

Dott. Geol. Marco Roncuzzi

Via Zagarelli alle Mura, 22

48121 Ravenna

Cell. 348 - 2210867

e-mail: mroncuzzi@gmail.com

C.F. RNCMRC65H18H199M

P.I. 01326610399

PROVINCIA DI RAVENNA

COMUNE DI RAVENNA

**COSTRUZIONE NUOVA SALA POLIVALENTE /
SPOGLIATOI PRESSO IL CENTRO SPORTIVO
DI CAMERLONA - RAVENNA**

RELAZIONE GEOLOGICA

**CON PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO ED
ANALISI DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE**

Località: Camerlona (Ravenna), Via S. Egidio 8

Committente: **COMUNE DI RAVENNA**
SERVIZIO EDILIZIA SCOLASTICA
U.O. Edifici scolastici e impianti sportivi
Viale Berlinguer, 68 48124 - Ravenna



Ravenna , 20 agosto 2019

INDICE

1. PREMESSA	Pag. 1
2. MODELLO GEOLOGICO REGIONALE E LOCALE	Pag. 2
3. MODELLO IDROGEOLOGICO	Pag. 9
4. INDAGINE GEOGNOSTICA	Pag. 10
5. DESCRIZIONE LITOLOGICO – STRATIGRAFICA	Pag. 11
6. PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEL TERRENO	Pag. 13
7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO	Pag. 17
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 21

ALLEGATI

- **PROVA PENETROMETRICA CPTU**
- **REPORT ANALISI RISCHIO LIQUEFAZIONE**

1. PREMESSA

Nella presente relazione sono state analizzate le caratteristiche geologiche, geotecniche e di risposta sismica del terreno di fondazione di un'area, sita a Camerlona di Ravenna in Via S. Egidio n°8, ove è prevista la costruzione di una nuova sala polivalente / spogliatoi presso il centro sportivo per il calcio.

Le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno di fondazione sono state determinate tramite l'esecuzione di una prova penetrometrica statica con punta piezocono "CPTU". Tale prova ha permesso di definire con esattezza le caratteristiche litostratigrafiche dell'area di progetto anche in relazione alla storia deposizionale dei terreni riscontrati (*vedi allegati: "prova penetrometrica CPTU"*).

Ai fini della definizione dell'azione sismica locale è stata considerata l'Analisi di Risposta sismica Locale (III° livello di approfondimento), effettuata per il Comune di Ravenna dal Geol. S. Tabanelli (supportata da un'indagine geofisica HVSR - Aprile 2019).

I risultati delle indagini suddette, corredati ai dati esistenti in bibliografia, hanno in sintesi permesso di definire:

- Le caratteristiche litologico - stratigrafiche del terreno di fondazione;
- la profondità della falda freatica;
- i principali parametri fisico-meccanici (geotecnici) del terreno;
- il rischio sismico nei confronti della potenziale liquefazione del terreno di fondazione.

2. MODELLO GEOLOGICO REGIONALE E LOCALE

Viene qui descritta in breve la geologia del territorio ravennate, al fine di meglio comprendere la formazione della sequenza litologico-stratigrafica descritta nei risultati dell'indagine geognostica di campagna.

In termini di geologia strutturale il territorio del Comune di Ravenna (fogli 89 e 100 I.G.M.) appartiene al settore romagnolo dell'ampio "bacino sedimentario padano"; nel sottosuolo è presente una successione di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-quadernaria, che poggia su un substrato caratterizzato da una complessa configurazione a pieghe e pieghe-faglie, con gli assi tettonici paralleli ai principali allineamenti strutturali appenninici (NW-SE).

Gli elementi tettonici profondi, rilevati attraverso le prospezioni geofisiche dell'AGIP effettuate per la ricerca di idrocarburi, procedendo da nord verso sud, sono :

- serie di pieghe del settore di Dosso degli Angeli;
- anticlinale di Porto Corsini;
- sinclinale di S. Romualdo-Piombone;
- anticlinale di Ravenna e Alfonsine;
- sinclinale romagnola;
- sinclinale di Cotignola;
- sinclinale di Forlì.

Questa geometria a pieghe condiziona la successiva sedimentazione quadernaria di copertura, caratterizzata da spessori variabili con massimi in corrispondenza delle depressioni (sino a 3000 m) e minimi sulle strutture positive (circa 1500 m), con un assetto strutturale che ricalca tendenzialmente l'andamento del substrato.

La potenza dei sedimenti plio-quadernari raggiunge i valori più elevati, nell'ambito del bacino padano, proprio in corrispondenza del comprensorio di Ravenna, a dimostrazione che quest'area è soggetta a fenomeni naturali di subsidenza, in gran parte tettonica, fin da tempi geologici remoti. Tale successione è il risultato di alterne vicende legate soprattutto ad avanzamenti ed arretramenti della linea di riva, determinati da diversi fattori: la subsidenza e l'innalzamento tettonici, l'eustatismo, la mutevolezza dell'andamento del corso dei fiumi e la variabilità del loro carico sedimentario, deposto in fasi climatiche diverse, glaciali ed interglaciali. A causa della pluralità degli ambienti deposizionali, sia in senso spaziale che temporale, il complesso sedimentario è caratterizzato da un'elevata variabilità litologica degli strati, costituiti da sabbie, limi e argille e da miscele di tali litotipi.

La frequenza delle variazioni litologiche si è accentuata nella parte finale del Quadernario, caratterizzata dai movimenti eustatici del livello marino, in particolare durante l'ultima glaciazione, denominata Wurm, quando il livello del mare si è abbassato di un centinaio di

metri rispetto a quello attuale (regressione Wurmiana, 60000-70000 anni fa). Nell'Adriatico la linea di costa si era di conseguenza spostata fino a Sud di Ancona, lasciando emersa la parte settentrionale della piattaforma continentale adriatica, con la formazione di un'ampia pianura, drenata dal prolungamento dei fiumi che attualmente sfociano sulla costa adriatica. Circa 17000 anni fa, con l'innalzamento della temperatura media di alcuni gradi centigradi, ebbe inizio una trasgressione eustatica su scala mondiale, denominata trasgressione Flandriana. Tale trasgressione ha causato l'arretramento della linea di costa dalla posizione di massima regressione Wurmiana sino a circa 15-18 Km ad Ovest della posizione attuale, alla latitudine di Ravenna (tra sud e nord dell'abitato Ravennate): Carta Geologica d'Italia, foglio allegato al n° 223 Ravenna: ***“Tetto delle sabbie litorali del “Subsintema di Ravenna”***; ente realizzatore: Regione Emilia Romagna - Ufficio Geologico).

Infine, all'incirca 6000 anni fa, nella costa occidentale dell'alto Adriatico è iniziata una nuova regressione, non più indotta da variazioni eustatiche come quella precedente, ma di tipo deposizionale. Essa ha riportato la linea di costa verso Est, fino alla posizione attuale, dando luogo alla formazione dei depositi olocenici recenti.

Esaminando la successione pleistocenico-quadernaria tipica del territorio costiero ravennate si evidenzia, durante la fase regressiva Wurmiana (60000-70000 anni fa) la deposizione di sedimenti continentali (40-50 m di potenza) costituiti da argille alluvionali, all'interno delle quali sono presenti corpi sabbiosi irregolari costituenti depositi fluviali di alveo o di esondazione. Al di sopra di questi depositi è presente localmente un livello di argilla molle di tipo palustre o lagunare testimoniante il riavvicinamento della linea costiera causato dalla trasgressione Flandriana. La trasgressione della linea di costa attraverso il territorio ravennate ha determinato la deposizione di sabbie fini di ambiente litorale, con frequenti intercalazioni limoso-argillose, di spessore relativamente modesto e sedimenti fini di bassa consistenza con lenti di sabbia fine tipici di un ambiente marino poco profondo in cui sfociavano i fiumi Lamone, Montone, Ronco, e Savio. Terminata la trasgressione Flandriana la linea di costa è rimasta per alcune migliaia di anni, pur con piccole oscillazioni, nella stessa posizione e cioè alcuni km ad Ovest di Ravenna, secondo una linea che corre, dal comune di Cervia verso Nord, parallela alla SS adriatica ed immediatamente a ponente di questa sino a Ravenna per poi deviare più ad Ovest secondo la direzione Piangipane - Santerno – Alfonsine. Infine, durante la successiva fase regressiva Olocenica si è depositato un corpo sabbioso complesso formato dall'accostamento di cordoni litorali sabbiosi, via via successivi fino a quello attuale affiorante; al suo interno sono localmente inserite intercalazioni ghiaiose, con direzione all'incirca NO-SE (parallele all'antica linea di costa) deposte in seguito a particolari condizioni di trasporto delle correnti di riva. L'elevato spessore, talora fino ad oltre i 15 m, della bancata formata dalla progradazione di sedimenti sabbiosi, testimonia la lenta evoluzione della fase regressiva che ha provocato la migrazione

verso Est della linea di spiaggia. Nelle aree ad Est del limite raggiunto dalla trasgressione Flandriana, tra quelle più depresse, al di sopra dei depositi granulari regressivi si rinvenivano terreni argillosi ricchi in sostanza organica (argille torbose), talora intercalati a veri e propri strati di torba, di ambiente lagunare-palustre, sovrastati da argille e limi inorganici. La formazione di un ambiente prima lagunare poi alluvionale è stata favorita anche dalla subsidenza naturale, che ha determinato un lento ma incessante abbassamento del suolo. Il Banco sabbioso regressivo appare quindi oggi sormontato da terreni limoso-argillosi con potenze anche di oltre 14-16m al limite Ovest, che si riducono sino ad annullarsi ad Est di Ravenna, in prossimità della costa.

L'area di progetto, posta in località Camerlona di Ravenna in Via S. Egidio (presso il centro sportivo per il calcio) si colloca circa 6 km ad Est del limite raggiunto dalla trasgressione Flandriana (Foglio allegato al Fg 23 "Ravenna" della Carta Geologica D'Italia sopra indicato). Secondo la Carta geologica suddetta, nell'area di indagine il tetto delle sabbie litorali dovrebbe posizionarsi a circa 12 m di prof. rispetto al livello medio marino e quindi circa a 14÷15m di profondità dalla quota inizio prova CPTU (area verde sportiva). La prova penetrometrica CPTU, spinta sino a 30m di profondità, ha invece evidenziato la presenza delle sabbie litorali dagli 11,1m di profondità (dalla quota del campo sportivo $\cong +0,5$ rispetto al p.c.).

In corrispondenza dell'area di progetto, i terreni costituenti il substrato si sono formati, certamente sino ai 7,5÷8m di prof., in ambiente alluvionale e quindi, almeno fino ai 23-24m circa di prof. in ambiente deltizio o litorale.

La messa in posto dei sedimenti alluvionali, superficiali e profondi, è avvenuta secondo il modello di accrescimento tipico di tutta la fascia di media e bassa pianura.

Questo modello, ancor prima dell'intervento antropico, era caratterizzato da torrenti che, fuoriusciti dalla pianura pedemontana, in occasione delle piene stagionali rompevano o tracimavano gli argini, spandendo le loro acque nei territori circostanti.

I materiali trasportati dalle correnti di piena, a loro volta, erano distribuiti nelle aree adiacenti a seconda della capacità di trasporto della corrente alluvionale. L'energia delle acque allontanandosi dagli argini calava e diminuivano con essa la velocità di sedimentazione e la granulometria dei depositi. I sedimenti più grossolani, sabbie e limi sabbiosi, venivano depositi quindi in prossimità del canale fluviale, mentre, aumentando la distanza da esso, si depositavano nell'ordine limi argillosi ed argille, tipici sedimenti delle depressioni interfluviali. In prossimità del corso d'acqua, dove la velocità della corrente alluvionale subiva una brusca diminuzione, la sedimentazione era molto superiore a quella delle depressioni interfluviali, perciò la diminuzione della capacità di trasporto delle acque regolava la velocità di crescita nei diversi ambienti sedimentari. Il risultato di ciò era il determinarsi di dislivelli anche molto

accentuati tra le aree sulle quali scorreva il fiume e quelle ad esso adiacenti. Quando poi si verificavano forti aumenti di piovosità, il fiume poteva fuoriuscire dagli argini naturali e attraverso un canale di rotta, defluire nelle zone più depresse creando un nuovo percorso. Attualmente questo processo di sedimentazione ha subito un notevole rallentamento ad opera dell'uomo, che, al fine di salvaguardare questi territori, ha costretto i corsi d'acqua entro argini artificiali rendendo i fiumi ancora più pensili sulla pianura alluvionale.

La successione sedimentaria dell'area ravennate fa parte della successione post-evaporitica del margine padano adriatico ed è quindi costituita, in affioramento, unicamente dai depositi olocenici appartenenti al Supersistema Emiliano Romagnolo.

SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano (ciclo Qc di RICCI LUCCHI et alii, 1982) ed i sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. Il limite inferiore del Supersistema Emiliano-Romagnolo non affiora nell'area, ma affiora solamente a ridosso del margine appenninico e nei settori intravallivi a sud, dove è fortemente discordante sui depositi marini del Pleistocene medio (sabbie di Imola - IMO) e mio-pliocenici. Il limite superiore coincide col piano topografico. L'età dell'unità è Pleistocene medio – attuale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENIAGIP, 1998). Il Supersistema Emiliano-Romagnolo comprende due sistemi distinti (Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI, e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES), correlati con i depositi coevi di sottosuolo. Nell'area in esame affiorano solo i depositi di AES.

Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES *in precedenza denominato "Alloformazione Emiliano Romagnola Superiore"*) costituisce la porzione superiore del Supersistema Emiliano-Romagnolo. depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di alcune decine di metri di spessore.

Subsistema di Ravenna (AES8)

Tutti i depositi quaternari affioranti nell'area sono stati attribuiti dalla Regione Emilia Romagna a questo subsistema. Esso rappresenta l'elemento sommatiale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore e presenta uno spessore massimo di poco inferiore ad una trentina di metri (max = 28,5m). Nei settori intravallivi ed allo sbocco delle valli AES8 è dato da depositi fluviali organizzati in vari ordini di terrazzo, costituiti da ghiaie di canale fluviale

ricoperte da tracimazioni fluviali argillose, limose e sabbiose, variamente pedogenizzate. Questi depositi passano, nel settore di pianura alluvionale, ad argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, rotta, ecc.) ed infine, nel settore costiero di bassa pianura (ad Est della trasgressione Flandriana), come nell'area cittadina Ravennate e nel suo intorno (area di indagine), il Subsistema di Ravenna risulta costituito da sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale (porzione più superficiale) deltizio e litorale, organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tubolari e cuneiformi di spessore plurimetrico. Il limite inferiore è inconforme, non affiorante, marcato da una superficie di discontinuità che localmente materializza una lacuna stratigrafica di circa 1,5 ka anni definita su base radiometrica (^{14}C). Il limite superiore coincide col piano topografico e la parte sommatiale è costituita dall'Unità di Modena" (AES8a).

Nell'area di indagine il subsistema di Ravenna ha una geometria complessiva relativamente tabulare con spessori che si aggirano intorno ai 23÷24m (base del subsistema $\cong -21\div 22\text{m s.l.m.}$) e l'Unità di Modena (AES8a), che contiene i depositi più superficiali e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione, risulta qui costituita dai terreni argilloso-limosi più superficiali, con una potenza complessiva stimata non superiore a 3,0÷3,5 metri dal p.c..

L'Unità di Modena (AES8a) è quindi un'unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che talora raggiunge gli 7÷9 m solo in corrispondenza dei riempimenti dei principali canali fluviali (più a monte) o talora lungo le fronti deltizie. Nell'area tipo l'Unità di Modena presenta un limite inferiore inconforme, marcato da superfici di erosione fluviale che si correlano lateralmente a depositi con fronte di alterazione superiori al metro di spessore, caratterizzato dallo sviluppo di un suolo o di più suoli sovrapposti, con orizzonte superficiale da decarbonato a parzialmente decarbonato e orizzonte profondo ad accumulo di carbonato di calcio (colore degli orizzonti da bruno giallastro a giallo olivastro). Il limite inferiore è datato al periodo post romano e segna l'instaurarsi di una importante fase di deterioramento climatico che, tra il IV ed il VI sec d.C, determinò un importante incremento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e alluvionamento (Veggiani, 1994)

L'età di AES8a è riferita all'epoca post-romana, sulla base dei seguenti caratteri: 1) la presenza di abbondanti e frequenti reperti romani (e più antichi) al tetto dei depositi sottostanti, fra i quali si segnalano numerosi elementi infrastrutturali (edifici, strade, ecc., Fig. 18); 2) l'assenza di questi reperti all'interno dei depositi di AES8a o la loro presenza esclusivamente come elementi rimaneggiati; 3) l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente della superficie affiorante di AES8a. Più in dettaglio i dati storici ed archeologici indicano che l'unità si è deposta a partire dal IV-VI secolo d.C. (BONDESAN, 1986, CIABATTI & VEGGIANI, 1990, MONTEVECCHI & NOVARA, 2000, VEGGIANI, 1982, 1987).

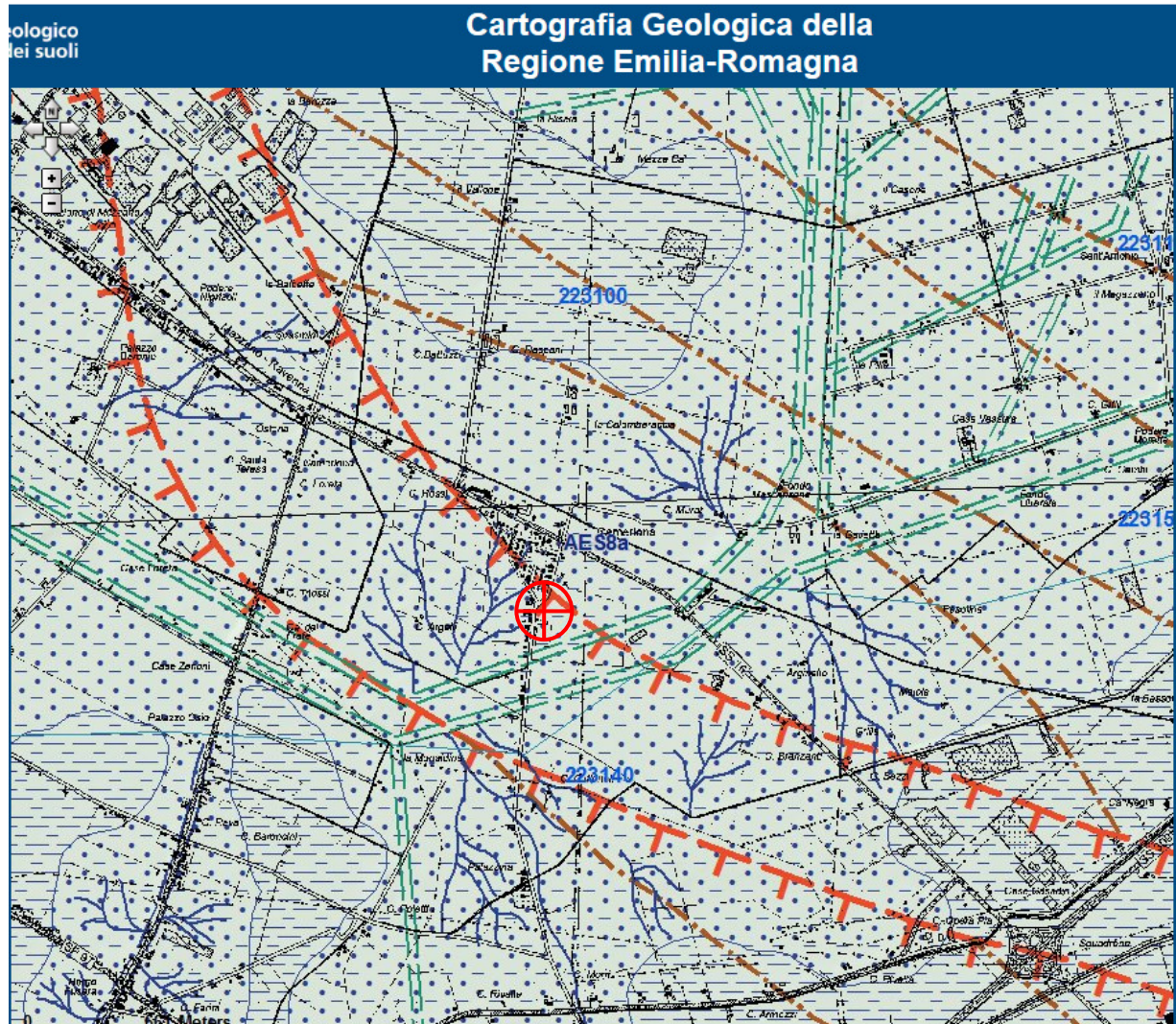
Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000

(Ingrandito alle dimensioni del foglio): Ambienti deposizionali e litologie (50k)

Comune di Ravenna (RA), sez. CTR: 223140

Unità geologiche (50K) : Sintema emiliano-romagnolo superiore - Substema di Ravenna -
unità di Modena : AES8a.

UBICAZIONE AREA D' INDAGINE



In verde: traccia di canale di bonifica (colmata "rotta delle Ammonite" fiume Lamone)

In blu: ventagli di esondazione.

In marrone (punto e linea): Isobata della base del Pliocene (-6500m a Sud dell'area; -
4500 a Nord).

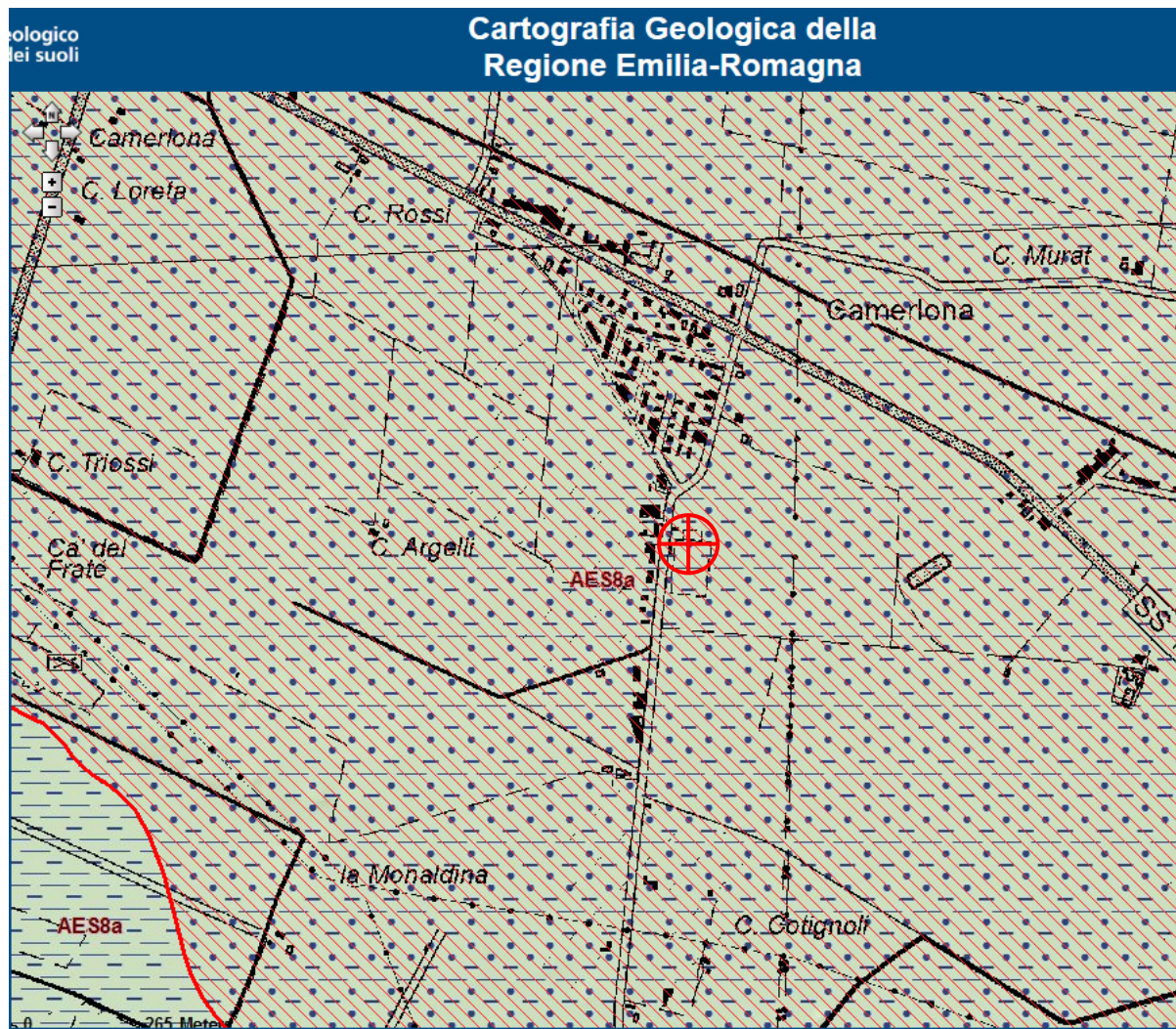
In rosso a tratteggio (con trattini perpendicolari) faglia diretta profonda dedotta.

Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:10000

(Ingrandito alle dimensioni del foglio): Ambienti deposiz. e litologie (10k):

AES8a - Unità di Modena.

UBICAZIONE LOTTO D' INDAGINE 



Tessitura: SLA = Sabbia Limoso argillosa.

Ambiente / Deposito: Piana alluvionale.

N.B. Le litologie indicate negli estratti sopra riportati si riferiscono ai terreni presenti dal piano campagna sino a 2,5÷-3,0m di profondità.

3. MODELLO IDROGEOLOGICO

Nell'ambito del territorio del comune di Ravenna ed in particolare del comprensorio di Camerlona è riconoscibile un sistema acquifero ad acque dolci, costituito da terreni del Quaternario continentale, delimitato inferiormente dall'interfaccia acqua dolce-acqua salata. E' possibile ipotizzare la suddivisione del sistema nelle seguenti unità idrogeologiche, dall'alto verso il basso:

- **acquifero freatico** (superficiale): dai dati bibliografici e dalla profondità media dei pozzi presenti nell'area si evidenzia che l'acquifero superficiale presenta mediamente una potenza variabile tra i 12 ed 15 m e che, nell'area in esame, è contenuto principalmente in terreni costituiti da argille limose, limi argillosi o argilloso-sabbiosi ed in parte in terreni sabbiosi (oltre gli 11m di prof.); risulta comunque difficile identificare una struttura ben definita poiché i terreni alluvionali misti in genere prevalgono su quelli ben classati.

Nell'area di indagine, come in gran parte del territorio di ad Ovest Nord-Ovest di Ravenna, l'acquifero superficiale è quindi legato ad una circolazione in terreni a tessitura principalmente coesiva o talora mista (limi argilloso-sabbiosi, argille limose e parzialmente organiche con sottili intercalazioni sabbioso-limose) con i terreni maggiormente coesivi ed organici (argille e limi, talora debolmente torbosi) che frequentemente presentano potenze importanti e che sovrastano i terreni limoso-argillosi, debolmente argillosi di piana deltizia (limi e argille di area interdistributrice e di retrobarriera) ed i depositi granulari sabbiosi litorali (trasgressione F. e regressione olocenica). E' quindi ipotizzabile una natura semiconfinata dell' acquifero, con scarsa circolazione idrica e di conseguenza scarsa potenzialità idrica dei pozzi superficiali. L'alimentazione avviene sia lateralmente, in connessione con i canali e le aste fluviali, sia verticalmente grazie alle precipitazioni; esso è solo localmente soggetto ad emungimenti (modesti) ed è regimato da una fitta rete di canali e scoli, per lo più facenti capo ad impianti idrovori.

- **livello impermeabile argilloso di separazione**

(comunque caratterizzato da intercalazioni sabbiose alluvionali);

- **sistema di acquiferi con falde in pressione**: formato da una serie di orizzonti permeabili sabbiosi riconducibili ad un unico acquifero multistrato a scala regionale, soggetto ad emungimento intensivo per l'approvvigionamento idrico ed alimentato, per flusso sotterraneo, dalla retrostante pianura, con alimentazione nella fascia pedecollinare (conoidi).

L'assetto strutturale del letto dell'acquifero multistrato ricalca l'andamento delle strutture prequaternarie. I singoli acquiferi mostrano un andamento analogo e risultano articolati da blande pieghe anticlinali e sinclinali che si smorzano progressivamente dal basso verso l'alto, sino a raggiungere uno stato di quasi orizzontalità negli acquiferi superiori. La profondità della falda freatica, misurata in data 06/08/2019 e risultata: - 2,5m dal p.c., può subire variazioni stagionali anche dell'ordine di 1,0 m. Essa è comunque regimata dal

Consorzio di Bonifica: quest'area risulta infatti drenata dallo scolo consorziale "Camerlona", posto a ridosso dell'area di indagine lungo via Via S. Egidio e confluyente più a valle nello scolo "Sussidiario" e da questo nella "Via Cerba", facente capo all'Impianto Idrovoro omonimo, che scarica le acque nella Piallassa della Baiona.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine di definire con certezza le caratteristiche litologico-stratigrafiche e fisico - meccaniche (geotecniche) dell'area di progetto, in data 06/08/2019 é stata eseguita una prova penetrometrica statica "CPTU";

- La prova penetrometrica statica con piezocono **"CPTU" - ASTM (D3441)**, eseguita con un penetrometro statico-dinamico da 20 tonnellate in spinta ed estrazione (modello Pagani TG 73/200 montato su autocarro Unimog-Mercedes) è stata spinta a 30,5m di prof..

La punta piezocono utilizzata (Pagani) produce dei segnali continui con rilievo delle grandezze ogni centimetro; tali segnali vengono trasmessi tramite un cavo passante all'interno delle aste di spinta. I segnali sono ricevuti in superficie da una centralina di condizionamento la quale riceve anche gli impulsi trasmessi da un generatore (encoder) collegato meccanicamente al dispositivo di spinta e che fornisce il parametro profondità. I segnali digitali trasmessi dalla punta alla centralina vengono, nel corso della prova, direttamente elaborati e visualizzati sul visore della centralina stessa. Le prove CPTU hanno consentito di determinare in continuo i valori della resistenza di punta (q_c), dell'attrito laterale specifico (f_s) e della pressione dinamica dell'acqua nei pori (u_2). Dal rapporto R_f (f_s/q_c %) è stata valutata la stratigrafia del terreno.

Sono riportati in allegato i diagrammi ricavati direttamente nel corso della prova, mentre i valori dei parametri geotecnici ricavati sono riportati nel § 6.

5. DESCRIZIONE LITOLOGICO - STRATIGRAFICA

L'area di indagine si colloca ad est del limite raggiunto dalla trasgressione Flandriana, posto, alla latitudine di Camerlona, circa 6 km ad Ovest in località Santerno (Ravenna)

La sequenza sedimentaria riscontrata e di seguito descritta si è per per buona parte formata in ambiente alluvionale (superficialmente ed inferiormente) mentre, per la porzione intermedia, tra gli 8 m circa ed i 23÷24m, in ambiente lagunare deltizio e litorale.

CPTU:

- Da 0,0 sino a 1,6m di profondità: terreno limoso-sabbioso e argilloso-sabbioso estremamente addensato (sovraconsolidato per essiccamento) e per i primi 0,5m certamente di riporto.
- Da 1,6 a 2,4m: limo sabbioso-argilloso passante a sabbia limosa scarsamente addensata.
- Da 2,4 a 3,5m: argilla limosa e/o limo argilloso, talora debolmente sabbiosi, di bassa consistenza.
- Da 3,5 a 4,45m: sabbia con limo, scarsamente addensata, passante oltre i 4,0m a sabbia debolmente addensata.
- Da 4,45 a 6,8m: argilla e argilla organica (possibili livelli di torba) molto tenera o tenera.
- Da 6,8 a 7,9m: argilla organica (con torba) di bassa consistenza.
- Da 7,9 a 11,1m: limo argilloso passante oltre i 9,0m a limo sabbioso-argilloso; teneri o molto teneri.
- Da 11,1 a 22,3m: sabbie addensate sino a 13,0m, quindi molto addensate e con possibile ghiaia fine sino a 14,8m, ed ancora addensate sino ai 21,5m; oltre a tale profondità lo stato di addensamento cala progressivamente ed aumenta la componente limosa.
- Da 22,3 a 25,3m: limo argilloso con argilla limosa (tra 24,3 e 25,0m), mediamente consistenti.
- Da 25,3 a 30,5m: limo argilloso-sabbioso di media consistenza con sottili intercalazioni di sabbia fine limoso-argillosa debolmente addensata o limo sabbioso più consistente.

L'ambiente deposizionale può essere così interpretato:

- Al di sotto dei primi 0,5÷0,6m, certamente di riporto antropico, si riscontrano sino a 2,4m di prof. terreni limosi e sabbiosi, talora debolmente argillosi, molto addensati o consistenti. Essi rappresentano, almeno per la porzione superiore, i depositi alluvionali causati dalla rotta del Lamone, detta "Delle Ammonite" (1839 dC) e comunque alluvioni del suddetto fiume.
- I terreni argilloso limosi sottostanti, sino ai 7,9m di prof., caratterizzati da

un'intercalazione limoso-sabbiosa tra i 3,5 ed i 4,45m, sono ancora alluvioni attribuibili al fiume Lamone; gli strati argillosi di bassa consistenza o teneri costituiscono "depositi di argine distale" o di "piana interfluviale", mentre l'intercalazione sabbioso limosa può testimoniare un periodo di vicinanza dell'asta fluviale: "depositi di argine prossimale".

- I limi sottostanti, argilloso-sabbiosi o sabbioso-argillosi (teneri) riscontrati tra i 7,9 ed gli 11,1m possono essere attribuiti a depositi deltizi e litorali (come indicato nella Carta Geologica D'Italia - allegato al Foglio 223 Ravenna: Tetto delle sabbie litorali del Subsistema di Ravenna) e costituiscono depositi di "palude salmastra, area interdistributrice e retrobarriera" formatisi nel lento arretrare della linea di costa durante la prima parte della regressione olocenica.
- Le sabbie addensate o molto addensate per la quasi totalità della loro potenza, riscontrate tra gli 11,1 ed i 22,3m costituiscono i depositi granulari litorali formatisi in quest'area tra la fine della trasgressione Flandriana e parte della regressione olocenica; immediatamente più ad Ovest il loro spessore cala notevolmente.
- I terreni argilloso limosi sottostanti, presenti sino a circa 23,5÷24m di prof. possono ancora essere interpretati come depositi di "palude salmastra, area interdistributrice e retrobarriera" depositi però immediatamente prima dell'arrivo della linea di costa al termine della trasgressione Flandriana; la loro base costituisce la base del subsistema di Ravenna in quest'area.
- Infine, I depositi argilloso limosi oltre i 24,0m, passanti dai 25,3m di prof. a limi argilloso-sabbiosi con sottili intercalazioni di sabbie fini limose o limoso-argillose, e presenti sino alla massima prof. raggiunta, costituiscono depositi alluvionali continentali formatisi prima del termine della trasgressione Flandriana.

6. PARAMETRI FISICO-MECCANICI (GEOTECNICI) DEL TERRENO

Dai valori delle resistenza alla punta q_c (R_p) dell'attrito laterale specifico f_s (R_l) e della pressione dinamica dell'acqua nei pori (u_2) riscontrati nel corso della prova CPTU è stata determinata la stratigrafia geotecnica del terreno con i principali parametri fisico - meccanici e quindi da questi sono stati calcolati i valori caratteristici dell'angolo di attrito (ϕ') e della coesione non drenata (c_u , per i soli strati coesivi).

C_u (s_u) = Coesione non drenata (terreni coesivi) [Cestari e Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977] (correlazioni **c_u** - q_c , σ_{vo} ; *formula empirica: (q_c - pressione geostatica) / fattore di cono.*

ϕ' = angolo di attrito interno efficace (di picco) [Durgunoglu & Mitchell, per sabbie n.c.-1975, e Shmertmann] correlazioni: **ϕ'** - q_c - σ'_{vo} , con σ_{vo} e σ'_{vo} rispettivamente tensione verticale geostatica totale ed efficace, valutata in base ai valori medi di γ (Relativamente ai terreni coesivi sono stati valutati in base alle esperienze geotecniche locali, basate sui dati di analisi di laboratorio effettuate su terreni appartenenti alla medesime unità lito-stratigrafiche).

E_d : = modulo Edometrico = $\alpha \cdot q_c$, in cui: q_c = resistenza alla punta

α = coefficiente adimensionale tabulato in funzione della litologia e della resistenza alla punta dei terreni attraversati [Mitchell e Gardner, 1975 et Al.]

ν_i = coefficiente di Poisson, valutato a seconda della litologia

γ = peso di volume del terreno (naturale o saturo) [Meyerhof]

I valori di γ sono stati valutati anche sulla base delle conoscenze acquisite sui caratteri geomeccanici delle sequenze litostratigrafiche locali, in base allo stato di addensamento e/o compattazione: limi ed argille $\gamma = 1,70 \div 2,00 \text{ t/m}^3$; sabbie $\gamma = 1,75 \div 1,90 \text{ t/m}^3$.

RELATIVAMENTE AI PARAMETRI CARATTERISTICI:

esistono indicazioni in letteratura sul fatto che l'angolo di resistenza al taglio ϕ' non segua una distribuzione normale, ma la sua tangente sì, quindi la variabile da inserire nelle formule non è ϕ ma $\tan(\phi)$. Inoltre, la coesione non drenata c_u sembra che segua una distribuzione lognormale, perciò la variabile da utilizzare per le stime non dovrà essere direttamente la c_u , ma il suo logaritmo naturale $\ln(c_u)$. Il ϕ e il c_u caratteristici si otterranno calcolando

rispettivamente l'arcotangente e l'esponenziale della variabile x_k ottenuta come risultato. I criteri in base ai quali scegliere la procedura di calcolo dei parametri caratteristici all'interno di uno strato omogeneo di terreno sono due:

1) In base al numero di misure effettuate. Con l'aumentare delle dimensioni del campione migliora la stima della media e della deviazione standard della popolazione che servono per costruire la curva della densità di probabilità e quindi stimare il valore corrispondente alla probabilità di non superamento del 5%.. I parametri ricavati rappresentano valori al di sotto del quale ci si può attendere che si collochi non più del 5% dei risultati ottenibili da una serie illimitata di prove, ossia al di sopra del quale troviamo il 95% dei valori della distribuzione media della serie di dati.

2) In base alla presenza o meno di compensazione delle resistenze del terreno (Circolare del 02.02.2009). Nel caso di notevoli volumi di terreno interessati (platea, come nel ns caso) si devono considerare valori compensati.

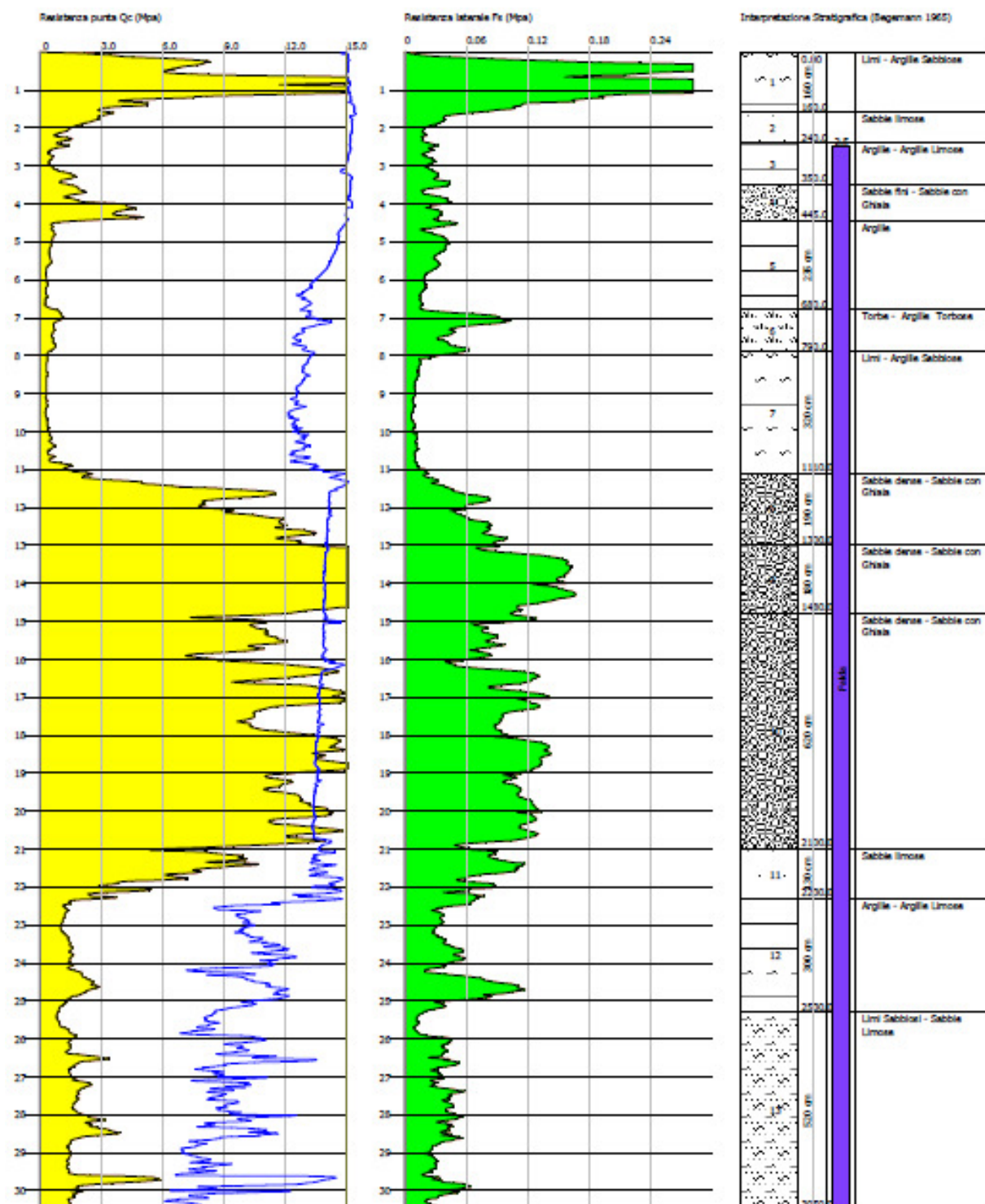
Nelle pagine seguenti sono riportati: la stratigrafia ed i principali parametri fisico-meccanici ricavati dall'interpretazione della prova penetrometrica statica "CPTU".

N.B. il software di restituzione grafica (Static Probing - Geostru) riporta per le sabbie addensate riscontrate il termine "sabbie addensate - sabbie con ghiaia". All'interno del banco sabbioso possono essere presenti alcuni livelli con presenza di ghiaia fine e certamente frammenti di bioclasti (conchiglie).

Probe CPTU - Piezocone CPTU
Strumento utilizzato PAGANI 200 kN (CPTU)

Committente: Comune di Ravenna
Cantiere: Nuova sala polivalente - spogliatoi
Località: Camerlona (Ravenna), centro sportivo

Data: 06/08/2019



CPTU**Stratigrafia geotecnica (falda = - 2,5m 06/08/2019):**

N° Strato	DH (m)	Profondità (m)	Nat.	γ (Kg/m ³)	γ_s (Kg/m ³)	ϕ' (°) (range)	ϕ'_k (°)	Cu medio (Kg/cm ²)	Cuk (Kg/cm ²)	M (Ed) (Kg/cm ²)	Ni
1	1,6	Da 0,0 a 1,6	C/G	1900	2020	27÷36	31,5	0,0	0,0	160	0,3
2	0,8	Da 1,6 a 2,4	G/C	1800	1910	26÷28	27,2	0,12	0,08	65	0,3
3	1,1	Da 2,4 a 3,5	C	1760	1840	17÷25	22,4	0,40	0,33	38	0,4
4	0,95	Da 3,5 a 4,45	G	--	1900	27÷32	28,9	0,0	0,0	89	0,3
5	2,35	Da 4,45 a 6,8	C	--	1690	14÷21	17,6	0,23	0,20	22	0,45
6	1,1	Da 6,8 a 7,9	C	--	1780	20÷24	21,5	0,38	0,34	36	0,42
7	3,2	Da 7,9 a 11,1	C	--	1700	16÷25	19,8	0,19	0,16	23	0,38
8	1,9	Da 11,1 a 13,0	G	--	1970	33÷36	34,1	0,0	0,0	190	0,2
9	1,8	Da 13,0 a 14,8	G	--	2040	36÷39	37,1	0,0	0,0	320	0,15
10	6,2	Da 14,8 a 21,0	G	--	1990	33÷37	34,9	0,0	0,0	245	0,2
11	1,3	Da 21,0 a 22,3	C	--	1940	28÷33	29,9	0,0	0,0	120	0,25
12	3,0	Da 22,3 a 25,3	C	--	1930	23÷26	24,3	0,62	0,57	65	0,4
13	5,20	Da 25,3 a 30,5	G/C	--	1920	24÷30	26,2	0,38	0,29	68	0,36

DH: spessore dello strato; Nat: Natura (Granulare o Coesiva); γ : Peso unità di volume (naturale); γ_s : peso unità di volume saturo; ϕ' : angolo di attrito (range); ϕ'_k : **angolo di attrito caratteristico**; cu: coesione non drenata (valore medio) **Cuk: coesione non drenata caratteristica**; **M (Ed): modulo edometrico caratteristico**; Ni: coefficiente di Poisson.

7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Secondo l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 recante i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul supplemento ordinario 72 della Gazzetta Ufficiale n. 105 dell' 8/05/2003, il territorio comunale di Ravenna risulta classificato all'interno della zona 3. Secondo la precedente classificazione il Comune di Ravenna risultava zona non sismica.

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008 sono state approvate le Norme Tecniche per le Costruzioni. e sono andate in vigore a far data dal 6 marzo 2008 (dopo un periodo di regime transitorio sono entrate definitivamente in vigore dal 01/07/2009). Infine il 17 gennaio del 2018, con Decreto del Ministero delle Infrastrutture, sono state approvate le "N.T.C. 2018" (entrate in vigore il 22/03/2018) che, relativamente alla classificazione sismica non hanno modificato quanto indicato dalle precedenti.

Essendo gli strati sabbiosi saturi presenti nei primi 20 metri di profondità quelli potenzialmente liquefacibili, é stata valutata tale potenzialità per gli strati granulari o misti riscontrati nel corso della prova CPTU (secondo il metodo proposto dal C.N.R. e consigliato dal Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti). Nella seguente analisi si fa quindi riferimento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che adottano i valori di accelerazione al bedrock dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Per l'area di progetto, di coordinate WGS84: LAT 44°,44381 N; LONG. 12°,12428 E, il valore massimo di accelerazione al bedrock sismico previsto, considerando un fabbricato di progetto appartenente alla classe II (vita nominale = 50 anni \Rightarrow vita di riferimento = 50 anni) risulta, per un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni (S.L.V.) pari a **0,163g (1,599 m/sec²)**.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (secondo la classificazione indicata nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) in base ai risultati dell'indagine geofisica HVSR (tromografo digitale portatile "Tromino": *analisi dei microtrempi, Nakamura 1989*) eseguita nell'area di progetto in data 16/04/2019 (geol. S. Tabanelli): $V_{s30} = 277$ m/sec, il profilo stratigrafico di fondazione può essere attribuito alla classe "C" (tabella 3.2 II): *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".*

Ad integrazione di tale indagine e' stata inoltre effettuata un'analisi di Risposta Sismica Locale (sempre dal Geol. S. Tabanelli) ovvero un'analisi di III° livello (microzonazione sismica per l'area di progetto).

Lo studio della Risposta Sismica Locale (Relazione geologica sismica e geotecnica redatta dal Geol. S. Tabanelli) ha permesso di determinare con più accuratezza il valore del coefficiente di amplificazione sismico locale (FA).

Come indicato nella relazione suddetta (pagg. 20-21): *"Determinazione del rapporto P_{ga}/P_{ga0} allo SLV": "Dall'analisi si sono ottenuti i valori riassunti in tabella dalla quale si desume un valor medio di P_{ga}/P_{ga0} pari a **1,24**" (FA MEDIO), dunque inferiore al fattore di amplificazione locale estrapolabile secondo le norme NTC (FA (Ss)= 1,45.*

Applicando tale fattore, il valore di accelerazione al suolo (a max SLV) risulta = 0,202 g (1,982 m/sec²).

DATI GENERALI

=====

Camerlona (Ravenna) Via S. Egidio 8
 Lat./ Long. [WGS84] 44.44381 / 12.12428
 Profondità falda 1.0
 Accelerazione massima (ag/g) 0.20
 Effetto sismico secondo NTC 2018

=====

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2	Opere Ordinarie
Classe d'uso:	Classe II: affollamento normale
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [g]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,048	2,450	0,261
S.L.D.	50,0	0,060	2,484	0,277
S.L.V.	475,0	0,163	2,550	0,280
S.L.C.	975.0	0,215	2,501	0,285

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.V.	1.982	0.24	0.049	0.024

VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Per la Valutazione del potenziale di liquefazione, come indicato nella DAL n. 112/2007, tra i metodi semplificati sono raccomandati quelli basati su prove CPT / CPTU e tra questi in particolare il metodo di Robertson e Wride (1998). Per il presente studio sono state quindi realizzate le verifiche della propensione alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma sulle verticali delle prove penetrometriche statiche eseguite. Per i calcoli è stato utilizzato il programma "Cliq 1.7" della Geologismiki Geotechnical Software, sviluppato in collaborazione con il Prof. Peter Robertson.

L'algoritmo di calcolo utilizzato si basa sul metodo di Robertson e Wride (1998), recentemente aggiornato dallo stesso P.K. Robertson (2009-2010).

Le analisi eseguite seguono le procedure di riferimento dettate dall'NCEER. Lo stesso software esegue il calcolo dei cedimenti attesi secondo il metodo proposto da Zhang ed al. (2002), calcolando per tutti i livelli che hanno un fattore di sicurezza inferiore a 2.

Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza FS_L , definito dal rapporto CRR su CSR. La metodologia utilizzata permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica q_c normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR e CSR), ottenuti mediante le seguenti relazioni:

$$CSR_{7.5} = 0,65 \cdot (a_{max}) / (g) \cdot (\sigma_{vo} / \sigma'_{vo}) \cdot r_d \cdot 1 / K\sigma$$

dove: a_{max} = accelerazione sismica di picco al piano campagna;

g = accelerazione di gravità;

σ_{vo} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ'_{vo} = pressione verticale efficace alla profondità z da p.c.;

r_d = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata;

$K\sigma$ = fattore di correzione per la pressione di confinamento.

$$CRR_{7.5} = 0,833 \cdot [(q_{c1N})_{cs} / 1000] + 0,05 \quad q_{c1N} \leq 50$$

$$CRR_{7.5} = 93 \cdot [(q_{c1N})_{cs} / 1000]^3 + 0,08 \quad 50 \leq q_{c1N} \leq 160$$

dove: $(q_{c1N})_{cs}$ = resistenza penetrometrica statica normalizzata e corretta per l'influenza del contenuto in fini.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione FS_L è definito dal rapporto CRR su CSR:

$$FS_L = CRR_{7.5} \cdot MSF / CSR_{7.5}$$

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;

I parametri di input sono stati scelti in maniera ragionata sulla base delle conoscenze acquisite, in modo da risultare i più cautelativi possibili:

- **Mw = 6,0**: magnitudo massima prevista per la fascia sismogenetica: ITCS012 "Malalbergo - Ravenna" contenute nella Zona 912 di ZS9, all'interno della quale si colloca l'area di progetto;
- **a_{max} = 0,20g**: accelerazione orizzontale massima SLV attesa nel sito, sulla base dell'accelerazione attesa al bedrock sismico incrementata dal fattore di amplificazione FA = 1,24 determinato dall'analisi R.S.L. (III livello di approfondimento).
- quota piezometrica misurata: posta a 1,00 m da p.c.
- quota piezometrica da sisma: posta a 1,00 m da p.c.

L'analisi del rischio di liquefazione (vedi allegati: grafico "NCEER report liquefazione") indica la presenza, a parte alcuni livelli poco più che centimetrici a 3,5 e 4,6m di prof., di terreno limoso sabbioso con valori del fattore di sicurezza < 1 tra 8,5 e 9,8m e tra 10,9 e 11,5m di profondità.

E' stato, quindi, valutato l'**indice del potenziale di liquefazione** I_L (LPI) (Iwasaki et al., 1982) che viene così definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0.5z$; ad una data quota z .

La funzione $F(z)$, che esprime il potenziale di liquefazione per ciascun strato è stata così modificata, secondo la forma suggerita da Sonmez (2003) e vale:

$$F(z) = \begin{cases} 0 & \text{per } FSL > 1.4 \\ 2 \cdot 10^6 e^{-18.427 \cdot FSL} & \text{per } 0.95 < FSL \leq 1.4 \\ 1 - FSL & \text{per } FSL \leq 0.95 \end{cases}$$

L'Indice del potenziale di liquefazione I_L o LPI "Pericolosità di liquefazione" descrive il potenziale rischio di liquefazione per una verticale di indagine (dal piano sino a 20m di prof. o comunque sino alla massima prof. raggiunta).

Le classi di pericolosità sono le seguenti:

LPI = 0 Nulla; $0 < LPI \leq 2$ Bassa; $2 < LPI \leq 5$ Moderata; $5 < LPI \leq 15$ Alta;

LPI > 15 Molto alta

Nella verticale esplorata, considerando cautelativamente la falda a 1,0m di prof. dal p.c., il valore di **LPI** (rischio di liquefazione) risulta = **1,08 (pericolosità bassa)**:

I Valori dei cedimenti verticali post sismici, calcolati sempre tramite l'ausilio il programma "Cliq 1.7" della Geologismiki Geotechnical Software (secondo il metodo R&W 2009) risultano = 3,84 cm:

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le caratteristiche litologico-stratigrafiche dell'area di progetto, sia dal punto di vista dei parametri geotecnici caratteristici sia per quel che riguarda la caratterizzazione sismica del suolo, non mostrano impedimenti di carattere geologico alla realizzazione della "Nuova sala polivalente / spogliatoi" in progetto presso il centro sportivo per il calcio di Camerlona (Ravenna).

Occorrerà, nella necessaria relazione geotecnica, verificare la resistenza di progetto delle fondazioni previste agli Stati Limite Ultimi: Verifica S.L.U. "in condizioni statiche" ed in "condizioni sismiche" (S.L.V.) nei confronti del collasso per rottura del terreno ed allo scorrimento del piano di posa, ed infine valutare i cedimenti previsti allo Stato Limite di esercizio: Verifica agli S.L.E. in "combinazione quasi permanente" (ai sensi delle N.C.T. 2018).

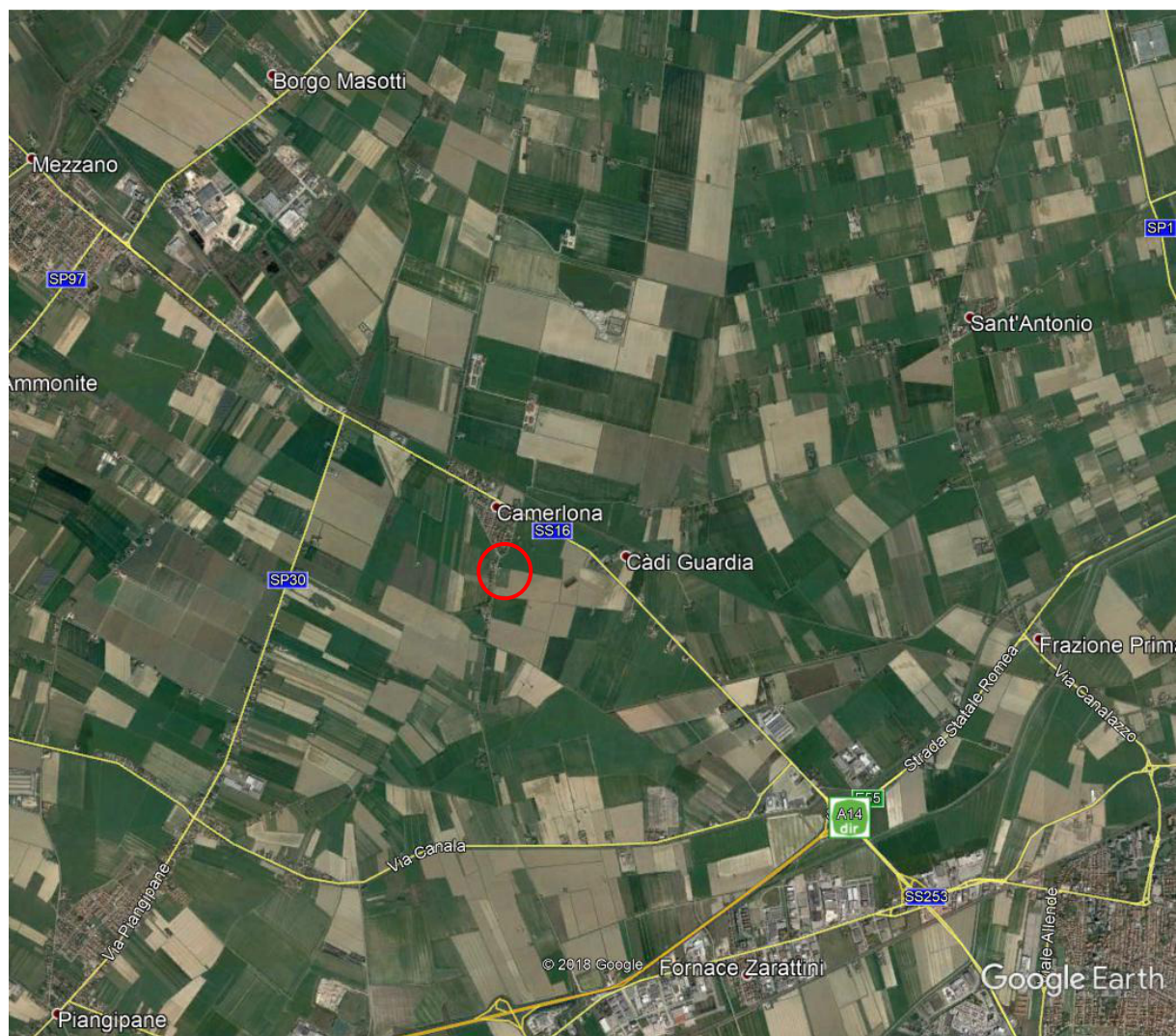
Dal punto di vista sismico, con le accelerazioni previste (relativamente alla classe d'uso del fabbricato) vi è una "bassa" pericolosità di liquefazione del terreno di fondazione.

L'assetto geomorfologico non presenta infine particolari degni di nota.

Ravenna 20/08/2019



Dr. Geologo Marco Roncuzzi



AREA DI PROGETTO





PROVA PENETROMETRICA CPTU 

GEOLOG s.r.l.	
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 06/08/2019 11:06:51	
Site: Nuova sala polivalente - Test: CPTU Camerlona	

Company information

Name: GEOLOG s.r.l.

Address: Via Cerchio, 57

Zip code: 48121

City: Ravenna

P.IVA: 02194680399

E-Mail: geologsrl@virgilio.it

Phone number: 0544202700

Fax number: 0544202700

Site information

Name: Nuova sala polivalente

Date: 06/08/2019

Commissioner: Comune di Ravenna

Locality: Camerlona (Ravenna, centro sportivo)

Test information

Name: CPTU Camerlona

Location: Camerlona

Date: 06/08/2019 11:06:51

Prehole mode:

Prehole depth [cm]: 0

Hydrostatic line [cm]: 250

Ground level [m]: 0

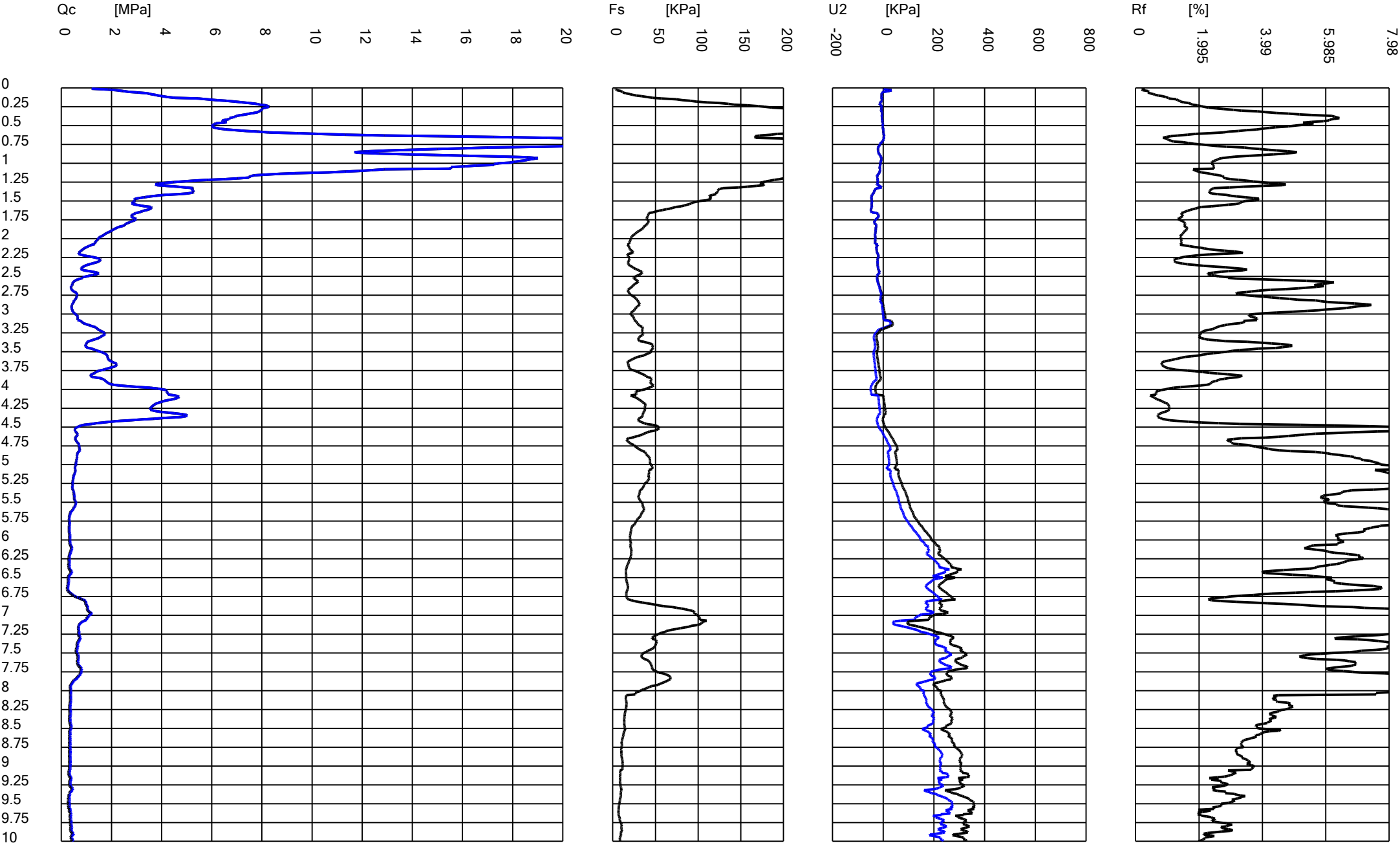
Latitude: 4426.6293N

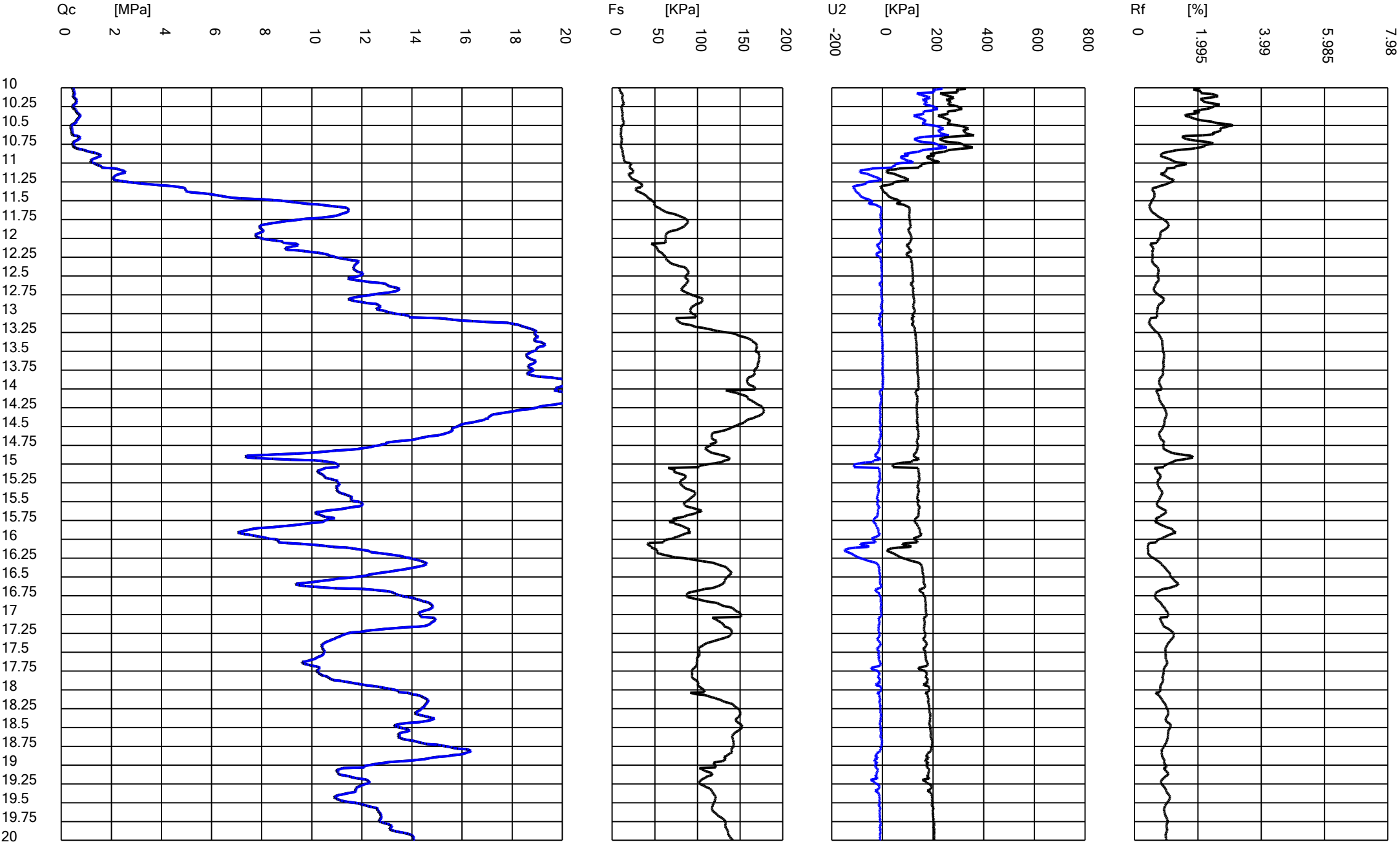
Longitude: 01207.4621E

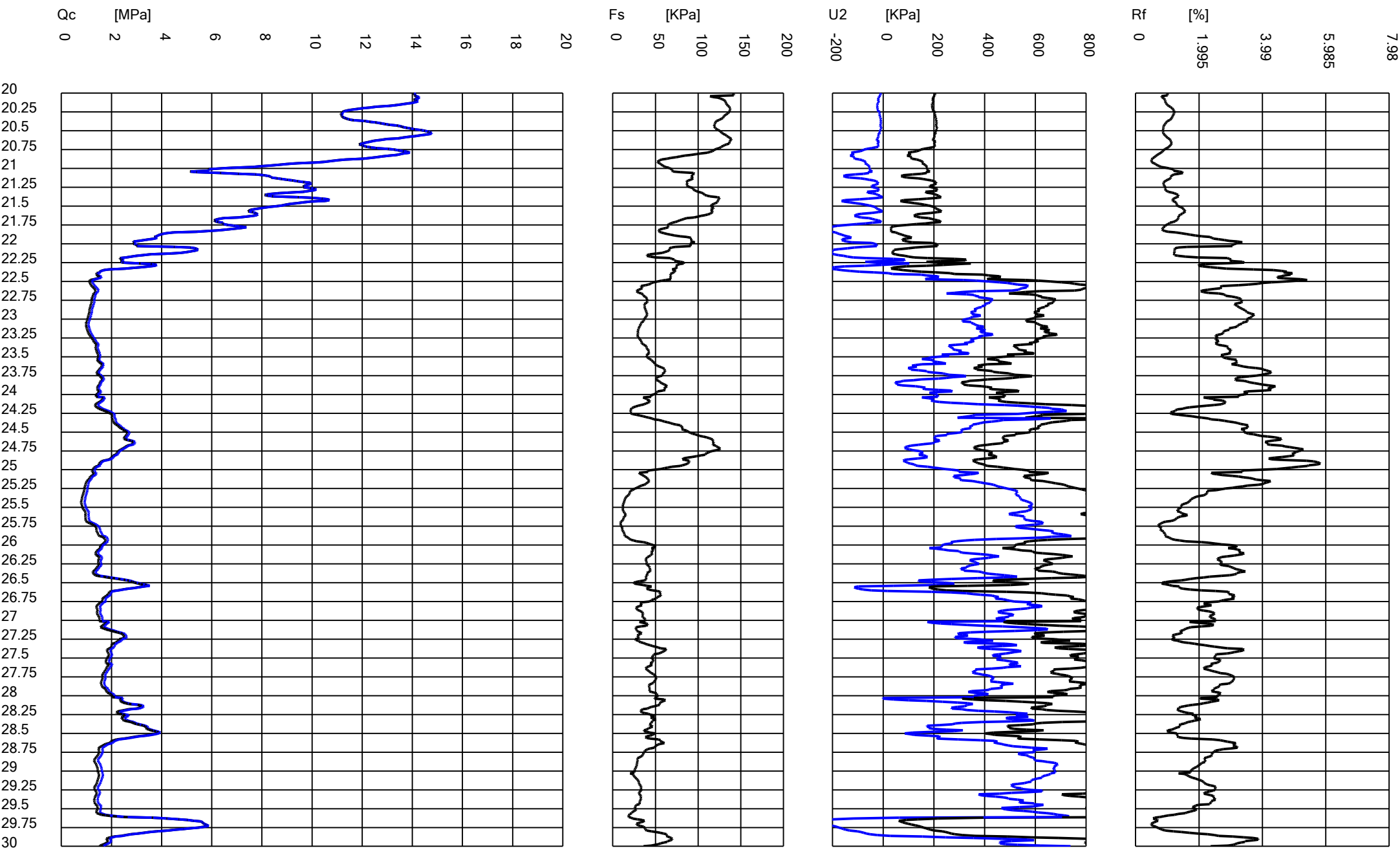
Operator: D-R

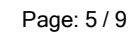
Comments:

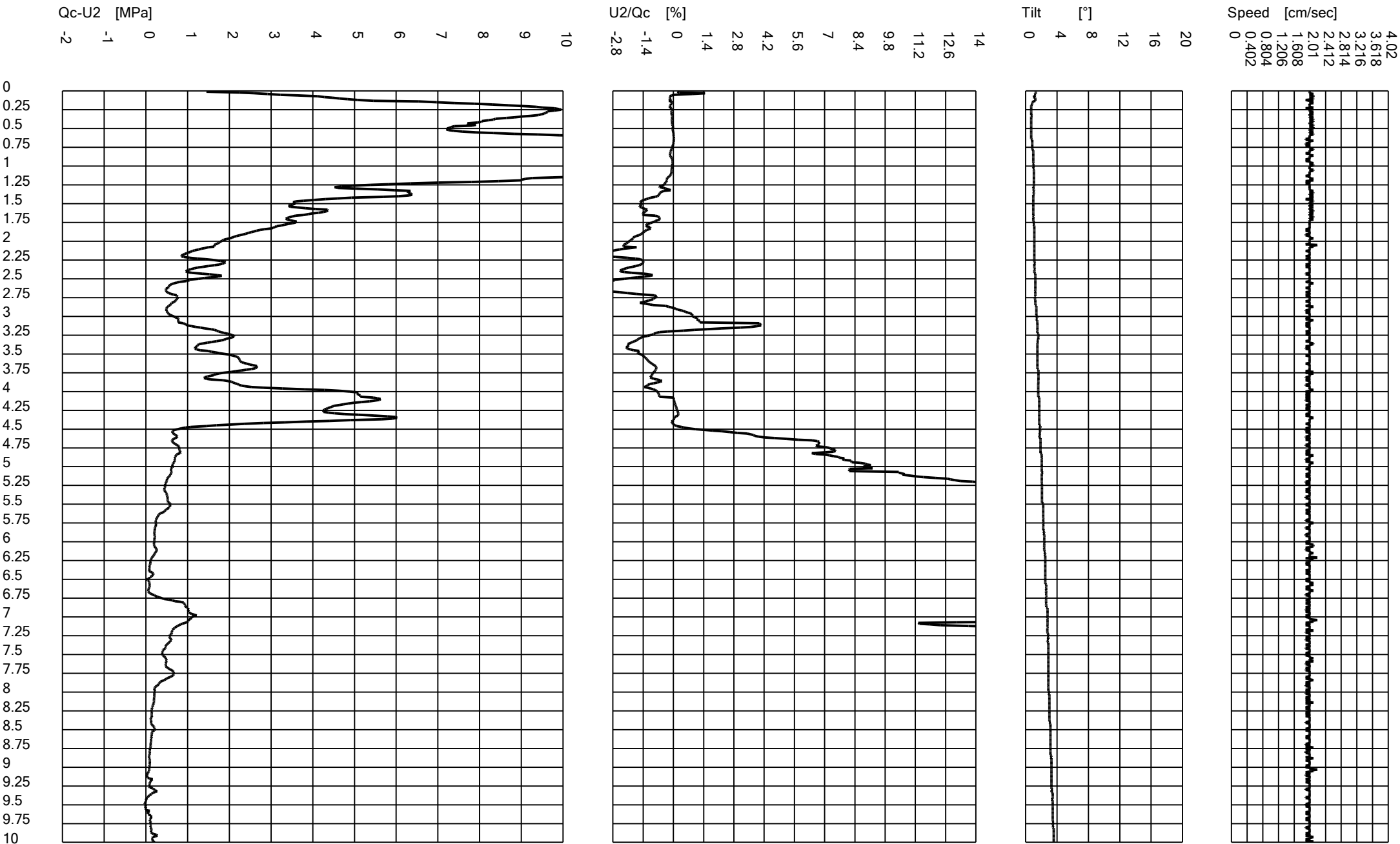
Probe code: MKj584

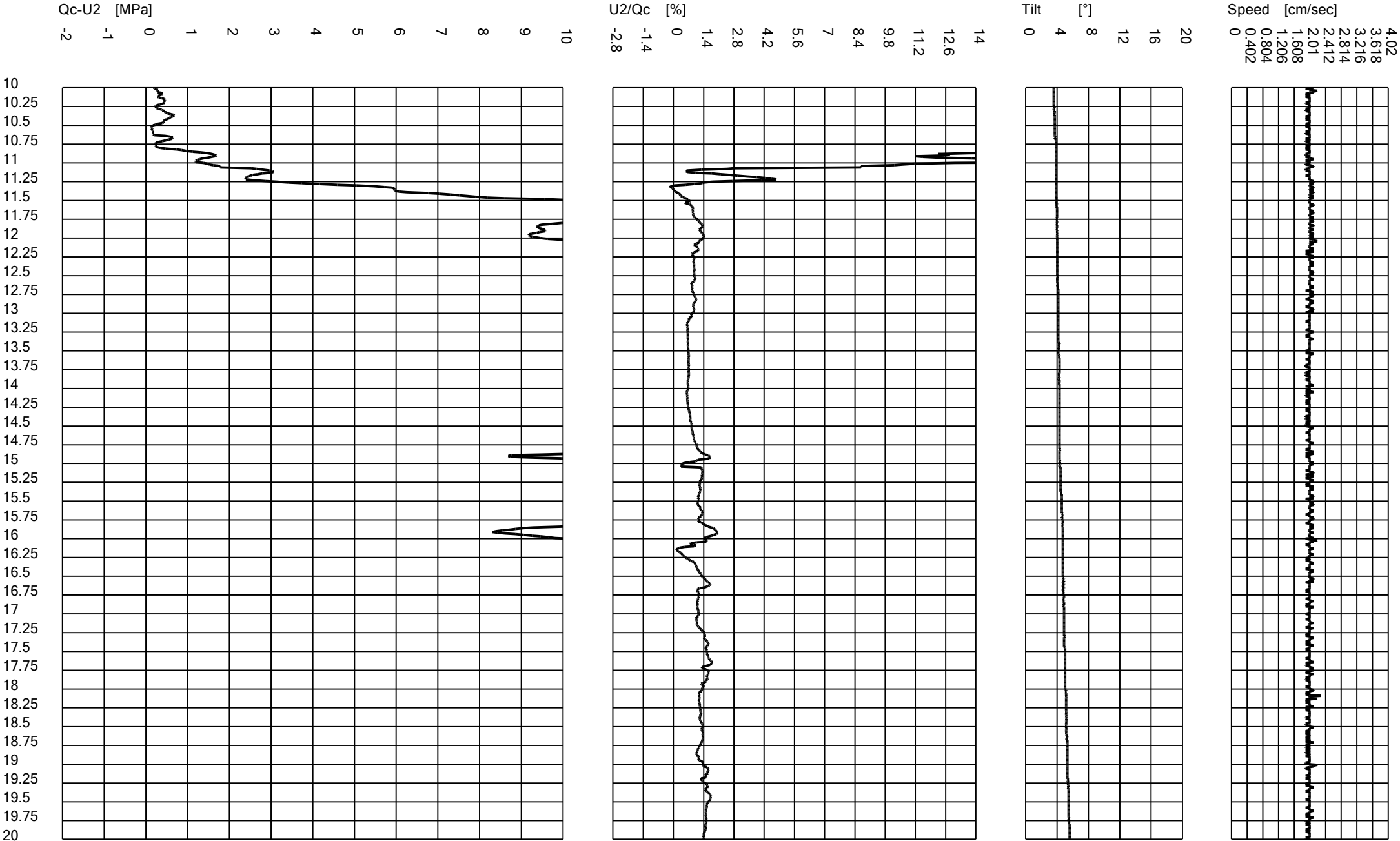


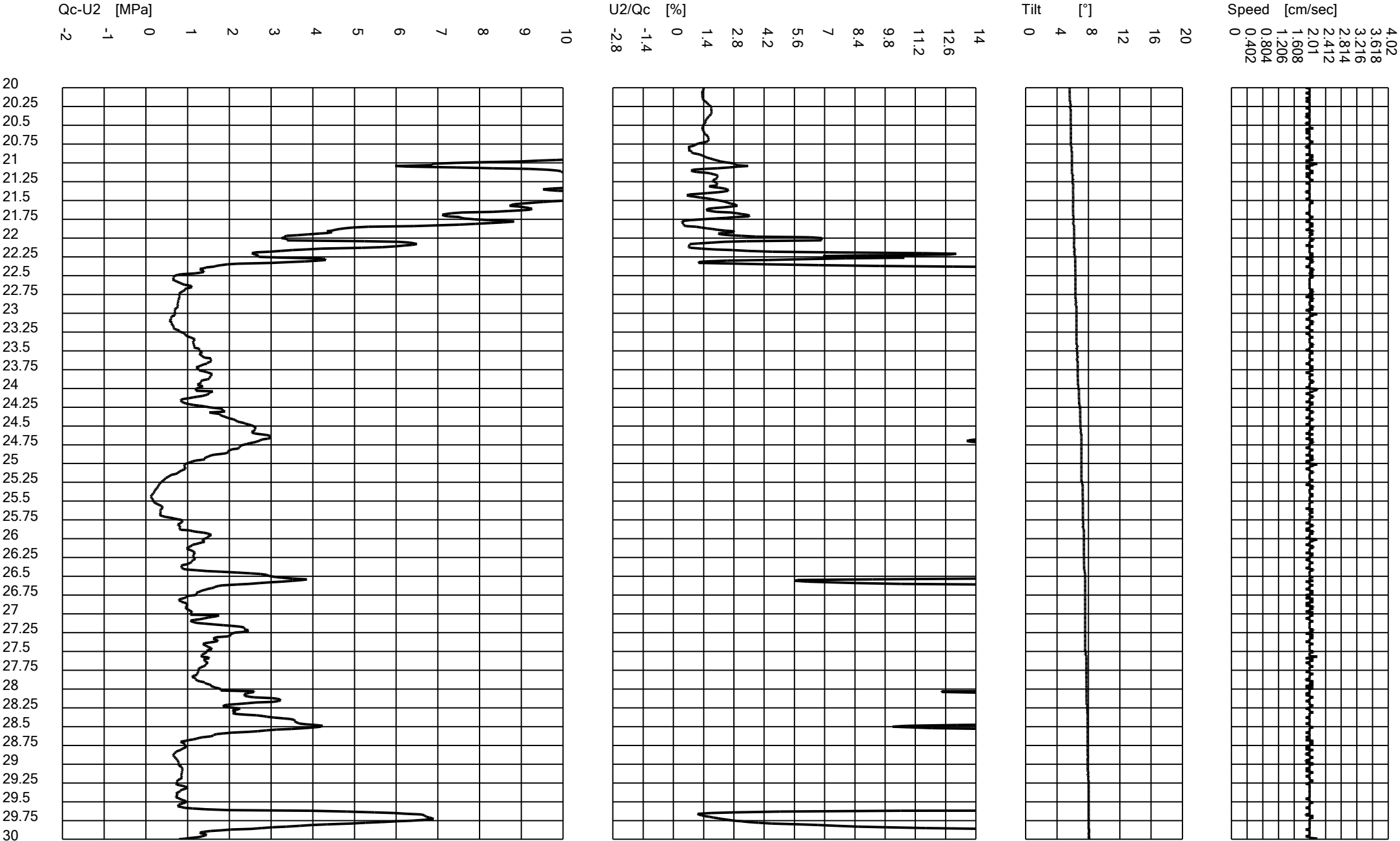


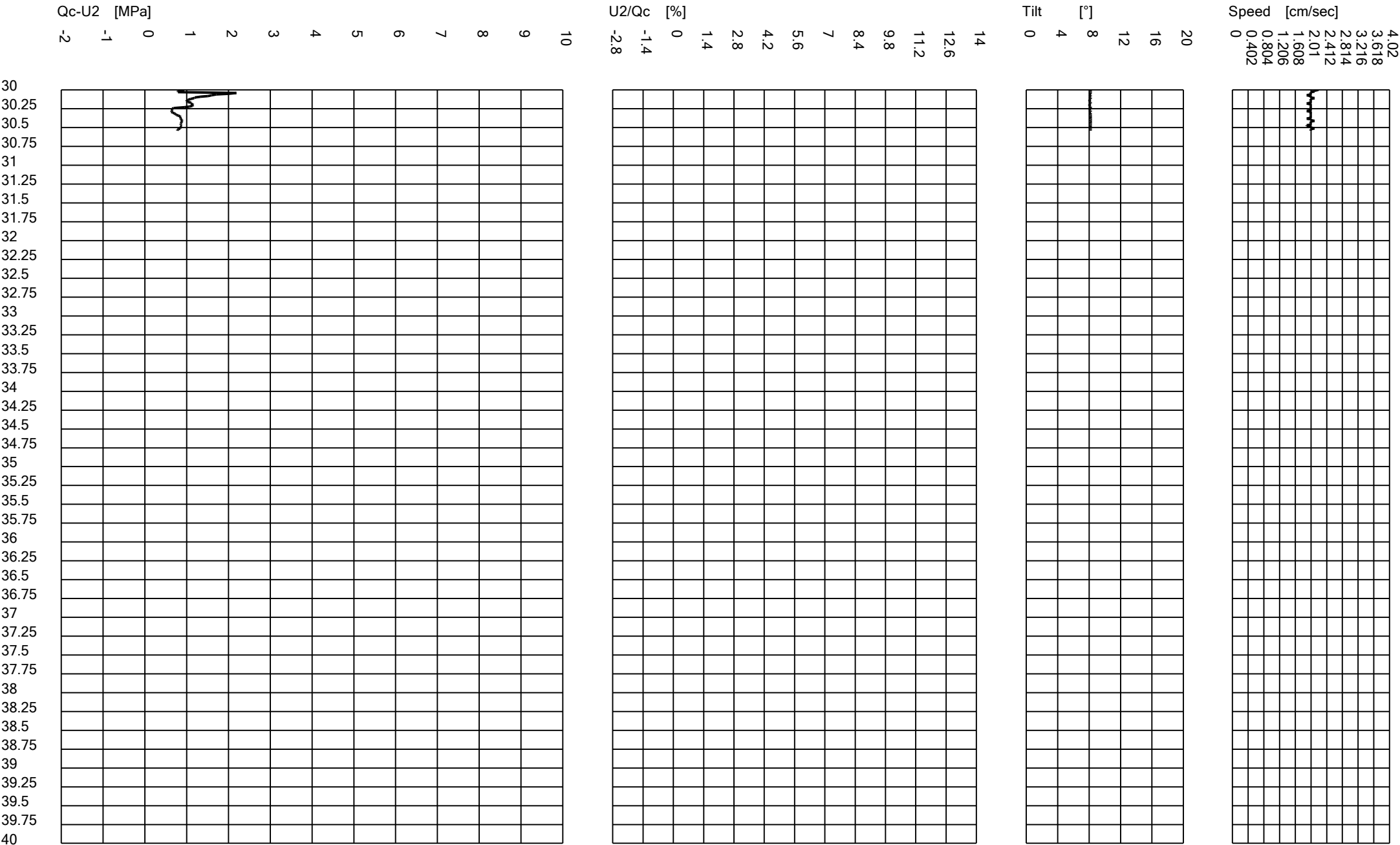












LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

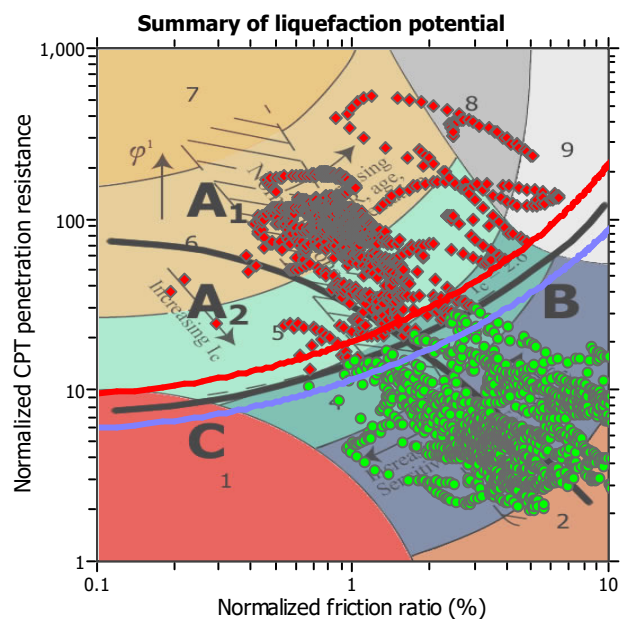
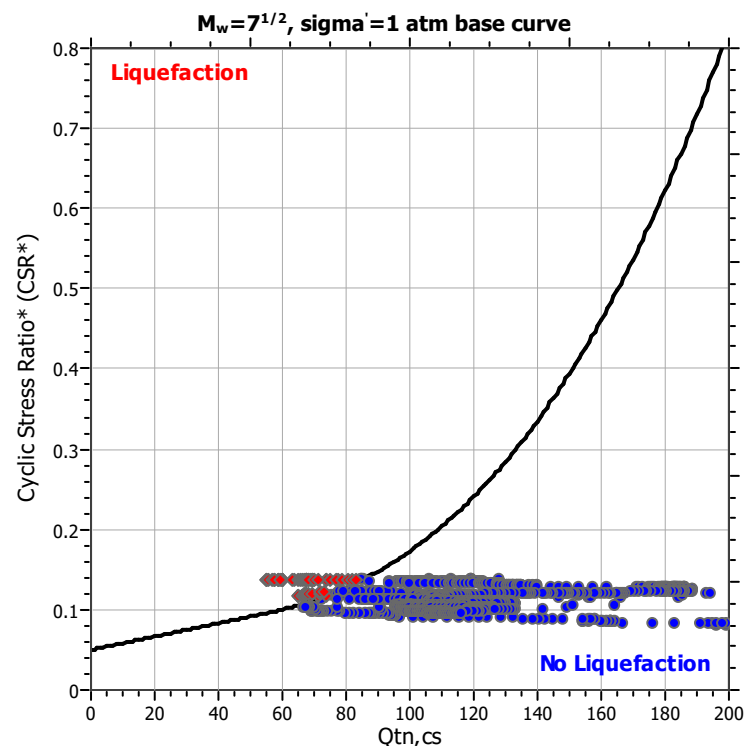
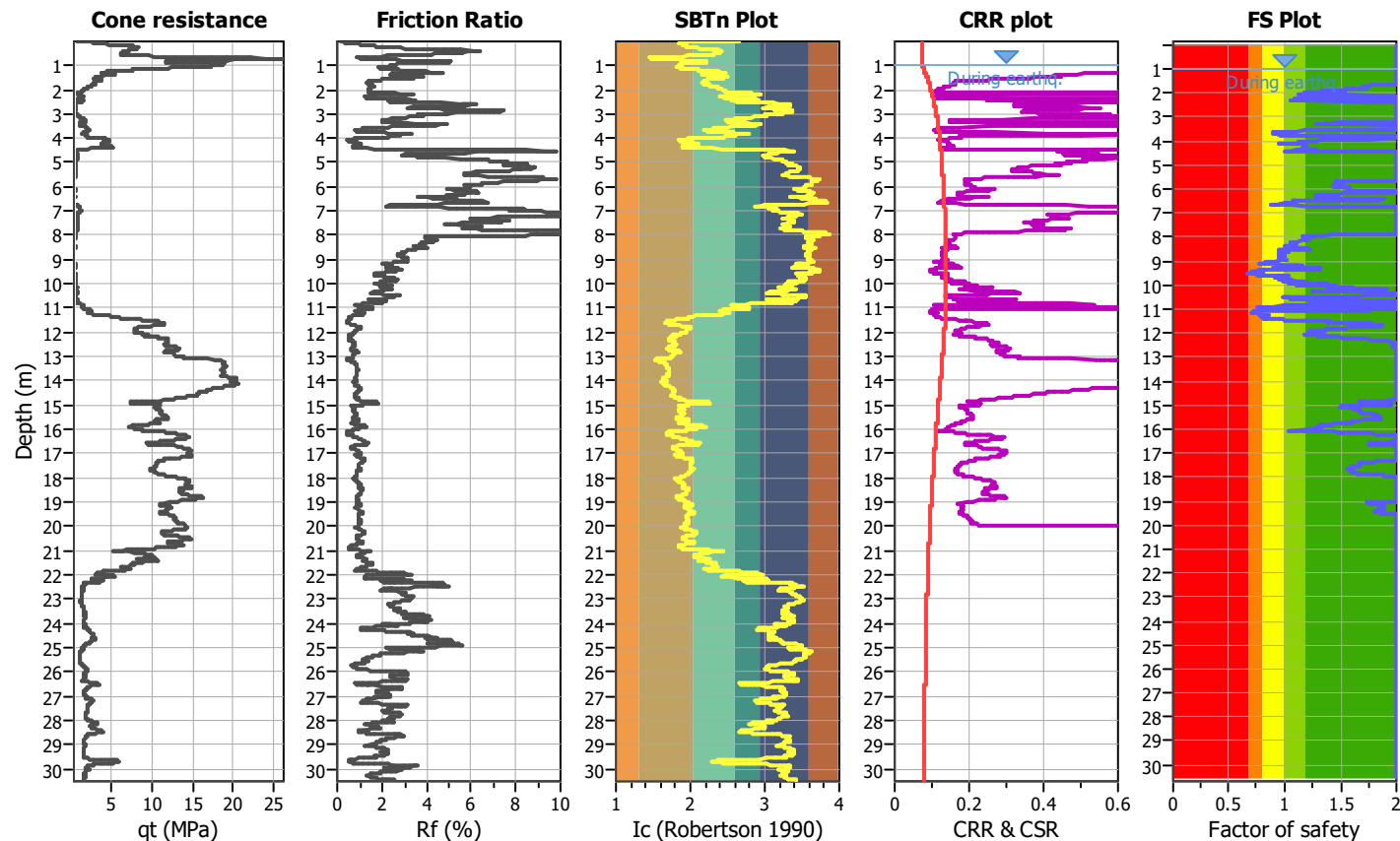
Project title :

Location :

CPT file : CPTU Camerlona Campo Sportivo Via S. Egidio

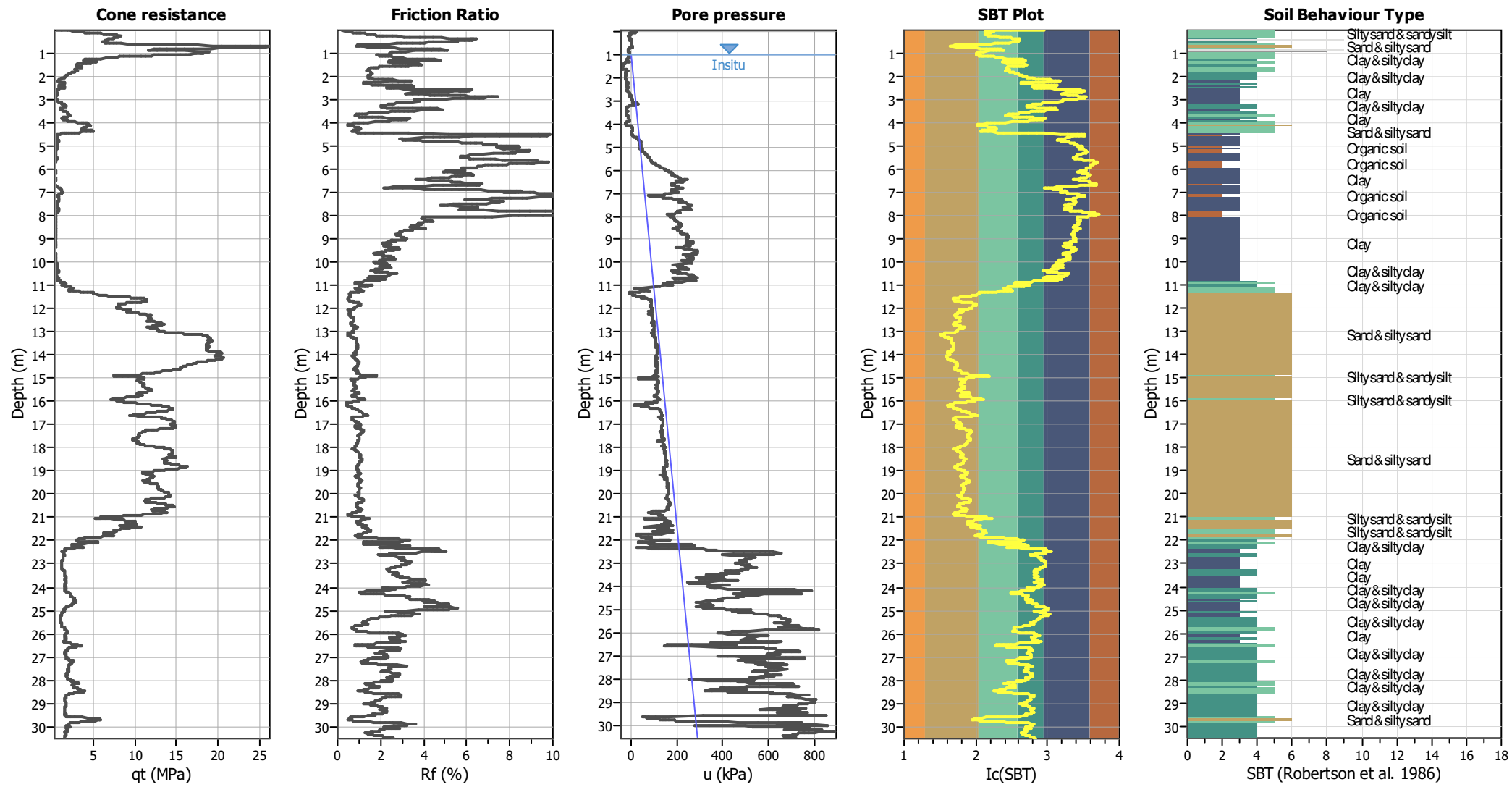
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	1.00 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	1	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.00	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.20	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	No	MSF method:	Method based



Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
 Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

CPT basic interpretation plots



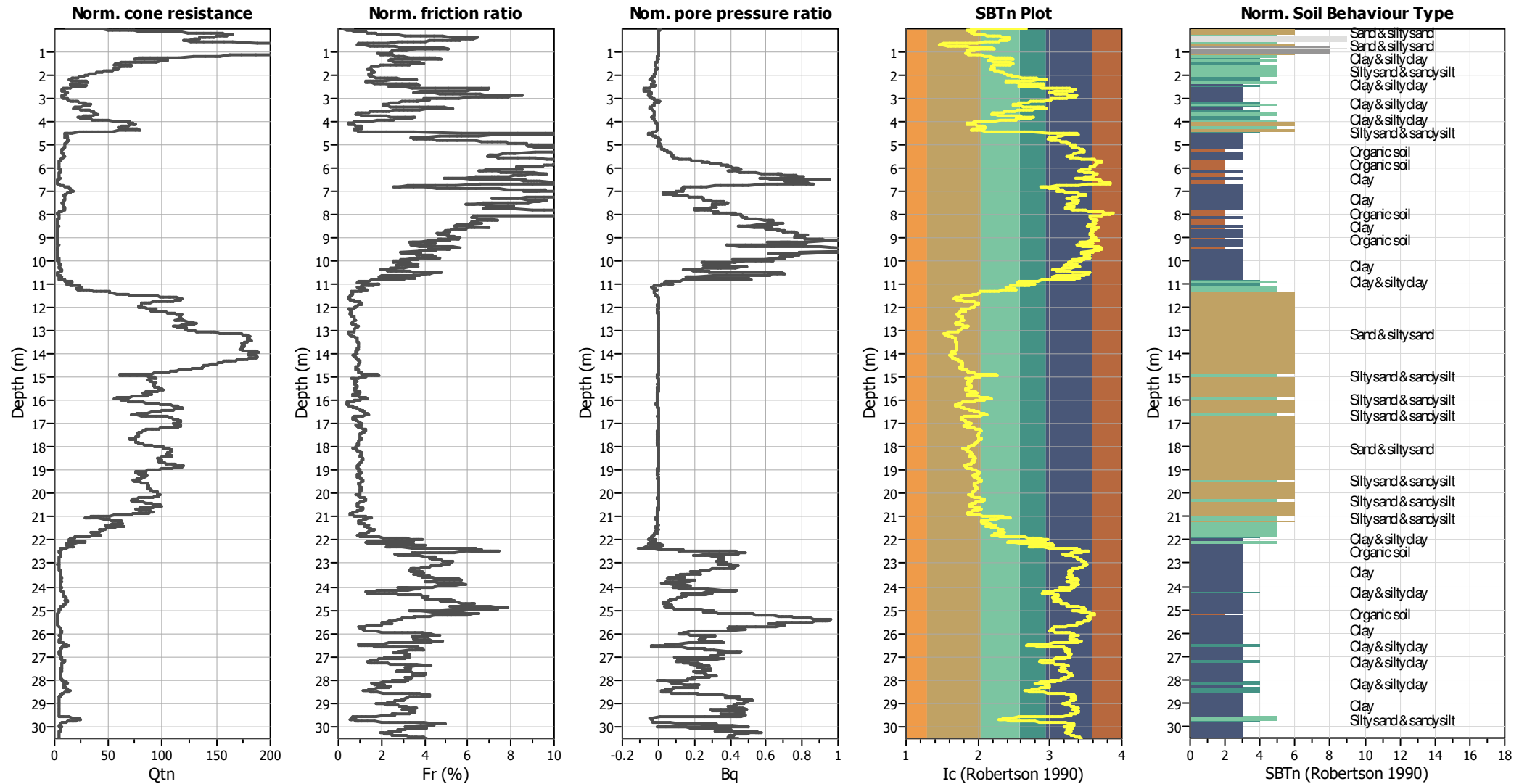
Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K ₀ applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.20	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

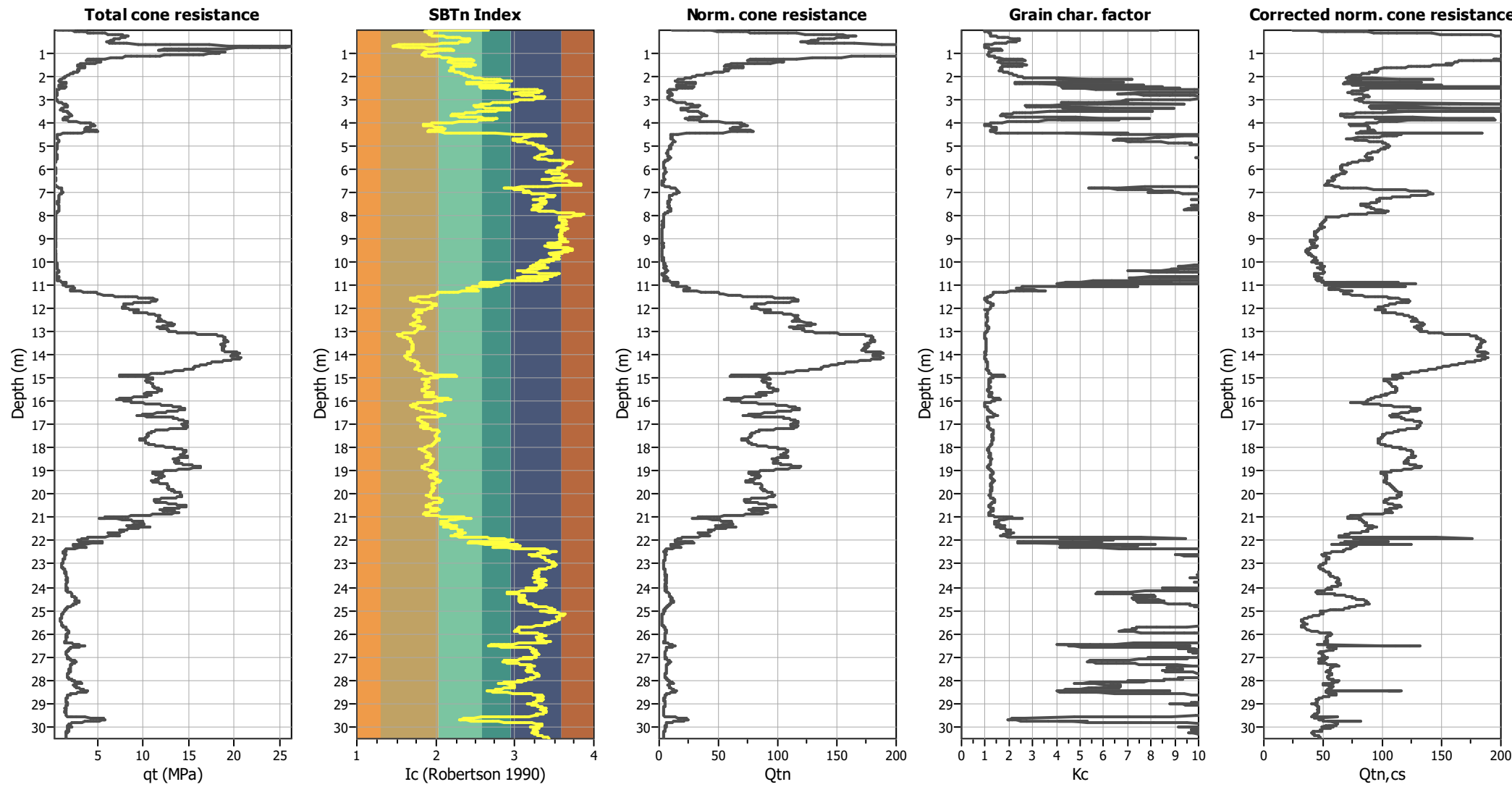
CPT basic interpretation plots (normalized)



Input parameters and analysis data

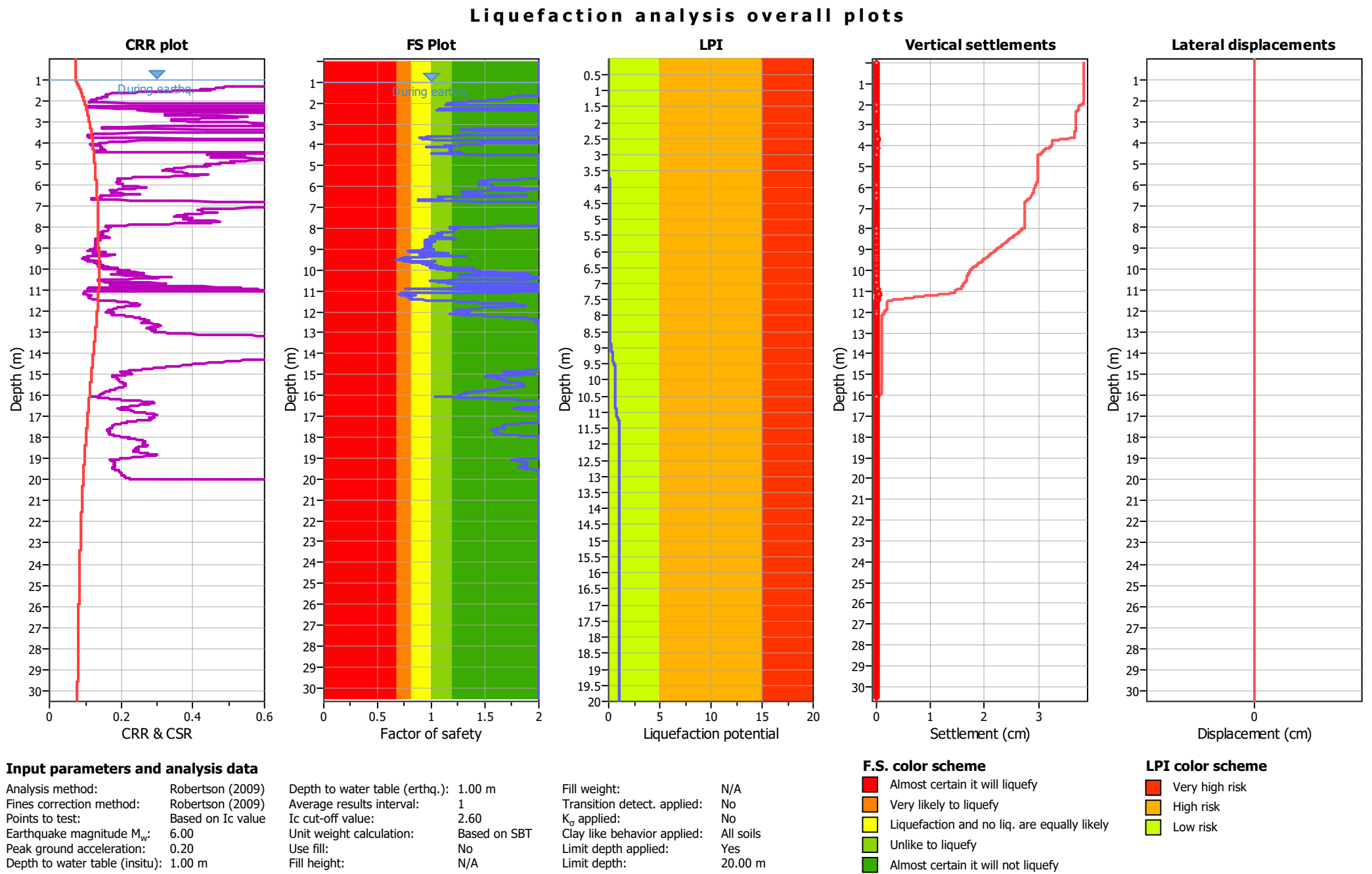
Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K_0 applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.20	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

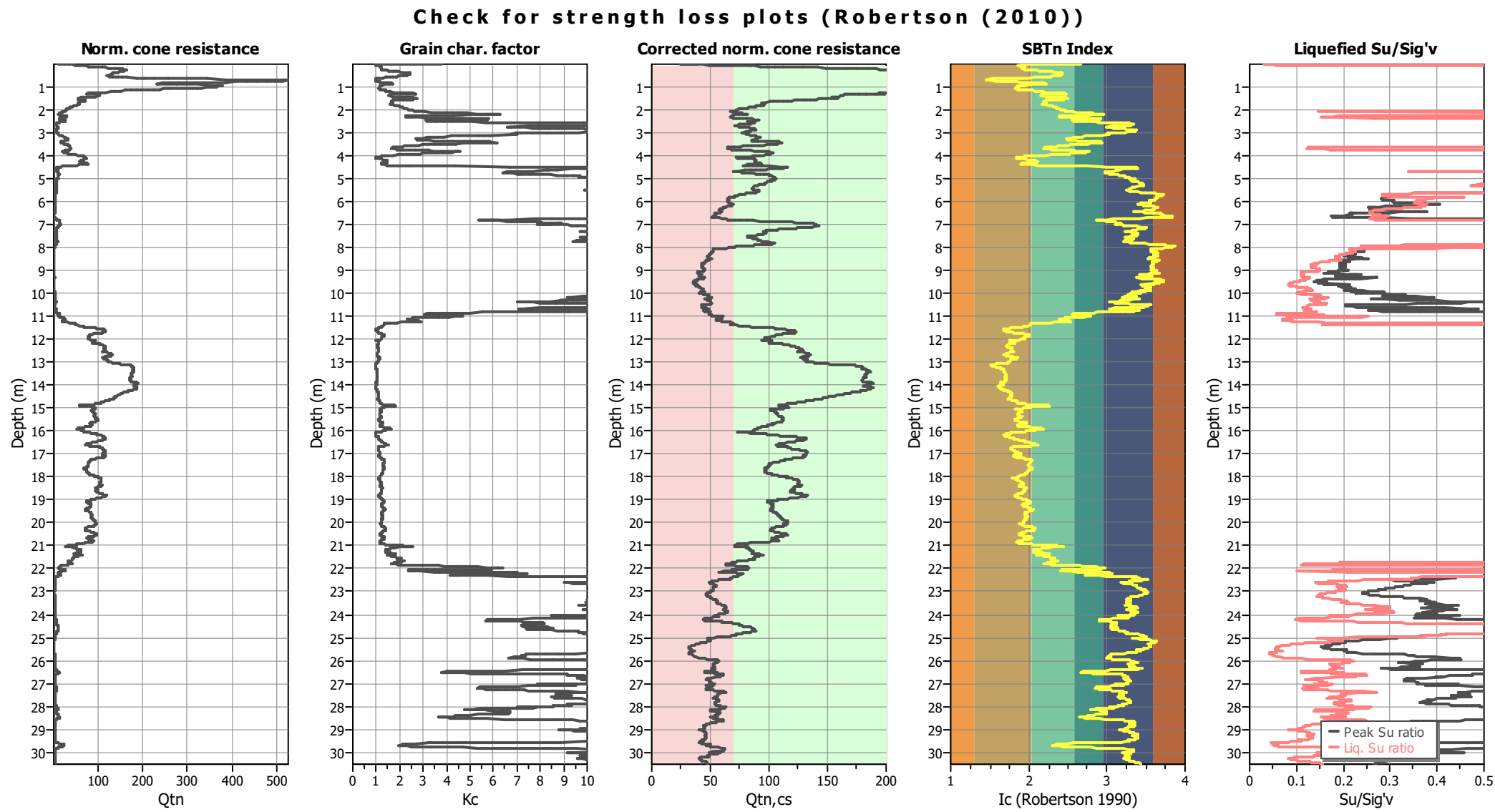
Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _o applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.20	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m





Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	Depth to water table (erthq.):	1.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson (2009)	Average results interval:	1	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K _o applied:	No
Earthquake magnitude M _w :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	All soils
Peak ground acceleration:	0.20	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m