

Bilag 2
GRUNDEVANDSUNDERSØGELSE I
KOLONIHAVEPARKEN

APRIL 2024
KØBENHAVNS KOMMUNE

GRUNDEVANDS- UNDERSØGELSE I KOLONIHAVEPARKEN

RAPPORT



COWI

APRIL 2024
KØBENHAVNS KOMMUNE

GRUNDEVANDS- UNDERSØGELSE I KOLONIHAVEPARKEN

RAPPORT

PROJEKTNR.

A245717

DOKUMENTNR.

A245717-002

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

08.04.2024

BESKRIVELSE

2. udgave

UDARBEJDET

JDAM, CPSI

KONTROLLERET

JEAL, PSTH

GODKENDT

JDAM

INDHOLD

1	Formål og indledning	7
2	Udførte undersøgelser	10
3	Eksisterende forhold	12
3.1	Geologiske forhold	12
3.2	Hydrogeologiske forhold	18
3.3	Jord- og grundvandskemiske forhold	24
3.4	Arealmæssige forhold	29
3.5	Kapacitet i ledningsnet og overfladevandsressourcer	29
3.6	Funderingsforhold	30
4	Vurderinger	36
4.1	Mulig maksimal ydelse for oppumpning	36
4.2	Vurdering af behov for vandbehandling	42
4.3	Placering af vandbehandling	53
4.4	Økonomi ved etablering og drift	54
5	Konklusion	57
6	Referencer	59

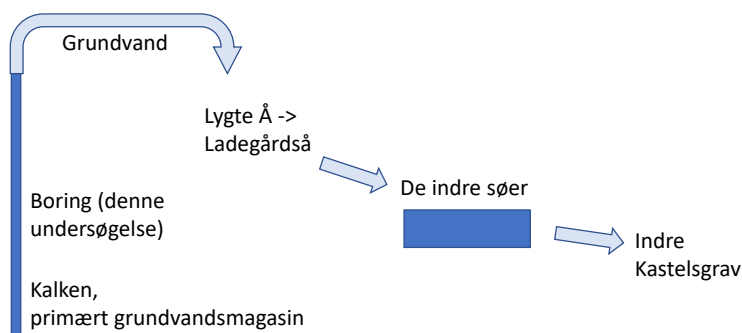
BILAG

Bilag A	Vandanalyser fra søerne
Bilag B	Geoteknisk datarapport
Bilag C	Tolkning af pumpeforsøg

Bilag D Undersøgelse af funderingsforhold

1 Formål og indledning

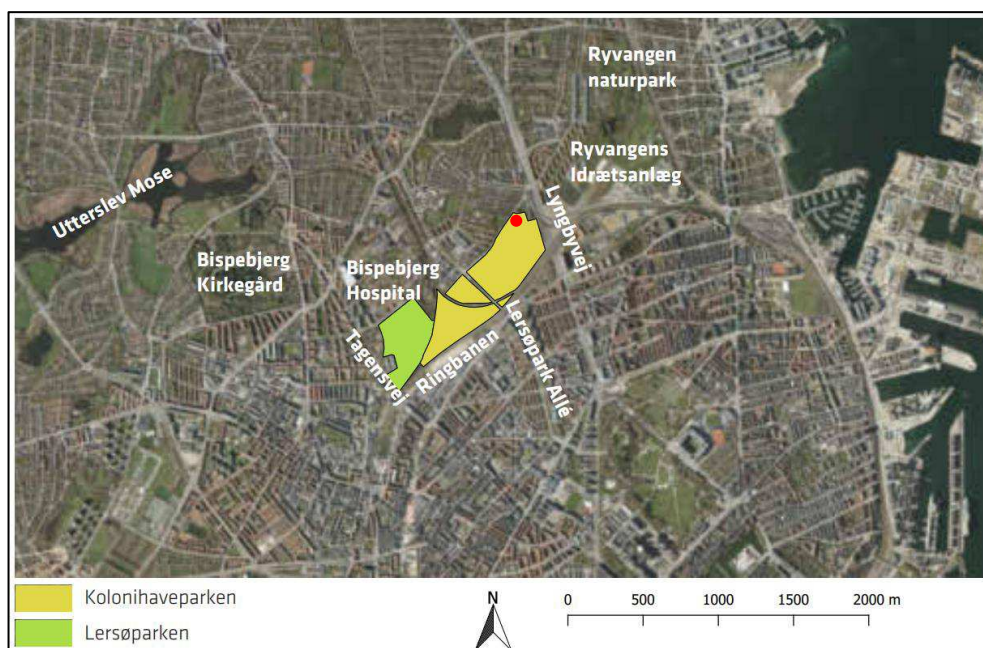
Projektet omfatter en grundvandsundersøgelse i Kolonihaveparken, som ligger langs Strødamvej i den nordlige del af Københavns Kommune. Formålet med undersøgelsen er at afklare, om der kan oppumpes grundvand fra det primære grundvandsmagasiner i området ved Kolonihaveparken, som kan bruges til at forbedre vandniveau og -kvalitet i de indre søer (herefter benævnt DIS) i København. En principskitse er vist i Figur 1-1.



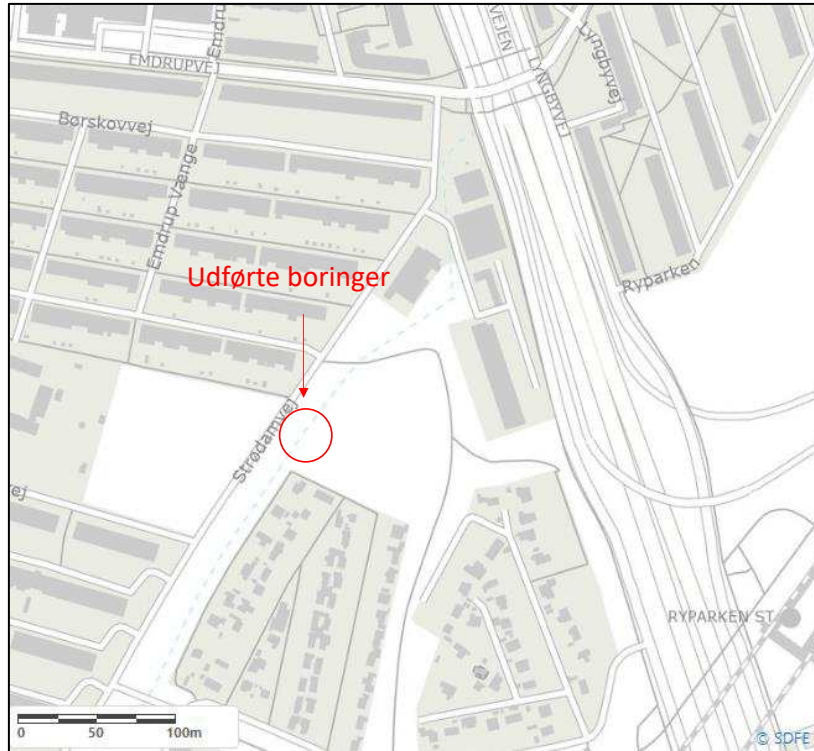
Figur 1-1 Princip i planlagt tilførsel af ekstra vand til de indre søer

Det oppumpede vand grundvand kan ledes til DIS via et eksisterende rørlagt å-system bestående af Lygte Å og Ladegårdså. Fra DIS strømmer vandet via Kastelgraven til Øresund.

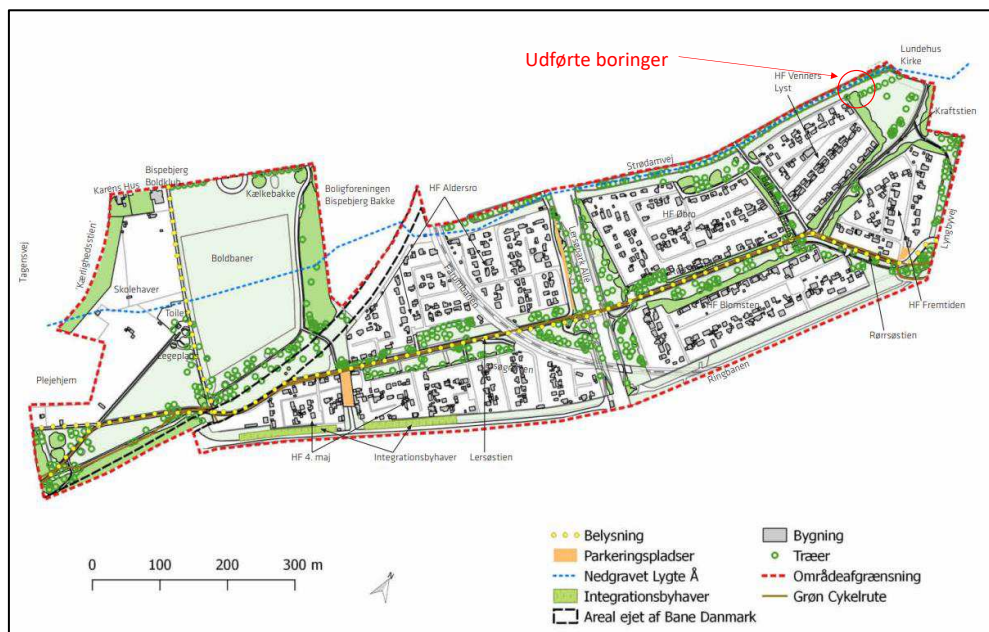
Et oversigtskort over projektområdet er vist i Figur 1-2, mens placeringen af to undersøgelsesboringer, udført i forbindelse med projektet, er vist i Figur 1-3 og Figur 1-4.



Figur 1-2 Projektområdet. Placering af undersøgelsesboringer er vist med rødt, mens fredede arealer er vist med gult og grønt. Baseret på figur fra (Københavns Kommune, 2018).



Figur 1-3 Placering af borer. Fra Danmarks Arealinformation. Lygte Å er vist med blå stiplede linje.



Figur 1-4 Placering af borer i forhold til Lersøparken og Kolonihaveparken. Base-ret på figur fra (Københavns Kommune, 2018)

Baggrunden for projektet er, at DIS i nogle perioder om sommeren har problemer med lavt vandniveau og dårlig vandkvalitet. Ved at tilføre grundvand til

DIS, kan vandniveauet forbedres, ligesom koncentrationen af næringsstoffer og forurening kan reduceres, forudsat at grundvandets kvalitet er tilfredsstillende.

Der er tidligt i dette projekt set på muligheden for at oppumpe grundvand fra den sydlige del af Lersøparken lede dette til DIS. Der blev dog ikke udført egentlige undersøgelser, da Region Hovedstaden vurderede, at oppumpning af grundvand kunne udgøre en risiko for driften af ATES-grundvandsanlægget på Bispebjerg Hospital. Undersøgelserne blev derfor rykket til den nordlige ende af Kolonihaveparken, hvor oppumpning af grundvand ikke vurderes at kunne påvirke ATES-anlægget, men hvor det fortsat er muligt at lede grundvandet til søerne via det eksisterende rørlagte å-system.

Grundvandsundersøgelsen har omfattet følgende aktiviteter:

Indsamling og gennemgang af eksisterende data til vurdering af muligheden for at indvinde grundvand.

- > Etablering af en pumpeboring (PB), der kan anvendes til oppumpning af grundvand. Boringen har dybde på 36,0 m og er filtersat i kalken.
- > Etablering af en monitoringsboring (MB), der kan anvendes i forbindelse med pumpeforsøg. Boringen har dybde på 20,0 m og er filtersat i toppen af kalken.
- > Udførelse af et 4-trins pumpeforsøg samt et længerevarende (3 døgn) pumpeforsøg for fastlæggelse af (1) mulig kapacitet i boringen (2) mulige konsekvenser af oppumpning i form af omfang af sænkning i omgivelserne og endelig (3) vandkvalitet og eventuelt behov for rensning af oppumpet grundvand inden udledning til Lygte Å og DIS.
- > Undersøgelse af funderingsforhold for bygninger indenfor en radius af 180 m fra den udførte pumpboring. Vurdering af risiko for sætningsskader for bygninger pga. længerevarende oppumpning af grundvand.
- > Etablering af to geotekniske boringer (MB-A og MB-B) samt en fundamentfrigravning (MB-C) ved den østvendte gavl af rækkehusene på Emdrup Vænge 201-215.

Formålet med denne rapport er at sammenfatte resultatet af ovennævnte aktiviteter.

2 Udførte undersøgelser

Der er som en del af dette projekt udført følgende undersøgelser:

- > Der er i oktober 2022 udtaget to vandprøver fra Peblinge Sø i København hhv. syd for Dronning Louises Bro og nord for Søpavillonen. Prøverne er analyseret for en lang række naturlige vandkemiske parametre samt forureningskomponenter. Analyseresultater er præsenteret i afsnit 4.2.1 og analyserapporter er vedlagt i Bilag A.
- > Der er i august 2023 udført en monitoringsboring (MB), der er anvendt til vandstandsobservationer i forbindelse med et pumpeforsøg. Placeringen af boringen er vist på figurerne i afsnit 1. Boringen har en dybde på 20 m og er filtersat med Ø63 mm fra ca. 2 til 4 m under kalkoverfladen. Boreprofil findes i Bilag B. Boringen er indberettet til GEUS som DGU nr. 201.18333.
- > Der er i august 2023 udført en pumpeboring (PB), der kan anvendes til op-pumpning af grundvand. Placeringen af boringen er vist på figurerne i afsnit 1. Boringen har en dybde på 36 m og er filtersat med et 18 m langt Ø200 mm filter fra ca. 2 til 20 m under kalkoverfladen. Boreprofil findes i Bilag B. Boringen er indberettet til GEUS som DGU nr. 201.18334.
- > Der er i september 2023 udført et 1-times pumpeforsøg i PB. Under forsøget er grundvandsstanden målt med datalogger og håndpejlinger i PB. Data er præsenteret i Bilag B.
- > Der er i september 2023 udført et 4-trins pumpeforsøg i PB. Under forsøget er grundvandsstanden målt med datalogger og håndpejlinger i PB og MB. Data er præsenteret i Bilag B.
- > Der er i september 2023 udført et 3-døgns pumpeforsøg i PB. Under forsøget er grundvandsstanden målt med datalogger og håndpejlinger i PB og MB samt yderligere 8 monitoringsboringer. Data er præsenteret i afsnit 3.2.3 og tolket i Bilag C.
- > Der er ved afslutningen af hhv. 4-trins forsøget samt 3-døgns forsøget udtaget vandprøver, som er analyseret for en lang række naturlige vandkemiske parametre samt forureningskomponenter. Analyseresultater er præsenteret i afsnit 4.2.1 og analyserapporter er inkluderet i den geotekniske datarapport i Bilag B.
- > For udvalgte bygninger indenfor 180 m af pumpeboringen er der udført opslag af ejendommene i Bygnings- og Boligregistreret (BBR) og søgning efter tegninger i byggesagsarkivet. Derudover er der foretaget en besigtigelse fra offentlig vej for at se, om bygningerne umiddelbart bærer præg af skader, som kan indikere evt. svagheder ved bygningerne.
- > Der er i marts 2024 udført to geotekniske boringer (MB-A og MB-B) samt en fundamentfrigravning (MB-C) ved den østvendte gavl af rækkehusene på

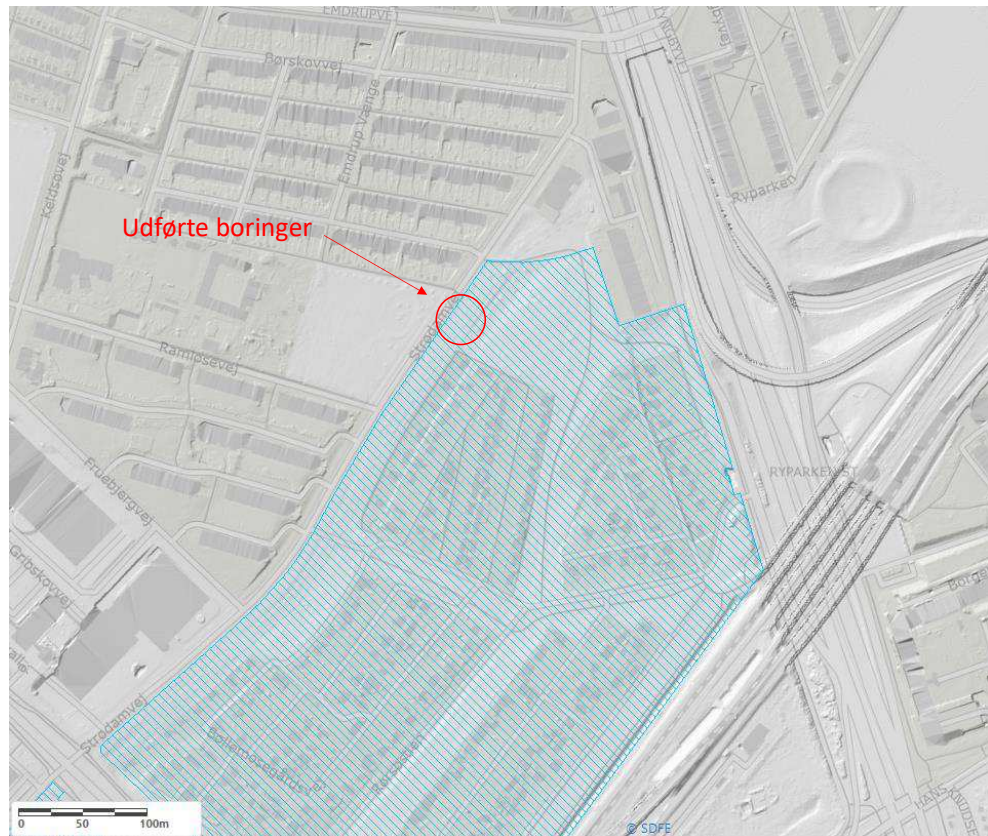
Emdrup Vænge 201-215. Formålet med undersøgelser var at afklare jordbunds-, grundvands- og funderingsforhold.

3 Eksisterende forhold

3.1 Geologiske forhold

3.1.1 Topografi

Figur 3-1 viser et terrænkort over området ved Kolonihaveparken.



Figur 3-1 Terrænkort (skyggekart) for den nordøstlige del af Kolonihaveparken (blåskraver). Fra Danmark Arealinformation.

I den nordøstlige del af Kolonihaveparken ligger terrænet jævnt omkring kote +6 til +7 m. Ca. 150 m mod øst ligger Helsingørmotorvejen nedgravet, og hvor motorvejen går under Emdrupvej, ligger terræn omkring kote +2 m.

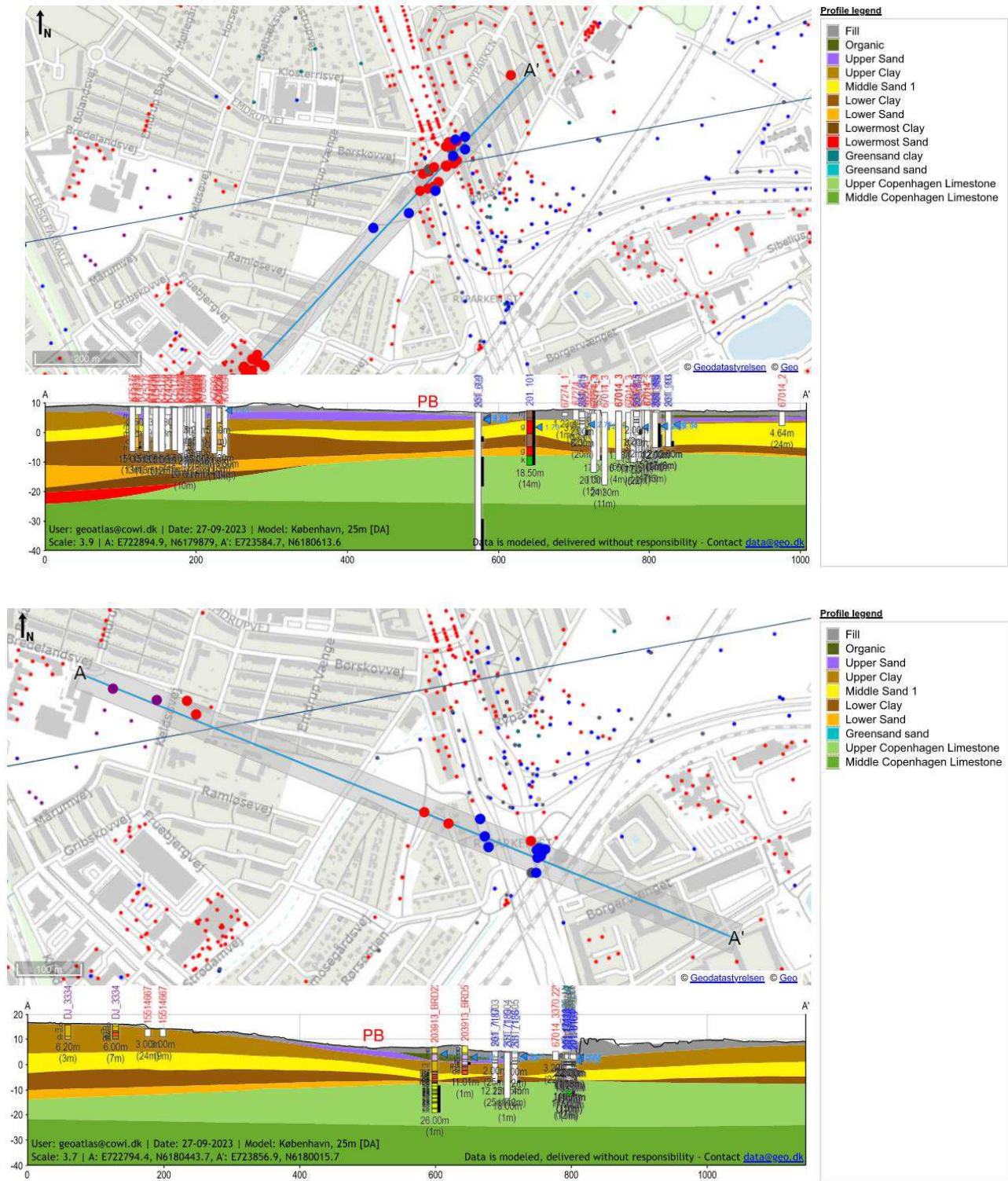


Figur 3-2 Terrænkurver i nærområdet til borerne.

Omkring borerne er terrænet nogenlunde jævnt fra kote +7,0 m ved Strødamvej til ca. kote +6,9 m ved borerne. Herfra hælder det mod øst ned i en ca. 0,5-1,0 m dyb lavning orienteret sydsydvest til nordnordøst parallelt med Strødamvej. Ved rækkehusene mod nordøst er terræn i borerne målt til mellem kote +7,2 og +7,9 m.

3.1.2 Geologiske profiler

Der er optegnet to geologiske profilsnit gennem Kolonihaveparken, Figur 3-3.



Figur 3-3 Sydvest-nordøst og nordvest-sydøst orienterede geologiske profiler gennem bo-restedet.

Profilerne er optegnet vha. GeoAtlas og er baseret på den seneste geologiske model for SST-projektet. Oplysninger fra SST-boringer¹, hvoraf der ligger mange

¹ SST: Svanemøllen Skybrudstunnel, igangværende HOFOR projekt

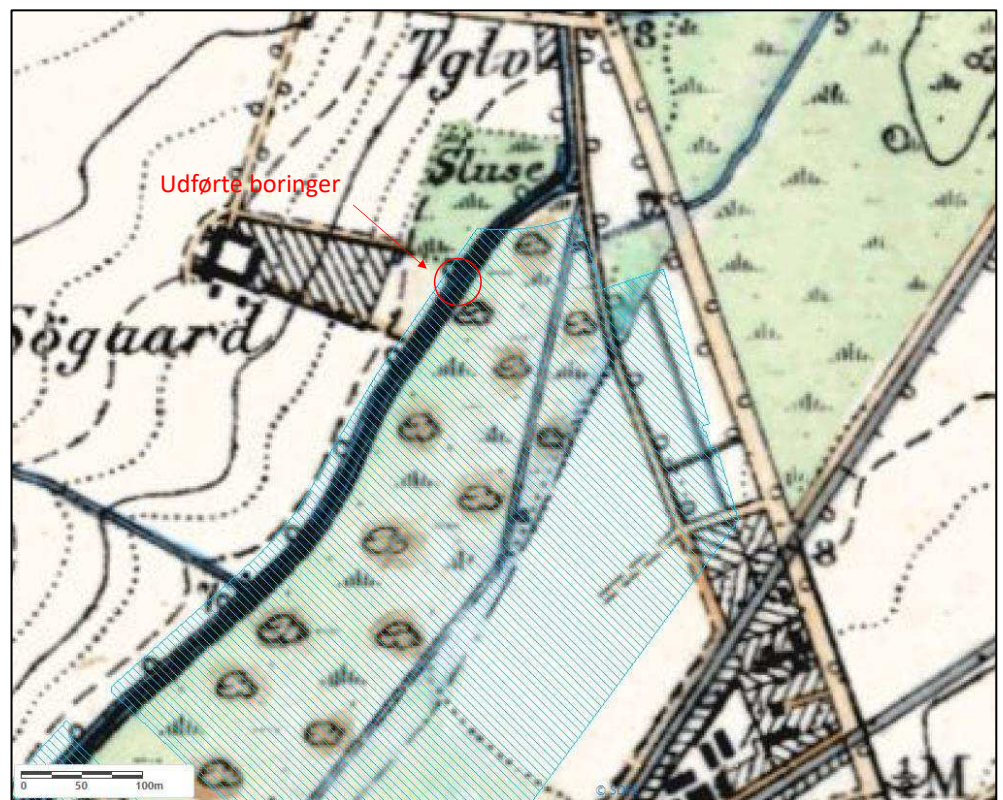
sydøst for projektområdet, er indarbejdet i modellen, mens oplysninger fra PB og MB ikke er indarbejdet.

Den kvartære lagpakke er ved borestedet ca. 15 m tyk og består jf. den geologiske model af skiftende lag af sand og ler.

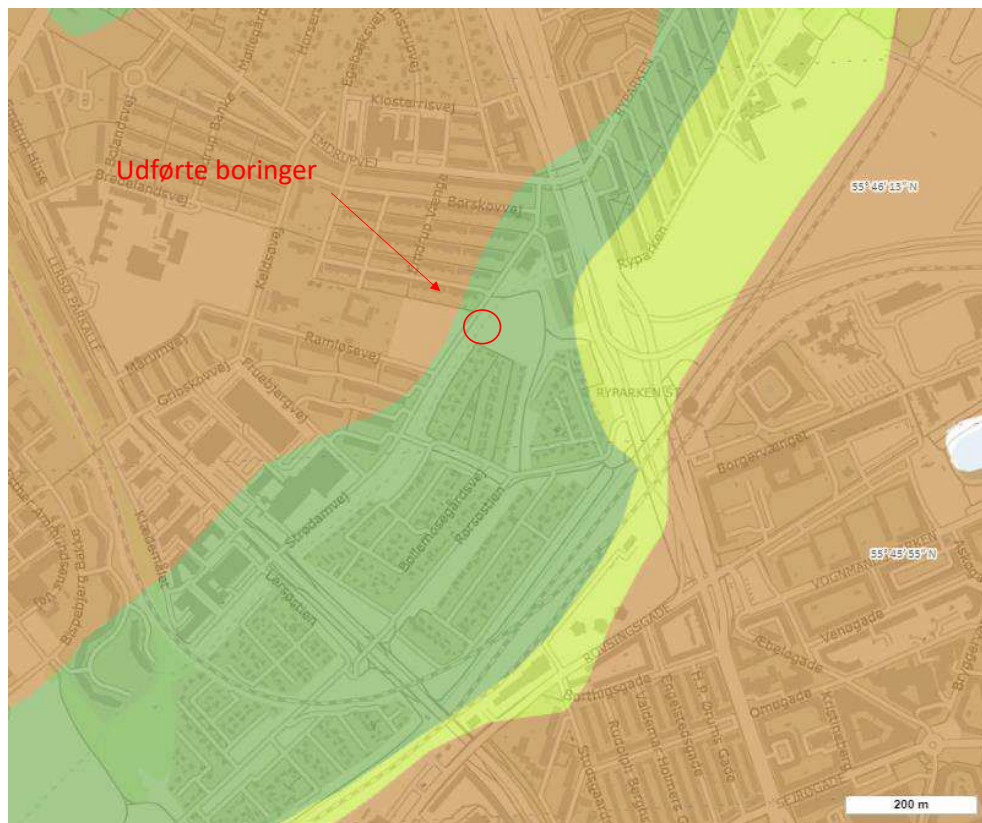
Kalkoverfladen ligger nogenlunde jævnt omkring kote -10 m, dog ses det, at kalkoverfladen dykker i retning mod sydøst, hvor der ligger en begravet dal ca. ved Lersø Parkallé.

3.1.3 Terrænnær geologi

Kolonihaveparken ligger jf. det historiske kort i Figur 3-4 i et tidligere mose- og engområde betegnet "Lersö". Jf. GEUS' jordartskort i Figur 3-5 findes der ferskvandstørv og -ler i hele parken.



Figur 3-4 Højt målebordsblad (1840-1899). Kolonihaveparken er vist med blå skraver. Fra Danmark Arealinformation.



Figur 3-5 Jordartskort i målestoksforhold 1:25000. Brun = Moræner, mørkegrøn = Ferskvandstørv og lysegrøn = ferskvandsler. Fra data.geus.dk.

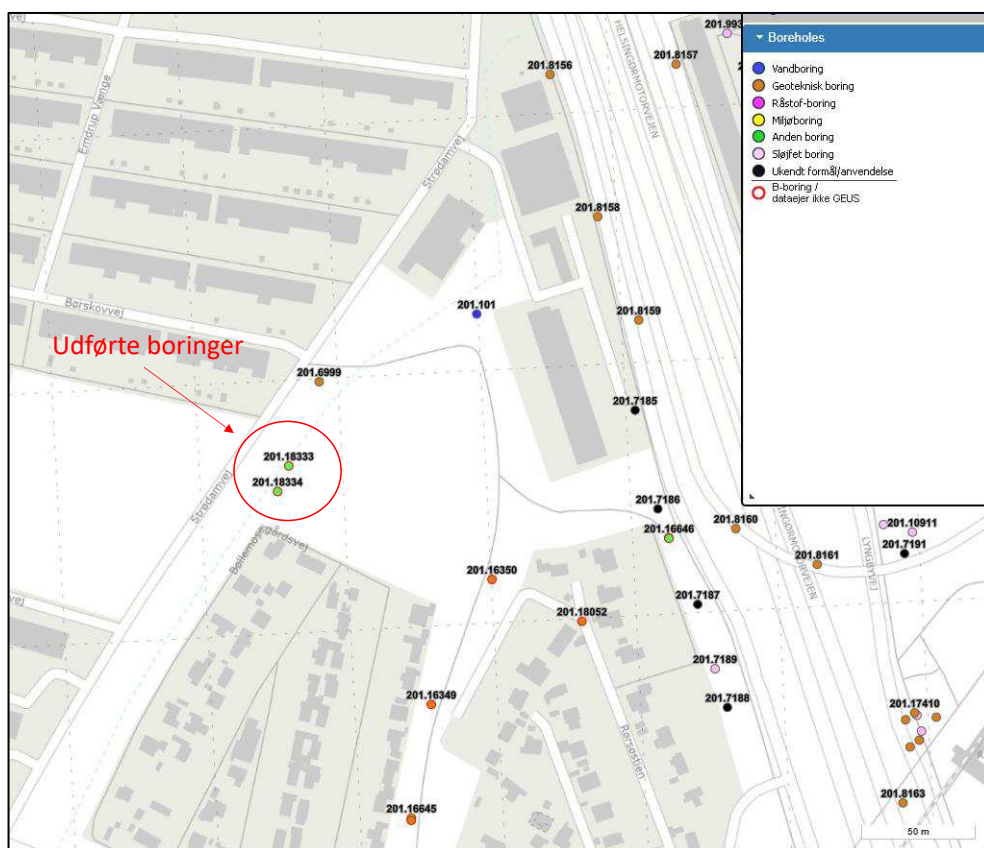
Forekomsten af ferskvandstørv og -ler stemmer overens med, at der er set tørv og gytje i borerne 201.11614 (BRD13p3), 201.16346 (BRD221p34), 201.16351 (BRD226p34) og 201.18052 (BRD502p14). I disse borer samt i borerne 201.16347 (BRD222p34), 201.16348 (BRD223p34) og 201.16349 (BRD224p34) er der også set sen-glacialt ler med organisk indhold samt i få borer fyld eller sand med organisk indhold. Placeringen af boring 201.16351 (BRD226p34), 201.18052 (BRD502p14) og 201.16349 (BRD224p34) er vist i Figur 3-6, hvor boring 201.16351 ligger samme sted som 201.16646. De øvrige nævnte borer ligger op til ca. 100 m længere mod sydvest i kolonihaveparken end kortvinduet i Figur 3-6, men er nævnt for at afspejle det mulige omfang af blødbundsaflejringer i området ved Kolonihaveparken.

Figur 3-5 angiver, at der nord og nordvest for borerne er ferskvandstørv under de østlige ender af rækkehusene på Emdrup Vænge. Dette stemmer overens med resultatet af de udførte geotekniske borer ved den østvendte gavl af Emdrup Vænge 201-215, hvor der i MB-B er set ca. 0,7 m tørvemuld, mens der i MB-A, som ligger længere mod vest, ikke er set tørv eller andre organiske aflejringer.

3.1.4 Eksisterende borer

Udover PB, MB og funderingsboringerne er der i forbindelse med andre projekter tidligere udført en række borer i den nordlige del af Kolonihaveparken.

Placeringen af borerne er vist i Figur 3-6, mens en opsummering af boringsinformation for de nærmeste borer er givet i Tabel 3-1.



Figur 3-6 Placering af de to nye borer samt eksisterende borer i den nordlige del af Kolonihaveparken. Fra data.geus.dk. De tre udførte funderingsboringer er ikke vist på kortet.

Tabel 3-1 Eksisterende borer i den nordlige del af Kolonihaveparken.

Borings-ID	Terrænkote [m DVR90]	Dybde [m]	Kalkoverflade [m DVR90]	Reference
201.101	7,5	18,5	-7,9	GEUS
201.6999 (NHV-K4)	6,7	50,1	-7,8	GEUS
201.16349 (BRD224p34)	6,3	24,2	-7,8	GEUS
201.16350 (BRD225p34)	6,7	26,0	-7,4	GEUS
201.18333 (MB)	6,9	20,0	-8,0	Geo
201.18334 (PB)	6,9	36,0	-7,7 / -8,3 *	Geo

* Der ligger et flintlag på 0,6 meters tykkelse lige i kalkoverfladen

Kalkoverfladen ligger jævnt omkring kote ca. -8,0 m i alle borerne i området.

MB og PB viser 1,5 til 8,0 meter fyld. Det store interval dækker over, at hhv. 6,0 og 3,5 m af materialet i borerne er beskrevet som "FYLD?". Usikkerheden omkring mængden af fyld kan skyldes gravearbejde i forbindelse med rørlægning af Lygte Å. Under fyldet er der i MB ca. 4 m smeltevandsler og 3 m moræneler, mens der i PB er 7 m smeltevandssand (og -grus), 1 m smeltevandsler og 2 m moræneler. Smeltevandsleret er beskrevet som "stærkt sandet, svagt gruset". Samlet er der hhv. ca. 7 og ca. 3 m lavpermeable aflejringer over kalken, som udgør det primære grundvandsmagasin.

3.2 Hydrogeologiske forhold

3.2.1 Grundvandsindvinding

Frederiksberg Forsyning og Bispebjerg Hospital er nærmeste interessenter i forhold til grundvandet i det primære magasin.

Frederiksberg Forsyning indvinder 2,5 mio. m³/år til drikkevandsforsyning fordelt på 6 aktive borer ifølge GEUS boringsdatabasen Jupiter. Der er ca. 4,5 km fra den nordlige del af Kolonihaveparken til indvindingsboringerne og undersøgelsesområdet ligger udenfor indvindingsoplandet til forsyningen.

Bispebjerg Hospital er udenfor område med særlige drikkevandsinteresse (OSD), men ligger i indvindingsopland til Frederiksberg Forsyning. Bispebjerg Hospital anvender et grundvandskøle-/varmeanlæg (ATES anlæg) til at dække hospitalets køle- og varmebehov. Anlægget består af 12 borer konfigureret i brøndpar bestående af en varm og kold boring. Placeringen af borerne er indikeret på sidste billede i Figur 3-7. I sommerperioden (1. april – 30. november) leverer anlægget køling til Hospitalet, og i vinterperioden (1. december – 31. marts) leverer anlægget både varme og køling. Borerne er mellem 75 og 100 m dybe. Borerne står som åbne kalkboringer med mellem 21,5 og 74 m indtag, hvor den åbne del starter mellem 2 og 5 m under kalkoverfladen. I 2021 var anlæggets kapacitet kun udnyttet delvist, eftersom hospitalet ikke var fuldt udbygget, (ENOPSOL, 2021). I 2021 blev der indvundet og returledt 916.296 m³, hvilket er mindre end tilladelsen på 1.200.000 m³/år. Ifølge (ENOPSOL, 2021) er op- og nedpumpningen niveaustyret, og ydelsen er derfor ikke konstant igennem de to perioder. Der er ca. 800 m fra den nordlige del af Kolonihaveparken til borerne i ATES anlægget.

Bispebjerg Hospital har også en nødforsyningsboring, DGU 201.312. Boringen står som en åben kalkboring med 27,8 m indtag fra kote -26,5 til -54,3 m DVR90. Det åbne hul starter 2,5 m under kalkoverfladen, som ligger i kote -24,0 m. Der er tilladelse til indvinding af 64.000 m³/år samt 25 m³/t. Der blev i perioden fra 2003 til 2017 årligt indvundet mellem 37.300 og 70.900 m³. Der er siden 2017 ikke registreret indvinding i Jupiter databasen. Der er ca. 800 m fra den nordlige del af Kolonihaveparken til DGU 201.312.

Der ligger et drænsystem under Helsingør motorvejen på strækningen mellem Emdrupvej og jernbanebroen over motorvejen. Der er ca. 175 m fra PB til

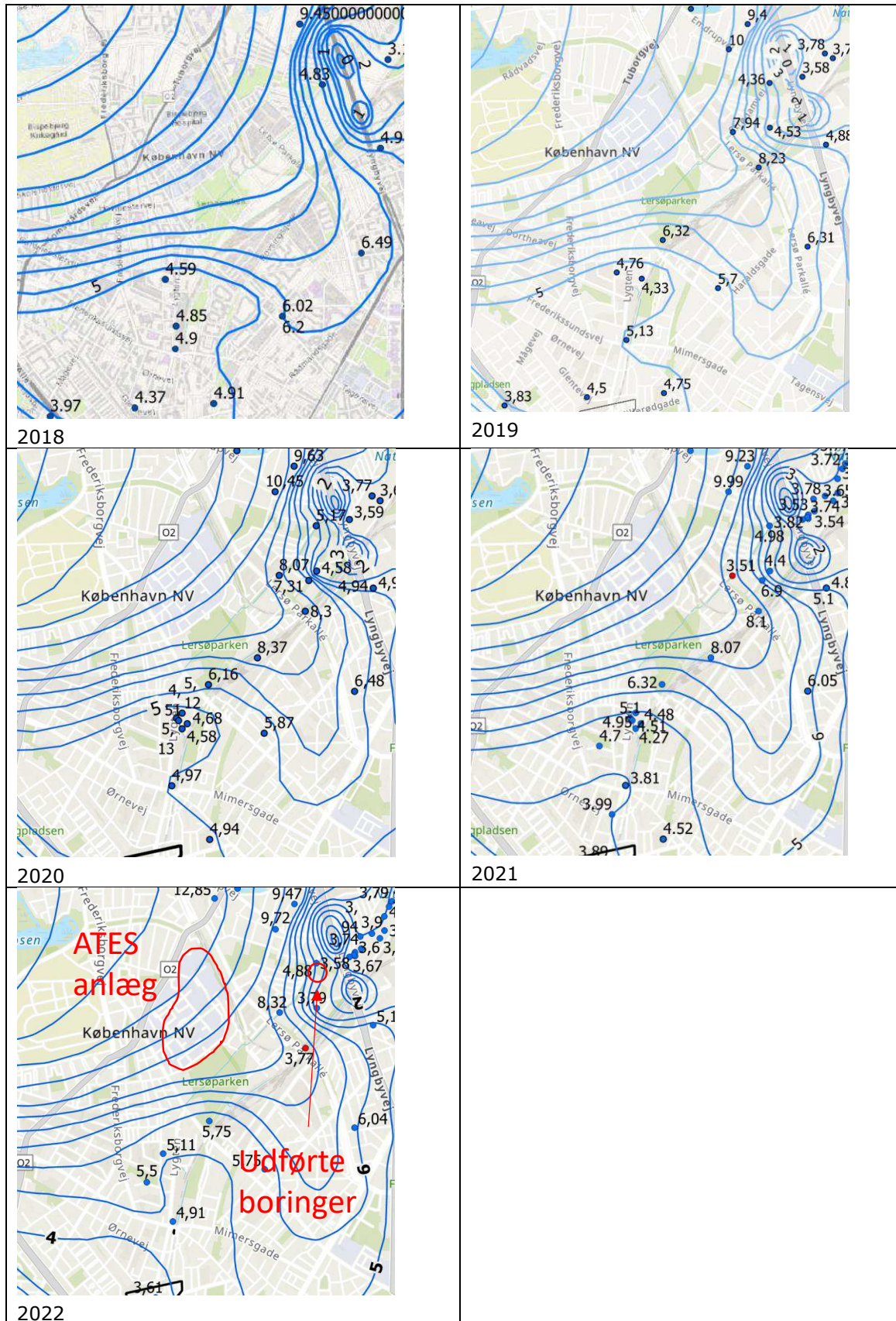
motorvejen. Det er i (Rambøll 2010) vurderet, at vandføringen i dræne er ca. 15 m³/t i en sommersituation. Drænvandet ledes i dag til spildevandssystemet. Det er tidligere undersøgt, hvorvidt drænvandet i stedet kunne ledes til søerne i København. Det blev konkluderet, at dette ikke var muligt, pga. for ringe vandkvalitet. Dette skyldes, at drænvandet i pumpestationen, hvor det opsamles, opblandes med spildevand og vejvand.

3.2.2 Grundvandsstand (grundvandspotentiale)

Overordnede potentialekort

Det nyeste potentialekort for det primære grundvandsmagasin i projektområdet er potentialekortet fra 2022 for Københavns og Frederiksberg Kommuner (Rambøll, 2022). Et udsnit af dette kort samt de tilsvarende kort fra 2018, 2019, 2020 og 2021 er vist i Figur 3-7 på næste side.

Potentialekortene viser, at grundvandsstanden (grundvandspotentialet) i det primære grundvandsmagasin i den nordlige del af Kolonihaveparken falder fra omkring kote +9 m til kote ca. +1 m i to dybdepunkter ved Helsingørmotorvejen, hvor der er permanent dræning af grundvandet. Mod øst og syd optræder en del datapunkter i kortene, mens der ikke er målinger mod nord og vest. Det fremgår af Figur 3-7, at det overordnede strømningsbillede stort set er konstant fra år til år. Strømningsretningen er overordnet fra nordvest mod sydøst og styret af en strømning mod havet. Lokalt ved Lersøparken angiver potentialekortene dog strømningsretningen til at være mod syd, hvilket skyldes indvinding på Frederiksberg Forsyning, mens strømmingen i den nordlige del af Kolonihaveparken er mod øst pga. dræning langs med Helsingørmotorvejen.



Figur 3-7 Potentialekort for det primære grundvandsmagasin fra 2018, 2019, 2020 2021 og 2022. Udsnit af kort fra Rambøll, 2018, 2019, 2020, 2021 og 2022.

Målte grundvandsstande

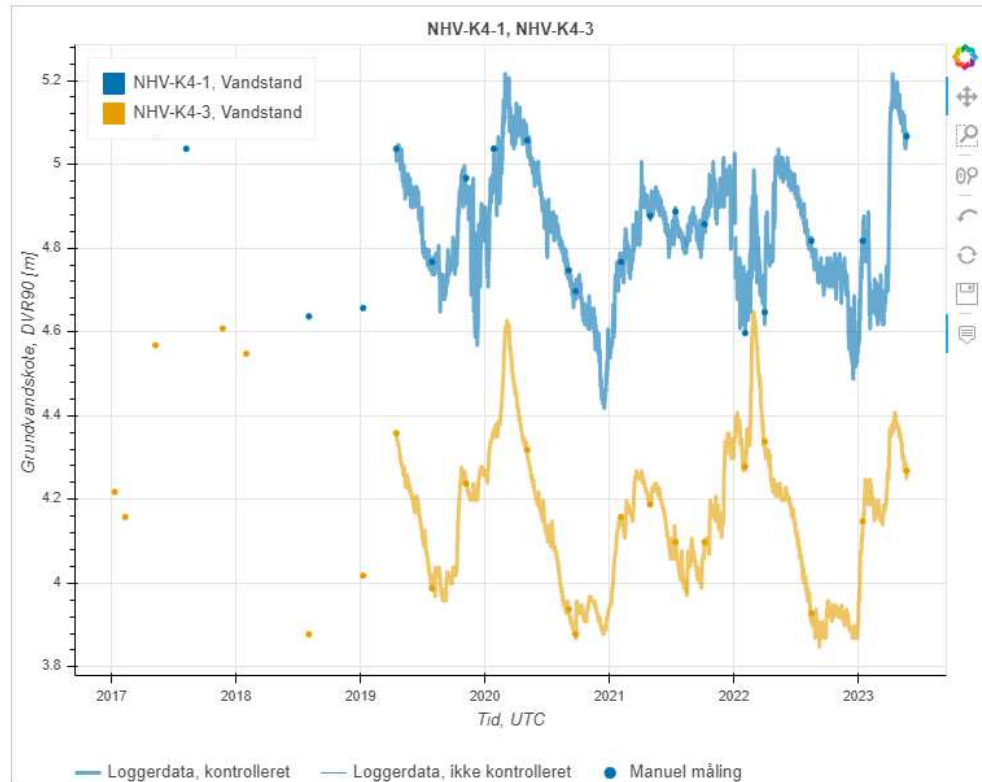
I Tabel 3-2 er vist en opsummering af målte minimum grundvandsstande i borer i nærheden af projektboringerne. Boringerne er hovedsageligt udført som en del af SST-projektet. Det er valgt at angive minimum værdier, da det er en sænkning af grundvandet til at niveau lavere end det naturlige minimum, der kan udløse sætninger.

*Tabel 3-2 Målte minimumsgrundvandsstande i borer i den nordlige del af Kolonihaveparken. * Det er usikkert, om materialet reelt er fyld, eller om der kun er fyld til kote +5,5 m.*

Borings-ID	Filter ID	Terræn [m DVR90]	Bund af sætningsfølsomme lag [m DVR90]	Filterkote [m DVR90]	Magasin	Målt min. grundvandsstand [m DVR90]	Reference
201.101	1	7,5	4,0	?	Kalk	1,73	GEUS
201.6999 (NHV-K4)	2	6,7	5,5	-1,3 til -3,3	Mellem Sand	3,85	GEUS
201.6999 (NHV-K4)	1	6,7	5,5	-8,3 til -18,3 samt -29,3 til -42,3	Kalk	4,42	GEUS
201.11614 (BRD13p3)	2	6,5	1,3	-1,3 til -3,3	Øvre Sand	2,23	SST
201.11614 (BRD13p3)	1	6,5	1,3	6,5 til -14,5	Nedre Sand og kalk	3,73	SST
201.16346 (BRD221p34)	1	6,7	2,3	-8,7 til -16,7	Kalk	5,03	SST
201.16347 (BRD222p34)	1	5,7	2,2	-8,6 til -11,6	Kalk	4,86	SST
201.16348 (BRD223p34)	1	6,0	2,6	-8,5 til -17,5	Kalk	4,80	SST
201.16349 (BRD224p34)	1	6,3	1,6	-8,8 til -11,8	Kalk	4,30	SST
201.16350 (BRD225p34)	1	6,7	2,5	-8,3 til -19,3	Kalk	3,72	SST
201.16351 (BRD226p34)	1	5,6	3,8	-9,5 til -12,5	Kalk	3,07	SST
201.16645 (BRD407p4)	1	6,0	4,2	+4,0 til +1,0	Øvre Sand	3,08	SST
201.16646 (BRD408p4)	1	5,3	1,3	-0,5 til -1,5	Øvre Sand	2,44	SST
201.18052 (BRD502p14)	1	7,4	2,7	+1,2 til +0,2	Øvre Sand	2,96	SST
201.18333 (MB)	1	6,9	-0,9 *	-10,2 til -12,2	Kalk	5,20	Geo
201.18334 (PB)	1	6,9	2,2 *	-9,6 til -27,6	Kalk	5,30	Geo
MB-A	1	7,9	4,9	+4,9 til +1,9	Moræneler	4,60	Geo
MB-B	1	7,3	5,7	+5,3 til +4,3	Øvre Sand	5,39	Geo

Grundvandsstanden er generelt målt ved håndpejling, og for SST-projektet er der typisk udført 4-5 håndpejlinger over ca. 1 år. I forbindelse med

forundersøgelser for det nævnte projekt er grundvandsstanden dog også med målt med datalogger i nogle boringer, hvoraf en enkelt er relevant her. I perioden fra 2019 til 2023 er der således målt med datalogger i boring NHV-K4 (DGU nr. 201.6999). Data er vist i Figur 3-8.



Figur 3-8 Tidsserier fra grundvandspotentiale i boring NHV-K4 (DGU nr. 201.6999). Data fra Svanemøllen Skybrudstunnel projektet.

Boringen er placeret ca. 50 m nordøst fra de nye boringer og filtersat dels i et sandlag fra 8 til 10 meter terræn (NHV-K4-3), dels i kalken fra 37 til 49 meter under terræn (NHV-K4-1). Grundvandsstanden i kalken ligger generelt ca. 0,6 m højere end i sandlaget. Dette vurderes at skyldes, (1) at der er nogen hydraulisk adskillelse mellem de to filtersatte niveauer og (2) at sandlaget samt evt. den øvre del af kalken påvirkes af drænsystemet ved Helsingørmotorvejen.

Sæsonvariationen i vandstanden ses ud fra tidsserierne at være ca. $\pm 0,3-0,4$ m i både sand og kalk. I boringer, hvor der kun foreligger håndpejlinger, er forskellen mellem højeste og laveste målte grundvandspotentiale typisk omkring 0,2 m. Sandsynligvis er den maksimale variation også 0,6-0,8 m i disse boringer.

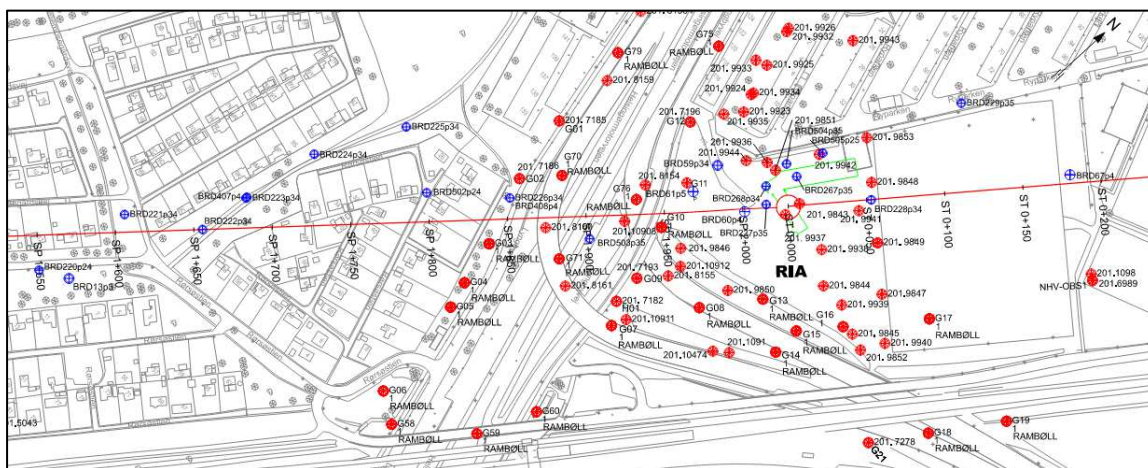
I PB og MB er grundvandsstanden målt til omkring kote +5,2 m. Sæsonvariationen kan forventes at ligne tidsserien i Figur 3-8. I boringerne MB-A og MB-B er grundvandsstanden målt til hhv. ca. +4,6 og +5,4 m. Boringerne er filtersat terrænnært og vurderes at variere mere end tidsserien i Figur 3-8.

3.2.3 Prøvepumpninger

I pumpeboringen PB er der udført et 1-times pumpeforsøg, en 4-trins test samt en længerevarende test på 3 døgn. Tolkningen er detaljeret beskrevet i Bilag C med følgende konklusioner:

- > Det vurderes, at T-værdien i området omkring pumpeboringen ligger i intervallet $0,2-0,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, idet den mest repræsentative værdi skønnes at være $0,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Der er i tolkningen inkluderet observationsboringer placeret op til ca. 400 m væk.
- > Der observeres en tilsyneladende stigende T-værdi med øget afstand fra pumpeboringen. Dette vurderes at skyldes kalkens dobbeltporøsitet.
- > Der kan være tale om trykafhængig permeabilitet i kalken omkring pumpeboringen i begrænset omfang.
- > Pumpeboringens virkningsgrad skønnes til 62 – 53 % for hhv. sænkings- og stigningsdata.
- > Boring NHV-K4 placeret ca. 50 m fra pumpeboringen er som beskrevet i afsnittet om grundvandsstande filtersat dels i et sandlag fra 8 til 10 meter terræn (NHV-K4-3) og dels i kalken (NHV-K4-1). Ud fra de ufuldstændige data, der foreligger fra filtret i kalken, skønnes påvirkningen i sandlaget at være 5-10 % af påvirkningen målt i kalken på samme sted. Ved længerevarende oppumpning fra kalken må det forventes, at påvirkningen i sandlaget vil stige. Ligeledes kan der ske en større påvirkning i områder, hvor der er bedre hydraulisk kontakt mellem sandlag og kalk.

Udover pumpeforsøgene i denne undersøgelse er der tidligere udført en række prøvepumpninger på andre boringer filtersat i kalken i eller nær den nordlige del af kolonihaveparken. Sidstnævnte undersøgelser er udført som en del af Svane-møllen Skybrudstunnel projektet (SST). Placeringen af SST-boringerne er vist i Figur 3-9, mens oplysninger om prøvepumpningerne er sammenfattet i Tabel 3-3.



Figur 3-9 Placering af boringer i SST-projektet. Bemærk at nord ikke er opad. Udsnit af figur fra SST-projektet.

Tabel 3-3 Oplysninger om prøvepumpninger i området

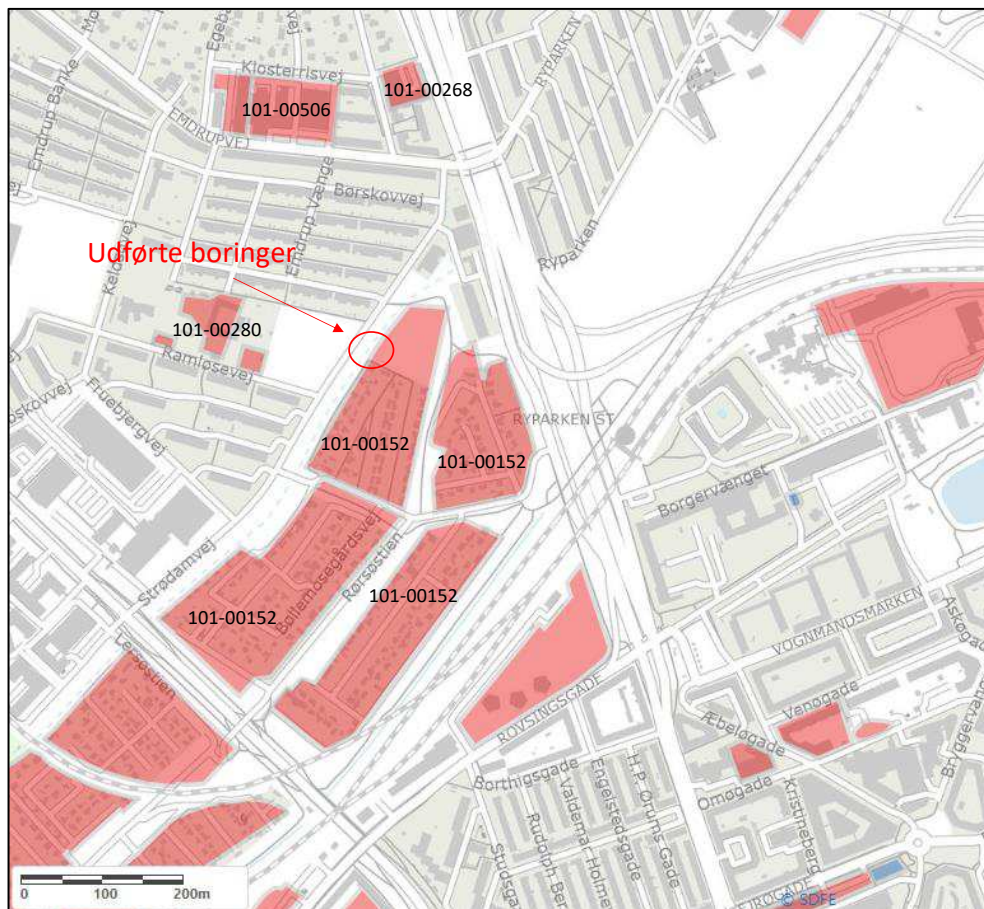
Borings-ID	Filterinterval [kote m]	Magasinsin	Ydelse [m ³ /t]	Varighed [timer]	Obs. boringer	T-værdi [10 ⁻³ m ² /s]	Reference
BRD13p3-1	-10,5 til -14,5	Sand+k	4,6	1	Nej	0,12-0,22	SST
BRD59p34-1	-13,7 til -31,7	Kalk	4,3	1	Nej	0,18-0,30	SST
BRD61p5-1	-18,1 til -26,1	Kalk	7,0	72	Ja (5 stk.)	0,21-0,28	SST
BRD221p34-1	-8,7 til -16,7	Kalk	13,0	1	Nej	0,28	SST
BRD225p34-1	-8,3 til -19,3	Kalk	5,0	1	Nej	0,12-0,15	SST
BRD227pp35	-7,8 til -26,8	Kalk	3,5	1	Nej	0,23-0,29	SST
BRD267p35-1	-10,4 til -24,4	Kalk	3,5	1	Nej	0,14-0,18	SST
BRD267p35-1	-10,4 til -24,4	Kalk	3,5	62,5	Ja (8 stk.)	0,11-0,25	SST
BRD268p34-1	-8,1 til -17,1	Kalk	0,7	1	Nej	0,16	SST
BRD503p35-1	-7,1 til -19,1	Kalk	7,5	1	Nej	0,38-0,46	SST
PB	-9,5 til -27,5	Kalk	15,0	72	Ja (9 stk.)	0,20-0,40	Denne rapport

Det fremgår af Tabel 3-3, at der for alle boringerne i området tolkes T-værdier mellem 0,11 og 0,46 x 10⁻³ m²/s, hvilket stemmer godt overens med den skønnet mest repræsentative værdi på omkring 0,30 x 10⁻³ m²/s. Denne værdi er lav-moderat sammenlignet med hvad der typisk tolkes for prøvepumpninger i kalken i Københavnsområdet.

3.3 Jord- og grundvandskemiske forhold

3.3.1 Kortlagte forureninger

En række arealer ved eller nær Kolonihaveparken er kortlagt som forurenede (V2). Placeringen er vist i Figur 3-10. Lokiteterne 101-00152 er relateret til den tidligere Lersøparken Losseplads. COWI har erfaring med, at der i andre gamle lossepladser i Københavnsområdet måles høje indhold af næringsstoffer i drænvandet. Der er jf. vandanalyserne udtaget i projektet, se afsnit 4.2.1, ikke påvist høje indhold næringsstoffer eller miljøfremmede stoffer. Ved længevarende oppumpning fra primært magasin vil den nedadrettede gradient dog blive øget, og der kan således være risiko for en stigende koncentration af næringsstoffer eller miljøfremmede stoffer, hvis disse findes i fyldet og de øvre jordlag.



Figur 3-10 V1- og V2-kortlægninger nær Lersøparken

Region Hovedstaden har fremsendt oplysninger om de kortlagte forureninger, der ligger ved Lersøparken og Kolonihaveparken, ligesom der er indhentet oplysninger fra Københavns Kommunes GIS kort "Københavnerkortet" (<https://kbhkort.kk.dk/spatialmap>). Oplysningerne er sammenfattet i Tabel 3-4. Der er typisk kun analyseret jordprøver og der er i ingen tilfælde udtaget vand- eller jordprøver fra primært magasin. I de terrænnære lag ses ofte kulbrinter og PAH'er samt forhøjede indhold af tungmetaller. På lokalitet 101-00506 er påvist klorerede stoffer (TCE) i et sekundært grundvandsmagasin.

Tabel 3-4 Opsummering af forureninger i Lersøparken og tilstødende matrikler

Lokalitet	Forurening
101-00152	Der er påvist kulbrinter og PAH'er samt forhøjede indhold af tungmetaller. (Miljøkontrollen, 1997a-1997h).
101-00268	Der er påvist jordforurening med kulbrinter, PAH'er og tungmetaller.
101-00280	Der er påvist jordforurening med tungmetaller.
101-00506	Der er fundet forurening med klorerede stoffer i sekundært grundvand (TCE) og poreluft (PCE). Koncentrationen af TCE i grundvandet ligger mellem 4,3 og 19 µg/l.

De kortlagte forureninger vurderes ikke at være begrænsende i forhold til udnyttelse af det primære magasin til det aktuelle formål, hvilket også fremgår af næste afsnit.

3.3.2 Vandanalyser

Der er i forbindelse med dette projekt udtaget to vandprøver fra Peblinge Sø ved Søpavillonen samt to vandprøver fra pumpeboringen (PB). Der desuden på SST-projektet udtaget grundvandsanalyser fra en række boringer i eller nær den nordlige ende af Kolonihaveparken. Analyseresultaterne er sammenfattet i Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Resultater af vandanalyser udtaget i dette projekt (gule kolonner), samt et nærliggende projekt (orange kolonner)

Parameter	Enhed	Peblingesø, Søpavillion	Peblingesø, Dr. Louises bro	4-trins forsøg	3-døgns forsøg	BRD221P34 (type B forsøg)	BRD225P34 (type B forsøg)	BRD61P5 (type D forsøg)
Prøvenr.		223912	223913	201933	207755	835-2022-81074364	835-2022-02704001	30430
Modtaget		04-10-2022	04-10-2022	04-09-2023	08-09-2023	25-02-2022	10-03-2022	20-04-2018
Partikler i prøve efter konservering	-	Nej	Nej	Nej	Nej			
pH	pH	9,0	8,5	7,8	7,4	7,9	7,5	
Ledningsevne	mS/m	59	59	49	49			
Mangan, Mn	mg/l	0,0035	0,0087	0,019	0,012			
Calcium, Ca ⁺⁺	mg/l	28	32	87	82	0,029	0,017	<0,001
Magnesium, Mg ⁺⁺	mg/l	7,9	7,9	12	12			
Kalium, K ⁺	mg/l	3,1	3,0	2,0	1,8			
Natrium, Na ⁺	mg/l	74	70	9,0	9,0			
Jern, Fe	mg/l	0,053	0,49	0,41	0,34	1,5	0,26	0,02
Jern, Fe, opløst	mg/l			0,23	0,30	< 0,01	< 0,01	0,03
Ammonium+ammoniak, NH ₄ ⁺	mg/l	0,030	0,039	0,15	0,16	0,11	0,21	0,32
Nitrit, NO ₂ ⁻	mg/l	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010			
Nitrat, NO ₃ ⁻	mg/l	0,43	<0,10	<0,10	<0,10			
Oxygen, opløst, O ₂	mg/l	9,2	9,3	0,2	0,8			
Total phosphor, P	mg/l	0,018	0,026	0,056	0,010	0,093	0,086	0,051
Chlorid, Cl ⁻	mg/l	150	140	18	17	20	11	39
Fluorid, F ⁻	mg/l	0,19	0,19	0,46	0,50			
Sulfat, SO ₄ ⁻⁻	mg/l	22	24	16	19	15	10,3	8
Hydrogencarbonat, HCO ₃ ⁻	mg/l	58	74	290	270			
Aggressiv kuldioxid, CO ₂	mg/l	<2	<2	<5	<5	< 2	< 2	
Inddampningsrest	mg/l	400	390					
NVOC	mg/l	7,6	7,2	0,82	0,77			
Bor, B, Filt Felt	µg/l	53	56	33	33			
Arsen, As	µg/l	1,6	1,3	3,5	3,1			
Arsen, As, Filt Felt	µg/l	1,6	0,98	3,4	3,2			
Bly, Pb	µg/l	0,19	0,34	0,24	0,059	0,58	0,82	0,032

Parameter	Enhed	Peblin- gesø, Søpavil- lion	Peblin- gesø, Dr. Loui- ses bro	4-trins for- søg	3-døgns forsøg	BRD221P34 (type B for- søg)	BRD225P34 (type B for- søg)	BRD61P5 (type D for- søg)
Bly, Pb, Filt Felt	µg/l	0,18	0,051	0,053	<0,025	< 0,025	< 0,025	
Bor, B	µg/l	56	70	34	34			
Cadmium, Cd	µg/l	<0,0030	<0,0030	0,024	0,0032	0,065	0,032	<0,0030
Cadmium, Cd, Filt Felt	µg/l	<0,0030	<0,0030	0,0060	<0,0030	< 0,003	< 0,003	
Barium, Ba	µg/l	36	34	52	58			
Barium, Ba, Filt Felt	µg/l	36	34	50	57			
Chrom, Cr	µg/l	0,062	0,068	0,37	0,049	1,7	0,53	0,04
Chrom, Cr, Filt Felt	µg/l	0,066	0,040	0,067	0,025	< 0,03	< 0,03	
Kobber, Cu	µg/l	0,76	1,1	0,79	0,53	1,3	0,94	0,13
Kobber, Cu, Filt Felt	µg/l	0,75	0,45	0,91	<0,030	0,1	< 0,03	
Kobolt, Co	µg/l	0,082	0,13	0,37	0,11			
Kobolt, Co, Filt Felt	µg/l	0,083	0,11	0,11	0,032			
Kviksølv, Hg	µg/l	<0,0010	0,0011	<0,0010	<0,0010			
Kviksølv, Hg, Filt Felt	µg/l	<0,0010	0,0010	<0,0010	<0,0010			
Nikkel, Ni	µg/l	0,83	1,0	1,8	0,32	1,9	1,4	0,18
Nikkel, Ni, Filt Felt	µg/l	0,86	1,0	1,0	0,12	1,1	1,1	
Zink, Zn, Filt Felt	µg/l	1,1	0,95	11	5,9	20	12	1,3
Zink, Zn	µg/l	2,1	2,3	13	6,1	2	4,5	
HS BTEXN								
Benzen	µg/l	0,031	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
Toluen	µg/l	0,79	<0,020	0,026	0,11	< 0,02	0,064	0,058
Ethylbenzen	µg/l	0,15	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
Xylener (o-, m- og p-xylen)	µg/l	0,69	<0,040	<0,040	<0,040	#	#	<0,020
Naphtalen	µg/l			<0,020	<0,020	< 0,02	0,089	<0,020
Kulbrinter i vand								
Kulbrinter n-C6 - n-C10	µg/l	5,3	<5,0	<5,0	<5,0	< 2	< 2	<5,0
Kulbrinter >n-C10 - n-C15	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0			
Kulbrinter >n-C15 - n-C20	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0			
Kulbrinter >n-C20 - n-C35	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0			
Total kulbrinter (C6-C35)	µg/l	5,3	<5,0	<5,0	<5,0	< 9	< 9	<5,0
PAH'er 16 komp.								
Naphtalen	µg/l	0,12	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	0,062	<0,010
Acenaphthylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Acenaphten	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Fluoren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Phenanthren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Anthracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Fluoranthren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010

Parameter	Enhed	Peblin- gesø, Søpavil- lion	Peblin- gesø, Dr. Loui- ses bro	4-trins for- søg	3-døgns forsøg	BRD221P34 (type B for- søg)	BRD225P34 (type B for- søg)	BRD61P5 (type D for- søg)
Chrysen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Benzo(b+j+k)fluoranthener	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Benz(a)pyren	µg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	< 0,01	< 0,005	<0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Benzo(ghi)perylene	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
Benz(e)pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,01	< 0,01	<0,010
PAH, sum påviste (EPA - 16 komp.)	µg/l	0,12	<0,010	<0,010	<0,010	#	0,062	<0,010
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 972, 2022)	µg/l	<0,10	<0,10					
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 1023, 2023)	µg/l			<0,10	<0,10			
PAH, sum af påviste (6 komp. jf. bek. 972, 2022)	µg/l	<0,010	<0,010					
PAH, sum af påviste (6 komp. jf. bek. 529, 2023)	µg/l			<0,010	<0,010			
HS Chlor. og nedbr.								
Trichlormethan (Chloroform)	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
1,1,1-trichlorethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
Tetrachlormethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
Trichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
Tetrachlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	0,06	<0,020
Chlorethan	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			<0,10
Vinylchlorid	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
1,1-dichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
trans-1,2-dichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
cis-1,2-dichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
1,2-dibromethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020			<0,020
1,2-dichlorethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
1,1-dichlorethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	< 0,02	< 0,02	<0,020
1,1,2-trichlorethan	µg/l					< 0,02	< 0,02	<0,020
Dichlormethan	µg/l					< 0,02	< 0,02	<0,10
1,2-dichlorpropan	µg/l							<0,020

Der er med hensyn til forureningsparametre analyseret for BTEXN, kulbrinter, PAH'er samt klorerede opløsninger og nedbrydningsprodukter. Der er målt lave indhold af enkelte af de analyserede parametre:

- > Der er påvist toluen i 4 af de 5 grundvandprøver. Koncentrationen er stigende fra 4-trins forsøget til 3-døgns forsøget men ligger fortsat under koncentrationen i Peblinge Sø samt langt under det genelle kvalitetskrav.
- > Der er påvist naphthalen i 1 af de 5 grundvandprøver. Koncentrationen er under koncentrationen i Peblinge Sø samt langt under det genelle kvalitetskrav.
- > Der er påvist Kulbrinter n-C6 - n-C10 i vandprøven fra Peblinge Sø, mens der ikke er påvist kulbrinter i grundvandsanalyserne.
- > Bortset fra naphthalen er der ikke påvist PAH'er i prøverne fra søen eller i grundvandsanalyserne.
- > Bortset fra et meget lavt indhold på 0,06 µg/l af Tetrachlorethylen (PCE) i boring BRD225p34 er der ikke påvist klorerede stoffer eller nedbrydningsprodukter i grundvandet i området.

Konklusionen er, at der baseret på vandanalyserne forventes ingen eller kun meget lave koncentrationer af miljøfremmede stoffer. Bortset fra koncentrationen af Tetrachlorethylen (PCE) i boring BRD225p34 er alle koncentrationerne i grundvandet lavere end koncentrationerne i Peblinge Sø.

3.4 Arealmæssige forhold

Kolonihaveparken er fredet, jf. Figur 3-1, og der skal derfor gives dispensation til at kunne etablere yderligere borer og, hvis det vælges at gå videre med projektet, at etablere en bygning til vandrensning. Der findes dog ingen §3 beskyttet natur i parken, og der er ingen særligt beskyttede dyrearter. Der er ca. 650 m til nærmeste §3-beskyttede våde naturområde, som er Emdrup Sø.

Kolonihaveparken er ikke udpeget som Fredskov, og der er heller ikke begrænsninger i form af bygge- eller beskyttelseslinjer.

3.5 Kapacitet i ledningsnet og overfladevandsressourcer

Københavns Kommune har i 2022 fået udarbejdet en rapport til konkretisering af muligheder og begrænsninger: *"for etablering af et mini renseanlæg med det formål at rense hverdagsregn, før det ledes til De Indre Søer; samt til at rense på vandet i de Indre Søer efter der er tilledt skybrudsregn"* (Krüger 2022). Rapporten belyser også mulighederne for at lede grundvand til Peblinge Sø og Sorstedams Sø med henblik på at forbedre vandkvaliteten i søerne efter situationer, hvor der er afledt skybrudsregn til søerne, og denne rapport omhandler således delvist samme emne som nærværende rapport.

I rapporten er der anført (COWIs tilføjelser i []):

"Analyser af hydraulik og vandkvalitet nedstrøms Lersøparken har vist:

- 1. Der er hydraulisk kapacitet i Lygte Å og Ladegårds Å, til at grundvandet [fra Kolonihaveparken] kan transporteres til De Indre Søer.*
- 2. Den hydrauliske kapacitet nedstrøms Sortedams Sø nord svarer til den foreslåede grundvandtilførsel på 170 m³/t. Hvilket giver en vandstand til daglig lige under kritisk kote i Indre Kastelsgrav. Dette er ikke ønskeligt, da der også strømmer vand til systemet fra Emdrup Sø og lokalt til Østre Anlæg og Kastelsgravene.*
- 3. I situationer efter der er tilledt skybrudsvand, og vandstanden i Peblinge Sø og Sortedams Søerne står højt og derfor ønskes sænket, så kan der ikke tilledes grundvand til søerne, da vandstanden så ikke sænkes. Det betyder, at der i en periode vil videreføres samme vandkvalitet fra De Indre Søer, som den tilledte regn har resulteret i; dvs. vand med ringere kvalitet end målsætningen. At gøre dette er muligvis ikke i overensstemmelse med Indsatsbekendtgørelsen § 10, stk. 1, da man aktivt flytter det forurenede søvand videre gennem vandsystemet."*

I rapporten (Krüger 2022) er det anført, at den foreslåede grundvandstilførsel på 170 m³/t er fastlagt i en tidligere rapport.

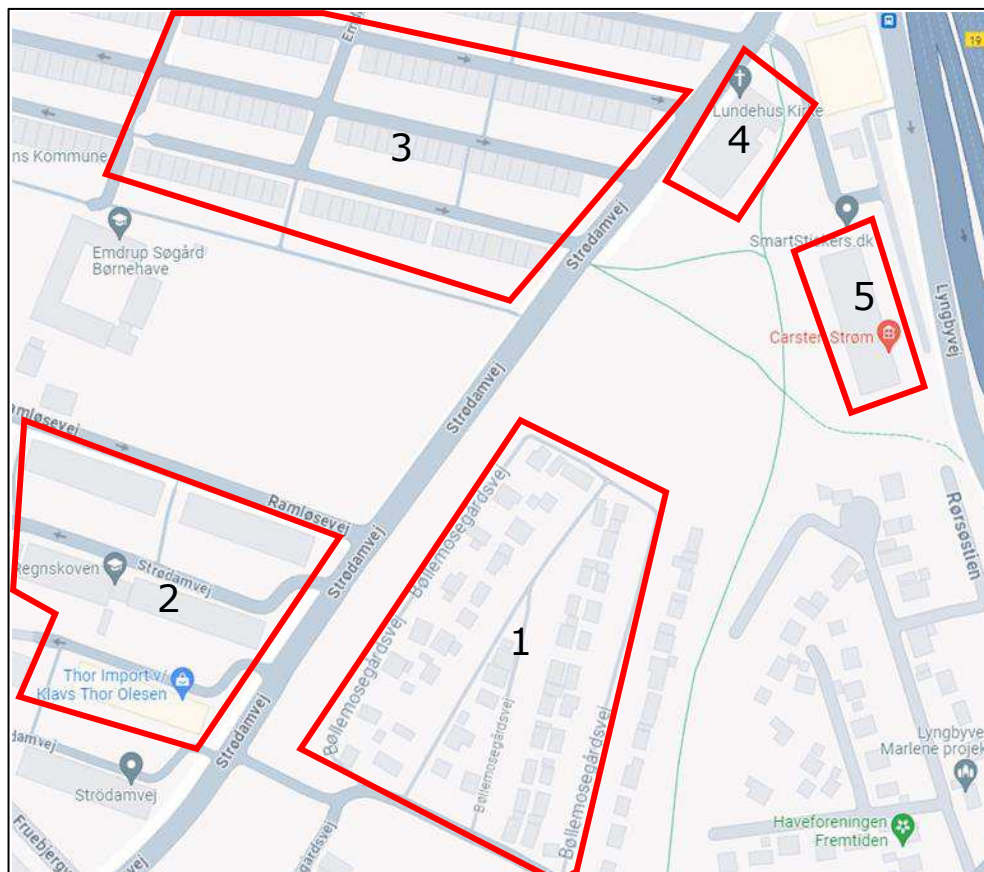
I nærværende rapport er det noteret, at der er kapacitet i ledningsnettet mellem Kolonihaveparken og DIS på op til 170 m³/t, mens der ikke er set nærmere på hydraulik og vandkvalitet i og nedstrøms DIS, da dette falder udenfor opdraget med nærværende rapport. Her henvises i stedet til Krügers rapport.

3.6 Funderingsforhold

På baggrund af den terrænnære geologi er der en risiko for, at de øvre jordlag (fyld) kan sætte sig i forbindelse med en grundvandssænkning. Der er foretaget en indledende undersøgelse af ejendommene inden for en radius på ca. 180 m fra pumpeboringen. Afstanden på 180 m svarer til det område, hvor det er vurderet, at oppumpningen kan medføre en sænkning af grundvandsstanden i fyldet, der overstiger den naturlige variation. Se afsnit 4.1.3 og 4.1.4 for detaljer.

Undersøgelsen har omfattet opslag af ejendommene i Bygnings- og Boligregisteret (BBR) og søgning efter tegninger i byggesagsarkivet. Formålet har været at få kendskab til opførelsesår, materialer samt evt. funderingstegninger. Derudover er der foretaget en besigtigelse fra offentlig vej for at se, om bygningerne umiddelbart bærer præg af skader, som kan indikere evt. svagheder ved bygningerne.

Omfang af undersøgelsen omfatter nogle af rækkehusene ved Emdrup Vænge, Lundehus kirke, etageejendommen på Lyngbyvej 133-141, kolonihavehuse i foreningen Venners Lyst H/F samt etageejendomme ved Strødamvej (inkl. Ramløsevej 1-7). Se markeringerne på Figur 3-11.



Figur 3-11 Omfang af ejendomme, som er indeholdt i undersøgelse. 1: Kolonihavehuse i foreningen Venners Lyst H/F, 2: Etageejendomme ved Strødamvej, 3: Rækkehuse ved Emdrup Vænge, 4: Lundehus kirke, 5: Etageejendom ved Lyngbyvej

Opsummering af opslag og registreringer er samlet i Tabel 3-6. Registreringen er foretaget onsdag den 10. januar 2024.











Tabel 3-6 Oplysninger om bygninger

Nr.		Type af bygning	BBR, bygningens opførelsesår	Information om fundament	Registrerede skadestyper
1	Kolonihaveforening Venners Lyst	Kolonihavehuse, mindre huse opført i træ med træbeklædte facader, lette konstruktioner. Flere ses med diverse tilbygninger.	Generelt er de opført i 1950'erne eller nyere (med en enkelt undtagelse fra 1932 jf. BBR)	Ud fra besigtigelsen, vurderes det at, hvor soklen har været synlig, er husene generelt sat på stolpesten. Der er ved registreringen set inddækninger ved sokkel af fibercementplader, sokkelblik eller hønsesten.	Enkelte huse "hælder/tipper".

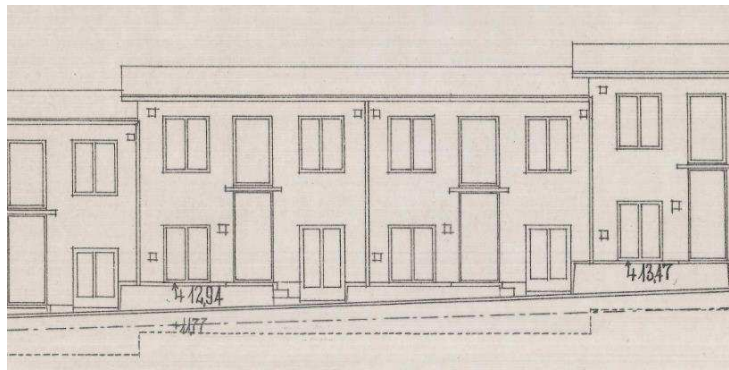
Nr.		Type af bygning	BBR, bygningens opførelsesår	Information om fundament	Registrerede skadestyper
2	Etageejendomme ved Strødamvej	Opført i murværk, 3 etager med kælder.	1953	Forventes funderet i beton til minimum frostfri dybde/ bæredygtigt lag grundet bygningens alder.	Generelt ingen skader registreret. Få revneudbedringer i sydlig facade ved østlige gavl, Ramløsevej 1. Udbedring af revner udspringer fra vinduer/gavl, og bærer ikke præg af at gå mod terræn.
3	Rækkehuse ved Emdrup Vænge	Opført i gult murværk, 2 etager på skrånende terræn.	1939	Jf. opslag i byggesagsarkivet forventes rækkehusene funderet på stribefundament i jernbeton. Fundering til forskellige dybder for øst- og vestfacader, samt funderingsdybde med niveauspring, som følger terrænskråning, se Figur 3-12 og Figur 3-13.	Registreret skader ved tagkonstruktion, ommuring af gavl ved nr. 71 og nr. 141. En del revner registreret for nr. 137-141, udspring fra vinduer og ikke tegn på at de går mod terræn. Generelt bløde fuger, der ses opmuring i cementbaseret mørtel med fugning i kalkmørtel/KC mørtel. Der er udført lokale reparationer i fugen.
4	Lundehus kirke	Opført i mursten med tagkonstruktion i træ.	1957	Forventes funderet i beton til minimum frostfri dybde/bæredygtigt lag grundet bygningens alder.	Enkelt revne i ydervæg mod sydvest, revne går til terræn.
5	Etageejendomme ved Lyngbyvej	Opført i gul mursten, 4 etager med kælder	1972	Forventes funderet i beton til minimum frostfri dybde/bæredygtigt lag grundet bygningens alder.	Ingen skader set ved registrering.

Fra registreringen er der udvalgt følgende fotos:

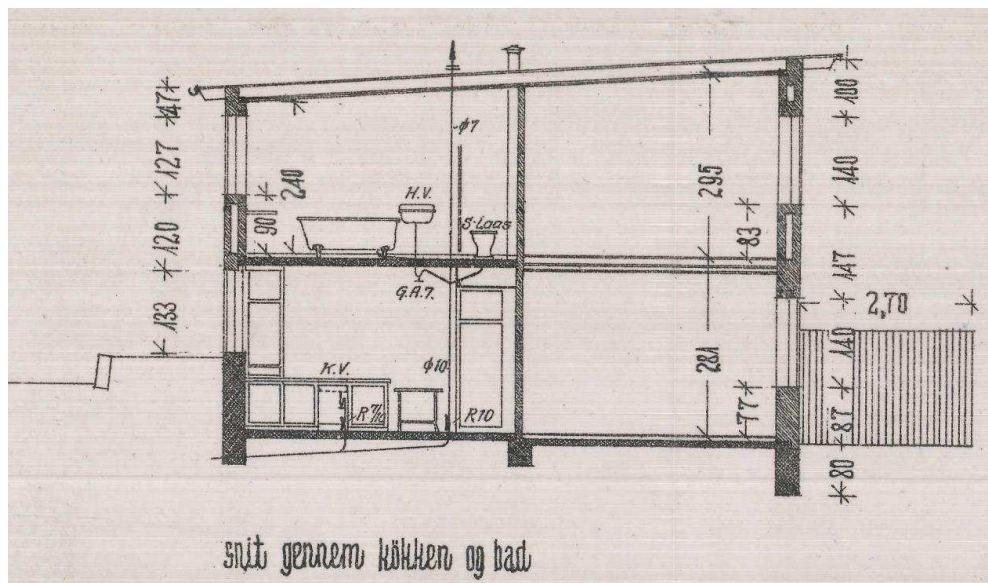
1			
	Bøllelosegårdsvej 7R, der jf. BBR er opført i 1932. Bygningen havde en	Kolonihavehus på stolpesten	Foreningens fælleshus, bygget ad flere omgange.

<p>tydelig hældning/tippede ved besigtigelsen.</p>		
<p>2</p>  <p>Typisk facadeudsnit for etageejendom ved Strødamvej</p>	 <p>Sammenbygning af to etageejendomme ved Strødamvej 28</p>	 <p>Revneudbedringer i sydlig facade ved østlige gavl, Ramløsevej 1</p>
<p>3</p>  <p>Gavl ved nr. 71</p>	 <p>Revne ved nr. 99 over dør</p>	 <p>Revne ved nr. 97 ved dør og vindue</p>
<p>4</p>  <p>Lundehus kirke</p>	 <p>Revne i facade mod sydvest</p>	 <p>Facade mod nordøst</p>
<p>5</p>  <p>Facade mod øst</p>	 <p>Facade mod øst</p>	 <p>Facade mod vest</p>

Fra byggesagsarkivet er der fundet følgende for rækkehusene ved Emdrup Vænge (område 3). Der er ikke fundet tegninger for fundering, men tegning for koter for fundering og daværende terræn, samt snittegning, som viser fundamenter. Jf. udsnit fra Københavns Bygningskommission er fundamenter opført "af kvalitetsbeton med tærningstyrke 56 kg/cm³ efter 28 døgn.". Tærningstyrken svarer til en trykstyrke på ca. 5,6 MPa, hvilket efter nuværende standarder ikke kategoriseres som en stærk beton.



Figur 3-12 Princip for hvordan rækkehuse i Emdrup Vænge følger det skrånende terræn

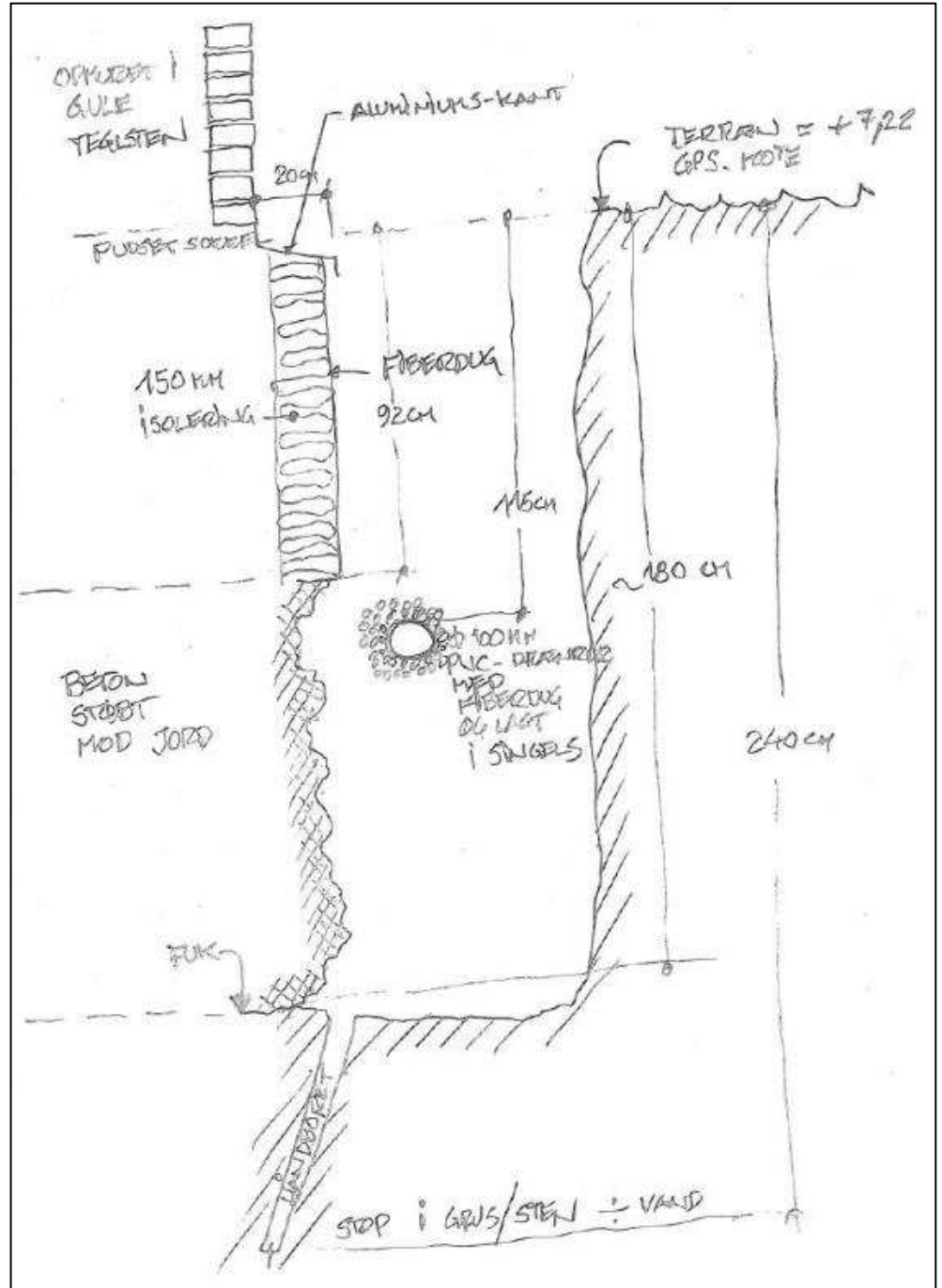


Figur 3-13 Snit af rækkehus, Emdrup Vænge. Skraveringen af fundamenterne har typisk været brugt for jernbeton, men der fremgår ikke en signaturforklaring på tegningerne.

om husenes konstruktion i almindelighed oplyses:
fundamenter og støbte ydermure af kvalitetsbeton med tærningstyrke 56 kg/cm³ efter 28 døgn. ydermure og skillemure af fuldbrændte teglsten. i nederste etage

Figur 3-14 Udsnit fra Københavns Bygningskommission, 6. oktober 1938, side 2.

Der er som en del af funderingsundersøgelser ved Emdrup Vænge udført en fri-gravning af fundamentet ved den østvendte gavl på rækkehusene Emdrup Vænge 201-215. Hele undersøgelser er vedlagt i Bilag D, mens en skitse af funderingen er vist i Figur 3-15.



Figur 3-15 Funderingsforhold ved den østvendte gavl af Emdrup Vænge 201-215. Kopi af figur fra bilag D.

Skitsen i Figur 3-15 viser, at rækkehusene er direkte funderet ca. 180 cm under terræn, hvilket stemmer overens med bygningsnittet i Figur 3-13.

4 Vurderinger

4.1 Mulig maksimal ydelse for oppumpning

COWI vurderer, at der er 6 parametre, der kan have en indflydelse på, hvor meget grundvand der kan indvindes fra området ved Kolonihaveparken. Disse er gennemgået i afsnit 4.1.1 til 4.1.7 til og opsummeret i 4.1.8.

4.1.1 Kapacitet i ledningsnet

Der skal være kapacitet i ledningsnettet til at håndtere det oppumpede grundvand. Jævnfør afsnit 3.5 er det tidligere vurderet, at der er en kapacitet i ledningsnettet mellem Kolonihaveparken og DIS på op til 170 m³/t. Dette er således den maksimale vandmængde, det giver mening at oppumpe.

4.1.2 Grundvandskemi

Grundvandets kvalitet må ikke forringes. Det er COWIs vurdering, at dette kan sikres, ved at grundvandsstanden ikke sænkes ned under kalkoverfladen i pumpeboringen eller ned i filteret i pumpeboringen, da dette kan medføre en tilførsel af ilt til kalken og dermed risiko for stigende koncentrationer af blandt andet nikkel og arsen.

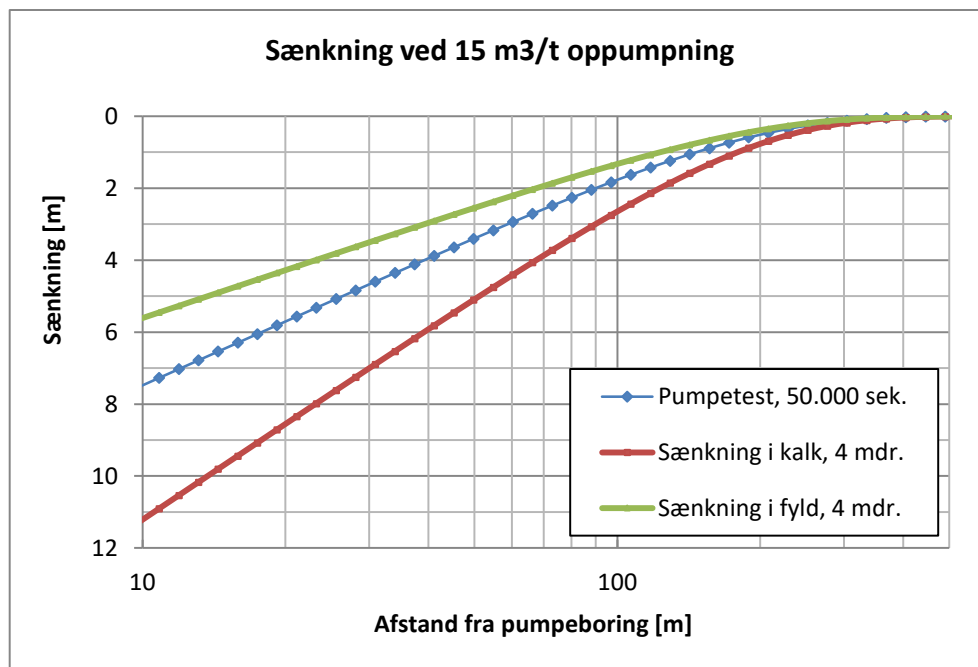
Den eksisterende grundvandsstand ved PB og MB ligger omkring kote +5,0 m, men falder markant i retning mod drænsystemet for motorvejen. Kalkoverfladen ligger jævnt omkring kote -8,0 m, mens filtertop i pumpeboringen ligger i kote -9,6 m. Idet der afsættes ca. 1,5 m til dykpumpen over filteret, kan vandstanden potentielt sænkes til kote -8,1 m eller i alt ca. 13,0 m lokalt ved pumpeboringen. For at indregne en sikkerhed og tage højde for sæsonvariationer og påvirkning fra en eller flere supplerende borer vurderes det dog, at sænkningen ikke bør overstige 11,0 m.

Under langtidsforsøget blev grundvandsstanden i PB sænket ca. 11,5 m fra kote +5,3 til kote -6,2 m ved pumpning med 15 m³/t. Virkningsgraden i PB er vurderet til ca. 50-60%, men kan forventeligt øges ved udsyring. Samlet vurderes det muligt at oppumpe ca. 15 m³/t fra PB i en periode på 4 måneder, uden at vandstanden sænkes ned i kalken.

Hvis der skal indvindes mere end ca. 15 m³/t er det COWIs vurdering, at dette kræver etablering af endnu en pumpeboring ca. 50 m fra den udførte boring PB. Med dette setup kan der forventeligt pumpes ca. 10-15 m³/t fra begge borer og dermed samlet oppumpes ca. 25 m³/t, uden at der sænkes under kalkoverfladen eller ned til filterslidserne. Begge borer bør dog udsyres én gang inden opstart af længerevarende oppumpning for at optimere virkningsgraden og minimere afsænkningen lokalt ved borerne. Under drift kan der være behov for udsyring, hvis virkningsgraden falder efter nogle år.

4.1.3 Sænkningssudbredelse

Baseret på parametrene tolket i prøvepumpningen er sænkningen som funktion af afstand til pumpeboringen beregnet og vist i Figur 4-1.



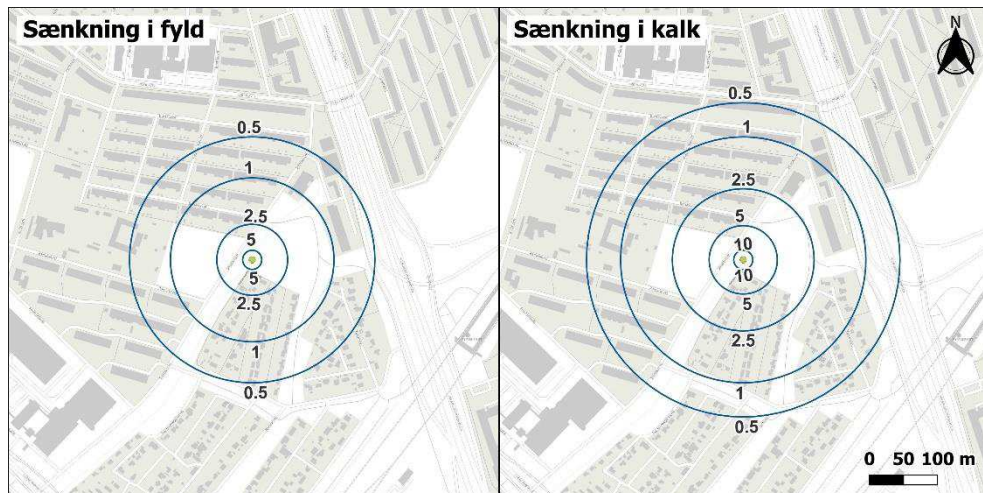
Figur 4-1 Tolket og vurderet sænkning som funktion af afstand.

Figuren viser følgende kurver: (a) den tolkede sænkningssgraf efter 50.000 sekunder (0,57 dag), (b) den beregnede sænkning i kalken efter 4 måneders pumpning og (c) den beregnede sænkning i fyld efter 4 måneders pumpning.

Alle grafer er baseret på oppumpning af 15 m³/t svarende til det anvendte i prøvepumpningen. Beregningen for driftsfasen er baseret på 4 måneders konstant oppumpning svarende til månederne maj, juni, juli og august, hvor søerne typisk er mest vandlidende.

Da tidsserierne for sænkning i observationsboringerne havde nærmet sig en stationær form efter 50.000 sekunder, se figur 7, 9 og 10 i bilag C, er det antaget, at sænkningen i kalken efter 4 måneder vil svare til 1,5 gange den tolkede sænkningssgraf. Efter 4 måneder antages 50% gennemslag fra kalk til fyld.

Sænkningernes udbredelse i plan for hhv. kalk og fyld er vist i Figur 4-2.



Figur 4-2 Vurderet sænkning i fyld (venstre) og kalk (højre).

I fyldet er der vurderet en sænkning på 1,0 og 0,5 m i afstande på hhv. ca. 120 m og ca. 180 m.

Der er i figuren antaget en uniform sænkning i alle retninger. I realiteten forventes en dæmpning mod nordøst pga. permanent dræning langs motorvejen.

4.1.4 Sætningsrisiko

Der er i forbindelse med prøvepumpningen registreret en sænkning i filtret, der er placeret i et sandlag fra 8-10 m under terræn i NHV-K4 på maks. ca. 0,25 m efter 3 døgns pumpning. Grundvandspejlet var dog fortsat faldende efter 3 døgn. Området omkring PB er tidligere moseområde jf. det historiske kort i Figur 3-4 samt jordartskortet i Figur 3-5, og der kan derfor være risiko for sætninger af terrænnære jordlag særligt syd og øst for PB men også op til ca. 100 m nord for PB, hvis grundvandspejlet sænkes mere end de normale sæsonvariationer. De historiske kort samt jordartskortet stemmer overens med, at der er set sætningsfølsomme lag i mange af borerne i området. Der er påvist tørv og gytje i 5 borer herunder MB-B. Disse typer af jordlag kan udgøre en stor risiko mht. sætninger, hvis grundvandsstanden sænkes. Senglacialt ler med organisk indhold kan også udgøre en risiko. Der er også set fyld og sand med organisk indhold. I dette materiale vurderes risikoen for sætninger pga. grundvandsænkning at være meget begrænset jf. SBI-anvisning 231.

I Tabel 3-2 i afsnit 3.2.2 er angivet oplysninger om bunden af de sætningsfølsomme lag samt den målte minimumsvandstand. Det vurderes, at de sætningsfølsomme jordlag, der ligger over minimumsvandstanden kun medfører en meget begrænset risiko for sætninger ved grundvandsænkning, da disse lag allerede har været "tørlagt". Omvendt kan sætningsfølsomme lag beliggende under minimumsvandstanden udgøre en risiko for sætninger pga. grundvandsænkning, da disse lag ikke tidligere har været drænet. For borerne filtersat i Øvre Sand ligger minimumsvandstanden op til 1 m højere end bunden af de sætningsfølsomme lag. Dette indikerer, at der er risiko for sætninger, hvis grundvandsstanden sænkes yderligere. Den naturlige variation i grundvandsstanden er observeret til $\pm 0,3$ m, jf. afsnit 3.2.2. Over en længere periode vurderes den

naturlige variation at være $\pm 0,5$ m. Der vurderes at være størst potentiel sætningsrisiko for bygninger indenfor kurven med 0,5 m sænkning i fyldet, da mindre sænkninger over en 4 måneders periode ikke vurderes at være kritiske.

Eventuelle sætninger vurderes umiddelbart at ville have størst påvirkning af rækkehusene ved Emdrup Vænge (område 3 i Figur 3-11), grundet at de jf. Figur 3-4 og Figur 3-5 ligger på et tidligere engareal. Rækkehusene har til nu ikke tegn på at udvikle sætningsskader og fundamentfrigravningen (MB-C) viser da også, at rækkehusene er direkte funderet på bæredygtige aflejringer af senglacialt sand ca. 1,8 m under terræn, ligesom de sætningsfølsomme lag af tørv observeret i boring MB-B ligger over grundvandsstanden og derfor ikke påvirkes af en grundvandssænkning. Risikoen for sætningsskader pga. grundvandssænkning vurderes derfor at være meget lille. Hvis rækkehusene mod forventning påvirkes af grundvandssænkningen, vil det formentligt komme til udtryk som differenssætninger, der kan resultere i revner i de konstruktivt svageste punkter. Der må i så fald forventes, at gentagne grundvandsoppumpninger vil kunne resultere i gentagne og/eller forøgede revnedannelser.

Eventuelle sætninger vurderes mindre kritiske for etageejendommene ved Strødamvej (område 2 i Figur 3-11) og Lyngbyvej (område 5 i Figur 3-11), samt Lundehus Kirke (område 4 i Figur 3-11) grundet bygningernes opførelsesår, størrelser og registrerede skadestyper. Der er således ikke tegn på sætningsrevner i ejendommene, selv hvis bygningerne ligger i områder påvirket af permanent dræning fra motorvejen.

Eventuelle sætninger vurderes også at være mindre kritiske for kolonihavehusene (område 1 i Figur 3-11), da de formentligt ikke vil blive påvirket. Kolonihavehusene er lettere, mindre træhuse med diverse tilbygninger, som er bygget af forskellige ejere og med varierende fundering, formentligt på stolpesten. Der er set enkelte kolonihaver som "hælder/tipper" på nuværende tidspunkt. Formentligt vil de ikke blive påvirket af grundvandssænkningen, men der kan være en risiko for, at de vil opleve en påvirkning i perioden, hvor der pumpes, og en efterfølgende stabilisering i forbindelse med at pumpning stopper, og grundvandet genfinder sin naturlige variation.

Situationen kompliceres af, at vandbehovet til de indre søer er størst om sommeren, hvor det naturlige grundvandsspejl normalt er lavest. Omvendt er der ikke set tykke lag af meget sætningsfølsomme aflejringer såsom tørv, gytje eller fyld med højt indhold af organisk materiale.

Samlet vurderes det, at der kan oppumpes 15-30 m³/t uden sætningsrisiko i de terrænnære lag. Der anbefales dog følgende tiltag i forbindelse med opstart af en eventuel oppumpning:

- > Det anbefales, at en eventuel sætning monitoreres ved opsætning af nivellimentsbolte i de nærmeste rækkehuse i området inden for den vurderede sænkning af fyld, Figur 4-2, hvor der foretages en måling hurtigst muligt, lige inden opstart af grundvandspumpning samt efterfølgende.

- > Derudover anbefales det, at der, inden grundvandspumpningen opstartes, udføres en udvendig fotoregistrering samt optegning af skader for rækkehusene, samt for etageejendommene ved Strødamvej og Lyngbyvej, og Lundehus Kirke.
- > Det vurderes, at der selv med de førnævnte undersøgelser fortsat vil være behov for monitoring i borer i området herunder MB, MB-A og MB-B til at dokumentere, at grundvandsspejlet ikke sænkes under fastlagte styringsniveauer samt at sænkninger i MB-A og MB-B ikke medfører sætningsskader på rækkehusene.

4.1.5 Eksisterende indvinding

Oppumpningen må ikke påvirke eksisterende vandindvinding. Der er ca. 800 m til ATES-anlægget på Bispebjerg samt forsyningsboringen samme sted.

En afstand-sænkning tolkning på langtidspumpeforsøget viser en sænkning på 0 m i en afstand på 800 m efter ca. 3 døgn. Baseret på dette vurderes længerevarende indvinding af 15 m³/t og 30 m³/t af medføre sænkninger under hhv. 0,1 og 0,2 m, hvilket vurderes at være uden betydning for ATES anlægget.

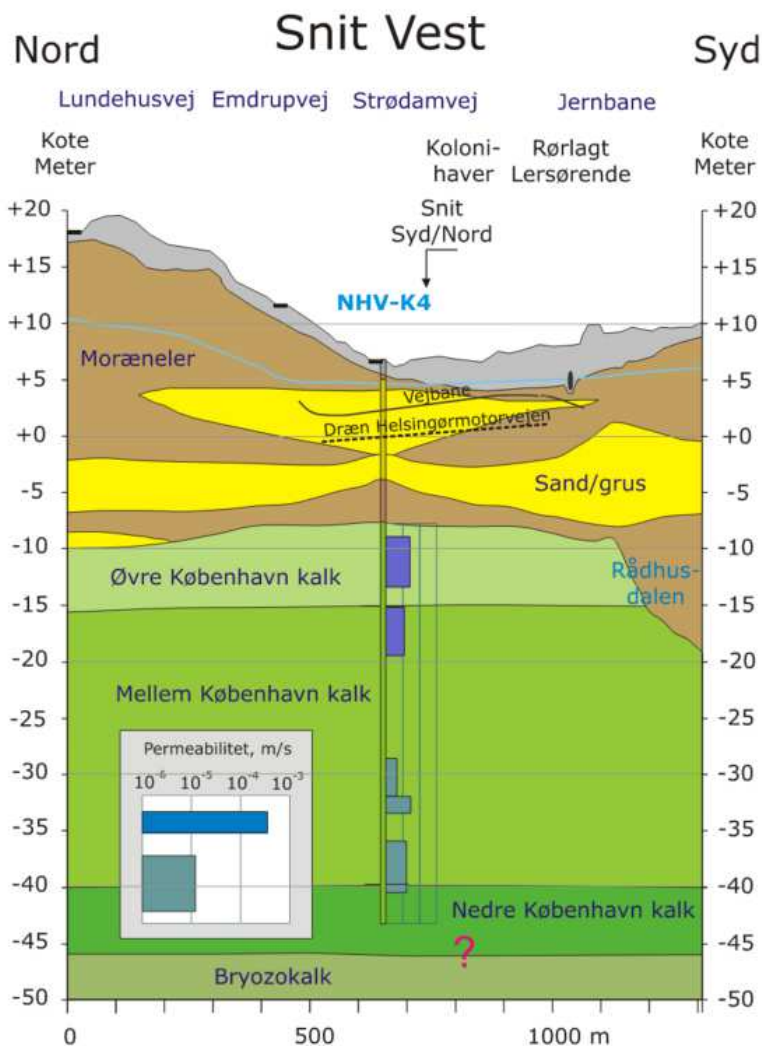
4.1.6 Dræning ved Helsingørmotorvejen

Der ligger et drænsystem under Helsingørmotorvejen på strækningen mellem Emdrupvej og jernbanebroen over motorvejen. Grundvandsstanden må ikke sænkes til et niveau, der ligger under drænsystemet, da der i så fald kan være risiko for, at iltning medfører okkerudfældning i drænledningerne.

Det har trods kontakt med Vejdirektoratet ikke været muligt at finde detaljerede tegninger af drænledningerne, men Figur 4-3 og Figur 4-4 viser hhv. plankort samt principskitse af drænene.



Figur 4-3 Placering af dræn og bassiner og koter til bund af ledninger og af bassiner. Kopi af figur fra Rambøll 2010. Bemærk orientering af nordpil.



Figur 4-4 Forenklet geologisk snit langs drænene. Kopi af figur fra (Rambøll 2010).

Oversiden af motorvejen ligger i kote ca. +3,0 m nærmest boringerne og i kote ca. +2,1 m umiddelbart syd for krydsningen med Emdrupvej. Drænsystemet er i (Rambøll 2010) oplyst at ligge 2-3 m dybere end vejen, hvilket svarer til, at de dybeste dele ligger lige under kote 0 m. Dette passer med, at grundvandspotentialekortet omkring drænene viser et potentiale omkring kote 0 m. De højest liggende dele af drænsystemet ligger i kote ca. +2 m, og det vurderes derfor, at grundvandsstanden ikke bør sænkes under kote +2,5 m i de kvartære lag ved motorvejen.

Der er ca. 175 m fra PB til motorvejen. Baseret på prøvepumpningen estimeres det, at sænkningen i kalken ved motorvejen er 0,6-0,7 m efter ca. 3 døgn. Effekten i de kvartære lag vil være mindre, men det antages, at der vil være ca. 50% gennemslag. Samlet vurderes længerevarende oppumpning af 15 m³/t og 30 m³/t at medføre sænkninger af grundvandsspejlet i de kvartære lag ved motorvejen på hhv. under 0,4 m og under 0,8 m.

Reelt vil oppumpningen dog ikke medføre en fald i grundvandsspejlet, da dette allerede er fikseret af drænene. I stedet vil oppumpningen medføre en reduktion af tilstrømningen til drænene. Denne er i (Rambøll 2010) vurderet til ca. 15 m³/t

i en sommersituation. Det er som beskrevet i afsnit 3.2.1 tidligere konkluderet, at drænvandet ikke er egnet til at lede til DIS.

Den samlede vurdering er, at der ikke vil ske nogen påvirkning af drænsystemet ved indvinding af 15-30 m³/t i området ved PB.

4.1.7 Naturområder

Oppumpningen må ikke føre til, at beskyttede våde naturområder påvirkes negativt. Der er ca. 650 m til nærmeste beskyttede naturområde, som er Emdrup Sø.

Baseret på prøvepumpningen vurderes længerevarende oppumpning af 15-30 m³/t at medføre en påvirkning i primært magasin på 0,2-0,3 m i området under søen. Søen har forventeligt ikke hydraulisk kontakt med primært magasin, og derfor vurderes det, at der ikke vil være en påvirkning på søen. Det samme vil gælde for andre våde naturområder i større afstand af pumpeboringen.

Påvirkning af naturområder er dermed ikke begrænsende for en indvinding på 15-30 m³/t i området omkring PB.

4.1.8 Opsummering

Det vurderes, at to faktorer er dimensionsgivende for, hvor meget der kvantitativt kan oppumpes fra området uden kritiske påvirkninger på omgivelserne: 1) Påvirkning af grundvandskvaliteten og 2) Sætningsrisiko.

- > Der vurderes muligt at oppumpe op til samlet ca. 30 m³/t fordelt på to borer, uden der sker sænkning af grundvandsspejlet til under overside af kalken.
- > Det vurderes muligt at oppumpe 15-30 m³/t uden at der opstår sætningsrisiko i de terrænnære jordlag lokalt ved borerne. Der vil sandsynligvis i den første periode med indvinding være behov for monitoring til at kontrollere dette.

4.2 Vurdering af behov for vandbehandling

4.2.1 Vandanalyser

Der er i projektet udtaget to vandprøver fra Peblinge Sø i København, for at kunne sammenstille vandkvaliteten i søen med grundvandskvaliteten. Der er i projektet gennemført to prøvepumpninger for at undersøge kvaliteten af grundvandet. Der er først foretaget et kortvarigt forsøg den 04.09.2023 (4-trins forsøg). Der er senere foretaget et længere varende forsøg over 3 døgn den 08.09.2023. I Tabel 4-1 på næste side er vist resultaterne af de uorganiske vandanalyser i sagen.

Tabel 4-1 Oversigt over uorganiske analyseresultater i Peblingesø og i boreriger ved Strømdamvej.

Parameter	Enhed	Peblingesø, Søpavillion	Peblingesø, Dr. Louises bro	4-trins forsøg	3-døgns forsøg	Generelt kvalitetskrav BEK 796
Prøvenr.		223912	223913	201933	207755	
Modtaget		04-10-22	04-10-22	04-09-23	08-09-23	
pH	pH	9	8,5	7,8	7,4	
Ledningsevne	mS/m	59	59	49	49	
Mangan, Mn	mg/l	0,0035	0,0087	0,019	0,012	0,15
Calcium, Ca++	mg/l	28	32	87	82	
Magnesium, Mg++	mg/l	7,9	7,9	12	12	
Kalium, K+	mg/l	3,1	3	2,0	1,8	
Natrium, Na+	mg/l	74	70	9,0	9,0	
Jern, Fe	mg/l	0,053	0,49	0,41	0,34	
Jern, Fe, opløst	mg/l			0,23	0,30	
Ammonium+ammoniak, NH4+	mg/l	0,03	0,039	0,15	0,16	
Nitrit, NO2-	mg/l	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	
Nitrat, NO3-	mg/l	0,43	<0,10	<0,10	<0,10	
Oxygen, opløst, O2	mg/l	9,2	9,3	0,2	0,8	
Total phosphor, P	mg/l	0,018	0,026	0,056	0,010	
Chlorid, Cl-	mg/l	150	140	18	17	
Fluorid, F-	mg/l	0,19	0,19	0,46	0,50	
Sulfat, SO4--	mg/l	22	24	16	19	
Hydrogencarbonat, HCO3-	mg/l	58	74	290	270	
Aggressiv kuldioxid, CO2	mg/l	<2	<2	<5	<5	
Inddampningsrest	mg/l	400	390			
NVOC	mg/l	7,6	7,2	0,82	0,77	
Bor, B, Filt Felt	µg/l	53	56	33	33	94
Arsen, As	µg/l	1,6	1,3	3,5	3,1	4,3
Arsen, As, Filt Felt	µg/l	1,6	0,98	3,4	3,2	4,3
Bly, Pb	µg/l	0,19	0,34	0,24	0,059	1,2
Bly, Pb, Filt Felt	µg/l	0,18	0,051	0,053	<0,025	1,2
Bor, B	µg/l	56	70	34	34	94
Cadmium, Cd	µg/l	<0,0030	<0,0030	0,024	0,0032	0,15
Cadmium, Cd, Filt Felt	µg/l	<0,0030	<0,0030	0,0060	<0,0030	0,15
Barium, Ba	µg/l	36	34	52	58	19
Barium, Ba, Filt Felt	µg/l	36	34	50	57	19
Chrom, Cr	µg/l	0,062	0,068	0,37	0,049	3,4
Chrom, Cr, Filt Felt	µg/l	0,066	0,04	0,067	0,025	3,4
Kobber, Cu	µg/l	0,76	1,1	0,79	0,53	4,9
Kobber, Cu, Filt Felt	µg/l	0,75	0,45	0,91	<0,030	4,9
Kobolt, Co	µg/l	0,082	0,13	0,37	0,11	0,28
Kobolt, Co, Filt Felt	µg/l	0,083	0,11	0,11	0,032	0,28
Kviksølv, Hg	µg/l	<0,0010	0,0011	<0,0010	<0,0010	
Kviksølv, Hg, Filt Felt	µg/l	<0,0010	0,001	<0,0010	<0,0010	
Nikkel, Ni	µg/l	0,83	1	1,8	0,32	4,0
Nikkel, Ni, Filt Felt	µg/l	0,86	1	1,0	0,12	4,0
Zink, Zn, Filt Felt	µg/l	1,1	0,95	11	5,9	7,8
Zink, Zn	µg/l	2,1	2,3	13	6,1	7,8

Ses der på de uorganiske vandanalyser for de to prøveboringer, ligger kun barium over miljøkvalitetskravet for en fersk recipient, som det fremgår af BEK 796 fra 13.06.2023, se kravene i sidste kolonne i Tabel 4-1. Det skal nævnes, at baggrundskoncentrationen kan tillægges til de 19 µg/l, som er miljøkvalitetskravet.

De landsdækkende baggrundskoncentrationer fremgår af rapport fra Miljøministeriet fra juni 2023 "Retningslinjer for udarbejdelse af vandområdeplaner 2021-2017". Tabel 5 i denne rapport er anført nedenfor:

Tabel 5. Baggrundskoncentrationer som skal tilføjes de i bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål fastsatte værdier for henholdsvis generelle kvalitetskrav og maksimumkoncentrationer for metaller i kystvande, søer og vandløb. Koncentrationerne er angivet i mg/kg TS for sediment og µg/L for vand.

Medie	Matrice	Parameter	Tilføjes værdi for generelt kvalitetskrav	Tilføjes værdi for maksimumkoncentration
Kystvande	Sediment	Cadmium	0,068	-
Søer	Sediment	Cadmium	0,288	-
		Vanadium	10	-
Vandløb	Sediment	Cadmium	0,15	-
		Vanadium	10	-
	Vand	Barium	17	-
		Zink	1,6	1,6
		Kobber	0,48	0,48
		Vanadium	0,134	0,134

Det fremgår, at baggrundskoncentrationen for barium i vand er 17 µg/l, hvilket betyder, at miljøkvalitetskriteriet for barium i en fersk recipient er $19 + 17 = 36$ µg/l.

Det gælder også for enkelte andre parametre, at baggrundskoncentrationen kan tillægges. For zink er baggrundskoncentrationen 1,6 µg/l svarende til, at miljøkvalitetskriteriet for zink i en fersk recipient er $7,8 + 1,6 = 9,4$ µg/l.

Analyseresultaterne fra de to prøvepumpninger er en anelse forskellige for udvalgte parametre. Det vurderes som udgangspunkt, at analyseresultaterne fra 3 døgn forsøget bedst vil svare til den vandkvalitet, som kan opnås, når der pumpes vand op i en længere periode. Det fremgår da også, at flere parametre ligger højere i 4-trins forsøget end i 3 døgn forsøget, hvilket sandsynligvis skyldes, at boringen kan indeholde lidt flere "urenheder" i starten af en prøvepumpningsperiode.

Det skal nævnes, at alle de målte uorganiske parametre i prøverne fra Peblinge Sø ligger under miljøkvalitetskriteriet for ferske recipienter. Dog ligger koncentrationen af barium tæt på kravværdien på 36 µg/l.

Der er desuden lavet analyse af BTEXN, kulbrinter, PAH-forbindelser samt chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter heraf. Analyseresultaterne fremgår af Tabel 4-2. Det fremgår af disse analyser, at alle parametre undtagen toluen ligger under detektionsgrænsen for de anvendte analysemetoder. Højeste koncentration af toluen i prøveboringerne er 0,11 µg/l, hvilket ligger langt under miljøkvalitetskriteriet på 74 µg/l gældende for ferske recipienter.

Det skal desuden nævnes, at vandanalyserne for de organiske parametre i Peblinge Sø alle ligger langt under de gældende miljøkvalitetskriterier for ferske recipienter.

Tabel 4-2 Oversigt over vandanalyser for organiske parametre i Peblinge Sø og i prøvboringer ved Strømdamvej.

Parameter	Enhed	Peblingesø, Søpavillion	Peblingesø, Dr. Louises bro	4-trins forsøg	3-døgns forsøg	Generelt kvalitetskrav BEK 796
Prøvenr.		223912	223913	201933	207755	
Modtaget		04-10-22	04-10-22	04-09-23	08-09-23	
HS BTEXN						
Benzen	µg/l	0,031	<0,020	<0,020	<0,020	10
Toluen	µg/l	0,79	<0,020	0,026	0,11	74
Ethylbenzen	µg/l	0,15	<0,020	<0,020	<0,020	20
Xylener (o-,m- og p-xylen)	µg/l	0,69	<0,040	<0,040	<0,040	10
Naphtalen	µg/l			<0,020	<0,020	2
Kulbrinter i vand						
Kulbrinter n-C6 - n-C10	µg/l	5,3	<5,0	<5,0	<5,0	
Kulbrinter >n-C10 - n-C15	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Kulbrinter >n-C15 - n-C20	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Kulbrinter >n-C20 - n-C35	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Total kulbrinter (C6-C35)	µg/l	5,3	<5,0	<5,0	<5,0	
PAH'er 16 komp.						
Naphtalen	µg/l	0,12	<0,010	<0,010	<0,010	2
Acenaphtylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	1,3
Acenaphten	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	3,8
Fuoren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
Phenanthren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	1,3
Anthracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,1
Fluoranthen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0063
Pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,0046
Benzo(a)anthracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,012
Chrysen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(b+j+k)fluoranthener	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	(11)
Benz(a)pyren	µg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	1,7 x 10 ⁻⁴
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	(11)
Dibenzo(a,h)anthracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
Benzo(ghi)perylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	(11)
Benz(e)pyren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
PAH, sum påviste (EPA - 16 komp.)	µg/l	0,12	<0,010	<0,010	<0,010	
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 972, 2022)	µg/l	<0,10	<0,10			
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 1023, 2023)	µg/l			<0,10	<0,10	
PAH, sum af 6 komp. jf. bek. 972, 2022	µg/l	<0,010	<0,010			
PAH, sum af 6 komp. jf. bek. 529, 2023	µg/l	i.a.	i.a.	<0,010	<0,010	
HS Chlor. og nedbr.		:	:			
Trichlormethan (Chloroform)	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	2,5
1,1,1-trichlorethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	
Tetrachlormethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	12
Trichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	10
Tetrachlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	
Chlorethan	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Vinylchlorid	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,05
1,1-dichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	6,8
trans-1,2-dichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	
cis-1,2-dichlorethylen	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	
1,2-dibromethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	0,002
1,2-dichlorethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	10
1,1-dichlorethan	µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	18
1,1,2-trichlorethan	µg/l					
Dichlormethan	µg/l					20
1,2-dichlorpropan	µg/l					

4.2.2 Behov og mulighed for vandrensning

Med udgangspunkt i de analyserede vandprøver fra prøvepumpningerne er behovet for rensning af vandet vurderet.

Hvis myndighederne forlanger, at det vand, som ledes til søerne, skal overholde recipientkvalitetskriteriet for ferske recipienter, skal der etableres en renseproces, der kan fjerne barium, så koncentrationen kommer under 36 µg/l. Analyserne fra prøveboringerne tyder på, at bariumkoncentrationen i det oppumpede grundvand vil ligge mellem 50 og 60 µg/l, hvilket er en overskridelse af recipientkvalitetskriteriet.

De øvrige parametre vil sandsynligvis alle ligge under de respektive recipientkvalitetskriterier.

COWI har undersøgt, hvilke rensemetoder, der vil kunne anvendes til fjernelse af barium ved lave koncentrationer, som der findes i grundvandet. Så vidt det er COWI bekendt, er der herhjemme ingen praktiske erfaringer med rensning af grundvand med forhøjet bariumkoncentration. Der findes så vidt vides heller ingen BAT-metode til rensning af bariumholdigt grundvand. Derfor er der listet nogle mulige rensemetoder, og disse er vurderet i forhold til den aktuelle sag.

- > Ionbytning af grundvand (f.eks. blødgøring).
- > Fjernelse af barium ved nanofiltrering eller omvendt osmose.
- > Fjernelse af barium ved selektiv ionbytning.
- > Fjernelse af barium ved reaktion med jernholdig adsorbent.

Ionbytning

Ved ionbytning er det muligt at fjerne alle ioner – både positive og negative ioner – fra vand. På den måde kan barium tilbageholdes i en kationbytter sammen med de mere almindelige kationer i grundvand så som natrium, kalium, calcium og magnesium. Ved denne metode bliver ionbytningsharpiksen hurtigt mættet med ioner, og den skal regenereres. Hvis der anvendes et såkaldt blødgøringsanlæg, vil det være muligt at tilbageholde de positive ioner calcium og magnesium sammen med barium. Når harpiksen er mættet, skal den regenereres med salt, og der dannes en stor mængde eluat, der er en koncentreret vandopløsning med calcium, magnesium, barium og natriumchlorid. Dette eluat vil typisk være 5-10% af den behandlede vandmængde, og det afledes normalt til kloak. Dette vurderes at være en dyr og krævende metode, når det blot er en meget lille mængde barium, der skal fjernes, og når denne højst udgør 0,05% af hele den ionmængde, der tilbageholdes.

Det er således nødvendigt at fjerne store mængder calcium og magnesium, for at fjerne en lille mængde barium, og herved ændres vandets saltindhold, så der tilføres natrium i stedet for den mængde calcium, magnesium og barium, der fjernes. Det er ikke nødvendigvis ønskeligt at fjerne andre ioner, når vandet skal anvendes til opspædning af søerne. Det skal nævnes, at det eventuelt vil være muligt at nøjes med at rense en del af grundvandet, hvis det rensede vand indeholder meget lidt barium. I så fald vil det nemlig være muligt at blande rensset

grundvand og urensset grundvand i et sådant forhold, at blandingen ligger under recipientkvalitetskriteriet for barium.

Samlet konkluderes det, at ionbytning er en mulig løsning, men den er dyr. Dels skal store mængder vand ledes til kloak i forbindelse med regenerering, hvilket koster et betydelig beløb i kloakbidrag. Dels skal der anvendes meget salt til regeneration af ionbytningsanlægget. Desuden ændres vandets grundsammensætning, hvilket igen påvirker vandsammensætningen i søerne.

Nanofiltrering og omvendt osmose

Grundvandet kan også renses ved en membranproces – nanofiltrering eller omvendt osmose.

Ved omvendt osmose tilbageholdes i princippet alle salte i vandet og dermed også bariumioner. Det rensede vand (permeatet) kan ledes til søerne eventuelt i en blanding med urensset grundvand, så blandingen ligger under miljøkvalitetskravet for barium. Ved omvendt osmose bliver der imidlertid også et koncentrat, der indeholder de frafiltrede salte i koncentreret form (typisk 5-10%), og dette koncentrat skal bortskaffes, hvilket typisk foregår ved at lede det til kloak. Det koster et betydeligt beløb i kloakafgifter.

Ved nanofiltrering ligner processen omvendt osmose, men da porerne i en nanofilter membran er større end i en osmosemembran, vil det rensede vand (permeatet) indeholde lidt flere salte end i permeatet fra omvendt osmose. Groft kan det siges, at et nanofilter kan tilbageholde divalente ioner (f.eks. barium), mens monovalente ioner (f.eks. natrium) løber igennem membranen og findes i det rensede vand (permeatet). Hvis barium fjernes meget effektivt, kan man måske nøjes med at rense en del af vandet og blande det rensede vand op med urensset vand.

Ved en nanofilter løsning fjernes færre salte fra vandet end ved omvendt osmose, hvilket måske er en fordel af hensyn til saltbalancen i søerne. Dette bør vurderes nærmere, hvis der skal arbejdes videre med en membranrensningsproces. Ved nanofiltrering dannes der ligesom ved omvendt osmose en forholdsvis stor mængde koncentrat, der bortskaffes ved udledning til kloak.

Selektiv ionbytning af barium

Ved traditionel ionbytning af grundvand fjernes alle ioner ved en total afsaltning, mens det ved en blødgøring af vandet kun er de positive ioner calcium, magnesium og barium, der udbyttes med natrium-ioner. Det skulle være muligt at anvende en særlig ionbytterharpiks, som selektivt kan fjerne barium fra vandet uden samtidig at fjerne calcium og magnesium. På den måde belastes ionbyttermassen med langt færre ioner - typisk 0,05% i forhold til total ionbytning. Det betyder, at ionbytteren kan holde meget lang tid, før den skal regenereres eller udskiftes. Det rensede vand fra den selektive ionbytning har i princippet samme sammensætning som vandet har før ionbytningen. Kun en meget lille smule barium er blevet erstattet med natrium.

Firmaet DOW har udviklet en særlig ionbytterharpiks (DOWEX RSC), der selektivt kan fjerne radium i grundvand. Det har imidlertid vist sig, at denne harpiks også selektivt kan fjerne barium i grundvand. Så vidt COWI ved, har denne harpiks ikke været anvendt i Danmark, men ifølge DOW har den været anvendt i USA og andre lande. Vandbehandlingsfirmaet Silhorko bekræfter, at de ikke har kendskab til, at denne harpiks har været anvendt i Danmark. Både Silhorko og COWI har kendskab til anvendelse af andre selektive harpikser – f.eks. TP207, der selektivt kan fjerne tungmetaller i vand. Desværre er TP207 ikke velegnet til selektiv fjernelse af barium. Hvis den selektive barium ionbytterharpiks DOWEX RSC er så effektiv, som dokumentationen fra DOW beskriver, vil den let kunne implementeres – f.eks. i Silhorkos eksisterende selektive ionbytningsanlæg, der er designet til anvendelse af TP207 til selektiv fjernelse af tungmetaller i vand.

Umiddelbart forekommer den selektive barium ionbytter at være en brugbar løsning til fjernelse af barium i grundvandet, der skal bruge til opspædning af søerne.

Adsorption af barium på jernoxid

Nogle østrigske forskere har undersøgt barium adsorption på en række adsorptionsmidler. Dette er nærmere beskrevet i artikelen *Removal of Barium from Solution by Natural and Iron(III) Oxide-Modified Allophane, Beidellite and Zeolite Adsorbents* (Baldermann et al, 2020).

Det ser ud til, at det er muligt at tilbageholde barium på et jernoxidholdigt adsorptionsmiddel, men forsøgene er ikke lavet ved så lave bariumkoncentrationer, som der ses i grundvandet fra Strødamvej.

Der findes mindst to kendte adsorptionsmidler på markedet baseret på jernoxid og eller jernhydroxid. Det ene er Bayoxide EN20 fra det tyske firma Lanxess, og det andet er GEH 101 fra GEH Wasserchemie i Tyskland. COWI har testet de to adsorbenter til fjernelse af tungmetaller og arsen, men det er ikke testet til fjernelse af barium. De to leverandører har tilsyneladende heller ingen erfaringer med at anvende produkterne til at fjerne barium. Selv om det kunne være en interessant løsning, mangler der tekniske dokumentation for, at den kan anvendes til at fjerne lave koncentrationen af barium i grundvand, så det må foreløbig betragtes som en løst teori.

4.2.3 Løsningsforslag

Ved en vurdering af de fire ovenfor nævnte metoder synes selektiv ionbytning umiddelbart at være den mest attraktive ud fra en teknisk-økonomisk vurdering. Det vides fra udlandet, at metoden kan anvendes til selektiv ionbytning af barium, og det er umiddelbart mere attraktivt og billigere at anvende selektiv ionbytning i stedet for almindelig ionbytning og blødgøring.

Membranprocesser vil rent teknisk også kunne anvendes, men de vurderes umiddelbart som dyrere og mere komplicerede.

Derfor er i det følgende kort beskrevet COWIs anbefalede løsning, som er selektiv ionbytning af barium. Beskrivelsen er en teknisk løsning med økonomisk overslag. Den er udarbejdet i samarbejde med Silhorko, som kan levere det udstyr, som indgår i en sådan løsning.

DOW anfører følgende specifikationer for deres selektive harpiks, DOWEX RSC:

Typical Physical Properties¹

Physical form	Spheres
Total exchange capacity	0.65 meq/mL (min.)
Water retention capacity	65 - 75%
Packing density	49 lb/cu ft 780 g/L
True density	1.18 - 1.25 g/cc
Estimated capacity	10 - 20 nanocuries/gram
Particle size analysis	
Through 40 mesh, max.	8%
Through 50 mesh, max.	1%

¹ Typical properties, not to be considered sales specifications.

General Design Criteria

1. Throughput of 10 gpm/square foot of bed.
2. Bed depth should be at least three feet deep.
3. Tanks and piping may be steel, lined or unlined, as per normal corrosion criteria.
4. Piping system should be designed to permit backwashing.
5. Tank size should allow 75-100% bed expansion during backwash.
6. Prefiltration for particulate matter is necessary.
7. Double tank system will allow DOWEX RSC resin in the lead tank to be completely loaded before change-out.

Kapaciteten angives til minimum 0,65 meq/ml. 1 meq barium er 68,67 mg. Det betyder, at 1 ml harpiks kan binde 0,65 meq barium svarende til 44,63 mg. Forudsættes at 1 m³ grundvand indeholder 55 µg/l = 55 mg/m³ vil 1 m³ grundvand forbruge 1,23 ml harpiks. Ved et flow på 15 m³/t forbruges 18,45 ml harpiks pr. time svarende 443 ml harpiks pr. døgn eller 161,7 liter pr. år.

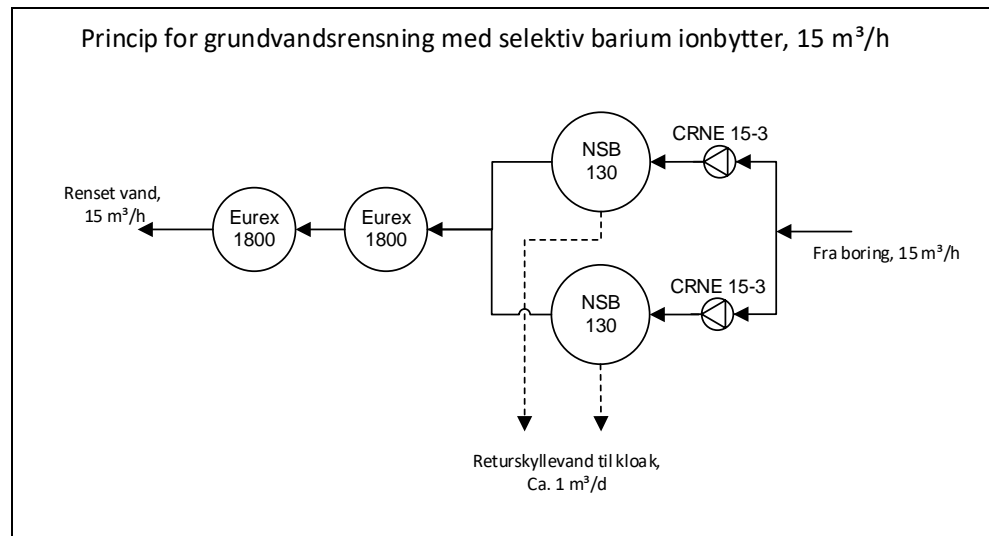
DOW anbefaler, at der anvendes 2 kolonner i serie og et maksimalt flow på 20 bedvolumen pr. time. Det betyder, at der ved et flow på 15 m³/t skal være en fyldvolumen (bedvolumen = BV) på mindst 750 liter i de to kolonner tilsammen.

Da vandet indeholder lidt jern (ca. 0,34 mg/l), skal jernet iltes, og udfældet jernhydroxid skal frafiltreres, før vandet kan ledes gennem et selektivt ionbytningsanlæg. Jern iltes og frafiltreres med fordel i et afjerningsfilter (sandfilter med luftindblæsning), der fjerner mekaniske urenheder og udfældet jernhydroxid.

Der er givet anbefalinger til anlæg til håndtering af hhv. 15 m³/t, 30 m³/t og 60 m³/t.

Anlæg til rensning af 15 m³/t

Til rensning af 15 m³/t foreslås en løsning som vist i Figur 4-5.



Figur 4-5 Princip for grundvandsrensning med selektiv barium ionbytter ved 15 m³/t.

Alt udstyr kan placeres en 20 fods container, der er forsynet med vinylgulv, gulvafløb, isolering, aircondition, lys samt interne rørsystemer og ventiler.

Det foreslåede udstyr er:

- 1 2 stk trykfiltre NSB 130 (D=880 mm, H=2380 mm) med kompressor (1,1 kW, 1 x 230 V) og styresystem for ilt. NSB 130 er et sandfilter, hvor jern ilttes og frafiltreres. Det forventes, at et trykfilter skal returskylles hver 4. dag, og som returskyllevand benyttes vand fra det andet filter. Returskyllevand udledes til kloak. Returskyllning foregår fuldautomatisk efter forudvalgt program.
- 2 2 stk Eurex 1800 kolonner (D=850 mm, H=1920 mm) til selektiv ionbytning med 750 liter harpiks pr. kolonne. Driftstiden for en fyldning er anslået til 4,6 år, hvorefter den kasseres og erstattes af ny fyldning.
- 3 2 stk Grundfoss pumper CRNE 15-3 med frekvensstyring og vekseldrift. Effekt: 2 x 4 kW, 3 x 400V
- 4 Containeren indeholder desuden forsyningsstavle og komplet PLC-styring af anlægget.

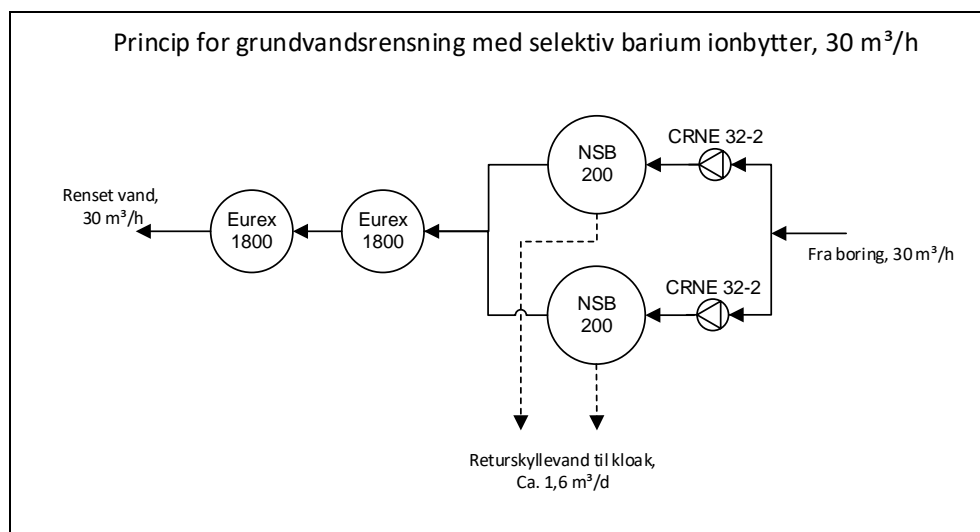
Anslået el-forbrug til denne løsning: ca. 10.000 kWh/år



Figur 4-6 Eksempler på indretning af Silhorko vandbehandlings container.

Anlæg til rensning af 30 m³/t

Principopbygningen er den samme som for et anlæg til 15 m³/t. Flow-sheetet ser ud som vist i Figur 4-7.



Figur 4-7 Princip for grundvandsrensning med selektiv barium ionbytter ved 30 m³/t.

Det foreslåede udstyr er:

- 2 stk trykfiltre NSB 220 (D=1110 mm, H=2450 mm) med kompressor (1,1 kW, 1 x 230 V) og styresystem for ilt. Det forventes, at et trykfilter skal returskylles hver 4. dag, og som returskyllevand benyttes vand fra det andet filter. Returskyllevand udledes til kloak. Returskylning foregår fuldautomatisk efter forudvalgt program.

- 2 2 stk Eurex 1800 kolonner (D=850 mm, H=1920 mm) til selektiv ionbytning med 750 liter harpiks pr. kolonne. Driftstiden for en fyldning er anslået til 2,3 år, hvorefter den kasseres og erstattes af en ny fyldning.
- 3 2 stk Grundfoss pumper CRNE 32-2 med frekvensstyring og vekseldrift. Effekt: 2 x 7,5 kW, 3 x 400V.
- 4 Containeren indeholder desuden forsyningstavle og komplet PLC-styring af anlægget.

Anslået el-forbrug til denne løsning: ca. 19.000 kWh/år

Anlæg til rensning af 60 m³/t

Et anlæg til 60 m³/t kan ikke rent fysisk være i en 20 fods container. Det foreslås derfor, at der vælges to anlæg hver med en kapacitet på 30 m³/t. Anlægget kommer således til at bestå af 2 stk. 20 fods containere med samme udstyr som beskrevet under anlæg til 30 m³/t. Det oppumpede vand fra boringerne fordeles således, at halvdelen af vandet ledes til den ene container og halvdelen ledes til den anden container.

Det årlige forbrug af ionbytterharpiks bliver 647 liter og den samlede mængde returskyllevand bliver 3,2 m³/d. Det samlede el-forbrug er estimeret til 38.000 kWh/år.

Økonomi

Investering og driftsudgifter for 3 løsningsscenarier på henholdsvis 15 m³/t, 30 m³/t og 60 m³/t er specificeret i Tabel 4-3.

Tabel 4-3 *Oversigt over investering og driftsudgifter for 3 forskellige anlægsstørrelser.*

	15 m ³ /t	30 m ³ /t	60 m ³ /t
<i>Investering:</i>	kr	kr	kr
Container, komplet med udstyr	1.400.000	1.600.000	3.200.000
Rådgivning	140.000	160.000	160.000
Investering total	1.540.000	1.760.000	3.360.000
<i>Driftsudgifter:</i>	kr/år	kr/år	kr/år
Udskiftning af harpiks	28.000	56.000	112.000
1 årligt servicebesøg	3.000	3.000	3.000
Elektricitet	10.000	19.000	38.000
Drift og vedligehold (2 timer/uge)	30.000	30.000	30.000
Årlige driftsudgifter total	71.000	108.000	183.000

En komplet container omfatter alt nødvendigt udstyr inkl. projektledeelse, mekanisk montage, el-montage samt dokumentation med 3D-model. Sandfiltre er fyldt med sand, og ionbytningsanlægget er fyldt med selektiv harpiks DOWEX RSC. Der er ikke indhentet konkret pris på harpiksen, men der er anvendt en pris på 173,20 kr. pr. liter, som er prisen på en selektiv harpiks til tungmetaller, som er en af de dyreste harpikser på markedet.

Forbruget af harpiks er beregnet til 161,7 liter pr. år ved et konstant flow på 15 m³/t. Harpiksen udskiftes dog først, når en kolonne med 750 liter er brugt op, men udgiften er omregnet til en årlig udgift, selv om den først forekommer efter 4,6 år. Kasseret harpiks sendes til forbrænding.

Prisen på elektricitet svinger meget, og den er sat til 1,00 kr./kWh ved beregning af de årlige driftsudgifter.

Næste anlægsstørrelse på 30 m³/t forbruger forholdsmæssigt mere harpiks og elektricitet, hvorimod serviceudgifter og drift og vedligehold er det samme som for det lille anlæg.

Det største anlæg med en kapacitet på 60 m³/t har det dobbelte harpiksforbrug i forhold til den mellemste størrelse, og el-forbruget er ligeledes dobbelt så stort som for det mellemste anlæg.

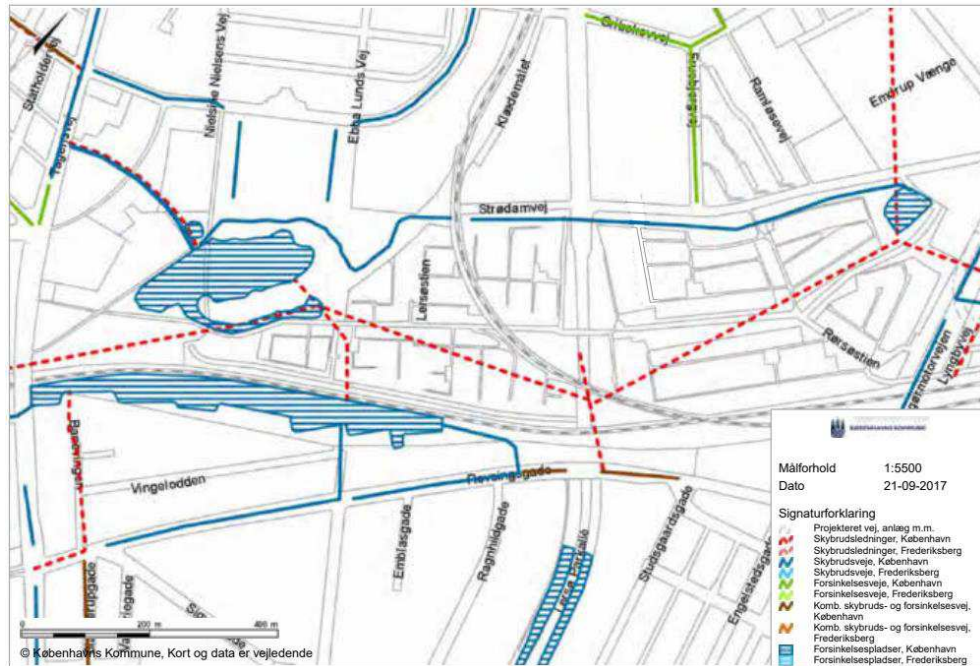
Hvis barium fjernes meget effektivt, er det eventuelt muligt at nøjes med at fjerne barium for en mindre del af vandet (f.eks. 50%) fra afjerningsfilteret. Det vil give en betydelig besparelse i driftsudgifter.

Eventuelle kemiske vandanalyser er ikke inkluderet i driftsudgifterne.

Driftsudgifterne svarer til en pris på rensning på 0,54, 0,41 og 0,35 kr./m³ rensset vand ved oppumpning af hhv. 15, 30 og 60 m³/t året rundt. Såfremt anlægget kun er i drift i f.eks. sommermånederne vil prisen pr. m³ stige lidt.

4.3 Placering af vandbehandling

Det bemærkes, at området vest for borerne i udviklingsplanen for Lersøparken og Kolonihaveparken er markeret som forsinkelsesbassin for skybrud, jf. Figur 4-8. Der er jf. Figur 3-2 allerede en lavning umiddelbart øst for borerne, og ved placering af anlæg til vandbehandling, skal der tages højde for dette.



Figur 4-8 Kort over skybrudsveje og forsinkelsesbassiner præsenteret i Lersøparken og Kolonihaveparken udviklingsplan 2018. (Københavns Kommune, 2018)

Den bedste placering af et anlæg vurderes at være op mod Kolonihaveparken. Denne placering anbefales:

- > Da anlægget således placeres mest diskret og i udkanten af parkområdet.
- > Da der er kort afstand til Lygte Å.
- > Da der kun er behov for en kort adgangsvej fra Strødamvej og ind til anlægget.

4.4 Økonomi ved etablering og drift

I Tabel 4-4 er vist et samlet anlægsoverslag for hhv. etablering og drift af et anlæg bestående af 2 borer, som samlet oppumper ca. 25 m³/t over 4 måneder om året.

Post	Beskrivelse	Antal	Enhed	Enhedspris	Sum	Grundlag for pris
	Etablering af anlæg					
1.01	Fotoregistrering	1	Stk.	50.000	50.000	Erfaringspris vurderet af COWI
1.02	Nivelleringsbolte og -program	1	Stk.	25.000	25.000	Erfaringspris vurderet af COWI
1.03	En ekstra boring inkl. kapacitetstest	1	Stk.	320.000	320.000	Baseret på pris på undersøgelsesboring
1.04	Vandanalyser	2	Stk.	3.000	6.000	Erfaringspris vurderet af COWI
1.05	Udsyring af boring	2	Stk.	20.000	40.000	Baseret på pris på undersøgelsesboring
1.06	Boringsoverbygning	2	Stk.	60.000	120.000	Erfaringspris vurderet af COWI
1.07	Pumper	2	Stk.	40.000	80.000	Grundfos SP18-2 listepri
1.08	Ledningsarbejder	200	m	2.000	400.000	Erfaringspris vurderet af COWI baseret på lignende projekt

Post	Beskrivelse	Antal	Enhed	Enhedspris	Sum	Grundlag for pris
						(1.800 kr./m for 2021 projekt med 200 m Ø315 mm rør)
1.09	Container med rensnings-enhed	1	Stk.	1.500.000	1.500.000	Erfaringspris vurderet af COWI, se afsnit 4.2.3.
1.10	Rådgivning, 10%	1	Stk.	194.500	194.500	Antaget 10% af anlægsomkostninger for post 1.03 til 1.09
	I alt				2.735.500	
	Drift af anlæg					
2.01	Strømforbrug pumper	2	stk.	27.562	55.123	SP18-2 strømforbrug er 1,1 kW. Drift i 4 måneder = 3.168 kWh. Elpris = 8,7 kr./kWh (gennemsnit 1. halvår 2023 jf. Energistyrelsen)
2.02	Vandrensning	1	stk.	90.000	90.000	Erfaringspris vurderet af COWI, se afsnit 4.2.3.
2.03	Vandanalyser	5	stk.	2.000	10.000	Der udtages 5 styk det første år. Antal aftager over tid.
2.04	Grundvandmonitoring inkl. rapportering	1	stk.	45.000	45.000	Udover SRO udstyr i de to pumpeboringer monitoreres i 2 korte samt 1 dyb boring. Erfaringspris vurderet af COWI. 5.000 kr. i loggerleje pr. boring, 4 årlige håndpejlinger samt en kort datarapport.
2.05	Sætningsmonitoring i 1 år, , inkl. afrapportering	1	stk.	60.000	65.000	Erfaringspris vurderet af COWI. Inkl. kort datarapport.
2.06	Udsyring	0.2	stk.	20.000	4.000	Der er antaget udsyring af 2 boringer hvert 10. år. Enhedspris er baseret på undersøgelsesboring.
2.07	Vedligehold	1	stk.	32.040	32.040	Antaget svarende til 2% af etableringsprisen på post 1.06 til 1.09.
2.08	Afledningsafgift	180	m ³	20	3.641	1,5 m ³ /dag * kr./m ³ i 4 måneder. Enhedspris er fra HOFOR 2024.
2.09	Driftsopgaver	40	Timer	625	37.500	Antaget 5 tilsyn med 2 medarbejdere i 4 timer samt 20 timer på kontoret. Enhedspris er oplyst fra Københavns Kommune.
	I alt				342.305	

Tabel 4-4 Samlet anlægsoverslag for etablering og drift

Den samlede udgift til etablering af et anlæg vurderes at være godt 2,7 mio. kr., mens de årlige driftsudgifter vurderes at være godt 340.000 kr. Sidstnævnte svarer omregnet til 4,75 kr./m³. Til sammenligning er HOFORs vandpriser for erhvervs kunder i 2024 vist i Figur 4-9. Kubikmeter prisen ligger her på ca. 19 og ca. 42 kr. inkl. moms, afhængigt af om der skal betales spildevandstakst eller ej. Driftsudgifter for eget anlæg er således klart billigere end at tilkøbe drikkevand fra HOFOR.

Det er i anlægsoverslaget antaget, at kommunen selv står for driften af anlægget inkl. myndighedsrapportering. Der er antaget 5 tilsyn på anlægget med 2 medarbejdere i 4 timer samt 20 timers kontorarbejde.

Vandprisens sammensætning

En m³ (1.000 liter) koldt vand koster:

Priselement	Kr.
Vandtakst (Kr./m ³)	9,09
Vandafgift	6,37
Spildevandstakst	18,28
Moms	8,44
I alt	42,18

Figur 4-9 HOFORs 2024 priser for erhvervskunder. Fra <https://www.hofor.dk/erhverv/priser-paa-forsyninger-erhvervskunder/priser-paa-vand-2024-for-erhvervskunder/priser-paa-vand-2024-i-koebenhavn-for-erhverv/>

5 Konklusion

Baseret på de udførte undersøgelser vurderes og konkluderes følgende:

- > Det vurderes, at to faktorer er dimensionsgivende for, hvor meget det kvantitativt kan oppumpes fra området uden kritiske påvirkninger på omgivelserne:
 - > Det vurderes muligt at oppumpe op til samlet ca. 25 m³/t fordelt på to borer, uden der sker sænkning af grundvandsspejlet til under over-side af kalken.
 - > Det vurderes muligt at oppumpe ca. 25 m³/t uden kritisk sænkning i de terrænnære jordlag lokalt ved borerne. Der vil være behov for monitoring til at kontrollere dette. Ligeledes bør der udføres revne- og fotoregistrering samt sætningsmonitoring i den første periode med indvinding.
- > Grundvandskvaliteten i området er egnet i forhold til at lede det til søerne. Kun koncentrationen af barium overstiger kvalitetskravet for udledning til ferske recipienter.
 - > Vandet skal under alle omstændigheder iltes, inden det kan ledes til recipient. Desuden kan der være behov for filtrering for fjernelse af jern. Dette afhænger af, hvilke krav det stilles mht. jernindhold i vandet.
 - > Rensning af vandet eller en del af vandet for barium vurderes bedst udført vha. selektiv ionbytning. Etablering af et anlæg vil koste ca. 1,5 mio. kr.
 - > De årlige driftsudgifter er vurderet til hhv. 71.000 og 108.000 kr. for oppumpning af hhv. 15 og 30 m³/t. Driftsudgifterne svarer til en pris på rensning på 0,54 og 0,41 kr./m³ rensset vand ved oppumpning af hhv. 15 og 30 m³/t året rundt. Hvis anlægget kun er i drift i f.eks. sommermånederne vil prisen pr. m³ stige lidt.
- > Den samlede udgift til etablering af et anlæg vurderes at være godt 2,7 mio. kr., hvoraf anlægget til vandrensning udgør ovennævnte 1,5 mio. kr. De årlige driftsudgifter ved oppumpning af 25 m³/t i en periode på 4 måneder vurderes at være godt 340.000 kr., hvilket svarer til 4,75 kr./m³.
- > Hvis Københavns Kommune ønsker at gå videre med planerne om et anlæg skal følgende afklares:
 - > Kan der gives dispensation (i forhold til fredning) til etablering af et anlæg i Kolonihaveparken.
 - > Hvad er det præcise krav mht. koncentrationen af jern og barium i vandet, der skal ledes til Lygte å.

- > Kan der gives accept til, at grundvandet blandes med vandet fra Emdrup Sø, der i forvejen løber i Lygte Å, og at krav til bariumindholdet først skal være overholdt ved indløbet til Peblinge Sø.
- > Hvordan ledes vandet bedst fra anlæg til Lygte Å.
- > Den nordøstlige del af Kolonihaveparken ligger i et område med drikkevandsinteresser. Det skal afklares endeligt, om der er restriktioner på, i hvor høj grad der må oppumpes grundvand fra området.
- > Københavns Kommune har tidligere nævnt ønske om oppumpning af op til 200 m³/t. Det skal afklares, om de vurderede 15-30 m³/t er for lille en mængde i forhold til udgifterne til etablering og drift af et anlæg.
- > Ved vandbehandlingen dannes okkerslam, som skal fjernes. Det skal afklares, om kommunens driftsafdeling er indforståede med at stå for denne opgave.
- > Vil det være muligt at finde større og vandmængder og eller vand med mindre behov for rensning andre steder i oplandet til DIS. Dette kunne f.eks. være ved at tage vand fra Harrestrup Å enten ved Fæstningskanalen eller gennem Damhussøen, hvorfra det kan ledes ind til DIS. En anden mulighed er at oppumpe grundvand nær Utterslev Mose. Sidstnævnte løsning ville have den fordel at bidrage til øget vandgennemstrømning i både Utterslev Mose, Søborghusrenden, Emdrup Sø og DIS, men problemet med for højt barium i grundvandet vil formentlig være det samme som for grundvandet fra Kolonihaveparken.

6 Referencer

- Baldermann et al, 2020 Removal of Barium from Solution by Natural and Iron(III) Oxide-Modified Allophane, Beidellite and Zeolite Adsorbents
<https://www.mdpi.com/1996-1944/13/11/2582>
- ENOPSOL, 2021 Bispebjerg Hospital - Grundvandskøling og ATES, Driftsrapport. ENOPSOL. 2021.
- Krüger, 2022 Krüger Veolia. Københavns Kommune. Udlledning til De Indre Søer. Rapport. 21-1-2022
- Københavns Kommune, 2018 Lersøparken og Kolonihaveparken. Udviklingsplan. Københavns Kommune. Teknik- og Miljøforvaltningen. Center for Driftsudvikling. November 2018.
- Miljøkontrollen, 1997a Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Haveforeningen Øbro. Februar 1997.
- Miljøkontrollen, 1997b Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Haveforeningen 4. maj 1921. Februar 1997.
- Miljøkontrollen, 1997c Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Haveforeningen Aldersro. Februar 1997.
- Miljøkontrollen, 1997d Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Bispebjerg, Lersøens og Tagensvej skolehaver. Februar 1997.
- Miljøkontrollen, 1997e Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Haveforeningen Blomsten. Februar 1997.
- Miljøkontrollen, 1997f Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Haveforeningen Fremtiden. Februar 1997.
- Miljøkontrollen, 1997g Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Tagensbo og Gruntvigskolens skolehaver. Februar 1997.
- Miljøkontrollen, 1997h Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Forureningsundersøgelse af 38 haveforeninger. Haveforeningen Venners Lyst. Februar 1997.

Rambøll, 2010	Nordhavnsvej. Forundersøgelser for den vestlige del af Nordhavnsvej. Dok. nr. NHV 622-011-0. Dato 2010-01-18
Rambøll, 2018	Grundvandspotentialet i kalkmagasinet. April 2018.
Rambøll, 2019	Grundvandspotentialet i kalkmagasinet. April 2019.
Rambøll, 2020	Grundvandspotentialet i kalkmagasinet. April 2020.
Rambøll, 2021	Grundvandspotentialet i kalkmagasinet. April 2021.
Rambøll, 2022	Grundvandspotentialet i kalkmagasinet. April 2022.

Bilag A Vandanalyser fra søerne



ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

COWI
Parallelvej 2
2800 Lyngby
Att.: Thomas Rintza Hansen

Udskrevet: 18-10-2022
Version: 1
Modtaget: 04-10-2022
Analyseperiode: 04-10-2022 - 18-10-2022
Ordrenr.: 744772

Sagsnavn: Peblinge Sø
Lokalitet: Peblinge Sø
Prøve ID: Dronning Louises Bro
Udtaget: 04.10.2022 kl. 12:00
Prøvetype: Vand - Makroioner + ICP/MS-pk. +As + Hg Felt FILTRERET + HS BTEXN, kulbrinter, chlorerede og nedbrydning + PAH'er i vand, 16 EPA stoffer + ICP/MS-pk.+As + Hg vand + Enkeltparametre +
Prøvetager: Lab/JNF
Kunde: COWI, Parallelvej 2, 2800 Lyngby, Att. Thomas Rintza Hansen , PersonRef. trhn@cowi.com

Prøvenr.:	223912/22					
Parameter	Resultat	Enhed	DL	Metode	Urel (%)	
Partikler i prøve efter konservering	#	Nej	-	-	-	
Prøvetagning, Vand		+	-	DS/ISO 5667-11:2009		
Temperatur ved prøvetagning	#	-	°C	Målt i felten		
pH	9.0		pH	0.1	DS/EN ISO 10523:2012	10
Ledningsevne	59		mS/m	1.5	DS/EN 27888:2003	15
Mangan, Mn	0.0035		mg/l	0.002	DS/EN ISO 11885:2009	20
Calcium, Ca++	28		mg/l	0.5	DS/EN ISO 11885:2009	15
Magnesium, Mg++	7.9		mg/l	0.3	DS/EN ISO 11885:2009	15
Kalium, K+	3.1		mg/l	0.05	DS/EN ISO 11885:2009	15
Natrium, Na+	74		mg/l	0.3	DS/EN ISO 11885:2009	15
Jern, Fe	0.053		mg/l	0.01	DS/EN ISO 11885:2009	20
Ammonium+ammoniak, NH4+	0.030		mg/l	0.004	DS/ISO 15923-1:2013+DS224:1975Mod	15
Nitrit, NO2-	<0.0010		mg/l	0.001	DS/ISO 15923-1:2013	15
Nitrat, NO3-	0.43		mg/l	0.1	DS/ISO 15923-1:2013 + beregning	15
Oxygen, opløst, O2	9.2		mg/l	0.1	DS 2205:1990	15
Total phosphor, P	0.018		mg/l	0.003	DS/EN ISO 6878 Del 7:2004 + DS/EN ISO 15681-2:2018	15
Chlorid, Cl-	150		mg/l	0.5	DS/ISO 15923-1:2013	15
Fluorid, F-	0.19		mg/l	0.03	DS 218:1975,MOD	15
Sulfat, SO4--	22		mg/l	0.5	DS/ISO 15923-1:2013	15
Hydrogencarbonat, HCO3-	58		mg/l	3	DS/EN ISO 9963-1:1996	15
Aggressiv kuldioxid, CO2	<2		mg/l	2	DS 236:1977	15
Iddampningsrest	400		mg/l	10	DS 204:1980	10
NVOC	7.6		mg/l	0.1	DS/EN 1484:1997+SM 5310B:2014	15
Bor, B, Filt Felt	53		µg/l	10	DS/EN ISO 11885:2009	20
Arsen, As	1.6		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Arsen, As, Filt Felt	1.6		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Bly, Pb	0.19		µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Bor, B	56		µg/l	10	DS/EN ISO 11885:2009	20
Bly, Pb, Filt Felt	0.18		µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Cadmium, Cd	<0.0030		µg/l	0.003	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Cadmium, Cd, Filt Felt	<0.0030		µg/l	0.003	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Barium, Ba	36		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Barium, Ba, Filt Felt	36		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Chrom, Cr	0.062		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Chrom, Cr, Filt Felt	0.066		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobber, Cu, Filt Felt	0.75		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobolt, Co	0.082		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobber, Cu	0.76		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobolt, Co, Filt Felt	0.083		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kviksølv, Hg	<0.0010		µg/l	0.0010	DS/EN ISO 17852:2008	20
Kviksølv, Hg, Filt Felt	<0.0010		µg/l	0.0010	DS/EN ISO 17852:2008	20
Nikkel, Ni	0.83		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Nikkel, Ni, Filt Felt	0.86		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Zink, Zn, Filt Felt	1.1		µg/l	0.3	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Zink, Zn	2.1		µg/l	0.3	DS/EN ISO 17294-2:2016	20

side 1 af 2

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for den analyserede prøve. Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse foreligger.

Tegnforklaring

<: mindre end

#: Ikke akkrediteret

>: Større end

i.p.: ikke påvist

DL: Detektionsgrænse

Urel: Den relative måleusikkerhed



ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	223912/22				
Parameter	Resultat	Enhed	DL	Metode	Urel (%)
HS BTEXN					
Benzen	0.031	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Toluen	0.79	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Ethylbenzen	0.15	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Xylener (o-,m- og p-xylene)	0.69	µg/l	0.04	DS/EN ISO 10301:2000	20
Kulbrinter i vand					
Kulbrinter n-C6 - n-C10	#	5.3	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C10 - n-C15	#	<5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C15 - n-C20	#	<5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C20 - n-C35	#	<5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan
Total kulbrinter (C6-C35)		5.3	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan
PAH'er 16 komp.					
Naphtalen	0.12	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Acenaphthylen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Acenaphthen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Fluoren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Phenanthren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Anthracen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Fluoranthren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Pyren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benzo(a)anthracen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Chrysen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benzo(b+j+k)fluoranthener	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benz(a)pyren	<0.0050	µg/l	0.005	SM 6440B, 2017	30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Dibenzo(a,h)anthracen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benzo(ghi)perylene	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benz(e)pyren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
PAH, sum påviste (EPA - 16 komp.)	#	0.12	µg/l	0.1	SM 6440B, 2017
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 972, 2022)	#	<0.10	µg/l	0.1	SM 6440B, 2017
PAH, sum af påviste (6 komp. jf. bek. 972, 2022)	#	<0.010	µg/l	0.01	SM 6440B, 2017
HS Chlor. og nedbr.					
Trichlormethan (Chloroform)	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,1,1-trichlorethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Tetrachlormethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Trichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Tetrachlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Chlorethan	<0.10	µg/l	0.10	DS/EN ISO 10301:2000	20
Vinylchlorid	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,1-dichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
trans-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
cis-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,2-dibromethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,2-dichlorethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,1-dichlorethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20

Kommentar

Når analyseusikkerheder tages i betragtning passer forholdet mellem Chrom, Cr og Chrom, Cr, Filt Felt samt mellem Kobolt, Co og Kobolt, Co, Filt Felt og mellem Nikkel, Ni og Nikkel, Ni, Filt Felt..

Prøven har et indhold af kulbrinter, der ikke umiddelbart kan sammenlignes med et kendt olie- eller tjæreprodukt. Kogepunktsintervallet for de påviste kulbrinter ligger på ca. 75 - 175 °C.

Dianna Andersen

Dianna Andersen

side 2 af 2

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for den analyserede prøve. Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse foreligger.

Tegnforklaring

<: mindre end
#: Ikke akkrediteret

>: Større end
i.p.: ikke påvist

DL: Detektionsgrænse
Urel: Den relative måleusikkerhed



ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

COWI
Parallelvej 2
2800 Lyngby
Att.: Thomas Rintza Hansen

Udskrevet: 18-10-2022
Version: 1
Modtaget: 04-10-2022
Analyseperiode: 04-10-2022 - 18-10-2022
Ordrenr.: 744772

Sagsnavn: Peblinge Sø
Lokalitet: Peblinge Sø
Prøve ID: Søpavillionen
Udtaget: 04.10.2022 kl. 12:30
Prøvetype: Vand - Makroioner + ICP/MS-pk. +As + Hg Felt FILTRERET + HS BTEXN, kulbrinter, chlorerede og nedbrydning + PAH'er i vand, 16 EPA stoffer + ICP/MS-pk.+As + Hg vand + Enkeltparametre +
Prøvetager: Lab/JNF
Kunde: COWI, Parallelvej 2, 2800 Lyngby, Att. Thomas Rintza Hansen , PersonRef. trhn@cowi.com

Prøvenr.:	223913/22					
Parameter	Resultat	Enhed	DL	Metode	Urel (%)	
Partikler i prøve efter konservering	#	Nej	-	-	-	
Prøvetagning, Vand		+	-	DS/ISO 5667-11:2009		
Temperatur ved prøvetagning	#	-	°C	Målt i felten		
pH	8.5		pH	0.1	DS/EN ISO 10523:2012	10
Ledningsevne	59		mS/m	1.5	DS/EN 27888:2003	15
Mangan, Mn	0.0087		mg/l	0.002	DS/EN ISO 11885:2009	20
Calcium, Ca++	32		mg/l	0.5	DS/EN ISO 11885:2009	15
Magnesium, Mg++	7.9		mg/l	0.3	DS/EN ISO 11885:2009	15
Kalium, K+	3.0		mg/l	0.05	DS/EN ISO 11885:2009	15
Natrium, Na+	70		mg/l	0.3	DS/EN ISO 11885:2009	15
Jern, Fe	0.49		mg/l	0.01	DS/EN ISO 11885:2009	20
Ammonium+ammoniak, NH4+	0.039		mg/l	0.004	DS/ISO 15923-1:2013+DS224:1975Mod	15
Nitrit, NO2-	<0.0010		mg/l	0.001	DS/ISO 15923-1:2013	15
Nitrat, NO3-	<0.10		mg/l	0.1	DS/ISO 15923-1:2013 + beregning	15
Oxygen, opløst, O2	9.3		mg/l	0.1	DS 2205:1990	15
Total fosfor, P	0.026		mg/l	0.003	DS/EN ISO 6878 Del 7:2004 + DS/EN ISO 15681-2:2018	15
Chlorid, Cl-	140		mg/l	0.5	DS/ISO 15923-1:2013	15
Fluorid, F-	0.19		mg/l	0.03	DS 218:1975,MOD	15
Sulfat, SO4--	24		mg/l	0.5	DS/ISO 15923-1:2013	15
Hydrogencarbonat, HCO3-	74		mg/l	3	DS/EN ISO 9963-1:1996	15
Aggressiv kuldioxid, CO2	<2		mg/l	2	DS 236:1977	15
Iddampningsrest	390		mg/l	10	DS 204:1980	10
NVOC	7.2		mg/l	0.1	DS/EN 1484:1997+SM 5310B:2014	15
Bor, B, Filt Felt	56		µg/l	10	DS/EN ISO 11885:2009	20
Arsen, As	1.3		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Arsen, As, Filt Felt	0.98		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Bly, Pb	0.34		µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Bor, B	70		µg/l	10	DS/EN ISO 11885:2009	20
Bly, Pb, Filt Felt	0.051		µg/l	0.025	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Cadmium, Cd	<0.0030		µg/l	0.003	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Cadmium, Cd, Filt Felt	<0.0030		µg/l	0.003	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Barium, Ba	34		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Barium, Ba, Filt Felt	34		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Chrom, Cr	0.068		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Chrom, Cr, Filt Felt	0.040		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobber, Cu, Filt Felt	0.45		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobolt, Co	0.13		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobber, Cu	1.1		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kobolt, Co, Filt Felt	0.11		µg/l	0.01	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Kviksølv, Hg	0.0011		µg/l	0.0010	DS/EN ISO 17852:2008	20
Kviksølv, Hg, Filt Felt	0.0010		µg/l	0.0010	DS/EN ISO 17852:2008	20
Nikkel, Ni	1.0		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Nikkel, Ni, Filt Felt	1.0		µg/l	0.03	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Zink, Zn, Filt Felt	0.95		µg/l	0.3	DS/EN ISO 17294-2:2016	20
Zink, Zn	2.3		µg/l	0.3	DS/EN ISO 17294-2:2016	20

side 1 af 2

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for den analyserede prøve. Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse foreligger.

Tegnforklaring

<: mindre end

#: Ikke akkrediteret

>: Større end
i.p.: ikke påvist

DL: Detektionsgrænse

Urel: Den relative måleusikkerhed



TEST Reg nr. 361

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	223913/22				
Parameter	Resultat	Enhed	DL	Metode	Urel (%)
HS BTEXN				DS/EN ISO 10301:2000	
Benzen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Toluen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Ethylbenzen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Xylener (o-,m- og p-xylene)	<0.040	µg/l	0.04	DS/EN ISO 10301:2000	20
Kulbrinter i vand				AK61 - GC/FID/pentan	
Kulbrinter n-C6 - n-C10	# <5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan	30
Kulbrinter >n-C10 - n-C15	# <5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan	30
Kulbrinter >n-C15 - n-C20	# <5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan	30
Kulbrinter >n-C20 - n-C35	# <5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan	30
Total kulbrinter (C6-C35)	<5.0	µg/l	5	AK61 - GC/FID/pentan	30
PAH'er 16 komp.				SM 6440B, 2017	
Naphtalen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Acenaphthylen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Acenaphthen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Fluoren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Phenanthren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Anthracen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Fluoranthren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Pyren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benzo(a)anthracen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Chrysen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benzo(b+j+k)fluoranthener	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benz(a)pyren	<0.0050	µg/l	0.005	SM 6440B, 2017	30
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Dibenzo(a,h)anthracen	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benzo(ghi)perylene	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
Benz(e)pyren	<0.010	µg/l	0.010	SM 6440B, 2017	30
PAH, sum påviste (EPA - 16 komp.)	# <0.010	µg/l	0.01	SM 6440B, 2017	30
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 972, 2022)	# <0.10	µg/l	0.1	SM 6440B, 2017	30
PAH, sum af påviste (6 komp. jf. bek. 972, 2022)	# <0.010	µg/l	0.01	SM 6440B, 2017	30
HS Chlor. og nedbr.				DS/EN ISO 10301:2000	
Trichlormethan (Chloroform)	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,1,1-trichlorethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Tetrachlormethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Trichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Tetrachlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
Chlorethan	<0.10	µg/l	0.10	DS/EN ISO 10301:2000	20
Vinylchlorid	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,1-dichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
trans-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
cis-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,2-dibromethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,2-dichlorethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20
1,1-dichlorethan	<0.020	µg/l	0.020	DS/EN ISO 10301:2000	20

Kommentar

Ingen kommentar

Dianna Andersen

side 2 af 2

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for den analyserede prøve. Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse foreligger.

Tegnforklaring

<: mindre end
#: Ikke akkrediteret

>: Større end
i.p.: ikke påvist

DL: Detektionsgrænse

Urel: Den relative måleusikkerhed

Bilag B Geoteknisk datarapport

København, Strødamvej

Hydrogeologiske undersøgelser

Datarapport

Geo projekt nr. 207168
Rapport 1, 2023-10-11

Sammenfatning

Københavns Kommune undersøger muligheden for at oppumpe grundvand fra det primære magasin ved Strødamvej og lede dette til de Indre Søer i København via Lygte Å. I den forbindelse er Geo blevet bedt om at udføre 2 borer og samt hydrogeologiske undersøgelser ved Strødamvej.

Denne rapport 1 præsenterer data fra feltarbejdet med tilhørende laboratoriearbejde:

- Borearbejde
- Geologisk bedømmelse af prøver
- Klassifikationsforsøg
- Hydrauliske forsøg
- Miljøanalyser af vandprøver

Geo projektnr. 207168
Rapport 1, 2023-10-11
Rekvirentens ref.: Cowi: A245717

Udarbejdet af
Marianne Bjerre Dansbo
mbd@geo.dk
+45 3174 0124

Udarbejdet for
Københavns Kommune
Teknik- og Miljøforvaltningen
Njalsgade 13, 2.
2300 København S
Att.: Morten Ejsing Jørgensen

Kontrolleret af
Mette Lykke Bakmand Mikalski
mbm@geo.dk
+45 3174 0218

Indhold

1	Baggrund og formål	4
2	Boringer	4
2.1	Generelt	4
2.2	Borearbejde, tørboring	4
2.3	Borearbejde med DTH-hammer	5
2.4	Filtersætning	5
3	Geologisk beskrivelse	5
4	Pumpeforsøg	5
4.1	Generelt	5
4.2	Renpumpning og 1-times forsøg	6
4.3	4-trinsforsøg	6
4.4	Langtidsforsøg	6
5	Miljøanalyser	7
5.1	Vandprøver efter pumpeforsøg	7

Bilag

- 1.A01 Situationsplan
- 1.B01 – 1.B02 Boreprofiler
- 1.C01 – 1.C03 Pumpeforsøg

Geo-Standard: Signaturer og forkortelser, Boreprofiler

Appendiks

- App. 1.1 Analyseresultater for vandprøver, ALS.

Datafiler

Supplerende data fra undersøgelsen, der leveres sammen med rapporten som digitale filer, er:

- Boringsdata som geoXML-fil fra GeoGIS2005
- Pumpeforsøg som xlsx-filer
- Analyseresultater som xlsx og pdf

1 Baggrund og formål

Københavns Kommune undersøger muligheden for at oppumpe grundvand fra det primære magasin ved Strødamvej og lede dette til de Indre Søer i København via Lygte Å. I den forbindelse er Geo blevet bedt om at udføre 2 borer og samt hydrogeologiske undersøgelser ved Strødamvej.

Københavns Kommune har COWI som rådgiver. Undersøgelserne er udført i henhold til specifikationer udarbejdet af COWI.

Denne rapport 1 præsenterer data fra borearbejdet i feltet med tilhørende laboratoriearbejde:

- 1 stk. 12" lagfølgeboring med tør- og DTH-boremethode til 36 meter under terræn (mut). Boringen er benævnt PB.
- 1 stk. 8" lagfølgeboring med tør- og DTH-boremethode til 20 mut. Boringen er benævnt MB.
- Geologisk beskrivelse af omrørte prøver.
- Klassifikationsforsøg (vandindhold).
- Kemisk analyse af 2 vandprøver.

Arbejdet blev udført i august og september 2023.

2 Boringer

2.1 Generelt

Boringerne blev afsat i henhold til ønskede koordinater med hensyntagen til eksisterende ledninger og pladsforhold. Boringerne blev desuden forgravet til 2 mut for at kontrollere, at der ikke var eksisterende ledninger på lokationerne.

For at etablere adgangsvej henover den rørlagte Lygte Å blev der udlagt træflis med køreplader over. Plader og træflis er efterfølgende blevet fjernet og området reetableret.

Efter endt borearbejde er boringerne indmålt med GPS. Koordinater er angivet i UTM32, Euref 89 og koter i DVR90. Boringerne er indberettet til GEUS og har fået DGU-numre. Koordinater, koter og DGU-numre findes på boreprofilerne, bilag 1.B01-1.B02. Desuden fremgår placeringerne af situationsplanen, bilag 1.A01.

Relevante registreringer og prøvetagning under borearbejdet er vist på de enkelte boreprofiler, bilag 1.B01-1.B02.

Boringerne er udført med en borerig monteret med hydraulisk rotationsborehoved.

2.2 Borearbejde, tørboring

Boringerne er i de øvre aflejringer udført som foret tørrotation med snegl og kop i henholdsvis 8" og 12". I sandede/grusede aflejringer under grundvandsspejlet er der i nogle intervaller anvendt sandspand.

Der er udtaget omrørte prøver for hver halve i boring PB og for hver meter i boring MB. Supplerende prøver er udtaget, hvis der er truffet mindre lag imellem de planlagte udtag.

De omrørte prøver er efterfølgende beskrevet i Geos laboratorium. Se kapitel 3.

2.3 Borearbejde med DTH-hammer

Begge boringer blev ført ned i kalken med DTH-boremetode.

DTH udstyret drives ved trykluft fra en kompressor og det løsnede materiale skylles op til en container. Foringsrøret, der anvendes under tørrotationen, føres et stykke ned i kalken for at sikre den øverste del af kalken mod nedfald og for at lede det løsnede materiale ind gennem røret.

Prøver til geologisk beskrivelse udtages fra containeren, hvor det løsnede materiale er skyllet op. Ved DTH-boremetoden er kvaliteten af prøverne forringet og kvaliteten af den geologiske beskrivelse er dermed mindre præcis.

Prøveudtagning fortsatte under DTH-borearbejdet med en frekvens på hhv. 0,5 og 1,0 m.

2.4 Filtersætning

Boring PB er filtersat som pumpeboring med et Ø200 mm PVC rør. Boring MB er filtersat som monitoringsboring med 1 stk. Ø90 mm. Begge rør har slidser på 2,0 mm og RSC-samlinger.

Omkring filterrørene er der gruskastet samtidig med optrækning af foringsrør. Gruskastningen er etableret med Dansand 7, der har en kornstørrelse på 3,15-5,60 mm. Omkring blindrørene er der forsejlet mod den eksisterende formation med en cement-bentonit-blanding (BC6).

De specifikke filtersætninger er præsenteret på de enkelte boringsprofiler, bilag 1.B01-1.B02.

3 Geologisk beskrivelse

De udtagne prøver er blevet geologisk beskrevet i henhold til dgf-bulletin 1, rev. 1995. Desuden er der målt vandindhold på 1 prøve pr meter med relevant geologi. Vandindhold er udført iht. DS/EN/ISO/TS 17892-1.

Resultaterne er præsenteret på boreprofilerne, bilag 1.B01-1.B02.

4 Pumpeforsøg

4.1 Generelt

Efter afslutning af borearbejdet blev begge boringer renpumpet. Herefter blev der udført pumpeforsøg i PB. Først et kort 1-times forsøg uden stigning og dernæst både et 4-trinsforsøg og et langtidsforsøg med pumpe i 3 døgn.

Efter både 4-trinsforsøg og langtidsforsøget blev der udtaget vandprøver til analyse, se kapitel 5.

4.2 Renpumpning og 1-times forsøg

Begge borerer blev renpumpet og efter ca. 1 times pumpning i hver boring var vandet klart og umiddelbart frit for sediment.

I boring PB blev der inden pumpestart installeret en datalogger til at måle vandspejlet. Da vandet var klart blev pumpen indstillet til en fast ydelse og holdt konstant i 1 time. Herefter blev pumpen stoppet.

Ydelsen blev målt med flowmåler.

Data fra pumpning i boring PB er præsenteret på bilag 1.C01.

4.3 4-trinsforsøg

Et 4-trinsforsøg blev udført med 4 pumperater, der blev holdt konstant i 1 time hver. De 4 pumperater er tilnærmet 25%, 50%, 75% og 100% af en forventet maksimal ydelse. Efter pumpestop blev stigningen af vandspejlet observeret i 1 time.

Ydelserne til forsøget blev fastlagt af Cowi på baggrund af observationerne fra renpumpningen med den efterfølgende 1-times pumpeperiode.

Under 4-trinsforsøget blev sænkning og stigning af vandspejlet i boring PB målt med datalogger. Der blev desuden suppleret med manuelle pejlinger i både boring PB og MB. Ydelsen blev målt med elektronisk flowmåler og aflæst løbende.

Data fra forsøget er præsenteret på bilag 1.C02.

4.4 Langtidsforsøg

Langtidsforsøget blev udført med konstant ydelse i 3 døgn. Ydelsen blev fastlagt af Cowi på baggrund af data fra 4-trinsforsøget.

Vandspejlet blev målt i pumpeboringen samt et udvalg af pejleboringer. Pejleboringerne blev udpeget af Cowi. Efter pumpestop blev stigningen af vandspejl observeret i 3 døgn.

Under forsøgene blev sænkning og stigning af vandspejl målt med dataloggere og suppleret med manuelle pejlinger. Cowi leverede desuden data fra deres egen datalogger i boring BRD215p35. Ydelsen blev målt med elektronisk flowmåler.

Data fra forsøg er præsenteret på bilag 1.C03.

5 Miljøanalyser

5.1 Vandprøver efter pumpeforsøg

I forbindelse med både 4-trins- og langtidspumpeforsøget blev der udtaget en vandprøve umiddelbart inden pumpestop.

Analyseprogrammet for prøverne var fastsat i specifikationerne fra Cowi:

- Boringskontrol
- Metaller, 13 stk, både totalt og opløst
- Kulbrinter
- BTEXN
- Chlorerede opløsningsmidler og nedbrydningsprodukter
- PAH, 16 stk

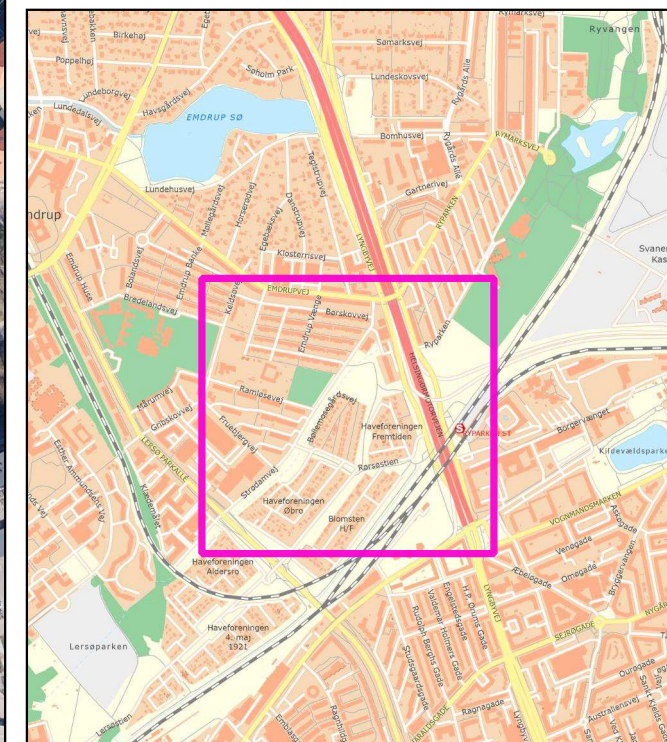
Prøverne er analyseret hos ALS Denmark A/S. ALS er akkrediteret af DANAK til at udføre de ønskede analyser.

De modtagne analyseresultater er samlet i appendiks App.1.1.



Signaturforklaring

- ⊕ Boringer
- ⊕ Pejleboringer, eksisterende

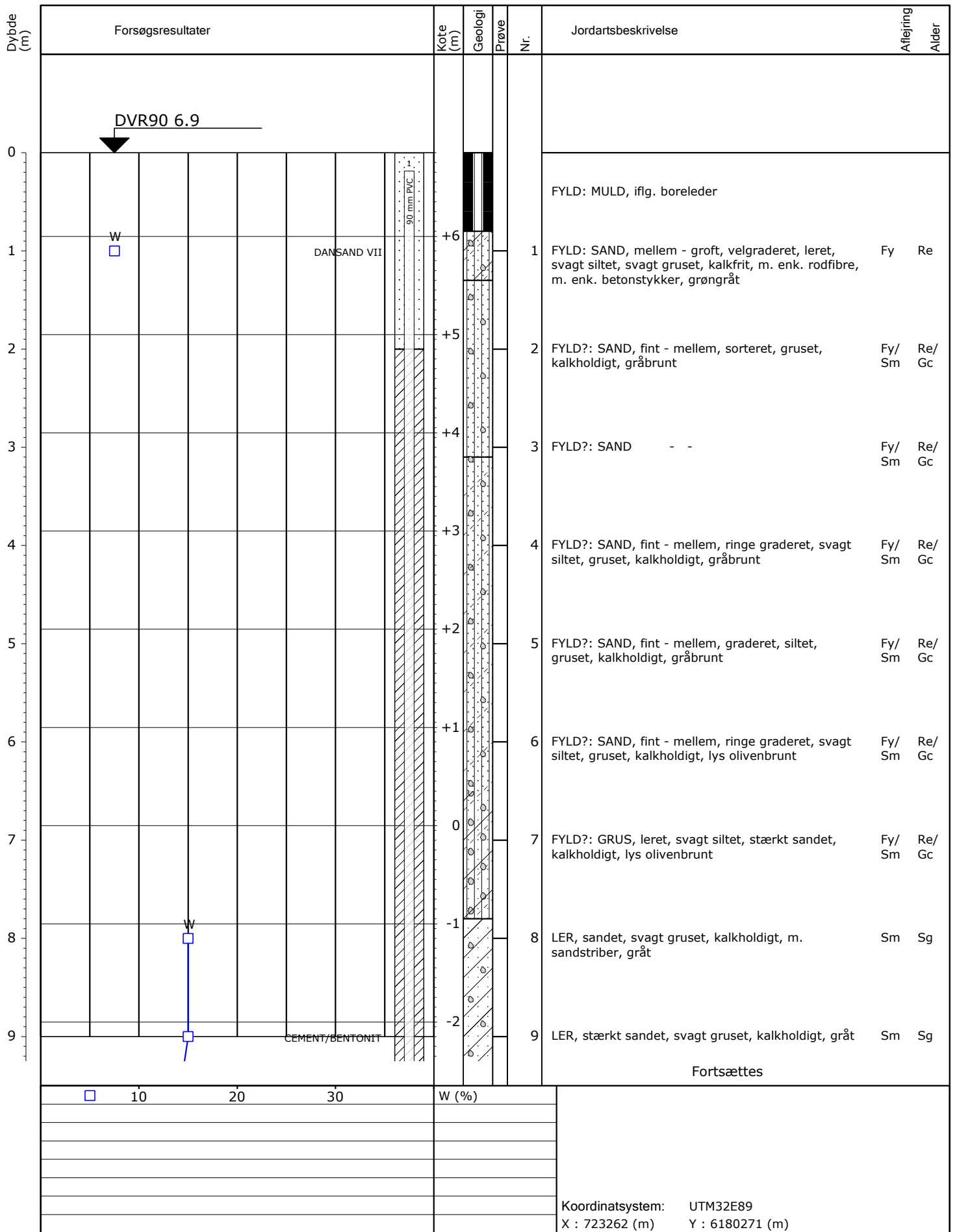


Projektnavn: Kbh. Strødamvej
 Projektnummer: 207168
 Emne: Situationsplan

Bilag: 1.A01 Side: 1/1

Udført af: MBD Dato: 2023-10-11

GEO www.geo.dk
 København+45 4588 4444
 Aarhus +45 8627 3111



Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej

Boret: Geo KHH Dato: 2023-08-24

Geologi: MHE

Boring: MB

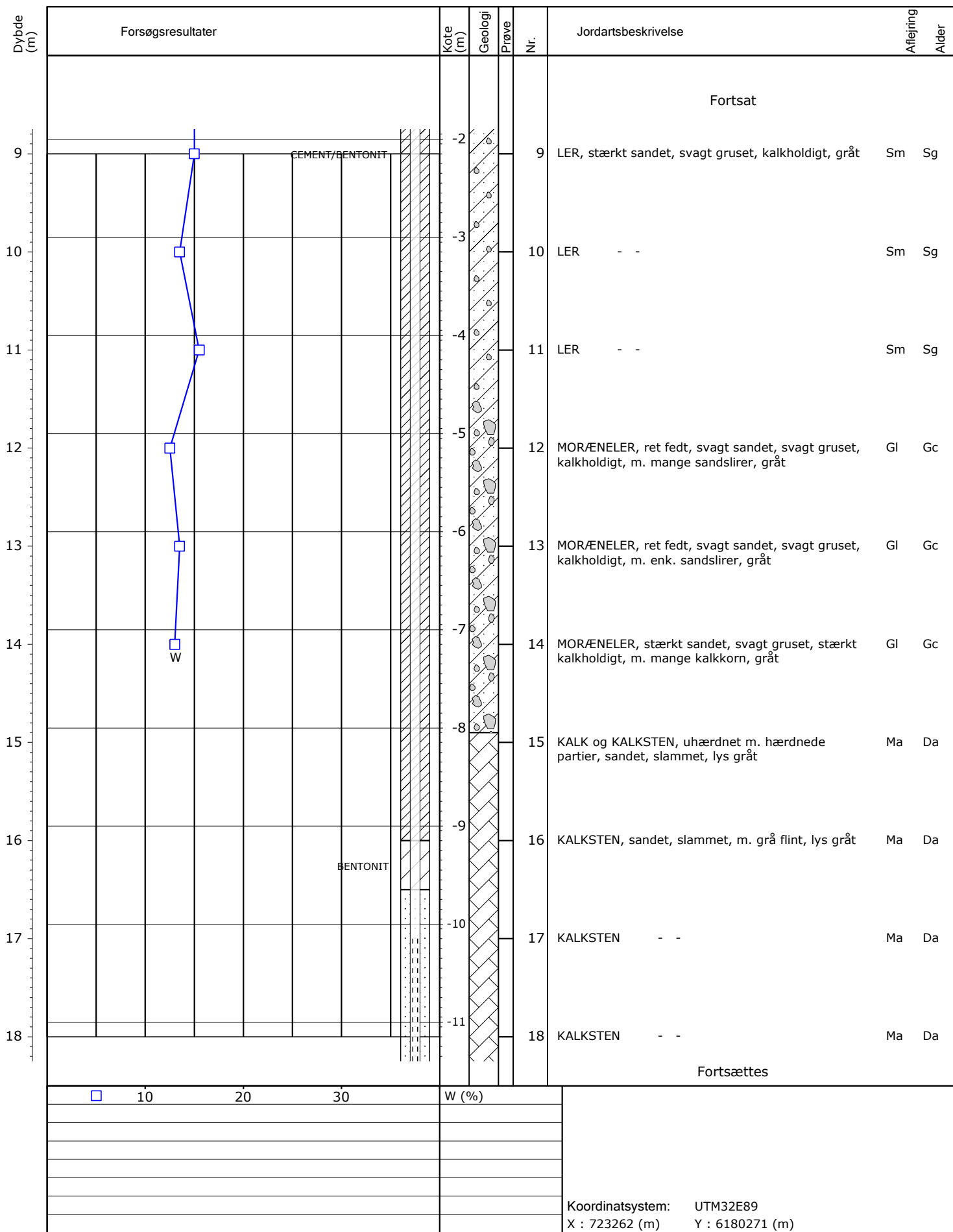
Boremethode: Foret tørboring 8"/DTH

DGU-nr: 201.18333

Bilag: 1.B01 Rev.: 0 S. 1/3

Geo Geo Copenhagen + 45 4588 4444
Geo Aarhus + 45 8627 3111

Boreprofil



Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej

Boret: Geo KHH Dato: 2023-08-24

Geologi: MHE

Boring: MB

Boremethode: Foret tørboring 8"/DTH

DGU-nr: 201.18333

Bilag: 1.B01 Rev.: 0 S. 2/3



Geo Copenhagen + 45 4588 4444
Geo Aarhus + 45 8627 3111

Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater						Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordartsbeskrivelse		Afvejring	Alder
	18					DANSAND VII	-11			18	KALKSTEN	- -	Ma	Da
19						-12			19	KALKSTEN	- -	Ma	Da	
20						-13			20	KALKSTEN	- -	Ma	Da	
21						-14				I MORÆNE-jordarter må der forventes et varierende indhold af sten og blokke				
22						-15				Prøvebeskrivelsen er udført iht. dgf-Bulletin 1, revision 1, maj 1995				
						-16								
<input type="checkbox"/> 10 20 30						W (%)								
								Koordinatsystem: UTM32E89 X : 723262 (m) Y : 6180271 (m)						

Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej

Boret: Geo KHH Dato: 2023-08-24

Geologi: MHE

Boring: MB

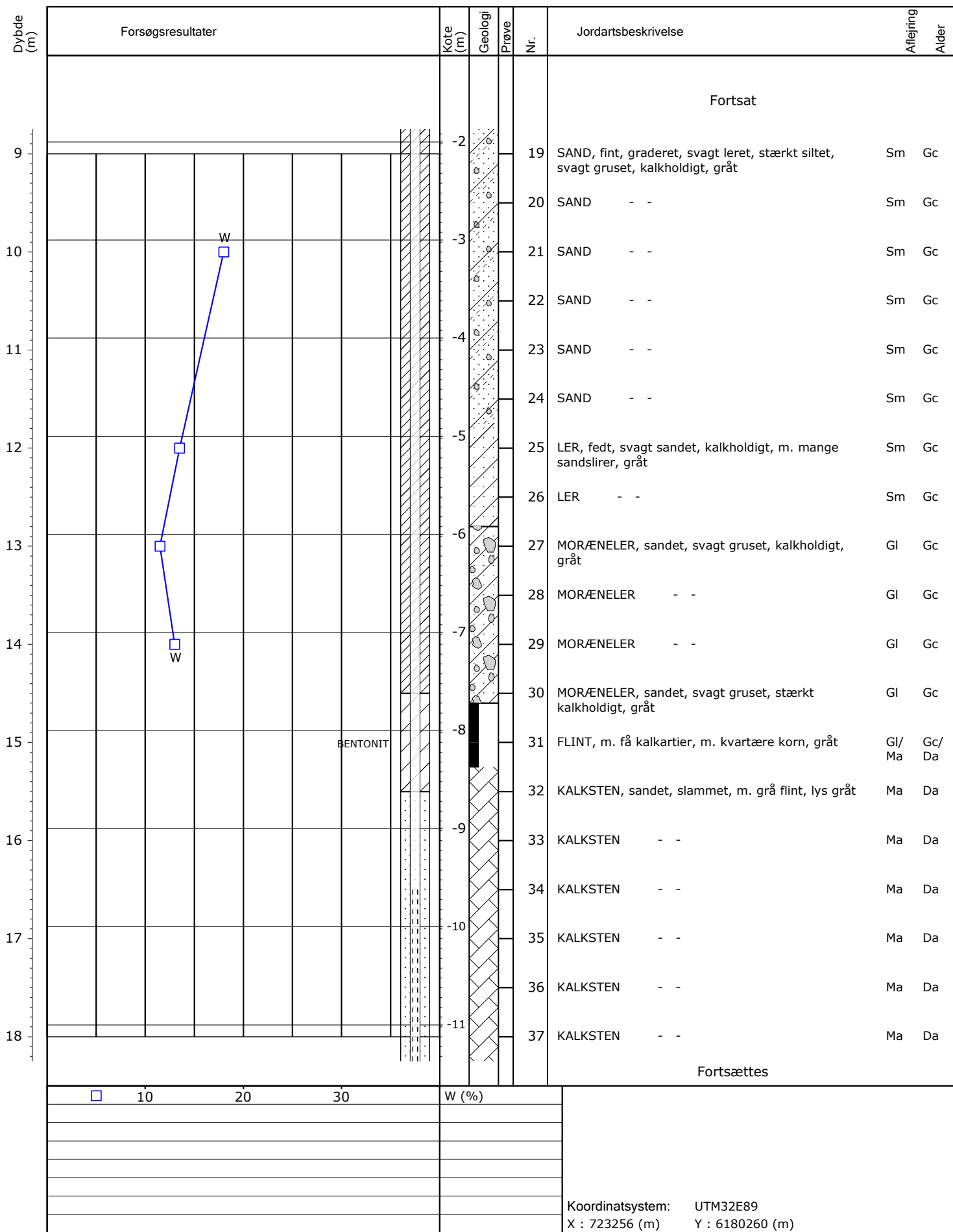
Boremetode: Foret tørboring 8"/DTH

DGU-nr: 201.18333

Bilag: 1.B01 Rev.: 0 S. 3/3

Geo Geo Copenhagen + 45 4588 4444
 Geo Aarhus + 45 8627 3111

Boreprofil



Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej

Boret: Geo KHH Dato: 2023-08-29

Geologi: MHE

Boring: PB

Boremethode: Foret tørboring 12"/DTH

DGU-nr: 201.18334

Bilag: 1.B02 Rev.: 0 S. 2/5

Geo Geo Copenhagen + 45 4588 4444
Geo Aarhus + 45 8627 3111

Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater					Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordartsbeskrivelse	Aflejring	Alder
										Fortsat		
18						-11			37	KALKSTEN	- -	Ma Da
									38	KALKSTEN	- -	Ma Da
19						-12			39	KALKSTEN	- -	Ma Da
									40	KALKSTEN	- -	Ma Da
20						-13			41	KALKSTEN	- -	Ma Da
									42	KALKSTEN	- -	Ma Da
21						-14			43	KALKSTEN	- -	Ma Da
									44	KALKSTEN	- -	Ma Da
22						-15			45	KALKSTEN	- -	Ma Da
									46	KALKSTEN	- -	Ma Da
23						-16			47	KALKSTEN	- -	Ma Da
									48	KALKSTEN	- -	Ma Da
24						-17			49	KALKSTEN	- -	Ma Da
									50	KALKSTEN	- -	Ma Da
25						-18			51	KALKSTEN	- -	Ma Da
									52	KALKSTEN	- -	Ma Da
26					DANSAND VII	-19			53	KALKSTEN	- -	Ma Da
									54	KALKSTEN	- -	Ma Da
27						-20			55	KALKSTEN	- -	Ma Da
										Fortsættes		



10

20

30

W (%)

Koordinatsystem: UTM32E89
X : 723256 (m) Y : 6180260 (m)

Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej

Boret: Geo KHH Dato: 2023-08-29

Geologi: MHE

Boring: PB

Boremetode: Foret tørboring 12"/DTH

DGU-nr: 201.18334

Bilag: 1.B02 Rev.: 0 S. 3/5




Geo Copenhagen + 45 4588 4444
Geo Aarhus + 45 8627 3111

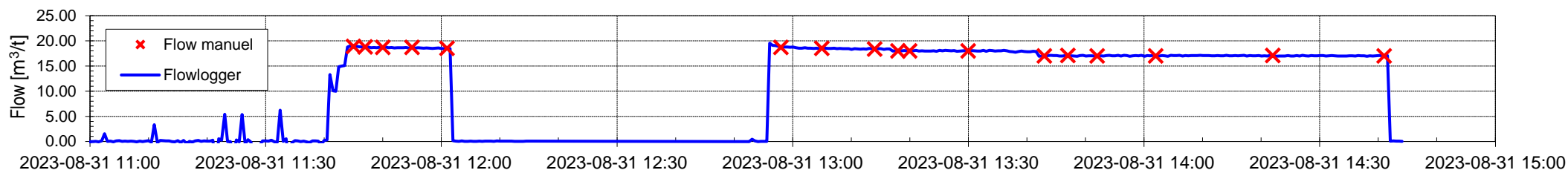
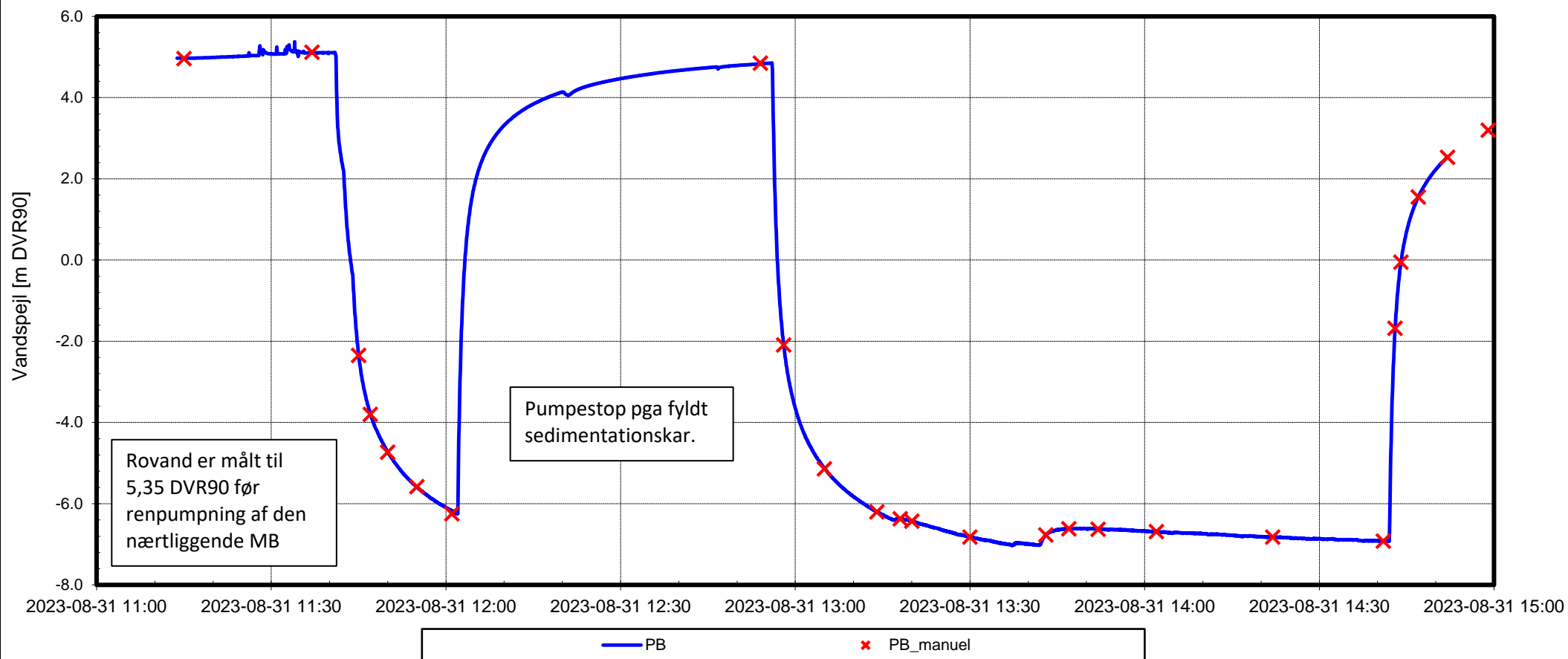
Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater					Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordartsbeskrivelse		Aflejring	Alder
Fortsat													
27						-20			55	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									56	KALKSTEN	- -	Ma	Da
28						-21			57	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									58	KALKSTEN	- -	Ma	Da
29						-22			59	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									60	KALKSTEN	- -	Ma	Da
30						-23			61	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									62	KALKSTEN	- -	Ma	Da
31						-24			63	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									64	KALKSTEN	- -	Ma	Da
32						-25			65	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									66	KALKSTEN	- -	Ma	Da
33						-26			67	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									68	KALKSTEN	- -	Ma	Da
34						-27			69	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									70	KALKSTEN	- -	Ma	Da
35						-28			71	KALKSTEN	- -	Ma	Da
									72	KALKSTEN	- -	Ma	Da
36						-29			73	KALKSTEN	- -	Ma	Da
Fortsættes													

<input type="checkbox"/>	10	20	30		W (%)
					Koordinatsystem: UTM32E89 X : 723256 (m) Y : 6180260 (m)

Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej					
Boret: Geo	KHH	Dato: 2023-08-29	Geologi: MHE	Boring: PB	
Boremethode: Foret tørboring 12"/DTH		DGU-nr: 201.18334	Bilag: 1.B02	Rev.: 0	S. 4/5
 Geo Copenhagen + 45 4588 4444 Geo Aarhus + 45 8627 3111			Boreprofil		

Kapacitetsforsøg i PB



GEO

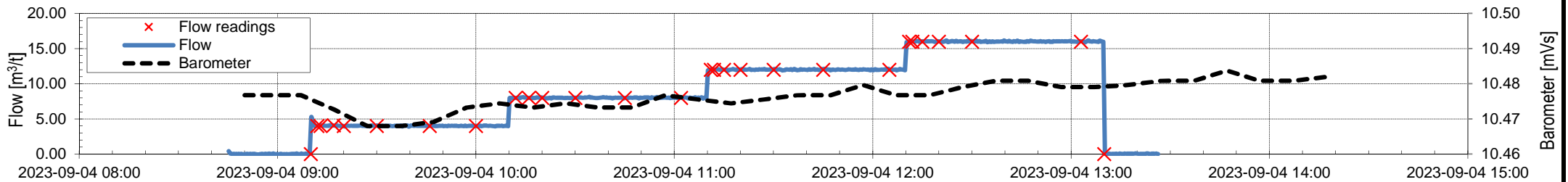
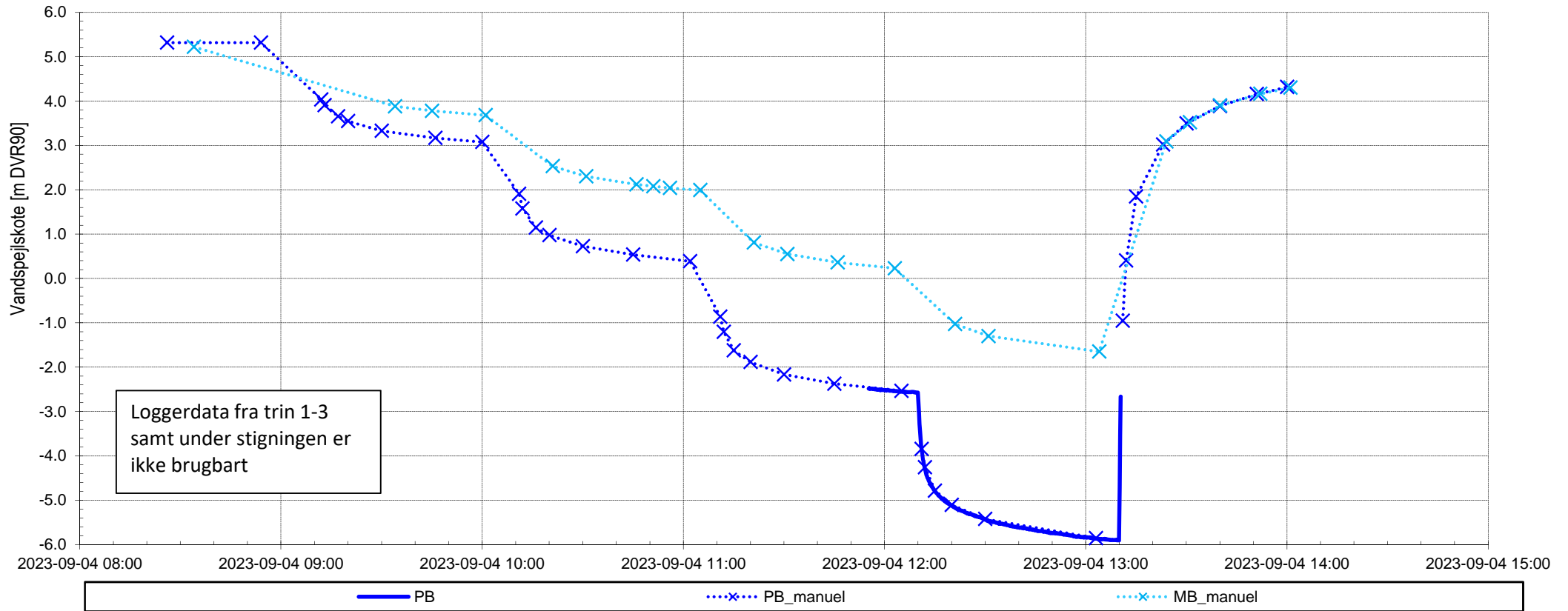
Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej

Optegnet: MBD Dato: 2023-09-29
Kontrolleret: MBM Dato: 2023-10-05

Emne: Kapacitetsforsøg i PB
Rapport nr.: 1 Bilagsnr.: 1.C01

Side 1/1

4-trinsforsøg i PB



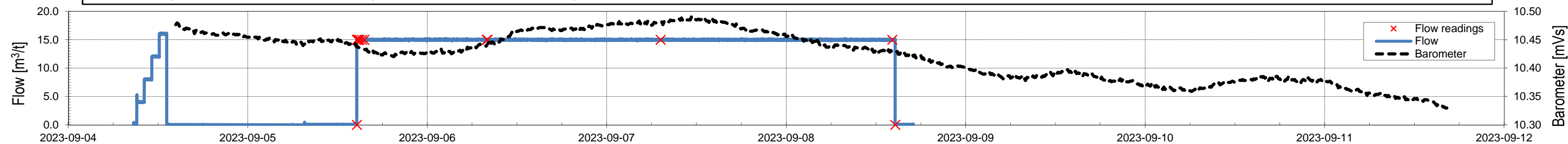
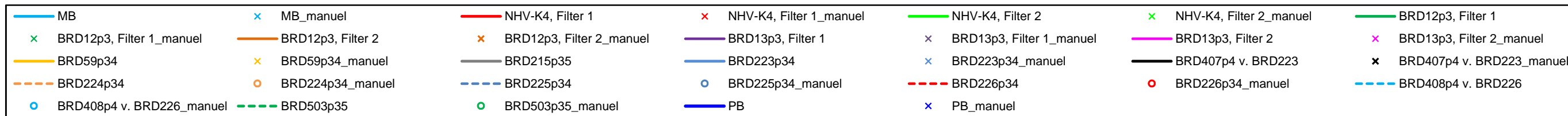
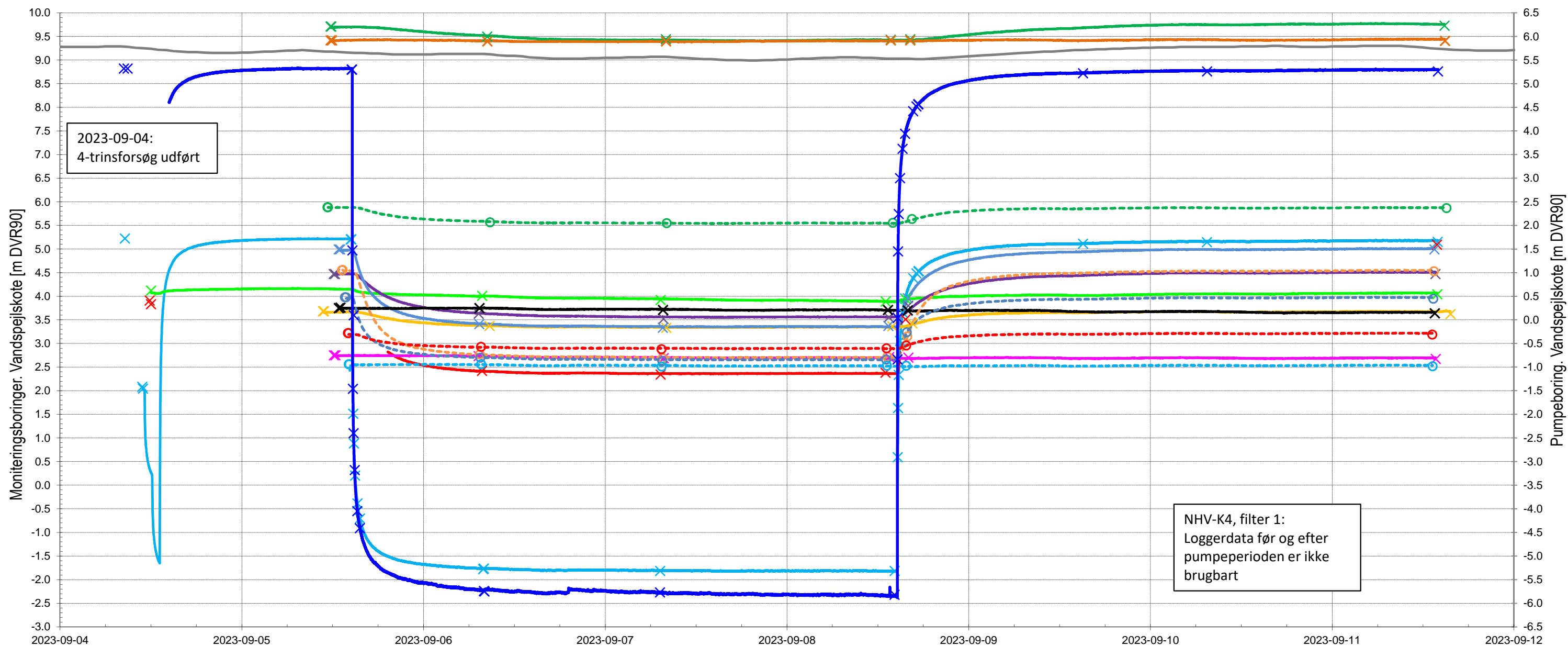
Projekt: 207168 Kbh. Strødamvej

Optegnet: MBD
Kontrolleret: MBM

Dato: 2023-09-29
Dato: 2023-10-05

Emne: 4-trinsforsøg i PB
Rapport nr.: 1 Bilagsnr.: 1.C02 Side 1/1

Langtidforsøg i PB























Projekt: 207168 - Kbh. Strødamvej

Geo-Standard: Signaturer og forkortelser

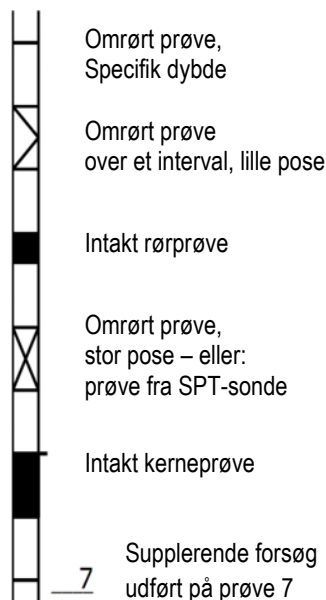
Boreprofiler. Geoteknik, kerne, miljø og lagfølge

Beskrivelse iht. dgf bulletin 1, rev. 1, maj 1995

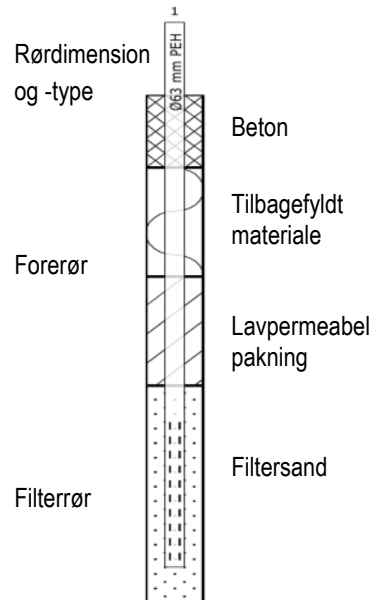
Jordartssignaturer

	Fuld		Slagger
	Flise / Beton / Klippe		Sten
	Muld		Grus
	Muldet		Sand
	Tørv		Silt
	Tørvemuld		Ler
	Tørvedynd		Kalk / Kalksten
	Gytje (dynd), organiskholdigt		Flint / Asfalt
	Planterester		Morænesand/-silt (leret, gruset)
	Skaller		Moræneler (sandet, gruset)

Prøver



Filtersætning



Aflejring

Br	Brakvand
Fe	Ferskvand
Fl	Flydejord
Fy	Fuld
Gr	Grundfjeld
Gl	Gletscher
Ma	Marin
Ne	Nedskyl
Ov	Overjord
Sk	Skredjord
Sm	Smeltevand
Vi	Vindaflejring
Vu	Vulkansk

Geologisk alder

Re	Recent
Pg	Postglacial
Sg	Senglacial
Gc	Glacial
Ig	Interglacial
Is	Interstadial
Te	Tertiær
Nn	Neogen (sen Tertiær)
Pn	Palæogen (tidl. Tertiær)
Mi	Miocæn
Ol	Oligocæn
Eo	Eocæn
Pl	Palæocæn
Sl	Selandien
Da	Danien
Kt	Kridt
Ju	Jura
Tr	Trias
Si	Silur
Ka	Kambrium
Pk	Prækambrium

Forkortelser

enk.	enkelte
sv.	svagt
st.	stærkt
m.	med
lam.	lamina
fragm.	fragmenter
biot.	biotuberet
bryo.	bryozøer
kh.	kalkholdigt
kf.	kalkfrit
glauc.	glaukonit
T	Top af prøve
B	Bund af prøve

Kerner

Kerneprocent: Forholdet i procent mellem prøvelængde og den totale længde af kerneløbet. Vædien anføres udfor prøve-nummeret i toppen af kerneløbet.

RQD: Rock Quality Designation. Forholdet i procent mellem den samlede længde af kernestykker længere end 10 cm og den totale længde af kerneløbet. Vædien anføres udfor prøvenummeret i toppen af kerneløbet.

Sprækker

12345



1 = S1	Usprækket	Ingen sprækker
2 = S2	Svagt sprækket	Sprækkeafstand større end 10 cm
3 = S3	Sprækket	Sprækkeafstand mellem 6 og 10 cm
4 = S4	Stærkt sprækket	Sprækkeafstand mellem 2 og 6 cm
5 = S5	Knust	Sprækkeafstand mindre end 2 cm

Hærdning

12345



1 = H1	Uhærdnet	Kan nemt bearbejdes med fingrene
2 = H2	Svagt hærdnet	Kan nemt bearbejdes med kniv
3 = H3	Hærdnet	Kan bearbejdes med kniv
4 = H4	Stærkt hærdnet	Kan ridses med kniv
5 = H5	Meget stærkt hærdnet	Kan ikke ridses med kniv

Forsøg

C_{fv}	Forskydningsstyrke	(kN/m ²)	Målt med vingeforsøg i intakt jord
C_{rv}	Forskydningsstyrke	(kN/m ²)	Målt med vingeforsøg i omrørt jord
N	Standard penetrationsmodstand (SPT)		Antal slag pr. 0,3 m nedsynkning af Ø51 mm SPT-sonde med rammeenergi $h \cdot G = 0,76 \text{ m} \cdot 0,635 \text{ kN}$
w	Vandindhold	(%)	Vandvægten i procent af tørstofvægten
w_p	Plasticitetsgrænse	(%)	Vandindhold ved overgang fra plastisk til halvfast tilstand. (NP: Non-plastisk)
w_L	Flydegrænse	(%)	Vandindhold ved overgang fra flydende til plastisk tilstand
I_p	Plasticitetsindeks	(%)	$w_L - w_p$
γ	Rumvægt	(kN/m ³)	Forholdet mellem totalvægt og totalvolumen
e	Poretal		Forholdet mellem porevolumen og tørstofvolumen
e_{max}	Poretal		Poretal i løseste standardlejring i laboratoriet
e_{min}	Poretal		Poretal i fasteste standardlejring i laboratoriet
I_D	Tæthedsindeks		Relativ lejringstæthed = $(e_{max} - e) / (e_{max} - e_{min})$
ka	Kalkindhold	(%)	Vægten af CaCO ₃ i procent af tørstofvægten
gl	Glødetab	(%)	Vægttabet ved langvarig glødning i procent af tørstofvægten

Supplerende forsøg, der kan henvises til på boreprofiler

In situ-forsøg:		Laboratorieforsøg:	
PR	Pressiometer	B	Brazil
FH	Falling Head	C	Konsolidering
PP	Pumpe	D	Korndensitet
EL	Elastmeter	E	e_{max} og e_{min}
GA	Gammalog	F	Foto
		G	Kornkurve
		P	Point Load
		S	Simpel forskydning
		T	Triaxial
		U	Simpelt trykforsøg
		V	Skæreboks
		W	Vibrationsindstamping
		SP	Standard proctorforsøg
		MP	Modificeret proctorforsøg

Henvisninger

Dansk Standard:	Dansk Geoteknisk Forening:	Dansk Geoteknisk Forening:
DS/EN 1997-1:2007 – Geoteknik-Del 1	- "Vejledning i ingeniørgeologisk prøve beskrivelse" (Bulletin 1, rev. 1, maj 1995)	- "Laboratoriehåndbogen" (Bulletin 15)
	- "Felthåndbogen" (Bulletin 14)	- Referenceblad for vingeforsøg
		- Referenceblad for SPT-forsøg

København, Strødamvej

Hydrogeologiske undersøgelser

Datarapport

Geo projekt nr. 207168
Rapport 1

Appendiks

App. 1.1 Analyseresultater for vandprøver, ALS.



DANAK
TEST Reg. nr. 361

Ordrenr: 808518
Sagsnavn: 207168
Udtaget: 04-09-2023

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Geo
Maglebjergvej 1
2800 Lyngby
Att.: Geo

Udskrevet: 18-09-2023
Version: 1
Modtaget: 04-09-2023
Analyseperiode: 04-09-2023 -
18-09-2023
Ordrenr.: 808518

Sagsnavn: 207168
Lokalitet: Strødamvej 1
Udtaget: 04-09-2023
Prøvetype: Vand
Prøvetager: Rekv/CHH
Kunde: Geo, Maglebjergvej 1, 2800 Lyngby, Att. Marianne Bjerre Dansbo

Prøvenr.:	201933/23		
Prøve ID:	PB 4-trins		
Kommentar	*1		
Parameter		Enhed	Metode
Laboratoriets målinger:			
pH	7.8	pH	DS/EN ISO 10523:2012
Ledningsevne	49	mS/m	DS/EN 27888:2003
Ammonium+ammoniak, NH4+	0.15	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013+DS224:1975Mod
Nitrit, NO2-	<0.0010	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Nitrat, NO3-	<0.10	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013 + beregning
Oxygen, opløst, O2	0.2	mg/l	DS 2205:1990
Total phosphor, P	0.056	mg/l	DS/EN ISO 6878 Del 7:2004 + DS/EN ISO 15681-2:2018
Chlorid, Cl-	18	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Fluorid, F-	0.46	mg/l	DS 218:1975,MOD
Sulfat, SO4--	16	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Hydrogencarbonat, HCO3-	290	mg/l	DS/EN ISO 9963-1:1996
Aggressiv kuldioxid, CO2	<5	mg/l	DS 236:1977
NVOC	0.82	mg/l	DS/EN 1484:1997+SM 5310B:2014
Partikler i prøve efter konservering	# Nej	-	-
Jern, Fe, opløst	0.23	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Mangan, Mn	0.019	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Calcium, Ca++	87	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Magnesium, Mg++	12	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Kalium, K+	2.0	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Natrium, Na+	9.0	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Jern, Fe	0.41	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Bor, B, Filt Felt	33	µg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Arsen, As	3.5	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Arsen, As, Filt Felt	3.4	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Bly, Pb	0.24	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Bor, B	34	µg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Bly, Pb, Filt Felt	0.053	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Cadmium, Cd	0.024	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Cadmium, Cd, Filt Felt	0.0060	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Barium, Ba	52	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016

side 1 af 3

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r). Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse forligger plysninger om målesikkerhed findes på www.alsglobal.dk

Tegnforklaring, Resultat:
i.p.: Ikke påvist, -: analysen er ikke udført
i rapporten betyder ikke akkrediteret



Ordrenr: 808518
Sagsnavn: 207168
Udtaget: 04-09-2023

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	201933/23			
Prøve ID:	PB 4-trins			
Kommentar	*1			
Parameter			Enhed	Metode
Barium, Ba, Filt Felt	50		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Chrom, Cr	0.37		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Chrom, Cr, Filt Felt	0.067		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobber, Cu, Filt Felt	0.91		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobolt, Co	0.37		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobber, Cu	0.79		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobolt, Co, Filt Felt	0.11		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kviksølv, Hg	<0.0010		µg/l	DS/EN ISO 17852:2008
Kviksølv, Hg, Filt Felt	<0.0010		µg/l	DS/EN ISO 17852:2008
Nikkel, Ni	1.8		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Nikkel, Ni, Filt Felt	1.0		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Zink, Zn, Filt Felt	11		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Zink, Zn	13		µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
HS BTEXN			-	DS/EN ISO 10301:2000
Benzen	<0.020		µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Toluen	0.026		µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Ethylbenzen	<0.020		µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Xylener (o-,m- og p-xylene)	<0.040		µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Naphtalen	<0.020		µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Kulbrinter i vand			-	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter n-C6 - n-C10	#	<5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C10 - n-C15	#	<5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C15 - n-C20	#	<5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C20 - n-C35	#	<5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Total kulbrinter (C6-C35)		<5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
PAH'er 16 komp.			-	SM 6440B, 2017
Naphtalen		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Acenaphtylen		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Acenaphten		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Fluoren		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Phenanthren		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Anthracen		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Fluoranthren		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Pyren		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benzo(a)anthracen		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Chrysen		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benzo(b+j+k)fluoranthener		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benz(a)pyren		<0.0050	µg/l	SM 6440B, 2017
Indeno(1,2,3-cd)pyren		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Dibenzo(a,h)anthracen		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benzo(ghi)perylene		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benz(e)pyren		<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
PAH, sum påviste (EPA - 16 komp.)	#	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 1023, 2023)	#	<0.10	µg/l	SM 6440B, 2017
PAH, sum af påviste (6 komp. jf. bek. 529, 2023)	#	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
HS Chlor. og nedbr.			-	DS/EN ISO 10301:2000

side 2 af 3

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r). Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse forligger plysninger om målesikkerhed findes på www.alsglobal.dk

Tegnforklaring, Resultat:
i.p.: Ikke påvist, -: analysen er ikke udført
i rapporten betyder ikke akkrediteret



DANAK
TEST Reg. nr. 361

Ordrenr: 808518
Sagsnavn: 207168
Udtaget: 04-09-2023

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 201933/23

Prøve ID: PB 4-trins

Kommentar *1

Parameter		Enhed	Metode
Trichlormethan (Chloroform)	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,1,1-trichlorethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Tetrachlormethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Trichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Tetrachlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Chlorethan	<0.10	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Vinylchlorid	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,1-dichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
trans-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
cis-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,2-dibromethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,2-dichlorethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,1-dichlorethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000

Kommentar

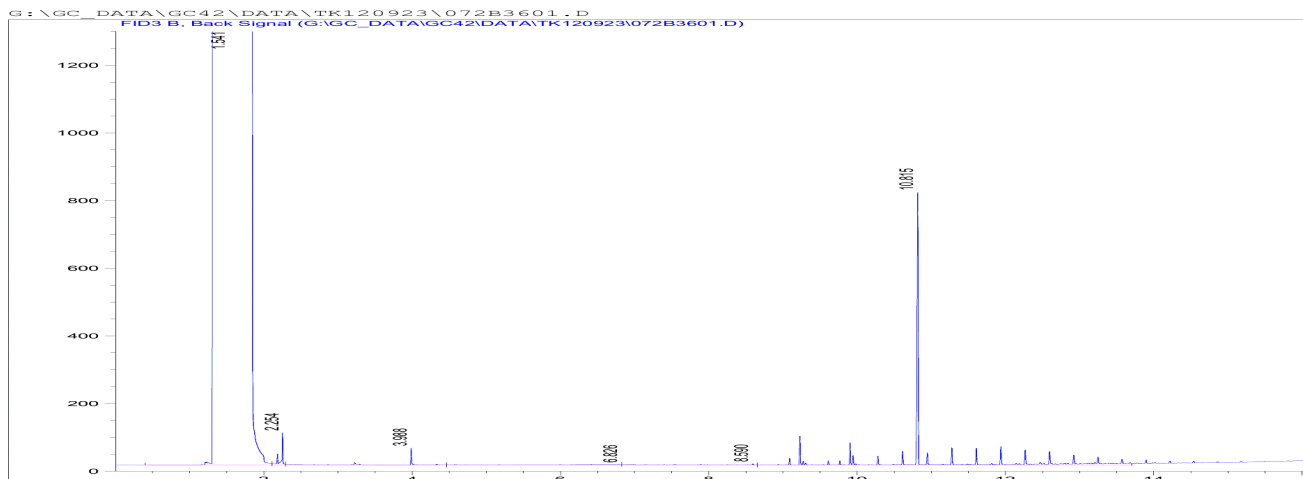
- *1 O2 er bestemt på én flaske og NVOC på vand fra P&T rør.
Grundet indhold af HCO₃ > 100 mg/l er detektionsgrænsen for Aggressiv CO₂ hævet fra 2 til 5 mg/l.
Når analyseusikkerheder tages i betragtning passer forholdet mellem Kobber, Cu og opløst Kobber, Cu.

Gry S. Janniche

Gry Sander Janniche

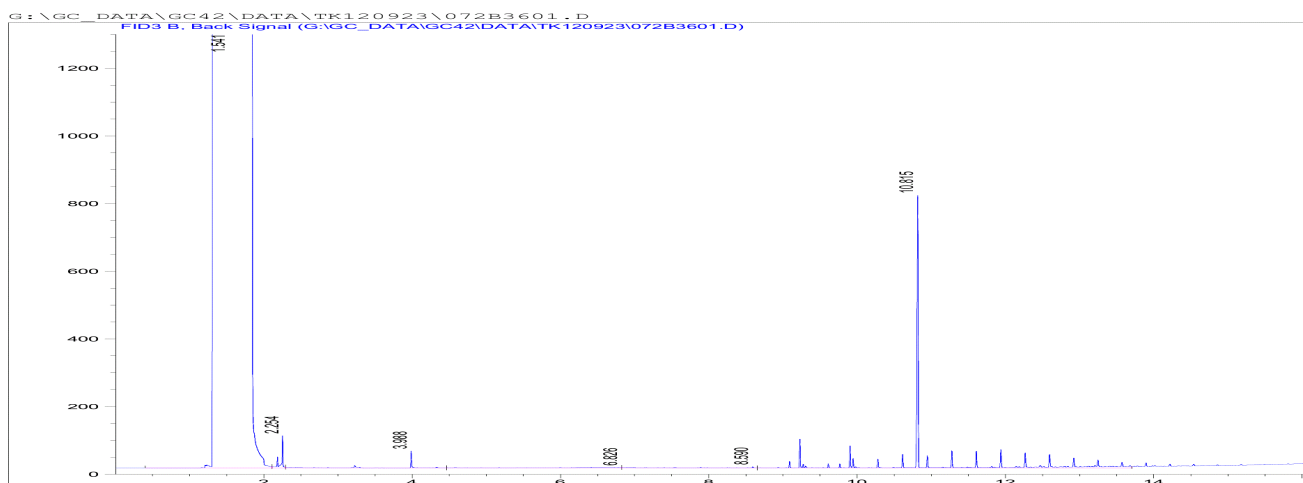
CHROMATOGRAM 201933/23

Sagsnavn:	207168	Prøvested:	Strødamvej 1, 2100 2100
Prøvemærke:	PB 4-trins	Instrument:	GC42
Sekvens:	TK120923	Placering:	Vial 72



CHROMATOGRAM 201933/23

Sagsnavn:	207168	Prøvested:	Strødamvej 1, 2100 2100
Prøvemærke:	PB 4-trins	Instrument:	GC42
Sekvens:	TK120923	Placering:	Vial 72





DANAK
TEST Reg. nr. 361

Ordrenr: 809774
Sagsnavn: 207168
Udtaget: 08-09-2023

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Geo
Maglebjergvej 1
2800 Lyngby
Att.: Geo

Udskrevet: 22-09-2023
Version: 1
Modtaget: 08-09-2023
Analyseperiode: 08-09-2023 -
22-09-2023
Ordrenr.: 809774

Sagsnavn: 207168
Lokalitet: Strødamvej 1
Udtaget: 08-09-2023
Prøvetype: Vand
Prøvetager: Rekv/HKO
Kunde: Geo, Maglebjergvej 1, 2800 Lyngby, Att. Marianne Bjerre Dansbo

Prøvenr.:	207755/23		
Prøve ID:	PB 3-døgns		
Kommentar	*1		
Parameter		Enhed	Metode
Laboratoriets målinger:			
pH	7.4	pH	DS/EN ISO 10523:2012
Ledningsevne	49	mS/m	DS/EN 27888:2003
Ammonium+ammoniak, NH4+	0.16	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013+DS224:1975Mod
Nitrit, NO2-	<0.0010	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Nitrat, NO3-	<0.10	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013 + beregning
Oxygen, opløst, O2	0.8	mg/l	DS 2205:1990
Total phosphor, P	0.010	mg/l	DS/EN ISO 6878 Del 7:2004 + DS/EN ISO 15681-2:2018
Chlorid, Cl-	17	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Fluorid, F-	0.50	mg/l	DS 218:1975,MOD
Sulfat, SO4--	19	mg/l	DS/ISO 15923-1:2013
Hydrogencarbonat, HCO3-	270	mg/l	DS/EN ISO 9963-1:1996
Aggressiv kuldioxid, CO2	<5	mg/l	DS 236:1977
NVOC	0.77	mg/l	DS/EN 1484:1997+SM 5310B:2014
Partikler i prøve efter konservering	# Nej	-	-
Jern, Fe, opløst	0.30	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Mangan, Mn	0.012	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Calcium, Ca++	82	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Magnesium, Mg++	12	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Kalium, K+	1.8	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Natrium, Na+	9.0	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Jern, Fe	0.34	mg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Bor, B, Filt Felt	33	µg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Arsen, As	3.1	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Arsen, As, Filt Felt	3.2	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Bly, Pb	0.059	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Bor, B	34	µg/l	DS/EN ISO 11885:2009
Bly, Pb, Filt Felt	<0.025	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Cadmium, Cd	0.0032	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Cadmium, Cd, Filt Felt	<0.0030	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Barium, Ba	58	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016

side 1 af 3

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r). Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, medmindre skriftlig godkendelse forligger plysninger om målesikkerhed findes på www.alsglobal.dk

Tegnforklaring, Resultat:
i.p.: Ikke påvist, -: analysen er ikke udført
i rapporten betyder ikke akkrediteret



Ordrenr: 809774
Sagsnavn: 207168
Udtaget: 08-09-2023

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	207755/23		
Prøve ID:	PB 3-døgns		
Kommentar	*1		
Parameter		Enhed	Metode
Barium, Ba, Filt Felt	57	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Chrom, Cr	0.049	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Chrom, Cr, Filt Felt	0.025	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobber, Cu, Filt Felt	<0.030	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobolt, Co	0.11	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobber, Cu	0.53	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kobolt, Co, Filt Felt	0.032	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Kviksølv, Hg	<0.0010	µg/l	DS/EN ISO 17852:2008
Kviksølv, Hg, Filt Felt	<0.0010	µg/l	DS/EN ISO 17852:2008
Nikkel, Ni	0.32	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Nikkel, Ni, Filt Felt	0.12	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Zink, Zn, Filt Felt	5.9	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
Zink, Zn	6.1	µg/l	DS/EN ISO 17294-2:2016
HS BTEXN		-	DS/EN ISO 10301:2000
Benzen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Toluen	0.11	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Ethylbenzen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Xylener (o-,m- og p-xylene)	<0.040	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Naphtalen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Kulbrinter i vand		-	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter n-C6 - n-C10	# <5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C10 - n-C15	# <5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C15 - n-C20	# <5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Kulbrinter >n-C20 - n-C35	# <5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
Total kulbrinter (C6-C35)	<5.0	µg/l	AK61 - GC/FID/pentan
PAH'er 16 komp.		-	SM 6440B, 2017
Naphtalen	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Acenaphtylen	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Acenaphten	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Fluoren	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Phenanthren	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Anthracen	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Fluoranthren	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Pyren	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benzo(a)anthracen	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Chrysen	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benzo(b+j+k)fluoranthener	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benz(a)pyren	<0.0050	µg/l	SM 6440B, 2017
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Dibenzo(a,h)anthracen	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benzo(ghi)perylene	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
Benz(e)pyren	<0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
PAH, sum påviste (EPA - 16 komp.)	# <0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
PAH, sum (4 komp. jf. bek. 1023, 2023)	# <0.10	µg/l	SM 6440B, 2017
PAH, sum af påviste (6 komp. jf. bek. 529, 2023)	# <0.010	µg/l	SM 6440B, 2017
HS Chlor. og nedbr.		-	DS/EN ISO 10301:2000

side 2 af 3

Laboratoriet er akkrediteret af DANAK. Analyseresultaterne gælder kun for de(n) analyserede prøve(r). Analyserapporten må kun gengives i sin helhed, med mindre skriftlig godkendelse forligger plysninger om målesikkerhed findes på www.alsglobal.dk

Tegnforklaring, Resultat:
i.p.: Ikke påvist, -: analysen er ikke udført
i rapporten betyder ikke akkrediteret



DANAK
TEST Reg. nr. 361

Ordrenr: 809774
Sagsnavn: 207168
Udtaget: 08-09-2023

ALS Denmark A/S
Bakkegårdsvej 406 A
DK-3050 Humlebæk
Telefon: +45 4925 0770
www.alsglobal.dk

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 207755/23

Prøve ID: PB 3-døgns

Kommentar *1

Parameter		Enhed	Metode
Trichlormethan (Chloroform)	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,1,1-trichlorethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Tetrachlormethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Trichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Tetrachlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Chlorethan	<0.10	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
Vinylchlorid	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,1-dichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
trans-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
cis-1,2-dichlorethylen	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,2-dibromethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,2-dichlorethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000
1,1-dichlorethan	<0.020	µg/l	DS/EN ISO 10301:2000

Kommentar

*1 Ingen kommentar

Camilla Højsted

CHROMATOGRAM 207755/23

Sagsnavn:	207168	Prøvested:	Strødamvej 1, 2100 2100
Prøvemærke:	PB 3-døgns	Instrument:	GC44
Sekvens:	TK130923	Placering:	113



Bilag C Tolkning af pumpeforsøg

KØBENHAVNS KOMMUNE

GRUNDVANDSUNDERSØGELSE, STRØDAMVEJ

BILAG: NOTAT OM TOLKNING AF PRØVEPUMPNINGER

ADRESSE COWI A/S

Parallelvej 2

2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

INDHOLD

1	Indledning	2
2	Udførte prøvepumpninger	2
3	Data	3
3.1	Rådata	3
3.2	Databehandling	5
3.3	Registreret påvirkning	6
4	Tolkning	7
4.1	Tolkningsmetoder	7
4.2	Tolkningsresultater	8
4.3	Konklusion	12
5	Referencer	12

PROJEKTNR.

A245717

DOKUMENTNR.

-

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

12.10.2023

BESKRIVELSE

Prøvepumpningstolkning

UDARBEJDET

JEES

KONTROLLERET

SEL

GODKENDT

JDAM

1 Indledning

Formål

Dette notat beskriver tolkningen af de to prøvepumpninger, der blev udført i en nyudført boring, kaldet PB, ved Strødamvej i København i perioden 4. – 11. september 2023. Notatet indgår som bilag i en hovedrapport hvor formål, geologiske forhold, beskrivelse af borearbejdet mm. er omtalt.

2 Udførte prøvepumpninger

Hoveddata

Der er udført to prøvepumpninger af den udførte pumpeboring som resumeret i Tabel 1 nedenfor. Placeringen af de benyttede boringer er vist i Figur 1.

Tabel 1 Oversigt over de udførte prøvepumpninger.

Pumpeboring	PB	PB
Pumpeperiode, fra: til:	Trinvis prøvepumpning 04-09-2023 kl. 09:10 04-09-2023 kl. 13:10	Prøvepumpning med konstant kapacitet 05-09-2023 kl. 14:35 08-09-2023 kl. 14:35
Pumpning, varighed (timer)	4 trin à 1 time	72,0
Pumpeydelse (m ³ /time)	4,0/8,0/12,0/16,0	15,0
Stigningsforsøg (timer)	0,83 (kun manuel måling)	71,4
Benyttede pejleboringer ¹⁾	PB, MB	PB, MB, NHV-K4-1, NHV-K4-2, BRD12p3-1, BRD12p3-2, BRD13p3-1, BRD13p3-2, BRD59p34, BRD215p35, BRD223p34, BRD224p34, BRD225p34, BRD226p34, BRD407p4, BRD408p4, BRD503p35

Noter:

- 1) En del af de eksisterende boringer, der er benyttet som pejleboringer, er udstyret med filter i to adskilte niveauer. Disse filtre betegnes med boringsnummeret efterfulgt af -1 hhv. -2. Her betegner <Boringsnummer>-1 det nederste af de to filtre og <Boringsnummer>-2 betegner det øverste. Hvert filter er angivet særskilt i tabellen.

Dybde af filtersætning og de filtersatte grundvandsmagasiner for de enkelte boringer fremgår af Tabel 2 i afsnit 3.3.



Figur 1 Oversigtsplan over pumpeboringen og de benyttede pejleboringer.

3 Data

3.1 Rådata

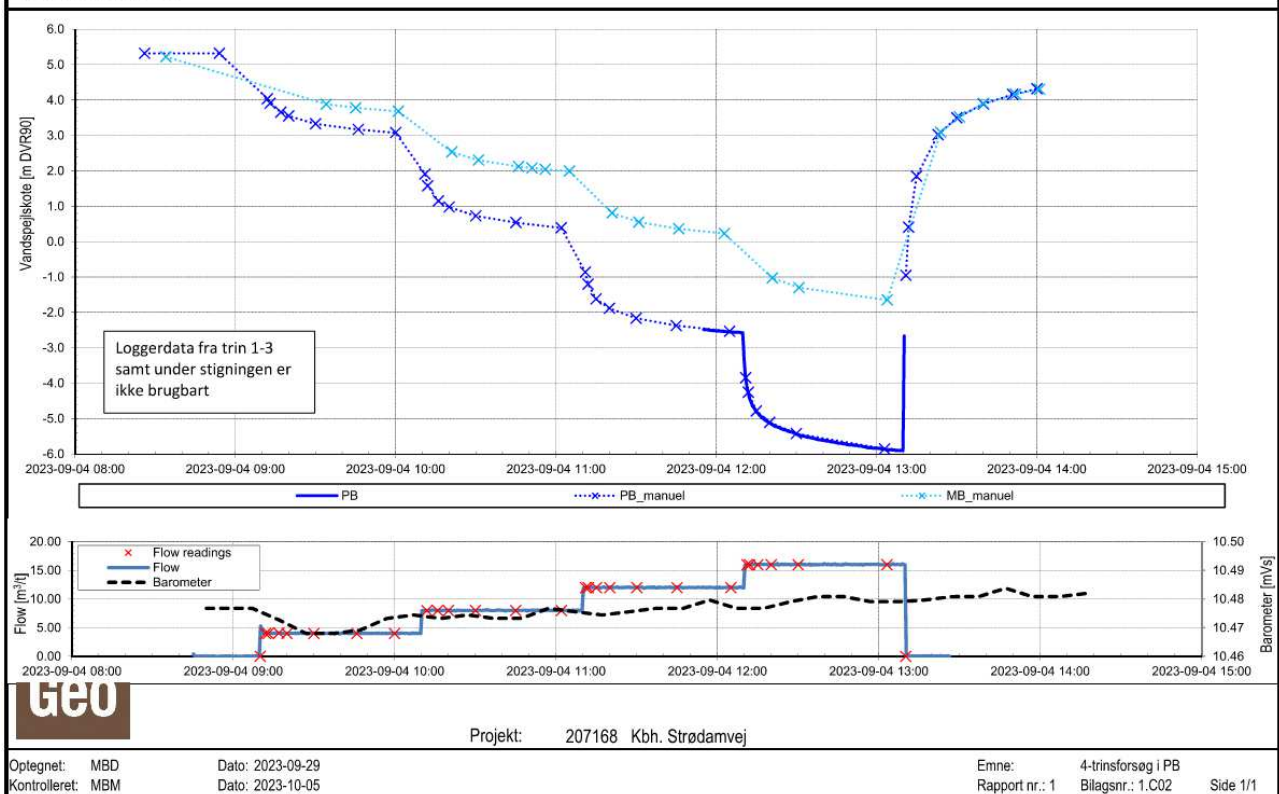
Optegnede rådata

Rådata for de to prøvepumpninger (trinvis hhv. konstant kapacitet) er vist i Figur 2 og Figur 3 nedenfor i entreprenørens optegning.

Brug af data

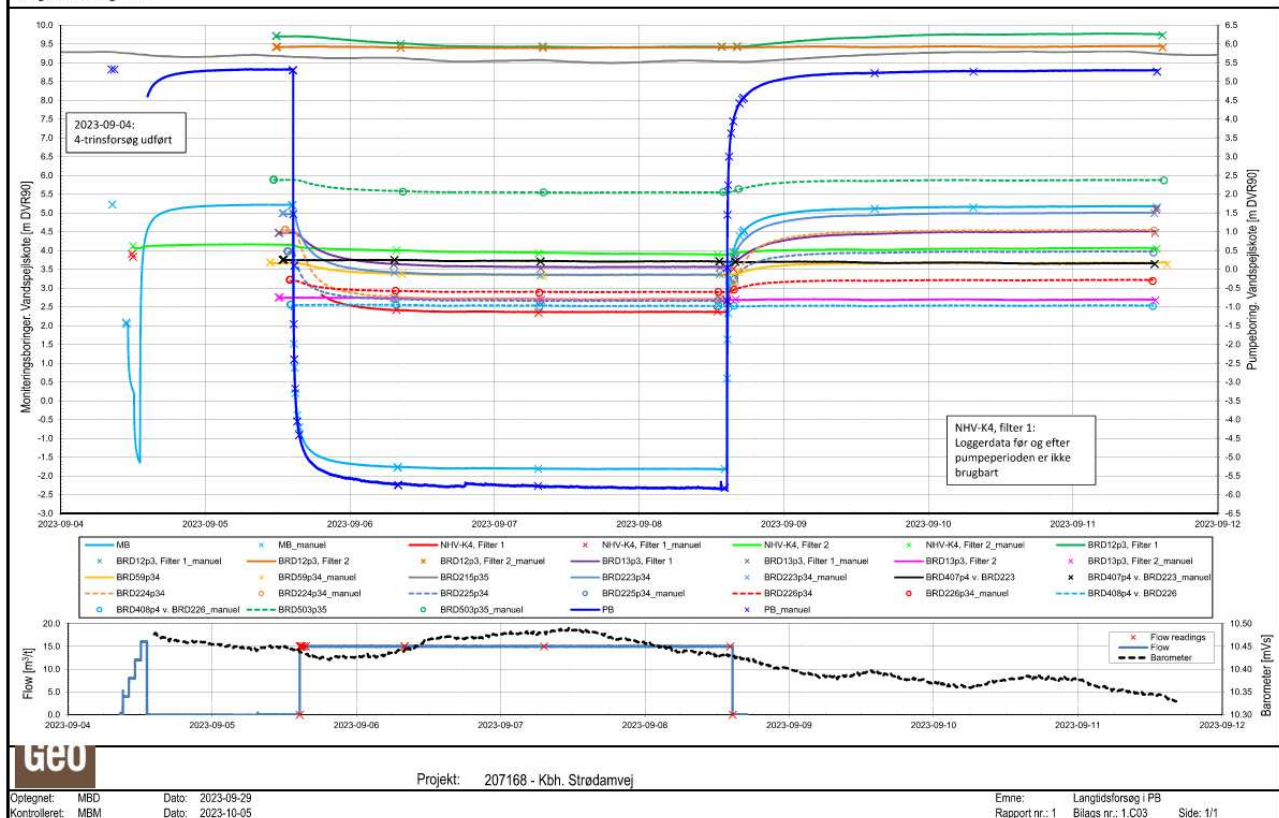
Data fra den trinvis prøvepumpning er benyttet ved fastlæggelse af pumpeydelsen for prøvepumpningen med konstant kapacitet, men er ikke benyttet i den videre tolkning. Data fra prøvepumpningen med konstant kapacitet er korri-geret og benyttet i tolkningen som beskrevet i afsnittene 3.2 og 4.

4-trinsforsøg i PB



Figur 2 Rådata fra den trinvisse prøvepumpning af PB som optegnet af GEO.

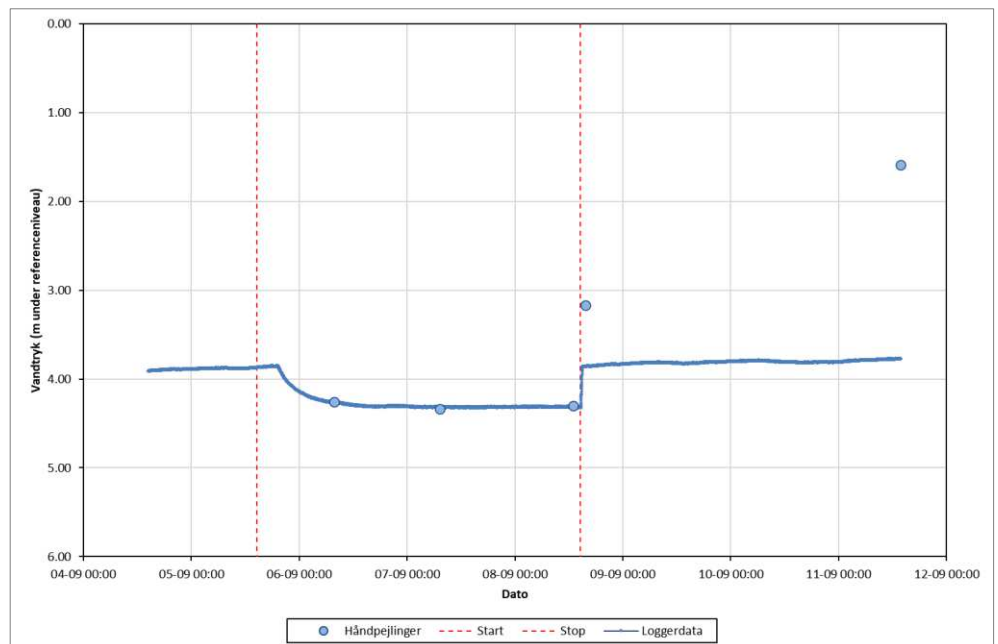
Langtidforsøg i PB



Figur 3 Rådata fra prøvepumpningen med konstant kapacitet som optegnet af GEO.

3.2 Databehandling

Rådata	Rådata er modtaget som Excel filer fra entreprenøren, Geo.
Databehandling	Som forberedelse til tolkningen er rådata behandlet. Dette inkluderer konvertering af loggerdata til vandstands niveau, kontrol for grove fejl og korrektion for påvirkning af andet end prøvepumpningen.
Beregning af vandstand	For prøvepumpningen med konstant kapacitet blev data fra dataloggere konverteret til vandstandsdata ved at fratække lufttryksvariationer. Vandstandsdata fra dataloggere blev derefter konverteret til vandstand i meter under referencepunkt ved sammenligning med manuelle målinger.
Fejl på NHV-K4-1	<p>Boringen NHV-K4 har to filterrør, hvor det ene er filtersat i kalk og det andet i et kvartært sandlag, se Tabel 2. Der er fejl i data fra den datalogger, der har været monteret pejlerøret i kalken, nr. NHV-K4-1. På Figur 4 ses dataserierne fra prøvepumpningen optegnet for dette pejlerør. Det er tydeligt, at der er uoverensstemmelse mellem håndpejlinger og loggerdata i stigningsperioden, og at tidsserien fra dataloggeren i sænkingsperioden ikke er retvisende.</p> <p>Fejlen skyldes sandsynligvis, at vanddybden over loggeren har overskredet loggerens måleområde ved rovandstand. Da hverken sænkings- eller stigningskurven er komplette, har det ikke været muligt at bruge data fra dette pejlerør ved tolkningen.</p>



Figur 4 Boring NHV-K4-1, tidsserier fra datalogger optegnet sammen med håndpejlingerne og tidspunkt for start og stop af prøvepumpningen.

Korrektion af data	Vandstandsmålinger, der er indsamlet under pumpeforsøget, påvirkes af andre faktorer end prøvepumpningen, men ved tolkningen ønskes så vidt muligt, at data kun afspejler påvirkning fra prøvepumpningen. Inden data blev brugt i tolkningen, er rådata derfor korrigeret for barometereffekt.
--------------------	--

Der skønnes at være en mindre påvirkning fra et konstant faldende grundvandspejl, se noter til Tabel 2, men dette er ikke forsøgt korrigeret, da der ikke foreligger egnede baggrundsdata. For enkelte boringer er der set variationer i vandspejlet, som skyldes ukendte faktorer, og som derfor ikke har kunnet korrigeres, se f.eks. Figur 15 og Figur 16.

Sænkning og stigning Baseret på de korrigerede vandstandsmålinger er derefter beregnet de tidsserier for sænkning og stigning af vandspejlet, som anvendes i tolkningen.

3.3 Registreret påvirkning

Efter korrektion af vandspejlsdata er der fundet de påvirkninger af vandspejlet pga. prøvepumpningen med konstant kapacitet, som fremgår af Tabel 2 nedenfor. Boringernes placering fremgår af Figur 1.

Tabel 2 Boringer brugt ved langtidsprøvepumpning af boring PB, målt sænkning og stigning samt benyttede korrektioner for barometereffekt.

Boringstype	Boringsnummer	Magasin	Afstand fra pumpeboringen [m]	Filterniveau [m DVR90]		Sænkning ¹⁾ [m]	Stigning ¹⁾ [m]	Korrektion for barometereffekt [%]
				Top	Bund			
Pumpeboring	PB	Kalk	0	-9,5	-27,5	11,19	11,14	40
Pejleboring	MW	Kalk	12	-10	-12	7,05	6,99	30
Pejleboring	NHV-K4-1	Kalk	52	-8,5	-18,5	Datafejl ⁴⁾	≈2,71 ^{4) 5)}	-
Pejleboring	NHV-K4-2	Sand	52	-1,0	-3,0	0,26	0,17	20
Pejleboring	BRD225p34	Kalk	102	-8,0	-19,0	1,32	1,30	40
Pejleboring	BRD224p34	Kalk	116	-8,5	-12,0	1,84	1,82	40
Pejleboring	BRD407p4	Silt	156	4,0	1,0	0,05	≈ 0 ²⁾	60
Pejleboring	BRD223p34	Kalk	156	-8,5	-17,5	1,63	1,64	30
Pejleboring	BRD226p34	Kalk	173	-9,5	-12,5	0,31 ²⁾	0,31	40
Pejleboring	BRD408p4	Sand	173	-0,5	-1,5	≈ 0 ²⁾	≈ 0 ²⁾	40
Pejleboring	BRD503p35	Kalk	226	-7,0	-19,0	0,34	0,30	60
Pejleboring	BRD59p34	Kalk	263	-13,5	-32,0	0,33 ³⁾	0,30	60
Pejleboring	BRD13p3-1	Kalk	263	-6,5	-14,5	0,92	0,92	50
Pejleboring	BRD13p3-2	Grus/silt/ler	263	1,5	3,2	0,06	≈ 0 ²⁾	40
Pejleboring	BRD12p3-1	Kalk	387	-9,5	-14,5	0,28	0,31	60
Pejleboring	BRD12p3-2	Sand	387	-1,0	-5,0	0,05	≈ 0 ^{2, 3)}	70
Pejleboring	BRD215p35	Kalk	468	-25,5	-35,0	0,06	≈ 0 ^{2, 3)}	50

Noter:

- 1) Den angivne sænkning er sænkningen ved afslutning af pumpeperioden. Den angivne stigning er den maksimale stigning, der er registreret i stigningsperioden.
- 2) Sænkninger og stigninger, der er beregnet til mindre end ca. 0,03 m, er angivet som ≈ 0 i tabellen.
- 3) Observeret sænkning (og manglende stigning) antages at være overvejende forårsaget af naturlige variationer med et jævnt faldende vandspejl over prøvepumpningsperioden og derved ikke et resultat af prøvepumpningen.
- 4) En kort beskrivelse af fejlen kan ses i afsnit 3.2, under "Fejl på NHV-K4-1".
- 5) Der er en forskel på 2,71 m mellem den sidste håndpejling før stop af pumpen og den sidste håndpejling før demontering af loggeren.

Påvirkning fra prøvepumpningen

Det fremgår af Tabel 2, at der er set reaktion på prøvepumpningen i det prøvepumpede magasin ud til en afstand på 387 m fra prøvepumpningen. Pejleboring BRD215p35 er filtersat i kalk og ligger 468 m fra pumpeboringen, og skønnes ikke at reagere ikke på prøvepumpningen, se Tabel 2.

I boring NHV-K4-2 som er filtersat i et kvartært sandlag i en afstand af 52 m fra pumpeboringen, ses der også en reaktion på prøvepumpningen. For de resterende fire pejleboringer filtersat i kvartære lag i større afstand, er det ikke muligt at se en eventuel påvirkning med det foreliggende datagrundlag. For boring NHV-K4-2 er påvirkningen langt mindre end målt i kalkmagasinet på samme sted, og ud fra de ufuldstændige data, der foreligger fra filtret i kalken, skønnes påvirkningen i sandlaget at være 5-10 % af påvirkningen målt i kalken på samme sted.

4 Tolkning

4.1 Tolkningsmetoder

Data og software

Tolkningen er udført med softwaren AQTESOLV i version 4.50.02, og tolkningerne er udført på data for tid-sænkning, tid-stigning og afstand-sænkning.

Pumpeboringsdata

Først er sænkings- og stigningsdata fra pumpeboringen tolket, idet der er brugt Cooper-Jacobs løsning for sænkingskurven og med Theis' recovery løsning for stigningskurven. I disse tolkninger er data, som skønnes påvirket af forerørsmagasinet (casing storage), udeladt. Resultatet af tolkningerne er vist i Tabel 3 og tolkningsgraferne er vist i Figur 5 og Figur 6.

Tolkning af flere pejleboringer

Herefter er data fra de påvirkede pejleboringer, filtersat i kalken, vurderet i et plot, der viser sænkning vs. t/r^2 (tid/radial afstand²), se Figur 7. Denne graf bruges til at støtte vurderingen af om pejleboringerne repræsenterer et sammenhængende og homogent grundvandsmagasin, men er ikke benyttet til kvantitativ tolkning. Efterfølgende er de samme pejleboringsdata tolket i afstand-sænkings plot til forskellige tidspunkter med Theis' løsning. Resultaterne fremgår nederst i Tabel 3 og et eksempel på et afstand-sænkingsplot er vist i Figur 8.

Tolkning af enkelte pejleboringer

Endelig er data fra de enkelte pejleboringer tolket i tid-sænkings og tid-stigningsplot, hvor det er skønnet relevant. For pejleboring MB, som ligger 12 m fra pumpeboringen, er der brugt Papadopulos-Cooper's løsning, som tager højde for forerørsmagasinet. For alle de øvrige pejleboringer er der brugt Theis' løsning. Det gælder for alle resultaterne, at det er den første del af sænkings- og stigningskurven, der tolkes på, da de senere data skønnes at være påvirket af dobbelt porøsitet i kalkmagasinet. Tolkningsresultaterne er vist i Tabel 3 og der er vedlagt figurer nederst i dette afsnit, Figur 9 til Figur 16.

Pejleboringer i andre magasiner

For pejleboringer, der er filtersat i andre magasiner end det prøvepumpede, kan T- og S-værdien ikke bestemmes. For disse boringer er påvirkningen fra prøvepumpningen blot vurderet i forhold til den påvirkning, der er målt på samme sted i det prøvepumpede magasin.

4.2 Tolkingsresultater

Boring PB blev prøvepumpet som resumeret i Tabel 1 og resultaterne fremgår af Tabel 3 nedenfor samt i Figur 5 til Figur 16.

Tabel 3 Resumé af tolkningsresultater fra prøvepumpning med konstant kapacitet af boring PB.

Data fra boring No.	Del af data	Tolkningsmetode ¹⁾	Data interval (s)	T-værdi ($\cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)	S-værdi ($\cdot 10^{-4}$)
Tolkning med tid-sænkning eller tid-stigning:					
PB (Pumpeboring)	Sænkning	Cooper-Jacob	250 - 2000	0,26	-
	Stigning	Theis's recovery	200 - 2000	0,31	-
MB ($r=12,3 \text{ m}$)	Sænkning	Papadopulos-Cooper	0 - 7200	0,37	0,27
	Stigning	Papadopulos-Cooper	0 - 2700	0,40	0,18
BRD225p34 ($r=102,0 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 9000	0,61	2,5
	Stigning	Theis	0 - 277000	0,83	2,2
BRD224p34 ($r=115,7 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 11500	0,26	2,7
	Stigning	Theis	0 - 4000	0,35	3,0
BRD223p34 ($r=156,4 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 8700	0,47	1,2
	Stigning	Theis	0 - 10000	0,52	1,2
BRD226p34 ($r=173,3 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 22500	2,1	10
	Stigning	Theis	0 - 33000	2,6	7,6
BRD503p35 ($r=225,7 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 22500	1,9	7,0
	Stigning	Theis	0 - 30000	2,3	6,3
BRD59p34 ($r=262,6 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 33000	1,7	6,4
	Stigning	Theis	0 - 46000	1,8	5,6
BRD13p3 ($r=263,3 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 100000	2,0	17
	Stigning	Theis	0 - 132000	1,1	15
BRD12p3 ($r=387,1 \text{ m}$)	Sænkning	Theis	0 - 105000	2,0	8,0
	Stigning	Theis	0 - 87000	1,0	6,7
Tolkning med afstand-sænkning:					
MB	Sænkning	Afstand-sænkning Theis	1000	0,22	1,6
BRD223p34			2500	0,22	2,0
BRD224p34			5000	0,23	2,3
BRD225p34			10000	0,25	2,9
BRD226p34			25000	0,26	5,0
BRD503p35			50000	0,26	8,7
BRD59p34			100000	0,26	16
BRD12p3			250000	0,26	39
BRD13p3					

Noter:

- 1) For tolkning af stigningsdata fra pejleboringer er der i alle tilfælde brugt optegning i Agarwal plot.

Pumpeboring

Tolkning af data for pumpeboringen, PB, har givet T-værdier på $0,26 \cdot 10^{-3}$ og $0,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ for hhv. sænkings- og stigningsdata. Det ses af Figur 5 og Figur 6, at datakurverne for både sænkings- og stigningsplot krummer mod højere T-værdier for de senere data. Det er valgt at basere tolkningen på de tidligste datapunkter efter at forerørseffekten skønnes at være ubetydelig, da datakurvens krumning bl.a. kan skyldes effekter af dobbeltporøsitet i magasinet for de senere data, se nedenfor.

Afstand-sænkings-tolkning

Baseret på Figur 7 og Figur 8 skønnes det, at kalkmagasinet kun tilnærmelsesvis repræsenterer et homogent og isotropt magasin. Dette ses på spredningen af kurverne på Figur 7 og på at flere af punkterne ikke ligger lige på tolkningskurven på Figur 8. Det er dog vurderet relevant at gennemføre afstand-sænkings-tolkning.

I afstand-sænkningstolkningen indgår data fra ni pejleboringer. Da der kun er en pejleboring med en tolkbar tidsserie nærmere pumpeboringen end 100 m (nr. MB), har data fra denne boring stor betydning for tolkningen. Der er ikke

tidsserie data fra NHV-K4-1, men håndpejlingerne matcher kurven i Figur 8 fornuftigt. Det ses imidlertid også, se Tabel 3, at den T-værdi, der findes ved forskellige tidspunkter efter start af pumpningen, ligger ret konstant (mellem 0,22 og $0,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$) for de benyttede tidspunkter. Det skønnes derfor, at tolkningen er korrekt.

Ved afstand-sænkningstolkningen er der fundet S-værdier, som stiger fra $1,6 \cdot 10^{-4}$ til $39 \cdot 10^{-4}$ fra 1000 s til 250.000 s. Dette kan skyldes dobbelt porøsitet i kalkmagasinet, hvor det i starten af prøvepumpningsperioden er vand fra sprækkerne i kalken, der mobiliseres. Senere begynder kalkens porøsitet også at give et bidrag. Udviklingen ses i Tabel 3, for afstand-sænkningstolkning. Efter omkring 10.000 s, stiger magasintallet forholdsvis meget i forhold til de stigninger af værdien, der sker ved de tidligere tolkninger.

Tolkning af enkelte pejleboringer

Der er tolket data for 9 monitoringsboringer. For boring MB, BRD225p34, BRD224p34 og BRD223p34 er der fundet T-værdier i intervallet $0,26-0,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. For boring BRD226p34, BRD503p35, BRD59p34, BRD13p3 og BRD12p3 er der fundet T-værdier i intervallet $1,01-2,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Det ses af Tabel 3, at tolkningerne med de højeste T-værdier er fra boringer i større afstand, og at disse tolkninger er baseret på relativt senere data, typisk senere end omtrent 10.000 s. Jf. ovenstående om dobbelt porøsitet skønnes de højere T-værdier at være påvirket af dette fænomen. Det bemærkes i den sammenhæng, at S-værdien fundet for pejleboring nr. MB er fundet til at være 0,18 – 0,27, hvilket er usædvanligt lavt for magasinet. Det vurderes at skyldes helt lokale forhold, også på grund af den korte afstand til pumpeboringen.

Trykafhængig permeabilitet

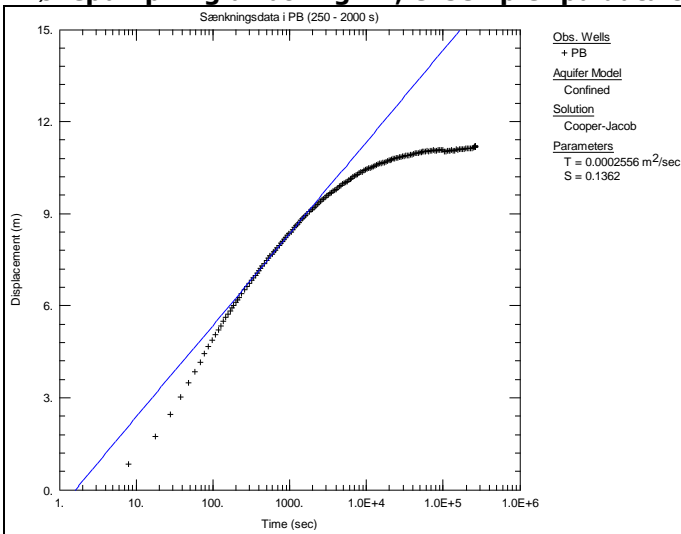
For pumpeboringen, PB, ses en mindre forskel på T-værdien ved sænkings- hhv. stigningsdata, idet der fås en ca. 20% højere værdi ved stigningsdata. Forskellen er begrænset, men kan muligvis skyldes trykafhængig permeabilitet. Det vil sige, at når trykket i pumpeboringen falder med ca. 11 m, så kan nogle af kalkens sprækker blive klemt sammen, hvilket kan reducere vandføringsevnen. Den forholdsvis usikre bestemmelse af T-værdien ud fra de krummende datakurver gør dog, at det ikke kan afgøres med sikkerhed.

På enkelte af pejleboringerne er det muligt at tolke to forskellige T-værdier, en på det tidlige og en anden på det senere sænkingsforløb. Det kan være et resultat af hydrologiske grænser i magasinet, men data er for usikre til, at der er arbejdet videre med denne mulighed.

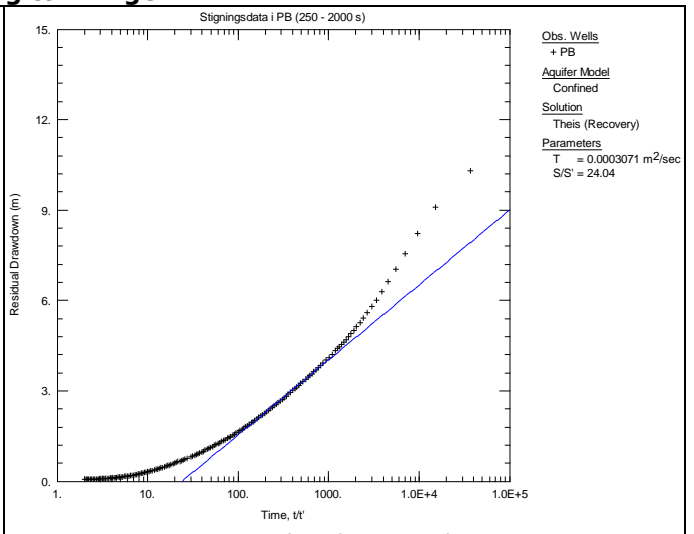
Virkningsgrad

Baseret på T-værdierne fra pumpeboringen, PB, er virkningsgraden på 62 – 53 % for hhv. sænkings- og stigningsdata.

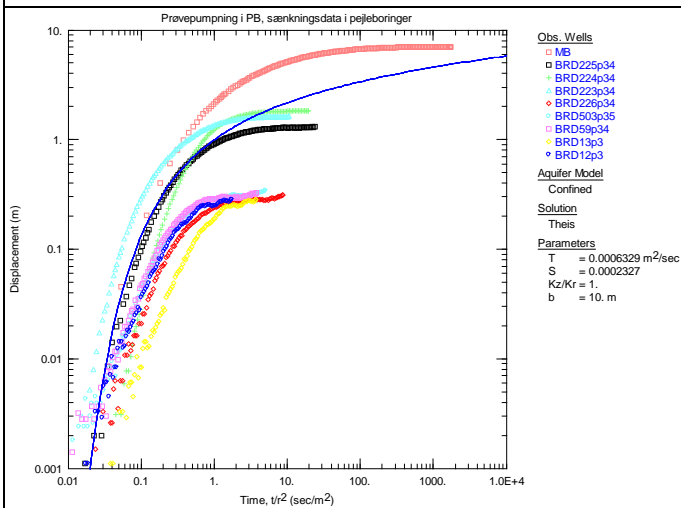
Prøvepumpning af boring PB, eksempler på data og tolkninger:



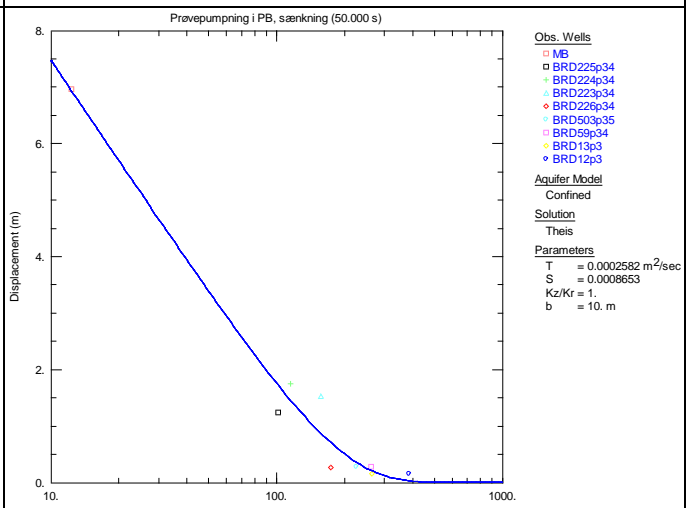
Figur 5 Sænkingsdata fra pumpeboringen.



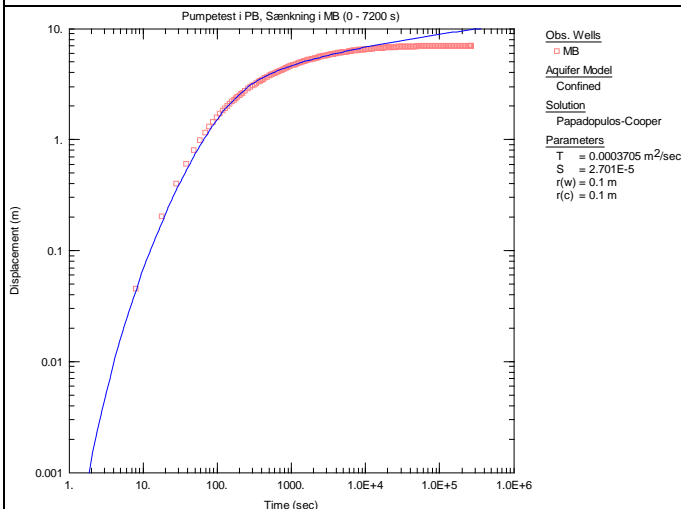
Figur 6 Stigningsdata fra pumpeboringen.



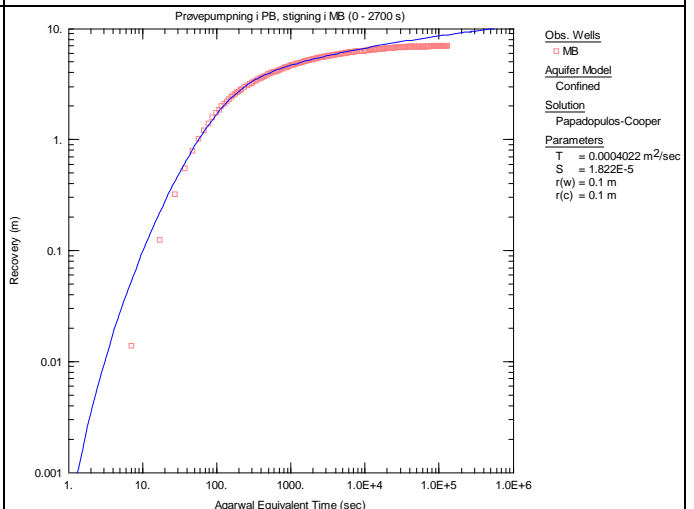
Figur 7 Sænkingsdata fra alle pejleboringer. Den viste tolkningskurve er tilfældig.



Figur 8 Afstand sænkingskurve ved tid = 50.000 s

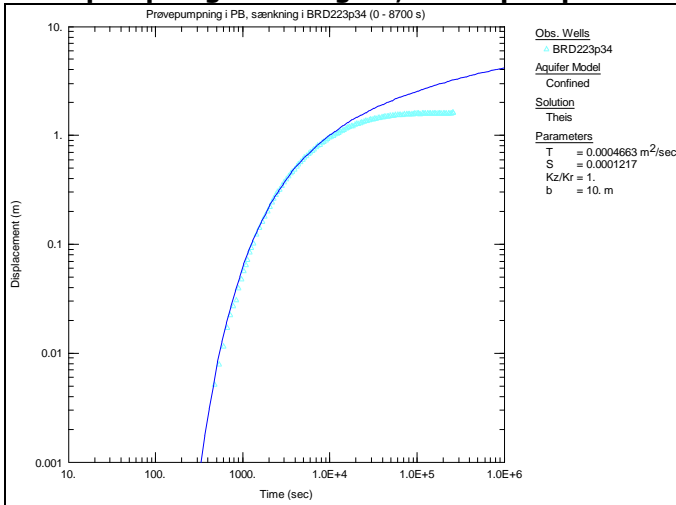


Figur 9 Sænkingsdata fra pejleboring MB

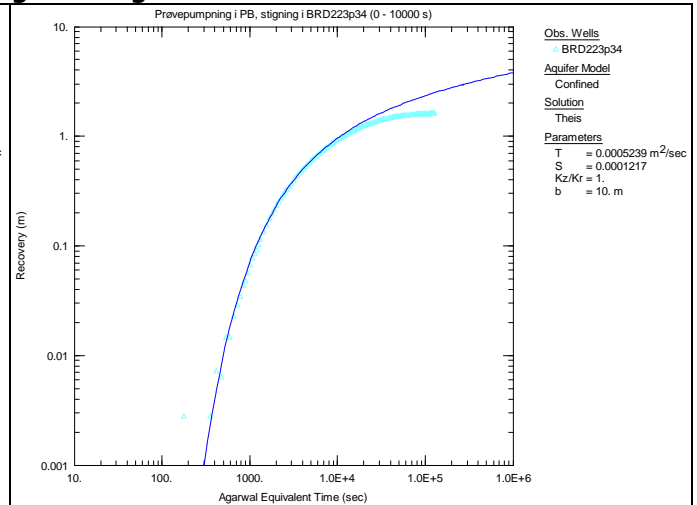


Figur 10 Stigningsdata fra pejleboring MB

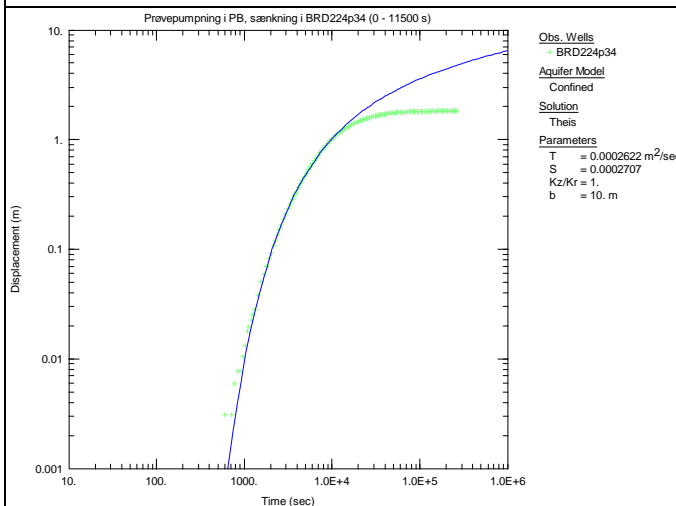
Prøvepumpning af boring PB, eksempler på data og tolkninger:



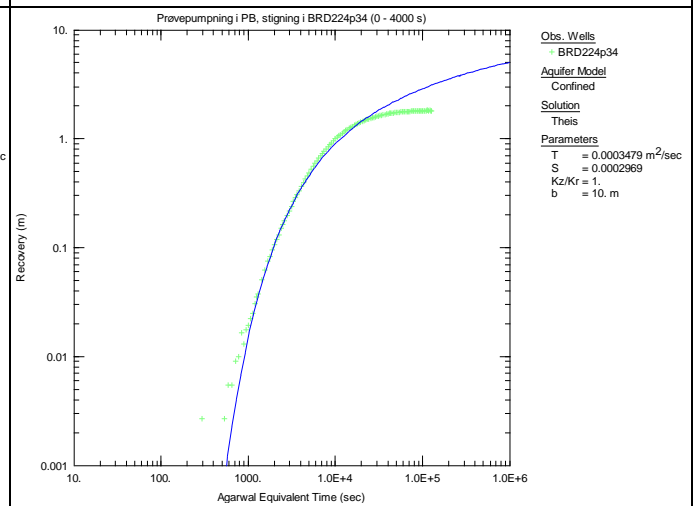
Figur 11 Sænkingsdata fra pejleboring BRD223p34



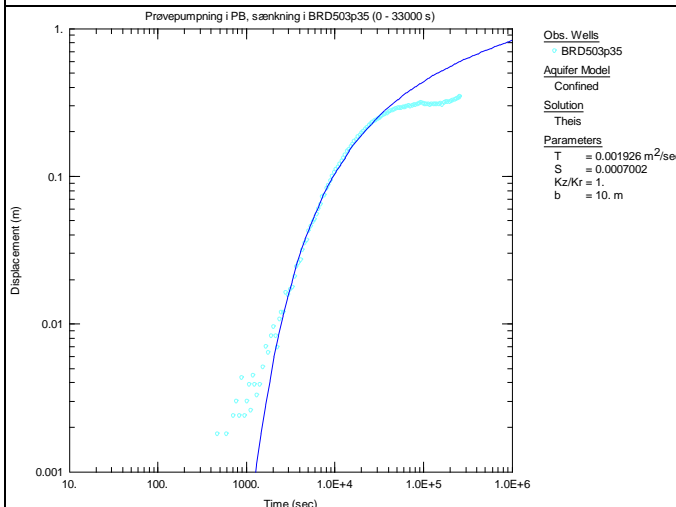
Figur 12 Stigningsdata fra pejleboring BRD223p34



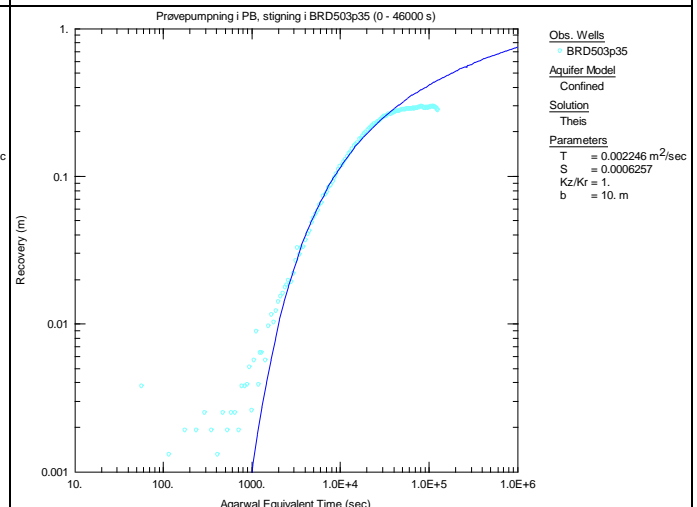
Figur 13 Sænkingsdata fra pejleboring BRD224p34



Figur 14 Stigningsdata fra pejleboring BRD224p34



Figur 15 Sænkingsdata fra pejleboring BRD503p35



Figur 16 Stigningsdata fra pejleboring BRD503p35

4.3 Konklusion

Mest repræsentative T-værdi	På baggrund af tolkningsresultaterne beskrevet i afsnit 4.2 vurderes det, at T-værdien i området 200-400 m omkring pumpeboringen, ligger i intervallet $0,20 - 0,40 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, med den skønnet mest repræsentative værdi omkring $0,30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.
Andet	<p>Det vurderes, at den tilsyneladende stigende T-værdi med øget afstand fra pumpeboringen skyldes kalkens dobbeltporøsitet.</p> <p>Der kan være tale om trykafhængig permeabilitet i kalken omkring pumpeboringen i begrænset omfang.</p> <p>Pumpeboringens virkningsgrad skønnes til 62 – 53 % for hhv. sænkings- og stigningsdata.</p>

5 Referencer

- 1 Tage Sørensen: Boringers virkningsgrad. Vandteknik, nr. 4, 1977.

Bilag D Undersøgelse af funderingsforhold

København. Strødamvej.

Geoteknisk undersøgelse – datarapport

Undersøgelse af eksisterende funderingsforhold

Geo projekt nr. 208227

Datarapport 1. Rev. 1, 2024-04-10

Sammenfatning

I forbindelse med et projekt der omhandler oppumpning af grundvand til De Indre Søer i København i sommermånederne, er Københavns Kommune ved at undersøge potentialet i den nordlige del af Kolonihaveparken. Tidligere undersøgelser samt historiske kort viser dog, at der kan være sætningsfølsomme jordlag i og omkring Kolonihaveparken.

COWI har derfor, på vegne af Københavns Kommune, anmodet Geo om at udføre en geoteknisk undersøgelse til bestemmelse af eksisterende jordbunds-, grundvands- og funderingsforhold ved den østvendte gavl af Emdrup Vænge 201 til 215.

Undersøgelsen udgøres af to geotekniske borer samt én fundamentsfrigravning. Begge borer, MB-A og MB-B, er udført i 6" boredimension. MB-A er ført til 6 m u.t., mens MB-B er ført til 4 m under terræn. Gravningen, MB-C, er ført til 1,8 m under terræn, hvor fundamentsunderkant er truffet. Derunder er der håndboret fra bund af udgravning og til 2,4 m u.t.

I boring MB-A og MB-B er der øverst truffet fyld- og overjord til mellem 1,6 og 2,9 m u.t. Derunder er der i boring MB-A truffet glacialt moræneler til bund af boringen, mens der i MB-B primært er truffet senglacialt smeltevandssand til bund af boringen, med et lokalt indslag af senglacialt nedskyldssand.

I gravning MB-C er der primært truffet fyld af sand og grus til bund af håndboringen, med et lokalt indslag af lermuld.

Boringerne er pejlet ved afslutning af borearbejdet samt efterfølgende, d. 2024-03-20, hvor der er registreret vandspejl som anført i Tabel 1.

Nærværende revision 1 af Geo-rapport 208227 af 2024-03-22 omfatter foruden en korrektion af orienteringen af den ved Emdrup Vænge 215 undersøgte gavl fra vestvendt til østvendt også en korrektion af terrænkoten for boring MB-A på situationsplanen på bilag 1.1 såvel som i Tabel 1 over vandspejlspejlinger. Derudover er boredimensionen i rapportteksten ændret fra 4" til de korrekte 6". Herudover er der tilføjet stopårsag på boreprofilen for boring MB-B, der ikke nåede måldybden på 6 m u.t. men stoppede på en sten i 4 m u.t.

Geo projekt nr. 208227

Datarapport 1. Rev. 1, 2024-04-10

Rekvirentens ref.:

Udarbejdet for

COWI A/S

Att.: Jesper Damgaard

Udarbejdet af

Jakob Åkerman Nielsen

jtn@geo.dk, +45 3174 0534**Kontrolleret af**

Thomas Carentius Larsen

tcl@geo.dk, +45 4520 0189

Indhold

1	Revision	3
2	Baggrund og formål	3
3	Undersøgelse	3
3.1	Generelt	3
3.2	Bore- og gravearbejde	3
3.3	Filtersætning	4
3.4	Laboratoriarbejde	4
4	Resultater	4
4.1	Jordbundsforhold	4
4.1.1	Fundament i gravning MB-C	4
4.2	Grundvand	4
5	Afsluttende bemærkning	5

Bilag

1.1	Situationsplan
1.2 – 1.3	Boreprofiler
1.4	Graveprofil

Geo Standard: Signaturforklaring

1 Revision

Nærværende revision er sket med baggrund i kommentarer fra kunden. Rettelserne omfatter foruden en korrektion af orienteringen af den ved Emdrup Vænge 215 undersøgte gavl fra vestvendt til østvendt også en korrektion af terrænkoten for boring MB-A på situationsplanen på bilag 1.1 såvel som i Tabel 1 over vand-spejlspejlinger. Derudover er boredimensionen i rapportteksten ændret fra 4" til de korrekte 6". Herudover er der tilføjet stopårsag på boreprofilet for boring MB-B, der ikke nåede måldybden på 6 m u.t. men stoppede på en sten i 4 m u.t.

2 Baggrund og formål

I forbindelse med et projekt der omhandler oppumpning af grundvand til De Indre Søer i København i sommermånederne, er Københavns Kommune ved at undersøge potentialet i den nordlige del af Kolonihaveparken. Tidligere undersøgelser samt historiske kort viser dog, at der kan være sætningsfølsomme jordlag i og omkring Kolonihaveparken.

COWI har derfor, på vegne af Københavns Kommune, anmodet Geo om at udføre en geoteknisk undersøgelse til bestemmelse eksisterende jordbunds-, grundvands- og funderingsforhold ved den østvendte gavl af Emdrup Vænge 201 til 215.

3 Undersøgelse

3.1 Generelt

I de på situationsplanen, bilag 1.1, viste punkter, MB-A til MB-C, er der i perioden 2024-03-14 til 2024-03-15 udført to geotekniske boringer samt én fundamentsfrigravning. Boringerne, MB-A til MB-B, er udført med henblik på at klarlægge de generelle eksisterende jordbunds-, grundvands- og funderingsforhold i området, mens gravningen, MB-C, er udført med henblik på at undersøge funderingsmetode samt –dybde af Emdrup Vænge 201 til 215.

Placeringen af undersøgelsespunkterne er anvist af COWI, og afsat af Geo under hensyntagen til ledninger i jorden samt pladsforhold. Alle boringerne er afsat og indmålt af Geo med GPS System RTK. Terrænkoter er angivet i absolutte koter (DVR90), og koordinater er angivet i system UTM32N.

Koter og koordinater er angivet på boreprofilene i bilag 1.2 – 1.3, mens placering af undersøgelsespunkterne fremgår af situationsplanen, bilag 1.1.

3.2 Bore- og gravearbejde

Begge boringer, MB-A og MB-B, er udført i 6" boredimension. MB-A er ført til 6 m u.t., mens MB-B er ført til 4 m u.t.

MB-B skulle være ført til 6 m u.t., men grundet et formodet stenlag blev det i fælleskab med COWI besluttet at afslutte boringen 4 m u.t. Boringerne er udført som foret tørrotationsboringer med snegl, kop og fræser.

Gravningen, MB-C, er udført med håndgrej og ført til 1,8 m under terræn, hvor fundamentsunderkant er truffet. Derunder er der håndboret fra bund af udgravning og til 2,4 m u.t.

Under bore- og gravearbejdet er der registreret laggrænser og udtaget jordprøver til geologisk bedømmelse i Geos eget laboratorium. Det er tilstræbt at udføre vingeforsøg pr. 0,2 m til 2 m under terræn og derunder et

dobbelt vingeforsøg pr. m i kohæsive aflejringer. Der er tillige udført en tværtsnitsskitse af fundamentsfri-gravningen.

3.3 Filtersætning

Boringerne er filtersat med et Ø63 mm filter, og afsluttet ca. 0,1 m u.t. i et betonmuffør.

Omkring filterrørene er der gruskastet successivt med optrækning af foringsrørene. Omkring strækninger med blindrør er der afproppet med ekspanderende bentonit (Mikolit B) i intakte aflejringer og fyldaflejringer samt genopfyldt med opboret materiale i toppen af boringerne.

Detaljer om installerede filter- og blindrør samt gruskastning og pejlede vandspejl er vist på vedlagte boreprofiler, bilag 1.2 – 1.4.

3.4 Laboratoriearbejde

Alle udtagne prøver fra boringerne er geologisk bedømt i Geos eget laboratorium iht. DGF-bulletin 1. På udvalgte kohæsive prøver er det naturlige vandindhold, w , bestemt. Samtlige resultater af geotekniske mark- og laboratorieforsøg er vist på vedlagte boreprofiler på bilag 1.2 – 1.4, mens signaturer og forkortelser fremgår af vedlagte Geo-standard.

4 Resultater

4.1 Jordbundsforhold

I boring MB-A og MB-B er der øverst truffet fyld- og overjord til mellem 1,6 og 2,9 m u.t. Derunder er der i boring MB-A truffet glacialt moræneler til bund af boringen, mens der i MB-B primært er truffet et mindre lag senglacialt nedskyldssand, som underlejres af senglacialt smeltevandssand til bund af boringen.

I gravning MB-C er der primært truffet fyld af sand og grus til bund af håndboringen, med et lokalt indslag af lermuld.

I fyld- og overjorden er der generelt bestemt vandindhold, w , på 14 – 21 %, dog lokalt i det trufne tørvemuld op til 63 %. Desuden er der målt vingestyrker, c_v , i intervallet 85 – 220 kPa.

I den glaciare moræneler er der bestemt vandindhold, w , på 10 – 16 % samt målt vingestyrker i intervallet $575 - c_v < 702$ kPa.

4.1.1 Fundament i gravning MB-C

Fundamentet i gravning MB-C er funderet 1,80 m under terræn, svarende til ca. kote +5,5. Fundamentet er af beton og er støbt mod jord.

4.2 Grundvand

Boringerne er pejlet ved afslutning af borearbejdet samt efterfølgende, d. 2024-03-20, hvor der er registreret vandspejl som anført i Tabel 1 herunder. De målte vandspejlsniveauer fremgår tillige af boreprofilerne i bilag 1.2 – 1.3.

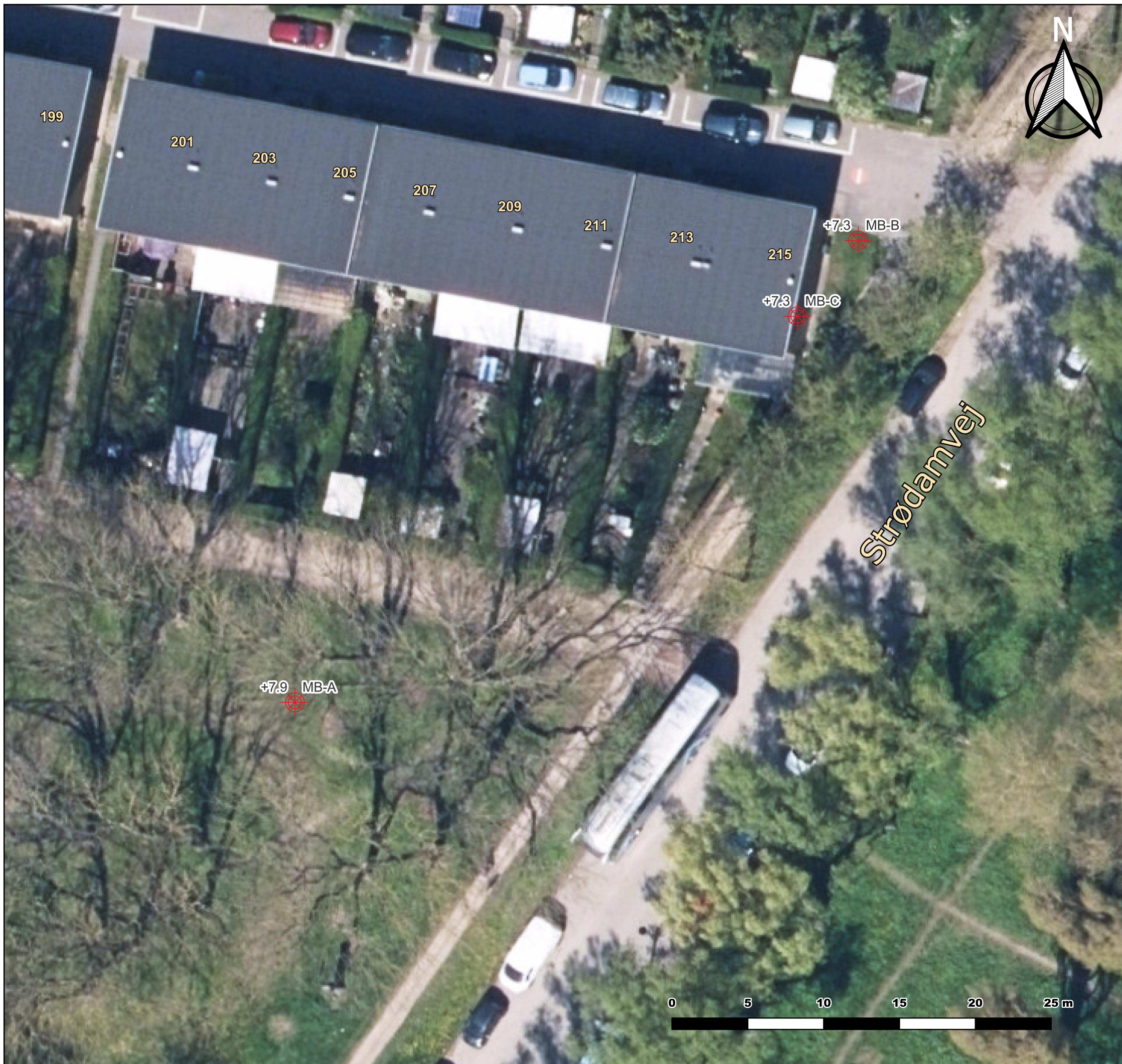
Tabel 1: Vandstandspejlinger.

Boring	Terrænkote	Vandspejlsniveau [m.u.t]		Vandspejlskote[DVR90]	
		2023-03-15	2023-03-20	2023-03-15	2023-03-20
MB-A	+7,9	2,70	2,67	+4,60	+4,63
MB-B	+7,3	2,38	2,51	+5,52	+5,39

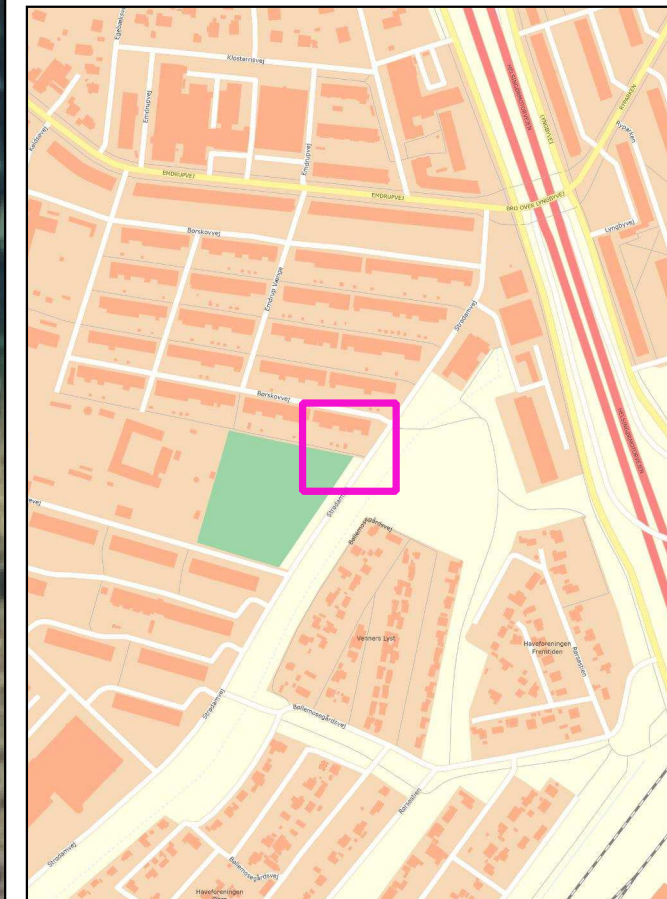
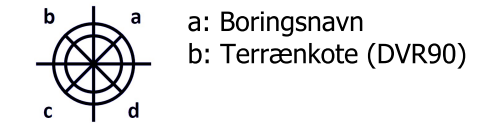
Ifølge kort over grundvandspotentialiet i kalkmagasinet ligger trykniveauet i det primære vandspejl i området omkring kote +5, svarende til ca. 2 – 3 m u.t., hvorfor de målte vandspejl vurderes at være af primær karakter.

5 Afsluttende bemærkning

I henhold til miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1260 af 2013-10-28 påhviler det ejeren at sørge for sløjfning af geotekniske borer, hvori der er installeret pejlerør, seneste 1 måned efter at brugen er ophørt. Sløjfninger, som skal sikre at der ikke kan ske forurening af grundvandet, bør udføres af et anerkendt brøndborer- eller geoteknisk firma.



Signaturforklaring

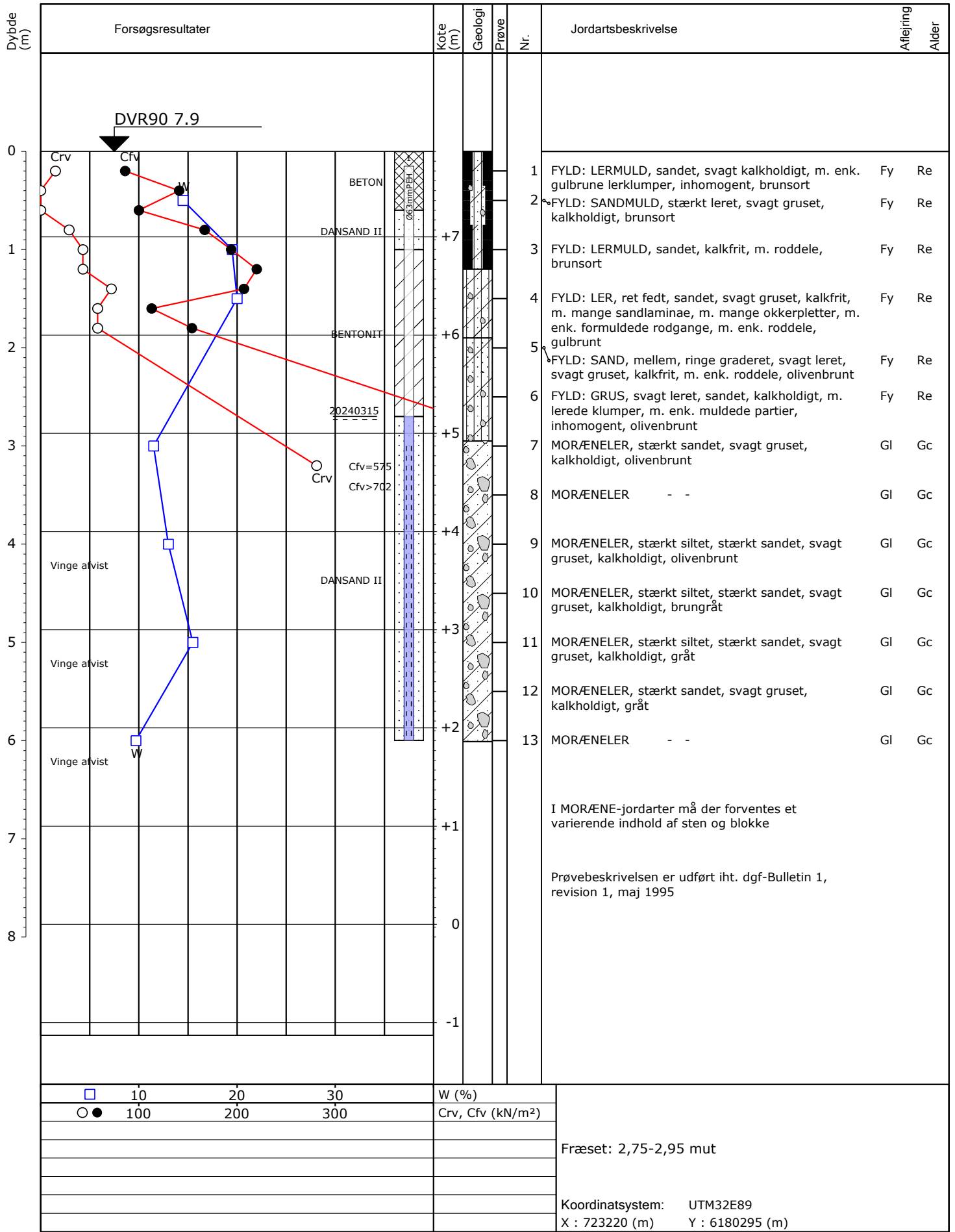


Projekt navn: København. Strødamvej
Projekt nummer: 208227
Emne: Situationsplan

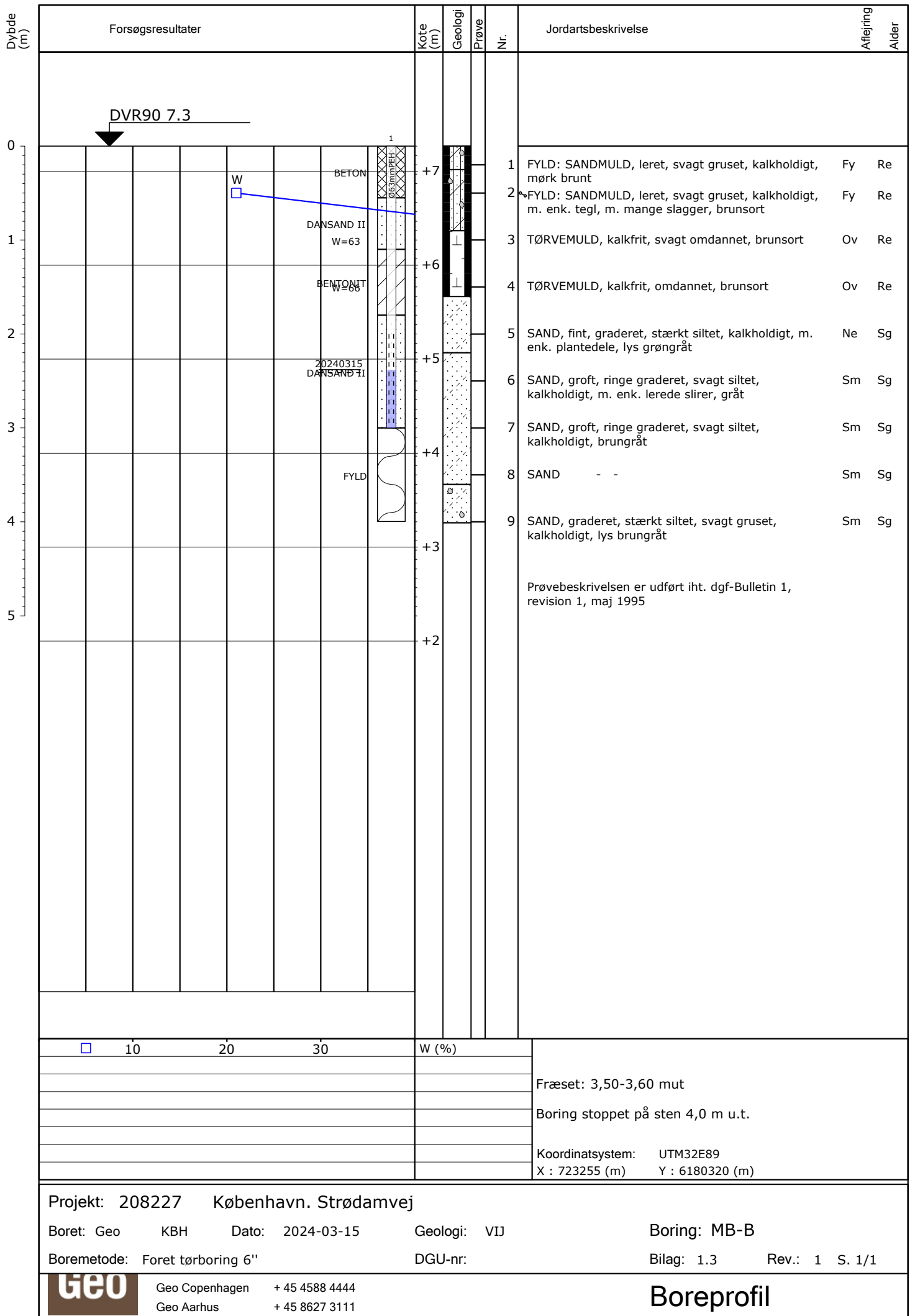
Bilag: 1.1 Side: 1/1

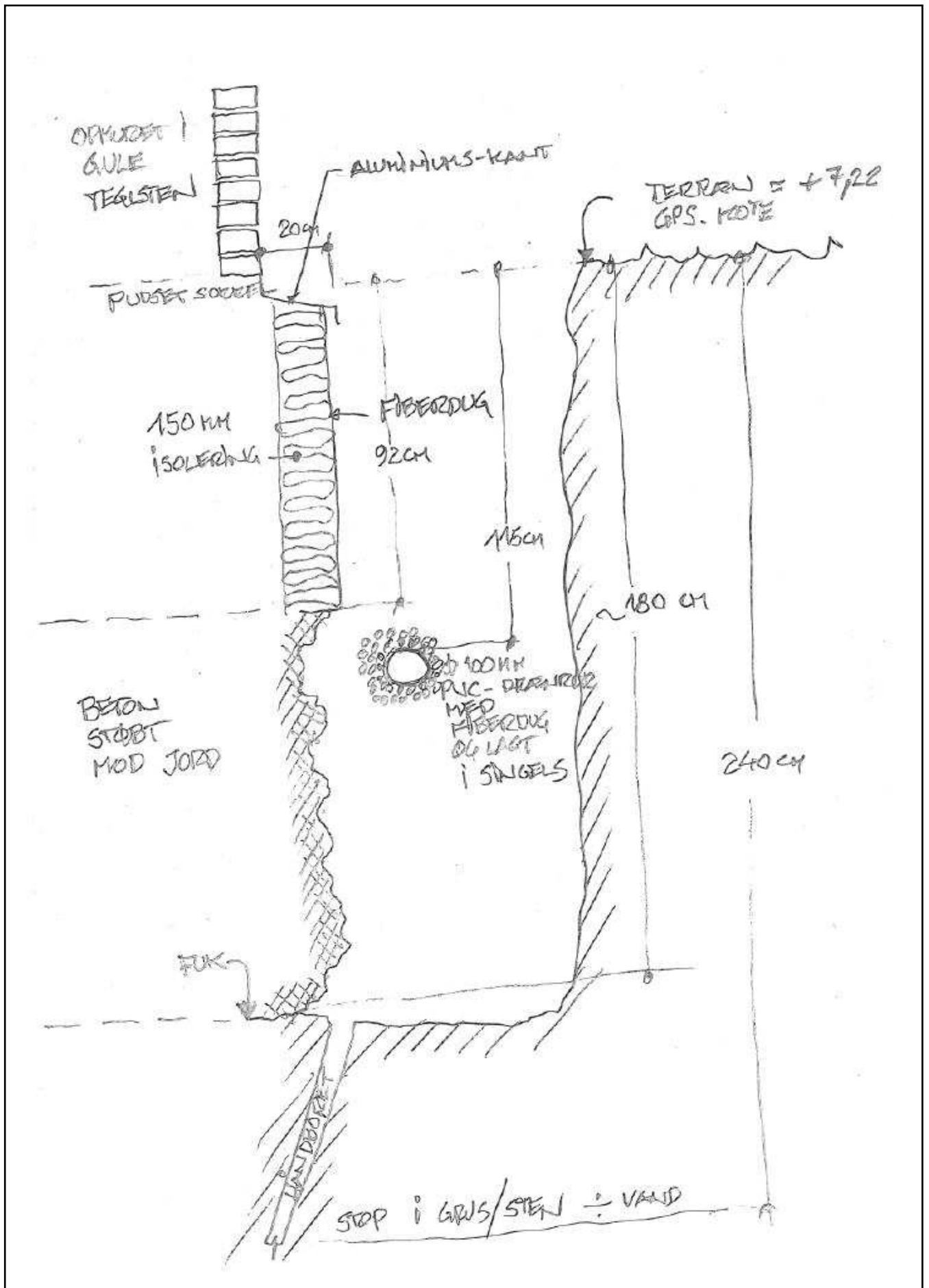
Udført af: JTN Dato: 2024-04-10
Kontrolleret af: TCL Dato: 2024-04-10

GEO www.geo.dk
København +45 4588 4444
Aarhus +45 8627 3111



Projekt: 208227 København. Strødamvej		Boret: Geo KTR Dato: 2024-03-15 Geologi: VIJ Boring: MB-A	
Boremethode: Foret tørboring 6"		DGU-nr: Bilag: 1.2 Rev.: 0 S. 1/1	
	Geo Copenhagen + 45 4588 4444 Geo Aarhus + 45 8627 3111	<h1>Boreprofil</h1>	





Projekt: 208227

Udført af: dio

København. Strødamvej.

Dato: 2024-03-25

Rapport: 1. Rev. 01

Bilag: 1.4

Side 2/2

Geo

Geo København +45 4588 4444

Geo Aarhus +45 8627 3111

Tværsnitsprofil af fundamentsfrigravning