

Udarbejdet af: André Jensen Spindler (ANSP)
Kvalitetssikret af: Jens Groth Eriksen (JEER)

d. 24. september 2025

10126 Produktionsenhed Elling, Håndvåbens- ammunitionsfabrik

Geoteknisk parameterundersøgelse

Indhold

1.	Indledning	5
1.1.	Projektbeskrivelse	5
1.2.	Formål	6
2.	Undersøgelsens omfang	6
2.1.	Geoteknisk arkivsøgning	6
2.2.	Feltundersøgelser	8
2.3.	Laboratorieundersøgelser	8
3.	Resultater	9
3.1.	Terræn- og jordbundsforhold	9
3.2.	Nuværende vandspejlsforhold	10
3.3.	Glødetab	11
4.	Vurderinger	11
4.1.	Fremtidige vandspejlsforhold	11
4.1.1.	Årstidsvariation	11
4.1.2.	Fremtidig stigning	12
4.1.3.	Ulykkessituation	12
4.1.4.	Oversigt over fremtidige vandspejlsforhold	12
4.2.	Funderingsforhold	13
4.2.1.	Direkte fundering/Sandpudefundering	14
4.2.2.	Fremtidige sætninger	15
4.3.	Projektering af funderingsprojektet	15
4.4.	Fastlæggelse af parametre	15
4.4.1.	Generel CPTu tolkning	15
4.4.1.1.	Udrænet forskydningsstyrke	16
4.4.1.2.	Friktionsvinkel	16
4.4.2.	Deformationsparametre	17
4.4.3.	Designgrundlag for fundamenter	18
4.5.	Permanent tørholdelse	18
5.	Udførsel	18
5.1.	Naboforhold	18
5.2.	Midlertidig tørholdelse	19
5.3.	Udgravningsforhold	19
5.3.1.	Skråningsanlæg	19
5.4.	Tilfyldning	19
5.4.1.	Komprimering	20

5.5.	Arbejdsmiljø	20
5.6.	Tilsyn, kontrol og overvågning	20
5.7.	Afsluttende bemærkninger	20
6.	Referencer	21

Bilag 1	Geotekniske boreprofiler med CPT
Bilag 2	CPeT-IT – Tolkning af CPT
Bilag A	Signaturforklaring – Geotekniske boringer
Bilag B	Signaturforklaring – CPT
Bilag S	Situationsplan

Rev.nr.	Dato	Beskrivelse	Udarbejdet af	Kontrolleret af	Godkendt af
0	24.09.2025	Geoteknisk parameterundersøgelse	ANSP	JEER	MNO

Sammenfatning:

Forsvarskommandoen – Etablissement- og Terrænkommendoen planlægger at etablere flere bygninger i området ved "10126 Produktionsenhed" vest for Elling by.

Nærværende geotekniske undersøgelser er udført som en parameterundersøgelse for bygningen "Håndvåbensammunitionsfabrik", der forventes placeret i den sydøstlige del af området. Rapporten har til formål at belyse jordbunds- og grundvandsforhold forud for funderingsprojektet.

Undersøgelsen for Håndvåbensammunitionsfabrikken omfatter i alt 17 geotekniske borer, der er ført til 7,0 á 10,0 meter under terræn, samt 6 CPTu-sonderinger der er ført til 12-20,8 m under terræn.

De trufne postglaciale aflejringer af marint/vindaflejret sand vurderes at være bæredygtige for det planlagte byggeri, såfremt det organiske indhold er $\leq 1,0$ %. Det vurderes således, at funderingen til den fremtidige bygning kan gennemføres som enten en direkte fundering i/under niveauet for OSBL eller efter udskiftning af samtlige aflejringer over OSBL med velkomprimeret sandfyld.

Ved fundering på intakte aflejringer uden nævneværdigt organisk indhold ($\leq 1,0$ %) forventes det, at fremtidige sætninger overslagsmæssigt vil være i størrelsesordenen 10-15 mm hvilket må forventes ifm. normale funderingsarbejder i naturligt niveau. Sætningernes størrelsesorden skal dog undersøges nærmere når laster og geometri ligger endeligt fast, og dette skal også ske med opmærksomhed på evt. terrænreguleringer, opfyldninger (volde o.l.) m.v.

Det højeste vandspejl i de nyligt udførte borer, er i september 2025 registreret mellem 1,7 á 3,1 m u. t. svarende til kote 7,0 á 7,3 m DVR90. Det laveste vandspejl måles dog oftest i august/september, hvorfor der hertil bør tillægges en skønnet årstidsvariation på 0,6 m. Derudover forventes det, at vandspejl i området gennemsnitligt vil stige 0,3 m over bygningens levetid, og at en ulykkessituation ligeledes vil kunne øge vandspejlet med 0,3 m.

Såfremt gulvkoten fastlægges til niveau højere end nuværende terrænniveau vurderes det, at dræforholdene kan henføres til drænkasse 1 jf. Drænnormen DS436.

I forbindelse med anlægsfasen kan det stedvist blive nødvendigt med grundvandssænkning grundet et dybereliggende niveau for OSBL. Såfremt der er tale om mindre sænkninger i størrelsesordenen 0,5 m, vil det forventeligt være muligt ved etablering af f.eks. slidsede pumpebrønde ført under kommende udskiftningsniveau. Såfremt der er tale om større sænkninger, vil grundvandssænkningen forventeligt skulle gennemføres med sugespidsanlæg/filterboringer.

Der er sideløbende de geotekniske undersøgelser udført supplerende miljøtekniske undersøgelser. Disse afreporteres særskilt.

1. Indledning

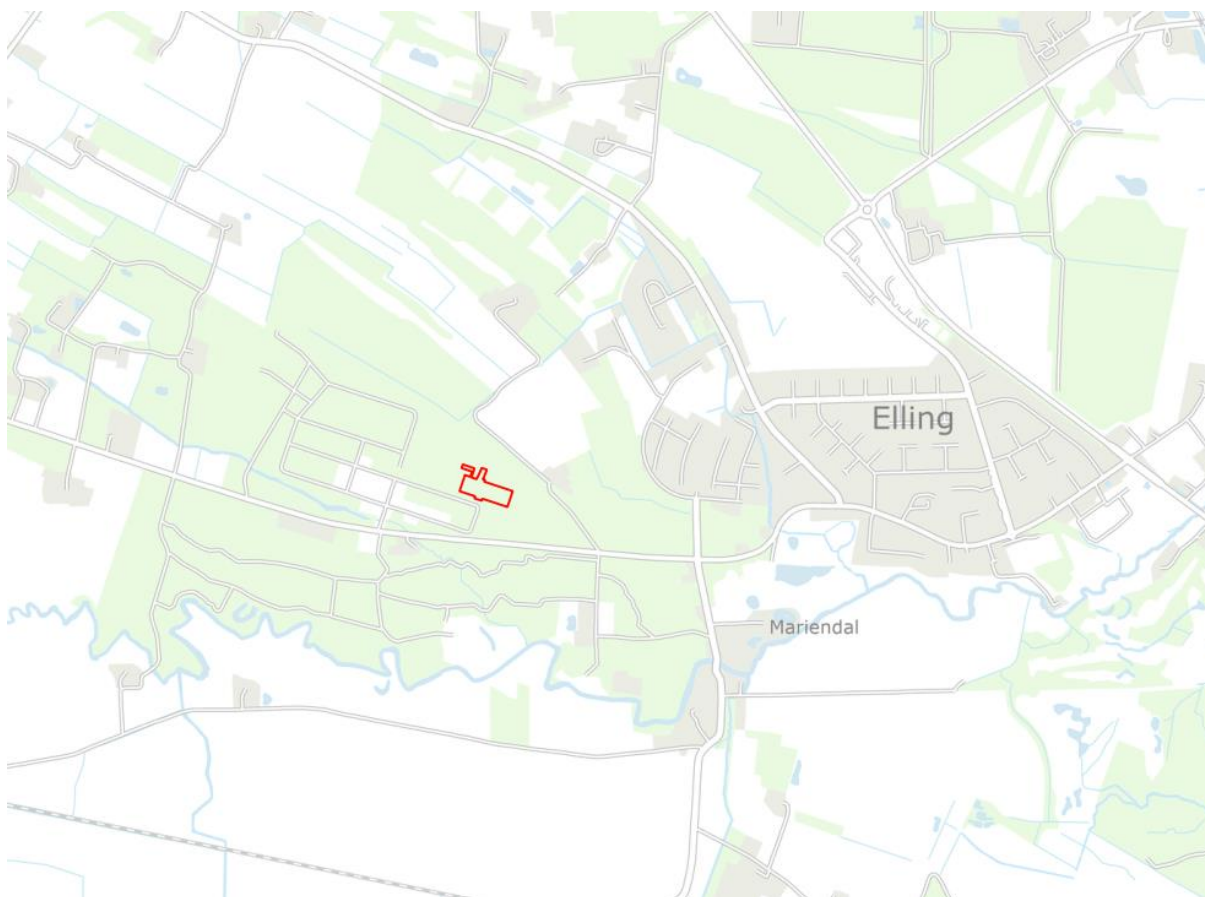
1.1. Projektbeskrivelse

Forsvarskommandoen – Etablissement- og Terrænkommendoen planlægger at etablere flere bygninger i området ved "10126 Produktionsenhed" vest for Elling by.

Nærværende geotekniske undersøgelse er udført som en parameterundersøgelse for bygningen "Håndvåbensammunitionsfabrik", der forventes placeret i den sydøstlige del af området. Rapporten har til formål at belyse jordbunds- og grundvandsforhold forud for funderingsprojektet.

Ifm. Håndvåbensammunitionsfabrikken skal der dog etableres en skydebane hvis endelige placering ikke er fastlagt. Derfor er der på skrivelsestidspunktet (d. 24.09.2025) af denne rapport ikke udført geotekniske undersøgelser for denne del, og denne rapport indeholder således ikke vurdering ift. denne. Når placering og øvrig geometri/laster er endeligt fastlagt skal der ubetinget udføres supplerende borer for denne del af bygningen.

Forventet placering af bygningen fremgår med rødt af Figur 1.1.



Figur 1.1: Projektløkalitet. Forventet placering af bygningen er markeret rødt. Kortet er nordvendt.

Det forventes, at bygningen placeres med gulvkote +/- 1,0 m ift. nuværende terræn og at der er tale om kælderløst erhvervsbyggeri i 1 plan. Det forventes derudover, at funderingen til bygningen udføres som en direkte fundering.

Dele af resultaterne fra de udførte undersøgelser er af flere ombæringer videregivet hhv. mundtligt på møder samt pr. mail undervejs i forløbet, grundet en stram tidsplan for byggeriet.

Der er tidligere udført miljøtekniske undersøgelser i projektområdet. Dele af disse er opsummeret i "Notat, Byggefelt E1-E4 – Opsamling på eksisterende oplysninger om geologi, vandspejl og forurening" som stedvist inddrages i denne rapport. Der henvises til ref. /1/. I forbindelse med den geotekniske undersøgelse er der sideløbende udført supplerende miljøtekniske undersøgelser. De supplerende miljøtekniske undersøgelser rapporteres særskilt.

1.2. Formål

Formålet med den udførte geotekniske undersøgelse er at tilvejebringe et grundlag for:

- Vurdering af jordbunds- og grundvandsforhold forud for etableringen af bygningen
 - Herunder vurdering af fremtidigt vandspejlsniveau
- Opstilling af projekteringsgrundlag for kommende fundering
- Vurdering af behovet for og eventuelt omfang af særlige udførelsesmæssige metoder

2. Undersøgelsens omfang

Undersøgelsen er udført som en geoteknisk parameterundersøgelse i henhold til Eurocode 7, DS/EN1997-1 og vurderes således dækkende for det aktuelle konstruktionsprojekt med placering af gulvkote for bygningen i terræn +/- 1,0 m.

2.1. Geoteknisk arkivsøgning

NIRAS har indsamlet oplysninger om jordbunds- og vandspejlsforhold mv. fra disse kilder:

- Geologisk jordartskort 1:25.000, GEUS
- Historiske kort (herunder luftfotokort og høje målebordsblade)
- Tidligere udførte miljøtekniske boringer i området

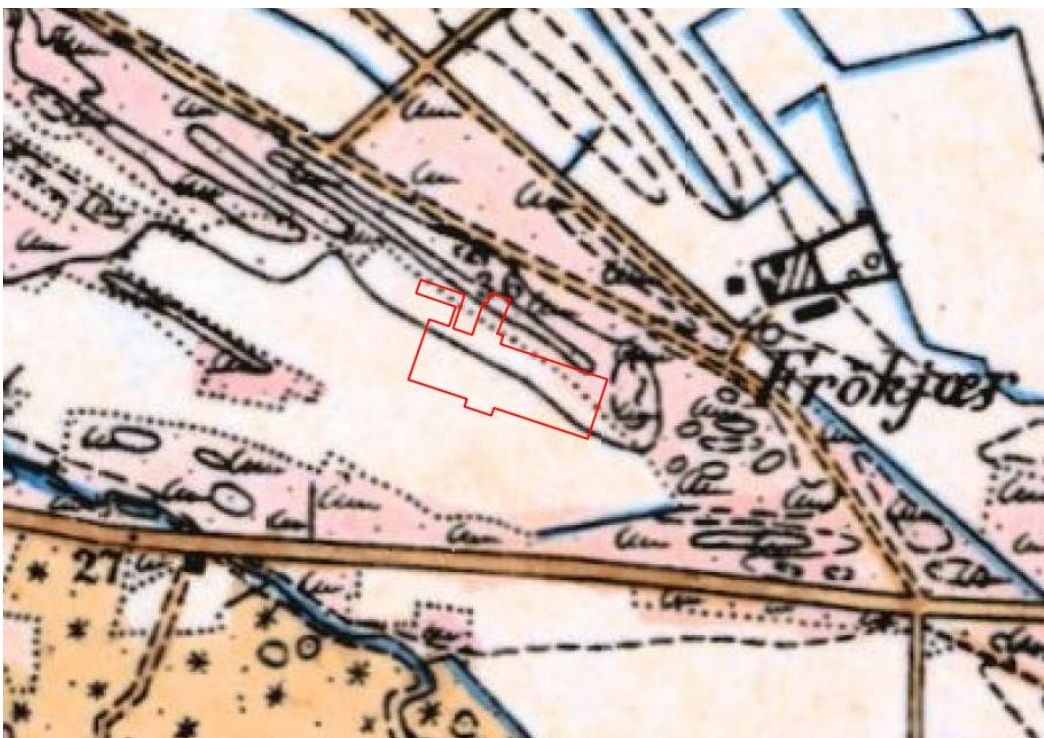
Ifølge geologisk jordartskort 1:25.000, kan det i den øverste meter, forventes at træffe aflejringer af flyvesand, saltvandssand, og ferskvandstørv i og omkring forventet placering af bygningen. Se Figur 2.1.

Dette understøttes af de tidligere udførte miljøtekniske boringer, der er udført direkte syd for fremtidige placering af Granatfabrikken. Her er der generelt truffet finkornet sand, og i en enkelt af boringerne beskrives det, at der er truffet skaller. I disse boringer er vandspejlet registreret 0,6 á 1,5 m under terræn, svarende til ca. kote +7,7 á +8,5 m DVR90. For en mere detaljeret gennemgang refereres der til ref. /1/.



Figur 2.1: Jordartskort. Gul – flyvesand. Lyseblå – saltvandssand. Grøn – ferskvandstørv. Projektområdet er markeret rødt. Kortet er nordvendt.

Af historiske høje målebordsblade (1842-1899) fremgår det, at bygningen ligger lige i kanten af et lyngområde. Se Figur 2.2.



Figur 2.2: Høje målebordsblade (1842-1899). Projektområdet er markeret rødt. Kortet er nordvendt.

Ifølge historiske luftfotos fremgår det, at projektområdet har været skovareal siden minimum år 1954.

2.2. Feltundersøgelser

Med Kristian Rytter A/S som boreentreprenør er der i perioden fra juni til september 2025 udført 17 geotekniske borer benævnt B103, og B306-B321 for det aktuelle byggefelt, som del af en større undersøgelse. Alle borer er udført som forede 6" borer med snegl. Borerne blev ført til 7-10 m under terræn (m u. t.).

Borerne er udført som geotekniske borer iht. DGF Bulletin 14 og der er foretaget følgende ifm. borearbejdet:

- Udtagning af omrørte prøver i 0,2 og 0,5 m u. t., herefter for hver 0,5 m, dog minimum én prøve i hvert lag
- Laggrænser er registreret
- Vingeforsøg til bestemmelse af kohæsive jordarters udrænedede forskydningsstyrke
- SPT-forsøg til vurdering af friktionsjordens lejringsæthed
- Pejlerør: Ø25 og/eller Ø63 mm med hhv. 1,0 og 2,0 m slidsestrækning omgivet af filtersand
- Udtagning af A-rør fra en enkelt boring til evt. videre analyse

Derudover er der af Geoborer ApS d. 21. august 2025 udført 6 CPTu-sonderinger (Cone Penetration Test med poretryksmålinger). CPTu'erne er tolket af NIRAS, og er udført til ca. 12-20,8 m u. t.

CPTu-sonderingerne er udført med kontinuerlig måling af spidsmodstand (q_c), kappemodstanden (f_s) samt poretryk (u) og med en hastighed på ca. 2 cm/s.

En enkelt af ovenstående CPTu-sonderinger blev stoppet før den planlagte dybde grundet maksimal modstand. Herefter er der foretaget en ny sondering ca. 0,5 m væk.

Koordinater og terrænkoten ved borerne er afsat og indmålt med GPS af NIRAS og fremgår af de respektive boreprofiler, se bilag 1. CPTu'erne er ikke indmålt, men generelt placeret ca. 2 m fra de tilhørende geotekniske borer. Koordinater referer til UTM32E89 og koterne er angivet i m DVR90.

Boringernes placering fremgår af situationsplanen, bilag S.

2.3. Laboratorieundersøgelser

NIRAS har udført laboratorieundersøgelser og har i den forbindelse foretaget følgende:

- Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse i henhold til DGF Bulletin 1, rev. december 2021, af alle prøver
- Standard klassifikationsforsøg i henhold til DGF Bulletin 15, december 2001 på udvalgte prøve, herunder:
 - Vandindholdsbestemmelse
 - Glødetabsforsøg

Kalkindholdet er skønnet på alle prøver ved tilsætning af fortyndet saltsyre. Såfremt der ikke forekommer kalk i prøven, angives dette ikke på boreprofilet.

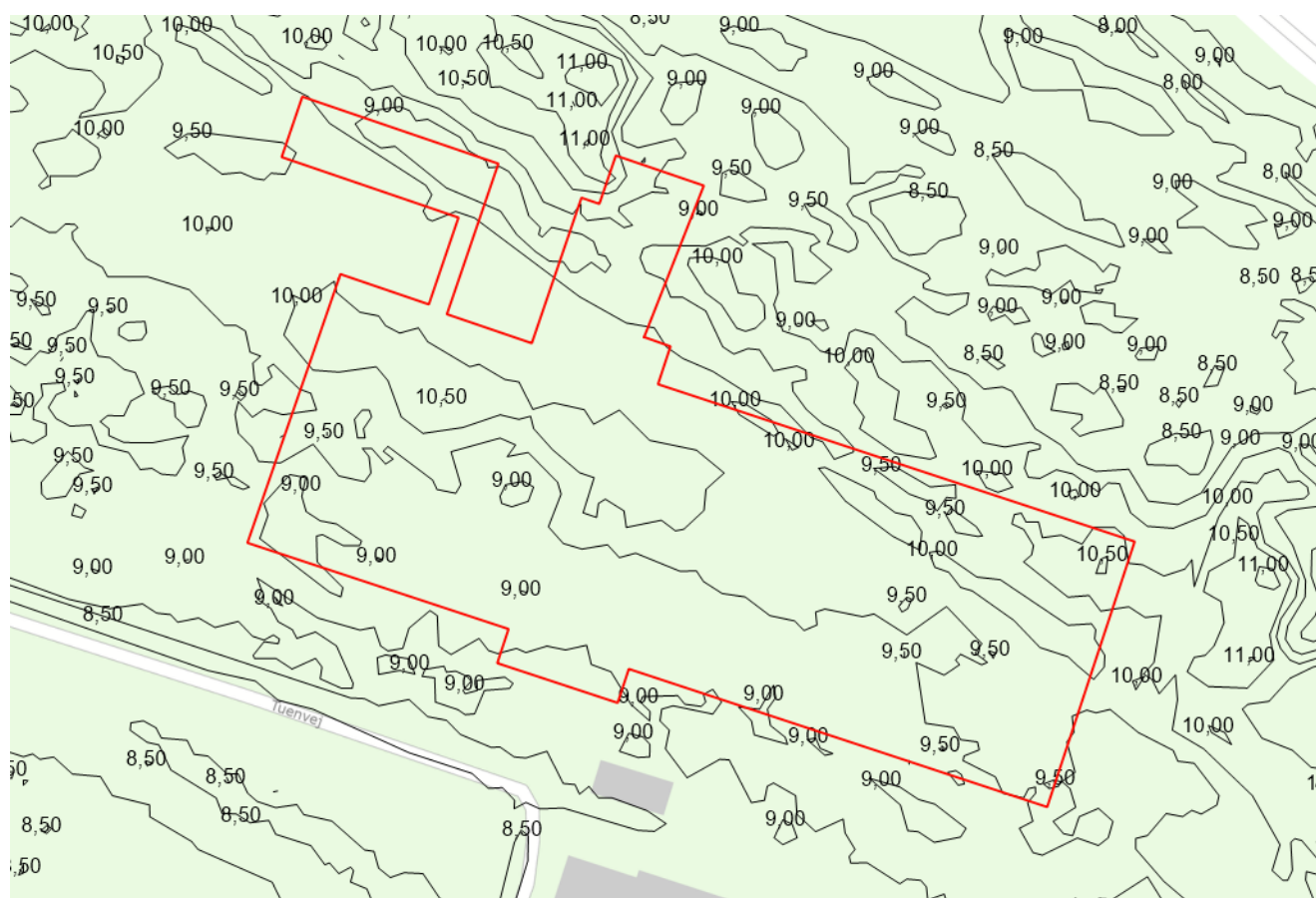
Resultaterne af felt- og laboratoriearbejdet er optegnet af NIRAS på geotekniske boreprofiler (inkl. CPT data hvor disse er udført) og er vedlagt som bilag 1. Af bilag 2 fremgår tolkede CPTu-profiler fra programmet CPeIT.

Signaturer og definitioner fremgår af bilag A for boringer og bilag B for CPTu-sonderinger.

3. Resultater

3.1. Terræn- og jordbundsforhold

Terrænkoten ved forventet placering af bygningen varierer mellem ca. 9,0-11,0 m DVR90. Terrænet fremstår generelt kuperet med mindre bakker og lavninger. Se Figur 3.1.



Figur 3.1: Oversigtskort med højdekurver (2015). Projektområdet er markeret rødt. Kortet er nordvendt.

I boringerne er der generelt truffet fyld og muldaflejringer til 0,3 á 1,1 m u. t. Dog er der i boringerne B306 og B320 truffet hhv. 1,4 og 1,6 m fyld og muldaflejringer. Disse aflejringer er underlejret af post-glaciale aflejringer af marint/vindaflejret sand der indeholder varierende mængde organisk materiale, der generelt bliver lavere med dybden.

De korte boringer B103, B306-308, B310, B312-B313, B315-B316, B318-B319 er afsluttet i de post-glaciale sandaflejringer 7,0 á 8,0 m u. t.

De dybe borer B309, B311, B314, B317, B320-B321 træffer generelt senglaciale marine leraflejringer 7,3 á 9,2 m u. t., hvorefter de afsluttes i disse lag 10 m u. t.

3.2. Nuværende vandspejlsforhold

Der er løbende udført vandspejlsmålinger i takt med at borearbejdet er udført. Af Tabel 3.1 fremgår vandspejlet (VSP) der er pejlet d. 25. august 2025, da det her var muligt at få flest borer med af én omgang. Derudover fremgår det højeste registreret VSP på tværs af alle pejlinger. Der henvises til bilag 1 for vandspejlsmålinger på specifikke datoer.

Boring	Terræn (DVR90)	VSP (efter endt borearbejde d. 25. august 2025)		Højeste registreret VSP	
		(m u. t.)	(DVR90)	(m u. t.)	(DVR90)
B103	+10,3	3,1 ¹⁾	+7,2 ¹⁾	3,1	+7,2
B306, Ø25	+9,4	2,4	+7,0	2,4	+7,0
B306, Ø63	+9,4	2,4	+7,0	2,4	+7,0
B307	+9,7	2,4	+7,3	2,4	+7,3
B308	+8,8	- ²⁾	- ²⁾	1,7	+7,1
B309	+10,0	3,3	+6,7	2,9	+7,1
B310	+9,7	2,6	+7,1	2,5	+7,2
B311, Ø25	+9,5	2,3	+7,2	2,3	+7,2
B311, Ø63	+9,5	2,4	+7,1	2,4	+7,1
B312	+9,1	2,1	+7,0	2,0	+7,1
B313	+9,4	2,2	+7,2	2,2	+7,2
B314	+9,8	- ²⁾	- ²⁾	2,7	+7,1
B315	+9,5	- ²⁾	- ²⁾	2,3	+7,2
B316, Ø25	+9,2	2,3	+6,9	2,1	+7,1
B316, Ø63	+9,2	2,4	+6,8	2,1	+7,1
B317	+8,9	1,8	+7,1	1,8	+7,1
B318	+8,9	2,0	+6,9	1,8	+7,1
B319	+9,5	2,4	+7,1	2,4	+7,1
B320, Ø25	+9,9	2,7	+7,2	2,7	+7,2
B320, Ø63	+9,9	2,7	+7,2	2,7	+7,2
B321, Ø25	+8,9	1,8	+7,1	1,8	+7,1
B321, Ø63	+8,9	1,8	+7,1	1,8	+7,1

Tabel 3.1: Oversigt over højeste registreret VSP.

1) Boringen er pejlet d. 10.09.2025

2) Boringen var ikke udført på tidspunktet for pejlingen.

Det højeste vandspejl er registreret 1,7 á 3,1 m u. t. svarende til kote 7,0 á 7,3 m DVR90. Vandspejlet har sammenhængende karakter og der er tale om et terrænnært magasin der generelt er beliggende over dybereliggende lavpermeable aflejringer.

Det forventes, at vandspejlet varierer med årstid og nedbør. Højeste vandspejl registreres ofte i februar/marts måned og laveste i august/september. Der kan med fordel udføres en supplerende pejlrunde før anlægsarbejdet påbegyndes, så der er kendskab til vandspejlets beliggenhed i den aktuelle periode.

Der henvises til afsnit 4.1 og ref. /1/ for vurdering af beliggenheden af fremtidigt vandspejl.

3.3. Glødetab

Grundet jordbundsudviklingen i området og de terrænnære postglaciale aflejringer er der udført glødetabsforsøg i henhold til DGF Bulletin 15 for at kunne fastlægge niveauet for overside bæredygtigt lag (OSBL).

Glødetabsforsøgene er generelt udført på jordprøver hvor farven eller beskrivelsen har givet anledning til at tro, at der ville være et ikke ubetydeligt organisk indhold. Derudover er der lavet enkelte glødetabsforsøg for at afgrænse det organiske indhold hvor der ikke er registreret en egentlig laggrænse ifm. borearbejdet.

Under bygninger accepteres normalt et organisk indhold $\leq 1,0$ %, hvilket er benyttet som forudsætning til vurdering af OSBL.

Resultaterne fra glødetabsforsøgene er optegnet på de respektive boreprofiler i bilag 1.

4. Vurderinger

4.1. Fremtidige vandspejlsforhold

Vandspejlet er generelt pejlet i august-september hvor man oftest registrerer det laveste vandspejl. Derfor er der behov for at vurdere hvor det fremtidige vandspejl vil være beliggende. Her vil der både skulle tages højde for årstidsvariationer, generel stigning inde for bygningens levetid (50 år), samt en peak-belastning over flere dage/ulykkesituation.

4.1.1. Årstidsvariation

Jf. ref. /1/ udført af NIRAS og dateret d. 16.05.2025, er der tidligere udført vandspejlsmålinger med vandspejlslogger ved 5 borer placeret omkring eksisterende bygninger (bygning 6, 9 og 10 lokaliseret direkte syd for Granatfabrikken og nordvest for Håndvåbensammunitionsfabrikken).

Disse vandspejlsloggere har registreret vandspejlet i perioden september 2001 til januar 2002. Største variation i perioden er registreret til ca. 0,4 m. Man ser dog oftest det højeste vandspejl i februar/marts måned, hvorfor årstidsvariationen skønsmæssigt bør sættes til ca. 0,6 m.

I de indledende borer er der fra medio juni til primo september 2025 allerede registreret en variation på 0,3-0,5 m (fald i niveau frem til september), mens der generelt kun er registreret et fald på 0,1 m fra ultimo juli til primo september ved de senere udførte borer.

4.1.2. Fremtidig stigning

NIRAS har udviklet interne modeller til at vurdere dybden til det terrænnære vandspejl. På baggrund af disse skønnes det, at det fremtidige vandspejl gennem året generelt vil stå 0,3 m højere om 50 år, end det gør i dag.

4.1.3. Ulykkessituation

På baggrund af terræn-/afvandingsforholdene i området skønnes det, at vandspejlet vil kunne stå 0,3 m over det generelle niveau ifm. peak-belastninger over flere dage/ulykkessituation.

4.1.4. Oversigt over fremtidige vandspejlsforhold

Af Tabel 4.1 fremgår det højeste registreret VSP ved de udførte borerer uagtet hvilket pejlerør det er målt i, skønnet fremtidigt VSP inkl. årstidsvariationen, og skønnet fremtidigt VSP inkl. årstidsvariationen og ulykkessituationen.

Boring	Terrænkote	Højeste registreret VSP (inkl. årstidsvariation)		Fremtidigt VSP (inkl. årstidsvariation)		Fremtidigt VSP (inkl. årstidsvariation og ulykkessituation)	
		DVR90	m u. t.	DVR90	m u. t.	DVR90	m u. t.
B103	+10,3		2,5	+7,8	2,2	+8,1	1,9
B306	+9,4		1,8	+7,6	1,5	+7,9	1,2
B307	+9,7		1,8	+7,9	1,5	+8,2	1,2
B308	+8,8		1,1	+7,7	0,8	+8,0	0,5
B309	+10,0		2,3	+7,7	2,0	+8,0	1,7
B310	+9,7		1,9	+7,8	1,6	+8,1	1,3
B311	+9,5		1,7	+7,8	1,4	+8,1	1,1
B312	+9,1		1,4	+7,7	1,1	+8,0	0,8
B313	+9,4		1,6	+7,8	1,3	+8,1	1,0
B314	+9,8		2,1	+7,7	1,8	+8,0	1,5
B315	+9,5		1,7	+7,8	1,4	+8,1	1,1
B316	+9,2		1,5	+7,7	1,2	+8,0	0,9
B317	+8,9		1,2	+7,7	0,9	+8,0	0,6
B318	+8,9		1,2	+7,7	0,9	+8,0	0,6
B319	+9,5		1,8	+7,7	1,5	+8,0	1,2
B320	+9,9		2,1	+7,8	1,8	+8,1	1,5
B321	+8,9		1,2	+7,7	0,9	+8,0	0,6

Tabel 4.1: Oversigt over højeste registreret VSP, skønnet fremtidigt VSP inkl. årstidsvariationen, og fremtidigt VSP inkl. årstidsvariationen og ulykkessituationen.

4.2. Funderingsforhold

De trufne postglaciale aflejringer af marint/vindaflejret sand vurderes at være bæredygtige for det planlagte byggeri, såfremt det organiske indhold er $\leq 1,0$ %. Terrænniveau, vurderet overside bæredygtigt lag (OSBL) og højest registreret vandspejl (VSP) er angivet i Tabel 4.2.

Borings	Terrænkote	OSBL		Højeste registreret VSP (inkl. årstidsvariation)		Aflejring i OSBL
		DVR90	m u. t.	DVR90	m u. t.	
B103	+10,3	0,7	+9,6	2,5	+7,8	Sand Vi Pg
B306	+9,4	1,4	+8,0	1,8	+7,6	Sand Vi/Ma Pg
B307	+9,7	1,1	+8,6	1,8	+7,9	Sand Vi Pg
B308	+8,8	2,7	+6,1	1,1	+7,7	Sand Ma Pg
B309	+10,0	1,2	+8,8	2,3	+7,7	Sand Vi/Ma Pg
B310	+9,7	1,1	+8,6	1,9	+7,8	Sand Vi/Ma Pg
B311	+9,5	0,3	+9,2	1,7	+7,8	Sand Vi Pg
B312	+9,1	0,8	+8,3	1,4	+7,7	Sand Vi/Ma Pg
B313	+9,4	0,6	+8,8	1,6	+7,8	Sand Vi/Ma Pg
B314	+9,8	0,7	+9,1	2,1	+7,7	Sand Vi Pg
B315	+9,5	1,1	+8,4	1,7	+7,8	Sand Vi Pg
B316	+9,2	0,7	+8,5	1,5	+7,7	Sand Vi/Ma Pg
B317	+8,9	0,3	+8,6	1,2	+7,7	Sand Vi/Ma Pg
B318	+8,9	0,8	+8,1	1,2	+7,7	Sand Vi/Ma Pg
B319	+9,5	0,8	+8,7	1,8	+7,7	Sand Vi/Ma Pg
B320	+9,9	2,6	+7,3	2,1	+7,8	Sand Ma Pg
B321	+8,9	0,3	+8,6	1,2	+7,7	Sand Vi Pg

Tabel 4.2: Oversigt over OSBL, højeste registreret VSP (inkl. årstidsvariation), samt aflejring i OSBL.

Med udgangspunkt i de trufne jordbundsforhold, vurderes det, at funderingen til den fremtidige bygning kan gennemføres som enten en direkte fundering i/under niveauet for OSBL eller efter udskiftning af samtlige aflejringer over OSBL med velkomprimeret sandfyld. Der henvises til afsnit 4.2.1.

Fundamentterne skal føres ned til niveau for OSBL og mindst til frostsikker dybde under fremtidigt terræn, svarende til 0,9 m for opvarmede bygninger og 1,2 m uopvarmede bygninger.

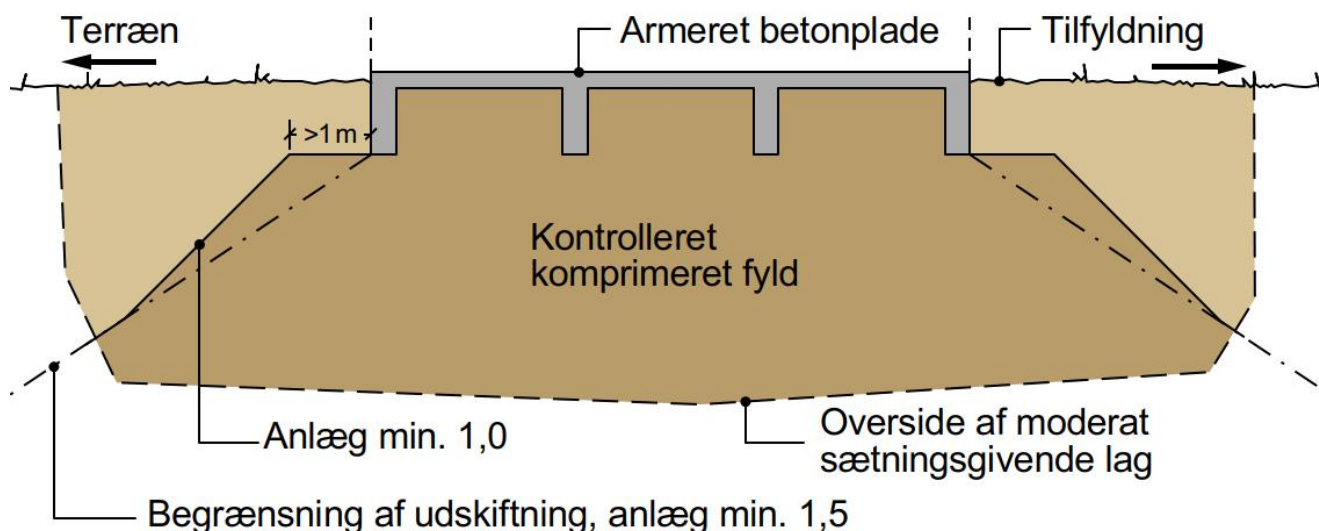
Det anbefales, at gulvkoten for byggeriet generelt fastlægges til et højere niveau end nuværende terrænniveau. Dette er for at sikre tørholdelse af gulvkonstruktionen på sigt.

Ved eventuelle niveauforskel i funderingsniveau anbefales dette at ske ved fundamentsaftrapning i vertikale spring på maksimalt 0,6 meter med resulterende hældning fladere end anlæg $a = 1,0$.

Det anbefales at der mellem bygningsdele med meget varierende belastninger, eller med konstruktionslementer der opføres senere etableres dilatationsfuger mellem de bærende konstruktionsdele, således at evt. mindre differenssætninger ikke giver anledning til skader.

4.2.1. Direkte fundering/Sandpudefundering

Hvor de planlagte funderingsniveauer ligger over niveauet for OSBL, skal der for hele det relevante område udgraves til OSBL i et omfang bestemt af flader hældende 1:1,5 vandret fra fundamentsunderkant (FUK) og anlæg 1:1 vandret min. 1,0 m fra FUK og udefter til skæring med OSBL /udskiftningsniveau. Se Figur 4.1.



Figur 4.1: Udformning af sandpudefundering. SBI 231, afsnit 7.4.

Herefter indbygges sandfyld, som kontrolleres fra OSBL til underside af terrændæk/gulv. Det anbefales at udføre komprimeringskontrol på det først udlagte lag, til fastlæggelse af maksimal tykkelse, antal overkørsler samt komprimeringsmateriel.

Sandet til sandpuden skal være fri for organisk indhold (glødetab $< 1,0 \%$) samt ler og silt, idet der højst bør være 9,0 % med kornstørrelse mindre end 0,063 mm. Det anbefales at sandet udlægges i lag af højst 30 cm tykkelse, dog afhængig af komprimeringsmaterialet, og komprimeres omhyggeligt efter fornøden vanding i tørre perioder. Der henvises til afsnit 5.4.1 vedr. komprimeringskrav.

4.2.2. Fremtidige sætninger

Ved fundering på intakte aflejringer uden nævneværdigt organisk indhold ($\leq 1,0$ %) forventes det, at fremtidige sætninger overslagsmæssigt vil være i størrelsesordenen 10-15 mm hvilket må forventes ifm. normale funderingsarbejder i naturligt niveau. Sætningernes størrelsesorden skal dog undersøges nærmere når laster og geometri ligger endeligt fast, og dette skal også ske med opmærksomhed på evt. terrænreguleringer, opfyldninger (volde o.l.) m.v.

Den dybde hvortil sætningerne skal undersøges, kan normalt sættes til dybden hvor spændingstilvæksten af de lodrette effektive spændinger ikke overstiger 20% af de effektive in situ-spændinger i jorden. Størrelsen af sætningerne og differenssætningerne kan evt. medføre behov for tilpasning af funderingsløsning.

4.3. Projektering af funderingsprojektet

Med de trufne jordbundsforhold forventes projektet at kunne placeres i geoteknisk kategori 2 jf. EC 7, del 1, afsnit 2.1 og DK-Anneks K. Dette er dog også lastafhængigt og skal derfor vurderes når endelige laster/geometri er fastlagt.

Projektering af geotekniske konstruktioner skal udføres i såvel brudgrænsetilstanden (bæreevne) som anvendelsesgrænsetilstanden (sætninger), og skal omfatte såvel korttids- som langtidstilstanden. Projekteringen skal ske iht. gældende udgave af Eurocode 7 DS/EN 1997-1 samt tilhørende nationale anneks. Der skal anvendes partialkoefficienter og korrelationsfaktorer, som anført i DK Anneks-A.

Jævnfør DS/EN 1997-1, afsnit 2.8 skal der udarbejdes en projekteringsrapport, med bl.a. forudsætninger, anvendte parametre og geotekniske beregninger, hvortil denne rapport kan vedlægges som bilag.

4.4. Fastlæggelse af parametre

4.4.1. Generel CPTu tolkning

Det kommercielle software program CPeT-IT v.3.9.6.5 er benyttet til semi-automatisk tolkning af CPTu data.

CPeT-IT tager CPTu rådata og udfører en grundlæggende fortolkning med hensyn til jordadfærdstypen (SBT) ved hjælp af typeindekset for jorden, I_c , og forskellige andre geotekniske parametre ved hjælp af de korrelationer baseret på den omfattende gennemgang af ref. /3/. samt nylige opdateringer af ref. /2/. Soil Behavior Type Indeks metoden bør ideelt set bruges sammen med de traditionelle geologiske klassificeringssystemer baseret på jordprøver. SBT indekssystemet egner sig bedst for unge (normalt konsoliderede) ikke-cementerede jordarter, hvorimod stærkt overkonsoliderede jordarter kan blive angivet forkert i SBT-indekssystemet. Det er derfor afgørende, at CPT'er tolkes i en geologisk sammenhæng og med en stærk indflydelse af geoteknisk viden og erfaring.

Resultaterne fra CPeT-IT fremgår af bilag 2. Bilaget indeholder de målte og beregnede parametre samt en manuel laginddeling, fortaget med udgangspunkt i SBT indekssystemet, samt ud fra tolkning/kalibrering ift. de tilhørende geotekniske borer.

4.4.1.1. Udrænet forskydningsstyrke

Der er målt vingestykker ved traditionelle vingeforsøg i de udførte geotekniske borer. Til omregning fra målte vingestykker, c_{fv} , til udrænedede forskydningsstyrke, c_u , anvendes udtrykket $c_u = \mu \cdot c_{fv}$. Der er anvendt $\mu = 1,0$ for det marine ler.

Den udrænedede forskydningsstyrke er også udledt af CPTu-sonderingerne med baggrund i kalibrering mellem vingeforsøg og tilhørende målt spidsmodstand. For CPTu-sonderinger, foreslås omregning af den korregerede spidsmodstand, q_t til vingestykken, c_{fv} , at ske ved følgende formel:

$$c_{fv} = (q_t - \sigma_{v0}) / N_{kt}$$

Hvor $q_t = q_c + u_2(1-a)$ er spidsmodstanden korrigeret for virkningen af poretrykket

σ_{v0} er det totale overlejringsstryk

N_{kt} er en korrelationsfaktor

Sammenligning mellem udførte vingeforsøg og spidsmodstanden fra CPTu-sonderingerne viser variation i brugen af N_{kt} -værdierne, NIRAS foreslår anvendt følgende N_{kt} -værdier til fastlæggelse af vingestykken c_{fv} for det aktuelle projekt.

$N_{kt} \approx 14$ for det marine ler

4.4.1.2. Friktionsvinkel

For CPT'er i sand er den effektive drænedede friktionsvinkel (triaksiale) ϕ' vurderet ud fra den målte spidsmodstand jf. ref. /2/.

$$\phi' = \phi'_{cv} + 15,94 \cdot \log(Q_{tn,cs}) - 26,88^\circ$$

hvor ϕ'_{cv} er den kritiske friktionsvinkel (32° for rent kvartssand) og $Q_{tn,cs} = K_c Q_{tn}$ er den ækvivalent normaliserede spidsmodstand for rent sand. Dette forhold er gyldigt for værdier af 'Normalized Soil Behavior Type (SBTn)' i intervallet 5-8 eller ved 'Soil Behavior index' $I_c < I_{c,cutoff}$, svarende til $I_{c,cutoff} = 3,0$. For yderligere detaljering henvises der til ref. /2/.

Baseret på lejringsstæthed (I_D) i friktionsaflejringer kan den plane friktionsvinkel (ϕ'_{pl}) estimeres ved K.4(1) fra DS/EN 1997-1 DK NA:2021 ved at forøge den triaksialt afledte friktionsvinkel (ϕ') svarende til:

$$\phi'_{pl} = (1 + 0,1 I_D) \cdot \phi'$$

Den relative lejringsstæthed estimeres jf. ref. /2/, hvor en faktor $C_{Dr} = 350$ grundet sandaflejringeres alder.

$$I_D^2 = Q_{tn,cs} / 350$$

Den plane karakteristiske friktionsvinkel, ϕ_{pl} , kan for sand også fastlægges ud fra uensformighedstallet U og den relative lejringsstæthed, I_D .

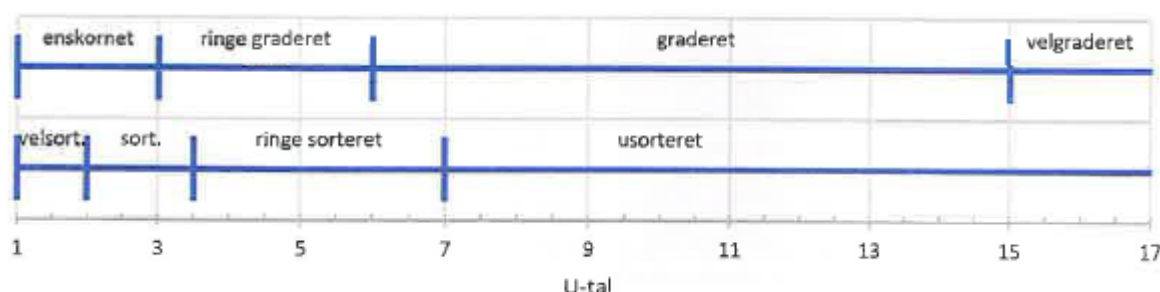
$$\phi_{pl} = 1,1 \cdot \left(30 - \frac{3}{U} + \left(14 - \frac{4}{U} \right) \cdot I_D \right)$$

Ved brug af ovenforstående formel, skal medregnes fradrag og tillæg på baggrund af kornform og siltindhold som vist i Tabel 4.3.

Kornform	Fradrag/tillæg	Siltindhold (%)	Fradrag
Meget skarp	+2 grader	10	-2 grader
Relativ skarp	0 grader	20	-5 grader
Afrundet	- 3 grader		

Tabel 4.3: Fradrag og tillæg til friktionsvinklen på baggrund af kornform og siltindhold.

Uensformighedstallet kan fastlægges ud fra figur 6-1 fra DGF Bulletin 1, revision 2, december 2021. Figuren er indsat som Figur 4.1 nedenfor. Sorteringsgraden for de trufne sandarter er beskrevet på de geotekniske boreprofiler.



Figur 4.2: Bestemmelse af uensformighedstallet ud fra sorteringsgraden på sandprøver figur 6-1 fra Dgf-bulletin 1, revision 2, december 2021

Beregningsen af den relative lejringstæthed beror på formler fra den tyske DIN norm; DIN-Taschenbuch 113 – 5. For SPT-forsøg kan den relative lejringstæthed beregnes ud fra slagantal pr. 30 cm nedsynkning for $3 \leq N_{30} \leq 50$. Beregningen for den relative lejringstæthed er afhængig af om uensformighedstallet er større eller mindre en 6 og om SPT-forsøget er udført over eller under GVS (grundvandsspejlet).

$$\begin{aligned}
 \text{Relativ lejringstæthed } U \leq 6, I_D, \text{ over GVS: } & I_D = 0,10 + 0,385 \cdot \log(N_{30}) \\
 \text{Relativ lejringstæthed } U \geq 6, I_D, \text{ over GVS: } & I_D = -0,03 + 0,455 \cdot \log(N_{30}) \\
 \text{Relativ lejringstæthed } U \leq 6, I_D, \text{ under GVS: } & I_D = 0,18 + 0,370 \cdot \log(N_{30})
 \end{aligned}$$

På baggrund af de udførte CPTu-sonderinger, SPT-forsøg samt erfaringstal, er der fastlagt parametre for hhv. de øvre og nedre sandlag jf. Tabel 4.4.

4.4.2. Deformationsparametre

Der er for den aktuelle bygning ikke udført konsolideringsforsøg. Det vurderes dog, at det trufne ler minimum har samme karakteristika som leret under Granatfabrikken, hvorfor deformationsparameteren vil blive voldsomt undervurderet ved brug af erfaringsformler.

Ifm. den geotekniske undersøgelse for Granatfabrikken blev det konstateret ud fra de udførte konsolideringsforsøg, at et konservativt konsolideringsmodul kunne sættes til 16 MPa.

4.4.3. Designgrundlag for fundamenter

Til dimensionering af fundamenter kan der generelt regnes med følgende styrke- og deformationsparametre, som angivet i Tabel 4.4. Fastsættelse af designparametre er dels fremkommet ved tolkning af direkte målinger og dels ud fra erfaring. Der henvises til boreprofilerne, bilag 1 og CPeT-IT, bilag 2 for mere detaljerede parametre.

Jordlag	Drænet			Udrænet	Deformation
	γ/γ' [kN/m ³]	$\phi'_{k,pl}$ [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	E_{oed} [MPa]
Sand Pg	18/20	33-38	-	-	30-50
Ler Sg	19/9	25	5-9	40-90	16

Tabel 4.4: Styrke- og deformationsparametre.

For det postglaciale sand vil den karakteristiske plane friktionsvinkel konservativt kunne sættes til 33 grader. Man vil evt. kunne differentiere med hensyn til friktionsvinklen og generelt sætte den højere i de forskellige områder for bygningen såfremt der udføres geoteknisk tilsyn eller forudgående generel dybdekomprimering. Dette vil dog højst sandsynligt påvirke tidsplanen for udførelsen af bygningen.

Ved udskiftning af muld og organiskholdige aflejringer med sandfyld, kan der for velkomprimeret sandfyld, typisk anvendes en karakteristisk plan friktionsvinkel på $\phi'_{k,pl} = 37^\circ$ samt en rumvægt på γ/γ' på 18/10 kN/m³. Dette er dog leverandørafhængigt, hvorfor det skal verificeres ved sigteanalyser af tilkøbt sand samt komprimeringskontroller.

Såfremt intakte sandaflejringer omgraves, skal sandet komprimeres og der skal foretages nye styrkemålinger og komprimeringskontroller af det genindbyggede sand til eftervisning af projekteringskrav.

4.5. Permanent tørholdelse

Det kræves, at konstruktioner funderes på en sådan måde, at regn, sne, overfladevand, grundvand, jordfugt, kondensvand og luftfugtighed ikke medfører fugtskader og fugtgener. Overfladevand skal bortledes ved eksempelvis at udføre et tilstrækkeligt fald på terrænet bort fra bygningen.

Med udgangspunkt i nuværende terrænforhold vurderes det, at der lokalt kan forekomme vand relativt tæt på terræn. Dog vurderes området overordnet værende selvdrænende grundet de terrænnære permeable lag. Såfremt gulvkoten fastlægges til niveau højere end nuværende terrænniveau vurderes det, at drænforholdene kan henføres til drænklasse 1 jf. Drænnormen DS436.

5. Udførsel

5.1. Naboforhold

Såfremt der er naboejendomme/konstruktioner der bliver påvirket af de kommende bygge- og anlægsarbejder, så skal anlægsarbejdet mindst 14 dage før arbejdets opstart varsles iht. Byggelovens § 12. Komprimering, andre rystelser i anlægsfasen samt evt. grundvandssænkning kan indebære en vis risiko for beskadigelse af nærliggende bygninger.

Eventuelle grundvandssænkninger skal minimeres i både tid, dybde og omfang.

Der er ikke foretaget undersøgelse af eksisterende nabobygningers funderingsforhold og det må overvejes, om det påtænkte anlægsarbejde kan have indflydelse på disse. Bygninger og/eller anlæg skal evt. sikres under anlægsarbejdet.

5.2. Midlertidig tørholdelse

Hvor der i den midlertidige fase skal graves dybere end det aktuelle vandspejlsniveau, vil der skulle gennemføres en midlertidig grundvandssænkning. Såfremt der er tale om mindre sænkninger i størrelsesordenen 0,5 m, vil det forventeligt være muligt ved etablering af f.eks. slidsede pumpebrønde ført under kommende udskiftningsniveau. Såfremt der er tale om større sænkninger, vil grundvandssænkningen forventeligt skulle gennemføres med sugespidsanlæg/filterboringer. Med de trufne forhold (laveste niveauer for OSBL) er det særligt i boring B308 og B320 at risikoen for behov for grundvandssænkning er størst. Her er vandspejlet inkl. skønnet årstidsvariation registreret 0,5 á 1,6 m over niveau for OSBL.

En evt. grundvandssænkning skal afstemmes med miljøforholdene, da der er konstateret forurennet grundvand på arealet.

5.3. Udgravningsforhold

5.3.1. Skråningsanlæg

Ved kortvarige (<1 måned) midlertidige udgravninger ned til 2,5 m u. t., over vandspejl og uden belastning vurderes det, at skråningsanlæg er stabile med minimum:

- Anlæg, $a = 1,0$ i de trufne postglaciale aflejringer af sand og fyld- og muldlag

Ved længerevarende (>1 måned, dog maksimalt 5 måneder) midlertidige udgravninger ned til 2,5 m u. t., over vandspejl og uden belastning, vurderes det, at skråningsanlæg er stabile med minimum:

- Anlæg, $a = 1,5$ i de trufne postglaciale aflejringer af sand og fyld- og muldlag

Ved dybere frie skråninger, udgravningsanlæg under vandspejl, belastede eller permanente skråninger, skal udgravningsanlæg projekteres således, at der er tilstrækkelig sikkerhed mod brud iht. Eurocode 7: Geoteknik (DS/EN 1997-1:2007).

Uanset ovenstående skal Arbejds miljølovgivningen altid overholdes. Der henvises i øvrigt til SBI 231, afsnit 8.1.

5.4. Tilfyldning

Omkring fremtidige bygninger og bygværker anbefales det at indbygge drænende materialer tilpasset med de enkelte drænprojekter for konstruktionerne.

Hvor der fremover skal være belægninger skal bundsikringslag og bærelag leveres og indbygges i henhold til Vejdirektoratets krav for vejmaterialer. Hvor der ikke stilles krav til sætninger og dræning, kan omgravede materiale tilbagefyldes i udgravningerne.

Der må ikke indbygges frosne materialer, ligesom der ikke må indbygges materialer oven på frossen jord.

5.4.1. Komprimering

Under fremtidig bygning anbefales det at anvende komprimeringskrav som angivet i Tabel 5.1. Det anbefales derudover at tilkørt sandfyld min. overholder kravene til BL I jf. Vejdirektoratet krav til bundsikring. Det forudsættes, at materialets densitet måles med isotopsonde, og referenceværdi bestemmes ved laboratorieforsøg efter standardiserede metoder, Standard Proctor (SP) eller Vibrationsindstampning (VIB).

Komprimeringskrav		Standard Proctor (SP)	Vibrationsindstampning (VIB)
Råjord	Genindbygget sand	>98 %	
Tilkørt sandfyld/sandpude		>98 %	>95 %

Tabel 5.1: Komprimeringskrav.

5.5. Arbejdsmiljø

I forbindelse med anlægsprojektet forventes det, at der skal foretages større udgravninger, håndtering af fyldjord og evt. grundvandssænkning i varierende grad. Disse arbejdsopgaver skal som minimum indgå i kortlægningen af arbejdsmiljøforholdene samt håndteres i Plan for Sikkerhed og Sundhed (PSS).

5.6. Tilsyn, kontrol og overvågning

Jævnfør DS/EN 1997-1, 2.8, (4)P skal projekteringsrapporten indeholde en plan for geoteknisk tilsyn, så det kan eftervises, at de geotekniske forudsætninger er opfyldt. Det anbefales at der foretages følgende:

- Kontrol af udgravningsniveau for at sikre fundering på bæredygtige intakte aflejringer samt verificering af projekteringsforudsætninger
- Løbende komprimeringskontrol ved sandpudeopbygning

5.7. Afsluttende bemærkninger

Ejeren af boringerne, dvs. bygherren, har ansvaret for, at boringerne bliver sløjfet senest 1 måned efter, at brugen af boringerne er ophørt. Sløjfningen skal udføres i henhold til reglerne i Miljøministeriets "Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land".

NIRAS opbevarer opboret prøvemateriale i 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 spørgsmål i sagen. NIRAS kan f.eks. være behjælpelig med:

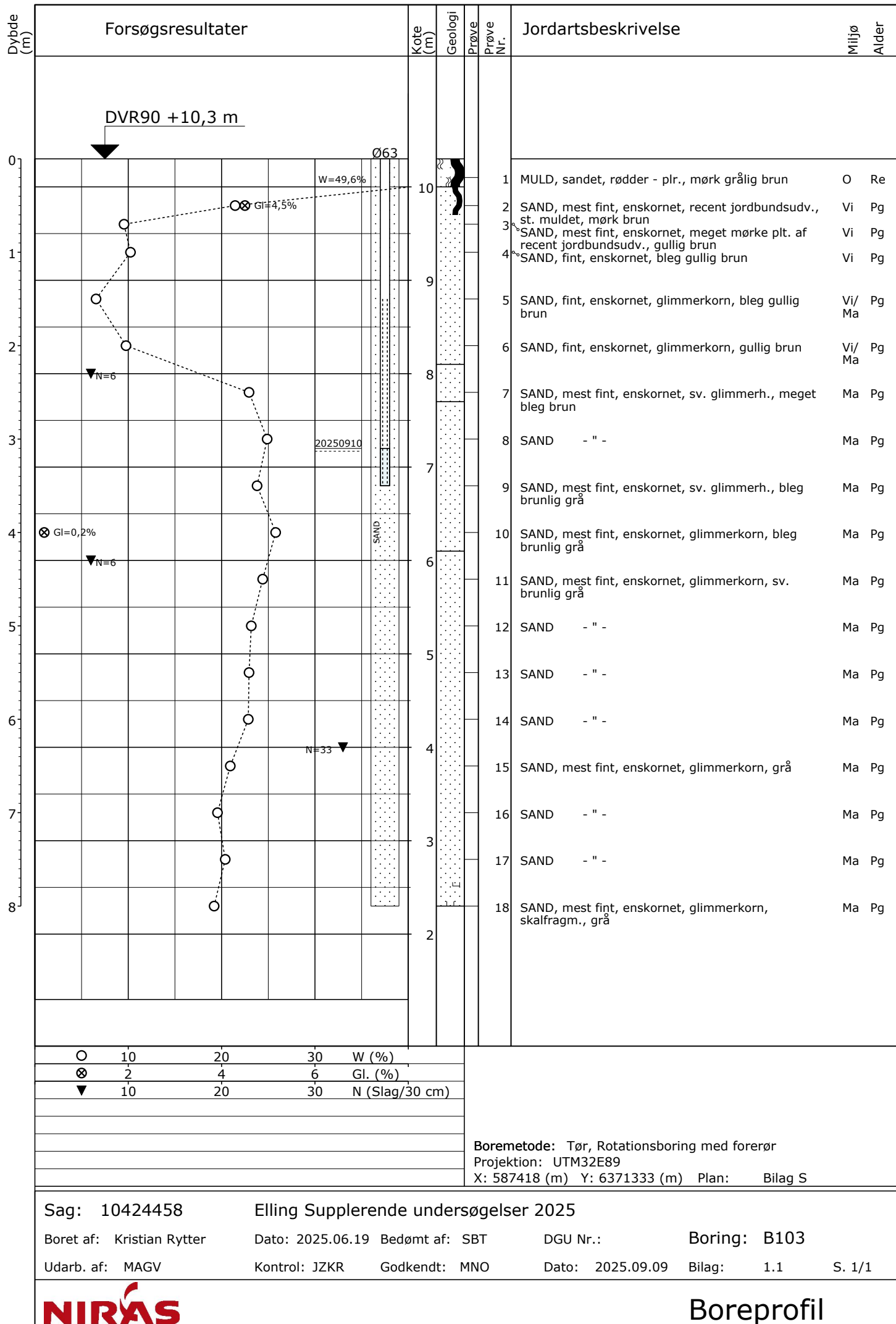
- Geoteknisk udgravningskontrol
- Dimensionering af fundamenter og sætningsberegninger
- Vurdering af komprimeringskontroller og indbygningsarbejde
- Miljøundersøgelser
- Jordhåndtering i forbindelse med bortskaffelse af evt. forurenede jord
- Teknisk bistand i forbindelse med håndtering af grundvand og regnvand

6. Referencer

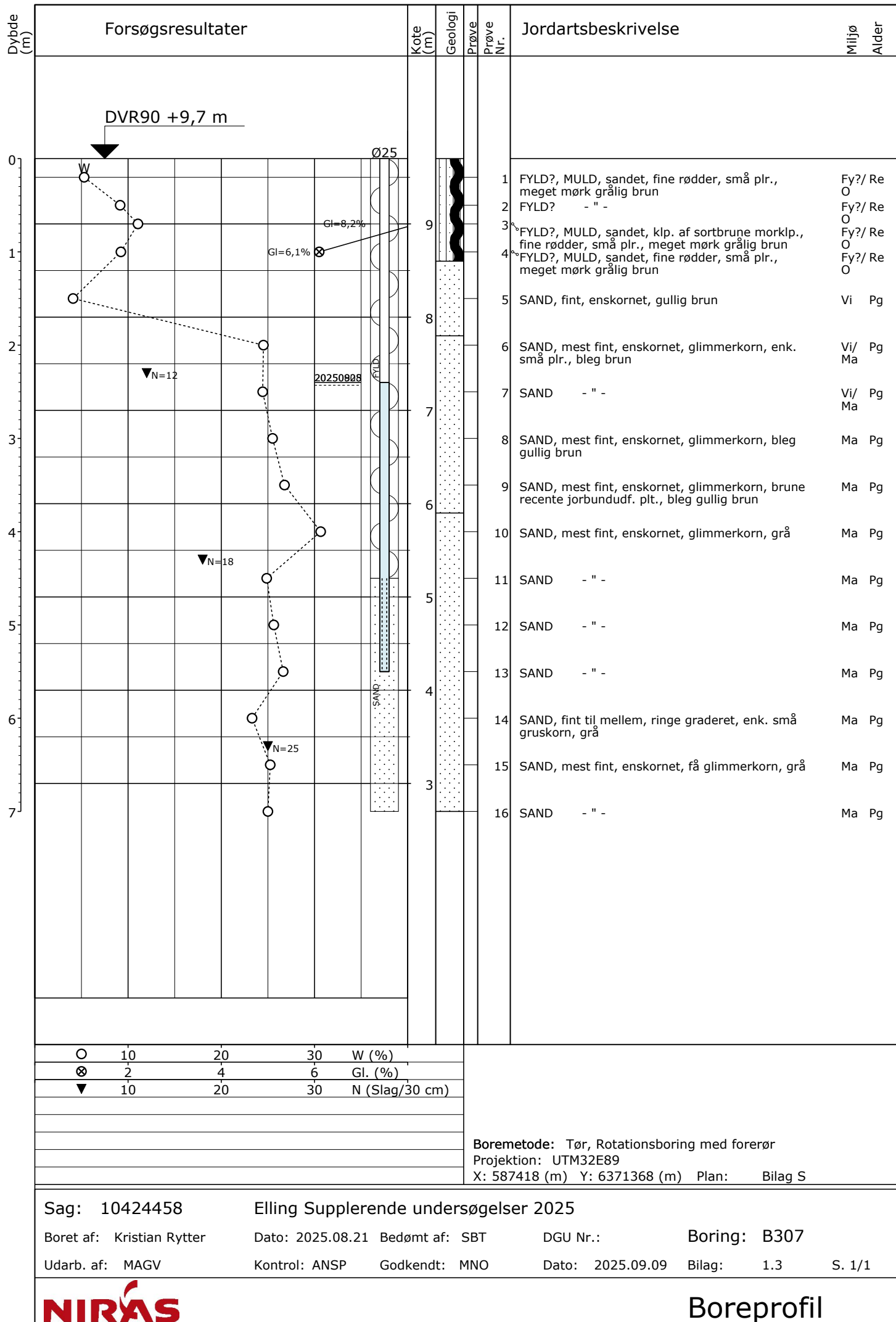
- /1/ Notat, Byggefelt E1-E4 – Opsamling på eksisterende oplysninger om geologi, vand-spejl og forurening. 16. maj 2025
- /2/ Robertson, Peter K and K. L. Cabal (2022). Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. 6th. Signal Hill, California 90755: Gregg Drilling & Testing, Inc.
- /3/ Lunne, T., Powell, J. J., & Robertson, P. K. (1997). Cone penetration testing in geotechnical practice. CRC Press.

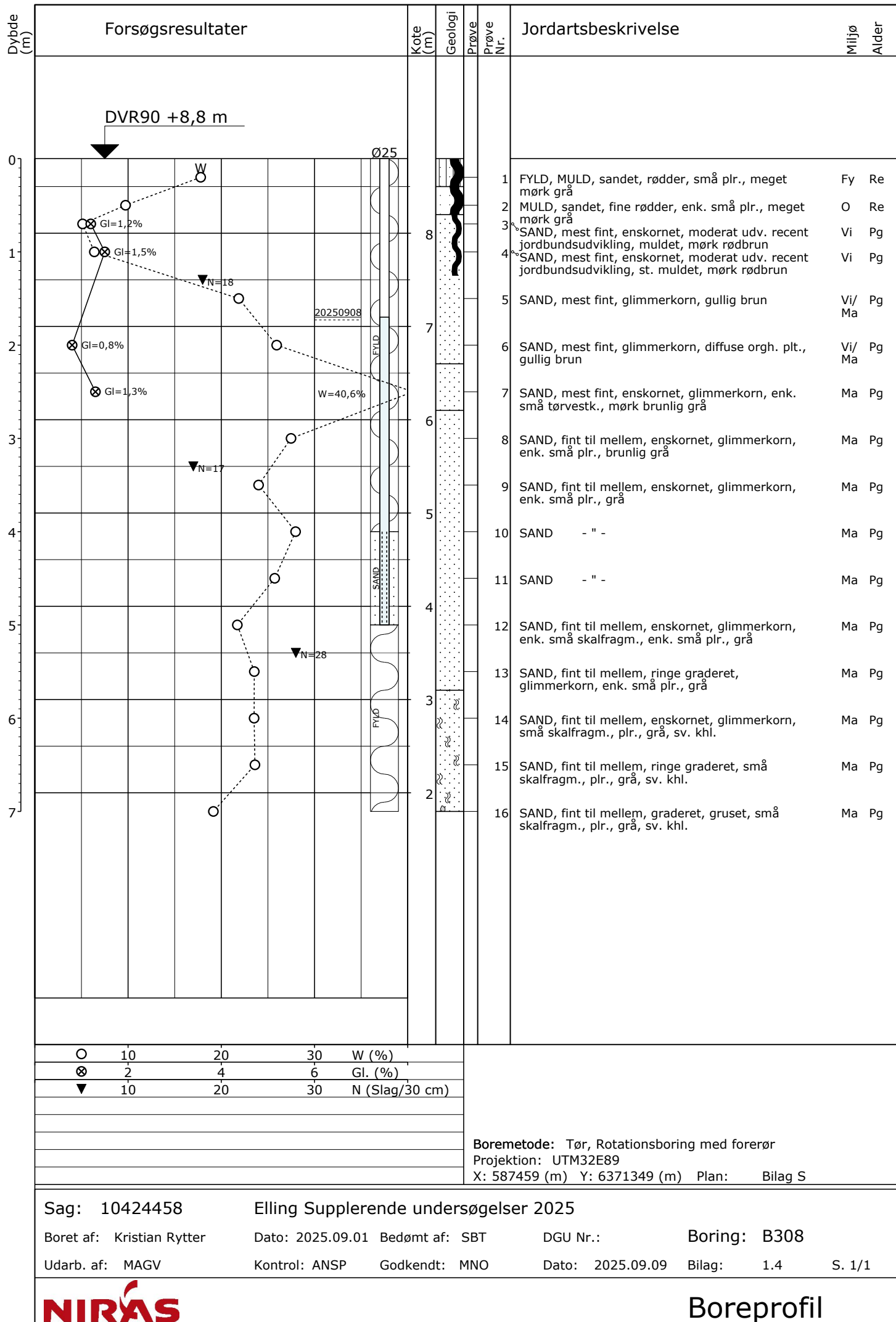
Bilag 1

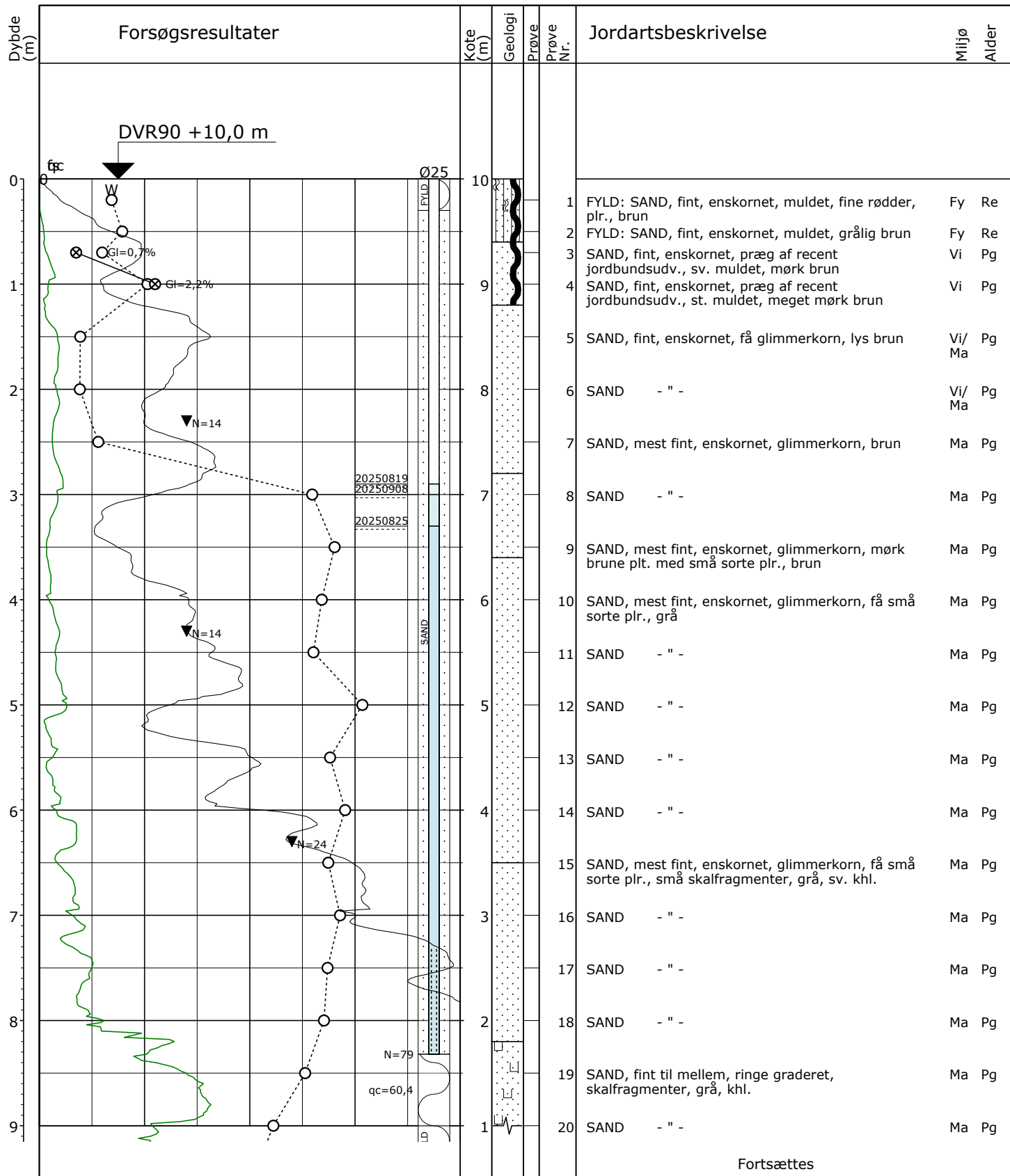
Geotekniske boreprofiler med CPT











Sag: 10424458

Elling Supplerende undersøgelser 2025

Boret af: Kristian Rytter

Dato: 2025.08.19 Bedømt af: SBT

DGU Nr.:

Boring: B309

Udarb. af: MAGV

Kontrol: ANSP Godkendt: MNO

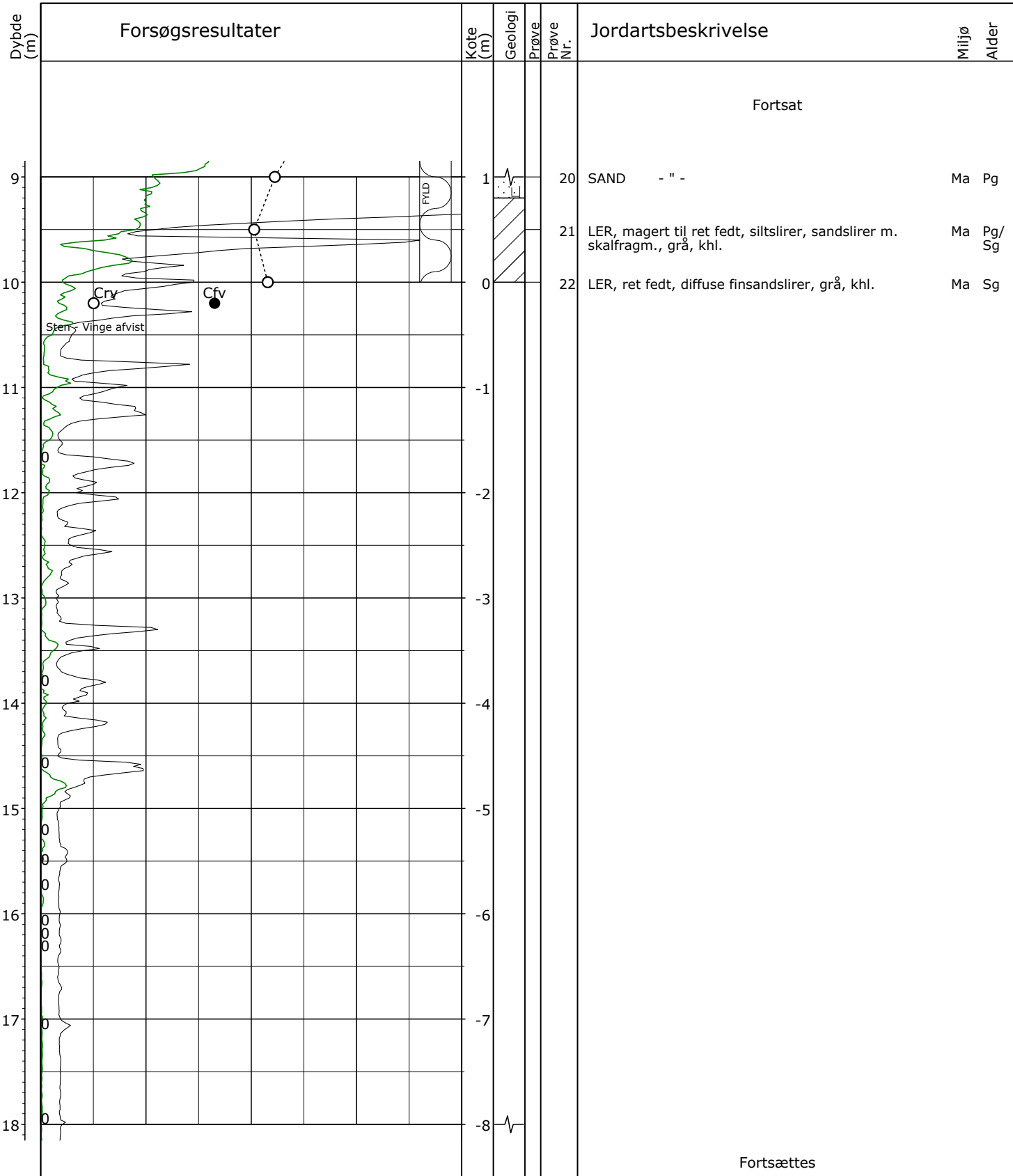
Dato: 2025.09.09

Bilag: 1.5

S. 1/3

NIRAS

Boreprofil



○	10	20	30	W (%)
⊗	2	4	6	Gl. (%)
○●	100	200	300	Crv, Cfv (kPa)
▼	10	20	30	N (Slag/30 cm)
→	5	10	15	qc (MPa)
➔	0,2	0,4	0,6	fs (MPa)

Boremetode: Tør, Rotationsboring med forerør
Projektion: UTM32E89
X: 587558 (m) Y: 6371295 (m) Plan: Bilag S

Sag: 10424458

Elling Supplerende undersøgelser 2025

Boret af: Kristian Rytter

Dato: 2025.08.19 Bedømt af: SBT

DGU Nr.:

Boring: B309

Udarb. af: MAGV

Kontrol: ANSP

Godkendt: MNO

Dato: 2025.09.09

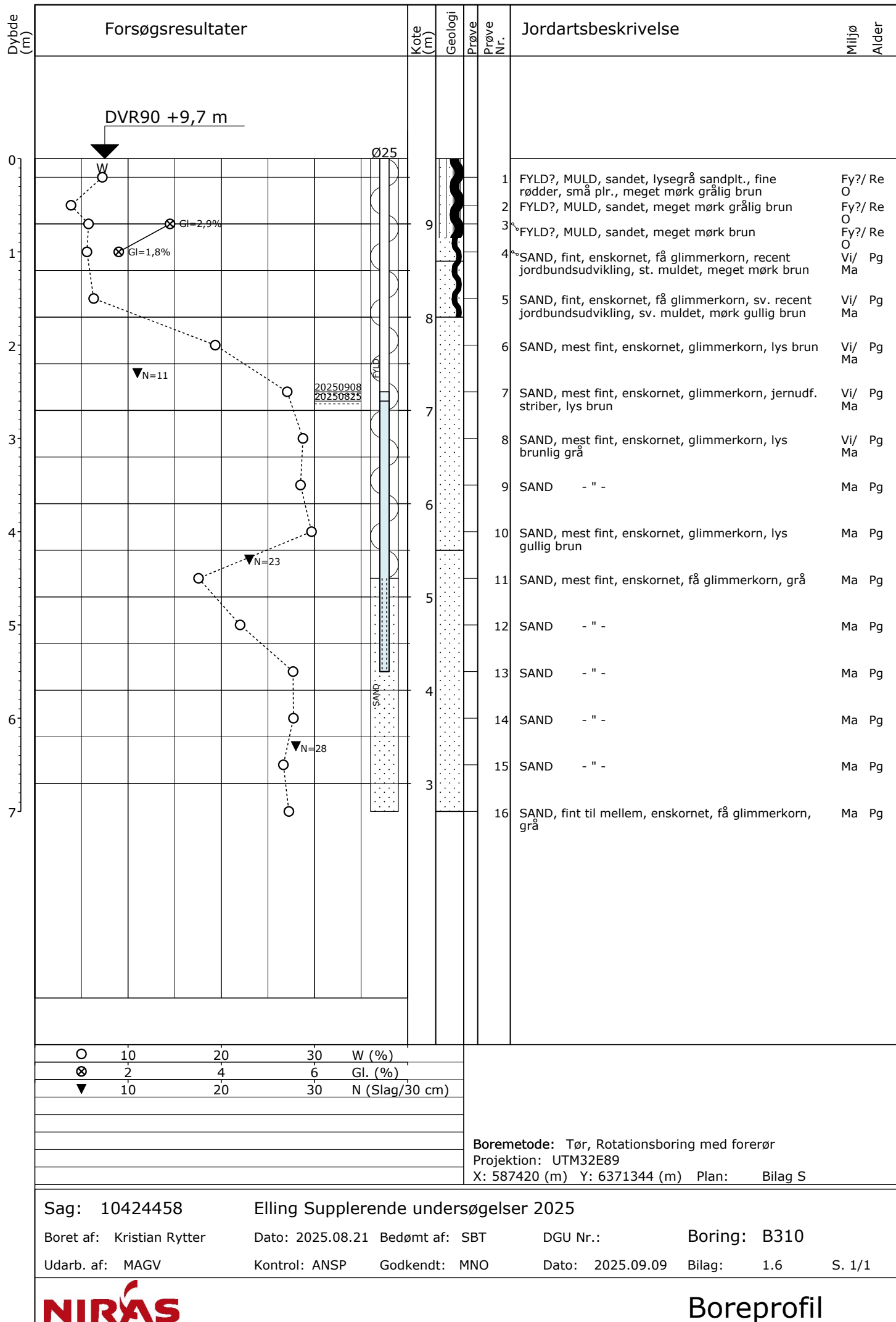
Bilag: 1.5

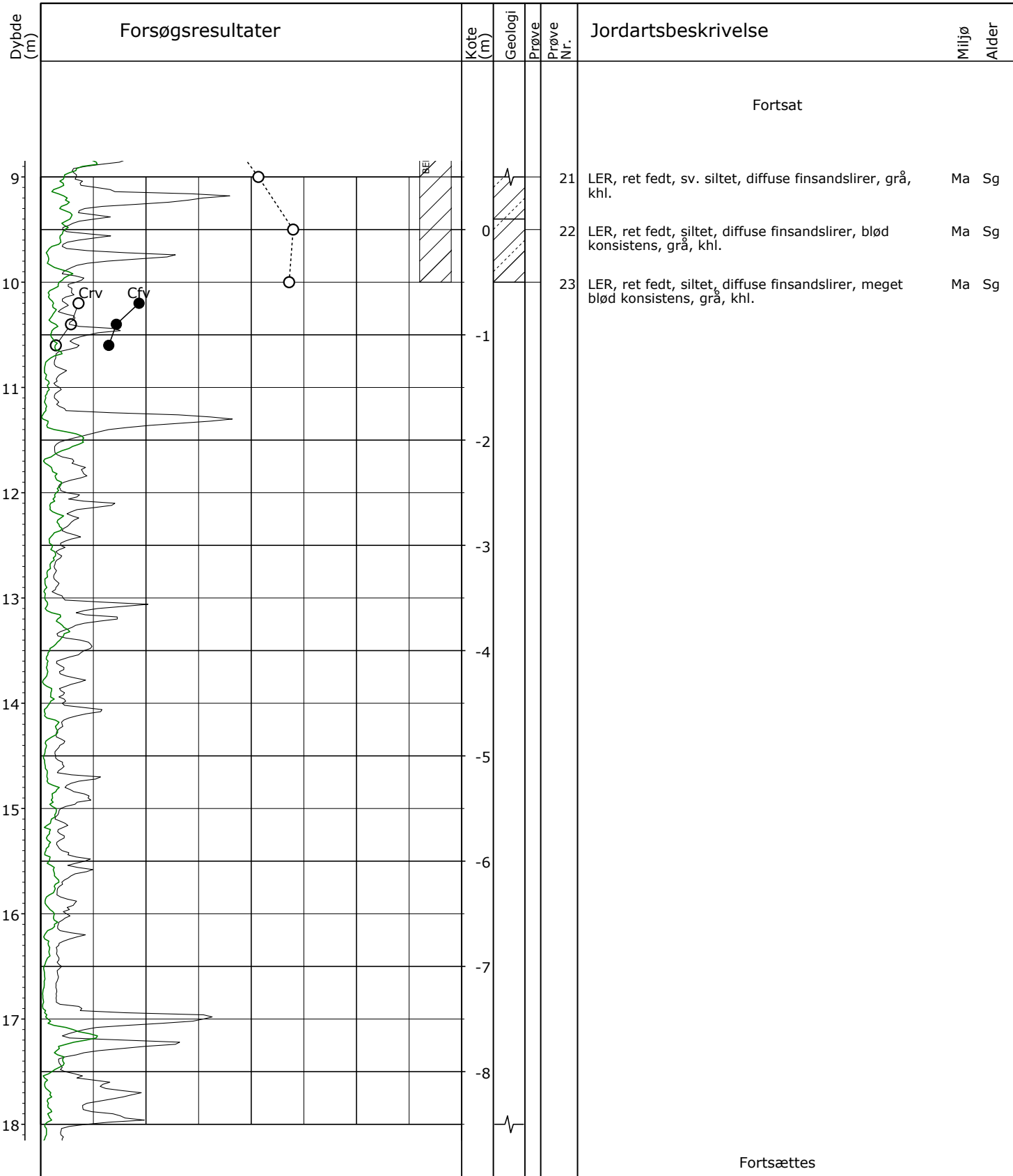
S. 2/3

NIRAS

Boreprofil

[illegible]





Sag: 10424458

Elling Supplerende undersøgelser 2025

Boret af: Kristian Rytter

Dato: 2025.08.20 Bedømt af: SBT

DGU Nr.:

Boring: B311

Udarb. af: MAGV

Kontrol: ANSP

Godkendt: MNO

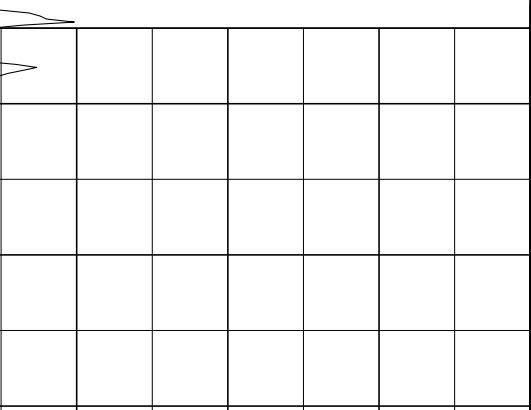
Dato: 2025.09.09

Bilag: 1.7

S. 2/3

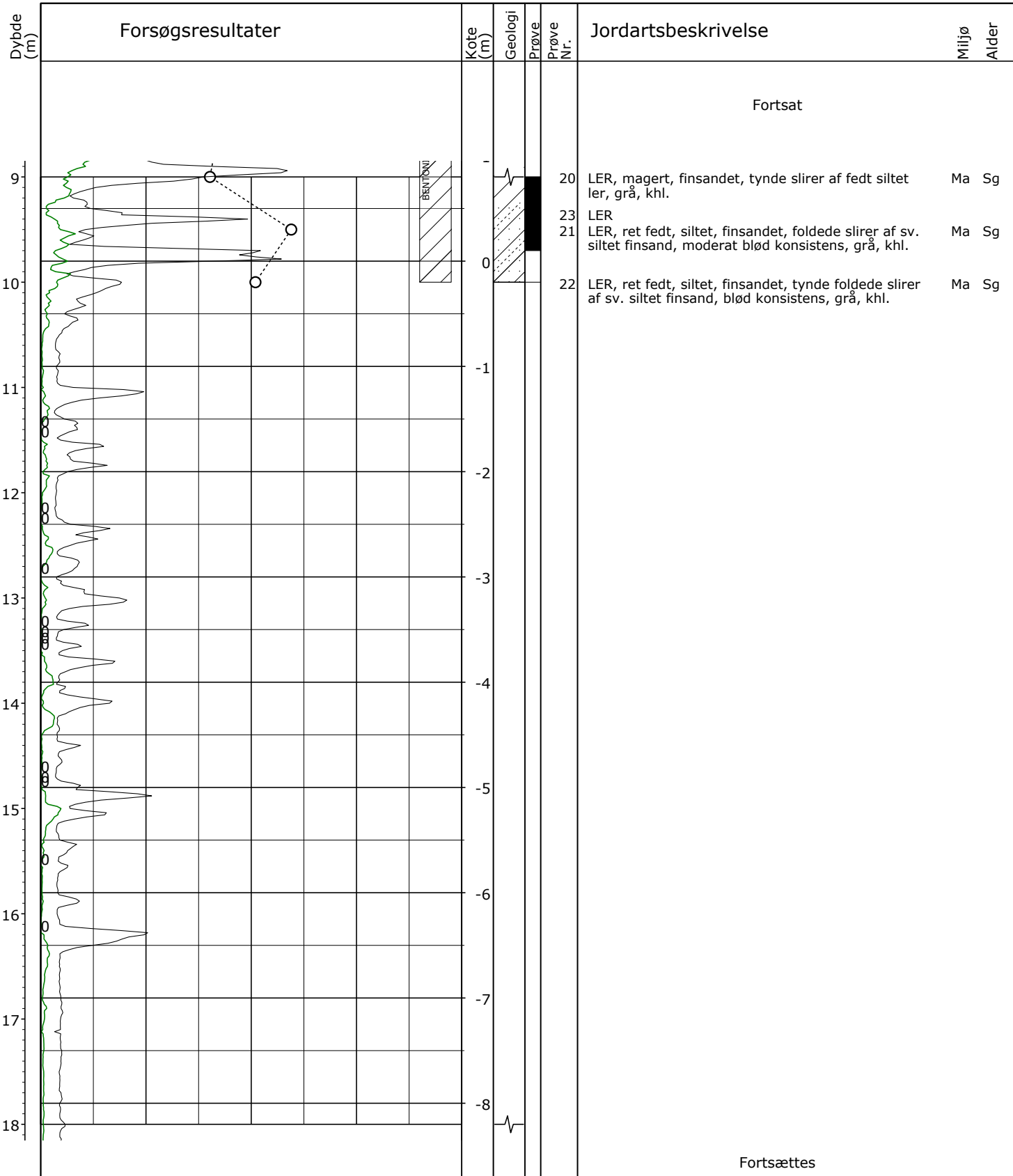
NIRAS

Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater	Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordartsbeskrivelse	Miljø	Alder
18		-9			Fortsat		
19		-10					
20		-11					
21		-12					
O	10	20	30	W (%)	Boremethode: Tør, Rotationsboring med forerør Projektion: UTM32E89 X: 587542 (m) Y: 6371248 (m) Plan: Bilag S		
O ●	100	200	300	Crv,Cfv (kPa)			
▼	10	20	30	N (Slag/30 cm)			
→	5	10	15	qc (MPa)			
➔	0,2	0,4	0,6	fs (MPa)			
Sag: 10424458	Elling Supplerende undersøgelser 2025						
Boret af: Kristian Rytter	Dato: 2025.08.20		Bedømt af: SBT		DGU Nr.:	Boring: B311	
Udarb. af: MAGV	Kontrol: ANSP		Godkendt: MNO		Dato: 2025.09.09	Bilag: 1.7	S. 3/3
					Boreprofil		







○	10	20	30	W (%)
⊗	2	4	6	Gl. (%)
▼	10	20	30	N (Slag/30 cm)
➤	5	10	15	qc (MPa)
➤	0,2	0,4	0,6	fs (MPa)

Boremetode: Tør, Rotationsboring med forerør
Projektion: UTM32E89
X: 587451 (m) Y: 6371326 (m) Plan: Bilag S

Sag: 10424458

Elling Supplerende undersøgelser 2025

Boret af: Kristian Rytter

Dato: 2025.08.29 Bedømt af: SBT

DGU Nr.:

Boring: B314

Udarb. af: MAGV

Kontrol: ANSP

Godkendt: MNO

Dato: 2025.09.09

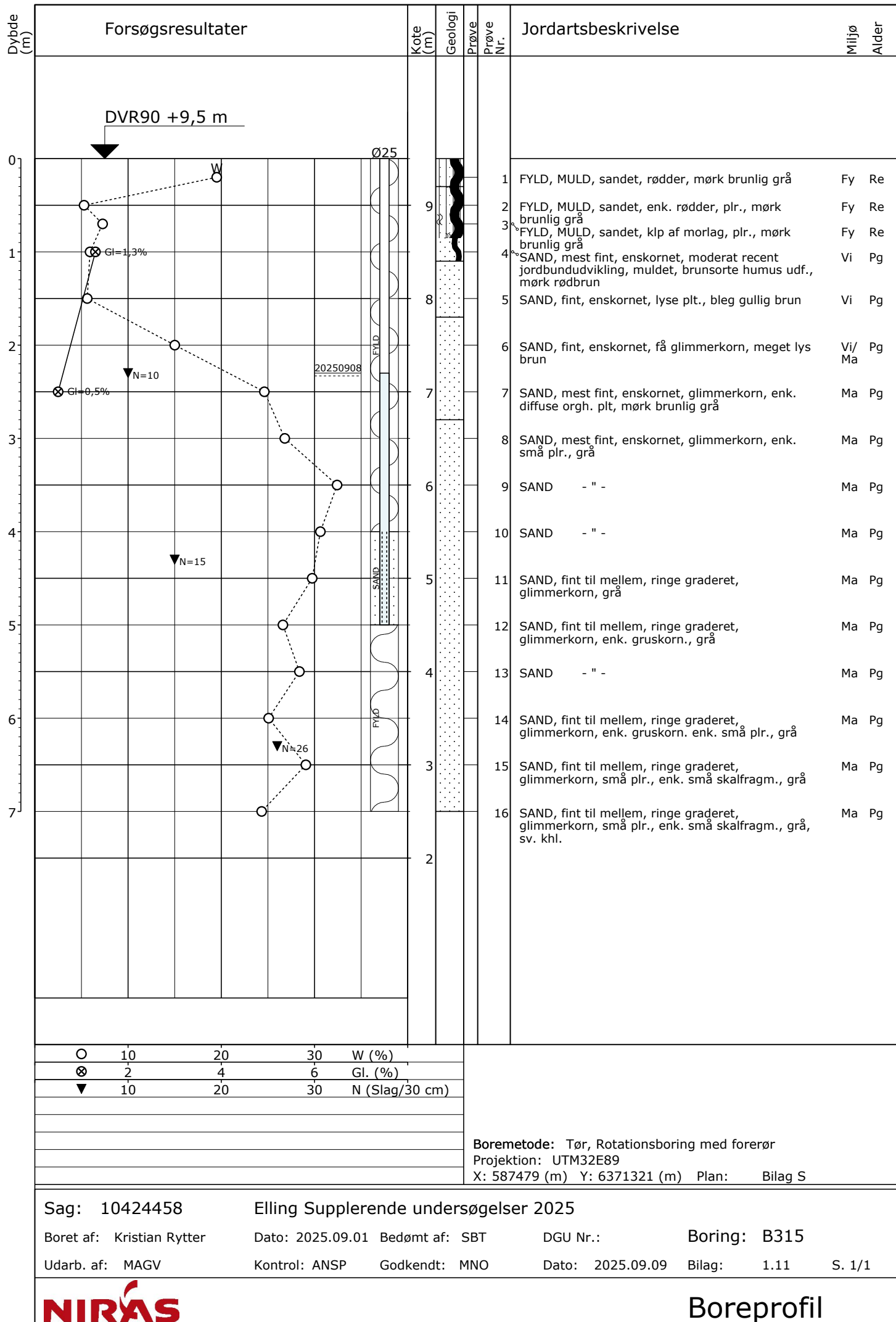
Bilag: 1.10

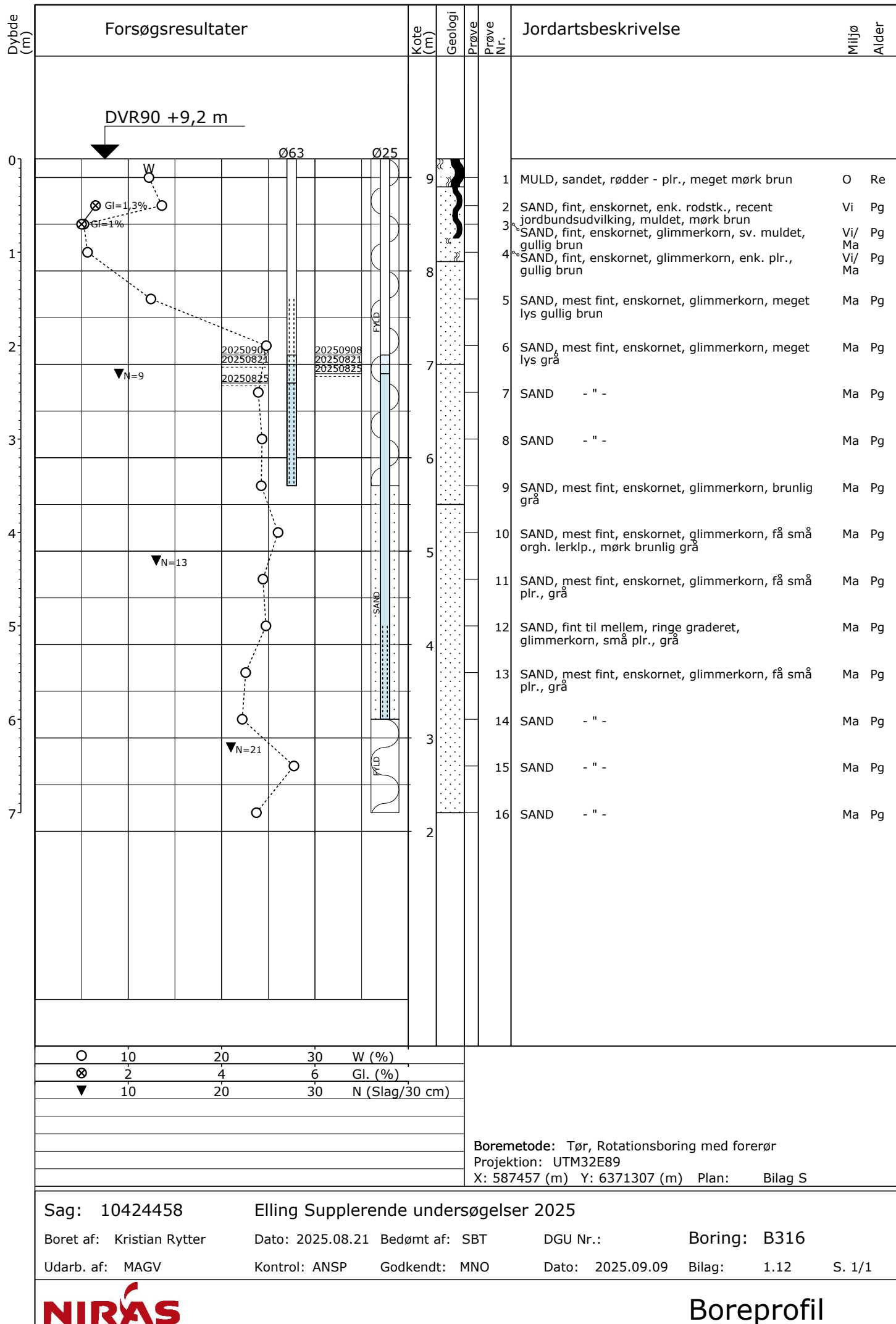
S. 2/3

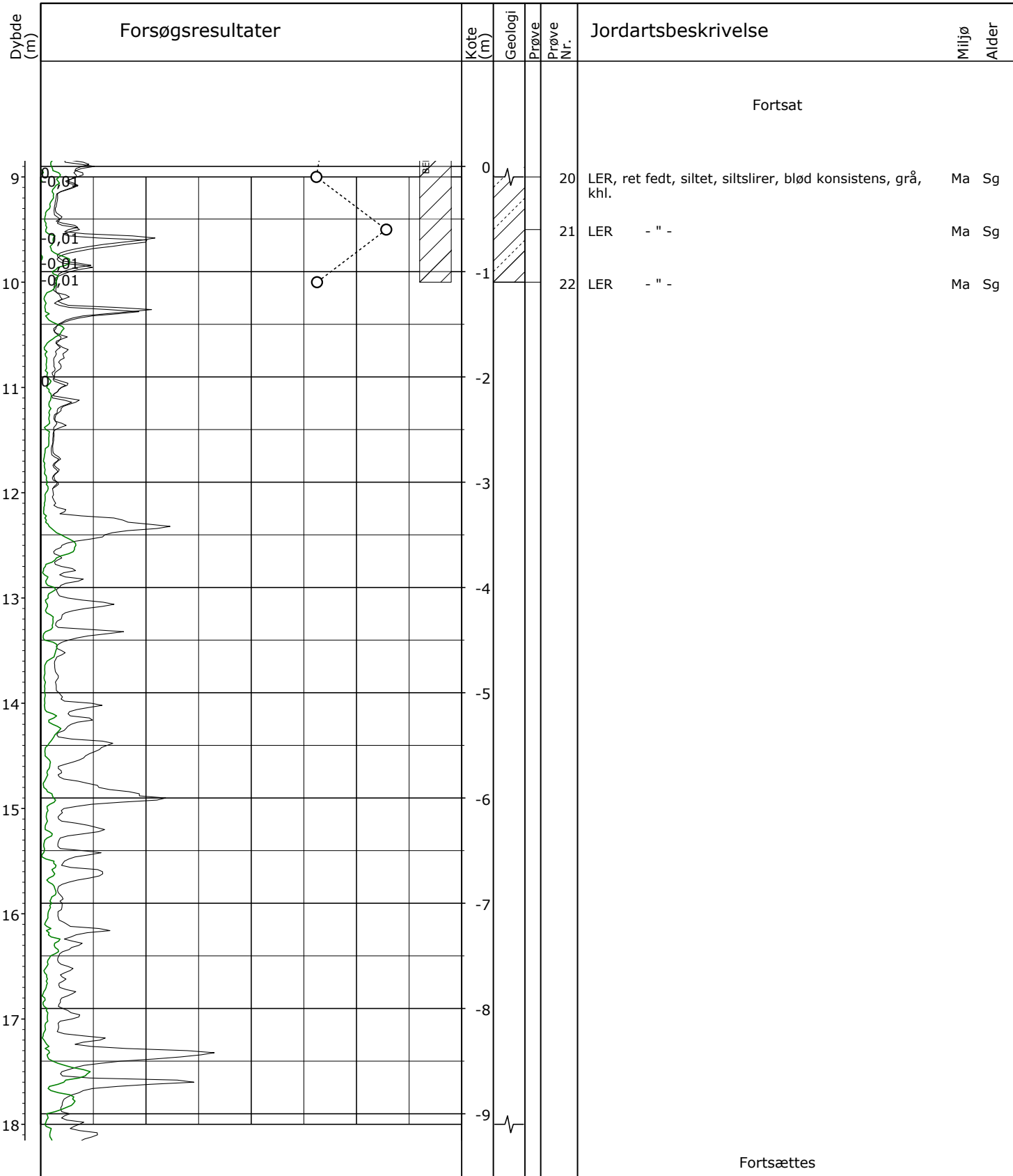
NIRAS

Boreprofil

Dybde (m)	Forsøgsresultater	Kote (m)	Geologi	Prøve Nr.	Jordartsbeskrivelse
18		-9			Fortsat
19		-10			
20		-11			
21					
O	10	20	30	W (%)	
⊗	2	4	6	Gf. (%)	
▼	10	20	30	N (Slag/30 cm)	
➔	5	10	15	qc (MPa)	
→	0,2	0,4	0,6	f _s (MPa)	
Boremetode:	Tør, Rotationsboring med forerør				
Projektion:	UTM32E89				
X:	587451 (m) Y: 6371326 (m) Plan:				Bilag S
Sag:	10424458 Elling Supplerende undersøgelser 2025				
Boret af:	Kristian Rytter Dato: 2025.08.29 Bedømt af: SBT DGU Nr.: Boring: B314				
Udarb. af:	MAGV Kontrol: ANSP Godkendt: MNO Dato: 2025.09.09 Bilag: 1.10 S. 3/3				
NIRAS					Boreprofil







○	10	20	30	W (%)
⊗	2	4	6	Gl. (%)
○●	100	200	300	C _{rv} , C _{fv} (kPa)
▼	10	20	30	N (Slag/30 cm)
→	5	10	15	qc (MPa)
→	0,2	0,4	0,6	fs (MPa)

Boremetode: Tør, Rotationsboring med forerør
Projektion: UTM32E89
X: 587431 (m) Y: 6371291 (m) Plan: Bilag S

Sag: 10424458

Elling Supplerende undersøgelser 2025

Boret af: Kristian Rytter

Dato: 2025.08.21 Bedømt af: SBT

DGU Nr.:

Boring: B317

Udarb. af: MAGV

Kontrol: ANSP

Godkendt: MNO

Dato: 2025.09.09

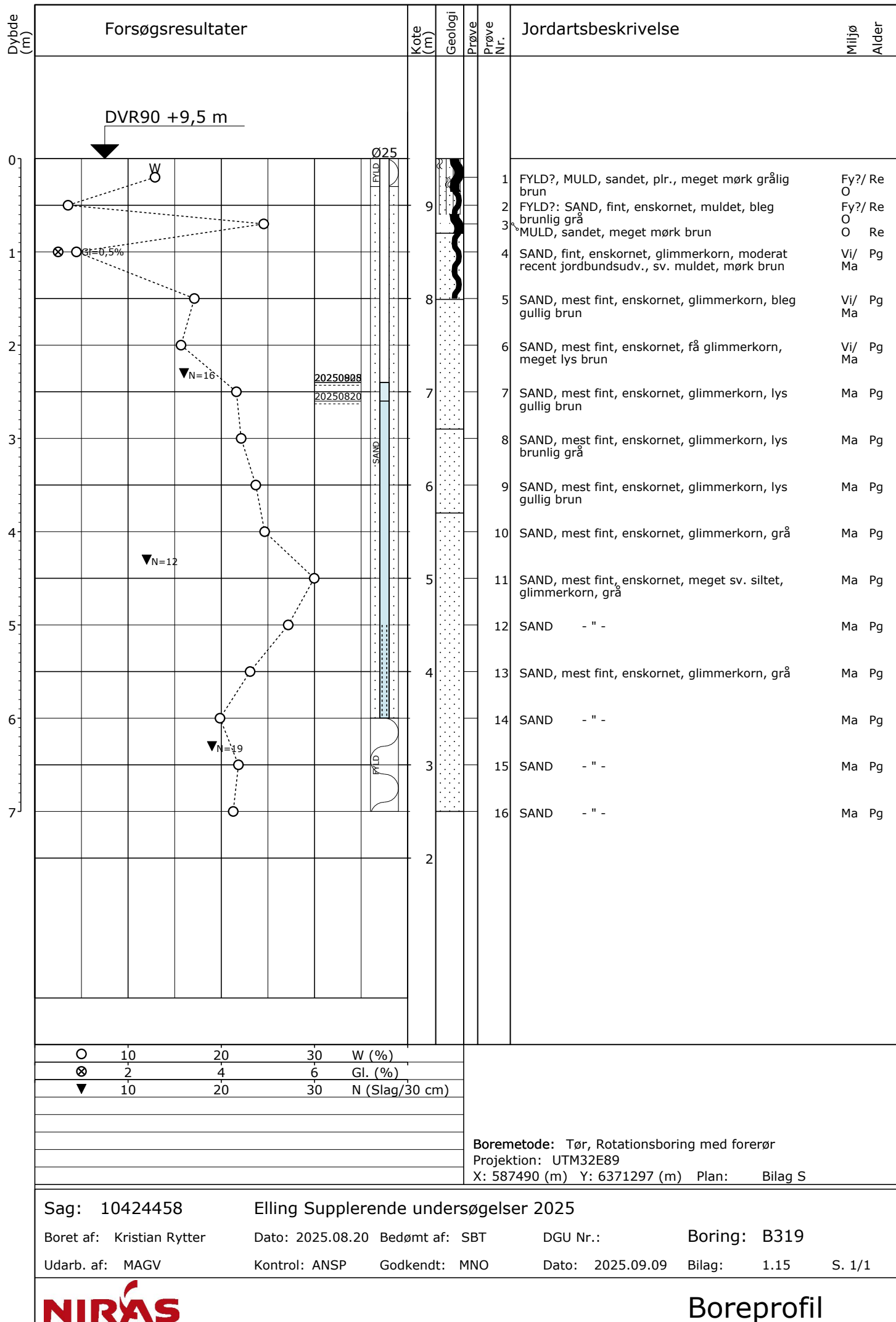
Bilag: 1.13

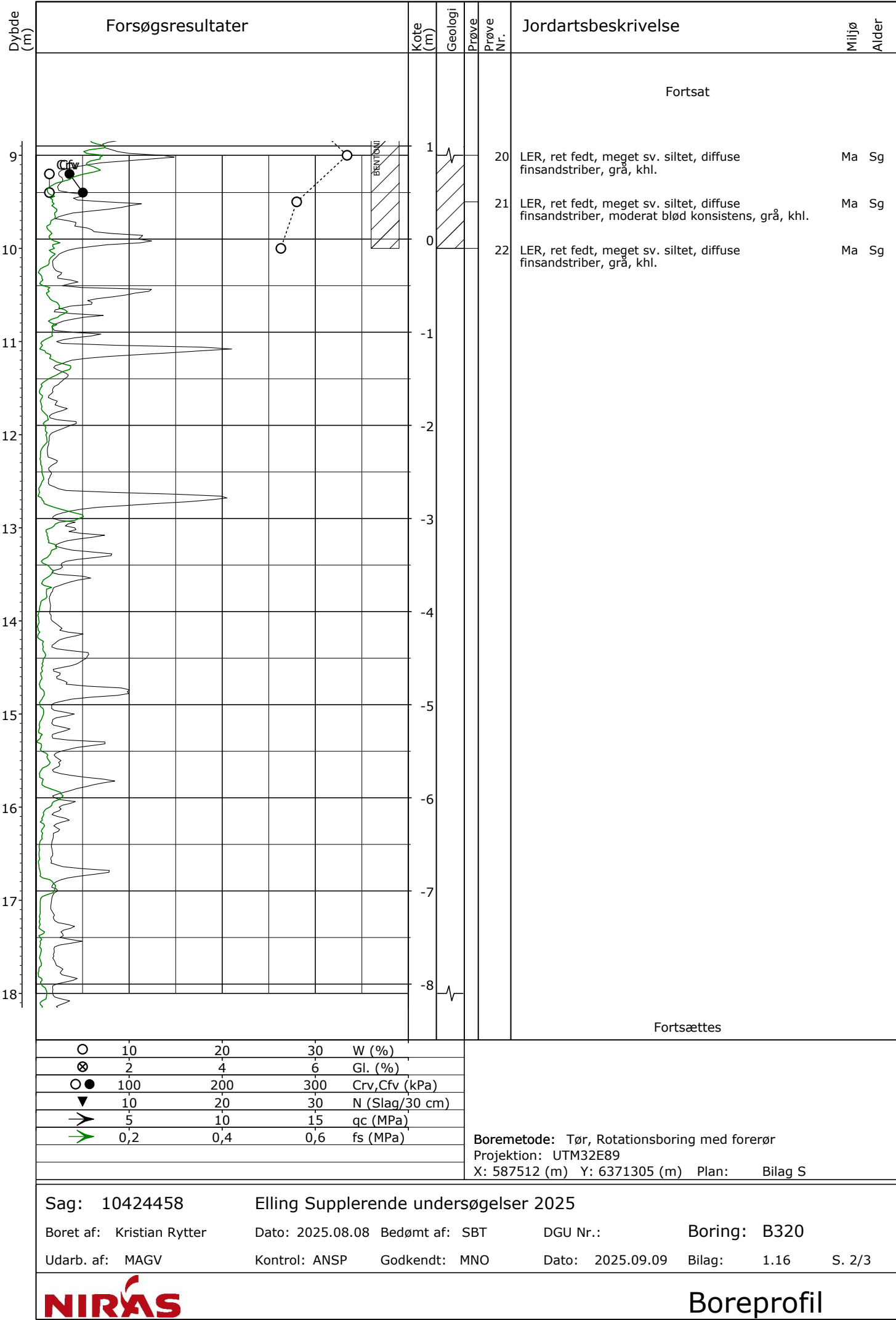
S. 2/3

NIRAS

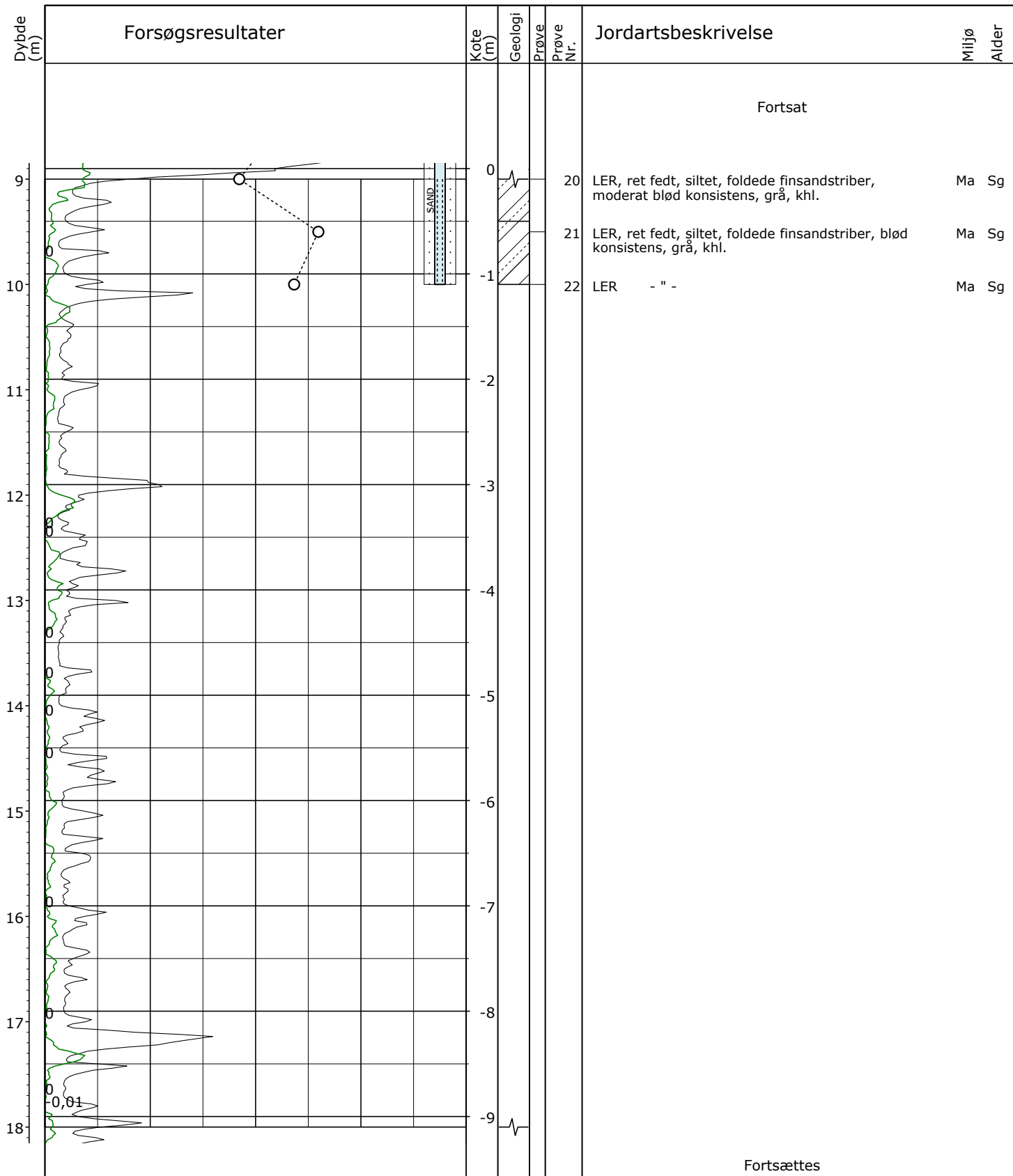
Boreprofil

[illegible]





Dybde (m)	Forsøgsresultater							Kote (m)	Geologi	Prøve	Prøve Nr.	Jordartsbeskrivelse	Miljø	Alder
												Fortsat		
18								-8						
19								-9						
20								-10						
21								-11						
22								-12						
								</						



○	10	20	30	W (%)
⊗	2	4	6	Gl. (%)
▼	10	20	30	N (Slag/30 cm)
➤	5	10	15	qc (MPa)
➤	0,2	0,4	0,6	fs (MPa)

Boremetode: Tør, Rotationsboring med forerør
Projeksjon: UTM32E89
X: 587501 (m) **Y:** 6371264 (m) **Plan:** Bilag S

Sag: 10424458

Elling Supplerende undersøgelser 2025

Boret af: Kristian Rytter

Dato: 2025.08.18 Bedømt af: SBT

DGU Nr.:

Boring: B321

Udarb. af: MAGV

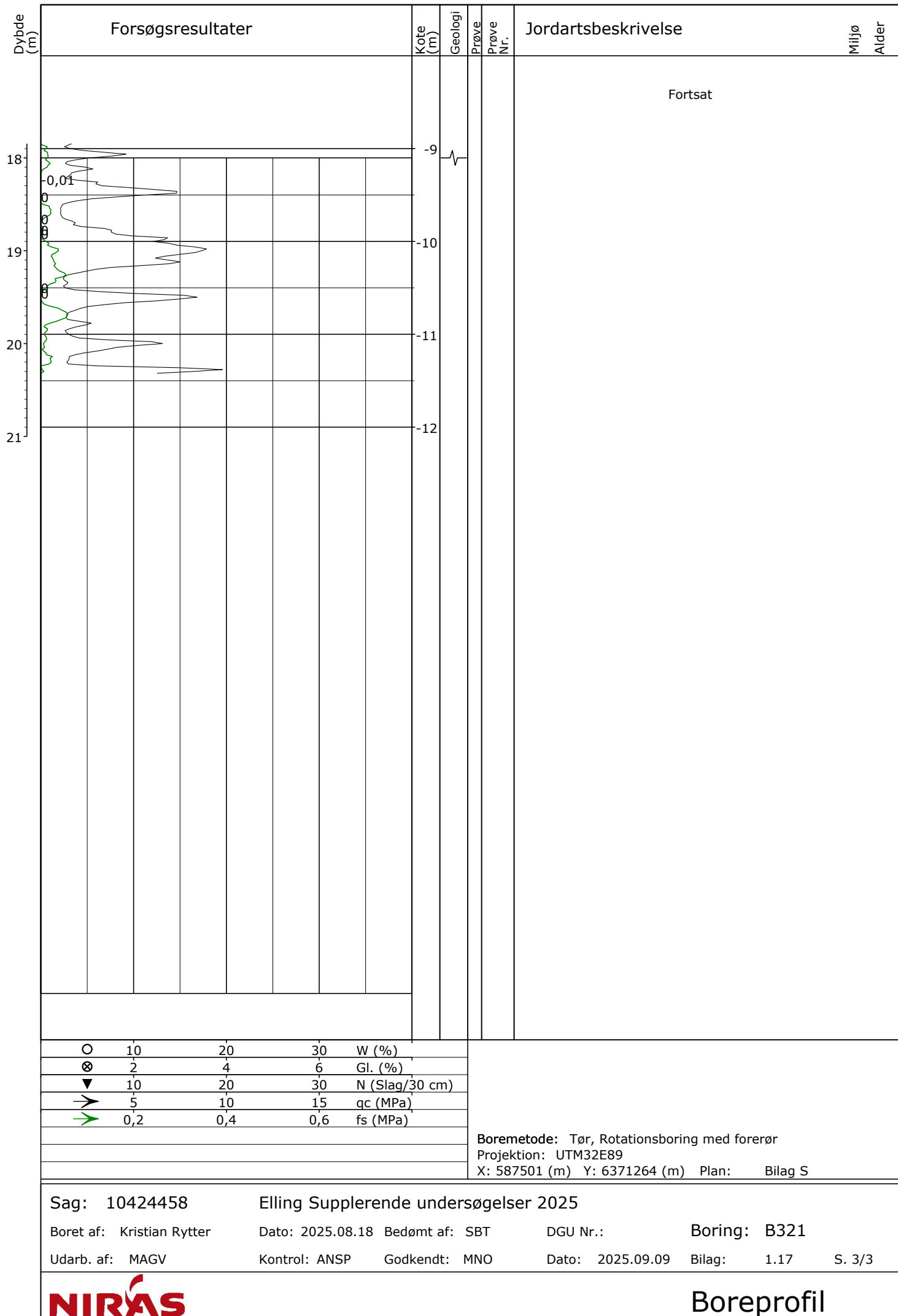
Kontrol: ANSP

Godkendt: MNO

Dato: 2025.09.09

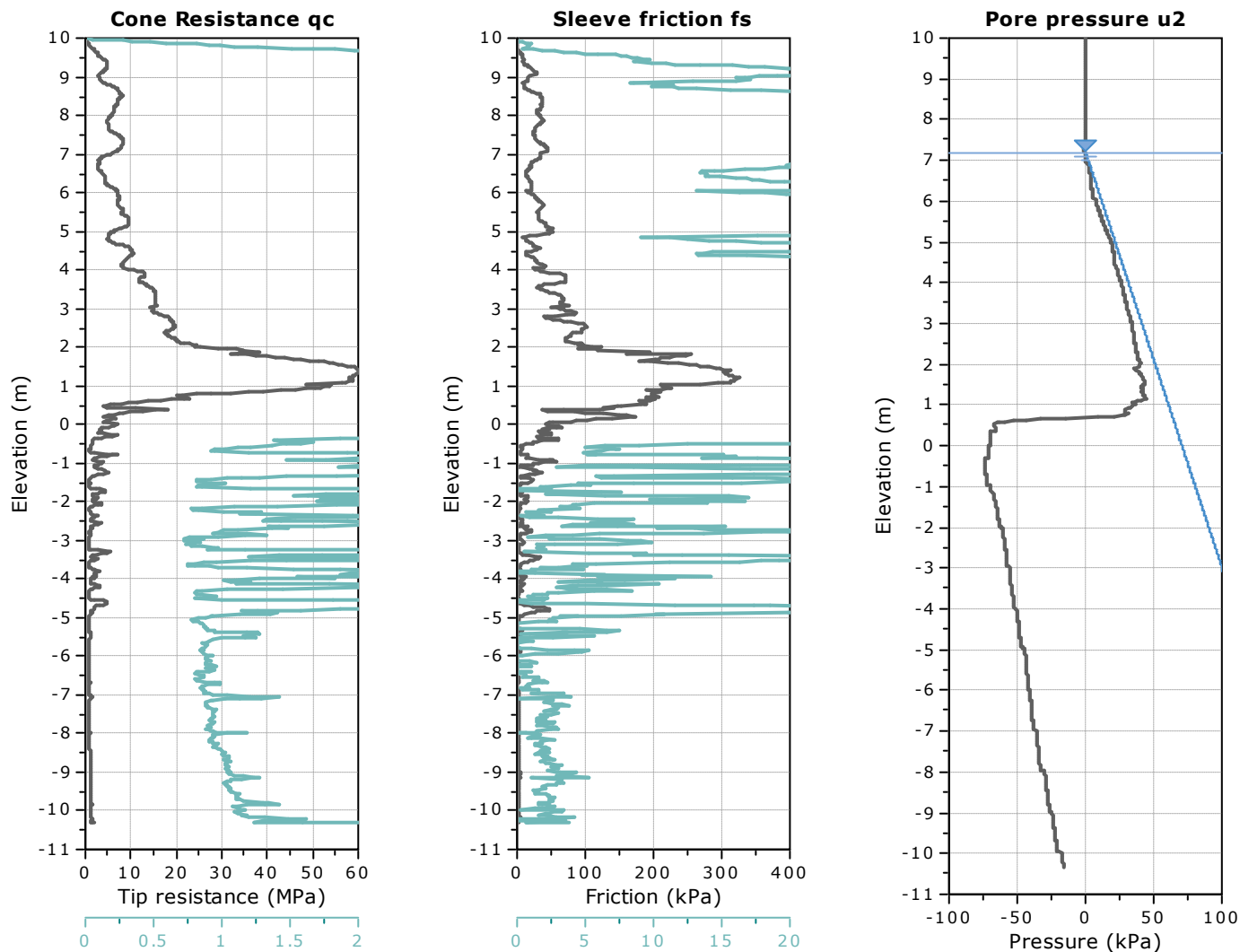
Bilag: 1.17

S. 2/3



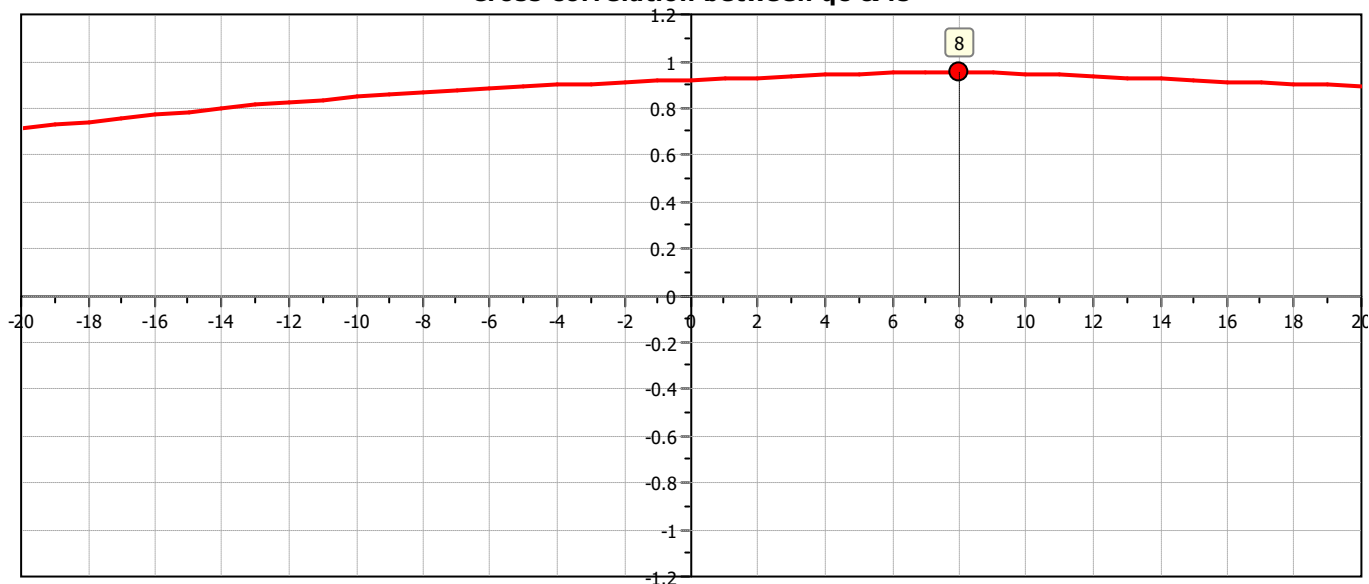
Bilag 2

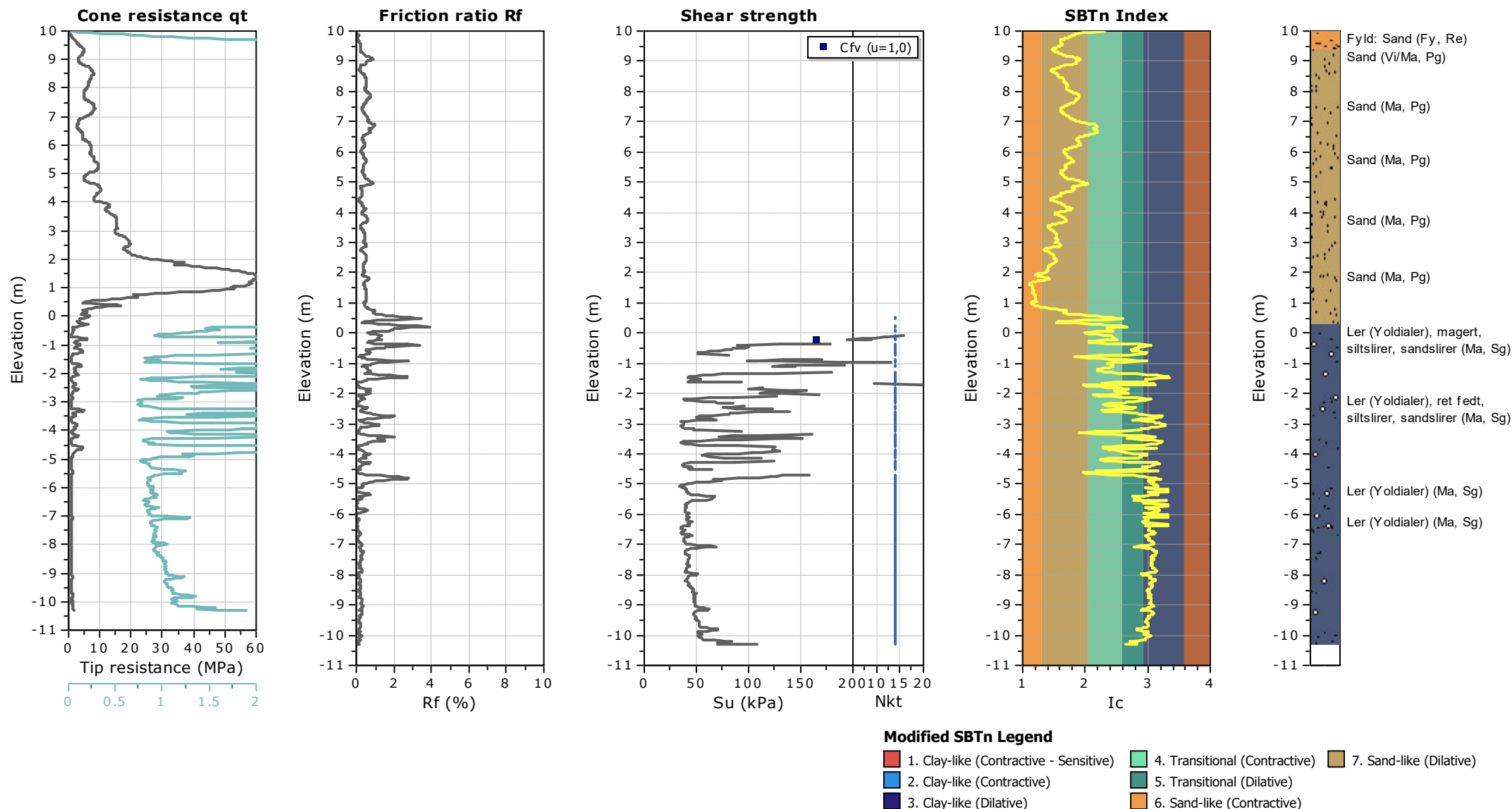
CPeT-IT – Tolkning af CPT

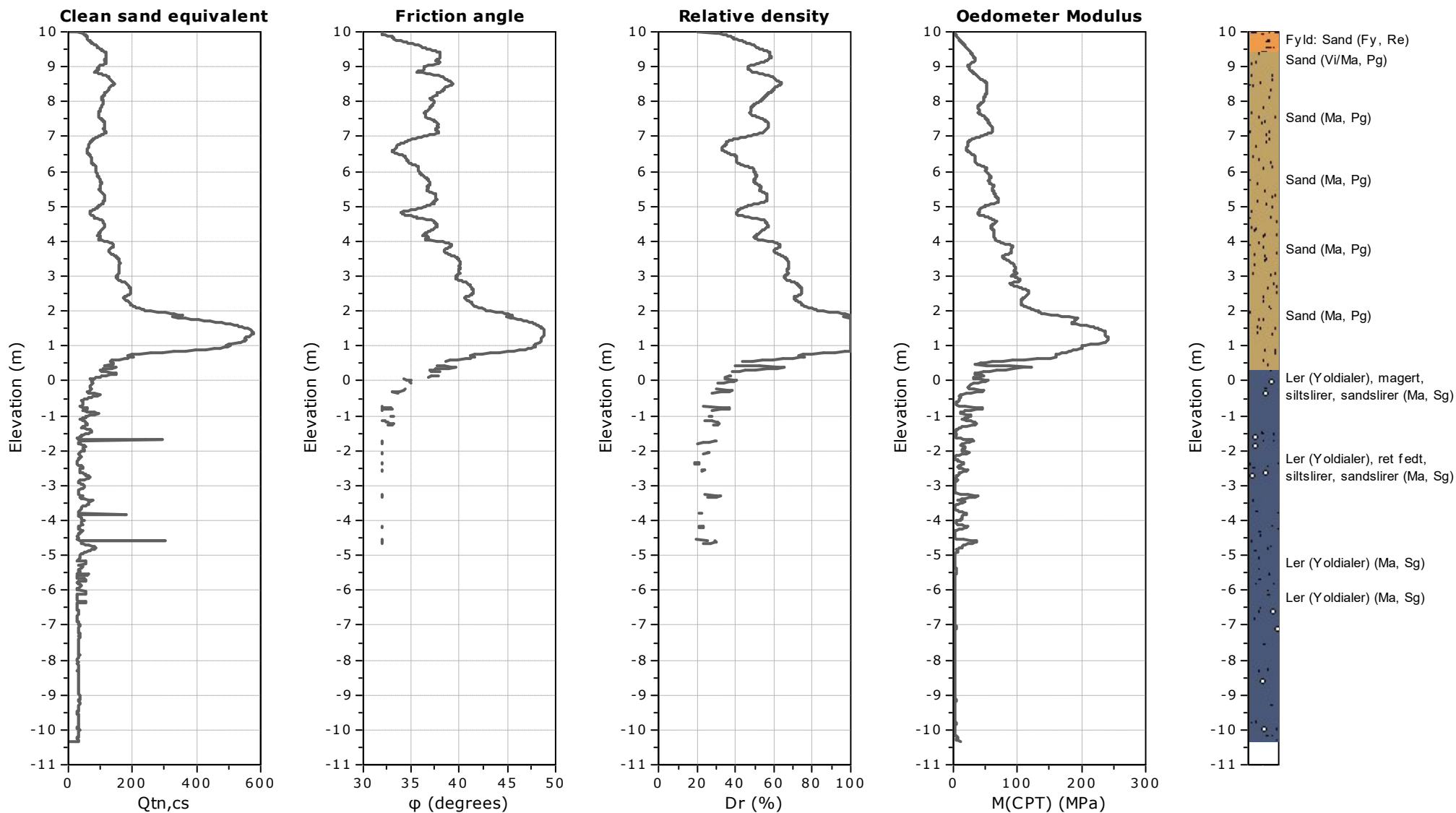


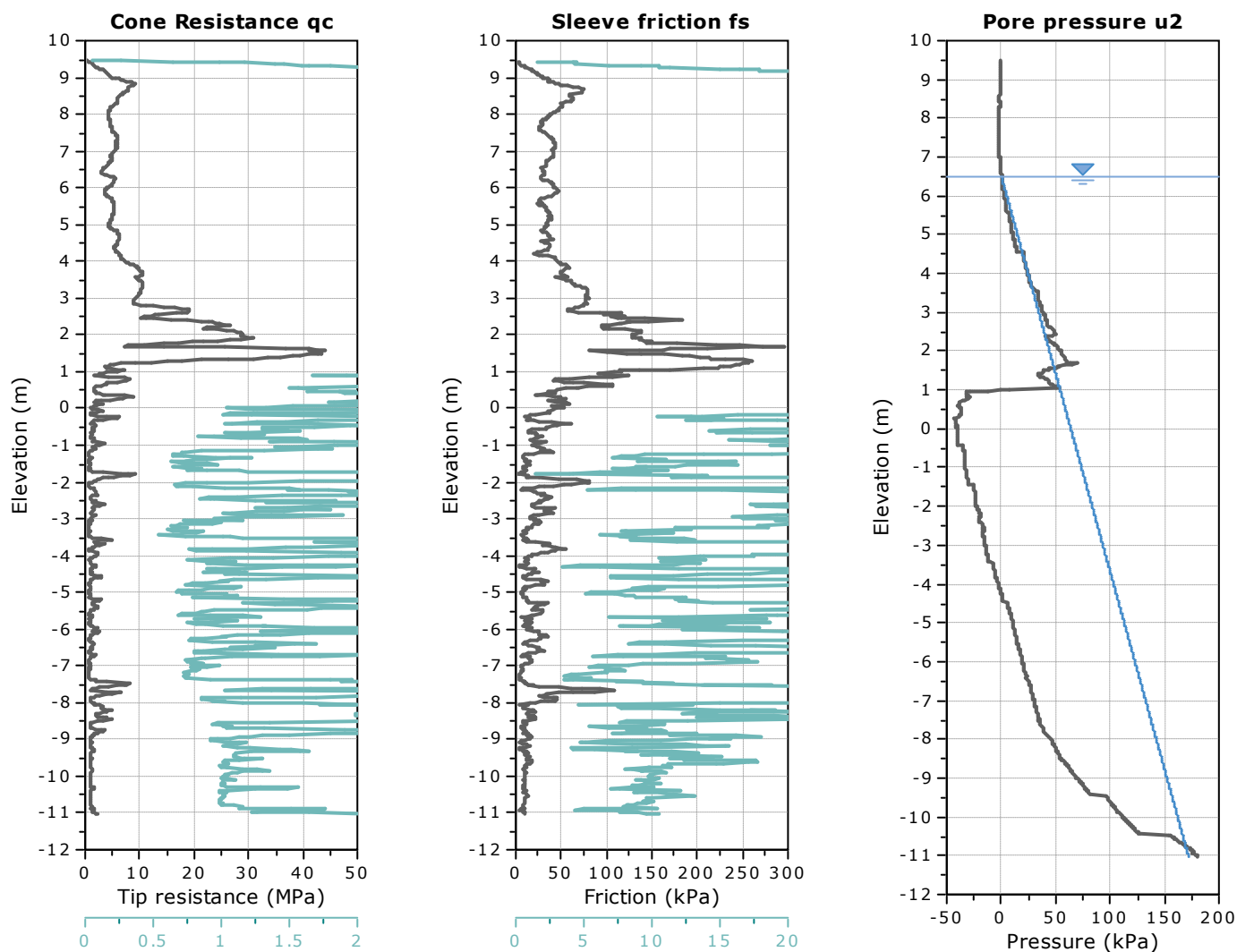
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



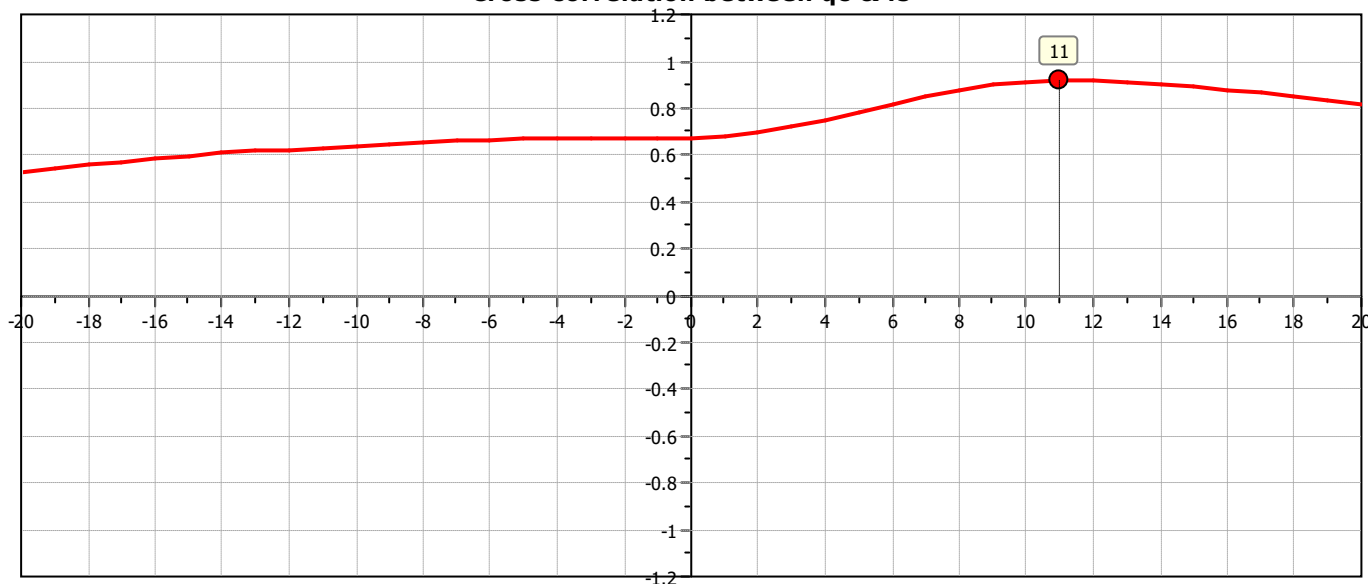


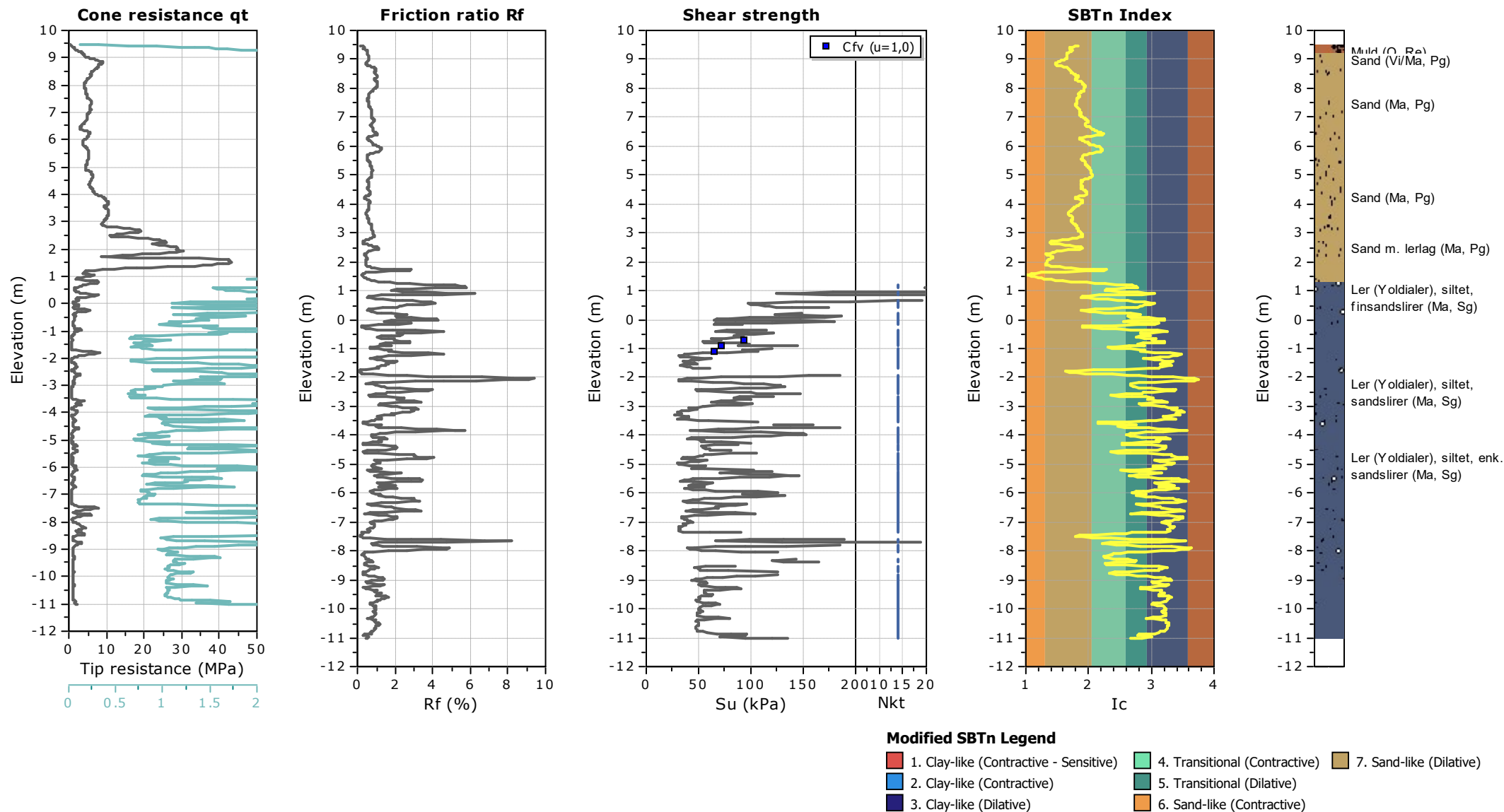


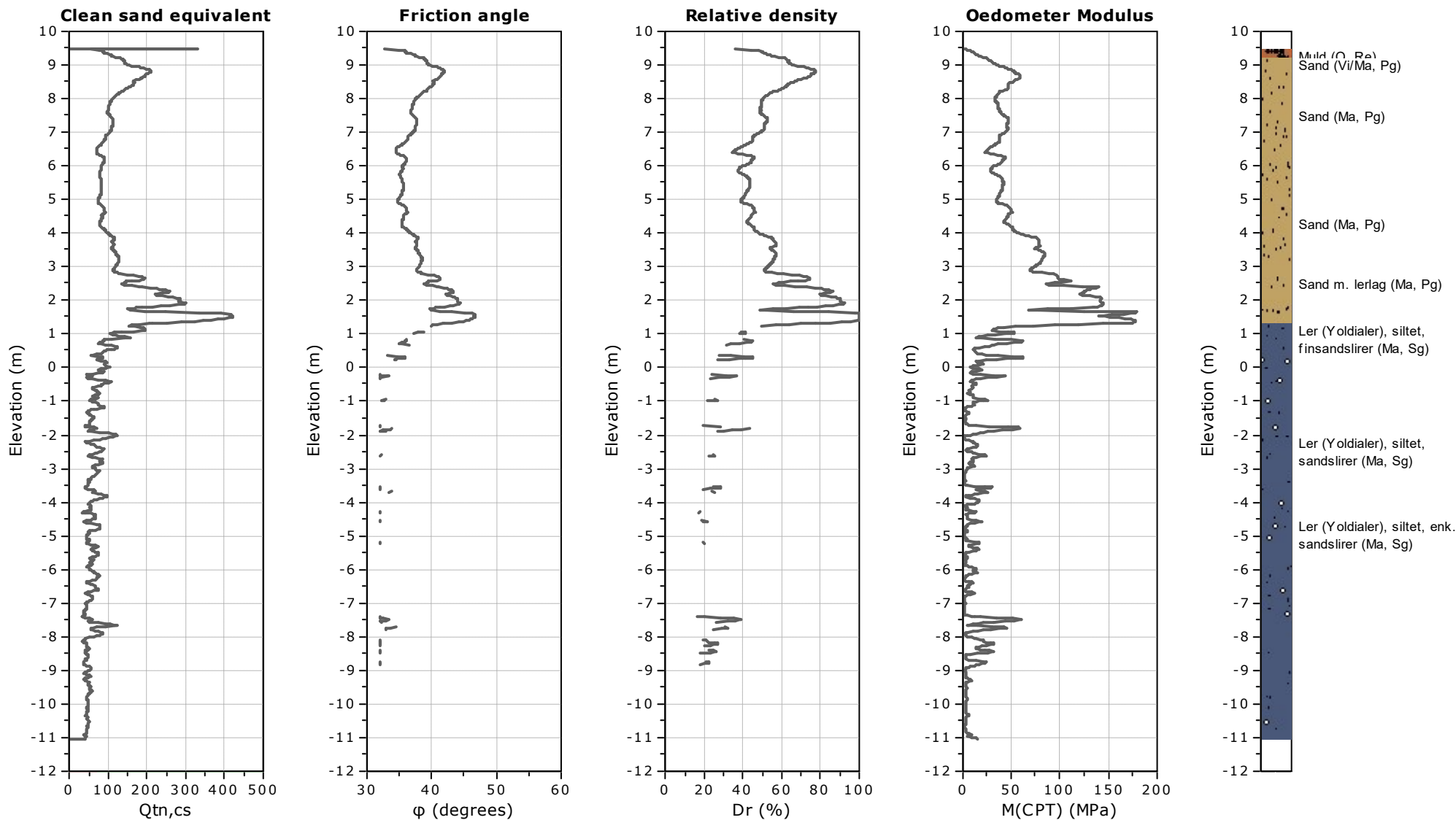


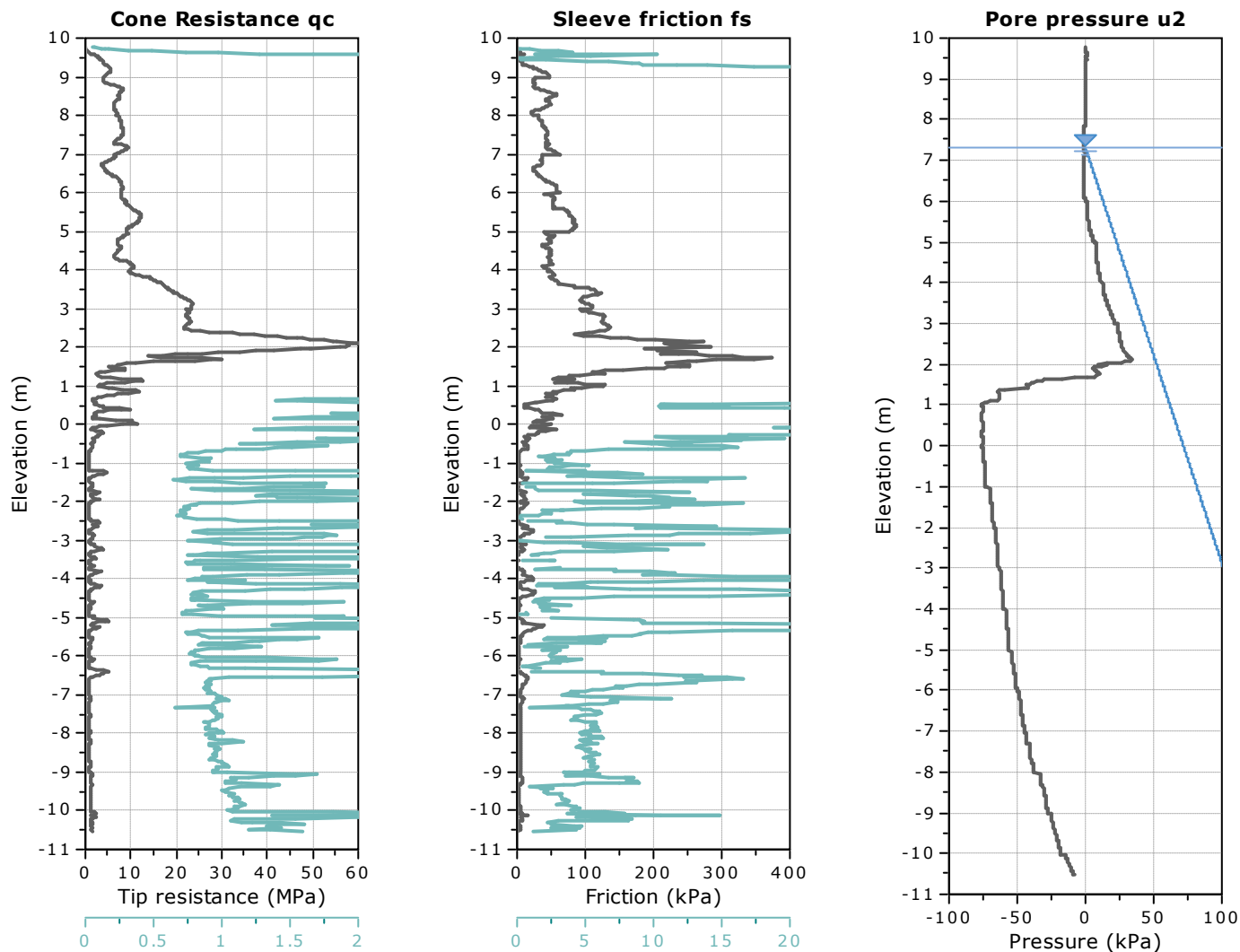
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



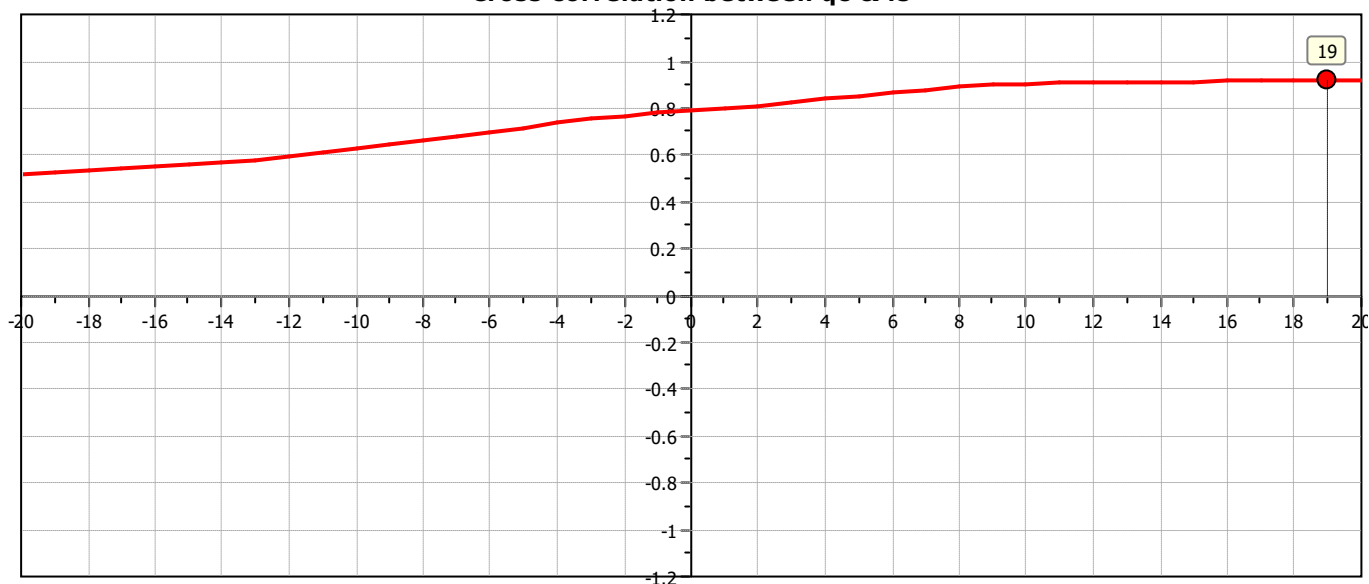


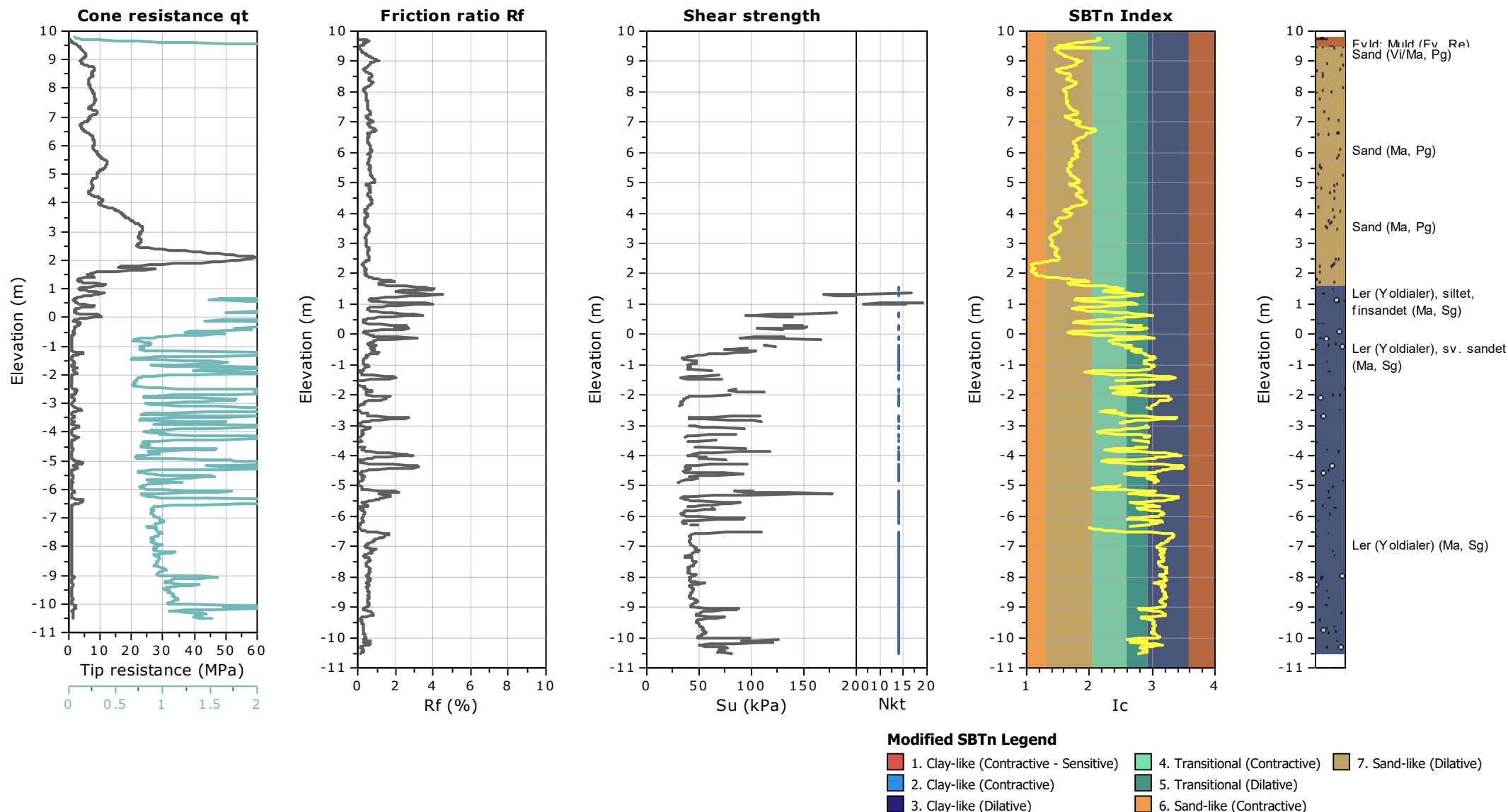


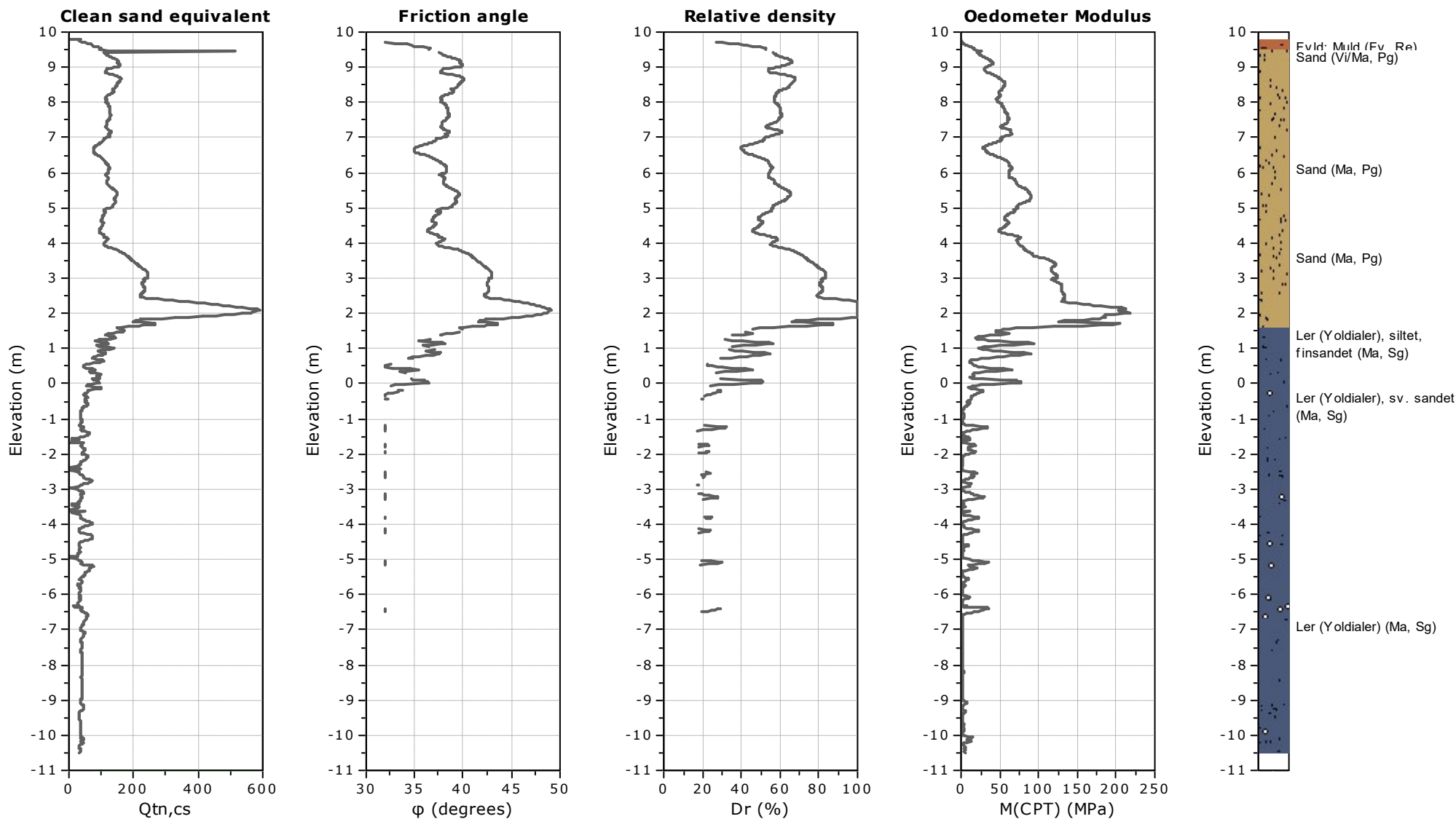


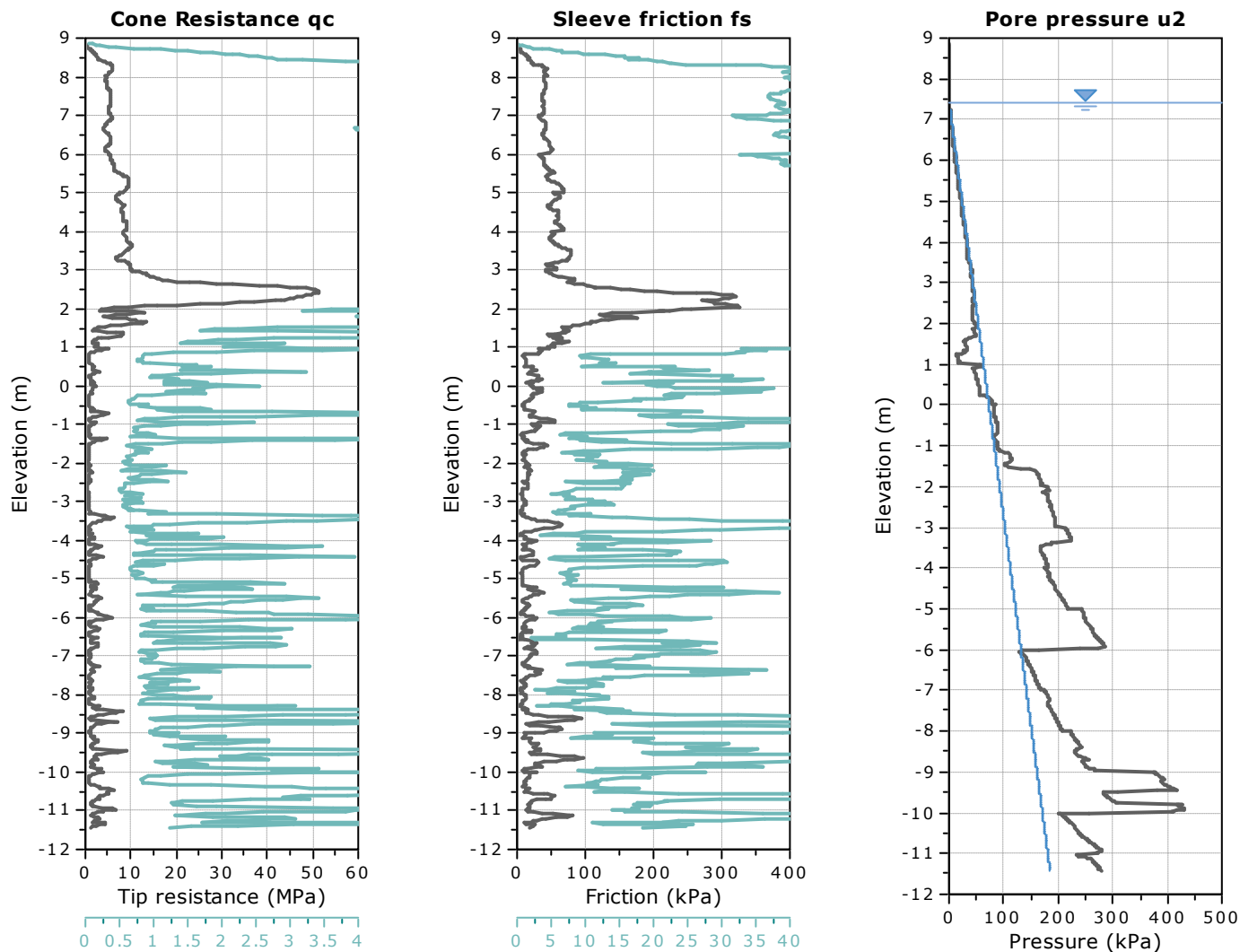
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs

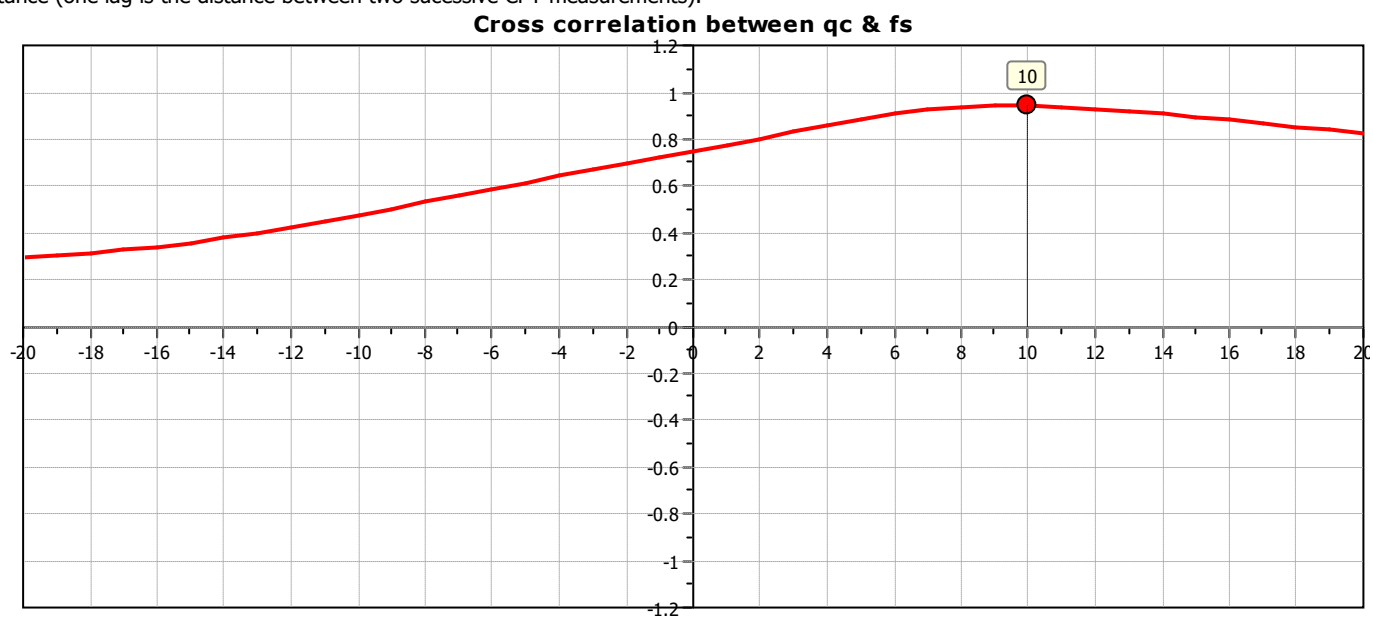


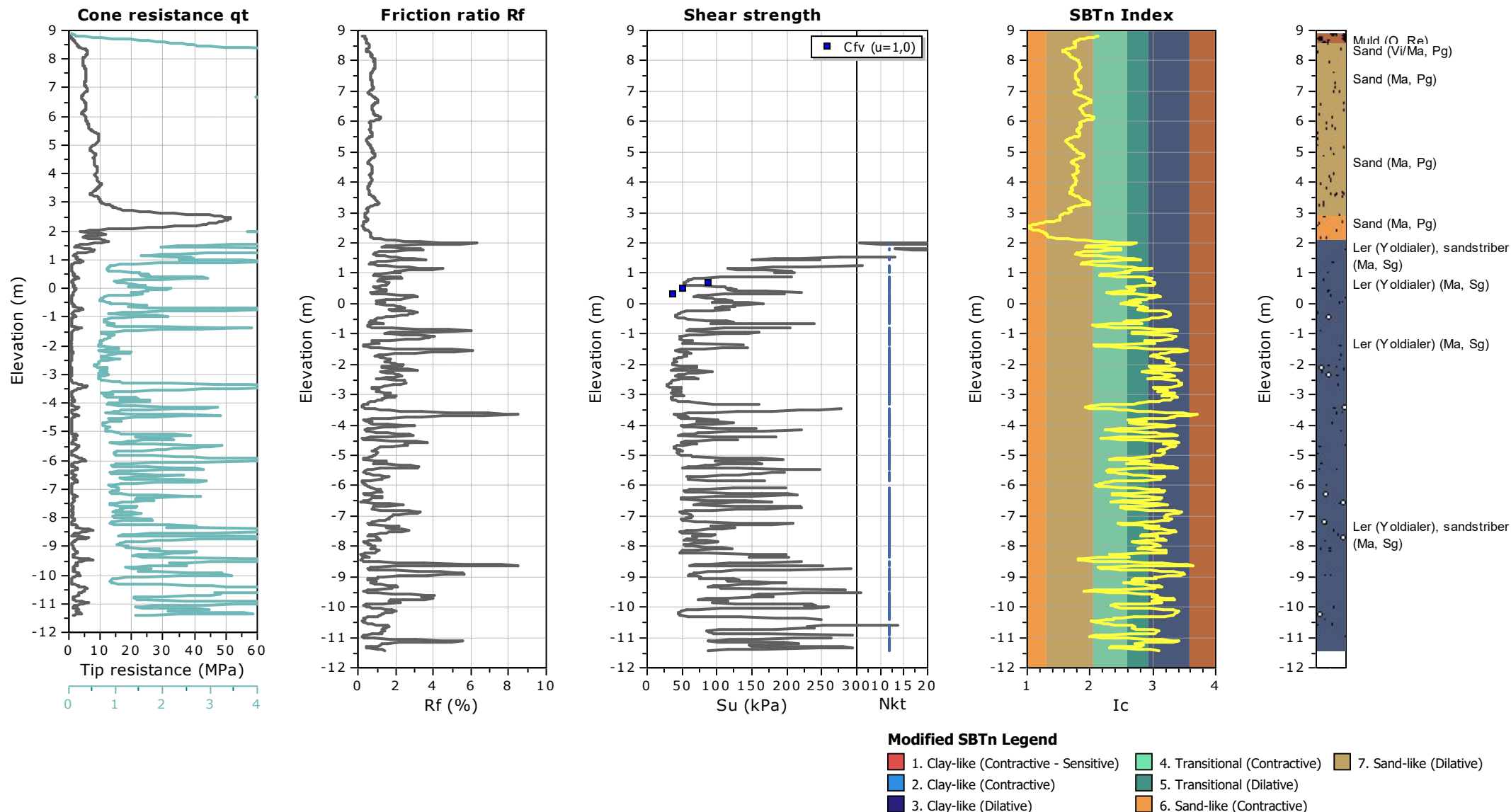


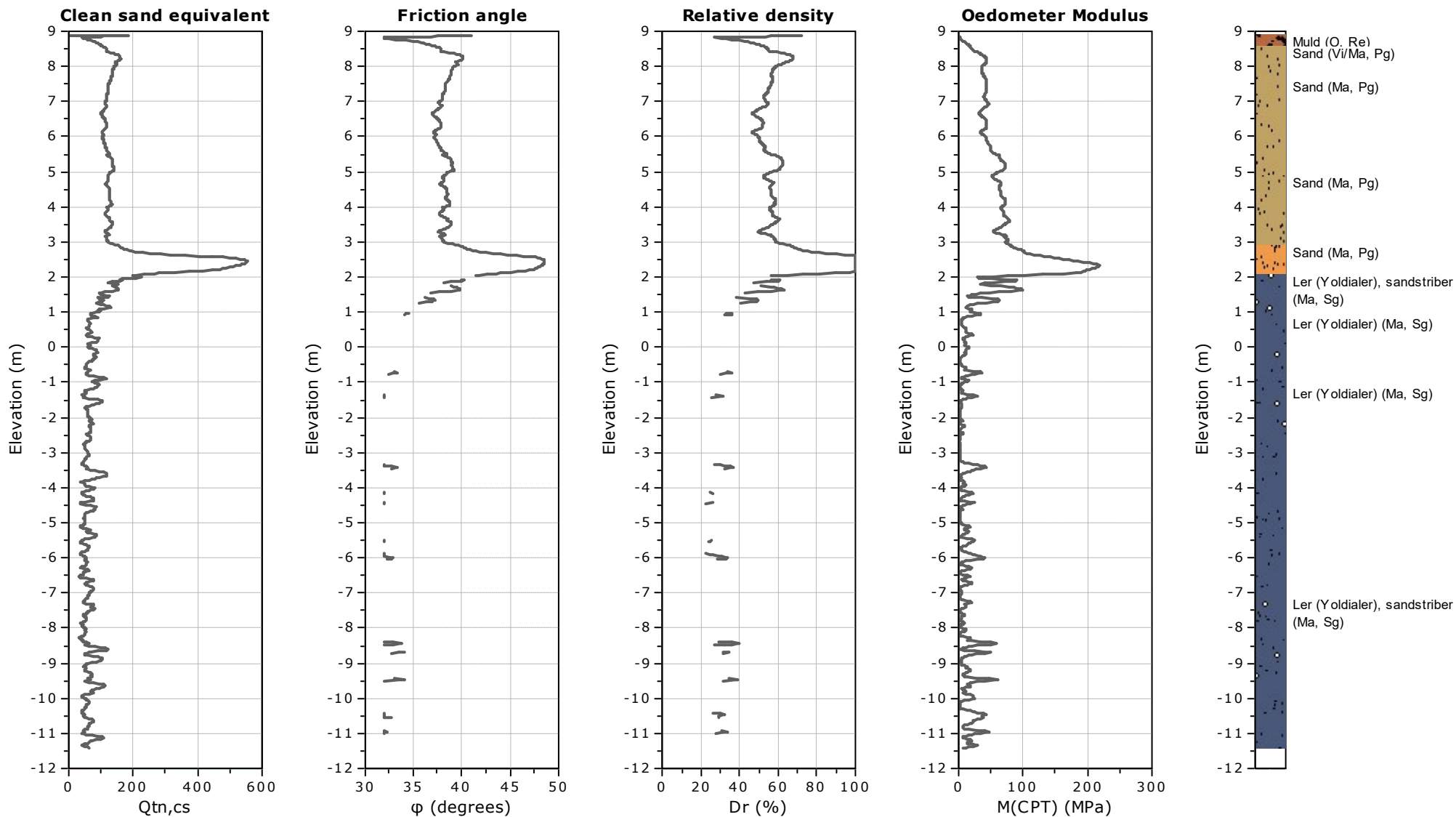


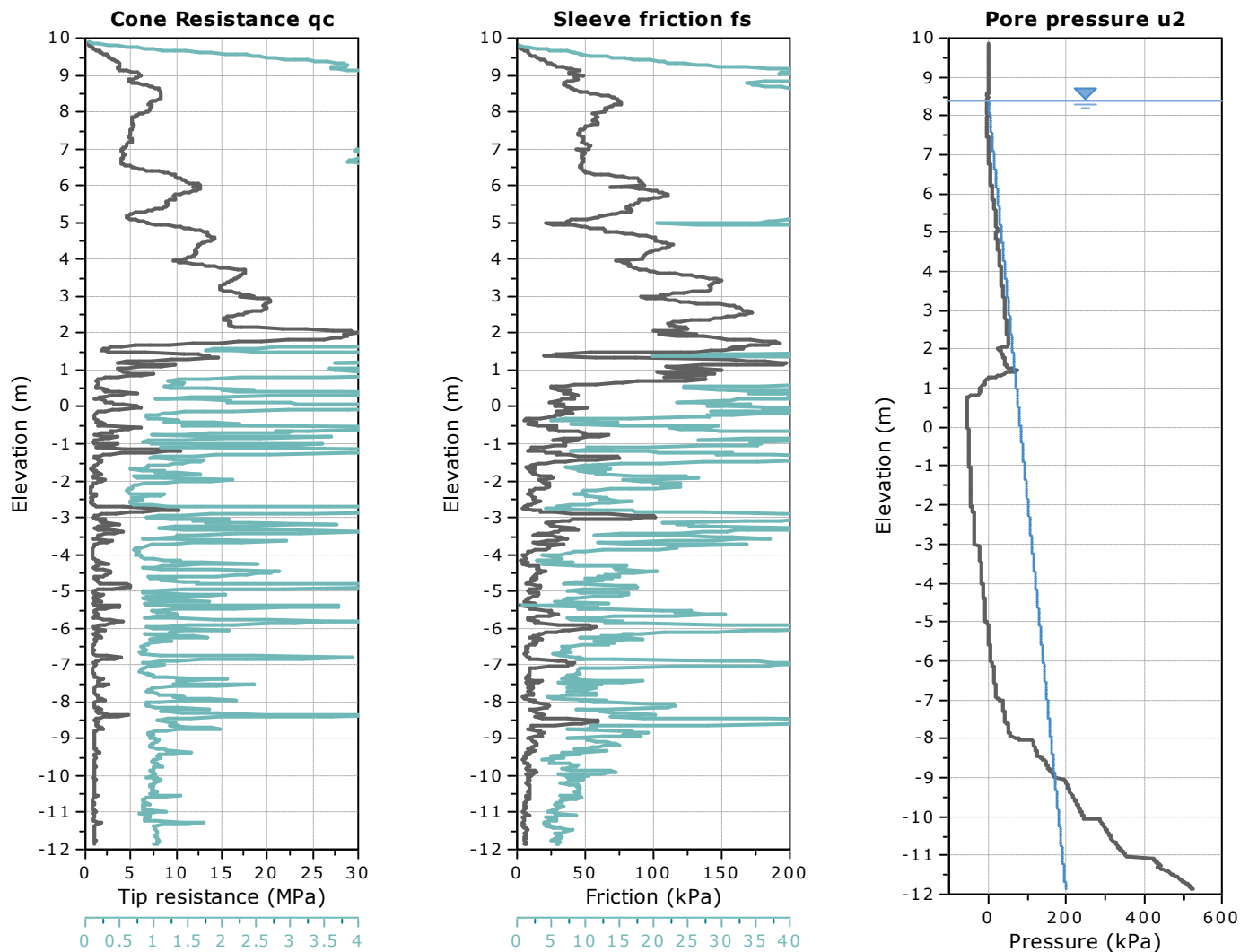


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



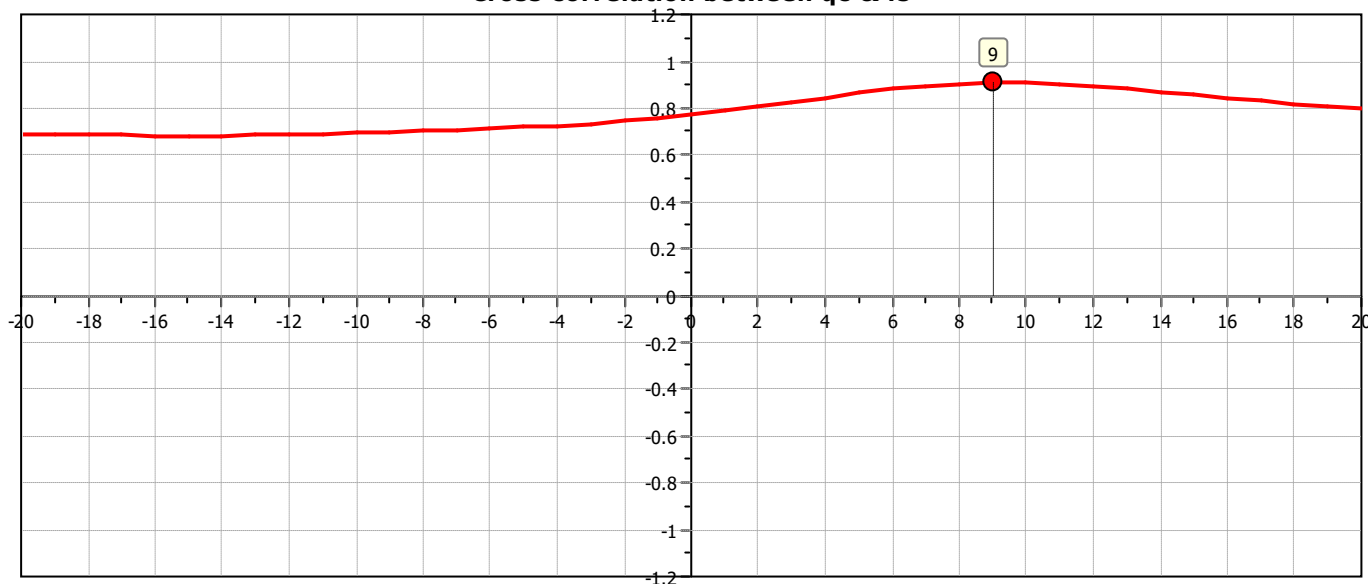


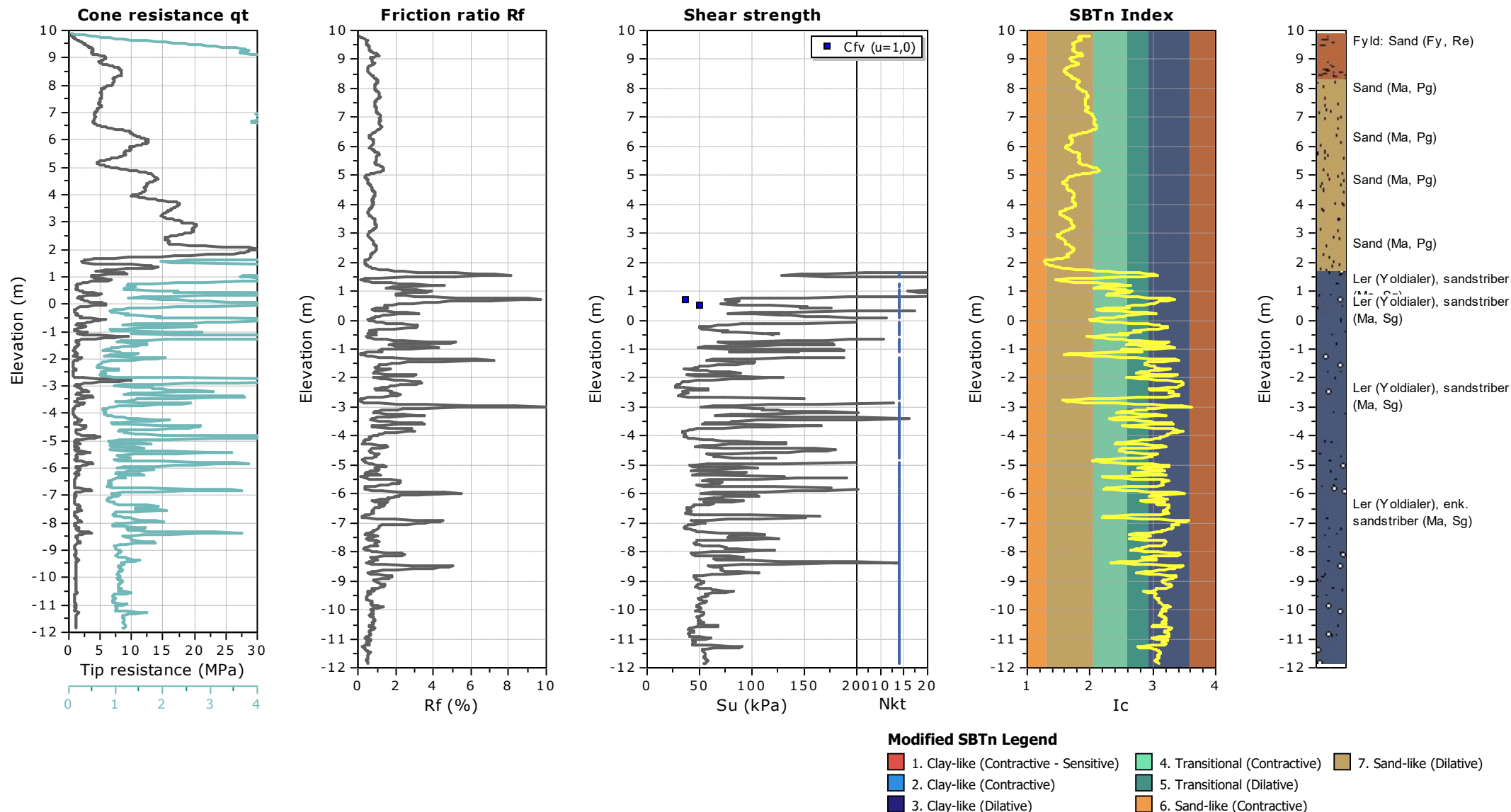


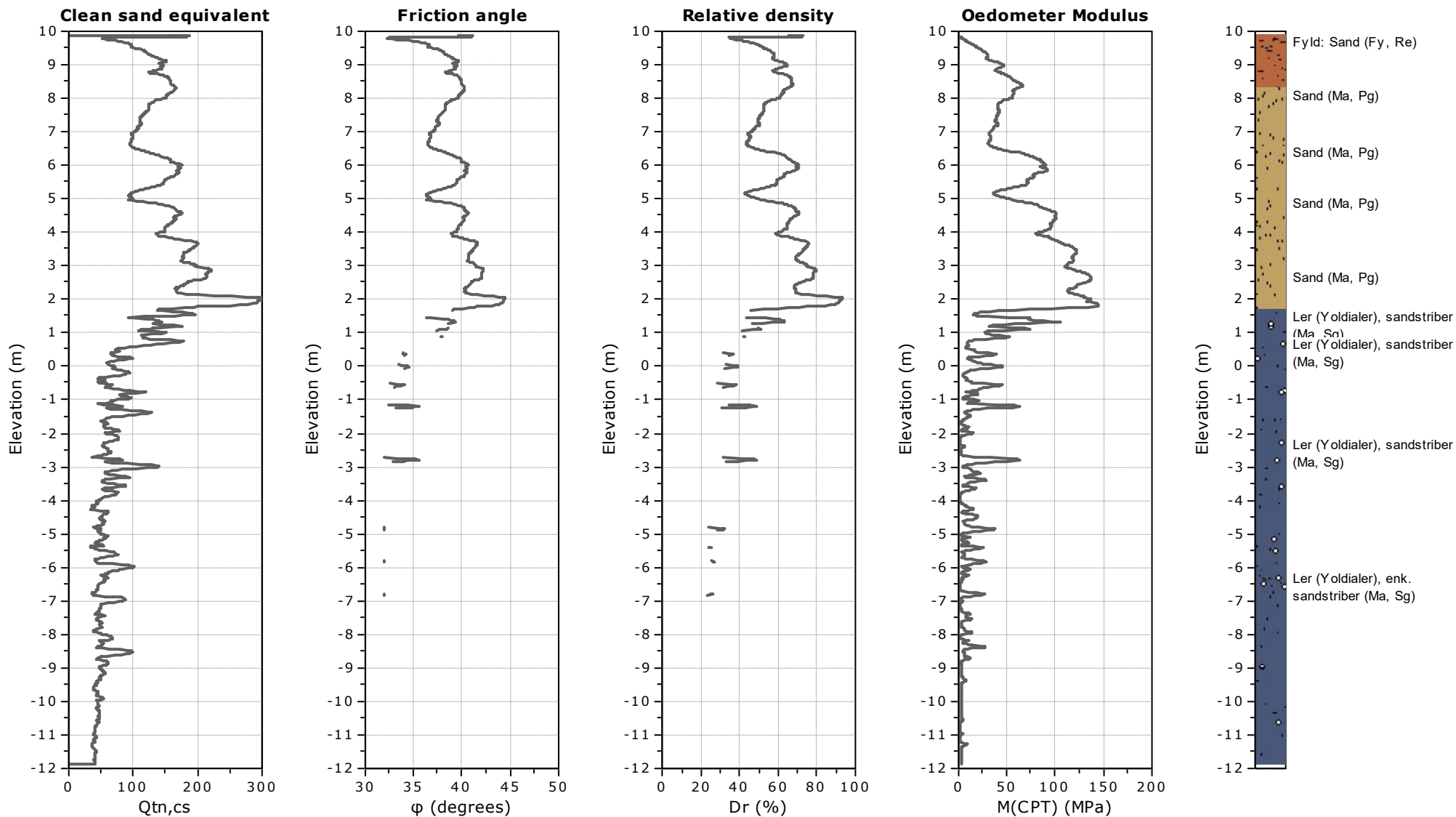


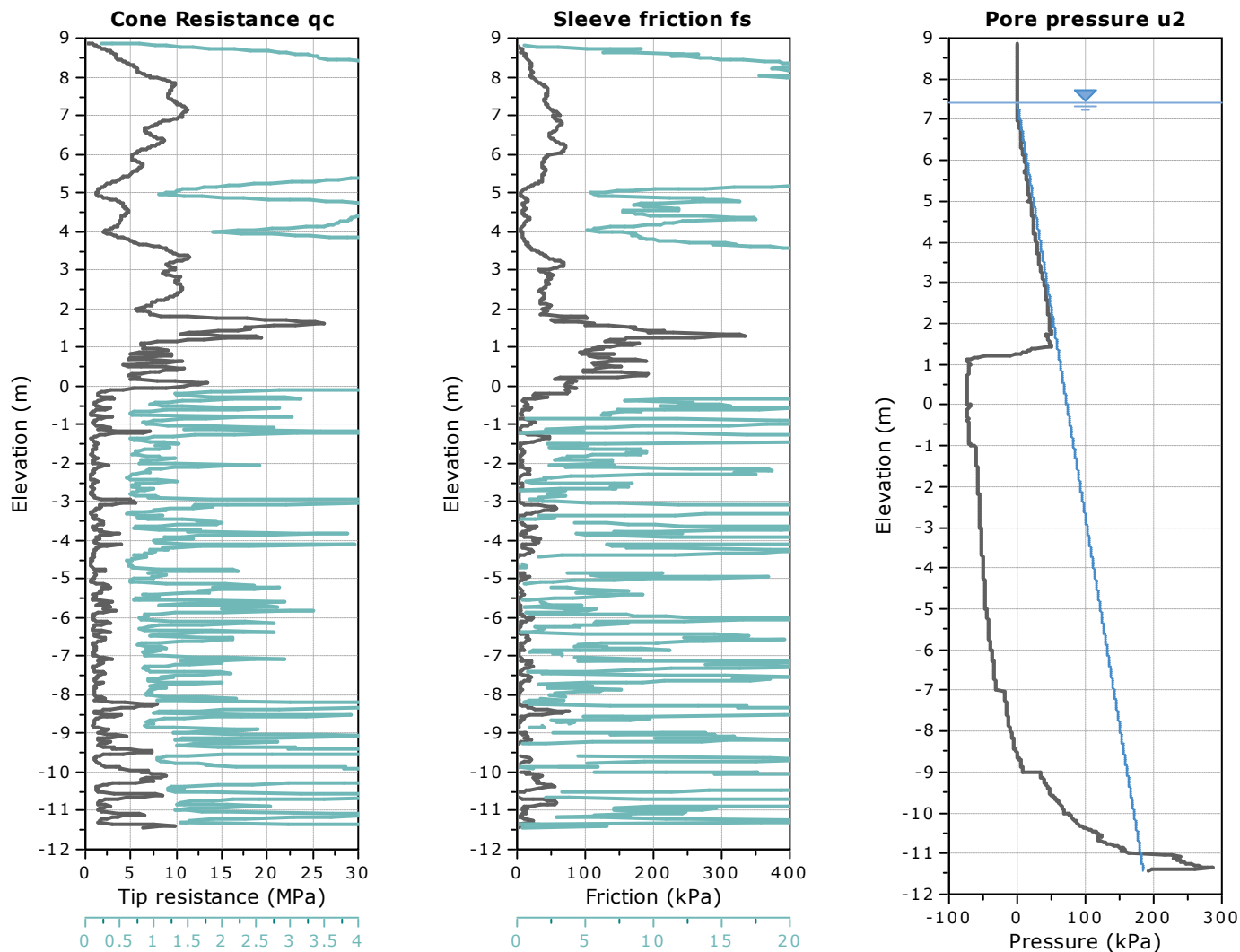
The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs



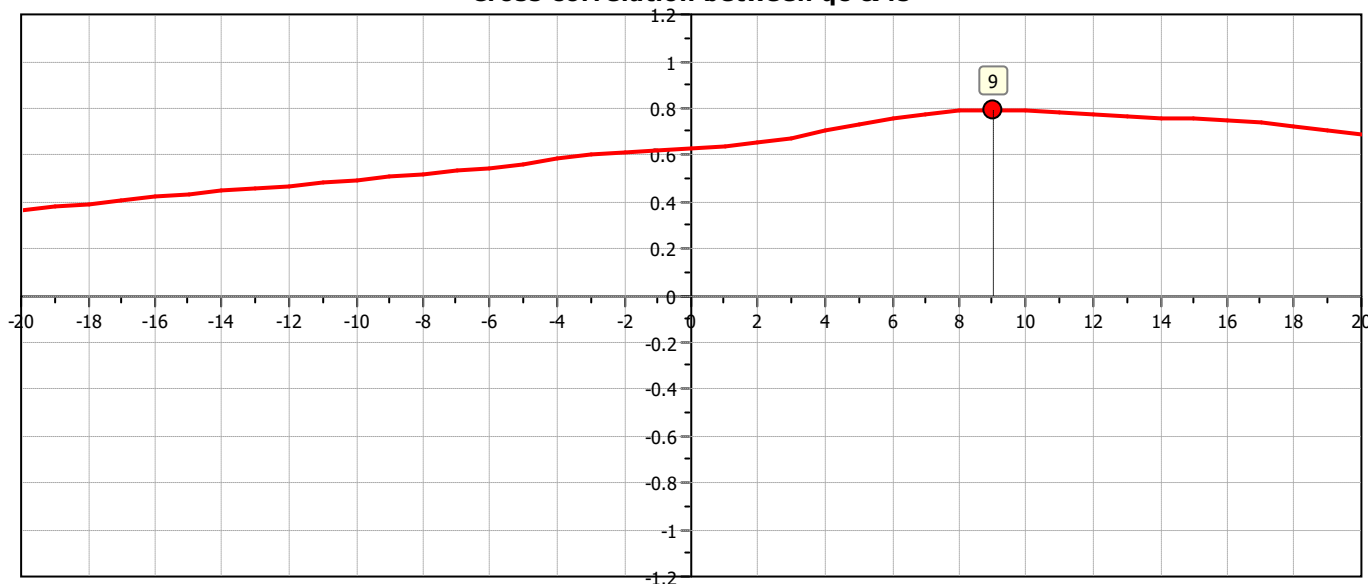


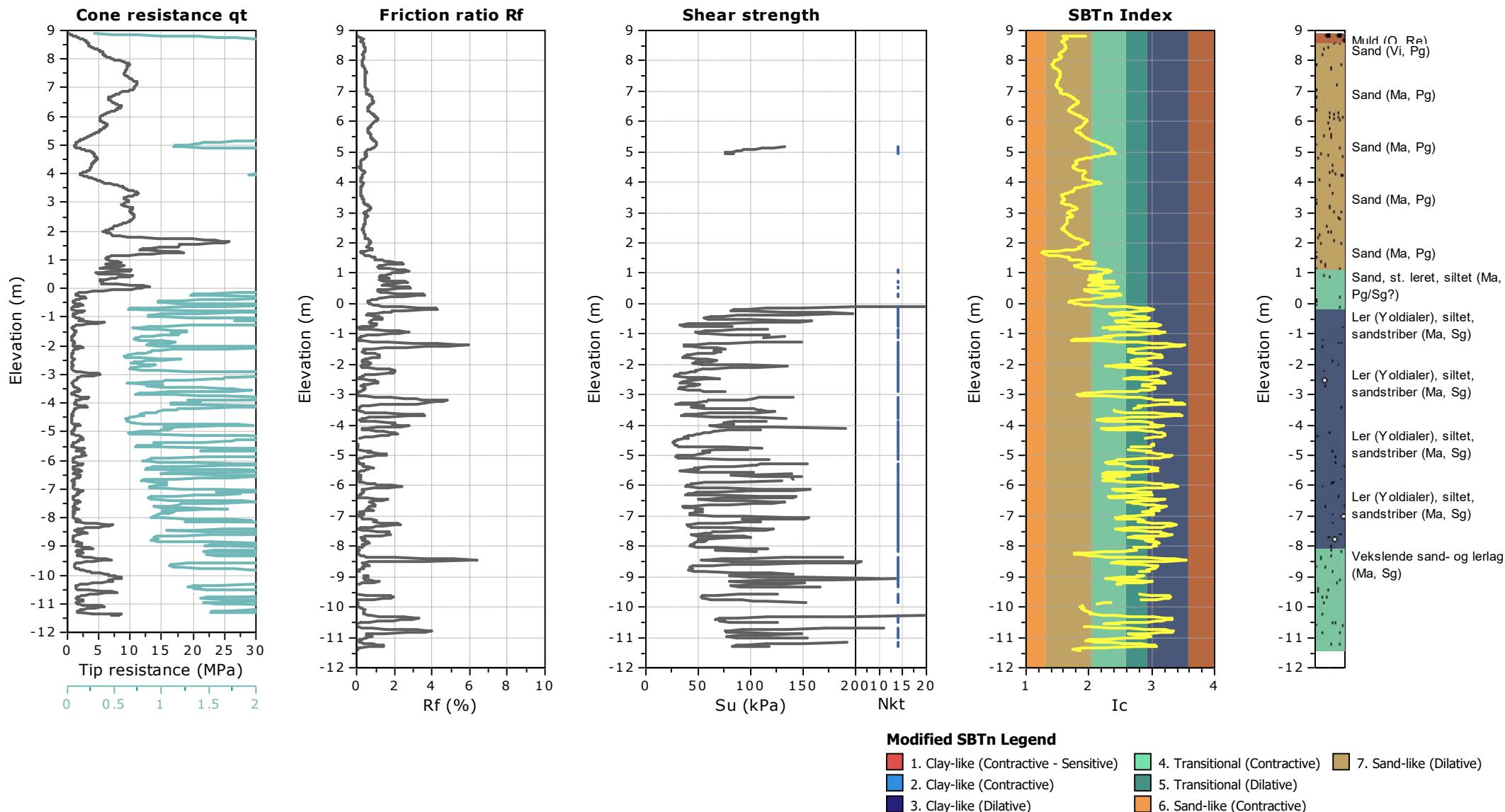


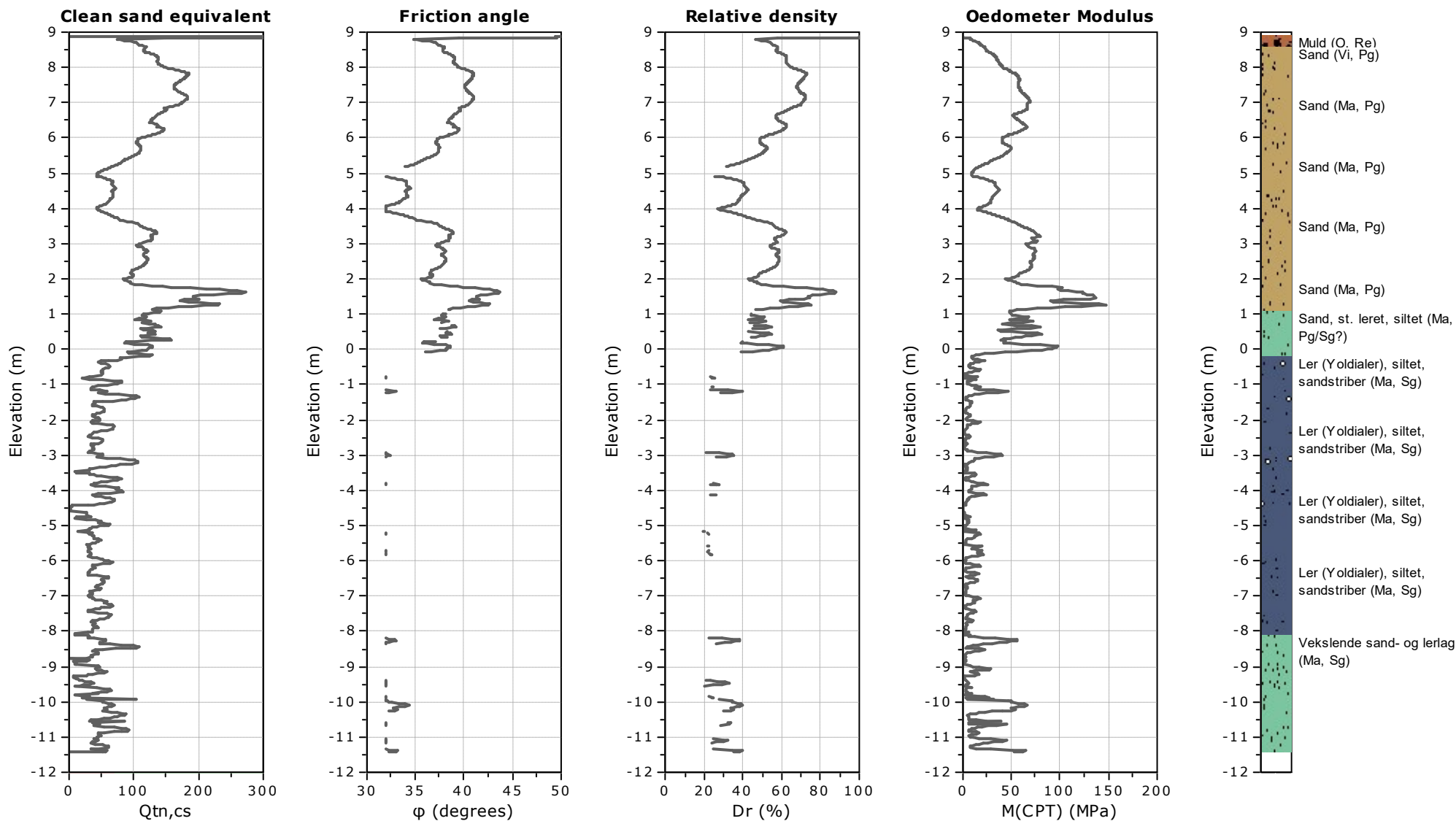


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs







Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

:: Unit Weight, g (kN/m³) ::

$$g = g_w \cdot \left(0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where g_w = water unit weight

:: Permeability, k (m/s) ::

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$$

:: N_{SPT} (blows per 30 cm) ::

$$N_{60} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

:: Young's Modulus, E_s (MPa) ::

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: Relative Density, Dr (%) ::

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n: 5, 6, 7 \text{ and } 8 \text{ or } I_c < I_{c_cutoff})$$

:: State Parameter, ψ ::

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

:: Drained Friction Angle, ϕ (°) ::

$$\phi = \phi'_{cv} + 15.94 \cdot \log(Q_{tn,cs}) - 26.88$$

(applicable only to SBT_n: 5, 6, 7 and 8 or $I_c < I_{c_cutoff}$)

:: 1-D constrained modulus, M (MPa) ::

If $I_c > 2.20$

$\alpha = 8$ for $Q_{tn} > 8$

$\alpha = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 8$

$$M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \geq 2.20$

$$M_{CPT} = 0.03 \cdot (q_t - \sigma_v) \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Small strain shear Modulus, G_0 (MPa) ::

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

:: Shear Wave Velocity, V_s (m/s) ::

$$V_s = \left(\frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

:: Undrained peak shear strength, S_u (kPa) ::

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, $S_u(rem)$ (kPa) ::

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9 \text{ or } I_c > I_{c_cutoff})$$

:: Overconsolidation Ratio, OCR ::

$$k_{OCR} = \left[\frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Peak Friction Angle, ϕ' (°) ::

$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

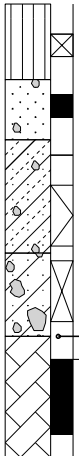
References

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)
- N Barounis, J Philpot, Estimation of in-situ water content, void ratio, dry unit weight and porosity using CPT for saturated sands, Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium

Bilag A

Signaturforklaring – Geotekniske boringer

Forsøgsresultater

Jordartssignatur	Situationsplan	Boreprofil
 FYLD  MULD  MULD, sandet  SAND, muldet  SAND, muldpartier  STEN  GRUS  SAND  SILT  LER  MORÆNESAND  MORÆNESILT  MORÆNELER  KALK (KRIDT)  FLINT  KLIPPE  GYTJE  SKALLER  TØRV  TØRVEDYND  PLANTERESTER  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) 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 Nedskyl Is Interstadial O Overjord Te Tertiær Sk Skredjord Ng Neogen Sm Smeltevand Pn Palæogen Vi Vindaflejet Pi Pliocæn Vu Vulkansk Mi Miocæn Oi Oligocæn Eo Eocæn Pl Palæocæn Sl Selandien Da Danien Kt Kridt Ms Maastrichtian Se Senon Re Recent  Prøvenummer 1 2 3 4 5 6 Glas prøve Intakt prøve (Prøve med lab. forsøg) Omrørt prøve Stor omrørt prøve SPT prøve Laggrænse Kerne prøve Pejlerør Terrænkote Top Pejling Bund af filterrør 2016.01.07 Længde Afstand 1 Indtagsnr. Topkote / Ref. kote Beton Fyld GVS Bentonit Filtergrus Filterrør I moræneaflejringer kan der forventes sten og blokke, der ikke ses i borerne.		

Definitioner

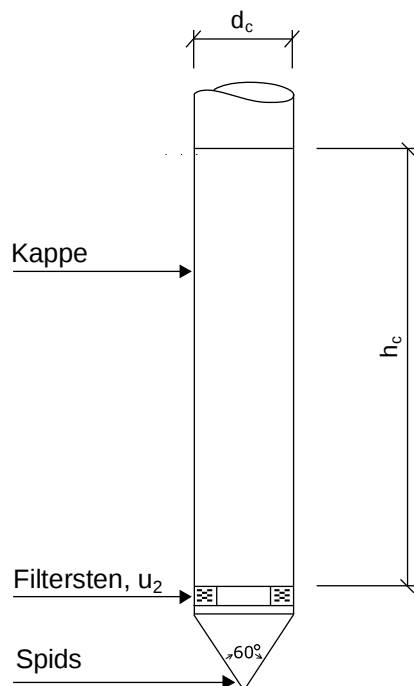
Signatur	Emne	Fork.	Enhed	Beskrivelse
○	Vandindhold	W	[%]	Vand i % af tørstofvægt
—	Flydegrænse	WL	[%]	Vandindhold ved flydegrænser
— —	Plasticitetsgrænser	WP	[%]	Vandindhold ved plasticitetsgrænse
— —	Plasticitetsgrænser	IP	[%]	IP = WL - WP
▽	Rumvægt	γ	[kN/m³]	Forholdet mellem totalvægt og totalvolumen
■	Poretal	e		Forhold mellem porevolumen og kornvolumen
+	Glødetab	gl	[%]	Vægttab ved glødning i % af tørstofvægten
x	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
++/+/+/-/-/?/?/?	Frost			++ Opfrysningssfarlige under alle betingelser + Opfrysningssproblemer, selv under korte frostperioder (+) Opfrysningssproblemer, under længere frostperioder - Ikke opfrysningssfarlig -- Absolut ingen opfrysningssfare ? 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
○	Vingestyrke, intakt	cfv	[kN/m²]	Udrænet forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i intakt jord
○	Vingestyrke, omrørt	crv	[kN/m²]	Udrænet forskydningsstyrke målt ved vingeforsøg i omrørt jord
				vr. Vinge afvist vd. Forsøg med defekt vinge st. Forsøg påvirket af sten
— — —	Sonderingsmodstand			
	- 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

Bilag B

Signaturforklaring – CPT

CPTu-sonde

Reference: DS/EN ISO 22476-1, Geotechnical investigation and testing - Field Testing - Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test



Specifikation for standard CPTu-sonde:

Tværsnitsareal	1000 mm ² el. 1500 mm ²
Spidsens vinkel	60°
Kappens overfladeareal	15000 mm ² el. 22500 mm ²
Nedpresningshastighed	20 mm/sek ± 5 mm/sek
Cone area ratio (a) (arealfaktor)	0,5-0,9

Målte parametre :

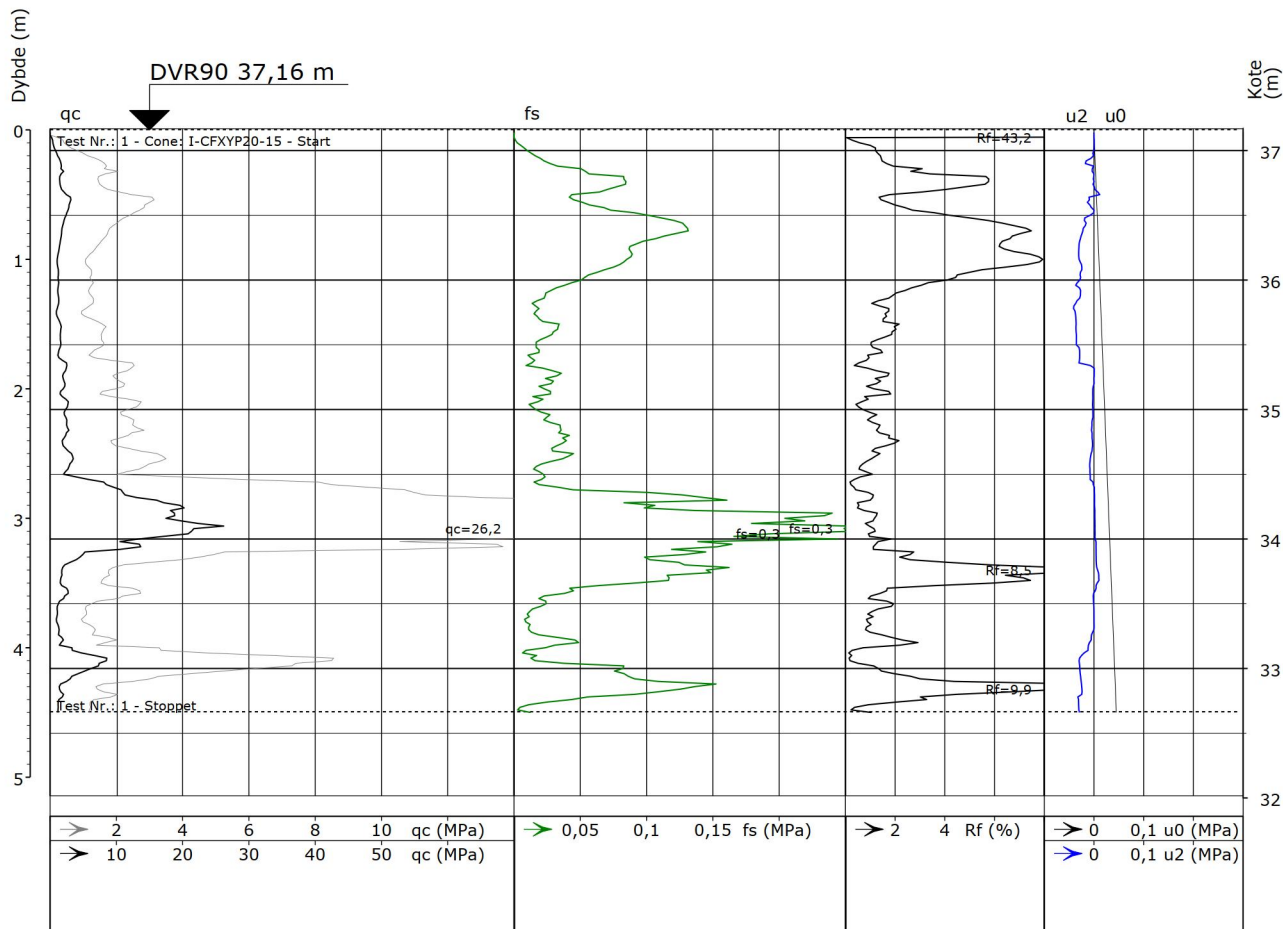
Spidsen:	spidsmodstand	q_c (MPa)
Kappen:	friktion	f_s (MPa)
Filtersten:	poretryk	u_2 (MPa)

Beregnete værdier:

Friktionsforholdet:	$R_f = f_s / q_c \times 100\%$
Korrigeret spidsmodstand:	$q_t = q_c + u_2(1-a)$
Hydrostatisk vandtryk:	$u_0 = \text{dybde} \times \gamma_w$

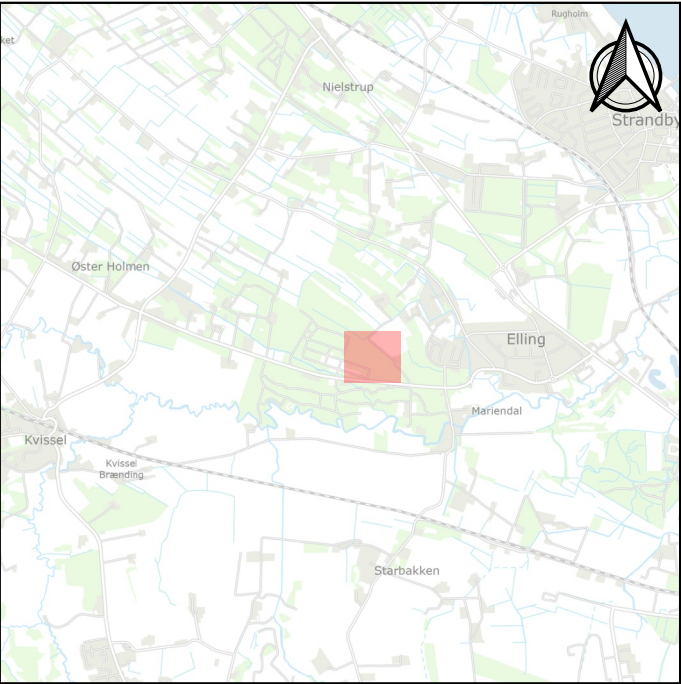
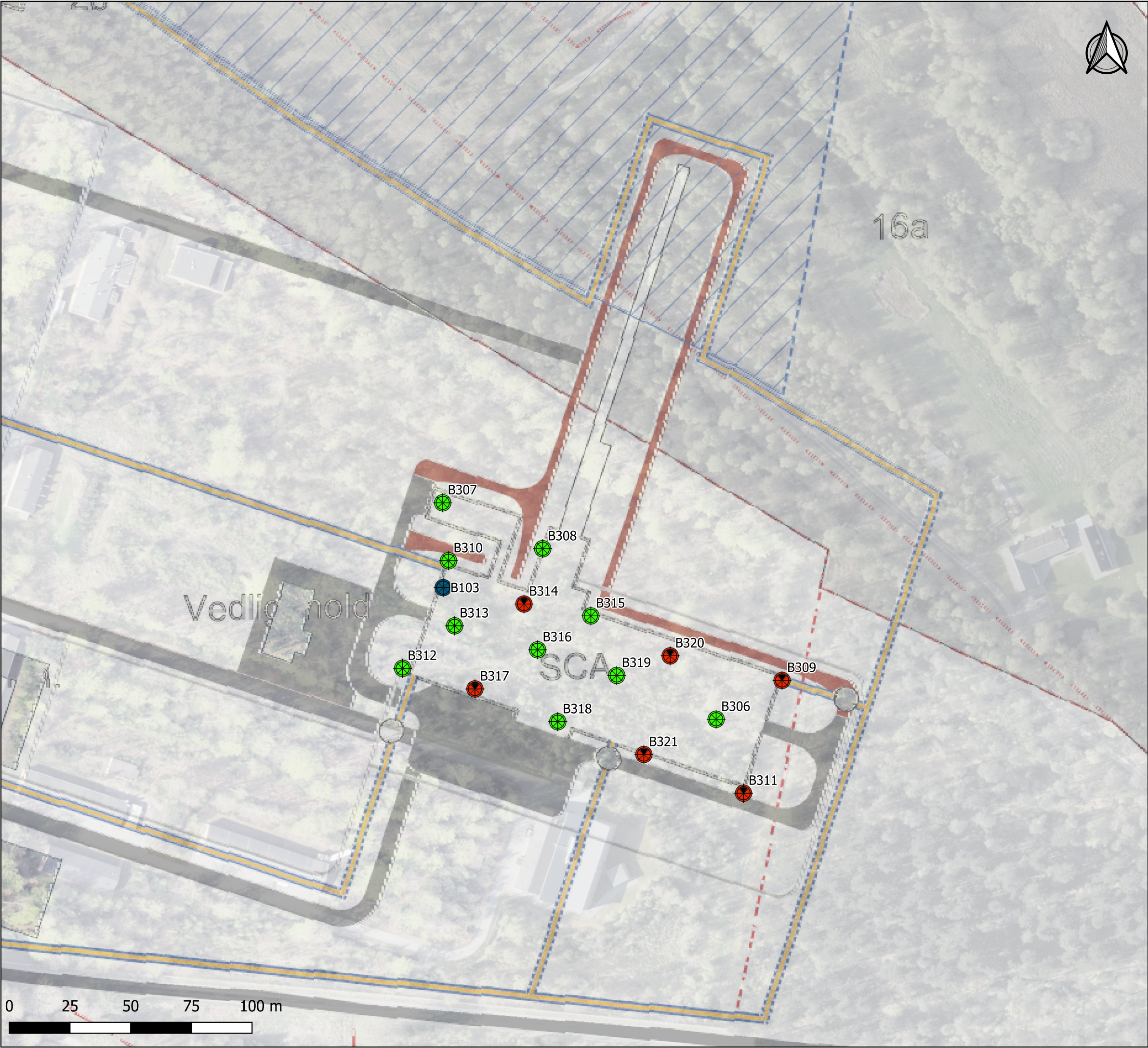
CPTu-profil

Resultat af markforsøg



Bilag S

Situationsplan



Signaturforklaring

- 7 m geoteknisk boring
- 8 m geoteknisk boring
- 10 m geoteknisk boring + 20 m CPT

Baggrundskort
2024 Ortofoto forår

Bilag S: Situationsplan

Projekt: Elling Supplerende undersøgelser 2025	Mål: 1:1500 (A3)
Koordinatsystem: ETRS89 / UTM zone 32N	Kotesystem: DVR90
Udarbejdet af: ANSP	Kontrolleret af: JEER
Godkendt af: MNO	Dato: 16.09.2025

NIRAS A/S
Sortemosevej 19
3450 Allerød

Telefon: 48104200
E-mail: niras@niras.dk
CVR-nr.: 37295728