



C O M U N E   D I   N O N A N T O L A  
P R O V I N C I A   D I   M O D E N A

## VARIANTE SPECIFICA AL PIANO REGOLATORE GENERALE \_N° 1\_2019

ai sensi del combinato disposto dell'art.15 della L.R. 47/1978 e dell'art. 41 della L.R. 20/2000  
in attuazione al regime transitorio della LR 24/2017 Articolo 4 comma4 lettera a

### **8a. RELAZIONI SPECIALISTICHE VARIANTE 1**

ADOTTATA CON DCC N \_\_\_\_\_ DEL \_\_/\_\_/\_\_

APPROVATA CON DCC N \_\_\_\_\_ DEL \_\_/\_\_/\_\_

Progettista

ing. Francesco Bursi

Il Responsabile del Procedimento  
Gianluigi Masetti

Il Sindaco  
Federica Nannetti

# COMUNE DI NONANTOLA

## PROVINCIA DI MODENA

\*\*\*

Relazione contenente lo studio di “**MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO**” (ai sensi della DGR 2193/2015 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna, verifica dei fenomeni di liquefazione e dei cedimenti post-sismici e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)



**Proposta di delocalizzazione della potenzialità edificatoria derivante dal Comparto “Ex Cantina Sociale”**



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

FEBBRAIO 2019  
Rif. 55/19

**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

# COMUNE DI NONANTOLA

PROVINCIA DI MODENA

\*\*\*

Relazione contenente lo studio di “**MICROZONAZIONE SISMICA DEL SITO**” (ai sensi della DGR 2193/2015 RER) con verifica del coefficiente di amplificazione del moto sismico secondo approccio descritto nella normativa della Regione Emilia Romagna, verifica dei fenomeni di liquefazione e dei cedimenti post-sismici.

## OGGETTO

**Proposta di delocalizzazione della potenzialità edificatoria derivante dal Comparto “Ex Cantina Sociale”**

**Rif. n. 55/19**

## LOCALITÀ

Via Provinciale Est  
Comune di Nonantola  
Provincia Modena

## COMMITTENTE

Ingegneri Riuniti Spa



## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

## INDICE DEL CONTENUTO

1. PREMESSE .....	3
1.1 Inquadramento geografico .....	3
1.2 Riferimenti normativi .....	4
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	5
2.1 Aspetti geologici generali .....	5
2.2 Microzonazione sismica Comune di Nonantola .....	7
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	9
3.1 Campagna geognostica .....	9
3.2 Metodologie di indagine .....	10
3.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT e punta elettrica con piezocono CPTU .....	10
3.2.2 Acquisizione di rumore sismico naturale disperse mediante stazione velocimetrica triassiale (Metodologia HVSR) ...	10
3.2.3 Indagine sismica attiva (MASW);.....	12
3.2.4 Indagine sismica passiva (Re.Mi);.....	12
4. STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA (DGR 2193/15 REGIONE EMILIA ROMAGNA) .....	13
4.1 Primo livello di approfondimento.....	13
4.1.1 Aspetti geologici e geotecnici .....	13
4.1.2 Frequenze naturali di sito.....	20
4.1.3 Modello idrogeologico di riferimento.....	20
5. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO .....	21
5.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo (NTC 2018) .....	21
5.2 Azione sismica di riferimento secondo specifica analisi di risposta sismica locale RSL.....	22
5.2.1 Modello iniziale .....	23
5.2.2 Risultati ottenuti .....	26
6. STABILITÀ DEL SITO NEI CONFRONTI DEI FENOMENI CO-SISMICI.....	31
6.1 Verifica della suscettività del sito ai fenomeni di liquefazione (Approccio DGR 2193/15).....	31
6.2 Verifica dei cedimenti post-sismici (Approccio DGR 2193/15) .....	33
7. CONCLUSIONI .....	35

## TAVOLE

Tav. n. 1: "Carta topografica"	scala 1: 5000;
Tav. n. 2: "Ripresa satellitare"	scala 1: 3000;
Tav. n. 3: "Carta geologica"	scala 1:5000;
Tav. n. 4: "Ubicazione delle indagini"	scala 1:1500;

## ALLEGATI

- ALL. n. 1 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU e con punta meccanica CPT;
- ALL. n. 2 Indagini Geofisiche;
- ALL. n. 3 Verifiche della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione;



## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

# 1. PREMESSE

Nel mese di Febbraio 2019, per incarico dei tecnici progettisti e della proprietà, è stato eseguito il presente studio di Microzonazione Sismica a supporto della proposta di delocalizzazione della potenzialità edificatoria derivante dal Comparto "Ex Cantina Sociale", secondo le disposizioni indicate dalla normativa regionale DGR 2193/15.

La presente analisi geologica è relativa ad un'area agricola situata in corrispondenza di via Provinciale Est all'interno del territorio comunale della città di Nonantola in Provincia di Modena.



Fig. n. 1.1 – Inquadramento satellitare dell'area in oggetto

## 1.1 Inquadramento geografico

L'area in esame è collocata in corrispondenza di aree agricole, nel settore Est del territorio del Comune di Nonantola (MO). Le coordinate specifiche dell'area in oggetto sono le seguenti:

SITO IN ESAME	
COORDINATE GEOGRAFICHE ED 50	
LATITUDINE	LONGITUDINE
44.675111	11.054736

## 1.2 Riferimenti normativi

La presente relazione geologica viene redatta ai fini della procedura di variante urbanistica prevista, congiuntamente a supporto della progettazione degli interventi previsti da eseguirsi all'interno dello stabilimento.

Per ottemperare alle richieste della normativa regionale DGR 2193/15 lo studio di microzonazione verrà sviluppato secondo le seguenti fasi:

- Identificazione del modello geologico, idrogeologico, geofisico di riferimento dell'area (I Livello di Approfondimento);
- Identificazione del coefficiente stratigrafico di amplificazione di sito, verifica della suscettività del sito ai fenomeni di liquefazione, analisi dei cedimenti post- sismici (III Livello di approfondimento);



---

## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 Aspetti geologici generali

L'area in analisi è sita nell'alta pianura Modenese, in un contesto geologico superficiale di inter-conoide alluvionale riconducibile alle trasgressioni del Fiume Panaro.

La geologia di superficie è rappresentata dall'unità AES8, denominata "Sub-sintema di Ravenna", costituita da alternanze di Ghiaie e Ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Nelle fasce pedecollinari di inter-conoide le litologie prevalenti sono di tipo limoso. La potenza massima osservata della seguente formazione è pari a 25.00 m.

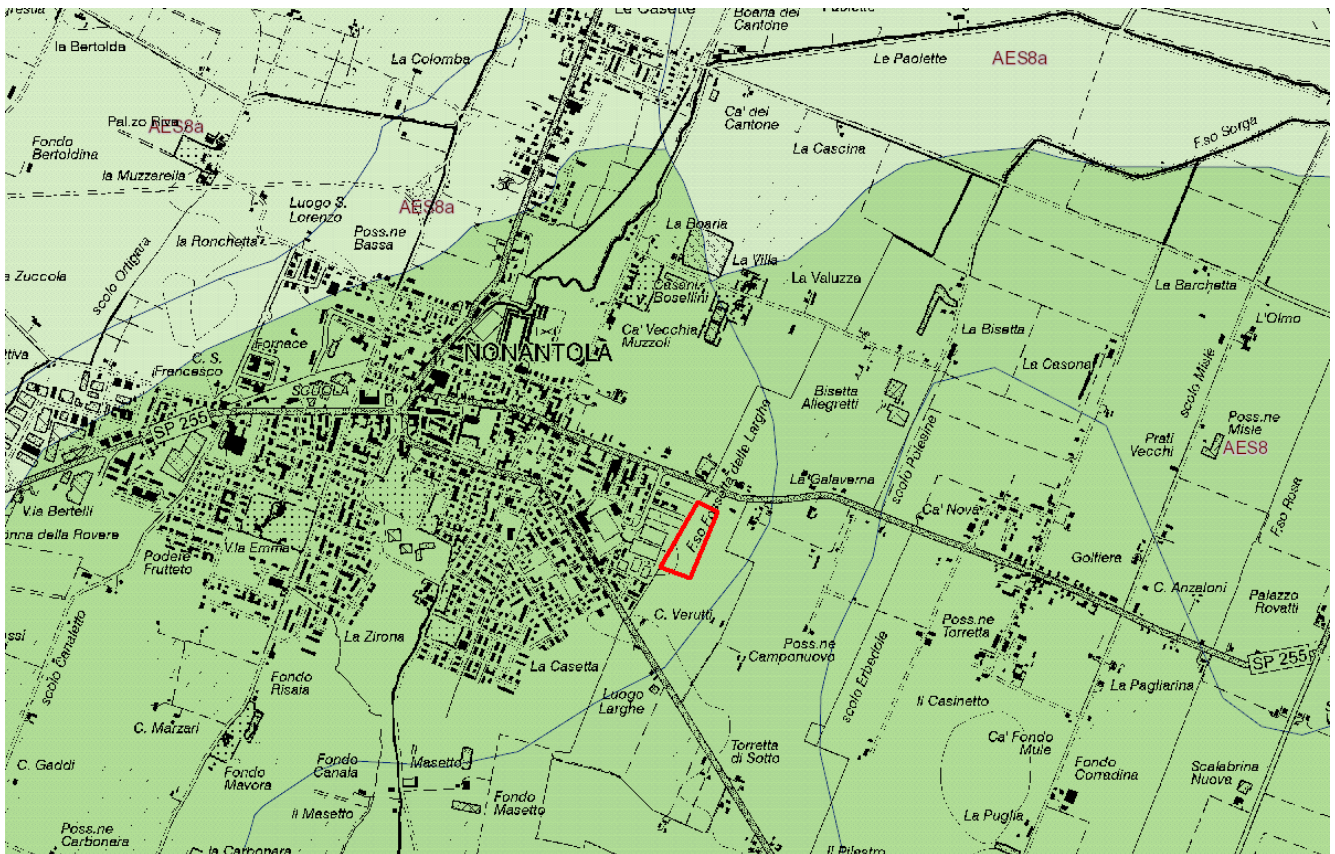


Fig. 2.1 – Stralcio della cartografia geologica a scala 1:15000 della Regione Emilia Romagna

L'assetto geologico profondo è determinato dalla presenza del substrato rigido (Miocene e Evaporiti Messiniani) posto alla profondità di circa -7500 m rispetto al piano campagna (Dati RER) come visibile nell'interpolazione in Fig. n. 2.3.

La conformazione del substrato in corrispondenza dell'area di interesse è interessata dalla presenza di lembi rialzati dovuti a sovrascorrimenti del periodo post-tortoniano (Miocene). Per quanto riguarda la profondità dei depositi superficiali che costituiscono il Sintema Emiliano Romagnolo Superiore, dalla consultazione della "Carta sismo-tettonica" della Regione Emilia Romagna, presso l'area in analisi risulta corrispondere alla quota di -300 m (Fig. 2.2) rispetto al livello medio del mare.



**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo\\_group@winpec.it](mailto:geo_group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

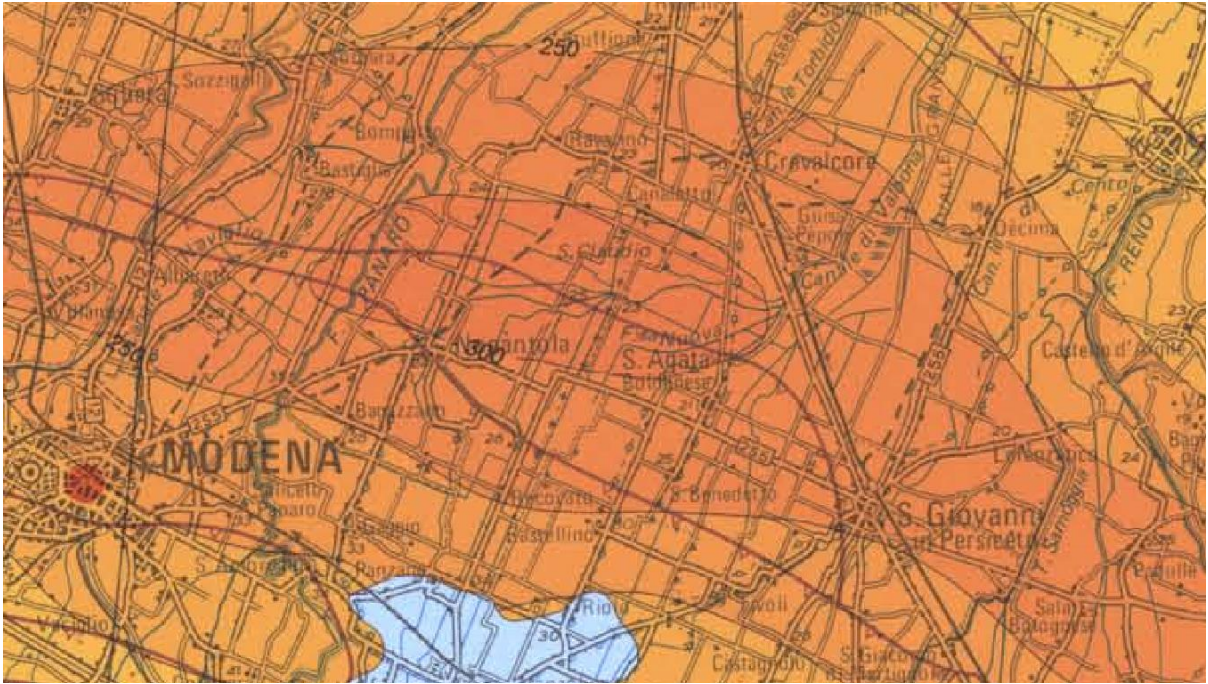


Fig. 2.2 – Estratto della “Carta sismo-tettonica della Regione Emilia Romagna” con indicazione (isolinee) della base del Sistema Emiliano Romagnolo Superiore;



Fig. 2.3 – Interpolazione dei dati geologici profondi RER relativi alla quota del substrato rigido (isolinee bianche) e la configurazione delle deformazioni del substrato rigido;



## 2.2 Microzonazione sismica Comune di Nonantola

A monte della fase di modellazione diretta delle caratteristiche geologiche e sismiche a corredo dello studio MS, sono stati consultati gli elaborati cartografici relativi allo studio MS relativo al Comune di Nonantola.

Consultando la cartografia MOPS di III° livello (F.a. P.G.A.) l'area in esame risulta ricadere in corrispondenza di terreni suscettibili a fenomeni di cedimenti differenziali (Zone suscettibili di instabilità).

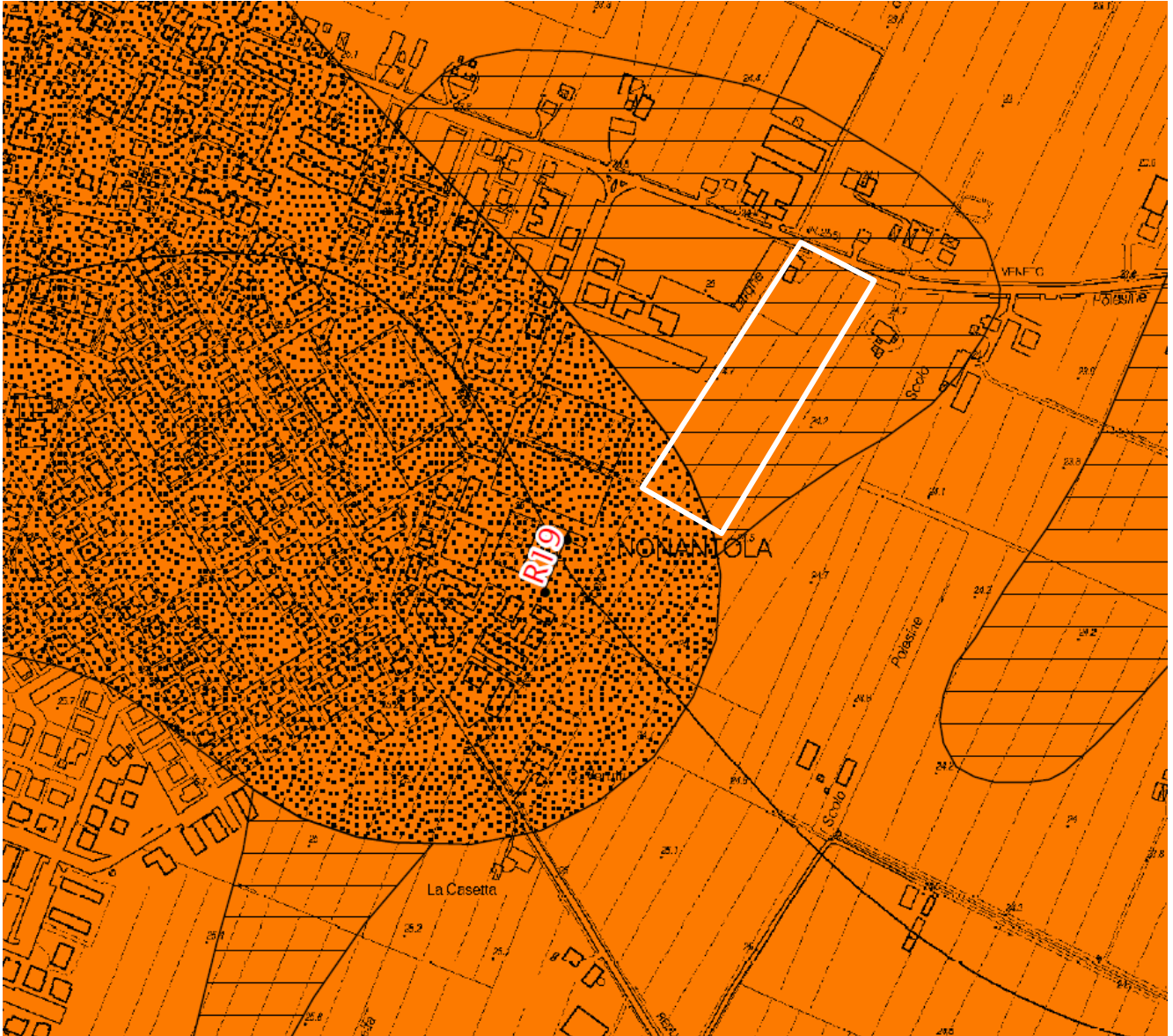


Fig. 2.4 – Estratto della "Carta di microzonazione sismica Livello 3 – F.a. P.G.A." del Comune di Nonantola

La cartografia MOPS di I Livello indica la presenza di Argille limose e limi argillosi poco consistenti con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori tra 1 e 2 metri da moderatamente a poco addensati nei primi 12-13 metri, con l'aumento della profondità argille limose-limi argillosi moderatamente consistenti. Per tali depositi si prevede amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziali cedimenti differenziali per cedimenti di terreni poco consistenti e densificazione/liquefazione di sottili strati sabbioso limosi.

Per tali aree sono prescritti approfondimenti di III° per stima dei cedimenti. Sulla scorta delle prescrizioni definite dallo studio MS del Comune di Nonantola si procede a sviluppare il presente studio MS secondo approccio di III° livello di approfondimento (DGR 2193/15).



---

## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F. 02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

#### 3.1 Campagna geognostica

Con la finalità di definire il modello stratigrafico, geotecnico e sismico relativamente all'area oggetto di studi di microzonazione sismica e ottemperare alle richieste della normativa urbanistica regionale DGR 2193/15:

- n° 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU;
- n° 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT;
- n° 1 indagine sismica attiva secondo metodologia MASW;
- n° 1 indagine sismica passiva secondo metodologia Re.Mi;
- n° 1 indagine sismica passiva secondo metodologia HVSR;

Alla tavola n. 4 è illustrata la planimetria di dettaglio relativa al posizionamento planimetrico dei punti di sondaggio. Si procede, nel capitolo successivo, a descrivere le metodologie di indagine e analisi adottate a supporto della redazione del presente documento.



Fig. n. 3.1 – Ubicazione delle indagini geognostiche (Febbraio 2019)

## 3.2 Metodologie di indagine

### 3.2.1 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT e punta elettrica con piezocono CPTU

Per quel che concerne le caratteristiche tecniche delle strumentazioni impiegate per l'esecuzione delle prove penetrometriche CPT e CPTU si faccia riferimento a quanto esposto negli allegati successivi.

### 3.2.2 Acquisizione di rumore sismico naturale disperso mediante stazione velocimetrica triassiale (Metodologia HVSR)

Per la definizione delle frequenze naturali di vibrazione dei depositi superficiali presenti, è stata svolta una campagna di acquisizione di rumore sismico naturale disperso mediante n. 2 registrazioni a stazione singola velocimetrica triassiale (Strumentazione TROMINO 3G MOHO). La durata delle acquisizioni eseguite è pari a T = 1200 s in conformità a quanto esposto nelle linee guida "Guideline for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations" imposte dal SESAME European research project (2004).

La tecnica HVSR è una metodologia di rilievo geofisico che consente di valutare alcune caratteristiche di depositi sedimentari. Tale tecnica è risultata idonea per valutare il periodo fondamentale di depositi sedimentari, in modo particolare quando l'impedenza di questi è in grande contrasto con l'impedenza del bedrock. La principale applicazione della tecnica del rapporto spettrale H/V è quindi quella di consentire in modo semplice e veloce l'identificazione della frequenza fondamentale  $f_0$  del sito.

La tecnica HVSR consente quindi di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato sofficie a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie. Se si considera la struttura geologica tipica di un deposito sedimentario, il tremore registrato in superficie è assimilabile alla composizione di onde superficiali e di onde di volume. Tali onde verranno modificate dall'azione filtrante dello strato sofficie. Si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale ( $H_f$ ) e verticale ( $V_f$ ); tali spettri sono legati agli spettri delle onde di volume e di quelle di superficie dalle seguenti formule:

$$V_f = A_v * V_h + V_s$$

$$H_f = A_h * H_b + H_s$$

dove  $A_h$  e  $A_v$  sono i fattori di amplificazione del moto orizzontale e verticale delle onde di volume;  $H_b$  e  $V_b$  sono gli spettri orizzontale e verticale del moto nel bedrock e  $H_s$  e  $V_s$  sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie. Nella tecnica HVSR il rapporto H/V è esprimibile come:

$$\frac{H}{V} = \frac{H_f}{V_f} = \frac{H_b}{V_b} * \frac{A_b + \frac{H_s}{H_h}}{A_v + \frac{V_s}{V_b}}$$

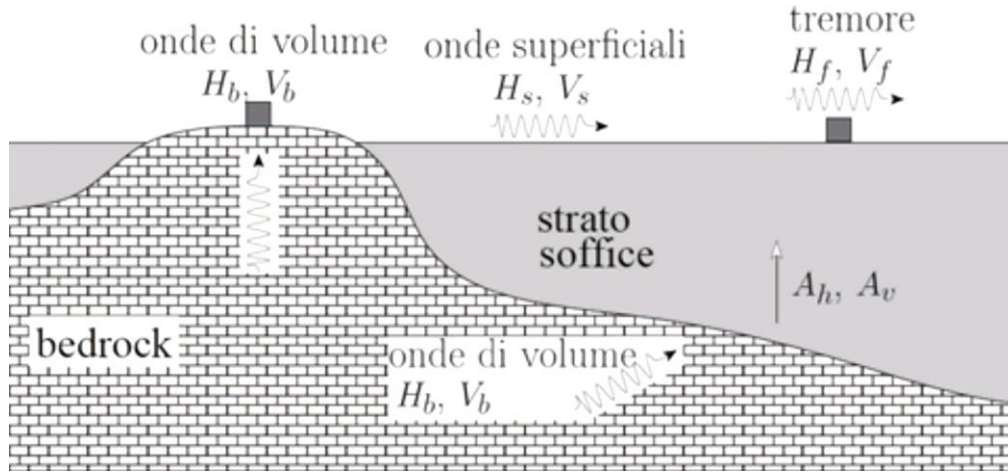


Fig. n. 3.2 – Struttura geologica di un deposito sedimentario

Per basse frequenze ( $f < (2-3)f_0$ ) non c'è amplificazione significativa del moto verticale; inoltre, gli spettri  $H_b$  e  $V_b$  nel bedrock non hanno ancora ricevuto alcuna rilevante amplificazione. Con l'ulteriore ipotesi di predominanza delle onde provenienti dal bedrock su quelle superficiali si può dimostrare che il rapporto  $H/V$  è una approssimazione per difetto del fattore di amplificazione orizzontale  $A_h$  cercato

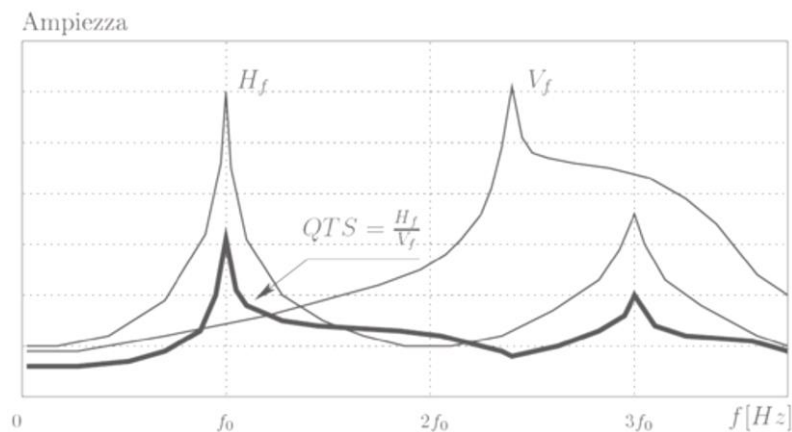


Fig. n. 3.3 – Confronto schematico tra gli spettri orizzontale ( $H_f$ ) e verticale ( $V_f$ ), ed il rapporto  $H/V = H_f/V_f$

Si consideri ancora il sito ideale caratterizzato dalla presenza di uno strato soffice posto sopra il bedrock (fig. 10). Quando un'onda sismica proveniente dal bedrock passa attraverso lo strato soffice per giungere in superficie, viene modificata in base alle caratteristiche dello strato. Se si suppone che lo strato soffice ideale sia omogeneo ed elastico, risulta possibile calcolare la frequenza fondamentale di risonanza secondo la legge del quarto d'onda:

$$f_0 = \frac{4C_s}{H}$$

dove  $C_s$  è la velocità delle onde S e  $H$  è la profondità dello strato soffice.

### 3.2.3 Indagine sismica attiva (MASW);

Per poter caratterizzare il sottosuolo nei confronti della risposta sismica locale è stata svolta un'acquisizione in dispersione sismica attiva di onde superficiali tipo Rayleigh (MASW-Multichannel analysis of surface waves - Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999), registrata mediante array lineare. Sulla scorta di tali indagini è stato possibile definire le velocità di trasmissione delle onde di taglio S nel sottosuolo.

La tecnica in oggetto permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde di superficie (tipo Rayleigh). Partendo dal sismogramma registrato, generato mediante perturbazione indotta da una sorgente energizzante in asse con lo stendimento, è possibile condurre un'analisi spettrale in termini energetici. Successivamente, attraverso la trasformata di Fourier, si individua la distribuzione dell'energia (spettro) relativa alle velocità di fase e in funzione delle varie frequenze alle quali sono registrate. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità si ottiene la curva di dispersione. Attraverso una fase d'inversione del segnale è infine possibile calcolare il modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). Tale fase si basa sul principio che le velocità delle onde di Rayleigh sono generalmente 1/9 delle velocità delle onde di taglio (Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999).

La suddetta analisi è stata realizzata mediante array lineare costituito da n. 24 geofoni verticali, aventi frequenza propria di risonanza pari a 4.5 Hz, spazati di offset pari a 2.00 m. Il segnale analogico derivante dalle apparecchiature geofoni che è stato convertito in segnale digitale mediante sismografo Geode (Geometrics) 24 bit. I parametri di acquisizione utilizzati hanno previsto una velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Le energizzazioni, eseguite attraverso massa battente da 10.00 Kg, sono state eseguite a 15.00 m, in direzione opposta al geofono corrispondente al primo canale di acquisizione della strumentazione.

Poiché il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, Velocità(fase)/frequenza, rappresenta una metodologia non univoca, risulta sempre preferibile operare la modellazione in presenza di dati di taratura (stratigrafici, geofisici, geotecnici ...).

### 3.2.4 Indagine sismica passiva (Re.Mi);

La tecnica di acquisizione conosciuta come *Refraction Microtremors* (Re.Mi.), permette di campionare le frequenze più basse, caratterizzanti le porzioni più profonde del sottosuolo. In generale le tecniche sfruttano la capacità di poter mettere in relazione le velocità di fase e le frequenze, relative alle onde di taglio, con le forme di dispersione delle onde di superficie. I microtremori sismici naturali determinano, in corrispondenza della superficie, la formazione di onde superficiali di Rayleigh. Si utilizzano dunque i microtremori naturali come sorgente sismica, i quali vengono misurati attraverso geofoni verticali disposti secondo array lineari. L'analisi avviene grazie a un passaggio delle registrazioni ottenute, attraverso la trasformata di Fourier, da un dominio spazio/tempo a un dominio frequenza/velocità. Il risultato dell'analisi è l'identificazione dello spettro energetico del segnale, in funzione della frequenza e della velocità. Dato che i livelli energetici possono variare significativamente alle diverse frequenze, lo spettro durante la fase di elaborazione viene normalizzato.

L'indagine sismica Re.Mi. è stata eseguita in sito utilizzando 24 geofoni verticali, distanziati di 2 m, con frequenza naturale di 4.5 Hz. I dati sono stati registrati mediante un sismografo *GEODE Geometrics 24 bit*, con velocità di campionamento (sample rate) di 4 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 120 secondi.



**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche - Rif. ENAC 18627

## 4. STUDIO MICROZONAZIONE SISMICA (DGR 2193/15 REGIONE EMILIA ROMAGNA)

### 4.1 Primo livello di approfondimento

La presente fase di analisi, in accordo con le linee guida della Protezione Civile Italiana e la normativa regionale DGR 2193/15 della Regione Emilia Romagna, costituisce lo studio preliminare nel quale vengono definite le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche del sito sulla scorta delle indagini eseguite e dei dati bibliografici precedentemente illustrati. Lo studio di primo livello di approfondimento risulta propedeutico alla seconda fase di analisi, in questo caso eseguita secondo III livello di approfondimento.

#### 4.1.1 Aspetti geologici e geotecnici

Attraverso l'interpretazione stratigrafica delle n. 3 prove penetrometriche (CPT e CPTU) eseguite si è reso possibile definire l'assetto stratigrafico del primo sottosuolo (20 m di profondità). A supporto dell'identificazione del modello stratigrafico sono state redatte sezioni litotecniche e geotecniche relativamente ai principali parametri individuati a seguito dell'elaborazione delle verticali di prova eseguite. Le sezioni realizzate sono illustrate successivamente.

La sezione litostratigrafica illustrata successivamente rappresenta l'andamento delle unità litologiche presenti in relazione all'intera area. Superficialmente, al disotto di circa 1.00 di terreno areato di coltivo, si riscontra la presenza di sottili lenti sabbiose e limose che interessano il sottosuolo da quote di -1.00 m da p.c. fino a raggiungere quote di massimo -4.00 m da p.c.. Tali corpi mostrano un'elevata resistenza alla punta fino a -2.20 m di profondità da p.c. mentre, da tale quota a -4.00 m da p.c. la resistenza alla punta risulta pari a 1.00 MPa.

Oltre tale unità, si rileva la presenza di terreni misti composti da miscele di argille limose e limi-sabbiosi che si estendono dalle quote di circa -4.00 m da p.c. fino a profondità nell'ordine dei -12.00 m da p.c. . Tali depositi sono dotati di consistenza scarsa (resistenza alla punta media inferiore a 1.0 MPa). Al disotto di queste litologie si rinvencono depositi a connotazione prettamente argillosa e limosa dotati di consistenza media/alta fino a profondità di -20.00 m da p.c..

In corrispondenza della verticale di prova CPTU1, tra le quote relative di -16.00 m da p.c. e -18.80 m da p.c., si rileva la presenza di un corpo sabbioso e limo-sabbioso dotato di addensamento variabile da scarso a medio (30/40%).



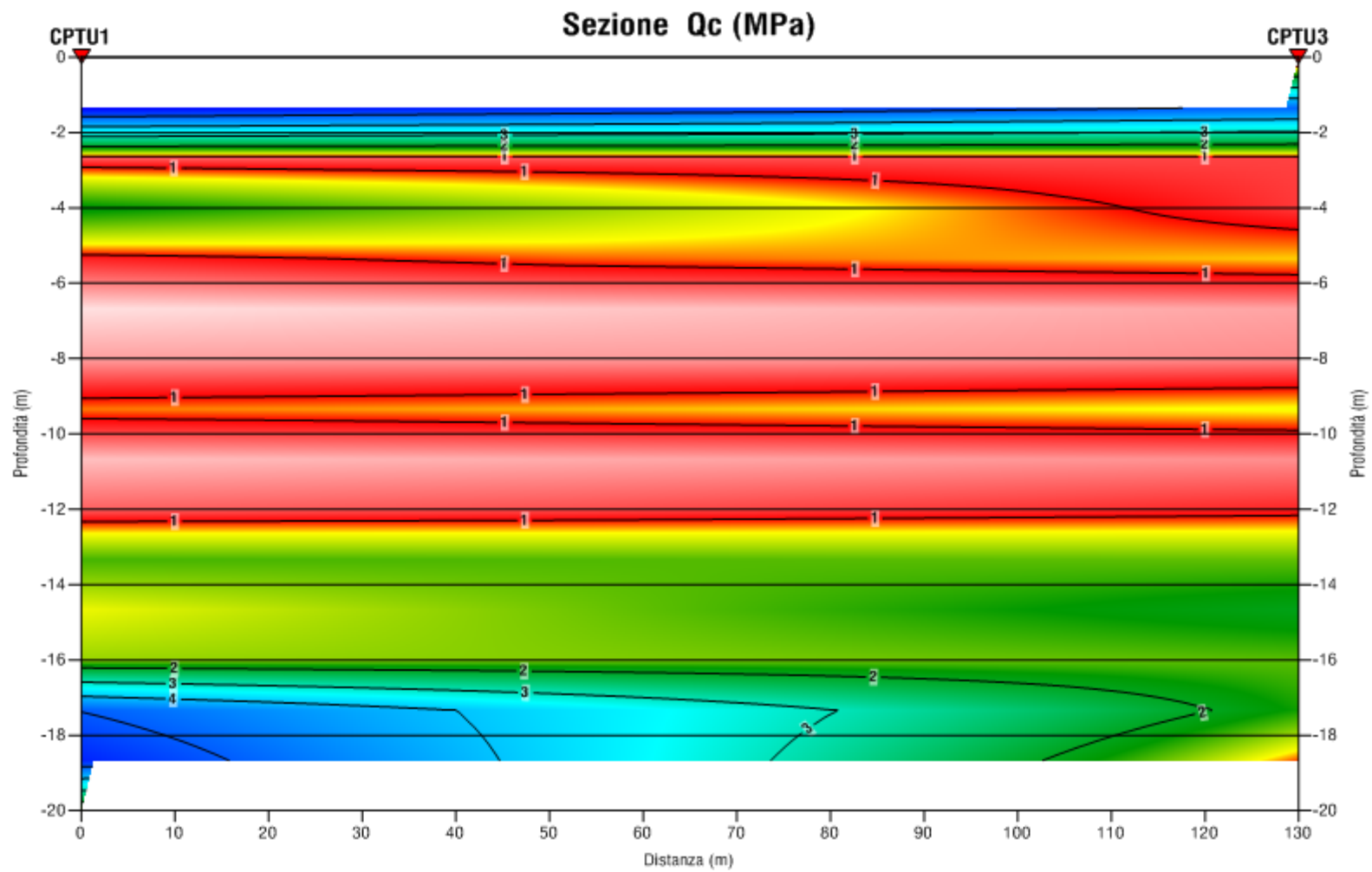
**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)

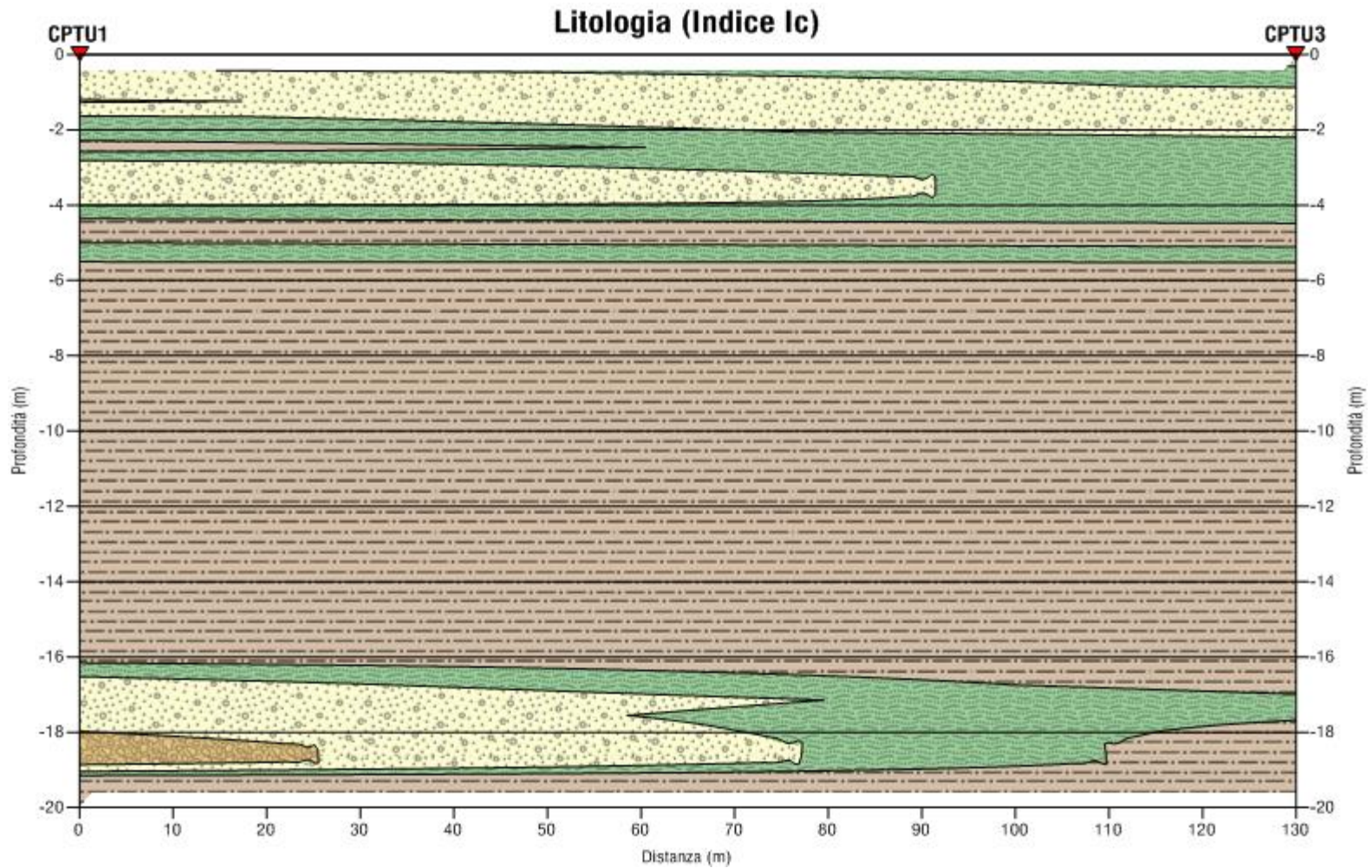
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

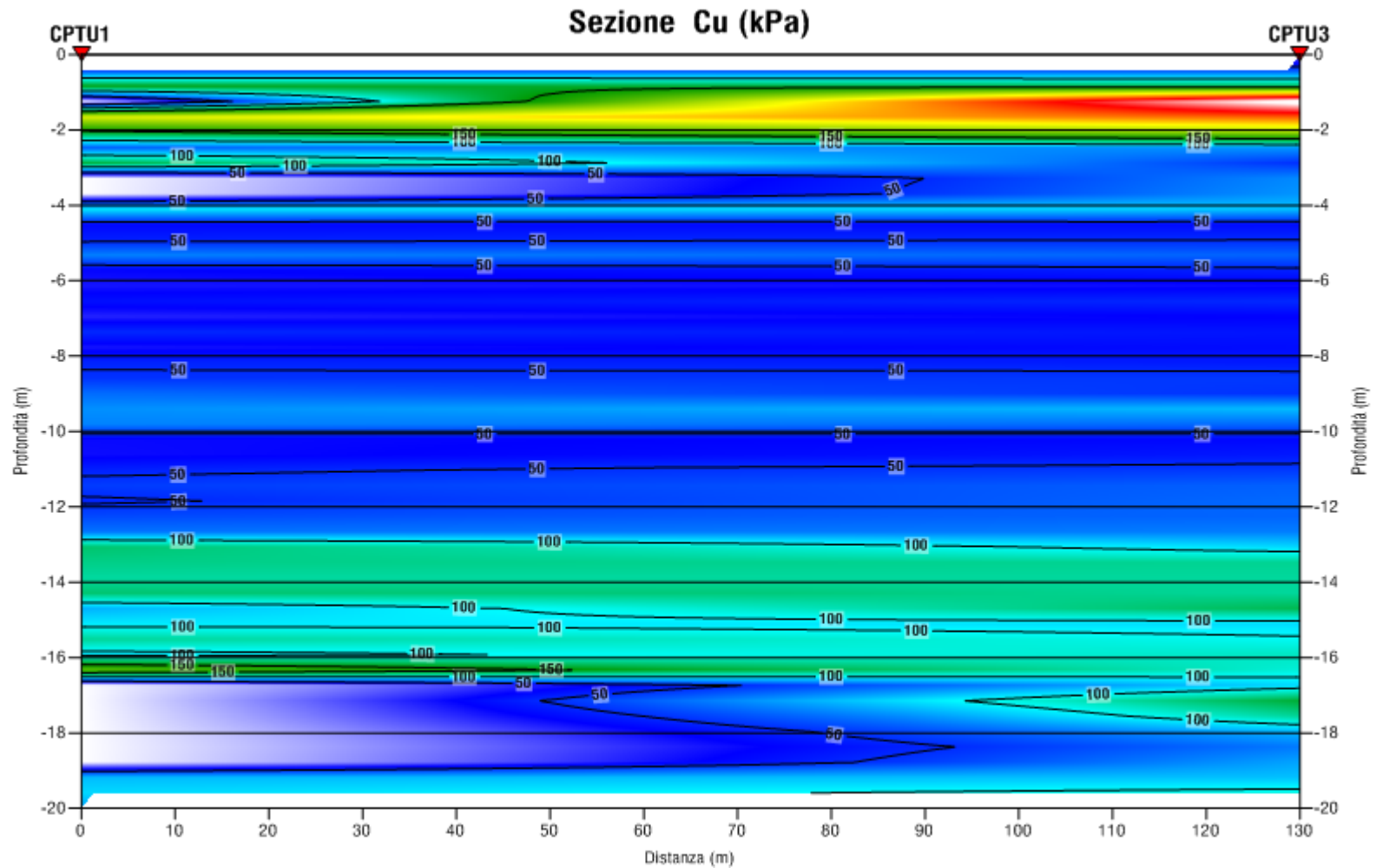






## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)  
 tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. lva e C.F.02981500362  
 Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo\\_group@winpec.it](mailto:geo_group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
 Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627



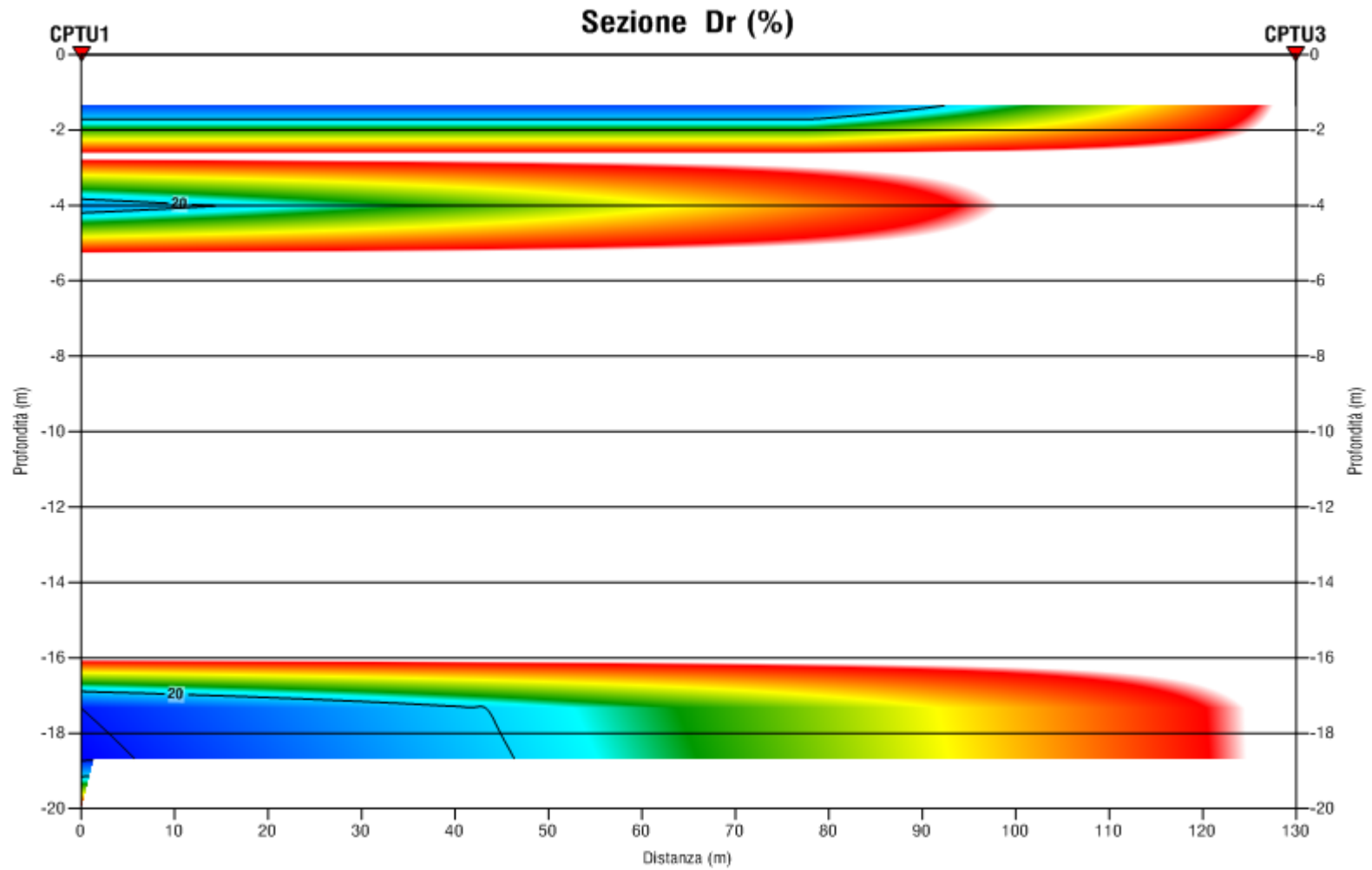
## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo\\_group@winpec.it](mailto:geo_group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627



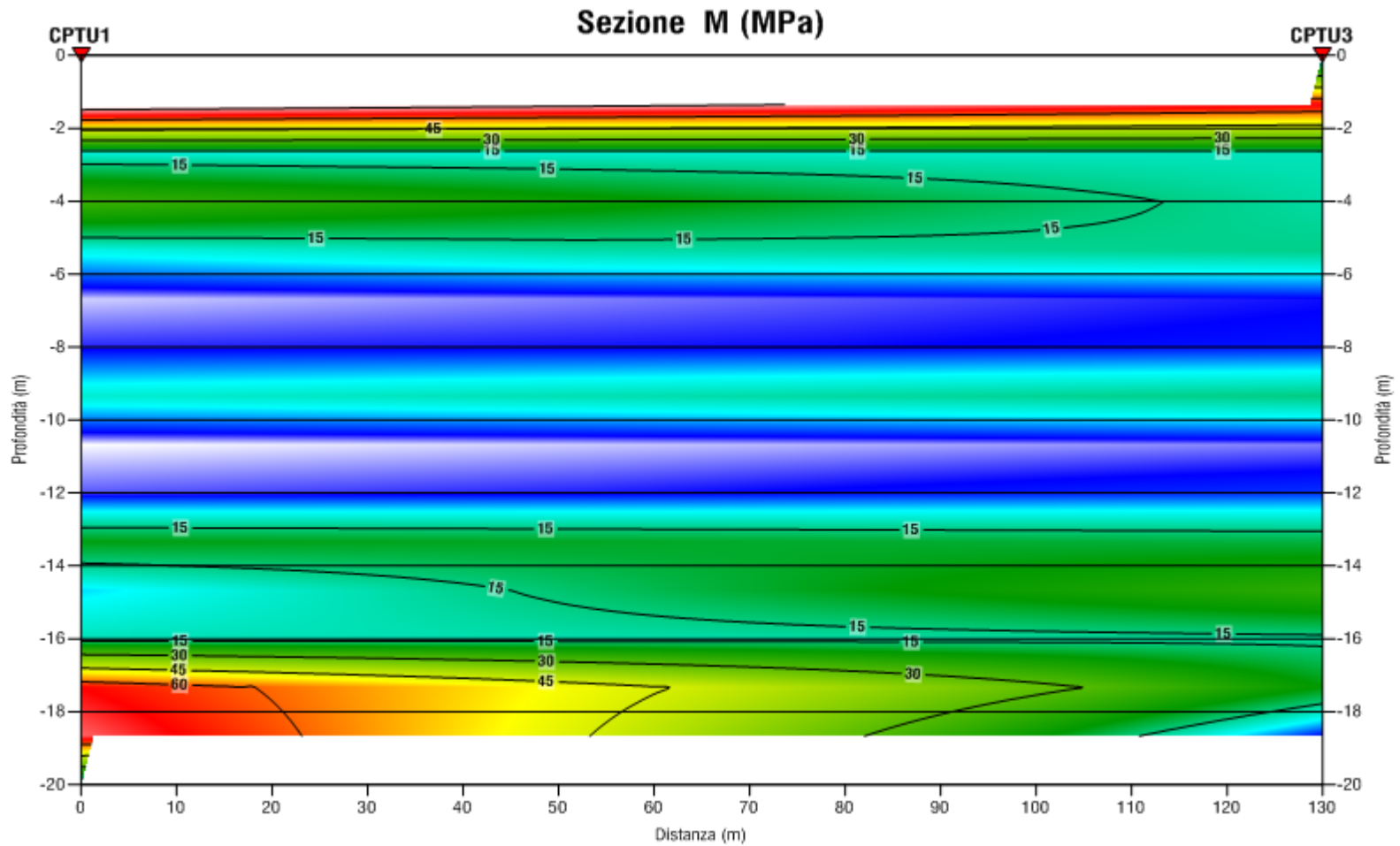
## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

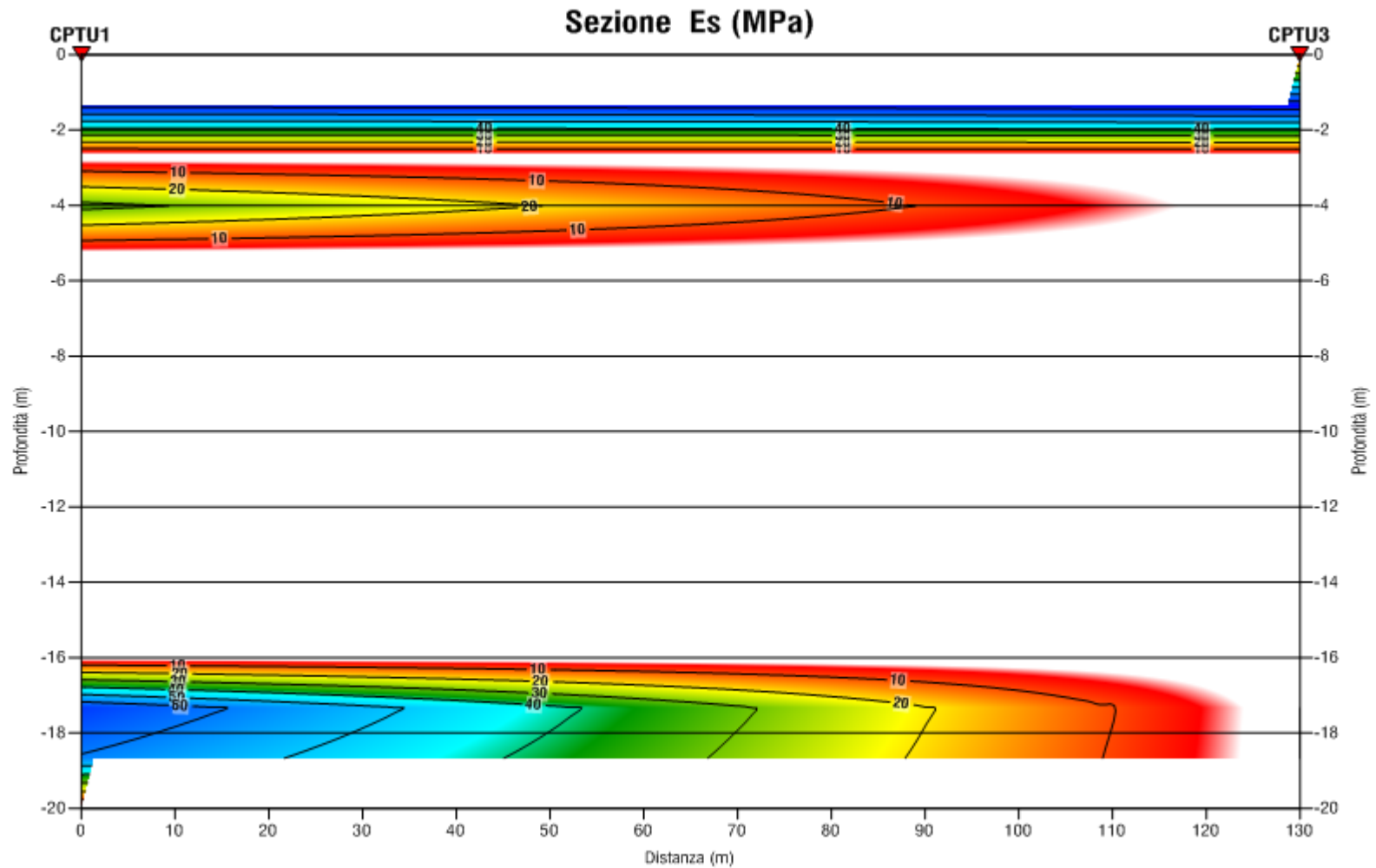
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo\\_group@winpec.it](mailto:geo_group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627



## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627



## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo\\_group@winpec.it](mailto:geo_group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

#### 4.1.2 Frequenze naturali di sito

Dall'analisi delle acquisizioni HVSR eseguite è stato possibile determinare le frequenze stratigrafiche che caratterizzano il sito oggetto di studi. Si illustrano successivamente le curve H/V determinate a seguito dell'elaborazione delle n. 2 acquisizioni HVSR eseguite nel mese di Febbraio 2019.

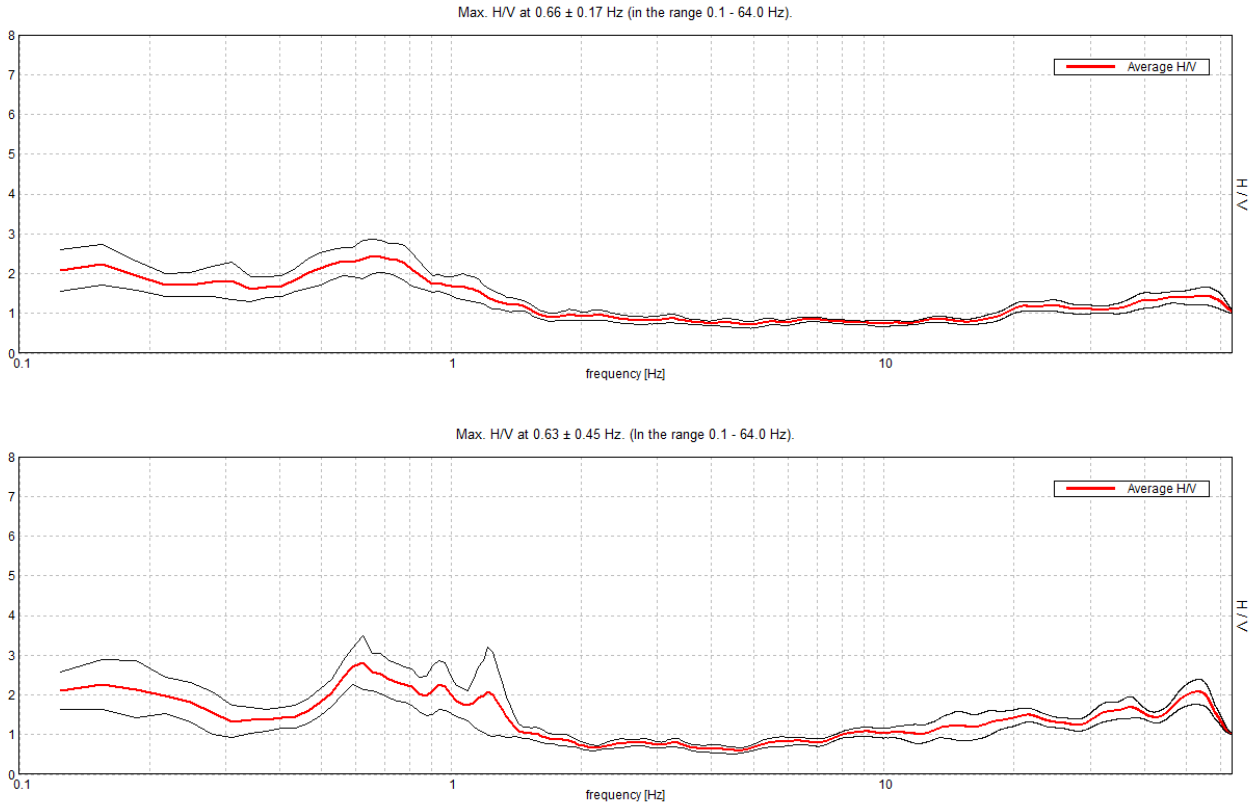


Fig. n. 4.1 – Curve HVSR ottenute dalle acquisizioni HV1 (in alto) e HV2 (in basso)

Per l'areale in oggetto si definisce una frequenza fondamentale di sito variabile da 0.63 Hz a 0.66 Hz. Tale frequenza si relaziona a un periodo di vibrazione di circa 1.50 sec. Le amplificazioni massime attese per il periodo indicato variano da 2 a 3 volte.

#### 4.1.3 Modello idrogeologico di riferimento

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche (febbraio 2019), è stata individuata una soggiacenza variabile da -2.65 m da p.c. (CPTU1) e -3.20 m da p.c. (CPT2). Ai fini dei calcoli successivamente illustrati si considera, in via cautelativa, una soggiacenza massima pari a -2.50 m da p.c. .



**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

## 5. TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

### 5.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo (NTC 2018)

Ai fini della caratterizzazione geofisica del sito è stata espletata un'indagine sismica secondo metodologie passive HVSR/Re.MI. e attiva MASW. In allegato al presente elaborato vengono illustrate le elaborazioni delle indagini suddette. L'elaborazione delle tecniche geofisiche è stata svolta mediante il software Grilla (MOHO Srl).

L'elaborazione congiunta delle tecniche ha determinato un valore di  $V_{s30}$  di 197 m/s, definendo l'appartenenza del sito a una **categoria di sottosuolo C** (NTC 2018).

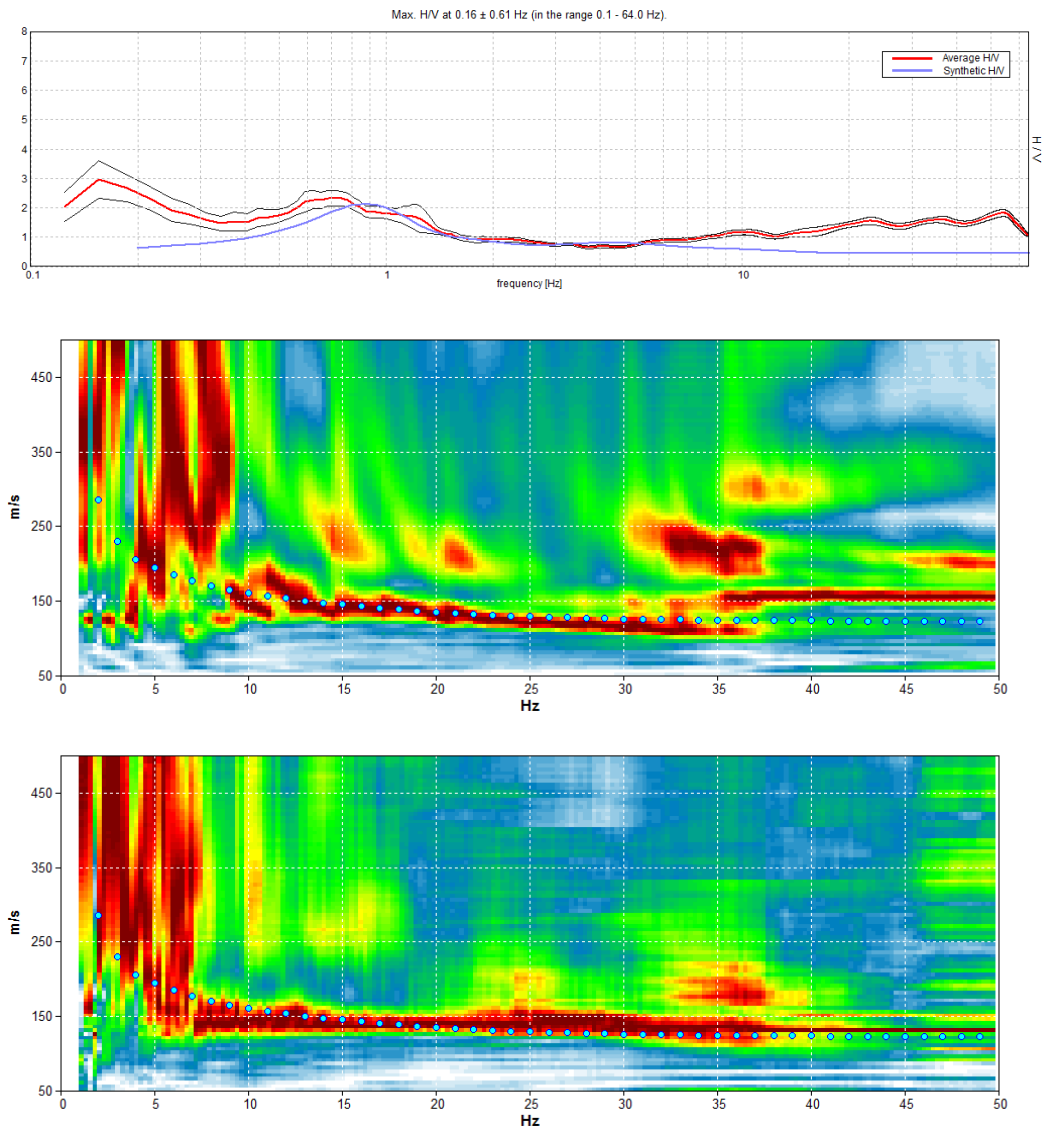


Fig. 5.1: Vincolo del modello sintetico in onde S alla curva HV, allo spettro MASW e lo spettro Re.Mi.

Il modello in onde S vincolato ottenuto è il seguente:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	130	0.42
8.00	5.00	170	0.42
13.00	5.00	195	0.42
38.00	25.00	230	0.42
98.00	60.00	340	0.35
inf.	inf.	500	0.35

**Tab. n. 5.1** – Modello geofisico di riferimento

A seguito dell'elaborazione delle misure HVSR è stata identificata una frequenza fondamentale di sito (valore massimo curva H/V) alla soglia di 0.66 Hz. La frequenza derivata non rispetta completamente i criteri matematici imposti dal progetto SESAME (2006) e, pertanto, non rappresenta un elemento informativo per l'analisi dei fenomeni di "doppia risonanza" sismica.

## 5.2 Azione sismica di riferimento secondo specifica analisi di risposta sismica locale RSL

Alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 delle NTC 2018 e in accordo con quanto esposto nella DGR 2193/15 della Regione Emilia Romagna, è stata definita l'azione sismica di progetto secondo uno studio di risposta sismica locale, secondo III livello di approfondimento. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi è stata svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 delle NTC 2018, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin).

Utilizzando un modello lineare equivalente è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali, al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di rigidità e smorzamento che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Attraverso un'iterazione di calcoli si raggiunge una convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore  $H$ , del modulo di taglio massimo  $G_{max}$  o dalla corrispondente velocità massima  $V_{max}$ , dal valore dello smorzamento  $D$ , dal peso dell'unità di volume  $\gamma$  e dalle curve di decadimento del modulo di rigidità a taglio normalizzato ( $G / G_0 - \gamma$ ) e le corrispondenti curve dello smorzamento ( $D - \gamma$ ) con la deformazione di taglio  $\gamma$ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidità ( $G$ ) e dallo smorzamento ( $D$ ). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato ( $u$ ) è funzione della profondità ( $z$ ) e del tempo ( $t$ ):

$$u(z, t) = A \exp [i (\omega t + k^* z)] + B \exp [i (\omega t - k^* z)]$$



**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
 tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
 Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
 Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627



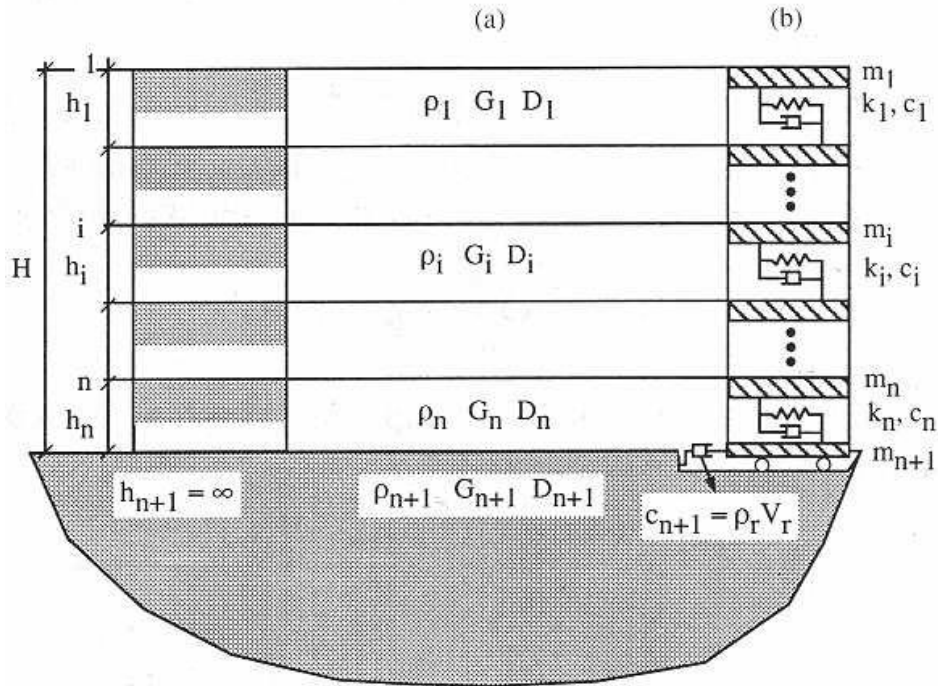
Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore  $k^*$  risulta dipendente dal modulo di taglio ( $G$ ), dal grado di smorzamento ( $D$ ) e dalla densità del terreno ( $\rho$ ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}}$$

$$G^* = G(1 - 2D^2 + i2D\sqrt{1 - D^2}) \approx G(1 + i2D)$$

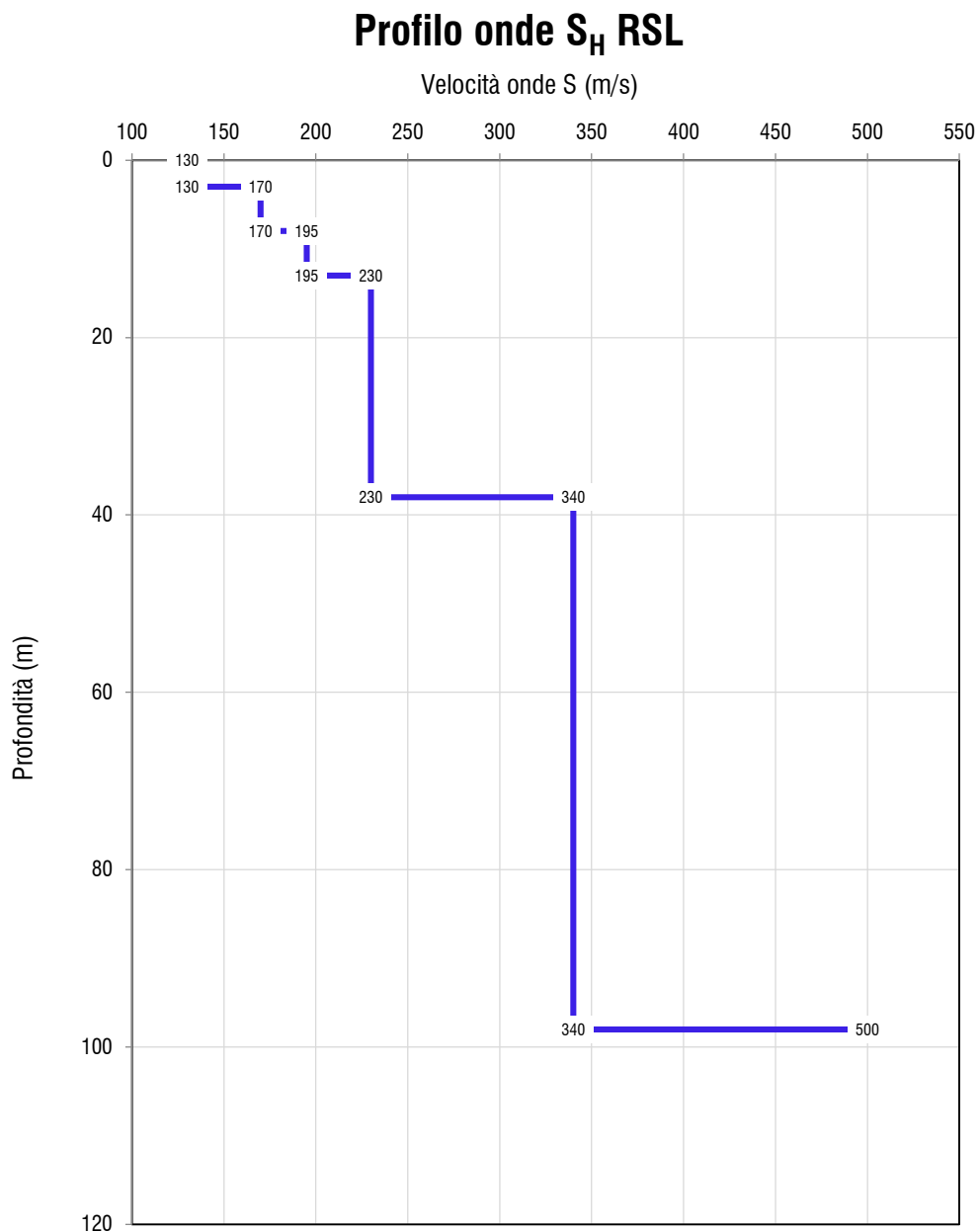
Dove  $G^*$  e  $v_s^*$  rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.



**Fig. 6.1** - Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA

### 5.2.1 Modello iniziale

Il profilo di onde S (modello iniziale o di input) adottato deriva dall'analisi congiunta delle tecniche geofisiche impiegate per la caratterizzazione del sito. I risultati e le procedure operative di elaborazione sono descritte nel precedente paragrafo.



**Fig. 6.2** – Modello congiunto tecniche geofisiche

Il modello di input rappresentato nel precedente grafico è il seguente:



## **GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

z (m)	Vs (m/s)	S (m)	Curva di riferimento
3.0	130.0	3.0	Argilla (Idriss 1990)
8.0	170.0	5.0	Argilla (Idriss 1990)
13.0	195.0	5.0	Argilla (Idriss 1990)
38.0	230.0	25.0	Argilla (Idriss 1990)
98.0	340.0	60.0	Argilla (Idriss 1990)
	<b>550.0</b>	<b>1.0</b>	<b>BEDROCK</b>

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidezza e smorzamento, al variare della deformazione percentuale  $\gamma(\%)$ . Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:

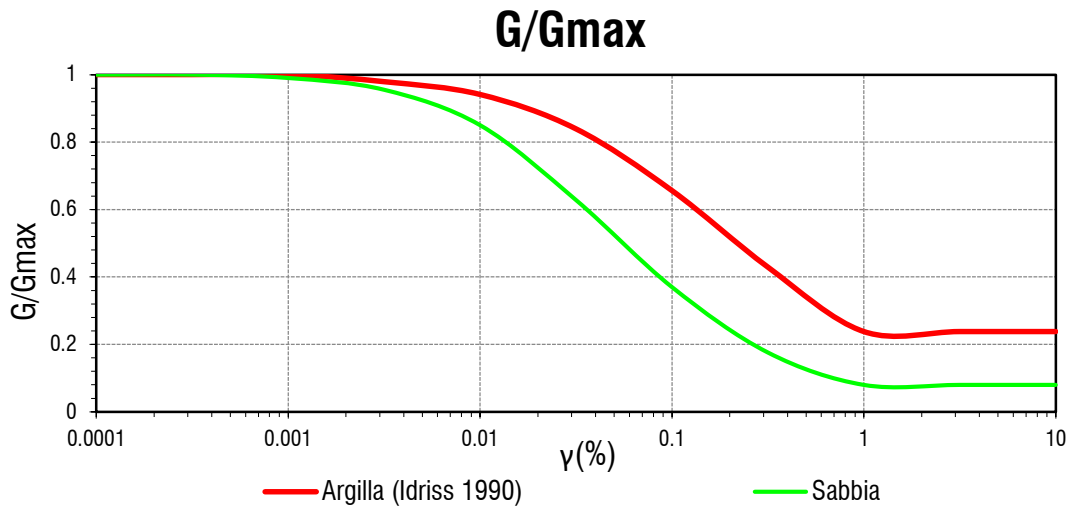


Fig. 6.3 – Curve di decadimento  $G/G_{max}$  dei terreni utilizzati per l'analisi

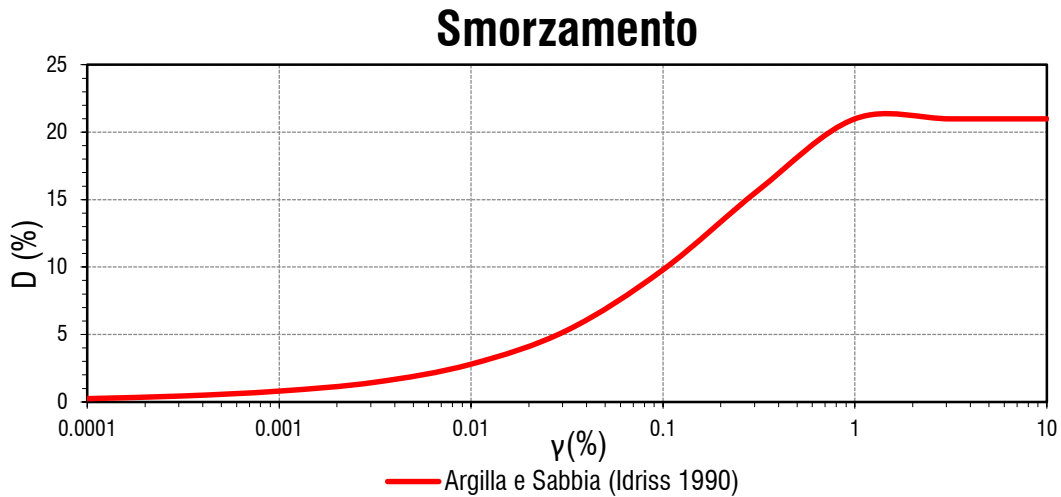
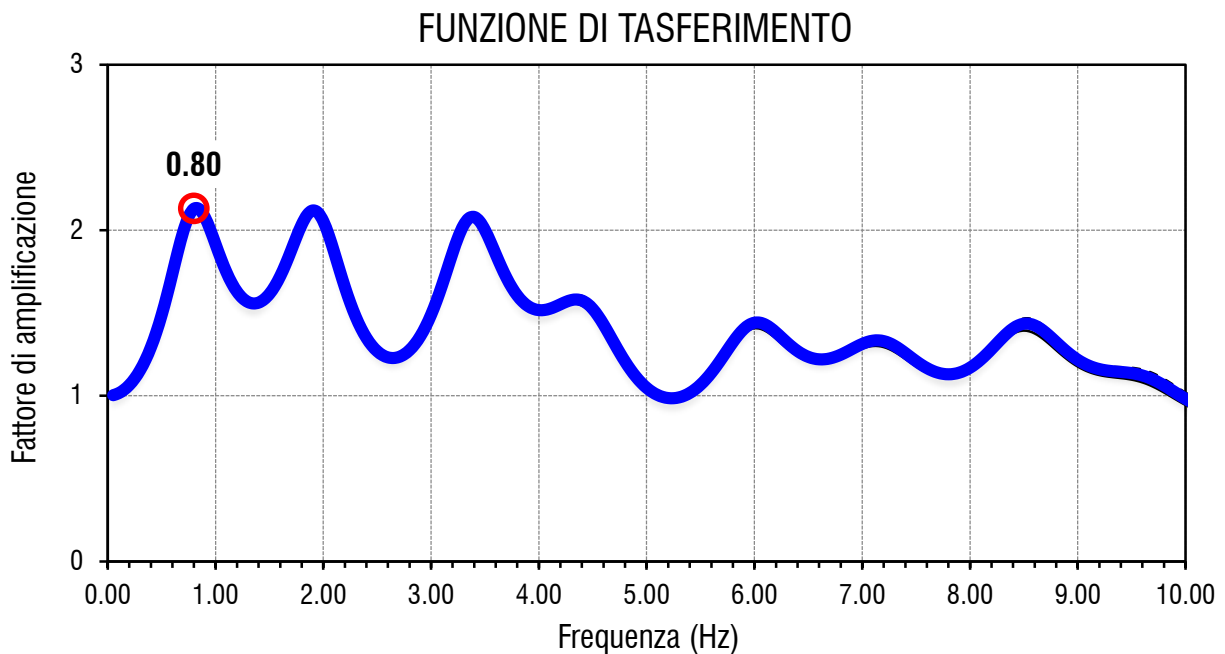


Fig. 6.4 – Curve di decadimento smorzamento (D) dei terreni utilizzati per l'analisi

Trattandosi di una verifica a monte di una fase di verifica urbanistica, in accordo con quanto esposto nella D.G.R. 2193/15, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 3 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV. I segnali di riferimento sono stati successivamente scalati per il valore di  $PGA_0$  atteso al suolo rigido in corrispondenza dell'areale oggetto di analisi. Per fare ciò è stata considerata l'interpolazione spaziale dei valori di  $PGA_0$  proposta da INGV per il territorio nazionale e resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0.05 gradi. Per il sito in oggetto tale valore è pari a **0.160 g**.

### 5.2.2 Risultati ottenuti

Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione associato. Per via grafica si inserisce successivamente la funzione di trasferimento TF ottenuta a seguito dell'analisi RSL in oggetto. Attraverso tale funzione è possibile definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo, in corrispondenza del sito in oggetto, amplifica il segnale sismico, oltre che a quantificare l'amplificazione stessa.



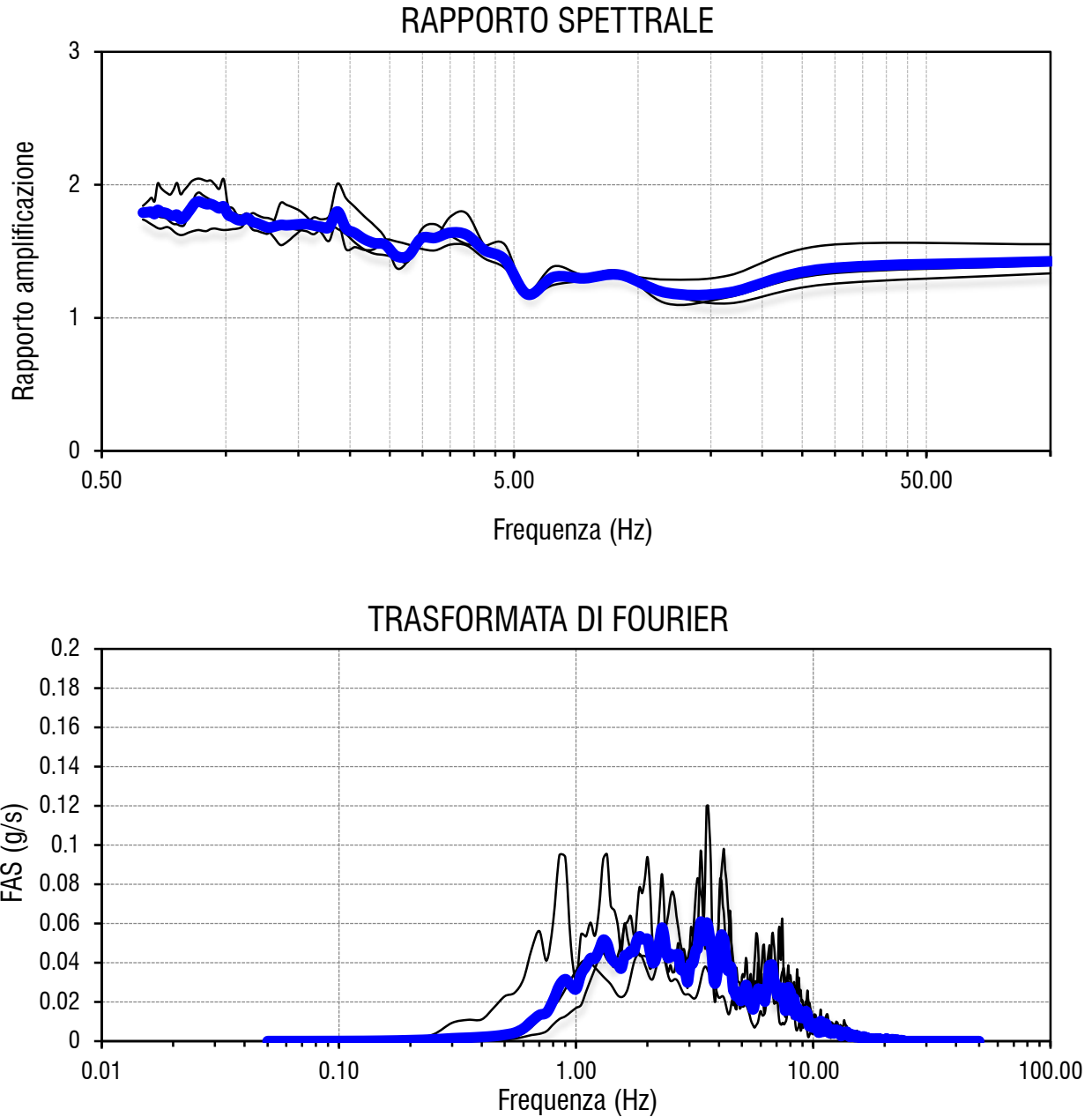


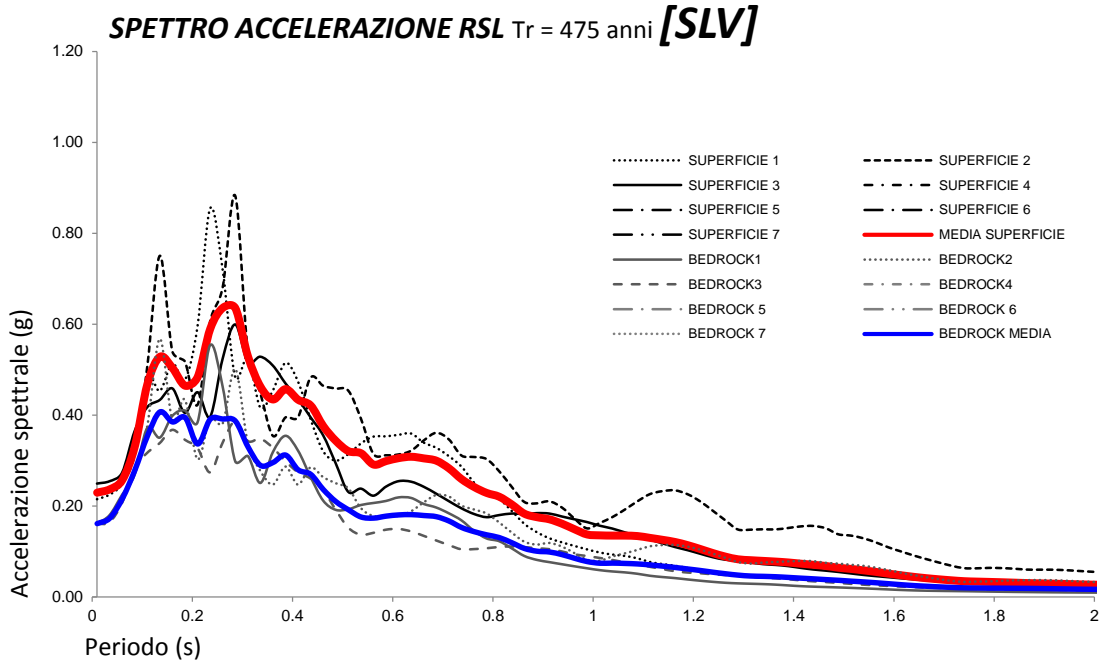
Fig. 6.7 In alto: funzione FTT, funzione FT e rapporto spettrale di amplificazione.

Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare equivalente e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie:

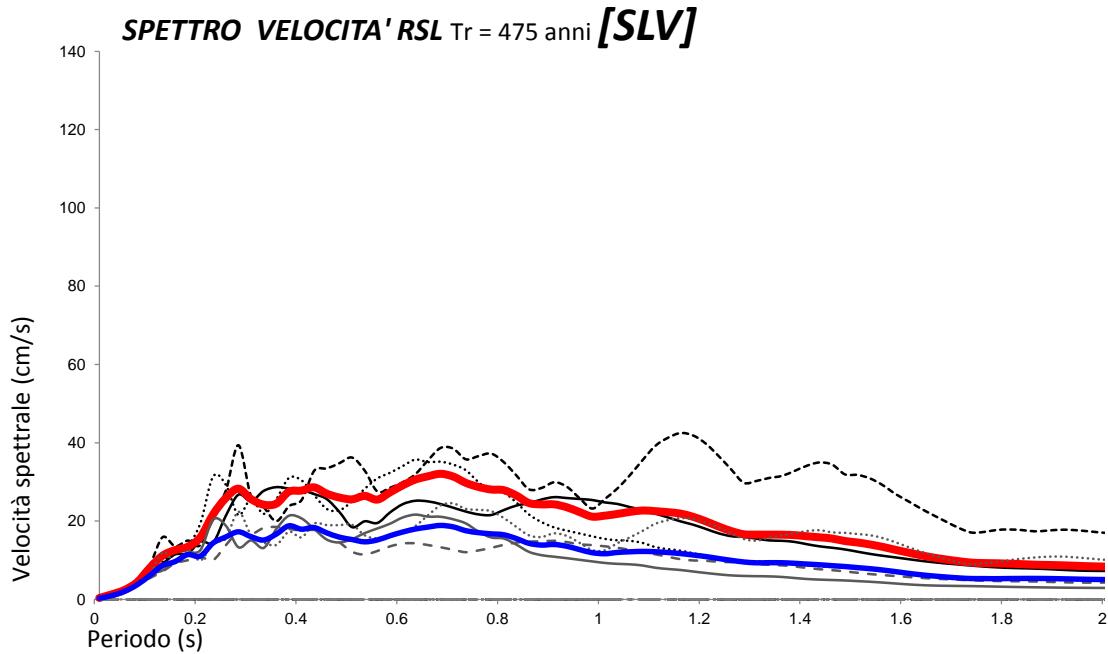


## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627



**Fig. 6.8** Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)



**Fig. 6.9** Velocità spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 475 anni (SLV)

Dati i valori di accelerazione ottenuti dal calcolo eseguito, è stato definito lo spettro normalizzato per lo stato limite considerato. Così facendo è stato ottenuto lo spettro a probabilità uniforme, sulla base dei risultati ottenuti mediante il software STRATA.

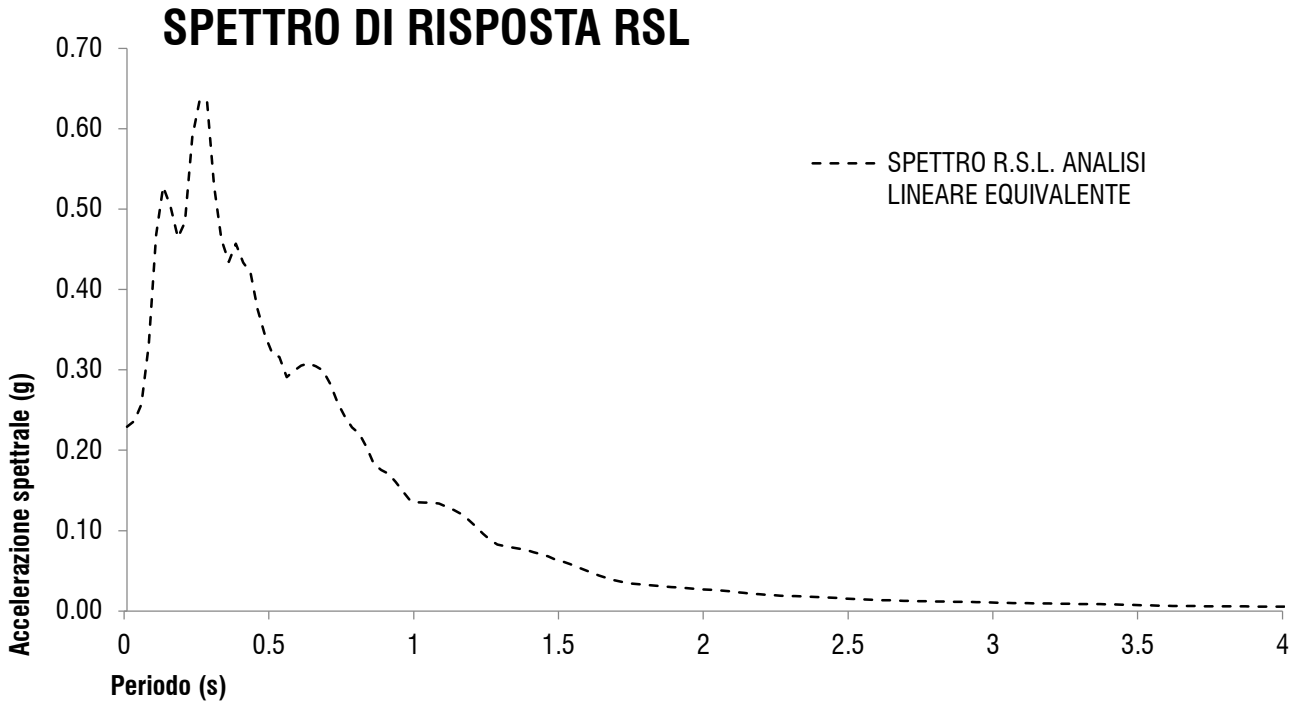


Fig. 6.10 – Spettro RSL per punti ottenuto a seguito dell’analisi eseguita

SLV	PGA <sub>0</sub>	F.A. PGA	F.A. S.I.			PGA <sub>MAX</sub>
			(0.00 < T(s) < 0.50)	(0.50 < T(s) < 1.00)	(0.50 < T(s) < 1.50)	
	0.160	1.43	1.63	1.69	1.87	0.229

Si illustra successivamente in forma tabellare lo spettro RSL per punti ottenuto per il sito in analisi.

T (s)	Ag	T (s)	Ag	T (s)	Ag	T (s)	Ag	T (s)	Ag
0.01	0.229	1.04	0.135	2.07	0.025	3.09	0.010	4.12	0.005
0.04	0.237	1.06	0.135	2.09	0.024	3.12	0.010	4.15	0.005
0.06	0.257	1.09	0.134	2.12	0.023	3.14	0.010	4.17	0.005
0.09	0.331	1.11	0.130	2.14	0.022	3.17	0.009	4.20	0.005
0.11	0.468	1.14	0.126	2.17	0.022	3.19	0.009	4.22	0.005
0.14	0.528	1.16	0.121	2.19	0.021	3.22	0.009	4.25	0.005
0.16	0.503	1.19	0.114	2.22	0.020	3.24	0.009	4.27	0.005
0.19	0.464	1.21	0.105	2.24	0.020	3.27	0.009	4.30	0.004
0.21	0.484	1.24	0.096	2.27	0.019	3.29	0.009	4.32	0.004
0.24	0.589	1.26	0.089	2.29	0.019	3.32	0.009	4.35	0.004
0.26	0.636	1.29	0.083	2.32	0.018	3.35	0.009	4.37	0.004
0.29	0.635	1.31	0.081	2.34	0.018	3.37	0.008	4.40	0.004
0.31	0.529	1.34	0.079	2.37	0.018	3.40	0.008	4.42	0.004
0.34	0.462	1.36	0.078	2.39	0.017	3.42	0.008	4.45	0.004
0.36	0.434	1.39	0.076	2.42	0.017	3.45	0.008	4.47	0.004
0.39	0.457	1.41	0.073	2.44	0.016	3.47	0.008	4.50	0.004
0.41	0.433	1.44	0.071	2.47	0.016	3.50	0.007	4.52	0.004
0.44	0.421	1.46	0.068	2.49	0.016	3.52	0.007	4.55	0.004
0.46	0.375	1.49	0.064	2.52	0.015	3.55	0.007	4.57	0.004
0.49	0.343	1.51	0.062	2.54	0.015	3.57	0.007	4.60	0.004
0.51	0.320	1.54	0.058	2.57	0.014	3.60	0.007	4.62	0.004
0.54	0.316	1.56	0.055	2.59	0.014	3.62	0.006	4.65	0.004
0.56	0.291	1.59	0.051	2.62	0.014	3.65	0.006	4.67	0.004
0.59	0.299	1.61	0.047	2.64	0.013	3.67	0.006	4.70	0.004
0.61	0.305	1.64	0.044	2.67	0.013	3.70	0.006	4.72	0.004
0.64	0.308	1.66	0.041	2.69	0.013	3.72	0.006	4.75	0.003
0.66	0.305	1.69	0.039	2.72	0.013	3.75	0.006	4.77	0.003
0.69	0.299	1.72	0.036	2.74	0.012	3.77	0.006	4.80	0.003
0.71	0.283	1.74	0.035	2.77	0.012	3.80	0.006	4.82	0.003
0.74	0.259	1.77	0.034	2.79	0.012	3.82	0.006	4.85	0.003
0.76	0.242	1.79	0.033	2.82	0.012	3.85	0.006	4.87	0.003
0.79	0.229	1.82	0.032	2.84	0.012	3.87	0.006	4.90	0.003
0.81	0.220	1.84	0.031	2.87	0.012	3.90	0.006	4.92	0.003
0.84	0.203	1.87	0.030	2.89	0.012	3.92	0.006	4.95	0.003
0.86	0.183	1.89	0.030	2.92	0.011	3.95	0.005	4.97	0.003
0.89	0.175	1.92	0.029	2.94	0.011	3.97	0.005	5.00	0.003
0.91	0.171	1.94	0.028	2.97	0.011	4.00	0.005		
0.94	0.161	1.97	0.028	2.99	0.011	4.02	0.005		
0.96	0.149	1.99	0.027	3.02	0.010	4.05	0.005		
0.99	0.137	2.02	0.027	3.04	0.010	4.07	0.005		
1.01	0.135	2.04	0.026	3.07	0.010	4.10	0.005		



## 6. STABILITÀ DEL SITO NEI CONFRONTI DEI FENOMENI CO-SISMICI

### 6.1 Verifica della suscettività del sito ai fenomeni di liquefazione (Approccio DGR 2193/15)

In accordo con la normativa regionale DGR 2391/2015 si è proceduto alla verifica della liquefazione per la totalità delle verticali di prova CPTU eseguite nel mese di Febbraio 2019. Si premette che l'elaborazione delle indagini non ha identificato la presenza di unità sabbiose di sostanziale spessore tali da comportare la verificabilità di fenomeni di liquefazione. Nonostante l'evidenza preliminare, si è proceduto all'esecuzione della verifica a liquefazione. L'analisi della liquefazione non è stata estesa alle verticali di prova CPT in quanto l'approccio Boulanger & Idriss (2014) non risulta applicabile a questa tipologia di indagine.

La valutazione del fenomeno della liquefazione viene svolta attraverso il calcolo del fattore di sicurezza di ciascun livello che compone il sottosuolo analizzato nei confronti del fenomeno stesso.

Il fattore di sicurezza è derivato secondo la seguente formulazione:

$$F_L(z) = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_v=1atm}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Dove:

**CRR** è rappresentato dal rapporto di resistenza ciclica

**MSF** rappresenta il fattore di scala della magnitudo che è funzione della magnitudo stessa, della PGA e del valore di CRR

**K<sub>σ</sub>** è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata

**CSR** è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio indotta dall'azione sismica, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace. Tale parametro è derivabile secondo la seguente formulazione:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{maxs}}{g} \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

i termini che compongono la seguente relazione sono rappresentati da  $a_{max}/g$  che descrive il valore dell'accelerazione orizzontale a  $T = 0.00$  s, il rapporto della tensione litostatica totale ed efficace, e il coefficiente riduttivo  $r_d$ . Quest'ultimo, in accordo con la predetta normativa è stato stimato secondo la seguente formulazione:



**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362

Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)

Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

dove M rappresenta il valore di magnitudo di riferimento per il sito in analisi.

Il valore **CRR** è stato ricavato attraverso la metodologia di calcolo proposta da **Boulangier & Idriss 2014**. Per le specifiche della procedura di calcolo adottata si faccia riferimento all'allegato **A2.2** della DGR 2391/2015 della Regione Emilia Romagna. Le analisi di liquefazione sono state eseguite entro i -20.00 m rispetto al piano campagna come prescritto dalla normativa di riferimento.

Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14**, una accelerazione massima al suolo **A<sub>max</sub> = 0.229 g** (Approccio DGR 2391/15 III livello di approfondimento) e con soggiacenza della falda freatica alla profondità di Dw = -2.50 m da p.c., che rappresenta un valore di soggiacenza cautelativo alla luce dei valori di soggiacenza riscontrati durante l'esecuzione delle indagini.

A seguito dell'identificazione del fattore di sicurezza **F<sub>L</sub>** è stato determinato l'indice potenziale di liquefazione **IL** (LPI) attraverso il quale è possibile definire l'esposizione del sito al rischio di liquefazione. Il potenziale di liquefazione **LPI** è stato determinato secondo la seguente formulazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

Dove F(z) viene determinato secondo le formulazioni proposte da Somnez (2003)

$$\begin{aligned} F(z) &= 0 && \text{per } F_L \geq 1.2 \\ F(z) &= 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_L) && \text{per } 1.2 > F_L \geq 0.95 \\ F(z) &= 1 - F_L && \text{per } F_L \leq 0.95 \end{aligned}$$

In base al valore di LPI ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Sonmez 2003**:

INDICE DI LIQUEFAZIONE	Rischio di liquefazione
LPI=0	Nulla
0 < LPI ≤ 2	Basso
2 < LPI ≤ 5	Moderato
5 < LPI ≤ 10	Alto
15 > LPI	Molto alto



## GEO GROUP S.R.L.

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
 tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
 Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
 Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

Si illustrano successivamente i valori di LPI derivati per ciascuna verticale di prova CPTU considerata ai fini delle analisi del fenomeno di liquefazione:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE LPI	RISCHIO
CPTU 1	1.449	BASSO
CPTU 3	0.000	NULLO

Sulla scorta delle risultanze ottenute dalle verifiche della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione emerge che l'areale oggetto di studio risulta esposto a un rischio variabile da "basso" a "nullo".

## 6.2 Verifica dei cedimenti post-sismici (Approccio DGR 2193/15)

Per ottemperare alla normativa regionale DGR 2391/2015 è stata svolta la verifica quantitativa dei cedimenti post-sismici dei livelli granulari saturi, granulari insaturi e dei livelli coesivi soffici. La verifica dei cedimenti è stata eseguita considerando le verticali di prova CPTU eseguite.

### CEDIMENTI POST-SISMICI – TERRENI GRANULARI SATURI

La stima dei cedimenti dei terreni granulari saturi è stata svolta in relazione alla resistenza alla punta della prova CPTU, normalizzata e corretta  $(q_{c1N})_{cs}$  e del coefficiente di sicurezza alla liquefazione  $F_L$ . Il cedimento post-sismico per ciascuno strato è dato da  $\Delta s_i = \varepsilon_{vi} \Delta z_i$ . La deformazione volumetrica  $\varepsilon_{vi}$  è stata stimata secondo la metodologia proposta da Idriss e Boulanger (2008) e dettagliata al punto B.1 dell'allegato A2.2 della DGR 2391/2015.

### CEDIMENTI POST-SISMICI – TERRENI GRANULARI INSATURI

La valutazione della suscettibilità di addensamento dei terreni granulari insaturi e conseguente cedimento è stata calcolata derivando la deformazione volumetrica per un numero di cicli equivalente  $N_c$  il cui valore è funzione della magnitudo del terremoto secondo l'equazione  $N_c = (M-4)^{2.17}$ . La procedura di calcolo completa viene descritta al punto B.2 dell'allegato A2.2 della DGR 2391/2015.

### CEDIMENTI POST-SISMICI – TERRENI COESIVI SOFFICI

I cedimenti dei livelli coesivi è stata svolta solamente per gli strati dotati di  $c_u < 70$  kPa e  $I_p > 30$  %. L'entità del cedimento di ri-consolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto è stata stimata mediante la formulazione proposta da Yasyhara e Andersen (1991). In tale equazione, descritta dettagliatamente al punto B.3 dell'allegato A2.2 della DGR 2391/2015, l'indice di ricomprensione  $C_r$  è stato assunto pari all'indice di rigonfiamento  $C_s$ , funzione del modulo edometrico. Nel presente caso, sulla scorta dei valori di resistenza alla punta ottenuti a seguito delle prove CPTU eseguite, il modulo edometrico è stato ricavato mediante la relazione proposta da Mitchell & Gardner (1975).

La verifica dei cedimenti sismici è stata svolta considerando una soggiacenza della falda freatica pari a  $D_w = -2.50$  m da p.c., il valore di PGA derivante dall'analisi di III livello eseguita e una magnitudo di riferimento pari a 6.14.



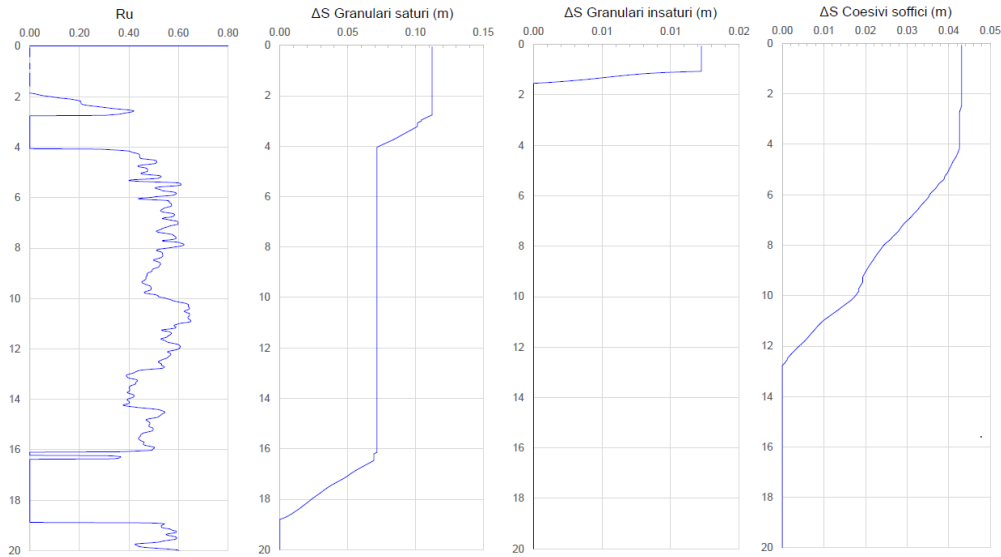
**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

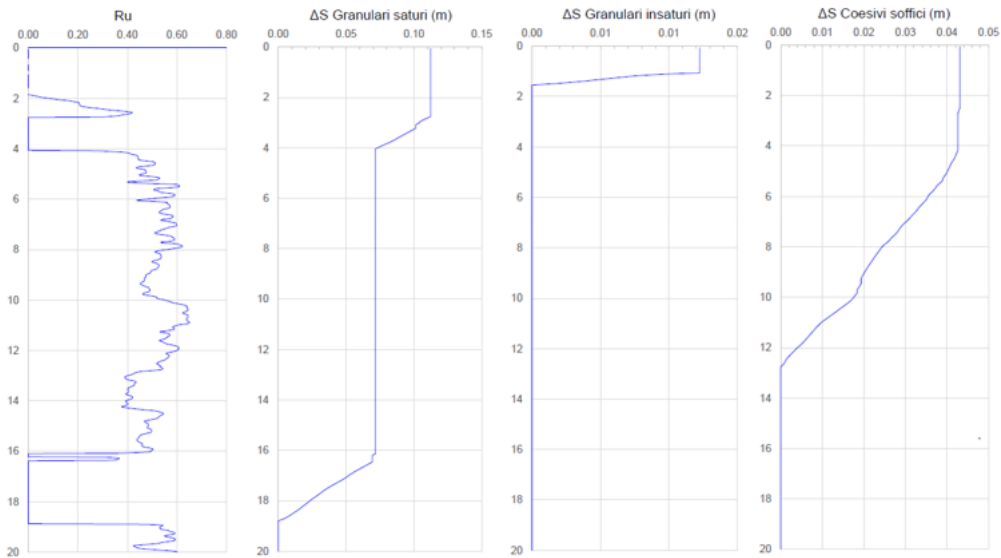
Si illustrano successivamente i valori di cedimenti post-sismici cumulati e differenziali, per ciascuna categoria di terreno:

<b>CEDIMENTI POST SISMICI (DGR 2391/2015)</b>				
<b>INDAGINE</b>	<b>Granulari saturi (cm)</b>	<b>Granulari insaturi (cm)</b>	<b>Coesivi soffici (cm)</b>	<b>Cedimento totale (cm)</b>
<b>CPTU1</b>	11.227	1.225	4.310	<b>16.762</b>
<b>CPTU3</b>	0.00	4.856	4.789	<b>9.645</b>

**CPTU1 – DIAGRAMMA CEDIMENTI POST-SISMICI**



**CPTU3 – DIAGRAMMA CEDIMENTI POST-SISMICI**



I cedimenti calcolati sono da intendersi verificabili solamente al termine di un evento sismico avente magnitudo e accelerazioni comparabili a quelle utilizzate per le analisi descritte.



**GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C.Costa,182 - 41123 Modena (MO)  
 tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F.02981500362  
 Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo\\_group@winpec.it](mailto:geo_group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
 Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

## 7. CONCLUSIONI

Il presente elaborato contiene lo studio di Microzonazione Sismica a supporto della proposta di delocalizzazione della potenzialità edificatoria derivante dal comparto "Ex Cantina Sociale", sito in Via Provinciale Est nel Comune di Nonantola (Provincia di Modena). Lo studio in oggetto è stato eseguito in ottemperanza alla disposizione regionale DGR 2193/15 che costituisce la linea guida per la redazione di studi di microzonazione sismica a supporto della progettazione urbanistica. Gli esiti dello studio MS sono riassunti ai precedenti capitoli.

In ottemperanza della normativa tecnica nazionale (NTC 2018) e in accordo con i risultati ottenuti a seguito delle indagini geofisiche espletate per il sito in oggetto è possibile classificare il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria C**. A seguito della definizione delle caratteristiche geofisiche del sito è stata condotta un'analisi RSL per la definizione dell'azione sismica di riferimento.

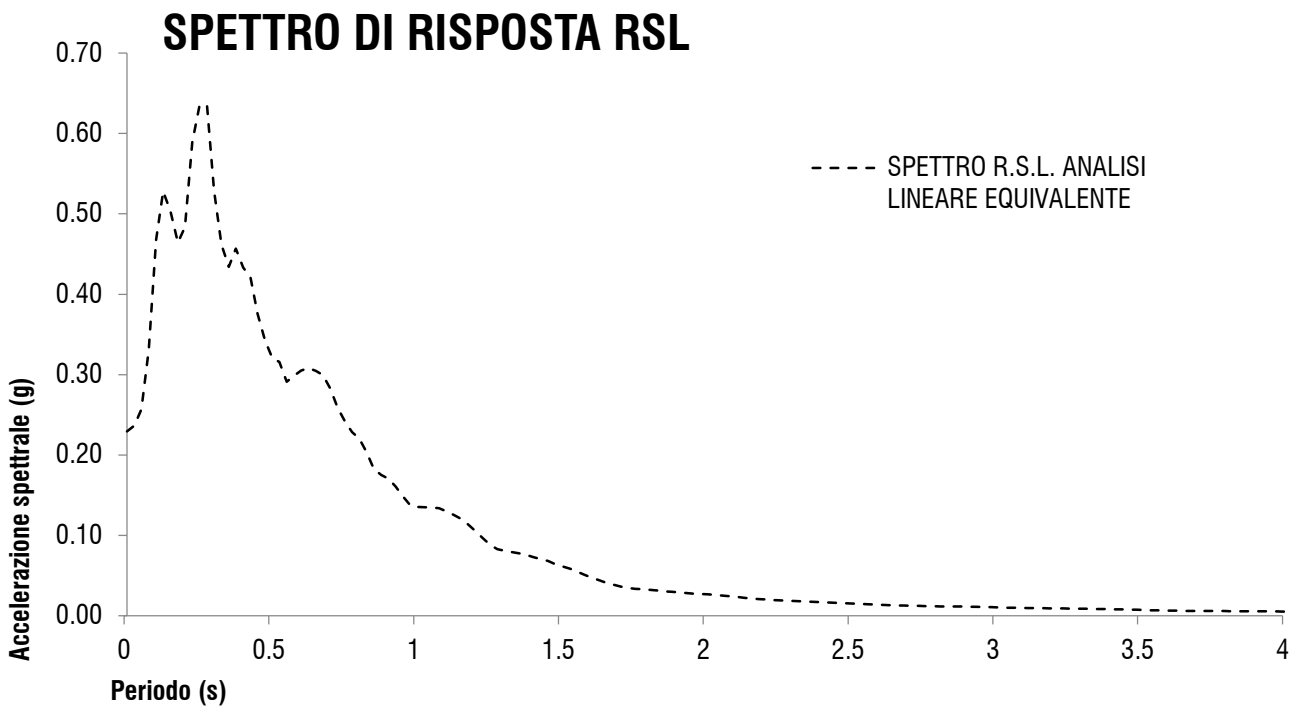


Fig. 6.10 – Spettro RSL per punti ottenuto a seguito dell'analisi eseguita

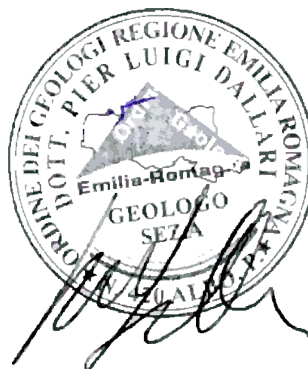
		F.A. S.I.					
	PGA <sub>0</sub>	F.A. PGA	(0.00 < T(s) < 0.50)	(0.50 < T(s) < 1.00)	(0.50 < T(s) < 1.50)	PGA <sub>MAX</sub>	
SLV	0.160	1.43	1.63	1.69	1.87	0.229	

Si illustrano successivamente i valori di LPI derivati per ciascuna verticale di prova CPTU considerata ai fini delle analisi del fenomeno di liquefazione:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE LPI	RISCHIO
CPTU 1	1.449	BASSO
CPTU 3	0.000	NULLO

Sulla scorta delle risultanze ottenute dalle verifiche della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione emerge che l'areale oggetto di studio risulta esposto a un rischio variabile da "basso" a "nullo". La verifica dei cedimenti sismici è stata svolta considerando una soggiacenza della falda freatica pari a  $D_w = -2.50$  m da p.c., il valore di PGA derivante dall'analisi di III livello eseguita e una magnitudo di riferimento pari a 6.14. Si illustrano successivamente i valori di cedimenti post-sismici cumulati e differenziali, per ciascuna categoria di terreno:

CEDIMENTI POST SISMICI (DGR 2391/2015)				
INDAGINE	Granulari saturi (cm)	Granulari insaturi (cm)	Coesivi soffici (cm)	Cedimento totale (cm)
CPTU1	11.227	1.225	4.310	16.762
CPTU3	0.00	4.856	4.789	9.645



Modena, 22 Febbraio 2019  
 Dott. Geol. Pier Luigi Dallari  
 GEO GROUP S.r.l.



---

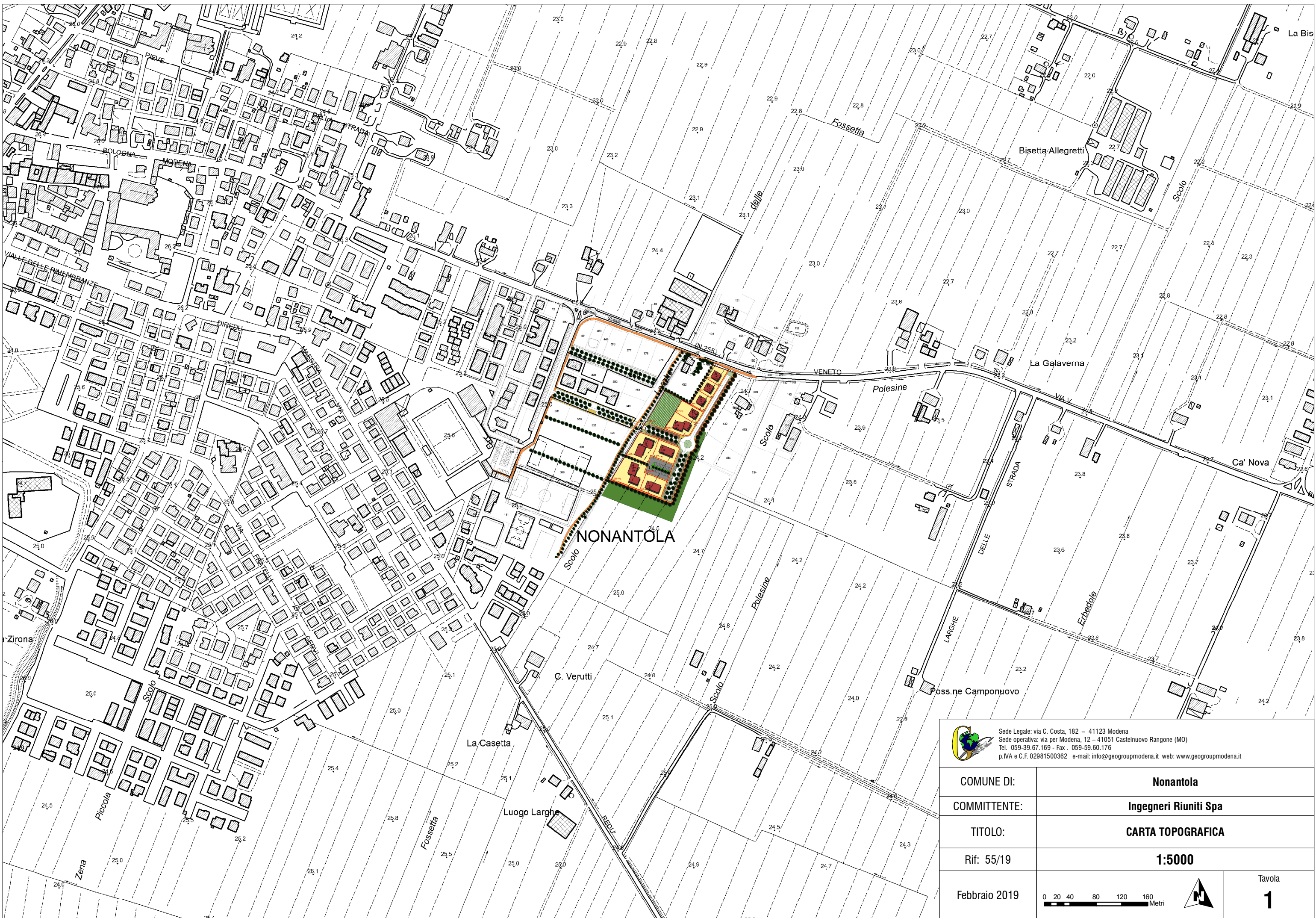
## **GEO GROUP S.R.L.**


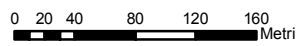

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F. 02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

***Allegato n.1***

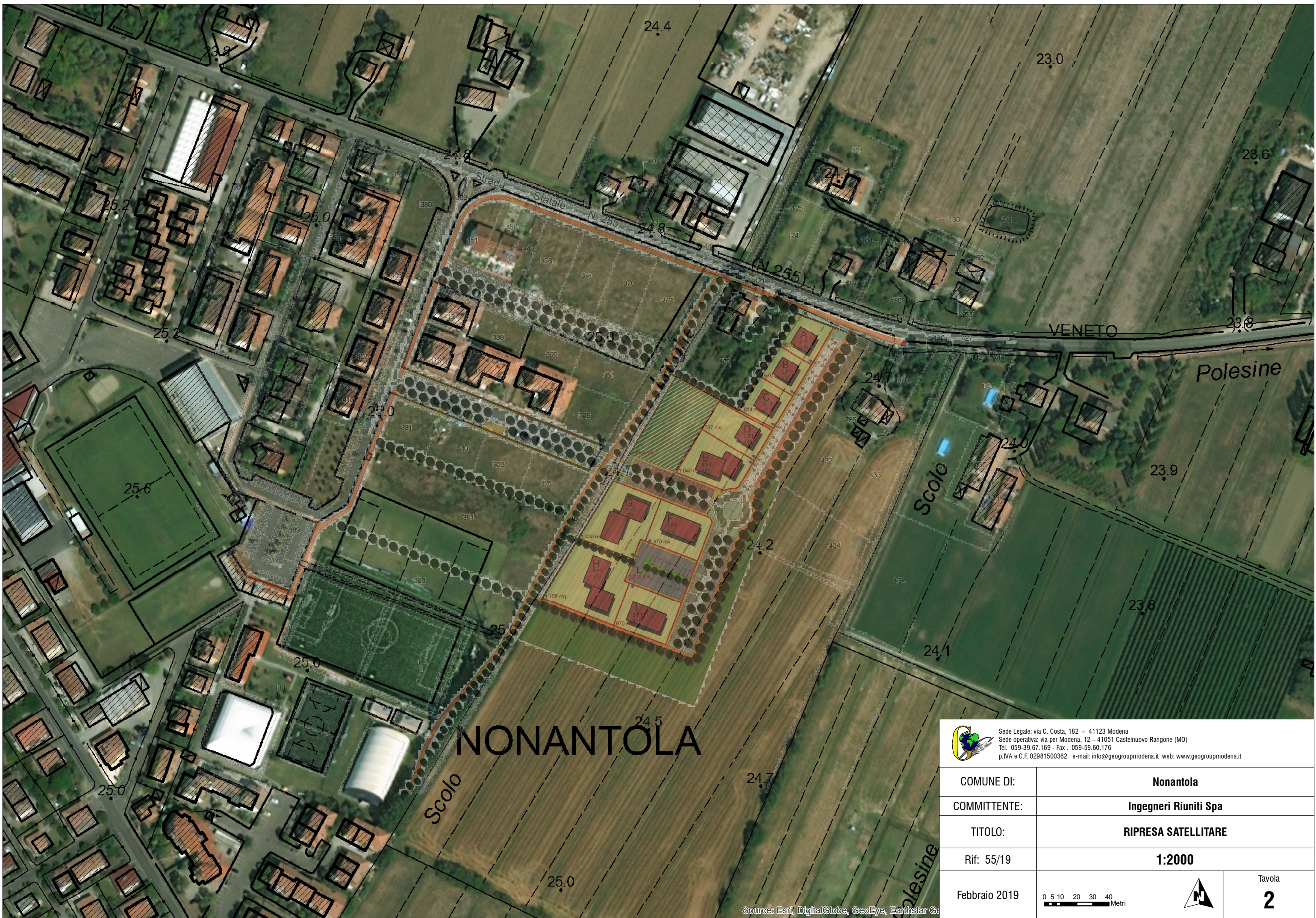
---

# **TAVOLE**



 Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnovo Rangone (MO) Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it	
COMUNE DI:	<b>Nonantola</b>
COMMITTENTE:	<b>Ingegneri Riuniti Spa</b>
TITOLO:	<b>CARTA TOPOGRAFICA</b>
Rif: 55/19	<b>1:5000</b>
Febbraio 2019	 
Tavola <b>1</b>	





# NONANTOLA


 Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena  
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176  
 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it

COMUNE DI:	<b>Nonantola</b>
COMMITTENTE:	<b>Ingegneri Riuniti Spa</b>
TITOLO:	<b>RIPRESA SATELLITARE</b>
Rif: 55/19	<b>1:2000</b>
Febbraio 2019	 

Tavola  
**2**

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar G

# NONANTOLA

Ca' Vecchia/  
Muzzoli

Bisetta  
Allegretti

via delle Larghe

La Galaverna

scolo Polesine

Ca' Nov

C. Verutti,

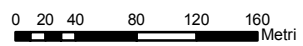

Pos  
Camponu

La Casetta

Luogo  
Larghe







Sede Legale: via C. Costa, 182 - 41123 Modena  
Sede operativa: via per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176  
p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it

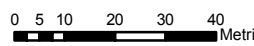

COMUNE DI:	Nonantola
COMMITTENTE:	Ingegneri Riuniti Spa
TITOLO:	CARTA GEOLOGICA
Rif: 55/19	1:5000
Febbraio 2019	 
	Tavola <b>3</b>



### Legenda

-  Prova penetrometrica CPT
-  Prova penetrometrica CPTU
-  Indagine sismica HVS
-  Indagine sismica MASW/ReMi


 Sede Legale: via C. Costa, 182 – 41123 Modena  
 Sede operativa: via per Modena, 12 – 41051 Castelnuovo Rangone (MO)  
 Tel. 059-39.67.169 - Fax . 059-59.60.176  
 p.IVA e C.F. 02981500362 e-mail: info@geogroupmodena.it web: www.geogroupmodena.it

COMUNE DI:	<b>Nonantola</b>	
COMMITTENTE:	<b>Ingegneri Riuniti Spa</b>	
TITOLO:	<b>UBICAZIONE INDAGINI</b>	
Rif: 55/19	<b>1:1500</b>	
Febbraio 2019		
		Tavola <b>4</b>



---

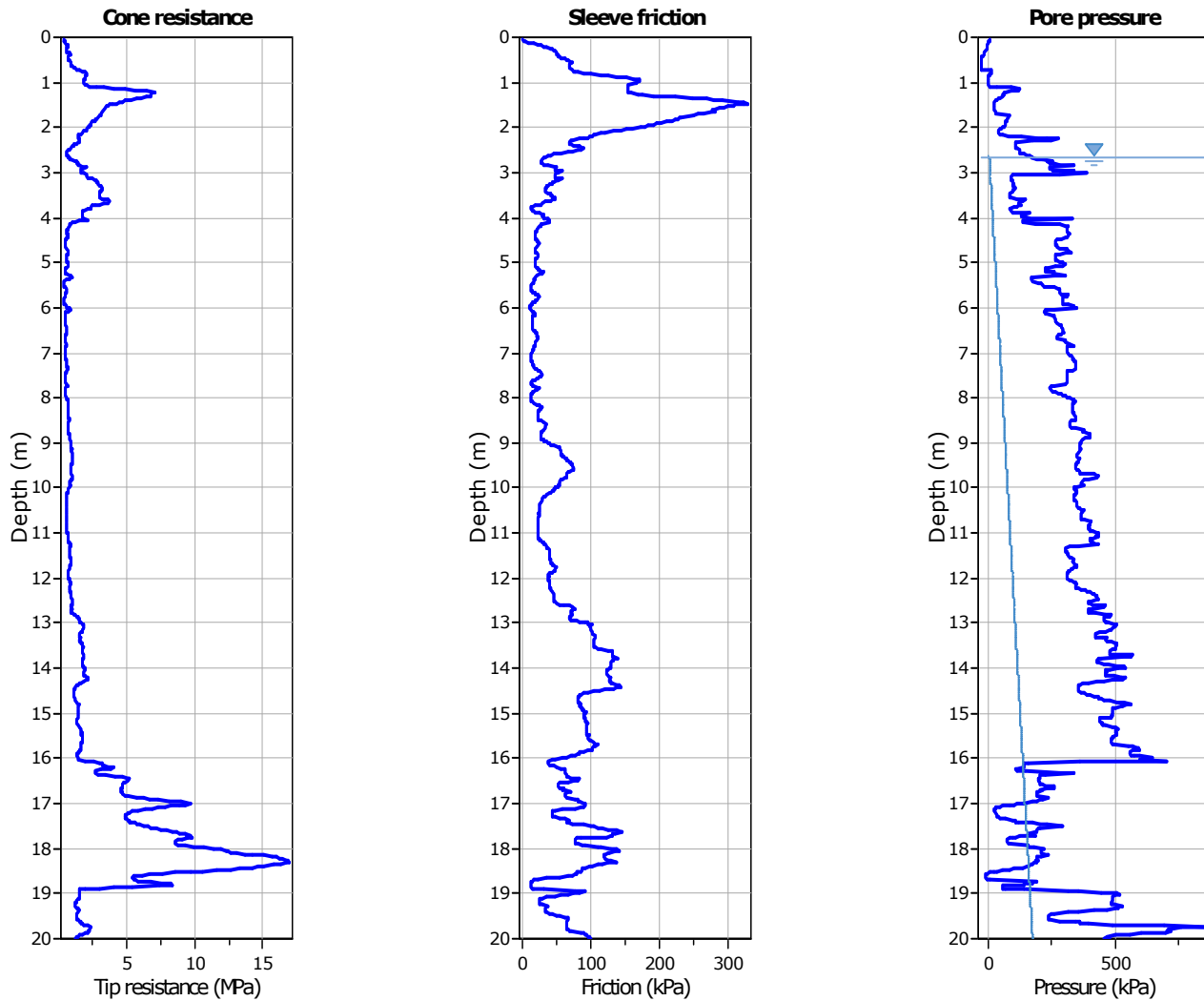
## **GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F. 02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

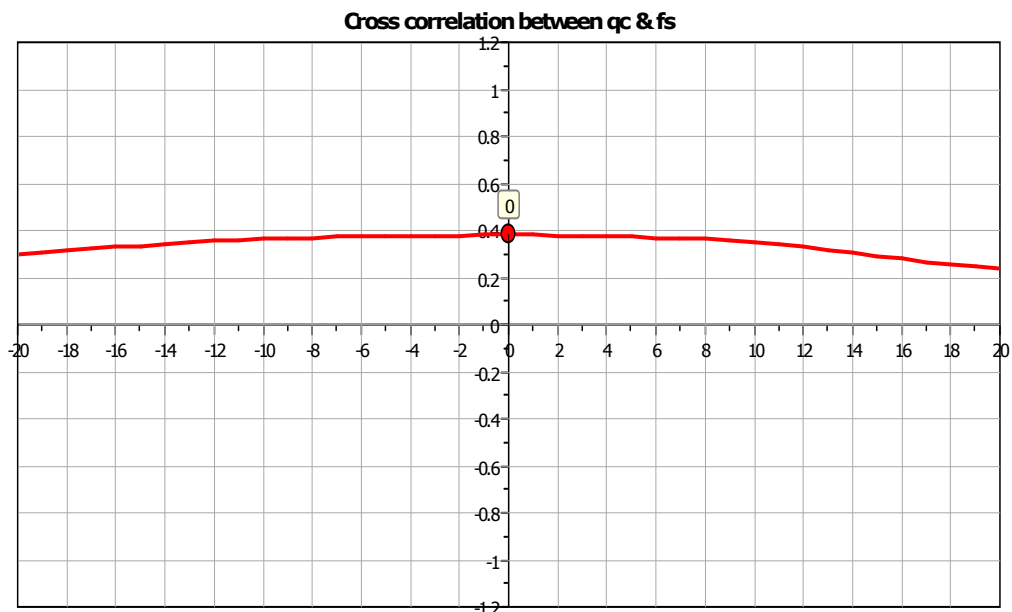
### *Allegato n.1*

---

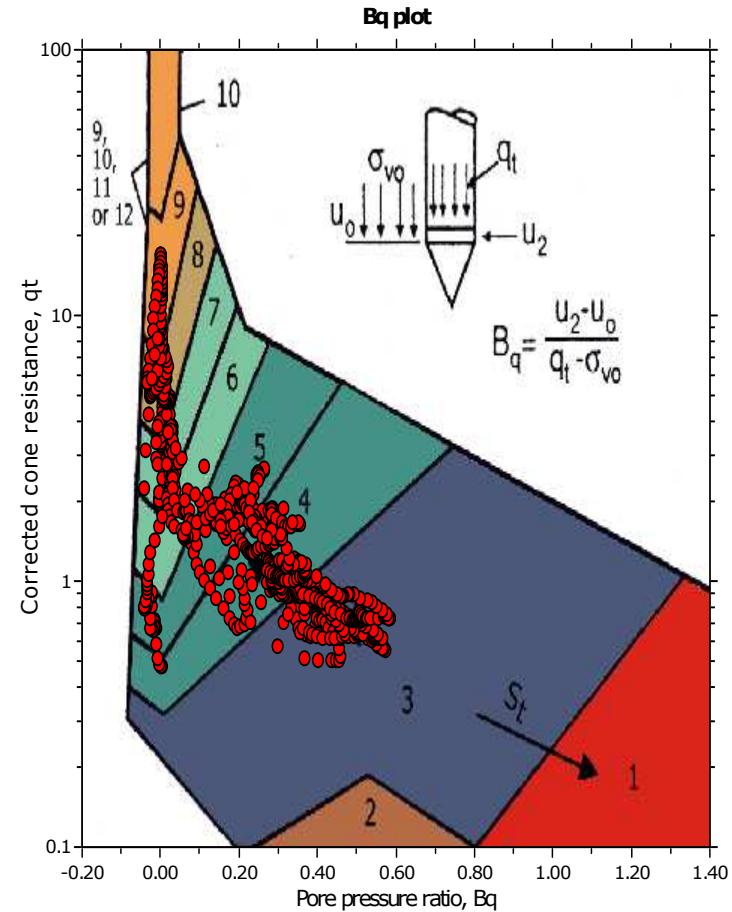
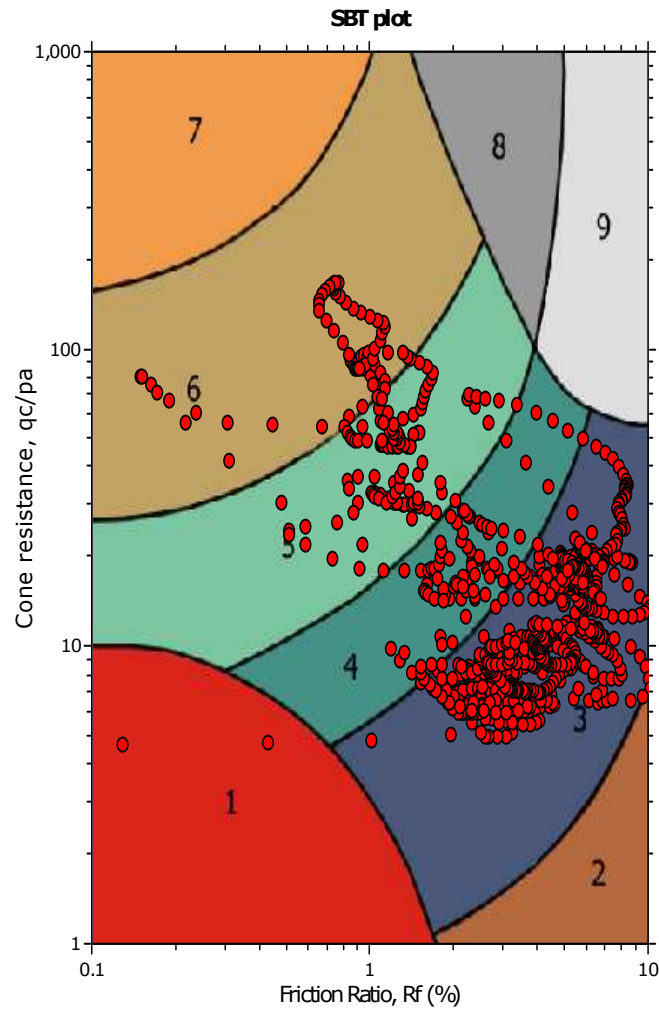
# **Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT e punta elettrica CPTU**



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



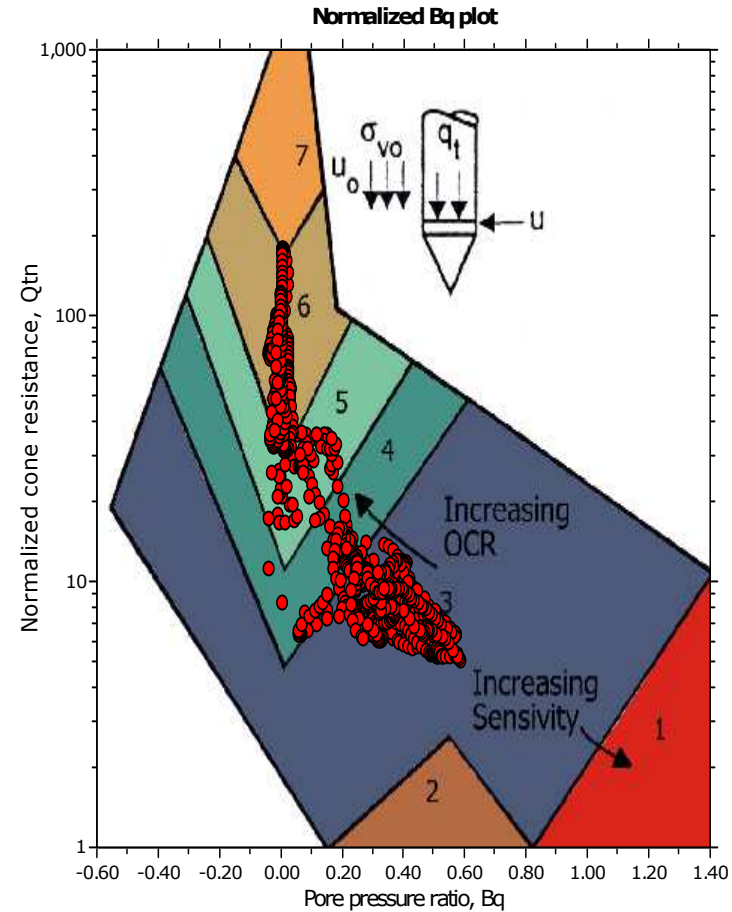
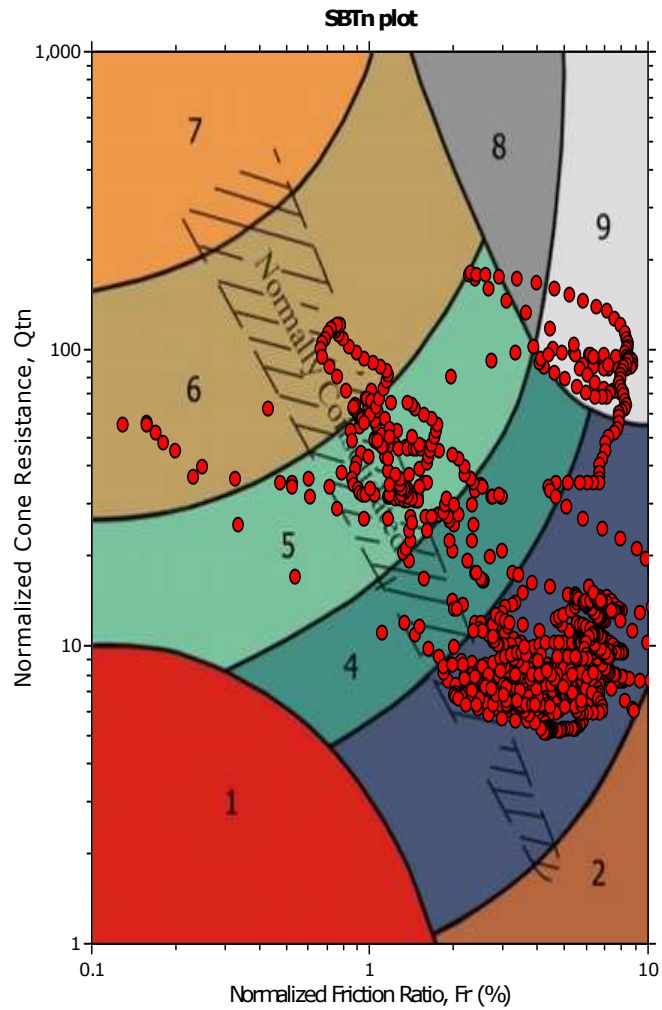
SBT - Bq plots



SBT legend

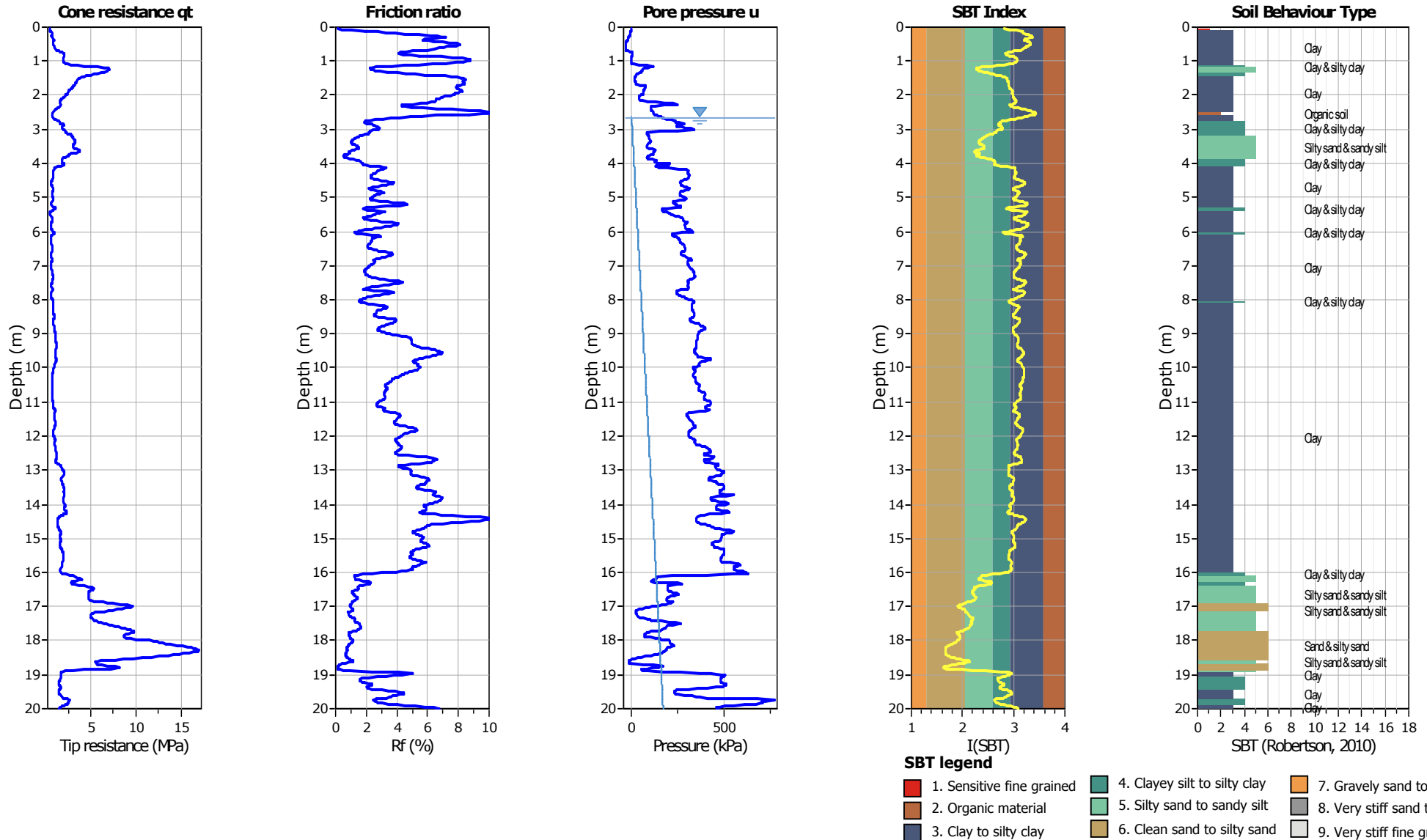
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic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

SBT - Bq plots (normalized)

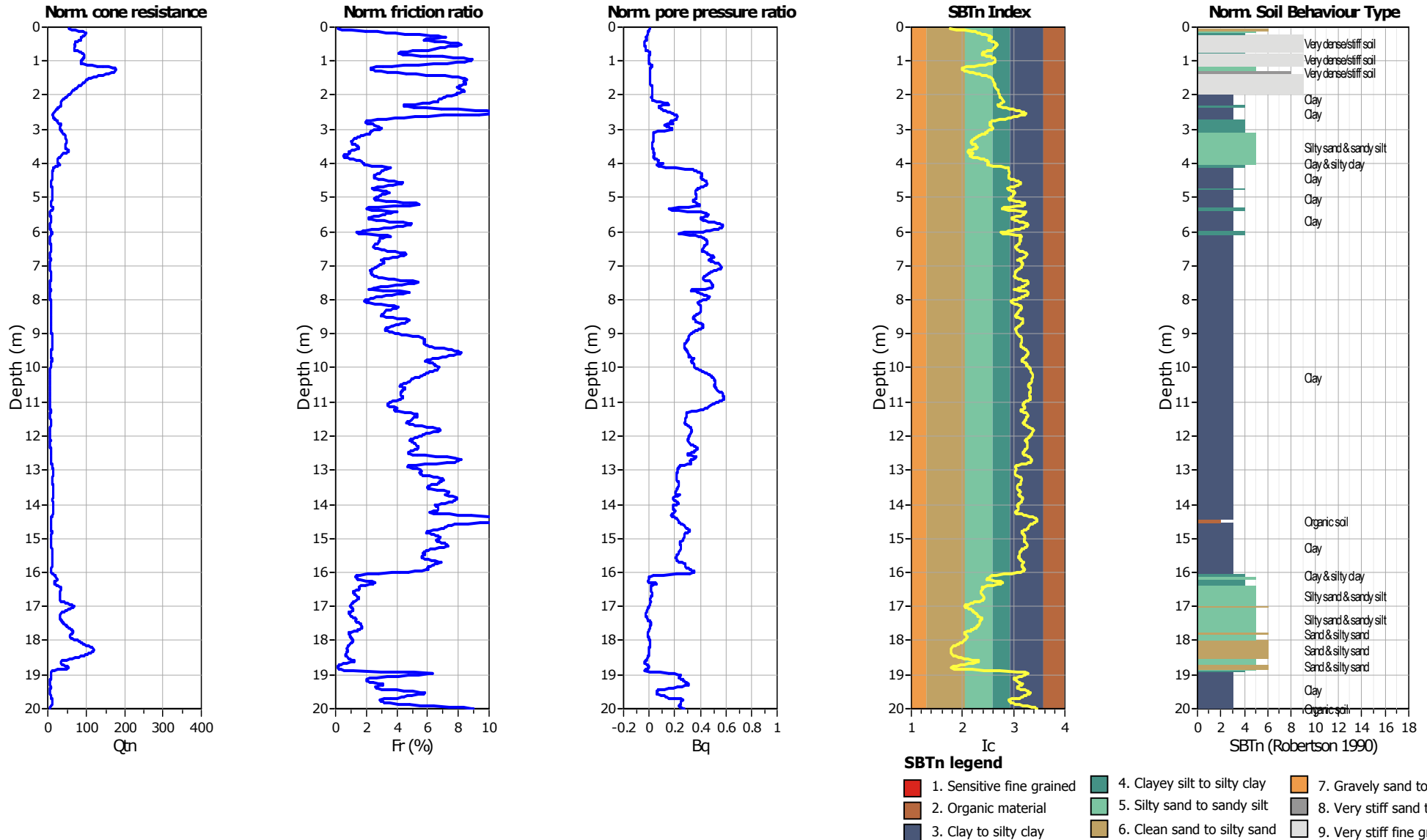


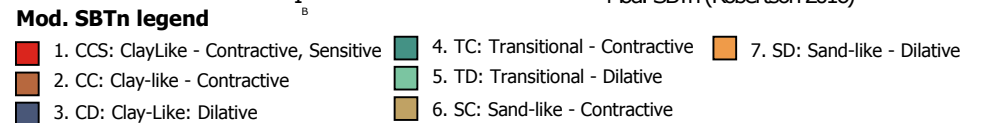
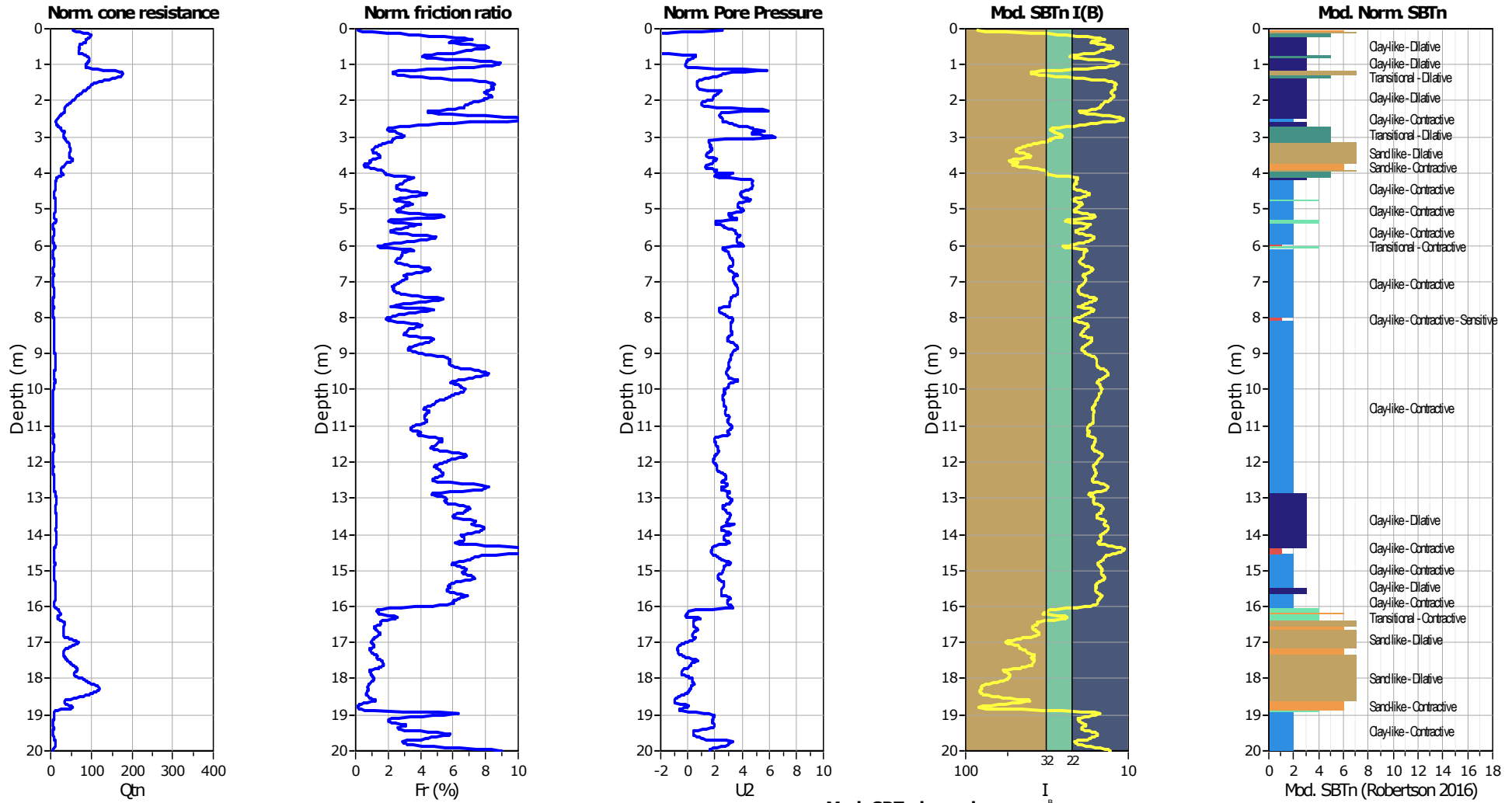
SBTn legend

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained | <span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty clay      | <span style="color: orange;">■</span> 7. Gravely sand to sand         |
| <span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material     | <span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt | <span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to clayey sand |
| <span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay    | <span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand        | <span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained   |

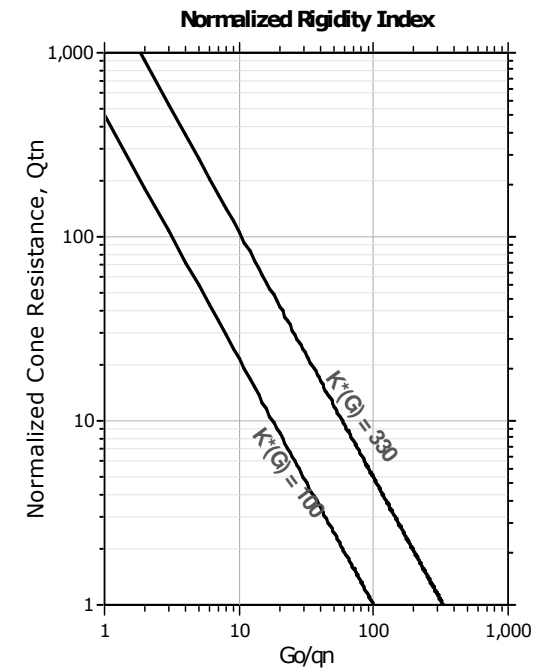
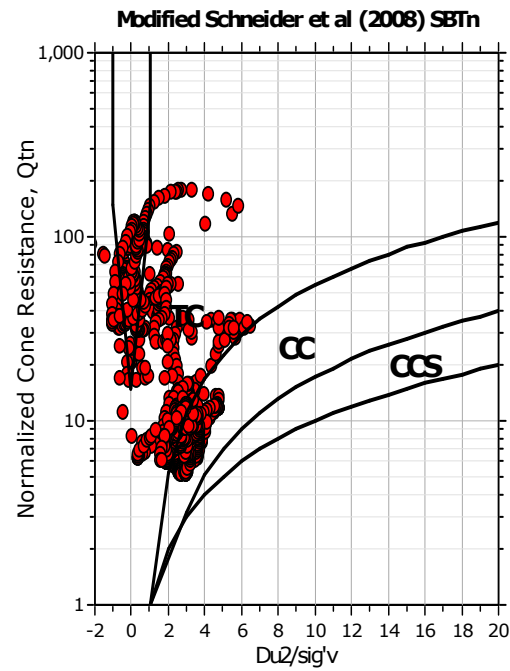
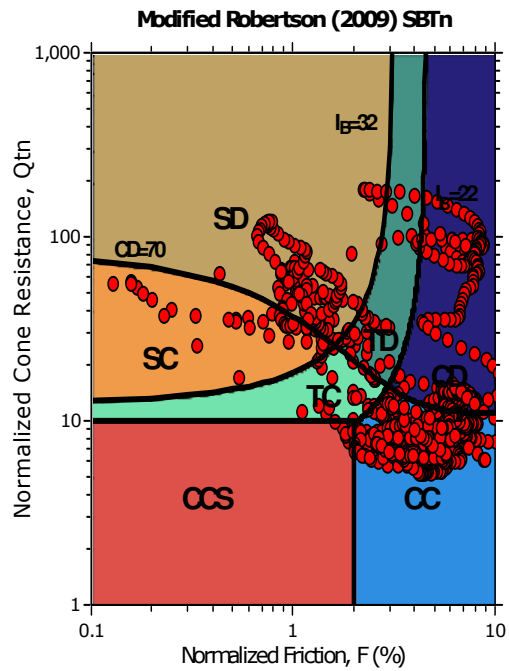






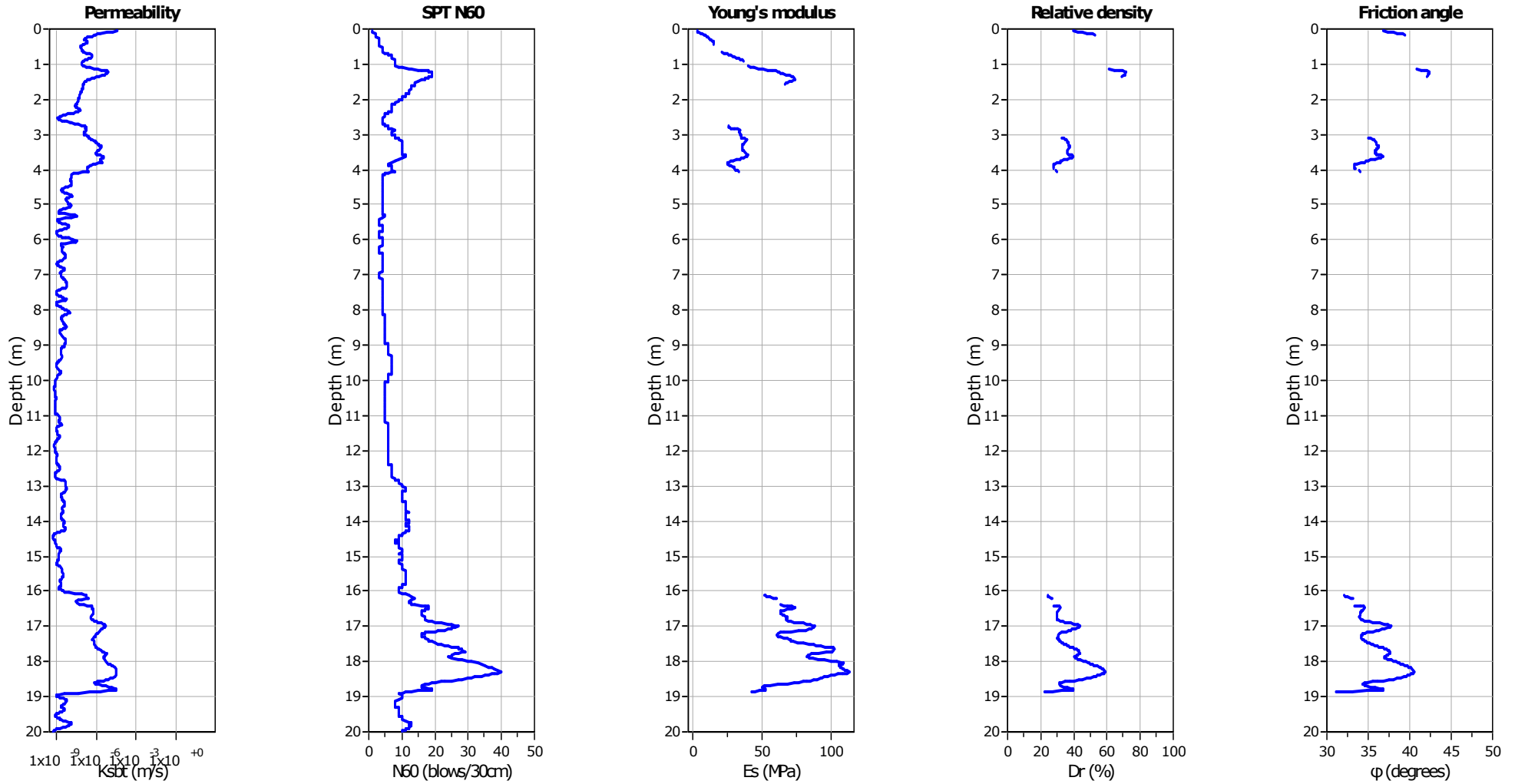


Updated SBTn plots



- CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
- CC: Clay-like - Contractive
- CD: Clay-like - Dilative
- TC: Transitional - Contractive
- TD: Transitional - Dilative
- SC: Sand-like - Contractive
- SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$ : Soils with significant microstructure  
 (e.g. age/cementation)



**Calculation parameters**

Permeability: Based on  $SBT_n$

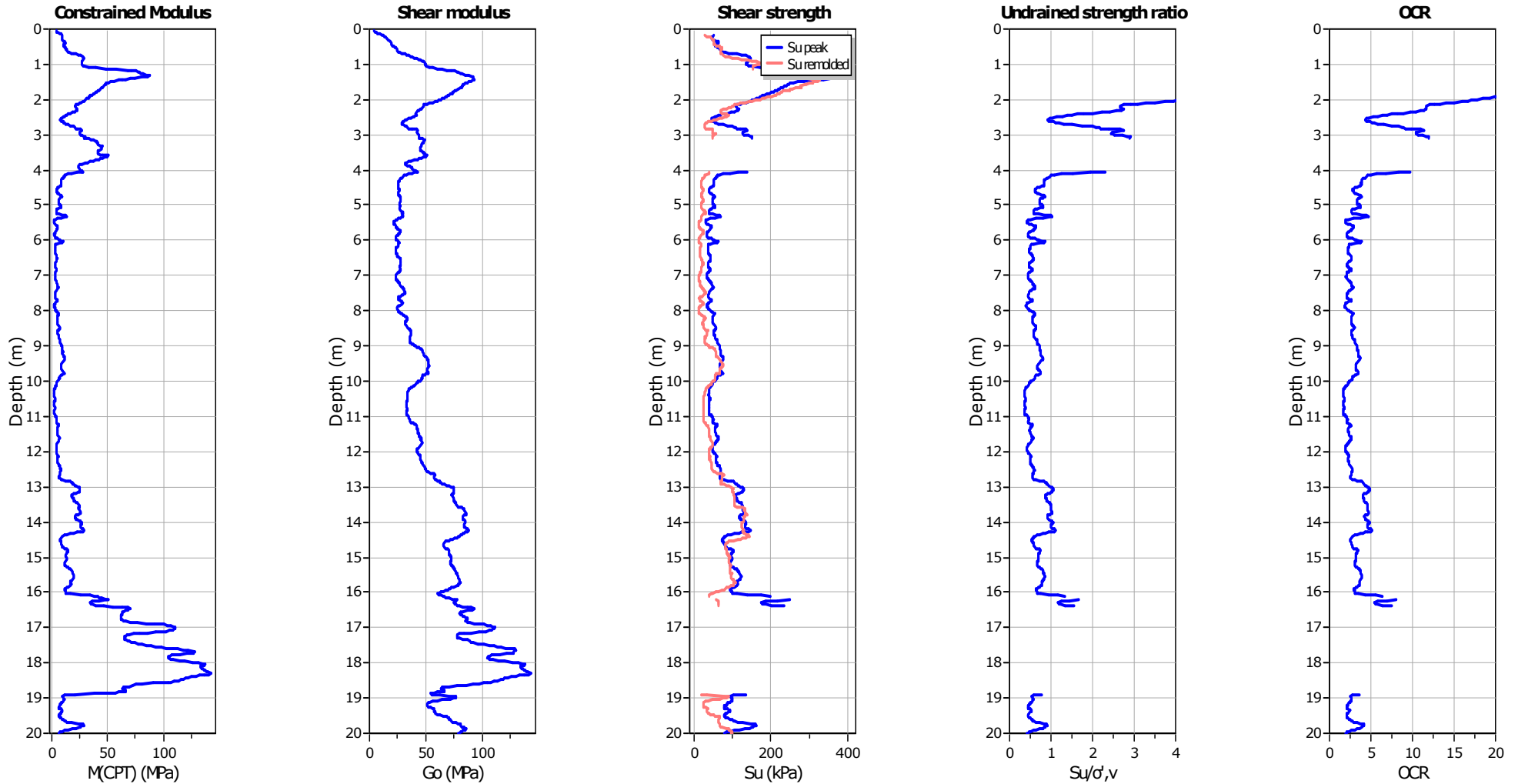
SPT  $N_{60}$ : Based on  $I_c$  and  $q_t$

Young's modulus: Based on variable alpha using  $I_c$  (Robertson, 2009)

Relative density constant,  $C_{Dr}$ : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data



**Calculation parameters**

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using  $I_c$  and  $Q_{tn}$  (Robertson, 2009)

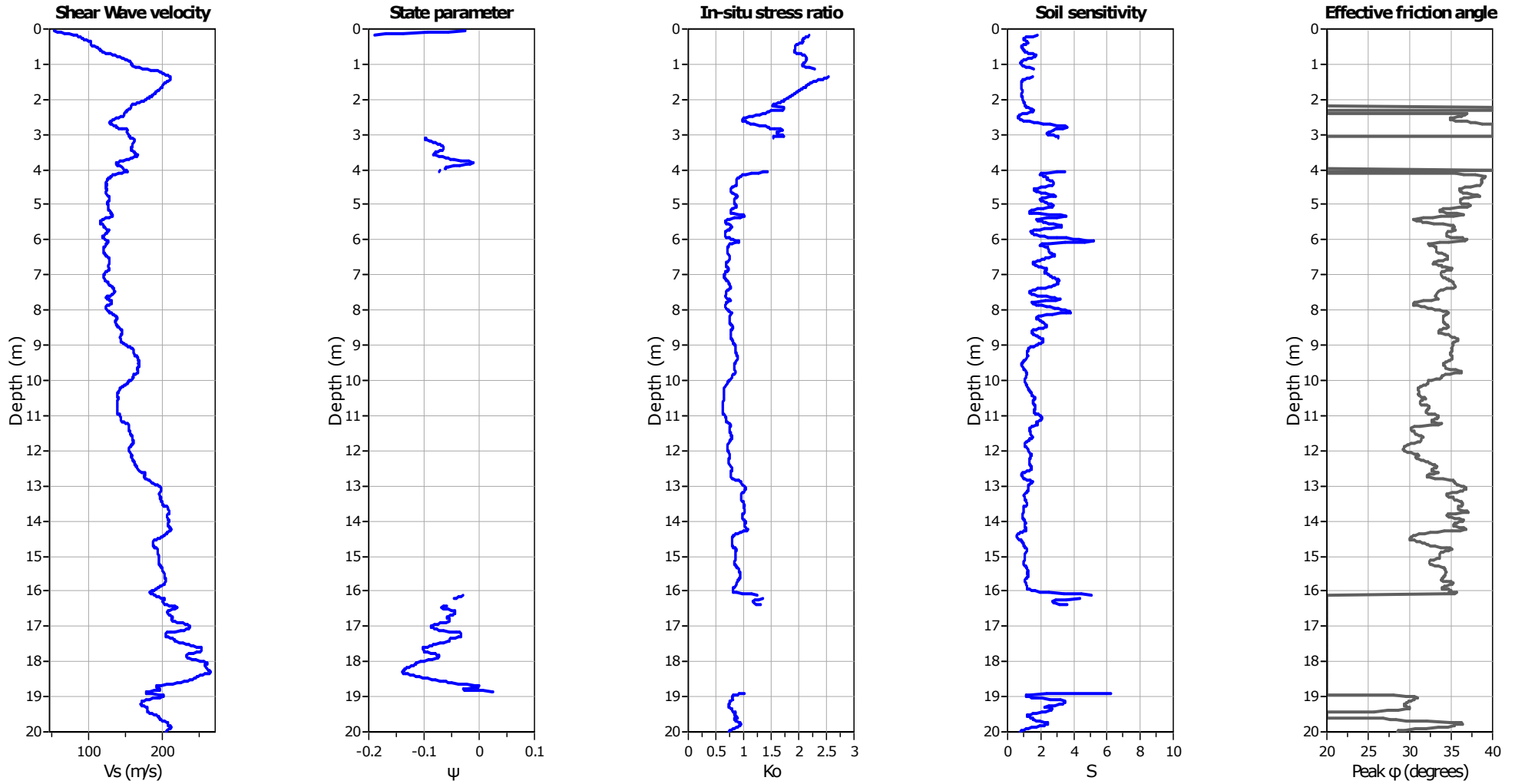
Go: Based on variable *alpha* using  $I_c$  (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays,  $N_{kt}$ : 14

OCR factor for clays,  $N_{kt}$ : 0.33

● User defined estimation data

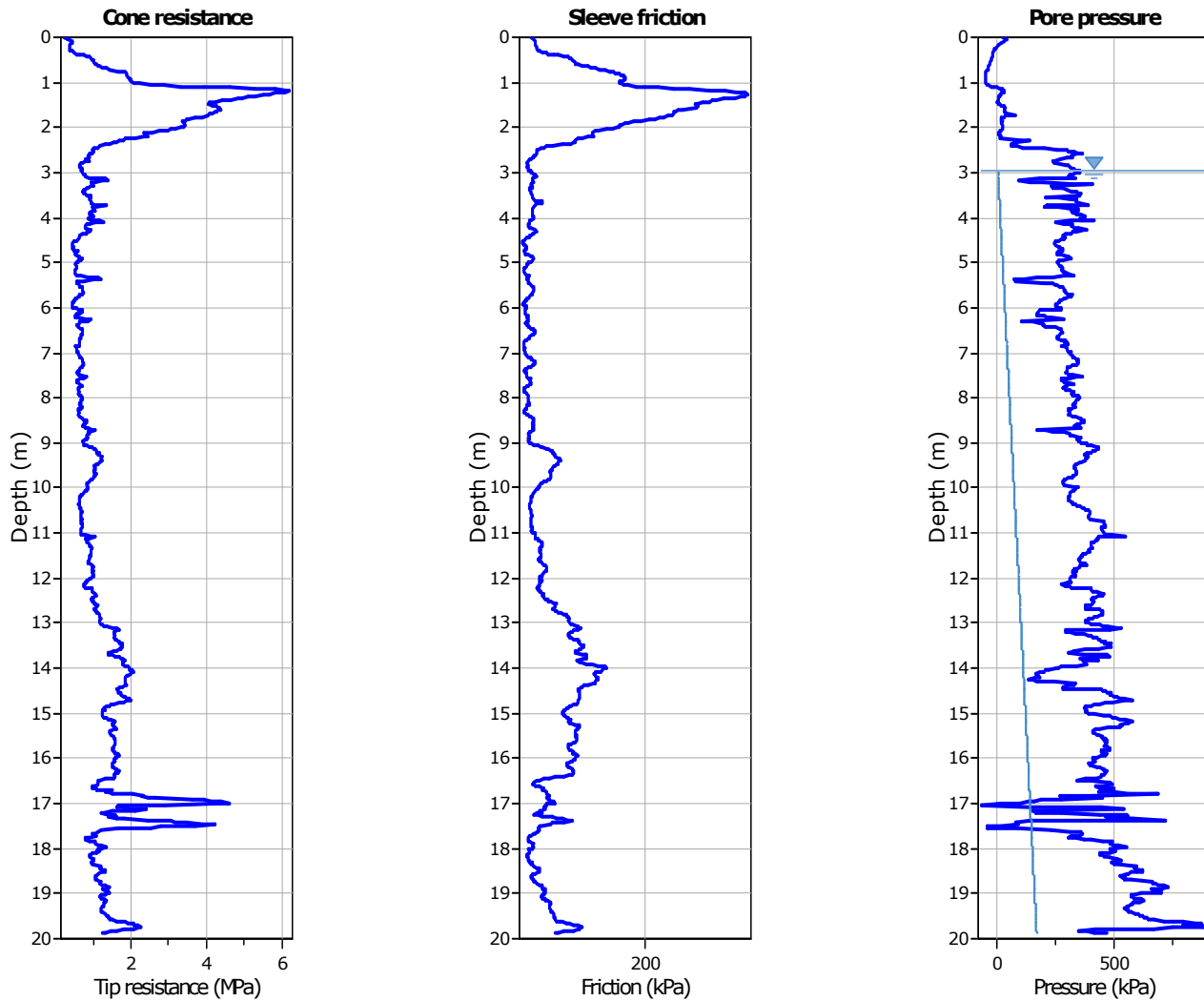
● Flat Dilatometer Test data



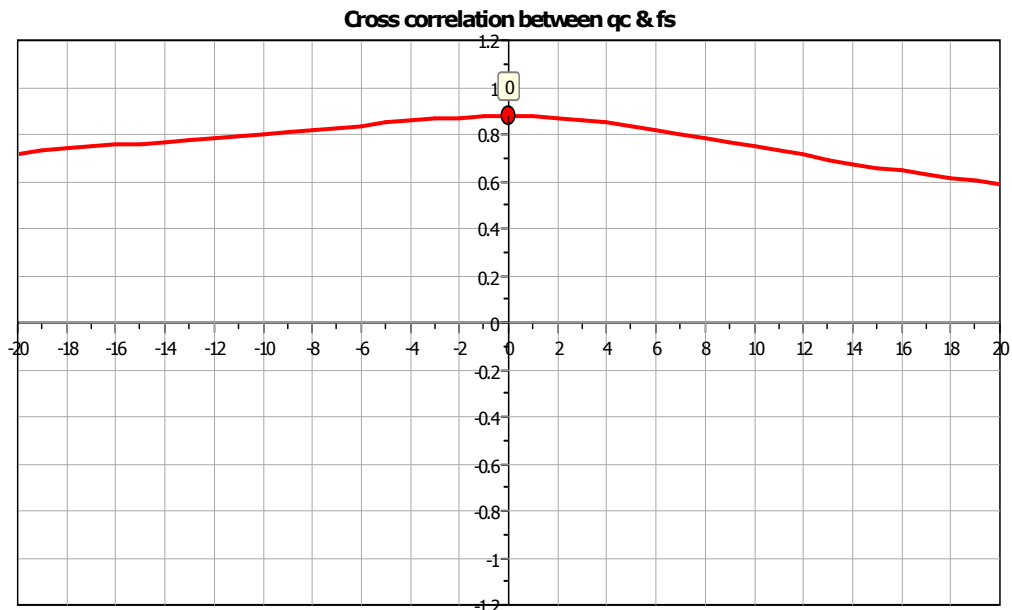
**Calculation parameters**

Soil Sensitivity factor,  $N_s$ : 7.00

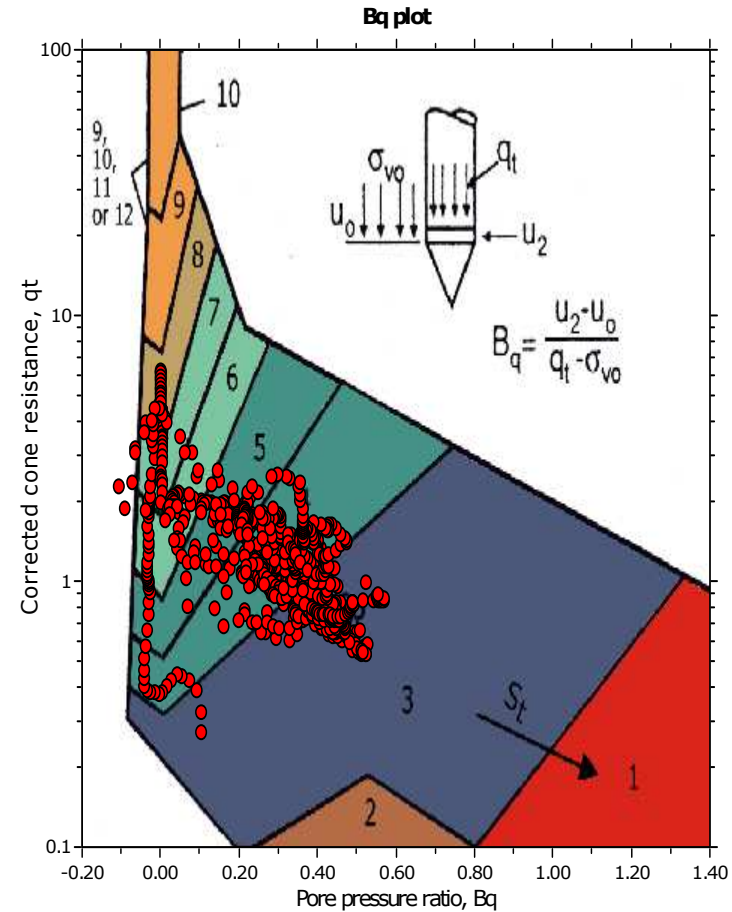
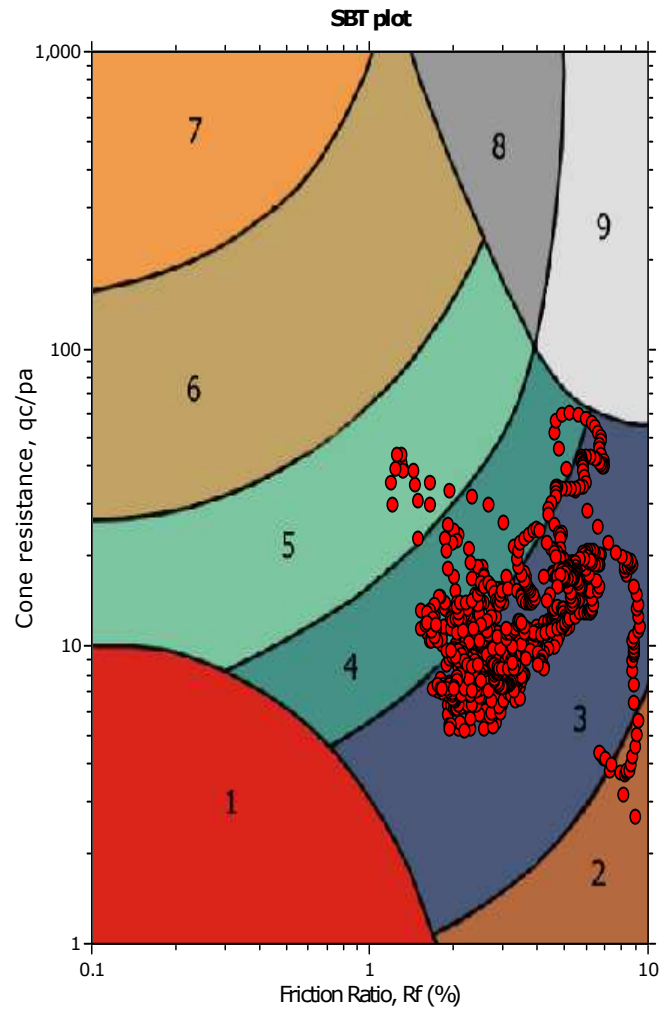
—●— User defined estimation data



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



SBT - Bq plots

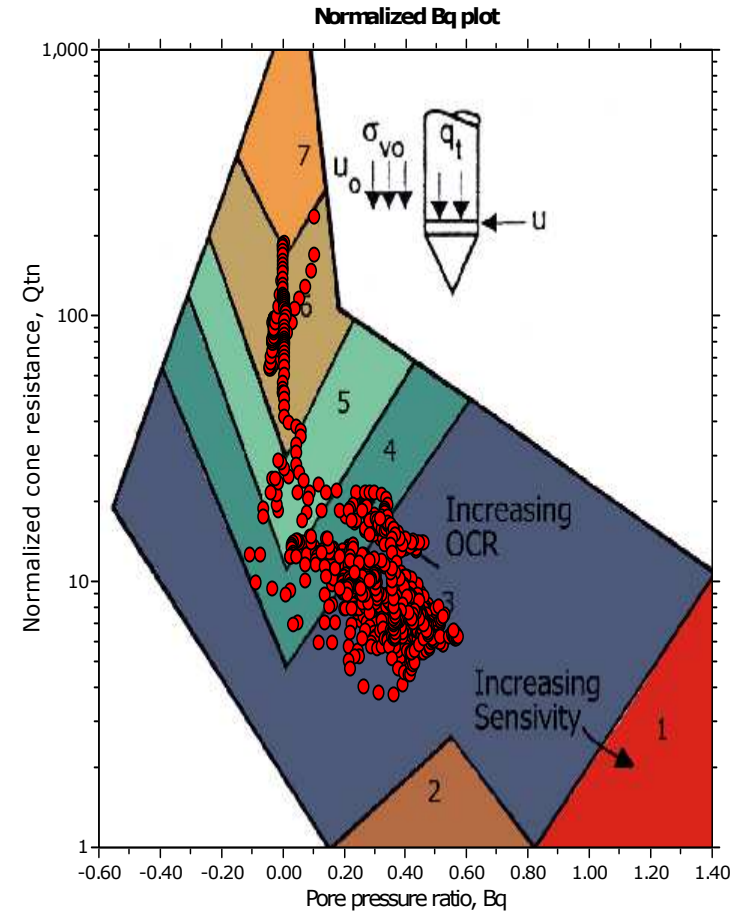
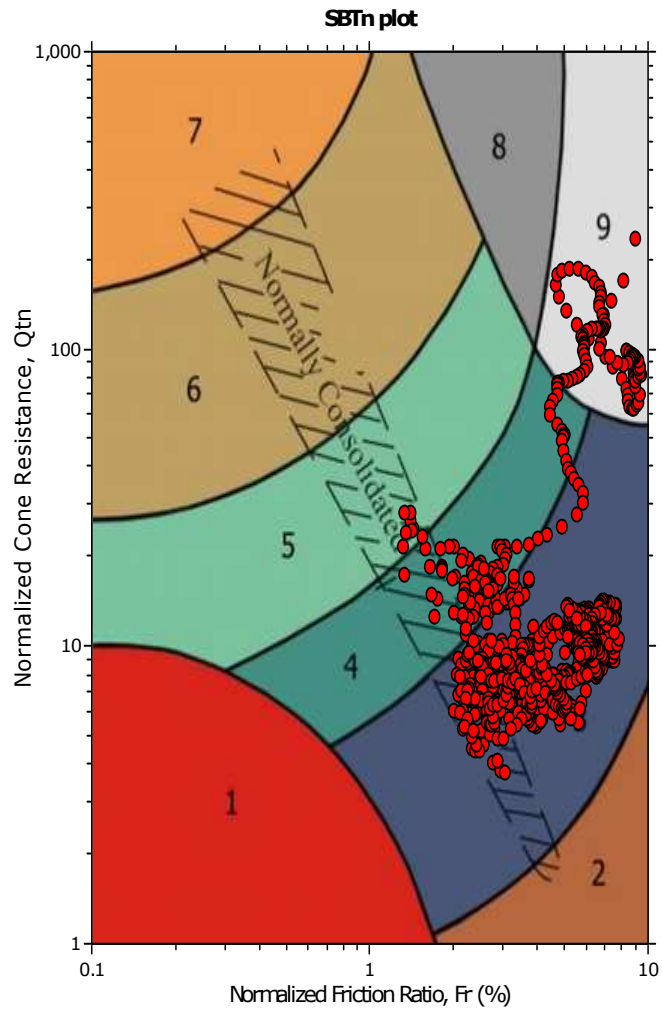


SBT legend

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

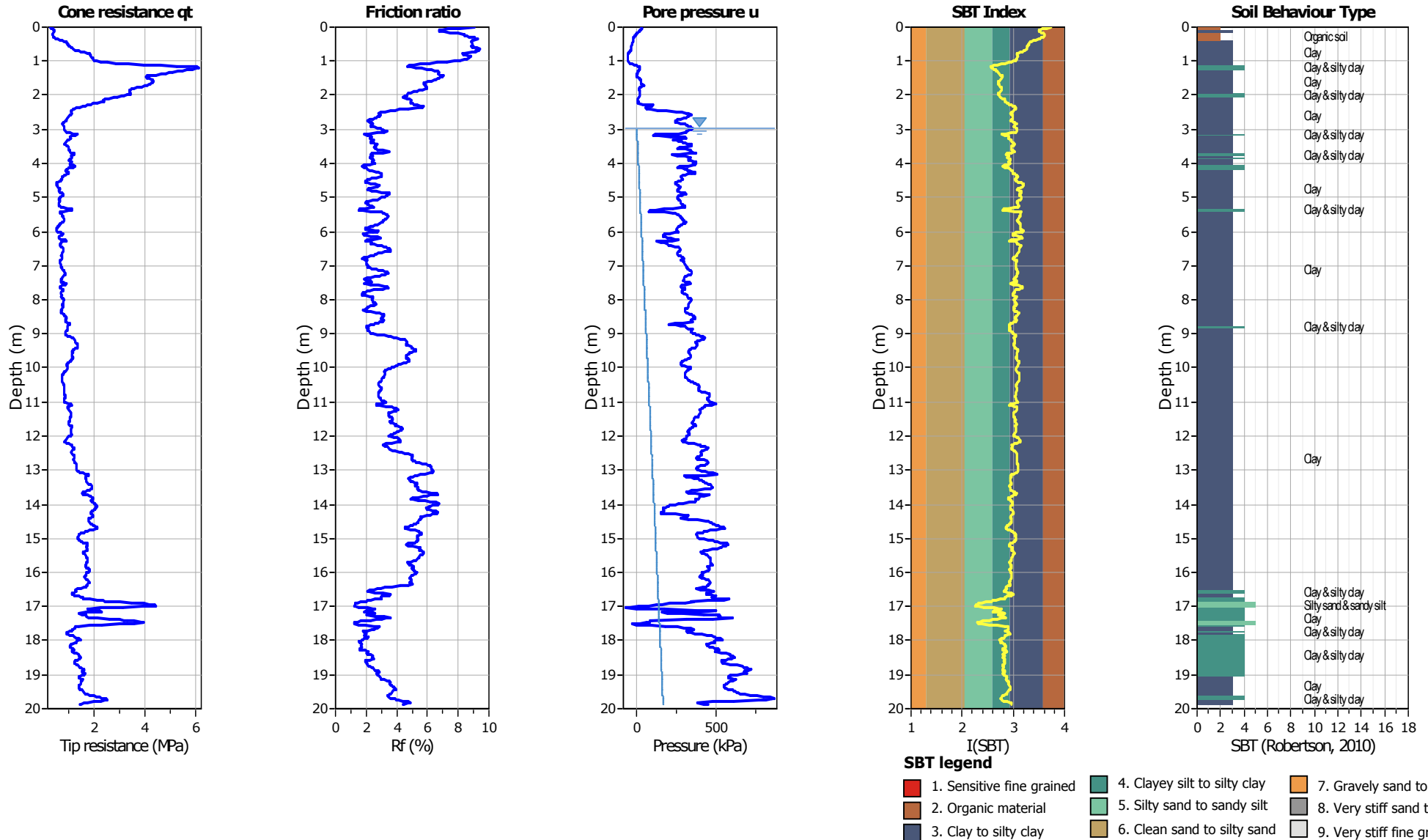


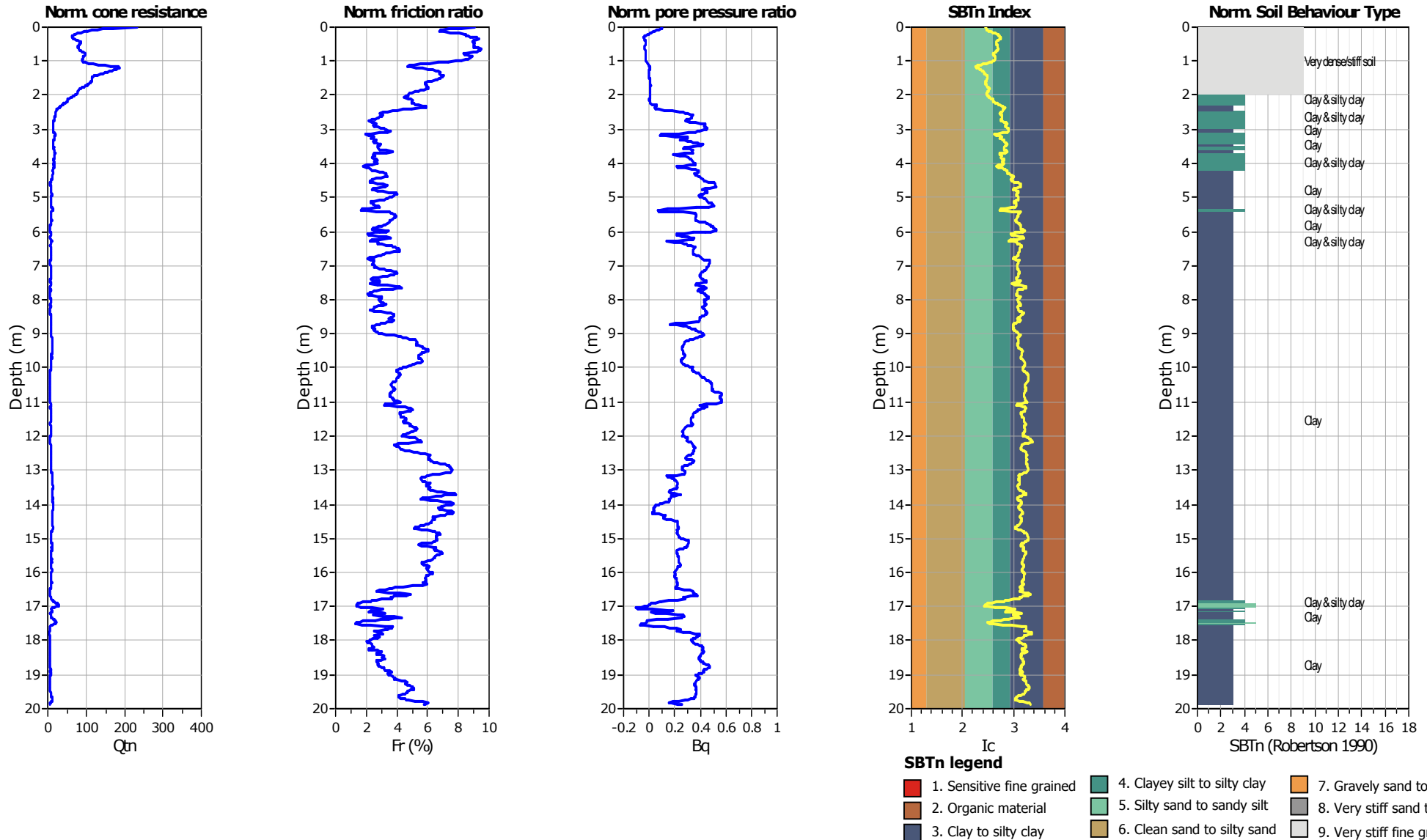
SBT - Bq plots (normalized)

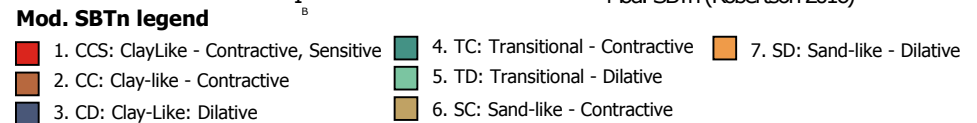
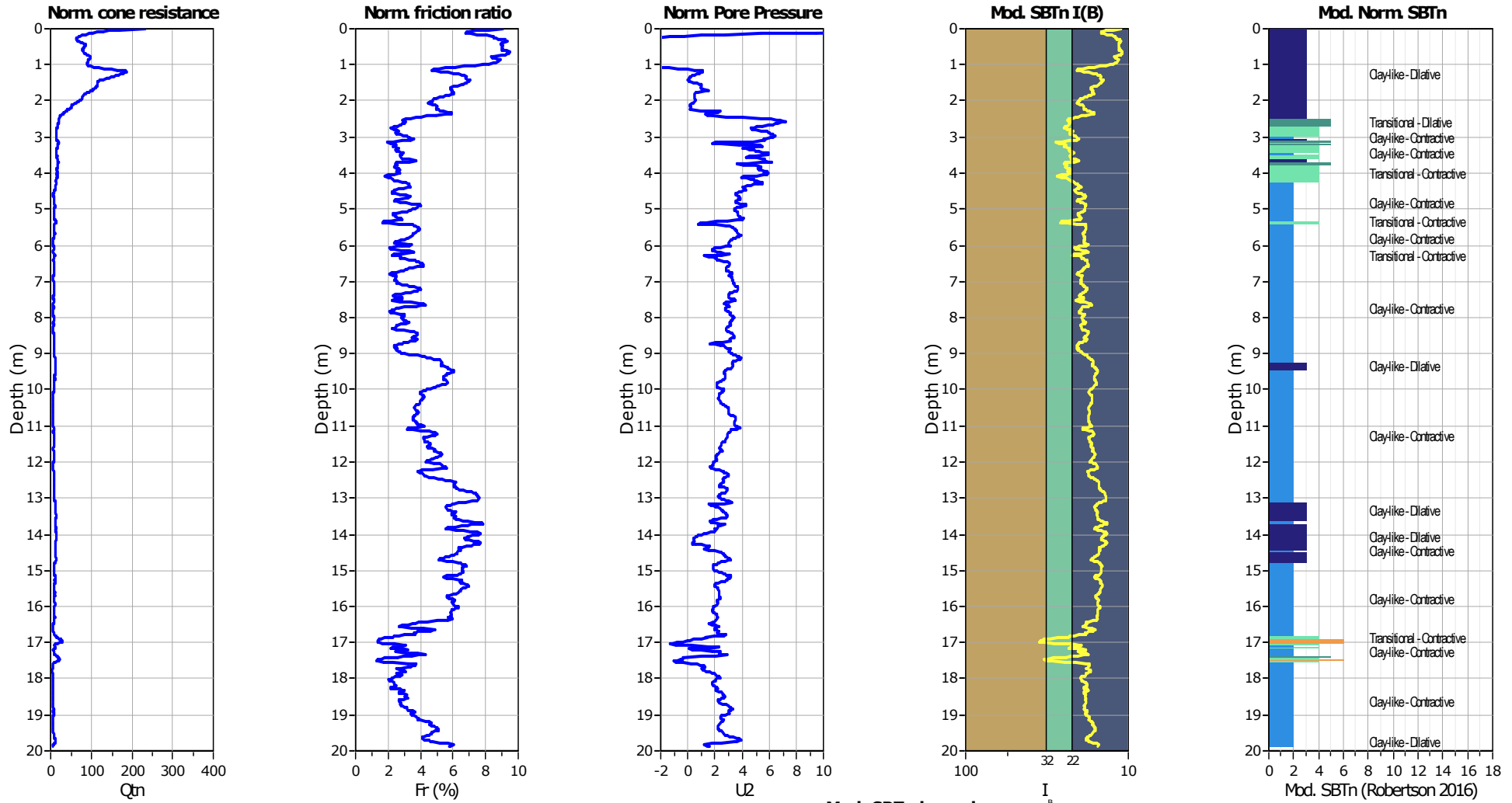


SBTn legend

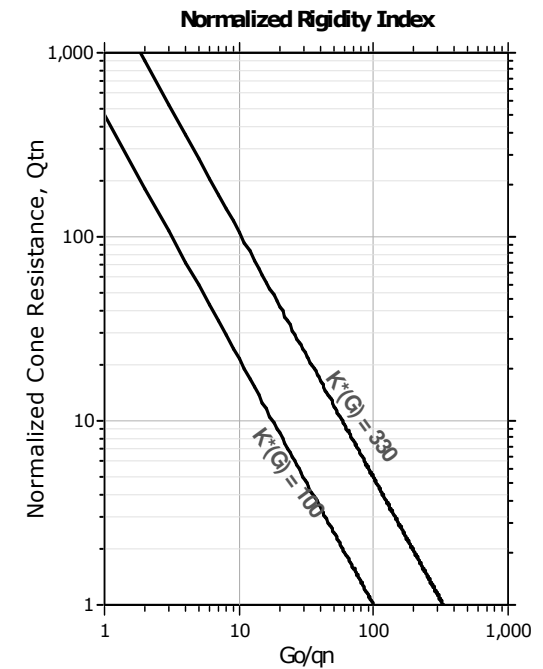
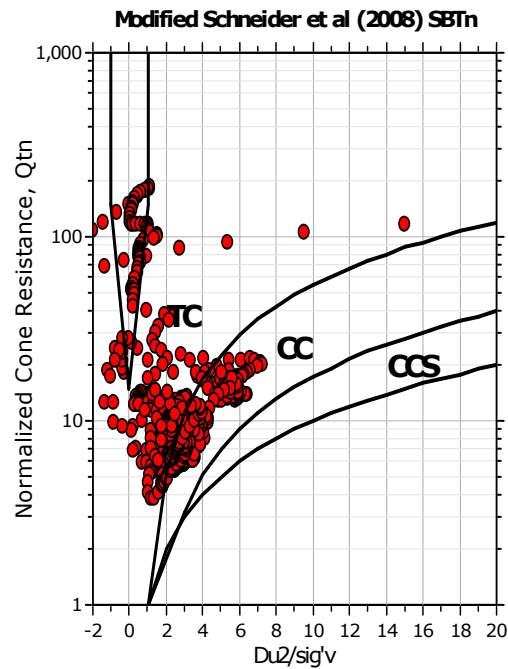
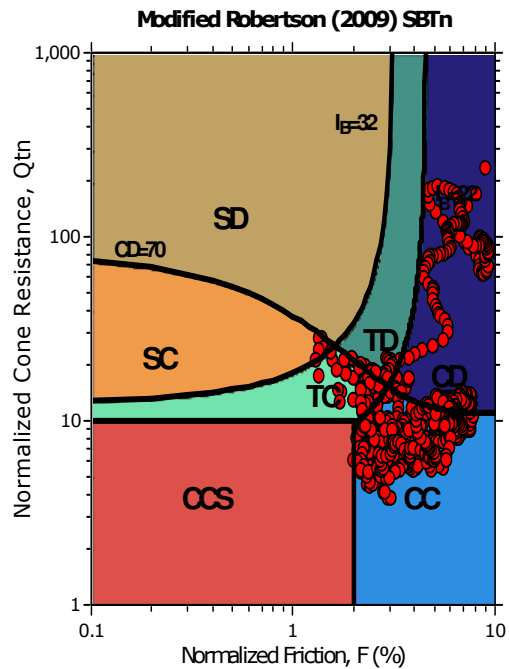
- |                           |                              |                                   |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravely sand to sand           |
| 2. Organic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





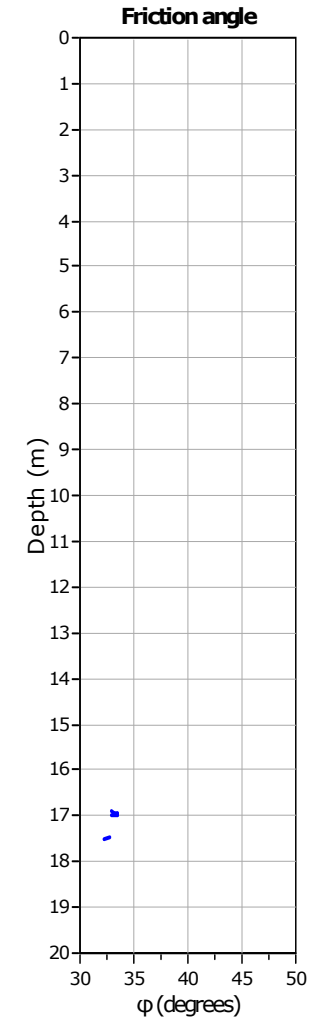
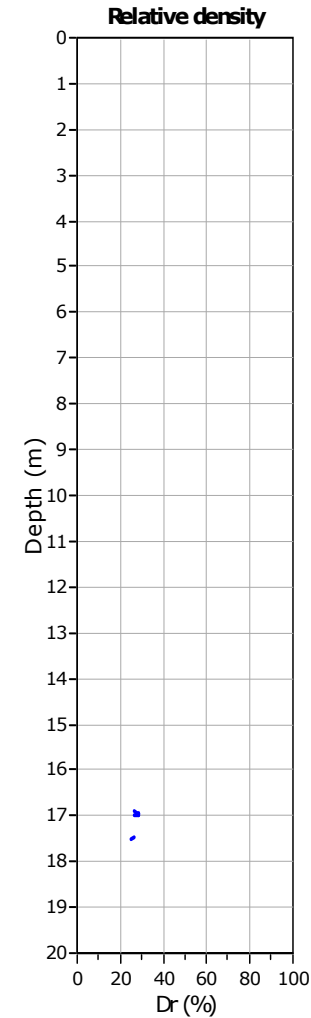
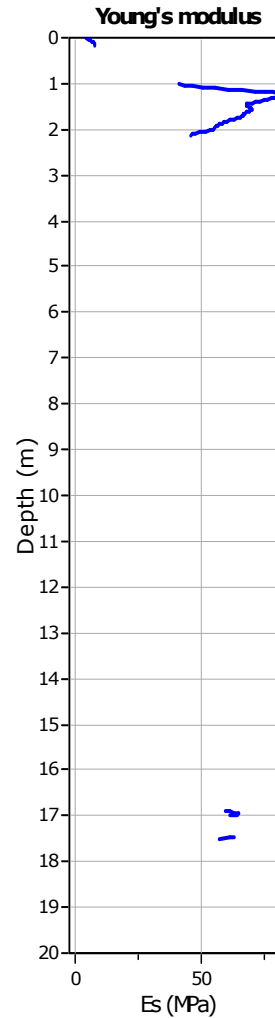
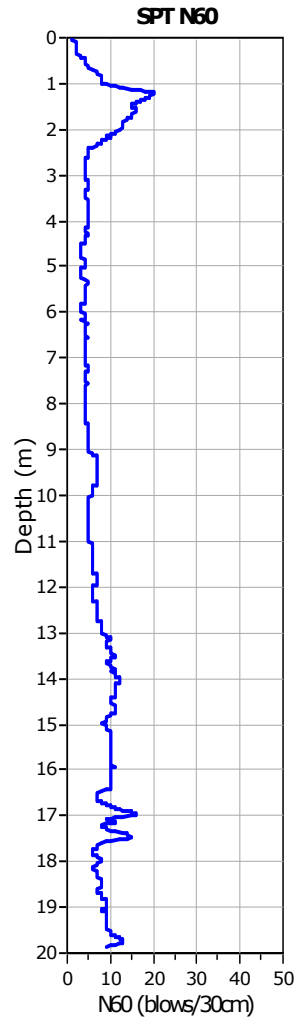
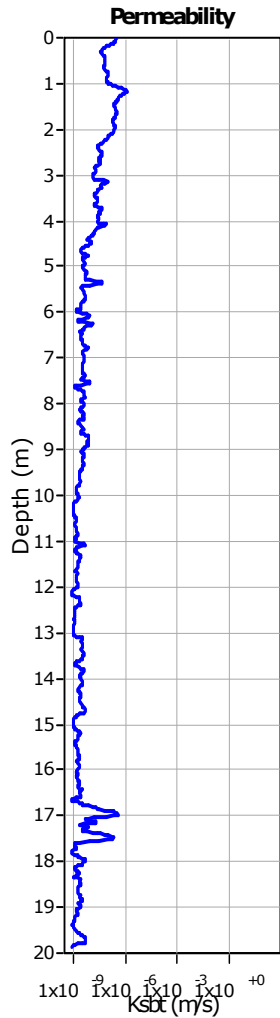


Updated SBTn plots



- CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
- CC: Clay-like - Contractive
- CD: Clay-like - Dilative
- TC: Transitional - Contractive
- TD: Transitional - Dilative
- SC: Sand-like - Contractive
- SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$ : Soils with significant microstructure (e.g. age/cementation)



**Calculation parameters**

Permeability: Based on  $SBT_n$

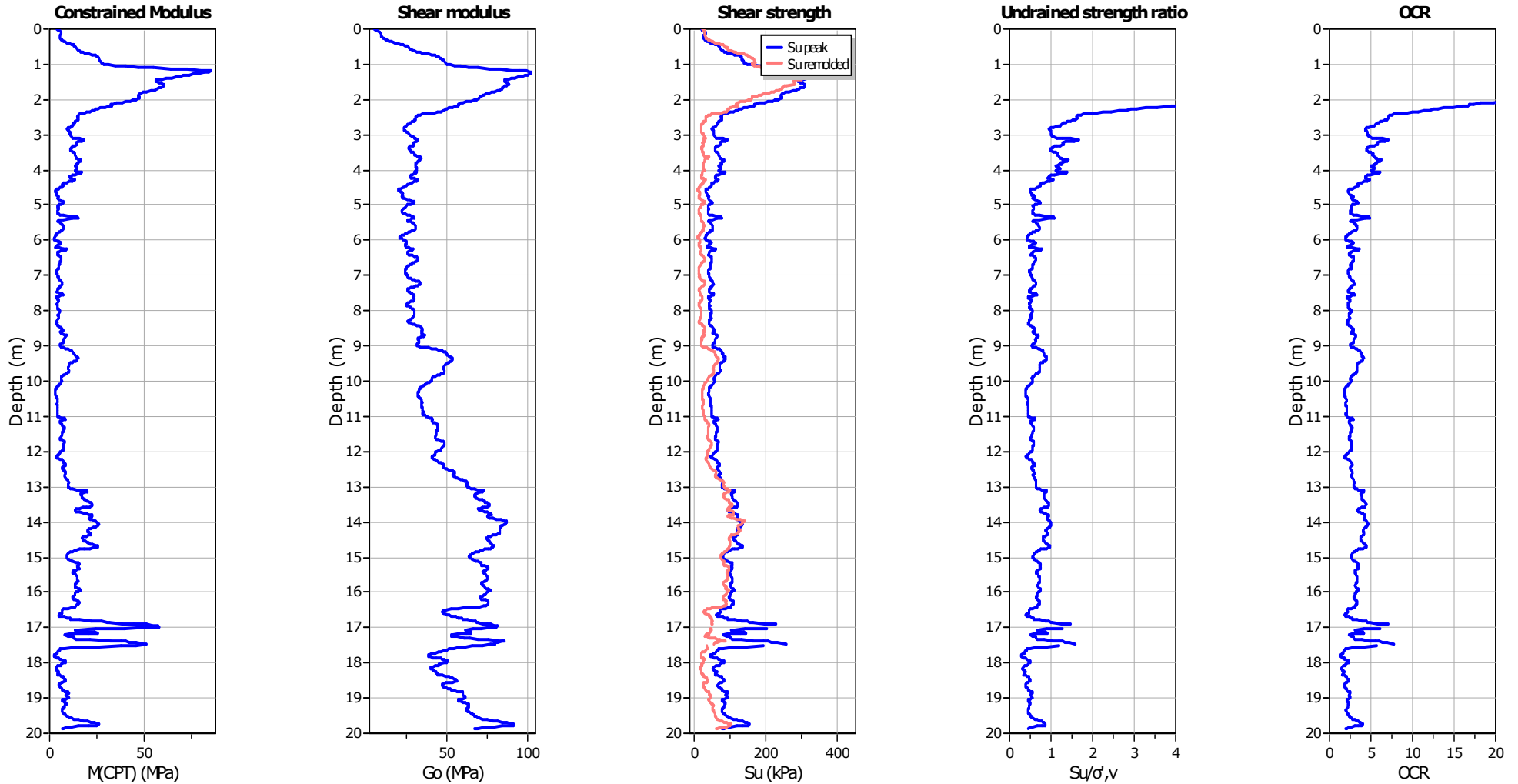
SPT  $N_{60}$ : Based on  $I_c$  and  $q_t$

Young's modulus: Based on variable alpha using  $I_c$  (Robertson, 2009)

Relative density constant,  $C_{Dr}$ : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

● — User defined estimation data



**Calculation parameters**

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using  $I_c$  and  $Q_{tn}$  (Robertson, 2009)

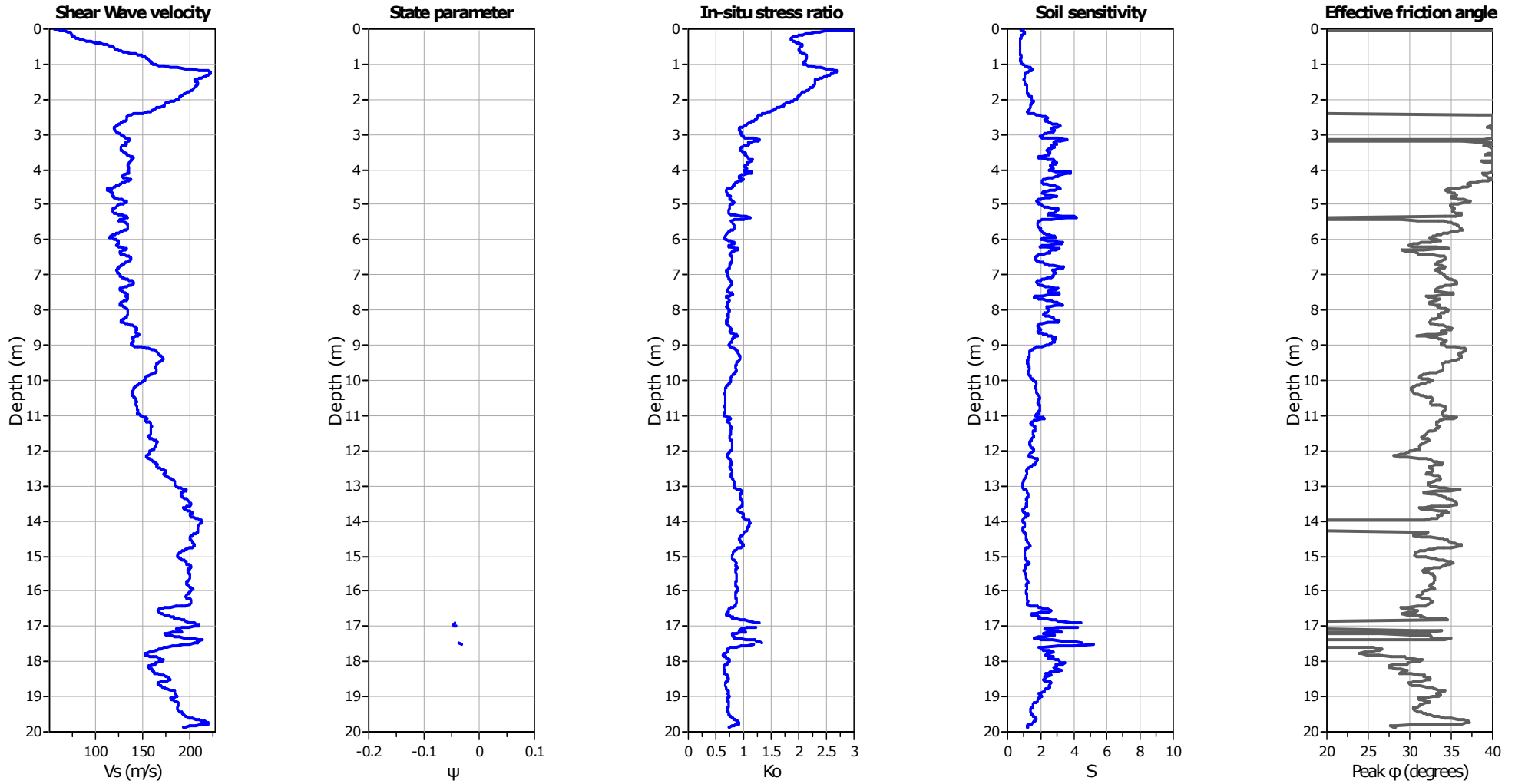
Go: Based on variable *alpha* using  $I_c$  (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays,  $N_{kt}$ : 14

OCR factor for clays,  $N_{kt}$ : 0.33

● User defined estimation data

● Flat Dilatometer Test data

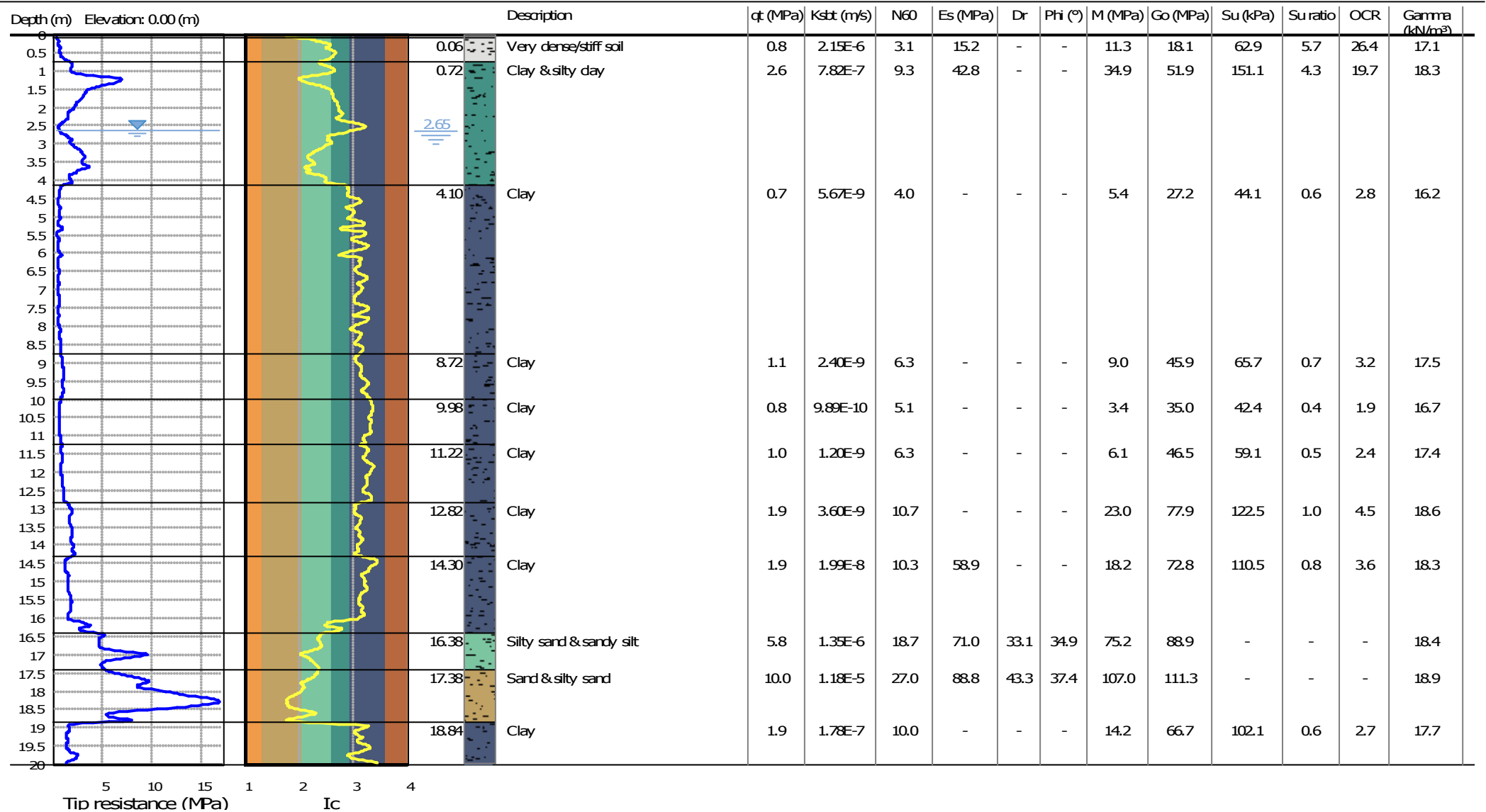


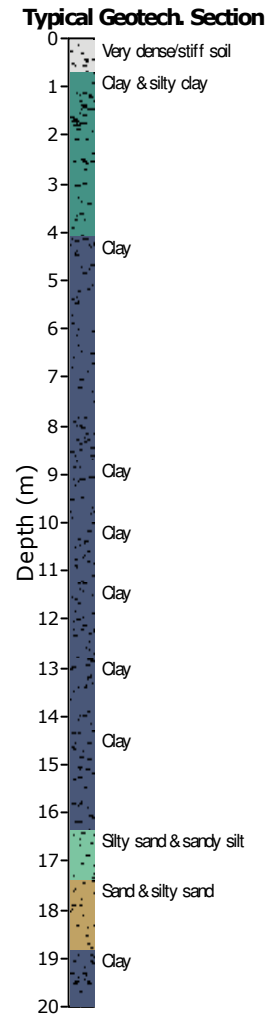
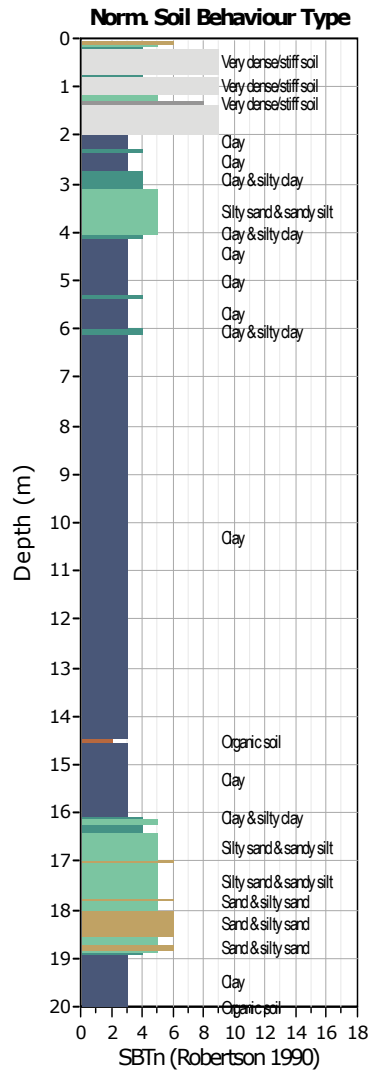
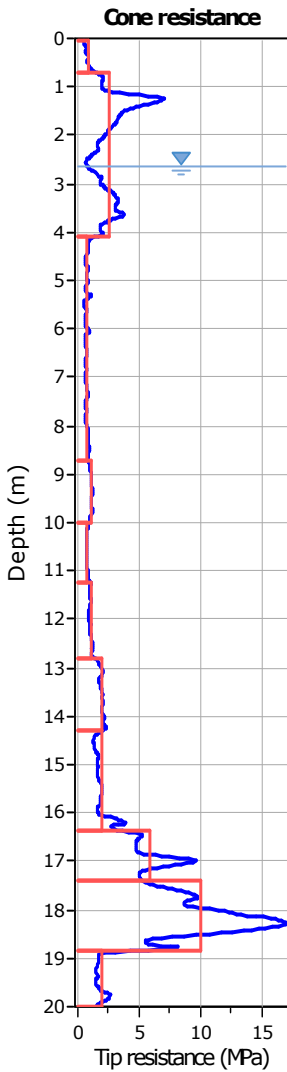
**Calculation parameters**

Soil Sensitivity factor,  $N_s$ : 7.00

—●— User defined estimation data







**Tabular results**

<b>::: Layer No: 1 :::</b>		
<b>Code:</b> Layer_1	<b>Start depth:</b> 0.06 (m), <b>End depth:</b> 0.72 (m)	
<b>Description:</b> Very dense/stiff soil		
<b>Basic results</b>	<b>Estimation results</b>	
Total cone resistance: 0.82 ±0.25 MPa	Permeability: 2.15E-06 ±7.40E-06 m/s	Constrained Mod.: 11.29 ±3.78 MPa
Sleeve friction: 48.17 ±22.27 kPa	N60: 3.06 ±1.15 blows	Go: 18.05 ±7.14 MPa
SBT <sub>n</sub> : 9	Es: 15.18 ±4.86 MPa	Su: 62.93 ±16.37 kPa
SBTn description: Very dense/stiff soil	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 5.72 ±0.72
	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 26.41 ±3.33
	Unit weight: 17.08 ±1.14 kN/m <sup>3</sup>	

**::: Layer No: 2 :::****Code:** Layer\_2    **Start depth:** 0.72 (m), **End depth:** 4.10 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.59 ±1.35 MPa

Sleeve friction: 109.53 ±87.93 kPa

SBT<sub>n</sub>: 4

SBTn description: Clay &amp; silty clay

**Estimation results**

Permeability: 7.82E-07 ±1.38E-06 m/s

N60: 9.34 ±3.69 blows

Es: 42.76 ±17.33 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.32 ±1.07 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 34.93 ±17.20 MPa

Go: 51.86 ±17.71 MPa

Su: 151.15 ±73.62 kPa

Su ratio: 4.26 ±2.61

O.C.R.: 19.68 ±12.05

**::: Layer No: 3 :::****Code:** Layer\_3    **Start depth:** 4.10 (m), **End depth:** 8.72 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.73 ±0.12 MPa

Sleeve friction: 19.67 ±5.70 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 5.67E-09 ±6.19E-09 m/s

N60: 4.00 ±0.57 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.24 ±0.34 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 5.36 ±2.43 MPa

Go: 27.20 ±3.41 MPa

Su: 44.10 ±8.88 kPa

Su ratio: 0.60 ±0.16

O.C.R.: 2.77 ±0.72

**::: Layer No: 4 :::****Code:** Layer\_4    **Start depth:** 8.72 (m), **End depth:** 9.98 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.08 ±0.09 MPa

Sleeve friction: 53.41 ±15.38 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.40E-09 ±1.24E-09 m/s

N60: 6.25 ±0.76 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.54 ±0.41 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 9.04 ±1.57 MPa

Go: 45.91 ±5.90 MPa

Su: 65.72 ±6.03 kPa

Su ratio: 0.70 ±0.06

O.C.R.: 3.22 ±0.29

**::: Layer No: 5 :::****Code:** Layer\_5    **Start depth:** 9.98 (m), **End depth:** 11.22 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.77 ±0.07 MPa

Sleeve friction: 27.98 ±7.45 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 9.89E-10 ±3.46E-10 m/s

N60: 5.08 ±0.27 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.69 ±0.28 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 3.44 ±0.86 MPa

Go: 35.02 ±3.12 MPa

Su: 42.36 ±5.13 kPa

Su ratio: 0.41 ±0.05

O.C.R.: 1.89 ±0.23

**:: Layer No: 6 ::****Code:** Layer\_6 **Start depth:** 11.22 (m), **End depth:** 12.82 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.03 ±0.11 MPa

Sleeve friction: 46.36 ±11.53 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3SBT<sub>n</sub> description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.20E-09 ±4.29E-10 m/s

N60: 6.31 ±0.54 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.38 ±0.28 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 6.09 ±1.45 MPa

Go: 46.49 ±5.10 MPa

Su: 59.12 ±7.41 kPa

Su ratio: 0.52 ±0.06

O.C.R.: 2.40 ±0.26

**:: Layer No: 7 ::****Code:** Layer\_7 **Start depth:** 12.82 (m), **End depth:** 14.30 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.95 ±0.17 MPa

Sleeve friction: 111.74 ±18.67 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3SBT<sub>n</sub> description: Clay**Estimation results**

Permeability: 3.60E-09 ±1.10E-09 m/s

N60: 10.72 ±0.89 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.65 ±0.24 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 23.04 ±3.36 MPa

Go: 77.94 ±6.98 MPa

Su: 122.50 ±11.50 kPa

Su ratio: 0.97 ±0.07

O.C.R.: 4.47 ±0.34

**:: Layer No: 8 ::****Code:** Layer\_8 **Start depth:** 14.30 (m), **End depth:** 16.38 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.89 ±0.61 MPa

Sleeve friction: 87.71 ±22.83 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3SBT<sub>n</sub> description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.99E-08 ±5.21E-08 m/s

N60: 10.30 ±1.38 blows

Es: 58.85 ±6.32 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.32 ±0.28 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 18.18 ±10.54 MPa

Go: 72.83 ±5.32 MPa

Su: 110.49 ±34.81 kPa

Su ratio: 0.78 ±0.23

O.C.R.: 3.60 ±1.06

**:: Layer No: 9 ::****Code:** Layer\_9 **Start depth:** 16.38 (m), **End depth:** 17.38 (m)**Description:** Silty sand & sandy silt**Basic results**

Total cone resistance: 5.79 ±1.53 MPa

Sleeve friction: 65.73 ±14.84 kPa

SBT<sub>n</sub>: 5SBT<sub>n</sub> description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 1.35E-06 ±1.41E-06 m/s

N60: 18.67 ±3.33 blows

Es: 71.04 ±8.08 MPa

Dr (%): 33.13 ±4.53

φ (degrees): 34.95 ±1.22 °

Unit weight: 18.44 ±0.32 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 75.18 ±17.58 MPa

Go: 88.85 ±10.11 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**:: Layer No: 10 ::****Code:** Layer\_10 **Start depth:** 17.38 (m), **End depth:** 18.84 (m)**Description:** Sand & silty sand**Basic results**

Total cone resistance: 10.02 ±3.65 MPa

Sleeve friction: 91.58 ±37.97 kPa

SBT<sub>n</sub>: 6SBT<sub>n</sub> description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 1.18E-05 ±1.28E-05 m/s

N60: 27.03 ±7.24 blows

Es: 88.78 ±18.64 MPa

Dr (%): 43.33 ±8.76

φ (degrees): 37.40 ±1.92 °

Unit weight: 18.86 ±0.88 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 107.01 ±25.81 MPa

Go: 111.28 ±23.36 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

**:: Layer No: 11 ::****Code:** Layer\_11 **Start depth:** 18.84 (m), **End depth:** 20.00 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.90 ±0.71 MPa

Sleeve friction: 53.21 ±24.58 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3SBT<sub>n</sub> description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.78E-07 ±1.05E-06 m/s

N60: 10.03 ±1.63 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.65 ±0.59 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 14.24 ±11.06 MPa

Go: 66.66 ±11.14 MPa

Su: 102.12 ±25.29 kPa

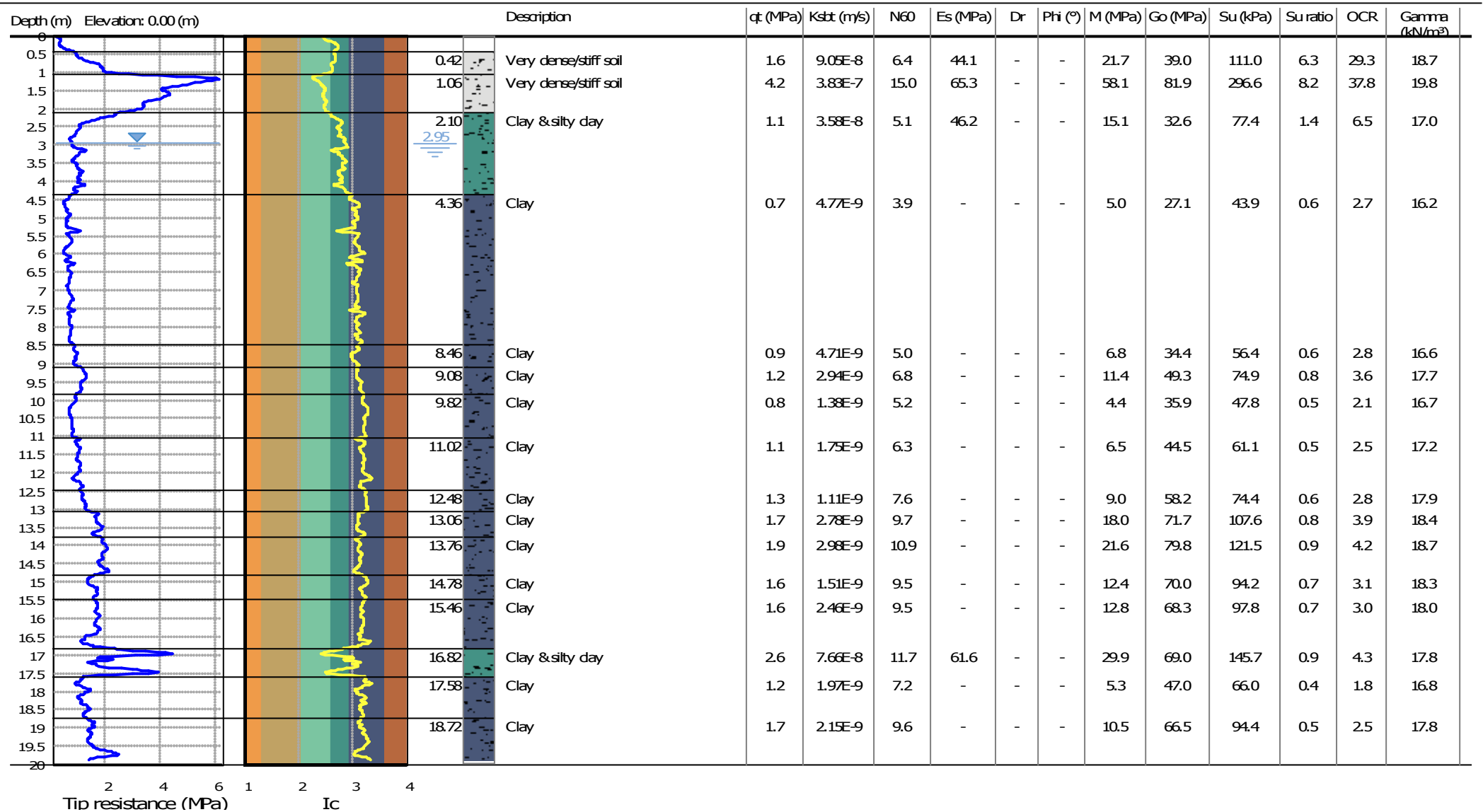
Su ratio: 0.58 ±0.14

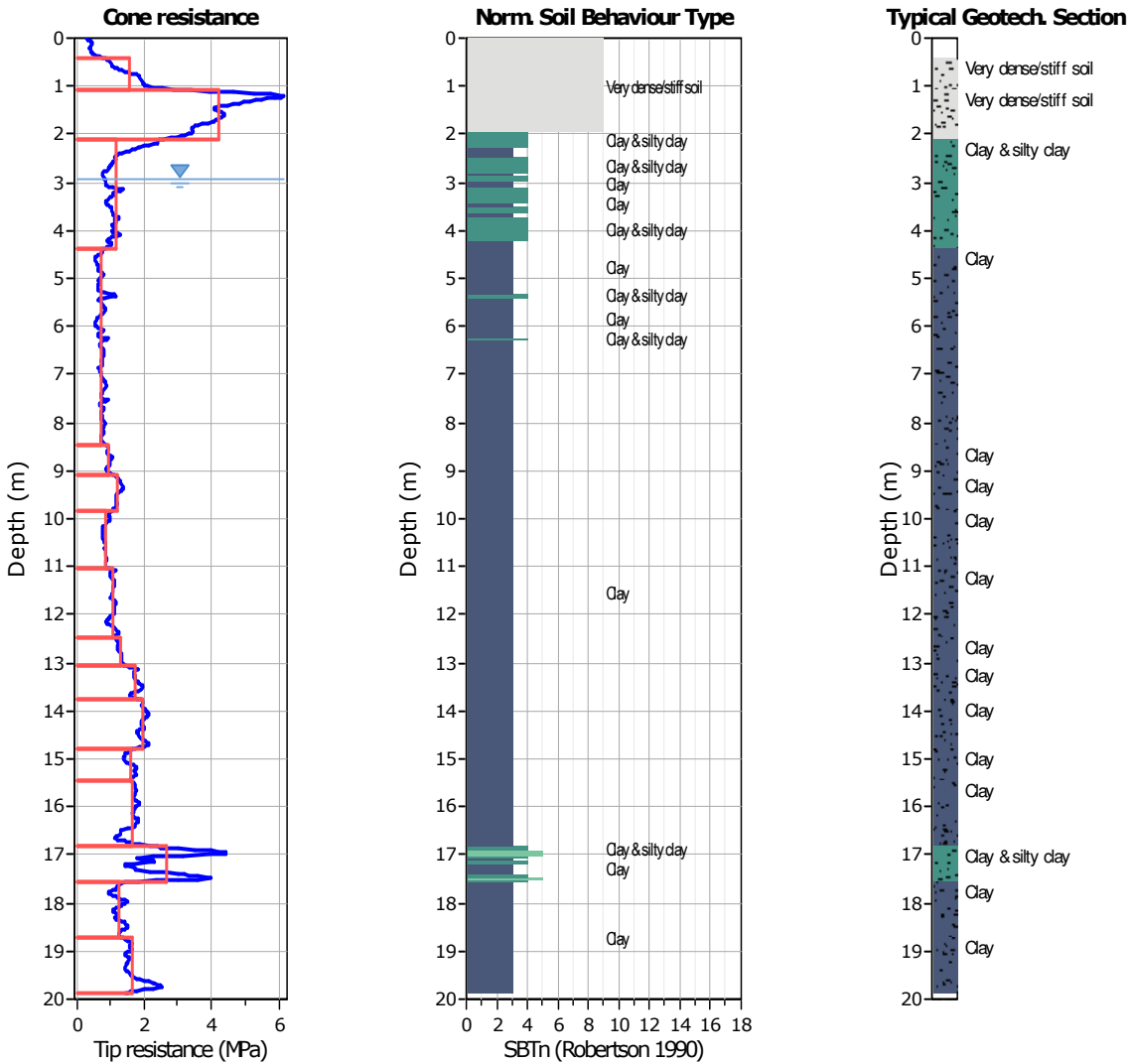
O.C.R.: 2.66 ±0.64

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub>	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.06	0.66	2.15E-06	3.1	15.2	0.0	0.0	11.3	18.1	62.9	5.7	26.4	17.1
0.72		(±7.40E-06)	(±1.2)	(±4.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.8)	(±7.1)	(±16.4)	(±0.7)	(±3.3)	(±1.1)
0.72	3.38	7.82E-07	9.3	42.8	0.0	0.0	34.9	51.9	151.1	4.3	19.7	18.3
4.10		(±1.38E-06)	(±3.7)	(±17.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±17.2)	(±17.7)	(±73.6)	(±2.6)	(±12.1)	(±1.1)
4.10	4.62	5.67E-09	4.0	0.0	0.0	0.0	5.4	27.2	44.1	0.6	2.8	16.2
8.72		(±6.19E-09)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.4)	(±3.4)	(±8.9)	(±0.2)	(±0.7)	(±0.3)
8.72	1.26	2.40E-09	6.3	0.0	0.0	0.0	9.0	45.9	65.7	0.7	3.2	17.5
9.98		(±1.24E-09)	(±0.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.6)	(±5.9)	(±6.0)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.4)
9.98	1.24	9.89E-10	5.1	0.0	0.0	0.0	3.4	35.0	42.4	0.4	1.9	16.7
11.22		(±3.46E-10)	(±0.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.9)	(±3.1)	(±5.1)	(±0.0)	(±0.2)	(±0.3)
11.22	1.60	1.20E-09	6.3	0.0	0.0	0.0	6.1	46.5	59.1	0.5	2.4	17.4
12.82		(±4.29E-10)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.4)	(±5.1)	(±7.4)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.3)
12.82	1.48	3.60E-09	10.7	0.0	0.0	0.0	23.0	77.9	122.5	1.0	4.5	18.6
14.30		(±1.10E-09)	(±0.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.4)	(±7.0)	(±11.5)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.2)
14.30	2.08	1.99E-08	10.3	58.9	0.0	0.0	18.2	72.8	110.5	0.8	3.6	18.3
16.38		(±5.21E-08)	(±1.4)	(±6.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±10.5)	(±5.3)	(±34.8)	(±0.2)	(±1.1)	(±0.3)
16.38	1.00	1.35E-06	18.7	71.0	33.1	34.9	75.2	88.9	0.0	0.0	0.0	18.4
17.38		(±1.41E-06)	(±3.3)	(±8.1)	(±4.5)	(±1.2)	(±17.6)	(±10.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
17.38	1.46	1.18E-05	27.0	88.8	43.3	37.4	107.0	111.3	0.0	0.0	0.0	18.9
18.84		(±1.28E-05)	(±7.2)	(±18.6)	(±8.8)	(±1.9)	(±25.8)	(±23.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.9)
18.84	1.16	1.78E-07	10.0	0.0	0.0	0.0	14.2	66.7	102.1	0.6	2.7	17.7
20.00		(±1.05E-06)	(±1.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±11.1)	(±11.1)	(±25.3)	(±0.1)	(±0.6)	(±0.6)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface





**Tabular results**

<b>::: Layer No: 1 :::</b>		
<b>Code:</b> Layer_1 <b>Start depth:</b> 0.42 (m), <b>End depth:</b> 1.06 (m)		
<b>Description:</b> Very dense/stiff soil		
<b>Basic results</b>	<b>Estimation results</b>	
Total cone resistance: 1.57 ±0.52 MPa	Permeability: 9.05E-08 ±4.32E-08 m/s	Constrained Mod.: 21.75 ±7.28 MPa
Sleeve friction: 131.72 ±34.53 kPa	N60: 6.39 ±2.05 blows	Go: 38.97 ±10.78 MPa
SBT <sub>n</sub> : 9	Es: 44.12 ±2.68 MPa	Su: 110.96 ±37.16 kPa
SBT <sub>n</sub> description: Very dense/stiff soil	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 6.34 ±0.51
	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 29.31 ±2.35
	Unit weight: 18.71 ±0.46 kN/m <sup>3</sup>	



**::: Layer No: 2 :::****Code:** Layer\_2    **Start depth:** 1.06 (m), **End depth:** 2.10 (m)**Description:** Very dense/stiff soil**Basic results**

Total cone resistance: 4.18 ±0.90 MPa

Sleeve friction: 243.12 ±68.42 kPa

SBT<sub>n</sub>: 9

SBTn description: Very dense/stiff soil

**Estimation results**

Permeability: 3.83E-07 ±2.71E-07 m/s

N60: 15.00 ±2.57 blows

Es: 65.35 ±9.62 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.80 ±0.42 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 58.14 ±12.70 MPa

Go: 81.90 ±12.05 MPa

Su: 296.63 ±64.80 kPa

Su ratio: 8.17 ±2.60

O.C.R.: 37.77 ±11.99

**::: Layer No: 3 :::****Code:** Layer\_3    **Start depth:** 2.10 (m), **End depth:** 4.36 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.14 ±0.39 MPa

Sleeve friction: 36.24 ±26.80 kPa

SBT<sub>n</sub>: 4

SBTn description: Clay &amp; silty clay

**Estimation results**

Permeability: 3.58E-08 ±2.51E-08 m/s

N60: 5.11 ±1.45 blows

Es: 46.25 ±0.57 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.96 ±0.68 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 15.08 ±5.57 MPa

Go: 32.56 ±8.19 MPa

Su: 77.42 ±28.01 kPa

Su ratio: 1.42 ±0.69

O.C.R.: 6.54 ±3.20

**::: Layer No: 4 :::****Code:** Layer\_4    **Start depth:** 4.36 (m), **End depth:** 8.46 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.73 ±0.10 MPa

Sleeve friction: 18.47 ±4.94 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 4.77E-09 ±4.92E-09 m/s

N60: 3.89 ±0.52 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.18 ±0.32 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 5.04 ±1.69 MPa

Go: 27.14 ±3.12 MPa

Su: 43.94 ±6.61 kPa

Su ratio: 0.57 ±0.10

O.C.R.: 2.65 ±0.46

**::: Layer No: 5 :::****Code:** Layer\_5    **Start depth:** 8.46 (m), **End depth:** 9.08 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.94 ±0.06 MPa

Sleeve friction: 24.85 ±4.68 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 4.71E-09 ±1.85E-09 m/s

N60: 5.03 ±0.18 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.64 ±0.21 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 6.79 ±0.99 MPa

Go: 34.36 ±2.06 MPa

Su: 56.43 ±4.11 kPa

Su ratio: 0.61 ±0.04

O.C.R.: 2.82 ±0.20

**::: Layer No: 6 :::****Code:** Layer\_6 **Start depth:** 9.08 (m), **End depth:** 9.82 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.21 ±0.09 MPa

Sleeve friction: 56.95 ±6.57 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.94E-09 ±7.81E-10 m/s

N60: 6.84 ±0.37 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.70 ±0.16 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 11.40 ±2.06 MPa

Go: 49.28 ±2.75 MPa

Su: 74.91 ±6.42 kPa

Su ratio: 0.77 ±0.07

O.C.R.: 3.56 ±0.34

**::: Layer No: 7 :::****Code:** Layer\_7 **Start depth:** 9.82 (m), **End depth:** 11.02 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 0.85 ±0.08 MPa

Sleeve friction: 27.35 ±6.51 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.38E-09 ±2.97E-10 m/s

N60: 5.18 ±0.39 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.70 ±0.27 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 4.36 ±1.13 MPa

Go: 35.94 ±3.17 MPa

Su: 47.78 ±5.66 kPa

Su ratio: 0.46 ±0.06

O.C.R.: 2.12 ±0.28

**::: Layer No: 8 :::****Code:** Layer\_8 **Start depth:** 11.02 (m), **End depth:** 12.48 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.06 ±0.08 MPa

Sleeve friction: 39.09 ±4.81 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.75E-09 ±6.48E-10 m/s

N60: 6.27 ±0.48 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.22 ±0.16 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 6.49 ±1.18 MPa

Go: 44.45 ±2.60 MPa

Su: 61.12 ±5.92 kPa

Su ratio: 0.54 ±0.05

O.C.R.: 2.48 ±0.24

**::: Layer No: 9 :::****Code:** Layer\_9 **Start depth:** 12.48 (m), **End depth:** 13.06 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.26 ±0.08 MPa

Sleeve friction: 70.29 ±12.66 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.11E-09 ±9.90E-11 m/s

N60: 7.60 ±0.62 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.95 ±0.23 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 8.96 ±1.26 MPa

Go: 58.19 ±4.89 MPa

Su: 74.44 ±5.62 kPa

Su ratio: 0.61 ±0.04

O.C.R.: 2.82 ±0.18

**:: Layer No: 10 ::****Code:** Layer\_10 **Start depth:** 13.06 (m), **End depth:** 13.76 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.74 ±0.12 MPa

Sleeve friction: 95.18 ±8.76 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.78E-09 ±8.11E-10 m/s

N60: 9.72 ±0.61 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.43 ±0.11 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 17.97 ±2.84 MPa

Go: 71.70 ±3.19 MPa

Su: 107.63 ±8.72 kPa

Su ratio: 0.85 ±0.07

O.C.R.: 3.91 ±0.31

**:: Layer No: 11 ::****Code:** Layer\_11 **Start depth:** 13.76 (m), **End depth:** 14.78 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.95 ±0.10 MPa

Sleeve friction: 111.44 ±14.67 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.98E-09 ±8.51E-10 m/s

N60: 10.90 ±0.60 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.66 ±0.16 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 21.58 ±2.70 MPa

Go: 79.81 ±3.98 MPa

Su: 121.54 ±7.41 kPa

Su ratio: 0.90 ±0.06

O.C.R.: 4.17 ±0.28

**:: Layer No: 12 ::****Code:** Layer\_12 **Start depth:** 14.78 (m), **End depth:** 15.46 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.58 ±0.14 MPa

Sleeve friction: 84.65 ±8.00 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.51E-09 ±5.23E-10 m/s

N60: 9.51 ±0.61 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.26 ±0.14 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 12.37 ±2.50 MPa

Go: 70.02 ±3.90 MPa

Su: 94.23 ±9.93 kPa

Su ratio: 0.66 ±0.07

O.C.R.: 3.06 ±0.31

**:: Layer No: 13 ::****Code:** Layer\_13 **Start depth:** 15.46 (m), **End depth:** 16.82 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.65 ±0.22 MPa

Sleeve friction: 73.31 ±22.74 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.46E-09 ±2.77E-09 m/s

N60: 9.46 ±1.13 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.04 ±0.49 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 12.81 ±3.92 MPa

Go: 68.28 ±9.41 MPa

Su: 97.84 ±15.82 kPa

Su ratio: 0.65 ±0.11

O.C.R.: 3.01 ±0.50

**::: Layer No: 14 :::****Code:** Layer\_14 **Start depth:** 16.82 (m), **End depth:** 17.58 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.65 ±0.93 MPa

Sleeve friction: 49.74 ±13.28 kPa

SBT<sub>n</sub>: 4SBT<sub>n</sub> description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 7.66E-08 ±1.04E-07 m/s

N60: 11.69 ±2.54 blows

Es: 61.58 ±2.79 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.80 ±0.37 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 29.93 ±16.02 MPa

Go: 69.03 ±9.63 MPa

Su: 145.73 ±50.18 kPa

Su ratio: 0.93 ±0.33

O.C.R.: 4.28 ±1.53

**::: Layer No: 15 :::****Code:** Layer\_15 **Start depth:** 17.58 (m), **End depth:** 18.72 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.24 ±0.15 MPa

Sleeve friction: 25.28 ±6.05 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3SBT<sub>n</sub> description: Clay**Estimation results**

Permeability: 1.97E-09 ±8.68E-10 m/s

N60: 7.17 ±0.70 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 16.75 ±0.30 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 5.26 ±1.59 MPa

Go: 46.97 ±4.70 MPa

Su: 66.00 ±10.39 kPa

Su ratio: 0.40 ±0.06

O.C.R.: 1.83 ±0.28

**::: Layer No: 16 :::****Code:** Layer\_16 **Start depth:** 18.72 (m), **End depth:** 19.88 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.66 ±0.31 MPa

Sleeve friction: 56.50 ±18.61 kPa

SBT<sub>n</sub>: 3SBT<sub>n</sub> description: Clay**Estimation results**

Permeability: 2.15E-09 ±1.22E-09 m/s

N60: 9.59 ±1.41 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 17.76 ±0.41 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 10.50 ±5.36 MPa

Go: 66.51 ±10.20 MPa

Su: 94.43 ±21.97 kPa

Su ratio: 0.54 ±0.12

O.C.R.: 2.50 ±0.55

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub>	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.42	0.64	9.05E-08	6.4	44.1	0.0	0.0	21.7	39.0	111.0	6.3	29.3	18.7
1.06		(±4.32E-08)	(±2.0)	(±2.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±7.3)	(±10.8)	(±37.2)	(±0.5)	(±2.4)	(±0.5)
1.06	1.04	3.83E-07	15.0	65.3	0.0	0.0	58.1	81.9	296.6	8.2	37.8	19.8
2.10		(±2.71E-07)	(±2.6)	(±9.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±12.7)	(±12.1)	(±64.8)	(±2.6)	(±12.0)	(±0.4)
2.10	2.26	3.58E-08	5.1	46.2	0.0	0.0	15.1	32.6	77.4	1.4	6.5	17.0
4.36		(±2.51E-08)	(±1.4)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.6)	(±8.2)	(±28.0)	(±0.7)	(±3.2)	(±0.7)
4.36	4.10	4.77E-09	3.9	0.0	0.0	0.0	5.0	27.1	43.9	0.6	2.7	16.2
8.46		(±4.92E-09)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.7)	(±3.1)	(±6.6)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.3)
8.46	0.62	4.71E-09	5.0	0.0	0.0	0.0	6.8	34.4	56.4	0.6	2.8	16.6
9.08		(±1.85E-09)	(±0.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.0)	(±2.1)	(±4.1)	(±0.0)	(±0.2)	(±0.2)
9.08	0.74	2.94E-09	6.8	0.0	0.0	0.0	11.4	49.3	74.9	0.8	3.6	17.7
9.82		(±7.81E-10)	(±0.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.1)	(±2.8)	(±6.4)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.2)
9.82	1.20	1.38E-09	5.2	0.0	0.0	0.0	4.4	35.9	47.8	0.5	2.1	16.7
11.02		(±2.97E-10)	(±0.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.1)	(±3.2)	(±5.7)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.3)
11.02	1.46	1.75E-09	6.3	0.0	0.0	0.0	6.5	44.5	61.1	0.5	2.5	17.2
12.48		(±6.48E-10)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.2)	(±2.6)	(±5.9)	(±0.1)	(±0.2)	(±0.2)
12.48	0.58	1.11E-09	7.6	0.0	0.0	0.0	9.0	58.2	74.4	0.6	2.8	17.9
13.06		(±9.90E-11)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.3)	(±4.9)	(±5.6)	(±0.0)	(±0.2)	(±0.2)
13.06	0.70	2.78E-09	9.7	0.0	0.0	0.0	18.0	71.7	107.6	0.8	3.9	18.4
13.76		(±8.11E-10)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.8)	(±3.2)	(±8.7)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.1)
13.76	1.02	2.98E-09	10.9	0.0	0.0	0.0	21.6	79.8	121.5	0.9	4.2	18.7
14.78		(±8.51E-10)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.7)	(±4.0)	(±7.4)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.2)

**Summary table of mean values**

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub>	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
14.78	0.68	1.51E-09	9.5	0.0	0.0	0.0	12.4	70.0	94.2	0.7	3.1	18.3
15.46		(±5.23E-10)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.5)	(±3.9)	(±9.9)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.1)
15.46	1.36	2.46E-09	9.5	0.0	0.0	0.0	12.8	68.3	97.8	0.7	3.0	18.0
16.82		(±2.77E-09)	(±1.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.9)	(±9.4)	(±15.8)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.5)
16.82	0.76	7.66E-08	11.7	61.6	0.0	0.0	29.9	69.0	145.7	0.9	4.3	17.8
17.58		(±1.04E-07)	(±2.5)	(±2.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±16.0)	(±9.6)	(±50.2)	(±0.3)	(±1.5)	(±0.4)
17.58	1.14	1.97E-09	7.2	0.0	0.0	0.0	5.3	47.0	66.0	0.4	1.8	16.8
18.72		(±8.68E-10)	(±0.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.6)	(±4.7)	(±10.4)	(±0.1)	(±0.3)	(±0.3)
18.72	1.16	2.15E-09	9.6	0.0	0.0	0.0	10.5	66.5	94.4	0.5	2.5	17.8
19.88		(±1.22E-09)	(±1.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.4)	(±10.2)	(±22.0)	(±0.1)	(±0.6)	(±0.4)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**SP100 - GeoDeepDrill**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta  $S$  (Kg), corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$**

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = $q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470$ kPa	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470$ kPa < $F \leq 2940$ kPa	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940$ kPa < $F \leq 5880$ kPa	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880$ kPa	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \% :$**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

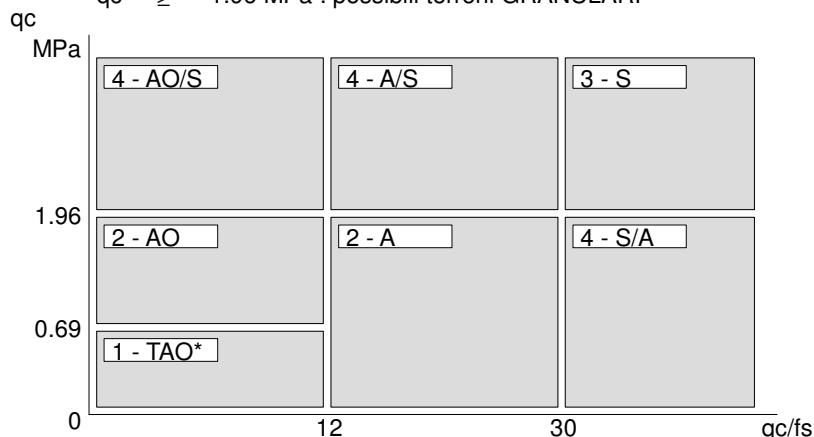


## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$  (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 1.96 \text{ MPa}$  : possibili terreni COESIVI  
 $qc \geq 1.96 \text{ MPa}$  : possibili terreni GRANULARI

anche se ( $qc / fs$ ) > 30  
 anche se ( $qc / fs$ ) < 30



### NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  - qc - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $l_p$   $l_p$ = ind.plast. ]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  - qc - natura ]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 ) ]
- $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  -  $D_r$  - qc -  $\sigma'_{vo}$  )  
 $\emptyset'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\emptyset'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\emptyset'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\emptyset'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\emptyset'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\emptyset'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- $V_s$  = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT****2**

Riferimento

**027-2019**

Committente **Studio tecnico**  
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**  
 Località **Nonantola**

U.M.: **MPa** Data esec. **06/02/2019**  
 Pagina **1**  
 Elaborato Falda **-3.20 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.0	0.0		0.00	47.00	0		15.20	22.0	45.0		2.16	180.00	12	8.2
0.40	6.0	13.0		0.59	53.00	11	8.8	15.40	27.0	54.0		2.65	160.00	17	5.9
0.60	7.0	15.0		0.69	113.00	6	16.1	15.60	25.0	49.0		2.45	147.00	17	5.9
0.80	17.0	34.0		1.67	153.00	11	9.0	15.80	23.0	45.0		2.25	167.00	14	7.3
<b>1.00</b>	<b>23.0</b>	<b>46.0</b>		<b>2.25</b>	<b>213.00</b>	<b>11</b>	<b>9.3</b>	<b>16.00</b>	<b>26.0</b>	<b>51.0</b>		<b>2.55</b>	<b>173.00</b>	<b>15</b>	<b>6.7</b>
1.20	47.0	79.0		4.61	207.00	23	4.4	16.20	28.0	54.0		2.74	160.00	18	5.7
1.40	61.0	92.0		5.98	260.00	23	4.3	16.40	25.0	49.0		2.45	147.00	17	5.9
1.60	41.0	80.0		4.02	227.00	18	5.5	16.60	24.0	46.0		2.35	180.00	13	7.5
1.80	38.0	72.0		3.72	167.00	23	4.4	16.80	28.0	55.0		2.74	147.00	19	5.3
<b>2.00</b>	<b>27.0</b>	<b>52.0</b>		<b>2.65</b>	<b>133.00</b>	<b>20</b>	<b>4.9</b>	<b>17.00</b>	<b>24.0</b>	<b>46.0</b>		<b>2.35</b>	<b>113.00</b>	<b>21</b>	<b>4.7</b>
2.20	19.0	39.0		1.86	120.00	16	6.3	17.20	19.0	36.0		1.86	107.00	18	5.6
2.40	16.0	34.0		1.57	100.00	16	6.3	17.40	18.0	34.0		1.76	100.00	18	5.6
2.60	14.0	29.0		1.37	67.00	21	4.8	17.60	17.0	32.0		1.67	120.00	14	7.1
2.80	9.0	19.0		0.88	53.00	17	5.9	17.80	21.0	39.0		2.06	100.00	21	4.8
<b>3.00</b>	<b>8.0</b>	<b>16.0</b>		<b>0.78</b>	<b>53.00</b>	<b>15</b>	<b>6.6</b>	<b>18.00</b>	<b>18.0</b>	<b>33.0</b>		<b>1.76</b>	<b>107.00</b>	<b>17</b>	<b>5.9</b>
3.20	8.0	16.0		0.78	60.00	13	7.5	18.20	18.0	34.0		1.76	100.00	18	5.6
3.40	8.0	17.0		0.78	73.00	11	9.1	18.40	18.0	33.0		1.76	113.00	16	6.3
3.60	9.0	20.0		0.88	73.00	12	8.1	18.60	19.0	36.0		1.86	80.00	24	4.2
3.80	11.0	22.0		1.08	53.00	21	4.8	18.80	14.0	26.0		1.37	93.00	15	6.6
<b>4.00</b>	<b>8.0</b>	<b>16.0</b>		<b>0.78</b>	<b>40.00</b>	<b>20</b>	<b>5.0</b>	<b>19.00</b>	<b>15.0</b>	<b>29.0</b>		<b>1.47</b>	<b>107.00</b>	<b>14</b>	<b>7.1</b>
4.20	7.0	13.0		0.69	27.00	26	3.9	19.20	17.0	33.0		1.67	87.00	20	5.1
4.40	5.0	9.0		0.49	27.00	19	5.4	19.40	14.0	27.0		1.37	107.00	13	7.6
4.60	5.0	9.0		0.49	27.00	19	5.4	19.60	15.0	31.0		1.47	100.00	15	6.7
4.80	5.0	9.0		0.49	27.00	19	5.4	19.80	14.0	29.0		1.37	140.00	10	10.0
<b>5.00</b>	<b>4.0</b>	<b>8.0</b>		<b>0.39</b>	<b>53.00</b>	<b>8</b>	<b>13.3</b>	<b>20.00</b>	<b>19.0</b>	<b>40.0</b>		<b>1.86</b>			
5.20	7.0	15.0		0.69	33.00	21	4.7								
5.40	5.0	10.0		0.49	60.00	8	12.0								
5.60	7.0	16.0		0.69	53.00	13	7.6								
5.80	7.0	15.0		0.69	47.00	15	6.7								
<b>6.00</b>	<b>5.0</b>	<b>12.0</b>		<b>0.49</b>	<b>40.00</b>	<b>13</b>	<b>8.0</b>								
6.20	5.0	11.0		0.49	47.00	11	9.4								
6.40	7.0	14.0		0.69	40.00	18	5.7								
6.60	6.0	12.0		0.59	40.00	15	6.7								
6.80	5.0	11.0		0.49	40.00	13	8.0								
<b>7.00</b>	<b>5.0</b>	<b>11.0</b>		<b>0.49</b>	<b>33.00</b>	<b>15</b>	<b>6.6</b>								
7.20	5.0	10.0		0.49	47.00	11	9.4								
7.40	7.0	14.0		0.69	60.00	12	8.6								
7.60	9.0	18.0		0.88	47.00	19	5.2								
7.80	8.0	15.0		0.78	60.00	13	7.5								
<b>8.00</b>	<b>10.0</b>	<b>19.0</b>		<b>0.98</b>	<b>47.00</b>	<b>21</b>	<b>4.7</b>								
8.20	9.0	16.0		0.88	47.00	19	5.2								
8.40	7.0	14.0		0.69	60.00	12	8.6								
8.60	8.0	17.0		0.78	60.00	13	7.5								
8.80	9.0	18.0		0.88	67.00	13	7.4								
<b>9.00</b>	<b>9.0</b>	<b>19.0</b>		<b>0.88</b>	<b>93.00</b>	<b>10</b>	<b>10.3</b>								
9.20	15.0	29.0		1.47	100.00	15	6.7								
9.40	17.0	32.0		1.67	113.00	15	6.6								
9.60	21.0	38.0		2.06	120.00	18	5.7								
9.80	19.0	37.0		1.86	113.00	17	5.9								
<b>10.00</b>	<b>19.0</b>	<b>36.0</b>		<b>1.86</b>	<b>113.00</b>	<b>17</b>	<b>5.9</b>								
10.20	19.0	36.0		1.86	67.00	28	3.5								
10.40	11.0	21.0		1.08	60.00	18	5.5								
10.60	9.0	18.0		0.88	53.00	17	5.9								
10.80	8.0	16.0		0.78	53.00	15	6.6								
<b>11.00</b>	<b>8.0</b>	<b>16.0</b>		<b>0.78</b>	<b>60.00</b>	<b>13</b>	<b>7.5</b>								
11.20	8.0	17.0		0.78	53.00	15	6.6								
11.40	8.0	16.0		0.78	67.00	12	8.4								
11.60	10.0	20.0		0.98	73.00	14	7.3								
11.80	11.0	22.0		1.08	93.00	12	8.5								
<b>12.00</b>	<b>13.0</b>	<b>27.0</b>		<b>1.27</b>	<b>87.00</b>	<b>15</b>	<b>6.7</b>								
12.20	13.0	26.0		1.27	80.00	16	6.2								
12.40	13.0	25.0		1.27	93.00	14	7.2								
12.60	16.0	30.0		1.57	107.00	15	6.7								
12.80	17.0	33.0		1.67	113.00	15	6.6								
<b>13.00</b>	<b>19.0</b>	<b>36.0</b>		<b>1.86</b>	<b>147.00</b>	<b>13</b>	<b>7.7</b>								
13.20	25.0	47.0		2.45	187.00	13	7.5								
13.40	31.0	59.0		3.04	207.00	15	6.7								
13.60	34.0	65.0		3.33	187.00	18	5.5								
13.80	30.0	58.0		2.94	207.00	14	6.9								
<b>14.00</b>	<b>32.0</b>	<b>63.0</b>		<b>3.14</b>	<b>193.00</b>	<b>17</b>	<b>6.0</b>								
14.20	31.0	60.0		3.04	180.00	17	5.8								
14.40	29.0	56.0		2.84	207.00	14	7.1								
14.60	32.0	63.0		3.14	160.00	20	5.0								
14.80	25.0	49.0		2.45	173.00	14	6.9								
<b>15.00</b>	<b>26.0</b>	<b>52.0</b>		<b>2.55</b>	<b>153.00</b>	<b>17</b>	<b>5.9</b>								

H = profondità  
 L1 = prima lettura (punta)  
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
 Lt = terza lettura (totale)  
 CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta  
 fs = resistenza laterale  
 0.20 m sopra quota qc  
 F = rapporto Begemann (qc / fs)  
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

**CPT**

**2**

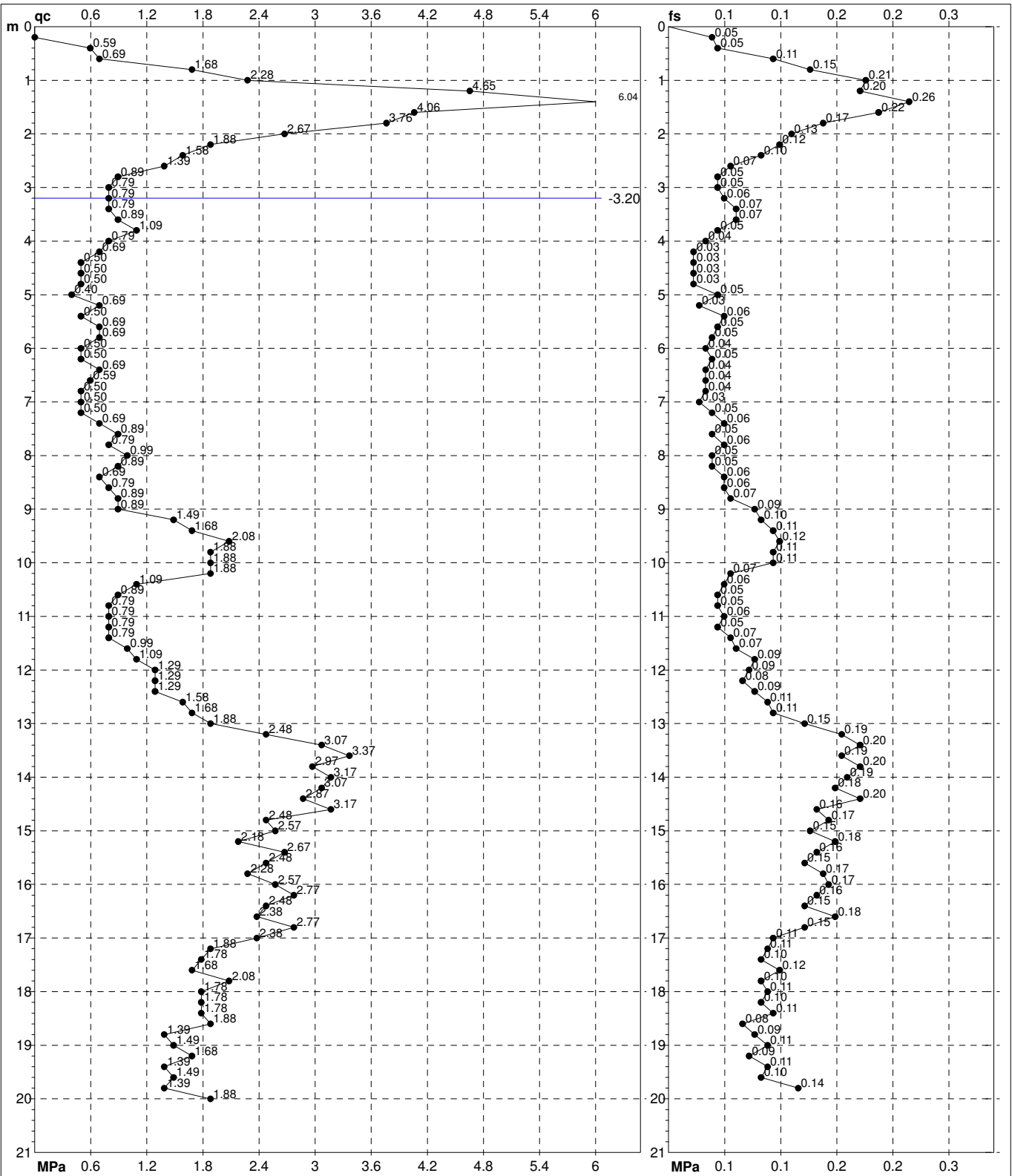
Riferimento

**027-2019**

Committente **Studio tecnico**  
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**  
 Località **Nonantola**

U.M.: **MPa**  
 Scala: 1:105  
 Pagina 1  
 Elaborato

Data esec. 06/02/2019  
 Quota inizio:  
 Falda -3.20 m da p.c.



Penetrometro: SP100  
 Responsabile:  
 Assistente:

preforo m  
 Corr.astine: kN/ml  
 Cod. tip:

FON111

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

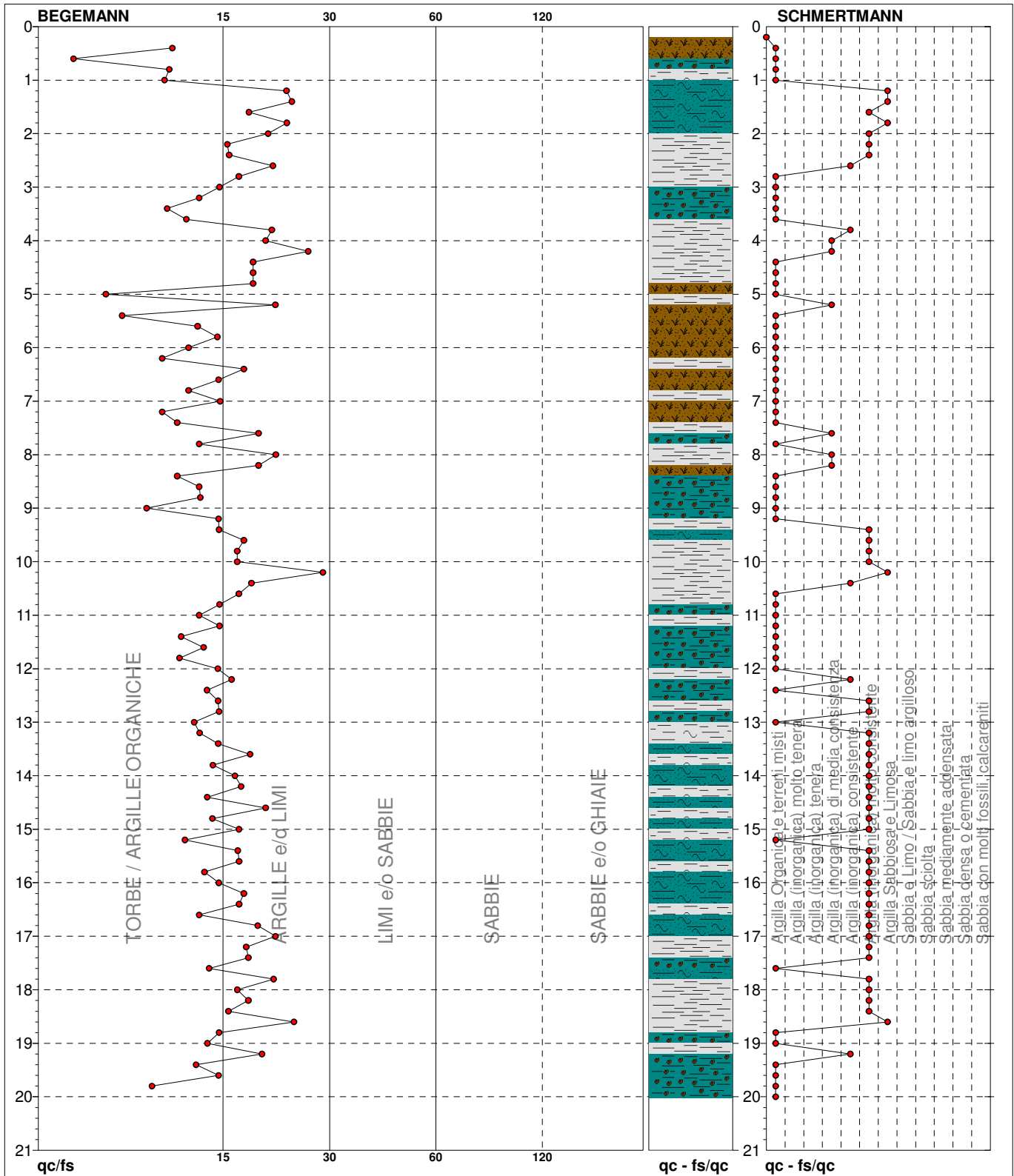
**2**

Riferimento

**027-2019**

Committente **Studio tecnico**  
 Cantiere **Studio del terreno di fondazione**  
 Località **Nonantola**

U.M.: **MPa**      Data esec. **06/02/2019**  
 Scala: **1:105**  
 Pagina **1**  
 Elaborato **Falda -3.20 m da p.c.**



TORBE / ARGILLE OR	45 punti, 45.00%	Argilla Organica e terreni misti	47 punti, 47.00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	5 punti, 5.00%
ARGILLE e/o LIMI	54 punti, 54.00%	Argilla (inorganica) di media consistenza	6 punti, 6.00%		
		Argilla (inorganica) consistente	5 punti, 5.00%		
		Argilla (inorganica) molto consistente	35 punti, 35.00%		

FON111





---

## **GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F. 02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

***Allegato n.2***

---

# **Indagini geofisiche**

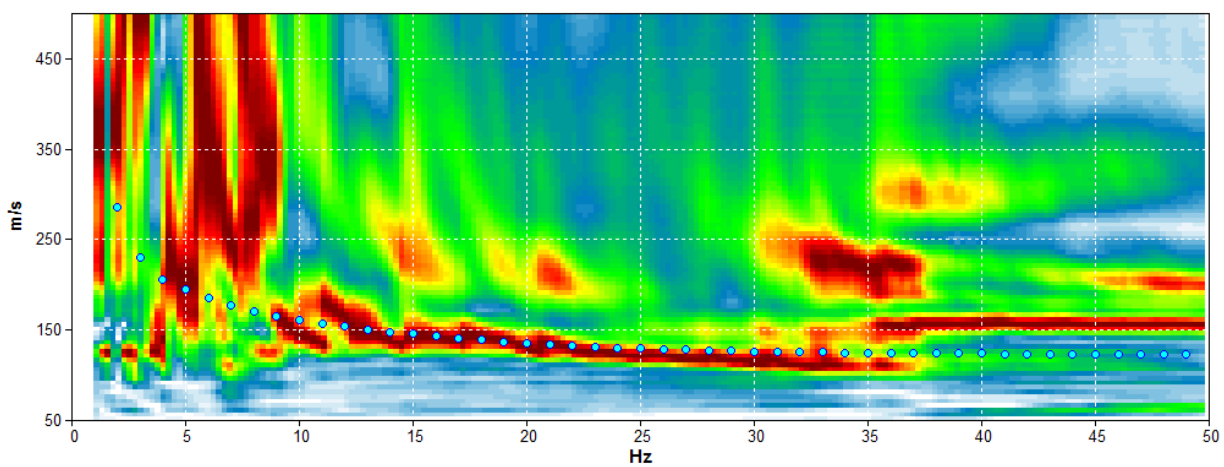
**NONANTOLA PUA, NONATOLA PUA 0003**

Start recording: 04/02/19 12:02:49      End recording: 04/02/19 12:22:49  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 93% trace (automatic window selection)  
Sampling rate: 128 Hz

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

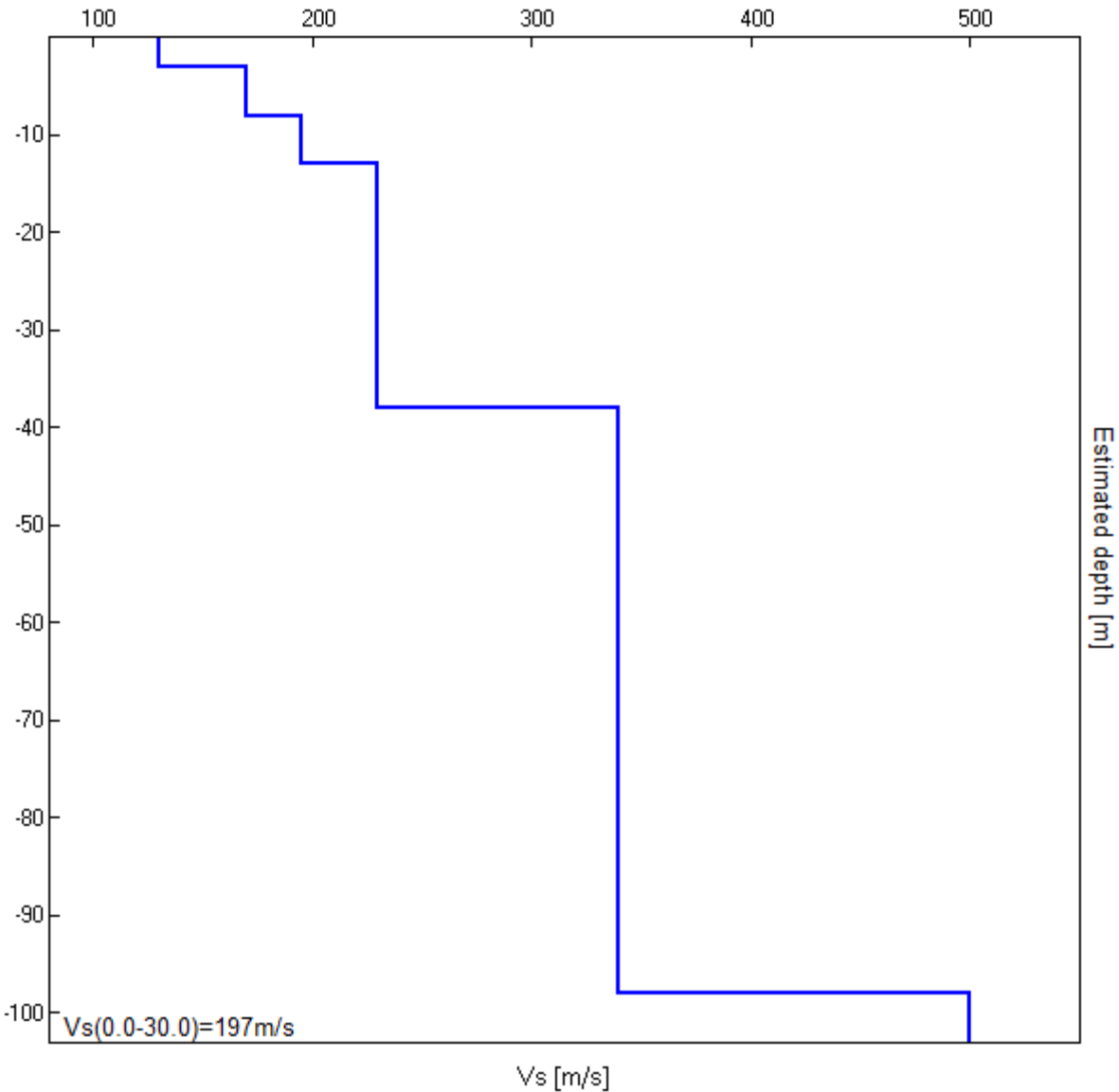
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0  
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

**MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE**



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	130	0.42
8.00	5.00	170	0.42
13.00	5.00	195	0.42
38.00	25.00	230	0.42
98.00	60.00	340	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=197m/s





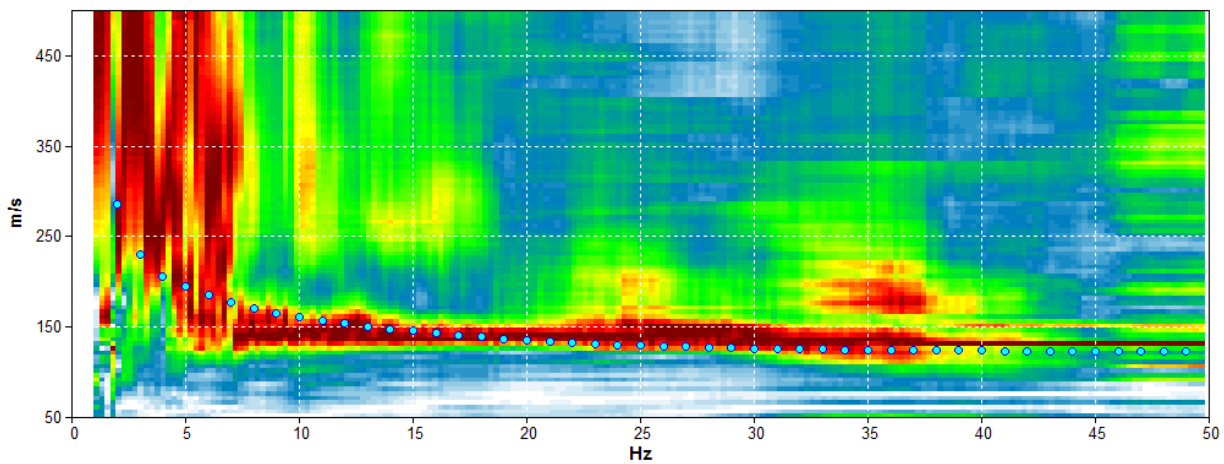
## NONANTOLA, 2 1

Start recording: 04/02/19 11:44:36      End recording: 04/02/19 11:45:06  
Trace length: 0h00'30".  
Sampling rate: 250 Hz

Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;  
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ; CH16  
; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23 ; CH24

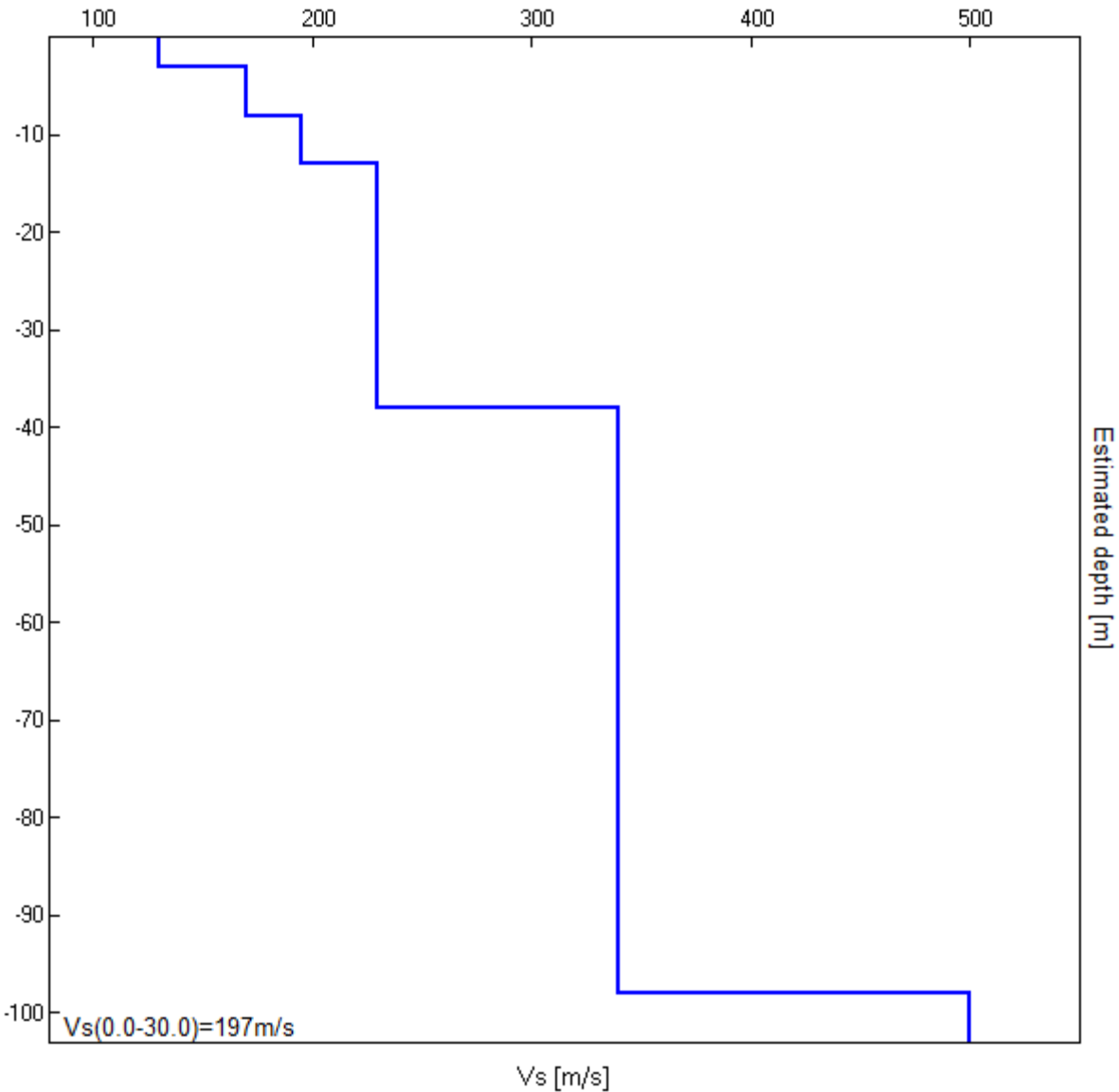
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0 36.0  
38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

### MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	130	0.42
8.00	5.00	170	0.42
13.00	5.00	195	0.42
38.00	25.00	230	0.42
98.00	60.00	340	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=197m/s

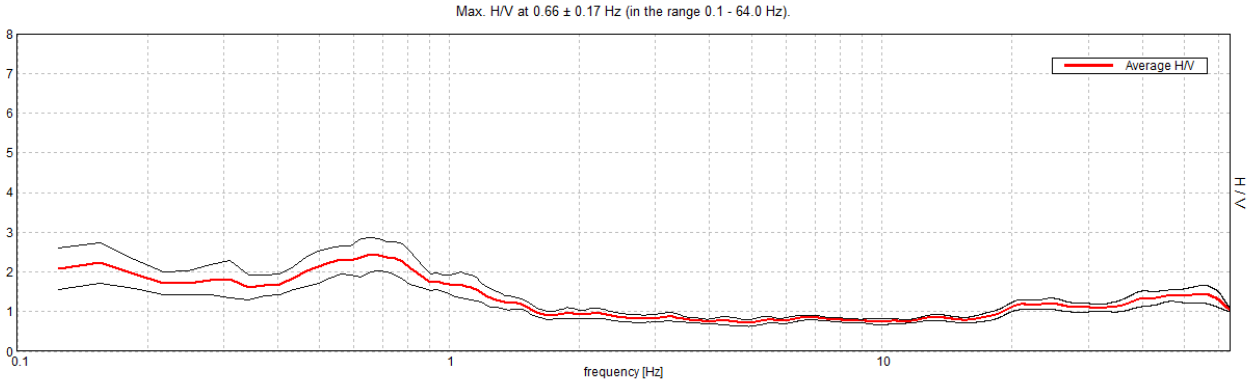


**NONANTOLA PUA, HVSR1**

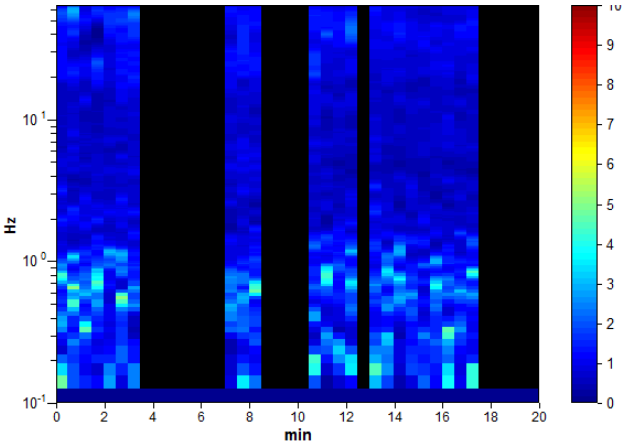
Instrument: TE3-0303/01-17  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: 51  
Start recording: 04/02/19 11:41:10      End recording: 04/02/19 12:01:10  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 58% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 30 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

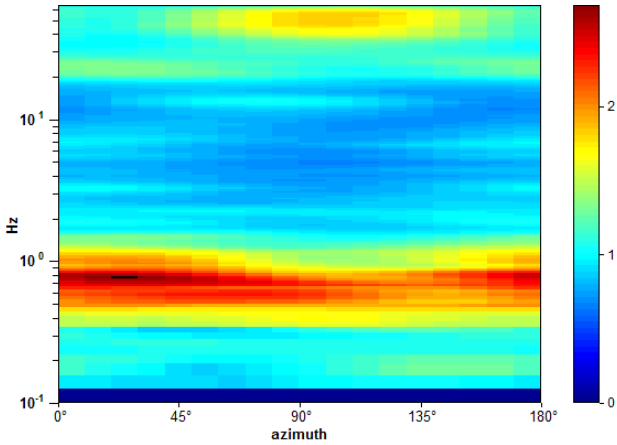
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



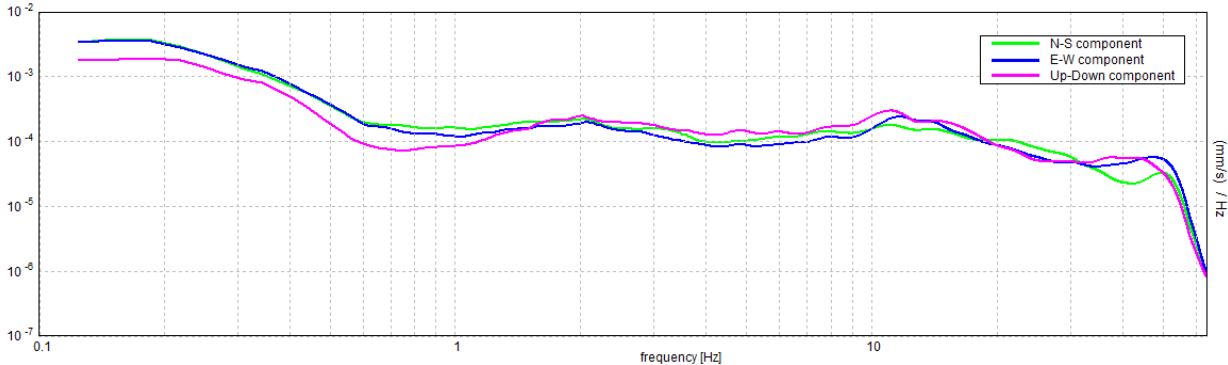
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.66 \pm 0.17$  Hz (in the range 0.1 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.66 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$452.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 32 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.44 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.26044  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.17092 < 0.09844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4379 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

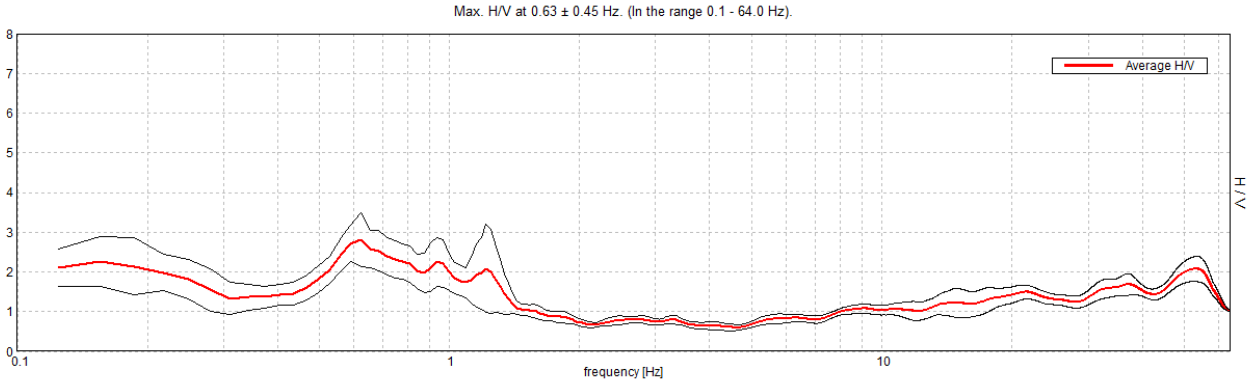
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**NONANTOLA PUA, HVSR2**

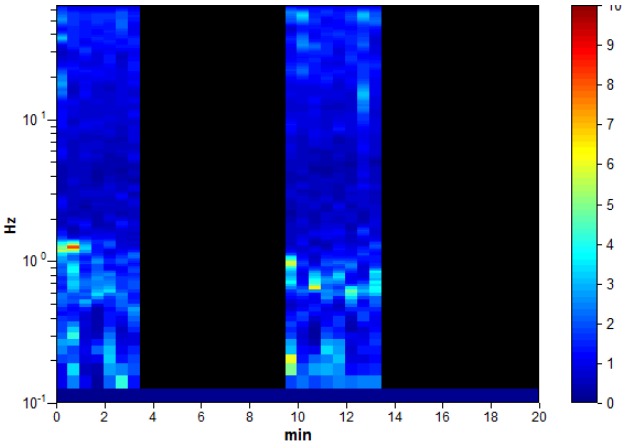
Instrument: TE3-0303/01-17  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: 51  
Start recording: 04/02/19 12:02:49      End recording: 04/02/19 12:22:49  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 38% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 30 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

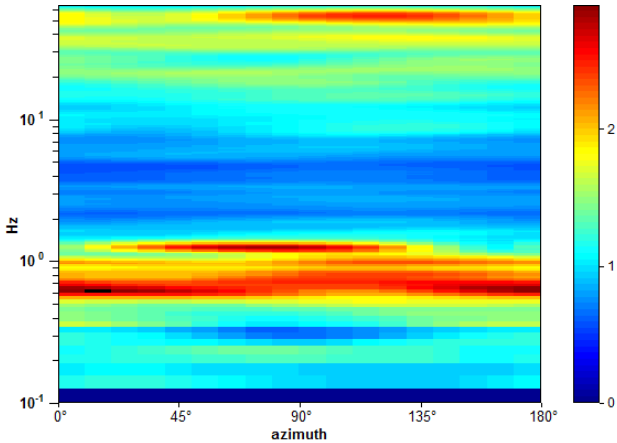
**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



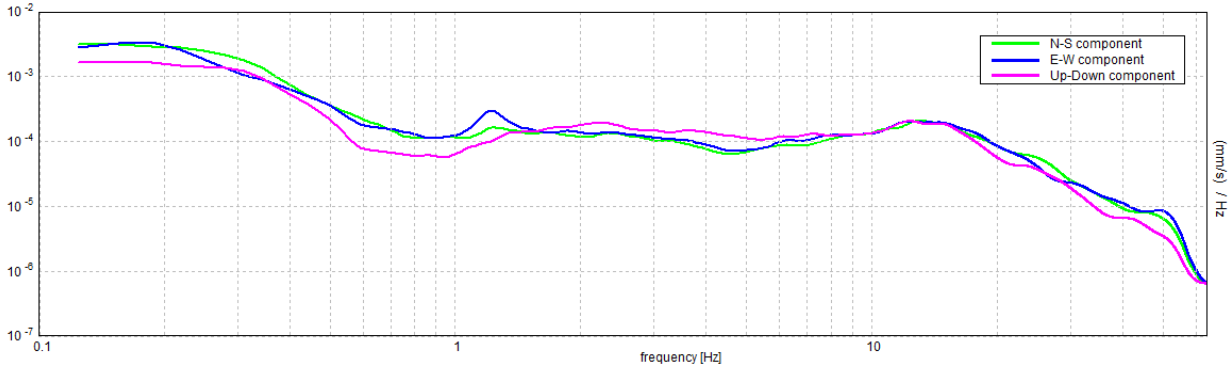
**H/V TIME HISTORY**



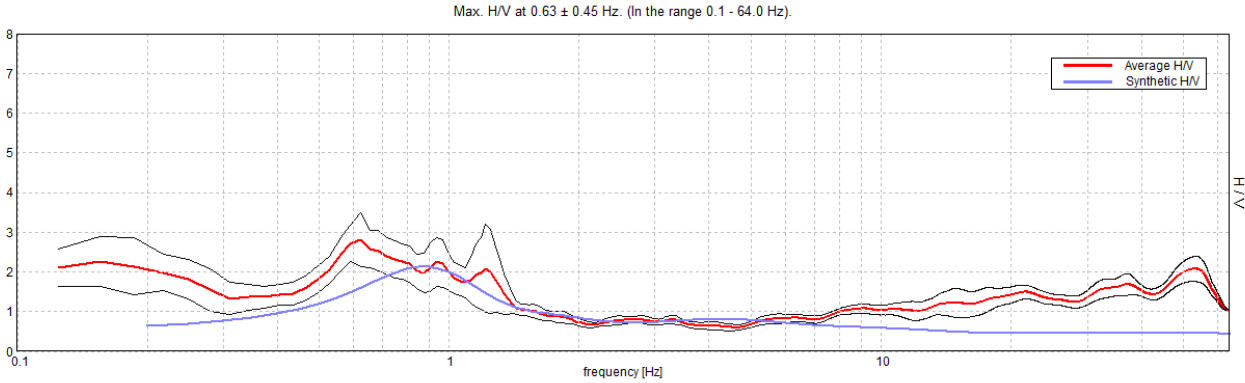
**DIRECTIONAL H/V**



SINGLE COMPONENT SPECTRA



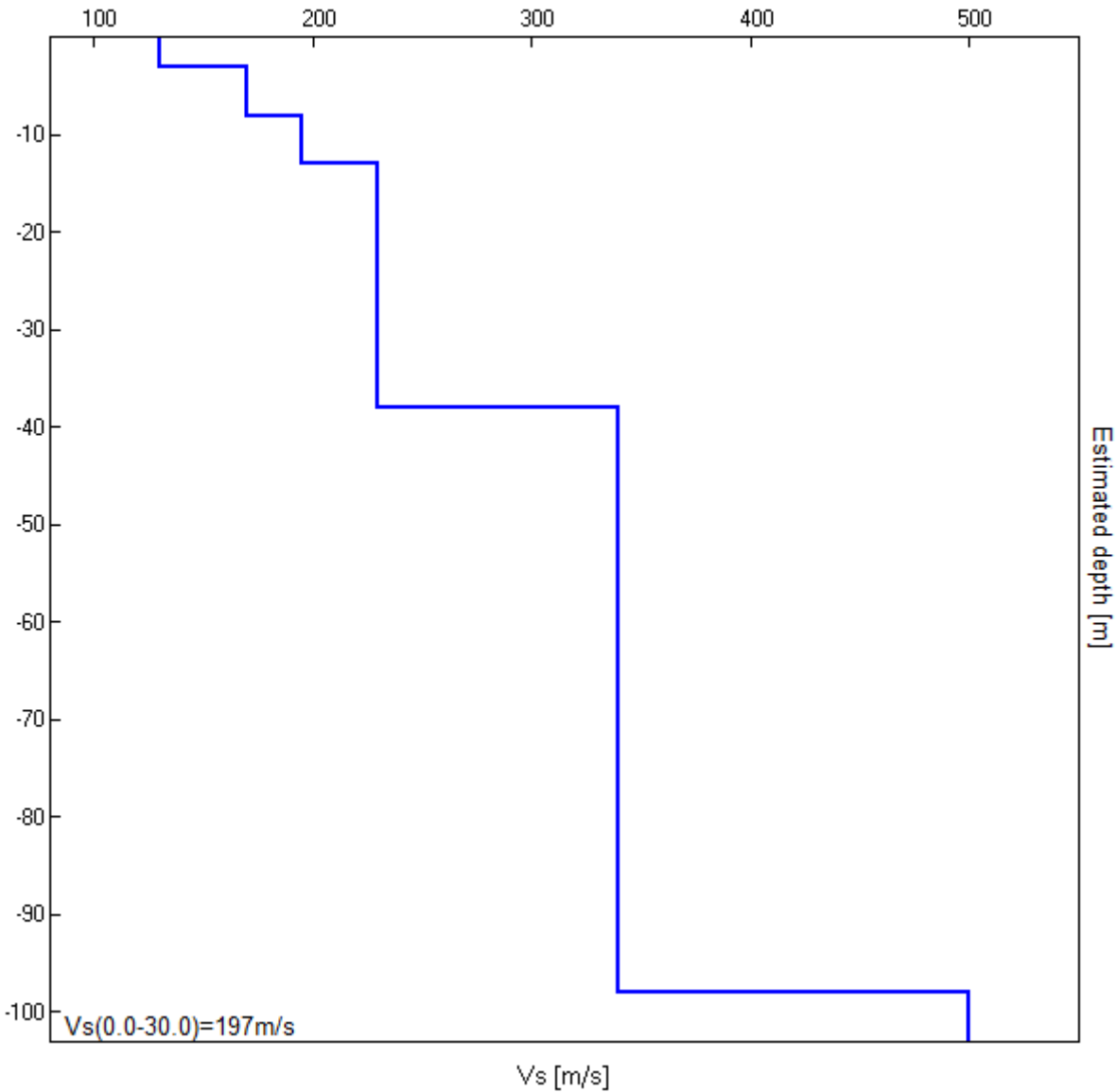
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	130	0.42
8.00	5.00	170	0.42
13.00	5.00	195	0.42
38.00	25.00	230	0.42
98.00	60.00	340	0.35
inf.	inf.	500	0.35

Vs(0.0-30.0)=197m/s





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the Grilla manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $0.63 \pm 0.45$  Hz (in the range 0.1 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.63 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$281.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 31 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.375 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.82 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.72767  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.45479 < 0.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.679 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



---

## **GEO GROUP S.R.L.**

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO) SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - FAX 059/5960176 p. Iva e C.F. 02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)  
Operatore APR certificato ENAC per operazioni non critiche – Rif. ENAC 18627

### ***Allegato n.3***

---

# **Verifica della suscettività del sito al fenomeno di liquefazione**

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

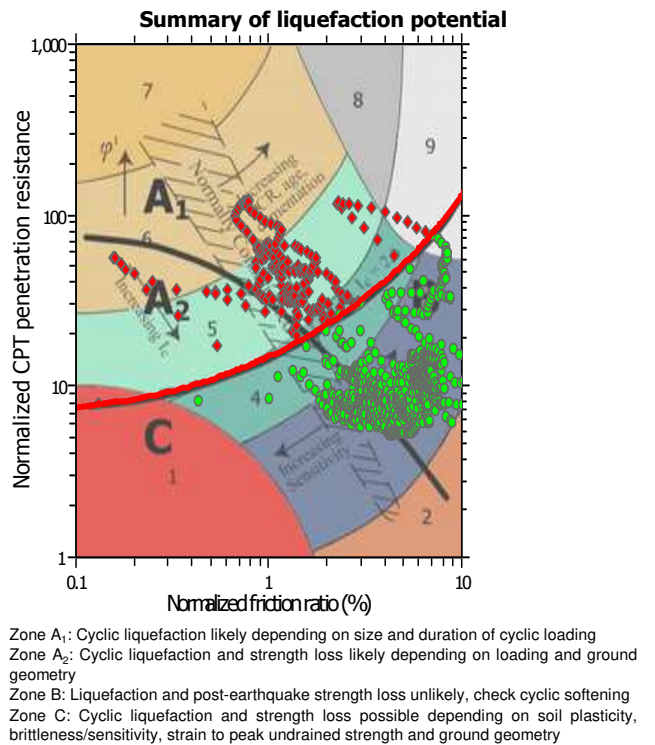
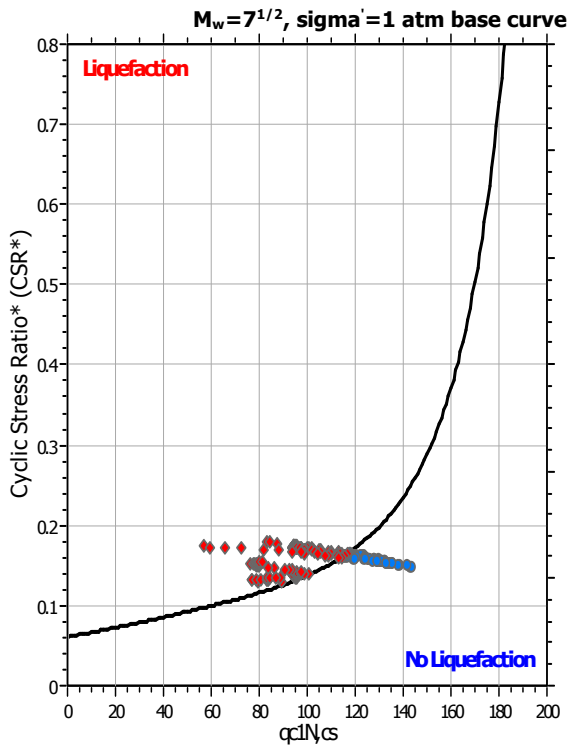
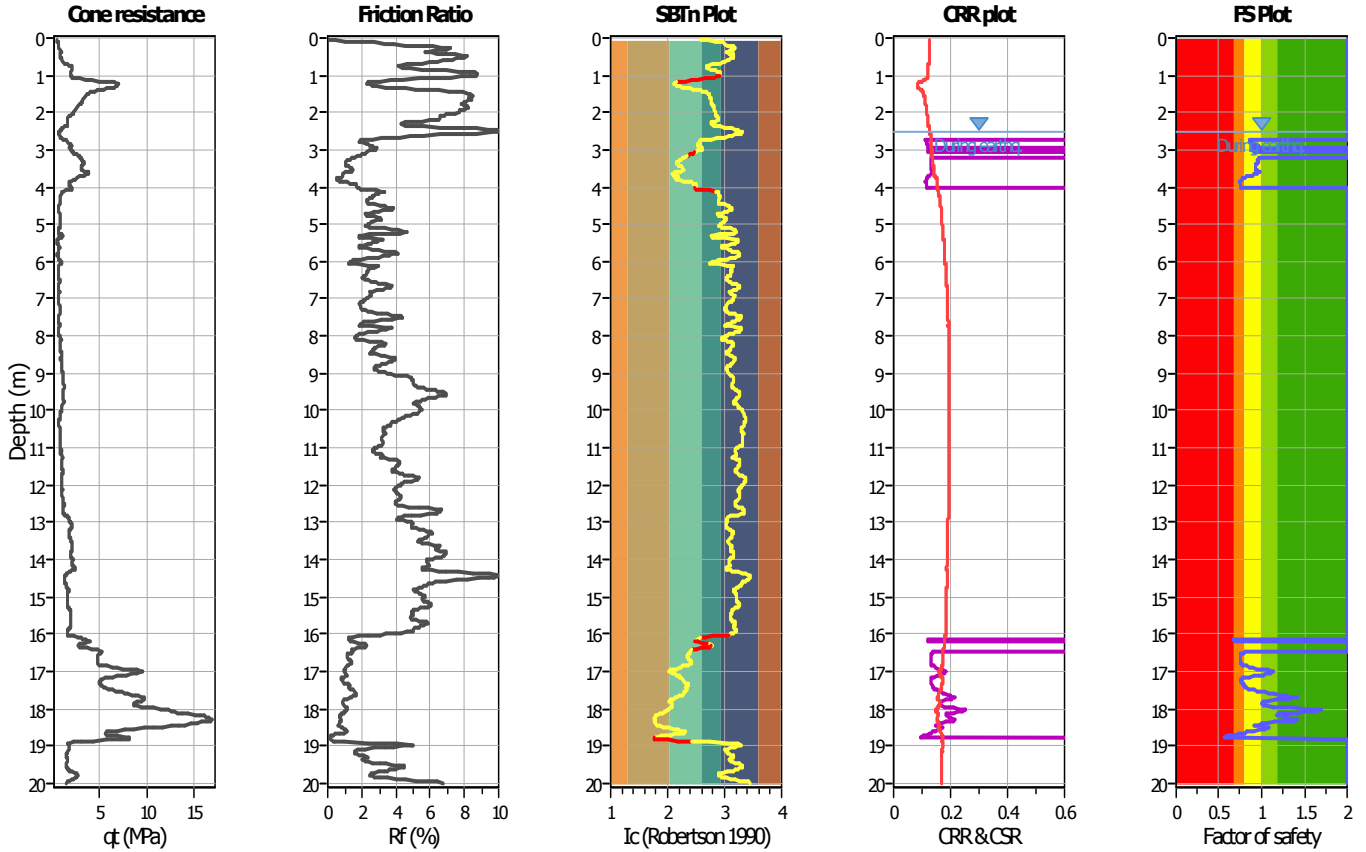
**Project title : Studio del terreno di fondazione**

**Location : Nonantola, Variante PUA**

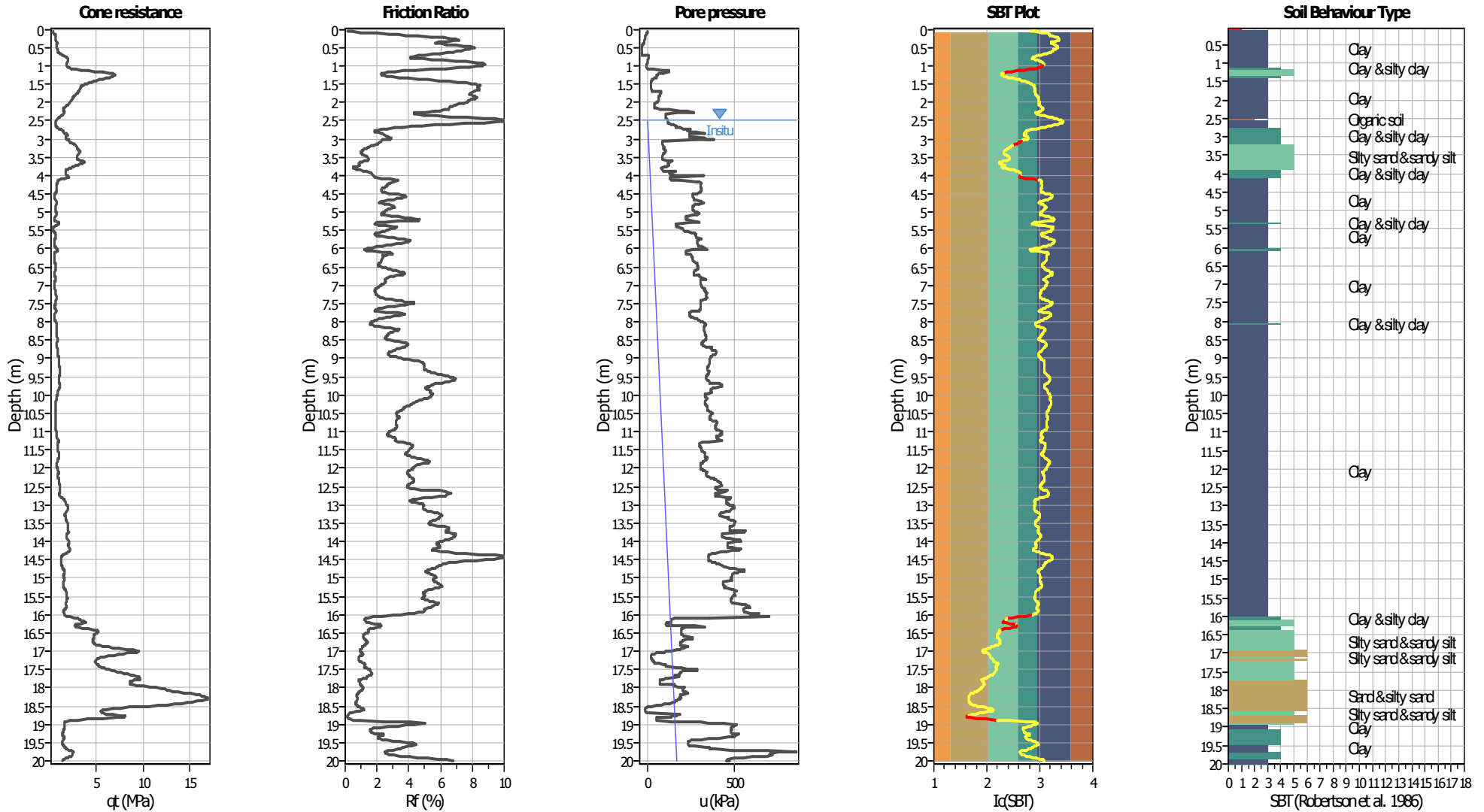
**CPT file : CPTU 1**

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.50 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	20.00 m
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	MSF method:	Method
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_G$ applied:	Yes		



### CPT basic interpretation plots



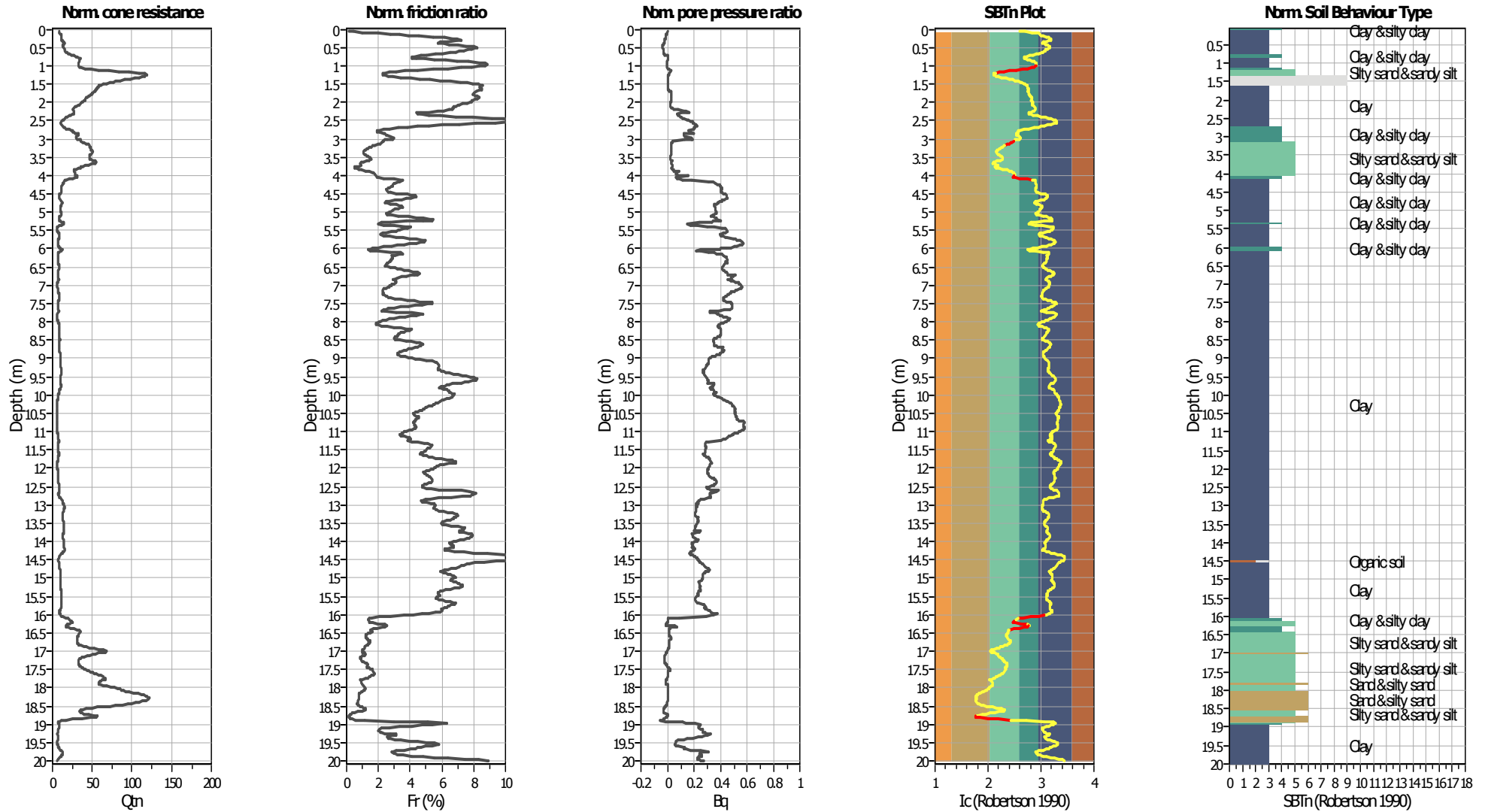
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on $I_c$ value	$I_c$ cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 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)



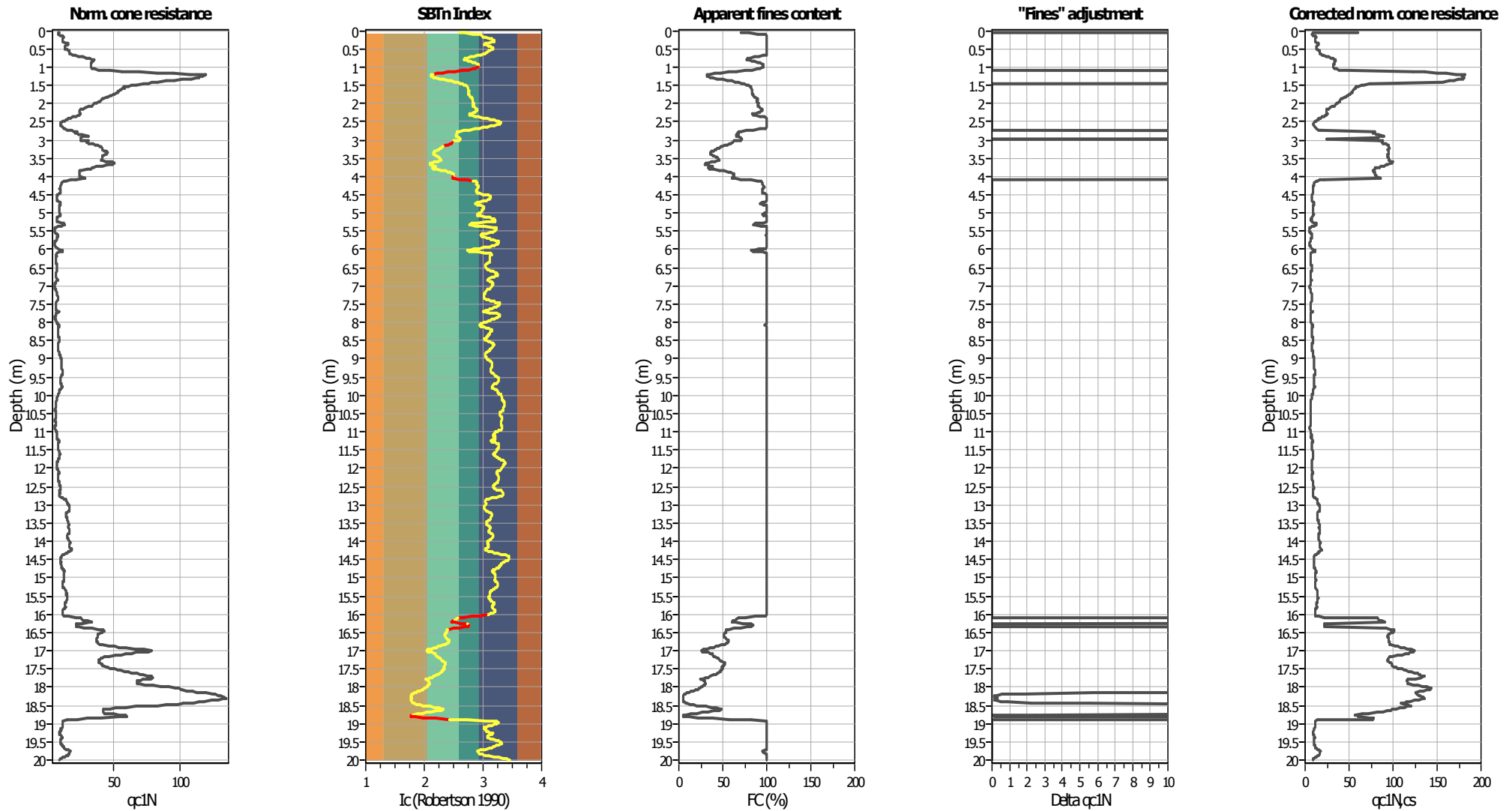
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>q</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

#### SBTn 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

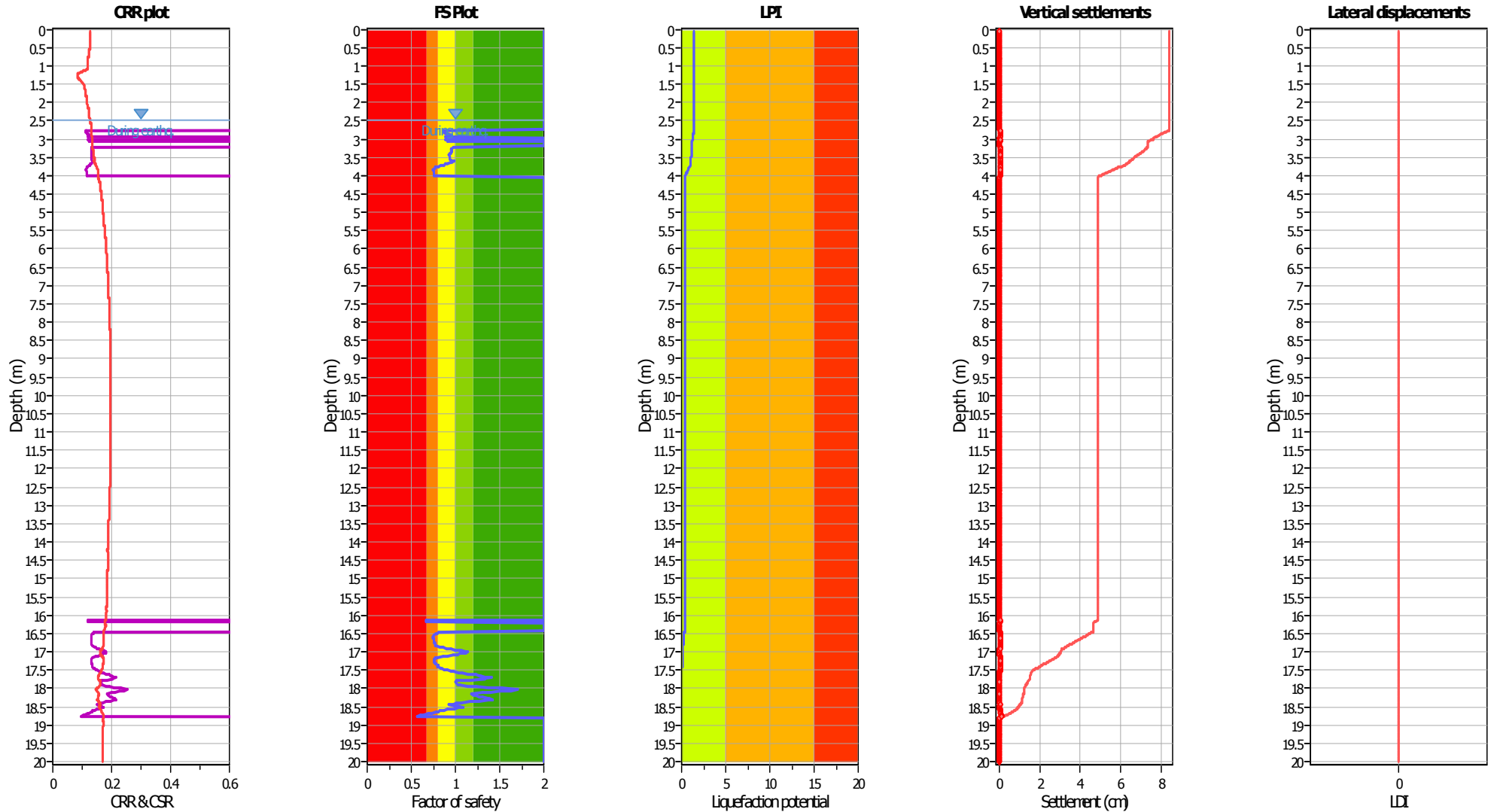
### Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on $I_c$ value	$I_c$ cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

### Liquefaction analysis overall plots



**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>q</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

**F.S. color scheme**

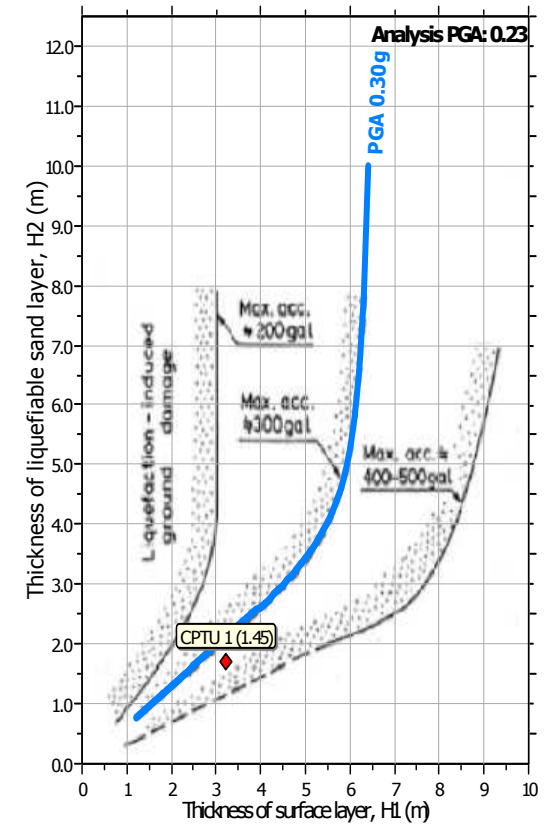
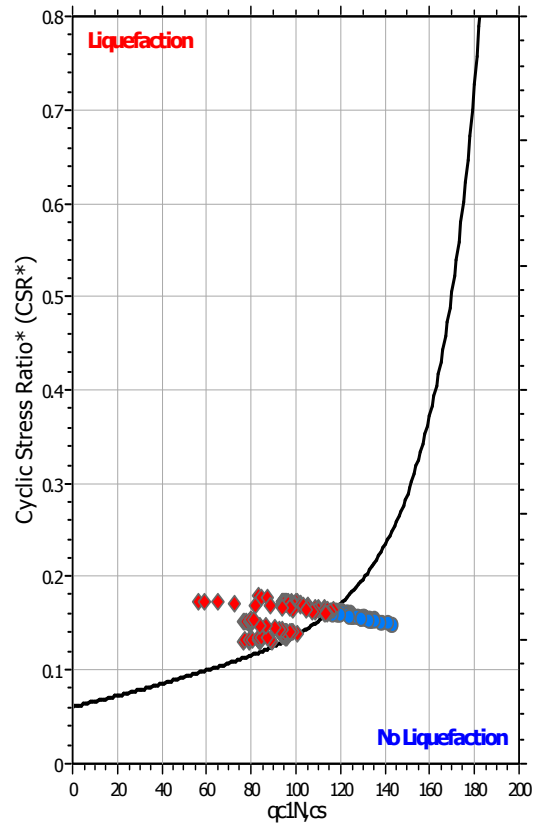
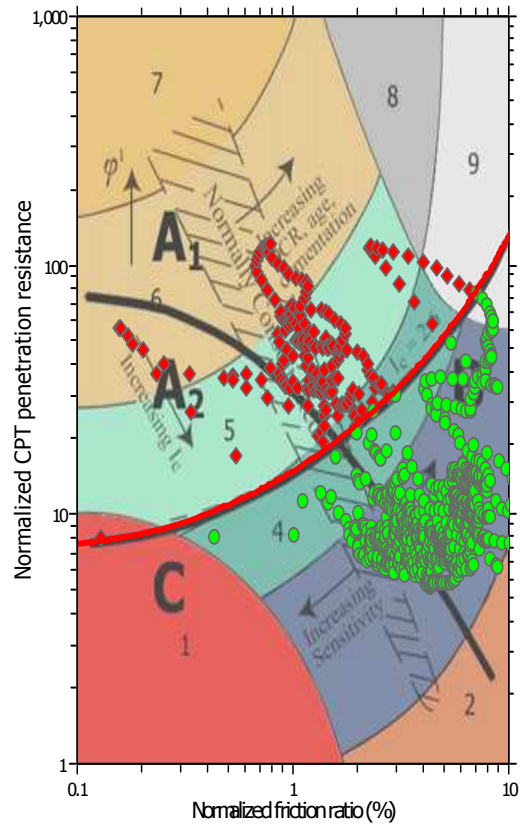
- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

**LPI color scheme**

- Very high risk
- High risk
- Low risk



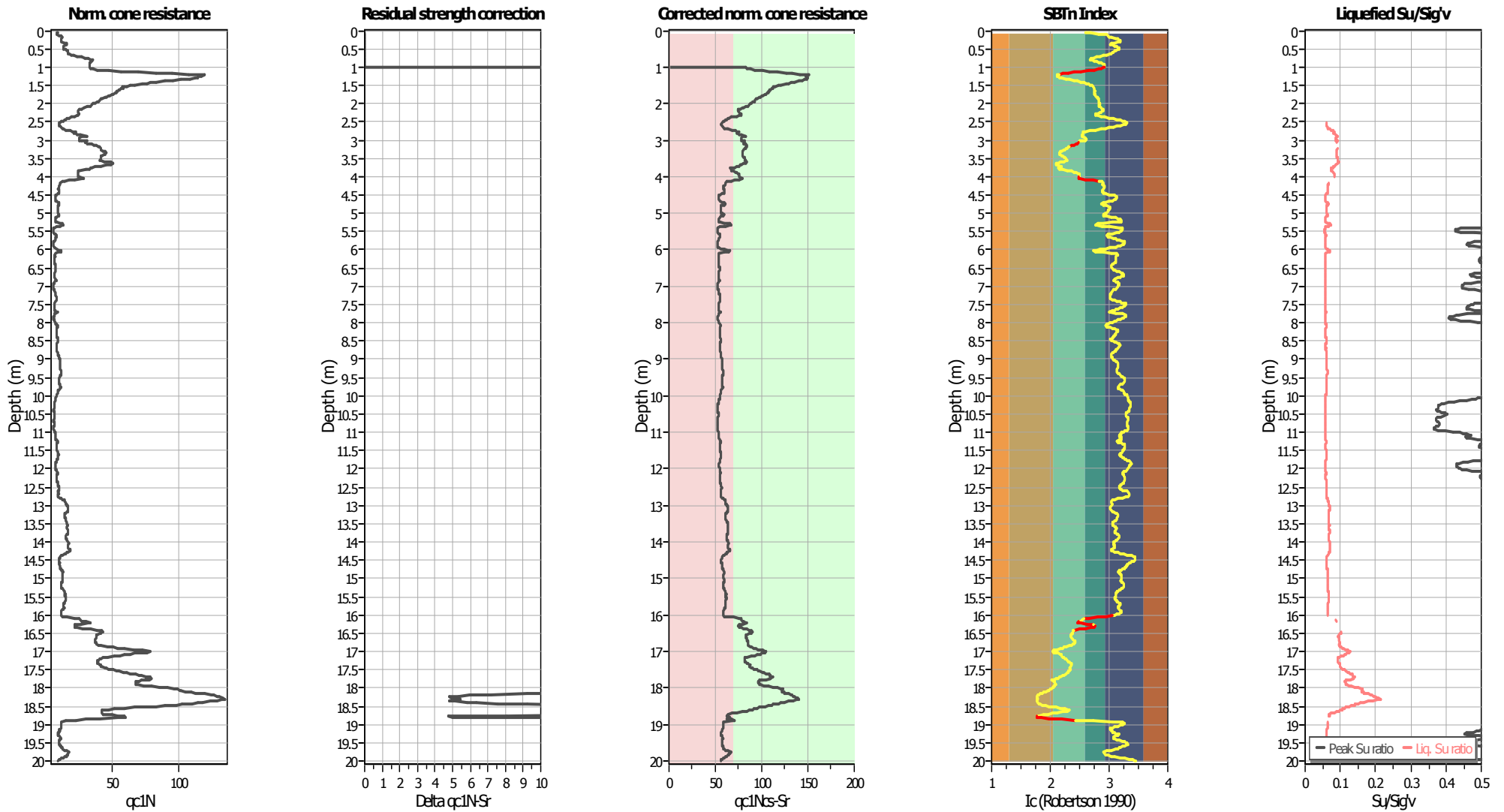
### Liquefaction analysis summary plots



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\phi}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

### Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>q</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

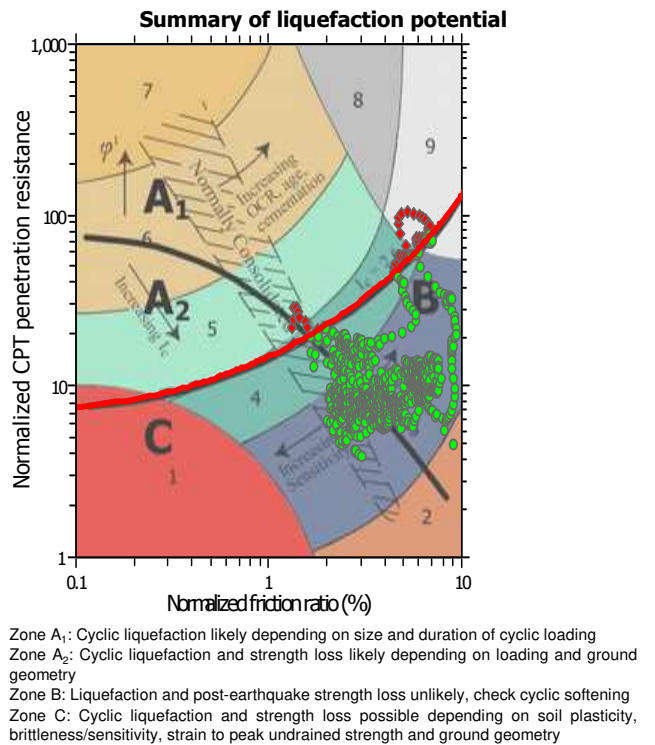
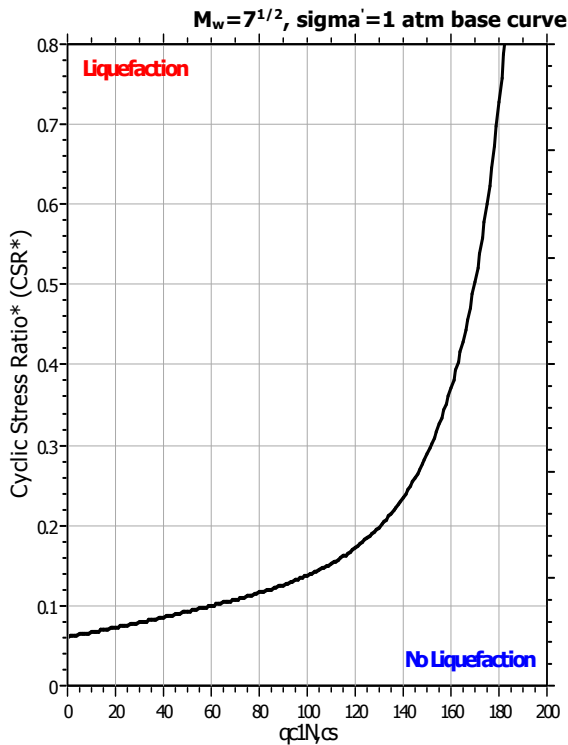
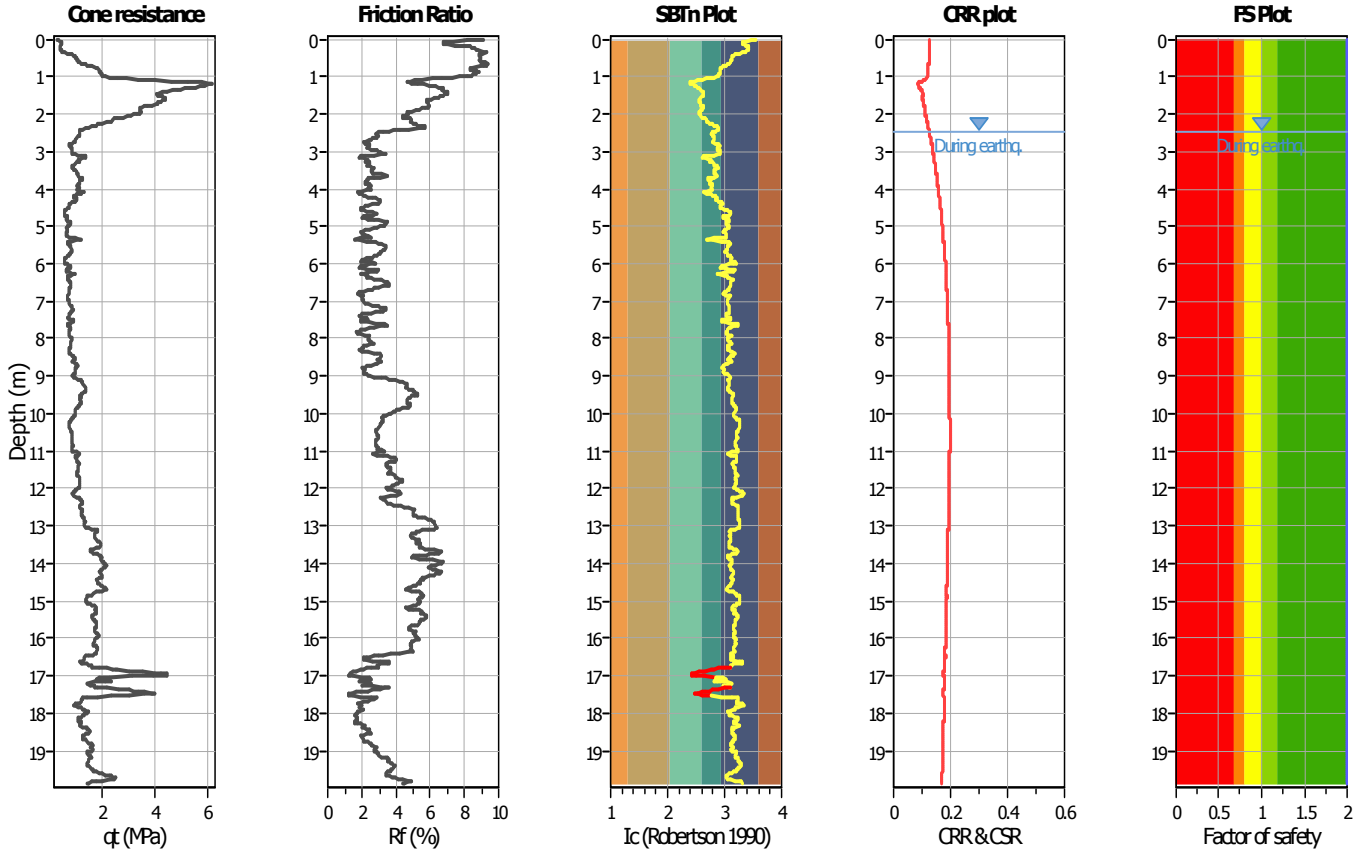
**Project title : Studio del terreno di fondazione**

**Location : Nonantola, Variante PUA**

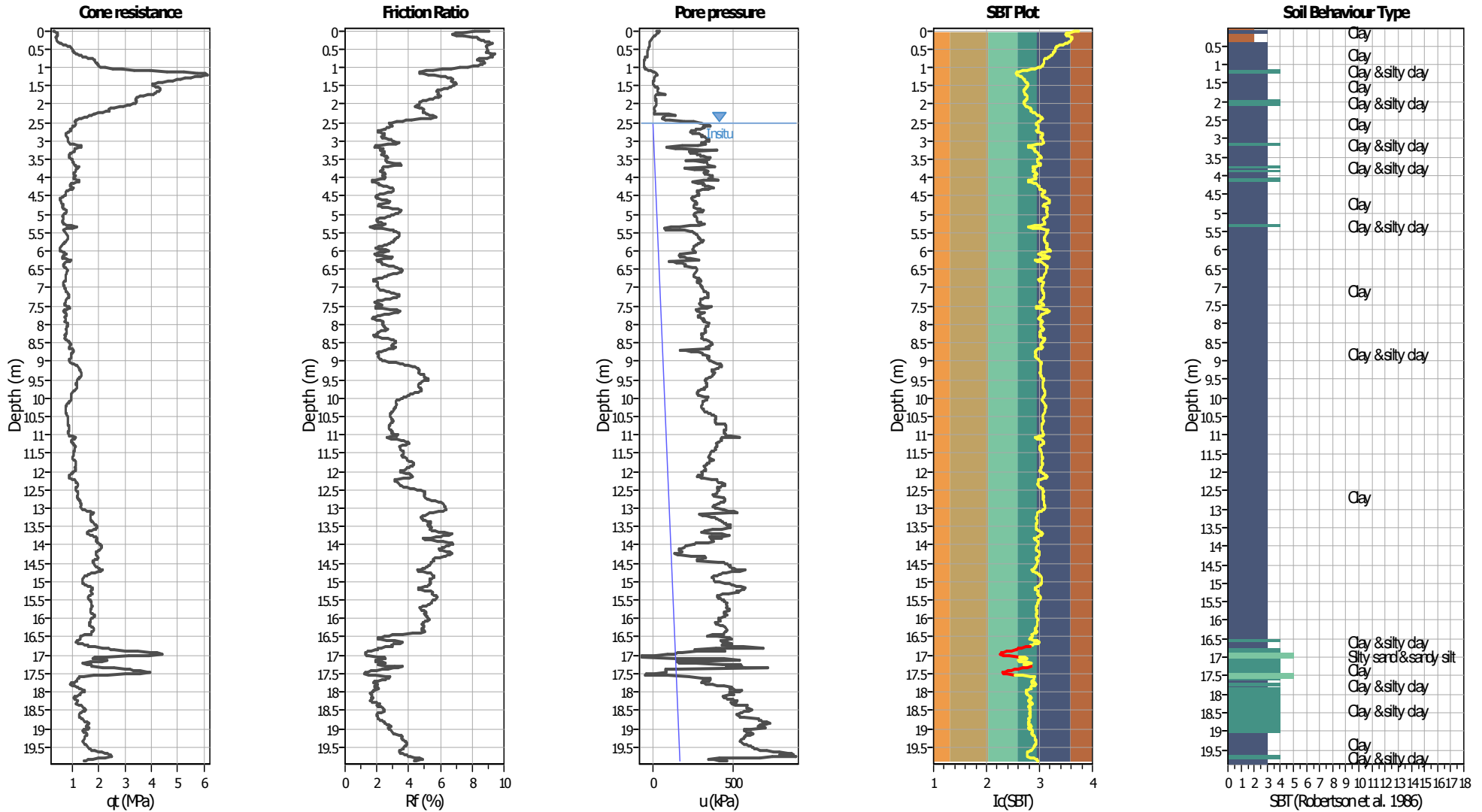
**CPT file : CPTU 3**

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	2.50 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	2.50 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	Yes	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.23	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes	MSF method:	Method



### CPT basic interpretation plots



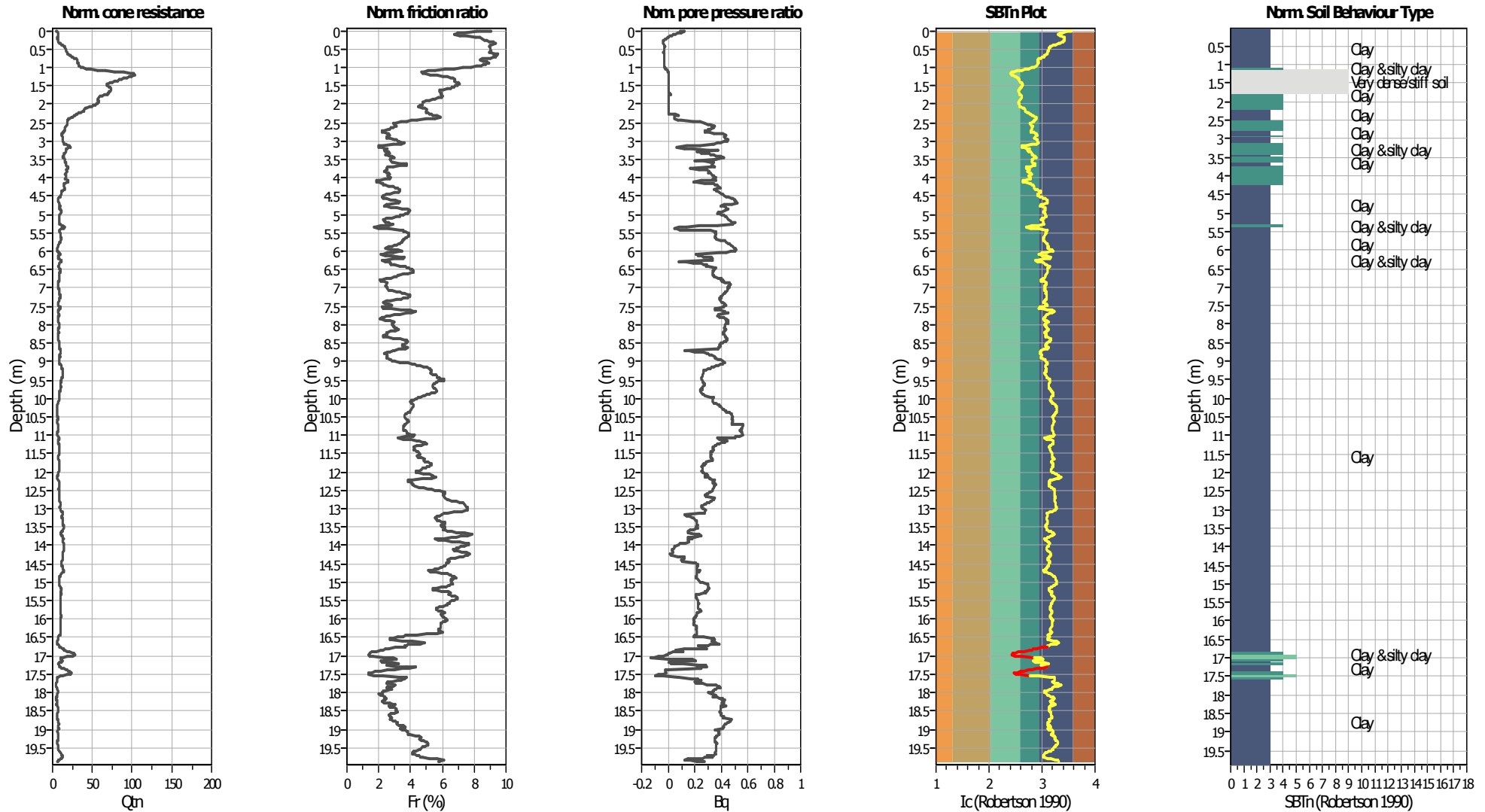
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on $I_c$ value	$I_c$ cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

#### SBT legend

<span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained	<span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty	<span style="color: orange;">■</span> 7. Gravely sand to sand
<span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material	<span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt	<span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to
<span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay	<span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand	<span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained

### CPT basic interpretation plots (normalized)



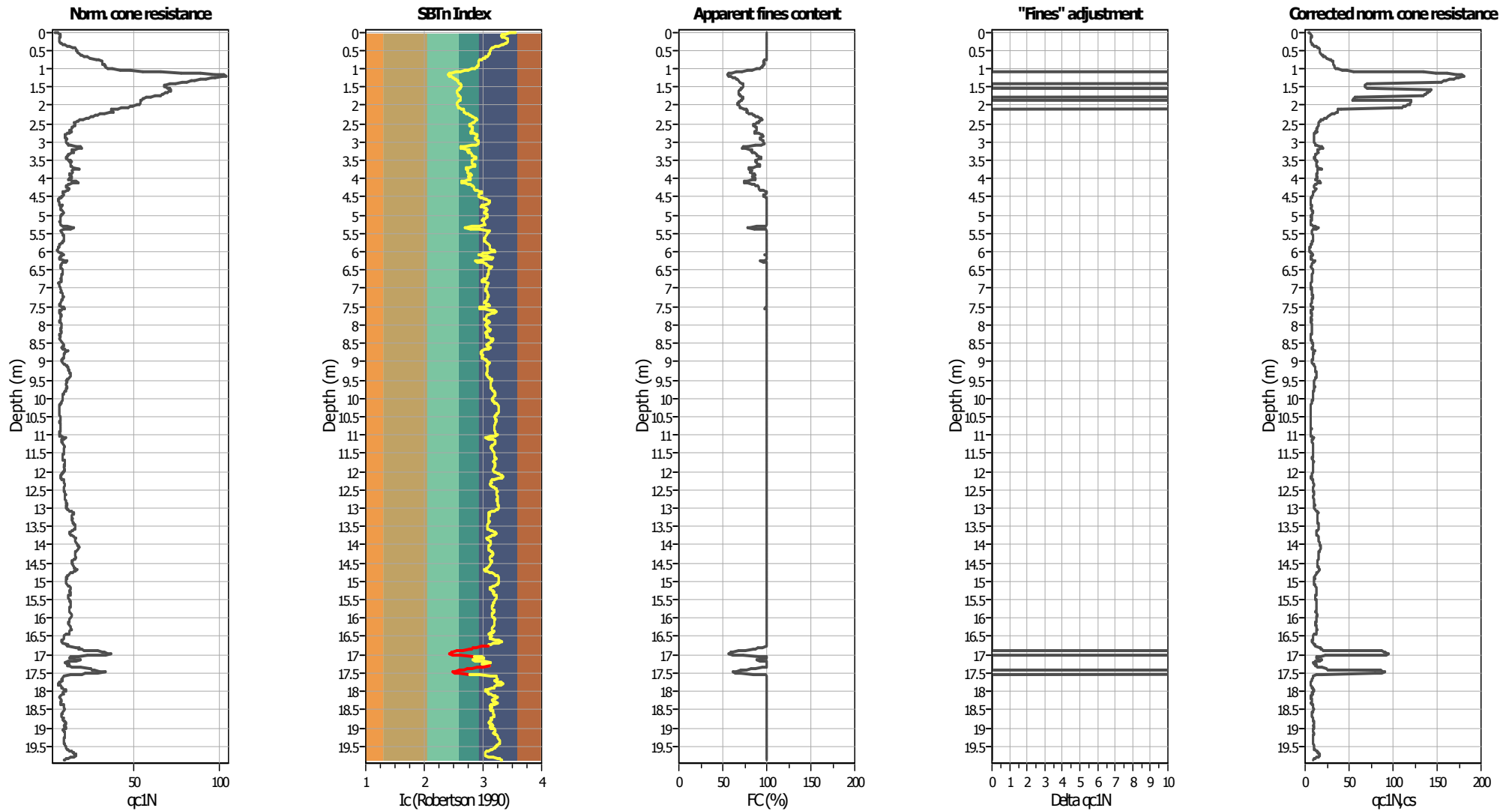
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>q</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

#### SBTn legend

<span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained	<span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty	<span style="color: orange;">■</span> 7. Gravely sand to sand
<span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material	<span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt	<span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to
<span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay	<span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand	<span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained

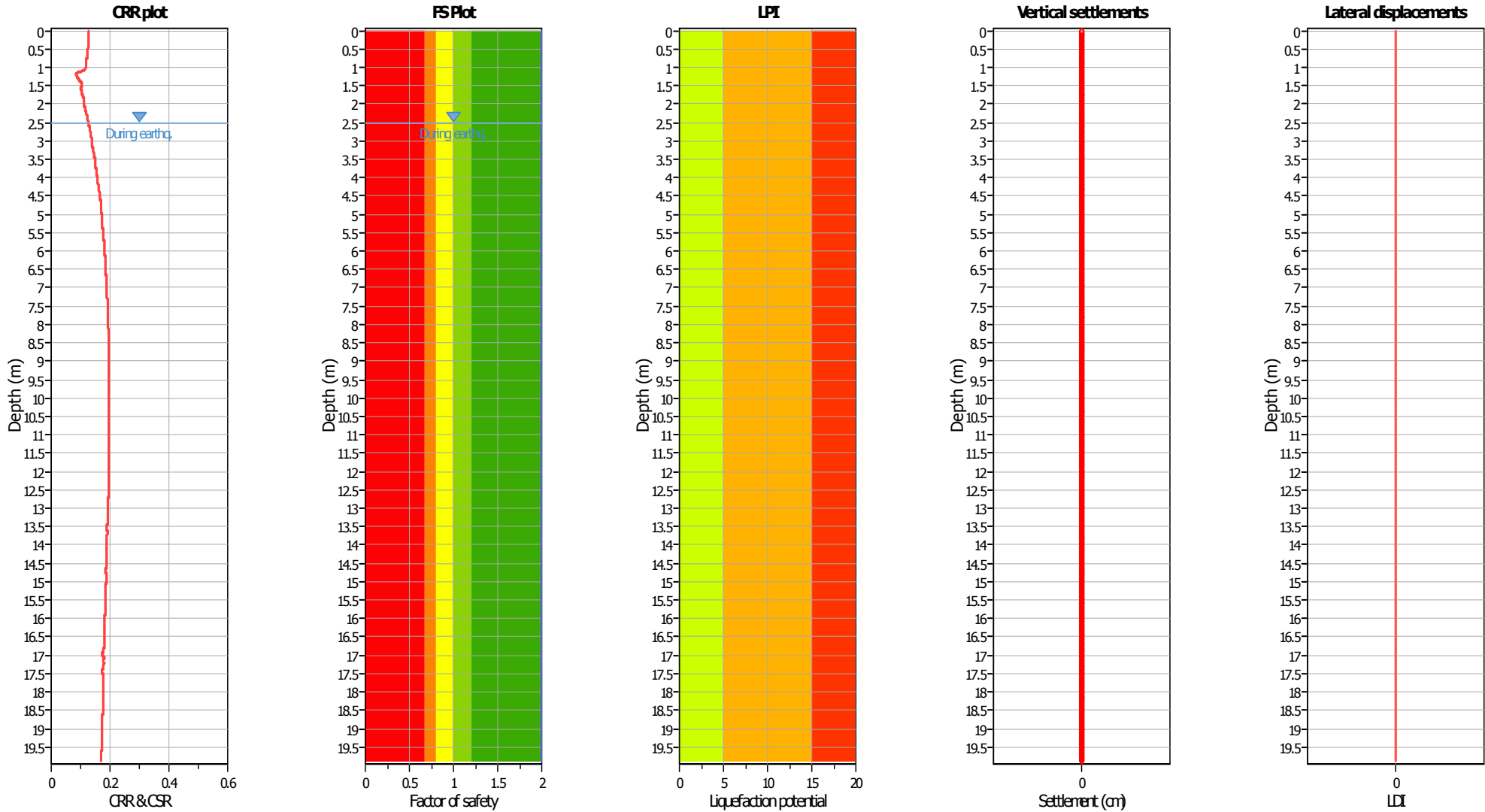
### Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>q</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

### Liquefaction analysis overall plots



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

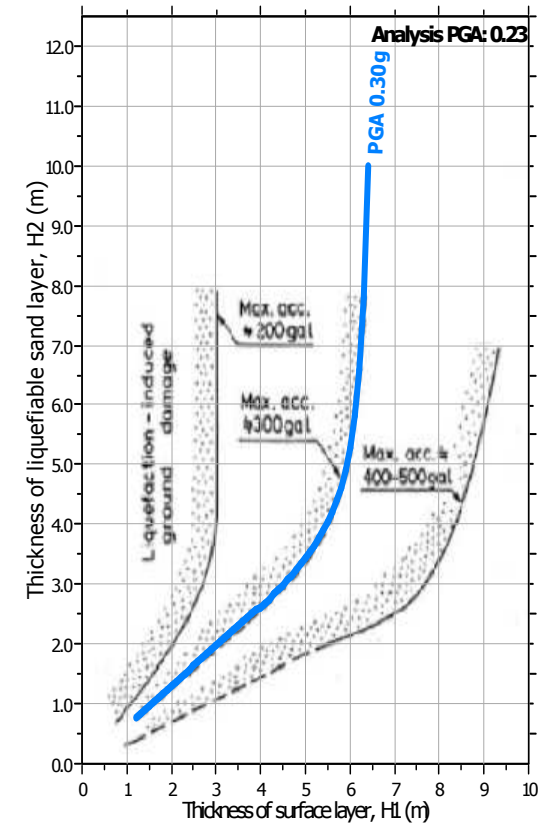
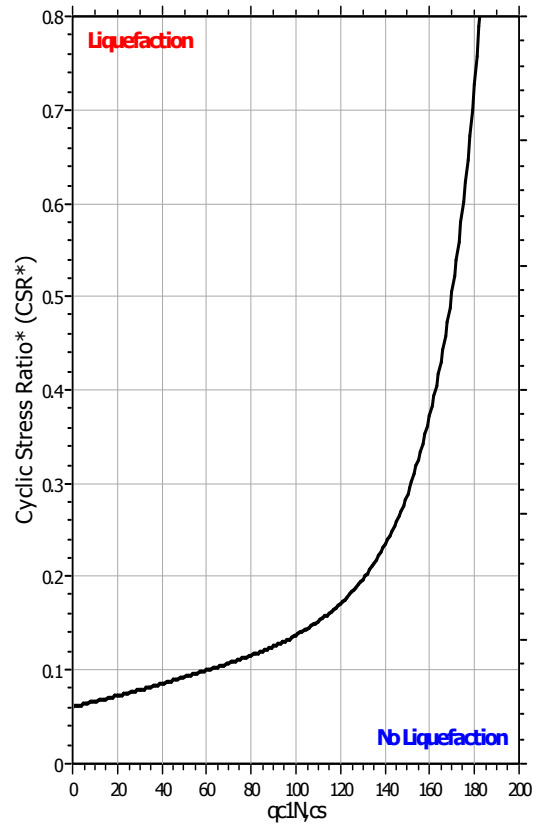
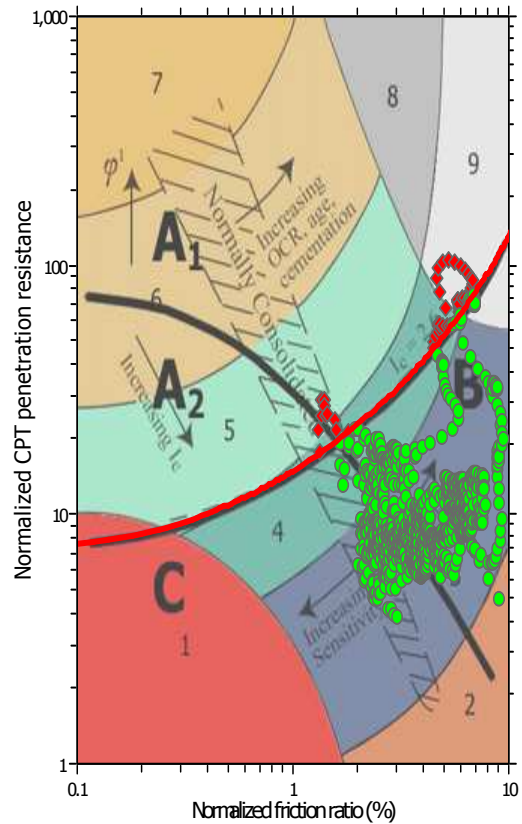
#### F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

#### LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

### Liquefaction analysis summary plots

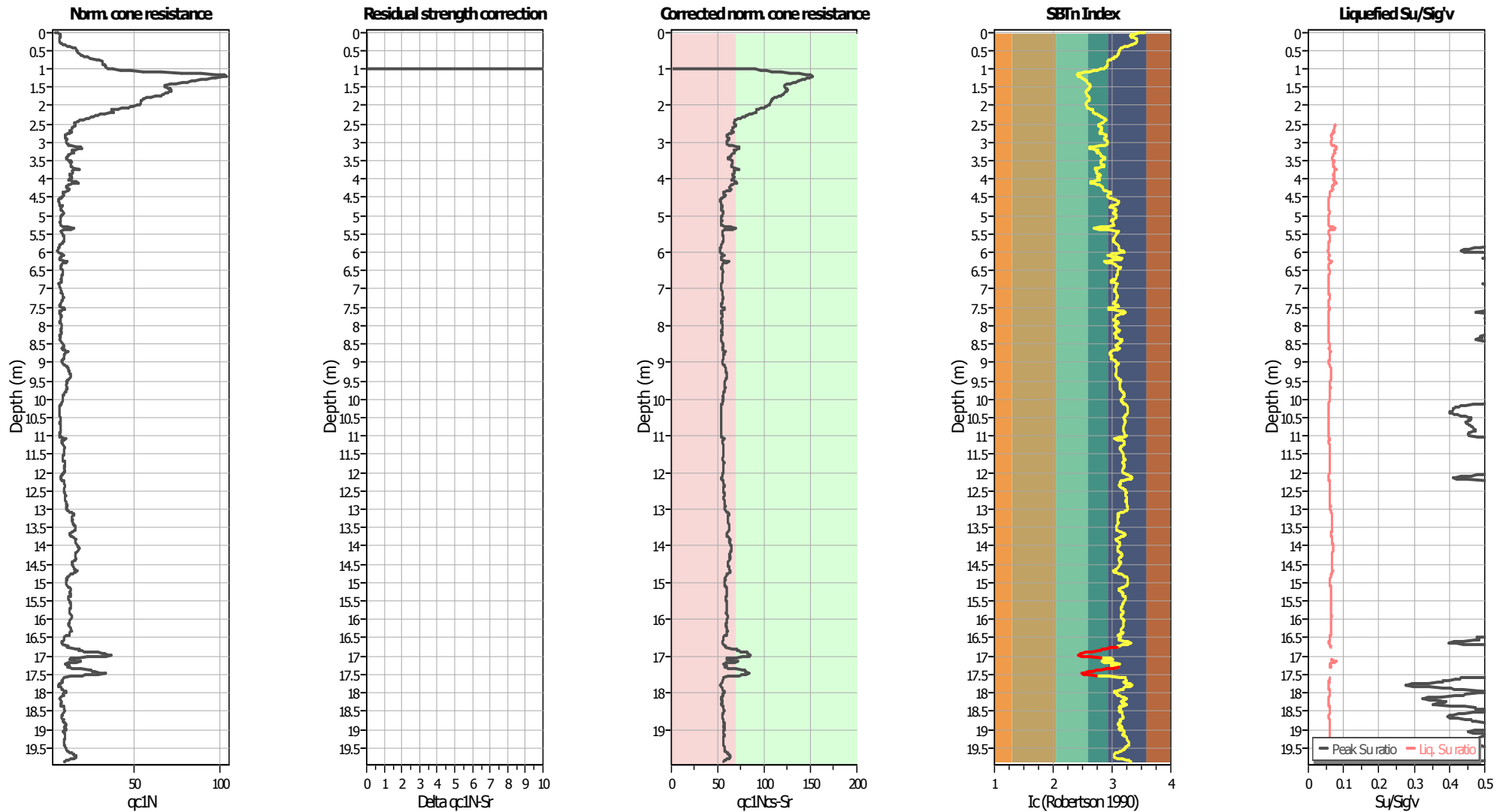


#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_v$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m



### Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))



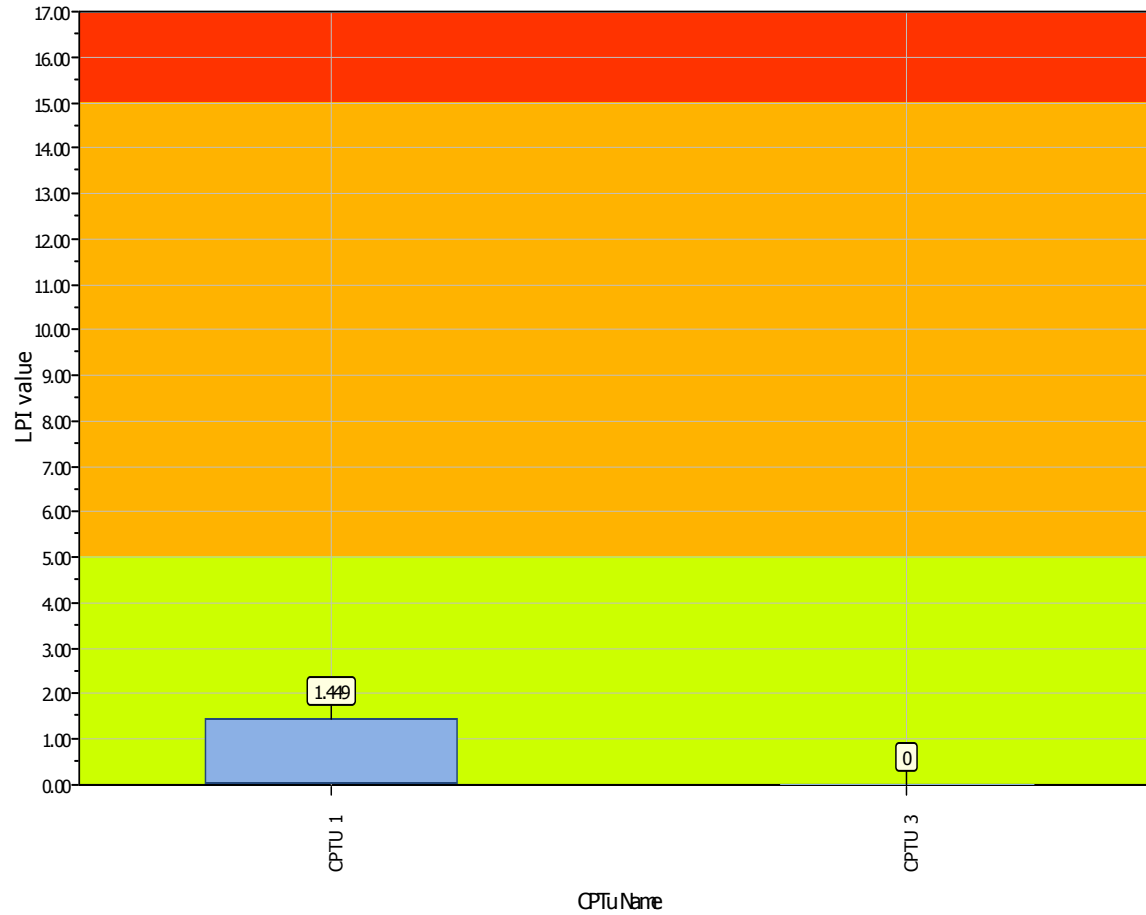
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.50 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	Yes
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>q</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.14	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.23	Use fill:	No	Limit depth applied:	Yes
Depth to water table (insitu):	2.50 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	20.00 m

**Project title : Studio del terreno di fondazione**

**Location : Nonantola, Variante PUA**

### Overall Liquefaction Potential Index report



**LPI color scheme**

- Very high risk
- High risk
- Low risk

**Basic statistics**

Total CPT number: 2  
 100.00% low risk  
 0.00% high risk  
 0.00% very high risk

## Valutazione Previsionale

### di Clima Acustico



Allegato ad una variante al PRG da area agricola  
a residenziale Comune Nonantola (MO)

**SOMMARIO**

IMPOSTAZIONE DEL LAVORO .....	3
DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO .....	3
IDENTIFICAZIONE AREA.....	4
DISEGNO DI PROGETTO .....	5
INQUADRAMENTO ACUSTICO.....	6
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER LE MISURE.....	8
MISURE.....	9
GRAFICI E TABELLE VALUTAZIONI MISURE .....	10
CONCLUSIONI.....	14
CERTIFICATO TCAA.....	15
CERTIFICATI DI TARATURA .....	18

---

## IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

Lo scopo della valutazione è quello di individuare in fase previsionale il rispetto dei limiti imposti dalla zonizzazione acustica del territorio adottata dal Comune di Nonantola (MO) secondo quanto previsto nella Legge 447/95 e del DPCM del 14/11/1997, dalla LR n.15 del 9/05/2001, il DPR n°142 del 30/03/2004 e dalla zonizzazione vigente adottata dal Comune di interesse. Secondo quanto indicato all'art.8 comma 3 lettera e della legge 447/95, per la realizzazione di un nuovo insediamento residenziale è elaborata la presente valutazione di Clima Acustico. La committenza ha richiesto la presente valutazione in previsione della realizzazione di alloggi ad uso residenziale.

Le leggi sopra riportate e le successive modifiche od integrazioni alle medesime sono reperibili al link sotto riportato:

<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/aria-rumore-elettrosmog/informazioni/normativa/norme-inquinamento-acustico>

Link ove reperire la zonizzazione acustica applicata:

[http://maps1.ldpgis.it/nonantola/?q=cla\\_acu](http://maps1.ldpgis.it/nonantola/?q=cla_acu)

## DESCRIZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

È stato effettuato un sopralluogo sull'area che sarà interessata dall'insediamento per valutare l'ambiente circostante e per effettuare le misurazioni del rumore presente nella area di interesse.

L'area di interesse è già confinante con un'area di tipo residenziale, nei pressi è presente anche una area sulla quale insiste un campo da gioco. Da un punto di vista della classificazione acustica è stata individuata come un'area in classe III, in questa classe rientrano le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici. Per valutare il rispetto di quanto indicato nella zonizzazione comunale sono state eseguite due misure : una nel periodo diurno ed una nel periodo notturno, ponendo il fonometro nell'area di interesse.

---

## IDENTIFICAZIONE AREA

Si riporta l'immagine tratta da google, l'area di interesse è cerchiata in rosso.



DISEGNO DI PROGETTO



**GEO GROUP S.R.L.** Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via C. Costa 182 - 41100 Modena - Tel.059/39.67.169 - fax 059/53.32.019 – E-mail:geo.group@libero.it

---

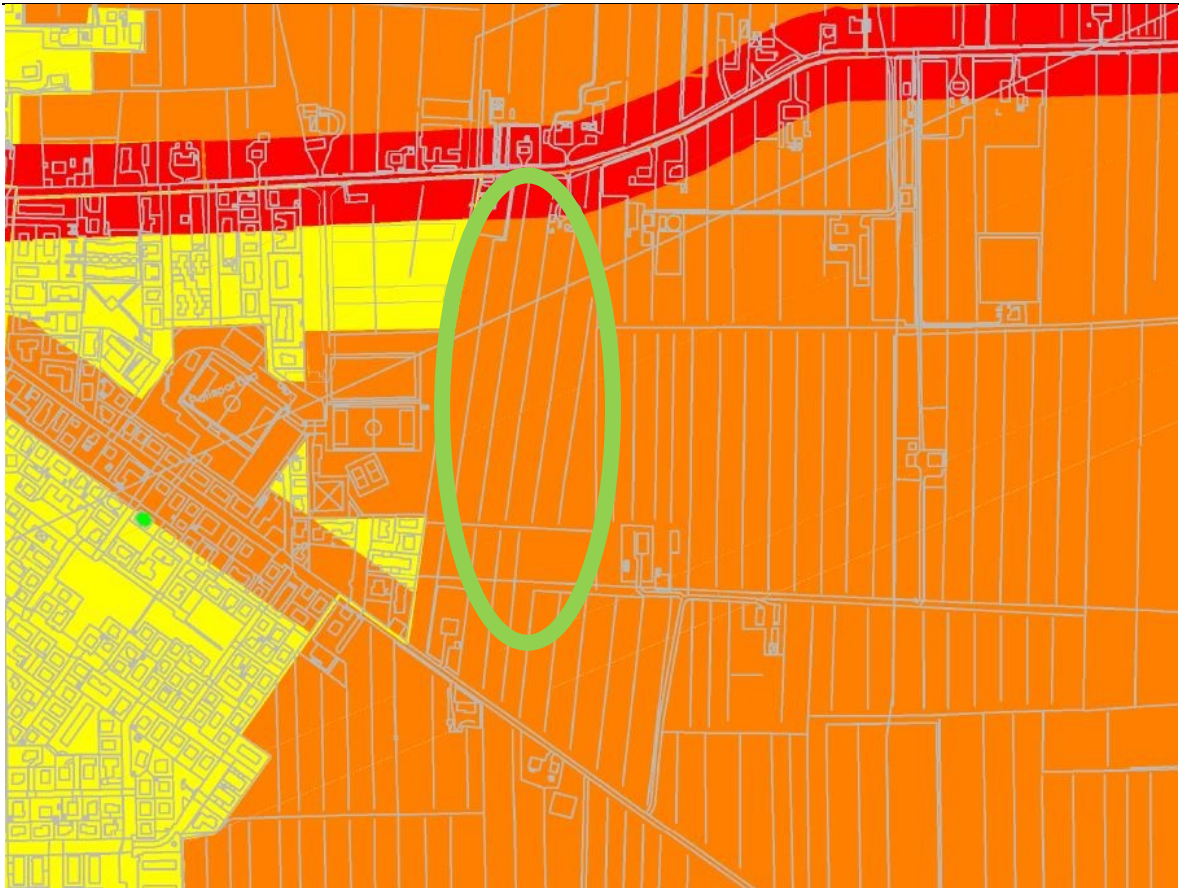
**INQUADRAMENTO ACUSTICO**

L'area in base alla zonizzazione acustica del Comune di Nonantola (MO) è individuata in Classe acustica III - Aree di tipo misto

Rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.














	<b>Valori limite di emissione in dB(A)</b>	<b>Valori limite assoluti di immissione in dB(A)</b>	<b>Valori limite differenziali di immissione in dB(A)</b>	<b>Valori di qualità in dB(A)</b>	<b>Valori di attenzione in dB(A) riferiti a un'ora</b>
<b>Periodo diurno (ore 6.00 - 22.00)</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>5</b>	<b>57</b>	<b>70</b>
<b>Periodo notturno (ore 22.00 - 6.00)</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>3</b>	<b>47</b>	<b>55</b>





In verde l'area di interesse, tratto dalla zonizzazione acustica del Comune di Nonantola (MO)

LEGENDA

ATTUATA		IN PROGETTO		
	CLASSE 1		CLASSE 1	 SCUOLE INSEDIATE IN EDIFICI ADIBITI AD ALTRI USI
	CLASSE 2		CLASSE 2	 AREE PER ATTIVITA' TEMPORANEE
	CLASSE 3		CLASSE 3	
	CLASSE 4		CLASSE 4	
	CLASSE 5		CLASSE 5	
			Aree per le quali la classe dello stato di progetto è la stessa dello stato di fatto	

**STRUMENTAZIONE UTILIZZATA PER LE MISURE**

Per l'effettuazione dei rilievi è stata utilizzata la seguente strumentazione:

certificato di taratura n°41376-A del 2018-05-30 Lat n°068

Fonometro Integratore 01- dB modello Solo matricola 61915 Classe 1

Microfono a campo libero 50 mV/Pa

certificato di taratura n°41377-A del 2018-05-30 Lat n°068

Calibratore 01-dB modello CAL21 matricola 34213778

certificato di taratura n°41385-A del 2018-05-30 Lat n°068

Incertezza		Scarto + incertezza
Ponderazione in frequenza	A	1.0
Frequenza con segnali acustici	125Hz	0.54
Frequenza con segnali elettrici	125Hz	0.14 (curva A)
Treno d'onda	Fast	0.21

È stata effettuata la calibrazione prima e dopo la misura lo scarto tra le due è risultato essere inferiore a 0.3. I dati sono stati elaborati mediante il programma dBTRAIT versione 5.4.2 .Le distanze sono state confrontate con le cartografie, sul campo è stato utilizzato il misuratore Laser della BOSCH modello PLR25 matr. 3603k16200 ed un metro a rondella di 5m. Le condizioni climatiche erano congrue per poter effettuare i rilievi, lo strumento è stato fissato su di un cavalletto ad una altezza di 1.7m dal piano di campagna direzionandolo verso la sorgente. Vedi foto aerea google con pallino rosso che identifica il fonometro era a 1.5 m. Non è stata modificata la posizione nei vari rilievi.

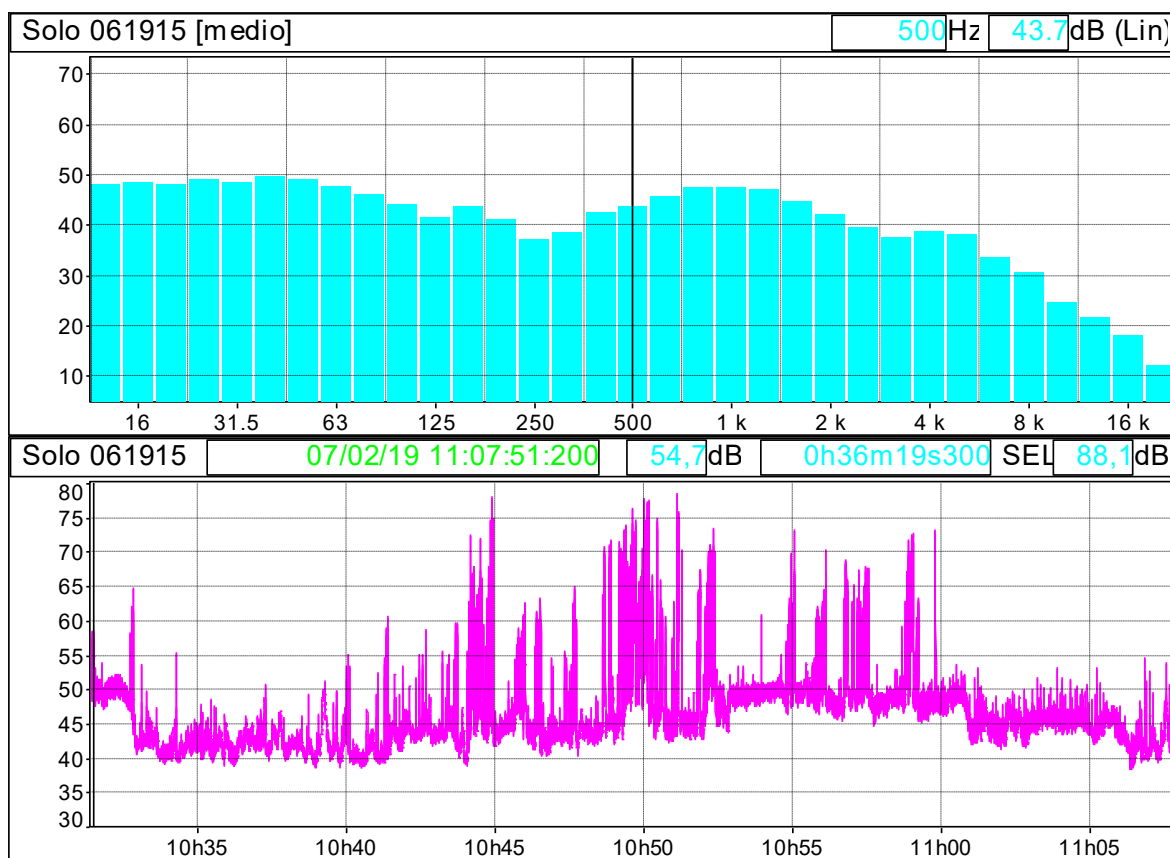
**MISURE**

In data 07/02/2019 sono stati eseguiti i due rilievi rispettivamente nel periodo diurno e nel periodo notturno per valutare se l'area di interesse è idonea all'insediamento del nuovo complesso residenziale la distanza dal piano di campagna è di 1.5 m.

Tipo di misura	Stato di fatto	LAeq dB(A)	Data	Ora inizio misura	Ora fine misura
Residuo diurno	Si	54.7	07/02/2019	10.31	11.07
Residuo notturno	Si	43.2	07/02/2019	22.42	23.32

Alle operazioni di cui sopra ha partecipato la Dott.ssa Corsini Beltrami Clelia in qualità di Tecnico Competente in Acustica Ambientale iscritto all'albo del TCAA della provincia di Reggio Emilia (con prot. n°40467 del 04/07/2014 ) e al registro regionale con numero RER/00046.

## GRAFICI E TABELLE VALUTAZIONI MISURE



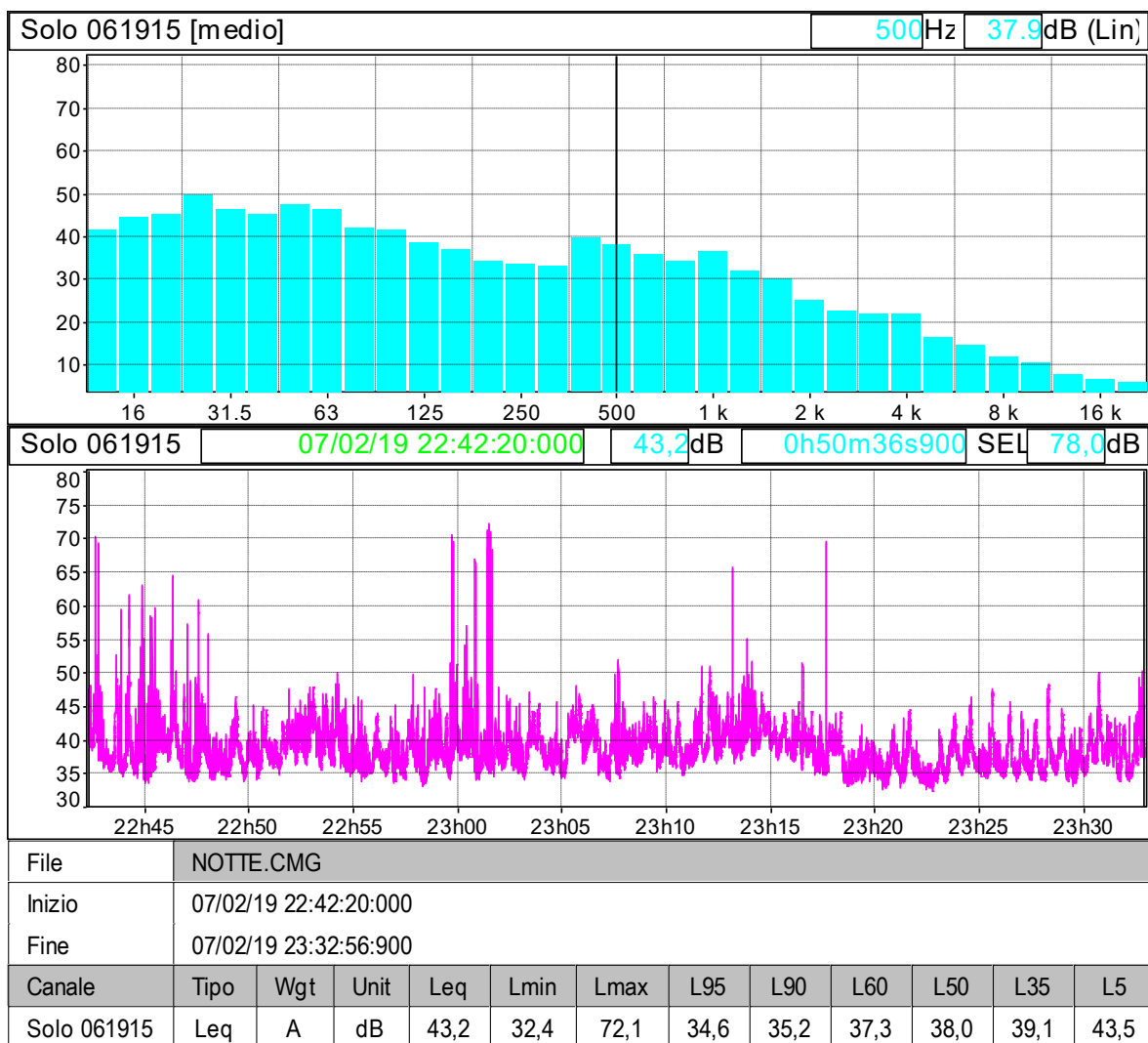
File	GIORNO.CMG											
Inizio	07/02/19 10:31:27:000											
Fine	07/02/19 11:07:51:300											
Canale	Tipo	Wgt	Unit	Leq	Lmin	Lmax	L95	L90	L60	L50	L35	L5
Solo 061915	Leq	A	dB	54,7	38,4	78,4	40,2	41,0	44,0	45,1	47,3	58,1

Inerente alla variazione da zona agricola a zona residenziale nel Comune di Nonantola MO)

Rif. 81/2019

Decreto 16 marzo 1998		File	GIORNO.CMG
File	GIORNO.CMG	File	GIORNO.CMG
Ubicazione	Solo 061915	Inizio	07/02/19 10:31:27:000
Sorgente	GIORNO	Fine	07/02/19 11:07:51:300
Tipo dati	Leq	Ubicazione	Solo 061915
Pesatura	A	Pesatura	A
Inizio	07/02/19 10:31:27:000	Tipo dati	Leq
Fine	07/02/19 11:07:51:300	Unit	dB
Tempo di riferimento	Diurno (tra le h 6:00 e le h 22:00)	Periodo pio silenzioso (30m)	
Componenti impulsive		Inizio	07/02/19 10:36:27:000
Conteggio impulsi	45	Fine	07/02/19 11:06:27:000
Frequenza di ripetizione	74,1 impulsi / ora	Livello	55,4 dBA
Ripetibilità autorizzata	10	L95	40,5 dBA
Fattore correttivo KI	3,0 dBA	Livello-L95	14,9 dBA
Componenti tonali		Periodo pio rumoroso (relativo) (30m)	
Fattore correttivo KT	0,0 dBA	Inizio	07/02/19 10:31:27:000
Componenti bassa frequenza		Fine	07/02/19 11:01:27:000
Fattore correttivo KB	0,0 dBA	Livello	55,5 dBA
Presenza di rumore a tempo parziale		L95	40,2 dBA
Fattore correttivo KP	0,0 dBA	Livello-L95	15,3 dBA
Livelli			
Rumore ambientale misurato LM	54,7 dBA		
Rumore ambientale LA = LM + KP	54,7 dBA		
Rumore residuo LR			
Differenziale LD = LA - LR			
Rumore corretto LC = LA + KI + KT + KB	57,7 dBA		

*La valutazione del periodo più rumoroso e più silenzioso rispetta in entrambi i casi i valori di qualità  
Presenza di una componente impulsiva*



Decreto 16 marzo 1998					
File	NOTTE.CMG				
Ubicazione	Solo 061915				
Sorgente	RESIDUO NOTTE				
Tipo dati	Leq				
Pesatura	A				
Inizio	07/02/19 22:42:20:000				
Fine	07/02/19 23:32:56:900				
Tempo di riferimento	Notturno (tra le h 22:00 e le h 6:00)				
Componenti impulsive					
Conteggio impulsi	41				
Frequenza di ripetizione	48,6 impulsi / ora				
Ripetibilità autorizzata	2 impulsi / ora				
Fattore correttivo KI	3,0 dBA				
Componenti tonali					
Frequenza	Livello	Differenza	Isofonica	Altre isofoniche	Tocca ?
25Hz	23,0 dB	10,7 dB / 9,8 dB	4,2 dB	24,2 dB	
Fattore correttivo KT	0,0 dBA				
Componenti bassa frequenza					
Fattore correttivo KB	0,0 dBA				
Livelli					
Rumore ambientale LA	43,2 dBA				
Rumore residuo LR					
Differenziale LD = LA - LR					
Rumore corretto LC = LA + KI + KT + KB	46,2 dBA				

File	NOTTE.CMG
Inizio	07/02/19 22:42:20:000
Fine	07/02/19 23:32:56:900
Ubicazione	Solo 061915
Pesatura	A
Tipo dati	Leq
Unit	dB
Periodo pio silenzioso (30m)	
Inizio	07/02/19 23:02:20:000
Fine	07/02/19 23:32:20:000
Livello	39,9 dBA
L95	34,4 dBA
Livello-L95	5,5 dBA
Periodo pio rumoroso (relativo) (30m)	
Inizio	07/02/19 22:58:20:000
Fine	07/02/19 23:28:20:000
Livello	44,2 dBA
L95	34,4 dBA
Livello-L95	9,8 dBA

*La valutazione del periodo più rumoroso e più silenzioso rispetta in entrambi i casi i valori di qualità , presenza di una componente impulsiva e di una tonale a 25Hz.*

## CONCLUSIONI

Per quanto sopra riportato possiamo quindi affermare che :

L'area individuata per la realizzazione del progetto edilizio è idonea per l'insediamento abitativo, le misure hanno evidenziato il rispetto di quanto individuato in classificazione acustica del territorio. Si rimanda al progetto definitivo per le specifiche costruttive e per gli impianti che saranno installati presso le abitazioni.

Si rimanda alla valutazione post operam per la validazione di quanto individuato in fase previsionale.

il tecnico che ha eseguito la stesura

TCAA Tecnico Competente in Acustica Ambientale

Nel registro nazionale al n° 5093

nel registro regionale Emilia Romagna n°RER/00046

della provincia di Reggio Emilia con prot. n°40467 del 04/07/2014

Dott.ssa Corsini Betta R. Clelia





**CERTIFICATO TCAA**

<b>Numero Iscrizione Elenco Nazionale</b>	5093
<b>Regione</b>	Emilia Romagna
<b>Numero Iscrizione Elenco Regionale</b>	RER/00046
<b>Cognome</b>	CORSINI BELTRAMI
<b>Nome</b>	CLELIA
<b>Titolo studio</b>	LAUREA QUINQUENNALE IN BIOLOGIA
<b>Estremi provvedimento</b>	PROVINCIA (REGGIO EMILIA) DETERMINA (n. PROT. 40647 01/2014 N.09.009.003 ) del 04/07/2014
<b>Luogo nascita</b>	SASSUOLO
<b>Data nascita</b>	25/07/1963
<b>Codice fiscale</b>	CRSCLL63L651462Q
<b>Regione</b>	Emilia Romagna
<b>Provincia</b>	RE
<b>Comune</b>	Castellarano
<b>Via</b>	VIA TEVERE
<b>Cap</b>	42014
<b>Civico</b>	50
<b>Email</b>	clelia.beltrami@gmail.com
<b>Telefono</b>	05361703994
<b>Cellulare</b>	
<b>Dati contatto</b>	EMILIA ROMAGNA SASSUOLO (MO) VIA CIRCONVALLAZIONE NORD EST 93
<b>Data pubblicazione in elenco</b>	10/12/2018



Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente  
Servizio Tutela e Risanamento Acqua, Aria e Agenti Fisici

CORSINI BELTRAMI CLELIA

VIA TEVERE 50  
42014 CASTELLARANO (RE)

**ESITO DOMANDA DI ISCRIZIONE NELL'ELENCO NOMINATIVO NAZIONALE  
DEI TECNICI COMPETENTI IN ACUSTICA  
(D. Lgs. n. 42/2017)**

Si comunica che la domanda di iscrizione nell'elenco nominativo nazionale dei tecnici competenti in acustica di CORSINI BELTRAMI CLELIA (codice fiscale: CRSCLL63L65I462Q) con PG/2018/139242 in data 27/02/2018 12.05.00 è stata

**AMMESSA**

con il seguente registro regionale: RER/00046

Il responsabile del servizio  
BISSOLI ROSANNA

Viale della Fiera 8  
40121 Bologna

tel. 051.527.6980  
051.527.6041  
Fax 051.527.6874

ambpiani@regione.emilia-romagna.it  
ambpiani@posteoert.regione.emilia-romagna.it  
www.regione.emilia-romagna.it

prot. n. 60647  
01/2014 - N09.009.003

Reggio Emilia, li 4 LUG. 2014

**Servizio Pianificazione Territoriale, Ambiente e Politiche Culturali**

ATTESTATO DI RICONOSCIMENTO DI TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA AMBIENTALE, DI CUI ALLA LEGGE 26 OTTOBRE 1995, N° 447.

Esaminata la domanda della sig.ra **CORSINI BELTRAMI CLELIA**, nata a **SASSUOLO** il **25/07/1963**, codice fiscale **CRSCLL63L65I462Q**;

Accertato che la sig.ra **CORSINI BELTRAMI CLELIA** è in possesso del requisito del titolo di studio;

Vista la Legge 447/1995;

Visto il D.P.C.M. 31/3/1998;

Visto l' art. 124 della L. R. Emilia Romagna n° 3/99;

Vista la Delibera della Giunta Regionale n.1203/02.

Visto il verbale del Nucleo di Valutazione delle domande di abilitazione a Tecnico Competente in Acustica del 16/06/2014;

**SI ATTESTA**

che la sig.ra **CORSINI BELTRAMI CLELIA** è **IDONEA** per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale, di cui alla legge 26 ottobre 1995, n° 447.

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO  
PIANIFICAZIONE TERRITORIALE,  
AMBIENTE E POLITICHE CULTURALI

Arch. Anna Campegl



## CERTIFICATI DI TARATURA



**L.C.E. S.r.l.**  
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)  
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068  
Calibration Centre  
Laboratorio Accreditato di  
Taratura



LAT N° 068

Pagina 1 di 8  
Page 1 of 8

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 41376-A  
Certificate of Calibration LAT 068 41376-A

- data di emissione <i>date of issue</i>	2018-05-30
- cliente <i>customer</i>	AESSE AMBIENTE SRL 20090 - TREZZANO S/NAVIGLIO (MI)
- destinatario <i>receiver</i>	CORSINI BELTRAMI DOTT.SSA CLELIA 42014 - CASTELLARANO (RE)
- richiesta <i>application</i>	18-00002-T
- in data <i>date</i>	2018-01-10
<b>Si riferisce a</b> <i>Referring to</i>	
- oggetto <i>item</i>	Analizzatore
- costruttore <i>manufacturer</i>	01-dB
- modello <i>model</i>	Solo
- matricola <i>serial number</i>	61915
- data di ricevimento oggetto <i>date of receipt of item</i>	2018-05-23
- data delle misure <i>date of measurements</i>	2018-05-30
- registro di laboratorio <i>laboratory reference</i>	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

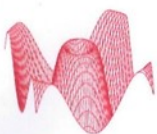
*The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.*

Il Responsabile del Centro  
Head of the Centre





**L.C.E. S.r.l.**  
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)  
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068  
Calibration Centre  
Laboratorio Accreditato di  
Taratura



LAT N° 068

Pagina 1 di 6  
Page 1 of 6

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 41377-A  
Certificate of Calibration LAT 068 41377-A

- data di emissione  
date of issue 2018-05-30  
- cliente  
customer AESSE AMBIENTE SRL  
20090 - TREZZANO S/NAVIGLIO (MI)  
- destinatario  
receiver CORSINI BELTRAMI DOTT.SSA CLELIA  
42014 - CASTELLARANO (RE)  
- richiesta  
application 18-00002-T  
- in data  
date 2018-01-10

Si riferisce a

Referring to  
- oggetto  
item Filtri 1/3 ottave  
- costruttore  
manufacturer 01-dB  
- modello  
model Solo  
- matricola  
serial number 61915  
- data di ricevimento oggetto  
date of receipt of item 2018-05-23  
- data delle misure  
date of measurements 2018-05-30  
- registro di laboratorio  
laboratory reference Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

*The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.*

Il Responsabile del Centro  
Head of the Centre





**L.C.E. S.r.l.**  
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)  
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

**Centro di Taratura LAT N° 068**  
Calibration Centre  
Laboratorio Accreditato di  
Taratura



LAT N° 068

Pagina 1 di 4  
Page 1 of 4

**CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 41385-A**  
Certificate of Calibration LAT 068 41385-A

- data di emissione date of issue	2018-06-01
- cliente customer	AESSE AMBIENTE SRL 20090 - TREZZANO S/NAVIGLIO (MI)
- destinatario receiver	CORSINI BELTRAMI DOTT.SSA CLELIA 42014 - CASTELLARANO (RE)
- richiesta application	18-00002-T
- in data date	2018-01-10
<b>Si riferisce a</b> Referring to	
- oggetto item	Calibratore
- costruttore manufacturer	01-dB
- modello model	CAL21
- matricola serial number	34213778
- data di ricevimento oggetto date of receipt of item	2018-05-31
- data delle misure date of measurements	2018-06-01
- registro di laboratorio laboratory reference	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

*The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.*

Il Responsabile del Centro  
Head of the Centre



# Comune di Nonantola

## Provincia di Modena

### RELAZIONE TECNICA

### Studio sull'impatto veicolare



Oggetto:

**VALUTAZIONE DEL TRAFFICO INDOTTO**

propedeutico alla VAS/VALSAT inerente la Variante Specifica al PRG 1/2019 e PUA-C3 "Ex Cantina Sociale" sito in Nonantola (MO)



Dott. Geologo Pier Luigi Dallari

**MARZO 2019**

**Rif. 55/19**



**GEO GROUP s.r.l.** P.IVA 02981500362  
Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41123 Modena  
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176  
info@geogroupmodena.it - www.geogroupmodena.it



ISO 9001  
AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
PER LA QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV  
UNI EN ISO 9001:2008





**VALUTAZIONE DEL TRAFFICO INDOTTO**  
**propedeutico alla VAS/VALSAT inerente la Variante**  
**Specifica al PRG 1/2019 e PUA-C3 “Ex Cantina Sociale”**  
**sito in Nonantola (MO)**

**Sommario**

1. PREMESSA .....	3
2. LA RETE VIARIA DI ZONA.....	5
2.1. IL TRAFFICO ATTUALE: RILIEVO 2019.....	6
3. SCENARIO ANTE-OPERAM .....	10
3.1. VALIDAZIONE DEL METODO ADOTTATO DELLA STIMA DEL TRAFFICO INDOTTO .....	13
4. STIMA DEI FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTO: SCENARIO POST-OPERAM .....	15
4.1. CONSIDERAZIONI DELL'IMPATTO STIMATO SULLA SITUAZIONE ATTUALE: ANTE- OPERAM VS. POST-OPERAM .....	16
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	20



## 1. PREMESSA

Il contenuto di questo studio è finalizzato alla valutazione del traffico indotto dalla proposta insediativa del Progetto Urbanistico Attuativo del Piano Particolareggiato d'iniziativa privata concernente l'area denominata C3 "Ex Cantina Sociale" (abbreviato nel presente documento PUA-C3) sita in Nonantola tra via G. Garibaldi e la SP 255.



Figura 1 – Stralcio della planimetria del progetto del PUA-C3

La stima dell'impatto del traffico indotto è relativa alla realizzazione di un comparto residenziale che prevede 12 blocchi per un'area di 3197 mq edificati su un'area complessiva di 61098 mq (**Figura 1**).

L'analisi condotta porta alla quantificazione dei veicoli attratti e generati, suddivisi in funzione delle tipologie di veicoli (moto, veicoli leggeri, commerciali, pesanti e super pesanti) **rispetto allo stato attuale di traffico e ad uno scenario urbanistico a regime (Ante-Operam)**. Lo stato attuale è descritto da un rilievo aggiornato a Gennaio 2019, frutto di un conteggio in sito dei veicoli, effettuato nell'ora di punta giornaliera individuata nel Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Nonantola nel documento sulla Mobilità "*Allegato indagini sulla mobilità*"; tale periodo di criticità è individuato tra le 7:15 – 8:15 di mattina.

L'impatto sul traffico introdotto dalla realizzazione del progetto è stimato in funzione della tipologia di edificazione che nel caso in oggetto è di tipo residenziale. È importante evidenziare che via Giuseppe Garibaldi è oggetto di una edificazione in atto (Figura2)

denominata Comparto C2 "Le Larghe", frutto dell'attuazione di un Piano Particolareggiato ad iniziativa privata del 2010 (abbreviato nel presente documento PP-C2).

Essa non è ancora completa ne dal punto di vista della realizzazione dei fabbricati ne dal punto di vista insediativo. Al fine di calcolare un impatto su un traffico della realizzazione del PUA-C2 realisticamente plausibile rispetto ad uno scenario Ante-Operam considerato "a regime", è stato stimato anche l'apporto di traffico indotto dalla completa edificazione del PP-C3 stimandolo in funzione di tutti gli alloggi previsti.

Inoltre preme sottolineare che via G. Garibaldi (nell'ora di punta considerata) è funzionale ai soli due comparti residenziali citati e che senza di essi sarebbe una via con traffico veicolare pressochè nullo.

## 2. LA RETE VIARIA DI ZONA

L'area di nuovo insediamento, PUA-C3, sarà adiacente alla SP 255 "Strada Provinciale Est", essa è attualmente identificata in catasto al foglio 56 mappali 431 e 434. L'ingresso alla nuova area residenziale è su via Carlo Cattaneo e sarà collegata alla rete viaria tramite la sola via G. Garibaldi, in quanto via Risorgimento si collega ad essa in un unico senso percorribile ovvero concorde al senso di immissione di via G. Garibaldi in SP255.



Figura 2 – Area oggetto di studio PUA-C3: In giallo il perimetro del lotto oggetto di variante; in rosso l'incrocio oggetto dallo studio sul traffico

Attualmente la SP255 è classificata secondo il Codice della Strada (CdS) come Cb con un servizio per corsia di 600 veic/h. Il rilievo dello scenario Ante-Operam è stato eseguito sull'incrocio tra via G. Garibaldi e la SP255 individuando tale intersezione viaria come il punto critico di affluenza del traffico indotto dall'area si studio.

## 2.1. IL TRAFFICO ATTUALE: RILIEVO 2019

Al fine di ricostruire lo stato Post – Operam del traffico è necessario definire lo stato attuale dello stesso. Come accennato in precedenza il Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Nonantola (Febbraio 2009) nel documento sulla Mobilità “Allegato indagini sulla mobilità” individua l’ora di picco del flusso di traffico giornaliero generalizzato all’area urbana di Nonantola (Figura 3). Tale figura evidenzia che nel picco di ora 7:15 – 8:15 è concentrato il 52% del traffico generato e attratto nella fascia oraria 7:00 – 9:00.

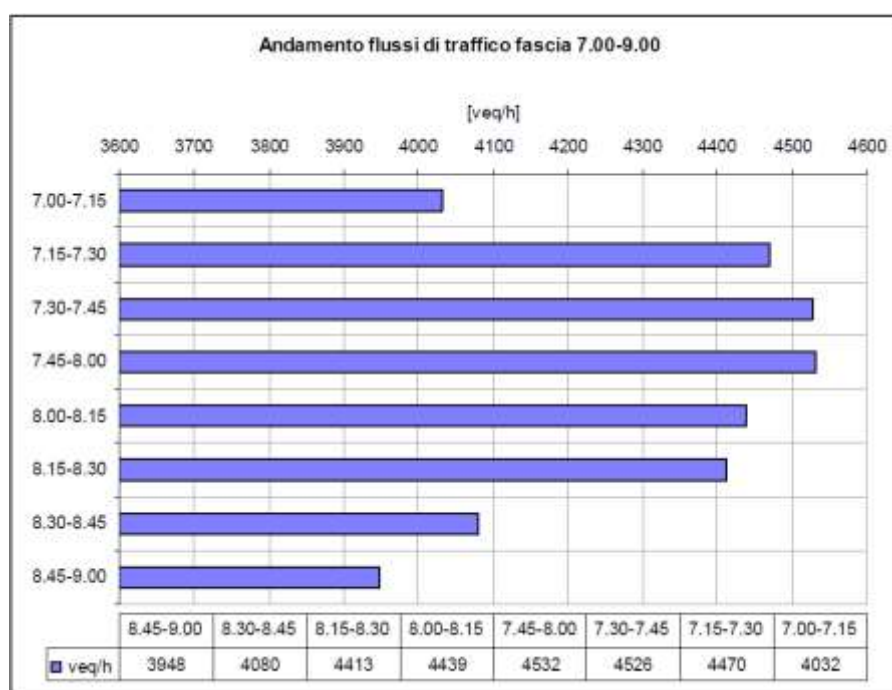


Figura 3 – Dati derivanti dal rilievo presente nel Quadro Conoscitivo – PSC 2009

In particolare il QC sulla Mobilità indica il traffico dei veicoli suddivisi per tipologia nelle strade principali di Nonantola, specificando le direzioni di percorrenza (Figura 4).

Sezione		auto	furgoni	camion	articolati	autobus	biciclette	moto	speciali	tot.gen	Veq.	% pesanti
1 SP.255 ovest	ingresso	384	32	56	22	2	1	2	1	498	699	16,1%
	uscita	704	44	83	37	5	1	11	0	882	1198	14,1%
2 Mavora	ingresso	98	14	6	1	0	1	2	1	122	135	5,8%
	uscita	327	34	9	0	1	0	2	1	373	393	2,8%
3 Maestri di Redù	ingresso	134	12	12	3	1	1	0	1	162	197	9,6%
	uscita	142	29	1	0	1	1	1	0	173	175	0,9%
4 SP.255 est	ingresso	380	35	32	31	3	2	1	0	483	674	13,6%
	uscita	246	63	20	27	1	1	1	0	358	507	13,4%
5 Casette	ingresso	302	29	27	7	3	3	2	1	373	457	9,9%
	uscita	249	49	10	4	2	0	2	0	315	352	4,9%
Totale	ingresso	1297	121	133	62	8	7	7	3	1636	2162	12,5%
	uscita	1666	217	123	68	9	2	16	1	2100	2625	9,5%

Figura 4 – Flussi rilevati nel Quadro Conoscitivo PSC 2009: media oraria del periodo 7-9

La suddivisione di Figura4 è stata semplificata secondo la classificazione di Figura5 che risulta essere quella più usata in letteratura, sono state fatte le seguenti assunzioni:

- Dicitura “furgoni” = Veicoli Commerciali
- Dicitura “camion” = Autocarro
- Gli “autobus” vengono contati come Autocarro
- Le biciclette non sono influenti sullo studio del presente documento (rilievo effettuato in stagione invernale in cui le biciclette non vengono considerate un mezzo alternativo agli autoveicoli)
- I veicoli “speciali” vengono suddivisi nelle categorie in funzione della massa

Per effettuare un confronto del volume del traffico con i dati del CdS e ottenere un indicatore generico, come da prassi, si calcola il numero di Veicoli equivalenti ( $V_{eq}$ ) utilizzando dei coefficienti di omogeneizzazione o equivalenza. Nel presente studio i coefficienti adottati sono esposti nella seguente figura:






Categoria veicolare		Coefficiente di equivalenza
	Moto	0,5
	Leggeri (legg)	1,0
	Comm.	1,5
	Autocarro (ac)	2,5
	Autoarticolati (art)	3,0

Figura 5 – Coefficienti di equivalenza adottati per il calcolo dei Veicoli equivalenti

Quindi genericamente si ha:

$$V_{eq} = V_{moto} * 0.5 + V_{legg} + V_{comm} * 1.5 + V_{ac} * 2.5 + V_{art} * 3 \quad (1)$$

In data 28/01/2019 è stato effettuato il rilievo del traffico attuale in corrispondenza dell'intersezione tra via G. Garibaldi e la SP255, come mostrato in Figura2 e in Figura6.

Sono stati contati nell'ora di punta 7:15- 8:15 i veicoli transitanti nei diversi sensi di marcia (verso Ovest = verso Nonantola; verso Est = verso S. Agata Bo.) e con suddivisione in rispetto di quanto detto in precedenza.

Il traffico veicolare rilevato sulla SP255, al netto dei veicoli in uscita e in entrata in via G. Garibaldi, è descritto nella tabella seguente:

Tabella 1 – Rilievo su SP 255

RILIEVO TRAFFICO	Ora Punta 7.15-8.15 - (28/01/2019)							
	Strada	Direzione	Moto	Veic. Leggeri	Veic. Commerciali	Autocarri	Autoarticolati	Veq
SP 255	Verso Est		0	168	15	0	0	190.5
	Verso Ovest		1	225	15	4	0	258
	TOT		1	393	30	4	0	448.5

Il traffico veicolare rilevato all'intersezione di via G. Garibaldi e SP255 è il seguente, suddiviso nei sensi di marcia:

Tabella 2 – Rilievo su via G. Garibaldi

RILIEVO TRAFFICO	Ora Punta 7.15-8.15 - (28/01/2019)								
	Strada	Direzione	Moto	Veic. Leggeri	Veic. Commerciali	Autocarri	Autoarticolati	Veq	% sul tot
Via G. Garibaldi	Entrata da Est		0	2	0	0	0	2	31%
	Entrata da Ovest		0	3	1	0	0	4.5	69%
	Entrata TOT		0	5	1	0	0	6.5	15%
	Uscita verso Est		0	4	1	0	0	5.5	15%
	Uscita verso Ovest		0	30	1	0	0	31.5	85%
	Uscita TOT		0	34	2	0	0	37	85%
	TOT		0	39	3	0	0	43.5	



Figura 6 – Vista aerea dell'intersezione analizzata

Nel comparto residenziale attualmente esistente di via G. Garibaldi non sono stati rilevati veicoli pesanti (autocarri e autoarticolati), mentre il rapporto tra veicoli commerciali rilevati



e veicoli leggeri è 0.077. Nel calcolo dei veicoli equivalenti attratti e generati dai comparti residenziali si tiene quindi conto solo dei veicoli leggeri e commerciali.

Nel complesso si ha un traffico rilevato come descritto dalla tabella che segue:

**Tabella 3 – Rilievo totale: (Tabella 1 + Tabella2)**

RILIEVO TRAFFICO	Ora Punta 7.15-8.15 - (28/01/2019)						
	Direzione	Moto	Veic. Leggeri	Veic. Commerciali	Autocarri	Autoarticolati	Veq
TOT	TOT verso Est	0	175 (40%)	17 (51%)	0	0	200.5
	TOT verso Ovest	1	257 (60%)	16 (49%)	4 (100%)	0	291.5
	<b>TOT</b>	<b>1</b>	<b>432</b>	<b>33</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>492</b>

I dati di Figura 4 sono aggiornati al 2009, quindi antecedenti alla realizzazione della Tangenziale di Nonantola la cui ultimazione è del 2014. Si ritiene ragionevolmente che sia per tale motivo che valori di Veicoli equivalenti siano significativamente superiori, come risultano anche i valori dei veicoli pesanti transitati, pressochè nulli nel rilievo del 2019.

---

### 3. SCENARIO ANTE-OPERAM

---

Come accennato in precedenza, al fine di calcolare un impatto su un traffico realisticamente plausibile che consideri "a regime" lo scenario Ante-Operam e valutare l'incidenza veicolare nel rispetto della successione delle pianificazioni adottate, si considera il traffico veicolare dello scenario Ante-Operam come la somma del traffico rilevato nel 2019 e la stima del traffico indotto dal PP-C2.

La metodologia adottata per stimare il numero di veicoli equivalenti introdotti nel traffico nelle ore di punta per l'area PP-C2 utilizza i dati abitativi della Tabella 4 e segue le seguenti ipotesi:

#### IPOTESI

1. Il numero degli alloggi potenzialmente esistenti nella completa edificazione è il minimo previsto, con eccezione dell'edificio 14 che, nel rilievo effettuato, presenta 10 alloggi. Tale assunzione è atta a massimizzare il numero di abitanti potenzialmente possessori di autoveicolo, il conteggio è pari a 129 alloggi.
2. Per ogni alloggio si considera un numero di inquilini medio di 2.7 persone (ipotizzato considerando una media di SU=70 mq per alloggio) ridotto del 37.5% per considerare solo la popolazione avente età compresa tra i 14 e 65 anni (dati ISTAT);
3. Gli abitanti che si recano a svolgere attività giornaliere (lavoro, studio o altro) si considerano tutti in viaggio nelle due ore 7:00 – 9:00, scenario descritto dalla Figura3, quindi si considera il 56.2% dei veicoli leggeri indotti concentrato nella fascia oraria tra le 7:15 e le 8:15 come illustrato nel Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Nonantola;
4. Della popolazione rimanente, il 17% non è in viaggio, della rimanente l'89.9% utilizza l'auto e il 4.9% utilizza la moto (dati ASSTRA-ANAV-ISFORT per comuni di 10'000/50'000 abitanti);
5. I veicoli commerciali indotti vengono conteggiati come il 7.7% dei veicoli leggeri stimati, come da Tabella 2, quindi vale la seguente equazione:  $V_{eq} = V_{legg} + V_{moto} * 0.5 + V_{legg} * 0.077 * 1.5$ ;

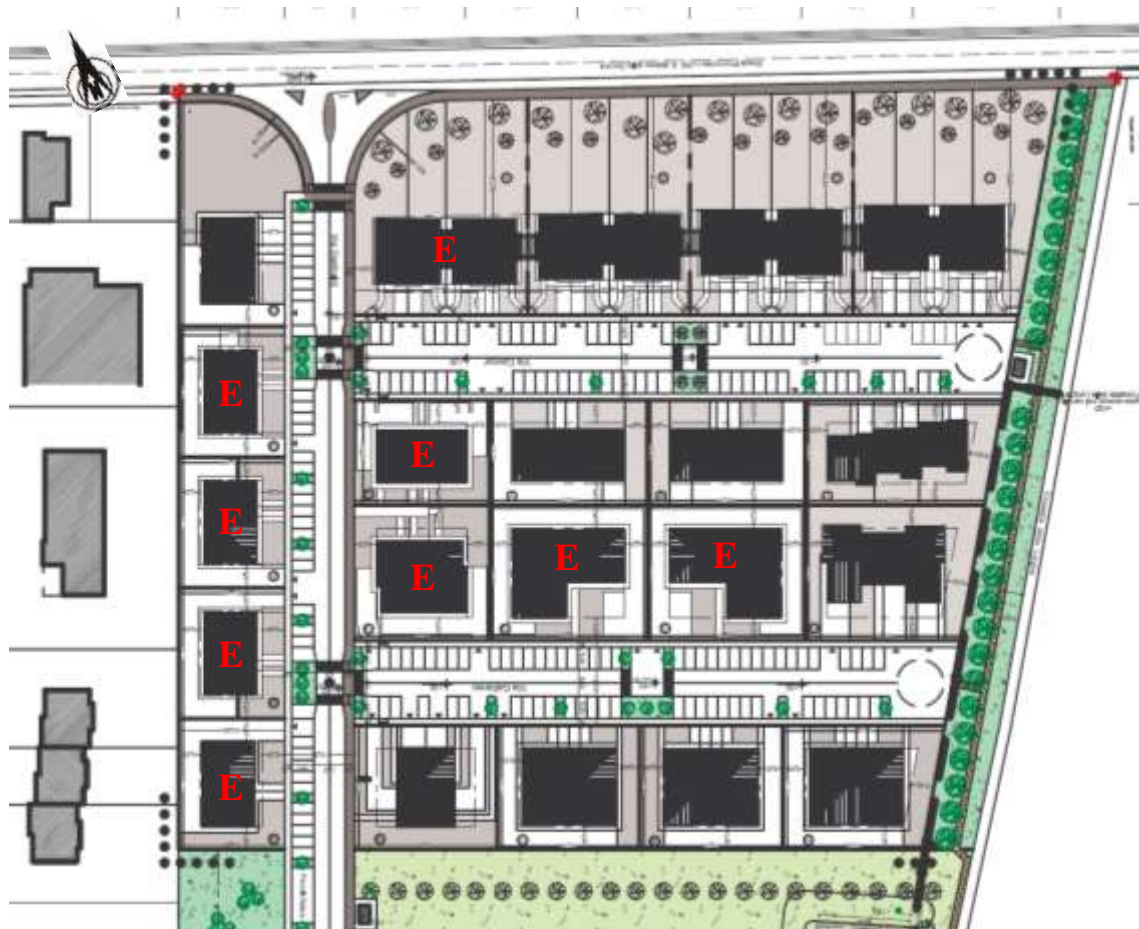


Figura 7 - Planimetria del PPIP secondo le NTA - Giugno 2010 (E = edificio esistente)

Di seguito viene illustrata la planimetria del PIPP – comparto C2 “Le Larghe” e la tabella della descrizione degli alloggi previsti dalla pianificazione con il dettaglio degli edifici già esistenti.

**Tabella 4 - Parametri Urbanistici del P.P.I.P comparto C2 "Le Larghe" ai sensi dell'Art.8 NTA. In riquadro rosso gli edifici già esistenti ma parzialmente abitati.**

**PARAMETRI URBANISTICI**

NUMERO LOTTO	S.F. MQ	S.U. MQ	U.F. SU/SF	N. PIANI	H.MAX AMM.	H. PROG.	N. Alloggi	TIPOLOGIA
1	2059	240	0,116	PT+2P+SOTT.	10,50	6,00	3-6	Sing. Abb. Cond.
2	1773,50	240	0,135	PT+2P+SOTT.	10,50	6,00	3-6	Sing. Abb. Cond.
3	1745,50	240	0,137	PT+2P+SOTT.	10,50	6,00	3-6	Sing. Abb. Cond.
4	1740,95	300	0,172	PT+2P+SOTT.	10,50	6,00	3-6	Sing. Abb. Cond.
7	985,31	374,08	0,379	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	4-8	Sing. Abb. Cond.
8	822,50	440	0,535	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	8-10	Sing. Abb. Cond.
9	822,50	440	0,535	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	8-10	Sing. Abb. Cond.
10	705,00	410	0,581	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	6-8	Sing. Abb. Cond.
11	1114,31	370	0,332	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	6-8	Sing. Abb. Cond.
12	1050,00	540,70	0,515	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	10-12	Sing. Abb. Cond.
13	1050,00	540,70	0,515	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	10-12	Sing. Abb. Cond.
14	900,00	470	0,522	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	8-10	Sing. Abb. Cond.
15	921,32	480	0,550	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	8-10	Sing. Abb. Cond.
16	871,75	480	0,550	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	8-10	Sing. Abb. Cond.
17	871,75	480	0,550	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	8-10	Sing. Abb. Cond.
18	871,75	353,62	0,405	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	4-8	Sing. Abb. Cond.
19	686,76	306,38	0,446	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	6-8	Sing. Abb. Cond.
20	686,76	306,38	0,446	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	6	Sing. Abb. Cond.
21	686,76	306,38	0,446	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	6	Sing. Abb. Cond.
22	686,76	306,38	0,446	PT+3P+SOTT.	12,50	9,50	6	Sing. Abb. Cond.
23	1194,18	308,38	0,256	PT+2P+SOTT.	10,50	9,50	5-8	Sing. Abb. Cond.
<b>TOTALE</b>	<b>22302,74</b>	<b>7931</b>	<b>0,355</b>				<b>129</b>	<b>131-174</b>

Considerando la completa potenzialità edificatoria del comparto PP-C2 si ha quindi il seguente impatto veicolare:

**Tabella 5 - Calcolo dell'impatto veicolare del PP-C2**

Comparto	N° Alloggi	m <sub>q</sub> med/alloggio	Veq/h
PP-C2	131	65	106.7

I veicoli equivalenti indotti dalla realizzazione del comparto PP-C2 è di 106.7 Veq/h.

Per ottenere il numero di veicoli in viaggio nell'ora di punta nello scenario attuale Ante-Operam si sommano quindi gli apporti di Veq totali di Tabella 1 con i Veq di Tabella 5:

Tabella 6 – Veicoli equivalenti totali in transito nell'ora di punta nello scenario ANTE-OPERAM

	Veq/h
<b>Veq tot PP-C2</b>	106.7
<b>Veq Ril.SP255</b>	448.5
<b>Tot ANTE - OPERAM</b>	555.2

I veicoli equivalenti che transitano nell'intersezione tra via G. Garibaldi e la SP255 nell'ora di punta allo stato attuale di pianificazione urbanistica, scenario ANTE-OPERAM, sono circa 555.2 Veq/h.

### 3.1. VALIDAZIONE DEL METODO ADOTTATO DELLA STIMA DEL TRAFFICO INDOTTO

Per quanto concerne il PP-C2, come detto in precedenza, si sottolinea nuovamente che nella stima del traffico indotto sono stati calcolati i veicoli afferenti alla completa edificazione e occupazione degli alloggi.

Tuttavia di tale urbanizzazione, alcuni edifici sono già esistenti e la maggior parte degli alloggi è effettivamente occupato. I dati reali del traffico indotto da tali abitazioni, è descritto dal rilievo 2019 di via G. Garibaldi di Tabella 2.

In Figura7 si illustrano, da foto aerea, gli edifici esistenti con relativa numerazione, che trova corrispondenza in Tabella 4 e 7. Al fine di effettuare una validazione del metodo adottato per la stima dei veicoli dei comparti residenziali ancora non realizzati, si è proceduto in un primo momento a verificare in sito la quantità delle abitazioni non occupate per ridurre correttamente la stima dei veicoli indotti da tale porzione del PP-C2 già esistente, e condurre così un confronto con il rilievo del traffico in via G. Garibaldi.

Tabella 7 – Dai di occupazione degli alloggi rilevati in data 28/01/2019

N°Lotto	Alloggi TOT Rilevati	Alloggi Occupati
<b>4</b>	3	1
<b>10</b>	6	5
<b>12</b>	10	7
<b>13</b>	10	9
<b>14</b>	10	10
<b>19</b>	6	6
<b>20</b>	6	6
<b>21</b>	6	6
<b>22</b>	6	6
<b>Tot</b>	63	56

Si tratta quindi di 63 alloggi di cui solo 56 occupati, secondo il criterio descritto in precedenza si trova, svolgendo gli opportuni calcoli, che il numero di veicoli equivalenti indotti è di 45.6. Si tratta quindi di una piccola sovrastima (+5%) rispetto al traffico rilevato (Tabella 2), tale aspetto è ragionevolmente causato dalle ipotesi adottate che tuttavia portano ad un risultato cautelativo al fine delle considerazioni sulla mobilità che incide sull'intersezione tra SP255 e via G. Garibaldi.

Nella figura seguente si illustrano gli edifici già edificati nel PP-C2.



Figura 8 - Edifici già esistenti il cui apporto al traffico è incluso nel rilievo 2019, la numerazione è relativa agli edifici descritti in Tabella7

#### 4. STIMA DEI FLUSSI DI TRAFFICO INDOTTO: SCENARIO POST-OPERAM

La metodologia adottata per stimare il numero di veicoli equivalenti introdotti nel traffico nelle ore di punta per l'area PUA-C3 adotta le ipotesi illustrate nel Cap 3 con riferimento ai dati urbanistici dell'area in oggetto della seguente Tabella 8:

**Tabella 8 - Parametri Urbanistici del PUA-C3 "Ex-Cantina Sociale"**

Proprietà BORSARI	RIPARTIZIONE SU / STANDARD PRIVATO					PARCHEGGI PERTINENZIALI	
	SF	SC		N° PIANI Fuori Terra	N° ALLOGGI	Art. 11 NTA del PRG 1,5 p.a. Abitazione	
	mq	mq	FUNZIONE			p.a.	mq
A	620	180	a.1	2	1	2	33
B	670	180	a.1	2	1	2	33
C	614	180	a.1	2	1	2	33
D	797	180	a.1	2	1	2	33
E	1.040	617	a.1	3	6	9	198
F	970	380	a.1	3	4	6	132
G	1.430	550	a.1	3	6	9	198
H	1.758	550	a.1	3	6	9	198
I	970	380	a.1	3	4	6	132
L - Area comune ai lotti F-G-H-I	1.062						
<b>TOTALE GENERALE</b>	<b>9.931</b>	<b>3.197</b>			<b>30</b>	<b>45</b>	<b>990</b>

**Tabella 9 - Calcolo dell'impatto veicolare del PUA-C3**

Comparto	N° Alloggi	mq <sub>med</sub> /alloggio	Veq/h
PUA-C3	30	133	24.4

L'impatto assoluto sul traffico indotto dalla realizzazione del comparto PUA-C3 è di circa 24.4 Veq/h. Tali veicoli, nel progetto attualmente previsto, si considerano totalmente sversati in SP255 attraverso via G. Garibaldi.

Per ottenere il numero di veicoli in viaggio nell'ora di punta nello scenario attuale Post-Operam si sommano quindi i gli apporti di Veq Ante-Operam di Tabella 6 con i Veq PUA-C3 di Tabella 7:

**Tabella 10 – Veicoli equivalenti totali in transito nell'ora di punta nello scenario POST-OPERAM**

	Veq/h
Veq tot PUA-C3	24.4
Tot ANTE - OPERAM	555.2
Tot POST - OPERAM	579.6

Quindi la stima del traffico veicolare complessivo POST-OPERAM sull'intersezione tra SP255 e via G. Garibaldi vale 579.6 Veq/h.

---

#### 4.1. CONSIDERAZIONI DELL'IMPATTO STIMATO SULLA SITUAZIONE ATTUALE: ANTE-OPERAM VS. POST-OPERAM

---

Di seguito, in Tabella 9 si propongono gli aspetti salienti derivanti dal confronto dell'impatto stimato del PUA-C3 rispetto allo scenario ANTE-OPERAM, inoltre si propongono confronti tra i rilievi e le stime parziali che possono destare interesse nelle valutazioni generali sulla viabilità di via G. Garibaldi e SP255.

La realizzazione del PUA-C3, in condizioni di PP-C2 totalmente insediato, comporta quindi un aumento assoluto del traffico di 24.4 Veq/h sull'SP255 pari al 4.4% relativamente allo scenario Ante-Operam, mentre l'aumento relativo alla sola via G. Garibaldi ammonta al 22.9% in Veq/h.

Preme sottolineare che quindi l'impatto maggiore è indotto dall'insediamento del PP-C2, che comporta la realizzazione di 131 alloggi contro i 30 del PUA-C3. Infatti l'aumento assoluto apportato da tale pianificazione è di 106.7 Veq/h e considerando i due interventi autonomamente gli impatti sono del 145.2% su via G. Garibaldi e 12.8% sulla SP255 per il PP-C2, e del 56.2% su via G. Garibaldi e 5.0% sulla SP255 per il PUA-C3.

Tali aumenti percentuali su via G. Garibaldi possono apparire molto grandi, tuttavia è bene ribadire sono causati dallo scarso insediamento attuale.

Ripartendo la stima del traffico totale calcolato in via G. Garibaldi, nei sensi di marcia di entra e uscita e mantenendo le proporzioni rilevate presenti in Tabella 2 si ha che l'aumento dovuto dal solo PUA-C3 senza l'insediamento completo del PP-C2, sulla SP255 è del 2.8% per i veicoli diretti a Est e del 6.5% per i veicoli diretti a Ovest.

Se nel computo si valuta anche l'apporto del PP-C2, quindi scenario Post-Operam, gli aumenti sono del 10.0% per i veicoli diretti a Est e del 23.1% per i veicoli diretti a Ovest. Tali valori sono illustrati in Figura 9.



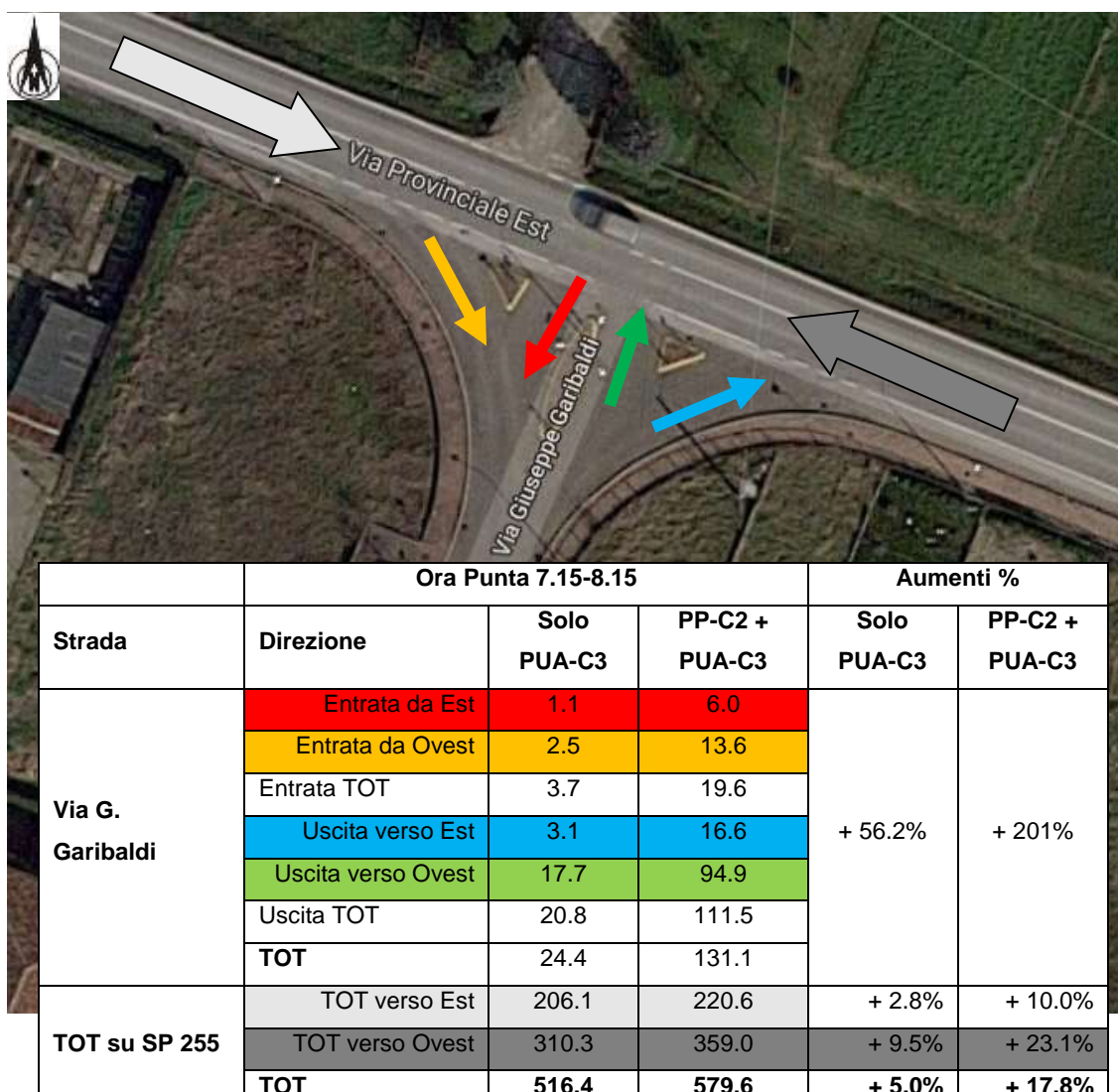


Figura 9 - Traffico totale previsto sulle vie analizzate degli insediamenti non ancora completati rispetto al rilievo effettuato

Infine si confronta la stima di veicoli totali calcolata con la capacità massima della strada ricettrice di tale traffico.

Il traffico stimato totale di 579.6 Veq/h sull'SP255 è significativamente inferiore alla sua capacità massima veicolare da classificazione CdS (classe Cb) che è indicata pari a 600 Veq/h per corsia.

Nella pagina che segue si propone in Tabella 10 il riassunto degli impatti indotti da traffico descritti in aumenti percentuali rispetto agli scenari di confronto

Tabella 11 – Tabella sinottica degli impatti indotti da traffico: Aumenti percentuali degli impatti rispetto agli scenari di confronto

		A	B	C	D	E	F	
		PP-C2(*)	PUA-C3 + Ril G. Garibaldi	PP-C2 + PUA-C3	PUA-C3 + Ril. TOT 2019	Ril. TOT 2019 + PP-C2(*)	Ril. TOT 2019 + PP-C2 + PUA-C3	
	<b>SCENARI DI CONFRONTO</b>	<b>Veq</b>	<b>106.7</b>	<b>67.9</b>	<b>131.1</b>	<b>516.4</b>	<b>555.2</b>	<b>579.6</b>
1	<b>Ril.G.Garibaldi 2019</b>	<b>43.5</b>	+ 145%	+ 56.2%	+ 201%			
2	<b>Ril.TOT 2019</b>	<b>492.0</b>				+ 5%	+ 12.8%	+ 17.8%
3	<b>Ril. TOT 2019 + PP-C2</b>	<b>555.2</b>						+ 4.4%
4	<b>PP-C2(*)</b>	106.7			+ 22.9%			

(\*) N.B. nella stima concernente il comparto PP-C2 sono già inclusi i veicoli del rilievo di via G.Garibaldi, quindi in caso di somma con Ril.TOT 2019 si sommano solo i veicoli rilevati in SP255.

Dove:

A1 – Aumento del traffico dovuto al completo insediamento del PP-C2 su via G. Garibaldi con insediamento attuale del PP-C2;

B1 – Aumento del traffico dovuto al completo insediamento del PUA-C3 su via G. Garibaldi con insediamento attuale del PP-C2;

C1 – Aumento del traffico dovuto al completo insediamento del PP-C2 e PUA-C3 su via G. Garibaldi con insediamento attuale del PP-C2;

D2 – Aumento del traffico dovuto al completo insediamento del PUA-C3 su SP255 con insediamento attuale del PP-C2, ovvero rispetto allo stato attuale (Ril.2019 TOT);

E2 – Aumento del traffico dovuto al completo insediamento del PP-C2 su SP255 con insediamento attuale del PP-C2, ovvero rispetto allo stato attuale (Ril.2019 TOT);

F2 – Aumento del traffico dovuto al completo insediamento del PP-C2 e PUA-C3 con insediamento attuale del PP-C2, ovvero rispetto allo stato attuale (Ril.2019 TOT);

F3 – Aumento del traffico dovuto al completo insediamento del PUA-C3 rispetto al completo insediamento del PP-C2, ovvero ANTE-OPERAM vs POST-OPERAM;

C4 - Aumento del traffico dovuto al completo insediamento di PUA-C3 rispetto al traffico su via G. Garibaldi con insediamento completo del PP-C2.

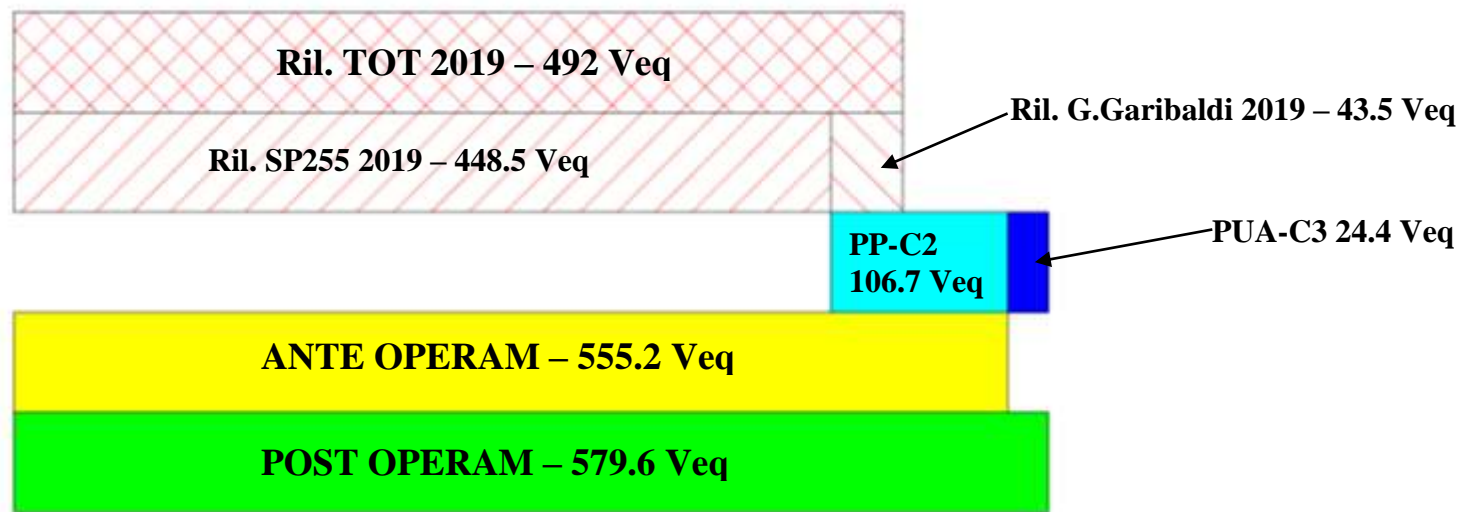


Figura 10 – Schema a blocchi delle componenti di impatto di traffico,

NB: si ribadisce che lo scenario Ante-Operam, è descritto dallo stato di traffico attuale (RilTOT 2019 + l'impatto causato dal PP-C2 che deve essere ancora completato, lo scenario Post-Operam descrive tutti i veicoli che circoleranno nel complesso a urbanizzazione completata.

Di seguito per completezza si propongono le stime dei veicoli Leggeri, Commerciali e Moto previste negli impatti. Essi sono stati stimati secondo le HP del capitolo 3, i Veq sono stati calcolati secondo la formula (1) del Capitolo 2.1.

Tabella 12 - Stima dei Veicoli divisi per tipologia di massa

	Vlegg	Vcomm	Vmoto	Veq
PP-C2	95.6	7.4	0.2	106.7
PUA-C3	21.9	1.7	0.05	24.4
PP-C2 + PUA-C3	117.4	9.0	0.25	131.1

---

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

---

È stato valutato l'impatto del traffico indotto dalla proposta insediativa del Progetto Urbanistico Attuativo del Piano Particolareggiato d'iniziativa privata concernente l'area denominata C3 "Ex Cantina Sociale" sita in Nonantola tra via G. Garibaldi e la SP 255.

L'analisi condotta porta alla quantificazione dei veicoli generati ed attratti **rispetto allo stato attuale, e lo scenario urbanistico "a regime" definito Ante-Operam**. Esso è frutto dell'integrazione di un rilievo in sito del traffico effettivo aggiornato a Gennaio 2019 e una stima del traffico indotto dalla completa realizzazione e insediamento del PPIP comparto C2 "Le Larghe". L'ora di punta giornaliera individuata è, in accordo con quadro conoscitivo del PSC del Comune di Nonantola tra le **7:15 e 8:15**.

La natura del progetto è residenziale, si rilevano quindi perlopiù impatti concernenti i veicoli leggeri. È stata affrontata anche una fase di validazione del metodo di calcolo che ha rilevato una sovrastima del traffico reale del 5%. Tale valore è indice di una buona approssimazione del metodo che risulta essere ragionevolmente cautelativo.

La realizzazione del PUA-C3 comporta un aumento assoluto del traffico di 24.4 Veq/h pari al 4.4% relativamente allo scenario Ante-Operam, mentre l'aumento relativo alla sola via G. Garibaldi ammonta al 22.9% in Veq/h considerando l'urbanizzazione pregressa PP-C2 ultimata e completamente insediata.

Confrontando il numero di veicoli equivalenti complessivo, nelle ore considerate, con la capacità di assorbimento delle strade analizzate, descritta dalla classificazione funzionale secondo CdS ai sensi del D.M.11/05/2001, non si rilevano criticità nella mobilità attuale.

A disposizione per ulteriori chiarimenti cogliamo l'occasione per porgere distinti saluti.

**Modena, 07 Marzo 2019**

**Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**



# Comune di Nonantola

## Provincia di Modena

### RELAZIONE IDRAULICA



Oggetto:

RELAZIONE IDRAULICA INERENTE AL PUA DELLA  
VARIANTE PRG 1/2019 DI VIA PROVINCIALE EST NEL  
COMUNE DI NONANTOLA (MO)



Dott. Geologo Pier Luigi Dallari

**MARZO 2019**

**Rif. 55/19**



**GEO GROUP s.r.l.** P.IVA 02981500362  
Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41123 Modena  
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5960176  
info@geogroupmodena.it - www.geogroupmodena.it







**GEO GROUP s.r.l.** P.IVA 02981500362  
Sede Legale: Via C. Costa, 182 - 41123 Modena  
Uffici: Via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/3967169 Fax. 059/5332019  
info@geogroupmodena.it - www.geogroupmodena.it



## RELAZIONE IDRAULICA INERENTE AL PUA DELLA VARIANTE PRG 1/2019 DI VIA PROVINCIALE EST NEL COMUNE DI NONANTOLA (MO)



**Marzo 2019**

**Rif. 55/19**





---

## Sommario

1. PREMESSA .....	3
2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO DELL'AREA.....	4
2.1 RIFERIMENTI NORMATIVI DI CARATTERE IDRAULICO .....	12
3. VALUTAZIONE DELLE MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA' .....	23
3.1. RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO, A LIVELLO DI CONSORZIO .....	24
3.2. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE DEL RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA "RSP" .....	25
3.3. CALCOLO DEL VOLUME DELLE PRECIPITAZIONI MEDIE ANNUE (V) .....	27
3.4. PORTATA MEDIA ANNUA NATURALE .....	27
3.5. CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA.....	28
3.6. STIMA DEL LIVELLO DI PIENA IN CORRISPONDENZA DELL'AREA D'INTERESSE .....	31
4. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA.....	35
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	41

---

## 1. PREMESSA

Su incarico della proprietà ed in accordo con il tecnico progettista, nel mese di Gennaio 2019 è stato eseguito il presente studio idraulico a supporto della progettazione del PUA della variante PRG 1/2019 di via Provinciale Est nel comune di Nonantola (NO) (*figure 1.1 e 1.2*).

Scopo del lavoro è stato quello di verificare, da un punto di vista idraulico, la fattibilità dell'intervento in progetto.

3



Fig. 1.1 – Ubicazione su scala generale dell'area d'interesse – tratta da Google Earth.



Fig. 1.2 – Ubicazione su scala di dettaglio dell'area d'interesse – tratta da Google Earth.

La presente relazione è stata eseguita in conformità a quanto prescritto dalla Delibera Regionale **GPG/2016/1405 del 01/08/2016 "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni con particolare riguardo alla pianificazione di emergenza, territoriale ed urbanistica, ai sensi dell'art. 58 dell'Elaborato n. 7 (Norme di Attuazione) e dell'art. 22 dell'Elaborato n. 5 (Norme di Attuazione) del "Progetto di Variante al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) e al Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del Delta del fiume Po (PAI Delta)", adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po, con deliberazione n. 5 del 17/12/2015"**.

L'ubicazione dell'area di interesse è inquadrata nella CTR 202\_SO "Nonantola" ed è illustrata nella "Carta corografica in scala 1:25.000", nella CTR 202090 "Nonantola" nella "Carta topografica in scala 1:10.000" e nella "Carta topografica in scala 1:5.000".

---

## **2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOLOGICO DELL'AREA**

---

L'area d'interesse è ubicata nell'immediata periferia nord rispetto al nucleo abitativo centrale del Comune di Nonantola (MO) e ricade ad una quota topografica di circa **24.5 m s.l.m.**

Come visibile nella successiva **figura 2.1**, l'area di interesse risulta individuata all'interno dell'Unità di **Paesaggio 9 - Media pianura di Nonantola e Nord di Castelfranco Emilia**.

È caratterizzata dalla presenza del dosso principale parallelo al fiume Panaro, su cui si trova l'abitato di Nonantola e da vari dossi di ordine secondario con andamento parallelo.

Gli elementi particolari di caratterizzazione del paesaggio sono variamente determinati e si possono individuare nella persistenza delle tracce riconoscibili della struttura centuriata, la viabilità principale poderale e interpoderale, i canali di scolo disposti lungo gli assi principali della centuriazione, i tabernacoli agli incroci degli assi, le case coloniche, le piantate e i relitti di filari di antico impianto orientati secondo la centuriazione.

La vegetazione spontanea è limitata a elementi isolati (alberi, siepi, ecc.) ubicati prevalentemente in corrispondenza dei limiti dei campi e lungo le strade poderali. Alcuni interventi di ripristino ambientale sono stati effettuati con creazione di un rimboschimento e zona umida nella località Manzolino, che si presenta di notevole interesse dal punto di vista ambientale. La zona umida risulta particolarmente interessante per la fauna ornitica di passo e stanziale. All'interno della U.P. è presente una particolare tipologia di paesaggio agrario di impianto storico, costituita dalla partecipazione di Nonantola. Si tratta di un ambito del territorio provinciale che presenta i caratteri riconoscibili della singolare formazione storica costituita dalla Partecipanza. Essa si distingue per la gestione dei terreni storicamente di tipo comunitario (appunto dei "partecipanti"), analogamente alle vicine aree bolognesi. L'area è ben riconoscibile per la maglia poderale nettamente distinta dal territorio circostante. Negli ultimi anni sono stati effettuati interventi di rimboschimento, utilizzando specie tipiche dei boschi planiziali e specie pioniere (come salici) e interventi di recupero ambientale con realizzazione anche di una zona umida. Ciò ha contribuito ad aumentare l'interesse naturalistico dell'area. Tra le principali emergenze geomorfologiche si possono citare all'interno del territorio dell'Unità di Paesaggio gli ambiti interessati dal Parco di Villa Sorra e dai Mulini del Dolo (fontanazzi), ubicati nel territorio del Comune di Castelfranco Emilia.

Il sistema insediativo principale è costituito dai centri urbani di Nonantola e Castelfranco Emilia (in parte ricadenti nell'adiacente U.P.15) e da alcuni centri frazionali minori quali le Casette, Redù, La Grande, Golfiera, gravitanti attorno a Nonantola e Panzano, Gaggio e Manzolino ubicati nell'ambito meridionale. L'insediamento rurale è di tipo sparso e consistente ed è caratterizzato dalla presenza diffusa di ville di interesse storico-architettonico (Villa Rossi, Villa Sorra, Villa Beccadella, ecc.). La viabilità storica è a maglie regolari e interessa tutto il territorio.

La Rete idrografica principale e minore è costituita dai canali principali (Canal Torbido, dall'andamento sinuoso e irregolare, e Canale Dolo), secondari (Canale di S.Giovanni e Canal Chiaro) e dai fossati di bonifica.

La maglia poderale presenta caratteri di forte regolarità geometrica. Il paesaggio rurale prevalente è influenzato dalla presenza di strutture edilizie di servizio all'agricoltura quali ricovero/attrezzi e magazzini di primo stoccaggio, che presentano un certo impatto ambientale. L'orientamento produttivo ha un indirizzo prevalente di tipo frutti-viticolo caratterizzato dalla presenza sia di vigneti di tipo tradizionale, sia di impianti per la raccolta meccanica. Sono presenti inoltre colture frutticole, costituite dalle specie arboree più importanti, con prevalenza del pero.

Il territorio della U.P. è principalmente interessato da zone di tutela dell'impianto storico della centuriazione (art. 41B). Sono inoltre presenti ambiti di tutela dei caratteri ambientali dei corsi d'acqua (art. 9), dossi (art. 23A), sistema della viabilità storica (art. 44A), alcuni ambiti di rilevante consistenza archeologica (41A) e il sistema dei terreni interessati dalla Partecipanza di Nonantola (art. 43A).

Per quanto riguarda la litologia di superficie, la consultazione del sito interattivo "**CARG - Emilia Romagna**" ha permesso di individuare il sito di interesse entro:

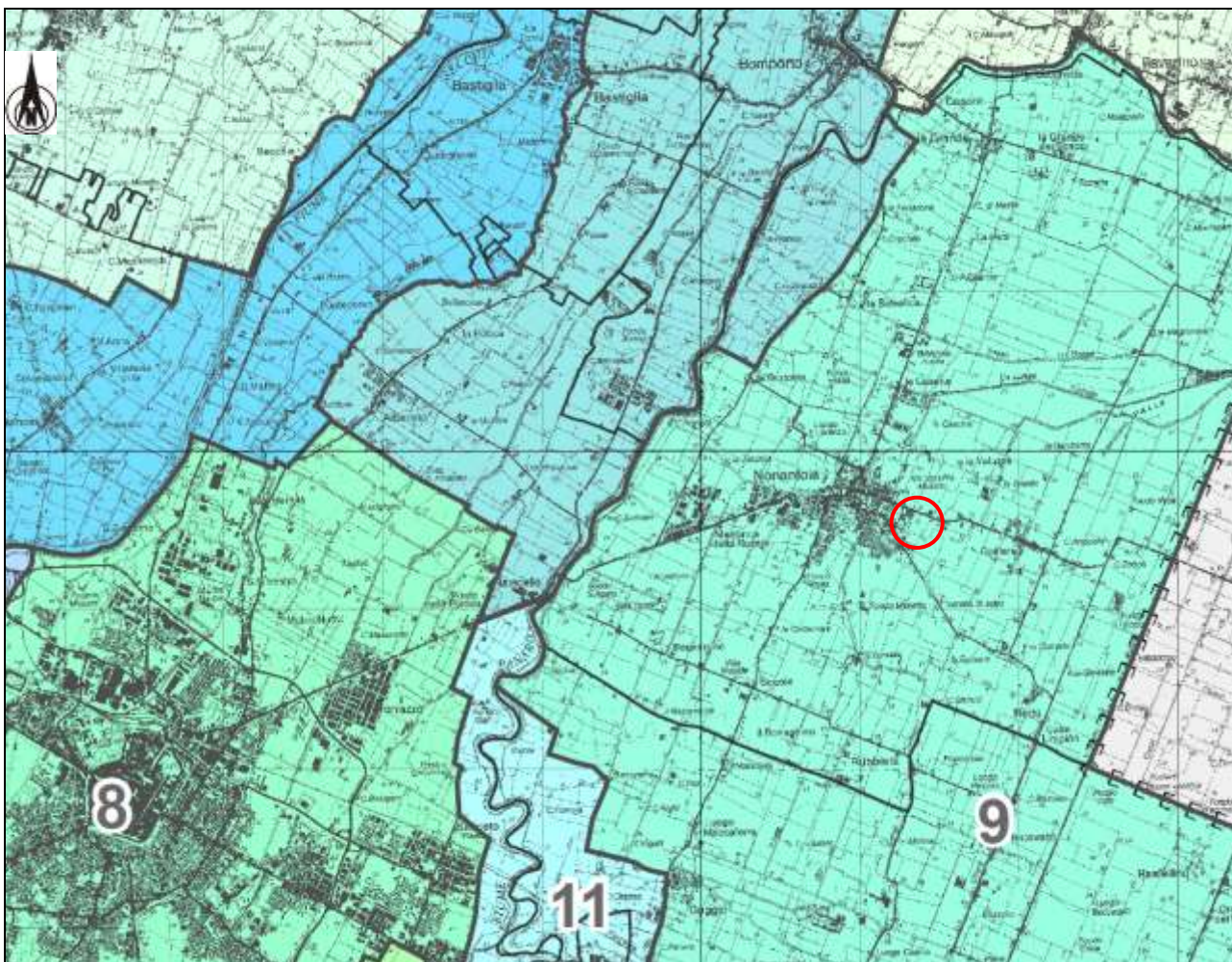
#### **AES8a - Unità ' di Modena**

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo. Potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

Come illustrato nelle immagini che seguono, dal punto di vista idraulico l'area d'interesse è gestita dal Consorzio della Bonifica di Burana (**fig. 2.3**) e appartiene alla cosiddetta area di bonifica "Destra Panaro" (**fig. 2.4**).

L'area d'interesse ricade inoltre in un'area di pertinenza del Bacino delle "Acque Alte" che scolano, mediante il Canale Diversivo di Burana, nel Fiume Panaro, in località S. Bianca.

Localmente i bacini superficiali principali sono suddivisi in microbacini che, tramite una fitta rete di fossi e scoli convogliano i deflussi idrici, relativi alle acque che non si infiltrano nel sottosuolo, nei collettori principali che solcano il territorio.



**Fig. 2.1** – Individuazione dell'area oggetto di studio all'interno della "Carta delle unità di Paesaggio" tratta dal PTCP della Provincia di Modena.

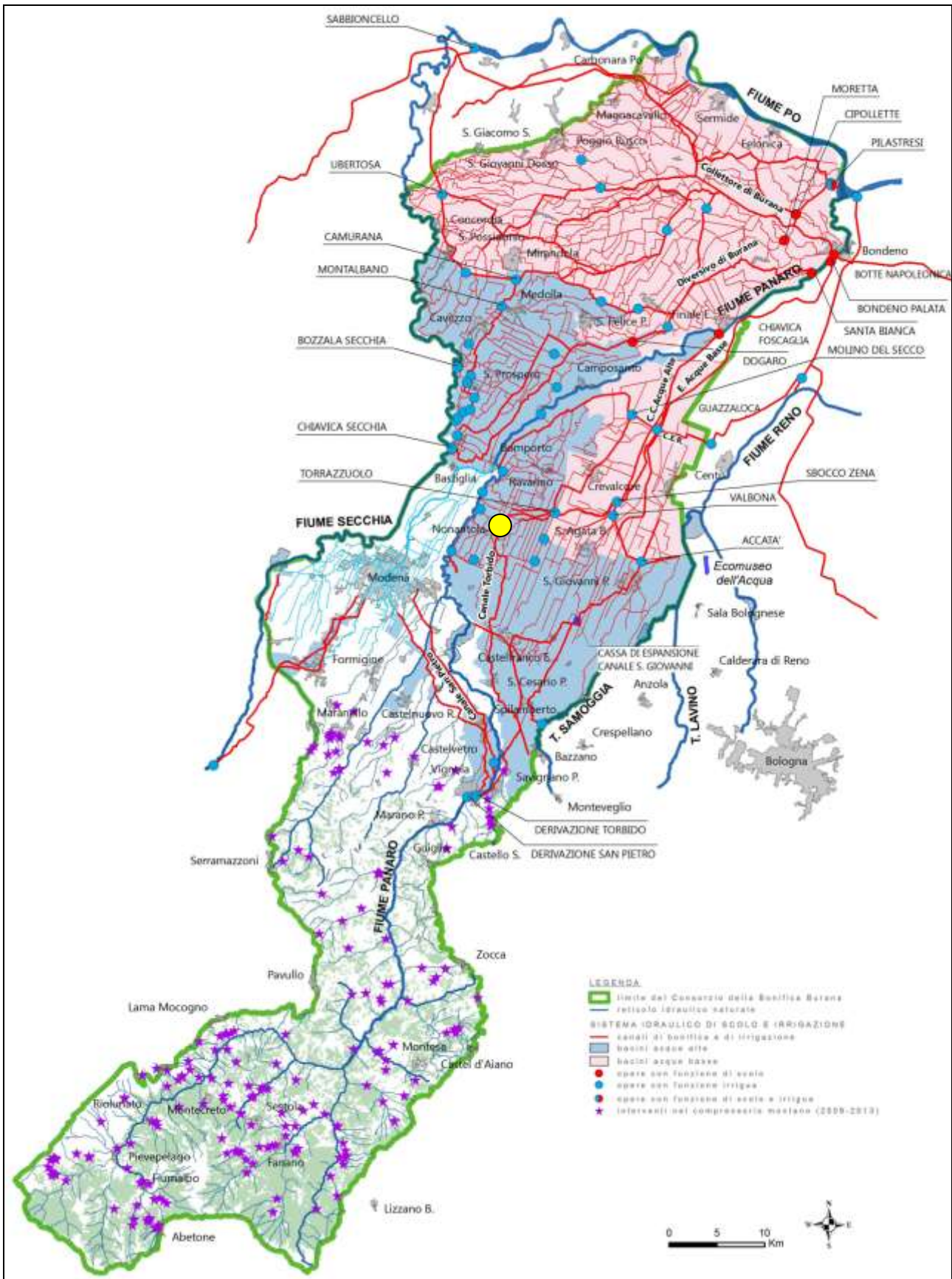


Fig. 2.3 – Carta generale delle aree appartenenti al Consorzio di Bonifica di Burana. Il cerchio giallo indica l'ubicazione dell'area d'interesse

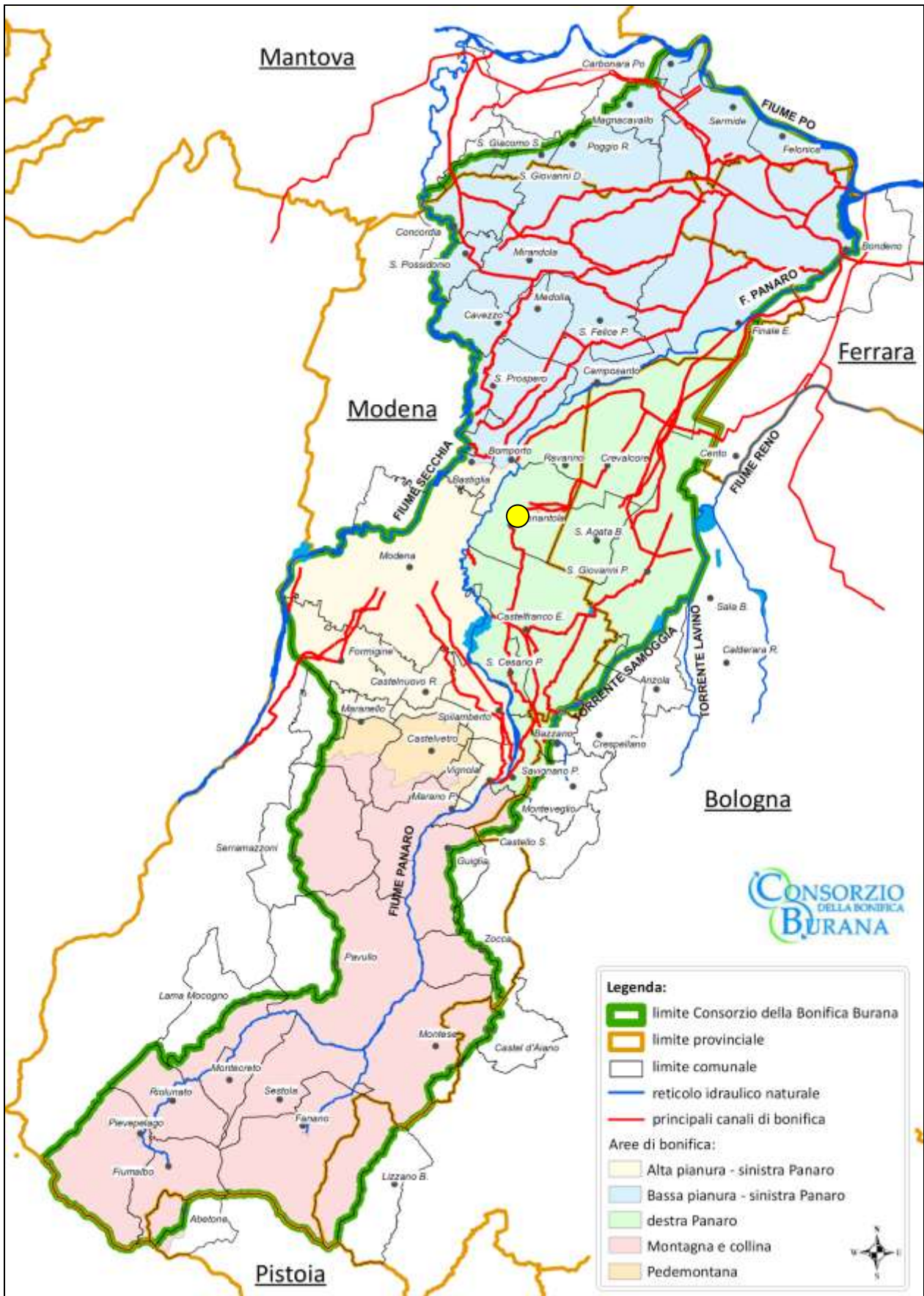


Fig. 2.4 – Carta delle Aree di Bonifica gestite dal Consorzio di Bonifica di Burana. Il cerchio giallo indica l'ubicazione dell'area d'interesse

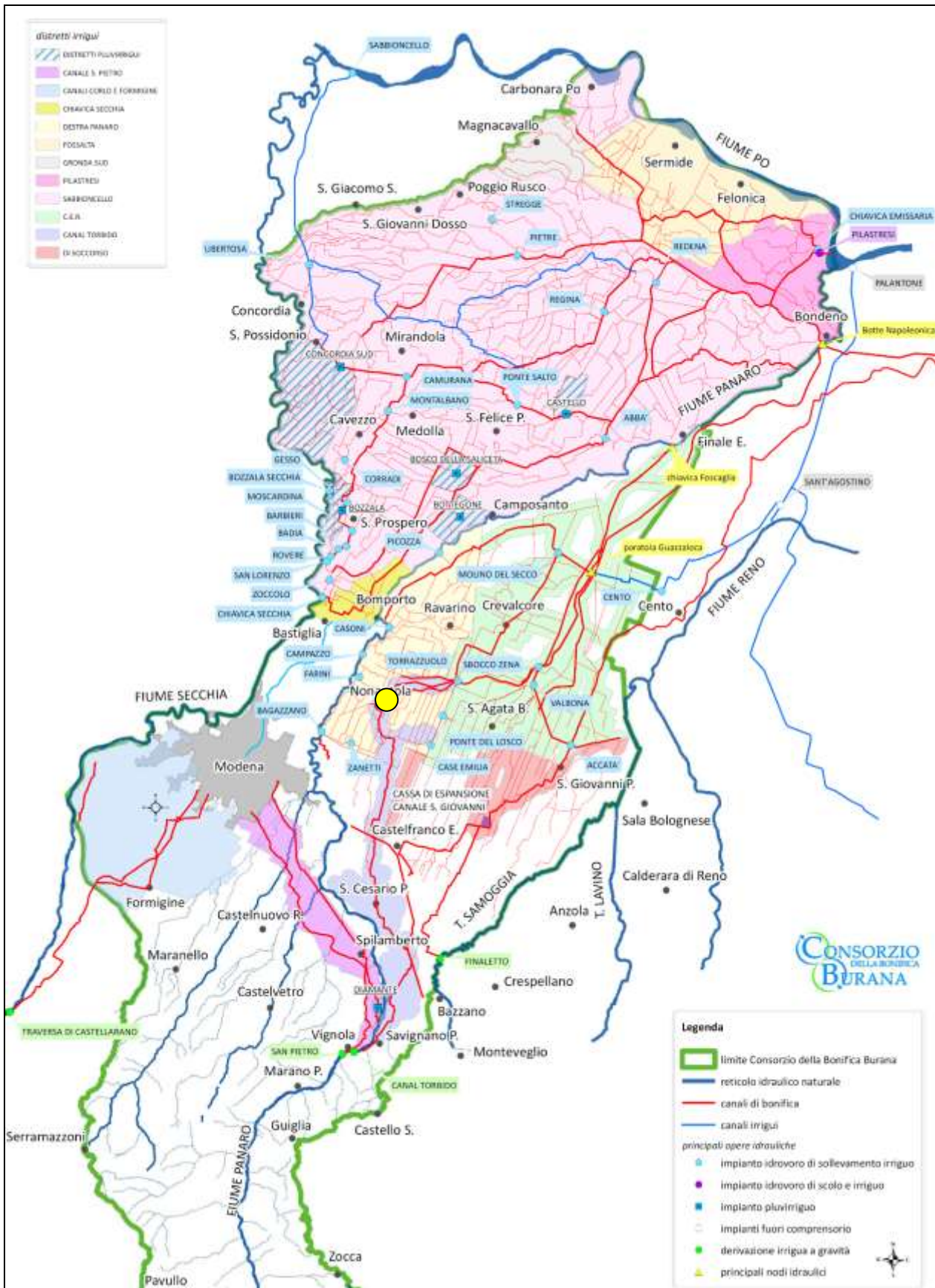
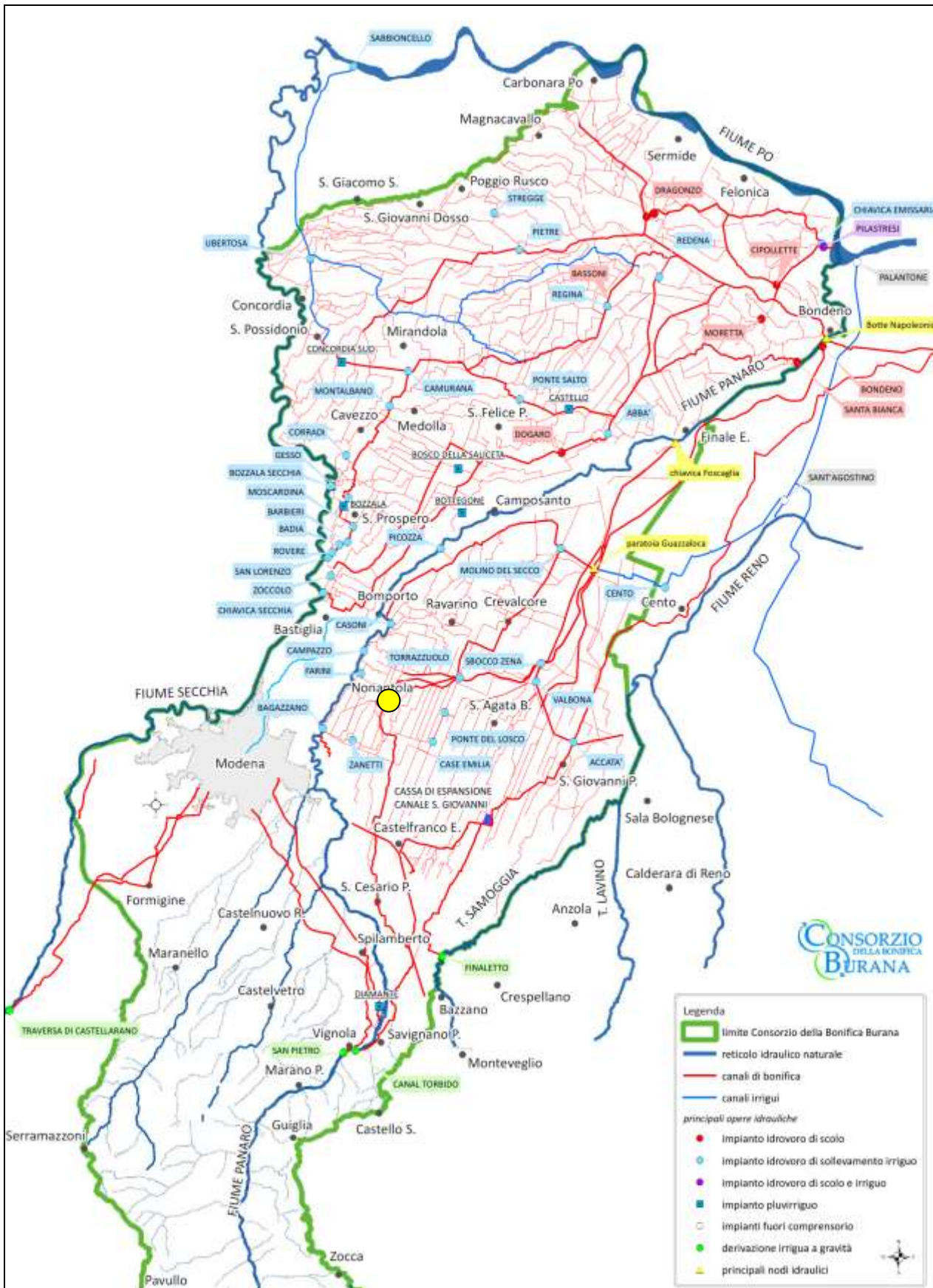


Fig. 2.5 – Carta dei Distretti Irrigui gestiti dal Consorzio di Bonifica di Burana. Il cerchio giallo indica l'ubicazione dell'area d'interesse





**Fig. 2.6** – Carta delle principali opere idrauliche presenti nel territorio del Consorzio di Bonifica di Burana Più nel dettaglio, Gli elementi caratterizzanti il reticolo idrografico sono stati rappresentati nella carta della “Idrografia” superficiale (**Fig. 2.7**, tratta dal PSC del Comune di Nonantola), nella quale

vengono indicati i tracciati dei corsi d'acqua, distinti a seconda degli usi in "irriguo, scolo e promiscuo". Nella carta sono stati inoltre riportati i sottobacini idrografici relativi a ciascun corso d'acqua presente sul territorio comunale, forniti dal Consorzio della Bonifica Burana-Leo-Scoltenna-Panaro.



Fig. 2.7 – Carta idrografica, tratta dal PSC del Comune di Nonantola

Con riferimento alla carta della "Idrografia riportata in **figura 2.7**, si osserva che l'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale è costituita da un sistema di assi drenanti orientati prevalentemente in senso SO-NE e secondariamente est-ovest, nel quale i collettori superficiali più importanti sono costituiti dal Collettore Bosca e dal Collettore Sorgo, in direzione ovest-est e da una serie di fossi minori, in direzione SO-NE.

L'area d'interesse ricade in una zona **allagata il 4-5/09/1966**.

**GEO GROUP SRL - Geologia e Ambiente - [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/82.83.67

UFFICI: Via Per Modena n° 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).

Tel. 059/39.67.169, e\_mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

## 2.1 Riferimenti normativi di carattere idraulico

Dalla consultazione del **PTCP della Provincia di Modena** ed in particolare della **Tavola 2\_3\_01 "Rischio idraulico"** l'area ricade in corrispondenza dell'ambito **A3 "Aree depresse ad elevata criticità idraulica - aree a rapido scorrimento ed elevata criticità idraulica"**.

Il sito rientra dunque entro il limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art. 11 PTCP 2009) come si evidenzia nella sottostante **figura 2.1.1**.

12



Aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica	
	A1 - Aree ad elevata pericolosità idraulica (Art.11)
	A2 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 metro (Art.11)
	A3 - Aree depresse ad elevata criticità idraulica aree a rapido scorrimento ad elevata criticità idraulica (Art.11)
	A4 - Aree a media criticità idraulica con bassa capacità di scorrimento (Art. 11)
	Aree golenali naturali ed artificiali
	Paleodossi di accertato interesse (Art.23A, comma 2, lettera a)
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)
	Fasce di espansione inondabili (Art.9, comma 2, lettera a)
	Limite delle aree soggette a criticità idraulica (Art.11)

**Fig. 2.1.1** – Estratto dalla Tavola 2\_3\_01 del PTCP della Provincia di Modena "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica"

Sono state poi consultate le **"Mappe della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014)"** del **PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni)** con particolare riferimento sia al **Reticolo Principale e Secondario montano (RP\_RSCM)** sia al **Reticolo Secondario di pianura (RSP)**.

Relativamente al **RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA** l'area studiata ricade entro lo scenario di pericolosità "P2 - M: Alluvioni poco frequenti, media probabilità". In relazione al rischio, il sito ricade nella classe di Rischio R1 "Rischio moderato o nullo" (**figure 2.1.2 e 2.1.3**).

Per quanto concerne il **RETICOLO PRINCIPALE E SECONDARIO MONTANO** si può osservare come il sito di interesse rientri nell'ambito di pericolosità "P1 – “Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi”". In relazione al rischio il sito ricade invece nella classe di Rischio R1 "Rischio moderato o nullo" (**figure 2.1.4 e 2.1.5**).

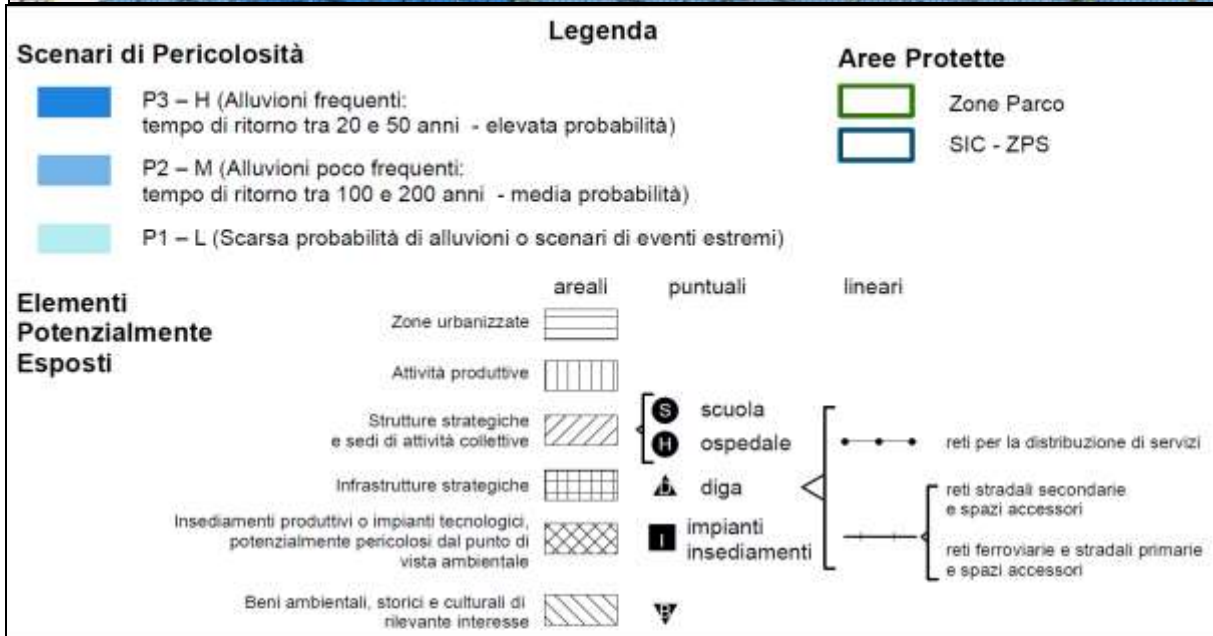
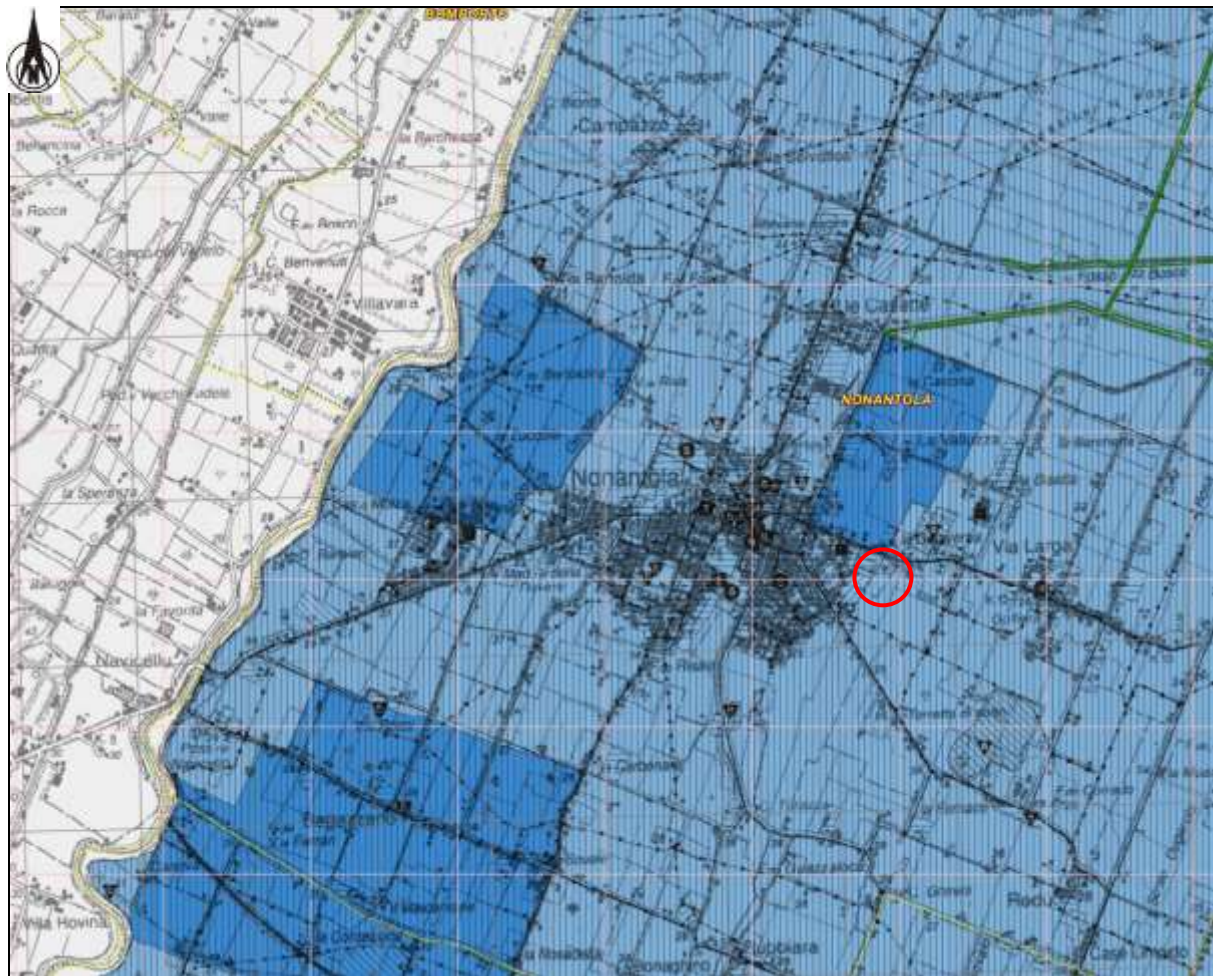


Fig. 2.1.2 – Estratto dalla Mappa della Pericolosità Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Secondario di pianura.

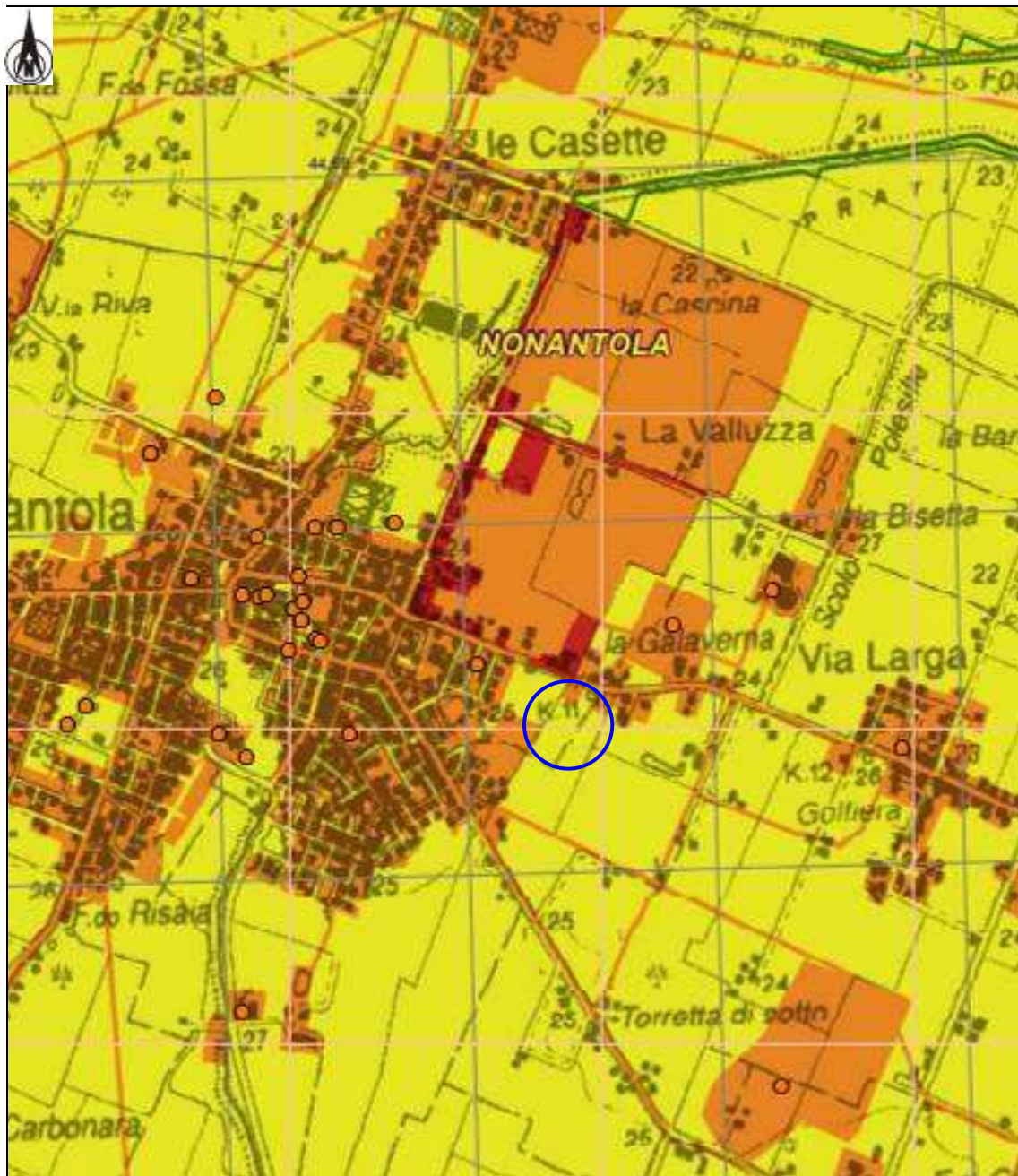


Fig. 2.1.3 – Estratto dalla Mappa del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo Secondario di pianura.

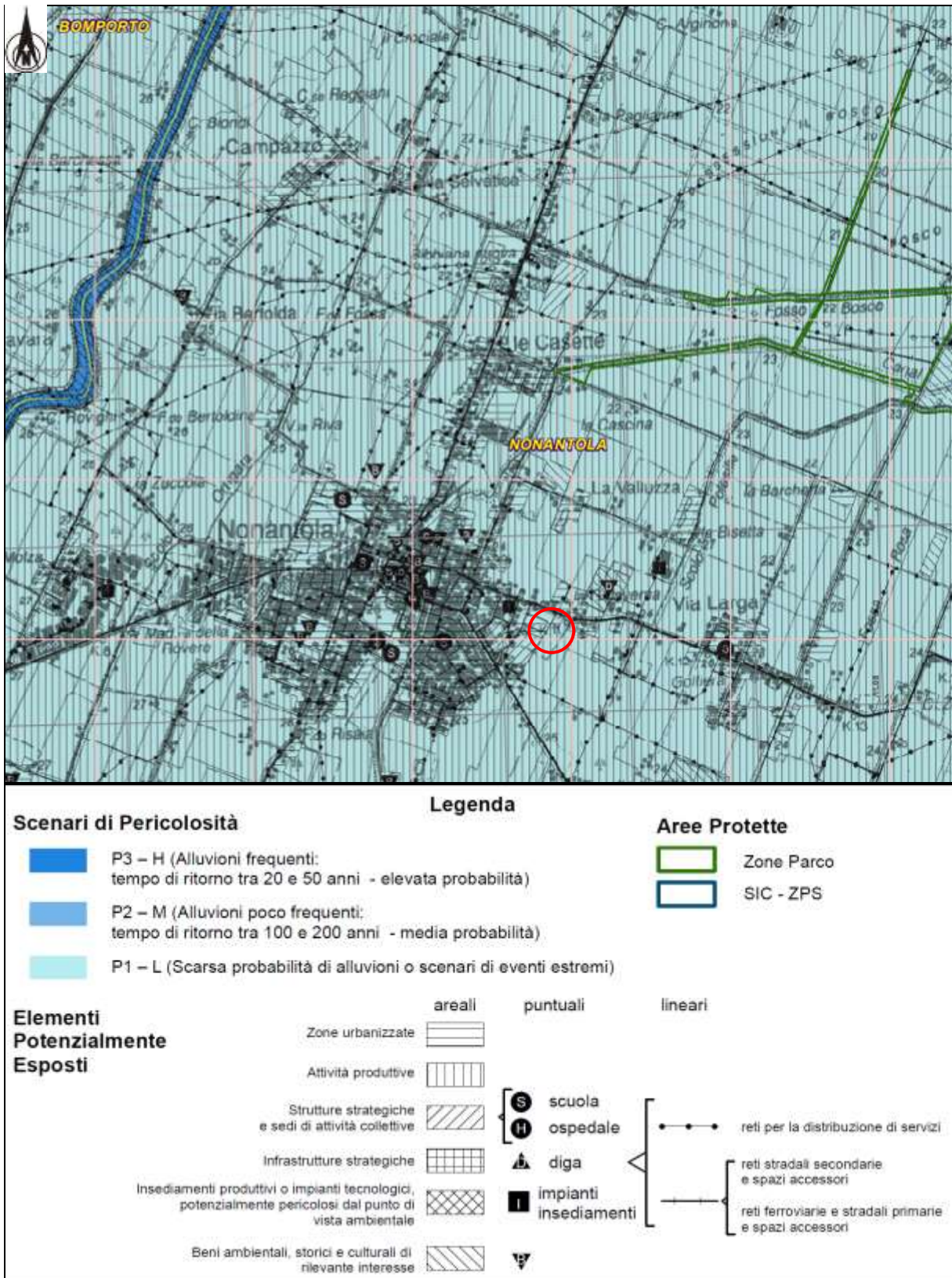


Fig. 2.1.4 – Estratto dalla Mappa della Pericolosità Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al Reticolo principale e secondario montano.

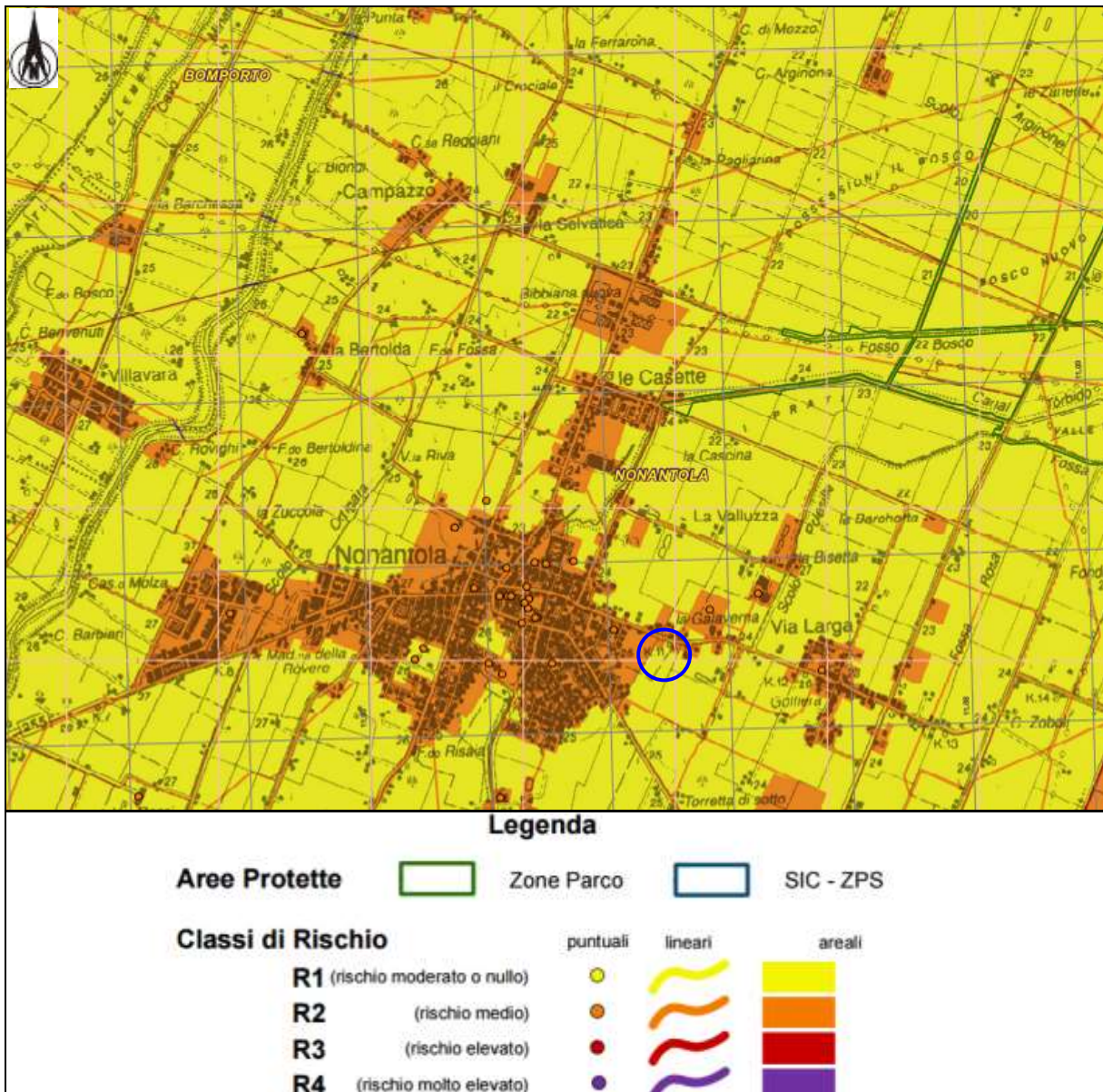


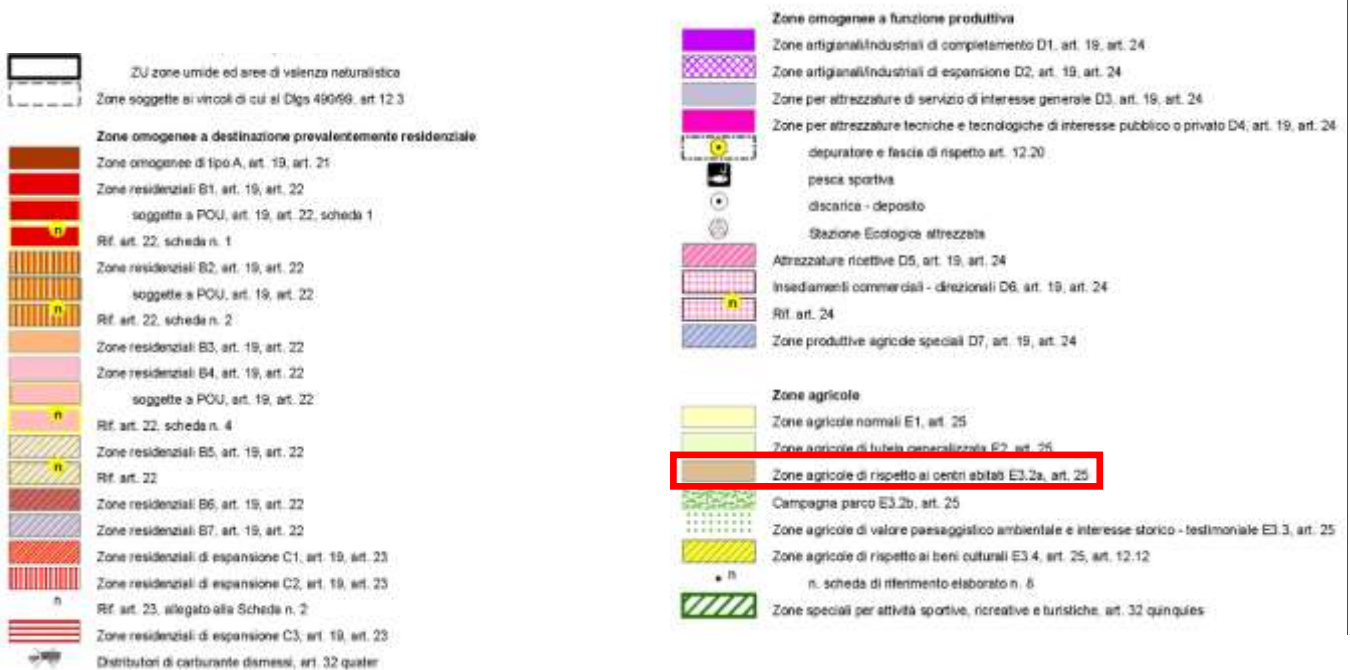
Fig. 2.1.5 – Estratto dalla Mappa del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014) in riferimento al *Reticolo principale e secondario montano*.

È stata infine consultata la cartografia interattiva messa a disposizione dal sito del Comune di Nonantola (MO) come visibile nelle sottostanti **figure 2.1.6 e 2.1.7**. Dalla consultazione di queste si evince come l'area di interesse rientri in una "Zona agricola di rispetto ai centri abitati E.3.2.a".





Fig. 2.1.7 – Estratto degli elaborati cartografici interattivi messi a disposizione dal sito del Comune di Nonantola alla sezione PRG. Di seguito si riporta la relativa legenda



Sulla base di quanto indicato nel PTCP della Provincia di Modena, l'area d'interesse ricade in corrispondenza dell'ambito **A3 "Aree depresse ad elevata criticità idraulica - aree a rapido scorrimento ed elevata criticità idraulica"**.

Si riporta dunque nel seguito l'**Art. 11** di riferimento.

**ART. 11 del PTCP - Sostenibilità degli insediamenti rispetto alla criticità idraulica del territorio**

1. (D) Ferme restando le norme di cui agli articoli 9 e 10 del presente Piano, ai fini dell'applicazione delle direttive e degli indirizzi di cui ai seguenti commi si definiscono i seguenti ambiti in riferimento alla suddivisione del territorio di pianura in aree a differente pericolosità e/o criticità idraulica, riportate nella Carta n. 2.3 del presente Piano:

**A1. aree ad elevata pericolosità idraulica** rispetto alla piena cinquantennale corrispondenti alle fasce di rispetto individuate in base alle diverse altezze arginali; in tale area un'onda di piena disalveata compromette gravemente il sistema insediativo, produttivo e infrastrutturale interessato;

**A2. aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo A**, con possibilità di permanenza dell'acqua a livelli maggiori di 1 m.; tali aree si trovano in comparti morfologici allagabili e sono caratterizzate da condizioni altimetriche e di drenaggio particolarmente critiche;

**A3. aree depresse ad elevata criticità idraulica di tipo B**, situate in comparti morfologici allagabili, ma caratterizzate da condizioni altimetriche meno critiche della classe precedente, aree caratterizzate da scorrimento rapido e buona capacità di smaltimento, ad elevata criticità idraulica poiché situate in comparti allagabili;

**A4. aree depresse a media criticità idraulica con bassa capacità di smaltimento** situate in comparti non immediatamente raggiungibili dall'acqua, ma caratterizzate da condizioni altimetriche che ne determinano la difficoltà di drenaggio e tempi lunghi di permanenza.

I **Piani Strutturali Comunali** possono eventualmente pervenire ad ulteriori specificazioni solo qualora derivanti da studi e approfondimenti di maggior dettaglio, i quali in tal caso sostituiscono le delimitazioni della Carta n. 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del presente Piano.

2. (D) All'interno dell'**ambito A1** di cui al precedente punto i Comuni in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici:

- procedono ad una verifica del livello di pericolosità idraulica e vulnerabilità in rapporto al sistema insediativo presente e di progetto;
- definiscono in relazione al livello di pericolosità e vulnerabilità individuato di cui al punto a. gli utilizzi ammissibili e le limitazioni relative agli interventi edilizi ed urbanistici con particolare riferimento alle zone di nuova urbanizzazione;
- definiscono con elaborati adeguati le misure di controllo in atto o da adottare al fine di rendere compatibili gli interventi di trasformazione del suolo e delle destinazioni d'uso previste;
- procedono alla verifica di cui alla lettera a. anche per le aree di cui al comma 3, art. 9 del PTCP - attuazione del PTPR.

3. (D) Negli **ambiti A1 e A2** di cui al precedente comma 1 i Comuni attraverso i **Regolamenti Urbanistico-Edilizi** definiscono norme edilizie atte a diminuire la pericolosità per le persone che risiedono negli edifici di tali aree quali: la presenza di scale interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani, la limitazione di vani interrati quali garage o taverne, ecc..

4. (D) Negli **ambiti A1, A2 e A3** i Comuni attivano una puntuale pianificazione dell'emergenza finalizzata alla limitazione del rischio per la popolazione residente.

5. (D) Negli **ambiti A2, A3, A4**, con particolare riferimento alle aree interessate da rilevanti nuovi insediamenti produttivi, gli strumenti urbanistici comunali indicano gli interventi tecnici da adottare sia per ridurre l'effetto della impermeabilizzazione delle superfici nei confronti dell'incremento dei tempi di corrivazione dei deflussi idrici superficiali sia per mantenere una ottimale capacità di smaltimento del reticolo di scolo legato al sistema della rete dei canali di bonifica. Deve essere previsto il drenaggio totale delle acque meteoriche con il sistema duale, cioè un sistema minore, costituito dai collettori fognari destinati allo smaltimento delle acque nere e di parte di quelle bianche, e un sistema maggiore, costituito dalle vie di acque superficiali (anche vasche volano, taratura delle bocche delle caditoie, estensione delle aree verdi) che si formano in occasione di precipitazioni più intense di quelle compatibili con la rete fognaria.

Nell'**Appendice 1** della Relazione di Piano viene fornito un metodo per il calcolo dell'incremento teorico di superficie impermeabilizzabile date le caratteristiche del bacino di scolo.

6. (I) Negli **ambiti A1, A2, A3, A4** gli strumenti urbanistici comunali si dotano di uno studio idrologico-idraulico che definisca gli ambiti soggetti ad inondazioni per tempi di ritorno prefissati e che permettano di verificare il grado di pericolosità e di criticità individuato nel presente Piano esaminando un tratto di corso d'acqua significativo che abbia riferimento con l'area di intervento.

**GEO GROUP SRL - Geologia e Ambiente - [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/82.83.67

UFFICI: Via Per Modena n° 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).

Tel. 059/39.67.169, e\_mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

Lo studio deve inoltre verificare gli eventuali fenomeni di ristagno per le diverse aree di intervento.

Nelle **aree soggette ad inondazione** per piene con tempi di ritorno prefissati e **soggette a fenomeni di ristagno** gli strumenti urbanistici comunali o i loro strumenti attuativi individuano gli interventi necessari a riportare ad un livello accettabile il rischio di inondazione e il rischio di ristagno. Essi devono essere compatibili con la situazione idraulica dell'ambito territorialmente adiacente alle zone di intervento.

**7. (I)** Nella **Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica"** del presente Piano viene rappresentato il limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, per il quale la riduzione delle condizioni di rischio generate da eventi a bassa probabilità di inondazione e l'obiettivo di garantire un grado di sicurezza accettabile alla popolazione è affidato alla predisposizione di programmi di prevenzione e protezione civile ai sensi della L. 225/1992 e s.m.i. Tali programmi e i piani di emergenza per la difesa della popolazione e del territorio investono anche i territori di cui agli articoli 9, 10 del presente Piano.

**8. (D)** Nei territori che ricadono all'interno del limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, di cui al comma 7, il Comune nell'ambito della elaborazione del PSC dispone l'adozione di misure volte alla prevenzione del rischio idraulico ed alla corretta gestione del ciclo idrico. In particolare sulla base di un bilancio relativo alla sostenibilità delle trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali sul sistema idrico esistente, entro ambiti territoriali definiti dal Piano, il Comune prevede:

- per i nuovi insediamenti e le infrastrutture - l'applicazione del principio di invarianza idraulica (o udometrica) attraverso la realizzazione di un volume di invaso atto alla laminazione delle piene ed idonei dispositivi di limitazione delle portate in uscita o l'adozione di soluzioni alternative di pari efficacia per il raggiungimento delle finalità sopra richiamate;
- per gli interventi di recupero e riqualificazione di aree urbane l'applicazione del principio di attenuazione idraulica attraverso la riduzione della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati dall'area stessa, attraverso una serie di interventi urbanistici, edilizi, e infrastrutturali in grado di ridurre la portata scaricata al recapito rispetto alla situazione preesistente.

**9. (I)** Per la gestione del rischio idraulico attraverso l'applicazione dei **principi di invarianza e attenuazione idraulica**, di cui al comma precedente, il Comune può procedere sulla base della metodologia riportata a titolo esemplificativo nell'Appendice 1 della Relazione di Piano. In fase di prima applicazione si individua come parametro di riferimento per l'invarianza idraulica a cui i Comuni possono attenersi il valore di 300-500 mc/ha di volume di laminazione per ogni ettaro impermeabilizzato. Per i Comuni che ricadono nell'ambito di competenza dell'Autorità di Bacino del Reno i sistemi di applicazione del principio di invarianza idraulica possono essere anche previsti negli strumenti urbanistici come interventi complessivi elaborati d'intesa con l'Autorità idraulica competente. Le caratteristiche funzionali di tali sistemi sono stabilite dall'Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione.

**10.(I)** Nel **territorio rurale di pianura**, che ricade all'interno del suddetto limite delle **aree soggette a criticità idraulica**, l'adozione di nuovi sistemi di drenaggio superficiale che riducano sensibilmente il volume specifico d'invaso, modificando quindi i regimi idraulici, è subordinata all'attuazione di interventi finalizzati all'invarianza idraulica, consistenti nella realizzazione di un volume d'invaso compensativo, il cui calcolo sia fornito sulla base di un'ideale documentazione.

**11.(I)** Per gli interventi nel territorio rurale di cui al precedente comma, l'Autorità idraulica responsabile dello scolo di quel bacino esercitano l'attività di controllo e la Provincia interviene anche attraverso accordi territoriali per coordinare la gestione di tali attività.

**12.(D)** Nella **Carta 2.3 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e criticità idraulica"** sono rappresentate le infrastrutture per la sicurezza idraulica del territorio [...]. Tali infrastrutture sono da considerarsi strategiche e quindi prioritarie ai fini della sicurezza e della prevenzione del rischio idraulico nel territorio provinciale.

La pianificazione comunale ha evidenziato come l'area di interesse rientri tra le zone omogenee e funzionali **"Zona agricola di rispetto ai centri abitati E.3.2.a"**.

Per quanto attiene questa classificazione, il PRG rimanda all'Art. 25, di seguito riportato.

## **Art.25 - Zone territoriali omogenee di tipo E**

1. Sono così definite le parti del territorio destinate ad usi agricoli e silvo-pastorali.

2. Il P.R.G. suddivide il territorio agricolo nelle seguenti sottozone:

E.1)- ZONE AGRICOLE NORMALI: parti del territorio destinate alla conferma e sviluppo delle potenzialità produttive senza che si rendano necessarie particolari misure di tutela ambientale. Corrispondono agli ambiti territoriali extraurbani non inclusi fra le zone di seguito elencate.

E.2)- ZONE AGRICOLE DI TUTELA GENERALIZZATA: parti del territorio per le quali emergono esigenze di cautela nei confronti della nuova edificazione, che devono essere preventivamente considerate. Sono individuate graficamente nelle tavole di progetto.

E.3)- ZONE AGRICOLE DI TUTELA SPECIFICA: parti del territorio che in relazione a specifiche condizioni geomorfologiche o ambientali, presentano particolari controindicazioni e pertanto idonei provvedimenti rispetto a nuovi interventi edificatori. Si distinguono in:

E.3.1)- ZONE DI TUTELA DEI CARATTERI AMBIENTALI DI BACINI E CORSI D'ACQUA: costituite dalle fasce ed ambiti di rispetto ai principali corpi idrici e si suddividono in:

- E.3.1a fasce di espansione inondabili

- E.3.1b zone fasce di tutela ordinaria.

Sono individuate e descritte all'art. 12 punto 3) delle presenti Norme.

E.3.2)- ZONE DI RISPETTO ALLE AREE URBANE: costituite dagli ambiti limitrofi alle aree urbanizzate e alle nuove previsioni urbanistiche, per le quali occorre garantire un corretto rapporto fra funzioni agricole e funzioni urbane. Sono individuate con apposita simbologia nelle tavole di progetto e si distinguono in:

- E.3.2a zone di rispetto ai centri abitati

- E.3.2b campagna-parco.

E.3.3)- ZONE AGRICOLE DI VALORE PAESAGGISTICO-AMBIENTALE E DI INTERESSE STORICO-TESTIMONIALE: caratterizzate da condizioni ambientali meritevoli di particolare tutela e nelle quali sono auspicabili interventi, anche sperimentali, di riqualificazione paesaggistica dell'ambiente rurale.

E.3.4)- ZONE AGRICOLE DI RISPETTO A BENI CULTURALI: corrispondenti ad ambiti di pertinenza e di rispetto agli edifici, complessi ed altri elementi individuati, per caratteri architettonici, tipologici e storici, come beni culturali. Sono indicate con apposita simbologia nelle tavole di progetto.

E.3.6)- FASCE DI RISPETTO ALLA VIABILITA': corrispondenti alle zone di rispetto fissate dal Codice della strada e relativo Regolamento di attuazione e successive modifiche, in base alla classificazione delle strade ai sensi del successivo art. 32.

3. Le zone agricole sopra descritte possono, in alcune situazioni, sovrapporsi fra loro ovvero possono essere interessate da elementi e vincoli di tutela descritti al precedente art. 12. In questo caso gli interventi consentiti in base agli articoli successivi dovranno avvenire secondo il criterio dell'applicazione della norma più restrittiva

L'area di interesse risulta appartenere sia al "Reticolo Principale e Secondario montano" (RP\_RSCM) sia al "Reticolo Secondario di Pianura" (RSP).

In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti (come nel nostro caso), si deve garantire l'applicazione:

- di misure di **riduzione della vulnerabilità** dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana: a tal fine la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione; è da evitare le realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione; è necessario favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione). Questo aspetto verrà trattato al **Capitolo 3** della presente relazione;

- di misure volte al rispetto del **principio dell'invarianza idraulica**, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio. Questo aspetto verrà trattato al **Capitolo 4** della presente relazione.

### 3. VALUTAZIONE DELLE MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA'

L'area d'interesse ricade in destra idrografica del Fiume Panaro, in una zona ricca di canali principali (*Canale Torbido, Collettore Bosca, Collettore Sorgo*) e scoli secondari (Cavo Prato di mezzo, Cavo Fossetta delle Larghe, Cavo Canalino di Bagazzano, Cavo S. Lorenzo, Fossetta delle Larghe), tutti afferenti al Consorzio della Bonifica di Burana.

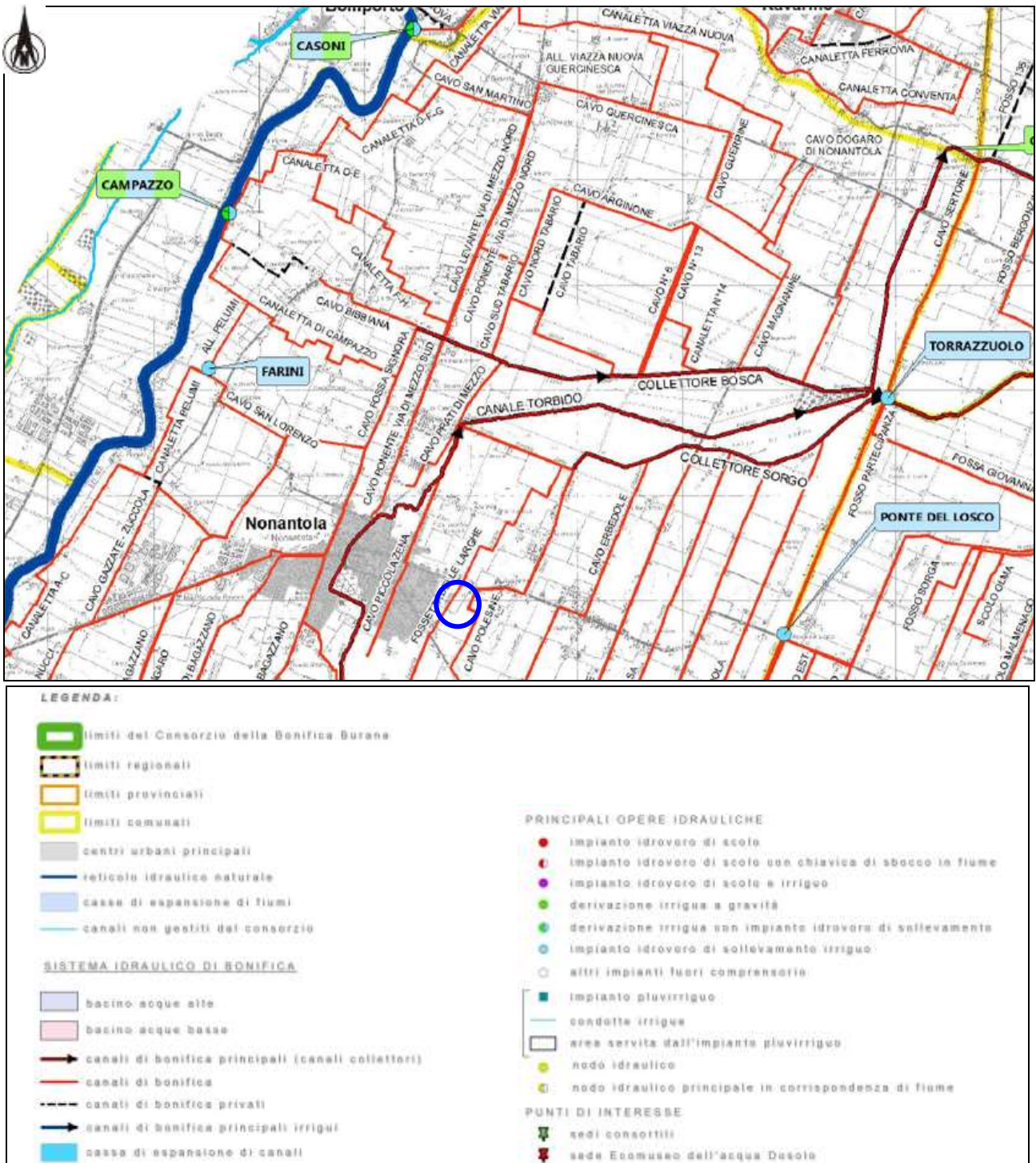


Fig. 3.1 – Inquadramento idrografico e ubicazione dell'area d'interesse (cerchiata in blu).

### 3.1. Riduzione del rischio idraulico, a livello di Consorzio

Ai fini della riduzione del rischio idraulico, il Consorzio, consapevole dell'importanza di dover controllare e monitorare in tempo reale i livelli idrometrici transitanti nella propria rete idraulica, dispone di una rete di telecontrollo dei dati idrometrici e pluviometrici (costituita attualmente da 67 stazioni di telerilevamento dislocate nei punti idraulicamente nevralgici del proprio comprensorio) per controllare e gestire le piene interne (**Figura 3.1.1**).

Gli idrometri presenti nelle stazioni sono prevalentemente ad ultrasuoni e sono situati nei punti nevralgici da idrometri lineari a lettura diretta facenti parte della infrastruttura idraulica, così da permettere al personale consortile dislocato sul territorio di controllare visivamente tali strumentazioni durante le necessarie manovre di regolazione idraulica.

Le centrali di elaborazione e controllo sono ubicate nella sede centrale consortile di Modena ed in quelle periferiche di Mirandola, Bondeno e San Giovanni Persiceto.

Il sistema informatico consente sia di "comandare" in remoto il funzionamento degli impianti sia di verificare le quote idrometriche e pluviometriche anche mediante l'utilizzo di smartphone e tablet (tramite sistemi WEB).

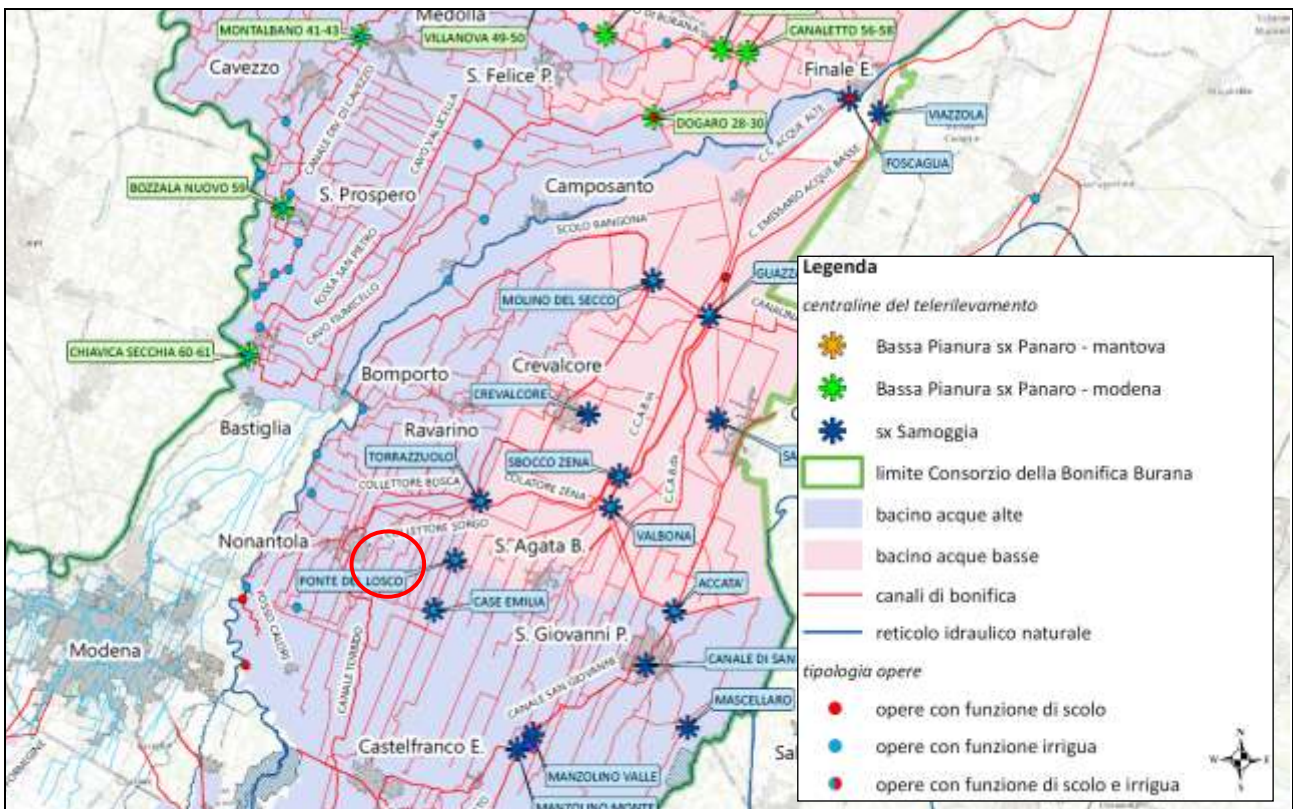


Fig. 3.1.1 – Dislocazione stazioni di telerilevamento nel territorio della bonifica di Burana.

### 3.2. Caratteristiche idrografiche del Reticolo Secondario di Pianura "RSP"

Per quanto concerne lo studio idraulico a supporto dell'esecuzione delle opere inerenti alla progettazione del PUA della variante PRG 1/2019 di via Provinciale Est nel comune di Nonantola (NO), ci si è concentrati sul **Cavo Fossetta delle Larghe** che corre lungo il lato ovest del lotto in questione. In **figura 3.2.2** si evidenzia la geometria dei bacini imbriferi dei canali di scolo adiacenti all'area di interesse.

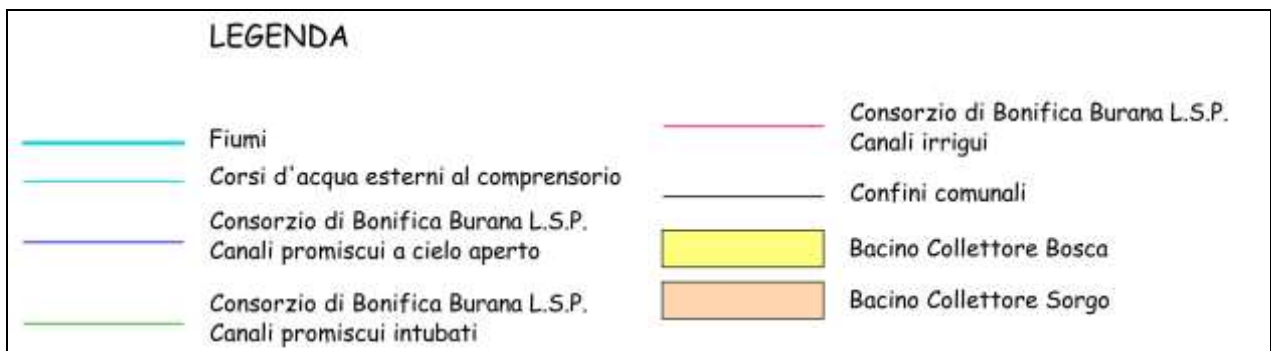
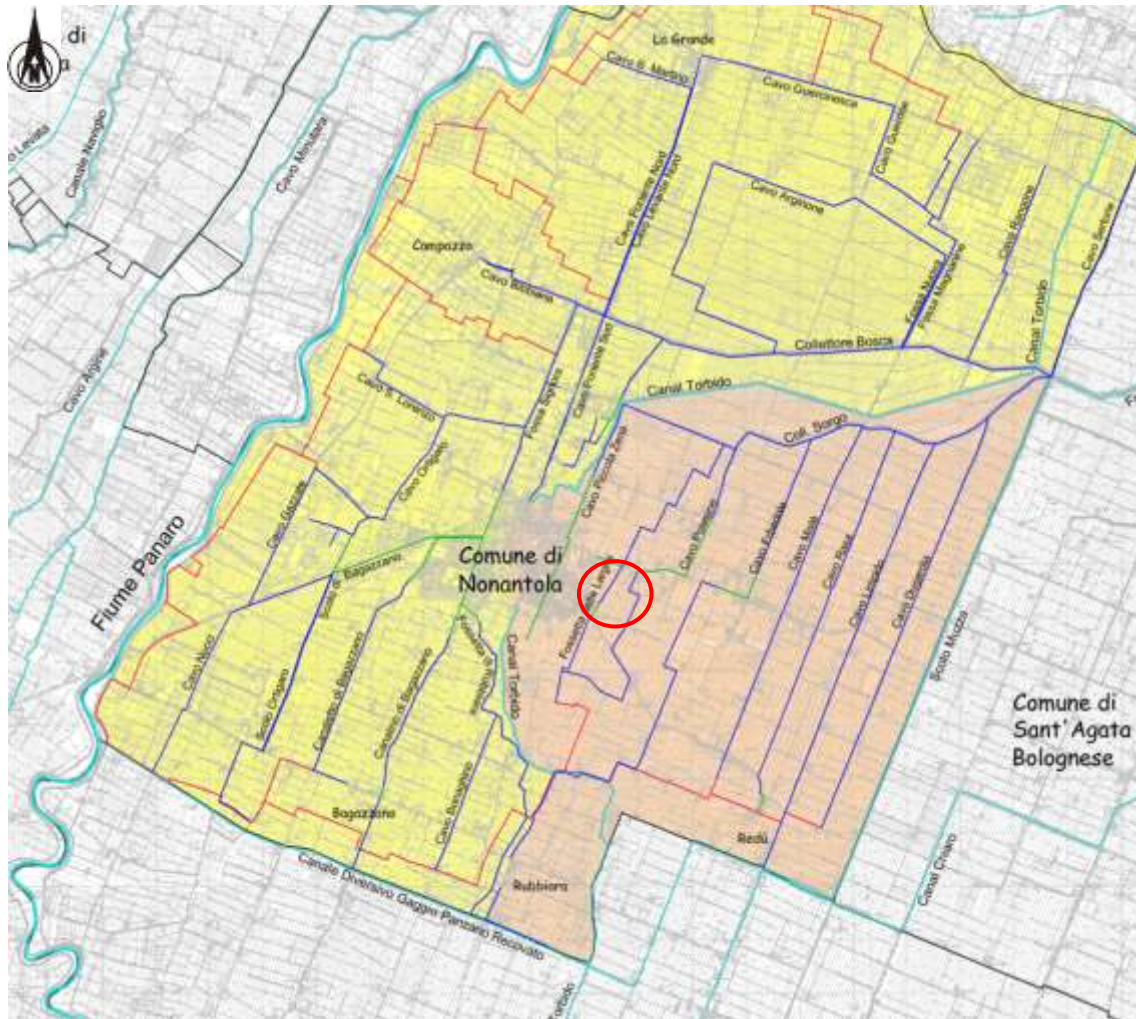


Fig. 3.2.1 – Inquadramento idrografico e ubicazione dell'area d'interesse (cerchiata in rosso).



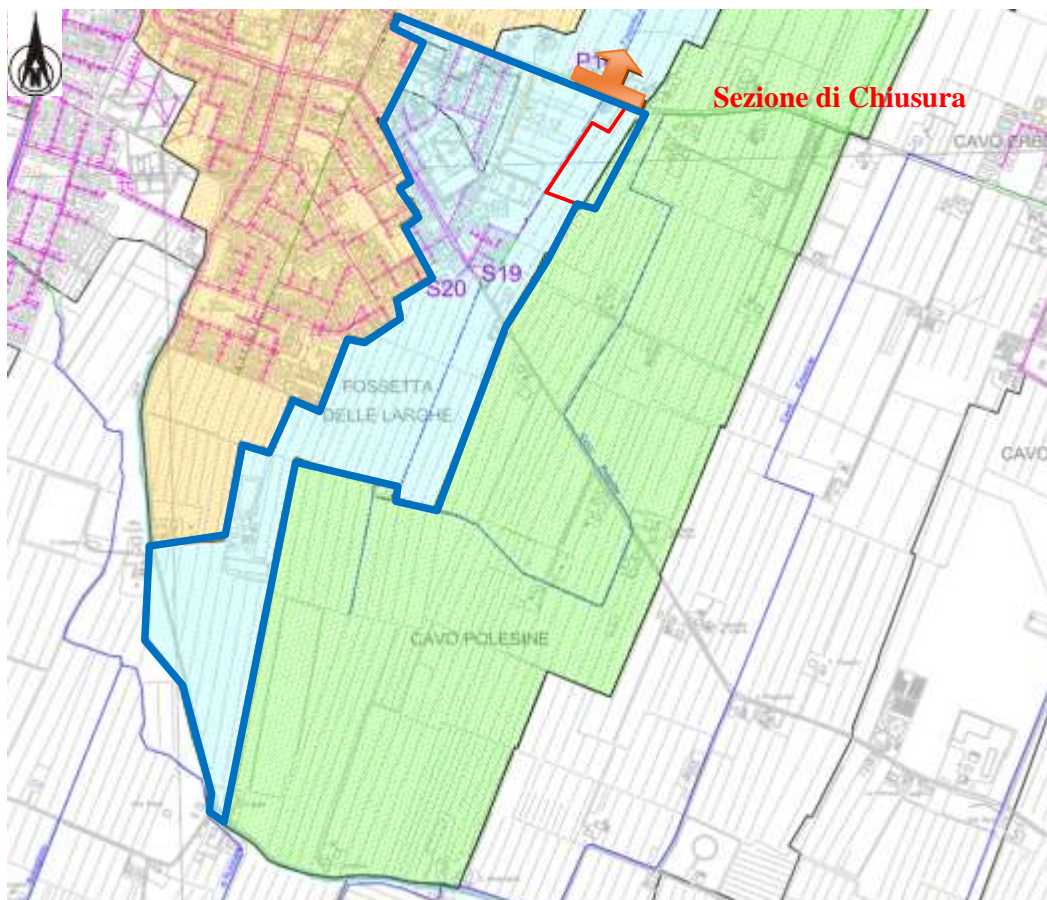
Si tratta di un corso d'acqua ad uso promiscuo che ha origine presso la sponda destra del fiume Panaro, nella parte Nord dell'abitato di Nonantola, ed ha andamento prevalentemente da Sud verso Nord, dove si immette nel Collettore Sorgo.

Si può notare che essa è divisa longitudinalmente dal "confine" tra bacino afferente alla Fossetta delle Larghe e il bacino afferente al Cavo Polesine. L'intera area soggetta a variante del PRG è stata considerata scolante sul Cavo Fossetta delle Larghe sia per motivi cautelativi sia per il fatto che il progetto di edificazione attuale è compreso interamente nel bacino del Cavo Fossetta delle Larghe.

In seguito a tali considerazioni, il bacino considerato, in corrispondenza della sezione di chiusura, presenta una superficie complessiva pari a  $S = 0.616 \text{ km}^2$ . Nella seguente tabella vengono esposte le principali caratteristiche fisiche del bacino chiuso alla sezione corrispondente al lotto in oggetto:

- Superficie:  $0.616 \text{ km}^2$
- Lunghezza asta principale fino alla sezione di chiusura: 1.084 km
- Quota massima del bacino: 26.5 m s.l.m.
- Quota alla sezione di chiusura considerata: 24.5 m s.l.m.

È riportato di seguito il bacino imbrifero considerato, sotteso alla sezione di chiusura (**fig. 3.2.2**).



**Fig. 3.2.2** – Bacino imbrifero considerato scolante nel Cavo Fossetta delle Larghe (in Blu) e relativa sezione di chiusura tratto dalla Tavola R3.1 dello Studio di Compatibilità Idraulica – Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Nonantola. (In rosso il perimetro dell'area considerata)

**GEO GROUP SRL - Geologia e Ambiente - [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/82.83.67

UFFICI: Via Per Modena n° 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).

Tel. 059/39.67.169, e\_mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

### 3.3. Calcolo del Volume delle precipitazioni medie annue (V)

Nella zona in esame, il clima è caratterizzato da precipitazioni prevalenti nei mesi primaverili e in quelli autunnali, e da un periodo siccitoso estivo. La temperatura è rigida nei mesi invernali mentre nei mesi estivi è elevata ed è spesso associata ad un'alta umidità dell'aria.

Tale andamento di precipitazioni e di temperatura ricorda sia i climi continentali dell'Europa centrale, caratterizzati da forti escursioni termiche, che quelli delle regioni mediterranee.

Dalla consultazione degli Annali Idrologici, a cura dell'**Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA - Regione Emilia Romagna) - Servizio Idrometeorologico**, ed in riferimento alle stazioni pluviometriche di Modena (35 m s.l.m.), Anzola nell'Emilia (40 m s.l.m.), Spilamberto (69 m s.l.m.), Formigine (80 m s.l.m.) e Carpi (28 m s.l.m.), il valore della precipitazione media annua può essere assunto pari a **P = 787 mm/anno**.

Il **volume V delle precipitazioni** sul bacino considerato (di superficie  $S = 0.591 \text{ km}^2 = 590614 \text{ m}^2$ ), risulta dunque:

$$V = 464'813 \text{ m}^3/\text{anno}$$

### 3.4. Portata media annua naturale

Per calcolare la portata media annuale naturale  $Q_m$  è necessario definire il **coefficiente di deflusso  $c_d$**  del corso d'acqua relativo al bacino sotteso.

Per quanto riguarda il bacino considerato, l'area è caratterizzata dai seguenti coefficienti di deflusso:

Tipologia superficie	$\phi$
Verde su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0,10-0,15
Terreno incolto, sterrato non compattato	0,20-0,30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0,30-0,50
Pavimentazioni in macadam	0,35-0,50
Superfici sterrate compatte	0,50-0,60
Coperture tetti	0,85-1,00
Pavimentazioni in asfalto o cls	0,85-1,00

In linea generale per bacini di piccola e media estensione, come in questo caso, è opportuno fare riferimento all'uso del suolo e alla litologia, assegnando ad ogni tipologia/combinazione di tali parametri il valore più appropriato del coefficiente di deflusso valutando attraverso la media ponderata sull'area il coefficiente di deflusso globale.

		<i>Tipo di suolo</i>		
		<i>Terreno leggero</i>	<i>Terreno di medio impasto</i>	<i>Terreno compatto</i>
<i>Vegetazione e pendenza</i>				
<b>Boschi</b>	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
<b>Pascoli</b>	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
<b>Colture agrarie</b>	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Nel caso in esame, trattandosi di un bacino poco edificato e con buona copertura vegetale, è stato ottenuto il seguente valore di **coefficiente di deflusso medio ponderato**:

$$C_{d \text{ med}} = 0.50$$

Risulta di conseguenza che la **portata media annuale Qm** nel punto di chiusura del bacino (ovvero nel punto più a valle) vale:

$$Q_m = c_d \cdot V/T = 0.50 \cdot 464'813 / 31'536'000 = 0.0073 \text{ m}^3/\text{s} = 7.32 \text{ l/s}$$

essendo T = 31'536'000 s il tempo annuale.

La portata annuale media naturale Qm = 7.32 l/s è quella presente nel bacino considerato, alla sezione di chiusura considerata.

La **portata specifica media annua q<sub>medA</sub> per km<sup>2</sup>** vale:

$$q_{\text{medA}} = Q_m/S = (7.32 \text{ l/s}) / (0.591 \text{ km}^2) = 12.39 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$$

### 3.5. Calcolo della portata di massima piena

La verifica idraulica è stata svolta seguendo la letteratura tecnica di Settore e le indicazioni dell'autorità di bacino del Fiume Po contenute nel **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del fiume Po** (Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter).

La portata di piena Q<sub>C</sub> di progetto è stata desunta dalle "Indicazioni per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni" riportate nelle norme di attuazione.

Secondo il metodo razionale della corrivazione citato dalla normativa, la portata può essere calcolata come:

$$Q_C = 0.278 c i A$$

Dove:

Q<sub>C</sub> = portata al colmo in m<sup>3</sup>/s,

c = coefficiente di deflusso adimensionale = 0.50

**GEO GROUP SRL - Geologia e Ambiente - [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/82.83.67

UFFICIO: Via Per Modena n° 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).

Tel. 059/39.67.169, e\_mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

$i$  = intensità di pioggia in mm/h

$A$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2 = 0.591 \text{ km}^2$

Il metodo considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata con le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino,
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno  $T$  di quello dell'intensità di pioggia,
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del *tempo di corrivazione*  $t_c$ . Il tempo di corrivazione è definito in via teorica come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale; una definizione forse migliore è che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

### **Tempo di corrivazione $t_c$**

---

Il tempo di corrivazione del bacino è normalmente calcolato con formule empiriche; tra esse molto usata è quella di *Giandotti (1934, 1937)*:

$$t_c = (4 (A)^{0,5} + 1,5 L) / (0,8 (H_m - H_0)^{0,5}) \quad (\text{ore})$$

dove:

$L$  = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km) = 1.084 km

$H_m$  = altitudine media del bacino (m s.l.m.)  $(26.5 + 24.5) / 2 = 25.5 \text{ m s.l.m.}$

$H_0$  = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.) = 24.5 m s.l.m.

$H_m - H_0 = 1.0 \text{ m}$

$A$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2 = 0.591 \text{ km}^2$

da cui:

$$t_c = (4 (0.591)^{0,5} + 1,5 \cdot 1.084 / (0,8 \cdot (1.0)^{0,5}) = \mathbf{8.31 \text{ ore} = 29'910 \text{ sec}}$$

A tale tempo di corrivazione corrisponde una velocità media di deflusso sul bacino a monte del lotto d'interesse:

$$V_m = L / t_c = 1084 \text{ m} / 29'910 \text{ sec} = \mathbf{0.004 \text{ m/s}}$$

### **Curva di probabilità pluviometrica**

---

La curva di probabilità pluviometrica, con tempo di ritorno di 100 anni, nella sua forma generale è la seguente:

$$h = a t^n$$

con

$h$  = altezza della pioggia in millimetri;

$t$  = durata di pioggia in ore;

**GEO GROUP SRL - Geologia e Ambiente - [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/82.83.67

UFFICIO: Via Per Modena n° 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).

Tel. 059/39.67.169, e\_mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

a (mm/h) n (adimensionale);

I coefficienti a e n sono ricavabili dalla **Griglia di discretizzazione delle Piogge Intense: (Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO)** da cui la cella significativa di calcolo risulta la **FZ128**:

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
FZ128	663000,00000	4945000,00000	46,09	0,259	59,88	0,254	65,73	0,251	73,52	0,250

Si può così calcolare l'altezza critica di pioggia per un tempo di ritorno di 100 anni:

Tempo di ritorno	Altezza di pioggia h(tc) (mm)
Tr=100 anni	$h_{c(100)} = 59,88 \cdot 8,31^{0,254} = 102,53 \text{ mm}$

Adottando il coefficiente di deflusso medio ponderato calcolato **C=0.50** si può determinare la portata al colmo Qc relativa ai tempi di ritorno considerati:

$$Q_c = 0,278 \cdot C \cdot A \cdot i = 0,278 \cdot C \cdot A \cdot h(tc)/tc$$

Tempo di ritorno	Portata al colmo Qc (m³/sec)
Tr=100 anni	$Q_{c(100)} = 0,278 \cdot 0,50 \cdot 0,591 \cdot 102,53 / 8,31 = 1,01 \text{ m}^3/\text{sec}$

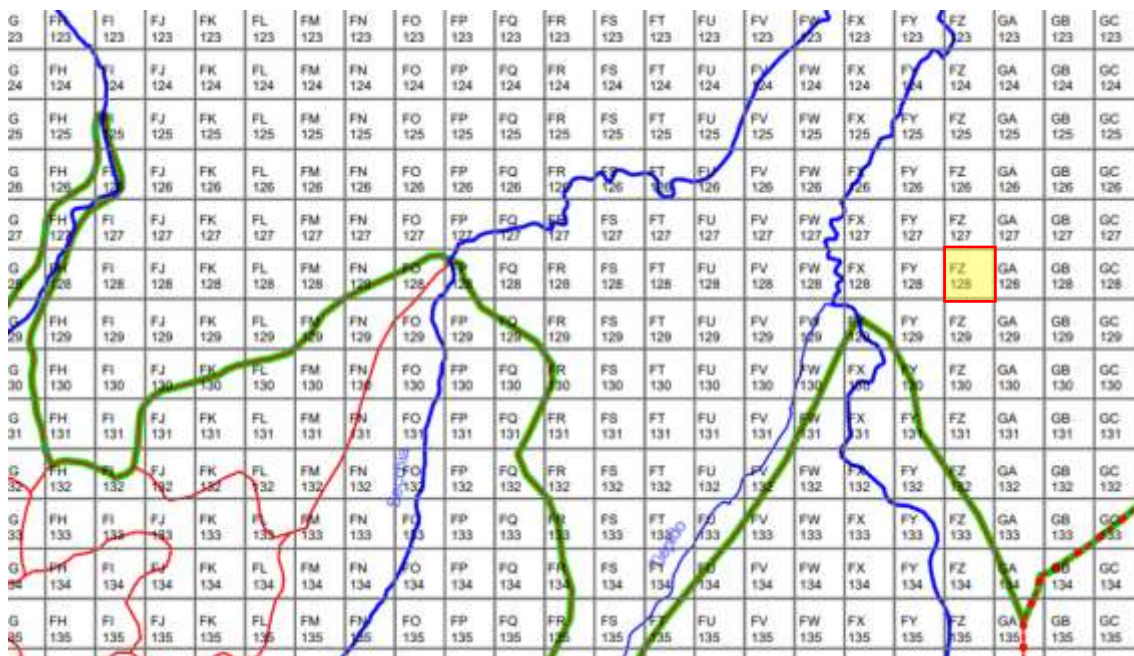


Fig. 3.5.1 – Ubicazione della cella FZ128.

### 3.6. Stima del livello di piena in corrispondenza dell'area d'interesse

Si è provveduto nel seguito a verificare che la sezione del Cavo Fossetta delle Larghe, presso la sezione di chiusura considerata, sia in grado di far defluire l'intera portata di piena, stimata pari a:

$$Q_{c(100)} = 1.01 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

La portata transitante in una sezione si calcola con la formula:

$$Q = v \cdot \omega$$

in cui:

v = velocità media;

$\omega$  = sezione idraulica.

Il valore della velocità media (v) dipende da diversi fattori:

- Pendenza longitudinale del canale (i).
- Raggio idraulico (R).
- Scabrezza delle pareti ( $\beta$ ).

Si devono innanzitutto definire l'area ( $\omega$ ) e il contorno bagnato (C). Queste due grandezze sono legate dal Raggio idraulico medio:  $R = \omega/C$

Le relazioni che legano assieme la velocità media alla sezione trasversale sono varie diverse.

Nel nostro caso abbiamo utilizzato la **Formula di Gauckler-Strickler**:

$$Q = K_{STR} \cdot R^{2/3} \cdot \omega \cdot i^{1/2}$$

dove:

R = raggio idraulico

i = pendenza del canale; nel nostro caso  $i = 0,001$

Kstr = coefficiente di scabrezza, compreso tra 30 e 40 (si veda **tabella 3.5.I**). Nel nostro caso è stato utilizzato il valore cautelativo di **Kstr = 40**.

Valori dell'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler	
Natura delle pareti	$k_s$ ( $m^{1/3}/s$ )
<b>Corsi d'acqua naturali</b>	
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua	30-40
piccoli corsi d'acqua di pianura, puliti, sinuosi e senza ristagni d'acqua	22-30
tratti lenti con erbacce e stagni profondi	13-20
tratti molto erbosi con stagni profondi, ostacolati da alberi e macchie	7-13
fiumi di montagna, con fondo in ghiaia, ciottoli e pochi massi e lati ripidi	20-33
fiumi di montagna, con fondo in ciottoli e grossi massi, lati ripidi	14-25
<b>Golene</b>	
con erba	20-40
con aree coltivate	20-50
con sottobosco	14-29
con molti alberi	8-13
<b>Grandi fiumi (larghezza in superficie maggiore di 30 m)</b>	
sezione regolare, senza massi o vegetazione	17-40
sezione irregolare	10-29

**Tabella 3.5.I** – Coefficienti di scabrezza di Gauckler-Strickler

In corrispondenza della sezione di chiusura, posta a valle del lotto, l'allontanamento delle acque meteoriche da parte del Cavo Fossetta delle Larghe, avviene con sezione trapezoidale come illustrato in **figura 3.6.1**.



**Fig. 3.6.1** – Sezione del Cavo Fossetta delle Larghe in corrispondenza della chiusura del bacino considerato (misure in metri)

In corrispondenza di tale **sezione Z** si ha:

$\omega$  = area della sezione (S), approssimata per difetto a favore di sicurezza, risulta  $\omega = 3.15 \text{ m}^2$

C = contorno bagnato, considerando la sezione completamente bagnata, si ha  $C = 4.8 \text{ m}$

R = raggio idraulico, considerando la sezione completamente bagnata, risulta  $R = 3.15/4.8 = 0.66$

i = pendenza del canale che in moto permanente coincide con la cadente piezometrica: nel nostro caso  $i = 0.001$ .

Kstr = coefficiente di scabrezza, compreso tra 30 e 40 (si veda **tabella 3.5.I**). Nel nostro caso è stato utilizzato il valore cautelativo di  $Kstr = 40$ .

Facendo gli opportuni calcoli ne deriva che **le sezioni utili considerate** sono in grado di far defluire una portata:

$$Q_{\text{sez}} = 2.89 \text{ m}^3/\text{sec}$$

**Sulla base delle verifiche effettuate, ne consegue che la sezione considerata permette il deflusso della portata critica centennale  $Q_{c(100)} = 1.01 \text{ m}^3/\text{sec}$ .**

Sulla base delle verifiche effettuate, in riferimento al **Reticolo Secondario di Pianura**, non si riscontrano dunque problematiche particolari dal punto di vista idraulico.

Tuttavia, ogni intervento di sopraelevazione di tale piano di calpestio, sarà migliorativa e consigliata.

Si consigliano inoltre i seguenti accorgimenti al fine di ridurre la vulnerabilità degli edifici in progetto ai sensi dell'Art.5.2 "Disposizioni specifiche" dalla Delibera Regionale **GPG/2016/1405 del 01/08/2016**:

**GEO GROUP SRL - Geologia e Ambiente - [www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)**

SEDE: Via Cesare Costa n° 182 - 41123 Modena. Tel. 059/82.83.67

UFFICIO: Via Per Modena n° 12 - 41051 Castelnuovo Rangone (Mo).

Tel. 059/39.67.169, e\_mail: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it)

**Art 5.2 Reticolo Secondario di Pianura (RSP) – Delibera Regionale GPG/2016/1405 del 01/08/2016**

In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:

- di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Le successive indicazioni operative vanno considerate per il rilascio dei titoli edilizi relativi ai seguenti interventi edilizi definiti ai sensi delle vigenti leggi:

- a) ristrutturazione edilizia;
- b) interventi di nuova costruzione;
- c) mutamento di destinazione d'uso con opere.

Nelle aree urbanizzabili/urbanizzate e da riqualificare soggette a POC/PUA ubicate nelle aree P3 e P2, nell'ambito della procedura di VALSAT di cui alla L.R. 20/2000 e s.m.i., la documentazione tecnica di supporto ai Piani operativi/attuativi deve comprendere uno studio idraulico adeguato a definire i limiti e gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione locali.

Nell'ambito dei procedimenti inerenti richiesta/rilascio di permesso di costruire e/o segnalazione certificata di inizio attività, si riportano di seguito, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che devono essere utilizzati per la mitigazione del rischio e che devono essere assunti in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento, demandando alle Amministrazioni Comunali la verifica del rispetto delle presenti indicazioni in sede di rilascio del titolo edilizio.

Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:

a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

a.2. è da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;
- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;
- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;
- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);
- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.

Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.



a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti. La documentazione tecnica di supporto alla procedura abilitativa deve comprendere una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

#### 4. VALUTAZIONE DELLE MISURE VOLTE AL PRINCIPIO DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Nel presente capitolo si intende verificare il rispetto del principio di invarianza idraulica per l'intervento in progetto.

Come precedentemente accennato, l'intervento in oggetto prevede la realizzazione di un comparto residenziale composto da viabilità interna carrabile, zone verdi pubbliche e di pertinenza dei singoli edifici. Si propone di seguito in **figura 4.1** la planimetria del progetto di edificazione.



Fig. 4.1 – Planimetria del progetto

**1617.EG.PR**  
**Proposta Urbanistica**  
**Proprietà BORSARI**

Aggiornamento al 06 Marzo 2019  
**DATI DIMENSIONALI**

Zona Omogenea C - Sottozona C.2

Proprietà	St	St	SU	H	SF	Sp	Parcheggi	
	Proprietà	Comparto PUA	Abitazioni	Altezza Massima	Superfici Lotti	Superficie Permeabile	U1	U2
	mq	mq	A/B	mt	mq	mq	Lotti % P.A.	
Proprietà BORSARI	61.098	17.072	30	3.197	9.50	9.883	3.458	1.066
<b>Totale</b>	<b>61.098</b>	<b>17.072</b>	<b>30</b>	<b>3.197</b>	<b>9.50</b>	<b>9.883</b>	<b>3.458</b>	<b>1.066</b>

St - COMPARTO URBANISTICO	mq	17.072
di cui		
Superfici Fondiarie	mq	9.883
Area di Cessione	mq	7.189
Urbanizzazione Primaria	U1	4.273
Urbanizzazione Secondaria	U2	2.966
It - Indice territoriale	mq/mq	0.19
St - EXTRA COMPARTO		
Verde di cessione	mq	4.244

AREE DI CESSIONE TOTALI	mq	11.433
Cessioni di comparto	mq	7.189
Cessioni extra comparto	mq	4.244

Proprietà BORSARI	RIPARTIZIONE SU / STANDARD PRIVATO					
	SF	SC	FUNZIONE	N° PIANI	N° ALLOGGI	PARCHeggi PERTINENZIALI
	mq	mq		Fonti Tera		di cui U1 U2 P.A. Alloggio
A	570	190	8.1	2	1	2
B	570	190	8.1	2	1	2
C	614	190	8.1	2	1	2
D	797	190	8.1	2	1	2
E	1.040	617	8.1	3	6	9
F	970	380	8.1	3	4	6
G	1.430	550	8.1	3	6	9
H	1.760	530	8.1	3	6	9
I	970	380	8.1	3	4	6
L - Area comune ai lotti F-G-H-I	1.062					
<b>TOTALE GENERALE</b>	<b>9.883</b>	<b>3.197</b>			<b>30</b>	<b>45</b>

**1617.EG.PR**  
**Proposta Urbanistica**  
**Proprietà BORSARI**

Aggiornamento al 06 Marzo 2019  
**DATI VOLUME LAMINAZIONE**

St - COMPARTO URBANISTICO	mq	17.072	Aree	Permeabilità	Aree Permeabili	Area Impermeabilizzata
Superfici Fondiarie Edificate	mq	8.821		40%	3.528	
L - Area comune ai lotti F-G-H-I (Autobloccanti)	mq	1.062		30%	319	
Verde di Cessione - U2	mq	1.662		100%	1.662	
Verde di Cessione - U1	mq	660		100%	660	
Parcheggi - U1 / U2 (Autobloccanti)	mq	2.785		60%	1.671	
Ciclabili e Pedonali (Autobloccanti)	mq	602		20%	120	
Strade (Asfalto drenante)	mq	1.480		10%	148	

Fig. 4.2 – Tabella dei dati dimensionali di progetto dell'area

Su indicazione del **Consorzio della Bonifica di Burana**, nel presente documento, si effettua una stima di massima sul volume da invasare considerando **700 mc per ogni ettaro di area impermeabilizzata**.

Si procede quindi considerando la superficie Sp indicata in Figura 4.2 e, per differenza con l'area totale del comparto PUA St si ottiene l'area impermeabilizzata pari a 8'964 mq.

Il volume di invaso è quindi:

$$W = w * Superficie impermeabile (ha) = 700 \text{ mc/ha} * 0.8964 \text{ ha} = 627 \text{ mc}$$

Ulteriori indicazioni sono state date sulla portata di scarico in Cavo recettore, si tratta di una portata di 5 l/s per ettaro di superficie impermeabile.

A valle della vasca di laminazione dovrà essere quindi prevista una bocca tarata che immetta nel recapito a cielo aperto una portata di 4.48 l/s.

## **CALCOLO DEL VOLUME DI INVARIANZA STIMATO SECONDO LE NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE DEL PTCP DELLA PROVINCIA MODENA**

37

La procedura di verifica per l'applicazione dei principi di gestione del rischio idraulico sul territorio si applica seguendo lo schema operativo riportato di seguito.

Nel caso di aree inedificate assoggettate a Piano Urbanistico Attuativo, permesso di costruire convenzionato e nuove costruzioni a intervento diretto, a seconda dell'estensione dell'intervento in progetto e delle condizioni di criticità idraulica del bacino in cui si opera, si definiscono diverse modalità operative:

**c1:** applicabilità:  $St^* = 0,5 \div 2$  ha., bacini non critici; (\*) *nel caso dell'intervento diretto il parametro di riferimento è costituito dalla Superficie Fondiaria e non dalla Superficie territoriale;*

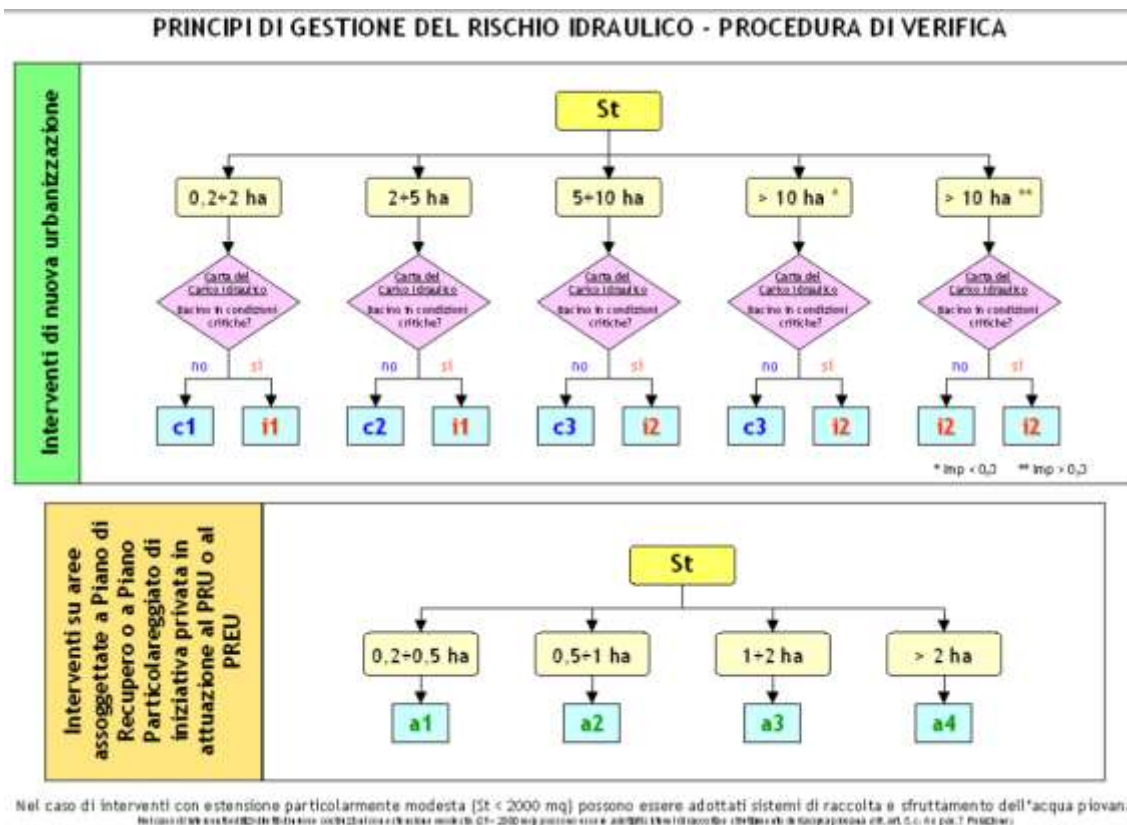
**c2:** applicabilità:  $St = 2 \div 5$  ha., bacini non critici;

**c3:** applicabilità:  $St = 5 \div 10$  ha., bacini non critici;  $St \geq 10$  ha.,  $Imp (*) \leq 0.3$ , bacini non critici; (\*) *frazione dell'area totale da ritenersi impermeabile;*

**i1:** applicabilità:  $St^* = 0,5 \div 5$  ha, bacini critici; (\*) *nel caso dell'intervento diretto il parametro di riferimento è costituito dalla Superficie Fondiaria e non dalla Superficie territoriale;*

**i2:** applicabilità:  $St \geq 10$  ha.,  $Imp \geq 0.3$ , bacini non critici;  $St \geq 5$  ha., bacini critici;

Richiesta di presentazione di uno studio di maggiore dettaglio per aree assoggettate a Piano Urbanistico Attuativo in attuazione del PRU e del PREU.



Il caso in esame rientra, dalla consultazione delle carte del PTCP di criticità idraulica, come **A3 "Aree depresse ad elevata criticità idraulica - aree a rapido scorrimento ed elevata criticità idraulica"** con una superficie fondiaria  $St^* = 0,5 \div 2$  ha, si tratta quindi della casistica **i1**.

Il **volume minimo da invasare W** dovuto ad un'urbanizzazione totale di un ettaro di territorio agricolo si ricava applicando la *formula dei "Bacini Romagnoli"*:

$$w = w^{\circ} (\Phi / \Phi^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 \cdot I - w^{\circ} \cdot P^*$$

- essendo  $w^{\circ} = 50$  mc/ha,
- $\Phi$  = coefficiente di deflusso **dopo** la trasformazione,
- $\Phi^{\circ}$  = coefficiente di deflusso **prima** della trasformazione,
- $n = 0,48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta plausibile da numerosi studi sperimentali citati in letteratura – si veda ad es. Paoletti, 1996),
- $I$  = percentuale di terreno impermeabile dopo la trasformazione o percentuale di area che viene trasformata,
- $P$  = percentuale di terreno permeabile dopo la trasformazione o percentuale di area che rimane invariata.
- ( $I + P = 100\%$ )

Il volume così ricavato  $w$  è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento, a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\Phi$  e  $\Phi^\circ$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\Phi^\circ = 0.9 \text{ Imp}^\circ + 0.2 \text{ Per}^\circ$$

$$\Phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per}$$

dove: **Imp** e **Per** sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati con l'apice °) o dopo (se non c'è l'apice °).

In linea generale, si dovrà ritenere permeabile ogni superficie non rivestita con pavimentazioni di alcun genere, mentre per pavimentazioni dal carattere semipermeabile si dovrà valutare caso per caso in sede di concessione edilizia anche sulla base delle specifiche tecnologiche dei prodotti impiegati.

E' da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota I.

La quota **P** dell'area in trasformazione è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti, dalla trasformazione.

Verranno di seguito analizzate le condizioni dell'area prima dell'intervento e dopo la trasformazione, quindi analizzati i parametri necessari alla procedura di calcolo dei volumi di invarianza idraulica.

Si procede dunque ad applicare la formula dei "Bacini Romagnoli"  $w = w^\circ (\Phi / \Phi^\circ) 1 / (1-n) - 15 I - w^\circ P$  ai fini di valutare il volume minimo da invasare a seguito della trasformazione dell'area.

Il volume minimo di invaso **W** per il rispetto dell'invarianza idraulica è stato calcolato/verificato sulla base dei seguenti dati:

VOLUME DI INVARIANZA		
SUPERFICIE FONDIARIA LOTTO	17072	mq
ANTE - OPERAM		
Superficie permeabile esistente	17072	mq
Per°	1	
Imp°+Per°	1	
Superficie impermeabile esistente	0	mq
Imp°	0	

POST OPERAM		
Superficie Permeabile di Progetto	8108.4	mq
Per	0.47	
Superficie impermeabile trasformata o di progetto	8963.6	mq
Imp	0.53	
Imp+Per	1	
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA		
Superficie Trasformata/Livellata	17072	mq
I	1.00	
Superficie agricola inalterata	0	mq
P	0.00	
I+P	1	

- Esponente della curva di possibilità climatica **n = 0.48**;
- $w^\circ = 50 \text{ mc/ha}$

**Calcolo del coefficiente di deflusso esistente:**

$$\Phi^\circ = 0.9 \text{ Imp}^\circ + 0.2 \text{ Per}^\circ = 0.9 \cdot 0 + 0.2 \cdot 1 = \mathbf{0.20}$$

**Calcolo del coefficiente di deflusso di progetto:**

$$\Phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per} = 0.9 \cdot 0.53 + 0.2 \cdot 0.47 = \mathbf{0.57}$$

**Calcolo del volume minimo di invaso:**

$$w = w^\circ (\Phi / \Phi^\circ)^{1/(1-n)} - 15 I - w^\circ P$$

$$w = 50 (0.57/0.20)^{1.923} - 15 \cdot 1 - 50 \cdot 0$$

**w = 357 mc/ha (volume specifico per ettaro di superficie)**

Il volume così ricavato **w** è espresso in **mc/ha** e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (in questo caso **S = 17'072 mq = 1.7072 ha**), a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata, dunque:

$$W = w * \text{Superficie fondiaria (ha)}$$

$$\mathbf{W = 357 \text{ mc/ha} \cdot 1.7072 \text{ ha} = 609 \text{ mc}}$$

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Su incarico della proprietà ed in accordo con il tecnico progettista, nel mese di Febbraio 2019 è stato eseguito il presente studio idraulico a supporto della progettazione del PUA della variante PRG 1/2019 di via Provinciale Est nel comune di Nonantola (NO).

Sono state poi consultate le **"Mappe della Pericolosità e del Rischio Alluvioni (Det. 3757/2011 e DGR 1244/2014)"** del **PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni)** con particolare riferimento sia al *Reticolo Principale e Secondario montano (RP\_RSCM)* sia al *Reticolo Secondario di pianura (RSP)*.

Relativamente al **RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA** l'area studiata ricade entro lo scenario di pericolosità **"P2 - M: Alluvioni poco frequenti, media probabilità"**. In relazione al rischio, il sito ricade nella classe di Rischio R1 **"Rischio moderato o nullo"**.

Per quanto concerne il **RETICOLO PRINCIPALE E SECONDARIO MONTANO** si può osservare come il sito di interesse rientri nell'ambito di pericolosità **"P1 – "Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi"**. In relazione al rischio il sito ricade invece nella classe di Rischio R1 **"Rischio moderato o nullo"**.

Le verifiche idrauliche sono state condotte prendendo in considerazione il corso d'acqua **Cavo Fossetta delle Larghe**, ubicato al confine occidentale rispetto all'area in oggetto. Queste ultime hanno dimostrato come la sezione utile considerata per tale corso d'acqua ( **$Q_{Sez}=2.89 \text{ m}^3/\text{sec}$** ) consenta il deflusso della portata di piena centennale ( **$Q_{c100}=1.01 \text{ m}^3/\text{sec}$** ) garantendo le necessarie condizioni di sicurezza.

Le misure volte al rispetto del **principio dell'invarianza idraulica**, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio, l'intervento in progetto prevede una significativa impermeabilizzazione dell'area rispetto allo stato attuale da cui consegue un computo di volume di invaso per l'invarianza idraulica pari a  **$W = 627 \text{ m}^3$**  che, secondo le indicazioni del Consorzio della Bonifica di Burana, dovrà essere smaltito tramite una bocca tarata che immetta nel recapito a cielo aperto una portata di  **$5 \text{ l/s} \cdot \text{ha} = 4.48 \text{ l/s}$** .

A disposizione per ulteriori chiarimenti, cogliamo l'occasione di porgere distinti saluti.

Modena, 07 Marzo 2019

GEO GROUP SRL

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

