

Køge, Tujavej 11  
Geoteknisk undersøgelse

GEO projekt nr. 37946  
Rapport 1, 2014-10-16

## Sammenfatning

Der er på Tujavej 11 og 13 i Køge konstateret forurening som påtænkes at skulle fjernes. Der er i forbindelse med de miljøtekniske boringer fundet moræneler underlejret af sand. Det skal i forbindelse med påtænkt bortgravning sikres at der ikke forekommer grundbrud. I denne forbindelse er GEO af Orbicon blevet bedt om at udføre en geoteknisk undersøgelse af jordbundsforholdene på grunden.

Undersøgelsen omfatter 2 stk. geotekniske boringer, der er ført til 11,0 m u.t. I boringerne er der truffet fyld/overjord ned til 0,8 á 1,1 m u.t. Derunder er der i den ene boring truffet et 1,1 m tykt lerlag. Herunder er der i begge boringer truffet moræneler til ca. 8,0-8,5 m u.t. Moræneleret er underlejret af sand til bund af boringer.

Det vurderes at der ikke kan foretages fri udgravning til den ønskede dybde uden stor risiko for grundbrud. Såfremt der foretages fri udgravning, uden der foretages sænkning af vandspejlet i den underliggende sandlag, kan der foretages udgravning til ca. 3,7 m u.t.

Der foreslås at oprensningen af det forurenede materiale foretages ved storformatboringer. Det skal i denne forbindelse sikres at der ikke kommer sætningsskader på huset, der er placeret umiddelbart ved siden af udgravningen.

Udarbejdet for  
Orbicon  
Att. Mads Georg Møller  
msgm@orbicon.dk

Udarbejdet af Morten Ostenfeld Luther  
Tlf.: 4520 4102, mlu@geo.dk  
Kontrolleret af Thomas Carentius Larsen,  
Tlf.: 4520 4189, tcl@geo.dk

## Indhold

1	Baggrund og formål .....	3
2	Undersøgelse .....	3
	2.1 Geoteknik.....	3
3	Resultater.....	3
4	Vurderinger .....	4
5	Vurdering vedr. udførelse.....	5
	5.1 Vurdering af risiko for grundbrud .....	5
	5.2 Forslag til øvrige udførelsesmetoder .....	6
	5.2.1 Oprensning vha. storformatboring.....	6
	5.2.2 Stabilisering vha. vand .....	6

## Bilag

1.1	Situationsplan
1.2 – 1.3	Boreprofiler

GEO Standard:   Signaturer og forkortelser

## 1 Baggrund og formål

I forbindelse med påtænkt afgravning af forurenede jord på et område beliggende på Tujavej 11 og 13 i Køge, er GEO blevet bedt om at foretage geoteknisk undersøgelse, samt vurdere forholdene med hensyn til grundbrud. Udgravningen skal foretages meget tæt på et eksisterende hus på Tujavej 11.

Formålet er således dels at belyse de geotekniske forhold i forbindelse med udformning af evt. støttekonstruktioner i forbindelse med udgravningen, dels at vurdere i hvilket omfang der kan foretages udgravning uden risiko for bundbrud. Der er et ønske fra Orbicon at foretages udgravning til 5-5,5 m u.t.

Rapporten omhandler udelukkende geotekniske undersøgelser. Orbicon har selv forestået de miljøtekniske undersøgelser.

## 2 Undersøgelse

### 2.1 Geoteknik

GEO har i 2. oktober og 3. oktober 2014 udført 2 stk. geotekniske boringer, G1 og G2. Boringer er ført til 11 m u.t. (under terræn). Placeringen fremgår af situationsplanen, bilag 1.1.

Under borearbejdet er der registreret laggrænser, udført vingeforsøg, samt udtaget geologiprøver for hver 0,5 m u.t. Samtlige prøver er geologisk bedømt i laboratoriet, og på udvalgte prøver er der udført vandindholdsbestemmelse.

Vandspejlsniveauerne i borehullerne er registreret i efter endt borearbejde.

Borepunkterne er afsat i hvert sit hjørne af det påtænkte areal der skal udgraves. Boringerne er indmålt i forhold til huset. Koter til terræn for hvert borepunkt er fastsat omtrentligt ud fra koterne på eksisterende boringer.

Samtlige resultater af mark- og laboratorieforsøg er vist på boreprofilerne, bilag 1.2-1.3. Signaturforklaring og forkortelser fremgår af vedlagte GEO Standard: Signaturer og forkortelser.

## 3 Resultater

I boringerne er der fundet fyld/overjord ned til 0,8 á 1,1 m u.t. Derunder er der i G2 truffet et ca. 1,1 m tykt lag af siltet smeltevandsler. Laget er ikke fundet i G1.

Under fyldet og den siltede ler i henholdsvis boring G1 og G2 er der truffet moræneler siltet, sandet til 8,3 m u.t. i boring G1 og 8,2 m u.t. i boring G2. I boring G1 er moræneleret underlejret af smeltevandssand, mens der under moræneleret i boring G2 er truffet er ca. 0,7 m tykt lag morænesand. Morænesandet er underlejret af smeltevandssand.

Fyldet er i boring G1 bestående af siltet ler, mens den i boring G2 er bestående af leret grus.

Smeltevandsleret i boring G2 er siltet, sandet og der er målt vingestyrker  $c_{fv} = 110 - > 150 \text{ kN/m}^2$  og et naturligt vandindhold på ca. 17 %.

Moræneleren er generelt siltet, sandet og svagt gruset. I moræneler er der målt vingestyrker  $c_{fv} = 100 - > 550 \text{ kN/m}^2$  og et naturligt vandindhold mellem 11 og 15 %.

Umiddelbart efter endt borearbejde d. 2. og 3. oktober 2014 er vandspejlet registreret. Vandspejlet i nærtliggende eksisterende boringer på grunden er desuden pejlet. Resultaterne kan ses af nedenstående tabel.

*Tabel 1 Registrerede vandspejl*

Boring	Vandspejl, m u.t.	Vandspejl, kote [m]
G1	2,8	-1,2*
G2	2,1	-0,6*
B401	1,7	+0,01
B140	1,0	+0,49
B141	1,0	+0,51

Tabel 1, Registrerede vandspejl.

\*Vandspejl vurderes ikke at være stabiliseret

## 4 Vurderinger

Hvor pladsforholdene tillader det, kan udgravning af jorden udføres med frie skråninger. I fylden og i smeltevandsleret kan udgravning ske med anlæg  $a = 1,0$  (1,5), mens der i de glaciale aflejringer kan udgraves med et anlæg  $a = 0,7$  à 1,0. Disse anlæg forudsætter, at grundvandsspejlet er sænket til under skråningsfod, og at al færdsel med materiel samt oplagring holdes uden for et anlæg  $a = 1,5$  udgående fra skråningsfod, samt at skråningerne holdes under observation, således at revner, der kan blive vandfyldte, straks lukkes, og evt. skred repareres.

Som følge af at udgravningen skal ske op ad det eksisterende hus på Tujavej 11 er det nødvendigt at udføre dele af udgravningen med en afstivet indfatningsvæg.

Ved beregning af indfatningen vurderer vi, at den drænedede tilstand vil være dimensionsgivende, og vi foreslår anvendt karakteristiske styrkeparametre og rumvægte som angivet i tabel 1.

Tabel 2 Karakteristiske styrkeparametre og rumvægte for beregning af indfatningsvægge.

Jordart	Rumvægt $\gamma/\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Aktivt jordtryk		Passivt jordtryk	
		$c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi'_k$ (°)	$c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi'_k$ (°)
Fyld	20/10	0	25	-	-
Smeltevandsler og Moræneler over 2,5 m u.t.	20/10	0	30	5	30
Moræneler under 2,5 m u.t.	21/11	0	32	20	32
Morænesand og Smeltevandssand	19/9	0	38	0	38

Udføres indfatningsvæggen som en tæt væg, skal den dimensioneres for vandtryk på hele den tætte højde eller til et niveau fastlagt ved dræn.

Dimensioneringen skal foretages for såvel brudgrænsetilstanden som anvendelsestilstanden, hvor der tages hensyn til tilladelige deformationer af nærliggende konstruktioner (hus, vejanlæg, rør mm.).

Beregningerne af væggene skal udføres i geoteknisk kategori 2 og normal konsekvensklasse CC2 med regningsmæssige parametre. Last fra eksisterende bygninger, maskiner mv. skal medtages i beregningerne.

Det anbefales, at der ved dimensionering af indfatningsvæggen regnes med et vandspejl i kote +0,5.

## 5 Vurdering vedr. udførelse

### 5.1 Vurdering af risiko for grundbrud

Der er foretaget en vurdering af risikoen for grundbrud i forbindelse med bortgravning af den forurenede jord. Der er et ønske om at grave de øverste 5,0 til 5,5 m jord væk uden at der foretages sænkning af grundvandet i sandlaget, der underlejrer moræneleret.

Med de trufne jordbunds- og vandspejlsforhold vurderes det at det ikke vil være muligt, at foretage udgravning til den ønskede dybde uden at der forekommer grundbrud.

Såfremt der ikke iværksættes tiltag i form af grundvandssænkning eller andet vurderes det, at der kan foretages udgravning til ca. kote -2,2 m svarende til ca. 3,7 m u.t. uden at der vil forekomme grundbrud. Vurderingen er baseret på den højest beliggende placering af underside moræneler, som er i kote ca. -6,1 m jf. boring B131 fra Orbicon.

I forbindelse med en evt. direkte udgravning skal det sikres at der ikke forekommer sætningsskader på huset, der er placeret meget tæt på udgravningen.

## 5.2 Forslag til øvrige udførelsesmetoder

Da der er en ønske om at undlade at foretage grundvandssænkning i forbindelse med bortgravningen af den forurenede materiale, kan der ikke foretages bortgravning af materiale til den ønskede dybde ved direkte afgravning. Herunder er oplyst muligheder for at foretage dybere udgravning end ved direkte afgravning. Ved anvendelse af nedenstående metoder skal forhold som bl.a. miljømæssige forhold, stabilitet af huset mv. undersøges nærmere.

### 5.2.1 Oprensning vha. storformatboring

En mulig løsning er at foretage oprensning af materialet vha. storformatboringer. Ved benyttelse af de fundne forhold i de udførte boringer, vurderes det at der kan foretages opboring til 5,5 m u.t. ved benyttelse af  $\varnothing 1200$  mm bor, uden at der er risiko for opskydning af materiale. Det er en forudsætning at foringen ikke føres længere ned en oprensningen, og at der ikke er jordbundsforhold, der afviger fra dem fundet i de udførte boringer.

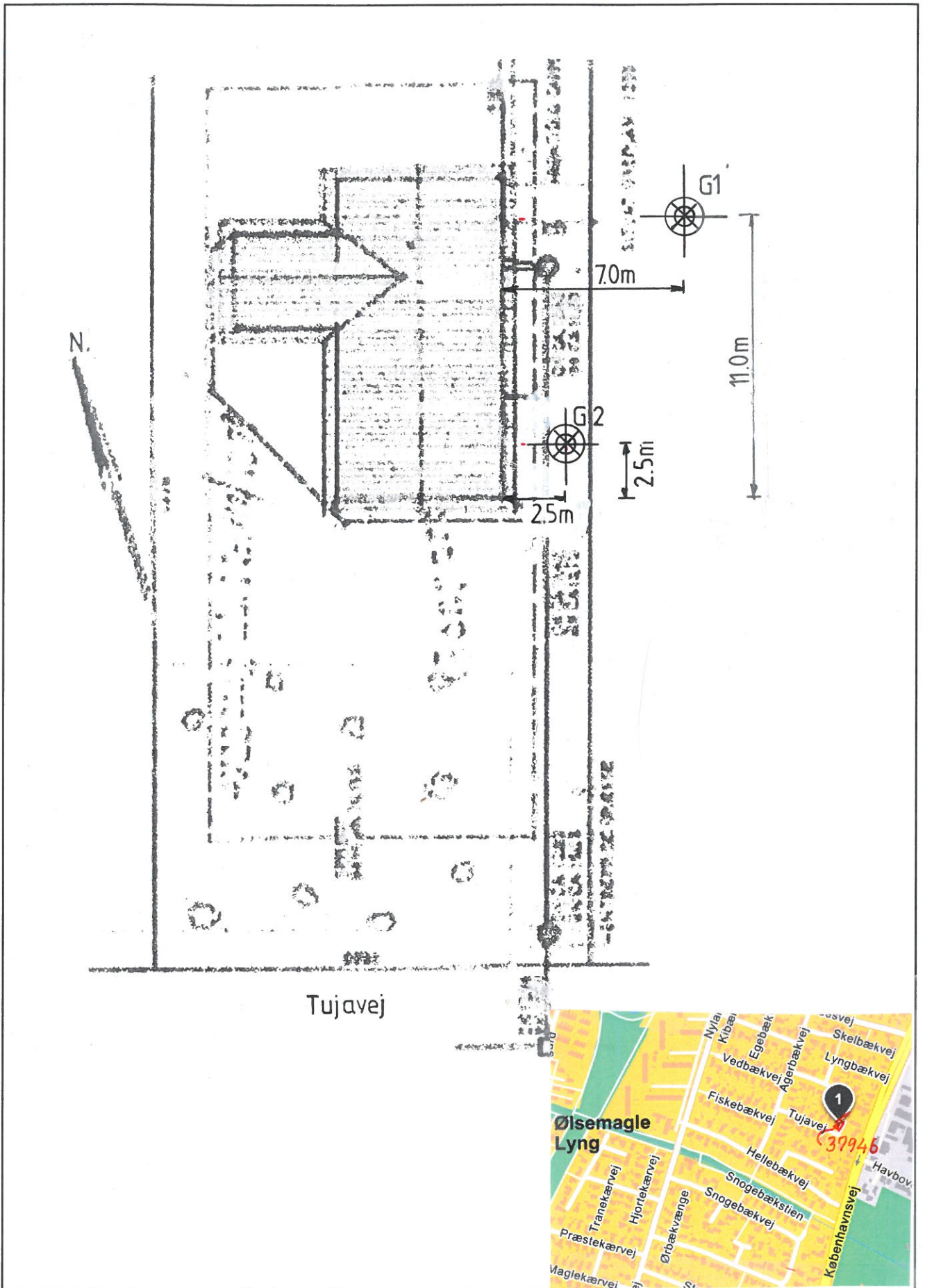
Det anbefales at minimum den række boringer, der er tættest placeret på huset, fyldes med beton for at imødekomme evt. sætninger af huset. Det bør endvidere overvejes om der skal yderligere sikring til. Dette kan være benyttelse af beton i flere rækker, eller at der foretages forstærkning af den første række boringer i beton ved armering, stålprofiler eller lign.

### 5.2.2 Stabilisering vha. vand

Såfremt de miljømæssige forhold tillader det, kan der også foretages stabilisering af udgravningen vha. opfyldning af udgravningen med vand. Ved udgravning til kote -4,0 m skal der sikres at minimum sikres at udgravningen er vandfyldt til kote -0,3 m.

Husets stabilitet skal, som ved de øvrige metoder, sikres mod sætninger.

Som sagt er de miljømæssige konsekvenser ved anvendelse af denne metode ikke vurderet.



Maglebjergvej 1, 2800 Kgs. Lyngby  
Tlf.: +45 4588 4444, www.geo.dk

Projekt: 37946 Køge. Tujavej 11 og 13

Udført : KS

Dato: 2014-10-16

Emne: Situationsplan ikke i mål

Kontrolleret:

Dato:

Side 1 / 1

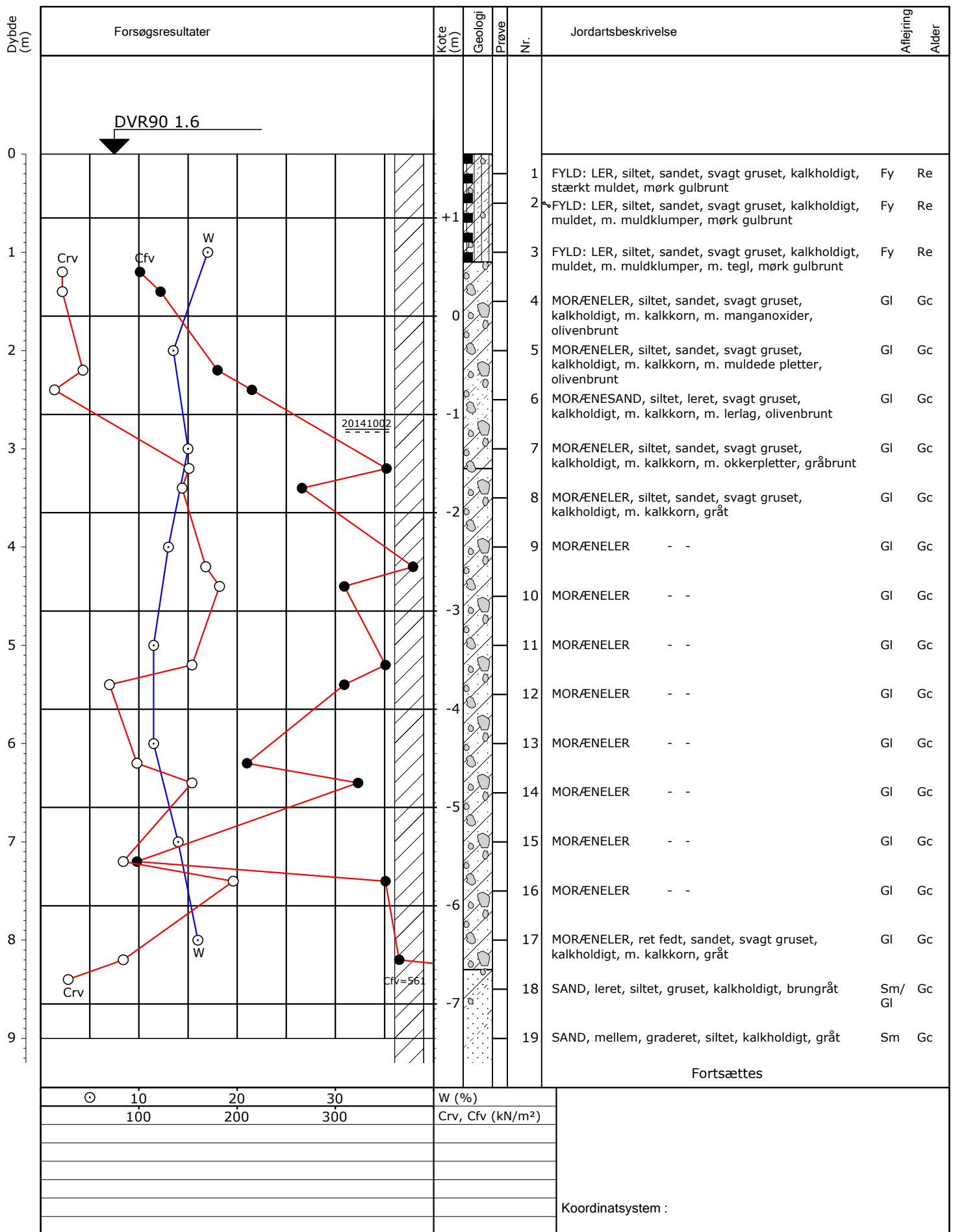
Godkendt :

Dato:

Rapport 1

Bilag 1.1

Rev.



Projekt : 37946 Køge. Tujavej 11 og 13

Boret: GEO HEC Dato: 2014-10-02 Geologi: JNG

Boring : G1

Boremethode : Tørboring 6" DGU-nr :

Bilag : 1.2 S. 1/2

**GEO**

Maglebjergvej 1, DK-2800 Kgs. Lyngby  
Tlf.: +45 4588 4444, www.geo.dk

**Boreprofil**



Dybde (m)	Forsøgsresultater						Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordartsbeskrivelse	Afvejning	Alder									
9							-8			19	SAND, mellem, graderet, siltet, kalkholdigt, gråt	Sm	Gc									
10							-9			20	SAND, mellem - groft, svagt leret, siltet, stærkt gruset, kalkholdigt, gråt	Sm/ Gc	Gc									
11							-10			21	SAND, fint - mellem, svagt leret, stærkt siltet, kalkholdigt, gråt	Sm/ Gc	Gc									
12							-11			22	SAND, leret, siltet, stærkt kalkholdigt, gråt	Sm	Gc									
13							-12			23	SAND, leret, siltet, svagt gruset, kalkholdigt, gråt	Sm/ Gc	Gc									
<p>I MORÆNE-jordarter må der forventes et varierende indhold af sten og blokke</p> <p>Vandspejl registreret under borearbejdet</p>																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>⊙</th> <th>10</th> <th>20</th> <th>30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>100</td> <td>200</td> <td>300</td> </tr> </tbody> </table>						⊙	10	20	30		100	200	300	<table border="1"> <thead> <tr> <th>W (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Crv, Cfv (kN/m<sup>2</sup>)</td> </tr> </tbody> </table>			W (%)	Crv, Cfv (kN/m <sup>2</sup> )	Koordinatsystem :			
⊙	10	20	30																			
	100	200	300																			
W (%)																						
Crv, Cfv (kN/m <sup>2</sup> )																						

Projekt : 37946 Køge. Tujavej 11 og 13

Boret: GEO HEC Dato: 2014-10-02 Geologi: JNG

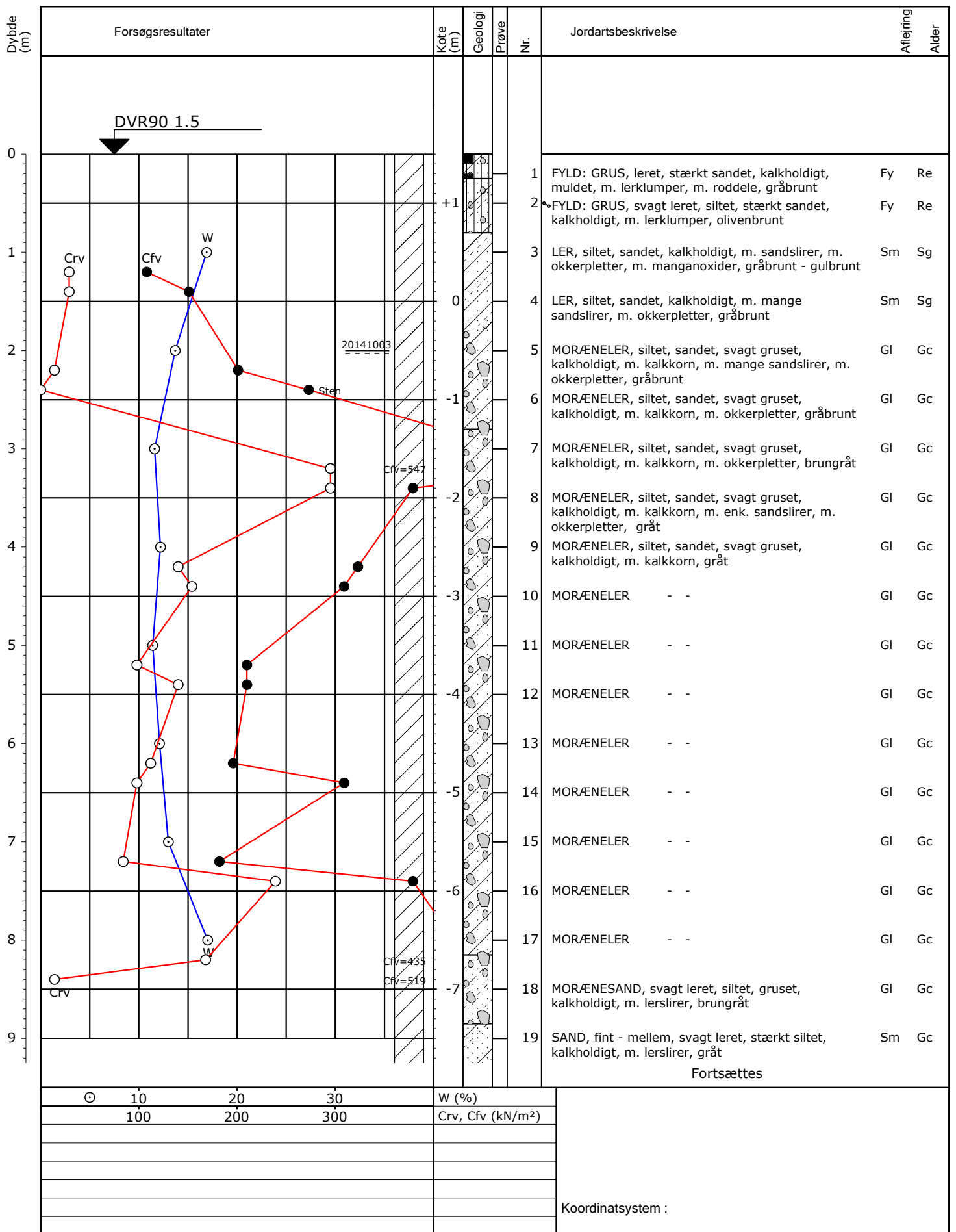
Boring : G1

Boremethode : Tørboring 6" DGU-nr :

Bilag : 1.2 S. 2/2

**Geo** Maglebjergvej 1, DK-2800 Kgs. Lyngby  
Tlf.: +45 4588 4444, www.geo.dk

**Boreprofil**



Projekt : 37946 Køge. Tujavej 11 og 13

Boret: GEO HEC Dato: 2014-10-03 Geologi: JNG

Boring : G2

Boremetode : Tørboring 6" DGU-nr :

Bilag : 1.3 S. 1/2



Maglebjergvej 1, DK-2800 Kgs. Lyngby  
Tlf.: +45 4588 4444, www.geo.dk

**Boreprofil**

Dybde (m)	Forsøgsresultater						Kote (m)	Geologi	Prøve	Nr.	Jordartsbeskrivelse	Afkjring	
											Fortsat		
9										19	SAND, fint - mellem, svagt leret, stærkt siltet, kalkholdigt, m. lerslirer, gråt	Sm	Gc
							-8			20	SAND, fint - mellem, svagt leret, stærkt siltet, svagt gruset, kalkholdigt, gråt	Sm	Gc
10										21	SAND, fint - mellem, velgraderet, stærkt siltet, svagt gruset, kalkholdigt, gråt	Sm	Gc
							-9			22	SAND - -	Sm	Gc
11										23	SAND - -	Sm	Gc
							-10				I MORÆNE-jordarter må der forventes et varierende indhold af sten og blokke		
12											Vandspejl registreret under borearbejdet		
							-11						
13													
							-12						

⊙	10	20	30	W (%)
	100	200	300	Crv, Cfv (kN/m <sup>2</sup> )
				Koordinatsystem :

Projekt : 37946 Køge. Tujavej 11 og 13

Boret: GEO HEC Dato: 2014-10-03 Geologi: JNG

Boring : G2

Boremetode : Tørboring 6" DGU-nr :

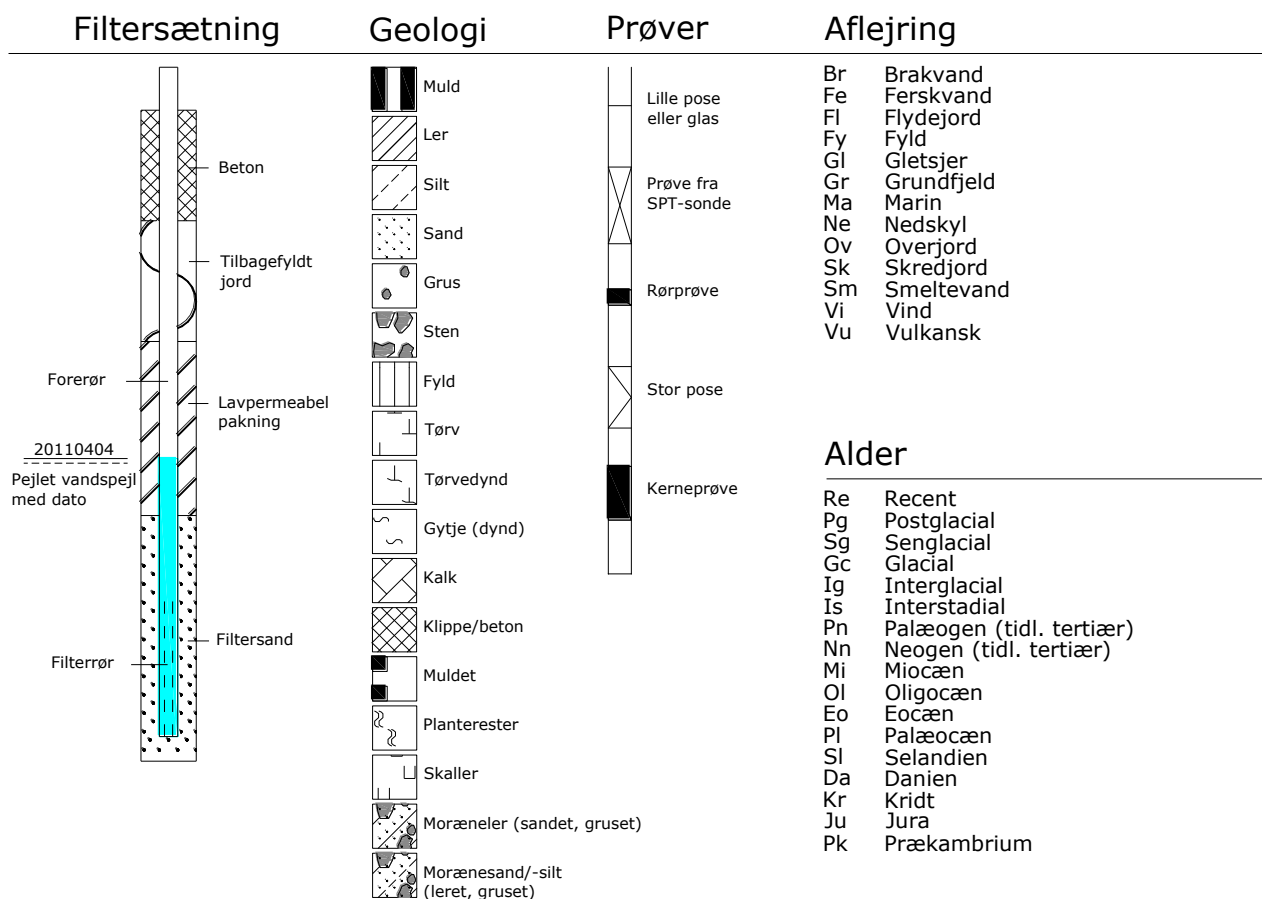
Bilag : 1.3 S. 2/2



Maglebjergvej 1, DK-2800 Kgs. Lyngby  
Tlf.: +45 4588 4444, www.geo.dk

# Boreprofil

## GEO-Standard 01: Signaturer og forkortelser Geotekniske og miljøtekniske boreprofiler



### Forsøg

w	Vandindhold
w <sub>L</sub>	Flydegrænse
w <sub>p</sub>	Plasticitetsgrænse
IP	Plasticitetsindeks
Ik	Kvældindeks
e	Poretal
e <sub>max</sub>	Poretal i løseste standardlejring
e <sub>min</sub>	Poretal i fasteste standardlejring
γ	Rumvægt
ρ	Densitet
gl	Glødetab
ka	Kalkindhold
PID	Photoionisationsdetektormåling
C <sub>rv</sub>	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg
C <sub>rv</sub>	Forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg (omrørt)
N	Standard penetrationsmodstand (SPT)
q <sub>c</sub>	Spidsmodstand (CPT)
f <sub>s</sub>	Kappemodstand (CPT)
R <sub>f</sub>	Friktionsforhold (=f <sub>s</sub> /q <sub>c</sub> )
u	Poretryk (CPT)

### Henvisninger/noter

- DS/EN 1997 Eurocode 7:
- Geoteknik
- Dansk Geoteknisk Forening:
- "Vejledning i ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse"
- "Felthåndbogen"
- "Laboratoriehåndbogen"
- Referenceblad for vingeforsøg
- Referenceblad for SPT-forsøg

I moræne-jordarter må der forventes et varierende indhold af grus, sten og blokke.

Vingeforsøg er udført og tolket i henhold til Dansk Geoteknisk Forening, "Referenceblad for vingeforsøg", revision 3, august 1999.