





Klient Gentofte Kommune Gentofte Ejendomme Bernstorffsvej 161 2920 Charlottenlund	Klientens repræsentant  Projektleder Stine Tarhan
---	--

Projekt Ny udvidelse af svømmefaciliteterne i Kildeskovshallen Geotekniske og hydrogeologiske undersøgelser	Sag nr. 10564
---	------------------

Forfattere  Peter B. Hasbo Civilingeniør, Ph.D.	Dato  07.10.2021
	Godkendt af  Peter B. Hasbo Civilingeniør, Ph.D.

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

01	Endelig	PBH	PBH	PBH	07.10.2021
Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato

Nøgleord  Geoteknik og hydrogeologi	Klassifikation <input type="checkbox"/> Åben <input type="checkbox"/> Intern <input type="checkbox"/> Tilhører klienten
---	--

Distribution Gentofte Kommune	Antal kopier pdf
----------------------------------	---------------------

## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1.</b>	<b>INDLEDNING .....</b>	<b>4</b>
1.1.	Ny udvidelse af Kildeskovshallen.....	4
1.2.	Udvidelse af Kildeskovshallen med et varmtvandsbassin og et 50 meter bassin i 2001 til 2002Ny udvidelse af Kildeskovshallen .....	4
<b>2.</b>	<b>UNDERSØGELSER .....</b>	<b>6</b>
2.1.	Supplerende geotekniske boringer.....	6
2.2.	Prøvepumpning og reinfiltration .....	6
2.3.	Test af nedvibrering af spunsprofil.....	7
<b>3.</b>	<b>GEOLOGISKE OG HYDROGEOLOGISKE FORHOLD .....</b>	<b>8</b>
3.1.	Geologiske forhold.....	8
3.2.	Hydrogeologiske forhold.....	10
3.3.	Test af nedvibrering af spunsprofil.....	13
<b>4.</b>	<b>VURDERINGER OG ANBEFALINGER .....</b>	<b>15</b>
4.1.	Generelt .....	15
4.2.	Dimensionsgivende grundvandsspejl.....	16
4.3.	Naboforhold .....	16
<b>5.</b>	<b>REFERENCER.....</b>	<b>17</b>

## BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1:	Situationsplan fra /9/ med placering af de nye supplerende boringer H12 til H17
Bilag 2:	Supplerende geotekniske boringer H12 til H17
Bilag 3:	Geotekniske boringer B1 til B11 fra /2/ og /4/
Bilag 4:	Moniteringsboringer M1 til M4 fra /9/
Bilag 5:	Geotekniske boringer fra /16/
Bilag 6:	Geologiske og hydrogeologiske snit fra /9/
Bilag 7:	Vandindvindingsboringer K5 og K6
Bilag 8:	Vandspejlskoter i moseområdet, målt og beregnet fra /9/
Bilag 9:	Vandspejlskoter i smeltevandssandet i perioden fra 1970 til 2002, DGU nr. 201.219J, fra /9/.



- Bilag 10: Prøvepumpning i K6 fra /3/
- Bilag 11: Prøvepumpning i H14
- Bilag 12: Projekttegninger for den nye udvidelse af Kildeskovshallen
- Bilag 13: Rådata – bygningsvibrationsovervågning, Kildeskovshallen, 22-28 juni 2021
- Bilag 14: Forslag til byggegrubeindfatning og funderingsmetode

## 1. INDLEDNING

### 1.1. Ny udvidelse af Kildeskovshallen

I henhold til de fremsendte arkitekttegninger ønskes den nye udvidelse placeret i området nord og vest for 50 meter bassinet. Af tegningerne fremgår det, at der skal etableres et 25 meter bassin med teknikrum mod nord, samt et mindre undervisningsbassin mod vest. For etablering af 25 meter bassinet og undervisningsbassinet skal der udgraves til kote ca. +10,20 m DVR90. For etablering af teknikrummet vest for 25 meter bassinet skal der udgraves til ca. kote +8,05 m DVR90.

Placeringen af det nye byggefelt fremgår af situationsplanerne i bilag 1 og af projekt materialet i bilag 12.

Formålet med nærværende rapport er at supplere den geotekniske og hydrogeologiske viden i byggefeltet for det kommende byggeri således, at der foreligger et grundlag for valg af udførelsesmetode og et dimensioneringsgrundlag for funderingen, indfatningsvægge for byggegruben, et midlertidigt grundvandssænkingsanlæg med reinjektion samt opdriftssikring.

### 1.2. Udvidelse af Kildeskovshallen med et varmtvandsbassin og et 50 meter bassin i 2001 til 2002 Ny udvidelse af Kildeskovshallen

Udvidelsen af svømmefaciliteterne i Kildeskovshallen blev opført af Gentofte Kommune, Børn-, Skole-, og Fritidsforvaltningen som bygherre og et totalentreprise konsortium bestående af entreprenørfirmaet Einar Kornerup A/S, NIRAS – Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S, Kemp & Lauritzen samt arkitektfirmaet Entasis A/S og med Bascon Arkitekt og ingeniørfirma A/S og HASBO A/S, Rådgivende ingeniører som bygherrerådgivere. Der var i alt prækvalificerede 5 totalentreprisekonsortier til at byde på baggrund af et totalentrepriseudbud, se /1/, hvor /2/ og /3/ indgik som baggrundsmateriale for at belyse de geotekniske- og hydrogeologiske forhold.

Efter ønske fra totalentreprenørkonsortiet, blev der udført en supplerende geoteknik undersøgelse, se /4/, for nærmere at fastlægge funderings- og udførelsesmetode i mose- og blødbundsområdet placeret i den nordlige del af byggefeltet. Som følge af den supplerende geotekniske undersøgelse valgte totalentreprenøren en pælefundering på jernbetonpæle i moseområdet frem for totalentreprenørens oprindelige forslag med brøndfundering. Endvidere efterfulgte bygherren anbefalingen i den supplerende geotekniske rapport samt bygningsregistreringen om at etablere en tæt spunsvæg umiddelbart nord for ingeniørgangen, samt et stykke opad vest- og østvæggen for derigennem, at forhindre en eventuel direkte hydraulisk kontakt imellem det sekundære grundvandsreservoir i mose- og blødbundsområdet og det primære grundvandsreservoir i smeltevandssandet, som eventuel konsekvens af den af totalentreprisekonsortiet foreslåede udgravning til bassin- og ingeniørgang.

Der blev gennemført en bygningsregistrering umiddelbart inden byggeriet begyndte og denne fremgår af /6/. Med baggrund i bygningsregistreringen samt de geotekniske- og hydrogeologiske forhold blev der fastsat grænser for vibrationspåvirkningen på naboejendommene fra ramnings- og vibrationsaktiviteterne samt omfanget af vibrationsmonitoringen.

I henhold til /7/ og /8/, der omhandler registreringen af vibrationerne i forbindelse med pæleramningen (6 til 12 m lange 25x25 cm<sup>2</sup> jernbetonpæle) og nedvibreringen af spunsvæggen, kunne de fastsatte krav overholdes. Vibrationerne på nabobygningerne var generelt lave og mindre end 3,0 mm/s.

Den lodrette stabilitet (opdrift) for udvidelsen af Kildeskovshallen (50 meter bassinet+varmtvandsbassin) sikres ved jordankre i kombination med et drænsystem udlagt under bassinbund og kældergulve. Drænsystemet er forbundet til en dobbelt pumpebrønd med niveauvipper, der sikrer at grundvandsspejlet ikke stiger til over kote +11,5 m DVR90, samt at der ikke bortledes grundvand under kote +11,0 m DVR90.

I forbindelse med projektet blev der etableret en midlertidig grundvandssænkning med en oppumpet vandmængde stort set med en oppumpet kapacitet svarende til vandforsyningens normale indvinding. I alt blev der oppumpet ca. 275.000 m<sup>3</sup> i anlægsperioden fra primo maj 2001 til primo maj 2002. Idet vandforsyningen ikke ønskede grundvandet anvendt til drikkevandsformål i anlægsperioden blev der etableret en trykledning fra Kildeskovshallen til pumpestationen Constantia ved Øresund. Trykledningen blev placeret i det underjordiske ledningsbassin kaldet Kildeskovsrenden, se /5/. Denne løsning sikrede at der ikke skulle betales en afløbsafgift af den oppumpede vandmængde.

Med baggrund i bygningsregistreringen (før og efter), vibrationsmonitoringen og grundvandsmonitoringen, se /9/, blev det konkluderet i maj 2002, at der ikke er nogen af naboejendommene, der har taget skade som følge af ramme- og vibrationsarbejderne, udgravnings- og grundvandssænkingsaktiviteterne i forbindelse med udvidelsen af svømmeaktiviteterne i Kildeskovshallen i perioden fra 2001 til 2002.

## 2. UNDERSØGELSER

### 2.1. Supplerende geotekniske boringer

Med baggrund i den eksisterende viden om jordbundsforholdene i byggefeltet er der i denne undersøgelse udført 6 geotekniske boringer benævnt H12 til H17 til mellem 18 og 20 meter under terræn. Boringerne H12, H13, H15, H16 og H17 er udført i 8" og H14 er udført i 12". Alle boringerne er udført med snegl, sandspand og foring.

Koordinater og terrænniveauet for boringerne er blevet indmålt med DGPS og fremgår af situationsplanen og boreprofilerne vedlagt i bilag 1 og 2. Ifølge indmålingen er terrænkoten, for boringerne, på mellem +13,23 og +15,43 m DVR90.

Under borearbejdet er der registreret laggrænser og udtaget jordprøver til ingeniørgeologisk bedømmelse. I leraflejringer er der udført dybdevingeforsøg til bestemmelse af den udrænedede forskydningsstyrke og i friktionsaflejringer er der udført SPT-forsøg.

Alle jordprøver er ingeniørgeologisk bedømt, og på samtlige jordprøver er der udført bestemmelse af det naturlige vandindhold. Data fra såvel mark- og laboratoriearbejdet fremgår af boreprofilerne i bilag 2. Signaturforklaring og anvendte forkortelser fremgår af bilag A

Til pejling af grundvandsspejlet er der i H12, H13, H15, H16 og H17 nedsat et øvre pejlerør i ø32 mm og et nedre pejlerør i ø63 mm. I boringen H14 er der dog sat et ø125 mm blind- og filterør ø125 mm til gennemførelse af prøvepumpningen. Omkring pejlerørens filtre er der gruskastet og over filtrene er der forsejlet med bentonit omkring blindrørene. I tabel 3.1 er der information om filtersætning og pejlereultater. Pejling af vandspejlet er foretaget den 17.08.2021.

De geotekniske markforsøg er udført i overensstemmelse med beskrivelse i Felthåndbogen, dgf bulletin nr. 13 /18/, og de geotekniske laboratorieforsøg er udført i overensstemmelse med Laboratoriehåndbogen, dgf bulletin nr. 15 /19/.

Borearbejdet er udført i perioden fra d. 17.06.2021 til d. 01.07.2021.

### 2.2. Prøvepumpning og reinfiltration

I boringen B14 er der gennemført et pumpeforsøg med en konstant ydelse i en periode på 48 timer. I alle de udførte filterarrangementer er der placeret dataloggere til registrering af grundvandsspejlets niveau før, under og efter pumpningen.

Der er efterfølgende prøvepumpningen gennemført et reinfiltrationsforsøg i boringen B14 med en konstant ydelse.

### 2.3. Test af nedvibrering af spunsprofil

I henhold til det forelagte projekt med udgravning til henholdsvis kote +10,2 og kote ca. +8,05 m DVR90 bør der etableres en egentlig byggegrube med en indfatningsvæg i byggegrubens periferi til sikring af nabobygninger, veje, ledninger og den eksisterende Kildeskovshal.

Byggegrubens indfatningsvæg kan f.eks. udføres som en forankret sekantpælevæg eller en traditionel forankret spunsvæg. Byggegrubens indfatningsvæg kan f.eks. indgå som en blivende konstruktionsdel i den færdige bygning.

Til afklaring af om en traditionel forankret spunsvæg kan gennemføres er der udført et fuldskala test for nedvibrering af spunsjern placeret i byggegrubens periferi mod henholdsvis vest, syd og nordøst med samtidig registrering af vibrationerne på naboejendommene. Spunsprofilet var af typen PU28 (dobbeltjern) og 12 meter langt. Riggen, der blev anvendt, var af typen ABI TM 16/20 B og vibratoren var af typen MRZ 20V.

I forbindelse med testen blev der opsat vibrationsmålere følgende steder:

- Adolfsvej 26, 28 og 30 samt 27
- Kildeskovsvej 54
- Kildeskovshallen, nordlige væg for enden af 50 meter bassinet
- Kildeskovshallen
- Jernbanebroen

Vibrationsmålerne blev sat op til at sende alarmer ved overskridelser på 3 mm/s jf. grænseværdierne i henhold til DIN 4150 (Zeile 2 og 3).

Inden opstart af nedvibreringen blev der gennemført en fotoregistrering af følgende ejendomme:

- Adolfsvej 24, 26, 28, 30 og 32.
- Adolfsvej 25 (Kildeskovshallen) og 27
- Kildeskovsvej 52, 54 og 56
- Jernbanebroen over Adolfsvej





I moseområdet træffes der under fyldlagene postglaciale aflejringer primært i form af tørv og gytje. I byggefeltets sydvestlige hjørne træffes der under fyldlagene glaciale aflejringer af moræneler.

I henhold til de tidligere og netop udførte boringer varierer tykkelsen af fyldlag og postglaciale aflejringer fra 3,5 til 8,5 m nord for 50 meter bassinet svarende til en underside mellem kote +4,8 til +10,8 m DVR90. Tykkelsen af fyldlagene og de postglaciale lag øges gradvist mod nordøst.

Herunder er der i enkelte boringer truffet indslag af nedskylssilt med en lagtykkelse på op til 0,8 meter. Under nedskylssilten eller de postglaciale aflejringer er der i hovedreglen truffet glaciale aflejringer i form af moræneler ned til kote +6,4 m DVR90 i den sydvestlige del af byggefeltet nord for 50 meter bassinet og ned til kote -0,8 m DVR90 i den nordøstlige del af byggefeltet nord for 50 meter bassinet.

Under moræneleren er der truffet vekslende aflejringer af morænesilt, morænesand morænegrus og smeltevandssand og -grus.

Boring	Terrænkote	Bundkote	Koten til oversiden af de post- og senglaciale lag	Koten til oversiden af moræneleren	Koten til oversiden af smeltevandssandet/morænesandet/morænesilten
	m DNN	m DNN	m DNN	m DNN	m DNN
B1	+14,61	+4,1	ikke truffet	+10,8	+6,3
B2	+13,33	+3,3	+11,0	+7,7	ikke truffet
B3	+13,95	+3,9	ikke truffet	+12,7	+6,7
B4	+15,26	+5,3	+14,6	+14,0	+12,9
B5	+14,10	+4,1	ikke truffet	+12,7	+9,9
B6	+14,76	+4,8	ikke truffet	+12,6	+12,6
B7	+15,14	+5,2	ikke truffet	+13,9	+12,3
B8	+14,98	+5,0	ikke truffet	ikke truffet	+12,4
B9	+13,88	+1,9	+12,3	+8,0	ikke truffet
B10	+13,27	+5,7	+11,5	+8,9	ikke truffet
B11	+13,77	+4,7	+12,6	+9,4	ikke truffet
M1	+12,3	+5,3	+8,7	+6,0	Ikke truffet
M2	+13,6	+1,6	+10,2	+6,8	Ikke truffet
M3	+16,1	+2,1	Ikke truffet	+12,4	+7,4
M4	+17,5	+7,5	Ikke truffet	+15,3	+12,7
B1 (Rambøll)	+15,7	+5,7	Ikke truffet	+13,5	+12,3
B2 (Rambøll)	+14,4	+6,4	+10,8	+8,2	Ikke truffet
B3 (Rambøll)	+14,2	+6,2	Ikke truffet	+12,2	Ikke truffet
B4 (Rambøll)	+13,5	+3,5	+9,5	+5,6	Ikke truffet
H12	+13,42	-5,6	+10,3	+4,5	-0,3
H13	+13,23	-6,8	+11,6	+5,5	-0,5
H14	+13,86	-6,2	+11,6	+7,1	+1,5
H15	+14,5	-3,5	+11,4	+8,3	+4,8
H16	+15,43	-4,6	+14,1	+13,3	+9,2
H17	+14,7	-3,8	+13,3	+11,9	+3,9

**Tabel 1:** Oversigt over boringernes terrænkote, bundkote, koten til oversiden af de post- og senglaciale aflejringer, moræneleren og smeltevandssandet/morænesandet/morænesilten.

I byggefeltet vest for 50 meter bassinet er der under fyldlaget på op til ca. 1,6 meter truffet glaciale aflejringer af moræneler ned til kote +12,2 m DVR90. Herunder er der truffet det smeltevandssand som den oprindelige Kildeskovshal og hovedparten af udvidelsen med 50 meter bassinet er funderet på og som ligeledes træffes dybt i den centrale og østlige del af byggefeltet. Den nordligste del af udvidelsen af Kildeskovshallen med 50 meter bassinet er dog funderet på pæle.

I tabel 1 er der udarbejdet en oversigt over boringernes terrænkote, bundkote, koten til oversiden af de post- og senglaciale lag, moræneleren og smeltevandssandet/morænesandet/morænesilten.

Under smeltevandssandet træffes der iht. det geologiske basisdatakort 1513 I NØ moræneler ned til oversiden af Danien kalksandskalken. Danien kalksandskalken forventes beliggende i kote ca. -10,0 til -15,0 m, dvs. ca. 25-30 m under terræn.

### 3.2. Hydrogeologiske forhold

I henhold til de geologiske forhold kan der konstateres et terrænnært/sekundært grundvandsmagasin i moseområdet, et sekundært/primært grundvandsmagasin i smeltevandssandet samt et primært grundvandsmagasin i kalkmagasinet.

Grundvandsspejlet i det terrænnære/sekundære grundvandsmagasin i moseområdet er påvirket af årstid, nedbør, fordampning, overfladeafstrømning, lækage til underliggende grundvandsmagasiner mv. samt en række lokale forhold som dræn og kloakledninger.

I /9/ er der gennemført målinger af grundvandsspejlet i moseområdet i perioden fra april 2001 til september 2002, dvs. før, under og efter opførelsen af udvidelsen af Kildeskovshallen med 50 meter bassinet. Heraf fremgår det at grundvandsspejlet i M2, der er beliggende i den nordlige del af det nye byggefelt mod Adolfsvej, er registreret mellem kote +11,1 og +12,0 m DVR90, se bilag 8.

Beregninger af grundvandsspejlet i moseområdet, baseret på nedbørs- og fordampningsdata for perioden fra 1997 til 2002, fremgår ligeledes af bilag 8. Heraf fremgår det, at grundvandsspejlet er højest i forårs månederne og lavest i efterårs månederne. Den minimale og den maksimale værdi i perioden er henholdsvis +10,4 og +11,7 m DVR90.

Af netop fremsendte data fra Novafos fremgår det, at grundvandsspejlet i smeltevandssandet i PB1 (DGU nr. 201.5932) er beliggende mellem kote +9,39 til +10,17 m DVR90 i perioden fra 11.11.2020 til 10.05.2021 ved en samlet oppumpning i Novafos's borerer på ca. 37 m<sup>3</sup>/t. Oppumpningen er fordelt på indvindingsboringerne jf. nedenfor:

- Boring K3: 6,2 m<sup>3</sup>/t
- Boring K4: 3,7 m<sup>3</sup>/t
- Boring K5: 19 m<sup>3</sup>/t
- Boring K7: 18 m<sup>3</sup>/t

Oppumpningen fra ovenstående boringer sikrer en tørholdelse af kældrerne til den oprindelige Kildeskovshal. Drænsystemerne under den oprindelige Kildeskovshal er tilstoppet og fungerer ikke for et grundvandsspejl, der er højere end kote ca. +10,2 m DVR90. Såfremt grundvandsspejlet stiger til over kote +10,2 m DVR90 vil konsekvensen være indsvivning af grundvand i de dybest liggende kældeafsniit til den oprindelige Kildeskovshal.

Historiske data fra pejleboringen 201.219J beliggende syd for Kildeskovshallen tæt ved Gentofte Tennisklub er vedlagt i bilag 9. Heraf fremgår det, at grundvandsspejlet i perioden fra 1970 til 2002 har ligget imellem kote +6,0 til kote +10,5 m DVR90. I tabel 2 fremgår pejledata fra 2001.

Grundvandsspejlet i smeltevandssandet er således under kraftig indflydelse af oppumpningen fra Novafos's indvindingsboringer.

Boring	Terrænkote	Vandspejlskote	Reservoir
	m DNN	m DNN	
B1	+14,61	+10,57	Morænesand
B2	+13,33	+10,61	Moræneler
B3	+13,95	+10,37	Smeltevandssand
B4	+15,26	+10,44	Smeltevandssand
B5	+14,10	+10,23	Smeltevandssand
B6	+14,76	+10,26	Smeltevandssand
B7	+15,14	+10,39	Smeltevandssand
B8	+14,98	+10,14	Smeltevandssand
B9	+13,88	+11,63	Øvre postglaciale lag
B9	+13,88	+11,73	Nedre post- og senglaciale lag
B10	+13,27	+11,66	Postglaciale lag
B11	+13,77	+11,45	Øvre postglaciale lag
B11	+13,77	+11,76	Nedre post- og senglaciale lag
K5	ca. 14,4	+8,17	Smeltevandssand
K6	ca. 16,5	+10,39	Smeltevandssand

**Tabel 2:** Resultat af pejlinger udført den 28.02.2001.

I /3/ er der på baggrund af en længerevarende prøvepumpning i K6 (DGU nr. 201.3693), se bilag 9, gennemført beregninger til bestemmelse af transmissivitet og magasintal. Ved at anvende Cooper-Jacob metoden (frit magasin) i pumpeboringen K6 kan transmissiviteten på baggrund af sænkingsdata bestemmes til  $8,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Boring	Tolkningsmetode	Transmissivitet, T $\text{m}^2/\text{s}$	Magasintal, S
<b>B1</b>	Cooper-Jacob	$6,4 \times 10^{-3}$	0,017
<b>B3</b>	Cooper-Jacob	$5,7 \times 10^{-3}$	0,028
<b>B4</b>	Theis	$6,0 \times 10^{-3}$	0,050
<b>B5</b>	Cooper-Jacob	$5,5 \times 10^{-3}$	0,015
<b>B6</b>	Cooper-Jacob	$4,7 \times 10^{-3}$	0,038
<b>B7</b>	Theis	$9,7 \times 10^{-3}$	0,014
<b>B8</b>	Theis	$5,2 \times 10^{-3}$	0,021
<b>K5</b>	Cooper-Jacob	$5,8 \times 10^{-3}$	0,045

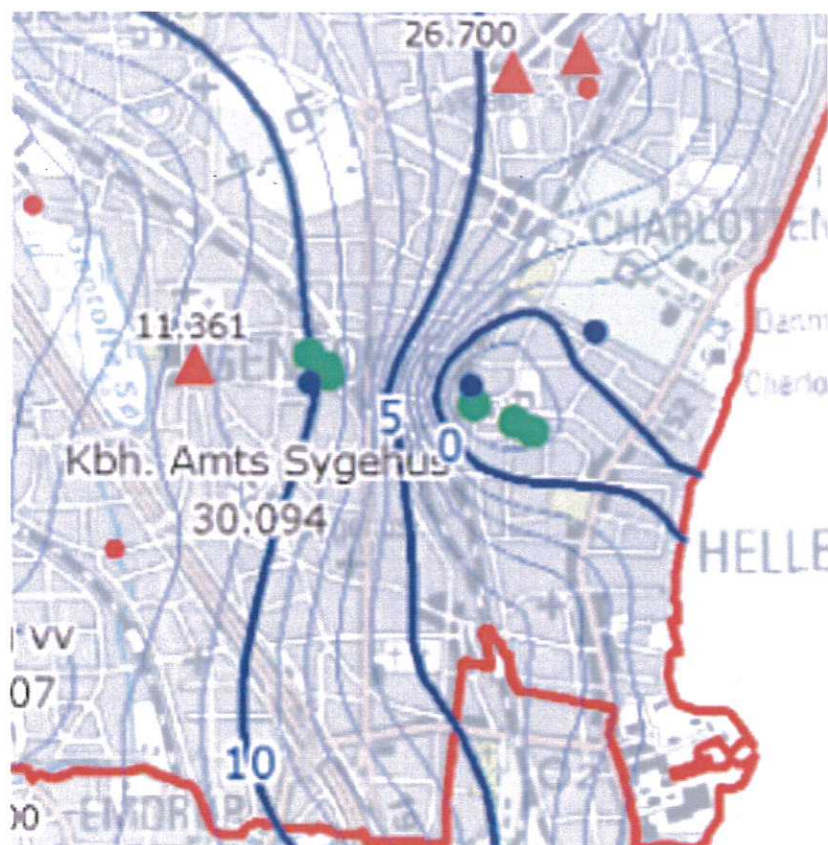
**Tabel 3:** Transmissivitet og magasintal. (sænkingsdata)

Af tabel 3 fremgår det, at der for størstedelen af grundvandsmagasinet med smeltevandssand er påvist relativt ensartede transmissivitetsværdier på  $5-6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . I området omkring B7 og K6 er der påvist transmissivitetsværdier på  $8-9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . De fastlagte magasintal indikerer frit magasin ved borerne B7 og K6 og semi artesiske magasinforhold ved de øvrige borer.

I bilag 10 er vandspejlskoten vist som funktion af afstanden fra K6 og tiden efter start af pumpen. Den stationære sænkningkurve er stort set etableret før 600 min i en afstand på 60 m fra pumpeboringen ved en konstant pumpning på  $24,5 \text{ m}^3/\text{t}$ . I en afstand på 60 m fra K6 opnås en stationær afsenkning på mellem 2 og 3 cm og i pumpeboringen opnås en stationær afsenkning på ca. 3 m.

Grundvandsspejlet i det primære grundvandsmagasin i kalkmagasinet gældende for oktober 2008 fremgår af figur 2. I henhold til figur 2 er grundvandsspejlet i kalkmagasinet beliggende i ca. kote +10,0 m DVR90. Det ses at potentialekurverne er påvirket af indvindingen fra Novafos's kildeplads Bregnegården beliggende øst for Kildeskovshallen.

Det kan på baggrund af det ringe morænelerslag ikke udelukkes at der er direkte hydraulisk kontakt mellem smeltevandsreservoiret og kalkreservoiret.



**Figur 2:** Potentialekort for kalkmagasinet (oktober 2008).

I henhold til den gennemførte 48 timers prøvepumpning i H14 er der inden igangsætning af prøvepumpningen gennemført en pejlerunde den 18.08.2021 i de netop etablerede boringer H12 til H17. Pejleresultaterne fremgår af tabel 3.

Boring	Terrænkote m DVR90	Filterinterval m.u.t.	Pejling m.u.t.	Vandspejlskote m DVR90	Jordart i filterinterval
H12øvre	13,42	4 til 8	3,61	9,81	Tørv
H12nedre	13,42	17 til 19	3,66	9,76	Morænegrus
H13øvre	13,23	3 til 7	2,95	10,28	Tørv
H13nedre	13,23	16 til 19	3,52	9,71	Morænegrus/-sand/smeltevandssand
H14nedre	13,86	16,5 til 19,5	4,05	9,81	Morænegrus/-sand/smeltevandssand
H15øvre	14,5	3 til 5	4,63	9,87	Tørv
H15nedre	14,5	16 til 18	4,87	9,63	Morænesand/smeltevandssand
H16øvre	15,43	1 til 2	1,9	13,53	Fyld
H16nedre	15,43	15 til 20	5,64	9,79	Smeltevandssand
H17øvre	14,7	3 til 4	3,48	11,22	Morænesand
H17nedre	14,7	13 til 18	4,91	9,79	Smeltevandssand

**Tabel 4:** Resultat af pejlinger udført den 06.10.2021.

Grundvandsspejlet er i de sekundære/primære magasiner beliggende mellem kote +9,63 til +9,81 m DVR90. I tørvelaget er der registreret et grundvandsspejl mellem kote +9,87 til +10,28 m DVR90.

Prøvepumpningen udført over 48 timer i H14 fremgår af bilag 11. Heraf fremgår det, at oppumpning fra H14 med en ydelse på 9,9 m<sup>3</sup>/t gav anledning til følgende sænkninger i monitoringsboringerne i det nedre grundvandsmagasin:

- H12: 0,58 m
- H13: 0,38 m
- H15: 0,47 m
- H16: 0,31 m
- H17: 0,42 m

I de øvre tørvelag blev grundvandsspejlet sænket i H12 med 0,44 m og i H13 med 0,07 m. Der er således en hydraulisk kontakt mellem tørvelagets grundvandsmagasin og de sekundære grundvandsmagasiner under moræneleren.

### 3.3. Test af nedvibrering af spunsprofil

Rådata for bygningsvibrationsovervågningen i perioden fra den 22-28 juni 2021 fremgår bilag 13. Testen af nedvibreringen af spunsprofilen blev udført den 24.06.2021.

De maksimale vibrationsniveauer under nedvibreringen af spunsprofiler placeret i byggefeltets periferi mod sydøst, vest og syd var følgende:

- Adolfsvej 26 (0,80 mm/s)

- Adolfsvej 28 (1,13 mm/s)
- Adolfsvej 30 (0,40 mm/s)
- Adolfsvej 27 (1,39 mm/s)
- Kildeskovsvej 54 (2,18 mm/s)
- Kildeskovshallen, nordlige væg for enden af 50 meter bassinet (7,21 mm/s)
- Kildeskovshallen (1,50 mm/s)
- Jernbanebroen (1,75 mm/s (i forbindelse med togpassage))

I forbindelse med nedvibreringen af spunsprofilet tæt på Kildeskovshallens nordfacade blev nedvibreringen indstillet idet vibrationsgrænsen blev overskredet. Nedvibreringen af spunsprofilet mod vest blev ligeledes indstillet i en dybde af ca. 10 meter under terræn på grund af ringe nedtrængning og en nabohenvendelse fra Kildeskovsvej 52. Ved nedvibreringen af dette spunsprofil var der ikke overskridelser af grænseværdierne i henhold til DIN 4150 (Zeile 2 og 3).

## 4. VURDERINGER OG ANBEFALINGER

### 4.1. Generelt

På baggrund af de foreliggende resultater skal byggegruben, funderingen og kælderkonstruktioner sikrer at følgende kan overholdes:

- Grundvandsspejlet i moseområdet må ikke sænkes ud over de naturlige variationer såvel midlertidigt som permanent
- En midlertidig grundvandssænkning af grundvandsspejlet til under kote +10,0 skal udføres med 100 % reinfiltration.
- Byggegruben skal være vandtæt og forhindrer indsivning fra grundvandsmagasinet i moseområdet til byggegruben
- Kælderkonstruktioner skal udføres vandtætte
- Opdriftssikring af konstruktionerne til et vandspejlsniveau i terræn

Udførelsen af byggegruben og funderingen skal overholde grænseværdierne i henhold til DIN 4150 (Zeile 2 og 3).

Dimensionering af byggegrubens indfatningsvægge, kældervægge, bundplade og fundamenter skal ske i overensstemmelse med gældende normer herunder beregnes i både anvendelsestilstanden (SLS), brudgrænsetilstanden (ULS) og ulykkestilstanden (ALS). Dimensioneringen skal gennemføres med partialkoefficienter svarende til geoteknisk kategori 3 og høj konsekvensklasse CC3.

I henhold til bilag 14 fremgår der et skitseforslag til etablering af byggegruben samt udvidelsens fundering.

Der etableres en tæt byggegrubeindfatning mod øst (mod indkørslen) og mod nord (mod Adolfsvej) og mod vest på en strækning af 15 meter i langs skellet til Adolfsvej 27. Den tætte byggegrubeindfatning udføres f.eks. som en sekantpæle væg. Sekantpælevæggen føres til en dybde i moræneleren der sikre tæthed samt kan modstå påvirkningen fra jrod- og vandtryk samt trafiklast mv. Sekantpælevæggen kan på den vestlige og nordvestlige del formentlig med fordel udføres med et ankerniveau. Den tætte byggegrubeindfatning i form af en sekantpælevæg sikrer og forhindrer en dræning af moseområdet midlertidigt og permanent.

Til beskyttelse af den eksisterende Kildeskovshal (50 meter bassinet) kan der udføres en indfatningsvæg i form af f.eks. en Københavnervej. Mod de vestlige naboer kan der tilsvarende udføres en indfatningsvæg i form af f.eks. en Københavnervej.

Øvelsesbassinet kan iht. de geologiske forhold funderes direkte, mens resten af byggeriet anbefales funderet på pæle f.eks. nedboret pæle. Bundudskiftning af de sætningsgivende aflejringer under udgravningsniveauet i henholdsvis +10,2 (25 meter bassinet) og +8,05 m DVR90 (Teknikkælder) anses ikke som en mulighed som følge af et øget krav til ydelsen af et midlertidigt grundvandssænkings- og reinjektionsanlæg samt den store dybde til de bæredygtige aflejringer i den nordøstlige del af byggefeltet.



Såfremt Novafos i byggeperioden indvinder med en kapacitet på ca. 37 m<sup>3</sup>/t anses det ikke for nødvendigt at etablere en midlertidig grundvandssænkning i forbindelse med udførelsen af øvelsesbassinet og 25 meter bassinet. Det anbefales at etablere en nødstrømsgenerator til sikring af indvindingen i tilfælde af nedbrud af den normale elforsyning.

I forbindelse med udførelsen af teknikkælderen anses det for nødvendigt med etableringen af en midlertidig grundvandssænkning bestående af filterboringer i kombination med grædeboringer. Et skitseforslag til en midlertidig sænkning af grundvandsspejlet til 0,5 meter under udgravningsniveauet skal have en kapacitet på ca. 50 m<sup>3</sup>/t og anses at indeholde følgende delelementer:

- 6 stk. filterboringer udført i 12" og filtersat med ø165 mm PVC
- 2 stk. grædeboringer udført i 12" og filtersat med ø165 mm PVC
- 9 stk. reinfiltrationsboringer udført i 12" og filtersat med ø165 mm PVC
- 8 stk. monitoringsboringer udført i 8" og filtersat i 2 niveauer med ø63 mm. I monitoringsboringerne skal der placeres dataloggere til online registrering af grundvandsspejlet
- Et kulfilteranlæg med en kapacitet på 50 m<sup>3</sup>/t
- Et sandfilteranlæg med en kapacitet på 50 m<sup>3</sup>/t

#### 4.2. Dimensionsgivende grundvandsspejl

I tabel 4.1 fremgår vores vurdering af dimensionsgivende grundvandsspejl såvel midlertidigt og permanent for anvendelsesgrænsetilstanden (SLS), brudgrænsetilstanden (ULS) og ulykkestilstanden (ALS).

I nedenstående tabel er der taget hensyn til en standsning af grundvandsindvindingen/afværgepumpningen. Grundvandsspejl for SLS, ULS og ALS i den midlertidige situation for de primære og sekundære grundvandsmagasiner er under forudsætning af, at Novafos indvinder med en ydelse på ca. 37 m<sup>3</sup>/t fra Kildeskovens vandforsyningsboringer.

Grænsetilstand	Midlertidig situation			Permanent situation		
	Primært GVS	Sekundært GVS	Terrænnært GVS	Primært GVS	Sekundært GVS	Terrænnært GVS
	m DVR90	m DVR90	m DVR90	m DVR90	m DVR90	m DVR90
SLS	+10,0	+10,0	Terræn	+11,5	+11,5	Terræn
ULS	+10,5	+10,5	Terræn	+11,5	+11,5	Terræn
ALS	+11,0	+11,0	Terræn	+11,5	+11,5	Terræn

**Tabel 4.1:** Dimensionsgivende grundvandsspejl (GVS)

#### 4.3. Naboforhold

På grund af hensynet til nabobygninger, ledninger og vejanlæg skal anlægsarbejdet udføres således at grænseværdierne fastlagt for kategori 3: Bevaringsværdige bygninger i DIN 4150-3 skal overholdes.

Der skal sættes vibrationsmålere op på relevante nabobygninger. Vibrationerne skal registreres før, under og efter etableringen af udvidelsen. Endvidere skal der gennemføres en udvendig fotoregistrering af relevante nabobygninger samt af eksisterende belægninger. Fotoregistreringen skal omfatte nabo- og gennaboejendomme omkring byggeguben.

Grundvandsspejlet skal monitoreres online i pejleboringer.

Byggeriet skal varsles til naboejendomme i henhold til byggeloven mindst 14 dage før opstart.

## 5. REFERENCER

- /1/ Udvidelse af svømmefaciliteter i Kildeskovshallen, Totalentrepriseudbud, Gentofte Kommune, Børn, Skole og Fritidsafdelingen & Teknisk Forvaltning, Bygnings- og Miljøafdelingen, Byggestyringssektionen, 14. Juni 2000.
- /2/ Udvidelse af Kildeskovshallen, Gentofte, Orienterende geoteknisk undersøgelse, Maj-Juni 2000, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /3/ Udvidelse af Kildeskovshallen, Gentofte, Prøvepumpning og hydrologisk undersøgelse, Juni 2000, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /4/ Udvidelse af svømmefaciliteter i Kildeskovshallen, Gentofte, Supplerende geoteknisk undersøgelse, Februar-Marts 2001, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /5/ Udvidelse af svømmefaciliteter i Kildeskovshallen, Etablering af trykledning i Kildeskovsrenden til bortledning af grundvand, Udbudsprojekt, Marts 2001, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /6/ Udvidelse af svømmefaciliteter i Kildeskovshallen, Gentofte, Bygningsregistrering før byggeri, Mappe A og B, Marts-April, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /7/ Udvidelse af Kildeskovshallen, Gentofte, Vibrationsmålinger, 25. April til 04. Maj 2001, Udarbejdet af CP test a/s og HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /8/ Målerapport, Vibrationsmåling ved ramning af pæle, Kildeskovshallen, 20-06-2001, Udarbejdet af M.J. Eriksson A/S for Entreprenørfirmaet Einar Kornerup A/S.
- /9/ Udvidelse af svømmefaciliteter i Kildeskovshallen, Gentofte, Status for bygningsregistrering, vibrations- og grundvandsmonitoring, April 2001 – April 2002, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /10/ Kildeskovshallen, Vandindsivning i garderobekælder, Forundersøgelser og dispositionsforslag, April 2003, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /11/ Udvidelse af svømmefaciliteter i Kildeskovshallen, Dokumentation for 1 års gennemgang af betonkonstruktioner incl. bassiner, stålkonstruktioner og kloakinstallationer incl. dræn og afvanding, Juli – August 2003, Udarbejdet af HASBO AS for THORA Arkitekter.
- /12/ Kildeskovshallen, Vandindsivning i garderobekælder, Forundersøgelser til re-injektion i Kildeskov Park, December 2004, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.



- /13/ Kildeskovshallen, Vandindsivning i garderobekælder, Supplerende forundersøgelser til re-injektion i Kildeskov Park, Marts-Juni 2005, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /14/ Kildeskovshallen. Vandindsivning i garderobekælder. Sænkning af grundvandsspejlet ved filterboringer, Udbudsprojekt, April 2006, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune.
- /15/ Kildeskovshallen, Etablering af springgrave, Orienterende geoteknisk undersøgelse, April-Maj 2017, Udarbejdet af HASBO AS for Gentofte Kommune – Gentofte Ejendomme.
- /16/ Udvidelse af Kildeskovshallen, Indledende geo- og miljøteknisk undersøgelse, Januar 2021, Udarbejdet af Rambøll for Gentofte Kommune.
- /17/ Eurocode 7, Del 1 (DS/EN 1997-1) og det tilhørende Nationale Anneks EN 1997-1 DK NA:2008.
- /18/ Felthåndbogen, dgf-Bulletin 14, Dansk Geoteknisk Forening, August 1999.
- /19/ Laboratoriehåndbogen, dgf-Bulletin 15, Dansk Geoteknisk Forening, December 2001.