladende formationsresistivitet (tilsyneladende formationsmodstand) målt med den fokuserede resistivitets-målesonde stort set er identisk med den sande formationsresistivitet (specifikke formationsmodstand).

Temperatur-log uden og med pumpning

Boringen var i drift til dagen før logging, hvor dykpumpen blev taget op således at logging undersøgelsen kunne udføres.

Temperatur-loggen før pumpning har derfor ikke haft tilstrækkelig tid til at kunne indstille sig til den formodede temperaturgradient på 0,2 C° stigning per 10 m, som man kunne forvente fra ca. 50 m dybde. Den er dog begyndt at indstille sig, idet temperaturen ses at lidt ligge lavere end under pumpning bortset fra det terrænnære vand ovenover ca. 25 m, som er varmere end det oppumpede blandingsvand.

Under pumpning ses temperaturen på det indstrømmende vand nederst i boringen at være 9,3 C°, og ved indstrømningerne i den øvre del af Balka sandstenen nedsættes temperaturen til 9,25 C°, og efter indstrømningen i de "Grønne skifre" er blandingsvandets temperatur 9,2 C°.

Ledningsevne-log uden og med pumpning

Der er ingen nævneværdig forskel på ledningsevnen uden og med pumpning. De nederste indstrømninger i Balka sandstenen resulterer i en ledningsevne på 43 mS/m som efter den store indstrømning øverst i Balka sandstenen nedsættes til 41 mS/m. Denne ledningsevne forbliver uændret efter indstrømningen i de "Grønne skifre". Ledningsevnen af grundvandet i Balka sandstenen såvel som i de "Grønne skifre" er således ifølge ledningsevne-loggen beskeden, 41-43 mS/m, og karakteristisk for grundvand med lav ionstyrke. En ledningsevne på ca. 41 mS/m ved aktuel temperatur 9,2 C°, svarer til en ledningsevne på ca. 62 mS/m ved 25 C° og er således analog til den i laboratoriet målte ledningsevne af de to vandprøver, se **Tabel 3**.

Kaliber-log

Kaliber-loggen bekræfter at PVC-forerøret med en indvendig diameter på 195 mm er ført ned til 23 m under terræn, og at boringen herunder står som åbent hul med en diameter på 295 mm til ca. 29 m dybde. Herfra og til ca. 38 m er den gennemsnitlige diameter 225 mm med et par sektioner med op til 280 mm. Fra ca. 38 m og ned til ca. 81 m, dvs. til ca. 6 m nede i Balka sandstenen, er den gennemsnitlige diameter ca. 190 mm og uden de store

variationer bortset fra en sektion fra 45 m til 60 m. I Balka sandstenen er diameteren mere varierende med minimumsdiameter på ca. 170 mm, og med borehulsudvidelser på op til 300 mm.

Flow-log uden og med pumpning

Flow-loggen uden pumpning (Flow Q =overløb på Figur 5) viser et konstant tælleletal på 32 rotationer per minut (rpm) hele vejen ned gennem forerør samt i boringens nedre del fra 100 m dybde. Dette er åbenbart basis tælleletal for en nedsænkningshastighed på 5 m/min ved en diameter på 170-195 mm. Fra 100 m og op til ca. 95 m ligger tallet lidt lavere, 30 rpm, og fra 95 m og op til lige under forerøret i 23 m dybde, er det yderligere lidt mindre, 28 rpm. Dette tyder på en svag nedadrettet strømning af vand fra lige under forerøret og ned til ca. 100 m.

Flow-loggen med pumpning (Flow Q =12,4 på Figur 5) er gennemført med en ydelse på 12,4 m³/time. I forerøret ligger tælleletal på ca. 85 rpm, hvorefter det på sektionen med den store diameter fra ca. 23 m og ned til 29 m ligger væsentlig lavere, 55 rpm. På den følgende sektion fra 29 m til 38 m, hvor diameteren er mindre, er tælleletal noget højere, ca. 70 rpm. Fra 38 m og ned til ca. 94 m ligger det en anelse højere, ca. 75 rpm. I ca. 94 m dybde falder tælleletal drastisk til 45 rpm, og yderligere fald sker videre ned gennem Balka sandstenen, dog uden at tælleletal når helt ned på basistallet 32 rpm. Sidstnævnte forhold betyder, at der under pumpning sker opadrettet strømning helt fra boringens bund.

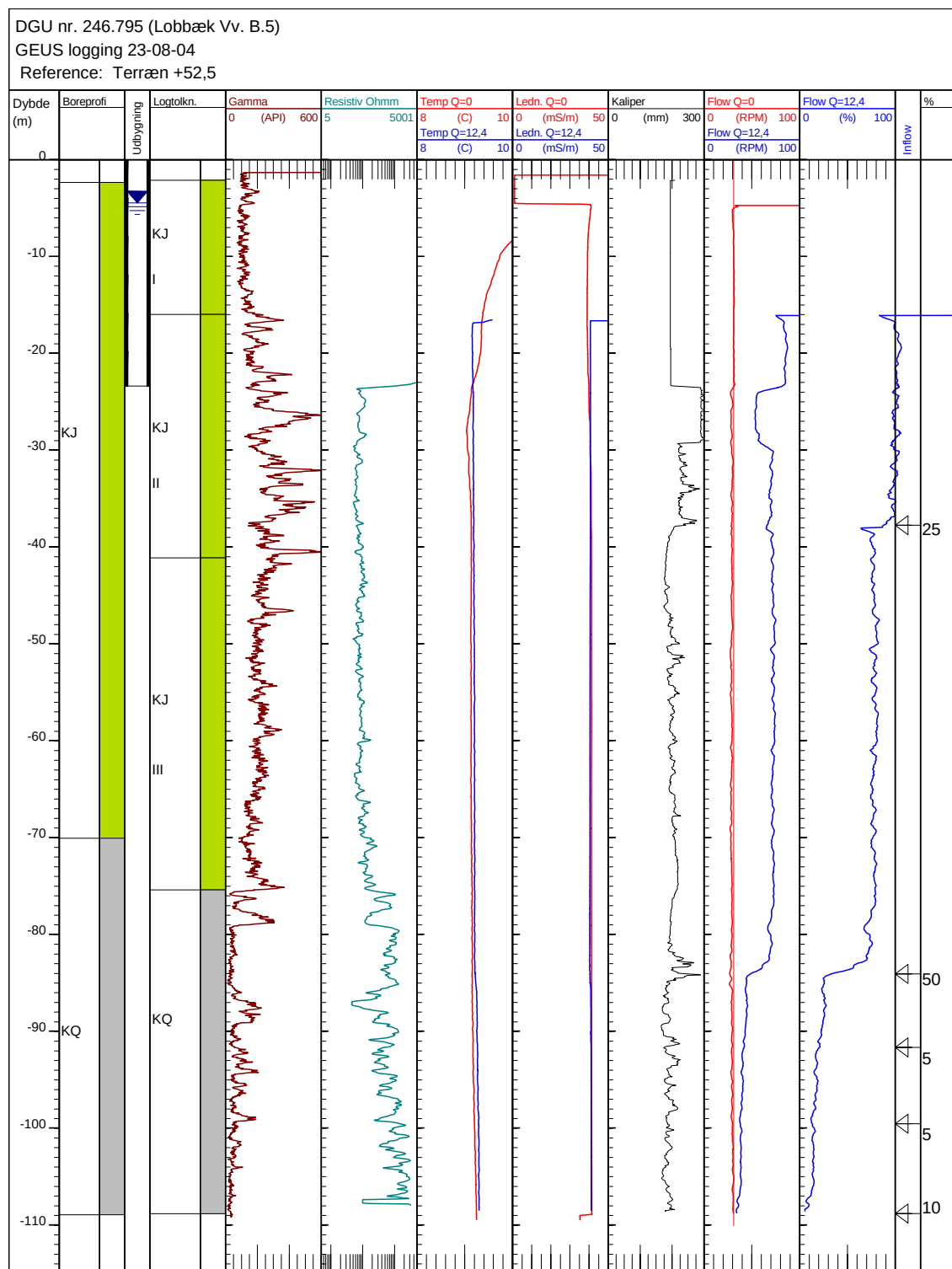
De store forskelle i den gennemsnitlige diameter mellem sektionerne lige under forerøret fra 23 m til 29 m og videre til 38 m sammenlignet med forerørets diameter og diameteren i den øvrige del af boringen har tydeligvis indflydelse på flow-loggens tælleletal. Efter at sidstnævnte er blevet reduceret med basis tælleletal 32 rpm, er der derfor foretaget en diameter-normering af de reducerede tælleletal fra de to sektioner, 23-29 m og 29-38 m, så de svarer til forerørets diameter (d) på 195 mm.

Ved denne normering skal de reducerede tælleletal i sektionen 23-29 m, hvor diameteren (D) er 295 mm, øges med en faktor $D^2/d^2 = 295^2/195^2 = 2,29$. Derved ses de reducerede tælleletal fra denne sektion, $55-32=23$ rpm, at blive af samme størrelsesorden som de reducerede tælleletal i forerøret, $85-32=53$ rpm, og der sker således ingen indstrømning i denne sektion.

Tilsvarende skal de reducerede tælleletal fra sektionen 29-38 m, hvor diameteren (D) er 225 mm, øges med en faktor $D^2/d^2 = 225^2/195^2 = 1,33$. Dette resulterer i, at det reducerede tælleletal fra denne sektion øges fra i gennemsnit $70-32 = 38$ rpm til 50 rpm. Dette er ligeledes i samme størrelsesorden som i forerøret, 53 rpm, hvorfor der heller ikke sker nogen indstrømning i denne sektion.

Efter normeringerne af tælleletal på disse to sektioner er alle tælleletal omregnet til procentisk strømning i forhold til $Q=100\%$ i forerøret. Den resulterende Flow-log (Flow Q =12,4 i % på Figur 5) viser, at ca 25 % af ydelsen stammer fra en indstrømning i de "Grønne skifre" i ca. 38 m, hvor kaliber-loggen tydeligt indikerer tilstedeværelse af sprækker. De øvrige 75% indstrømmer i Balka-sandstenen med størstedelen, 50% indstrømmende i ca. 84 m, hvor

der ligeledes ses indikation på sprækker på Kaliber-loggen. Allerede fra boringens bund ses der at være en indstrømning på ca. 5% af ydelsen.



Figur 5. Geofysiske borehulslogs og geologisk beskrivelse i boring DGU nr. 246.795

Udtagning af vandprøver og vandkvalitet

Idet det i feltet kunne vurderes ud fra Flow-log, at størstedelen af indstrømningen skete fra Balka-sandstenen, men at der også måtte være en forholdsvis stor indstrømning i ca. 38 m

i de "Grønne skifre", besluttedes det at foretage prøveudtagning fra hver af de to indstrømninger ved anvendelse af DTU's dobbeltpakker (model Odense Vandselskab). Denne blev derfor anbragt på sektionen fra 39,5 m til 42,6 m, hvor kaliber-loggen havde vist en meget jævn borehulsoverflade uden diametervariationer.

Den ene vandprøve blev derefter udtaget med en MP1 pumpe forsynet med Teflon slange og anbragt ovenover pakkeren, men nedenunder en SQ7 pumpe, der sikrede dels en ren-pumpning af borehullet over pakkeren og dels en opadrettet vandstrøm. En tryktransducer anbragt under pakkeren viste, at vandtrykket her holdt sig konstant, og dermed at pakkeren var tæt.

Den anden vandprøve blev udtaget med en MP1 pumpe ovenover pakkeren, men med forbindelse til boringssektionen under pakkeren via en Teflon slange koblet til et gennemgangsrør med ventil indbygget i pakkeren.

Resultaterne af boringskontrol analyserne af begge vandprøver fremgår af Bilag 3, men er i nedenstående Tabel 3 tillige sammenstillet med en tidligere boringskontrol analyse af blandingsvand fra august 2001. I tabellen er resultaterne af feltmålinger af visse parametre også inkluderet.

Den øvre vandprøve repræsenterer indstrømningen i ca. 38 m dybde fra de "Grønne skifre", som er på 25% af den samlede ydelse. Den nedre vandprøve repræsenterer derimod flere indstrømninger, som alle sker fra Balka sandstenen, og hvoraf den mest prominente som nævnt ovenfor er på 50% i ca. 84 m dybde.

De to vandprøver har så stor lighed med hensyn til kemisk sammensætning, at man kunne forledes til at tro, at pakkeren ikke har været tæt, og at de for begges vedkommende repræsenterede blandingsvand fra de to formationer. De mindre forskelle i enkelte af parametrene kunne da tyde på et lidt forskelligt blandingsforhold i de to prøver.

Imidlertid er der nogle forhold som peger på, at de to vandprøver repræsenterer indstrømningerne fra hver sin formation. For det første viste ledningsevne-loggen under pumpning, at vandet fra indstrømningerne i Balka-sandstenen har samme ledningsevne som vandet fra de Grønne skifre, hvilket stemmer med at de to vandprøver viser samme koncentration af de for ledningsevnen vigtigste ioner: Calcium, Magnesium, Natrium, Bicarbonat, Klorid og Sulfat. For det andet, at selv om der er tale om næsten ens vandkemi i de to vandprøver, så er der dog også visse signifikante forskelle. Således ses den øvre prøve at have væsentlig mere opløst reduceret jern, væsentlig mindre mangan og noget mindre Flourid. For det tredje viser analysen af en råvandsprøve fra boringen i 2001, se Tabel 3, at vandkemien i blandingsvandet med 25% indstrømning fra Grønne skifre og 75% fra Balka har samme ledningsevne og samme koncentration af de vigtigste ioner som de to vandprøver fra 2004. Det er ret usandsynligt, at det samme blandingsforhold (25% til 75%) ville opstå, hvis pakkeren var utæt. I øvrigt viste trykmåling henholdsvis under og over pakkeren under prøveudtagningen, at denne var tæt.

Ved sammenligningen med analysen af råvandet fra 2001 lige efter etablering af boringen ses der også enkelte signifikante forskelle til de to vandprøver fra 2004: Således er der i 2001 prøven væsentlig mere opløst reduceret jern (2,1 mg/l mod 1,4 og 0,83) og mangan (0,34 mg/l mod 0,056 og 0,24 mg/l) og Flourid (0,51 mg/l mod 0,31 og 0,40 mg/l). Dette

kunne tyde på, at der efter 3 års indvinding fra boringen trækkes mere vand fra de Grønne skifre ned til indstrømningerne i Balka sandstenen som følge af hydraulisk lækage via sprækkesystemer, hvorved koncentrationen af disse parametre er faldet.

Tabel 3: Boringskontrol analyser og feltmålinger fra boring 246.795.

DGU-nr. Lokalitet Vandværk anlægsnr.		246.795 Lobbæk 403-V-20-0046		
Prøvetagningsdybde ^a		20 m	42,57 m	...
Repræsenterer indstrømning ^a		Over 39,5 m	Under 42,6 m	Hele indstr.
Andel af total indstrømning		25%	75%	100%
AnalyCen Lab. Journal/ref. nr.		V204-02060-01	V204-02061-01	B201-32890-1
GEUS Labnr./prøve-ID		040114/040115 ^b	040116/040117 ^b	2002024771
Prøvetagningsdato		24. august 2004	24. august 2004	Boringskontrol: 6. august 2001
Ilt [mg/l]	Feltmåling	0,13	0,10	...
Ledningsevne [mS/m] v. 25 C ^o	Feltmåling	60,9	60,2	...
Redoxal [mV]	Feltmåling	55	65	...
PH	Feltmåling	7,40	7,39	...
Temperatur [°C]	Feltmåling	11,7	10,2	9,4
pH	Laboratorie	7,4	7,5	7,2
Konduktivitet [mS/m] v. 25 C ^o	Laboratorie	61,1	60,3	59,1
Ammoniak+Ammonium [mg/l]	Laboratorie	0,74	0,59	0,46
Nitrit [mg/l]	Lab./Feltm.	0,007	0,007	<0,01 ^e
Inddampningsrest [mg/l]	Laboratorie	350	360	213
Calcium [mg/l]	Laboratorie	78	80	80,4
Magnesium [mg/l]	Laboratorie	22	20	18
Hårdhed [°dH]	Laboratorie	16,1	15,9	...
Natrium [mg/l]	Laboratorie	11	11	14,1
Kalium [mg/l]	Laboratorie	11	9,5	6
Jern [mg/l]	Laboratorie	1,4	0,83	2,1
Mangan [mg/l]	Laboratorie	0,056 ^d	0,24 ^d	0,34
Hydrogencarbonat [mg/l]	Laboratorie	300	290	314
Chlorid [mg/l]	Laboratorie	25	25	29,4
Sulfat [mg/l]	Laboratorie	28	27	21
Nitrat [mg/l]	Laboratorie	<0,5	<0,5	<0,1
Fluorid [mg/l]	Laboratorie	0,31	0,40	0,51
Phosphor, total-P [mg/l]	Laboratorie	0,016	0,015	0,042
Opløst Ilt [mg/l]	Laboratorie	<0,2	<0,2	0,75
Aggressiv Kuldioxid [mg/l]	Laboratorie	10	13	8
Ionbalance [%]	Beregnet	2,6	3,2	5,7 ^c
NVOC [mg/l]	Laboratorie	0,95 ^d	0,98 ^d	1
Nikkel [µg/l]	Laboratorie	0,66 ^d	0,61 ^d	<1
Arsen [µg/l]	Laboratorie	<0,05 ^d	0,089 ^d	0,61
Barium [µg/l]	Laboratorie	53 ^d	62 ^d	57
Bor [µg/l]	Laboratorie	330 ^d	270 ^d	170

^a Angivet i meter under terræn.

^b Analyse af to blandede prøver fra samme indstrømningdybde.

^c Beregnet som (SUM[Kationer]-SUM[Anioner])/(SUM[Kationer]+SUM[Anioner]), hvor alene summerne er oplyst på analysen.

^d Filtreret.

^e Feltmåling.

Vandprøverne repræsenterer råvand, der efter en normal vandbehandling, med en iltning og efterfølgende filtrering, overholder fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på 60 mS/m (ved 25 C^o) og en hårdhed på omkring 16 °dH. Med hensyn til dannelsen af vandtyper repræsenteret ved vandprøverne, kan der siges følgende:

Vandprøverne fra boring 246.795 indeholder opløst, reduceret jern (0,8-1,4 mg/l) og mangan (0,056-0,24 mg/l), og ingen nitrat. Det vurderes, at de påviste lave koncentrationer af ilt (feltmåling 0,13 og 0,10 mg/l og laboratiormåling <0,2 mg/l) skyldes tilførsel af ilt fra atmo-

sfæren under prøvetagningen. Vandet indeholder således ikke opløst ilt, og de relativt lave koncentrationer af sulfat (28 mg/l) og calcium (80 mg/l) kan tolkes som reaktionsprodukter fra en kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt i grundvandet. Endelig skal det bemærkes, at begge vandprøver viser aggressiv kuldioxid, 10 og 13 mg/l.

Sammenfatning

Den udførte gamma-log med støtte i resistivitets-loggen viser, at grænsen mellem de "Grønne skifre" og Balka-sandstenen ligger i ca. 75 m dybde u.t. Gamma-loggen viser endvidere, at de "Grønne skifre" kan inddeles i tre sekvenser, hvoraf den midterste er karakteristisk ved et generelt højere og mere varierende strålingsniveau end de to andre sekvenser. De mest markante gamma-maksima i den midterste sekvens skyldes muligvis et større indhold af Uran, som optræder i relation til særlig fosforitholdige lag. Vurderet ud fra gamma-loggen og resistivitets-loggen synes indslaget af sand som tynde sandstenslag at øges mod større dybde i den nederste sekvens af de "Grønne skifre".

Fra 75 m u.t. til boringens bund ca. 109 m u.t. følger Balka-sandstenen (Hardeberga Formationen). Denne kvartsitiske sandsten er generelt karakteriseret ved lavt gamma-strålingsniveau og meget høj resistivitet, 500 til 3.000 ohmm. Der forekommer dog altid underordnede lag med lavere modstand og højere gamma-stråling som følge af højere indhold af glaukonit og skifer. Sådanne skiferlag kan være op til flere meter tykke, således som det eksempelvis ses på begge typer logs i dybden 87 til 89 m.

75% af indstrømningen til boringen sker fra zoner i Balka-sandstenen, hvoraf en enkelt sprækkezone 8-9 m nede i sandstenen producerer 50% af boringens ydelse. De resterende 25% indstrømmer i en enkelt sprækkezone i 38 m dybde i de "Grønne skifre".

Der er udtaget en vandprøve som repræsenterer indstrømningen på 25% i 38 m dybde fra de Grønne skifre, og en vandprøve, der repræsenterer den øvrige indstrømning på 75% fra Balka sandstenen. Begge vandprøver viser en reduceret vandtype med opløst reduceret jern (0,8 og 1,4 mg/l) og mangan (0,056 og 0,24 mg/l), og med relativt lav koncentration af sulfat (27-28 mg/l) og calcium (78-80 mg/l). Sidstnævnte to stoffer kan begge tolkes som reaktionsprodukter fra kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt i grundvandet. Endvidere viser begge prøver aggressiv kuldioxid.

Vandkvaliteten giver ikke anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, vil kunne overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på 61 mS/m (ved 25 C°) og en middelhøj hårdhed på ca. 16 °dH.

Boring DGU nr. 246.796; Lobbæk Vandværk

- Borehulslogging udført den:	23-08-2004
- Målepunkt (MP):	top af rør
- Terrænkote:	+50,2 m
- Målepunkt i forhold til terræn (over/under):	ca. 0,5 m over
- Rovandsspejl målt ved logging:	10,32 m u.t.
- Bund af boring målt ved logging:	ca. 103 m u.t.

Boringens tekniske udbygning

Boringen er udført i august 2001 af GEO ved Bjarne Christiansen, Roskilde med DTH-Odex boreværktøj. Boringen er udført som 12" til 40,6 m, og videre ned til 103,6 m som 6 1/2" boring under anvendelse af et 250 mm stål-arbejdsrør til 40,6 m dybde. Dette er efterfølgende trukket og et 225 mm PVC-forerør installeret til 40,6 m dybde med bentonit forsegling imellem oprindeligt borehul og PVC rør til 35 m. Fra 40,6 m og ned til 103,6 m står boringen som åbent borehul.

Der foreligger ingen oplysninger om rovandspejl efter boringens etablering, men ved udførelse af logging-undersøgelsen observeredes rovandsspejlet på 10,3 m under terræn.

Boringen er formodentlig prøvepumpet, men oplysninger herom foreligger ikke.

Geologisk beskrivelse

Boringen er beskrevet af GEUS' boreprøvelaboratorium og baseret på 23 indsendte prøver (bilag 1). Laggrænserne er baseret på oplysningerne fra brøndborer. Boreprofilet kan opsummeres som følger:

0	- 80 m	Kvartsitisk sandsten, mellem kornet, grå, veksl. indh. af glaukonit, flere indslag af mørk til sort silt-lersten	Hardeberga Fm. ("Balka sst.")
80	- 103,6 m	Sandsten, mel. - groft, gruset, rødbrun, feldspat-holdig	Nexø sandsten

I henhold til boreprøve laboratoriets tolkning af lagsøjlen tilhører sekvensen fra terræn til 80 m. dybde Balka sandstenen svarende til Hardeberga Formationen. Herfra og til bund af boring er den beskrevet som Nexø Sandsten Formationen. Grænsen ved 80 m er imidlertid skønnet, idet prøven udtaget i 80 m repræsenterer Balka-sandsten, medens prøven udtaget i 85 m repræsenterer Nexø sandsten.

På baggrund af tolkningen af logs nedenfor vurderes det, at grænsen mellem Balka og Nexø sandsten skal rykkes ca. 8 meter dybere, således at den i stedet er beliggende ca. 88 m u. terræn.

Geofysiske logs

Følgende geofysiske logs er målt i boringen (figur 6):

Gamma-log; Resistivitets-log; Temperatur-log uden og med pumpning; Ledningsevne-log uden og med pumpning; Kaliber-log; Flow-log uden og med pumpning.

Gamma-log

Gamma-loggen viser meget lavt strålingsniveau ned til 40 m dybde, hvilket indikerer tilstedeværelse af en tyk sekvens af kvartsitisk sandsten. Derunder ses der to intervaller, 40 til 42 m og 54 til 69 m, med meget høj men varierende gamma-stråling svarende til sekvenser med indslag af silt- og lerskifer. En prøve fra 40 m er netop beskrevet som en sortgrå silt- og lersten, og det samme er prøver fra henholdsvis 55 m og 65 m. Imellem disse to skiferholdige sekvenser er der et 12 m interval med tydeligvis overvejende kvartsitisk sandsten. Fra 69 m og til 88 m er der igen et lavt strålingsniveau, men dog ikke helt så lavt som i den øvre og den mellemste sandstenssekvens, hvilket kunne tyde på et højere indhold af glaukonit i en nedre sekvens af sandsten.

Overgangen til Nexø sandstenen ses i 88 m dybde afspejlet ved, at denne har et højere gamma-strålingsniveau end i de tre ovenfor beskrevne kvartsitiske sandstenssekvenser, men dog et lavere niveau end i de ovenfor beskrevne to skiferholdige sekvenser i Balka sandstenen. Grænsen mellem de to sandsten støttes af ændringen i logmønstret på resistivitets-loggen, se nedenfor.

Gamma-log mønstret i denne boring er stort set analogt til logmønstret i boring 247.323 ved Smålyngens vandværk, se GEUS rapport 2002/94, hvor grænsen mellem Balka sandstenen og Nexø sandstenen lå i 80 m dybde, og hvor den øvre skifer i Balka sandstenen også forekom ca. 50 m over grænsen til Nexø sandstenen. Logmønstret i disse to borer er således noget anderledes end i borerne 247.306 og 247.349, undersøgt af GEUS i 1998, og det er ikke muligt umiddelbart at genfinde den logstratigrafi, der er foreslået for Balka sandstenen i GEUS rapport 1998/126 (Klitten og Larsen, 1998).

Fokuseret resistivitetslog

Resistivitets-loggen er kun målt i den åbne boringssektion nedenunder forerøret, dvs. fra 40,6 m dybde under terræn.

Resistiviteten i Balka sandstenen ses i lighed med tidligere erfaringer at variere mellem 100 og 3000 ohmm, med de laveste resistiviteter, 100 til 300 ohmm, i de to skiferholdige sekvenser omtalt ovenfor under diskussionen af gamma-log, og de højeste resistiviteter, 500 til 3000 ohmm i den mellemste og i den nedre kvartsitiske sekvens. På grund af forerøret foreligger der ingen resistivitets-log i den øvre kvartsit sekvens.

Grænsen til Nexø sandstenen markeres af et resistivitetsminimum på ca. 200 ohmm, og derunder en varierende, men generelt lavere resistivitet end i den nedre kvartsitiske sekvens i Balka sandstenen, dvs. et fald i resistiviteten til omkring 500 - 1.000 ohmm.

I begge formationer ses minima på resistivitets-loggen at modsvares af maksima på gamma-loggen, og maksima på resistivitets-loggen at modsvares af minima på gamma-loggen. I Balka sandstenen afspejler gamma-minima og resistivitets-maksima som nævnt ovenfor de kvartsitiske sandstensbænke. Det samme formodes at være tilfældet i Nexø sandstenen, hvor de kvartsitiske bænke dog ikke kun indeholder kvarts men også feldspat. Gamma-maksima og resistivitets-minima i Nexø sandstenen afspejler derfor antagelig sandstens lag med større indhold af feldspat.

Temperatur-log uden og med pumpning

Ligesom ved de tidligere omtalte boringer blev driften stoppet og pumpen taget op dagen i forvejen.

Der ses følgelig ingen forskel i temperaturforløbet på loggen uden pumpning sammenlignet med loggen med pumpning bortset fra i sektionen oppe i forerøret. Her er temperaturen uregelmæssig og højere ved loggen uden pumpning som følge af det stagnerende vand ovenover pumpen, som er blevet sat i bevægelse ved optrækning af pumpen.

Temperaturen er ca. 9,0 °C nederst i boringen med svagt faldende tendens oppefter i Nexø sandstenen til 8,95 °C. Indstrømningerne i den nederste del af Balka sandstenen, se Flow-loggen, nedsætter temperaturen yderligere til 8,9 °C, som igen falder til 8,8 °C efter den store indstrømning i ca. 44 m dybde.

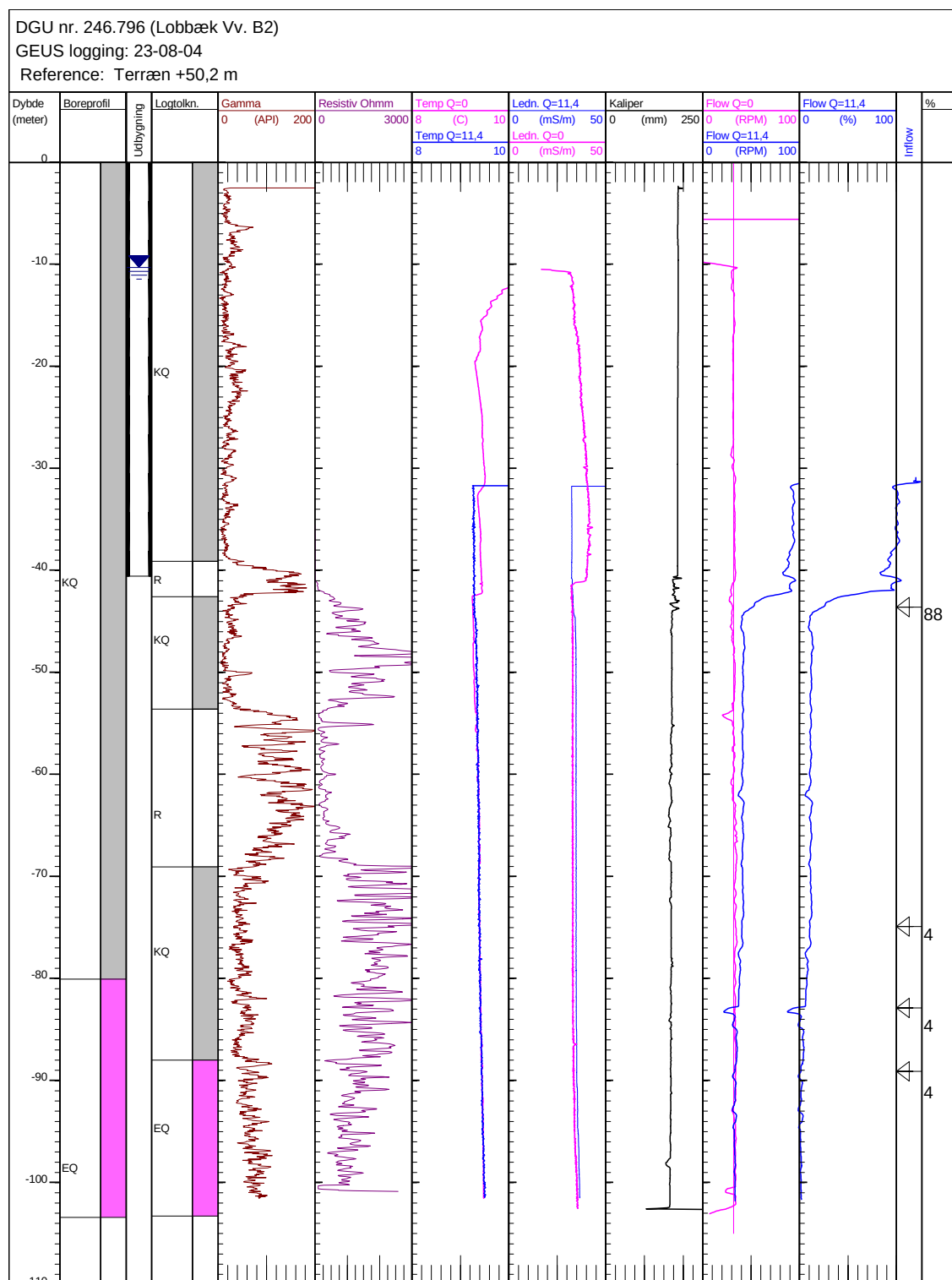
Ledningsevne-log uden og med pumpning

På samme måde som ved de to temperatur-log er der stort set ingen forskel på de to ledningsevne-log bortset fra i sektionen oppe i forerøret, hvor ledningsevnen af det stagnerende vand ovenover pumpen er 5-10 mS/m højere end i det opadstrømmende vand under pumpen.

Ledningsevnen på 37 mS/m nederst i boringen falder beskedent til 35 mS/m efter indstrømningerne nederst i Balka sandstenen. Efter den store indstrømning i ca. 44 m dybde falder ledningsevnen igen ganske lidt til 32 mS/m, som er ledningsevnen på det producerede vand. Dette svarer til ca. 49 mS/m ved 25 °C, hvilket efter danske forhold er en ganske lav ledningsevne og karakteristisk for grundvand med meget lav ionstyrke. Den er i øvrigt sammenfaldende med ledningsevnen bestemt i laboratoriet på den øvre vandprøve, se **Tabel 4** nedenfor.

Kaliber-log

Borehullet ses at have en ensartet dimension på omkring 165 mm gennem hele den åbne boring, hvilket er overraskende i betragtning af Balka sandstenens store hårdhed. Kun på de øverste 3 metre under forerøret ses mindre borehulsudvidelser på op til 190 mm. Den indvendige diameter af forerøret er omkring 190 mm.



Figur 6. Geofysiske borehulslogs og geologisk beskrivelse i boring DGU nr. 246.796

Flow-log uden og med pumpning

Flow-loggen uden pumpning viser ligesom den forrige boring et basis tælleantal på 32 rpm for nedsænkningshastigheden 5 m/min hele vejen ned gennem boringen. Der er således ingen intern strømning i boringen.

Flow-loggen med pumpning (Flow $Q=11,4$ på Figur 6) er gennemført med en ydelse på $11,4 \text{ m}^3/\text{time}$. I forerøret ligger tælleantallet på ca. 95 rpm, hvorefter det fra 42 m til 44 m falder til ca. 43 rpm og yderligere trinvis fald sker fra 75 m dybde til ca. 88 m dybde. Herunder, dvs. i hele sektionen med Nexø sandsten ligger tælleantallet på niveau med basistallet 32 rpm, hvilket betyder, at der ikke sker nogen indstrømning fra denne sektion.

Da diameteren i forerøret ($D=190 \text{ mm}$) er større end diameteren ($d=165 \text{ mm}$) i det åbne hul, er tælleantal i sidstnævnte normeret til forerørsdiameteren efter først at være blevet reduceret med basis tælleantallet 32 rpm. Ved denne normering er de reducerede tælleantal i den åbne sektion yderligere reduceret med en faktor $d^2/D^2 = 165^2/190^2 = 27225/36100 = 0,75$. Efter normeringen er alle tælleantal omregnet til procentisk strømning i forhold til $Q=100\%$ i forerøret.

Den resulterende Flow-log (Flow $Q=11,4$ i % på Figur 6) viser, at langt størstedelen af ydelsen, 88%, stammer fra en indstrømning i 42-44 m dybde, dvs. øverst i den mellemste kvartsitiske sandstenssekvens, hvor også kaliber-loggen tydeligt indikerer tilstedeværelse af sprækker. De øvrige 12% indstrømmer i tre zoner i den nederste kvartsitiske sandstenssekvens. Der sker som nævnt ingen indstrømning fra Nexø-sandstenen.

Udtagning af vandprøver og vandkvalitet

Det blev i felten vurderet ud fra Flow-log, at størstedelen af indstrømningen skete fra dybdeniveauet 42-44 m, men at der også måtte være en vis indstrømning fra den nedre del af Balka sandstenen under ca. 70 m dybde. Derfor besluttedes det at foretage prøveudtagning fra hver af de to indstrømninger ved anvendelse af DTU's dobbeltpakker (model Odense Vandselskab). Denne blev derfor anbragt på sektionen fra 46,2 m til 49,3 m, hvor kaliber-loggen havde vist en meget jævn borehulsoverflade uden diameter variationer.

Den ene vandprøve blev derefter udtaget med en MP1 pumpe forsynet med Teflon slange og anbragt ovenover pakkeren, men nedenunder en SQ7 pumpe, der sikrede dels en ren-pumpning af borehullet over pakkeren og dels en opadrettet vandstrøm. En tryktransducer anbragt under pakkeren kontrollerede vandtrykket og viste at pakkeren var tæt, ved at vandtrykket var uændret under pumpningen ovenover pakkeren.

Den anden vandprøve blev udtaget med en MP1 pumpe ovenover pakkeren, men med forbindelse til boringssektionen under pakkeren via en Teflon slange koblet til et gennemgangsrør med ventil indbygget i pakkeren.

Resultaterne af boringskontrol analyserne af begge vandprøver fremgår af Bilag 3, men er i nedenstående Tabel 4 tillige sammenstillet med en tidligere boringskontrol analyse af blandingsvand fra september 2001. I tabellen er resultaterne af feltmålinger af visse parametre også inkluderet.

Tabel 4: Boringskontrol analyser og feltmålinger fra boring 246.796.

DGU-nr. Lokalitet Vandværk anlægsnr.		246.796 Lobbæk 403-V-20-0046		
Prøvetagningsdybde ^a		25,0 m	49,32 m	...
Repræsenterer indstrømning ^a		Over 46,3 m	Under 49,3 m	Hele indstr.
Andel af total indstrømning		88%	12%	100%
Lab. Journal/ref. nr.		V204-02044-01	V204-02045-01	B201-45872-1
Labnr./prøve-ID		040119	040120	2002024772
Prøvetagningsdato		24-08 2004	24-08 2004	Boringskontrol: 10. september 2001
Ilt [mg/l]	Feltmåling	0,27	0,10	...
Ledningsevne [mS/m]	Feltmåling	49,2	53,2	...
Redoxal [mV]	Feltmåling	23	18	...
PH	Feltmåling	7,25	7,38	...
Temperatur [°C]	Feltmåling	11,8	10,4	9,3
pH	Laboratorie	7,4	7,6	7
Konduktivitet [mS/m]	Laboratorie	48,8	52,8	47,2
Ammoniak+Ammonium [mg/l]	Laboratorie	0,16	0,23	0,17
Nitrit [mg/l]	Lab./Feltm.	0,019	0,023	<,01 ^d
Inddampningsrest [mg/l]	Laboratorie	300	320	303
Calcium [mg/l]	Laboratorie	74	79	72,7
Magnesium [mg/l]	Laboratorie	7,6	10	8
Hårdhed [°dH]	Laboratorie	12,1	13,5	...
Natrium [mg/l]	Laboratorie	17	17	16,2
Kalium [mg/l]	Laboratorie	3,7	4,7	3,9
Jern [mg/l]	Laboratorie	0,11	2,9	0,73
Mangan [mg/l]	Laboratorie	0,99 ^c	0,82 ^c	0,92
Hydrogencarbonat [mg/l]	Laboratorie	220	260	189
Chlorid [mg/l]	Laboratorie	23	22	24
Sulfat [mg/l]	Laboratorie	38	29	45
Nitrat [mg/l]	Laboratorie	<0,5	<0,5	4,26
Fluorid [mg/l]	Laboratorie	0,39	0,64	0,3
Phosphor, total-P [mg/l]	Laboratorie	0,10	0,026	0,021
Opløst Ilt [mg/l]	Laboratorie	0,21	<0,2	0,88
Aggressiv Kuldioxid [mg/l]	Laboratorie	<2	2,2	20????
Ionbalance [%]	Beregnet	1,9	2,9	4,0 ^b
NVOC [mg/l]	Laboratorie	1,8 ^c	1,7 ^c	0,93
Nikkel [µg/l]	Laboratorie	1,9 ^c	3,3 ^c	<1
Arsen [µg/l]	Laboratorie	0,15 ^c	0 ^c	0,5
Barium [µg/l]	Laboratorie	25 ^c	43 ^c	26
Bor [µg/l]	Laboratorie	120 ^c	160 ^c	150

^a Angivet i meter under top rør.

^b Beregnet som (SUM[Kationer]-SUM[Anioner])/(SUM[Kationer]+SUM[Anioner]), hvor alene summerne er oplyst på analysen.

^c Filtreret.

^d Feltmåling.

Den øvre vandprøve repræsenterer den markante indstrømning på 88% i ca. 43 m dybde i Balka sandstenen. Den nedre vandprøve repræsenterer derimod flere små indstrømninger på i alt 12 %, som alle sker fra den nedre del af Balka sandstenen, idet der ikke er noget bidrag fra den underliggende Nexø sandsten.

En sammenligning af analyserne af de to vandprøver viser kun meget små forskelle i koncentration af hovedionerne, som er bestemmende for ledningsevnen. Sidstnævnte er lidt højere i den nedre prøve, 53 mS/m mod 49 mS/m (begge ved 25 °C), hvilket bekræfter ledningsevne-loggen derved, at ledningsevnen i vandet fra den nedre del af Balka sand-

stenen kun er lidt højere end i vandet fra den øvre indstrømning. Vandprøverne viser, at forskellen skyldes et lidt højere indhold af Calcium, Magnesium og Hydrogencarbonat i det nedre vand.

Vandprøverne repræsenterer råvand, der efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, overholder fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på omkring 50 mS/m og en hårdhed på omkring 12 °dH. Med hensyn til vandtyper i vandprøverne, kan der siges følgende.

Vandprøverne indeholder opløst reduceret jern (0,11 og 2,9 mg/l) og mangan (0,99 og 0,82 mg/l). Det vurderes, at den påviste lave koncentration af ilt i den nedre prøve (feltmåling 0,10 mg/l) skyldes tilførsel af ilt fra atmosfæren under prøvetagningen. Den påviste ilt i den øvre prøve (feltmåling 0,27 mg/l og laboratoriemåling 0,21 mg/l) kunne derimod skyldes, at der i denne prøve forekommer en mindre opblanding med en iltholdig vandtype, idet prøven også viser et højere indhold af Phosphor (0,10 mg/l) end den nedre prøve (0,026 mg/l). Øget Phosphor er en indikator på gødningspåvirkning. Ingen af vandprøverne indeholder nitrat.

Der er således overvejende tale om grundvand uden opløst ilt, og de relativt lave koncentrationer af sulfat (38 og 29 mg/l) og calcium (74 og 79 mg/l) kan tolkes som reaktionsprodukter fra en kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt i grundvandet. I prøven fra den nedre del af Balka Sandsten kan påvises en højere koncentration af fluorid, hvilket tyder på en længere opholdstid i sandstenen under opløsning af fluoridholdige mineraler såsom fluorit (CaF_2).

Analysen af råvandet fra 2001 lige efter etablering af boringen viser rimelig god overensstemmelse med de to delprøver fra 2004 i henseende til, at parameterværdierne bør ligge imellem værdierne fra de to delprøver. Den største uoverensstemmelse ses ved indholdet af aggressivt kuldioxid, hvor prøven fra 2001 viser 20 mg/l, medens de to delprøver fra 2004 har langt lavere indhold, <2 og 2,2 mg/l. Forskellen kunne skyldes en komma fejl ved indlæsning i data basen, således at de 20 mg/l i 2001 muligvis skulle være 2,0 mg/l (Forsøg på at få Steins Laboratorium til at kontrollere datasættet fra 2001 har hidtil været forgæves).

Sammenfatning

Gamma- og resistivitets-log dokumenterer, at den tilstedeværende ca. 88 m tykke Balka sandsten kan underdeles i fem sekvenser. De tre udgøres af kvartsitiske sandsten med lavt gamma strålingsniveau - 25 til 50 API - og meget høj resistivitet - 1000 til 3000 ohmm -, og med mellemliggende to sekvenser af overvejende skifrige silt/lersten med højt gamma strålingsniveau - 100 til 200 API - og væsentligt lavere resistivitet - 100 til 300 ohmm. Tilsvarende sekvenser blev ved logging undersøgelsen i 2002 konstateret i boring 247.323 ved Smålyngen, hvor ca. 80 m af Balka sandstenen var repræsenteret (GEUS rapport 2002/94). Derimod kan denne sekvens opdeling ikke umiddelbart korreleres til den i GEUS rapport 1998/126 opstillede log-stratigrafi for Balka sandstenen på basis af logs fra boringerne 247.306 og 247.349. Denne tilsyneladende forskel vil blive søgt nærmere belyst ved en efterfølgende undersøgelse af stratigrafien i de "Grønne skifre" og Balka sandstenen,

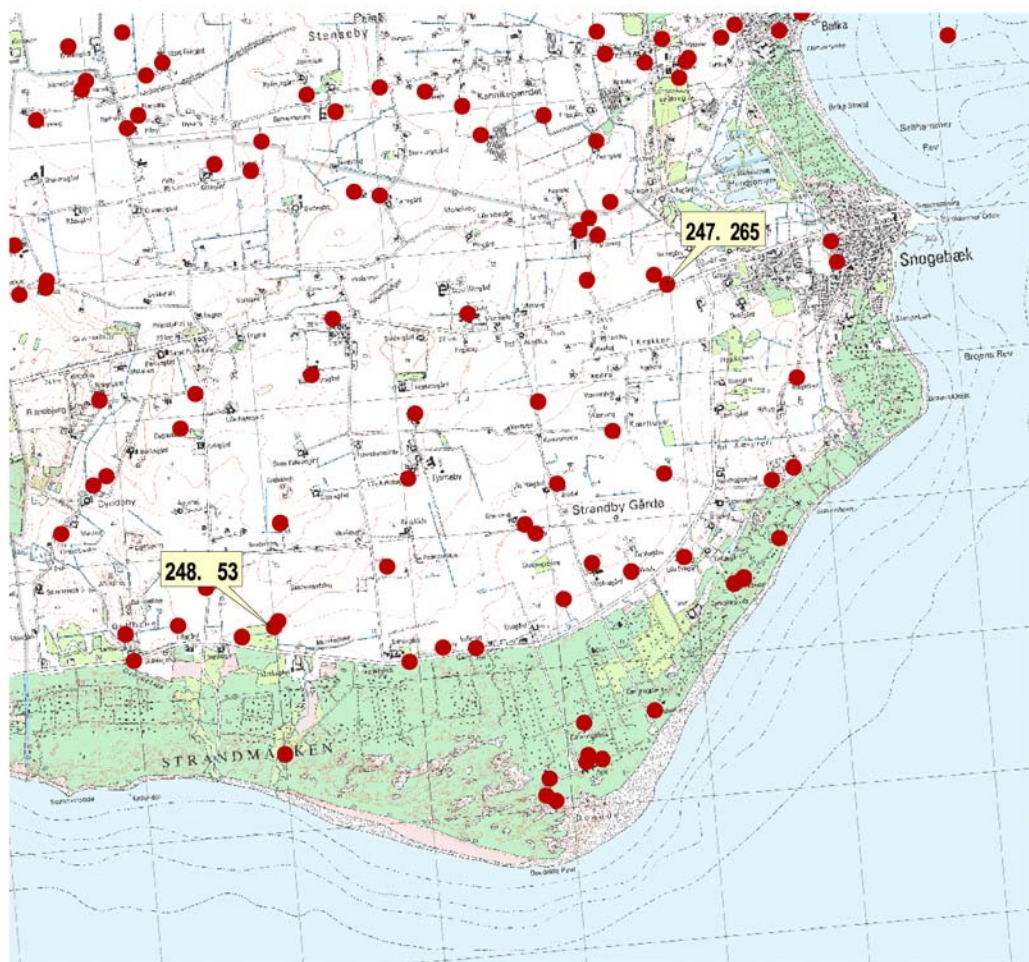
planlagt i samarbejde med geolog Arne Thorshøj Nielsen ved Geologisk Museum i København.

I nærværende boring 246.796 ved Lobbæk ses overgangen til Nexø sandstenen i 88 m dybde afspejlet dels ved et højere gamma-strålingsniveau end i den ovenliggende kvartsitiske Balka-sandstenssekvens, og dels ved et skifte i resistiviteten fra at være meget høj i den nedre Balka sandstenssekvens til noget lavere, men fortsat relativt høj – 500 til 1.000 ohmm - i Nexø Sandstenen. Grænsen er imidlertid også støttet af oplysninger fra borejournalen om nærliggende prøver med sikker dokumentation på de to bjergarter, men hvor dybden for prøvernes repræsentation er usikker.

Flow-loggen dokumenterer, at hovedparten af indstrømningen (88%) til boringen sker i ca. 43 m dybde ved overgangen mellem den mellemste sandstenssekvens og den overliggende skifersekvens i Balka Sandstenen. De resterende 12% indstrømmer i en række zoner fra 75 m til 90 m dybde i den nedre sandstenssekvens i Balka sandstenen. Der er således intet indstrømningsbidrag fra Nexø Sandstenen.

Der er udtaget en vandprøve som repræsenterer indstrømningen på 88% i 43 m dybde, og en vandprøve, der repræsenterer den øvrige indstrømning på kun 12% fra den nedre del af Balka sandstenen. Begge vandprøver viser en reduceret vandtype med opløst reduceret jern (0,11 og 2,9 mg/l) og mangan (0,99 og 0,82 mg/l), og med relativt lav koncentration af sulfat (38 og 29 mg/l) og calcium (74 og 79 mg/l). Begge de sidstnævnte stoffer kan tolkes som reaktionsprodukter fra kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt i grundvandet.

Vandkvaliteten giver ikke anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling, med iltning og efterfølgende filtrering, vil kunne overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet har en elektrisk ledningsevne på kun ca. 50 mS/m (ved 25 C°) og en forholdsvis lav hårdhed på ca. 12 °dH.



Figur 7. Lokalisering af de undersøgte borer ved Snogebæk og Strandmarken vandværker. Kortgrundlag 1:25.000.

Boring DGU nr. 247.265; Snogebæk Vandværk

- Borehulslogging udført den:	26-08-2004
- Målepunkt (MP):	top af rør
- Terrænkote:	Ca. +11 m
- Målepunkt i forhold til terræn (over/under):	Ca i terræn
- Rovandsspejl målt ved logging:	12,0 m under terræn
- Bund af boring målt ved logging:	Ca. 49 m u.t.

Boringens tekniske udbygning

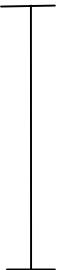
Boringen er udført i 1969 af brøndborer Holger Lind, Bodilsker med en 6" stødmejsel til 50 m u.t. Den er udbygget med 6" stålforerør til ukendt dybde.

Ved boringens etablering i 1969 stod rovandspejlet ca. 3 m under terræn. Ved pejling i 1975 stod rovandspejlet 20,3 m under terræn, medens det ved udførelse af loggingen i august 2004 stod 12 m under terræn. Boringen blev ved etableringen i 1969 prøvepumpet med en ydelse på 18 m³/time, som efter 100 timers pumpning resulterede i en afsækning på 12 m, dvs. svarende til at boringen har en specifik kapacitet på omkring 1,5 m³/t/m.

Geologisk beskrivelse

Boringen er beskrevet af GEUS' boreprøvelaboratorium og baseret på 6 indsendte prøver (bilag 1). Der foreligger ingen oplysninger fra brøndborer om laggrænser, hvorfor der kun kan angives konklusionen på beskrivelsen af de enkelte prøver samt dybde for prøven:

Prøvedybde

6 m	-	leret, skifret finsandsten, grå		Hardeberga Formationen ("Balka sst.")
10 m	-	skifret finsandsten, grå		
14 m	-	sandsten, lys gråbrun		
22 m	-	leret skifret finsandsten, grå		
28 m	-	skifer, blålig grå		
36 m	-	leret, skifret finsandsten, mørk grøngrå		

I henhold til boreprøve laboratoriets tolkning af de indsendte prøver tilhører hele lagfølgen fra terræn til boringens bund "Balka Sandsten" (Hardeberga formationen).

Geofysiske logs

Følgende geofysiske logs er målt i boringen (figur 8):

Gamma-log; Resistivitets-log; Temperatur-log uden og med pumpning; Ledningsevne-log uden og med pumpning; Kaliber-log samt Flow-log uden og med pumpning.

Gamma-log

Det er karakteristisk for flere af de indsendte prøver, at de i højere grad repræsenterer skiferbjergarter end kvartsitiske sandsten. Gamma-loggen viser da også højt strålingsniveau på to dybdeintervaller på i alt 20 m ud af den gennemborede 50 m lagserie.

En sammenligning med gamma-log mønstret fra Snogebæk vandværks boring 247.306 fra GEUS rapport 2002/94 viser en nøje korrelation, som dokumenterer, at de "Grønne skifre" også er repræsenteret i nærværende boring 247.265. Det øverste interval fra 4 m til 14 m med højt strålingsniveau er således tydeligvis den nedre del af de "Grønne skifre", medens intervallet fra 14 m til 27 m er den øvre kvartsitiske sekvens i Balka sandstenen. Øverst i boringen ses der et meget lavt strålingsniveau som tyder på, at der ovenover de ca. 10 m "Grønne skifre" optræder ca. 4 m kvartære aflejringer, antagelig moræneler.

Det andet interval med højt strålingsniveau - fra 27 m til 37 m - er en overvejende skifret sekvens i Balka sandstenen tydeligvis med flere sandstenslag indlejret imellem skiferlagene. De sidste 13 m af boringen har varierende men generelt lavt strålingsniveau og repræsenterer igen en kvartsitisk sekvens med enkelte skiferhorisonter.

At dømme ud fra gamma-log er de øverste ca. 5 m af Balka Sandstenen i denne boring 247.265 udviklet på samme måde som i boring 247.306 og 247.455 (GEUS 2002/94), dvs. øverst en 1-2 m sandsten efterfulgt af 2-3 m vekslende skifer og sandstenslag. Dette er tilsyneladende anderledes end observeret i boring 247.349 ved undersøgelsen i 1998 (GEUS1998/126), men det er kun tilsyneladende, idet grænsen mellem de Grønne skifre og Balka sandstenen dengang blev sat ved undergrænsen af denne overgangssekvens. Også i boring 247.349 ses denne 1 m tykke sandstensbænk som et markant gamma-minimum efterfulgt af skifrede lag med høj gamma-stråling. I øvrigt skal det ved sammenligning med gamma-log mønstret i 247.349 erindres, at sidstnævnte log er en digitaliseret udgave af en ældre log, som blev opmålt med analog-måleudstyr af Tage Sørensen i 1977.

Fokuseret resistivitets-log

Selve måleprincippet for denne type resistivitets-sonde betyder, at der først opnås korrekte måleresultater fra en dybde på ca. 11-12 meter under vandspejlet, dvs. fra ca. 24 m dybde. Alligevel er det valgt at vise de målte værdier ovenover denne dybde, dels fordi variationen stadig er i modfase med gamma-loggen og dermed bekræfter den vekslende lagserie i Balka-sandsten, men også fordi overgangen til stålforerøret tydeligt ses i 17,4 m dybde som et brat fald i måleværdierne. Det skal erindres, at der inden logging arbejdet ikke forelå oplysninger om forerørets længde (dybde).

Forerøret er således ført igennem de "Grønne skifre" og ca. 3 m ned i toppen af Balka sandstenen, og følgelig er der ikke opnået information om resistiviteten i de "Grønne skifre".

Under ca. 24 m dybde, hvor de målte resistiviteter er korrekte, ses værdier på op til 3000 ohmm i den nedre del af den øvre kvartsitiske sandstenssekvens. Fra 27 m er resistiviteten stærkt varierende mellem lave resistiviteter på ned til 200 ohmm – og høje resistiviteter på 1.000 til 3000 ohmm. Denne variation i resistiviteten afspejler variationerne i lithologien

som tidligere omtalt, og den overvejende skiferholdige sekvens fra 27 til 37 m dybde fremstår tydeligvis med generelt mindre resistivitet end i de kvartsitiske sekvenser ovenover og nedenunder dette interval.

Temperatur-log uden og med pumpning

Indvinding fra boringen blev stoppet et par dage før logging arbejdet udførtes. Temperaturen i vandet har derfor nået at indstille sig i ligevægt med temperaturen i de omgivende bjergarter, og der ses da også på den første temperatur-log uden pumpning en højere temperatur øverst i vandsøjlen, som så aftager mod dybden. I boringer med større dybder end ca. 50 m ser man normalt temperaturen stige med dybden fra 40-50 m med en gradient på 0,2-0,3 °C per 10 m. Dette er ikke tilfældet her, fordi boringen ikke er dyb nok.

På loggen under pumpning med 3,2 m³/t ses temperaturen nederst i boringen at være 9,2 °C, som øges opefter i to trin: Ved ca. 44 m til 9,22 °C og i ca. 27,5 m dybde til 9,25 °C, som er temperaturen på blandingsvandet op til pumpen.

Ledningsevne-log uden og med pumpning

Ledningsevnen i vandsøjlen uden pumpning er ca. 53 mS/m nederst i boringen og 48 mS/m øverst. Under pumpning med 3,2 m³/t ses der tilsvarende variation, men ændringerne ses nu at ske i to trin. Første lille fald i ledningsevnen på det opadstrømmende vand sker i 46 m (fra 53 mS/m til 52 mS/m) og dernæst i 27 m fra 52 mS/m til 48 mS/m. Faldene indtræffer i lighed med temperatur ændringerne nævnt ovenfor netop ved indstrømningszonerne, se Flow-log nedenfor. En ledningsevne på 48 mS/m ved aktuel temperatur 9,25 °C svarer til en ledningsevne 72 mS/m ved 25 °C, som er karakteristisk for grundvand med lav til middel ionstyrke. Sammenlignes denne ledningsevne med de laboratoriebestede ledningsevner på de to udtagne vandprøver, se **Tabel 5**, som er på henholdsvis 69 mS/m for den øvre vandprøve, og 78 mS/m for den nedre, ses logging ledningsevnen netop at ligge imellem disse to, men nærmest den øvre. Dette bekræfter indstrømningsfordelingen, idet den øvre repræsenterer 65% og den nedre 35% af indstrømningen, se nedenfor under Flow-log.

Kaliber-log

Kaliber-loggen viser en ensartet dimension på 150 mm i forerøret ned til dettes slutdybde i 17,3 m. Herunder er det åbne huls diameter mere ujævn, men dog kun varierende mellem 150 og 160 mm. Kun få steder ses der diameter udvidelser på op til 170 mm.

Flow-log uden og med pumpning

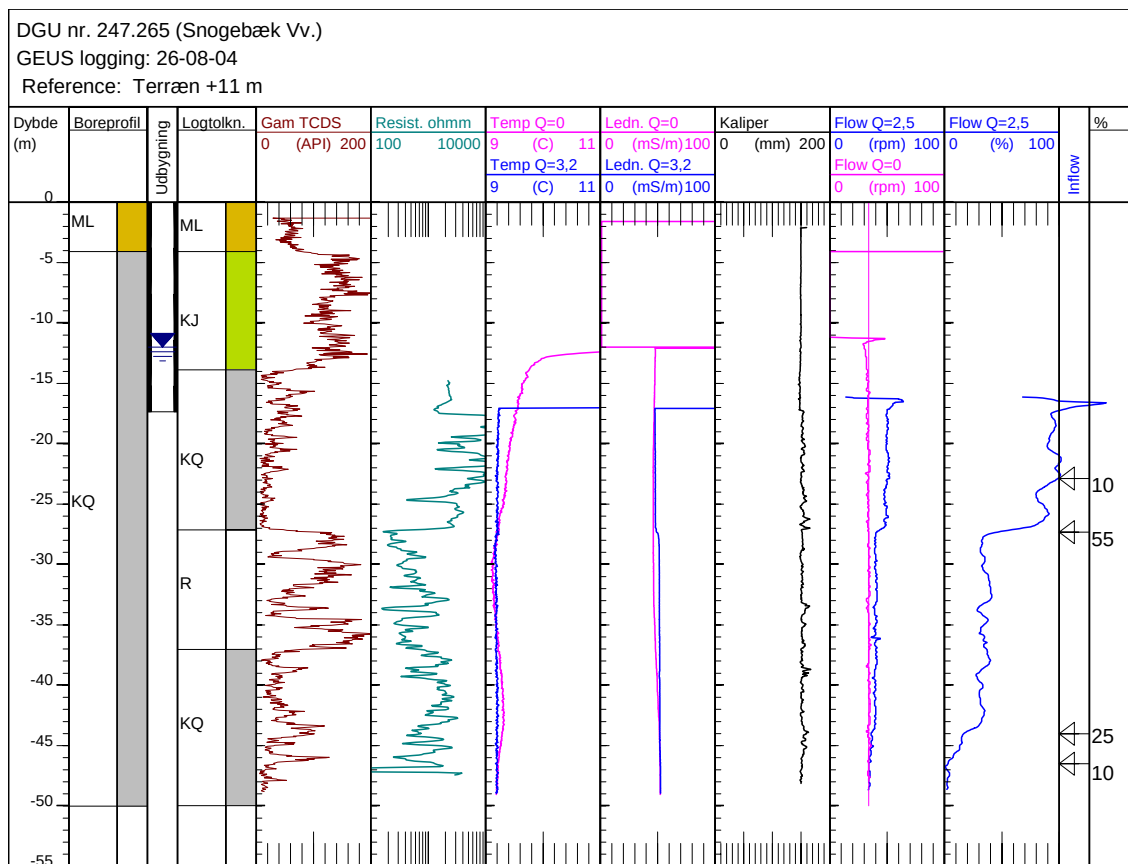
Flow-loggen uden pumpning viser ved denne borings diameter et basis tælleantal på 34 rpm for nedsænkningshastigheden 5 m/min hele vejen ned gennem boringen. Der er således ingen intern strømning i boringen.

Pumpeydelsen ved Flow-log med pumpning måtte sættes så lav som ca. 2,5 m³/t (Flow Q=2,5 på Figur 8). Derved kunne det undgås at sænke vandspejlet længere ned end til ca. 15 m og sikre at pumpen var anbragt så langt oppe i forerøret, at der kunne udføres flow-log målinger i selve forerøret svarende til 100% flow.

Flow-loggens tælleletal ses nederst i boringen op til 46 m dybde at svare til basis tælleallet 34 rpm. Her stiger tælleallet lidt til 37 rpm og yderligere til 40 rpm i 44 m dybde, hvorefter det er konstant op til 27 m. Her ses den største stigning til 50 rpm. Den sidste stigning ses i 23 m dybde, hvorefter tælleallet er 53 rpm til ca. 0,5 m oppe i forerøret. Stigningen i tælleallet ca. 1 m oppe i forerøret er ikke et udtryk for yderligere indstrømning, men skyldes at målingerne er udført lige under pumpen, hvor strømningen er meget uregelmæssig.

Tælleallene på ca. 53 rpm fra 23 m og op til 0,5 m inde i forerøret repræsenterer efter reduktion med basistallet 34 rpm derfor 100% strømning (=19 rpm). Alle øvrige tælleletal kan derfor også efter reduktion med basistallet 34 rpm omregnes til procentisk strømning i forhold til 19 rpm =100%.

Den resulterende Flow-log (Flow Q=2,5 i % på Figur 8) viser, at den største indstrømning, 55%, sker i 27 m dybde, dvs. i grænsen mellem den øvre kvartsitiske sandstenssekvens og den underliggende skifersekvens. Der sker yderligere en indstrømning fra den øvre sandstenssekvens, nemlig 10% i 23 m dybde. De resterende 35% indstrømmer i to zoner i den nedre sandstenssekvens, nemlig i 46 m og i 44 m.



Figur 8. Geofysiske borehulslogs og geologisk beskrivelse i boring DGU nr. 247.265

Udtagning af vandprøver og vandkvalitet

På basis af en vurdering i felten af Flow-loggen besluttedes det at udtage to vandprøver på en sådan måde, at de repræsenterer indstrømningen fra sandstenssekvensen henholdsvis nedenunder og ovenover skifersekvensen i intervallet 27 til 37 m.

Derfor blev den ene vandprøve udtaget med en MP1 pumpe forsynet med Teflon slange og anbragt i 42 m dybde medens der samtidigt blev pumpet med den større SQ7 pumpe anbragt i 15 m dybde. Den udtagne vandprøve fra MP1 pumpen vil da repræsentere indstrømningen fra de to zoner nedenunder 42 m dybde.

Ved den anden vandprøve anbragtes SQ7 pumpen i 30 m dybde og MP1 pumpen ovenover i 28 m, hvorved denne prøve repræsenterer de to indstrømninger ovenover 28 m dybde.

Resultaterne af boringskontrol analyserne af begge vandprøver fremgår af Bilag 3, men er i nedenstående Tabel 5 tillige sammenstillet med en tidligere boringskontrol analyse af blandingsvand fra april 2003. I tabellen er resultaterne af feltmålinger af visse parametre også inkluderet.

En sammenligning af analyserne af de to vandprøver viser kun meget små forskelle, som bl.a. bekræfter ledningsevne-loggen derved, at ledningsevnen i vandet fra den nedre del af Balka sandstenen er lidt højere end i vandet fra de øvre indstrømninger, 78 mS/m mod 69 mS/m ved 25 °C. Forskellen skyldes hovedsagelig et lidt højere indhold af Calcium/Natriumbikarbonat i den nedre prøve.

Begge vandprøver indeholder opløst reduceret jern (1,6 – 3,1 mg/l) og mangan (0,21- 0,27 mg/l). Det vurderes, at de påviste, lave koncentrationer af ilt i felt- og laboratoriemålingerne (0,21 – 0,5 mg/l), skyldes tilførsel af ilt fra atmosfæren under prøveudtagningen. Ingen af prøverne indeholder nitrat, men den øvre vandprøve fra 28,0 m indeholder nitrit i en koncentration på 0,11 mg/l.

De to vandprøver repræsenterer således grundvand uden opløst ilt, og med relativt høje koncentrationer af opløst, reduceret jern og mangan. De relativt lave koncentrationer af sulfat (34-41 mg/l) og calcium (72 - 78 mg/l) kan tolkes som reaktionsprodukter fra en kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt i grundvandet. I prøven fra den nedre del af Balka sandsten er der en forhøjet koncentration af fluorid (0,97 mg/l), hvilket indikerer en længere opholdstid i sandstenen i kontakt med fluoridholdige mineraler. Begge vandprøver viser calcium-natrium ionbytning samt et vist indhold af aggressiv kuldioxid (6,7 og 7,0 mg/l), og en middelhøj hårdhed (14,8 og 15,6 °dH).

Analysen af råvand fra april 2003 viser rimelig god overensstemmelse med de to delprøver fra 2004 i henseende til, at parameterværdierne bør ligge tættere på den øvre delprøve, som jo repræsenterer 65% af blandingsvandet. De største uoverensstemmelser ses ved indholdet af Jern og Phosphor, som i blandingsvandprøven fra 2004 viste værdier tættere ved den nedre delprøve end ved den øvre delprøve. Råvandets sammensætning i prøverne fra boring 246.265 vil efter en normal vandbehandling, med en iltning og efterfølgende filtrering, overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Råvan-

det har en elektrisk ledningsevne på omkring 71 mS/m og en middelhøj hårdhed på omkring 15°dH.

Tabel 5: Boringskontrol analyser og feltmålinger fra boring 247.265.

DGU-nr. Lokalitet Vandværk anlægsnr.		247.265 Snogebæk 405-V-20-24		
Prøvetagningsdybde ^a		28,0 m	42,0 m	...
Repræsenterer indstrømning ^a		Over 28 m	Under 42 m	Hele industr.
Andel af total indstrømning		65%	35%	100%
Lab. Journal/ref. nr.		V204-02062-01	V204-02063-01	B203-18452-1
Labnr./prøve-ID		040122	040123	2004043353
Prøvetagningsdato		26-08-04	26-08-04	Boringskontrol: 24. april 2003
Ilt [mg/l]	Feltmåling	0,21	0,5	...
Ledningsevne [mS/m]	Feltmåling	69,3	78,2	...
Redoxal [mV]	Feltmåling	53	107	...
pH	Feltmåling	7,48	7,4	7,6
Temperatur [°C]	Feltmåling	12,0	10,7	9,1
pH	Laboratorie	7,9	7,8	...
Konduktivitet [mS/m]	Laboratorie	69,4	77,7	71,3
Ammoniak+Ammonium [mg/l]	Laboratorie	0,60	0,56	0,6
Nitrit [mg/l]	Lab./Feltm.	0,11	<0,001	<0,01 ^d
Inddampningsrest [mg/l]	Laboratorie	410	450	396
Calcium [mg/l]	Laboratorie	72	78	72,7
Magnesium [mg/l]	Laboratorie	20	20	19,9
Hårdhed [°dH]	Beregnet	14,8	15,6	15
Natrium [mg/l]	Laboratorie	43	60	44,8
Kalium [mg/l]	Laboratorie	11	10	10
Jern [mg/l]	Laboratorie	3,1	1,6	1,4
Mangan [mg/l]	Laboratorie	0,21 ^c	0,27 ^c	0,23
Hydrogencarbonat [mg/l]	Laboratorie	320	380	340
Chlorid [mg/l]	Laboratorie	43	47	44
Sulfat [mg/l]	Laboratorie	41	34	38
Nitrat [mg/l]	Laboratorie	<0,5	<0,5	<0,1
Fluorid [mg/l]	Laboratorie	0,59	0,97	0,68
Phosphor, total-P [mg/l]	Laboratorie	0,077	0,031	0,039
Opløst Ilt [mg/l]	Laboratorie	0,24	0	0,38
Aggressiv Kulddioxid [mg/l]	Laboratorie	6,7	7,0	10
Ionbalance [%]	Beregnet	1,8	1,5	0,5 ^b
NVOC [mg/l]	Laboratorie	3,4 ^c	2,5 ^c	2,5
Nikkel [µg/l]	Laboratorie	0,94 ^c	1,6 ^c	<0,03
Arsen [µg/l]	Laboratorie	<0,05 ^c	<0,05 ^c	0,15
Barium [µg/l]	Laboratorie	240 ^c	190 ^c	160
Bor [µg/l]	Laboratorie	350 ^c	420 ^c	400

^a Angivet i meter under top rør.

^c Filtreret.

^d Feltmåling.

^b Beregnet som (SUM[Kationer]-SUM[Anioner])/(SUM[Kationer]+SUM[Anioner]), hvor alene summerne er oplyst på analysen.

Sammenfatning

Den udførte gamma log dokumenterer ved sammenligning med tilsvarende log i Snogebæk vandværks boring 247.306 fra 2002, at de nederste ca. 10 m af de "Grønne skifre" er tilstede øverst i lagserien under et ca. 4 m kvartært dæklag.

Grænsen til den underliggende Balka Sandsten er således beliggende i ca. 14 m dybde u.t., hvilket ikke fremgår af boreprofilen i GEUS's database. Her er hele den 50 m tykke lagserie vurderet til at være Balka Sandsten.

Der forelå ingen oplysninger om stålforerørets dybde, men resistivitets-log og kaliber-log dokumenterer, at forerøret er ført ned til 17,5 m u.t. Dette betyder, at gamma-strålingsniveauet i lagserien ned til denne dybde må formodes at være dæmpet med ca. 25% (erfaring fra efterfølgende boring 248.53), således at tælleletal inde i forerøret skal multipliceres med en faktor 1,3 hvis der ønskes en korrelation til gamma-log mønstre fra Grønne skifre i andre borer.

De ca. 36 m Balka-sandsten, som er repræsenteret i boringen, kan underdeles i en øvre kvartsitisk sekvens fra ca. 14 m til ca. 27 m og en nedre kvartsitisk sekvens fra ca. 37 m til boringens bund adskilt ved en skifret sekvens i intervallet fra 27 til 37 m. Gamma-log og resistivitets-log mønstrene kan i store træk korreleres med de tilsvarende log-mønstre fra de ca. 33 m Balka-sandsten i boring 246.795 ved Lobbæk.

65% af indstrømningen til boringen sker fra to zoner i den øvre kvartsitiske sekvens, og de resterende 35% indstrømmer fra to zoner i den nedre kvartsitiske sekvens.

Der er udtaget to vandprøver, som repræsenterer henholdsvis den øvre indstrømning på ca. 65%, og den nedre indstrømning på 35%. Begge prøver viser en reduceret vandtype med opløst reduceret jern (3,1 og 1,6 mg/l) og mangan (0,21 og 0,27 mg/l), og med relativ lav koncentration af sulfat (41 og 34 mg/l) og calcium (72 og 78 mg/l). Begge de sidstnævnte stoffer kan tolkes som reaktionsprodukter fra kemisk oxidation af sulfider under reduktionen af opløst ilt i grundvandet. I prøven fra den nedre del af Balka Sandsten er der en forhøjet koncentration af fluorid (0,97 mg/l), hvilket indikerer en længere opholdstid i sandstenen i kontakt med fluoridholdige mineraler. Begge vandprøver viser calcium-natrium ionbytning samt et vist indhold af aggressiv kuldioxid (6,7 og 7,0 mg/l), og en middelhøj hårdhed (14,8 og 15,6°dH).

Vandkvaliteten giver således ikke anledning til bemærkninger, idet råvandet fra boring 246.265 efter en normal vandbehandling, med en iltning og efterfølgende filtrering, vil overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Råvandet har en elektrisk ledningsevne på omkring 71 mS/m og en middelhøj hårdhed på omkring 15°dH.

Boring DGU nr. 248.53; Strandmarkens Vandværk

- Borehulslogging udført den:	25-08-2004
- Målepunkt (MP):	top af forerørsflange
- Terrænkote:	+ 13 m
- Målepunkt i forhold til terræn (over/ under):	ca. 0,4 m over
- Rovandsspejl målt ved logging:	3,87 m u. t.
- Bund af boring målt ved logging:	ca. 94 m u. t.

Boringens tekniske udbygning

Boringen er udført i 1989 af Bornholms Brøndboring til 94 m dybde. Den er udbygget med 169 mm stålforerør til 8,5 m u.t., og borediameter er oplyst til 142 mm med ukendt boremetode, men formodentlig DTH (Down the hole hammer”).

Der foreligger ingen oplysning om oprindeligt rovandspejl, men ved logging undersøgelsen pejledes det til ca. 3,5 m under terræn.

Ved boringens etablering blev der prøvepumpet med en ydelse på 13,5 m³/time ved en afsænkning på 5 m efter 168 timer, svarende til at boringen havde en specifik kapacitet på 2,7 m³/t/m. Vandførende zone blev observeret i 27-28 m dybde.

Geologisk beskrivelse

Borebeskrivelsen og laggrænser er baseret på brøndborers oplysninger samt en enkelt prøve indsendt til GEUS' boreprøvelaboratorium (bilag 1). Boreprofilet kan resumeres som følger:

0	-	4 m	Ler, moræne		Læså Formationen; Broens Odde Led ("Grønne skifre")
4	-	8 m	Skifer m. slirer af ler		
8	-	94 m	Skifer, glaukonitholdig, glimmerholdig, hård, mørk grå		

Det er af GEUS vurderet, at lagsøjlen tilhører Broens Odde Ledet af Læså Formationen, dvs. "Grønne skifre".

Geofysiske logs

Følgende geofysiske logs er målt i boringen (figur 9):

Gamma-log; Resistivitets-log; Temperatur-log uden og med pumpning; Ledningsevne-log uden og med pumpning; Kaliber-log samt Flow-log uden og med pumpning.

Gamma-log

Det ca. 4 m kvartære ler (formodentlig moræneler) øverst ses at have lavere stråling end de "Grønne skifre". Stigningen i strålingsniveau ved overgangen fra stålforerøret til det åbne borehul skyldes antagelig den mindre diameter i det åbne borehul kombineret med en vis dæmpning af strålingsniveauet oppe i stålforerøret.

Gamma log mønsteret synes at kunne inddeles i de samme karakteristiske sekvenser som identificeret i de øverste 74 m af boring 246.795 ved Lobbæk, hvor netop de Grønne skifre blev gennemboret:

- 1) Fra top af skifren i 4 m til ca. 32 m dybde ses en forholdsvis ensartet (når der ses bort fra forerørets dæmpning) og lav stråling (mindre end 175 API)
- 2) Fra ca. 32 m til ca. 58 m ses et meget varierende, men generelt stigende strålingsniveau med flere markante maksima (på op mod 300 API).
- 3) Fra ca. 58 m og til boringens slutdybde i 94 m ses et noget varierende, men generelt aftagende strålingsniveau med enkelte maksima, som er mindre markante end i sekvensen ovenfor (på op mod 250 API).

Et højere strålingsniveau i de Grønne skifre antages primært at afspejle et større indhold af glimmer og glaukonit. Det er dog sandsynligt, at nogle af de markante maksima i sekvens 2 skyldes et øget indhold af Uran i relation til fosforitter, jævnfør diskussionen tidligere i rapporten af boring 246.795 ved Lobbæk, hvor der refereres til en ca. 15 tyk fosforit- og glaukonitrig zone omtrent midt i de "Grønne skifre". (Kaj Hansen, 1936)

Fra tolkningen af gamma-loggen i netop boring 246.795, hvor grænsen til den underliggende Balka sandsten er blevet gennemboret, vides det at sekvens 3 er ca. 34 m tyk. I nærværende boring er ca. 36 m af sekvens 3 repræsenteret, og boringen synes derfor at være stoppet, da den hårde Balka sandsten blev nået.

Fokuseret resistivitets-log

Resistivitets-loggen giver brugbare målinger fra ca. 11 m under vandspejlet, dvs. fra ca. 14 m dybde under terræn.

Resistiviteten i de Grønne skifre ses hovedsageligt at ligge mellem 100 og 200 ohmm, men med flere signifikante maksima på helt op til 500 ohmm. Disse resistivitets-maksima på resistivitets-loggen modsvares af minima på gamma-loggen, og formodes at afspejle kvartaritiske sandstensbænke med en tykkelse af størrelsesordenen 0,5 m, jf. beskrivelsen af Broens Odde Leddet i Gravesen (1996). Især i den nederste del af sekvens 1 og i øvre del af sekvens 2, dvs. fra 32 m til 51 m dybde ses resistiviteten generelt at være højere, hvilket indikerer hyppigere indslag af sand i denne del af skiferen.

Det skal bemærkes, at den tilsyneladende formations-resistivitet målt med den fokuserede resistivitets-målesonde stort set er identisk med den sande formations-resistivitet (specifikke formationsmodstand).

Temperatur-log med og uden pumpning

Boringen var af hensyn til udførelsen af logging-undersøgelsen taget ud af drift flere dage før. Dette ses på den første temperatur-log uden pumpning, idet temperaturen tilsyneladende har nået at indstille sig til den naturlige gradient på stedet, dvs. fra 8,9°C i ca. 30 m dybde til 9,8°C i 90 m dybde svarende til 1,5°C per 100 m.

På temperatur-loggen under pumpning med 2 m³/t ses temperaturen nederst i boringen at være uændret 9,8 °C, og derefter faldende til 9,6°C i dybdeintervallet 86 m til 77 m på grund af indstrømninger. Herfra og op til ca. 60 m er den næsten konstant, hvorefter den falder jævnt til 9,1°C i 28 m dybde, som er temperaturen i det strømmende vand videre op til pumpen.

Ledningsevne-log med og uden pumpning

Ledningsevnen i vandsøjlen uden pumpning er ca. 50 mS/m nederst i boringen og 60 mS/m fra 78 m og op til ca. 35 m, hvorefter den falder igen i tre trin til 50 mS/m øverst. Variationerne må tages som et udtryk for at stagnerende vand med lavere ledningsevne i den øverste del af boringen under optrækning af pumpe og pumperør er blevet blandet med vand med højere ledningsevne fra resten af boringen.

Under pumpning med 2 m³/t ses ledningsevnen nederst at være 52 mS/m, som nedsættes ved indstrømningen i intervallet 86 m til 77 m til 48 mS/m. Herfra og op til 48 m stiger ledningsevnen svagt til 58 mS/m, som derefter yderligere øges til 60 mS/m i 34 m dybde. Denne nedsættes ved to indstrømninger på vejen op til pumpen til 57 mS/m. En ledningsevne i blandingsvandet på 57 mS/m ved aktuel temperatur 9,1 °C svarer til en ledningsevne 86 mS/m ved 25 °C, som er karakteristisk for grundvand med middel ionstyrke. Denne ledningsevne ligger meget tæt på ledningsevnen, 86,6 mS/m ved 25 °C, målt i laboratoriet af vandprøven repræsenterende indstrømninger ovenover 35 m dybde, se **Tabel 6**. Da ledningsevnen af vand, som indstrømmer under 35 m dybde er mindre, 70 mS/m, burde blandingsvandets ledningsevne bestemt ved logging have ligget på ca. 78 mS/m således som bestemt på en vandprøve i 2001, se **Tabel 6**. Forklaringen herpå ses nedenfor at ligge i, at størstedelen af vandet fra den nedre del af boringen udstrømmer i 49 m dybde til den nærliggende pumpeboring, som åbenbart har været i drift samtidig med logging og vandprøvetagningen i boring 248.53.

Denne komplekse ind- og udstrømningssituation, som omtales yderligere nedenfor, er årsagen til, at det i denne boring er meget vanskeligt at se en konsistent sammenhæng mellem temperaturændringer, ledningsevneændringer og indstrømningszoner, se Flow-log nedenfor.

Kaliber-log

Kaliber-loggen bekræfter, at forerøret når ned til 8,2 m under terræn og har en lidt større diameter, 150 mm, end det åbne borehul, 135 mm. Nedenunder forerøret ses der kun ubetydelige afvigelse fra 135 mm i borehulsstørrelse. Således en indsnævring i ca. 20 m og i 29 m, samt en mindre udvidelse i 31 m.

Flow-log uden og med pumpning

Flow-loggen uden pumpning viser ligesom den forrige boring et basis tælleletal på 34 rpm for nedsænkningshastigheden 5 m/min hele vejen ned gennem boringen. Der er således ingen intern strømning i boringen.

Af hensyn til ønsket om ikke at sænke vandspejlet længere end til ca. 10 m for at kunne udføre flow-loggen fra toppen af det åbne borehul måtte pumpeydelsen ved Flow-loggen med pumpning holdes så lav som ca. 2 m³/t (Flow Q=2 på Figur 9). Det var ikke praktisk muligt at få pumpen anbragt så højt, at der blev mulighed for at måle tælleletal i selve forerøret.

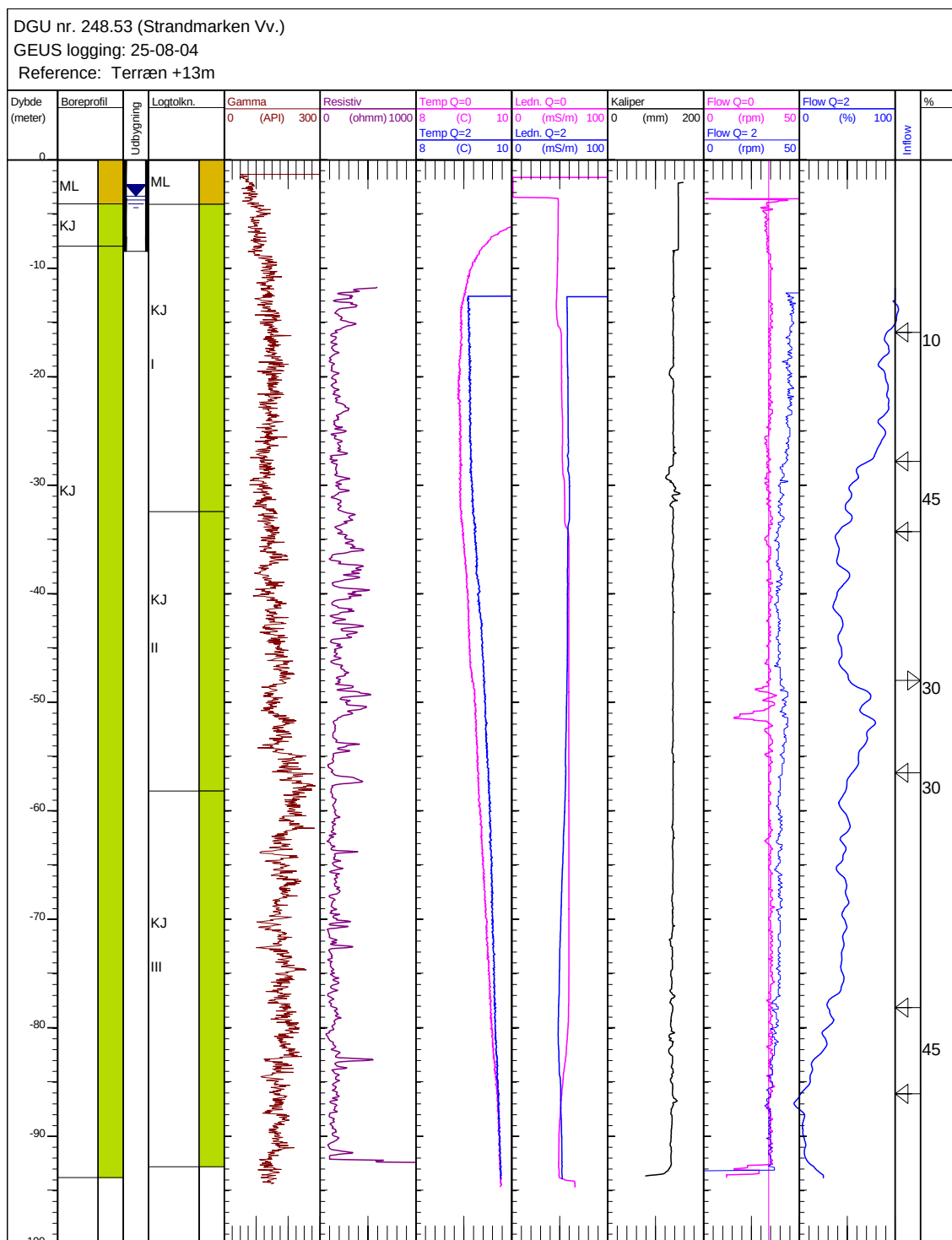
Fra bunden af boringen og op til 85 m dybde ses flow-loggens tælleletal at svare til basis tælleletal 34 rpm. Her stiger tælletalet lidt, til 36 rpm og yderligere stigning ses indtil 77 m dybde, hvor tælletalet er nået op på 39 rpm. Herefter sker der ikke mere før end i intervallet 57 til 52 m, hvor det stiger til 45 rpm. I ca. 49 m ses det ejendommelige, at tælletalet falder til 40 rpm uden at dette skyldes en udvidelse af diameteren. Dette lavere tælleletal fortsætter indtil 34 m dybde, hvor det øges lidt til 42 rpm og igen i ca. 28 m, hvor det øges til 45 rpm. I ca. 15 m ses atter en lille stigning til 47 rpm.

Flow-loggen kunne gennemføres til 12,3 m dybde, og under antagelse af, at der ikke sker yderligere indstrømning ovenover denne dybde, er de øverste tælleletal på ca. 47 rpm efter reduktion med basistallet 34 rpm derfor sat til 100% strømning (=13 rpm). Alle øvrige tælleletal kan derfor også efter reduktion med basistallet 34 rpm omregnes til procentisk strømning i forhold til 13 rpm =100%.

Den resulterende Flow-log (Flow Q=2 i % på Figur 9) viser 4 indstrømningsintervaller:

- Fra 85 m til 77 m, hvor ca. 45 % af ydelsen indstrømmer.
- Fra 57 til 52 m, hvor ca. 30 % af ydelsen indstrømmer.
- Fra 34 til 28 m, hvor ca. 45 % af ydelsen indstrømmer.
- I ca. 15 m dybde, hvor ca. 10 % af ydelsen indstrømmer

Dette giver 130% indstrømning, hvilket naturligvis ikke er muligt, men skyldes at der i ca. 49 m sker en udstrømning på netop ca. 30 %. Forklaringen på en sådan udstrømning må være, at der her optræder en sprække, som hydraulisk står i forbindelse med vandværkets anden boring (50 m afstand), hvorfra der åbenbart er sket pumpning i samme tidsperiode, som logging arbejdet har pågået. Ved så lav en pumpeydelse som den her anvendte, 2 m³/t taber boringen således en stor del af den indstrømning, der sker fra den nedre del af boringen. Dette vil antagelig ikke være tilfældet i en driftssituation, hvor der anvendes en væsentlig større ydelse end 2 m³/t.



Figur 9. Geofysiske borehulslog og geologisk beskrivelse i boring DGU nr. 248.53

Udtagning af vandprøver og vandkvalitet

På basis af en vurdering i felten af den forholdsvis komplicerede Flow-log besluttedes det at udtage tre vandprøver på en sådan måde, at de repræsenterer indstrømningen fra henholdsvis intervallet under 75 m dybde og intervallet 34 til 28 m, samt endelig den øverste

indstrømning i ca. 15 m. Det var ikke praktisk muligt uden brug af pakker at tilrettelægge en prøveudtagning for indstrømningsintervallet 57 til 52 m, og tiden tillod ikke at anvende det tidskrævende pakker udstyr.

Den øverste prøve blev udtaget med MP1 pumpen i 14 m og SQ7 pumpen i 21 m, og denne prøve må følgelig repræsentere ovennævnte indstrømning i ca. 15 m dybde.

Den mellemste vandprøve blev udtaget med MP1 pumpen i 35 m dybde, og med SQ7 pumpen i 40 m dybde, hvorved denne prøve repræsenterer indstrømningerne ovenover 35 m dybde inklusiv den øvre indstrømning.

Den nederste vandprøve blev udtaget med en MP1 pumpe anbragt i 75 m dybde medens der samtidig blev pumpet med en SQ7 pumpe anbragt i 21 m dybde. Den udtagne vandprøve fra MP1 pumpen repræsenterer derved indstrømningen fra zonerne nedenunder 75 m dybde.

Resultaterne af analyserne af de tre vandprøver fremgår af Bilag 3, men er i nedenstående **Tabel 6** tillige sammenstillet med en tidligere boringskontrol analyse af blandingsvand fra juli 2001. I tabellen er resultaterne af feltmålinger af visse parametre også inkluderet.

For alle tre vandprøver vurderes det, at de påviste lave koncentrationer af ilt i felt- og laboriemålingerne (0,20 – 0,37 mg/l) skyldes tilførsel af ilt fra atmosfæren under prøveudtagningen, og at vandet derfor ikke indeholder opløst ilt. Ingen af prøverne indeholder nitrat, men derimod opløst reduceret jern og mangan, om end i meget forskellig koncentration. Således viser den øvre og den mellemste henholdsvis 1,2 og 2,9 mg/l jern og 0,24 og 0,29 mg/l mangan, hvorimod den nedre prøve kun viser 0,25 mg/l opløst reduceret jern og kun 0,065 mg/l mangan.

De nedre prøve adskiller sig også fra de to andre ved flere af de andre analyse parametre. Den viser således et væsentligt lavere sulfat og calcium indhold, henholdsvis 47 og 37 mg/l mod 120-190 og 95-130 mg/l i de to andre prøver. Til gengæld har den et meget højere indhold af natrium, 110 mg/l mod 46 og 36 mg/l i de andre to. Endelig har den en væsentlig lavere hårdhed (8,0°dH), og ingen indhold af aggressiv kuldioxid, hvor de to andre har middelhøj til høj hårdhed (17,1 og 22,6°dH) og 7,6-8,1 mg/l aggressiv kuldioxid.

De to øvre vandprøver repræsenterer således grundvand uden opløst ilt, og med relativt høje koncentrationer af opløst, reduceret jern og mangan, samt relativt høje koncentrationer af sulfat (120 – 190 mg/l) og calcium (95 – 130 mg/l). Sidstnævnte to stoffer kan begge tolkes som reaktionsprodukter fra en kemisk oxidation af sulfider ved reduktionen af opløst ilt og nitrat. Koncentrationer af sulfat på op mod 190 mg/l kan enten dannes ved reduktion af nitrat i samme koncentrationsniveau eller ved iltning af sulfider med ilt i den umættede zone. En iltning i den umættede zone kan eventuelt forekomme tæt på boringen, som følge af en stor afsænkning i boringen.

Den nedre vandprøve repræsenterer i princippet samme vandtype, men er dog helt tydeligt fra den nedre del af jern-sulfat grundvandszonen, hvor indholdet af begge ioner er lavt og hvor der endvidere har fundet ionbytning sted. Det højere indhold af Flourid (0,89 mg/l) i forhold til de øvre prøver (0,59 og 0,48 mg/l) indikerer også en længere opholdstid i reservoirbjergarten.

Tabel 6: Boringskontrol analyser og feltmålinger fra boring 248.53

DGU-nr. Lokalitet Vandværk anlægsnr.		248.53 Strandmarken 405-V-20-28			
Prøvetagningsdybde ^a		14 m	35 m	75 m	...
Repræsenterer indstrømning ^a		Ved 14-16 m	I ca. 29 m	Under 75 m	Hele industr.
Andel af total indstrømning		10%	45%	45%	100%
Lab. Journal/ref. nr.		V204-02066-01	V204-02065-01	V204-02064-01	B201-27135-1,2,3
Labnr./prøve-ID		040125	Uden labnr.	040126	20022024795
Prøvetagningsdato		25-08-04	25-08-04	25-08-04	Boringskontrol: 3. juli 2001
Ilt [mg/l]	Feltmåling	0,33	0,20	0,37	...
Ledningsevne [mS/m]	Feltmåling	77,1	87,6	70,0	...
Redoxal [mV]	Feltmåling	90	75	100	...
PH	Feltmåling	7,45	7,30	7,82	...
Temperatur [°C]	Feltmåling	10,4	...	10,8	9,7
pH	Laboratorie	7,9	7,8	8,2	7,4
Konduktivitet [mS/m]	Laboratorie	76,1	86,6	70,1	78,4
Ammoniak+Ammonium					
[mg/l]	Laboratorie	0,45	0,47	0,48	0,48
Nitrit [mg/l]	Lab./Feltm.	0,002	0,012	0,009	<,01 ^d
Inddampningsrest [mg/l]	Laboratorie	470	580	410	544
Calcium [mg/l]	Laboratorie	95	130	37	95,3
Magnesium [mg/l]	Laboratorie	17	19	12	16
Hårdhed [°dH]	Laboratorie	17,1	22,6	8,0	...
Natrium [mg/l]	Laboratorie	46	36	110	40,7
Kalium [mg/l]	Laboratorie	7,7	7,6	8,5	6,8
Jern [mg/l]	Laboratorie	1,2	2,9	0,25	0,63
Mangan [mg/l]	Laboratorie	0,24 ^c	0,29 ^c	0,065 ^c	0,19
Hydrogencarbonat [mg/l]	Laboratorie	280	280	360	271
Chlorid [mg/l]	Laboratorie	26	29	22	26,5
Sulfat [mg/l]	Laboratorie	120	190	47	150
Nitrat [mg/l]	Laboratorie	<0,5	<0,5	<0,5	2,36
Fluorid [mg/l]	Laboratorie	0,52	0,48	0,89	0,51
Phosphor, total-P [mg/l]	Laboratorie	0,028	0,041	0,015	0,012
Opløst Ilt [mg/l]	Laboratorie	1,2	0,92	0,60	0,83
Aggressiv Kuldioxid [mg/l]	Laboratorie	7,6	8,1	<2	8
Ionbalance [%]	Beregnet	3,2	3,4	2,4	2,2 ^b
NVOC [mg/l]	Laboratorie	2,2 ^c	3,2 ^c	1,6 ^c	1,3
Nikkel [µg/l]	Laboratorie	0,66 ^c	1,2 ^c	1,8 ^c	<1
Arsen [µg/l]	Laboratorie	<0,05 ^c	<0,05 ^c	<0,05 ^c	0,17
Barium [µg/l]	Laboratorie	43 ^c	48 ^c	41 ^c	47
Bor [µg/l]	Laboratorie	360 ^c	260 ^c	750 ^c	370

^a Angivet i meter under top rør.

^c Filtreret.

^d Feltmåling.

^b Beregnet som (SUM[Kationer]-SUM[Anioner])/(SUM[Kationer]+SUM[Anioner]), hvor alene summerne er oplyst på analysen.

Analysen af råvand fra juli 2001 viser en vandtype analog til den øverste og mellemste vandprøve fra 2004 og med parameterverdier, som ligger tæt på disse to vandprøver, og med meget lidt påvirkning af opblanding fra den nedre vandtype. Dette stemmer godt overens med flow-loggens information om, at næsten halvdelen af indstrømningen under 50 m dybde udstrømmer i ca. 49 m dybde (tabes til en naboboring) og således ikke indgår i det oppumpede råvand. Uanset om råvandet blandes fortrinsvis af de to øvre vandtyper, eller om der også indgår nedre vand i råvandet (ved driftsstop af den nærliggende indvindingsboring), så vil vandkvaliteten efter en normal vandbehandling med itning og efterfølgende filtrering, overholde de fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Råvandet vil have en ledningsevne på 75-80 mS/m og en hårdhed på 15-20°dH afhængig af om der pumpes samtidig fra naboboringen.

Sammenfatning

I denne boring er 90 m af de "Grønne skifre" tilhørende Broens Odde Led af Læså Formationen, repræsenteret, og overlejret af 4 m kvartær. Den udførte gamma-log suppleret med resistivitets-log viser, at de "Grønne skifre" i denne boring i lighed med boring 246.795 ved Lobbæk kan opdeles i en øvre, en mellem og en nedre sub-sekvens, hvor den midterste er karakteriseret ved et generelt højere gamma-strålingsniveau med flere signifikante peaks. Sidstnævnte skyldes formodentlig Uran i sammenhæng med forekomst af fosforit. Loggene indikerer endvidere, at der optræder flere op til 0,5 m tykke sandstensbænke, samt at indslaget af sand generelt er højere i den øvre halvdel af den midterste sekvens, samt i den nedre del af den øvre sekvens. Ved sammenligning med log-mønstrene i boring 246.795 vurderes det, at nærværende boring ved Strandmarken formodentlig er stoppet ved grænsen til Balka sandstenen.

Formationsresistiviteten er generelt i størrelsesordenen 100-200 ohmm, men med maksima på op til 500 ohmm svarende til sandstensbænke i skiferen (siltstenen).

Kaliber-loggen bekræfter, at stålforerøret er ført ned til ca. 8,5 u.t. Der er her anvendt en større borediameter end i det åbne hul, hvilket sammen med stålroret betyder en dæmpning af gamma-strålingsniveauet i lagserien ned til denne dybde med ca. 25%. Gamma-tælleletal fra forerørssektionen skal derfor multipliceres med en faktor 1,3 hvis der ønskes en korrelation til gamma-log mønstre i "Grønne skifre" i andre borer.

Selv med den begrænsede pumpeydelse, 2 m³/t, er der identificeret fire indstrømningsintervaller, nemlig 86-77 m med 45%, 57-52 m med 30%, 34-28 m med 45% og endelig ca. 15 m med 10%. Dette giver en samlet indstrømning på 130%, men de 30% tabes ved udstrømning til en anden indvindingsboring gennem en sprække i ca. 49 m, når sidstnævnte boring samtidig er i drift.

Der er udtaget tre niveau-specifikke vandprøver til analyse. Den nedre repræsenterer indstrømningen i intervallet 86-77 m, og kan karakteriseres som en reduceret vandtype, men med lavt jern- og mangan indhold (0,25 og 0,065 mg/l), samt kun lettere forhøjet sulfat (47 mg/l), og tydeligvis med Calcium-Natrium ionbytning (37 mod 110 mg/l). Hårdheden er forholdsvis lav, 8°dH.

De to andre prøver repræsenterer henholdsvis en øvre indstrømning i ca. 15 m dybde og indstrømningerne ovenover 35 m inklusiv den øvre indstrømning. Begge vandprøverne viser en reduceret vandtype med forholdsvis højt indhold af opløst reduceret jern (1,2 og 2,9 mg/l) og mangan (0,24 og 0,29 mg/l) og ligeledes højt indhold af sulfat (120 og 190 mg/l) og af calcium (95 og 130 mg/l). Hårdheden er middelhøj til høj, 17,1 og 22,6°dH, og de udviser et vist indhold af aggressiv kuldioxid (7,6 og 8,1 mg/l).

Ved samtidig pumpning fra den nærliggende indvindingsboring vil den nedre vandtype kun i begrænset omfang indgå i råvandet fra boring 248.53, hvorimod det nedre vand vil bidrage med ca. 30%, når der kun pumpes fra denne boring. I begge indvindingsituationer vil vandkvaliteten ikke give anledning til bemærkninger, idet råvandet efter en normal vandbehandling med iltning og efterfølgende filtrering, vil overholde fastsatte grænseværdier for kvalitetskrav til dansk drikkevand. Vandet vil have en ledningsevne på 75-80 mS/m og en hårdhed på 15-20°dH.

Tritium- og Helium analyser til aldersdatering

Som det fremgår af nedenstående tabel foreligger der resultater af Tritium analyser fra 10 og af Helium analyser fra 9 af de 10 vandprøver, som blev fremsendt til Utah for analyser. Vandprøven udtaget fra det midterste dybdeniveau i boring 248.53 ved Strandmarken, se Tabel 6, blev af budgetmæssige grunde ikke fremsendt til Tritium/Helium analyse. Ifølge oplysninger fra Utah laboratoriet er den "øvre" vandprøve udtaget fra samme boring 248.53 til Helium analyse blevet beskadiget under transport. Der foreligger derfor kun en Tritium analyse fra dette dybdeniveau i denne boring.

Tabel 7: Tritium- og Helium analyser, samt aldersbestemmelser

Prøve ID.	Utah ID.	Helium 3He (TU)	Tritium 3H (TU)	Alder/år via 3H/3He	Boring Ø=øvre N=nedre	Reservoir Bjergart	Dybde til Reservoir eller indstrømnings- zoner
40112	03240503	1,2	9,7	2,0	244.557	Kvartært morænegrus	23 – 25 m
40113 (1)	01110507	10,0	8,2	14,3	244.558	Kvartært sand-grus	25 – 28 m
40113 (2)	05030503	7,5	8,2	11,6	244.558	Kvartært sand-grus	25 – 28 m
40114	01200503	2,4	1,3	19,0	246.795 Ø	Grønne skifre	38 m
40116	03240508	1,0	1,4	9,7	246.795 N	Balka sandsten	83 – 109 m
40119	02160503	7,5	3,3	21,4	246.796 Ø	Balka sandsten	43 m
40120	04200507	-1,5	1,9	?	246.796 N	Balka sandsten	74 – 90 m
40122	03240505	-9,2	1,4	?	247.265 Ø	Balka sandsten	23 – 28 m
40123	04200506	-16,1	0,3	?	247.265 N	Balka sandsten	43 – 47 m
40125	-	-	7,1	-	248.53 Ø	Grønne skifre	14 – 16 m
40126	03240504	-6,7	1,5	?	248.53 N	Grønne skifre	76 – 86 m

Dateringsmetode

Princippet i aldersdateringen baseret på måling af indholdet af isotoperne 3H (Tritium) og 3He (Helium-3) i grundvand er, at Helium-3 er datter isotop af Tritium, og at sidstnævnte har en halveringstid på ca.12,3 år. Uden at kende det specifikke Tritium indhold i nedbøren kan alderen derfor bestemmes ud fra forholdet mellem koncentrationen af de to stoffer. Efter 12,3 år vil forholdet mellem Helium-3 og Tritium være 1, efter 2x12,3 år vil det være 3, efter 3x12,3 år vil det være 7, efter 4x12,3 år vil det være 15, efter 5x12,3 år vil det være 31 osv. Det ses således, at det er muligt at opstille en formel for denne rækkeudvikling imellem He3/Tritium forholdet og alderen som et multiplum af halveringstiden 12,3 år.

Det oplyses imidlertid fra Utah laboratoriet, at alle prøver har et usædvanligt stort indehold af terrigent 4He (Helium-4). dvs. 4He som er dannet og tilført grundvandet under jordoverfladen. Både Helium-4 og Helium-3 dannes ved radioaktivt henfald af Uran og Thorium. Et stort indhold af Helium-4, som produceres i undergrunden, vil resultere i, at en forholdsvis stor andel af den målte Helium-3 også stammer fra undergrunden. Præcist hvor meget er det vanskeligt at anslå. Usikkerheden på dette er derfor stor, hvilket resulterer i en relativ stor usikkerhed på aldersdateringen.

Det høje indhold af terrigent Helium-4 og Helium-3 i vandprøverne tyder således på, at vandet har passeret bjergarter med et forholdsvis stort indhold af U og/eller Th, hvilket eksempelvis kunne være den midterste sekvens i de "Grønne skifre" eller eventuelt et stort

indhold af alunskifer opblandet i morænen, idet begge disse bjergarter har væsentligt højere gamma-stråling end øvrige sedimentbjergarter på Bornholm.

Utah laboratoriet har derfor været nødsaget til at beregne den tilsyneladende alder ved brug af en mere usikker metode ("unfractionated excess air model") og under antagelse af et forhold $3\text{He}/4\text{He}$ på $2,7\text{E}-08$. Denne metode er ekstrem følsom overfor det anslåede $3\text{He}/4\text{He}$ forhold. I **Tabel 7** ses det, at antagelsen resulterer i negative indhold af Helium-3 på fire af prøverne, hvilket er umuligt. Der har derfor kun kunnet angives aldersbestemmelse på 6 af prøverne, hvoraf de to fra boring 244.558 er en dobbeltbestemmelse af samme prøve.

Det er ikke oplyst, hvorfor Utah laboratoriet har antaget værdien $2,7\text{E}-08$ for forholdet $3\text{He}/4\text{He}$, idet $3\text{He}/4\text{He}$ forholdet i undergrunden generelt observeres til at ligge omkring $1,0\text{E}-08$ (Solomon & Cook, 1999), altså næsten 3 gange lavere end det anvendte. En anvendelse af et sådant mindre $3\text{He}/4\text{He}$ forhold ville have givet mindre terrigent 3He i vandprøverne og følgelig højere værdier for 3He dannet som henfald fra Tritium, hvilket ville have resulteret i højere alder end de i Tabel 7 anførte.

Resultater

Alderen på blandingsvandet fra det kvartære reservoir over grundfjeldet i boring 244.557 ved Vang ses kun at være 2 år. Dette synes at være en overraskende lav værdi i betragtning af reservoirets dybde, 23-25 m og de overvejende lerede og siltholdige dæklag. På den anden side er det den eneste af de udtagne vandprøver, som indeholder Nitrat (11 mg/l) samtidig med, at vandprøvens kemiske sammensætning som tidligere nævnt indikerer en blanding af en "nitratholdig og sulfatholdig øvre vandtype" og en "nedre vandtype" med mangan og ferrojern.

Alderen på blandingsvandet fra det kvartære reservoir over grundfjeldet i boring 244.558 ligeledes ved Vang angives til 11,6 og 14,3 år, hvilket ikke synes usandsynligt. Reservoiret er beliggende i 25-29 m dybde, og dækket overvejende af ler og silt. Vandkemisk er blandingsvandet som tidligere nævnt i mindre grad end forrige boring præget af det "øvre vand" og i højere grad repræsenterende "nedre vand" med mangan.

Alderen på den øvre vandprøve i boring 246.795 ved Lobbæk repræsenterende en indstrømning i 38 m dybde i Grønne skifre er overraskende nok bestemt til at være ældre, 19 år, end alderen på den nedre vandprøve af vand fra zoner i Balka sandstenen under 80 m dybde, som er bestemt til 9,7 år. Dette er imidlertid ikke usandsynligt, idet det er velkendt fra prøvepumpninger, at transmissiviteten og dermed sprækkepermeabiliteten i de Grønne skifre er mindre end i Balka sandstenen. Vandkemisk er de to vandprøver som tidligere omtalt overraskende ens og beskrevet som værende den reducerede type "nedre vand" med jern og mangan.

Den sidste vandprøve med aldersbestemmelse er den øvre fra boring 246.796, også ved Lobbæk, hvor alderen er angivet til 21,4 år. Prøven er vandkemisk af samme type som i forrige boring, og repræsenterer en indstrømning i 42 m dybde i Balka sandstenen. Alderen er ikke usandsynlig, men alligevel overraskende sammenholdt med alderen på 9,7 år for vandprøven fra under 80 m dybde i Balka sandstenen (under 80 m) i forrige boring

(246.795), men også overraskende i lyset af, at Balka sandstenen går i dagen på lokaliteten ved boring 246.796. I 246.795 var Balka sandstenen overlejret af 75 m Grønne skifre.

I betragtning af den usikkerhed, som Utah laboratoriet påpeger på de fremlagte aldre beregnet ud fra $3\text{H}/3\text{He}$, og som er forårsaget af det uventede og store indhold af terrigent Helium-3 og Helium-4 (3He og 4He) i alle vandprøverne, er det nærliggende også at prøve at vurdere den relative alder alene ud fra Tritium bestemmelserne. Siden ca. 1980 har indholdet af Tritium i nedbøren i Europa ligget ret konstant på mellem 5 og 10 TU. Antages det, at prøverne alle repræsenterer grundvand dannet af nedbør yngre end 1980, og med 10 TU Tritium, kan der foretages en beregning af alderen ud fra Tritiums halveringstid på 12,3 år.

Ud fra ovenstående antagelse vil indholdet af Tritium i grundvand dannet i 1980 skulle være på ca. 2,5 TU i 2004/2005. Som det fremgår af tabellen ovenfor er der 6 af de 10 prøver (dobbelbestemmelsen på 244.558 viser samme værdi), som har mindre Tritium end 2,5 TU. Disse 6 prøver må derfor repræsentere ungt grundvand fra efter 1980 let opblandet med gammelt grundvand dannet før 1952 med $3\text{H} < 0,1$ TU. De kan imidlertid også repræsentere gammelt 3H -frit grundvand opblandet med små mængder vand med meget høje 3H -koncentrationer dannet omkring 3H -toppen i 1963 (> 3000 TU). Det sidste er antagelig tilfældet for den nedre prøve i boring 247.265 på grund af sit meget lave Tritium indhold, 0,3 TU. Endvidere også for den nedre prøve i boring 248.53 med 1,5 TU Tritium, idet denne prøves vandkemiske sammensætning, se Tabel 6, sammenlignet med vandkemien i de øvre prøver fra samme boring, indikerer en ældre vandtype.

Af de resterende fire prøver vil tre prøver med henholdsvis 7,1 TU, 8,2 TU og 9,7 TU repræsentere meget ungt grundvand (< 5 år gammelt) og den sidste prøve med 3,3 TU forholdsvis ungt grundvand (< 15 år gammelt), forudsat at der ikke er sket betydelig opblanding med gammelt 3H -frit vand. Det er værd at bemærke, at af disse fire prøver er to fra de kvartære reservoirer, en fra øvre del af Grønne skifre og den sidste fra øvre del af Balka sandstenen.

Konklusion

Generelt må det konkluderes, at det på nuværende tidspunkt er særdeles vanskeligt at beregne blot nogenlunde præcise aldre (f.eks. ± 5 år) for grundvandet i de prøvetagne borer. Dog giver de udførte analyser vigtig information, idet de viser, at med undtagelse af de nedre prøver fra boring 247.265 og 248.53, er de øvrige analyserede grundvandsprøver helt eller delvist påvirket af ungt vand. De pågældende grundvandsreservoirer er derfor potentielt sårbare for forurening.

Litteratur

Gravesen, P., 1996: Bornholm. Geologisk set. En beskrivelse af områder af national geologisk interesse. Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, Geografforlaget.

Jensen, T. Feldthusen; Hinsby, K., & Clausen, E., 2002: Bornholms Amt – Udførelse af geofysiske borehulslogs i DGU nr. 246.75F, 247.306, 247.322, 247.323, 247.455, 247.460, 247.604, 247.98, 248.39 og 248.40. GEUS rapport 2002/94.

Keys, W. Scott., 1997: A Practical Guide to Borehole Geophysics in Environmental Investigations. CRC Press.

Klitten, K. & Larsen, F., 1998: GRUMO område Smålyngen, 40.01. Bornholms Amtskommune. Geofysisk logging af overvågningsboringer. GEUS rapport 1998/126.

Morthorst, J. & Clausen, E., 2000: Bornholms Amt – Udførelse af geofysiske borehulslogs i 11 boringer for Bornholms Vandforsyning: DGU nr. 244.442, 244.460, 244.544, 244.565, 244.568, 244.571 samt 246.531, 246.566, 246.690, 246.729 og 246.760. GEUS notat nr.: 06VA/2000-07.

Morthorst, J. & Clausen, E., 2001: Bornholms Amt – Udførelse af geofysiske borehulslogs i DGU nr. 244.462, 244.487, 244.492, 244.550, 244.552, 244.553, 244.583, 244.584, 246.614 og 246.779. GEUS rapport 2001/63.

Morthorst, J. & Clausen, E., 2001: Bornholm, Lobbæk Vandværk – Udførelse af geofysiske borehulslogs i boring DGU nr. 246.613. GEUS rapport 2001/64.

Pedersen, G. K., & Klitten, K., 1990: Anvendelse af gamma-logs ved korrelation af marine skifre i vandforsyningsboringer på Bornholm. Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1987-89, 1990.

Solomon, D.K. & Cook, P.G., 1999: ^3H and ^3He . I Cook, D.G. and Herczeg, A.L.: "Environmental tracers in Subsurface Hydrology", Kluwer Academic Publ., Boston, 1999.

Sørensen, T., 1978: Geofysiske borehuls-logs i Nedre Kambrium på Bornholm. Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1977, 1-3.

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 244. 557

Borested : Kølleregård, Vang 10, Vang Vandværk kildeplads
3790 Hasle

Kommune : Hasle
Amt : Bornholm

Boringsdato : 19/5 1993

Boringsdybde : 27,5 meter

Terrænkote : 83,14 meter o. DNN

Brøndbore : Højfeldt, Herning

MOB-nr : 21469

BB-journr :

BB-bornr :

Prøver

- modtaget : 6/6 1994 antal : 10

- beskrevet : 18/12 1995 af : AGR

- antal gemt :

Formål : Vandværksboring

Anvendelse : Vandværksboring

Boremethode : Lufthæve

Kortblad :

UTM-zone : 33

UTM-koord. : 483996, 6122513

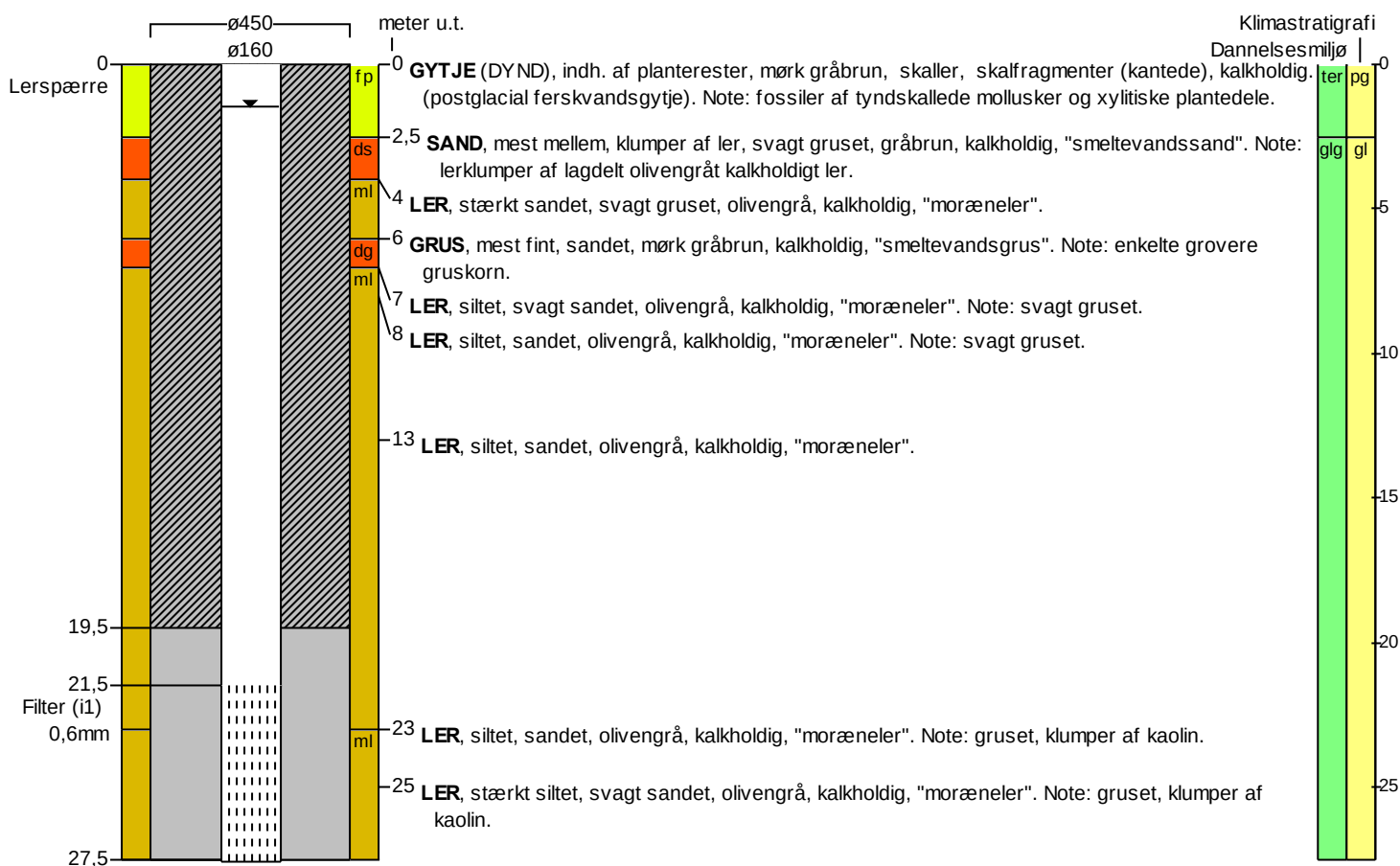
Datum : ED50

Koordinatkilde : Amt

Koordinatmetode : GPS

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	1,46 meter u.t.	24/8 1999			

Notater : vedr. prøvepumpning se orig. arkiv



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

meter u.t.

0 - 2,5 terrigen - postglacial
2,5 - 27,5 glacigen - glacial

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 244. 558

Borested : Hyldegårdsvej 1a, Rutsker, Vang Vandværk
3790 Hasle
'Hyldegårdsboring'

Kommune : Hasle
Amt : Bornholm

Boringsdato : 13/5 1993

Boringsdybde : 29,5 meter

Terrænkote : 77,14 meter o. DNN

Brøndborer : Højfeldt, Herning
MOB-nr : 21468
BB-journr :
BB-bornr :

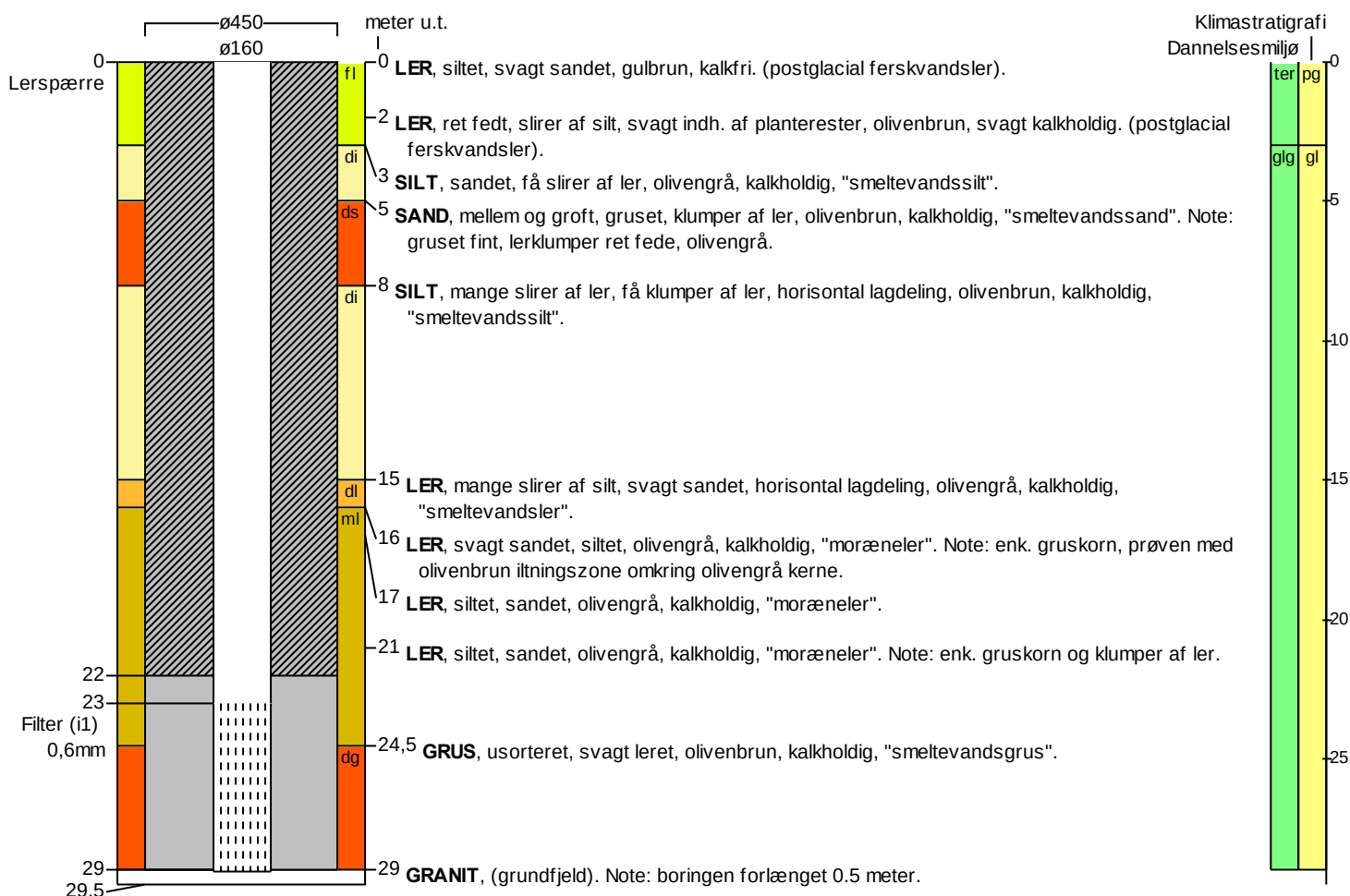
Prøver
- **modtaget** : 6/6 1994 **antal** : 10
- **beskrevet** : 20/12 1995 **af** : AGR
- **antal gemt** :

Formål : Vandværksboring
Anvendelse : Vandværksboring
Boremethode : Lufthæve

Kortblad :
UTM-zone : 33
UTM-koord. : 484270, 6120525

Datum : ED50
Koordinatkilde : Amt
Koordinatmethode : GPS

Indtag 1	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
(seneste)	ikke indtastet	24/8 1999			



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

meter u.t.

0 - 3 terrigen - postglacial
3 - 29 glacigen - glacial

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 246. 795

Borested : Lobbæk Vandværk
3720 Aakirkeby

Kommune : Aakirkeby
Amt : Bornholm

Boringsdato : 12/7 2001

Boringsdybde : 109 meter

Terrænkote : 52,8 meter o. DNN

Brøndbore : GEO, Bjarne Christiansen, Roskilde

MOB-nr : 32324

BB-journr : 21156-B1

BB-bornr : B1

Prøver

- **modtaget** : 5/2 2002 **antal** : 21

- **beskrevet** : 22/3 2002 **af** : AGR

- **antal gemt** : 22

Formål : Vandværksboring

Anvendelse :

Boremethode : Pneumatisk/DTH/odex

Kortblad :

UTM-zone : 33

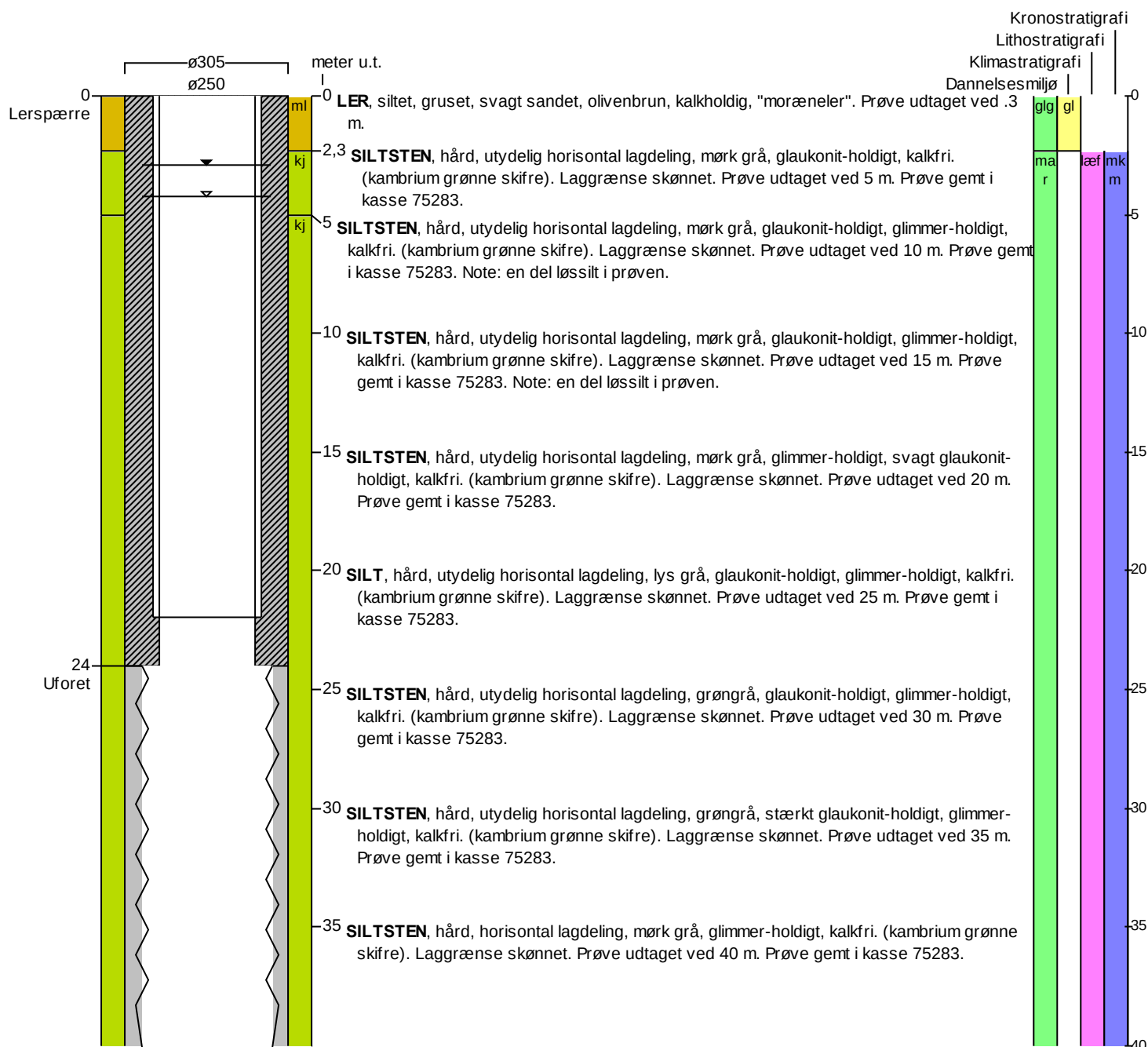
UTM-koord. : 490396, 6102202

Datum : ED50

Koordinatkilde : Amt

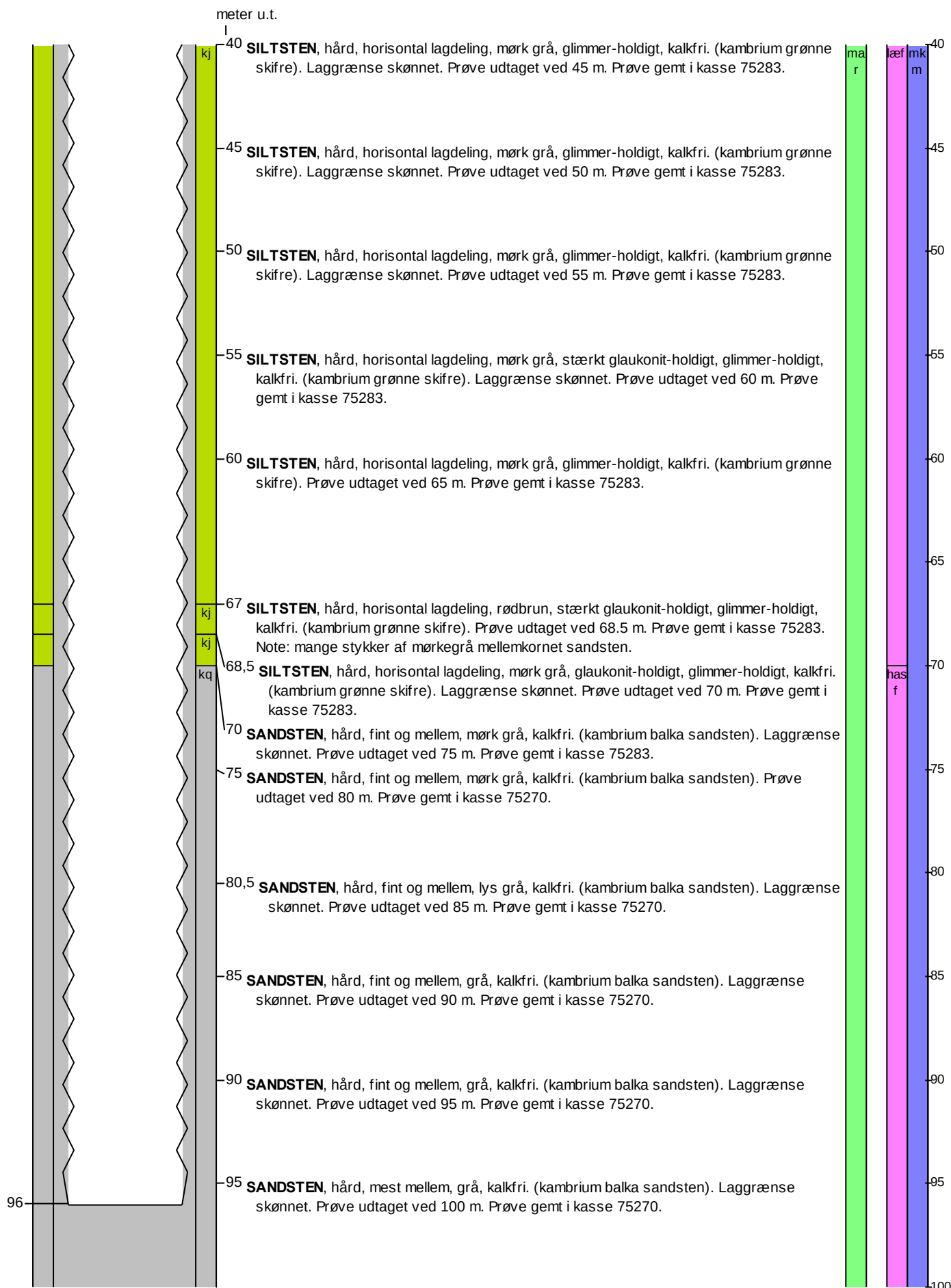
Koordinatmetode : GPS

Indtag 1	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
(seneste)	2,9 meter u.t.	1/12 2004			
(første)	4,26 meter u.t.	1/1 2004			



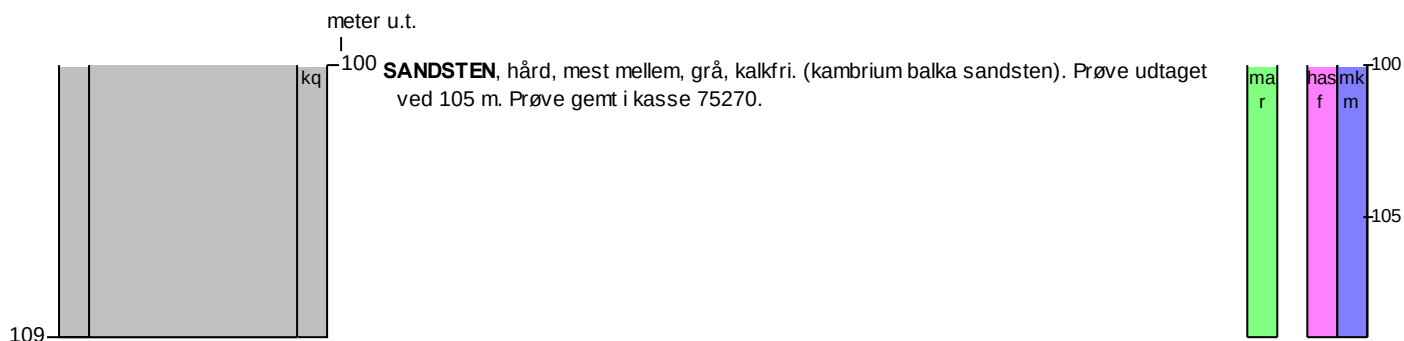
BORERAPPORT

DGU arkivnr : 246. 795



BORERAPPORT

DGU arkivnr : 246. 795



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

meter u.t.

0	-	2,3	glacigen - glacial
2,3	-	70	marin - mellem kambrium (læså formation/broens odde led)
70	-	109	marin - mellem kambrium (hardeberga sandsten formation)

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 246. 796
Borested : Lobbæk Vandværk
3720 Aakirkeby

Kommune : Aakirkeby
Amt : Bornholm

Boringsdato : 1/8 2001

Boringsdybde : 103,6 meter

Terrænkote : 50,7 meter o. DNN

Brøndbore : GEO, Bjarne Christiansen, Roskilde

MOB-nr :

BB-journr : 21156-B2

BB-bornr : B2

Prøver
- modtaget : 5/2 2002 **antal** : 26

- beskrevet : 22/3 2002 **af** : AGR

- antal gemt : 22

Formål : Vandværksboring

Anvendelse :

Boremetode : Pneumatisk/DTH/odex

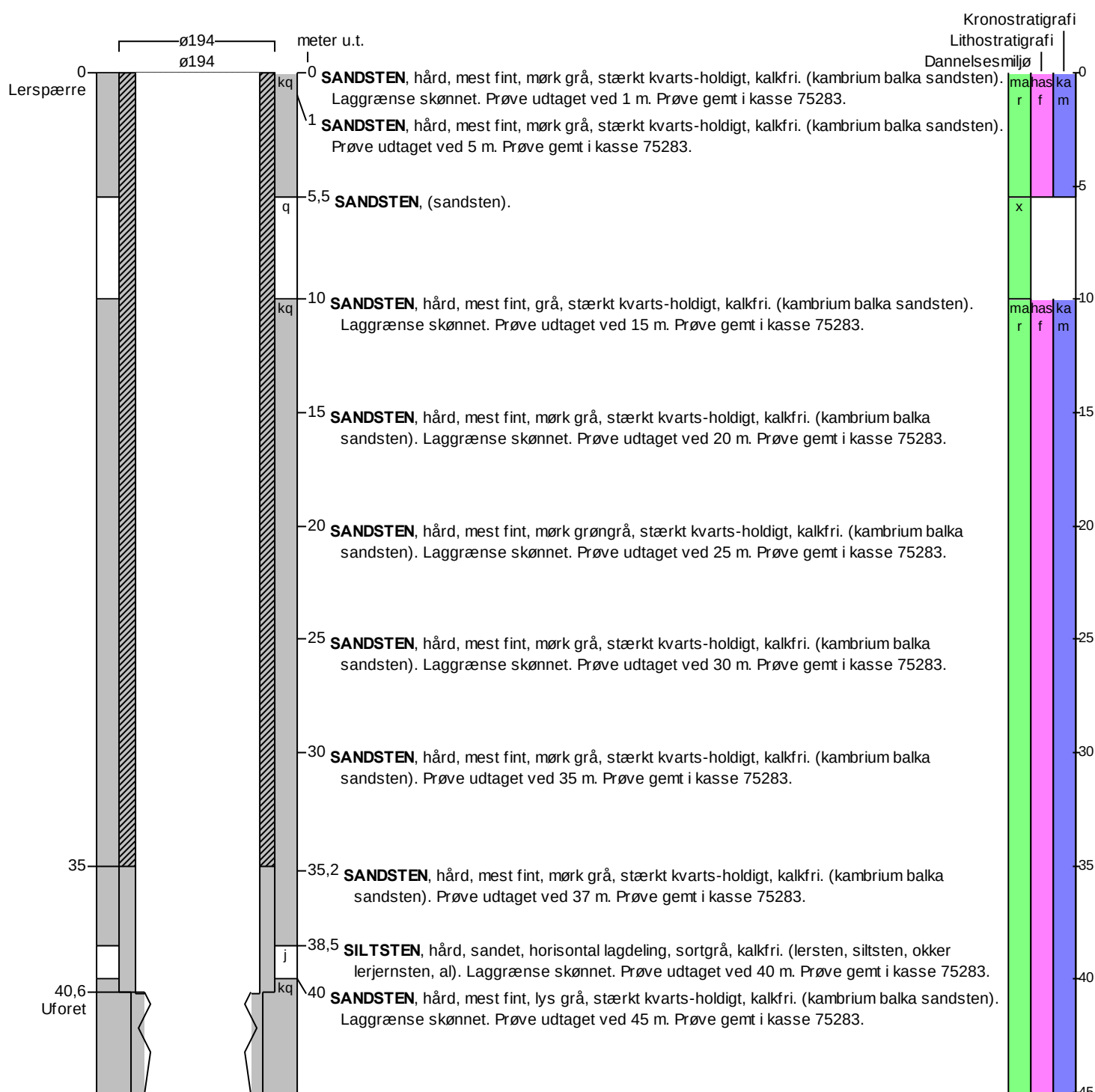
Kortblad :

UTM-zone : 33

UTM-koord. : 491193, 6101495

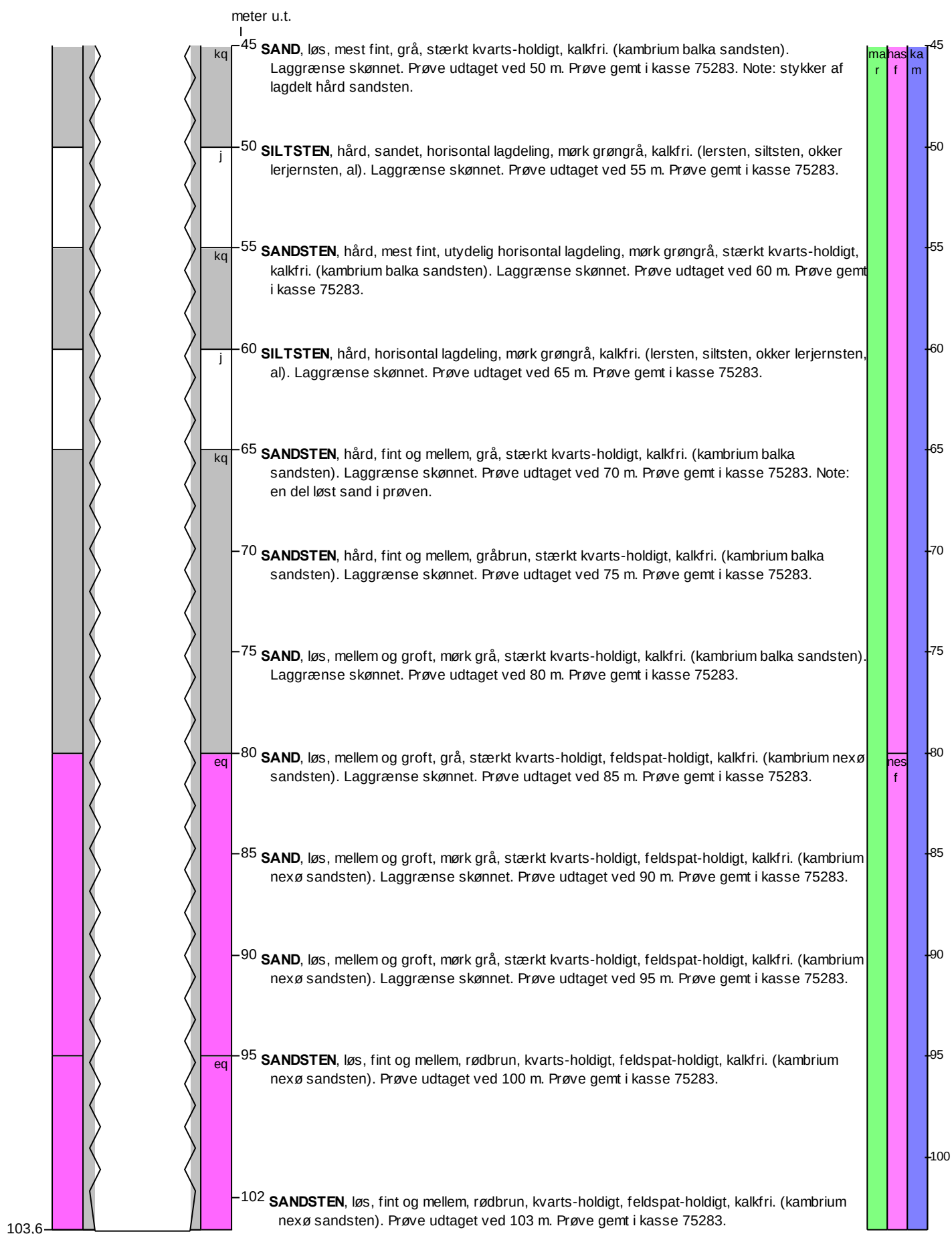
Datum : ED50

Koordinatkilde : Amt

Koordinatmetode : GPS


BORERAPPORT

DGU arkivnr : 246. 796



BORERAPPORT

DGU arkivnr : 246. 796

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

meter u.t.

0	-	5,5	marin - kambrium (hardeberga sandsten formation)
5,5	-	10	mangler
10	-	80	marin - kambrium (hardeberga sandsten formation)
80	-	103,6	marin - kambrium (nexø sandsten formation)

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 247. 265

Borested : POULSKER SNOGEBÆK VANDVÆRK
3730 Neksø

Kommune : Nexø
Amt : Bornholm

Boringsdato : 1/5 1969

Boringsdybde : 50 meter

Terrænkote : 11 meter o. DNN

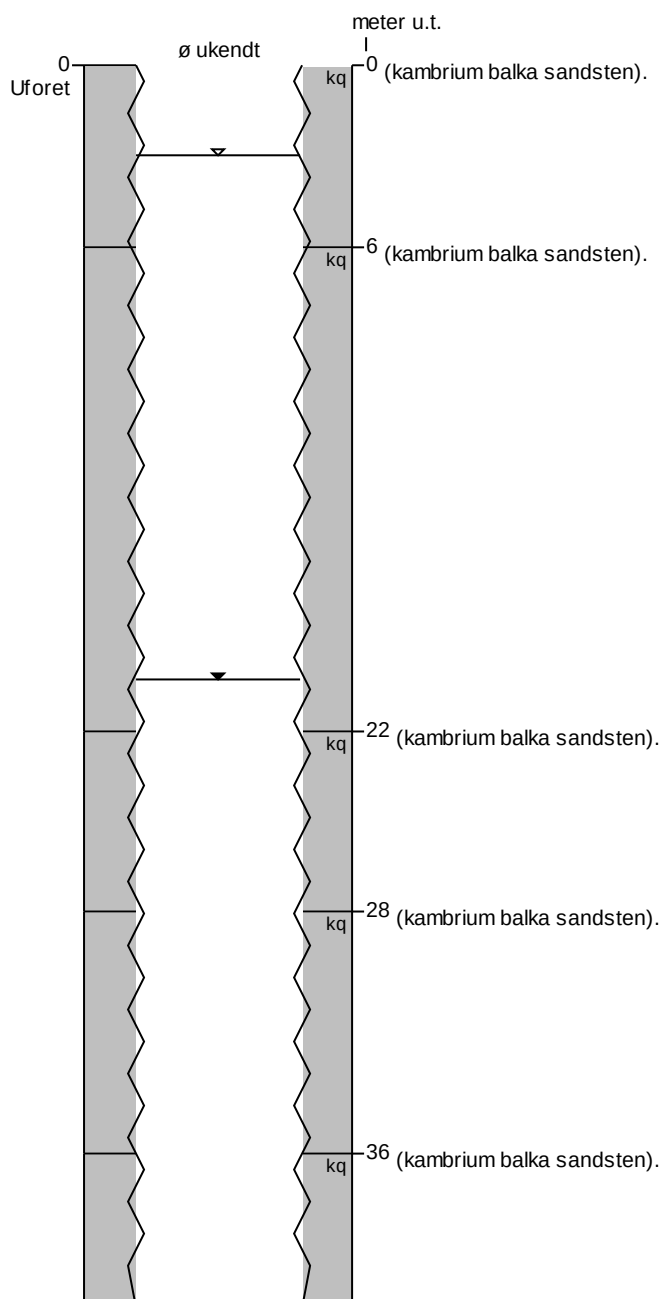
Brøndborer :
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

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

Formål :
Anvendelse :
Boremethode :
Kortblad : 1812IIISØ
UTM-zone : 33
UTM-koord. : 505988, 6097634

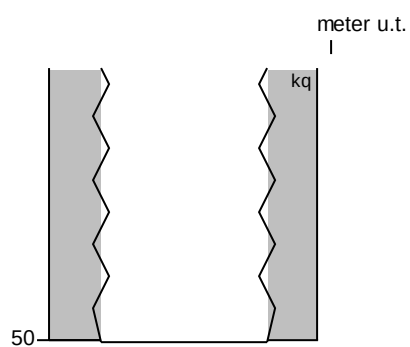
Datum : ED50
Koordinatkilde : Amt
Koordinatmethode : KMS digitale kort

Indtag 1	(seneste) (første)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
		20,3 meter u.t. 3 meter u.t.	12/9 1975 1/5 1969			



BORERAPPORT

DGU arkivnr : 247. 265



BORERAPPORT

DGU arkivnr : 248. 53
Borested : Strandmarksvejen, Poulsker
3730 Nexsø

Kommune : Nexø
Amt : Bornholm

Boringsdato : 2/2 1989

Boringsdybde : 94 meter

Terrænkote : 12,7 meter o. DNN

Brøndborer : Bornholms Brøndboring v/B.O. Phil

MOB-nr : 7413

BB-journr : 399

BB-bornr :

Prøver

- modtaget : 1/7 1994 **antal** : 1

- beskrevet : 6/7 1995 **af** : PG

- antal gemt : 1

Formål : Vandforsyningsboring

Anvendelse : Vandforsyningsboring

Boremetode : Tørboring/slagboring

Kortblad :

UTM-zone : 33

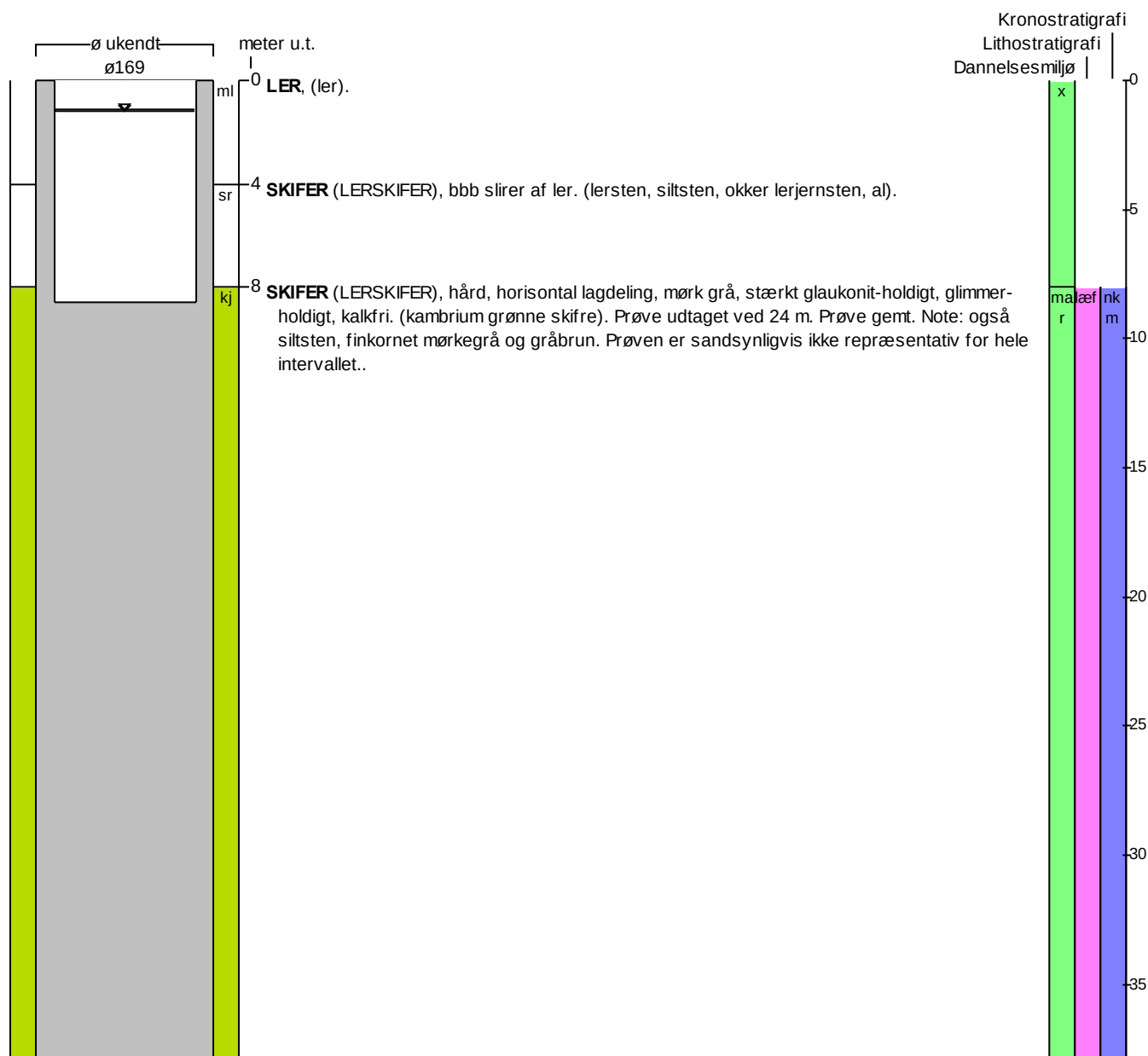
UTM-koord. : 503001, 6095451

Datum : ED50

Koordinatkilde : Amt

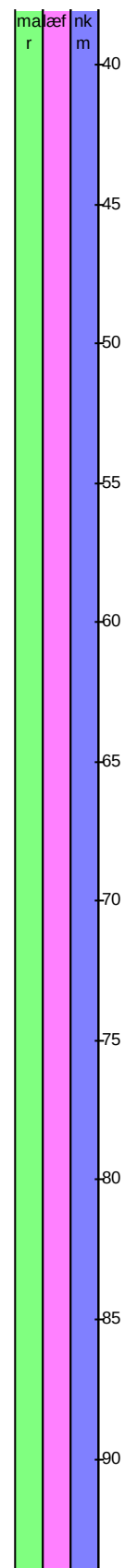
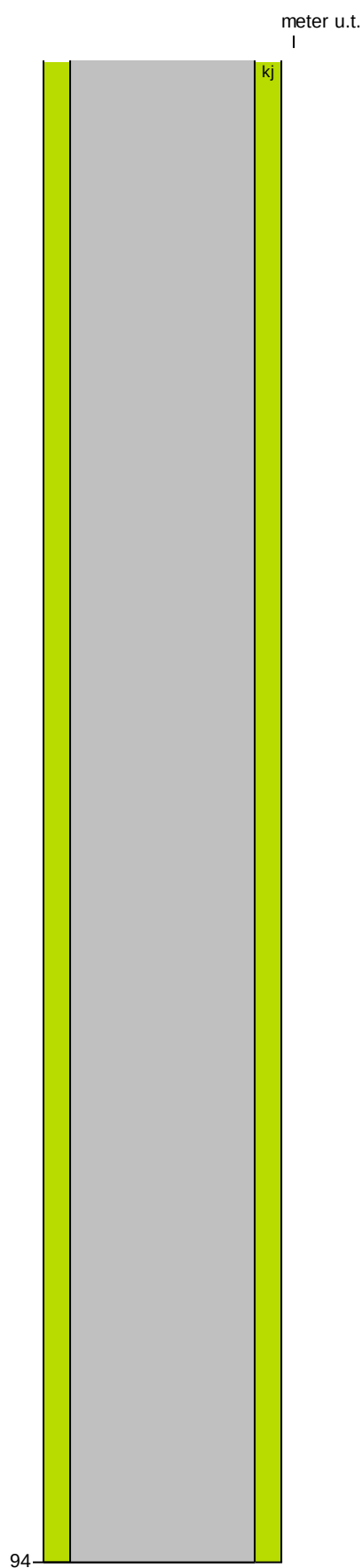
Koordinatmetode : GPS

Indtag 1	(seneste) (første)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse 13,5 m ³ /t	Sænkning 5 meter	Pumpetid 168 time(r)
		1,2 meter u.t. 1,1 meter u.t.	8/12 2004 8/1 2004			

Notater : Vandførende lag mellem 27 og 28 m. Borediam. 142Z


BORERAPPORT

DGU arkivnr : 248. 53



BORERAPPORT

DGU arkivnr : 248. 53

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

meter u.t.

0	-	8	mangler
8	-	94	marin - nedre kambrium (læså formation)

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-01977-01
 Side 1 af 2
 03.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Udtaget sted:	Vang kildeplads
Prøve ID:	DGU244.557
Årsag:	Ordinær
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	19.08.2004 13:30
Prøve modtaget:	20.08.2004 08:46
Analyse påbegyndt:	20.08.2004
Analyse afsluttet:	03.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Ilt/Feltmåling	0,18	mg/l	Målt i felten	0.4	0,1
#Ledningsevne/Feltmål	85,3	mS/m	Målt i felten	0.5	0,1
#Redoxal/Feltmåling	56	mV	Målt i felten		
#pH, i felten	7,25	-	Målt i felten		
#Vandtemperatur	10,9	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	8,2	-	DS 287	1	
Konduktivitet	84,6	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,008	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,17	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	580	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	150	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	9,0	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	22,4	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	24	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	3,8	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	0,12	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,15	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat	270	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	72	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	100	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	11	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,24	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,026	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	0,33	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	<2	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	1,9	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	1,1	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløggen 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-01977-01
Side 2 af 2
03.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Udtaget sted:
Prøve ID:

Vang kildeplads
DGU244.557

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Nikkel, filtreret	1,2	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	75	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	21	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-01978-01
 Side 1 af 1
 07.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Udtaget sted:	Vang Kildeplads
Prøve ID:	DGU244.558
Årsag:	Andet
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	20.08.2004
Prøve modtaget:	20.08.2004 20:00
Analyse påbegyndt:	21.08.2004
Analyse afsluttet:	07.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	8,3	-	DS 287	1	
Konduktivitet	61,4	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Inddampningsrest,fil	390	mg/l	DS 204	4	10
Calcium	98	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	11	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	16,3	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium, filt. i fel	17	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium, filt. i felt	3,6	mg/l	KD.25	3	0,12
Ammoniak+Ammonium	0,022	mg/l	DS 224	5	0,005
Jern, filtreret	<0,005	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	7	0,005
Mangan, filtreret	0,22	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat,fil	260	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid,filt. i felt	25	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat, filt. i felt	69	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat, filt. i felt	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrit	0,021	mg/l	DS 222	4	0,001
Total Phosphor, opl.	0,025	mg/l	DS 292	3	0,005
Fluorid, filt. i fel	0,40	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Opløst ilt	0,42	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	<2	mg/l	DS 236	2	2
Nikkel, filtreret	1,7	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05
NVOC,ikke-flyg.org.C	1,5	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
#Ionbalance	-	%	Beregning		
Arsen, filtreret	0,81	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	78	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	27	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%:Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02060-01
 Side 1 af 2
 14.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr:	403-V-20-0046
Anlægsnavn:	Lobbæk Vandværk
DGU nr:	DGU.246.795
Prøve ID:	20m u. top
Prøvetager:	Per Jørgensen, Århus Amt
Årsag:	Ordinær
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	24.08.2004 20:00
Prøve modtaget:	26.08.2004 08:34
Analyse påbegyndt:	26.08.2004
Analyse afsluttet:	14.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,4	-	DS 287	1	
Konduktivitet	61,1	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,74	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,007	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	350	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	78	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	22	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	16,1	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	11	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	11	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	1,4	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,056	mg/l	KM 9	5	0,005
Hydrogencarbonat	300	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	25	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	28	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,31	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,016	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	<0,2	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	10	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, udvidet	2,6	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	0,95	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	0,66	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløkken 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02060-01
Side 2 af 2
14.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr: 403-V-20-0046
Anlægsnavn: Lobbæk Vandværk
DGU nr: DGU.246.795
Prøve ID: 20m u. top

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	53	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	330	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02061-01
 Side 1 af 2
 14.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr:	403-V-20-0046
Anlægsnavn:	Lobbæk Vandværk
DGU nr:	DGU.246.795
Prøve ID:	42.57m top
Prøvetager:	Per Jørgensen, Århus Amt
Årsag:	Ordinær
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	24.08.2004 19:30
Prøve modtaget:	26.08.2004 08:36
Analyse påbegyndt:	26.08.2004
Analyse afsluttet:	14.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,5	-	DS 287	1	
Konduktivitet	60,3	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,59	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,007	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	360	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	80	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	20	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	15,9	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	11	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	9,5	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	0,83	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,24	mg/l	KM 9	5	0,005
Hydrogencarbonat	290	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	25	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	27	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,40	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,015	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	<0,2	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	13	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, udvidet	3,2	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	0,98	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	0,61	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløkken 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02061-01
Side 2 af 2
14.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr: 403-V-20-0046
Anlægsnavn: Lobbæk Vandværk
DGU nr: DGU.246.795
Prøve ID: 42.57m top

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Arsen, filtreret	0,089	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	62	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	270	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02044-01
 Side 1 af 2
 08.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr: 403-V-20-0046
Anlægsnavn: Lobbæk Vandværk
DGU nr: DGU.246.796
Prøve ID: 25.0 m
Årsag: Ordinær
Formål: Råvandskontrol
Prøve udtaget: 24.08.2004 14:30
Prøve modtaget: 25.08.2004 09:54
Analyse påbegyndt: 25.08.2004
Analyse afsluttet: 08.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,4	-	DS 287	1	
Konduktivitet	48,8	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,16	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,019	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	300	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	74	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	7,6	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	12,1	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	17	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	3,7	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	0,11	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,99	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat	220	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	23	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	38	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,39	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,10	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	0,21	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	<2	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	1,9	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	1,8	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	1,9	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05
Arsen, filtreret	0,15	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløkken 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02044-01
Side 2 af 2
08.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr: 403-V-20-0046
Anlægsnavn: Lobbæk Vandværk
DGU nr: DGU.246.796
Prøve ID: 25.0 m

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Barium, filtreret	25	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	120	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02045-01
 Side 1 af 2
 08.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr:	403-V-20-0046
Anlægsnavn:	Lobbæk Vandværk
DGU nr:	DGU.246.796
Prøve ID:	D. 49,32 m
Årsag:	Ordinær
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	24.05.2008 13:50
Prøve modtaget:	25.08.2004 09:54
Analyse påbegyndt:	25.08.2004
Analyse afsluttet:	08.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,6	-	DS 287	1	
Konduktivitet	52,8	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,23	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,023	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	320	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	79	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	10	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	13,5	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	17	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	4,7	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	2,9	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,82	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat	260	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	22	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	29	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,64	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,026	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	<0,2	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	2,2	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	2,9	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	1,7	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	3,3	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløggen 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02045-01
Side 2 af 2
08.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af Råvand

Anlægsnr: 403-V-20-0046
Anlægsnavn: Lobbæk Vandværk
DGU nr: DGU.246.796
Prøve ID: D. 49,32 m

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Barium, filtreret	43	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	160	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02062-01
 Side 1 af 2
 14.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Anlægsnr:	405-V-20-24
Anlægsnavn:	Snogebæk V/V
DGU nr:	DGU.247.265
Prøve ID:	28.0m u.MI
Prøvetager:	Kim Jørgensen, Bornholms Amt
Årsag:	Amt kontrol
Formål:	Andet
Prøve udtaget:	26.08.2004 16:15
Prøve modtaget:	27.08.2004 08:30
Analyse påbegyndt:	27.08.2004
Analyse afsluttet:	14.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,9	-	DS 287	1	
Konduktivitet	69,4	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,60	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,11	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	410	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	72	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	20	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	14,8	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	43	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	11	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	3,1	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,21	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat	320	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	43	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	41	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,59	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,077	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	0,24	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	6,7	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	1,8	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	3,4	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	0,94	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløkken 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02062-01
Side 2 af 2
14.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Anlægsnr: 405-V-20-24
Anlægsnavn: Snogebæk V/V
DGU nr: DGU.247.265
Prøve ID: 28.0m u.MI

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	240	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	350	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02063-01
 Side 1 af 2
 14.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Anlægsnr:	405-V-20-24
Anlægsnavn:	Snogebæk V/V
DGU nr:	DGU.247.265
Prøve ID:	42.0m u.MP
Prøvetager:	Per Jørgensen, Århus Amt
Årsag:	Amt kontrol
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	26.08.2004 15:30
Prøve modtaget:	27.08.2004 08:30
Analyse påbegyndt:	27.08.2004
Analyse afsluttet:	14.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,8	-	DS 287	1	
Konduktivitet	77,7	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,56	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	<0,001	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	450	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	78	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	20	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	15,6	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	60	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	10	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	1,6	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,27	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat	380	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	47	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	34	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,97	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,031	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	<0,2	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	7,0	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	1,5	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	2,5	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	1,6	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløkken 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02063-01
Side 2 af 2
14.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Anlægsnr: 405-V-20-24
Anlægsnavn: Snogebæk V/V
DGU nr: DGU.247.265
Prøve ID: 42.0m u.MP

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	190	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	420	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløggen 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02066-01
 Side 1 af 2
 18.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Anlægsnr:	405-V-20-28
Anlægsnavn:	Strandmarkens Vandværk
Prøve ID:	DGU.248.53
Prøvetager:	Per Jørgensen, Århus Amt
Årsag:	Amt kontrol
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	25.08.2004 18:00
Prøve modtaget:	27.08.2004 08:30
Analyse påbegyndt:	27.08.2004
Analyse afsluttet:	18.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,9	-	DS 287	1	
Konduktivitet	76,1	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,45	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,002	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	470	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	95	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	17	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	17,1	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	46	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	7,7	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	1,2	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,24	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat	280	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	26	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	120	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,52	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,028	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	1,2	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	7,6	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	3,2	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	2,2	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	0,66	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløkken 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 AllingeJournal nr.:
V204-02066-01
Side 2 af 2
18.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04**Undersøgelse af råvand****Anlægsnr:** 405-V-20-28
Anlægsnavn: Strandmarkens Vandværk
Prøve ID: DGU.248.53

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Barium, filtreret	43	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1
Bor, filtreret	360	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Der var ingen rekvisition med, den bliver faxet senere i dag d.270804.
Ilt kom ind på en 1 l. red cap flaske. Ilt er lavet på en winkler flaske. Der
var en flaske med.

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Målesikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02065-01
 Side 1 af 2
 14.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Udtaget sted:	Strandm. DGU.248.53
Prøve ID:	35 m u.ter
Prøvetager:	Per Jørgensen, Århus Amt
Årsag:	Amt kontrol
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	25.08.2004 18:00
Prøve modtaget:	27.08.2004 08:30
Analyse påbegyndt:	27.08.2004
Analyse afsluttet:	14.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	7,8	-	DS 287	1	
Konduktivitet	86,6	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,47	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,012	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	580	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	130	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	19	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	22,6	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	36	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	7,6	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	2,9	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,29	mg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	5	0,001
Hydrogencarbonat	280	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	29	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	190	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,48	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,041	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	0,92	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	8,1	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	3,4	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	3,2	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	1,2	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	48	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløggen 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02065-01
Side 2 af 2
14.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Udtaget sted:
Prøve ID:

Strandm. DGU.248.53
35 m u.ter

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Bor, filtreret	260	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
 Skovløkken 4, Tejn
 Natur og Miljø
 3770 Allinge

 Journal nr.:
 V204-02064-01
 Side 1 af 2
 14.09.2004 AV
 Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Udtaget sted:	Strandm. DGU.248.53
Prøve ID:	75+14 m
Prøvetager:	Per Jørgensen, Århus Amt
Årsag:	Amt kontrol
Formål:	Råvandskontrol
Prøve udtaget:	25.08.2004 17:00
Prøve modtaget:	27.08.2004 08:30
Analyse påbegyndt:	27.08.2004
Analyse afsluttet:	14.09.2004

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
<i>Observationer/feltmålinger:</i>					
#Vandtemperatur	-	°C	Målt i felten		
<i>Laboratorieundersøgelser:</i>					
pH	8,2	-	DS 287	1	
Konduktivitet	70,1	mS/m	DS/EN 27888	2	1,0
Ammoniak+Ammonium	0,48	mg/l	DS 224	5	0,005
Nitrit	0,009	mg/l	DS 222	4	0,001
Inddampningsrest	410	mg/l	DS 204	2	10
Calcium	37	mg/l	KD.25	2	0,1
Magnesium	12	mg/l	KD.25	2	0,1
Hårdhed	8,0	°dH	DS 250	4	0,005
Natrium	110	mg/l	KD.25	2	0,2
Kalium	8,5	mg/l	KD.25	3	0,12
Jern	0,25	mg/l	DS 219	3	0,010
Mangan, filtreret	0,065	mg/l	KM 9	5	0,005
Hydrogencarbonat	360	mg/l	DS 253	1	1
Chlorid	22	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Sulfat	47	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Nitrat	<0,5	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	2	0,5
Fluorid	0,89	mg/l	DS/EN ISO 10304-1	9	0,03
Phosphor, total-P	0,015	mg/l	DS 292	3	0,005
Opløst ilt	0,60	mg/l	DS 2206	8	0,2
Aggressiv kuldioxid	<2	mg/l	DS 236	2	2
Ionbalance, boring	2,4	%	Beregning		
NVOC,ikke-flyg.org.C	1,6	mg/l	DS/EN 1484:1997	5	0,1
Nikkel, filtreret	1,8	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	8	0,05
Arsen, filtreret	<0,05	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	0,05
Barium, filtreret	41	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	4	1

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

 Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
 Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

Bornholms Regionskommune
Skovløggen 4, Tejn
Natur og Miljø
3770 Allinge

Journal nr.:
V204-02064-01
Side 2 af 2
14.09.2004 AV
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 71 04

Undersøgelse af råvand

Udtaget sted:
Prøve ID:

Strandm. DGU.248.53
75+14 m

Undersøgelser	Resultat	Enhed	Metode	CV%	DL
Bor, filtreret	750	µg/l	DS/ISO 17294-2/KM.28	10	5

Med venlig hilsen

Laborant Annette Vendel

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

Undersøgelser mærket # er ikke omfattet af akkrediteringen.
Analyserapporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gives undtagen i sin helhed.

DGU-nr. Lokalitet Vandværk anlægsnr.		244.557 Vang Kildepl.	244.558 Vang Kildepl.	246.795 Lobbæk 403-V-20-0046		246.796 Lobbæk 403-V-20-0046		247.265 Snogebæk 405-V-20-24		248.53 Strandmarken 405-V-20-28		
Prøvetagningsdybde		...	...	20 m	42,57 m	25,0 m	49,32 m	28,0 m	42,0 m	14 m	35 m	75 m
Repræsenterer indstrømning		Hele indstr.	Hele indstr.	Over 39,5 m	Under 42,6 m	Over 46,3 m	Under 49,3 m	Over 28 m	Under 42 m	Ved 14-16 m	I ca. 29 m	Under 75 m
Andel af total indstrømning		100%	100%	25%	75%	88%	12%	65%	35%	10%	45%	45%
DANAK Journal nr.		V204-01977-01	V204-01978-01	V204-02060-01	V204-02061-01	V204-02044-01	V204-02045-01	V204-02062-01	V204-02063-01	V204-02066-01	V204-02065-01	V204-02064-01
GEUS Labnr.		040112	040113	040114/040115	040116/040117	040119	040120	040122	040123	040125	Uden labnr.	040126
Prøvetagningsdato		19-08-04	20-08-04	24-08-04	24-08-04	24-08-04	24-08-04	26-08-04	26-08-04	25-08-04	25-08-04	25-08-04
Ilt [mg/l]	Feltmåling	0,20	0,20	0,13	0,10	0,27	0,10	0,21	0,5	0,33	0,20	0,37
Ledningsevne [mS/m]v25°C	Feltmåling	85,6	62,3	60,9	60,2	49,2	53,2	69,3	78,2	77,1	87,6	70,0
Redoxal [mV]	Feltmåling	59	26	55	65	23	18	53	107	90	75	100
pH	Feltmåling	7,26	7,47	7,40	7,39	7,25	7,38	7,48	7,4	7,45	7,30	7,82
Temperatur [°C]	Feltmåling	11,1	10,0	11,7	10,2	11,8	10,4	12,0	10,7	10,4	...	10,8
pH	Laboratorie	8,2	8,3	7,4	7,5	7,4	7,6	7,9	7,8	7,9	7,8	8,2
Konduktivitet [mS/m]v25°C	Laboratorie	84,6	61,4	61,1	60,3	48,8	52,8	69,4	77,7	76,1	86,6	70,1
Ammoniak+Ammonium [mg/l]	Laboratorie	0,008	0,022 ^e	0,74	0,59	0,16	0,23	0,60	0,56	0,45	0,47	0,48
Nitrit ^c [mg/l]	Laboratorie	0,17	0,021	0,007	0,007	0,019	0,023	0,11	0	0,002	0,012	0,009
Inddampningsrest [mg/l]	Laboratorie	580	390 ^d	350	360	300	320	410	450	470	580	410
Calcium [mg/l]	Laboratorie	150	98	78	80	74	79	72	78	95	130	37
Magnesium [mg/l]	Laboratorie	9	11	22	20	7,6	10	20	20	17	19	12
Hårdhed [°dH]	Laboratorie	22,4	16,3	16,1	15,9	12,1	13,5	14,8	15,6	17,1	22,6	8,0
Natrium [mg/l]	Laboratorie	24	17 ^e	11	11	17	17	43	60	46	36	110
Kalium [mg/l]	Laboratorie	3,8	3,6 ^e	11	9,5	3,7	4,7	11	10	7,7	7,6	8,5
Jern [mg/l]	Laboratorie	0,12	0 ^d	1,4	0,83	0,11	2,9	3,1	1,6	1,2	2,9	0,25
Mangan ^d [mg/l]	Laboratorie	0,15	0,22	0,056	0,24	0,99	0,82	0,21	0,27	0,24	0,29	0,065
Hydrogencarbonat [mg/l]	Laboratorie	270	260 ^d	300	290	220	260	320	380	280	280	360
Chlorid [mg/l]	Laboratorie	72	25 ^e	25	25	23	22	43	47	26	29	22
Sulfat [mg/l]	Laboratorie	100	69 ^e	28	27	38	29	41	34	120	190	47
Nitrat [mg/l]	Laboratorie	11	0 ^e	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flourid [mg/l]	Laboratorie	0,24	0,40 ^e	0,31	0,40	0,39	0,64	0,59	0,97	0,52	0,48	0,89
Phosphor, total-P [mg/l]	Laboratorie	0,026	0,025 ^d	0,016	0,015	0,10	0,026	0,077	0,031	0,028	0,041	0,015
Opløst Ilt [mg/l]	Laboratorie	0,33	0,42	0	0	0,21	0	0,24	0	1,2	0,92	0,60
Aggressiv Kuldiioxid [mg/l]	Laboratorie	0	0	10	13	0	2,2	6,7	7,0	7,6	8,1	0
Ionbalance [%]	Beregnet	1,9	...	2,6	3,2	1,9	2,9	1,8	1,5	3,2	3,4	2,4
NVOC [mg/l] ^d	Laboratorie	1,1	1,5 ^e	0,95	0,98	1,8	1,7	3,4	2,5	2,2	3,2	1,6
Nikkel ^d [µg/l]	Laboratorie	1,2	1,7	0,66	0,61	1,9	3,3	0,94	1,6	0,66	1,2	1,8
Arsen ^d [µg/l]	Laboratorie	0	0,81	0	0,089	0,15	0	0	0	0	0	0
Barium ^d [µg/l]	Laboratorie	75	78	53	62	25	43	240	190	43	48	41
Bor ^d [µg/l]	Laboratorie	21	27	330	270	120	160	350	420	360	260	750

0 mg/l betyder en koncentration under detektionsgrænsen.

^d Filtreret

^e Filtreret i felten