

Røkvirent : HUSCOMPAGNIET A/S

Lokesvej 5

DK – 3400 Hillerød

Udarbejdet d. : 03.11.2017

Sags nr. : SN 17.2404

Udarbejdet af: : Martin Thyme Christensen

Kontrolleret af : Christian Orbesen

Fremsendt til : Anders Hyllested Hansen; ahh@huscompagniet.dk

HOLBÆK. OLDHØJEN.

GEOTEKNISK FORUNDERSØGELSE FOR BOLIGBEBYGGELSER.

GEOTEKNISK RAPPORT NO. 1 MED BILAG

Indholdsfortegnelse

side

1. INDLEDNING	2
2. UNDERSØGELSER	2
3. RESULTATER	3
4. FUNDERINGSFORHOLD.	5
5. DIVERSE.	10

Bilag:

1.01	Situationsplan
1.02 – 1.77	Boreprofiler, B12-B25, B100-B162 og B227
1.78 – 1.102	Sigteanalyser
1.103	Principskitse sand-/gruspudefundering
A	Signaturforklaring

1. INDLEDNING

1.1 Formål

I forbindelse med planlægningen af nye boligbebyggelser på Oldhøjen har Geosyd gennemført en orienterende, geoteknisk forundersøgelse.

Med henvisning til Eurocode 7, Geoteknik, skal kommende projekter, efter vor tolkning, behandles i geoteknisk kategori 2.

2. UNDERSØGELSER

2.1. Boringer - Markarbejder

For at give en forhåndsorientering om jordbunds, - grundvands- og funderingsforholdene er der udført i alt 76 geotekniske boringer. Boringerne er udført som 6" snegleboringer med en såkaldt medi-rig. Placeringen af de udførte boringer fremgår af situationsskitzen på bilag 1.01.

Under borearbejdet er påtrufne laggrænser indmålt og prøver er udtaget pr. min. 0,50 m. Der er herudover udført en række styrkeforsøg og en grundvandspejling. Borearbejdet er i øvrigt udført efter retningslinjerne jf. DGF-bulletin 14.

Koterne til de undersøgte punkter refererer til DVR90.

2.2. Laboratoriearbejder

Samtlige optagne prøver er på vort laboratorium blevet geologisk/geoteknisk bedømt og klassificeret i henhold til DGF-bulletin 1.

Herudover er der på en række prøver udført forsøg til bestemmelse af det naturlige vandindhold (w, %).

Resultaterne af ovenstående mark- og laboratoriearbejder er sammenstillet på boreprofiler på bilagene 1.02 - 1.77.

På boreprofilerne er der angivet laggrænser, optagne prøvers lejringsdybder, geologisk/geoteknisk jordartsbetegnelse med vurdering af aflejringsform og alder for de påtrufne jordlag og samtlige direkte forsøgs- og måleresultater, herunder de indmålte vandspejl.

Signaturforklaring til boreprofilerne samt definitioner fremgår af bilag A.

3. RESULTATER

3.1 Jordbundsforhold

Under 0,25 á 2,25 m fyld, samt i B100, B101, B109 og B117 0,20 á 0,40 m muldpræget nedskylsjord, træffes der i hovedparten af borerne senglacialt flydejord/smeltevandsjord og/eller kalkudvaskede moræneaflejringer af sand og ler, som stedvist fremstår fedt, hvori B119, B123, B140 og B161 er afsluttet i 3,00 á 4,00 m's dybde under terræn.

Boringerne B17, B22, B25 og B156-157 afviger fra det generelle billede, idet fyldlagene i disse fra 0,30 á 1,40 m's dybde underlejres af sætningsgivende til stærkt sætningsgivende aflejringer i form af postglaciale ferskvandsaflejringer af tørv, gytje samt urent ler.

Under de sætningsgivende ferskvandsaflejringer i ovennævnte borer, samt de førnævnte kalkudvaskede moræneaflejringer og fyldlag, træffes der fra 0,25 á 3,40 m's dybde kalkholdige glacial moræne- og smeltevandsaflejringer i form af sand og ler, hvori alle borer, bortset fra B119, B123, B140 og B161, er afsluttet i 3,00 á 4,00 m's dybde under terræn.

Yderligere variationer i jordbundsforholdene indenfor det underøgte område kan selvsagt ikke udelukkes. Her tænkes der specielt på mægtighederne af de enkelte lag og udbredelsen af de stærkt sætningsgivende ferskvandsaflejringer i form af gytje og tørv. Ud fra studie af geologisk kortmateriale samt gamle luftfotos, må det påregnes, at der på arealets nordøstlige og sydøstlige, område forefindes postglaciale ferskvandsaflejringer som følge af vandhuller og/eller vandløb. Dette er umiddelbart i god overensstemmelse med forholdene i de udførte borer.

Der henvises i øvrigt til boreprofilerne på bilagene 1.02 - 1.77.

3.2 Styrke- og deformationsparametre

For de intakte jordlag og indbygget, velkomprimeret sandfyld er der generelt målt/vurderet følgende parametre:

Tabel 1: Karakteristiske styrke- og deformationsparametre

Jordart	Kohæsion c_v [kN/m ²]	Friktion Φ_{pl} [grader]	Rumvægt γ/γ' [kN/m ³]	Effektiv kohæsion c' [kN/m ²]	Konsoliderings- Modul K [kN/m ²]	Dekade- hældning Q [%]
Sandfyld	-----	37	18/10	-----	50.000	-----
Gytje (Fe, Pg)	25-70	-----	14/4	-----	-----	15-30
Tørv (Fe, Pg)	20-50	15	13/3	-----	-----	30-45
Ler (Fe, Pg)	10-80	27	19/10	-----	-----	3-5
Sand (Sg/Gc)	-----	37	19/10	-----	40.000	-----
Ler (Sg/Gc)	45-330	28	20/10	4-20	4000*c _v /w	-----
Moræneler	45-330	30	21/11	4-20	4000*c _v /w	-----
Morænesand	-----	40	22/12	-----	65.000	-----

3.3 Vandspejlsforhold

Ved pejling umiddelbart efter borearbejdets afslutning d. 2017.10.16., samt d. 2017.10.31., blev der indmålt et vandspejl i størstedelen af borerne i ca. 0,15 m á 3,45 m's dybde under terræn, svarende til kote ca. +24,20 á +29,95 (DVR90).

Dette vandspejl har næppe haft den fornødne tid til at stabilisere sig fuldt ud efter borearbejdets afslutning.

Variationer i vandspejlets stilling, afhængig af såvel nedbørsforholdene som af årstiderne må forventes.

Med de aktuelle jordbundsforhold må det påregnes, at der kan stabilisere sig et sekundært og nedbørsfølsomt vandspejl i forskellige niveauer i og over det forholdsvist impermeable ler.

Fortsatte pejlinger i de installerede pejlerør anbefales.

4. FUNDERINGSFORHOLD.

Med forhold som i hovedparten af de udførte borer, og med op til ca. 2-3 m til oversiden af bæredygtige jordlag (OSBL), kan der, for "normale" boligbyggerier påregnes gennemført en direkte fundering på sribefundamenter i mindst de anførte dybder.

Kravet til den frostsikre funderingsdybde (mindst 0,90 m under fremtidigt terræn) skal naturligvis overholdes. For fritstående konstruktioner skal den frostsikre funderingsdybde dog andrage mindst 1,20 m under fremtidig terræn.

Herudover bør stærkt vandforbrugende beplantninger (større buske og løvfældende træer) nær huset undlades, idet disse beplantninger kan medføre en udtørring af lerjorden med mulige sætninger til følge. Løvfældende træer og buske bør som minimum begrænses, således mindste afstand til huset bliver min. 1,5 gange væksternes højde.

Overslagsmæssigt kan der generelt for et centralt belastet sribefundament placeret i frostsikker funderingsdybde i det terrænnære ler, sand og/eller indbygget sand-/grusfyld påregnes en regningsmæssig bæreevne på mindst 135 kN/m². Hertil kræves, ved fundering i ler, en udrænet forskydningsstyrke på ca. $c_v = 45 \text{ kN/m}^2$.

Oversiden af de rene, intakte og bæredygtige aflejringer er på boreprofilerne mærket O.S.B.L. (overside af bæredygtige jordlag) og fremgår af nedenstående oversigt.

I oversigten og på boreprofilerne er der endvidere angivet udskiftningsniveau (mærket U.N.) for gulve udlagt direkte, terrænkoter (DVR90) ved undersøgelsespunkterne og de indmålte vandspejl (G.V.S.).

Tabel 2: overside bæredygtige jordlag, grundvandsspejl mv.

Boring No.	Terræn kote [m]	OSBL dybde [m.u.t.]	OSBL kote [m]	UN dybde [m.u.t.]	UN kote [m]	GVS dybde [m.u.t.]	GVS kote [m]
B12	+30,15	0,30	+29,85	0,30	+29,85	1,85	+28,30
B13	+31,55	1,10	+30,45	1,10	+30,45	2,40	+29,15
B14	+31,20	0,25	+30,95	0,25	+30,95	1,70	+29,50
B15	+26,95	0,50	+26,45	0,50	+26,45	0,65	+26,30
B16	+28,75	0,70	+28,05	0,70	+28,05	1,55	+27,20
B17	+25,30	1,50	+23,80	1,50	+23,80	0,35	+24,95
B18	+27,35	0,30	+27,05	0,30	+27,05	-----	-----
B19	+30,55	0,30	+30,25	0,30	+30,25	1,55	+29,00
B20	+31,05	0,40	+30,65	0,40	+30,65	-----	-----
B22	+30,15	2,50	+27,65	2,50	+27,65	0,95	+29,20
B23	+31,00	0,30	+30,70	0,30	+30,70	Tør	-----
B24	+30,50	0,80	+29,70	0,80	+29,70	2,45	+28,05
B25	+24,80	2,30	+22,50	2,30	+22,50	0,60	+24,20
B100	+27,45	1,10	+26,35	1,10	+26,35	1,05	+26,40
B101	+28,10	0,60	+27,50	0,60	+27,50	2,60	+25,50
B102	+29,75	0,30	+29,45	0,30	+29,45	2,45	+27,30

Fortsættes på næste side

Tabel 2, fortsat

Boring No.	Terræn kote [m]	OSBL dybde [m.u.t.]	OSBL kote [m]	UN dybde [m.u.t.]	UN kote [m]	GVS dybde [m.u.t.]	GVS kote [m]
B103	+30,05	0,30	+29,75	0,30	+29,75	2,70	+27,35
B104	+29,65	0,40	+29,25	0,40	+29,25	2,60	+27,05
B105	+32,25	0,40	+31,85	0,40	+31,85	Tør	----
B106	+32,35	0,25	+32,10	0,25	+32,10	3,05	+29,30
B107	+31,55	2,25	+29,30	2,25	+29,30	1,60	+29,95
B108	+31,75	1,00	+30,75	1,00	+30,75	2,35	+29,40
B109	+31,40	0,60	+30,80	0,60	+30,80	2,50	+28,90
B110	+31,75	0,30	+31,45	0,30	+31,45	2,85	+28,90
B111	+31,20	0,35	+30,85	0,35	+30,85	2,80	+28,40
B112	+32,00	0,30	+31,70	0,30	+31,70	3,25	+28,75
B113	+29,75	0,30	+29,45	0,30	+29,45	1,45	+28,30
B114	+29,75	0,60	+29,15	0,60	+29,15	----	----
B115	+29,20	1,20	+28,00	1,20	+28,00	1,10	+28,10
B116	+32,00	0,30	+31,70	0,30	+31,70	Tør	----
B117	+32,25	1,10	+31,15	1,10	+31,15	Tør	----
B118	+31,55	0,40	+31,15	0,40	+31,15	3,45	+28,10
B119	+30,85	0,40	+30,45	0,40	+30,45	2,90	+27,95
B120	+29,25	0,30	+28,95	0,30	+28,95	1,20	+28,05
B121	+29,80	0,70	+29,10	0,70	+29,10	1,80	+28,00
B122	+29,75	0,40	+29,35	0,40	+29,35	1,85	+27,90
B123	+29,20	0,70	+28,50	0,70	+28,50	1,50	+27,70
B124	+29,60	0,80	+28,80	0,80	+28,80	2,00	+27,60
B125	+30,20	0,30	+29,90	0,30	+29,90	2,75	+27,45
B126	+31,80	0,60	+31,20	0,60	+31,20	2,65	+29,15
B127	+31,15	0,90	+30,25	0,90	+30,25	2,15	+29,00
B128	+29,50	0,40	+29,10	0,40	+29,10	2,10	+27,40
B129	+30,65	0,70	+29,95	0,70	+29,95	Tør	----
B130	+29,75	1,70	+28,05	1,70	+28,05	2,60	+27,15
B131	+29,25	0,50	+28,75	0,50	+28,75	1,50	+27,75
B132	+28,55	1,15	+27,40	1,15	+27,40	1,40	+27,15
B133	+28,05	1,40	+26,65	1,40	+26,65	1,80	+26,25
B134	+29,50	0,30	+29,20	0,30	+29,20	Tør	----
B135	+30,40	0,30	+30,10	0,30	+30,10	0,95	+29,45
B136	+30,55	0,30	+30,25	0,30	+30,25	Tør	----
B137	+29,65	0,50	+29,15	0,50	+29,15	Tør	----
B138	+28,35	0,30	+28,05	0,30	+28,05	1,15	+27,20
B139	+29,45	1,40	+28,05	1,40	+28,05	2,35	+27,10
B140	+31,20	0,30	+30,90	0,30	+30,90	----	----

Fortsættes på næste side

Tabel 2, fortsat

Boring No.	Terræn kote [m]	OSBL dybde [m.u.t.]	OSBL kote [m]	UN dybde [m.u.t.]	UN kote [m]	GVS dybde [m.u.t.]	GVS kote [m]
B141	+31,70	0,25	+31,45	0,25	+31,45	Tør	----
B143	+30,95	0,30	+30,65	0,30	+30,65	Tør	----
B144	+31,85	0,30	+31,55	0,30	+31,55	Tør	----
B145	+31,55	0,70	+30,85	0,70	+30,85	Tør	----
B146	+31,50	0,70	+30,80	0,70	+30,80	Tør	----
B147	+31,15	0,30	+30,85	0,30	+30,85	2,45	+28,70
B148	+30,20	0,30	+29,90	0,30	+29,90	1,50	+28,70
B149	+27,80	0,30	+27,50	0,30	+27,50	1,70	+26,10
B150	+27,00	0,50	+26,50	0,50	+26,50	0,55	+26,45
B151	+27,65	0,30	+27,35	0,30	+27,35	1,80	+25,85
B152	+27,05	0,30	+26,75	0,30	+26,75	1,00	+26,05
B153	+27,10	0,75	+26,35	0,75	+26,35	0,80	+26,30
B154	+26,60	0,25	+26,35	0,25	+26,35	0,60	+26,00
B155	+26,05	0,30	+25,75	0,30	+25,75	0,65	+25,40
B156	+25,40	1,90	+23,50	1,90	+23,50	1,00	+24,40
B157	+24,45	3,40	+21,05	3,40	+21,05	0,15	+24,30
B158	+26,85	0,40	+26,45	0,40	+26,45	1,05	+25,80
B159	+26,15	0,40	+25,75	0,40	+25,75	1,00	+25,15
B160	+27,00	0,30	+26,70	0,30	+26,70	0,70	+26,30
B161	+26,75	0,25	+26,50	0,25	+26,50	1,70	+25,05
B162	+26,80	0,25	+26,55	0,25	+26,55	1,05	+25,75
B227	+26,10	0,30	+25,80	0,30	+25,80	----	----

Mindre sætninger, herunder differenssætninger og eventuelt få, små revnedannelser kan normalt ikke helt udelukkes. Afhængigt af projektudformningen bør det overvejes at revnearmere fundamentene.

Omhyggelig oprensning i bunden af renderne med håndskovl forinden udstøbningen er påkrævet således, der overalt udstøbes mod rene, faste og intakte aflejringer og/eller mod fastlejet indbygget sand-/grusfyld.

Gulvene kan udlægges direkte som terrændæk på indbygget sand-/grusfyld efter afrømning af samtlige muld, fyld- og muldprægede lag.

Sand-/grusfylden skal være et rent og velgraderet materiale, der udlægges i lag af max. 30 cm, hvor hvert lag skal komprimeres effektivt hver for sig.

Som komprimeringskrav kan der passende sættes en komprimeringsgrad på $SP_{min} = 97 \%$, målt med isotopsonde. Denne komprimeringsgrad kan normalt opnås ved 4 á 6 overkørsler med en middeltung pladevibrator, når det naturlige vandindhold i sand-/grusfylden andrager 6 á 8 %.

I områder, hvor oversiden af de bæredygtige jordlag er beliggende under det normale funderingsniveau, kan den direkte fundering givet med fordel kombineres med en såkaldt sand-/gruspudefundering.

En sand-/gruspudefundering vil sige udskiftning af de sætningsgivende jordlag med indbygget sand-/grusfyld. Herefter kan fundamenterne placeres i de indbyggede materialer i frostsikker funderingsdybde og gulvene kan udlægges som terrændæk på normal vis.

Af hensyn til trykspredningen fra fundamentsbelastningerne skal udskiftningen føres uden for fundamenterne i en bredde som svarer til mindst 1,5 gange opfyldningshøjden under fundamenterne og materialet skal komprimeres helt ud til udgravningens sider.

På bilag 1.103 er der i principsnit vist hvorledes trykspredningsarealet tilvejebringes.

ALTERNATIV FUNDERING

I de områder hvor der er konstateret mere end 2,5 á 3,0 m til OSBL kan der, som et alternativ til sand-/gruspudefunderingen, gennemføres en eller anden form for pælefundering.

Som pæle kan der f.eks. anvendes rammede jernbetonpæle eller borede, in-situstøbte pæle.

Ved gennemførelse af en pælefundering skal gulvene udføres selvbærende, hvilende på de pæleunderstøttede fundamentsdragere.

4.1 Afvandingsforhold.

Med jordbunds- og grundvandsforhold som de konstaterede kan udgravnings- og funderingsarbejdet forventes udført på normal vis uden særlige grundvandsforanstaltninger.

Ved udgravninger under vandspejlet, hvor sandede aflejringer er fremherskende må der dog påregnes iværksat grundvandsforanstaltninger tilpasset udgravningsdybderne.

Det vil sige, at tilsivet vand kan forventes fjernet via singelsdræn ført til pumpesumpe. En vis opblødning af planum med ekstra udskiftning til følge kan dog ikke udelukkes.

I permanent tilstand skal boligerne sikres/drænes i henhold til gældende normer og forskrifter.

De aktuelle jordarter kan ikke generelt betegnes som veldrænende.

For at vurdere nedsivningsforholdene i forbindelse med etablering af faskiner blev der i borerne B25, B102, B104, B105, B108, B111, B112, B114, B115, B117, B119, B121, B126, B127, B130, B131, B134, B140, B144, B146, B148, B151, B155, B160 og B227 udtaget 1 á 4 prøver for udførelse af sigteanalyser/kornstørrelsesanalyser. Resultaterne af disse analyser fremgår af bilag 1.78 – 1.102.

Ud fra jordartsbeskrivelsen og de udførte forsøg kan jordens permeabilitetskoefficienter overslagsmæssigt/erfaringsmæssigt fastsættes til:

Ved B25:

GYTJE	$k = 10^{-6}$ m/sek
MORÆNELER, sandet, gruset	$k = 10^{-6}$ m/sek

Ved B104, B112, B114, B130, B131, B160:

MORÆNELER / LER, sandet	$k = 10^{-6}$ m/sek
SAND, leret / let leret	$k = 10^{-5}$ m/sek

Ved B102, B111, B115, B117, B140, B148, B227:

MORÆNELER / LER, sandet, gruset	$k = 10^{-6}$ m/sek
MORÆNESAND / SAND, leret – stærkt leret	$k = 10^{-6}$ m/sek

Ved B121, B134, B144:

SAND, fint – mellem	$k = 10^{-4}$ m/sek
MORÆNELER / LER	$k = 10^{-6}$ m/sek

Ved B146, B151:

MORÆNELER / LER, sandet, gruset	$k = 10^{-6}$ m/sek
LER, siltet	$k = 10^{-7}$ m/sek

Ved B105, B108, B119, B126, B127, B155:

LER, fedt, siltet, finsandet	$k < 10^{-9}$ m/sek
LER, lidt fedt, siltet, sandet	$k = 10^{-8}$ m/sek

Faskiners nedsivningsevne afhænger af faskinens geometriske størrelse. Med henvisning til Teknologisk Instituts Rørcenter-Anvisning 009 betyder dette, at etablering af faskiner i lerede og siltede jorde, vil kræve så stor en dimension, at det ofte er urealistisk at etablere dem i praksis.

4.2 Anlægsarbejder.

De befæstede arealer kan påregnes udført på normal vis. Det vil sige afrømning af muld-/fyldlag, udlægning af bundsikringsgrus og stabilt grus samt den egentlige befæstelse.

Arealer, hvorpå der vil foregå færdsel, bør overalt bundsikres til mindst 0,60 á 0,70 m dybde, afhængig af færdselsforhold, risiko for sporkøring m.v.

I områder med større mægtigheder af recente fyldlag kan det overvejes at lade dele af disse lag blive liggende under befæstelsen. Visse sætninger må i givet tilfælde kunne accepteres, og bundsikringen bør i givet tilfælde øges, f.eks. til 1,00 m.

Endvidere bør arealerne gives et passende, stort fald mod afløbene.

Forud for indbygning af bundsikringen skal det afgravede råjordsplanum oprenses, afrettes og komprimeres.

For de aktuelle jordarter kan vurderes følgende bundmodul:

MULD/FYLD,	$E = 2 \text{ á } 4 \text{ MN/m}^2$
TØRV/GYTJE	$E = 0,5 \text{ MN/m}^2$
LER/MORÆNELER,	$E = 6 \text{ á } 30 \text{ MN/m}^2$
SAND	$E = 30 \text{ á } 40 \text{ MN/m}^2$
INDBYGGET SAND-/GRUSFYLD,	$E = 50 \text{ á } 75 \text{ MN/m}^2$

5. DIVERSE.

Forud for den egentlige projektering, anbefales der udført en række supplerende boringer tilpasset de enkelte projekter.

Sagkyndig inspektion og kontrol i udførelsesfasen er påkrævet til sikring af, at de gjorte forudsætninger overalt er til stede, jf. Eurocode 7, EN-1997-1, afsnit 4.

Herudover skal der udføres komprimeringskontrol på indbyggede materialer når den samlede lagtykkelse overstiger 0,60 m.

Skulle der, med hensyn til foranstående vurderinger og bedømmelser, være punkter De måtte ønske yderligere belyst, er vi selvsagt til Deres rådighed.

Endvidere udfører vi naturligvis gerne de nævnte inspektioner og kontrolarbejder under udførelsen af funderingsarbejdet.

Med venlig Hilsen

GEOSYD A/S