



Oversvømmelsesbeskyttelse Hyllingeriis

Geoteknisk forundersøgelse

Frederikssund Kommune - Teknik, Miljø og Erhverv

Dato: 09. september 2021

Rev.nr.	Dato	Beskrivelse	Udarbejdet af	Kontrolleret af	Godkendt af
0	09.09.2021	Oversvømmelsesbeskyttelse Hyllingeriis	SDMO	JBEL	KLBU

Indhold

1	Indledning	4
2	Undersøgelsens omfang	4
2.1	Geoteknisk arkivsøgning	4
2.1.1	Geologiske forhold.....	4
2.2	Feltundersøgelser	5
2.3	Laboratorieundersøgelser.....	6
2.3.1	Geoteknik.....	6
3	Resultater	7
3.1	Jordbundsforhold.....	7
3.1.1	Nordlig område (GB10, GB11, GB12).....	7
3.1.2	Østlig område (GB13, GB14).....	7
4	Vurderinger og anbefalinger	8
4.1	Udledning af parametre	8
4.1.1	Styrkeparametre	8
4.1.2	Deformationsparametre.....	8
4.2	Udledte parametre.....	9
4.3	Funderingsforhold.....	10
5	Afsluttende bemærkninger	10
6	Referencer	11

Bilag 1	Situationsplan
Bilag 2	Boreprofiler
Bilag A	Signaturforklaring

1 Indledning

Frederikssund Kommune vil sikre Hyllingeriis mod fremtidige oversvømmelser, og planlægger derfor udførelsen af en samlet højvandsbeskyttelse som inkluderer jorddiger, højvandsmurer samt vejhævning. Tiltagene skal i fremtiden sikre Hyllingeriis mod stormflodshændelser og havspejlsstigning.

Formålet med undersøgelsen er at klarlægge jordbundsforholdene for at kunne vurdere, hvordan de planlagte tiltag skal udføres.

2 Undersøgelsens omfang

2.1 Geoteknisk arkivsøgning

Forud for planlægningen og udførelsen af selve den geotekniske undersøgelse, er oplysninger om jordbundsforhold m.v. indsamlet og gennemgået fra følgende kilder:

Nye og ældre toppgrafiske kort (GST)

Geologiske jordartskort

GEUS' boringsdatabase, jupiter

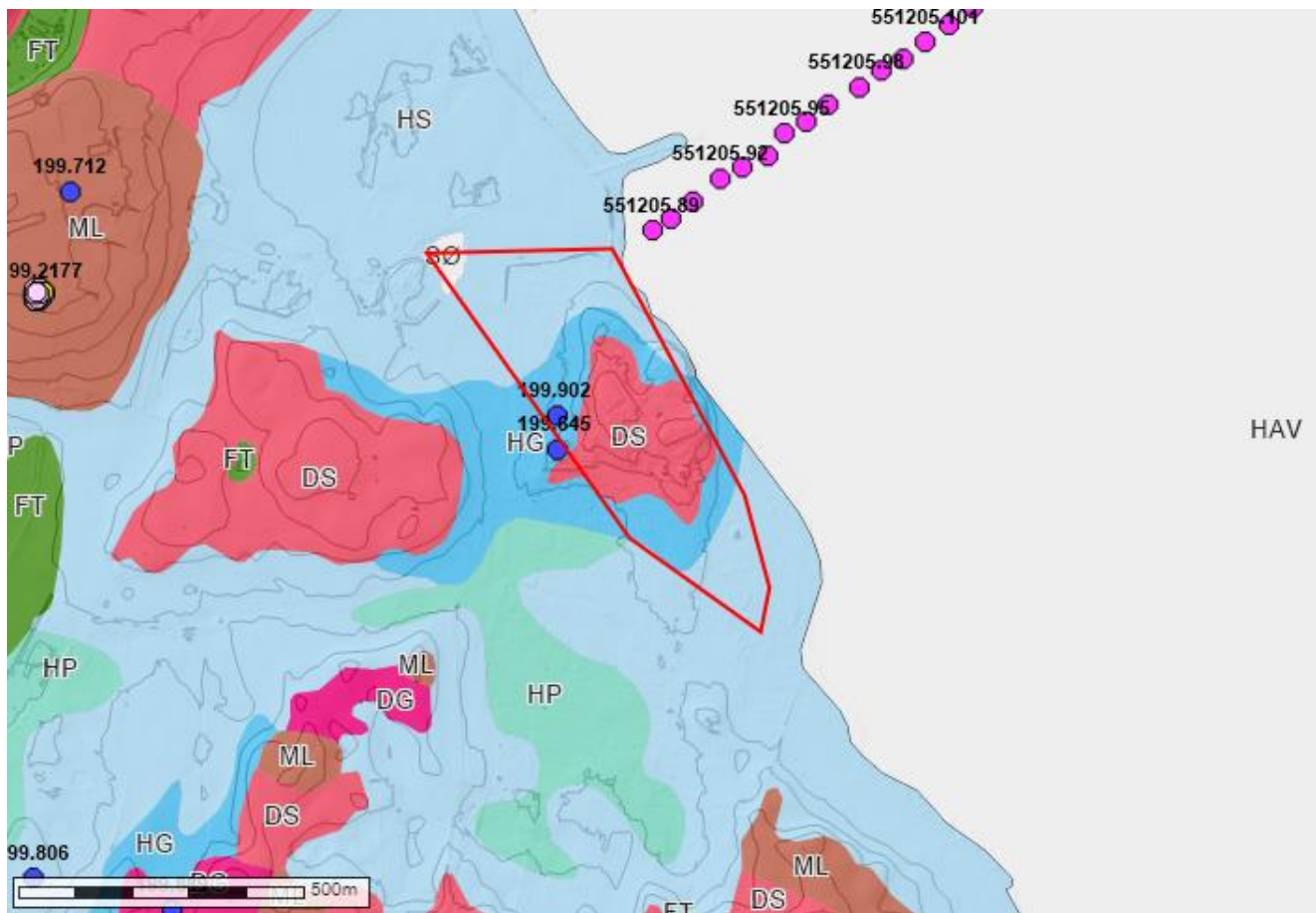
Danmarks Arealinformation

Tidligere geoteknisk undersøgelse udført af Franck Miljø- og Geoteknik

2.1.1 Geologiske forhold

Området er kuperet og ligger i kote 0 til +9 lige ud til Roskilde Fjord. Af jordartskortet er der, i de dele af området der ligger lavest i terræn, kortlagt marint sand, grus og gytje. I forbindelse med højdedragene træffes der i området glacialt smeltevandssand og -grus og moræneler. I projektområdet, markeret på Figur 1 med rød ramme, er der kortlagt marint sand og grus og smeltevandssand.

Franck Miljø- og Geoteknik har tidligere i projektområdet udført 9 borer. I borerne er der under muldlaget i nogle tilfælde truffet marine aflejringer stedvis med blød bund i form af gytje eller tørv, og i andre tilfælde træffes der glaciale aflejringer direkte under muldlaget. Herunder træffes smeltevandssand og moræneaflejringer i meget vekslende lagtykkelser. JUPITER-borer viser samme jordbundsforhold, og at kalkoverfladen træffes omkring 20 m u.t.



Figur 1: Jordartskort (1:25000, GEUS) overlagt højdekurver (SDFE, 50 cm) og skyggekart (SDFE). Projektområdet er omridset med rød. Borningsoplysninger er hentet fra JUPITER-boringer angivet med DGU-nummer.

Brun, ML: Moræneler
 Lyserød, DS: Smeltevandssand
 Pink, DG: smeltevandsgrus
 Lys grøn, HP: Ferskvandsgytje
 Blå, HG: Marint grus
 Lyst blå, HS: Marint sand
 Grøn, FT: Ferskvandstøv

2.2 Feltundersøgelser

Den 19. august 2021 blev der af firmaet Butler Boretchnik udført 5 geotekniske boringer (GB10–GB14), iht. Felthåndbogen [1]. Boringerne er udført med et traditionelt hydraulisk boreværk som 6" forede snegleboringer til 5,0 meter under terræn (m u.t.).

Boringer er afsat og indmålt med DGPS. Koordinater og koter er angivet i UTM32 ETRS89 og fremgår af boreprofilerne, bilag 2. Placeringen af boringerne fremgår af situationsplanen, vedlagt som bilag 1.

I alle boringerne er der udtaget omrørte prøver pr. halve meter, samt en terrænnær prøve 0,2 m u.t., til ingeniørgeologisk jordartsbestemmelse.

Der er udtaget jordprøver til analyse i NIRAS' geotekniske laboratorium. Prøverne er udtaget som enkeltprøver pr. halve meter 0,2 m u.t., 0,5 m u.t., 1,0 m u.t., osv. til 4 m u.t. Jordprøverne er udtaget i tørstofposer til analyse.

Der er udført vingeforsøg til bestemmelse af vingestyrken (c_v) i lerede jordarter, samt let rammesondering (DPL5) i sandede aflejringer.

Tabel 1: Boringsoversigt

Boring	Terræn [DVR90]	Dybde [m u.t.]
GB10	+1,31	5,0
GB11	+1,10	5,0
GB12	+0,83	5,0
GB13	+1,09	5,0
GB14	+1,21	5,0

2.3 Laboratorieundersøgelser

2.3.1 Geoteknik

I NIRAS' geotekniske laboratorium er samtlige jordprøver ingeniørgeologisk bedømt i henhold til DGF-Bulletin nr. 1, revision 3, februar 2009 [2].

Derudover er det naturlige vandindhold, w [%], bestemt på alle prøver.

Resultater af felt- og laboratorieundersøgelserne fremgår af boreprofilerne vedlagt som bilag 2. Signaturforklaring og definitioner fremgår af bilag A.

3 Resultater

3.1 Jordbundsforhold

De geologiske forhold ved Hyllingeris bærer præg af glaciale og postglaciale aflejringer.

I nedenstående afsnit opdeles og beskrives de trufne lag efter område (nordligt og østligt). For mere detaljerede informationer henvises der til de enkelte boreprofiler, bilag 2.

3.1.1 Nordlig område (GB10, GB11, GB12)

I projektområdet nordlige del træffes glaciale moræneaflejringer i 2,70 á 2,90 m u.t. Moræneaflejringerne består af ler og sand og oversiden af moræneaflejringerne i området varierer ganske lidt og træffes omkring kote -1,6.

Moræneaflejringerne overlejres af postglaciale nedskyldslar og sand indeholdende planterester.

I boring GB10 er der truffet fyldmateriale til ca. 1,7 m u.t. hovedsageligt bestående af ler. I fyldet træffes blandede bikomponenter, som rødder og rodtrevler, samt fyldkomponentet tegl. I GB11 er der i øverste meter truffet postglaciale ler samt overjord bestående af muld, mens i GB12 er der truffet muld underlejret af 0,5 m tørv til kote -0,3. Herunder træffes postglaciale sand ned til oversiden af moræneaflejringer i kote -2,0.

Det nordlige område er desuden dækket af borerne B1, B5 og B6 fra den tidligere geotekniske undersøgelse fra Franck Miljø- og geoteknik. Der er væsentlig større variation i borerne fra Franck, som viser glaciale aflejringer fra kote 0,0, 1,3 og -0,7 hhv. I B6 træffes desuden 0,8 m gytje over de glaciale aflejringer.

3.1.2 Østlig område (GB13, GB14)

Jordarterne i projektområdets østlige del varierer stærkt imellem de udførte borer. I GB13 under et ca. 0,5 m muldet lerlag træffes postglaciale gytje til 1,6 m u.t. Herunder træffes postglaciale ler og sand indeholdende bl.a. planterester til ca. 4,7 m u.t., hvor glaciale smeltevandssand træffes til boringens bund 5 m u.t.. I GB14 under et ca. 0,5 m muldet lerlag træffes postglaciale flydeler til 2,1 m u.t. Herunder træffes glaciale moræneler- og sand til boringens bund 5 m u.t.

Det østlige område er desuden dækket af borerne B7, B8 og B9 fra den tidligere geotekniske undersøgelse fra Franck Miljø- og geoteknik. Disse borer viser samme variation. I B7 umiddelbart nord for GB13 træffes glaciale aflejringer fra kote 1,4. I B8 mellem GB13 og GB14 træffes glaciale aflejringer i kote -0,6, som overlejres af marint ler og sand under 1 m muld i terræn. I B9 træffes marint gytje og tørv til kote -1,5, som underlejres af marint sand og grus til kote -3,2, hvor der træffes moræneler.

4 Vurderinger og anbefalinger

Der henvises generelt til Eurocode 7, DS/EN 1997-1 [3] og det tilhørende nationale annekse EN 1997-1 DK NA [4].

4.1 Udledning af parametre

4.1.1 Styrkeparametre

Den udrænedede forskydningsstyrke, c_u , udledes på baggrund af vingestyrkemålinger udført i kohæsive aflejringer under borearbejdet.

$$c_u = k_1 c_v$$

Hvor følgende værdier for k_1 er antaget:

$$k_1 = \begin{cases} 1 & \text{for moræneler} \\ 0.8 & \text{for gytje og ler med } w < 80\% \\ 0.6 & \text{for øvrige lag} \end{cases}$$

Hvor vingeforsøg ikke er tilgængelige, er udledning baseret på erfaringstal.

Friktionsvinklen, φ , er estimeret ud fra det udførte rammesondering (DPL5) i sandede aflejringer.

Den effektive kohæsion, c' , for kohæsive aflejringer er estimeret ud fra den udrænedede forskydningsstyrke som $0,1 \cdot c_u$. Dog maksimalt 20 kPa.

4.1.2 Deformationsparametre

For gytje og tørv udledes dekadehældningen, Q , ud fra vandindholdet på baggrund af den empiriske formel af J. Dannemand Andersen [5]. Det anbefales, at middelestimat anvendes:

$$Q = 0.54 \frac{w - 0.09}{w + 0.75}$$

For lerlag benyttes følgende skønsformler for konsolideringsmodul:

$$K = \frac{k_2 c_u}{w}$$

hvor k_2 er:

$$k_2 = \begin{cases} 40 & \text{for intakt ler} \\ 20 & \text{for fyld ler med } c_u > 50 \text{ kPa} \\ 10 & \text{for fyld ler med } c_u < 50 \text{ kPa} \end{cases}$$

For intakt smeltevandssand (senglaciale eller ældre) kan følgende benyttes:

$$K = 20 \text{ MPa} + 2000 \sigma'_a$$

For morænesand (senglaciale eller ældre) kan følgende benyttes:

$$K = 30 \text{ MPa} + 2000 \sigma'_a$$

Hvor σ'_a er mindste aflastningsspænding.

4.2 Udledte parametre

Vejledende konservative karakteristiske jordparametre til projekterede funderinger er opstillet i Tabel 2.

Tabel 2: Udledte parametre for trufne jordarter.

*: skønnet

Jordart	Rumvægt γ/γ^* [kN/m ³]	Drænet		Udrænet c_u [kPa]
		φ'_{kpl} [°]	c'_k [kPa]	
Lerfyld (Fy, Re)	18/10	30	0	140-155
Muld (Fy/O, Re/Pg)	18/10	20-25 ^a	5	-
Gytje/Tørv (Fy/Fe, Re/Pg)	12-17 /5-8	15-25 ^a	0	125
Sand (Fe, Pg)	18/10	32	0	320
Ler (Fl, Pg/Sg)	19/10	30	5	210-260
Ler (Ne, Pg/Sg)	19/10	30	5	40-250
Sand og Grus (Sm, Sg/Gc)	18/10	37	0	-
Moræneler (Gl, Gc)	21/11	32	20	210-701
Morænesand/-grus (Gl, Gc)	21/11	40	0	-

For mere detaljerede jordparametre henvises til boreprofiler i bilag 2.

For støttemure anbefales generelt $c' = 0$ på aktivsiden. For gytje og tørv anbefales, at styrken reduceres på passivsiden, da styrken er stærkt deformationsafhængig.

4.3 Funderingsforhold

I forhold til projekterede konstruktioner, er der i Tabel 3 angivet overside af bæredygtige lag (OSBL), der her er bestemt som overside af postglaciale aflejringer.

Tabel 3: Terrænniveau samt dybde til overside af bæredygtige lag, OSBL

Boring	Terræn (DVR90)	OSBL		
		(m u.t.)	(DVR90)	Jordart
GB10	+1,31	1,7	-0,4	Nedskylsler (Ne, Pg)
GB11	+1,10	0,75	-0,1	Nedskylsler (Ne, Pg)
GB12	+0,83	1,1	-0,27	Nedskylssand (Ne, Pg)
GB13	+1,09	1,6	-0,5	Flydeler (FI, Pg)
GB14	+1,21	0,7	0,5	Flydeler (FI, Pg)

På baggrund af jordarterne i borerne i den nordlige del af projektområdet (GB10, GB11, GB12), vurderes det, at konstruktioner, som kan tåle mindre sætninger kan funderes i bæredygtige lag angivet som OSBL.

Konstruktioner som er funderet direkte, vil være mere følsomme for variationer i jorden i funderingsniveau. F.eks. lokale forekomster af gytje eller tørv under funderingsniveau. Direkte fundering skal minimum føres til frostfri dybde som er 1,2 m under fremtidigt terræn. En spunset løsning vil være mindre følsom overfor lokale variationer, den vil desuden ikke kræve udgravning til funderingsdybde.

Diger kan funderes højere under hensyntagen af stabilitetsforhold og gennemstrømning af vand under. Ved opbygning af diger kan der forventes sætninger i områder med blød bund, og andre sætningssvarende aflejringer.

5 Afsluttende bemærkninger

NIRAS opbevarer opboret prøvemateriale i mindst 14 dage fra rapportdato, hvorefter det vil blive bortskaffet. I det omfang det ønskes, står NIRAS selvsagt til rådighed for videre drøftelse af geotekniske, funderingsmæssige og miljøtekniske spørgsmål i sagen.

6 Referencer

- [1] DGF's Feltkomite, dgf-Bulletin 14: Felthåndbogen, Dansk Geoteknisk Forening, 1999.
- [2] DGF, Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse, revision 3, Dansk Geoteknisk Forening, 2009-02.
- [3] DS, Eurocode 7: Geoteknik - Del 1: Generelle regler, DS/EN 1997-1, Charlottenlund: Dansk standard, 2007-06-22.
- [4] DS, Nationalt annek, til Eurocode 7: Geoteknik - Del 1: Generelle regler, DS/EN 1997-1-DK NA, Dansk Standard, 2021.
- [5] J. D. Andersen, »Prediction of compression ratio for clays and organic soils,« Copenhagen, NGM-2012, 2012, pp. 303-310.



Bilag 1

Situationsplan



Tegnforklaring

Boringer

-  Franck Miljø- & Geoteknik
-  Ny geoteknisk boring

Bilag 1 : Situationsplan

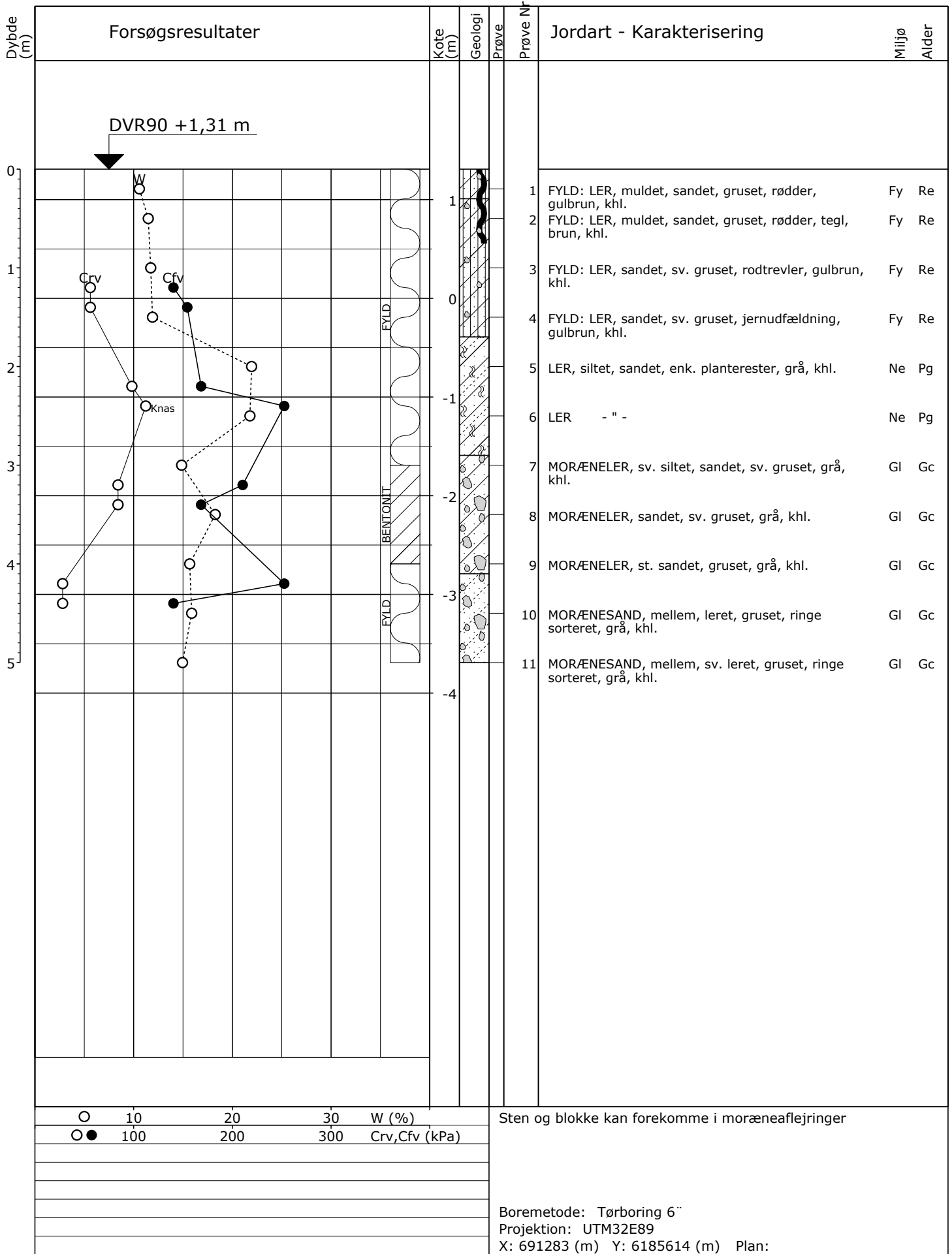
Dato 08-09-2021
 Sag nr. 10412312
 Sag Oversvømmelsesbeskyttelse Hyllingeris
 Udf. SDMO
 Kont. JBEL
 Godk. KLBU

Skala 1:3800 (A4)



Bilag 2

Boreprofiler



Sag: 10412312

Hyllingeriis

Boret af: Butler Boreteknik

Dato: 2021.08.19 Bedømt af: SDMO

DGU Nr.:

Boring: GB10

Udarb. af: SDMO

Kontrol: CLSK

Godkendt: KLBU

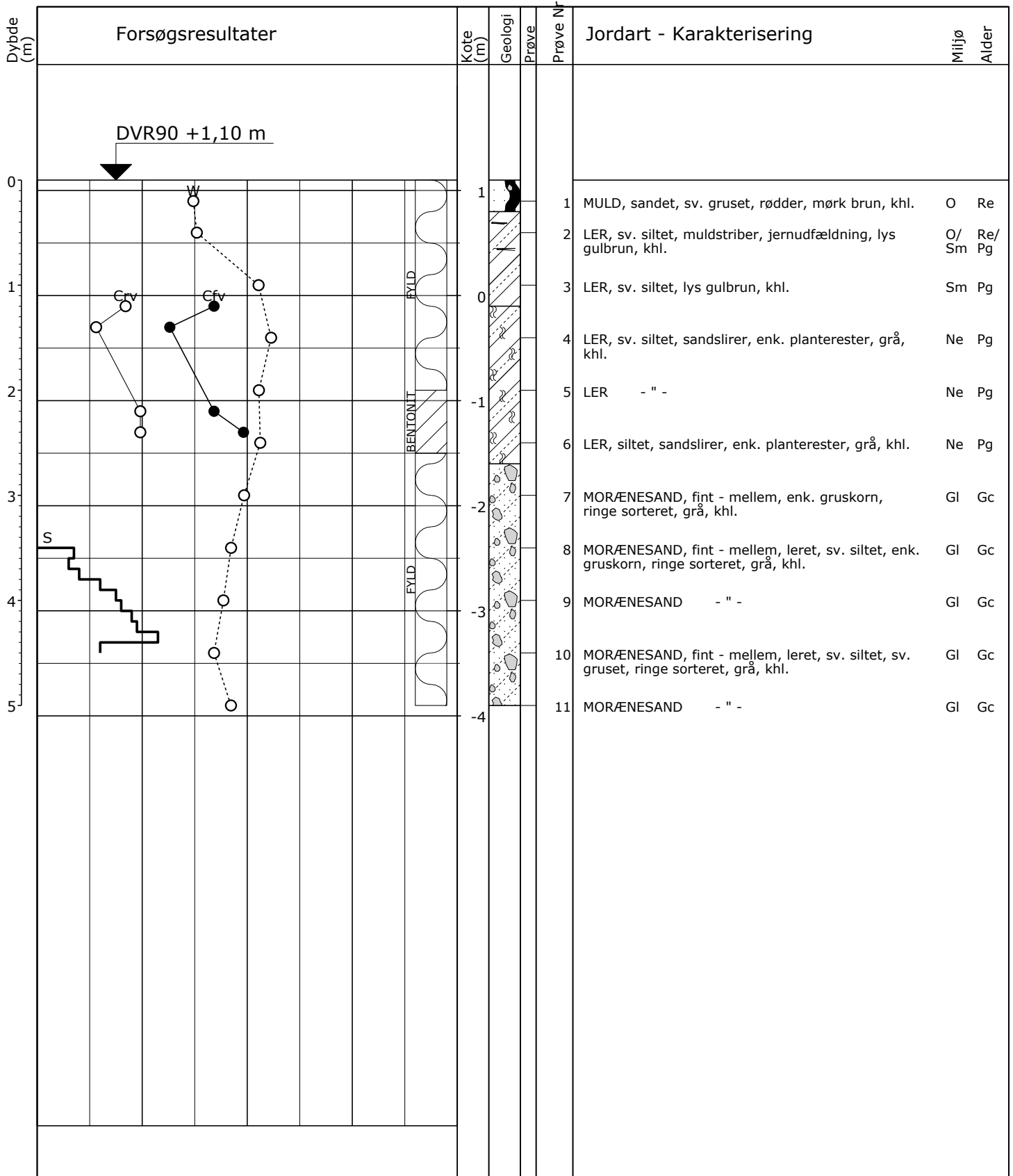
Dato: 2021.09.08

Bilag: 2

S. 1/1



Boreprofil



○	10	20	30	W (%)
○●	100	200	300	Crv, Cfv (kPa)
—	20	40	60	S (Slag/10 cm)

Sten og blokke kan forekomme i moræneaflejringer

Boremetode: Tørboring 6"
 Projektion: UTM32E89
 X: 691343 (m) Y: 6185585 (m) Plan:

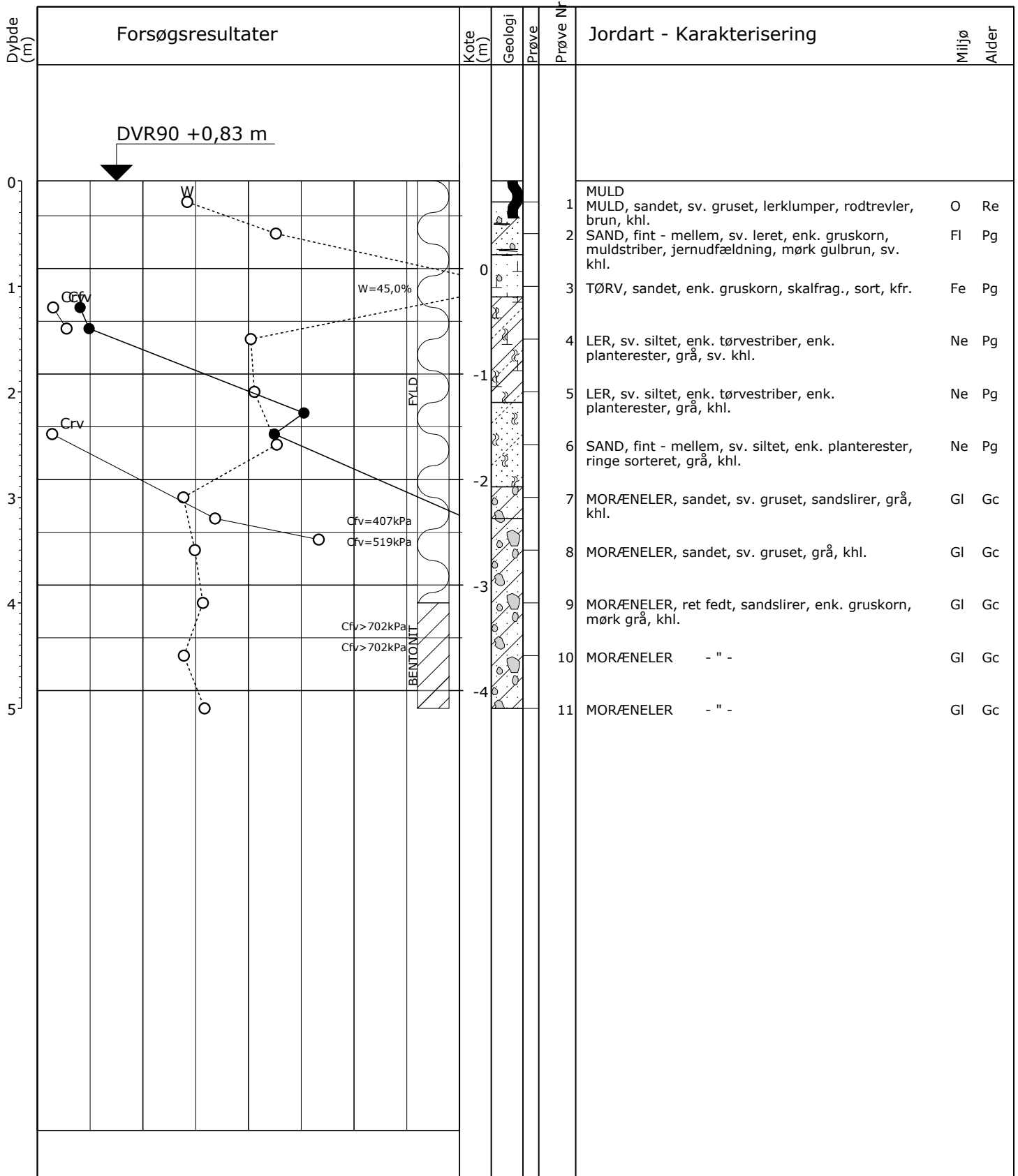
Sag: 10412312 Hyllingeriis

Boret af: Butler Boreteknik Dato: 2021.08.19 Bedømt af: SDMO DGU Nr.: Boring: GB11

Udarb. af: SDMO Kontrol: CLSK Godkendt: KLBU Dato: 2021.09.08 Bilag: 2 S. 1/1



Boreprofil



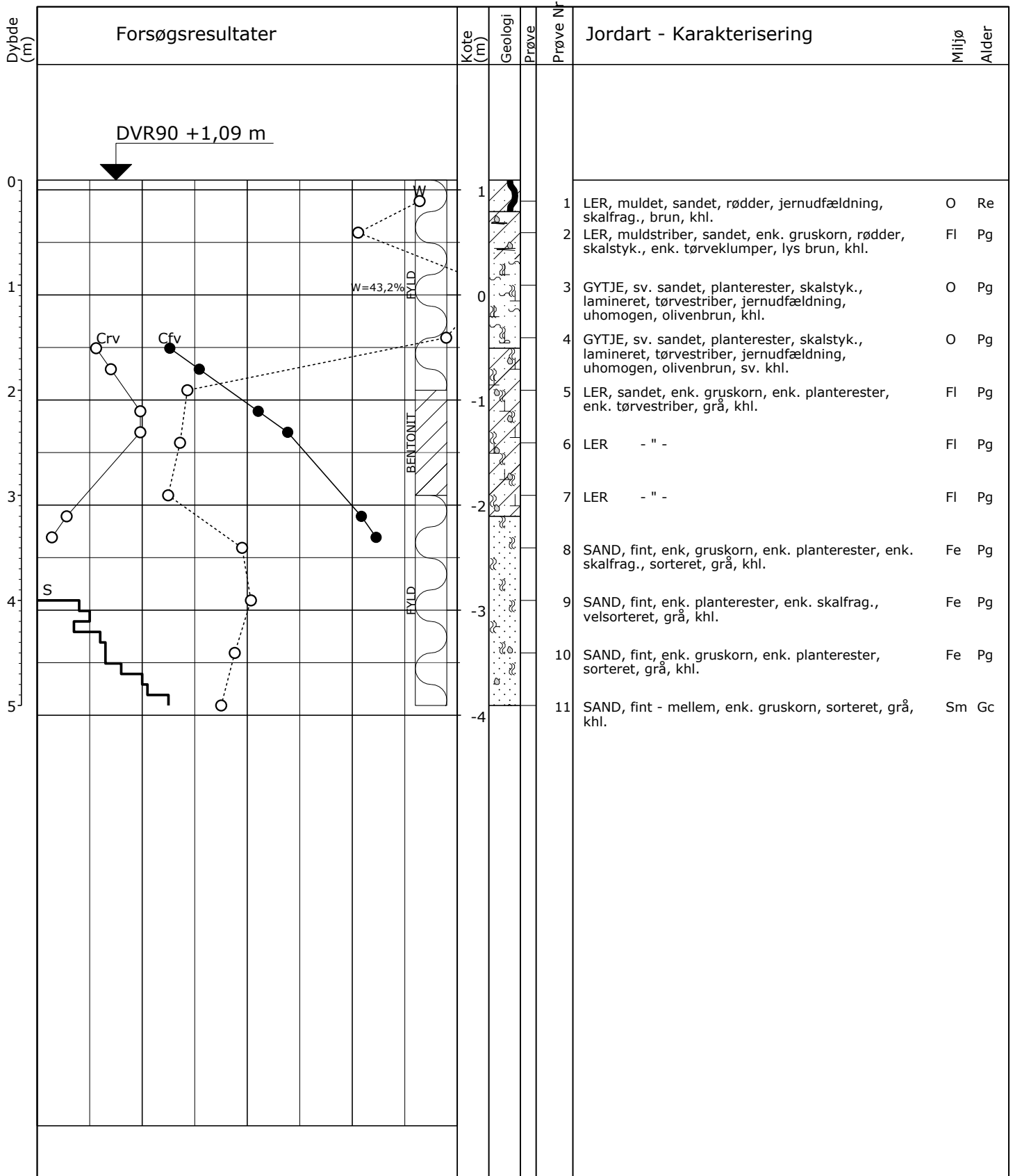
○	10	20	30	W (%)	Sten og blokke kan forekomme i moræneaflejringer
○ ●	100	200	300	Crv, Cfv (kPa)	
					Boremetode: Tørboring 6"
					Projektion: UTM32E89
					X: 691544 (m) Y: 6185651 (m) Plan:

Sag: 10412312 Hyllingeriis

Boret af: Butler Boretchnik Dato: 2021.08.19 Bedømt af: SDMO DGU Nr.: Boring: GB12

Udarb. af: SDMO Kontrol: CLSK Godkendt: KLBU Dato: 2021.09.08 Bilag: 2 S. 1/1

GeoGIS2020 20.03.64B PSTG 08-09-2021 13:20:34



○	10	20	30	W (%)
○●	100	200	300	Crv, Cfv (kPa)
—	20	40	60	S (Slag/10 cm)

Sten og blokke kan forekomme i moræneaflejringer

Boremetode: Tørboring 6"

Projektion: UTM32E89

X: 691821 (m) Y: 6185161 (m) Plan:

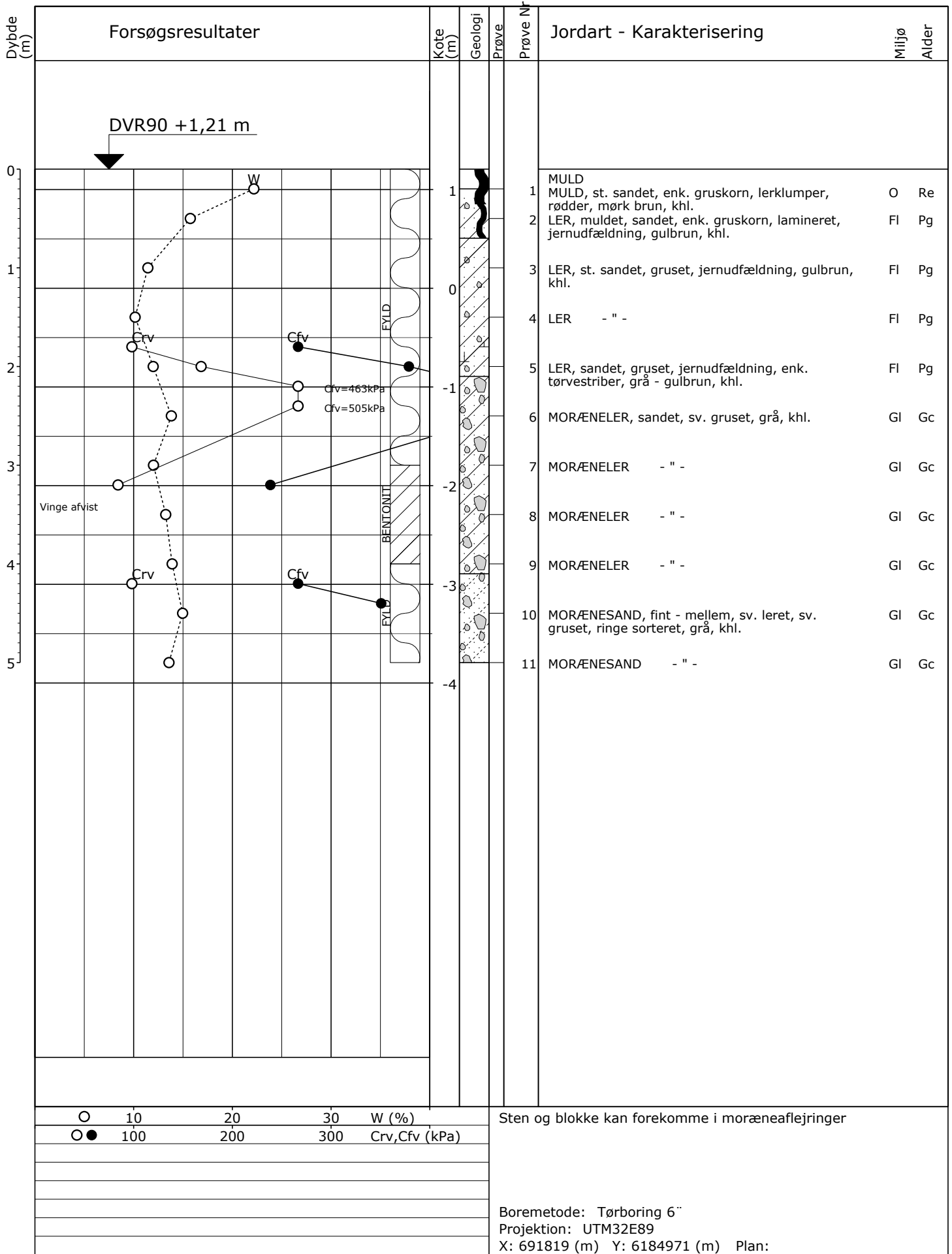
Sag: 10412312 Hyllingeriis

Boret af: Butler Boretchnik Dato: 2021.08.19 Bedømt af: SDMO DGU Nr.: Boring: GB13

Udarb. af: SDMO Kontrol: CLSK Godkendt: KLBU Dato: 2021.09.08 Bilag: 2 S. 1/1



Boreprofil



Sag: 10412312 Hyllingeriis

Boret af: Butler Boreteteknik Dato: 2021.08.19 Bedømt af: SDMO DGU Nr.: Boring: GB14

Udarb. af: SDMO Kontrol: CLSK Godkendt: KLBU Dato: 2021.09.08 Bilag: 2 S. 1/1



Boreprofil

Forsøgsresultater

Jordartssignatur

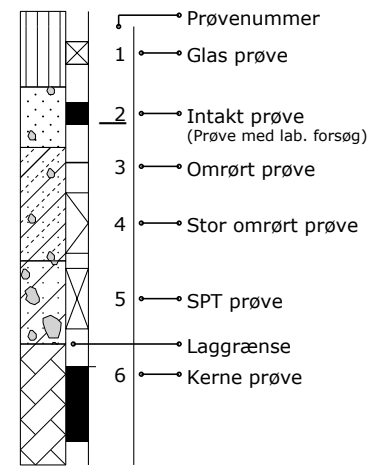
	FYLD		MORÆNESAND
	MULD		MORÆNESILT
	MULD, sandet		MORÆNELER
	SAND, muldet		KALK (KRIDT)
	SAND, muldpartier		FLINT
	STEN		KLIPE
	GRUS		GYTJE
	SAND		SKALLER
	SILT		TØRV
	LER		TØRVEDYND
			PLANTERESTER

I moræneaflejringer kan der forventes sten og blokke, der ikke ses i borerne.

Situationsplan

	Pumpeboring (BU)
	Pejleboring (BW)
	Miljøboring (BE)
	Boring uden prøver (B)
	Boring med prøvetagning (BS)
	Boring med prøver og vingeforsøg (BG)
	CPT forsøg (C)
	Sondering, rammesonde (F)

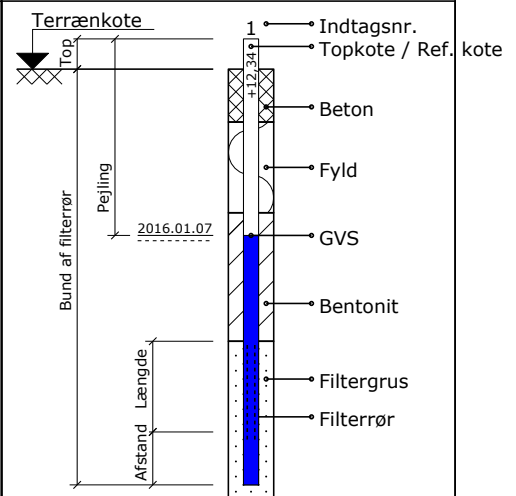
Boreprofil



Geologiske forkortelser

Miljø	Alder
Br Brakvand	Pg Postglacial
Fe Ferskvand	Sg Senglacial
Fl Flydejord	Al Allerød
Gl Gletscher	Gc Glacial
Ma Marin	Ig Interglacial
Ne Neds skyl	Is Interstadial
O Overjord	Te Tertiær
Sk Skredjord	Ng Neogen
Sm Smeltevand	Pn Palæogen
Vi Vindaflejret	Pi Pliocæn
Vu Vulkansk	Mi Miocæn
	Oi Oligocæn
	Eo Eocæn
	Pl Palæocæn
	Sl Selandien
	Da Danien
	Kt Kridt
	Ms Maastrichtian
	Se Senon
	Re Recent

Pejlerør



Definitioner

Signatur	Emne	Fork.	Enhed	Beskrivelse
	Vandindhold	W	[%]	Vand i % af tørstofvægt
	Flydegrænse	WL	[%]	Vandindhold ved flydegrænser
	Plasticitetsgrænser	WP	[%]	Vandindhold ved plasticitetsgrænse
	Plasticitetsgrænser	IP	[%]	IP = WL - WP
	Rumvægt	γ	[kN/m ³]	Forholdet mellem totalvægt og totalvolumen
	Poretal	e		Forhold mellem porevolumen og kornvolumen
	Glødetab	gl	[%]	Vægttab ved glødning i % af tørstofvægten
	Reduceret Glødetab	glr	[%]	gl - ka
	Kalkindhold	ka	[%]	Vægt af CaCO ₃ i % af tørstofvægten
-/(+)/+//+	Kalkprøve	kp		Reaktion med saltsyre: - kf.: kalkfrit, (+) sv.khl.: svagt kalkholdigt, + khl.: kalkholdigt, ++ st. khl.: stærkt kalkholdigt
++/(+)/+//+/-/-?/FRØSE				++ Opfrysningsfarlige under alle betingelser + Opfrysningsproblemer, selv under korte frostperioder (+) Opfrysningsproblemer, under længere frostperioder - Ikke opfrysningsfarlig -- Absolut ingen opfrysningsfare ? Frostfaren kan ikke bedømmes -?/+? Frostfaren er vanskelig at bedømme
H1,H2,H3,H4,H5	Hærdningsgrader			H1: Uhærdnet, H2: Svagt hærdnet, H3: Hærdnet, H4: Stærkt hærdnet, H5: Meget stærkt hærdnet
	Gradering			U<3: Sorteret, 3<U<6: Ringe graderet, 6<U<15: Graderet, U>15: Velgraderet
	Vingestykke, intakt	cfv	[kN/m ²]	Udrænet forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i intakt jord
	Vingestykke, omrørt	crv	[kN/m ²]	Udrænet forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i omrørt jord
	Sonderingsmodstand			vr. Vingeforsøg vd. Forsøg med defekt vingeforsøg st. Forsøg påvirket af sten
	- Belastet spidsbor	RSP	N200	Antal halve omdrejninger pr. 200 mm nedsynkning
	- Svensk rammesonde	RRS	N200	Antal slag pr. 200 mm nedsynkning
	- Let rammesonde	RLSD	N200	Antal slag pr. 200 mm nedsynkning
	- SPT-sonde, lukket/åben	SPT	N300	Antal slag pr. 300 mm nedsynkning