

Københavns Amt
Forureningsundersøgelse, Herlev Hovedgade 15 & 17

Borehulslogging og udtagning af vandprøver i
DGU nr. 200.5207, -5210, -5211 og -5212

Kurt Klitten & Erik Clausen



Københavns Amt
Forureningsundersøgelse, Herlev Hovedgade 15 & 17

Borehulslogging og udtagning af vandprøver i
DGU nr. 200.5207, -5210, -5211 og -5212

Kurt Klitten & Erik Clausen

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	2
Introduktion og logging program.....	3
Boringernes udbygning, forsegling og lagfølge.....	3
Gamma-log og lagfølge	5
Flow-log og indstrømningsfordeling	6
Temperatur- og ledningsevne-log før og under pumpning	7
Udtagning af vandprøver – vandkemiske analyse resultater	9
Liste over Log-bilag	14

Introduktion og logging program

GEUS udførte på foranledning af NIRAS v./Birger Blem i dagene 21, 27 og 28 Oktober 2004 borehulslogging i fire nye filtersatte borerer ved Herlev Hovedgade 15-17 i Herlev. Boringerne var etableret i dagene forud af brøndborerfirmaet Ib Glistrup som led i en forureningsundersøgelse for Københavns Amt. Borningsnumrene er DGU 200.5207, -5210, -5211 og -5212, med lokal numrene KB-1, KB-3, KB-4 og KB-5. Der blev yderligere udført en boring DGU 200.5209 (KB-2), men der ønskedes ikke borehulslogging i denne.

Formålet med borehulslogging var primært at bestemme indstrømningsfordelingen i det filtersatte dybdeinterval, og på basis heraf i hver af boringerne at udtage akkumulerede vandprøver i 4 forskellige dybdeniveauer samt en prøve af blandingsvand med henblik på en detaljeret vandkemisk kvalitetsvurdering af grundvandet i forskellige dybder.

Der blev derfor i hver af boringerne udført kombineret ledningsevne- og temperatur-log både uden og med pumpning, samt flow-log uden og med pumpning. I den kombinerede ledningsevne- og temperatur sonde er der også indbygget en detektor for gamma-stråling, så der samtidig måles en gamma-log. I boring KB-4 kunne log-sonden ikke komme mere end ca. 5 m ned i den 9 m lange filtersektion, hvorfor der ikke blev udført logging under pumpning og ej heller udtaget akkumulerede vandprøver, men kun en blandingsvandprøve i lighed med boring KB-2.

For hver boring er der udarbejdet et bilag, hvor de udførte logs er sammenstillet med brøndborerens jordlagsprofil, idet GEUS's beskrivelse af de indsendte boreprøver endnu ikke foreligger. Koncentrationerne for de påviste organiske stoffer i de udtagne vandprøver er ligeledes anført på log-bilaget for den enkelte boring.

Boringernes udbygning, forsegling og lagfølge

KB-1 (DGU 200.5207):

Udført som 8" boring til 30 m dybde. Udbygget med et 125 mm PEHD filter i 20-29 m dybde og adskilt fra et 63 mm filter placeret i dybden 7 m til 8 m. Forseglingen imellem filtre er udført med bentonit, således at der ovenover det øverste filter er forseglet fra 1 til 6 m, og imellem filtrene fra 9 til 19 m.

Borebeskrivelse:

0,1-0,8	Sand
0,8-5,6	Ler, sandet, gruset, stenet, kalkholdig, grå (våd)
5,6-6,9	Silt, sandet og leret (våd)
6,9-7,4	Ler, sandet, gruset, kalkholdig, grå (tør)
7,4-8,1	Sand, siltet, leret, gruset, grå (våd)
8,1-10,2	Ler, sandet, siltet, gruset, grå
10,2-19,7	Sand, fint og mellem, siltet, gråbrun
19,7-27,6	Sand, fint, siltet, gråbrun

27,6-28,7	Sand, fint og mellem, siltet, gruset, stenet, kalkholdig
28,7-30,0	Sand, grov, gruset, stenet, kalkholdig

KB-3 (DGU 200.5210):

Udført som 8" boring til 30 m dybde. Udbygget med et 125 mm PEHD filter fra 20,5 til 29,5 m dybde. Forseglingen er udført med bentonit fra 1 m til 19 m.

Borebeskrivelse:

0-1,1	Grus og sand, leret, gulbrun (fyld?)
1,1-6,9	Ler, sandet, gruset, kalkholdig, grå
6,9-7,4	Ler med sandstriber, grå
7,4-8,2	Sand, svagt leret, gruset, kalkholdigt, grå
8,2-11,6	Silt, stærkt sandet og leret, gruset, kalkholdig
11,6-20,3	Ler, stærkt sandet, siltet, gruset, kalkholdigt
20,3-26,4	Sand, svagt leret, stenet, gruset, kalkholdigt, grå
26,4-27,8	Sand, siltet, grå, enkelte sten
27,8-29,4	Sand, gruset, stenet, kalkholdig, grå

KB-4 (DGU 200.5211):

Udført som 8" boring til 30 m dybde. Udbygget med et 125 mm PEHD filter fra 20,5 til 29,5 m dybde. Forseglingen er udført med bentonit fra 1 m til 19 m.

Borebeskrivelse:

0-1,1	Sand, groft gruset, stenet, brun (fyld?)
1,1-7,3	Ler, sandet, gruset, kalkholdig, lysebrun
7,3-9,8	Silt, sandet, grå
9,8-17,4	Ler, sandet, siltet, gruset, stenet, kalkholdigt, grå
17,4-20,6	Ler, sandet, gruset, stenet, kalkholdigt, grå
20,6-30,0	Sand, svagt siltholdigt, gruset, stenet, kalkholdig, grå

KB-5 (DGU 200.5212):

Udført som 8" boring til 30 m dybde. Udbygget med et 125 mm PEHD filter i 20-29 m dybde og adskilt fra et 63 mm filter placeret i 7,2 m til 9,2 m dybde. Forseglingen imellem filtre er udført med bentonit, således at der ovenover det øverste filter er forseglet fra 1 til 6 m, og imellem filtrene fra 10 til 19 m.

Borebeskrivelse:

0-0,9	Sand, grus, lerblandet (fyld?)
0,9-7,4	Ler, sandet, gruset, stenet, lysebrun, kalkholdig
7,4-7,7	Sand, grovt, gruset, brun (vådt)
7,7-9,2	Silt, sandet, stenet, gruset, grå
9,2-19,8	Ler, sandet, siltet, gruset, kalksten, grå
19,8-28,7	Sand, siltet, gruset, stenet, kalkholdig, grå
28,7-30,0	Kalk

Gamma-log og lagfølge

På en gamma-log vil lerlag normalt have et meget højere strålingsniveau end lag af silt, sand eller grus, som igen normalt har lidt højere strålingsniveau end kalk og kridt. Lokale Bentonit- eller cement forseglinger kan forstyrre muligheden for en verifikation af lagfølgen ud fra gamma-log, idet cement og visse typer Bentonit også bidrager med høj gamma-stråling. I de fire undersøgte borer er der udført forsegling med bentonit over et større dybdeinterval, hvorfor et eventuelt ekstra strålingsbidrag må forventes at være forholdsvis konstant over hele forseglingsintervallet. Dette er forudsætningen for de følgende kommentarer til lagfølgen:

KB-1 (DGU 200.5207):

Gamma-loggen tyder på følgende lagfølge:

1,3-10,2	Overvejende ler
10,2-12,5	Sand
12,5-18,0	Overvejende ler
18,0-19,5	Sand
19,5-22,5	Sand og silt
22,5-23,5	Sand
23,5-25,5	Sand og silt
25,5-29,5	Sand
29,5-30,0	Sand og silt

KB-3 (DGU 200.5210):

Gamma-loggen tyder på følgende lagfølge:

0-8,0	Overvejende ler
8,0-12,5	Silt, leret
12,5-18,5	Silt og sand, leret
18,5-30,0	Sand og silt

KB-4 (DGU 200.5211):

Gamma-loggen tyder på følgende lagfølge:

0-7,2	Overvejende ler
7,2-11,2	Overvejende silt
11,2-19,5	Silt og sand, leret
19,5-25,5	Sand og silt
25,5-?	?

KB-5 (DGU 200.5212):

Gamma-loggen tyder på følgende lagfølge:

0-8,5	Overvejende ler
8,5-10,5	Silt og sand

10,5-14,5	Silt, leret
14,5-19,5	Silt og sand
19,5-20,5	Ler
20,5-28,5	Sand og silt

De tolkede lagfølger er vist på de respektive log-bilag sammen med brøndborerens profiler.

Sammenfattende tyder gamma-logs på stort set samme lagserie i de tre borer KB-3, KB-4 og KB-5, mens KB-1 afviger lidt herfra.

Flow-log og indstrømningsfordeling

Kontinuert propel flow-log blev opmålt i tre af borerne, KB-1, KB-3 og KB-5, med ned-sænkningshastighed af sonden på 5 m/min og med en SQ7 pumpe anbragt i ca. 15 m dybde. Pumpens ydelse under loggingen blev tilpasset i de enkelte borer således at sænkningen af grundvandsspejlet ikke nåede pumpen indenfor den time, som en flow-log kunne vare. Da borerne havde forskelle i specifik kapacitet, anvendtes følgende pumpeydelse: 7,9 m³/t, 6,0 m³/t og 4,0 m³/t. Rovandspejlet inden pumpning stod i KB-1 i ca. 4 m dybde, medens det i de øvrige stod i ca. 7 m dybde under terræn.

De ubehandlede flow-log tællel (rotationer per minut = rpm) ses på log-bilaget som "Flow Q=aktuel ydelse m³/t". På samme log-søjle er til sammenligning vist den opmålte flowlog uden pumpning, "Flow Q=0", som giver basis-tællel for sondehastighed 5 m/min. i den aktuelle boring (vist som en lodret linie på søjlen med "Flow Q=0"). I alle borer ses tællel under pumpning at være større nederst i filteret end uden pumpning, hvilket viser, at der sker indstrømning straks fra filterets bund. De observerede basis tællel i de tre borer er henholdsvis 39 rpm (KB-1), 45 rpm (KB-3) og 40 rpm (KB-5). Det højere basistællel 45 rpm i KB-3 skyldes muligvis en højere viskositet i borehulsvæsken, eventuelt forårsaget af det højere indhold af Vinylchlorid, som er observeret netop i denne boring.

For at kunne omregne en flowlogs ubehandlede (rå) tællel til akkumuleret indstrømning i procent skal ovennævnte basis tællel i de respektive borer fradrages de rå flowlog tællel. Derefter omregnes de således korrigerede flow-log tællel til akkumuleret indstrømning i procent ved, at alle tællel sættes i procent af det gennemsnitlige korrigerede tællel i blænderet over filteret, hvor det jo vides at tællellene repræsenterer 100 % indstrømning.

Ud fra den akkumulerede procent kurve, "Flow Q=aktuel ydelse m³/t", kan det vurderes hvor der sker lokale indstrømninger, og hvor der sker jævnt fordelt indstrømning eller eventuel slet ingen indstrømning. Resultatet af en sådan tolkning kan summeres som følger i forhold til de 3x3 m lange filter sektioner, som der er installeret i hver af de tre borer:

KB-1: Indstrømningen sker stort set over hele filteret, men med forskellig intensitet, idet 60% ses at indstrømme på den nederste 3 m sektion, 15% på den mellemste 3 m sektion, og 25% på øverste 3 m sektion, hvoraf de 5% indstrømmer helt lokalt øverst i filteret. De to

andre tilsyneladende lokale indstrømninger, i henholdsvis 26 m og 23 m dybde, skyldes ekstra indstrømninger lige efter blænderør ved sektionssamlingerne.

KB-3: I denne boring indstrømmer kun 10% i filterets øverste 3 m sektion. De resterende 90% er omtrent ligelig fordelt mellem de to nederste 3 m sektioner, men indstrømmer ikke jævnt fordelt, idet der ses delstrækninger med meget lille indstrømning (24-25 m og 27-28 m) og andre med betydelig større indstrømning (25-26,5 m og 29-29 m).

KB-5: Her ses der stort set ikke at ske indstrømning i den mellemste 3 m sektion, og i den øverste 3 m sektion sker indstrømningen helt foroven i filteret. I denne sektion ses det ejendommelige, at tælleletal og dermed den gennemstrømmende vandmængde aftager i værdi i dybdeintervallet 23-22 m. Dette er næppe sandsynligt, og de aftagende tælleletal skyldes snarere at sondens nedsænkningshastighed af en eller anden grund har været for lille (<5 m/min) i et kortere tidsrum (10-15 sek). Størstedelen af indstrømningen, 70%, sker således i den nederste filtersektion, hvor de 30% indstrømmer i 26-27 m.

Temperatur- og ledningsevne-log før og under pumpning

Temperatur-logs:

Temperaturen i det stillestående vand før pumpning er i alle fire boringer (inklusive KB-4) generelt højere i blænderøret over filteret, 12,5-14,5 °C, end nede i filteret, hvor temperaturen aftager mod dybden til 12,5-13,2 °C ved bunden i ca. 29 m dybde. Dette er 2-3 °C højere end normalt i boringer i det åbne land både øverst i lagserien og nede i det filtersatte sandlag, og skyldes formodentlig den bymæssige placering af boringerne.

Temperatur-log under pumpning:

I KB-1 er denne log stort set den samme som før pumpning, d.v.s. svagt stigende i filteret fra 13,1 ved bund til 13,3 øverst i filteret. Der ses ingen spring i temperaturen som følge af lokale indstrømninger.

I KB-3 ses stort set også samme temperatur forløb som før pumpning, dog er temperaturen lidt lavere (0,2 °C) på det opadstrømmende vand lige over filteret end i stilstandssituationen uden pumpning. Temperaturen ses at stige i små spring fra 13,1 °C ved filterets bund til 13,4 °C øverst i mellemste filtersektion og uden yderligere stigning i den øverste filtersektion, hvor der jo stort set ikke sker indstrømning.

I KB-5 viser denne log 0,2-0,3 °C højere temperatur i filter sektionen sammenlignet med loggen før pumpning. Dens forløb er usædvanligt ved at vise såvel svage stigninger som svage fald i temperatur om end hele variationen er en generel stigning fra 12,7 °C ved bunden til 13,0 °C lige over filteret.

Sammenfattende er temperaturen på det indstrømmende vand i de 9 m lange filtre i sandlaget fra 20 til 30 m dybde ca. 13,1 til 13,4 °C i de to boringer, KB-1 og KB-3, medens den

er lidt lavere i KB.5, 12,7-13,0 °C. Der er således tale om, at temperaturen i de fire boreriger er 2-3 °C varmere end i tilsvarende dybde i boreriger udenfor byområder.

Ledningsevne-logs:

Ledningsevne-loggen i det stillestående vand før pumpning (måles kombineret med temperatur-log):

I tre af de fire boreriger (KB-5 undtaget) ses samme generelle forløb, nemlig en konstant og lavere ledningsevne i den øvre del af blænderet sammenlignet med ledningsevnen i filtersektionen. Dette forløb kunne tyde på, at vandet i den øvre del af blænderet er skyllevand fra borearbejdet, som har stået ovenover pumpen under renpumpning, og derfor stadig findes i borerøret. Vandet i filtersektionen er derimod formationsvand fra de filtersatte sandlag lige over kalken. Ledningsevnen i vandet i filtersektionen i KB-5 er væsentlig lavere end i de øvrige tre: nemlig ca. 75 mS/m mod ca. 165 mS/m i KB-1, ca. 140 mS/m i KB-3, og ca. 150 mS/m i KB-4. Dette kunne umiddelbart tolkes som at KB-5 stadig har boreskyllevand stående i filteret. Imidlertid viser ledningsevneloggen i KB-5 under pumpning samme lave ledningsevne, 75 mS/m i det indstrømmende formationsvand, hvorfor det også ved ledningsevneloggen før pumpning må være formationsvand fra renpumpningen, der står i filtersektionen.

Ledningsevne-logs under pumpning:

For KB-1 er det bemærkelsesværdigt, at selv om der sker indstrømning over næsten hele filteret, så er der næsten ingen forskelle i ledningsevnen i det indstrømmende vand. Således ses ledningsevnen at være ca. 167 mS/m i hele filtersektionen med undtagelse af de nederste par meter, hvor den er kun ca. 4 mS/m større. Til sammenligning blev ledningsevnen bestemt til 205 mS/m v. 25 °C på blandingsvandprøven svarende til 153 mS/m v. 13°C.

I KB-3 ses der derimod tydelige forskelle, idet ledningsevnen falder trinvist fra 155 mS/m nederst i filteret til 140 mS/m ca. 1 m under top filter. Her indstrømmer der vand, som igen sætter ledningsevnen op til 155 mS/m, der imidlertid igen "fortyndes" og ender med at være 150 mS/m. Til sammenligning blev ledningsevnen bestemt til 169 mS/m v. 25 °C på blandingsvandprøven svarende til 126 mS/m v. 13°C.

I KB-5 falder ledningsevnen fra at være ca. 110 mS/m i 28 m dybde (1 m over bund af filter) til allerede i 26 m at være 70 mS/m, som så øges ganske lidt øverst i filteret til 75 mS/m. Til sammenligning blev ledningsevnen bestemt til 95 mS/m v. 25 °C på blandingsvandprøven svarende til 71 mS/m v. 13°C.

I forhold til ledningsevnelogs før pumpning er det således bekræftet at det indstrømmende vand til filteret i KB-5 er væsentlig lavere end ved de to øvrige boreriger KB-1 og KB-3 og også lavere end i KB-4, hvor der ganske vist kun blev målt logs uden pumpning, men hvor blandingsvandsprøven viser 119 mS/m ved 13°C. Endvidere er det værd at bemærke, at der observeres forskelle (om end kun små) i ledningsevnen på det indstrømmende vand i forskellige dele af filtersektionen i de to boreriger; KB-3 og KB-5, men ikke i KB-1.

Udtagning af vandprøver – vandkemiske analyse resultater

I hver af de tre borer KB-1, KB-3 og KB-5, blev der i fire forskellige dybdeniveauer i filteret udtaget akkumulerede vandprøver af det opadstrømmende vand med en MP1 pumpe på laveste ydelse (ca. 200 l/t), idet der samtidig blev pumpet med ydelsen henholdsvis 7,9 m³/t, 6,0 m³/t og 4,0 m³/t med en SQ7-pumpe anbragt i ca. 15 m dybde. Dybderne for udtag af vandprøver blev udvalgt på basis af en fortolkning i felten af flow-log, og er vist på log-bilagene samt anført i **Tabel 1** nedenfor. Her er der også anført, hvor mange procent af den totale ydelse, den enkelte vandprøve ifølge de respektive flow-logs repræsenterer.

I KB-5 blev der endvidere med MP1-pumpen udtaget en vandprøve et par meter over top filter, som således skulle repræsentere blandingsvandet fra filteret. I forbindelse med prøveudtagning med MP1 pumpe anvendtes der slanger af Teflon, idet prøverne skulle analyseres for organiske og klorerede opløsninger. Ved de øvrige borer inklusiv KB-2 og KB-4 blev blandingsvandprøven udtaget af NIRAS med en større hovedpumpe, men GEUS er ikke bekendt med, hvilken type slange der blev anvendt.

Tabel 1: Udtagne prøver, udførte analyser (x) og stofgruppe påvist (+)/ej påvist (-)

	KB-1					KB-3					KB-5					KB-2	KB-4
	Bl.v.	21,0	24,0	26,2	28,0	Bl.v.	22,0	24,0	26,8	28,5	Bl.v.	20,0	23,0	26,0	28,0	Bl.v.	Bl.v.
Udtaget prøve:																	
% af tot. ydelse	100	95	70	60	25	100	95	90	50	25	100	95	85	60	5	100	100
Analyse type:																	
Bor.kontrol	x					x					x					x	x
Chlor.opl. i vand	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)
Alkyl. Tot.kulbr.	x(-)					x(-)					x(+)					x(+)	x(-)
Pentan eks.he.	x(+)					x(-)					x(-)					x(-)	x(-)
Chlor. Nedbryd.	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x(+)	x((+))

Af tabel 1 fremgår, at de udtagne blandingsvandprøver er blevet analyseret for "Boringskontrol parametrene", og for fire grupper af organiske forbindelser: Klorerede opløsninger i vand (5 stoffer), Alkyl. sporstoffer inklusiv total kulbrinter (6 stoffer), Pentan-ekstraherbare i vand (4 stoffer eller grupper), samt Klorerede nedbrydningsprodukter (4 stoffer).

De akkumulerede prøver udtaget fra forskellige dybdeniveauer i tre af borerne, KB-1, KB-3 og KB-5, er kun blevet analyseret for Klorerede opløsninger i vand, samt for Klorerede nedbrydningsprodukter. Disse to grupper af stoffer er som det ses i tabellen påvist i alle prøver.

De to andre grupper af stoffer, Alkyl. sporstoffer og Pentan-ekstraherbare er der ikke blevet analyseret for i de akkumulerede prøver, idet de kun blev påvist i enkelte af borerne og da kun i ringe koncentration: Alkyl. sporstoffer er således påvist i KB-2 (Toluen 0,14 µg/l) og i KB-5 (Toluen 0,12 µg/l), medens Pentan-ekstraherbare stoffer kun er påvist i KB-1 (c6

til nc10: 2 µg/l og Total kulbrinter 26 µg/l). Disse meget små koncentrationer er baggrunden for, at der ikke blev analyseret for disse to stofgrupper på de udtagne akkumulerede prøver i KB-1 og KB-5.

I **Tabel 2** nedenfor er analyseresultaterne for de organiske chlorforbindelser i blandingsvandprøverne sammenstillet med analyseresultaterne fra de akkumulerede prøver. Der er som nævnt ovenfor analyseret for 5 forskellige Chlorerede opløsninger og 4 forskellige Chlorerede nedbrydningsprodukter.

Chlorerede opløsninger

Af de Chlorerede opløsninger optræder Trichlormethan i alle prøver fra alle tre borer, medens Trichlorethylen kun optræder i alle prøver fra KB-1 og lige akkurat måleligt i blandingsvandsprøven fra KB-5. I sidstnævnte boring var dette stof ikke måleligt i de akkumulerede prøver, hvilket viser, at det her kun forekommer i det indstrømmende vand aller øverst i filteret. I KB-1 var koncentrationen af Trichlorethylen ligeledes højest i indstrømningen i den øverste del af filteret.

Af de øvrige tre Chlorerede opløsninger kunne 1.1.1-Trichlormethan og Tetrachlormethan ikke påvises i nogen af prøverne, medens Tetraethylen lige akkurat kunne måles i blandingsvandsprøven i KB-5, men ikke i de akkumulerede prøver fra denne boring. Dette stof må derfor indstrømme øverst i filteret.

Chlorerede nedbrydningsprodukter

To af de fire Chlorerede nedbrydningsprodukter, nemlig Vinylchlorid og cis-1.2-dichlorethylen, er konstateret i alle prøver i alle tre borer. 1.1-dichlorethylen optræder i alle prøver i KB-1 og i KB-3, i sidstnævnte dog ikke i blandingsvandsprøven, hvilket er overraskende og ret usandsynligt i betragtning af at der kun indstrømmer ca. 5 % vand ovenover den øverste akkumulerede prøve. Endelig forekommer trans-1.2-dichlorethylen kun i KB-1, men her til gengæld i alle prøver.

Boringernes indbyrdes forureningsforhold

Sammenlignes analyse resultaterne fra de fem borer, ses der at optræde flere stoffer i KB-1 og i KB-2 end i de andre tre borer, og ligeledes med højere koncentrationer i disse to bortset fra Vinyl klorid, som forekommer med højest koncentration i KB-3. Boringerne KB-4 og KB-5 viser signifikant lavere koncentrationer i de påviste stoffer end de øvrige borer.

Tabel 2: Analyseresultater for Chlor. opløsninger og Chlor. nedbrydningsprodukter

Boringer			Chlorerede opløsn. i vand					Chlorerede nedbrydningsprodukter			
Dybde (m)	% Q	Ind %	Trichlor methan (µg/l)	1.1.1-Trichlor methan (µg/l)	Tetra-chlor-methan (µg/l)	Trichlor ethylen (µg/l)	Tetra chlor ethylen (µg/l)	Vinyl chlorid (µg/l)	1.1-dichlor ethylen (µg/l)	trans-1.2-dichlor ethylen (µg/l)	cis-1.2-dichlor ethylen (µg/l)
KB-1											
Bl.v.	100		3,40	<0,05	<0,05	110,00	<0,05	120	4,9	9,5	2200
		5	-19			889		1336	-48	-38,0	-9200
21	95		4,60	<0,05	<0,05	69,00	<0,05	56	7,7	12,0	2800
		25	11			262		-25	19	37,0	7000
24	70		2,40	<0,05	<0,05	0,17	<0,05	85	3,6	3,2	1300
		10	2,40			-0,07		145	5,4	5,0	1300
26,2	60		2,40	<0,05	<0,05	0,21	<0,05	75	3,3	2,9	1300
		35	2,60			0,13		110	3,4	2,9	1443
28	25		2,10	<0,05	<0,05	0,32	<0,05	26	3,1	2,9	1100
		25	2,10			0,32		26	3,1	2,9	1100
KB-2											
Bl.v.	100		4,5	<0,05	<0,05	2,6	<0,05	49	5,4	13	2800
KB-3											
Bl.v.	100		1,00	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	210	<0,1	<0,1	910
		5	-8,50					2850	-36,0		720
22	95		1,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	71	1,9	<0,1	920
		5	-2,10					71	-1,7		740
24	90		1,70	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	71	2,1	<0,1	930
		40	1,80					66	2,0		880
26,8	50		1,60	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	75	2,2	<0,1	970
		25	1,70					76	2,0		970
28,5	25		1,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	74	2,4	<0,1	970
		25	1,50					74	2,4		970
KB-4											
Bl.v.	100		0,12	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	20	<0,1	<0,1	82
KB-5											
Bl.v.	100		0,09	<0,05	<0,05	0,09	0,15	17	<0,1	<0,1	74
		5	-0,48			1,80	3,00	-2			-2
20	95		0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	18	<0,1	<0,1	78
		10	0,04					1			44
23	85		0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20	<0,1	<0,1	82
		25	0,08					6			15
26	60		0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	26	<0,1	<0,1	110
		55	0,11					23			87
28	5		0,57	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	54	<0,1	<0,1	360
		5	0,57					54			360

Værdier i kursiv og med mørkegrå baggrund er beregnede koncentrationer i indstrømmende vand i dybdeinterval mellem prøveudtagning

Vertikal variation i stofkoncentrationer

Analyseresultaterne sammenholdt med kendskabet til indstrømningsfordelingen, d.v.s. til antal % af den totale ydelse, som den enkelte vandprøve repræsenterer, er anvendt til at beregne koncentrationen (X_{iN}) på det vand, der indstrømmer i dybdeintervallet (iN) imellem

to vandprøver fra dybderne N og N+1. Som eksempel er der nedenfor vist beregningen af Triclorethylen i dybdeintervallerne imellem vandprøverne i KB-1.

Der gælder følgende sammenhæng mellem vandmængde i % (PCT_N og PCT_{N+1}) for 2 efterfølgende vandprøver og deres koncentrationer (C_N og C_{N+1}) samt indstrømmet vandmængde ($PCT_{N+1} - PCT_N$) i dybdeintervallet imellem vandprøverne og koncentrationen (X_{iN}) i den indstrømmede vandmængde: $PCT_{N+1} * C_{N+1} = (PCT_{N+1} - PCT_N) * X_{iN} + PCT_N * C_N$

Fra Triclorethylen værdierne for de nederste to akkumulerede vandprøver i KB-1 fås:

$$60\% * 0,21 = (60\% - 35\%) * X_{i1} + 25\% * 0,32 \text{ hvoraf fås } X_{i1} = 0,13 \mu\text{g/l}$$

Tilsvarende fås for næstnederste og næstøverste vandprøve:

$$70\% * 0,17 = (70\% - 60\%) * X_{i2} + 60\% * 0,21 \text{ hvoraf fås } X_{i2} = -0,07 \mu\text{g/l}$$

Endelig for øverste vandprøve sammenholdt med næstøverste:

$$95\% * 69,0 = (95\% - 70\%) * X_{i3} + 70\% * 0,17 \text{ hvoraf fås } X_{i3} = 262 \mu\text{g/l}$$

Til sidst blandingsvandsprøven sammenholdt med den øverste akkumulerede :

$$100\% * 110,0 = (100\% - 95\%) * X_{i4} + 95\% * 69,0 \text{ hvoraf fås } X_{i4} = 869 \mu\text{g/l}$$

Heraf ses bl.a. det overraskende, at det indstrømmende vand øverst i det filteret i KB-1 indeholder en meget højere koncentration 869 $\mu\text{g/l}$ af Triclorethylen end målt i blandingsvandprøven.

Tilsvarende koncentrations-balance ligninger er opstillet for de andre prøver og koncentrationerne er beregnet således som det fremgår af værdierne vist i kursiv og med mørkegrå baggrundsskygge i tabel 2.

I denne tabel ses der i lighed med ovenstående eksempel flere tilfælde, hvor den beregnede stofkoncentration er negativ. Dette er naturligvis en umulighed, og er blot et udtryk for, at mængden af indstrømmende vand i det pågældende interval ikke er stor nok til at fortynde koncentrationen repræsenteret ved den akkumulerede prøve nedenunder til at kunne ende med den målte koncentration i den akkumulerede eller i blandingsvandprøven ovenover. De negative værdier indikerer derfor usikkerhed på flow-log i de pågældende dybdeintervaller.

Da de negative beregnede stofkoncentrationer i alle tre borer, KB-1, KB-3 og KB-5, udelukkende eller hovedsagelig optræder i intervallet øverst i filteret, kan der også være en anden mulig årsag til de negative værdier: At blandingsvandprøverne hvad angår de organiske stoffer ikke er helt repræsentative og sammenlignelige med de akkumulerede vandprøver. Ved borerne KB-1 og KB-3, hvor de negative værdier for stofkoncentration i indstrømninger ovenover øverste akkumulerede prøve, er mest udtalt, blev blandingsvandprøverne således ikke udtaget med MP1 pumpe og Teflon slange i umiddelbar forlængelse af udtagning af akkumulerede prøver. Her blev de udtaget af NIRAS med den store pumpe og ukendt slangemateriel.

Men selv med disse fejlbehæftede negative stofkoncentrationer øverst i filtrene i KB-1 og KB-3, så giver de beregnede stofkoncentrationer i det indstrømmende vand i dybdeintervallerne imellem de akkumulerede prøver et ret præcist billede af det vertikale variationsmønster i stofkoncentrationerne i det filtersatte sandlag. Det ses således af tabel 2, at dette

mønster er meget forskelligt i de tre borer. Således forekommer alle de påviste stoffer i KB-1 med højeste koncentrationer i den øvre del af filteret, medens det modsatte er tilfældet for KB-5, hvor de påviste stoffer udviser højeste koncentrationer i filterets nedre del.

I KB-3 er variationen mere kompleks, idet Vinylchlorid har højest koncentration øverst i filteret, medens de to påviste typer dichlorethylen har højeste koncentrationer i filterets nedre del. Trichlormethan har her den højeste koncentration i den midterste del af filteret, om end den vertikale variation for dette stof ikke ikke viser de store udsving.

Analyseresultater fra boringskontrol

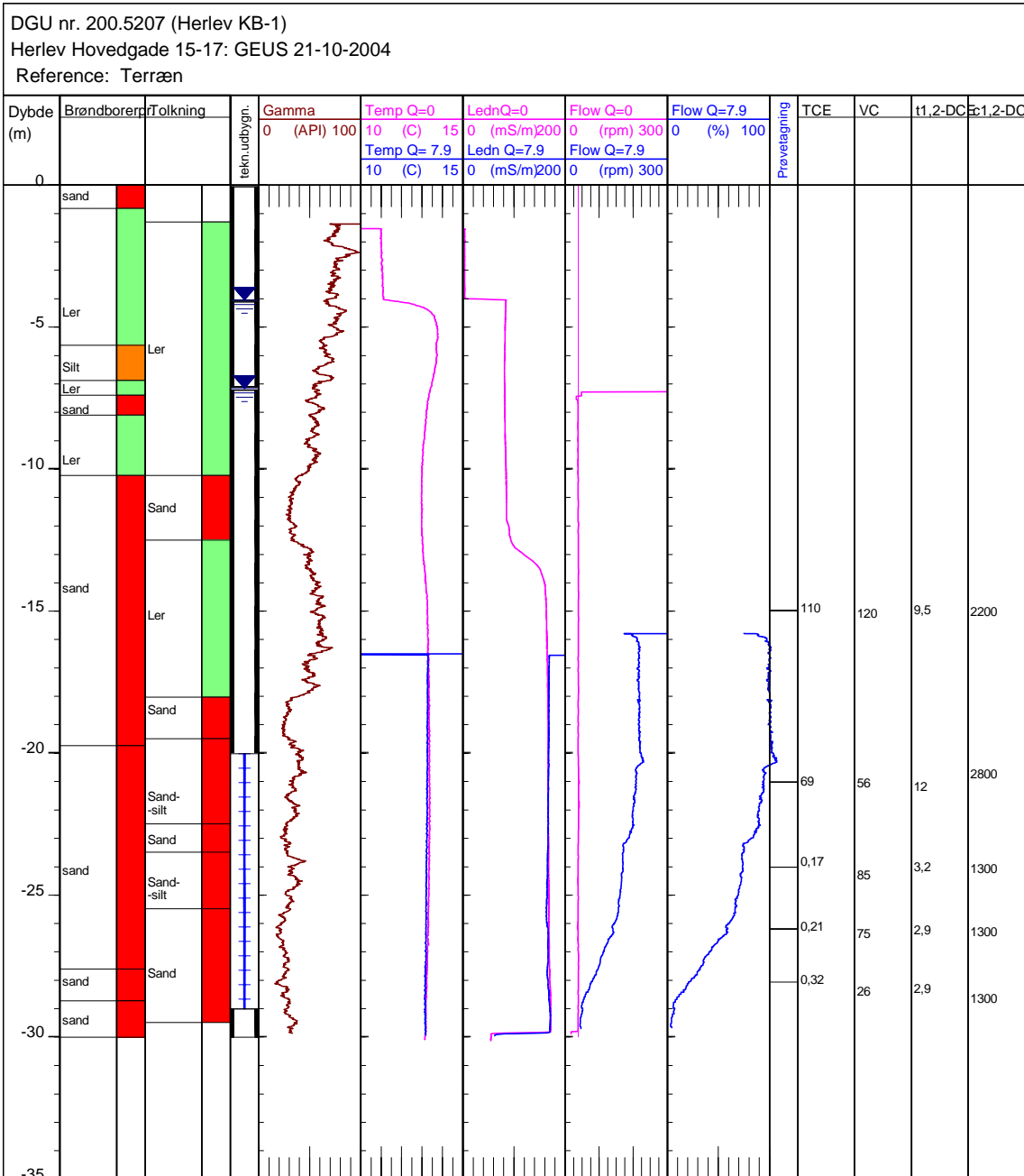
Som nævnt ovenfor blev der i alle borer udtaget blandingsvandprøver til boringskontrol analyser. Resultatet af disse analyser ses i nedenstående **Tabel 3**, hvorfra det fremgår, at vandkvaliteten af grundvandet i det filtersatte sandlag er ret usædvanlig med stærkt forhøjede indhold af Ammonium, Hydrogenkarbonat, Chlorid, Sulfat, Jern, Calcium, Magnesium og Mangan i alle borer, dog med lidt mindre værdier i KB-5. I alle borer overskrides de tilladte grænseværdier for flere af de anførte uorganiske vandkvalitetsparametre.

Tabel 3: Resultater fra boringskontrol analyse (Miljølaboratoriet Glostrup)

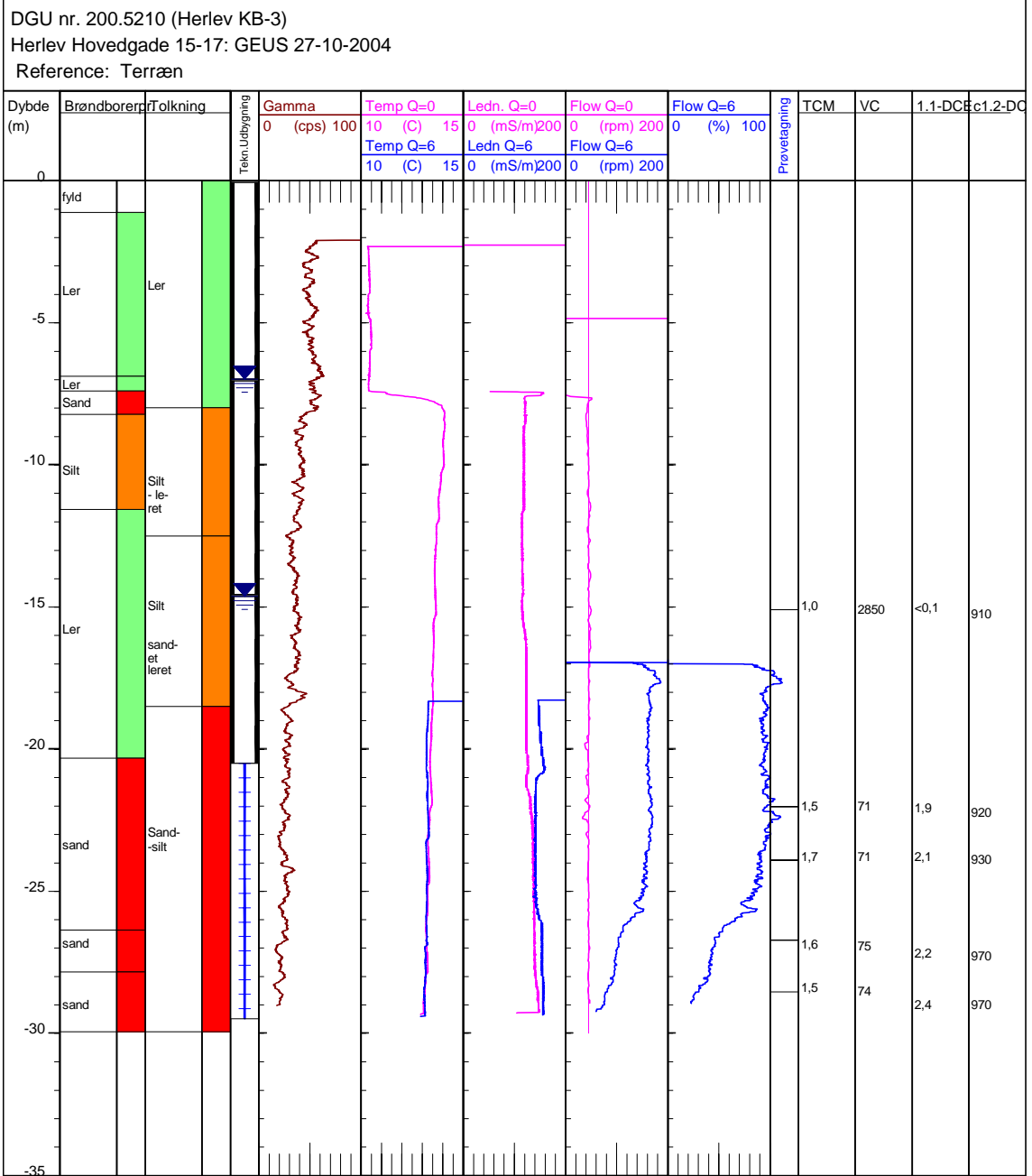
	Enhed	KB-1	KB-2	KB-3	KB-4	KB-5
Analyserapportnr.		20189/04	20406/04	20665/04	20554/04	20824/04
Sulfid	mg/l	0,007	<0.005	0,024	0,028	<0.005
NVOC	mg/l	8,7	9,8	6,4	4,5	3,1
pH	-	6,7	6,6	6,8	6,9	7
Ledningsevne v.25 °C	mS/m	205	266	169	159	95
Beregn. Ledn.ev. v.13 °C	mS/m	153	199	126	119	73
Inddampningsrest	mg/l	1838	2395	1482	1400	694
Ammonium	mg/l	3,2	3,3	1,6	1,0	0,92
Hydrogenkarbonat	mg/l	606	664	537	438	393
Alkalinitet	mmol	9,94	10,9	8,82	7,18	6,45
Chlorid	mg/l	163	384	107	139	47
Sulfat	mg/l	676	748	508	449	159
Nitrat	mg/l	0,08	0,05	<0.01	0,02	0,21
Nitrit	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	0,07	<0.01
Phosphor, total	mg/l	0,06	0,08	0,13	0,14	0,11
Flourid	mg/l	0,33	0,38	0,43	0,31	0,39
Aggressiv kuldioxid	mg CO ₂ /l	<2	<2	<2	<2	<2
Ilt, opløst	mg/l	5,2	3,2	1,7	8,3	0,50
Jern(II)	mg/l	20,3	23,6	11,2	3,69	9,16
Calcium	mg/l	400	486	342	320	157
Jern	mg/l	29	28	21	13	8,5
Kalium	mg/l	7,7	9,6	6,1	4,6	3,4
Magnesium	mg/l	50	62	44	33	16
Mangan	mg/l	0,36	0,34	0,26	0,24	0,14
Natrium	mg/l	55	120	41	29	24
Arsen	µg/l	1,1	2,3	1,2	1,1	1,3
Nikkel	µg/l	1,4	2,5	1,3	2,9	2,0
Methan i vand	mg/l	<0.01	0,24	0,53	0,16	0,17

Liste over Log-bilag

- | | |
|---------|--|
| Bilag 1 | GEUS borehulslogs fra boring KB-1 (DGU nr. 200.5207) |
| Bilag 2 | GEUS borehulslogs fra boring KB-3 (DGU nr. 200.5210) |
| Bilag 3 | GEUS borehulslogs fra boring KB-4 (DGU nr. 200.5211) |
| Bilag 4 | GEUS borehulslogs fra boring KB-5 (DGU nr. 200.5212) |

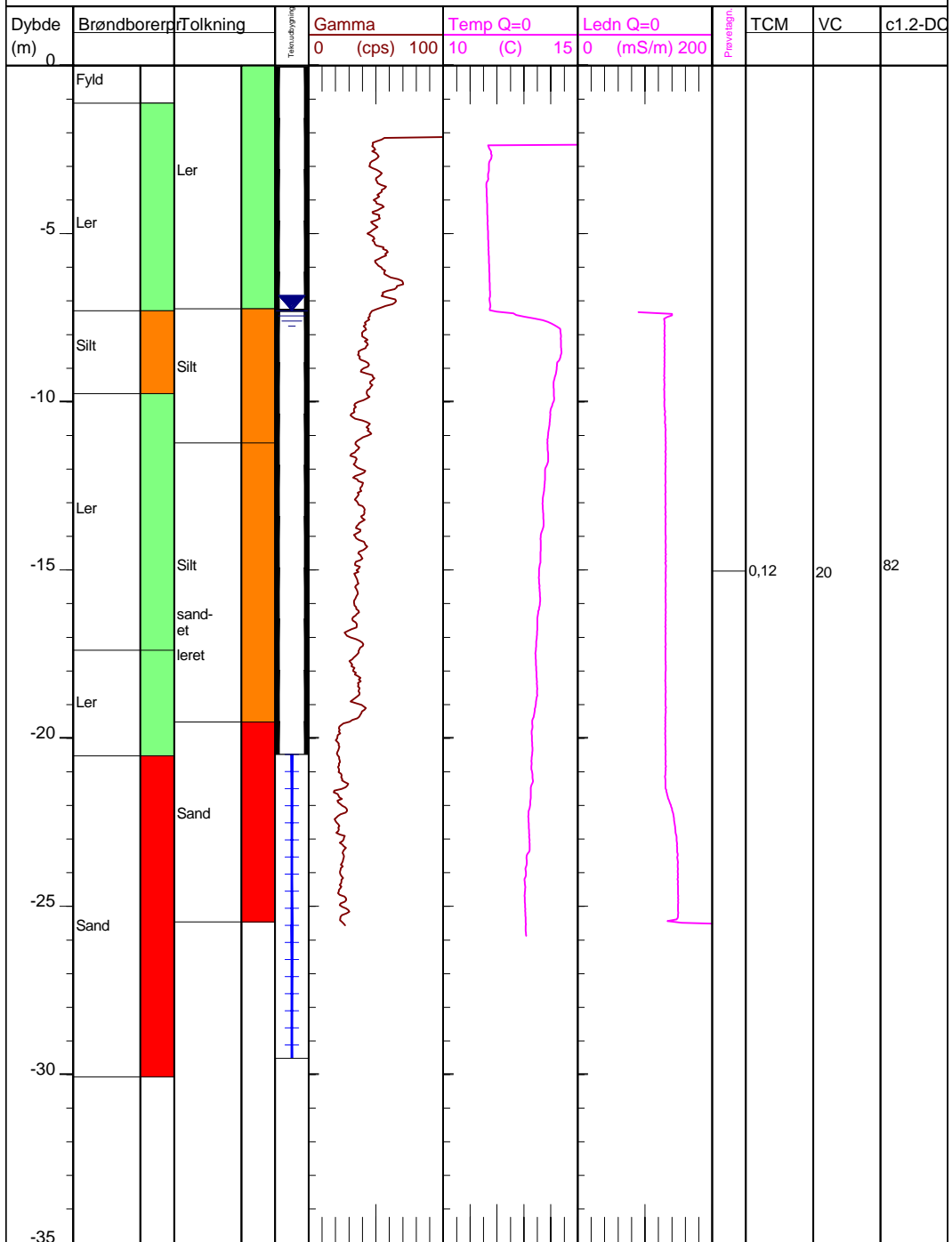


Bilag 1

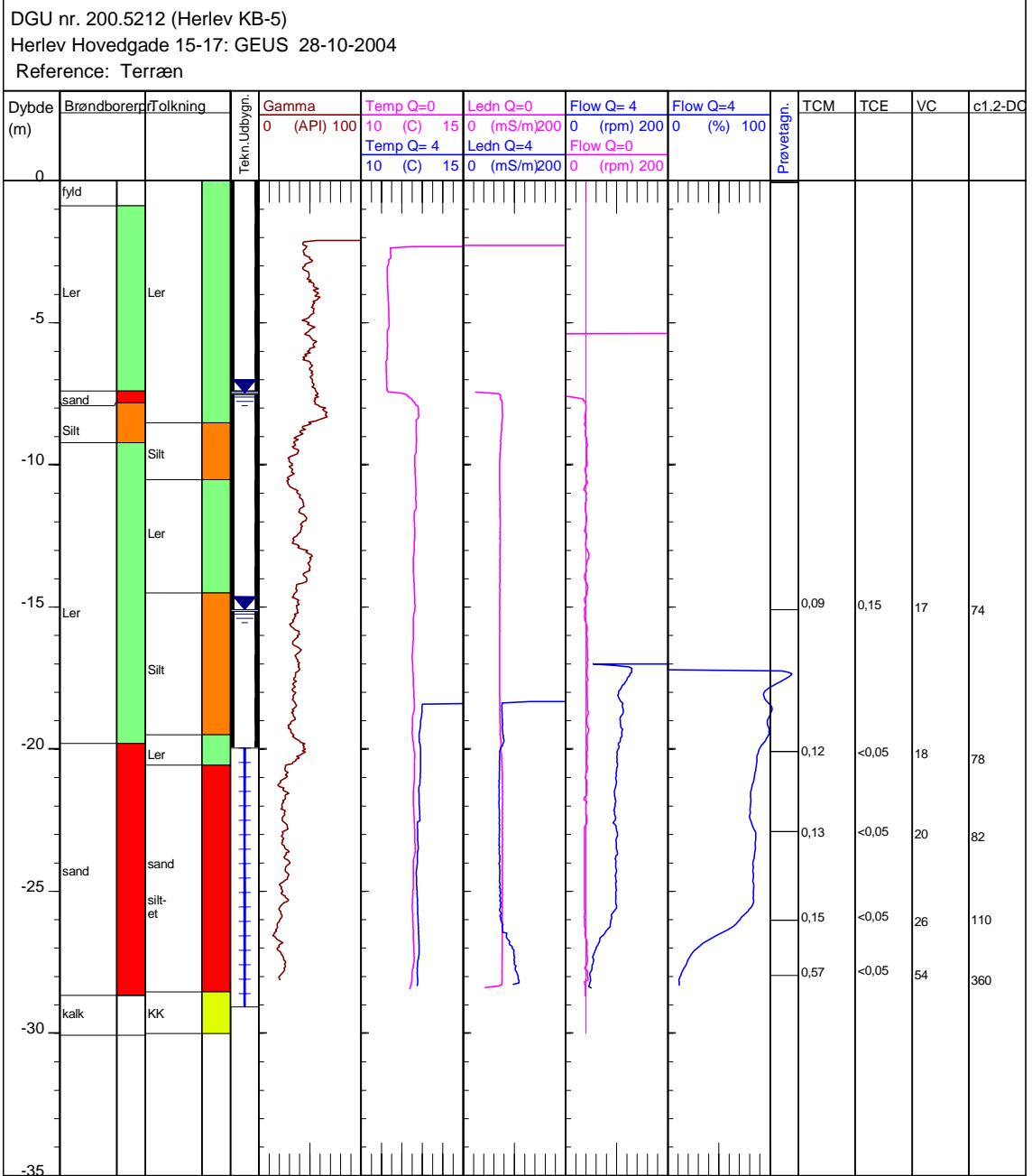


Bilag 2

DGU nr. 200.5211 (Herlev KB-4)
 Herlev Hovedgade 15-17: GEUS 27-10-2004
 Reference: Terræn



Bilag 3



Bilag 4