

COMUNE DI RIMINI

DIPARTIMENTO del Territorio e Ambiente
Settore Infrastrutture e Qualità Ambientale
U.O. Infrastrutture

ATTRAVERSAMENTO TORRENTE AUSA PER RIPRISTINO CONNESSIONE CICLOPEDONALE TRA VIA BARATTONA E VIA MONTESCUDO C91B23000170004

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Relazione geologica-geotecnica

ALL. D

Progettista generale: Ing. Enrico Miani
Progettista strutture: Ing. Fabio Campedelli
Studio geologico: Geol. Stefano Ronci
Rilievo topografico: Studio Geo-Graphic
C.S.P.: Ing. Nicola Amodio
Collaboratori: Arch. Paolo Protti

Responsabile Unico di Progetto
Ing. Massimo Paganelli

Il Dirigente del Settore
Ing. Alberto Dellavalle

Data: marzo 2024

Rev.: 01

RIMINI

RELAZIONE GEOLOGICA
INDAGINE GEOTECNICA E GEOFISICA

Progetto: **ATTRAVERSAMENTO TORRENTE AUSA PER RIPRISTINO
CONNESSIONE CICLOPEDONALE TRA VIA BARATTONA E VIA
MONTESCUDO**

Ubicazione: *Rimini, Via Barttona - Via Montescudo*

Committente: *Comune di Rimini*

Progettazione: *Ing. Fabio Campedelli*



Rimini Ottobre 2023

1 – PREMESSA	1
2 – GEOLOGIA	1
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	1
2.2 IDROGEOLOGIA	7
2.3 MODELLO GEOLOGICO	9
3– INDAGINI GEOGNOSTICHE	9
3.1 INDAGINI PENETROMETRICHE.....	10
3.2 CORRELAZIONI FRA DATI DELLE PENETROMETRIE STATICHE, PARAMETRI GEOTECNICI, LITOLOGIA.....	12
3.3 - INDAGINE GEOFISICA.....	14
3.4 RILIEVO DEL LIVELLO DI FALDA.....	14
4 – STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	15
4.1 INDICAZIONI SULLA PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA.....	18
4.2 CONSIDERAZIONI SULLA MODELLAZIONE GEOTECNICA	20
4.3 RISULTATI DELL’INDAGINE GEOFISICA	20
5 –RISCHIO SISMICO	21
5,1 SISMICITÀ DELL’AREA	21
5,2 AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	24
5,3 PARAMETRI DELLA RISPOSTA SISMICA	26
5,4 EFFETTI LOCALI: LIQUEFAZIONE DEI TERRENI SABBIOSI	26
6 – CRITERI COSTRUTTIVI, INTERAZIONE TERRENO STRUTTURA	35
7 – CONCLUSIONI.....	36

ALLEGATI

- ALLEGATO 1 INDAGINE GEOFISICA
- ALLEGATO 2 PROVE PENETROMETRICHE CPTU
- ALLEGATO 3 ANALISI RISCHIO LIQUEFAZIONE

FIGURE NEL TESTO

Figura 1 Vista aerea (Google Maps).....	1
Figura 2 Inquadramento cartografico	2
Figura 3 Dettaglio Sezione CTR 256151 San Fortunato	3
Figura 4 Carta Geologica	5
Figura 5 Sezione geologica (Sez.97) parallela alla costa.....	6
Figura 6 PSC Rimini Tav. B.11 a Carta dello Spessore delle Coperture	6
Figura 7 Reticolo Principale Alluvioni frequenti.....	7
Figura 8 Planimetria del lotto ed ubicazione punti di indagine.....	10
Figura 9 Penetrometro Pagani TG73/200 nel corso delle prove	11
Figura 10 Grafico per l’interpretazione della litologia da prove CPTU Robertson	12
Figura 11 Carta della litologia secondo Robertson, resistenze alla punta penetrometriche	16
Figura 12 Sezione Stratigrafica.....	17
Figura 13 valori di Resistenza di punta, Angolo di Attrito, Coesione non drenata e Modulo Edometrico	19
Figura 14 Confronto fra frequenza ampiezza picchi H/V rilevati da terremoti	20
Figura 15 Rapporto spettrale H/V	21
Figura 16 Zone sismogenetiche dal DISS 3.1 (sotto lo schema delle strutture tettoniche attive)	22
Figura 17 Istogramma degli eventi sismici.....	23
Figura 18 Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento.....	24
Figura 19 Schema a blocchi per la valutazione del Rapporto di Resistenza Ciclica CRR.....	29

1 – PREMESSA

Si è eseguito, uno studio geologico ed un'indagine geotecnica e geofisica per acquisire gli elementi necessari al progetto di costruzione di un ponte ciclo-pedonale sul Torrente Ausa per il ripristino della connessione fra Via Barattona e Via Montescudo nel Comune di Rimini (RN).

Figura 1 Vista aerea (Google Maps)



Lo studio si è svolto in riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 ed ha le seguenti finalità:

- a) *descrivere il contesto geologico e geomorfologico dell'area*
- b) *definire la stratigrafia ed i caratteri geotecnici orientativi al fine di fornire un supporto nella redazione della relazione geotecnica e nella definizione del Modello Geotecnico*
- c) *descrivere l'assetto idrogeologico ed eventuali aspetti di vulnerabilità*
- d) *definire le caratteristiche sismiche del sito*
- e) *analizzare le pericolosità sismiche locali: liquefacibilità e cedimenti post-sismici*

Sono state quindi eseguite l'analisi dei dati bibliografici, delle indagini in sito disponibili e nuove indagini geognostiche consistenti in due penetrometrie con piezocono, e rilievi sismici passivi a stazione singola (HVSr).

2 – GEOLOGIA

2.1 Inquadramento Geologico e Geomorfologico

L'area oggetto di intervento è descritta dall'Elemento CTR 256151 San Fortunato (fig.2) ed è rappresentata nella omonima Sezione n°256150 della Carta Geologica della Regione Emilia Romagna (fig.3).

Il lotto in esame ha quota assoluta di circa 12-14 m; si tratta di una porzione della pianura alluvionale del Torrente Ausa.

Figura 2 Inquadramento cartografico

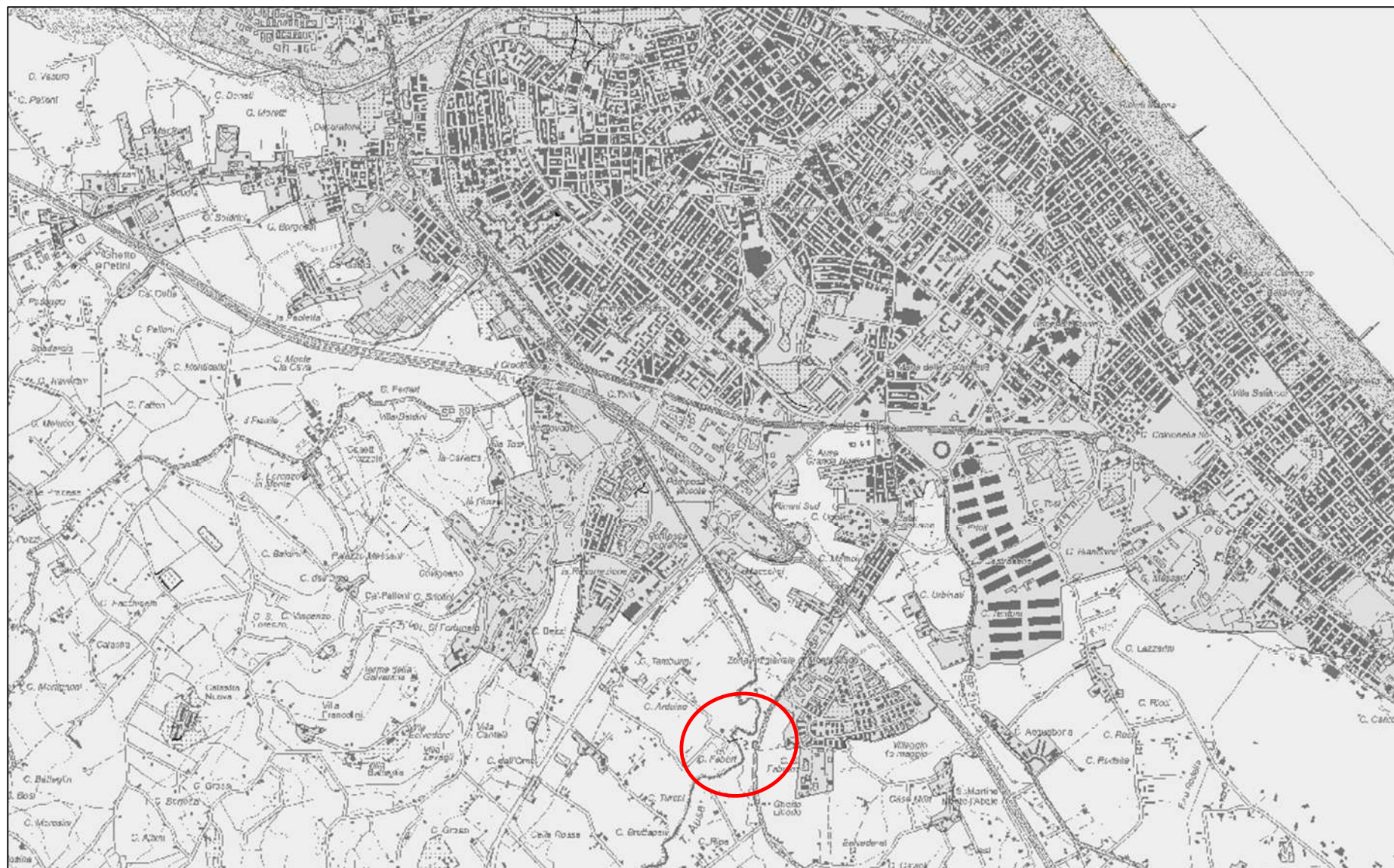
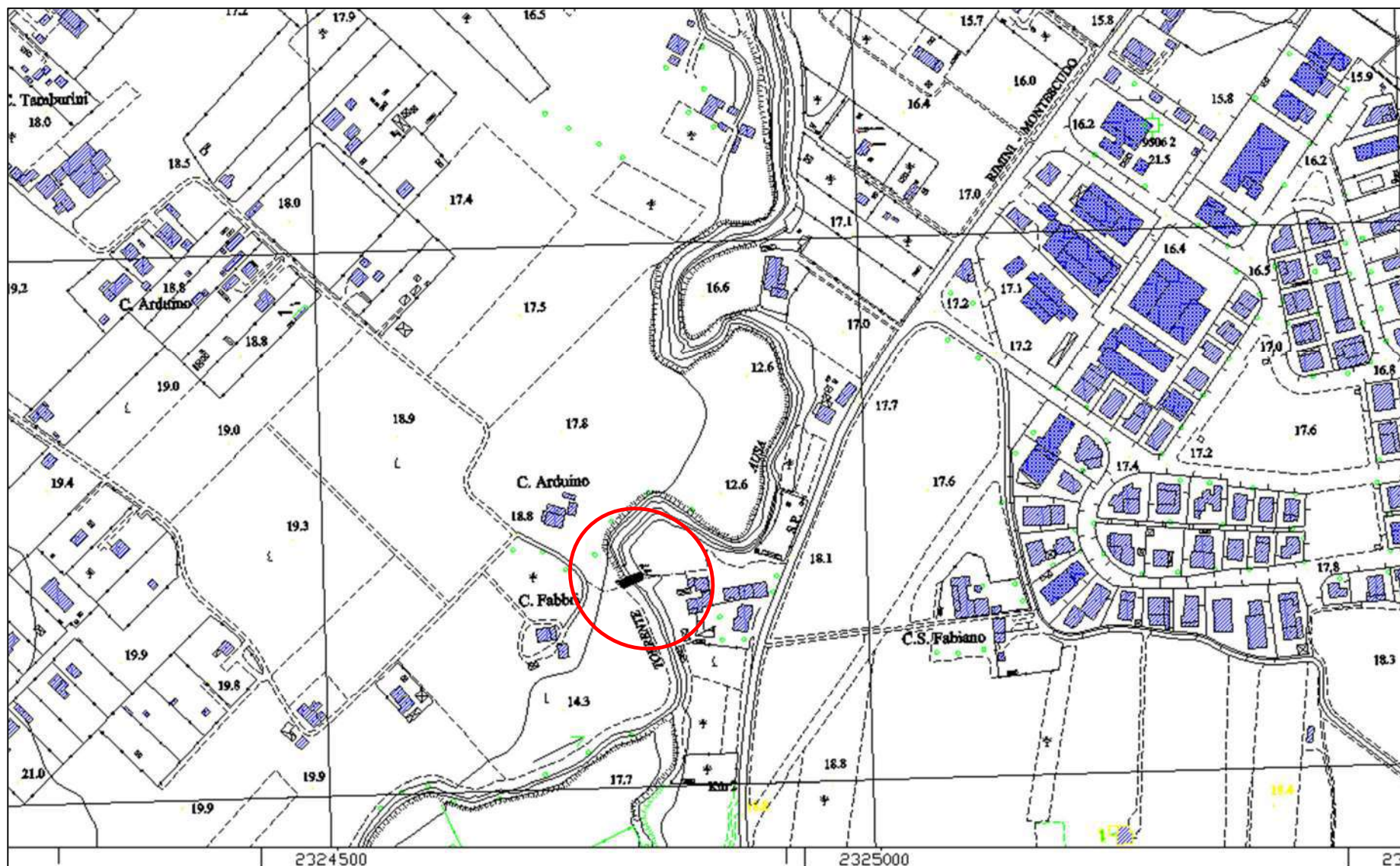


Figura 3 Dettaglio Sezione CTR 256151 San Fortunato



Geologia e tettonica

La zona riminese è caratterizzata dal passaggio dagli ultimi rilievi collinari costituiti prevalentemente da sedimenti marini plio-pleistocenici, alle pianure di origine alluvionale e quindi verso valle, alla pianura costiera.

La pianura alluvionale in questione si estende alla base del rilievo di Covignano ed è costituita da sedimenti prevalentemente pelitici che hanno uno spessore dell'ordine delle decine di metri (vedi fig.4). Il substrato è costituito dalle stesse formazioni marine degli ultimi rilievi collinari (Formazione delle Sabbie di Imola, Arenarie e Argille di Savignano, Argille Azzurre)

Stratigrafia

I depositi continentali vengono distinti formalmente, all'interno dell'unità stratigrafica detta Supersistema Emiliano-Romagnolo, in Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES). Ulteriori suddivisioni di questo ultimo (subsistemi) vengono indicate con AES8 (Subsistema di Ravenna) e AES8a (Unità di Modena).

Il Subsistema di Ravenna è un'unità superficiale, il cui tetto coincide spesso col piano di campagna ed ha uno spessore massimo dell'ordine di venti metri. Un ciclo trasgressivo-regressivo è all'origine della natura dei suoi depositi: ai depositi fini grigi, di tracimazione o palustri ricchi di sostanza organica, succedono depositi fini di tracimazione fluviale che passano da grigi a giallastri e quindi più decisamente ossidati verso l'alto. Ciò a indicare il passaggio paleogeografico fra piane fluviali poco drenate e stagnanti a piane ben drenate di una pianura in aggradazione con progressiva sovra-incisione del reticolo idrografico. Nel settore costiero questa evoluzione deposizionale è troncata dallo sviluppo del cordone sabbioso litorale.

Nella pianura alluvionale sono presenti, in affioramento, argille, limi e limi sabbiosi, di tracimazione fluviale (piana inondabile, rotta, argine...). Di interesse applicativo risultano i termini più superficiali che vengono così descritti dalla legenda della cartografia geologica.

Subsistema di Ravenna (AES8)

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. (Pleistocene sup. - Olocene)

Unità di Modena (AES8a)

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive.

Figura 4 Carta Geologica

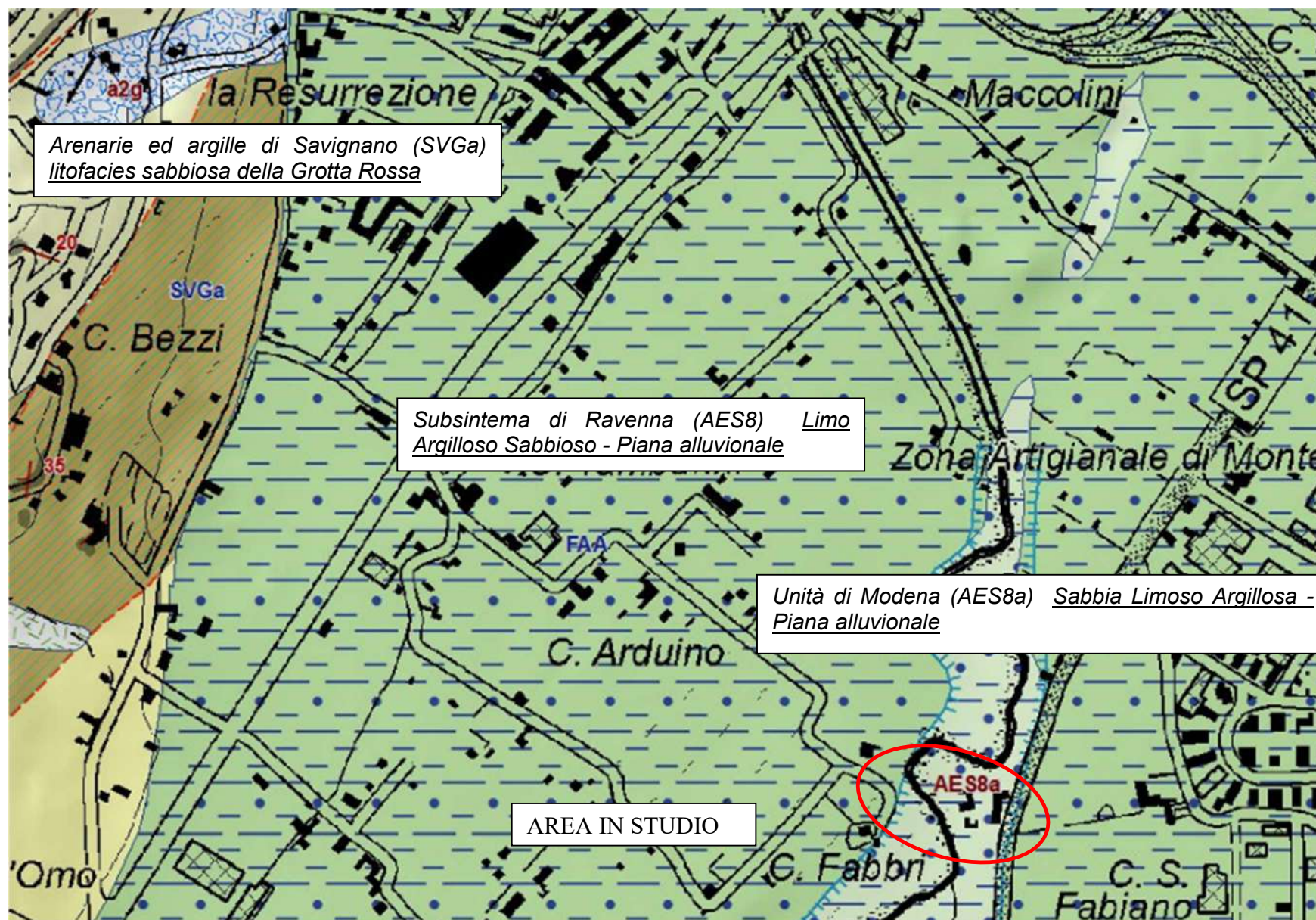
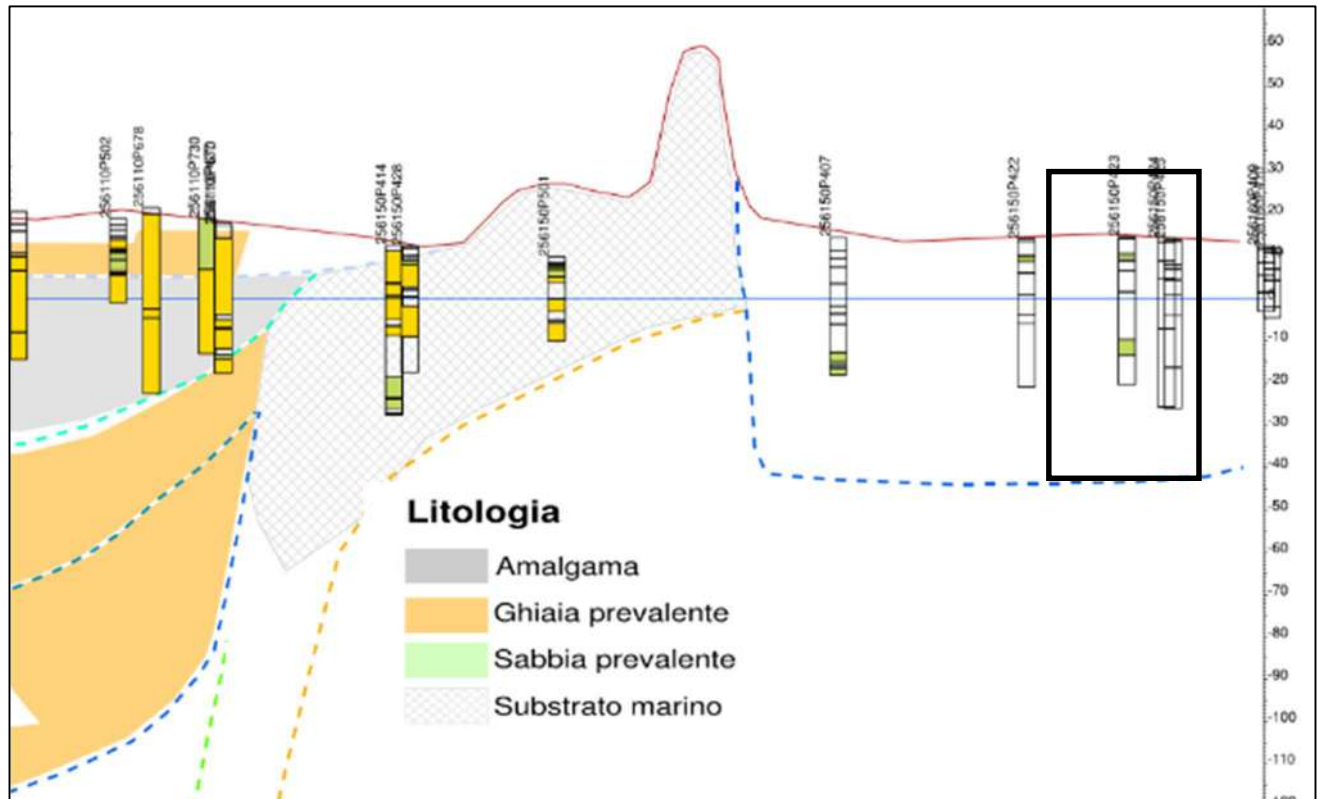


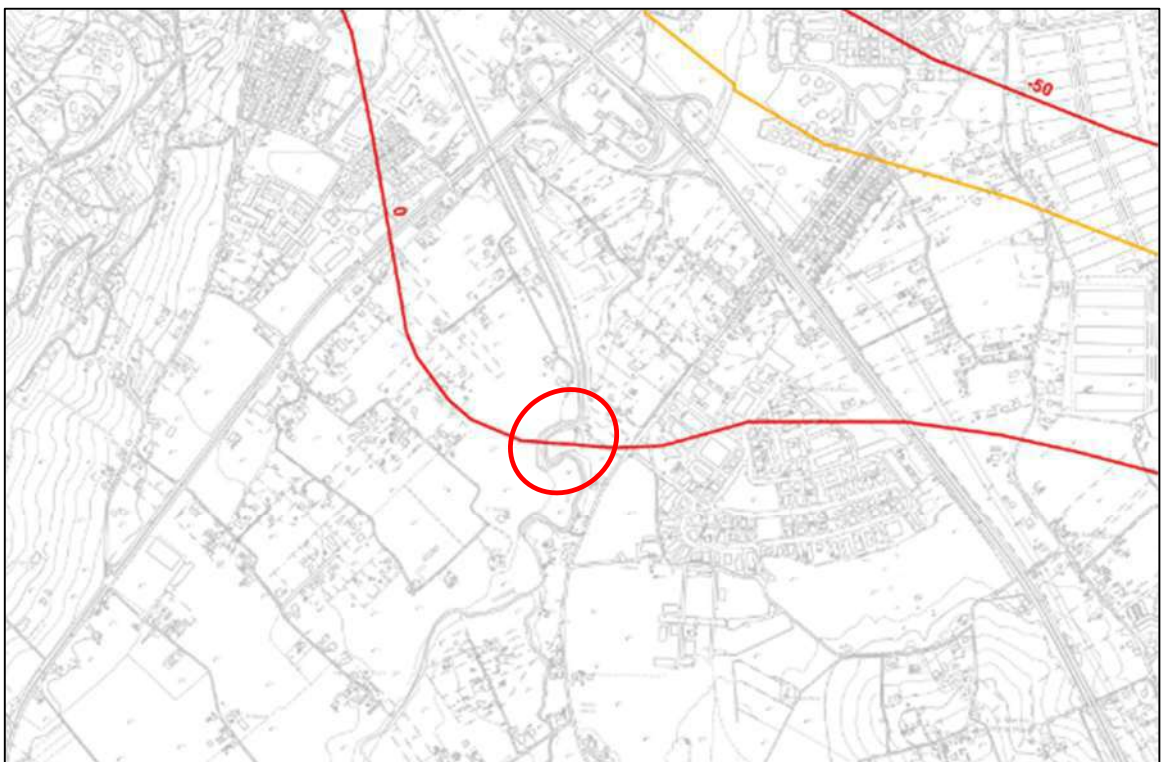
Figura 5 Sezione geologica (Sez.97) parallela alla costa



Condizioni geologiche e geomorfologiche locali

La morfologia è pianeggiante ed i sedimenti presenti sono, fino alle profondità indagate, di natura pelitica. La Carta dello Spessore delle Coperture del PSC del Comune di Rimini (Tav. B.11a in stralcio in Fig. 6) evidenzia che la base del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (AES) è indicativamente inferiore a 0 metri sul livello del mare (circa 12/14 metri dal pc).

Figura 6 PSC Rimini Tav. B.11 a Carta dello Spessore delle Coperture



2.2 Idrogeologia

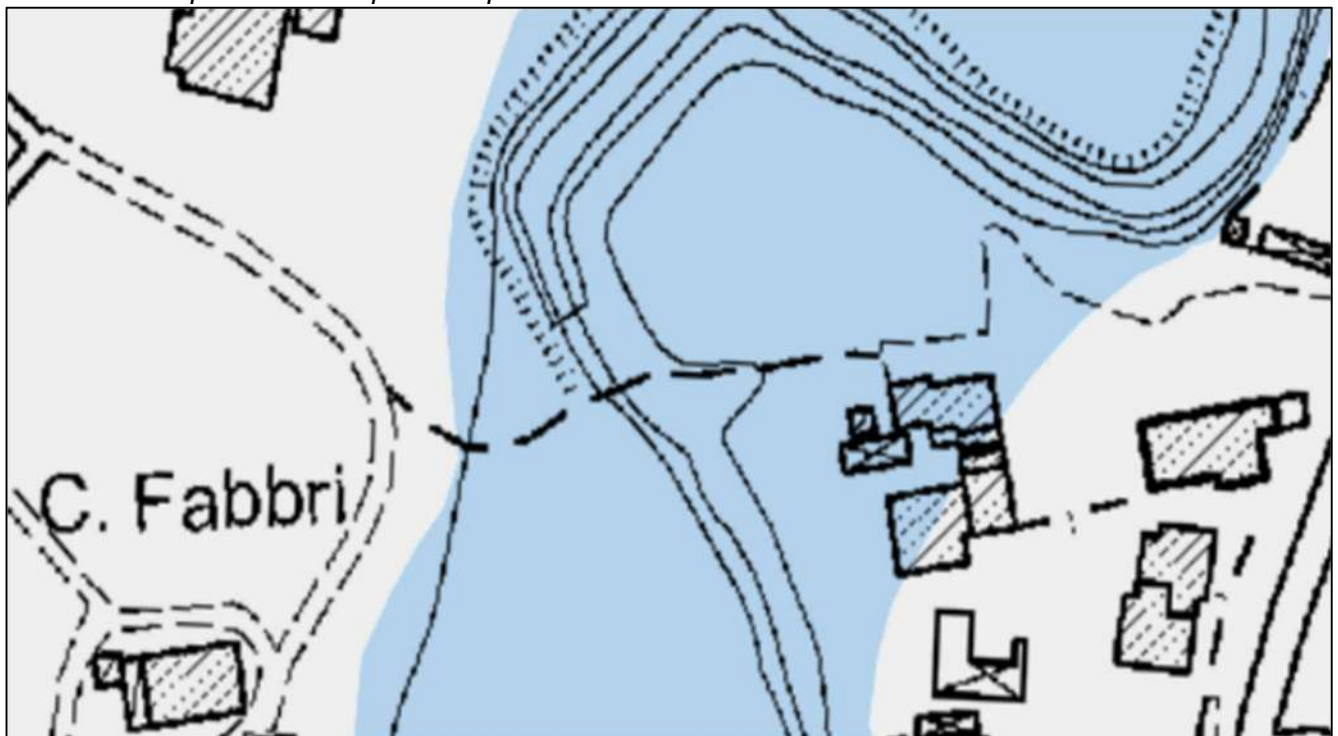
L'alveo dell'Ausa è in stretta relazione con la falda nei terreni circostanti. fungendo da dreno nei prolungati periodi di magra e ricaricando la falda stessa in concomitanza dei periodi piovosi nel corso delle piene che comunque hanno generalmente decorso piuttosto rapido.

Dal Piano Gestione Rischio Alluvioni (2022) adottato dall'Autorità di Distretto del Po (e consultabile sul sito <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/DA/index.html>) si evince che per l'area esiste un rischio legato al reticolo idrografico principale e secondario di pianura_alluvioni rare, poco frequenti e frequenti.

Figura 7 Reticolo Principale Alluvioni frequenti



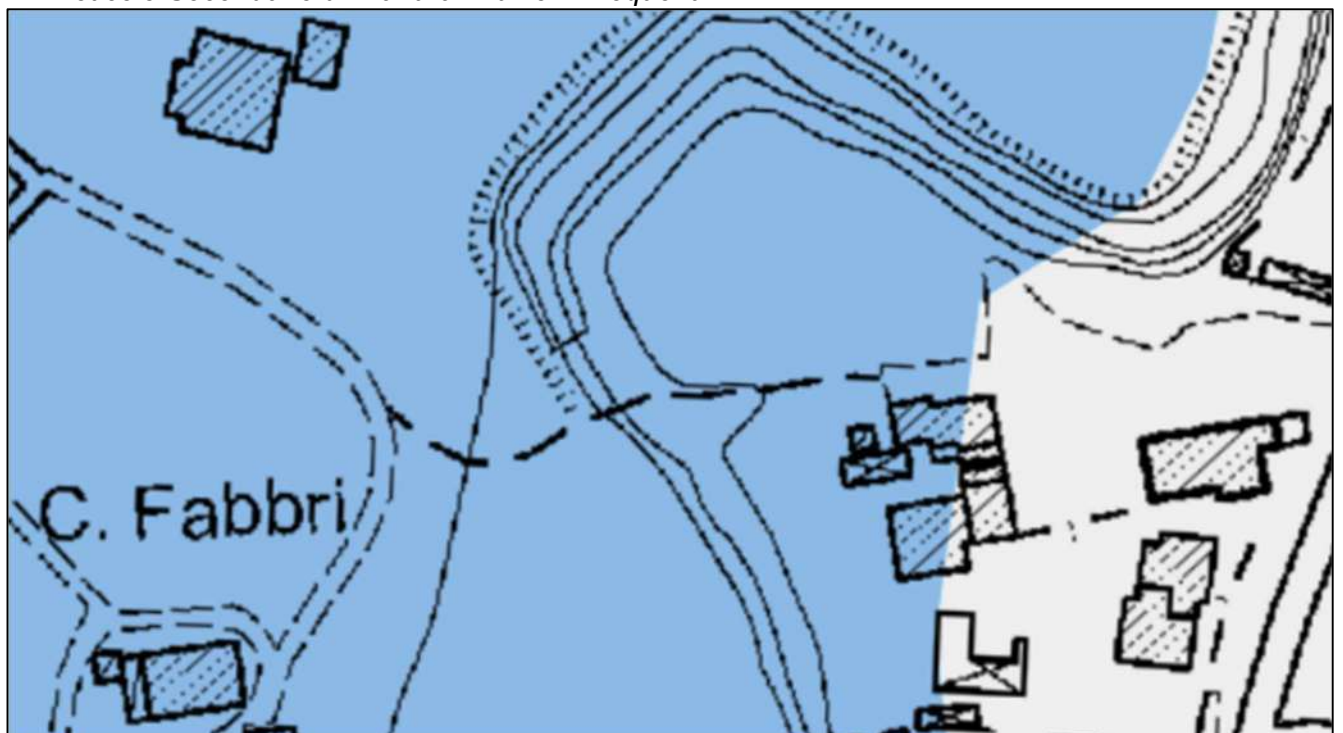
Reticolo Principale Alluvioni poco frequenti



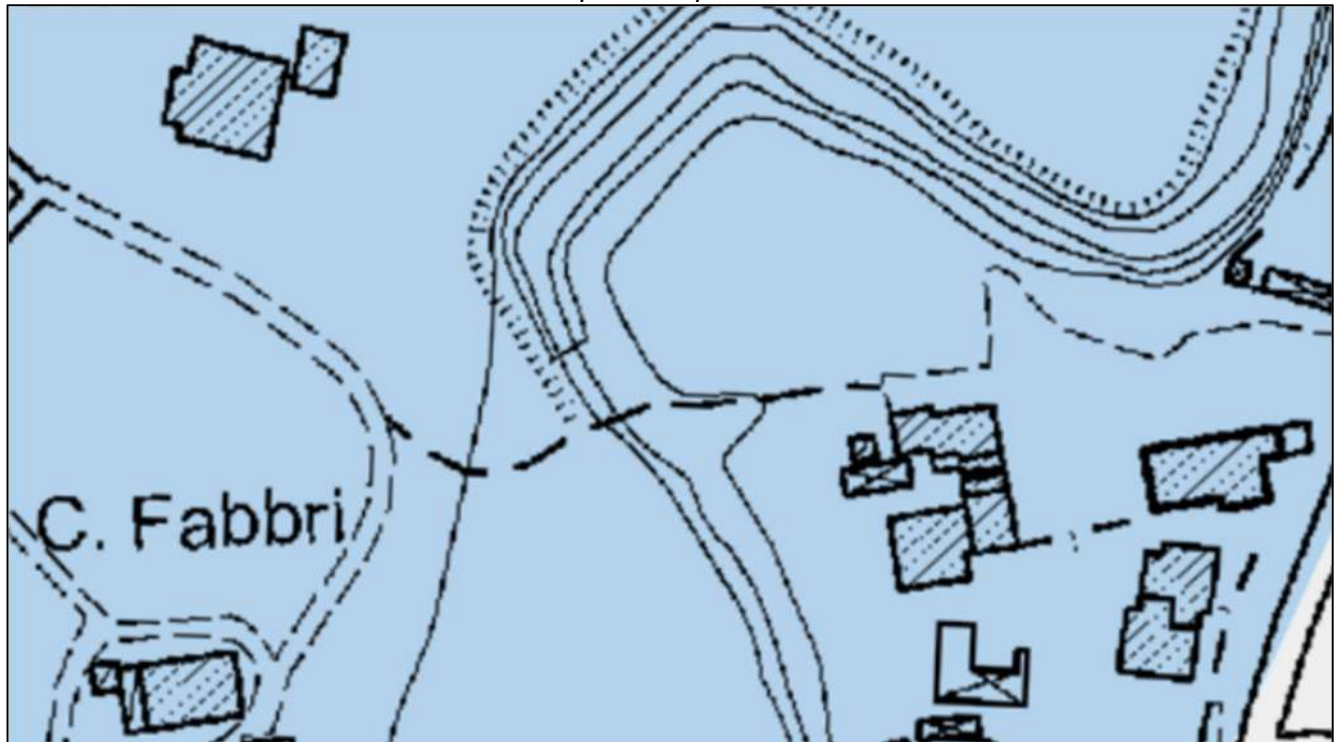
Reticolo Principale Alluvioni Rare



Reticolo Secondario di Pianura Alluvioni Frequenti



Reticolo Secondario di Pianura Alluvioni poco frequenti



2.3 Modello geologico

Le Norme Tecniche sulle Costruzioni nella parte dedicata alla progettazione geotecnica (capitolo n. 6), definiscono il “modello geologico” come l’insieme dei caratteri litologici, stratigrafici strutturali, idrogeologici, geomorfologici; la comprensione di questi elementi consente di valutare le criticità e la “pericolosità geologica del territorio”, “inquadrare i problemi geotecnici”, progettare una opportuna indagine geognostica.

Nel caso in esame gli elementi fondamentali che possono sintetizzare, la situazione geologica-geomorfologica sono:

- ✓ morfologia pianeggiante e presenza delle scarpate d’alveo
- ✓ la presenza di sedimenti di origine alluvionale prevalentemente fini (argille e limi), con spessori complessivi dell’ordine delle decine di metri
- ✓ rischio di allagamenti legati al reticolo idrografico principale e secondario di pianura (*alluvioni frequenti*)

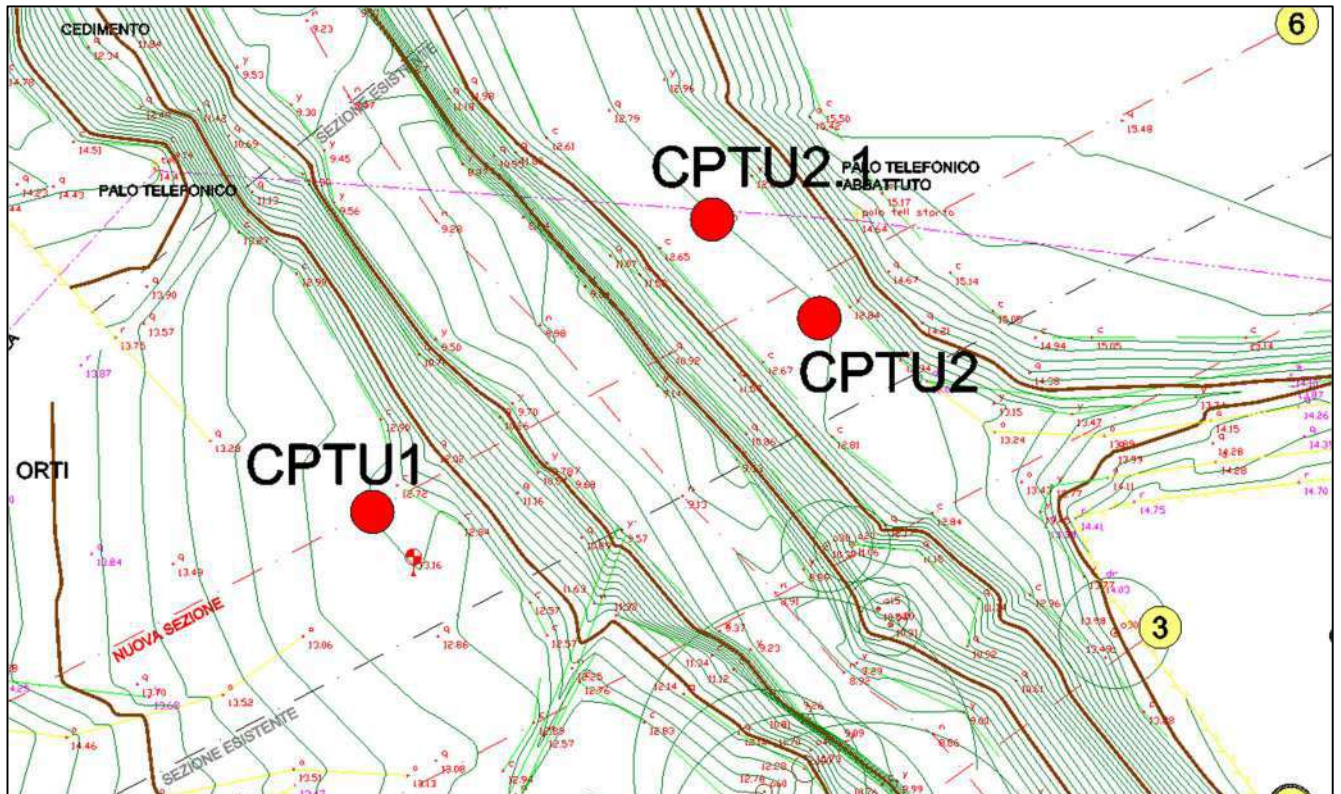
La pericolosità geologica del sito deriva quindi fondamentalmente dalla sismicità, a cui nel seguito è dedicata una sezione. Oltre alla intensità e ricorrenza degli eventi, il rischio sismico, deve essere correlato localmente ai possibili fenomeni di amplificazione locale con *effetti di sito* (possibile amplificazione sismica stratigrafica o morfologica) e agli *effetti locali* (ad esempio instabilità di versante o liquefazione)

3– INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche sono state eseguite a cura dello scrivente; si tratta, come accennato, di rilievi geofisici passivi a stazione singola (HVSr) ed attivi multicanale (MASW), e di tre penetrometrie statiche con piezocono.

Diversi tentativi di esecuzione della penetrometria statica sulla sponda destra del torrente, non sono andati a buon fine a causa della presenza di uno strato di detrito grossolano che, nonostante la realizzazione di un preforo con la punta meccanica Begemann, provocava eccessiva deviazione del piezocono e valori inammissibili di resistenza di punta. Con CPTU2.1 si indica il punto in cui, non senza difficoltà, è stato possibile oltrepassare l’orizzonte superficiale detritico.

Figura 8 Planimetria del lotto ed ubicazione punti di indagine



3.1 Indagini penetrometriche

Le penetrometrie statiche offrono informazioni di buona qualità sulla consistenza e sulla litologia dei terreni; esiste inoltre una consolidata tradizione d'uso ed una estesa bibliografia relativa all'elaborazione dei dati.

Si è impiegato un penetrometro da 20 tonnellate di spinta (TG63/200 vedi Fig.9); l'esecuzione delle prove rispetta le modalità indicate dalle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana del 1977.

Le penetrometrie statiche (CPT) consistono nella misura della resistenza alla penetrazione della punta conica e del manicotto di cui è corredato il puntale. Tali misure permettono una buona distinzione della stratigrafia grazie ai metodi, ad esempio, di Schmertmann o Robertson; questi consentono, con l'ausilio di appositi grafici o algoritmi, di distinguere le litologie dal rapporto fra resistenza alla penetrazione e attrito sul manicotto di frizione (vedi Fig. 10). Determinata la litologia è possibile risalire, grazie ad indicazioni di numerosi autori, ai parametri geotecnici dei terreni. Sul rapporto di prova vengono riportati i valori ed i grafici di Resistenza di Punta (R_p), Resistenza del manicotto (R_l), il rapporto delle due grandezze (FR), la litologia orientativa, alcuni parametri geotecnici (Φ , Dr , Cu). Il metodo di Robertson consente una stima della percentuale di fini presenti nel sedimento (passante al setaccio con apertura 0.0075 mm).

Il ricorso al piezocono (o punta elettrica CPTU) consente misure più dettagliate e di maggiore precisione nel rilievo della resistenza di punta e dell'attrito sul manicotto di frizione, si acquisiscono anche la velocità di avanzamento, l'inclinazione della punta e la pressione interstiziale nel sedimento.

Le misure vengono acquisite e memorizzate ad ogni centimetro di avanzamento della punta penetrometrica; per le elaborazioni e nei report della prova (in allegato 2), si è utilizzata, per comodità, la media con passo di 5 cm.

Figura 9 Penetrometro Pagani TG73/200 nel corso delle prove

CPTU1



CPTU2.1



3.2 Correlazioni fra dati delle penetrometrie statiche, parametri geotecnici, litologia

I dati ottenuti con le penetrometrie sono utilizzabili per la determinazione delle litologie e l'attribuzione dei parametri geotecnici; le correlazioni impiegate sono di larga diffusione e proposte da numerosi Autori (Begemann, Michtell & Gardner, Sanglerat, Schmertmann, Robertson...).

Robertson propone il grafico per l'interpretazione delle penetrometrie con piezocono, (fig.12) che riporta sugli assi la resistenza alla punta normalizzata Q e il rapporto fra le resistenze normalizzate F , che vengono calcolati con le seguenti equazioni:

$$Q = (R_p - \sigma_{vo}) / \sigma'_{vo} \quad F = 100 (RI / (R_p - \sigma_{vo}))$$

Robertson definisce l'Indice di comportamento (I_c)

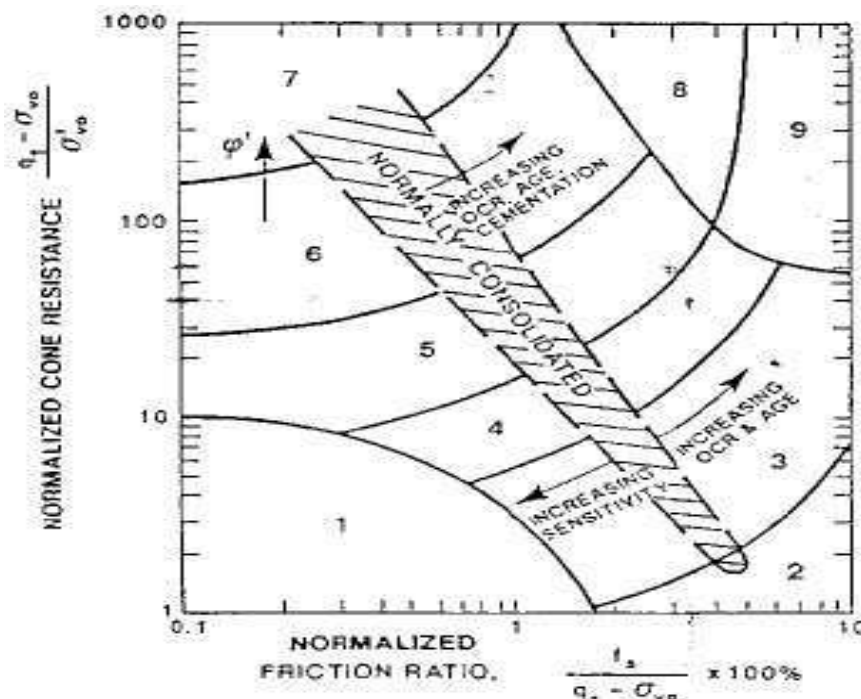
$$I_c = ((3.47 - \log Q)^2 + (\log F + 1.22)^2)^{1/2}$$

L'indice di comportamento consente di identificare il tipo di terreno adottando la tabella che segue ed può essere relazionato alla percentuale di fini del sedimento (F_c) con la relazione:

$$F_c (\%) = 1.75 I_c^{3.25} - 3.7$$

I_c	Area grafico Robertson	Litologia
< 1.31	7	Sabbie ghiaiose e sabbie addensate
1.31 ÷ 2.05	6	Sabbie da pulite a limose
2.05 ÷ 2.60	5	Sabbie limose e/o limi sabbiosi
2.60 ÷ 2.95	4	Limi argillosi e/o argille limose
2.95 ÷ 3.60	3	Argille
> 3.60	2	Suoli Organici

Figura 10 Grafico per l'interpretazione della litologia da prove CPTU Robertson



1 - Terreni sensibili a grana fine, 2 - terreno organico, Torba, 3 - Argille, Da Argille ad Argille Limose; 4 - Miscela di Limi, Argille Limose, Limi Argillosi; 5 - Miscela di Sabbie, da Limi Sabbiosi a Sabbie Limose; 6 - Sabbie, da Sabbie pulite a Sabbie Limose; 7 - Sabbie Ghiaiose a Sabbie; 8 - Da Sabbie molto dense a Sabbie Argillose fortemente sovraconsolidate o cementate; 9 - Materiali fini granulari molto duri, fortemente sovraconsolidati o cementati

Peso di volume (γ)

Mayne et al. (2010)

Dallo studio eseguito sui rapporti fra peso di volume, resistenza alla punta, resistenza di attrito (ed altri numerosi parametri) deriva la correlazione indicativa per legare l'attrito sul manicotto al peso di volume

$$\gamma = 1.95 \gamma_w (\sigma_v / 100)^{0.06} (fs/100)^{0.06}$$

Robertson e Cabal et al.(2010) (*)

Analogamente a quanto proposto da Mayne gli autori ricavano la correlazione seguente

$$\gamma/\gamma_w = 0.27 \text{ Log}(100*(fs/qc)) + 0.36 \text{ Log}(100*(qc/p_a)) + 1.236$$

Modulo dinamico di taglio (G0)

Imai e Tomauchi (per ogni tipo di terreno) $G_0 = 28 R_p^{0.611}$

Modulo Elastico (E)

Fellenius (2006) $E = 4 R_p$ per $R_p \leq 30 \text{ kg/cmq}$

$E = 3.5 R_p$ per $R_p > 30 \text{ kg/cmq}$

Schmertmann (sabbie) $E=2.5 R_p$

Correlazioni relative ai terreni coesivi

Sono di largo impiego, fra le altre, correlazioni fra Resistenza alla punta R_p , Resistenza d'attrito R_l e la coesione non drenata C_u , il modulo edometrico E_d , il rapporto di sovraconsolidazione OCR.

Coesione non drenata (C_u)

Begemann: $C_u = (R_p - \sigma_v) / N_c$

dove σ_v è la pressione litostatica alla profondità di misura della R_p ed $N_c = 13,4$; più cautelativamente o in ragione delle litologie, può essere adottato N_c compreso fra 15 e 25.

Nel presente lavoro si è adottato $N_c=14$.

Modulo edometrico (E_d)

Mitchell e Gardner

dalla carta di plasticità di Casagrande si può assumere il coefficiente α secondo i valori della seguente tabella (con R_p in MPa)

Terreno	R_p	α
CL Argille inorganiche di media-bassa plasticità; Argille limose sabbiose o ghiaiose	$R_p < 0,7$	5
	$2 > R_p > 0,7$	3,5
	$R_p > 2$	1,7
ML Limi inorganici, limi argillosi, sabbie molto fini limose	$R_p > 2$	2
	$R_p < 2$	4,5
MH-CH; Limi inorganici, limi argillosi, Argille inorganiche di alta plasticità	/	4
OL-OH; Limi organici e argille-limi organici di bassa plasticità, Argille organiche e argille limose di media-alta plasticità	/	4

Sanglerat o Mitchell & Gardner

Gli Autori suggeriscono di legare E_d a R_p con un coefficiente α che assume valori differenti in relazione alla litologia:

$$E_d (\text{kg/cmq}) = \alpha R_p$$

Secondo Sanglerat:

$\alpha = 1,5$ Sabbie con $R_p > 45 \text{ kg/cmq}$

$\alpha = 2 - 5$ Argille con $R_p 15-30 \text{ kg/cmq}$

$\alpha = 5 - 10$ Argille con $R_p < 10 \text{ kg/cmq}$

NB Queste correlazione risultano generare valori di Modulo Edometrico poco cautelativi rispetto alle evidenze di laboratorio locali; sono quindi applicate con correzioni derivate da tali esperienze.

Rapporto di Sovraconsolidazione (OCR)

Mayne 2012 $OCR = 0.33 * (R_p - \sigma_v)^m$ con $m = 1 + 0.72$

Terreno	m
Argille	1.0
Argille organiche	0.9
Limi	0.85
Sabbie Limose	0.8
Sabbie Pulite	0.72

Correlazioni relative ai terreni granulari

Esistono, analogamente a quanto avviene per terreni coesivi, correlazioni fra Resistenza alla punta R_p , Resistenza d'attrito R_l e l'angolo di attrito interno ϕ , la densità relativa D_r , il modulo edometrico E_d , il rapporto di sovraconsolidazione OCR .

Angolo di attrito interno

$$\text{De Beer} \quad \phi = 5.9 + 4.76 \log (R_p / \sigma_v')$$

dove σ è la pressione litostatica efficace alla profondità di misura della R_p . Tale relazione trova le sue condizioni migliori di applicabilità per sabbie normalconsolidate per profondità superiori a 2 metri (1 metro per sabbie sature); per sabbie sovraconsolidate i valori ottenuti vanno aumentati di 1-2°

Densità relativa (D_r)

$$\text{Lancellotta} \quad D_r (\%) = -98 + 66 \log (R_p / (\sigma_v')^{0.5})$$

Modulo Edometrico (E_d)

$$\text{Robertson e Campanella} \quad E_d (\text{kg/cm}^2) = 0.03 R_p + 11.7 \ln(\sigma) + 0.79 D_r \%$$

3.3 - Indagine geofisica

La scelta della metodologia di indagine è dettata da fattori tecnici, operativi, oltre che ovviamente, economici. La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio con tecniche di misurazione diretta (Down Hole, Cross Hole, Cono Sismico...) impone costi e richiede sforzi, in termini di organizzazione di cantiere, impegno di macchine operatrici (come sonde e penetrometri) e l'utilizzo di apparecchiature di misura, tali da rendere ampiamente conveniente, per i fini perseguiti, ricorrere a determinazioni indirette con prove tipo MASW, REMI o HVSr. Per i vantaggi operativi ed economici (il loro costo è di un ordine di grandezza inferiore a quello di misure dirette) queste tecniche, sono ormai prassi quotidiana per studi relativi a progettazione di costruzioni ordinarie in zone geologiche che non presentano criticità specifiche.

Si è optato per un'indagine geofisica basata su acquisizioni di sismica passiva a stazione singola (HVSr). La tecnica HVSr è detta a sismica passiva in quanto non è necessario generare onde elastiche nel suolo; lo strumento rileva infatti i microtremiti del terreno, ossia il così detto "rumore di fondo" che è sempre presente sulla superficie terrestre. Questo svincola l'acquisizione dati, dall'energizzazione che si applica in superficie, consentendo nel contempo di sfruttare segnali correlabili a elevate profondità. I tempi per l'acquisizione dati HVSr sono molto rapidi (18-20 minuti) e sono necessarie poche decine di centimetri di superficie per l'installazione dello strumento. Punto di forza fondamentale del test, utilizzato per la definizione della V_{seq} , è la possibilità di evidenziare le frequenze caratteristiche o di risonanza del sito, e quindi di permettere di tenere conto nella progettazione strutturale, di eventuali fenomeni di "doppia risonanza" terreno-struttura.

In allegato 1 la relazione esplicativa della prova fornisce ulteriori cenni teorici e operativi su tale metodo geofisico.

3.4 Rilievo del livello di falda

La stima dei livelli di falda avviene in prima approssimazione con il rilievo nei fori di sondaggio, quindi con successive misurazioni nei piezometri, in eventuali pozzi e/o da ricerche dati bibliografici.

La falda è stata rilevata a profondità di circa 2.5-3.0 metri dalla superficie nel foro della CPTU1.

4 – STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

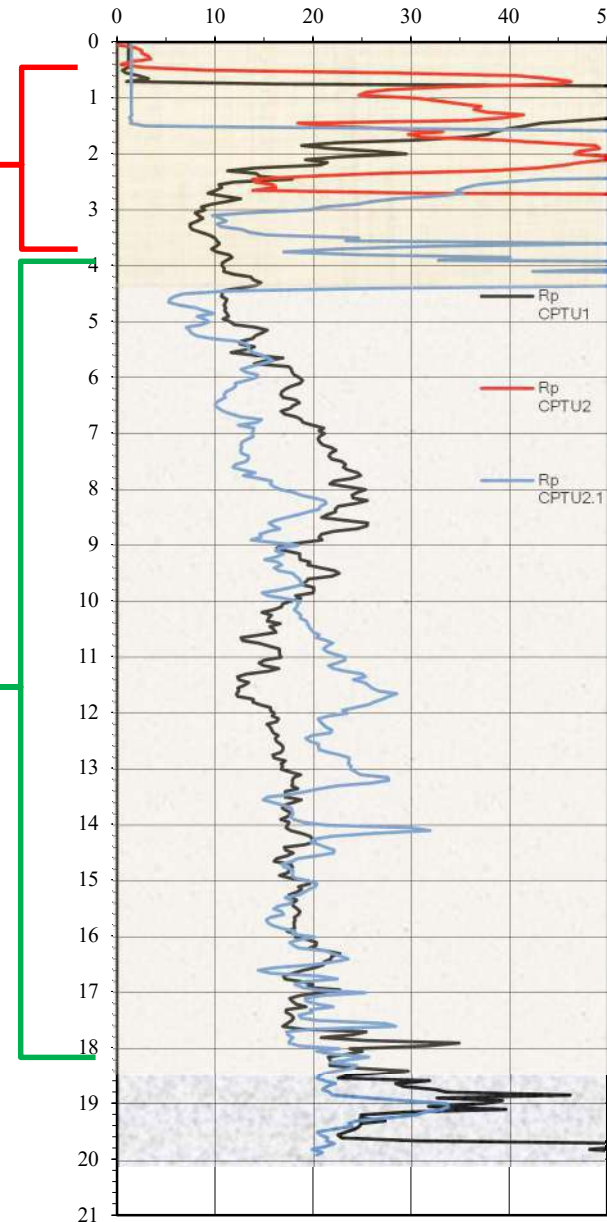
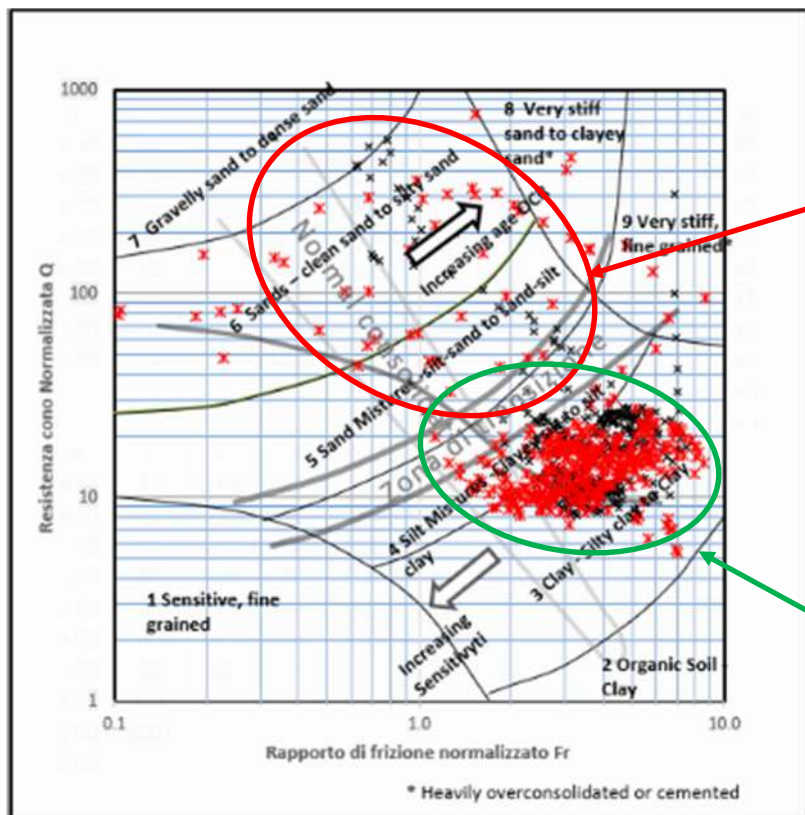
La stratigrafia del sottosuolo è stata ricostruita sulla base delle considerazioni di carattere geologico e dagli esiti delle indagini in sito.

La stratigrafia per sommi capi può essere sintetizzata dai seguenti orizzonti:

- A) Coltre superficiale eterogenea costituita in sinistra idrografica da terreni limosi essiccati e talora rimaneggiati (fino circa a 2.5 metri dal pc), a destra, da alternanza di detriti grossolani e limi (fino a circa 4.5 metri dal pc)
- B) Terreni argillo-limosi e limo-argillosi da mediamente consistenti a consistenti
- C) Alternanze di limi-sabbiosi e sabbie

In Figura 10 la carta di Robertson per la litologia con la sovrapposizione dei punti ottenuti dalle prove penetrometriche statiche (CPTU1+2) e gli andamenti della resistenza di punta R_p (kg/cmq). In Figura 11 sezione stratigrafica

Figura 11 Carta della litologia secondo Robertson, resistenze alla punta penetrometriche



Coltre superficiale eterogenea costituita in sinistra idrografica da terreni limosi essiccati e talora rimaneggiati (fino circa a 2.5 metri dal pc), a destra, da alternanza di detriti grossolani e limi (fino a circa 4.5 metri dal pc)

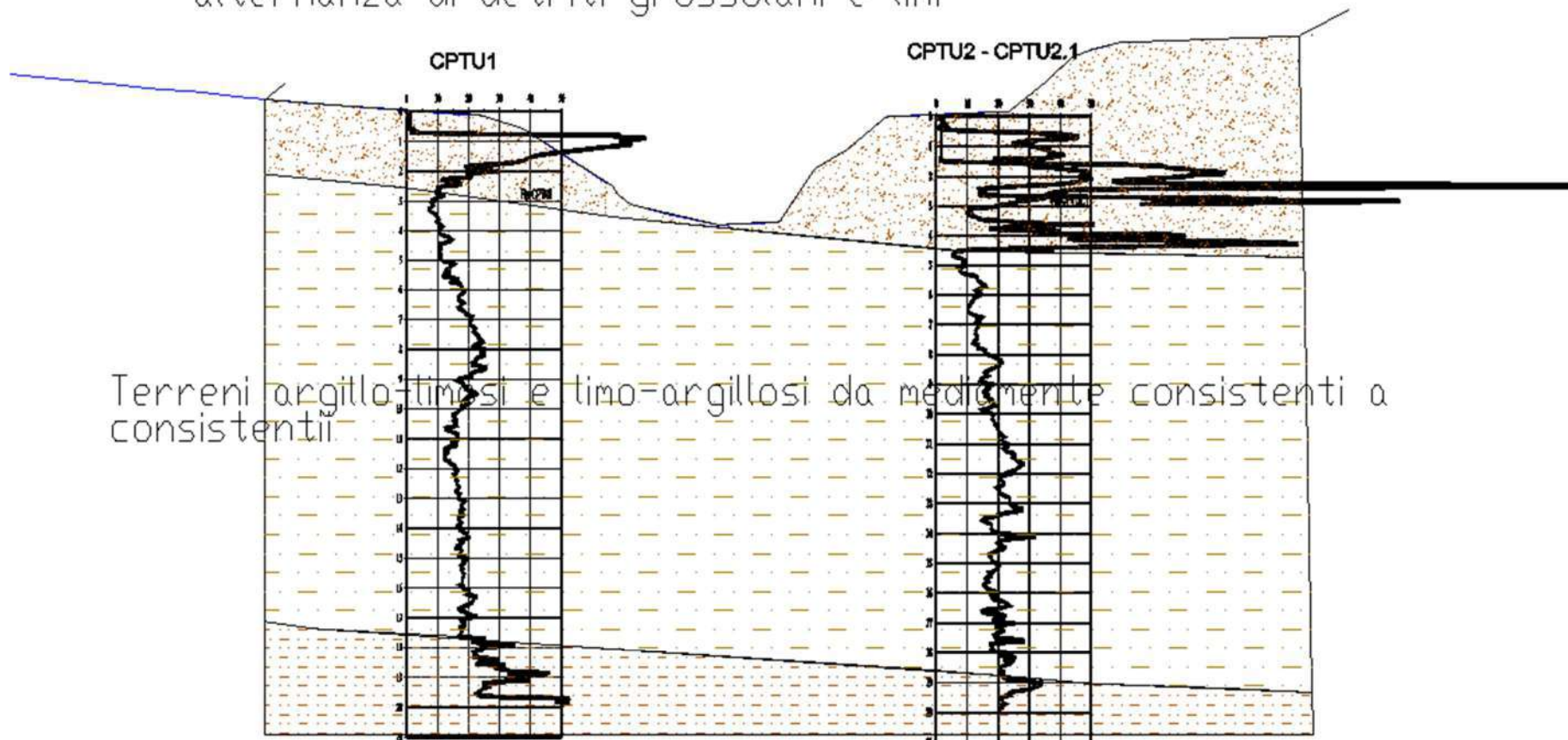
Terreni argillo-limosi e limo-argillosi da mediamente consistenti a consistenti

Alternanze di limi-sabbiosi e sabbie

9	Sabbie addensate
8	Sabbie Addensate, sabbie argillose
7	Sabbie ghiaiose, sabbie
6	Sabbie da pulite a limose
5	Sabbie limose e/o limi sabbiosi
4	Limi argillosi e/o argille limose
3	Argille
2	Suoli Organici
1	Suoli fini sensibili

Figura 12 Sezione Stratigrafica

Coltre superficiale; terreni limosi essiccati e talora rimaneggiati, alternanza di detriti grossolani e limi



Terreni argillo-limosi e limo-argillosi da mediamente consistenti a consistenti.

Alternanze di limi-sabbiosi e sabbie

4.1 Indicazioni sulla Parametrizzazione geotecnica

La tabella che segue fornisce indicazioni geotecniche di massima desunte sulla base delle correlazioni sui dati penetrometrici che sono state esposte poco sopra: sono riportati i valori massimi, minimi e le medie delle misure eseguite e dei fondamentali parametri geotecnici.

Non si tiene conto di eventuali intervalli a comportamento non francamente granulare o non francamente coesivo che possono interpersi negli orizzonti distinti, e per i quali non sono applicabili le correlazioni Rp - Angolo di Attrito o Rp - Coesione non Drenata. Questi livelli, il cui comportamento potrebbe essere ininfluenza nelle valutazioni geotecniche che riguardano "grandi" volumi di terreno, potrebbero viceversa, avere un ruolo importante ad esempio nella stabilità di fronti di scavo e pendii o nelle dinamiche che coinvolgono piccoli volumi come ad esempio le fondazioni su plinti.

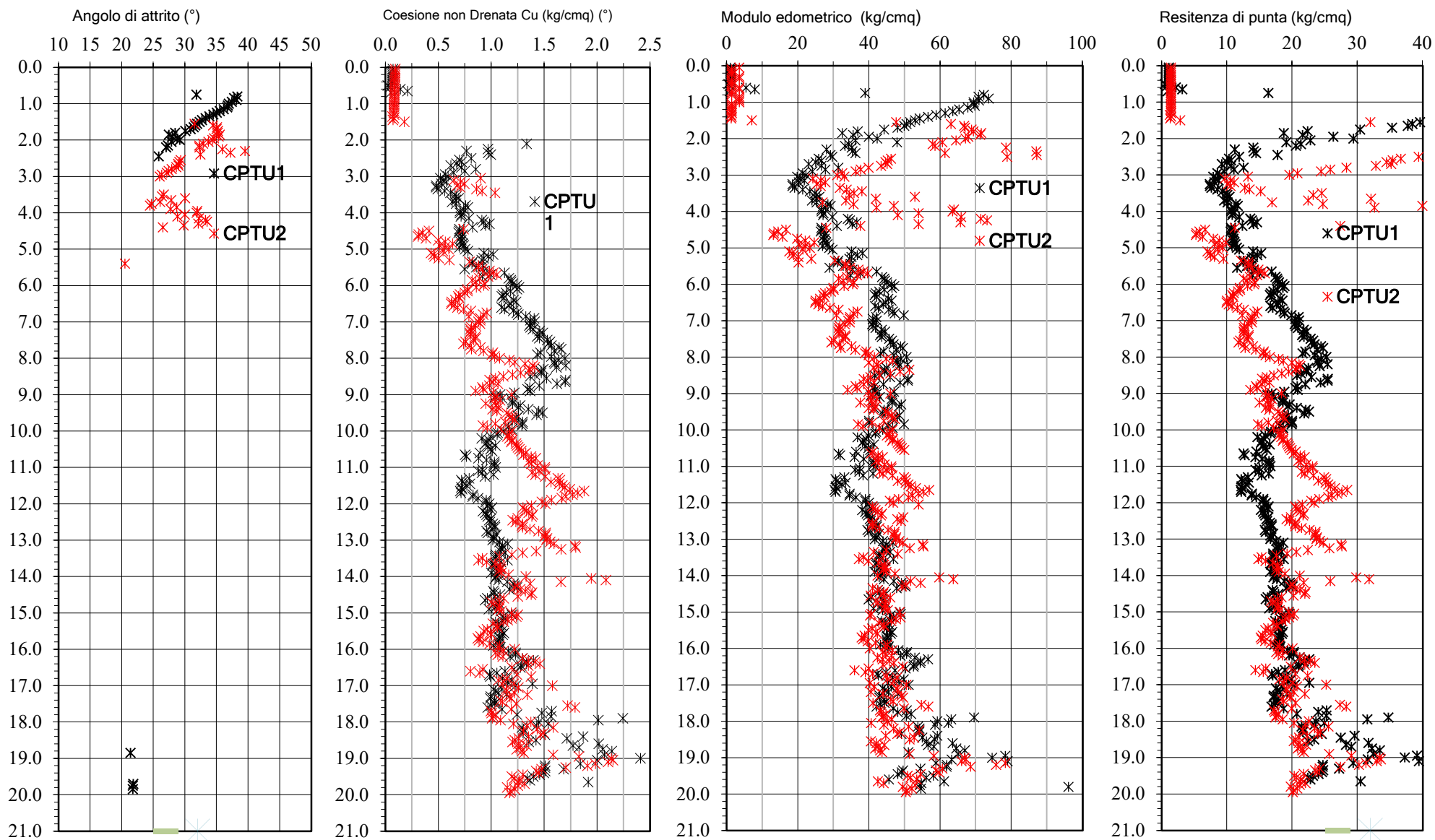
Per quanto riguarda le correlazioni dalle quali si ottiene il modulo edometrico si è notato che possono generare valori superiori a quelli ottenuti da prove di compressione edometrica in laboratorio, per questa ragione le correlazioni sopra esposte sono state adeguate alle "evidenze" locali.

Tabella di riepilogo della Stratigrafia e dei Parametri Geotecnici

NB: I valori di angolo di attrito e coesione drenata relativi agli orizzonti a comportamento coesivo, non sono dedotti dai dati delle prove penetrometriche ma desunti in base alle esperienze maturate in ambito locale

Prof.		Descrizione	Rp	γ	Cu	Ed	C'	ϕ'
m			Kg/cm ²	g/cm ³	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	°
A dx	0.0 2.2	Coltre superficiale; terreni limosi essiccati e talora rimaneggiati	45 19-77	1.6-1.9	0.2-0.4	-	-	20°- 22°
A sx	0.0 4.4	Coltre superficiale; alternanza di detriti grossolani e limi	54 10-285	1.6-2.1	0.2-0.4	-	-	22°-24°
B	2.2/4.4 17.7/18.8	Terreni argillo-limosi e limo-argillosi da mediamente consistenti a consistenti	17 5-32	1.9-2.1	1.1 0.3-2.1	41 18-64	-	20°-24°
C	>17.7/18.8	Alternanze di limi-sabbiosi e sabbie	28 20-53	1.9-2.0	1.7 1.2-3.3	59 43-100	-	22°-26

Figura 13 valori di Resistenza di punta, Angolo di Attrito, Coesione non drenata e Modulo Edometrico



4.2 Considerazioni sulla Modellazione geotecnica

Dai parametri geotecnici misurati o comunque ricavati dall'indagine geotecnica devono derivare attraverso una *stima ragionata e cautelativa*, i Parametri geotecnici caratteristici da cui, con l'applicazione dei Coefficienti Parziali (γ_M) si ricavano i Parametri geotecnici di progetto.

L'analisi statistica dei parametri geotecnica derivati dalla campagna geognostica, (già suggerita dalla Circolare Esplicativa 617/2009), fornisce metodi per ottenere la *stima ragionata e cautelativa* a cui le NTC 2018 fanno riferimento. Il trattamento statistico di Coesione non drenata c_u , ed angolo di attrito ϕ , che genera valori rispetto ai quali vi è una probabilità eccedenza del 5% (cioè probabilità del 5% che il parametro ottenuto sia superiore a quello reale), è ritenuta congrua con tale principio e può consentire la definizione del modello geotecnico del terreno.

Nel caso in esame la modellazione geotecnica andrà ponderata in relazione alla tipologia ed alla geometria delle fondazioni.

4.3 Risultati dell'indagine Geofisica

Si sono eseguiti, sul sito di interesse, rilievi geofisici MASW e HVSR. L'analisi volta alla determinazione del profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) è stata condotta in maniera "congiunta" ovvero si è ricostruito un modello geofisico del sottosuolo che generasse una risposta il più coerente possibile con le curve sperimentali (Curve di dispersione e spettro H/V). L'analisi è stata possibile grazie all'impiego di software specifici: Grilla della Moho srl e MASW di V.A. Roma pacchetto Geopsy.

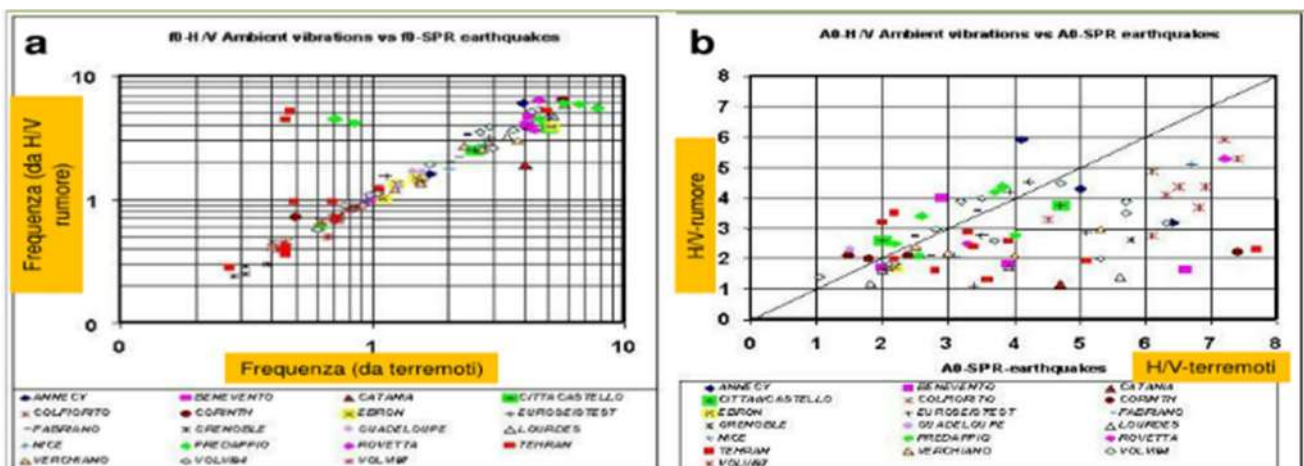
La tabella seguente, ai fini dell'applicazione delle Norme Tecniche, sintetizza gli elementi base del modello sismico del sottosuolo: velocità delle onde elastiche di taglio e gli spessori dei sismostrati.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]
1	1	80
4	3	150
7	3	175
40	33	210
inf.	inf.	330

Le oscillazioni della curva H/V ("picchi") dipendono, nella situazione morfologica del caso trattato, dalle condizioni stratigrafiche e denunciano le frequenze di risonanza del sito; il rapporto spettrale H/V può quindi rivelare fenomeni di amplificazione del moto sismico.

Esiste una buona correlazione fra le frequenze dei picchi H/V rilevate e le frequenze naturali di risonanza di sito rilevate nel corso di eventi sismici; vice versa il rapporto fra il valore H/V di picco e il valore relativo ai terremoti reali vi è una più accentuata dispersione (si veda fig. 13 frequenza da acquisizioni HVSR e frequenza terremoti, H/V da rilievi passivi e da terremoti naturali – tratto da: *Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna*, Dario Albarello Univ. Siena)

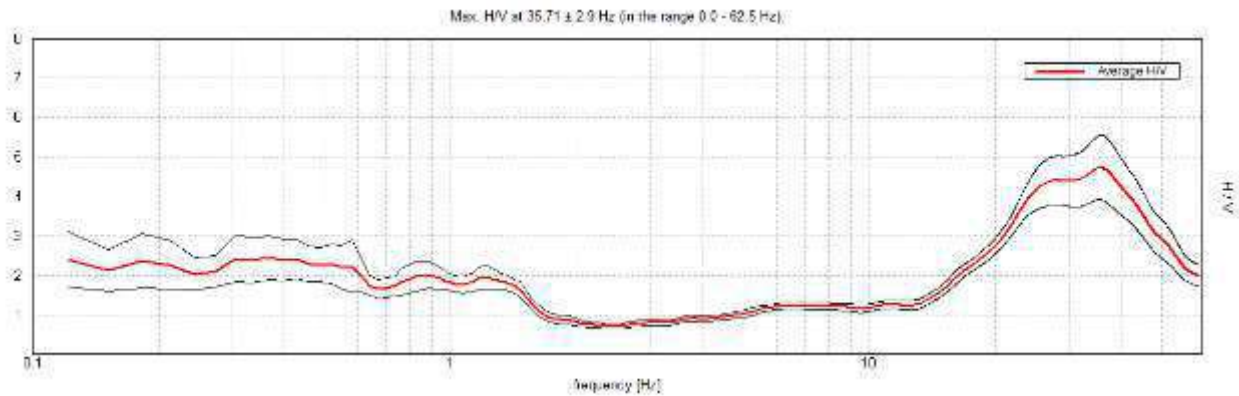
Figura 14 Confronto fra frequenza ampiezza picchi H/V rilevati da terremoti



L'eventuale corrispondenza delle frequenze H/V con quelle proprie delle strutture, anche in considerazione della perdita di rigidità che queste possono avere dopo le prime sollecitazioni sismiche, renderebbe più severo l'effetto del sisma (doppia risonanza) ed andrebbe considerato nella progettazione strutturale.

I rilievi H/V eseguiti nel sito di interesse, riportati nella figura seguente, evidenziano un picco ad alta frequenza poco significativo ai nostri fini, ed uno a frequenza circa un Hz (fig.15).

Figura 15 Rapporto spettrale H/V



Velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq}

Secondo l'approccio semplificato definito dalle NTC 2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

La Norma definisce quindi il parametro V_{seq} , Velocità equivalente delle onde di taglio con il quale è possibile attribuire la Categoria Sismica di Sottosuolo.

$$V_{s,eq} = H / \sum (h_i/V_{si})$$

Dove: h_i spessore dell' i -esimo strato; V_{si} Velocità onde di taglio strato i -esimo, H Profondità del substrato (Substrato con $V_s > 800$ m/s e $H_{max} = 30$ metri)

Applicando la relazione esposta ai valori ottenuti con i due rilievi eseguiti si ottengono valori di V_{seq} , compatibili con una **Categoria di Sottosuolo C**:

$$V_{seq} = V_{s30} = 187 \text{ m/sec (0÷30 m)}$$

5 – RISCHIO SISMICO

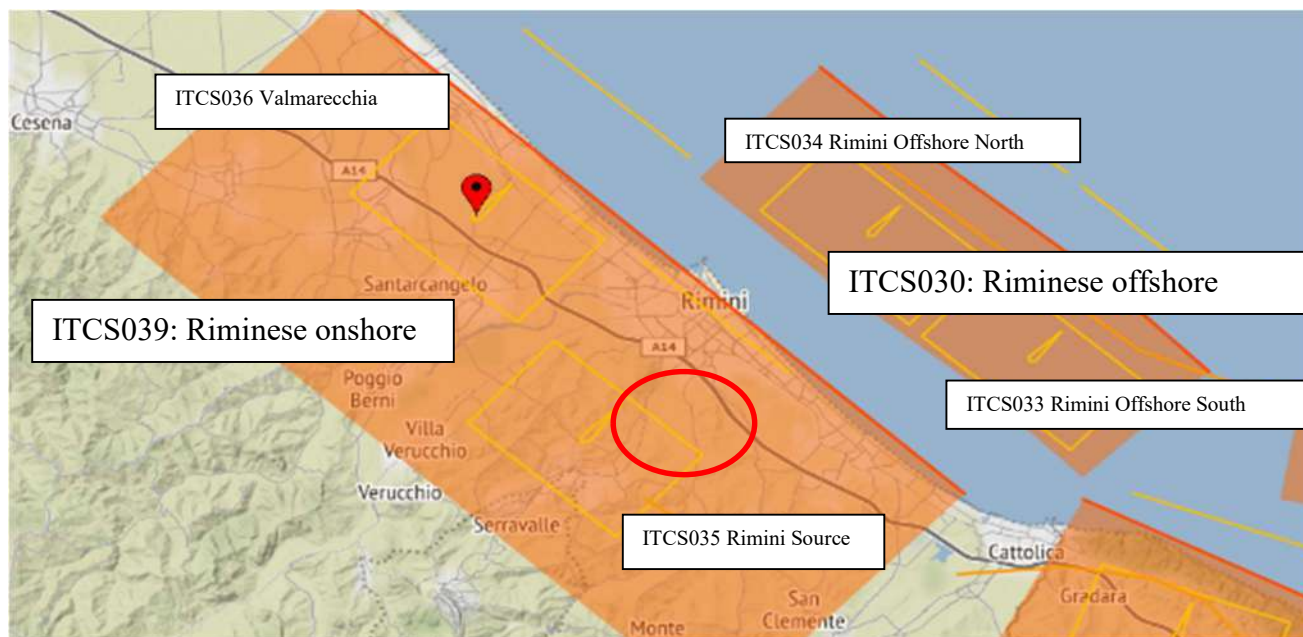
5.1 Sismicità dell'area

La sismicità dell'area è dovuta alla fascia in compressione più esterna dell'Appennino Umbro-marchigiano con sistemi di sovrascorrimenti (thrust, faglie inverse basso angolo) della catena appenninica settentrionale.

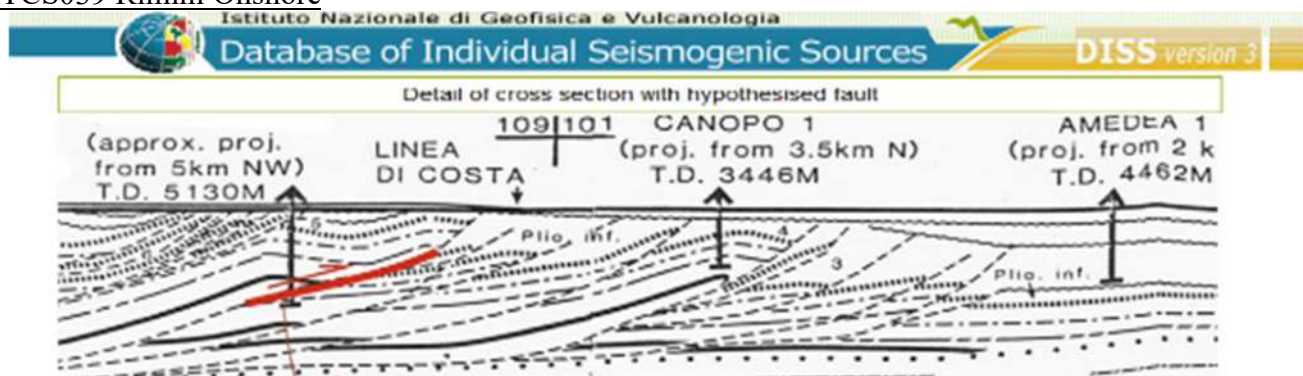
Nella figura seguente (fig.15) la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.1 Database of Individual Seismogenic Sources (*); evidenziata in arancione le "zone" indicate come *Composite Seismogenic Sources*: ITCS039: *Riminese onshore* (max $M_w = 5.9$) e ITCS030 (max $M_w = 6.1$) *Riminese offshore*.

Nei rettangoli in giallo le sorgenti sismigenetiche (*Individual Seismogenic Sources*) ITCS035 *Rimini*, ITCS036 *Valmarecchia*, ITCS034 *Rimini Offshore North*, ITCS033 *Rimini Offshore South*.

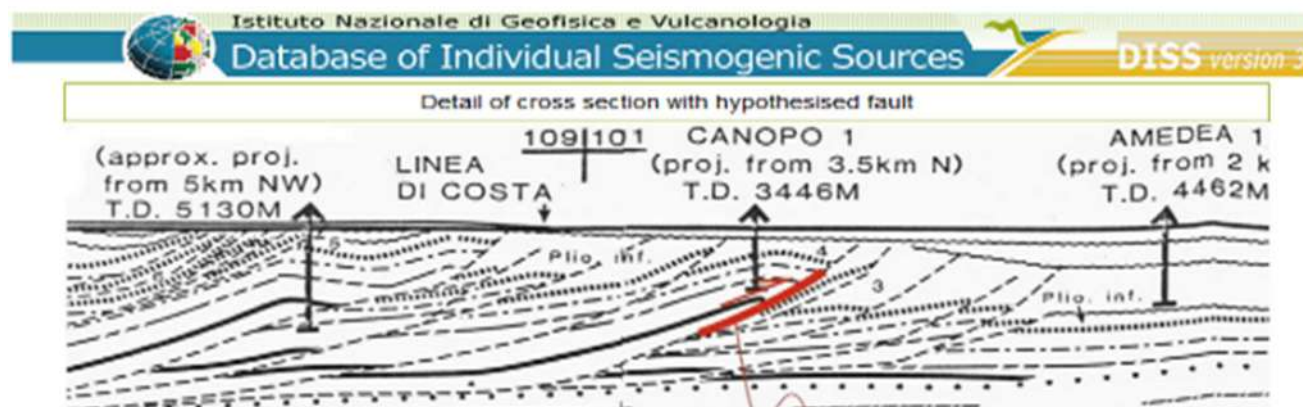
Figura 16 Zone sismogenetiche dal DISS 3.1 (sotto lo schema delle strutture tettoniche attive)



ITCS039 Rimini Onshore



ITCS030 Rimini Offshore



(*) Gruppo di lavoro DISS (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Versione 3.2.1: Una raccolta di potenziali sorgenti di terremoti superiori a M 5.5 in Italia e nelle aree circostanti. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi: 10.6092 / INGV.IT-

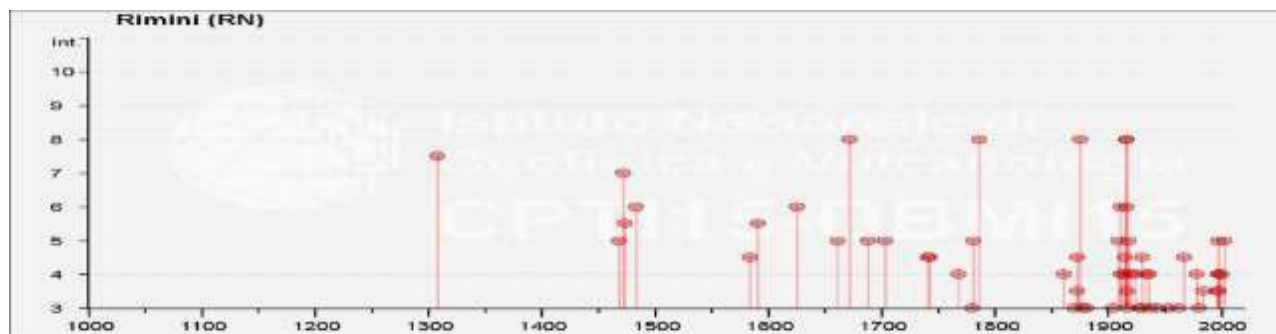
Eventi sismici

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani DBM15 (consultabile al sito dell' INGV) compilato anche in base a rilievi macrosismici (non basati cioè su rilievi strumentali ma sullo studio degli effetti dei terremoti stessi), raccoglie le informazioni che sono state in parte riassunte negli istogrammi e nelle tabelle seguenti (figura 16).

Le tabelle che seguono sono un estratto del database dell'INGV DBM11, con i terremoti risentiti

nell'area di Rimini e Riccione con intensità superiore a 5. Si evidenziano i terremoti di forte intensità e con conseguenze molto gravi: Anno 1308, Intensità Sismica $I_s=7/8$, Anno 1472 $I_s=7$, Anno 1672 $I_s=8$, Anno 1786 $I_s=8$, Anno 1875 $I_s=5$ e Anno 1916 $I_s=8$.

Figura 17 Istogramma degli eventi sismici



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015

Seismic history of

Rimini

PlaceID: IT_41984

Coordinates (lat, lon)

44.059, 12.568

No. of reported earthquakes 78

Intensità al sito	Year Mo Da Ho Mi Se	Epic. area	Io Intensità Epic. Scala MCS	Magnitudo Momento Mw
7-8	1308 01 25 17 15	Rimini	7-8	5.33
7	1472	Rimini	7	5.1
5-6	1473 02 02	Rimini	5-6	4.4
6	1483 08 11 19 40	Romagna	8	5.69
5-6	1591 07 10	Romagna	6-7	5.13
6	1625 12 05	Rimini	6	4.63
8	1672 04 14 15 45	Riminense	8	5.59
8	1786 12 25 01	Riminense	8	5.66
8	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	8	5.74
6	1911 03 26 13 51	Riminense	5	5.04
8	1916 05 17 12 50	Riminense	8	5.82
6	1916 06 16 01 27	Riminense	6	4.82
8	1916 08 16 07 06 14.00	Riminense	8	5.82

(File downloaded from CPTI15 - DBMI15) Fonte dati DBTI15: Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

Magnitudo

Gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (ICMS) del Dipartimento della Protezione Civile, relativamente alla stima della magnitudo vengono indicati due metodi;

1. Zone Sismogenetiche (ZS9) metodo semplificato e cautelativo, ed è basato sui valori massimi di magnitudo relativi alle mappe delle Zone Sismogenetiche (ZS9) e, ai fini delle valutazioni sulla liquefazione, è indicato come preferibile;
2. Disaggregazione ha un approccio probabilistico basato sulle coppie di valori magnitudo-distanza ricavabili dalle mappe di pericolosità sismica dell'INGV e appare più coerente con l'approccio probabilistico generale delle NTC2018, sebbene sia meno conservativo.

Il primo metodo basato sulla Zonazione Sismica ZS9, che è frutto della ricerca del Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di Pericolosità Sismica dell'INGV, è più conservativo, ed è quello di uso comune.

Figura 18 Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Figura 2.8.2-1) e tabella dei relativi valori di M_{wmax}

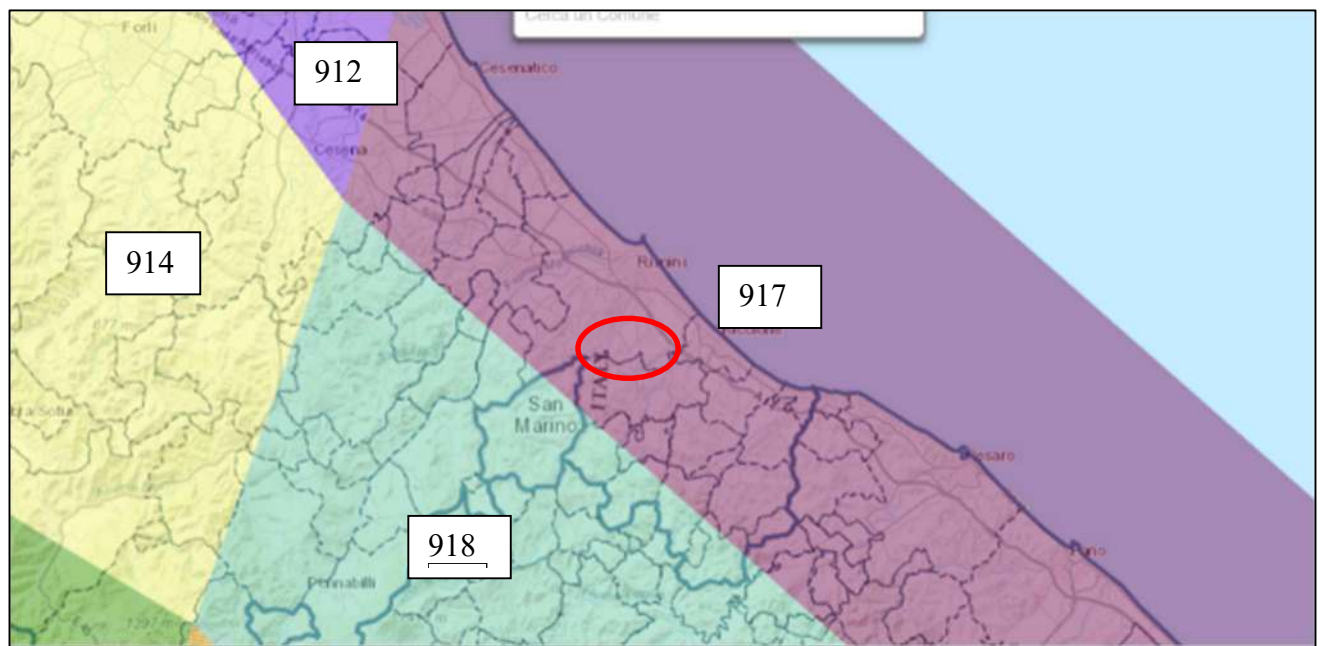


Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 914	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

L'area in studio è contenuta nella zona n.917 (Rimini - Ancona), per la quale si può desumere:

Magnitudine momento massima $M_{wmax} = 6.14$.

5.2 Azione sismica di progetto

Il moto sismico alla superficie dipende oltre che dal terremoto di riferimento al substrato (o bedrock geofisico) dalle caratteristiche delle coperture e dalla topografia; questi che possono causare importanti fenomeni di attenuazione o amplificazione. Gli effetti di un evento sismico dipendono cioè, anche dalle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litologiche dei territori attraversati dalle onde.

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, definita la pericolosità sismica di base, si debbono valutare gli effetti locali dovuti alle condizioni topografiche e stratigrafiche: *Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .*

Nei casi in cui è adottabile un approccio semplificato, ai fini della determinazione dell'azione sismica di progetto, e quindi della definizione per ogni sito del territorio nazionale del livello di severità dell'evento sismico stesso, è definito, un reticolo di punti caratterizzati dai valori di massima accelerazione orizzontale per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o per tempi di ritorno

compresi fra 30 e 2475 anni. Note le coordinate geografiche sono determinati i parametri che definiscono lo spettro di risposta per suolo rigido e orizzontale; a_g che è l'accelerazione orizzontale massima in condizioni di campo libero e su suolo rigido orizzontale, F_0 che è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro e T_c^* che è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro. Definita in questo modo l'entità della sollecitazione sismica di riferimento, per tenere conto degli effetti locali devono essere considerati fattori topografici e stratigrafici. E' necessaria cioè la conoscenza, della categoria topografica (S_T) e della categoria di sottosuolo (S_s).

Con questi parametri conoscendo la Classe d'uso (C_u) e della Vita nominale dell'opera (V_N), si ricavano i parametri che definiscono gli spettri elastici ($s_e(T)$) relativi ai vari Stati Limite. Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Le ordinate degli spettri elastici, che definiscono la severità dell'azione sismica, sono funzione della Probabilità di Superamento (P_{VR}) che nel Periodo di riferimento (V_R) si verifichi un evento sismico con effetti superiori a quelli a cui lo stato limite si riferisce. Probabilità di Superamento e Periodo di riferimento determinano il Periodo di ritorno (T_r) del sisma.

Categoria di Sottosuolo

Gli effetti di sito sono tenuti in conto dalle Norme Tecniche considerando, fra l'altro, le caratteristiche di rigidezza dei terreni del sottosuolo e definendo quindi l'amplificazione stratigrafica con il Coefficiente stratigrafico S_s che dipende dalla Categoria di Sottosuolo.

Sono distinte le seguenti categorie (Tab.3.2. NTC 2018):

Categoria	Descrizione	Vs (m/s)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori delle velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri</i>	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s</i>	360÷800
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s</i>	180÷360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s</i>	<180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>	

Categoria Topografica

La pendenza del piano di campagna determina il valore del coefficiente S_T ; nel caso in esame il i terreni sono pianeggianti, quindi in riferimento alle tabelle 3.2. delle NTC, sintetizzate nel seguito, può essere considerata la categoria T1 a cui corrisponde un coefficiente topografico $S_T=1$.

Tab.3.2. V e Tab. 3.2 III Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria Top.	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	Caratteristiche della superficie topografica	S_T
T1	-	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$</i>	1.0
T2	<i>In corrispondenza della sommità del pendio</i>	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>	1.2
T3	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>	1.2
T4	<i>In corrispondenza della cresta del rilievo</i>	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>	1.4

5.3 Parametri della risposta sismica

Dal sito <http://www.geostru.com> è possibile ricavare i parametri che seguono:

Sito in esame (Coord. in ED50)
 latitudine: 44.027162
 longitudine: 12.564921
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente cu: 1
 Stabilità pendii e fondazioni

Parametri sismici

Stato Limite	Prob.Super. (%)	Tr (anni)	Ag (g)	Fo (...)	Tc (s)
SLV Salvaguardia della vita	10	475	0.184	2.489	0.298

L'accelerazione massima (A_{gmax}) attesa al suolo libero (al periodo $T=0$) si ottiene applicando il coefficiente di amplificazione S ad A_g . Il coefficiente S dipende dal coefficiente di amplificazione topografica e da quello stratigrafico:
 $S = S_t * S_s$

Dove $S_t = 1.0$ e S_s si ricava dalla Tabella 3.2.IV del DM 2018.

Tab.3.2.IV

Categ. sottosuolo	S_s
A	1.00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g / g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g / g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g / g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g / g \leq 1,60$

Quindi per SLV (Stato Limite Salvaguardia della vita) si ottiene:

$$S_s = 1.70 - 0.60 * F_0 * A_g / g = 1.7 - 0.6 * 2.489 * 0.184 = 1.425 \text{ (min 1.0 + max 1.5)}$$

Da cui si ottiene il massimo valore di accelerazione orizzontale su suolo libero A_{max}

$$A_{max} = S * A_g = S_s * S_t * A_g = 1.0 * 1.425 * 0.184 = 0.262 \text{ g}$$

5.4 Effetti locali: Liquefazione dei Terreni Sabbiosi

Liquefazione

Per liquefazione si intende il fenomeno di riduzione od annullamento di resistenza al taglio, che può avvenire in caso di forti sollecitazioni cicliche (sisma) nei terreni a prevalente granulometria sabbiosa, in falda. La perdita di resistenza, che si manifesta come fluidificazione dei terreni, è dovuta all'aumento progressivo delle pressioni interstiziali che giungono a contrastare o ad eguagliare la pressione di confinamento.

I danni prodotti dalla liquefazione sono principalmente legati ai cedimenti indotti che sono riconducibili a tre fondamentali fattori:

- deformazioni dovute alla vera e propria *liquefazione ciclica*
- cedimenti della *mobilità ciclica*; conseguenti al riequilibrio dei grani e quindi all'incremento di densità in seguito alla dissipazione delle sovrappressioni interstiziali
- densificazione dei terreni non saturi

Le manifestazioni tipiche di *liquefazione ciclica* sono i vulcanelli di sabbia (sand boils) e le fratture nel terreno.

5.4.1 Liquefazione dei Terreni Sabbiosi

Secondo le NTC 2018 (paragrafo 7.11.3.4.2), il rischio di innesco di liquefazione ha probabilità bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti (condizioni free-field) minori di 0.1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_{1,60})_{60} > 30$, $Qc_{1N} > 180$ dove $(N_{1,60})_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e Qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella curve di riferimento (fig. 7.11.1 (a) e (b) nella sezione ntc 7.11.3.4.2)

Per quanto riguarda i metodi di analisi le NTC indicano la possibilità di impiego di “metodologie di tipo storico-empiriche in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto”. L’ Atto di Indirizzo regionale DGR 2193, indica l’utilizzo dei “metodi semplificati” per la valutazione del coefficiente di sicurezza alla liquefazione. Tali metodi sono basati su prove in sito di tipo SPT, CPTe, CPTu, DMT, o sulla determinazione del profilo di Vs.

Il metodo di valutazione qui utilizzato è quello di Robertson (2015), annoverabile fra quelli semplificati, e basato sui risultati delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica (piezocono).

Stima del fattore di sicurezza FS e metodo di Robertson

La valutazione approssimata della resistenza dei terreni alla liquefazione è espressa come fattore di sicurezza F che è il rapporto fra capacità di resistenza alla liquefazione definita nel Rapporto di Resistenza Ciclica (CRR) e la domanda di resistenza alla liquefazione indotta dalla sollecitazione del sisma espressa come Rapporto di Tensione Ciclica (CSR) (Seed & Idriss 1982, Robertson e Wride 1998, Robertson 2015, Idriss e Boulanger 2014)

$$F = CRR/CSR$$

Stima del Rapporto di Tensione Ciclica CSR

Il valore dello sforzo indotto dal sisma è legato all’intensità dell’accelerazione che esso produce nel terreno. Secondo Seed & Idriss (1982) è opportuno ridurre il valore dello sforzo massimo τ_{max} indotto dall’accelerazione massima ad un valore medio τ_{av} ($\tau_{av} = 0.65 * \tau_{max}$)

Il rapporto di sforzo (o tensione) ciclico τ_{av}/σ' indotto dal sisma può essere stimato con l’equazione (Seed & Idriss 1971):

$$CSR = \tau_{av} / \sigma' = 0.65 * (a_{max} / g) * r_d * (\sigma / \sigma') * (1 / msf) * (1 / K_{\sigma})$$

dove:

- a_{max} accelerazione massima indotta dal sisma
- g accelerazione di gravità
- r_d fattore riduttivo di profondità secondo Iwasaki 1978, per profondità z, inferiori a 9.15 metri $r_d = 1 - 0.00765 * z$; per profondità z comprese fra 9 e 23 metri $r_d = 1.174 - 0.0267 * z$; per profondità z superiori a 23 metri $r_d = 0.774 - 0.008 * z$
- σ, σ' pressione litostatica totale ed efficace
- msf correzione per la magnitudo del terremoto secondo le raccomandazioni NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research 1997) media dei valori ottenuti dalle equazioni di Idriss 1990, $msf = 10^{2.24/M - 2.56}$ per $M > 7.5$ e Andrus & Stokoe 1998 $msf = (M/7.5)^{-3.3}$ per $M < 7.5$.
- K_{σ} Coefficiente di correzione per la pressione litostatica.

$$K \sigma' = 1 - C \sigma \ln (\sigma' / p_a) \leq 1.1$$

Dove p_a è la pressione atmosferica e $C \sigma$ dipende dal tipo di prova in sito e nel caso di CPT si calcola con la seguente equazione

$$C \sigma = 1 / ((18.9 - 8.27 (q_{c1n}, cs)^{0.264}) \leq 0.3$$

Stima del Rapporto di Resistenza Ciclica CRR

L'algoritmo per la valutazione della proposto da Robertson 2105 è piuttosto complesso e si basa sulle seguenti relazioni:

$$CRR = 0.883 * ((q_{c1n})_{cs}) + 0.05 \longrightarrow \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 * ((q_{c1n})_{cs})^{1/3} + 0.08 \longrightarrow \text{per } (q_{c1n})_{cs} > 50$$

Dove: Q_{c1cs} rappresenta la resistenza alla penetrazione normalizzata per tenere conto della profondità e della percentuale di fini presenti nel sedimento.

Per ottenerlo si segue una procedura riassunta nel seguito:

$$Q_{c1} = (R_p - \sigma_{vo}) (1/\sigma'_{vo})^n \qquad F = 100 (RI / (R_p - \sigma_{vo}))$$

Con $n = 0.381 (I_c) + 0.05 (sv'/pa) - 0.15$

In cui l'indice di comportamento è così stimato: $I_c = ((3.47 - \log Q)^2 + (\log F + 1.22)^2)^{1/2}$

Le equazioni sono interdipendenti; si procede quindi con processo iterativo per determinare le variabili ed infine si ottiene

$$Q_{c1ncs} = K_c * Q_{c1n}$$

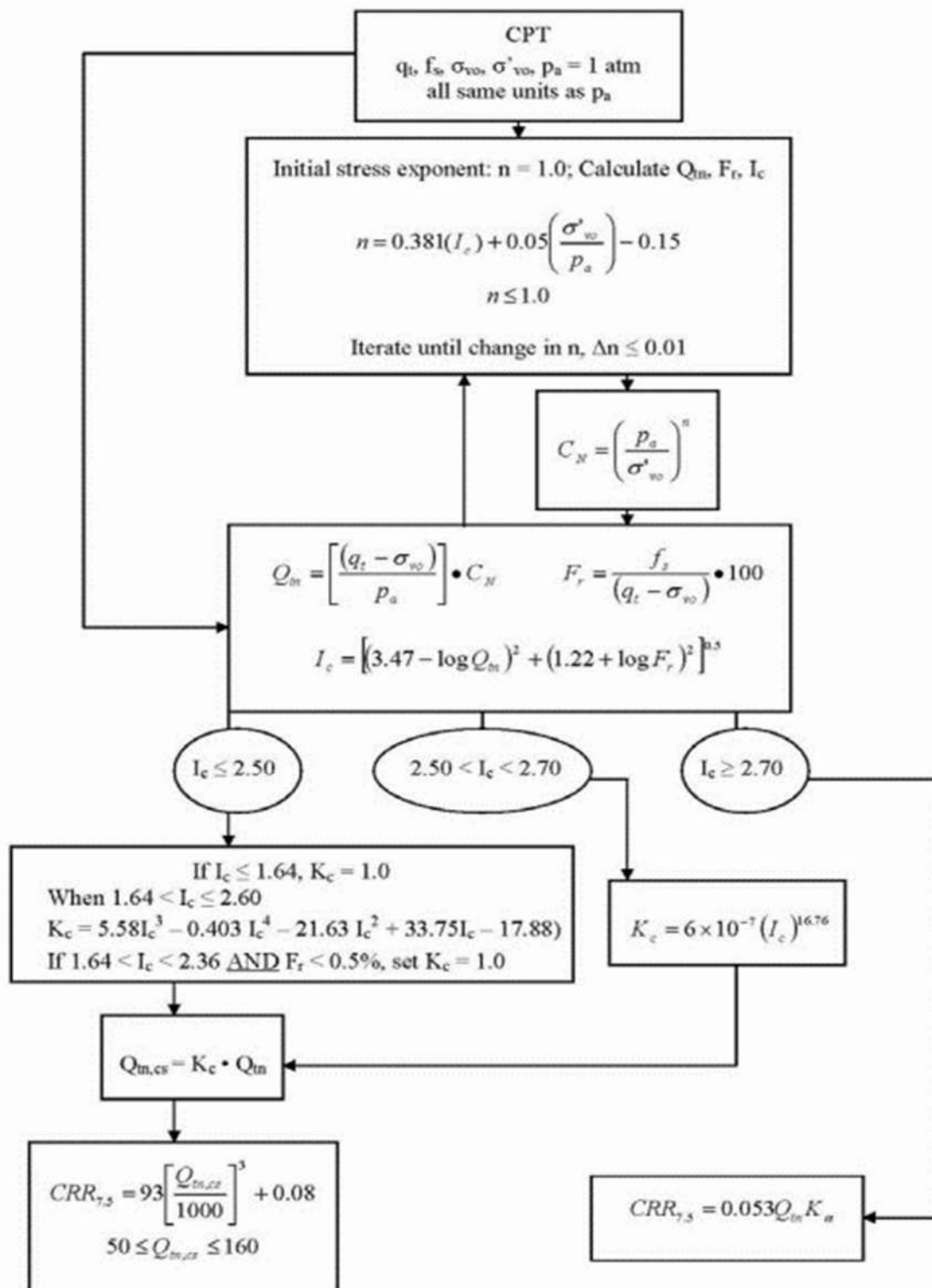
Dove K_c è il coefficiente che tiene conto della presenza di fini nel sedimento e vale 1 se $I_c < 1.64$, ed è ottenuto dalla seguente relazione se $I_c > 1.64$

$$K_c = -0.403 I_c^4 + 5.581 I_c^3 - 21.63 I_c^2 + 33.75 I_c - 17.88$$

Grazie a Q_{c1ncs} così ottenuto con le prime due relazioni espone, si ricava il valore di CRR e quindi il fattore di sicurezza F . Secondo un approccio deterministico è non liquefacibile il deposito con $F > 1$.

Figura 19 Schema a blocchi per la valutazione del Rapporto di Resistenza Ciclica CRR

Tratto da: Guide to cone penetration testing 6th Edition 2015 greggdrilling.com

Indice del Potenziale di Liquefazione IPL

Per stabilire il rischio di insorgenza di liquefazione si ricorre all'Indice del potenziale di Liquefazione IPL così calcolato (Iwasaki et al. 1984):

$$(1) \quad IPL = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

Dove: $w(z) = 10 - 0,5 z$ con z profondità dal piano di campagna

la funzione $F(z)$, che esprime il potenziale di liquefazione, è calcolata con la metodologia proposta da Sonmez (2003):

$$F(z) = 0 \text{ se } F_s \geq 1.4$$

$$F(z) = 1 - F_s \text{ se } F_s < 0.95$$

$$F(z) = 2 \cdot 10^{-6} \exp(-18.427 \cdot F_s) \text{ se } 1.4 \geq F_s \geq 0.95$$

Dove F_s è il fattore di sicurezza alla profondità z

La tabella che segue fornisce l'interpretazione dei valori numerici dell' IPL

IPL	Potenziale di liquefacibilità
0	Pericolosità alla liquefazione Nulla
0 ÷ 2	Pericolosità alla liquef. Molto Bassa (molto Bassa per ICMS 2008 Prot.Civ.)
2 ÷ 5	Pericolosità alla liquef. Moderata (Bassa per ICMS 2008 Prot.Civ.)
5÷15	Pericolosità alla liquefazione Alta
>15	Pericolosità alla liquefazione Molto Alta

Sonmez (2003) collega i valori del IPL ai danni che possono prodursi, consentendo un ulteriore orientamento per l'interpretazione dei risultati

IPL	Potenziale di liquefacibilità
< 11.5	Non si hanno manifestazioni di danno
11.5÷32	Cedimenti del terreno da piccoli a moderati, fessurazioni, vulcanelli di sabbia
>32	Cedimenti elevati, deformazioni laterali

Probabilità di Liquefazione, Indice di Severità e Numero di Severità alla Liquefazione (LSN)

La Probabilità di Liquefazione (PL) e l'indice di Severità (IS) indicano rispettivamente le probabilità di accadimento e l'entità dei fenomeni valutando complessivamente l'intera colonna Stratigrafica; il Liquefaction Severity Number (LSN) si basa sui valori della deformazione volumetrica (ϵ_v) ottenuto con metodo di Zhang et al. (2002) (si veda paragrafo successivo) e quindi esprime la "deformabilità" dell'intera colonna stratigrafica.

Probabilità di liquefazione

Il valore PL, quale probabilità complessiva riferita alla stima di IPL, viene calcolato con la seguente relazione (Papathanassiou et Al. 2008-2010):

$$PL = 100 * (1 / ((1 + \exp(-(-3.092 + 0.218 * IPL)))))$$

l'autore definisce una soglia di accadimento/suscettibilità ad elevata probabilità del fenomeno per $PL > 0.5$.

Probabilità di Liquefazione

PL	Probabilità di Liquefazione
PL < 0.15	Non Liquefazione Quasi Certa
0.15 < PL < 0.35	Liquefazione Improbabile
0.35 < PL < 0.65	Liquefazione e non Liquefazione Ugualmente Probabile
0.65 < PL < 0.85	Liquefazione Molto Probabile
PL > 0.85	Liquefazione Quasi Certa

Indice di severità

Per stimare la gravità del fenomeno di liquefazione Sonmez e Gokceoglu (2005) propongono di calcolare l'Indice di Severità (IS) col parametro Probabilità di Liquefazione (PL) da inserire come funzione $F(z)$ della relazione (1) di Iwasaki et al. 1984, adottata per la valutazione dell'IPL. Per la stima di PL gli Autori suggeriscono il seguente metodo, che si basa sul fattore di sicurezza F_s calcolato per ogni intervallo in cui è suddivisa la colonna stratigrafica (passo di lettura penetrometro):

$$(1) \quad IPL = \int_0^{20} F(z) W(z) dz \quad \longrightarrow \quad IS = \int_0^{20} PL(z) w(z) dz$$

Con: $PL=F(z)=0$ se $F_s \geq 1.411$

$$PL=F(z)=1/[1+(F_s/0.96)^{4.5}] \quad \text{se } F_s < 1.411$$

Liquefaction Severity Number

Il Liquefaction Severity Number (LSN) si ottiene dalla seguente espressione:

$$LSN = 1000 \int_0^H \frac{\varepsilon_v}{z} dz$$

Dove ε_v è la deformazione volumetrica di cui si dice al paragrafo successivo.

Le tabelle seguenti forniscono indicazione sull'interpretazione qualitativa dei parametri descritti.

Indice di Severità

IS	Classe di Danno
0	Nulla
0 ÷ 15	Molto Bassa
15 ÷ 35	Bassa
35 ÷ 65	Moderata
65 ÷ 85	Alta
85 ÷ 100	Molto Alta

Liquefaction Severity Number LSN

LSN	Classe di Danno
0 ÷ 10	assenza di liquefazione/ minime manifestazioni di liquefazione
10 ÷ 20	minime manifestazioni di liquefazione e presenza di "sand boils".
20 ÷ 30	moderate manifestazioni di liquefazione con "sand boils" alcuni danneggiamenti strutturali e probabili cedimenti
30 ÷ 40	da moderate a severe manifestazioni di liquefazione, probabili cedimenti con danneggiamenti strutturali
40 ÷ 50	intense manifestazioni di liquefazione, ondulazioni e danni superficiali severi danni alla superficie del terreno e gravi cedimenti differenziali delle strutture.
>50	danni gravi e manifestazioni della liquefazione molto diffusi sulla superficie, gravi cedimenti differenziali, danni al servizio

Correlazione tra indice LSN e danno in superficie desunta dai danni indotti dal terremoto di Christchurch (NZ). Modificato da Van Ballegooy et al., (2013); (b) Indice LSN secondo Tonkin e Taylor (2013). Modificato da Lai et al. (2020)

Cedimenti indotti dal sisma nei terreni sabbiosi

Come accennato i danni prodotti dalla liquefazione sono principalmente legati ai cedimenti indotti che sono riconducibili a tre fondamentali fattori:

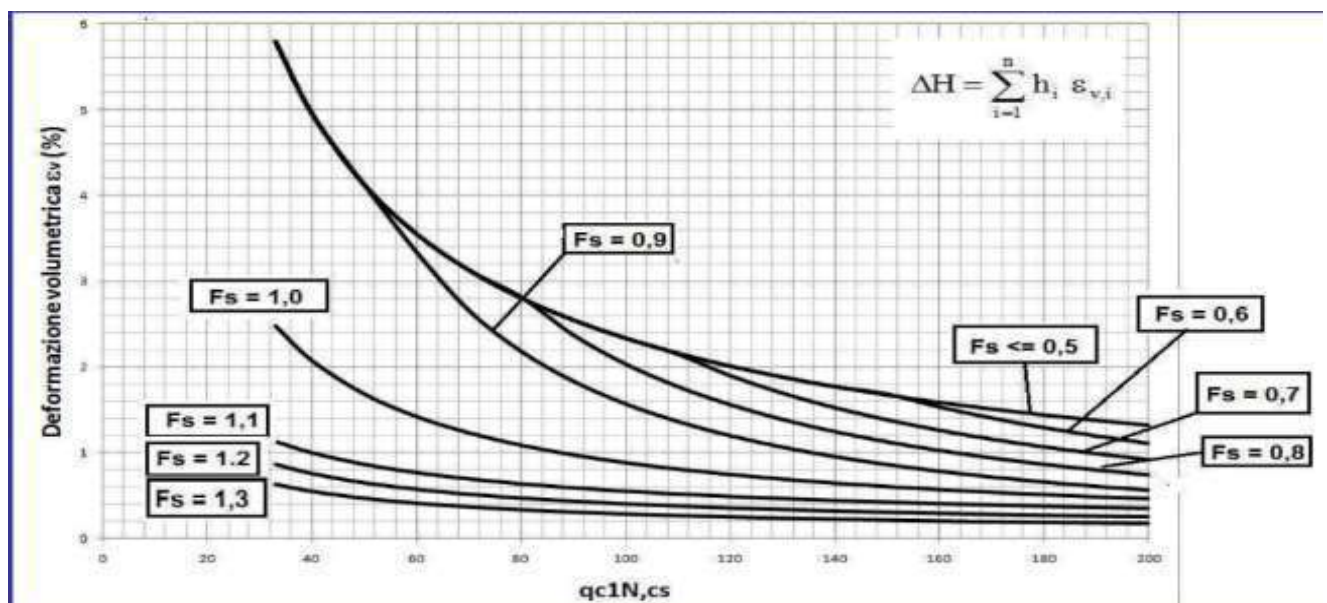
- deformazioni dovute alla vera e propria liquefazione ciclica
- cedimenti della mobilità ciclica; conseguenti al riequilibrio dei grani e quindi all'incremento di densità in seguito alla dissipazione delle sovrappressioni interstiziali
- densificazione dei terreni non saturi

la stima dell'entità delle deformazioni in superficie imputabili alla liquefazione ciclica è molto difficile. I cedimenti legati alla mobilità ciclica vengono valutati utilizzando la semplice relazione $\Delta H = \sum h_i \varepsilon_{v,i}$ in cui la stima della deformazione volumetrica ($\varepsilon_v\%$) è ottenuta con il metodo di Zhang et al. (2002), basato sul fattore di sicurezza alla liquefazione, sulla resistenza alla punta penetrometrica (normalizzata e corretta per il contenuto di fini) $qc_{1,N,cs}$ e quindi sull'utilizzo delle equazioni della seguente tabella (rappresentate nel grafico successivo).

Appendix A

Equations for the relationships plotted in Fig. 3 are given by

[A1]	if $FS \leq 0.5$,	$\varepsilon_v = 102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A2]	if $FS = 0.6$,	$\varepsilon_v = 102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 147$
[A3]	if $FS = 0.6$,	$\varepsilon_v = 2411 (q_{c1N})_{cs}^{-1.45}$	for $147 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A4]	if $FS = 0.7$,	$\varepsilon_v = 102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 110$
[A5]	if $FS = 0.7$,	$\varepsilon_v = 1701 (q_{c1N})_{cs}^{-1.42}$	for $110 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A6]	if $FS = 0.8$,	$\varepsilon_v = 102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 80$
[A7]	if $FS = 0.8$,	$\varepsilon_v = 1690 (q_{c1N})_{cs}^{-1.46}$	for $80 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A8]	if $FS = 0.9$,	$\varepsilon_v = 102 (q_{c1N})_{cs}^{-0.82}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 60$
[A9]	if $FS = 0.9$,	$\varepsilon_v = 1430 (q_{c1N})_{cs}^{-1.48}$	for $60 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A10]	if $FS = 1.0$,	$\varepsilon_v = 64 (q_{c1N})_{cs}^{-0.93}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A11]	if $FS = 1.1$,	$\varepsilon_v = 11 (q_{c1N})_{cs}^{-0.65}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A12]	if $FS = 1.2$,	$\varepsilon_v = 9.7 (q_{c1N})_{cs}^{-0.69}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A13]	if $FS = 1.3$,	$\varepsilon_v = 7.6 (q_{c1N})_{cs}^{-0.71}$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 200$
[A14]	if $FS = 2.0$,	$\varepsilon_v = 0.0$	for $33 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 20$



Cedimenti indotti dal sisma nei terreni argillosi

I cedimenti post-sismici possono manifestarsi nei sedimenti coesivi soffici ($C_u < 70$ kPa = 0.7 kg/cmq), con Indice Plastico $IP \geq 30\%$ e in cui si sviluppino sovrappressioni interstiziali nel corso dell'azione sismica $ru = \Delta u / \sigma'_o \geq 0.3$.

La deformazione volumetrica è stimata con la relazione seguente:

$$\varepsilon_v = \frac{\alpha \cdot C_r}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{p_0}} \right)$$

Dove:

C_r indice di ricomprensione (assunto come l'indice di rigonfiamento da prove edometriche) oppure nel caso in oggetto, con la relazione suggerita da Crespellani e Facciorusso:

$$C_c = 0.0348 + 0.0162 \text{ IP}\%$$

$\alpha = 1.5$

e_0 = Indice dei vuoti

$\Delta u / \sigma'_o = ru$

$$\Delta u / \sigma'_m = \beta \log (\gamma_{c,max} / \gamma_v)$$

(Matsui et Al. 1980)

con $\beta = 0.45$

γ_v = deformazione di soglia volumetrica

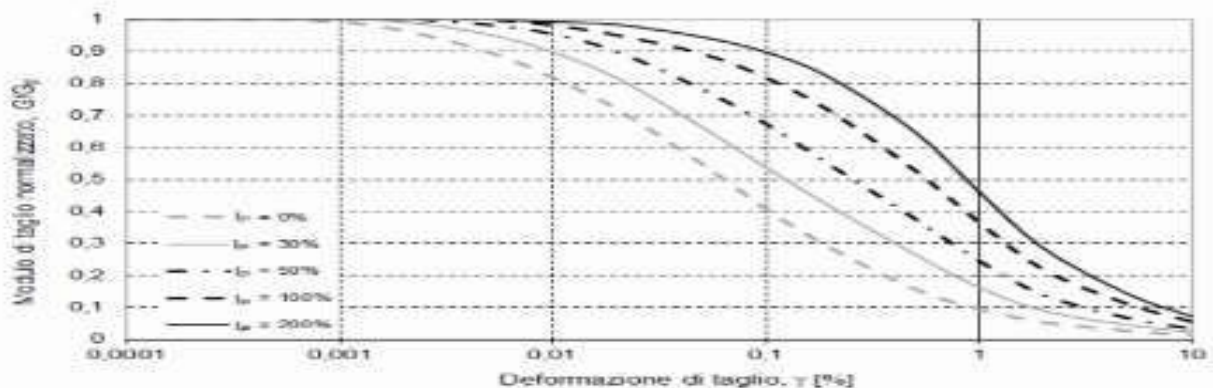
$$\gamma_v = A (OCR - 1) + B$$

Tabella 1 - Valori suggeriti per i coefficienti A e B

I_p (%)	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

il valore di γ_{max} = deformazione di taglio massima in ampiezza, determinabile per via iterativa noto il modulo di taglio iniziale G_0 dal grafico sottostante. (Noti: $\tau_{max} = (a_{max}/g) \cdot r_d \cdot \sigma_{vo}$, G_0 (da R_p o V_s), si assume un valore iniziale di G/G_0 e si ricava dal grafico sottostante il valore γ equivalente %. Da quest'ultimo si ottiene un nuovo valore di G sfruttando la relazione $\gamma = 0.65 \tau_{max}/G$. Si ricalcola G/G_0 e si ripete il ciclo fino a convergenza.)

$$\gamma = 0,65 \tau_{max} / G \quad \gamma_{max} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_{vo} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$



cumulativa sia per terreni incoerenti che coesivi, i quali presentano oltretutto bassa variabilità areale.

Ishihara e Yoshimine (1992) indicano una relazione fra i cedimenti stimati ed al grado di danneggiamento/effetti sul suolo attesi, identificano tre ambiti di pericolosità di riferimento:

- $\Delta S < 10$ cm "Light to no damage"
- $10 < \Delta S < 30$ cm "Medium damage"
- $\Delta S > 30$ cm "Extensive damage"

5.4.2 Sintesi delle condizioni di verifica

L'analisi di liquefazione è eseguita in condizioni "free field" ossia riferita alla superficie e senza considerare le possibili influenze dovute al costruito.

Per l'analisi si sono adoperati i dati della penetrometria CPTU1, in quanto a causa della presenza di detriti grossolani nei primi metri dal pc, le misure della resistenza laterale relativi alla CPTU2 risultano meno affidabili.

- Falda a 2.5 metri dal pc
- Accelerazioni da NTC $a_g=0,262$ g (classe d'uso II),
- Magnitudo Momento dalla Mappa della Zonazione Sismogenetica ZS9 $M_w=6.14$
- $I_p = 25$ per i limi argillosi più superficiali, $I_p=35$ per le per quelli più francamente argillosi (*)

(*) Le indagini di laboratorio disponibili, indicano che l'indice plastico, necessario per la stima dei cedimenti, possa variare attorno al valore soglia ($I_p=30$). Per usare un criterio univoco è attribuito $I_p=35$ ai terreni in cui l'indice di comportamento (I_c), calcolato con la relazione di Robertson (sopra descritta), risulta maggiore di 3. Tale valore dovrebbe distinguere i terreni *Limi argillosi e/o argille limose* dai terreni *argillosi*, i quali che presumibilmente hanno indice plastico superiore.

5.4.3 Risultati dell'analisi eseguita

La tabella che segue riassume in estrema sintesi l'analisi condotta che nel dettaglio è riportata in allegato 3

<i>Indicatori</i>	<i>Classe</i>	<i>CPTU1</i>
IPL <i>Indice del potenziale di Liquefazione</i>	ICMS 2008: Pericolosità alla liquefazione: Nulla/Molto bassa (0÷2) Sonmez 2003: (<11.5) Non si hanno manifestazioni di danno	0.1
IS <i>Indice di Severità</i>	Classe di danno: Nulla	0
LSN <i>Liquefaction Severity Number</i>	assenza di liquefazione/ minime manifestazioni di liquefazione (0 ÷ 10)	0.1
PL <i>Probabilità di Liquefazione</i>	Non Liquefazione quasi certa ($PL < 0.15$)	0.04
Cedimenti Post Sismici (cm)	$\Delta S < 10$ cm Light to no damage	0.2

L'analisi, condotta imponendo condizioni severe e quindi cautelative, indica che esiste una pericolosità quasi nulla di innesco di liquefazione a cui non si assocerebbero manifestazioni di danno.

La stima dei cedimenti post sismici, è una valutazione affetta da notevoli incertezze legate, sia alle inevitabili imprecisioni della procedura di calcolo, che ammette forzatamente semplificazioni di un sistema reale molto complesso, sia alla modellazione del sottosuolo con l'attribuzione di parametri derivanti da correlazioni empiriche. I valori del cedimento post-sismico ottenuti devono essere quindi ritenuti orientativi.

In Allegato 3 le tabelle ed i grafici riepilogano i dati di ingresso ed i risultati delle elaborazioni.

5.4.4 Considerazioni sul margine di sicurezza sulle valutazioni in merito alla liquefazione

Le NTC 2018 al paragrafo 7.11.3.4.3, *Metodi di analisi*, indicano che le verifiche possono essere eseguite *sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio e che l'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista.*

In merito a ciò si esprimono le seguenti considerazioni.

- affidabilità del metodo di calcolo (Robertson 2015) basato sull'analisi di una estesissima banca dati empirica, e sulla correzione cautelativa dei dati penetrometrici di input
- affidabilità delle indagini geognostiche eseguite e quindi ottima ripetibilità delle misure (prove penetrometriche statiche con piezocono)
- affidabilità delle correlazioni fra i dati penetrometrici e le caratteristiche tessiturali e geotecniche dei terreni
- buona conoscenza geologica, geomorfologica e geotecnica dei siti di interesse già oggetto di numerose approfondite campagne geognostiche
- adozione di parametri di input sismico cautelativi (magnitudo massima (*) ed accelerazione massima)

Per le ragioni esposte si è ritenuto opportuno ed adeguato adottare un valore soglia del fattore di sicurezza alla liquefazione $F \geq 1.0$ ($F = CRR/CSR$) e altresì si ritiene adeguata ed affidabile l'analisi condotta.

(*) A riguardo della magnitudo, si fa notare che il valore adottato (6.14) è quello massimo atteso per la zona sismica di riferimento (zona 917 della Zonazione Sismogenetica ZS9 dell'INGV). Tale valore non è perfettamente coerente con l'approccio probabilistico delle NTC vigenti, mancando i riferimenti alla probabilità di superamento ed al tempo di ritorno da associare alla magnitudine stessa. Per fare fronte a ciò, è possibile ricavare il valore di Magnitudo con una specifica procedura, detta "disaggregazione della pericolosità sismica", utilizzando l'apposita sezione del sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). Si tratta di associare la magnitudo alla distanza dalla sorgente sismica (M-R); in estrema sintesi, di determinare l'evento sismico (terremoto di scenario) che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito; è intuibile infatti che un terremoto di elevata magnitudo ma molto distante e poco frequente possa imporre livelli di rischio inferiori rispetto a eventi di inferiore entità ma più prossimi o più frequenti. Il valore ottenuto con la disaggregazione, meglio rappresenterebbe il reale rischio sismico, e risulta sensibilmente più basso di quello adottato ($M_w \approx 5.8$ in luogo di $M_w = 6.14$).

La Magnitudine entra al denominatore nelle formule del fattore di sicurezza alla liquefazione (FS) spostando conseguentemente il valore dell'indice del potenziale di liquefazione (IPL) (maggiore è la magnitudine, minore è FS e maggiore è IPL)

6 – CRITERI COSTRUTTIVI, INTERAZIONE TERRENO STRUTTURA

Le sponde del fiume Ausa sono interessate da diffusi smottamenti e forme erosive a livello dell'alveo; ciò impone di considerare la loro stabilizzazione almeno nei pressi dell'opera in progetto.

Per la realizzazione del ponte ciclopedonale è opportuna la realizzazione di pali trivellati in calcestruzzo armato che andranno dimensionati trascurando il contributo di portanza laterale derivante dai primi 3-4 metri dal piano campagna; ciò sia in ragione degli effetti stagionali di ritiro e rigonfiamento dei terreni con possibili attriti negativi, sia per evitare possibili erosioni spondali.

7 – CONCLUSIONI

- Il lotto in esame giace sulla pianura alluvionale del Torrente ausa; la morfologia è pianeggiante e il sottosuolo è costituito da una potente coltre di sedimenti prevalentemente fini (argille e limi) appartenenti al Subsistema di Ravenna.
- La “pericolosità geologica del territorio” deriva dalla sua intrinseca sismicità, e quindi dagli *effetti di sito* nella propagazione delle onde sismiche. Dal punto di vista idrogeologico il Piano Gestione Rischio Alluvioni recentemente adottato dall’Autorità di Distretto del Po annovera l’area fra quelle con alluvioni frequenti legate sia al reticolo idrografico principale sia a quello secondario di pianura.
- Al momento delle indagini, Settembre 2023, è stata rilevata acqua a circa 2.5-3.0 metri dal pc; si ritiene comunque normale che gli strati superficiali del suolo possano temporaneamente saturarsi in concomitanza di condizioni meteo particolarmente avverse.
- L’indagine geofisica ha permesso di valutare che il valore della velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è compatibile con Sottosuolo di Categoria C.
- Le sponde del fiume Ausa sono interessate da diffusi smottamenti e forme erosive a livello dell’alveo; ciò impone di considerare la loro stabilizzazione almeno nei pressi dell’opera in progetto.
- Per la realizzazione del ponte ciclopedonale è opportuna la realizzazione di pali trivellati in calcestruzzo armato che andranno dimensionati trascurando il contributo di portanza laterale derivante dai primi 3-4 metri dal piano campagna; ciò sia in ragione degli effetti stagionali di ritiro e rigonfiamento dei terreni con possibili attriti negativi, sia per evitare possibili erosioni spondali.
- Oltre alla definizione della stratigrafia e della geometria degli orizzonti che sono stati distinti, si sono riportati i valori dei principali parametri geotecnici desunti dalle correlazioni empiriche; la caratterizzazione geotecnica propedeutica alla definizione dei *parametri geotecnici caratteristici* che devono derivare da un criterio di “*stima ragionata e cautelativa*” previsto dalle NTC deve essere comunque definita in sede di progettazione geotecnica.
- I terreni del primo sottosuolo essendo di natura prevalentemente argillo-limosa non hanno intrinseca attitudine alla liquefazione. Si è eseguita comunque l’analisi del rischio liquefazione adottando metodo semplificato di Robertson basato sui dati penetrometrici, (CPT con piezocono); le verifiche indicano una pericolosità alla liquefazione ($IPL = 0.1$) nulla o molto bassa.
- La caratterizzazione geotecnica e l’analisi delle problematiche geotecniche relative alla realizzazione dell’opera in progetto e che riguardano, ad esempio, la portanza dei terreni di fondazione, la valutazione dei cedimenti, la sottospinta idraulica della falda, alla stabilità dei fronti di scavo e del fondo dello scavo, e l’influenza che i lavori, gli sbancamenti e l’abbattimento del livello di falda possono, avere sui terreni di fondazione dei fabbricati esistenti sono oneri del progettista geotecnico.
- Le indagini in situ offrono indicazioni stratigrafiche puntuali; queste correlate fra loro possono fornire un’idea verosimile dell’andamento degli strati nel sottosuolo. Si ritiene che i dati disponibili siano sufficienti a caratterizzare il sottosuolo ai fini progettuali; non si può escludere a priori che possano esistere comunque irregolarità che le indagini non hanno evidenziato. Qualora nel corso dei lavori di scavo e trivellazione emergessero anomalie, rispetto alla situazione emersa nel corso di questo studio, occorre valutare la loro influenza sulle scelte di progetto ed eventualmente se necessario integrare l’indagine geognostica.

Allegato 1

INDAGINE GEOFISICA

MASW

MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES

HVSR

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

1 - PREMESSA

La campagna di indagine geofisica è stata eseguita il 20 Settembre 2023 e consta di uno stendimento MASW con 24 geofoni e di rilievi passivi a stazione singola HVSR. In figura 1 l'ubicazione dell'indagine eseguita.

L'analisi congiunta consiste nel generare un modello geofisico del sottosuolo che, coerente con la stratigrafia, generi una risposta la più approssimata possibile ai rilievi sperimentali masw e hvsr; questo consente di ridurre le incertezze di questi metodi geofisici indiretti e di ottimizzare il processo di definizione della stratigrafia sismica. Si sono utilizzati i software Grilla, Geopsy ed il correlato applicativo Dinver, e Masw.

Figura 20 Vista aerea (Google Maps)



2 – CENNI SUL METODO MASW

2.1 Propagazione delle Onde di Superficie

Il metodo si basa sul rilievo di onde di superficie (onde di Rayleigh); queste si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente e sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 2). In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92 V_s$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 3). Ciò consente, analizzando la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che dipende dall'inverso della lunghezza d'onda), di determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo detto di

“inversione”.

2.2 Tecnica MASW

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali (a 4.5 Hz) e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves); su quest'ultima si basa il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale; successivamente le tracce vengono analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

Figura 21 Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

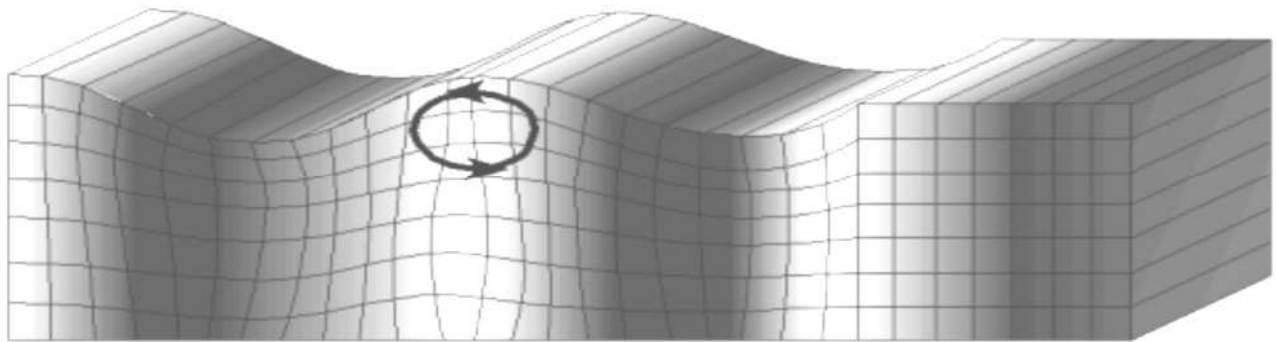
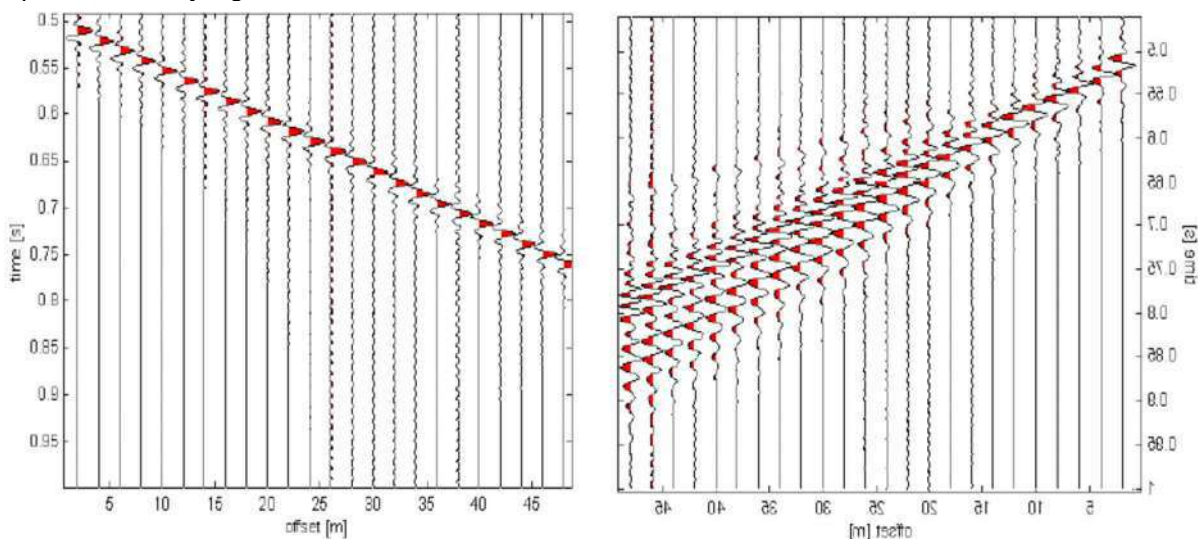


Figura 22 Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.



Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo -REMI- (Zywicki, D.J., 1999); è qui impiegata la tecnica attiva così definita in quanto le onde superficiali sono generate artificialmente in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente o con fucile sismico). Tale metodo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni nei primi 30-50 m, in funzione della rigidità del suolo.

In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, la propagazione delle onde superficiali presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase). Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione. Quindi, nel caso di un mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipende dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità. La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni, infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente (armoniche superiori).

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche con il metodo MASW è una curva apparente, derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con i singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali può essere suddiviso nelle tre fasi di: 1) Acquisizione 2) Processing 3) Inversione

1) Acquisizione. Successive acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 5), generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente), ai due estremi di uno stendimento rettilineo di geofoni.

2) Processing. Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 6);

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

3) Inversione. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle Vs (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Lo scopo è quello di raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione numerica corrispondente al modello di suolo assegnato; l'affidabilità del profilo di velocità V_s trovato durante il processo di inversione è valutata tramite la definizione dell'errore relativa tra le due curve.

3 STRUMENTAZIONE E MODALITÀ DI ACQUISIZIONE MASW

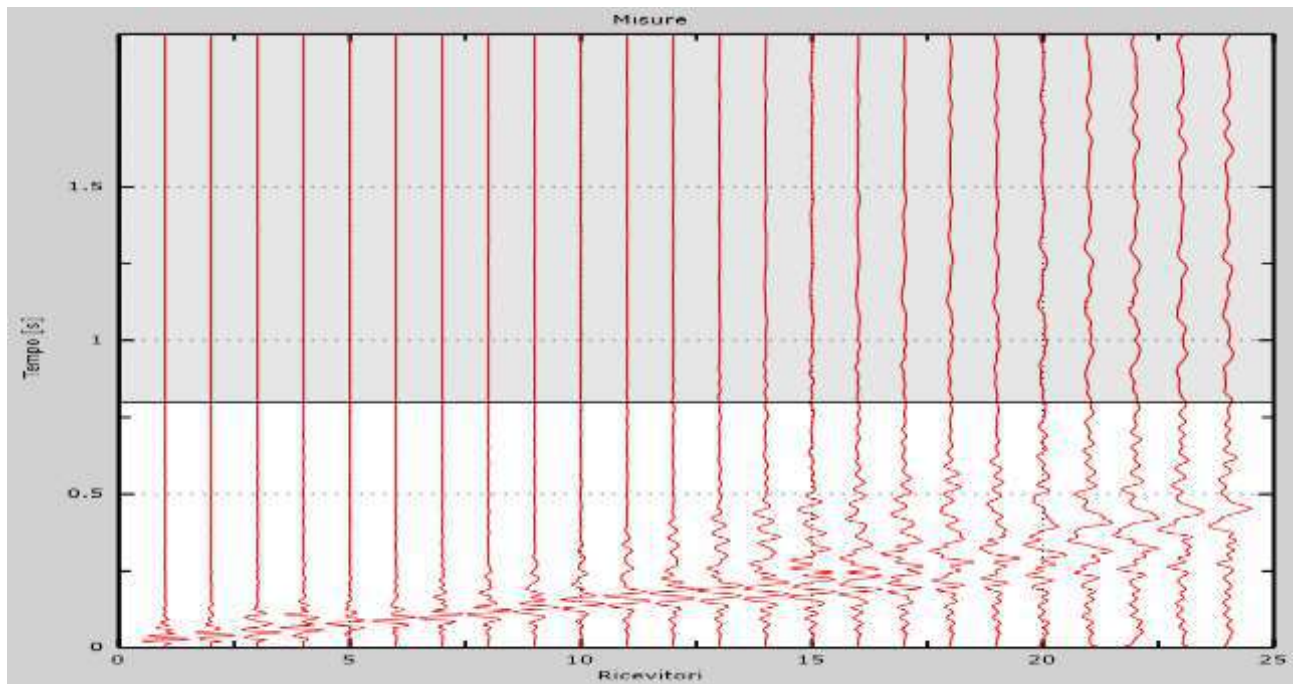
La strumentazione utilizzata è composta da: un acquisitore a 24 canali della SARA Electronics Instruments a 16 bit (registratore DOREMI), 24 geofoni da 4.5 Hz e da un notebook. Come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 8 kg battente su un piattello metallico. E' stato predisposto un stendimento lineare di 48 m di lunghezza con 24 geofoni equidistanziati di 2 m.

Considerando il non trascurabile rumore ambientale di fondo, sono state eseguite numerose energizzazioni per ottimizzare l'operazione di stacking (fig.5).

Figura 23 Stendimento dei geofoni



Figura 24 Tracce sperimentali (da stacking)



4 ELABORAZIONE MASW

La prima fase dell'elaborazione consiste nell'ottenere le curve di dispersione di ogni acquisizione (eseguita per mezzo del software MASW V. Roma, 2007). L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "f-k" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica. In questo grafico è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie

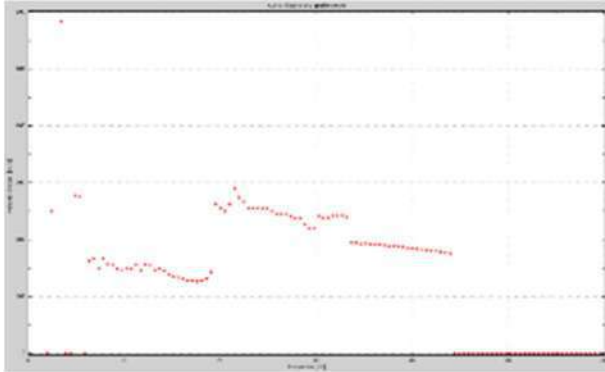
Il confronto delle curve consente di scartare eventuali rilievi anomali (disturbati ad esempio dal rumore di fondo), e scegliere un rilievo che risulti ripetibile e stabile, e che garantisca quindi una buona rappresentatività (fig.6). Individuata una curva di dispersione affidabile occorre definire il range di frequenze utili entro cui è possibile assegnare i punti significativi su cui ricostruire il modello attendibile di V_s (picking) (fig.7). Alte frequenze sono relative ai primissimi strati del sottosuolo; alle basse frequenze (cioè per profondità relativamente alte) la curva di dispersione assume contorni poco definiti tendendo rapidamente all'asintoto verticale.

E' stata utilizzata una traccia ottenuta attraverso un'operazione di "stacking" che consente una riduzione del disturbo legato al rumore antropico; si nota comunque che le curve sono molto simili tra loro denotando una buona ripetibilità delle acquisizioni.

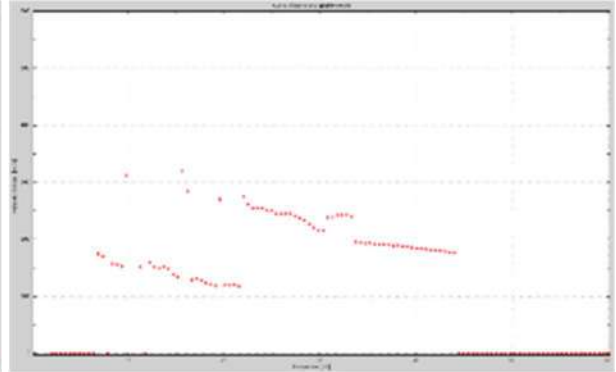
Sullo spettro di frequenza prescelto, viene eseguito un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze. Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione del modello interpretativo. Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "fitting" con i valori sperimentali. Tale procedura viene eseguita in maniera congiunta e quindi in parallelo a quella analoga, di ricerca della migliore stratigrafia sismica, con metodo HVSR.

Figura 25 Confronto fra le Curve di dispersione sperimentali relative a diverse acquisizioni (Curve di dispersione delle velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh, rappresentazione generata dal Software "MASW 2007")

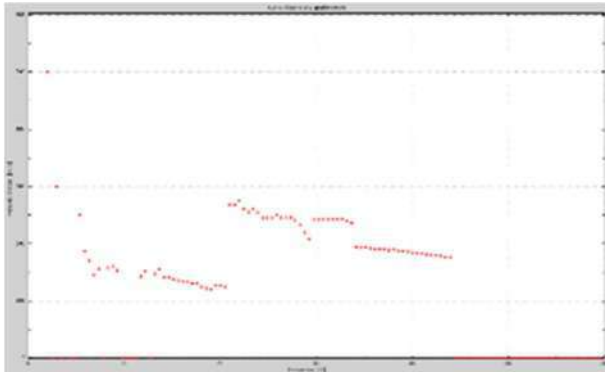
Traccia 01



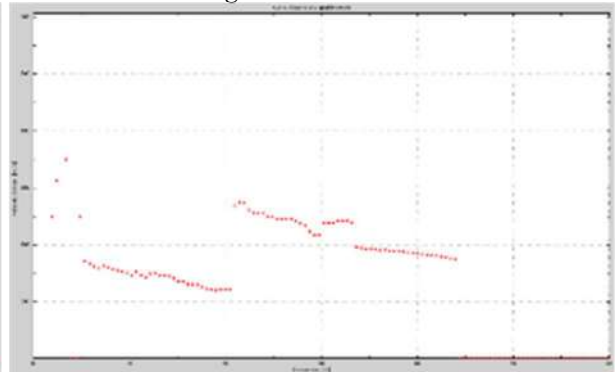
Traccia 02



Traccia 04



Traccia Stacking

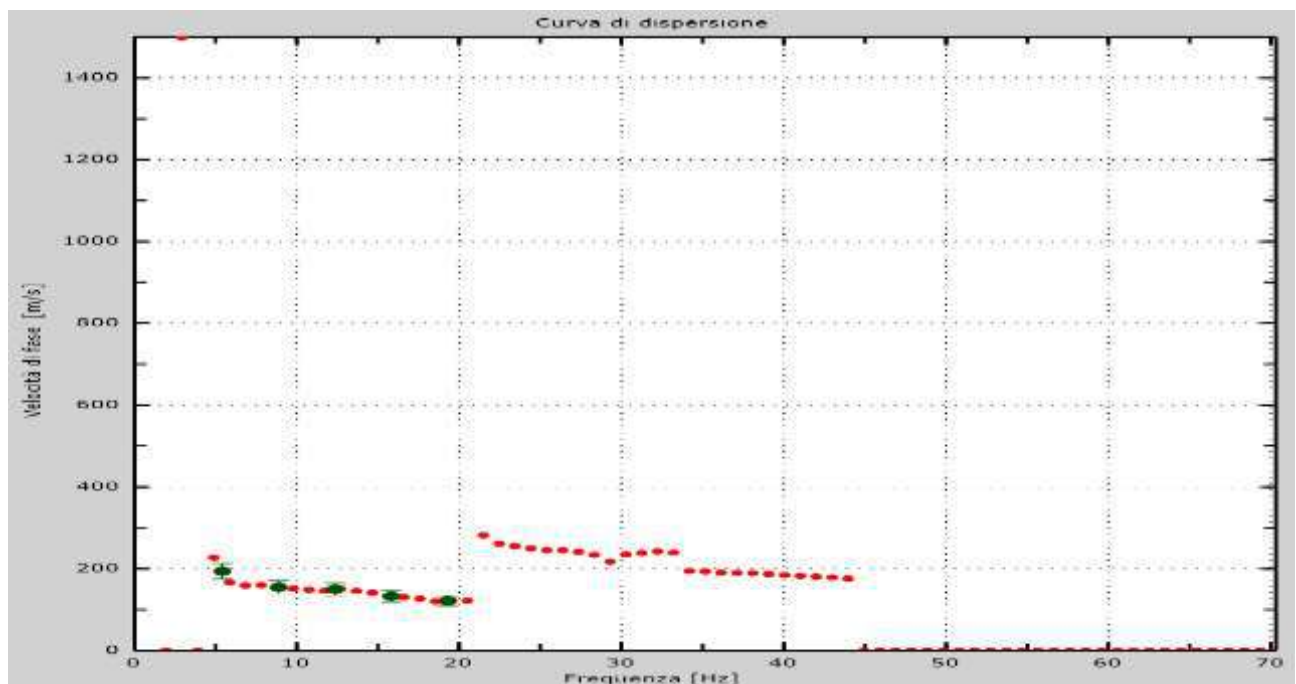


Dati Sperimentali

Nome del file della traccia: 2023-08-10_10-38-42_01000_00200_024_StckSm2.drm

Numero di ricevitori: 24, Numero di campioni temporali: 2000, Passo temporale di acquisizione 1 ms, Numero di ricevitori usati per l'analisi; 24, L'intervallo considerato per l'analisi comincia a 0 ms; L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999 ms

Figura 26 Curva dispersione sperimentale e Picking



Picking della curva di Dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
5.41992	193.939	174.545	213.333
8.88672	154.807	139.326	170.287
12.3535	149.475	134.528	164.423
15.8203	132.821	119.538	146.103
19.2871	121.527	109.374	133.679

Profilo in sito

	h (m)	Z (m)	Vs (m/sec)
Strato 1	1	1	80
Strato 2	3	4	150
Strato 3	3	7	175
Strato 4	33	40	210
Semispazio	-	-	330

Figura 27 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

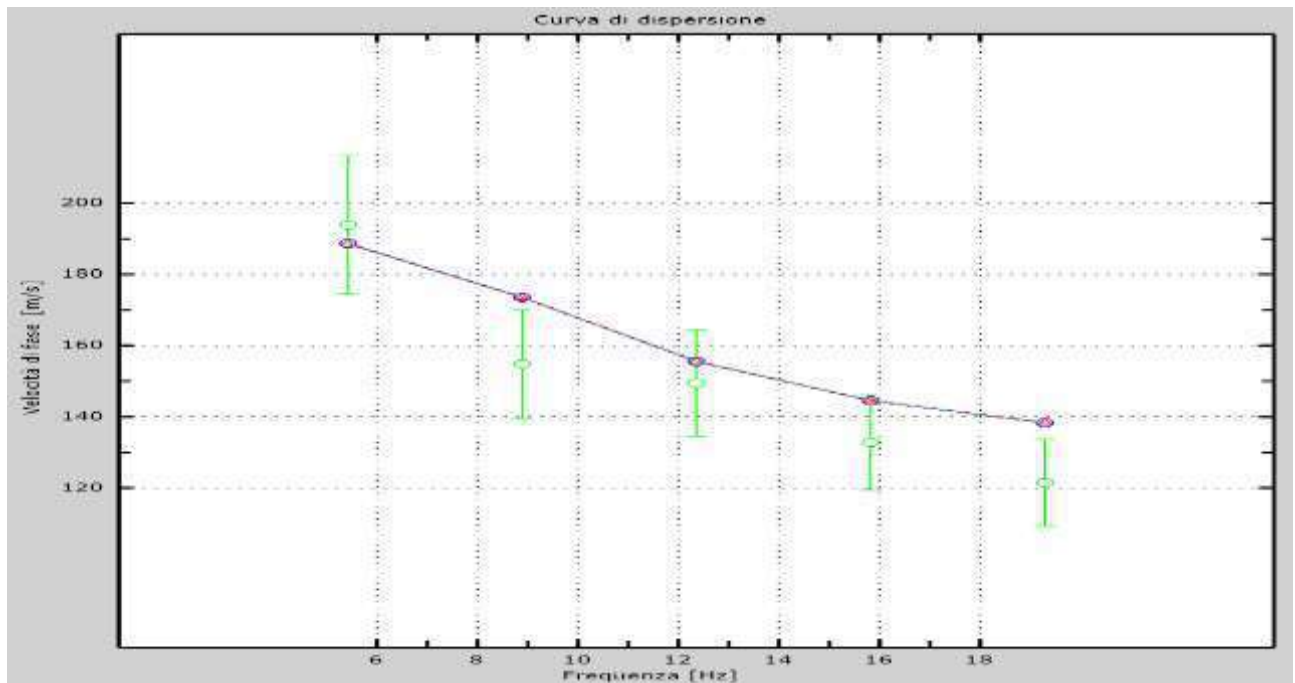
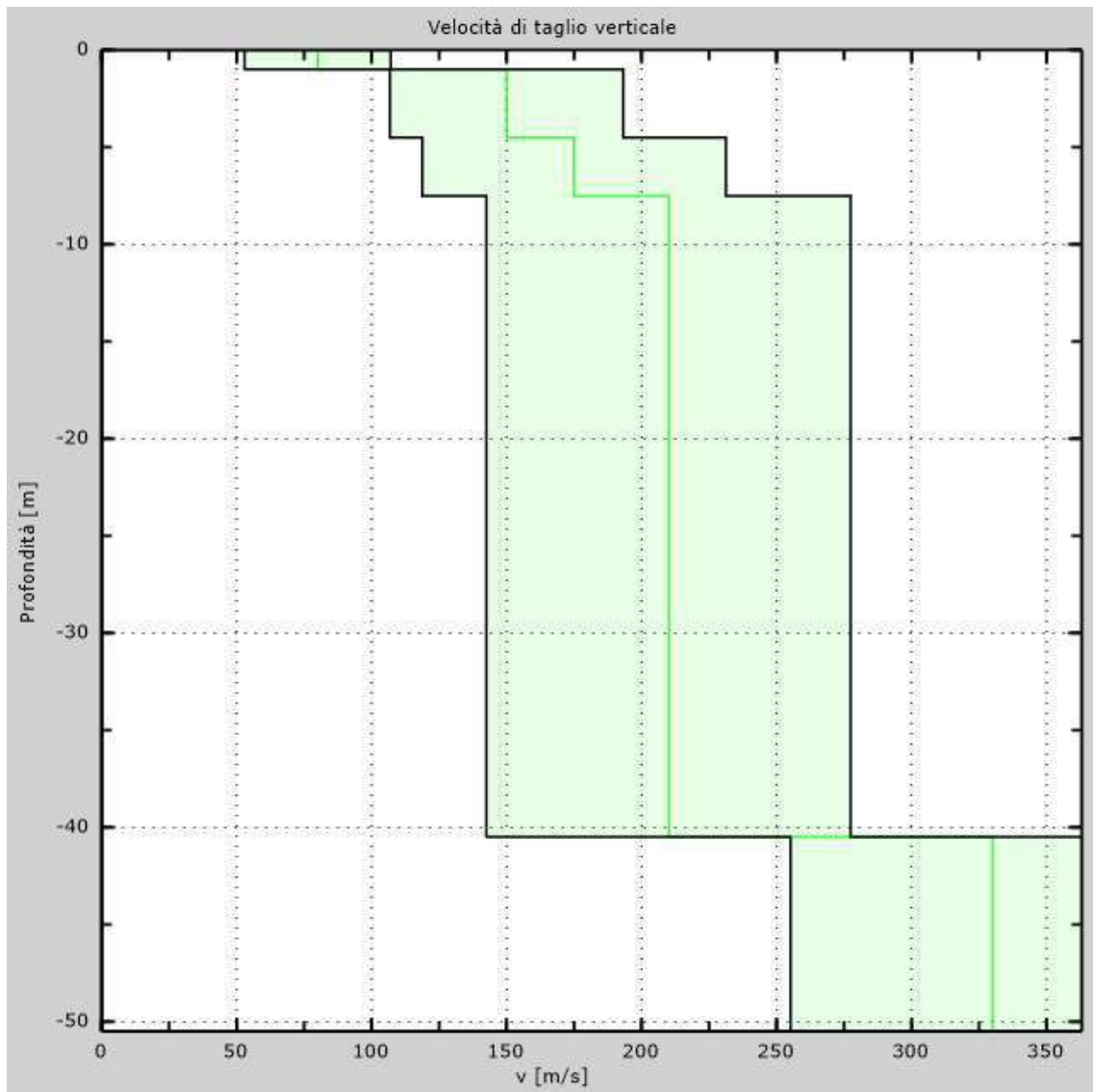


Figura 28 Profilo Vs numerico



5- CENNI SUL METODO HVSR

Il metodo si basa sul rilievo delle componenti orizzontali (H) e verticali (V) del moto delle onde di superficie del rumore sismico ambientale. Il rumore ambientale, cioè l'insieme delle piccole vibrazioni che percuotono il suolo, è presente permanentemente in ogni sito della superficie terrestre. La sua origine ha cause naturali, ad esempio legata all'azione delle onde oceaniche, o artificiali (fra le più comuni cause il traffico veicolare o le attività industriali). Tali sollecitazioni generano onde di superficie (onde di Rayleigh) che sono di bassa energia ed hanno ampiezze che vanno da un centesimo ad un decimillesimo di millimetro (10^{-2} ÷ 10^{-4} mm); si parla genericamente di microsismica qualora la loro frequenza sia inferiore a 0.5 Hz e di microtremore (che è primariamente di origine antropica) in caso contrario.

Il rumore sismico è utilizzabile per ottenere informazioni sul sottosuolo, in quanto la propagazione delle onde risponde alle leggi fisiche sulla risonanza; tale fenomeno è indotto anche dalla stratigrafia del terreno. Lo studio del rumore sismico, in termini dei rapporti spettrali H/V, può rispondere quindi alle necessità di indagine il sottosuolo consentendo, attraverso l'utilizzo di strumenti di facile impiego, relativamente economici, e di appropriate metodologie (Nakamura 1989), di ottenere informazioni sulla stratigrafia o sulla propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo (velocità delle onde di taglio Vs).

Il metodo di Nakamura (1989) si basa sul rapporto degli spettri di Fourier della componente del rumore sul piano orizzontale (H) e della componente sul piano verticale (V) (fig.3). Il rapporto fra tali componenti varia in funzione della frequenza, massimizzandosi in corrispondenza delle frequenze di risonanza determinate dalle caratteristiche del sistema bedrock-copertura.

Il principio su cui si fonda il metodo è relativamente semplice: in un sistema 2d, con suolo rigido e copertura di spessore h, la frequenza caratteristica f vale $f = V_s / (4 h)$ dove Vs è la velocità delle onde di taglio. Tale equazione deriva dal fatto che un'onda che si propaga in uno strato superficiale viene riflessa dall'interfaccia con lo strato sottostante, entrando in interferenza costruttiva con le onde incidenti e sommandosi ad esse qualora la loro lunghezza d'onda (λ) sia quattro volte lo spessore dello strato superficiale ($\lambda = 4 h$).

L'esito della prima elaborazione delle registrazioni del rumore sismico (rapporto fra gli spettri di Fourier), è il grafico del rapporto H/V in funzione della frequenza, in cui le oscillazioni (picchi) di H/V in termini di ampiezza e frequenza dipendono dalla stratigrafia e dalla velocità delle onde di taglio negli strati del sottosuolo. In altri termini, l'andamento del grafico, è funzione dallo spessore degli strati e dall'entità del contrasto di impedenza sismica fra di essi (l'impedenza sismica è il prodotto fra la velocità di propagazione delle onde s e la densità del mezzo).

In estrema sintesi la posizione ed il valore di un picco H/V dipende dalla profondità (h) del contrasto di impedenza che lo ha indotto, e dal valore della velocità delle onde sismiche di taglio (Vs) nei due strati. E' ovvio quindi che per la corretta elaborazione dei dati occorre fissare uno di questi ultimi due parametri per ricavare l'altro; nota la profondità dello strato si ricava la velocità o vice versa.

Nei casi reali, anche quelli in cui la stratigrafia non può essere ricondotta ad un sistema elementare bedrock-copertura, è sufficiente la conoscenza della Vs del primo strato di sottosuolo o l'identificazione della profondità del primo contrasto di impedenza sismica, per la determinazione di spessori e velocità Vs dei successivi orizzonti litologici e/o sismici.

Lo strumento

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un tromometro digitale "TROMINO®" (brevetto internazionale della Micromed SpA) (fig.10). Lo strumento è estremamente compatto (10x14x8 cm) e leggero (1.1 kg) e consente la misura di microtremore nel range di frequenza compreso fra 0.1 e 200 Hz

Lo strumento è dotato di tre sensori velocimetrici elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore. L'ancoraggio al suolo avviene tramite l'infissione di appositi piedini; l'orizzontalità è controllata per mezzo di una bolla sferica.

Su memoria interna (1Gb) vengono salvati in un unico file i dati rilevati in automatico; si tratta delle velocità misurate secondo le direzioni ortogonali Est-Ovest, Nord-Sud (dello strumento) e sulla verticale.

Il software

Il trasferimento dati dallo strumento al pc, avviene successivamente all'acquisizione per mezzo di un cavo usb, grazie software "Grilla" a cui si è già accennato. Questo consente l'archiviazione ed il trattamento dei dati. I dati, fra l'altro, possono essere eventualmente "ripuliti" per la presenza di tracce disturbate, filtrati in funzione della loro dispersione espressa in termini di deviazione standard, è possibile imporre un "lisciamento" (smoothing) alle curve per smorzarne le spigolosità, imporre l'ampiezza delle finestre temporali di analisi in funzione della frequenza minima di interesse, decidere l'intervallo di analisi in frequenza. Grazie a queste operazioni preliminari è possibile la corretta interpretazione della curva sperimentale H/V (fig.11) che grilla genera e quindi l'elaborazione delle curve H/V di sintesi.

Il fulcro del metodo è infatti la definizione di un "modello sismico" del sottosuolo, espresso in termini di velocità delle onde di taglio Vs, spessori, peso specifico e rapporti di Poisson, che, in coerenza con le informazioni stratigrafiche e geotecniche, sia tale da generare una curva H/V allineata con la curva H/V rilevata (fig.6).

Figura 29 Tromino



Grilla esegue inoltre un controllo di qualità sui dati e sulla loro elaborazione sulla base dei criteri dettati dal Progetto SESAME (Site EffectS Assessment using AMBient Excitations 2005) nelle Linee Guida 2005 (http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV_User_Guidelines.pdf), riportando i risultati nella tabella che chiude l'elaborazione. I primi tre criteri riguardano l'ampiezza della misura e il numero delle finestre di analisi necessarie per avere una affidabile curva HVSR e devono essere tutti soddisfatti. La qualità e rappresentatività del picco analizzato è ritenuta soddisfacente se dei successivi sei criteri esaminati almeno cinque sono positivi.

Si illustrano brevemente nel seguito, le elaborazioni grafiche prodotte da grilla e riportate nel seguito relativamente al caso trattato.

Il grafico di figura 11 descrive l'andamento del rapporto fra le componenti orizzontali e verticali del moto in funzione della frequenza.

Il grafico di figura 12, H/V serie TEMPORALE, rappresenta l'intensità H/V con diverse sfumature di colori in funzione della frequenza e per ognuna delle finestre di acquisizione (finestre della durata di 12 secondi per un tempo totale di 20 minuti). Permette di individuare se sono presenti finestre anomale, disturbate, e quindi eventualmente di escluderle dall'analisi (fasce oscurate in nero).

Il grafico di figura 3 DIREZIONALITA' H/V rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord segnato sullo strumento (da 180° a 360° i risultati sono simmetrici). Questo permette di rilevare se la media HVSR è influenzata fortemente da una delle due componenti orizzontali e quindi può indicare eventuali anisotropie del sottosuolo o sorgenti di particolari di rumore.

Il grafico di figura 13, SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S; E-O; Verticale). L'analisi dei tracciati, il confronto con lo spettro H/V, consente la corretta interpretazione del profilo sperimentale H/V riportato in figura 5.

6 - ELABORAZIONE HVSR

L'indagine consta di successivi rilievi da quindici minuti circa, eseguiti ruotando lo strumento di 90 gradi sul piano orizzontale per discriminare univocamente eventuali sorgenti puntiformi di disturbo.

I picchi della curva H/V dipendono, nelle condizioni morfologiche del sito, dalle condizioni stratigrafiche ma possono influenzati dal traffico veicolare e dal rumore di fondo urbano ed industriale.

La ricerca della stratigrafia sismica che genera una curva di risposta coerente con il rilievo sperimentale, viene eseguita in maniera congiunta e quindi in parallelo a quella analoga relativa al metodo MASW.

Per quanto riguarda i criteri di qualità dettati dalle Linee Guida 2005 SESAME (Tab.2), risultano soddisfatti quelli relativi all'affidabilità della curva H/V e disattesi quelli relativi alla chiarezza del picco a causa dell'assenza di decisi contrasti di impedenza sismica e dell'entità dei disturbi antropici.

PONTE AUSA, CPTU1 0001

Strumento: TRZ-0129/01-10

Formato dati: 16 byte

Start recording: 20/09/2023 09:05:05 End recording: 20/09/2023 09:07:02

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamo: Triangular window

Lisciamo: 10 %

Fig. 2

Figura 30 RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE CONFRONTO ACQUISIZIONI

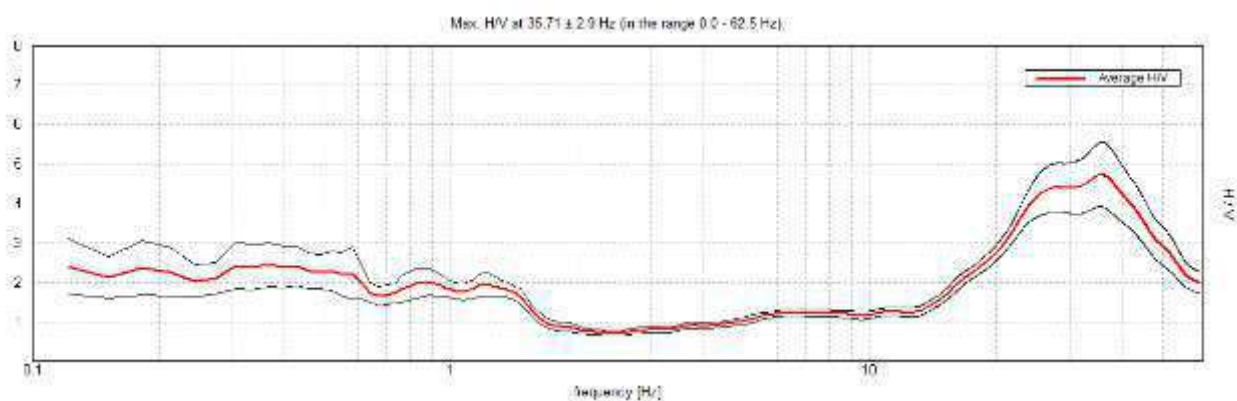


Figura 31

SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V

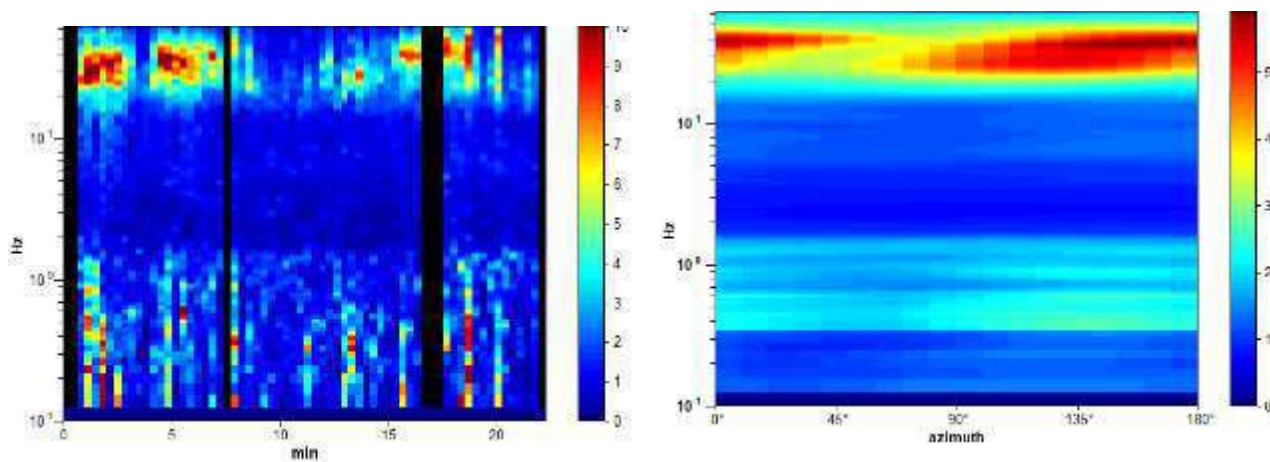


Figura 32

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

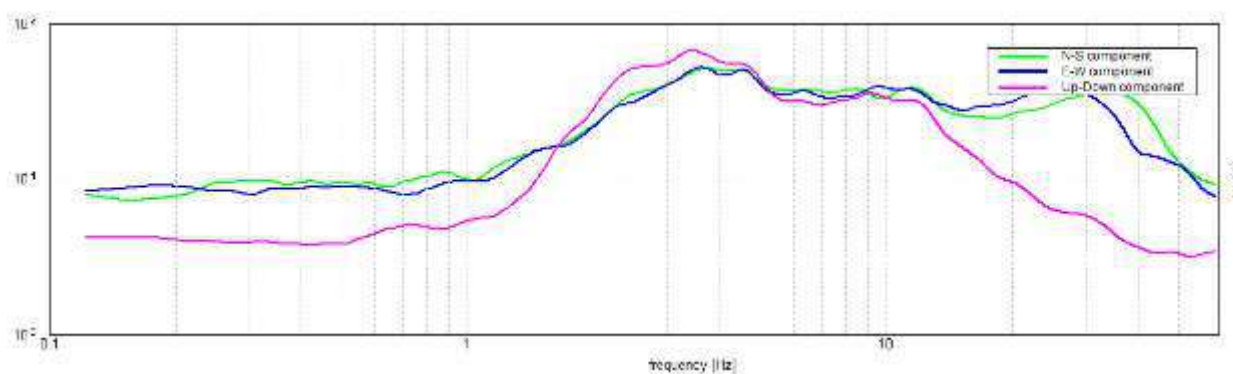
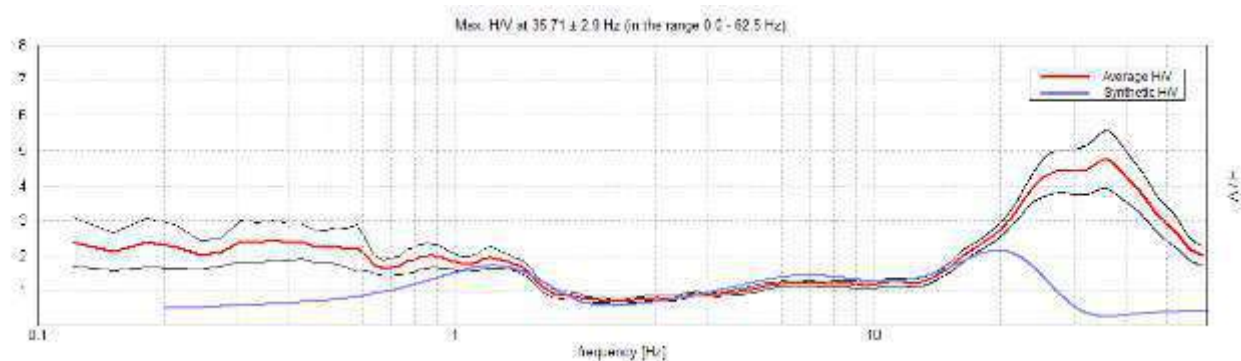
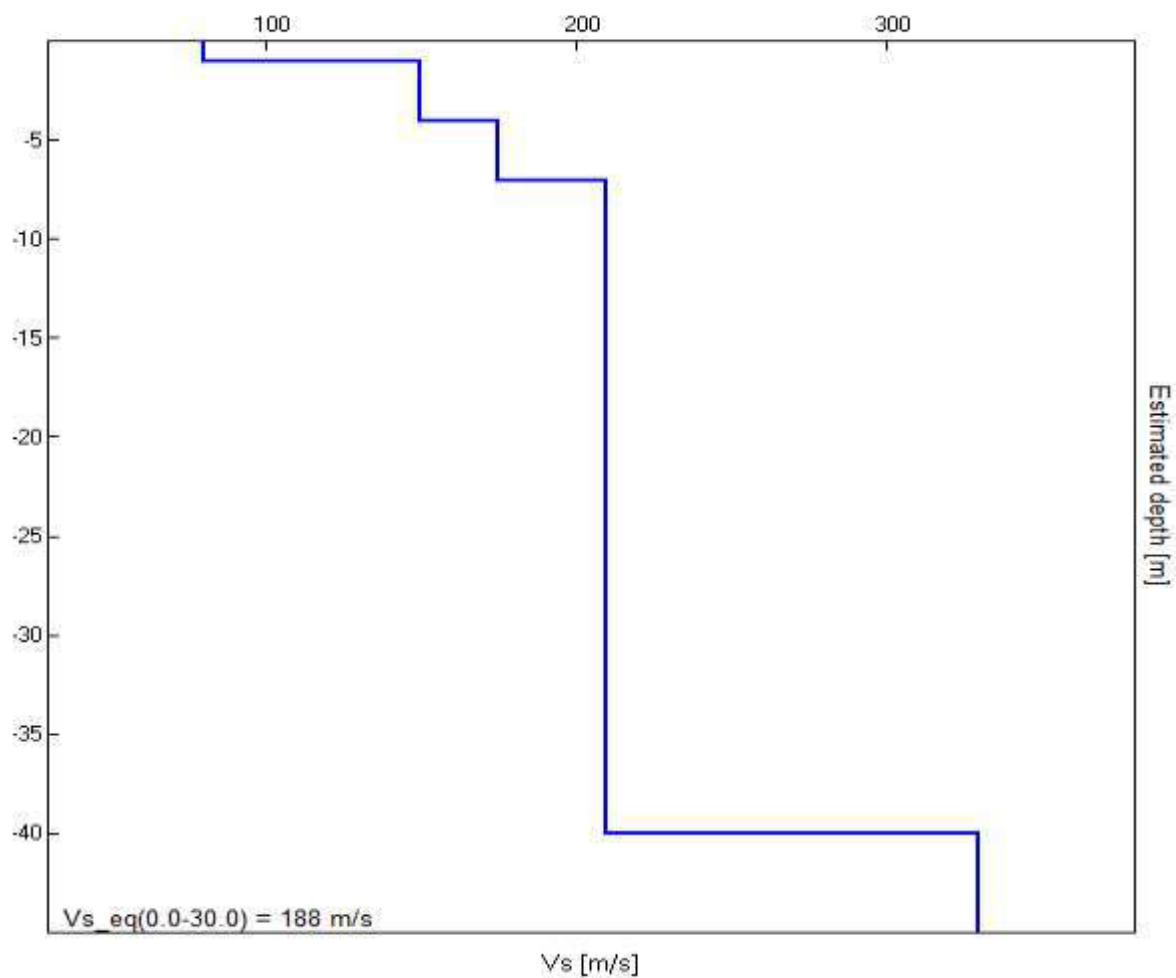


Figura 33 H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	80	0.49
4.00	3.00	150	0.48
7.00	3.00	175	0.48
40.00	33.00	210	0.47
inf.	inf.	330	0.42

Vs(0.0-30.0)=187 m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Max. H/V at 35.71 ± 2.9 Hz (in the range 0.0 - 62.5 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	35.71 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	42132.6 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1464 times	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	18.158 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	55.023 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.74 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0811 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	2.8957 < 1.78528		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8203 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Allegato 2

PROVE PENETROMETRICHE CPTU

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO (CPTU)

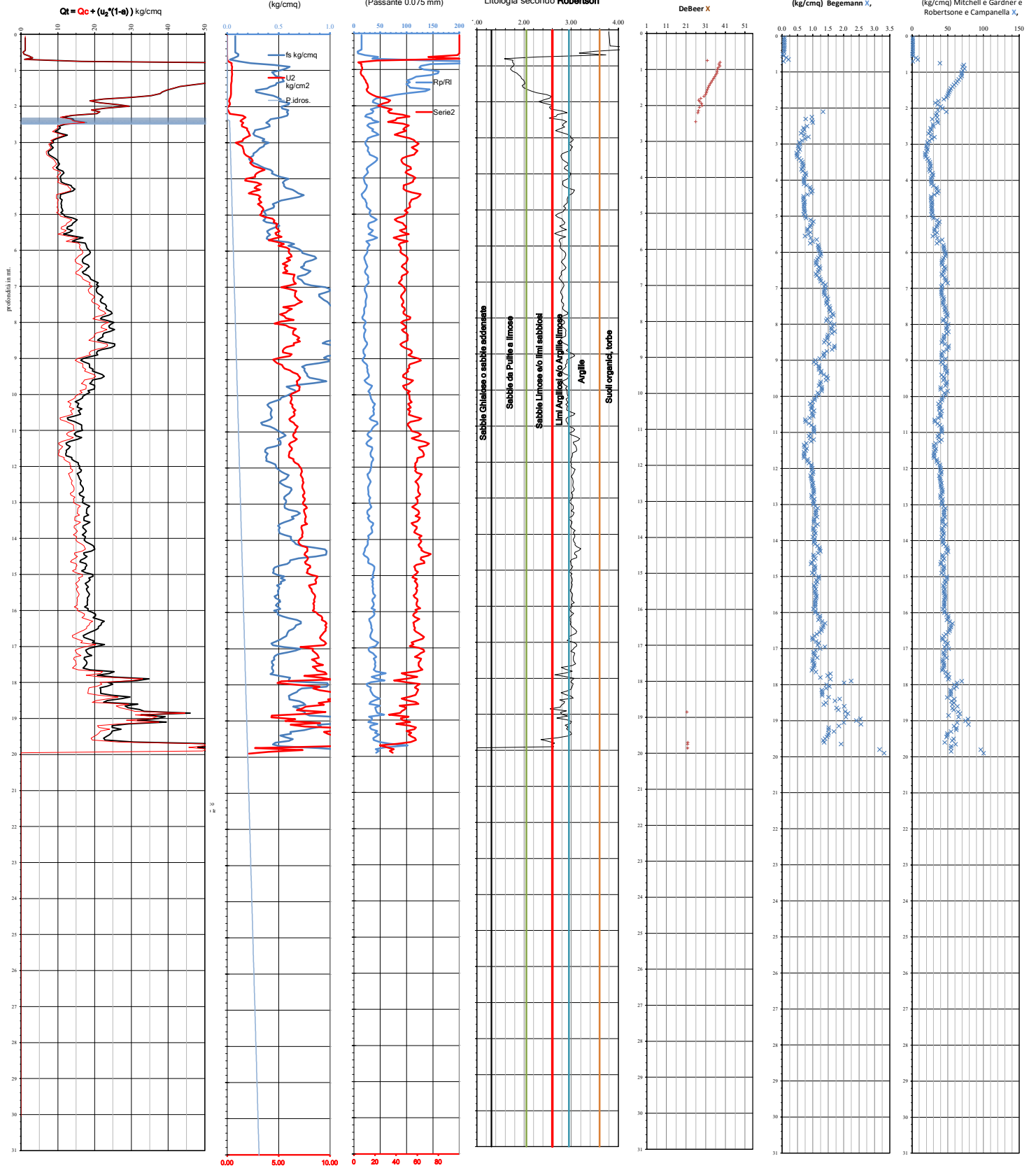
Prova CPTU 1

Località: RIMINI VIA BARATTONA

Data: 21/09/2023

Lavoro:

Passo acquisizione dati: 1 cm, restituzione 5 cm



1

qc Normalizzata Q = (Rp - σvo) / σ'vo (kg/cm ²)	mt.	qc (kg/cm ²)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm ²)	Rp/RI	Peso di Volume (Robertson e Cabal et al. 2010)	Angolo di attrito f ° ("De Beer")	Densità relativa Dr Lancelotta 1993	Cu Kg/cm ² Coesione non drenata (Begemann)	Modulo di Young -Schmertmann- per sabbie E=2.5 Rp (kg/cm2)	Modulo edometrico Mitcell&Gardner o Robertson e Campanella per le sabbie Nspst-Indicativo- M _F	Mauromachi e Kubayashi 1982 %f _{ini}	Mayne 2012 OCR=0.33*(qt- sv)/m con m=1+0.72 % f _{ini}	Roberts on	lc	Litologia ROBERTSON
305	0.05	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	101	100	3.79	Terreno oranicco. Torba
101	0.10	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	33	100	3.80	Terreno oranicco. Torba
60	0.15	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	20	100	3.80	Terreno oranicco. Torba
43	0.20	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	14	100	3.80	Terreno oranicco. Torba
33	0.25	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	11	100	3.81	Terreno oranicco. Torba
27	0.30	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	9	100	3.81	Terreno oranicco. Torba
23	0.35	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	7	100	3.82	Terreno oranicco. Torba
19	0.40	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	6	100	3.82	Terreno oranicco. Torba
17	0.45	1	0.0	0.1	15	1.5			0.1		1	0	6	100	3.82	Terreno oranicco. Torba
7	0.50	1	0.0	0.1	7	1.4			0.0		1	0	3	100	4.34	Terreno oranicco. Torba
10	0.55	1	0.0	0.1	7	1.4			0.1		1	0	3	100	4.10	Terreno oranicco. Torba
491	0.95	71	0.5	0.6	124	1.9			0.2		1	1	98	98	3.49	Araille. Da Araille ad Araille Limose
33	0.65	3	0.0	0.1	46	1.8			0.2		1	0	71	71	3.17	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	0.75	1	0.0	0.0	35	1.4			0.1		1	0	3	100	3.73	Terreno oranicco. Torba
151	0.75	16	0.1	0.1	143	1.6					39	4	11	22	2.29	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
591	0.80	69	0.4	0.2	300	1.8				173	72	16	16	4	1.59	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
532	0.85	67	0.4	0.5	146	1.8				168	71	16	15	7	1.76	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
571	0.90	77	0.5	0.6	127	1.9				194	74	18	15	7	1.75	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
491	0.95	71	0.5	0.6	124	1.9				178	71	17	14	8	1.79	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
444	1.00	69	0.5	0.6	133	1.9				172	69	16	12	8	1.78	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
429	1.05	70	0.5	0.4	161	1.8				176	69	17	12	7	1.72	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
420	1.10	73	0.5	0.5	160	1.9				182	70	17	12	6	1.71	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
375	1.15	68	0.5	0.5	145	1.9				171	68	16	10	7	1.76	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
329	1.20	63	0.4	0.5	118	1.9				158	65	15	9	9	1.84	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
297	1.25	60	0.4	0.5	110	1.9				149	64	14	9	10	1.88	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
264	1.30	56	0.4	0.4	105	1.8				139	61	13	8	11	1.93	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
232	1.35	51	0.4	0.5	106	1.8				127	59	12	7	12	1.94	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
205	1.40	47	0.4	0.5	99	1.8				118	57	11	6	13	1.99	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
181	1.45	43	0.4	0.4	104	1.8				108	54	11	6	13	2.01	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
167	1.50	42	0.4	0.4	107	1.8				104	53	10	5	13	2.02	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
154	1.55	40	0.4	0.3	144	1.8				99	52	10	5	12	1.96	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
145	1.60	39	0.4	0.3	136	1.8				96	50	9	5	13	1.98	Sabbie. Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
124	1.65	38	0.4	0.4	105	1.8				90	50	9	6	9	2.05	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
124	1.70	35	0.4	0.4	79	1.8				85	48	8	8	7	2.15	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
104	1.75	30	0.3	0.5	62	1.8				51	44	8	7	21	2.27	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
74	1.80	22	0.2	0.5	43	1.8				41	37	6	5	30	2.48	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
60	1.85	19	0.2	0.5	37	1.8				36	33	5	4	34	2.58	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
67	1.90	22	0.3	0.6	36	1.8				40	36	6	5	33	2.54	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
79	1.95	26	0.3	0.6	44	1.8				45	40	7	5	27	2.41	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
86	2.00	29	0.1	0.6	56	1.8				48	42	8	6	23	2.31	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
86	2.05	23	-0.1	0.6	42	1.8				40	42	8	6	29	2.47	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
53	2.10	19	-0.1	0.6	32	1.8			1.3		48	5	6	36	2.61	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
58	2.15	21	0.2	0.6	37	1.8				37	34	6	4	32	2.54	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
54	2.20	21	0.3	0.6	35	1.8				36	33	6	4	34	2.57	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
36	2.25	14	1.5	0.6	24	1.8					35	4	4	46	2.80	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
28	2.30	11	1.8	0.5	21	1.8				0.8	28	3	3	53	2.91	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
34	2.35	14	1.5	0.4	33	1.8				1.0	35	4	4	41	2.71	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
44	2.40	14	1.3	0.4	36	1.8				1.0	36	4	4	39	2.68	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
42	2.45	18	1.6	0.4	47	1.8					29	5	3	32	2.53	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
27	2.50	12	1.4	0.4	29	1.8				0.8	30	3	3	47	2.81	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
24	2.55	10	1.4	0.4	25	1.8				0.7	26	3	3	52	2.90	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
24	2.60	11	1.9	0.4	30	1.8				0.7	27	3	3	48	2.84	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
22	2.65	10	1.9	0.3	37	1.7				0.7	25	3	3	47	2.81	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
20	2.70	9	2.1	0.3	38	1.7				0.6	25	3	3	49	2.86	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
23	2.75	11	2.2	0.3	42	1.7				0.7	27	3	3	43	2.75	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
28	2.80	13	2.2	0.3	47	1.7				0.9	27	3	3	39	2.67	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
24	2.85	11	1.9	0.3	35	1.7				0.8	28	3	3	45	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
20	2.90	10	1.5	0.4	27	1.8				0.7	24	3	2	53	2.91	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
18	2.95	9	1.5	0.3	25	1.7				0.6	21	3	3	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
18	3.00	9	0.8	0.4	22	1.8				0.6	22	3	3	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	3.05	8	1.1	0.4	22	1.7				0.5	22	3	3	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
18	3.10	8	1.1	0.4	23	1.7				0.6	22	3	3	59	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
18	3.15	9	1.5	0.3	28	1.7				0.6	19	2	2	55	2.95	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
16	3.20	8	1.6	0.3	27	1.7				0.5	20	3	3	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	3.25	7	1.6	0.3	26	1.7				0.5	19	2	2	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	3.30	7	1.7	0.3	29	1.7				0.5	19	2	2	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	3.35	8	1.9	0.3	30	1.7				0.5	19	2	2	50	2.87	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	3.40	9	2.2	0.2	38	1.7				0.6	21	3	3	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
18	3.45	9	2.4	0.2	44	1.7				0.6	23	3	3	46	2.80	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
19	3.50	10	2.5	0.2	44	1.7				0.7	25	3	2	45	2.78	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
19	3.55	10	2.2	0.2	41	1.7				0.7	25	3	2	46	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
20	3.60	10	2.4	0.3	36	1.7				0.7	26	3	2	47	2.81	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
19	3.65	10	2.6	0.3	31	1.7				0.7	25	3	2	50	2.86	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
18	3.70	10	3.2	0.4	27	1.8				0.6	24	3	2	54	2.93	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
19	3.75	10	3.6	0.4	24	1.8				0.7	25	3	2	54	2.93	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
21	3.80	11	3.2	0.4	26	1.8				0.8	29	3	2	50	2.87	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
21	3.85	12	2.9	0.4	27	1.8				0.8	29	3	2	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
20	3.90	11	2.7	0.5	24	1.8				0.7	28	3	2	52	2.90	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
19	3.95	11	2.7	0.5	21	1.8				0.7	27	3	2	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
19	4.00	11	1.8	0.6	18	1.8				0.7	27	3	2	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
19	4.05	11	1.8	0.6	19	1.8				0.7	27	3	2	56	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
19	4.10	11	2.9	0.5	20	1.8				0.7	27	3	2	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
21	4.15	12	3.3	0.6	21	1.8				0.8	30	4	2	53	2.91	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
24	4.20	14	2.9	0.6	25	1.8				0.9	34	4	2	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
24	4.25	14	2.7	0.6	24	1.8				0.9	35	4	2	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
25	4.30	15	3.2	0.6	25	1.8				1.0	37	4	2	47	2.83	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
24	4.35	14	2.5	0.7	21	1.8				1.0	35	4	2	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
21	4.40	12	2.1	0.7	18	1.8				0.8	31	4	2	55	2.95	Limi. Da Limi Argillosi a Araille Limose
18	4.45	11	3.0	0.7	14	1.8				0.7	27	3	3	63	3.07	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	4.50	11	3.3	0.7	15	1.8				0.7	27	3	3	62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	4.55	11	3.1	0.6	17	1.8				0.7	27	3	3	60	3.02</	

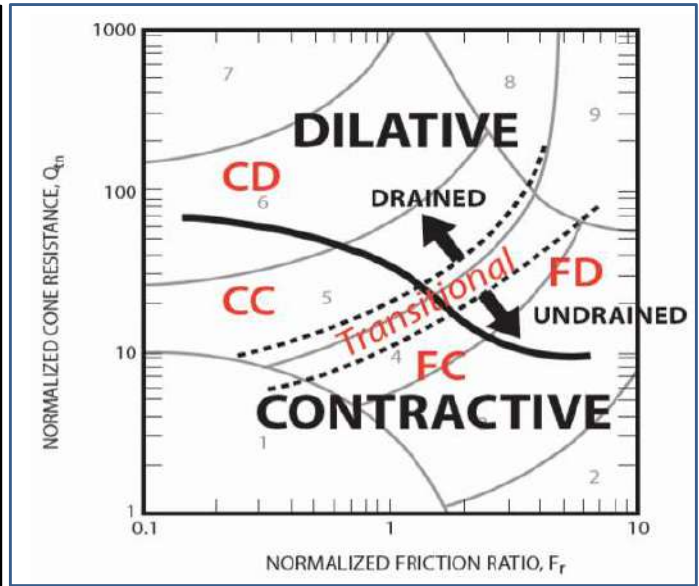
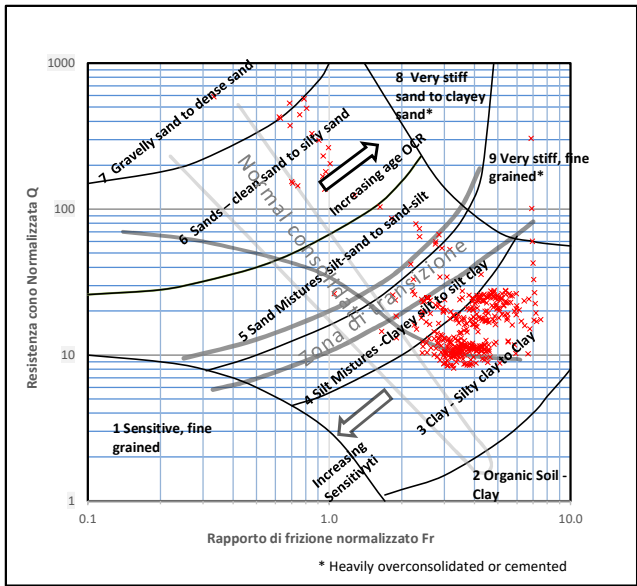
qc Normalizzata Q = (Rp - ovo) / σ'vo (kg/cm2)	Prof	qc (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/RI	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq	Coesione non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Ic	Litologia
22	5.20	15	4.5	0.4	38.6	1.8	/	1.0	/	/	37	37	4	3	41	2.71	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
21	5.25	14	4.9	0.5	28.7	1.8	/	0.9	/	/	35	35	4	3	46	2.81	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
20	5.30	14	4.8	0.5	27.2	1.8	/	0.9	/	/	35	35	4	3	48	2.83	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
18	5.35	12	4.9	0.4	30.0	1.8	/	0.8	/	/	21	21	4	3	49	2.84	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
20	5.45	14	5.1	0.4	36.1	1.8	/	0.9	/	/	35	35	4	3	44	2.76	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
19	5.50	13	4.7	0.4	33.0	1.8	/	0.9	/	/	33	33	4	3	46	2.81	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
16	5.55	12	4.8	0.4	27.7	1.8	/	0.9	/	/	29	29	3	3	52	2.90	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
20	5.60	14	5.3	0.4	36.2	1.8	/	0.9	/	/	35	35	4	3	44	2.76	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	5.65	17	4.5	0.4	44.0	1.8	/	1.1	/	/	42	42	5	3	38	2.65	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
21	5.70	15	4.0	0.4	36.2	1.8	/	0.9	/	/	35	35	4	3	43	2.74	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
19	5.75	14	4.0	0.4	36.6	1.8	/	0.9	/	/	35	35	4	3	51	2.88	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	5.80	17	5.5	0.7	26.9	1.8	/	1.2	/	/	44	44	5	3	44	2.77	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	5.85	18	5.0	0.6	29.8	1.8	/	1.2	/	/	44	44	5	3	43	2.74	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	5.90	18	5.8	0.7	27.1	1.9	/	1.2	/	/	45	45	5	3	44	2.77	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	5.95	19	6.1	0.7	25.7	1.9	/	1.2	/	/	45	45	5	3	45	2.78	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	6.00	19	6.0	0.7	25.5	1.9	/	1.2	/	/	46	46	5	3	44	2.77	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	6.05	19	6.0	0.7	27.3	1.9	/	1.3	/	/	47	47	5	3	47	2.77	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	6.10	19	6.2	0.8	33.7	1.9	/	1.3	/	/	47	47	5	3	46	2.80	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	6.15	18	6.3	0.9	20.8	1.9	/	1.2	/	/	44	44	5	3	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	6.20	17	5.8	0.9	19.8	1.9	/	1.1	/	/	43	43	5	3	51	2.88	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
22	6.25	17	6.1	0.8	20.2	1.9	/	1.1	/	/	42	42	5	3	51	2.88	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
22	6.30	17	5.8	0.8	21.7	1.9	/	1.1	/	/	42	42	5	3	50	2.87	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
22	6.35	17	5.4	0.7	22.6	1.9	/	1.1	/	/	42	42	5	3	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	6.40	18	6.0	0.7	24.3	1.9	/	1.2	/	/	43	43	5	3	47	2.81	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	6.45	19	5.6	0.7	25.8	1.9	/	1.2	/	/	46	46	5	3	45	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	6.50	18	5.6	0.8	23.8	1.9	/	1.2	/	/	45	45	5	3	47	2.83	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
22	6.55	18	5.9	0.8	21.8	1.9	/	1.2	/	/	44	44	5	3	49	2.86	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
21	6.60	17	5.4	0.8	21.2	1.9	/	1.1	/	/	42	42	5	3	51	2.89	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
21	6.65	17	6.6	0.8	22.5	1.9	/	1.1	/	/	43	43	5	3	50	2.86	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	6.70	18	6.5	0.7	26.6	1.9	/	1.2	/	/	46	46	5	3	46	2.80	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	6.75	19	6.4	0.7	27.3	1.9	/	1.3	/	/	47	47	5	3	45	2.78	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	6.80	19	6.5	0.7	27.1	1.9	/	1.3	/	/	47	47	5	3	45	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	6.85	20	6.5	0.7	27.1	1.9	/	1.3	/	/	50	50	6	3	44	2.77	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	6.90	21	6.7	0.8	27.9	1.9	/	1.4	/	/	42	42	6	3	43	2.74	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	6.95	21	6.1	0.8	25.1	1.9	/	1.4	/	/	41	41	6	3	45	2.78	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.00	21	5.2	1.0	22.1	1.9	/	1.4	/	/	42	42	6	3	46	2.81	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	7.05	21	6.1	1.0	20.6	1.9	/	1.4	/	/	41	41	6	3	48	2.84	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	7.10	20	6.7	1.0	20.5	1.9	/	1.4	/	/	41	41	6	3	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	7.15	21	6.6	0.9	21.8	1.9	/	1.4	/	/	41	41	6	3	48	2.83	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	7.20	21	6.6	0.9	23.5	1.9	/	1.4	/	/	42	42	6	3	46	2.80	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.25	22	6.6	0.9	24.4	1.9	/	1.5	/	/	44	44	6	3	45	2.78	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.30	22	6.8	0.9	24.2	1.9	/	1.5	/	/	45	45	6	3	45	2.78	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	7.35	22	6.9	0.9	23.1	1.9	/	1.5	/	/	43	43	6	3	46	2.80	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
25	7.40	22	7.3	1.0	22.1	1.9	/	1.4	/	/	43	43	6	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.45	22	6.9	1.0	22.0	1.9	/	1.5	/	/	46	46	6	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.50	23	6.6	1.0	22.8	1.9	/	1.5	/	/	46	46	6	3	45	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.55	23	5.4	1.0	25.2	1.9	/	1.6	/	/	47	47	7	3	46	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.60	23	6.3	1.2	19.7	1.9	/	1.5	/	/	46	46	7	3	48	2.83	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.65	23	5.9	1.2	19.0	1.9	/	1.6	/	/	47	47	7	3	48	2.84	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.70	23	5.9	1.2	19.7	1.9	/	1.7	/	/	49	49	7	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
28	7.75	25	5.1	1.3	19.7	1.9	/	1.6	/	/	50	50	7	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.80	24	5.6	1.3	17.8	1.9	/	1.6	/	/	48	48	7	3	50	2.86	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	7.85	22	5.7	1.4	15.9	1.9	/	1.5	/	/	44	44	7	3	53	2.92	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	7.90	22	6.5	1.3	16.6	1.9	/	1.4	/	/	43	43	7	3	53	2.92	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	7.95	24	6.2	1.3	22.4	1.9	/	1.6	/	/	47	47	7	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.00	24	4.6	1.2	20.4	1.9	/	1.7	/	/	49	49	7	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.05	24	5.7	1.2	20.4	1.9	/	1.7	/	/	49	49	7	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.10	24	6.0	1.3	18.6	1.9	/	1.6	/	/	48	48	7	3	49	2.86	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.15	24	6.7	1.3	18.9	1.9	/	1.7	/	/	48	48	7	3	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.20	24	6.4	1.3	22.1	1.9	/	1.7	/	/	51	51	7	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.25	24	6.4	1.1	21.4	1.9	/	1.6	/	/	49	49	7	3	47	2.82	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	8.30	23	6.4	1.1	19.9	1.9	/	1.5	/	/	45	45	7	3	50	2.87	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	8.35	22	6.8	1.2	19.0	1.9	/	1.5	/	/	44	44	7	3	51	2.89	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	8.40	22	7.0	1.1	19.5	1.9	/	1.5	/	/	45	45	7	3	51	2.88	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
22	8.45	21	6.8	1.1	20.4	1.9	/	1.4	/	/	43	43	6	3	51	2.88	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
21	8.50	21	7.1	1.0	21.6	1.9	/	1.4	/	/	42	42	6	3	51	2.88	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
23	8.55	23	6.5	0.9	24.8	1.9	/	1.5	/	/	46	46	7	3	46	2.80	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.60	26	6.5	1.0	25.0	1.9	/	1.5	/	/	47	47	7	3	44	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
26	8.65	25	5.8	1.1	23.1	1.9	/	1.7	/	/	51	51	7	3	46	2.79	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
24	8.70	24	5.5	1.2	20.8	1.9	/	1.6	/	/	49	49	7	3	48	2.84	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
22	8.75	22	5.4	1.2	18.0	1.9	/	1.5	/	/	44	44	7	3	53	2.92	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
20	8.80	21	5.4	1.2	17.7	1.9	/	1.4	/	/	42	42	6	3	53	2.95	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
20	8.85	21	6.3	1.1	18.5	1.9	/	1.4	/	/	41	41	6	3	52	2.94	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
20	8.90	21	6.1	1.0	21.4	1.9	/	1.4	/	/	42	42	6	3	52	2.90	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
18	8.95	19	8.1	0.9	20.0	1.9	/	1.2	/	/	47	47	6	3	56	2.96	Argille. Da Argille ad Argille Limose
16	9.00	17	4.5	1.0	17.1	1.9	/	1.1	/	/	42	42	5	3	61	3.04	Argille. Da Argille ad Argille Limose
15	9.05	16	4.6	1.0	16.4	1.9	/	1.0	/	/	41	41	5	3	64	3.07	Argille. Da Argille ad Argille Limose
16	9.10	17	4.9	0.9	19.3	1.9	/	1.1	/	/	43	43	5	3	59	3.01	Argille. Da Argille ad Argille Limose
17	9.15	19	5.3	0.8	24.1	1.9	/	1.2	/	/	46	46	6	3	53	2.92	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
17	9.20	19	5.4	0.7	25.5	1.9	/	1.2	/	/	47	47	6	3	52	2.90	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
17	9.25	19	5.6	0.8	24.7	1.9	/	1.2	/	/	47	47	6	3	52	2.91	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
18	9.30	20	6.1	0.7	36.2	1.9	/	1.3	/	/	49	49	6	3	51	2.88	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
18	9.35	19	6.4	0.8	25.5	1.9	/	1.3	/	/	49	49	6	3	51	2.89	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
19	9.40	21	6.8	0.8	26.7	1.9	/	1.4	/	/	41	41	6	3	49	2.85	Limi. Da Limi Argillosi a Argille Limose
20	9.45	22	6.9	0.8	28												

qc Normalizzata Q = (Rp - ovo) / ovo (kg/cm2)	Prof	qc (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/Rl	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq Coesione non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Ic	Litologia
11	12.00	16	7.2	0.5	33.4	1.88	/	/	1.0	/	46	5	5	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.05	16	7.2	0.5	31.4	1.88	/	/	1.0	/	39	5	5	56	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	12.10	16	7.3	0.5	31.2	1.88	/	/	1.0	/	41	5	5	58	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.15	16	7.2	0.6	29.1	1.88	/	/	1.0	/	44	5	5	58	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.20	16	7.1	0.6	25.4	1.88	/	/	0.9	/	38	5	5	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.25	16	7.3	0.6	26.6	1.88	/	/	1.0	/	39	5	5	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.30	16	7.4	0.6	27.7	1.88	/	/	1.0	/	39	5	5	62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.35	16	7.3	0.5	30.3	1.88	/	/	1.0	/	40	5	5	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.40	16	7.4	0.5	32.1	1.88	/	/	1.0	/	41	5	5	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.45	16	7.4	0.5	30.1	1.88	/	/	1.0	/	40	5	5	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.50	16	7.3	0.6	26.8	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.55	17	7.3	0.6	26.8	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	12.60	17	7.4	0.6	27.0	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	12.65	17	7.5	0.6	27.5	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	61	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.70	17	7.5	0.6	27.6	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.75	16	7.4	0.6	27.4	1.88	/	/	1.0	/	40	5	5	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.80	16	7.4	0.6	28.7	1.88	/	/	1.0	/	41	5	5	62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.85	17	7.6	0.6	29.0	1.88	/	/	1.1	/	42	5	5	59	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.90	17	7.5	0.6	29.2	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	12.95	17	7.4	0.6	29.4	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.00	17	7.4	0.6	29.7	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.05	18	7.6	0.6	31.6	1.88	/	/	1.1	/	44	5	5	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	13.10	19	7.8	0.6	33.4	1.88	/	/	1.2	/	47	6	6	55	2.95	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.15	18	7.5	0.6	30.1	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.20	18	7.7	0.7	28.9	1.9	/	/	1.1	/	45	6	6	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.25	18	7.5	0.7	25.2	1.9	/	/	1.1	/	43	6	6	62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.30	18	7.6	0.7	26.2	1.9	/	/	1.1	/	44	6	6	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.35	18	7.7	0.6	29.3	1.9	/	/	1.1	/	46	6	6	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.40	17	7.6	0.6	26.4	1.9	/	/	1.1	/	43	5	5	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.45	17	7.6	0.6	28.2	1.8	/	/	1.0	/	43	5	5	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.50	17	7.6	0.6	30.8	1.88	/	/	1.0	/	45	5	5	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.55	19	7.8	0.6	26.5	1.88	/	/	1.2	/	45	5	5	56	2.94	Limi. Da Limi Arqillosi a Araille Limose
11	13.60	18	7.3	0.5	36.1	1.88	/	/	1.0	/	45	5	5	60	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.65	17	7.2	0.5	32.9	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.70	17	7.2	0.5	33.5	1.88	/	/	1.0	/	42	5	5	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.75	17	7.3	0.5	34.5	1.88	/	/	1.1	/	43	5	5	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.80	18	7.4	0.5	34.9	1.88	/	/	1.1	/	44	5	5	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.85	17	7.3	0.6	31.1	1.88	/	/	1.1	/	43	5	5	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	13.90	17	7.3	0.6	28.3	1.88	/	/	1.1	/	44	6	6	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.95	18	7.1	0.6	28.3	1.88	/	/	1.1	/	44	6	6	62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.00	17	7.0	0.6	27.5	1.9	/	/	1.1	/	43	6	6	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.05	17	6.9	0.7	26.3	1.9	/	/	1.0	/	43	6	6	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.10	18	7.0	0.7	26.5	1.9	/	/	1.1	/	44	6	6	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	14.15	19	7.2	0.7	26.2	1.9	/	/	1.2	/	47	6	6	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	14.20	20	7.8	0.8	23.4	1.9	/	/	1.2	/	50	6	6	64	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	14.25	20	7.8	1.0	20.9	1.9	/	/	1.3	/	50	6	6	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	14.30	20	7.8	1.0	20.8	1.9	/	/	1.3	/	50	6	6	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	14.35	19	7.6	1.0	19.8	1.9	/	/	1.2	/	48	6	6	67	3.12	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.40	17	7.5	1.0	17.7	1.9	/	/	1.0	/	43	6	6	73	3.20	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.45	17	7.8	0.9	19.9	1.9	/	/	1.0	/	43	6	6	70	3.16	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.50	18	7.9	0.7	25.8	1.9	/	/	1.1	/	45	6	6	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.55	17	7.8	0.6	28.2	1.88	/	/	1.0	/	47	6	6	63	3.07	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.60	16	7.6	0.6	26.8	1.88	/	/	1.0	/	41	6	6	67	3.11	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	14.65	16	7.6	0.6	26.3	1.88	/	/	1.1	/	40	5	5	67	3.12	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.70	18	8.1	0.5	34.8	1.88	/	/	1.1	/	44	6	6	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.75	18	8.1	0.5	38.6	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.80	17	7.8	0.4	39.0	1.88	/	/	1.1	/	44	5	5	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.85	17	7.8	0.5	38.5	1.88	/	/	1.1	/	44	5	5	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.90	17	7.7	0.4	37.1	1.88	/	/	1.1	/	44	5	5	61	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.95	18	8.1	0.5	36.4	1.88	/	/	1.0	/	41	5	5	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	15.00	20	8.8	0.6	35.3	1.88	/	/	1.2	/	49	6	6	57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	15.05	20	8.7	0.5	37.6	1.88	/	/	1.2	/	49	6	6	55	2.95	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	15.10	18	8.6	0.6	32.8	1.88	/	/	1.1	/	46	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	15.15	19	8.6	0.5	36.0	1.88	/	/	1.1	/	47	6	6	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	15.20	18	8.6	0.5	34.9	1.88	/	/	1.1	/	46	6	6	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.25	17	7.9	0.5	36.1	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.30	18	8.0	0.5	35.1	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.35	18	8.2	0.5	36.5	1.88	/	/	1.1	/	46	6	6	59	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.40	18	8.2	0.5	36.0	1.88	/	/	1.1	/	44	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.45	18	8.3	0.5	36.2	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.50	18	8.5	0.5	37.1	1.88	/	/	1.1	/	46	6	6	59	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.55	19	8.6	0.5	40.5	1.88	/	/	1.1	/	47	6	6	57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.60	18	8.5	0.5	39.1	1.88	/	/	1.1	/	46	6	6	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.65	18	8.4	0.5	38.4	1.88	/	/	1.1	/	46	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.70	18	8.5	0.5	35.1	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.75	18	8.4	0.5	36.9	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.80	18	8.5	0.5	38.1	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.85	18	8.4	0.5	36.4	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	15.90	17	8.4	0.5	33.5	1.88	/	/	1.0	/	43	6	6	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.95	18	8.3	0.5	40.0	1.88	/	/	1.1	/	46	6	6	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	16.00	18	8.7	0.5	36.8	1.88	/	/	1.1	/	45	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	16.05	19	8.9	0.5	33.3	1.88	/	/	1.2	/	48	6	6	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	16.10	20	9.2	0.5	37.7	1.88	/	/	1.2	/	51	6	6	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	16.15	20	9.3	0.6	34.0	1.9	/	/	1.2	/	51	6	6	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	16.20	20	9.2	0.7	28.9	1.9	/	/	1.2	/	49	6	6	62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	16.25	21	9.5	0.7	29.6	1.9	/	/	1.3	/	53	7	7	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	16.30	23	9.7	0.7	31.6	1.9	/	/	1.4	/	57	7	7	56	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	16.35	22	9.5	0.7	32.6	1.9	/	/	1.3	/	55	7	7	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	16.40	22	9.6	0.7	32.0	1.9	/	/	1.3	/	54	7	7	57		

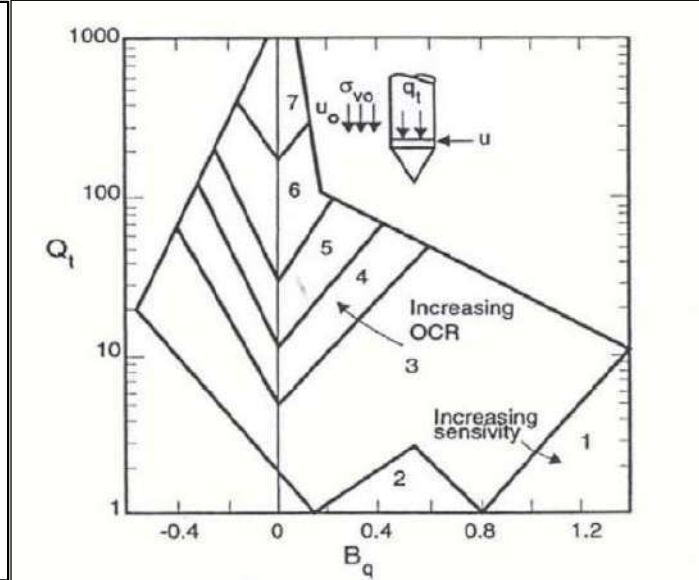
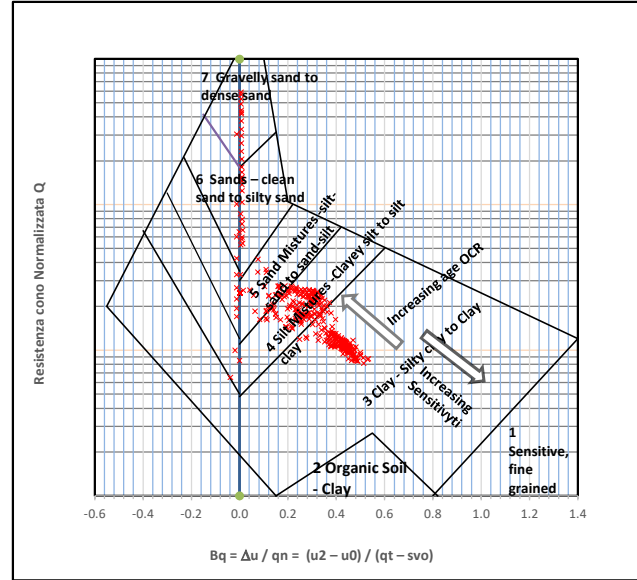
qc Normalizzata Q = (Rp - ovolo) / sigma (kg/cm2)	Prof	qc (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/RI	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq Coesione non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Ic	Litologia
16	18.75	32	0.8	42.9	1.9	0	/	2.1	/	65	9	33	45	2.79		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
17	18.80	33	0.8	44.2	1.9	0	/	2.1	/	67	10	33	44	2.77		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
24	18.85	46	0.8	27.5	1.9	21	36	0.0	/	51	12	33	53	2.55		Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
16	18.90	33	1.1	38.5	1.9	0	/	2.1	/	68	11	33	44	2.90		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
26	18.95	39	1.1	34.4	1.9	0	/	2.6	/	78	10	33	46	2.77		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
19	19.00	37	1.1	33.7	1.9	0	/	2.4	/	75	11	33	46	2.80		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
16	19.05	32	1.2	27.4	1.9	0	/	2.0	/	63	10	33	53	2.92		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
20	19.10	40	0.9	44.9	1.9	0	/	2.6	/	79	11	33	40	2.70		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
14	19.15	29	0.9	32.2	1.9	0	/	1.9	/	59	9	33	53	2.91		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
12	19.20	25	0.8	30.1	1.9	0	/	1.5	/	62	8	33	59	3.01		Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	19.25	27	0.7	33.1	1.9	0	/	1.5	/	62	8	33	57	2.98		Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	19.30	27	0.6	44.4	1.9	0	/	1.7	/	70	8	33	50	2.87		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
12	19.35	25	0.6	40.0	1.9	0	/	1.5	/	50	8	33	54	2.94		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
11	19.40	25	0.5	47.7	1.8	0	/	1.5	/	49	7	33	52	2.90		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
11	19.45	24	0.6	42.3	1.9	0	/	1.5	/	48	7	33	54	2.94		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
11	19.50	23	0.6	36.4	1.9	0	/	1.4	/	58	7	33	58	2.99		Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	19.55	23	0.6	37.3	1.9	0	/	1.3	/	56	7	33	59	3.00		Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	19.60	23	0.5	48.7	1.8	0	/	1.4	/	57	7	33	59	2.93		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
15	19.65	21	0.4	68.7	1.8	0	/	1.9	/	61	9	33	41	2.71		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
26	19.70	53	0.5	102.2	1.9	22	40	0.0	/	55	14	22	25	2.36		Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
26	19.75	52	0.9	58.6	1.9	22	39	0.0	/	54	14	22	31	2.52		Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
24	19.80	48	1.2	41.3	2.0	0	/	3.2	/	96	13	22	38	2.65		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
26	19.85	52	1.1	47.5	1.9	22	39	0.0	/	55	14	22	34	2.57		Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
25	19.90	50	1.2	42.1	2.0	0	/	3.3	/	100	14	22	37	2.63		Limi. Da Limi Araillosi a Araille Limose
0	20.00	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.05	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.10	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.15	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.20	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.25	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.30	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.35	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.40	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.45	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.50	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.55	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.60	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.65	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.70	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.75	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.80	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.85	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.90	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	20.95	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.00	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.05	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.10	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.15	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.20	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.25	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.30	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.35	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.40	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.45	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.50	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.55	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.60	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.65	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.70	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.75	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.80	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.85	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.90	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	21.95	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.00	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.05	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.10	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.15	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.20	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.25	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.30	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.35	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.40	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.45	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.50	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.55	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.60	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.65	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.70	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.75	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.80	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.85	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.90	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	22.95	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.00	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.05	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.10	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.15	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.20	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.25	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.30	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.35	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.40	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.45	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.50	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.55	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.60	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.65	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.70	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.75	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		/
0	23.80	0	0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	/	/	0	0.00		

GRAFICI DI CLASSIFICAZIONE

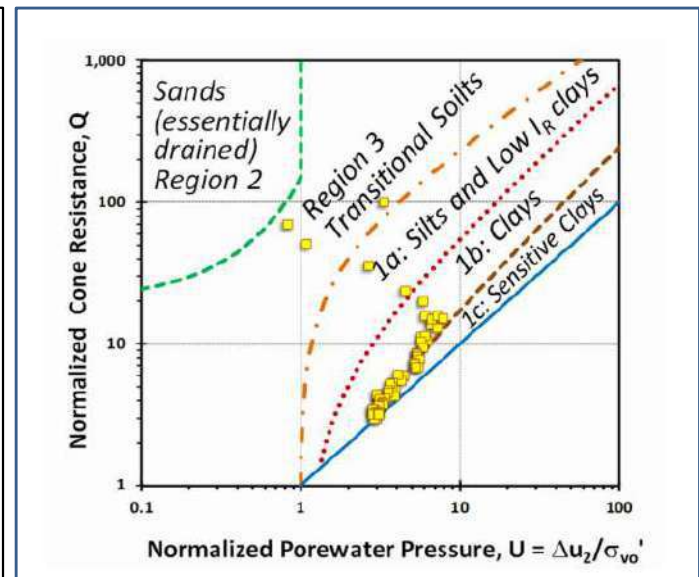
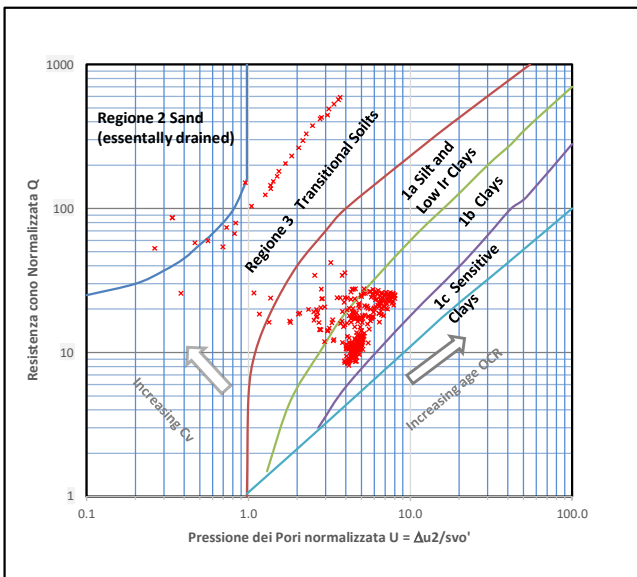
Normalized CPT Soil Behavior Type (SBTn) charts $Q_t - B_q$ (Robertson)



Normalized CPT Soil Behavior Type (SBTn) charts $Q_t - Fr$ (Robertson)



Portland-Maine CPTU data in Q-U soil behavior chart



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO (CPTU)

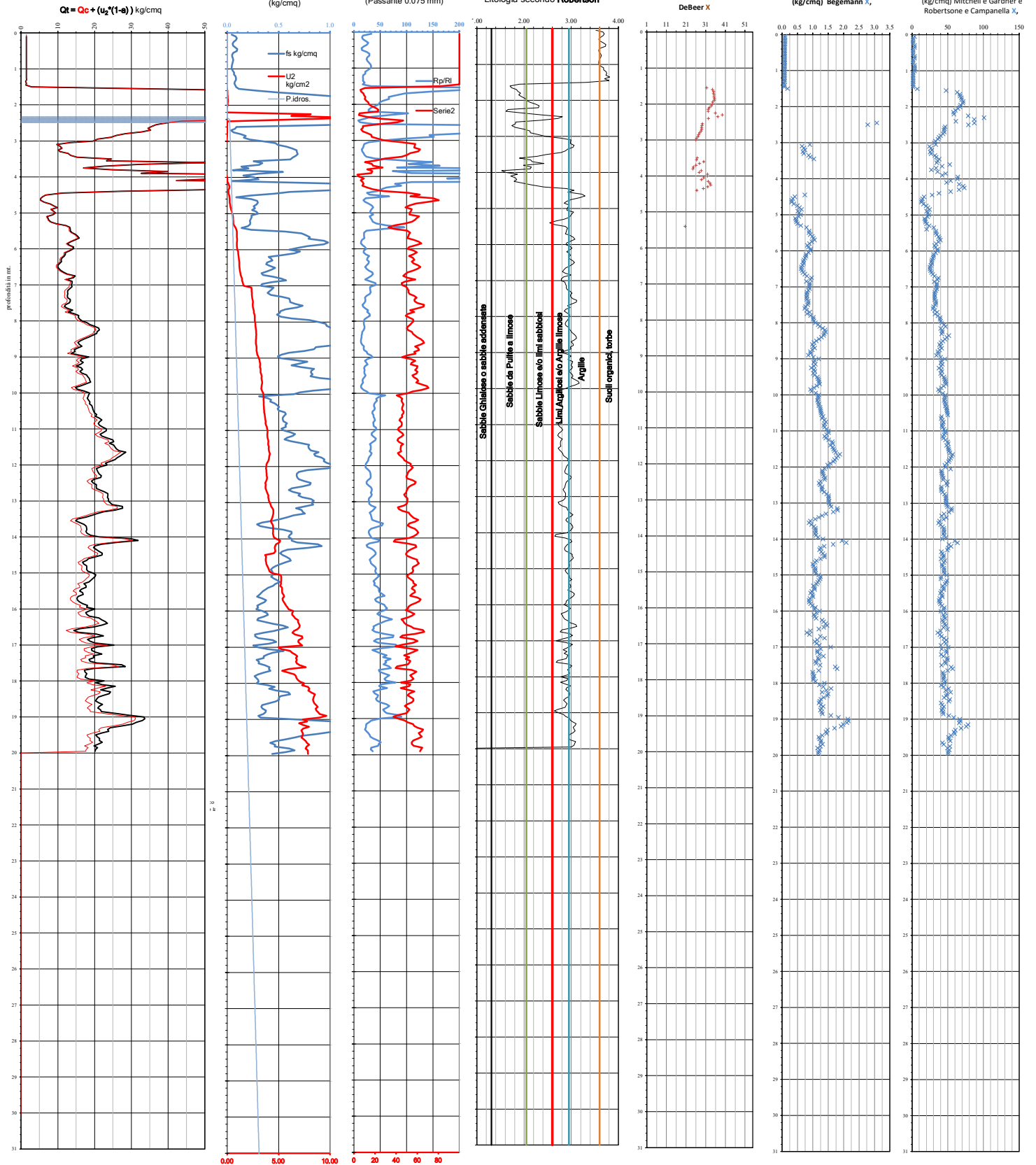
Prova CPTU 2

Località: RIMINI VIA BARATTONA

Data: 21/09/2023

Lavoro:

Passo acquisizione dati: 1 cm, restituzione 5 cm



qc Normalizzata Q = (Rp - σvo) / σ'vo (kg/cm ²)	mt.	qc (kg/cm ²)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm ²)	Rp/RL	Peso di Volume (Robertson e Cabal et al. 2010)	Angolo di attrito f ° ("De Beer")	Densità relativa Dr Lancelotta 1993	Cu Kg/cmq Coesione non drenata (Begemann)	Modulo di Young -Schmertmann- per sabbie E=2.5 Rp (kg/cm2)	Modulo edometrico Mitcell&Gardner o Robertson e Campanella per le sabbie Nspst-Indicativo- Mf	Mauromachi e Kubayashi 1982 %fini OCR	Mayne 2012 OCR=0.33*(qt- sv)/m con m=1+0.72 % fini	Roberts on	lc	Litologia ROBERTSON	
403	0.05	1	-0.1	0.0	33	1.4			0.1		4		81	100	3.52	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
129	0.10	1	-0.1	0.1	17	1.5			0.1		4		43	100	3.67	Terreno oratico. Torba	
76	0.15	1	-0.1	0.1	15	1.5			0.1		4		25	100	3.70	Terreno oratico. Torba	
54	0.20	1	-0.1	0.1	22	1.5			0.1		4		18	100	3.68	Terreno oratico. Torba	
34	0.30	1	-0.1	0.1	27	1.4			0.1		4		14	100	3.62	Terreno oratico. Torba	
29	0.35	1	-0.1	0.1	25	1.5			0.1		4		7	100	3.38	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
25	0.40	1	-0.1	0.1	18	1.5			0.1		4		10	100	3.60	Terreno oratico. Torba	
22	0.45	1	-0.1	0.1	15	1.5			0.1		4		8	100	3.68	Terreno oratico. Torba	
19	0.50	1	-0.1	0.1	15	1.5			0.1		4		7	100	3.73	Terreno oratico. Torba	
17	0.55	1	-0.1	0.1	24	1.5			0.1		4		6	100	3.72	Terreno oratico. Torba	
16	0.60	1	-0.1	0.0	24	1.5			0.1		4		6	100	3.62	Terreno oratico. Torba	
15	0.65	1	-0.1	0.0	30	1.4			0.1		4		3	100	3.58	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
13	0.70	1	-0.1	0.1	26	1.4			0.1		4		3	100	3.62	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
12	0.75	1	-0.1	0.1	24	1.5			0.1		4		4	100	3.64	Terreno oratico. Torba	
12	0.80	1	-0.1	0.1	26	1.5			0.1		4		4	100	3.62	Terreno oratico. Torba	
11	0.85	1	-0.1	0.1	29	1.4			0.1		4		4	100	3.60	Terreno oratico. Torba	
10	0.90	1	-0.1	0.0	32	1.4			0.1		4		4	100	3.59	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
10	1.00	1	-0.1	0.0	32	1.4			0.1		4		3	100	3.58	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
9	1.05	1	-0.1	0.1	27	1.4			0.1		4		3	100	3.39	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
9	1.10	1	-0.1	0.1	21	1.5			0.1		4		3	100	3.63	Terreno oratico. Torba	
8	1.15	1	-0.1	0.1	22	1.5			0.1		4		3	100	3.69	Terreno oratico. Torba	
8	1.20	1	-0.1	0.1	17	1.5			0.1		4		3	100	3.69	Terreno oratico. Torba	
7	1.25	1	-0.1	0.1	17	1.5			0.1		4		3	100	3.74	Terreno oratico. Torba	
7	1.35	1	-0.1	0.1	17	1.5			0.1		4		3	100	3.75	Terreno oratico. Torba	
6	1.40	1	-0.1	0.1	21	1.5			0.1		4		2	100	3.73	Terreno oratico. Torba	
6	1.35	1	-0.1	0.1	17	1.5			0.1		4		2	100	3.81	Terreno oratico. Torba	
5	1.45	1	-0.1	0.1	17	1.5			0.1		4		2	100	3.71	Terreno oratico. Torba	
12	1.50	3	-0.1	0.1	32	1.5		0.2			7		2	100	3.80	Terreno oratico. Torba	
141	1.55	32	0.0	0.1	282	1.7				80	48	8	2	82	3.31	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
263	1.60	62	0.0	0.3	213	1.8				155	63	15	8	10	1.90	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
299	1.65	73	0.0	0.5	146	1.9				182	67	17	8	7	1.70	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
294	1.70	75	0.0	0.8	98	1.9				186	67	18	8	9	1.84	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
308	1.75	81	0.0	1.0	81	1.9				203	69	19	8	10	1.87	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
308	1.80	84	0.0	1.3	66	2.0				210	69	20	8	11	1.92	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
328	1.85	93	0.1	1.4	67	2.0				232	72	22	8	10	1.89	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
315	1.90	93	0.1	1.7	56	2.0				231	71	22	8	12	1.95	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
270	1.95	82	0.0	1.7	49	2.0				205	68	20	7	14	2.03	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
255	2.00	80	0.0	1.7	47	2.0				201	67	20	7	14	2.04	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
225	2.05	73	0.0	1.8	40	2.0				165	18	13	7	17	2.23	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
188	2.10	63	-0.1	2.0	32	2.0				61	16	11	21	21	2.24	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
165	2.15	57	-0.1	2.1	28	2.0				58	15	10	23	23	2.32	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
166	2.20	59	-0.1	2.1	28	2.0				59	15	10	23	23	2.31	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
358	2.25	130	8.1	1.3	103	2.0				89	79	31	8	5	1.66	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
763	2.30	285	6.2	4.3	66	2.2				100	713	101	>50	14	5	1.62	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
469	2.35	181	12.2	5.7	32	2.2				98	44	10	12	12	1.98	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
171	2.40	68	6.1	3.2	21	2.1				452	87	18	10	25	2.6	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
108	2.45	44	0.0	5.3	8	2.1			3.1		61	13	10	47	2.81	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
96	2.50	39	0.0	3.4	12	2.1			2.8		79	11	9	41	2.72	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
88	2.55	37	0.0	1.0	37	1.9					46	9	6	25	2.36	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
85	2.60	35	0.0	1.1	399	1.6				89	45	8	3	9	1.82	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
82	2.65	35	0.0	0.1	453	1.6				86	45	8	3	7	1.82	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
82	2.70	35	0.0	0.0	466	1.7				82	45	8	3	7	1.74	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
77	2.75	33	0.0	0.1	546	1.6				82	43	8	3	8	1.82	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
66	2.80	28	0.0	0.1	215	1.7				71	40	7	2	13	2.00	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
59	2.85	26	0.0	0.2	143	1.7				68	6	4	17	17	2.12	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
55	2.90	24	0.0	0.2	152	1.7				36	6	4	17	17	2.13	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
47	2.95	21	-0.1	0.2	95	1.7				38	6	4	23	23	2.30	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
29	3.00	20	-0.1	0.3	56	1.8				33	5	3	29	29	2.46	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
29	3.05	13	-0.2	0.5	28	1.8			0.9		33	4	3	45	2.78	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
21	3.10	10	-0.2	0.6	20	1.8			0.7		33	3	3	48	2.99	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
22	3.15	11	-0.2	0.6	18	1.8			0.7		27	3	4	58	2.99	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
23	3.20	11	-0.2	0.6	18	1.8			0.8		28	3	4	57	2.98	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
21	3.25	10	-0.2	0.7	15	1.8			0.7		25	3	3	63	3.06	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
22	3.30	11	-0.2	0.7	16	1.8			0.7		26	3	4	61	3.04	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
27	3.35	13	-0.2	0.7	19	1.8			0.9		32	4	3	50	2.92	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
27	3.40	13	-0.2	0.7	20	1.8			1.0		34	4	3	52	2.87	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
21	3.45	15	-0.2	0.6	24	1.8					38	4	3	45	2.79	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
50	3.50	25	-0.2	0.6	40	1.8					36	7	3	29	2.47	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
47	3.55	23	-0.3	0.3	90	1.7			27	37	34	6	3	22	2.28	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
103	3.60	51	-0.2	0.3	148	1.8			26	36	53	12	3	10	1.90	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
64	3.65	32	-0.3	0.3	103	1.8			30	58	42	8	4	17	2.14	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
44	3.70	22	-0.3	0.1	163	1.7			28	45	34	6	3	18	2.17	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
33	3.75	17	-0.3	0.2	82	1.7			26	34	27	4	2	27	2.42	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
48	3.80	25	-0.3	0.1	451	1.6			25	26	62	6	2	13	1.98	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
78	3.85	40	-0.2	0.5	74	1.8			24	37	36	6	2	10	2.15	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
63	3.90	33	-0.2	0.3	109	1.8			29	51	42	8	4	17	2.13	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
155	3.95	80	-0.2	0.2	513	1.7			28	45	7	19	4	3	1.53	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi	
152	4.00	79	-0.0	0.3	302	1.8			32	70	198	64	19	4	3	1.62	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
102	4.05	54	0.0	0.3	177	1.8			30	59	135	54	13	3	9	1.86	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
79	4.10	42	0.0	0.0	984	1.6			29	52	106	48	10	3	6	1.72	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
164	4.15	87	0.1	0.8	109	1.9			32	72	219	66	21	4	8	1.81	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
203	4.20	109	0.2	1.4	78	2.0			33	78	272	71	26	5	9	1.85	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
215	4.25	117	0.2	1.3	90	2.0			33	80	292	73	28	5	8	1.79	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
159	4.30	87	0.2	1.4	62	2.0			32	72	219	66	21	4	12	1.98	Sabbie, Da Sabbie Pulite a Limi Sabbiosi
98	4.35	84	0.1	1.0	52	1.9			30	72	219	66	21	4	18	2.17	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
48	4.40	27	0.2	0.6	45	1.8			26	38	54	14	3	27	2.42	Sabbie, Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi	
19	4.45	11	0.1	0.5	25	1.8					28	3	2	52	2.90	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
11	4.50	7	0.2	0.2	29	1.7					17	2	2	62	3.06	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
9	4.55	6	0.2	0.1	67	1.6					15	2	1	54	2.93	Limi, Da Limi Argillosi a Argille Limose	
8	4.60	5	0.2	0.2	23	1.7					13	2	1	75	3.22	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
8	4.65	5	0.2	0.2	18	1.7					13	2	1	81	3.29	Argille, Da Argille ad Argille Limose	
10	4.70	6															

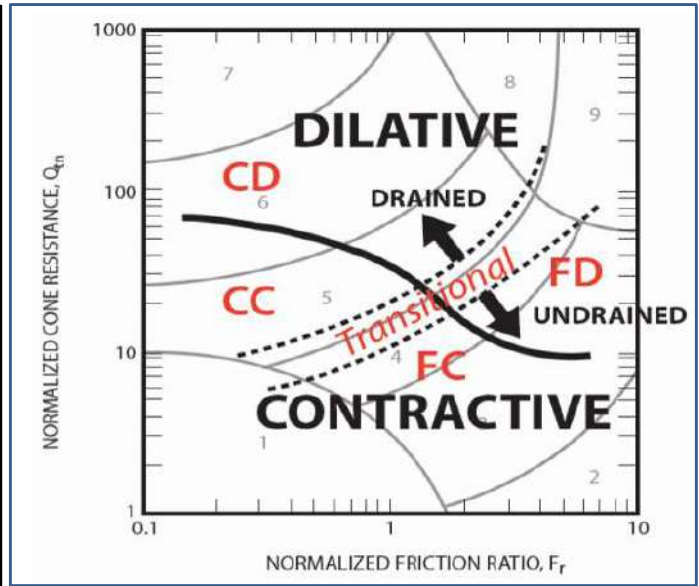
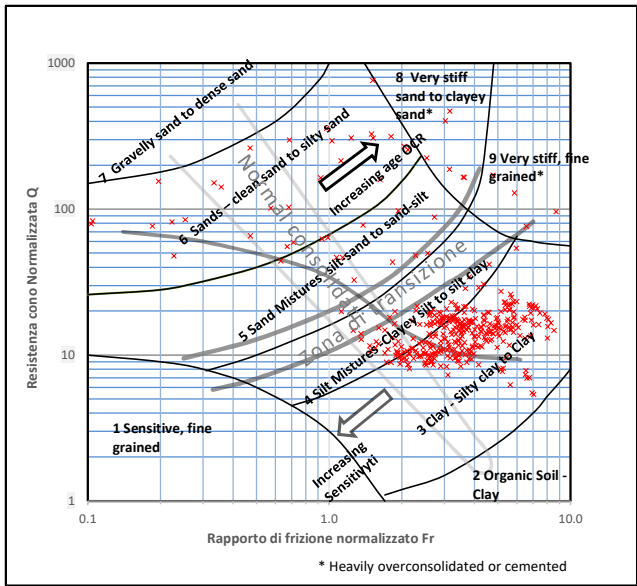
qc Normalizzata Q = (Rp - ovo) / σvo (kg/cm2)	Prof	qc (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/RI	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq	Coesione non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Ic	Litologia
11	5.20	8	0.6	0.2	34.3	1.7			0.5			19	2	2	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	5.25	8	0.6	0.2	35.9	1.7			0.5			20	2	2	55	2.95	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
14	5.35	10	0.6	0.2	42.6	1.7			0.6			24	2	2	49	2.85	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
18	5.40	13	0.8	0.1	95.7	1.6	20	16	0.8			20	4	4	33	2.54	Sabbie. Da Sabbie Limose a Limi Sabbiosi
20	5.45	13	0.9	0.2	57.3	1.7			0.9			23	4	4	38	2.65	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
20	5.50	13	0.9	0.6	23.7	1.8			0.9			33	4	4	51	2.88	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
20	5.55	14	0.9	0.7	19.2	1.8			0.9			35	4	4	53	2.92	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
22	5.60	15	0.9	0.8	19.3	1.9			1.0			37	4	4	55	2.90	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
22	5.65	15	1.0	0.8	19.1	1.8			1.1			38	4	4	52	2.89	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
23	5.70	16	1.0	0.8	20.0	1.9			1.1			40	4	4	50	2.87	Araille. Da Araille ad Araille Limose
21	5.75	15	1.0	0.9	15.6	1.9			1.0			47	4	4	57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
19	5.80	14	1.0	1.0	13.8	1.9			0.9			24	4	4	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
18	5.85	13	0.9	0.9	13.4	1.9			0.8			32	4	4	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
18	5.90	13	1.0	0.8	16.8	1.9			0.9			33	4	4	59	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
20	5.95	14	1.0	0.7	20.9	1.8			0.9			36	4	4	52	2.91	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
20	6.00	14	1.0	0.6	23.5	1.8			0.9			37	4	4	57	2.97	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
18	6.05	13	1.1	0.7	18.3	1.8			0.9			33	4	4	57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	6.10	12	1.1	0.7	18.3	1.8			0.9			30	4	4	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	6.15	12	1.1	0.5	22.3	1.8			0.8			30	4	4	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	6.20	12	1.1	0.4	29.2	1.8			0.8			29	4	4	52	2.90	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
14	6.25	11	1.1	0.4	25.9	1.8			0.7			28	3	3	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	6.30	11	1.1	0.4	24.7	1.8			0.7			27	3	3	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	6.35	11	1.2	0.4	28.4	1.8			0.7			28	3	3	55	2.94	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	6.40	11	1.2	0.4	27.8	1.8			0.7			25	3	3	57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	6.45	10	1.2	0.4	24.2	1.8			0.6			25	3	3	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	6.50	10	1.2	0.5	21.4	1.8			0.6			25	3	3	63	3.07	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	6.55	10	1.2	0.4	23.8	1.8			0.7			26	3	3	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	6.60	11	1.3	0.4	28.1	1.8			0.7			27	3	3	56	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	6.65	12	1.3	0.3	34.8	1.7			0.7			29	3	3	51	2.88	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
16	6.70	13	1.3	0.3	36.0	1.8			0.8			32	4	4	49	2.84	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
16	6.75	13	1.4	0.3	37.0	1.8			0.9			32	4	4	51	2.88	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
18	6.80	14	1.4	0.6	21.6	1.8			0.8			31	4	4	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	6.85	12	1.4	0.6	21.6	1.8			0.8			31	4	4	49	2.84	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	6.90	14	1.5	0.4	32.2	1.8			0.9			35	4	4	45	2.79	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	6.95	14	1.6	0.3	40.7	1.8			0.9			35	4	4	45	2.79	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	7.00	14	1.6	0.3	41.7	1.8			0.9			34	4	4	45	2.79	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	7.05	14	2.3	0.5	30.7	1.8			0.9			35	4	4	50	2.86	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
16	7.10	13	2.4	0.4	30.8	1.8			0.9			35	4	4	51	2.88	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
15	7.15	13	2.4	0.4	31.1	1.8			0.8			32	4	4	52	2.90	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
15	7.20	13	2.4	0.4	32.2	1.8			0.8			32	4	4	52	2.89	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
15	7.25	13	2.4	0.4	29.9	1.8			0.8			32	4	4	53	2.91	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
15	7.30	13	2.4	0.5	23.8	1.8			0.8			31	4	4	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	7.35	13	2.4	0.6	21.0	1.8			0.8			32	4	4	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	7.40	13	2.5	0.6	21.9	1.8			0.9			33	4	4	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	7.45	13	2.5	0.6	21.9	1.8			0.9			33	4	4	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	7.50	13	2.5	0.7	19.8	1.8			0.8			33	4	4	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	7.55	12	2.5	0.7	16.4	1.8			0.8			30	4	4	67	3.11	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	7.60	12	2.5	0.7	17.4	1.8			0.7			29	4	4	66	3.11	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	7.65	13	2.6	0.6	27.3	1.8			0.8			32	4	4	59	3.01	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
14	7.70	14	2.6	0.6	25.0	1.8			0.9			32	4	4	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	7.75	14	2.6	0.6	25.8	1.8			0.9			32	4	4	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	7.80	14	2.7	0.5	29.9	1.8			0.9			36	4	4	51	2.89	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
18	7.85	16	2.7	0.5	30.2	1.8			1.0			39	5	5	49	2.85	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	7.90	16	2.7	0.6	24.8	1.8			1.0			39	5	5	53	2.91	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
18	7.95	16	2.7	0.6	20.0	1.9			1.0			40	5	5	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
18	8.00	17	2.7	0.9	18.7	1.9			1.1			42	5	5	49	2.86	Araille. Da Araille ad Araille Limose
20	8.05	18	2.7	1.0	18.7	1.9			1.1			45	5	5	55	2.94	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
21	8.10	19	2.7	1.0	19.4	1.9			1.2			47	6	6	53	2.92	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
22	8.15	20	2.8	1.0	20.0	1.9			1.3			40	6	6	51	2.89	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
22	8.20	21	2.8	1.1	20.0	1.9			1.4			41	6	6	51	2.89	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
23	8.25	21	2.8	1.2	18.5	1.9			1.1			43	6	6	51	2.89	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
22	8.30	21	2.8	1.3	16.0	1.9			1.4			41	6	6	55	2.95	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
22	8.35	21	2.8	1.3	15.5	1.9			1.4			51	6	6	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
21	8.40	20	2.8	1.3	14.8	1.9			1.3			49	6	6	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
19	8.45	18	2.8	1.3	14.6	1.9			1.2			46	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
18	8.50	17	2.8	1.3	13.8	1.9			1.1			40	6	6	63	3.07	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	8.55	16	2.8	1.2	13.3	1.9			1.0			40	5	5	66	3.10	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	8.60	15	2.8	1.1	16.8	1.9			1.0			39	5	5	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	8.65	16	2.8	1.0	15.8	1.9			1.0			40	5	5	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	8.70	17	2.9	0.9	19.2	1.9			1.1			41	5	5	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	8.75	15	2.8	0.8	18.3	1.9			1.0			39	5	5	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	8.80	15	2.9	0.8	19.3	1.9			0.9			36	5	5	62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	8.85	15	2.9	0.6	24.4	1.8			0.9			37	5	5	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	8.90	14	2.9	0.5	25.7	1.8			0.9			40	5	5	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	8.95	16	3.0	0.5	32.4	1.8			1.0			40	5	5	50	2.87	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
18	9.00	18	3.1	0.5	35.7	1.8			1.2			46	5	5	45	2.79	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
16	9.05	16	3.1	0.6	25.4	1.8			1.1			41	5	5	54	2.93	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
16	9.10	16	3.2	0.8	20.7	1.9			1.0			40	5	5	58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	9.15	17	3.2	0.7	23.9	1.9			1.1			42	5	5	55	2.94	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
16	9.20	16	3.2	0.6	26.1	1.8			1.0			41	5	5	54	2.93	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
14	9.25	15	3.2	0.7	20.9	1.9			1.0			38	7	7	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	9.30	16	3.2	0.8	19.4	1.9			1.1			41	5	5	49	2.86	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	9.35	17	3.3	0.8	20.5	1.9			1.1			42	5	5	58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	9.40	16	3.3	0.8	19.6	1.9			1.0			40	5	5	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
16	9.45	17	3.3	0.8	19.9	1.9			1.1			41	5	5	59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	9.50	18	3.4	0.8	22.1	1.9			1.2			45	5	5	55	2.95	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	9.55	18	3.3	0.9	20.2	1.9			1.2			45	6	6	57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	9.60	19	3.4	1.1	17.0	1.9			1.2			46	6	6	60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
17	9.65	19	3.4	1.2	16.0	1.9			1.2			46					

qc Normalizzata Q = (Rp - ovo) / ovo (kg/cm2)	Prof	qc (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/RI	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq Coesione non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Ic	Litologia
18	12.00	23	1.1	22.1	1.9			1.5			47	7		54	2.93	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.05	22	1.0	22.1	1.9			1.4			47	6		54	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	12.10	20	0.8	26.2	1.9			1.3			41	6		54	2.94	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.15	21	0.7	29.7	1.9			1.3			41	6		54	2.90	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.20	20	0.7	30.9	1.9			1.3			42	6		51	2.89	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.25	21	0.7	31.5	1.9			1.4			43	6		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.30	22	0.7	32.1	1.9			1.4			44	6		50	2.86	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.35	22	0.7	31.1	1.9			1.4			43	6		50	2.87	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
14	12.40	20	0.7	26.5	1.9			1.3			50	6		56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	12.50	20	0.8	23.3	1.9			1.3			49	6		58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
15	12.55	21	0.7	28.0	1.9			1.3			41	6		54	2.93	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
15	12.60	20	0.6	32.5	1.8			1.3			41	6		52	2.90	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
15	12.65	21	0.6	34.3	1.8			1.3			41	6		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.70	22	0.6	33.7	1.9			1.4			43	6		50	2.87	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	12.75	23	0.7	31.9	1.9			1.5			45	7		50	2.86	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
17	12.80	24	0.7	34.1	1.9			1.5			47	7		48	2.83	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
17	12.85	24	0.7	34.0	1.9			1.5			47	7		48	2.84	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
17	12.90	24	0.8	28.8	1.9			1.7			47	7		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
17	12.95	24	0.8	28.3	1.9			1.5			48	7		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
17	13.00	24	0.8	28.9	1.9			1.5			48	7		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
17	13.05	24	0.8	29.0	1.9			1.6			49	7		50	2.87	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
18	13.10	25	0.8	32.7	1.9			1.6			50	7		48	2.83	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
20	13.15	28	0.4	41.2	1.9			1.8			55	8		43	2.72	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
20	13.20	19	0.7	34.3	1.9			1.8			55	8		43	2.74	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
18	13.25	26	0.5	35.1	1.9			1.7			52	8		46	2.80	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
16	13.30	22	0.5	29.7	1.9			1.4			45	7		52	2.90	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
14	13.35	21	0.4	32.1	1.9			1.3			41	6		53	2.92	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
13	13.40	19	0.4	32.7	1.8			1.2			48	6		55	2.94	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	13.45	18	0.5	33.7	1.8			1.1			44	5		57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	13.50	15	0.4	34.3	1.8			0.9			40	5		58	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	13.55	15	0.6	35.8	1.8			1.0			38	5		58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	13.60	16	0.4	35.1	1.9			1.0			40	5		52	2.91	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
11	13.65	17	0.5	33.3	1.8			1.0			43	5		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	13.70	18	0.5	43.1	1.8			1.1			44	5		53	2.92	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	13.75	18	0.5	32.6	1.8			1.1			45	6		58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.80	18	0.5	28.6	1.8			1.1			45	6		60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	13.85	18	0.4	28.1	1.8			1.1			44	6		61	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.90	18	0.6	29.6	1.8			1.1			44	6		59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	13.95	19	0.5	31.6	1.8			1.1			47	6		57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	14.00	21	0.6	33.9	1.8			1.3			42	6		53	2.91	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
20	14.05	30	0.2	47.7	1.9			2.0			60	8		39	2.67	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
22	14.10	32	0.7	46.9	1.9			2.1			64	9		38	2.65	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
17	14.15	26	0.8	29.3	1.9			1.7			52	8		50	2.87	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
14	14.20	22	0.9	23.7	1.9			1.4			58	7		58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	14.25	20	0.6	42.5	1.9			1.3			50	7		52	2.91	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	14.30	20	0.7	33.6	1.8			1.2			49	6		55	2.95	Araille. Da Araille ad Araille Limose
13	14.35	21	0.7	38.2	1.8			1.3			41	6		52	2.90	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
13	14.40	21	0.5	41.3	1.8			1.3			42	6		50	2.87	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
14	14.45	22	0.7	41.1	1.8			1.4			44	7		49	2.85	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
14	14.50	22	0.6	38.2	1.8			1.4			44	7		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
13	14.55	20	0.6	33.3	1.8			1.3			41	6		55	2.95	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
13	14.60	18	0.6	31.8	1.8			1.1			48	6		53	2.92	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.65	18	0.6	31.6	1.8			1.1			45	6		60	3.02	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.70	17	0.5	32.4	1.8			1.0			42	5		62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	14.75	17	0.5	36.1	1.8			1.0			43	5		59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.80	18	0.4	40.5	1.8			1.1			45	5		56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.85	18	0.4	42.1	1.8			1.1			45	5		55	2.95	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.90	18	0.4	40.5	1.8			1.1			45	5		56	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	14.95	18	0.4	40.7	1.8			1.1			45	5		56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	15.00	9	0.4	40.9	1.8			1.1			49	6		51	2.91	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	15.05	20	0.4	47.7	1.8			1.3			41	6		50	2.87	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	15.10	20	0.5	44.5	1.8			1.2			40	6		52	2.89	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	15.15	20	0.5	40.0	1.8			1.2			49	6		54	2.93	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
11	15.20	19	0.5	37.2	1.8			1.2			48	6		56	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	15.25	19	0.5	39.4	1.8			1.2			46	6		56	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.30	17	0.4	38.5	1.8			1.0			43	5		59	3.01	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.35	18	0.4	44.3	1.8			1.1			45	5		56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	15.40	18	0.4	47.7	1.8			1.1			44	5		55	2.94	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
9	15.45	16	0.3	47.3	1.8			1.0			41	5		57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	15.50	16	0.3	48.4	1.8			0.9			40	5		58	2.99	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	15.55	17	0.3	53.6	1.8			1.0			42	5		55	2.95	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
10	15.60	17	0.3	58.3	1.8			1.0			42	5		53	2.92	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
9	15.65	16	0.3	65.9	1.8			0.9			39	5		60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
8	15.70	15	0.4	40.0	1.8			0.9			38	5		63	3.07	Araille. Da Araille ad Araille Limose
8	15.75	15	0.4	42.3	1.8			0.9			38	5		62	3.05	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	15.80	16	0.5	48.9	1.8			0.9			40	5		59	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	15.85	17	0.3	57.6	1.8			1.0			42	5		54	2.94	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
10	15.90	18	0.3	60.2	1.8			1.1			45	5		52	2.89	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
10	15.95	18	0.3	63.1	1.8			1.1			45	5		51	2.89	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
11	16.00	20	0.4	58.6	1.8			1.2			40	6		49	2.85	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
10	16.05	19	0.3	44.3	1.8			1.0			44	6		54	2.93	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
10	16.10	18	0.3	44.4	1.8			1.0			44	5		57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	16.15	18	0.4	50.0	1.8			1.1			45	5		55	2.95	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
10	16.20	19	0.6	61.6	1.8			1.1			46	6		51	2.88	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	16.25	21	0.3	72.5	1.8			1.3			42	6		45	2.78	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	16.30	22	0.4	59.6	1.8			1.4			44	6		47	2.81	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
13	16.35	23	0.7	51.4	1.8			1.4			46	7		48	2.83	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
13	16.40	24	0.4	43.3	1.8			1.5			47	7		50	2.86	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	16.45	22	0.6	37.2	1.8			1.5			44	7		54	2.93	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
11	16.50	20	0.6	38.1	1.8			1.2			50	6		57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
8	16.55	16	0.5	35.1	1.8			0.9			40	5		65	3.10	Araille. Da Araille ad Araille Limose
7	16.60	14	0.3	40.6	1.8			0.8			36	5		67	3.12	Araille. Da Araille ad Araille Limose
8	16.65	16	0.3	57.5	1.7			0.9			39	5		58	3.00	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	16.70	21	0.3	75.3	1.8			1.3			41	6		46	2.80	Limi. Da Limi Araiillosi a Araille Limose
12	16.75	22	0.3	75.8	1.											

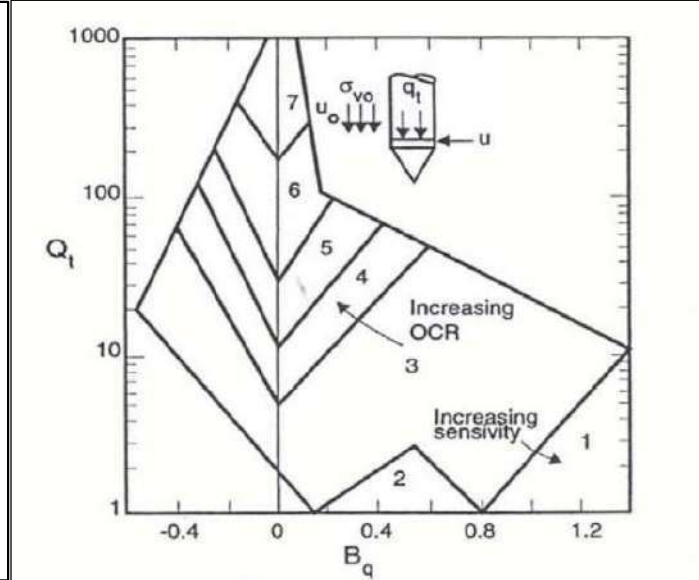
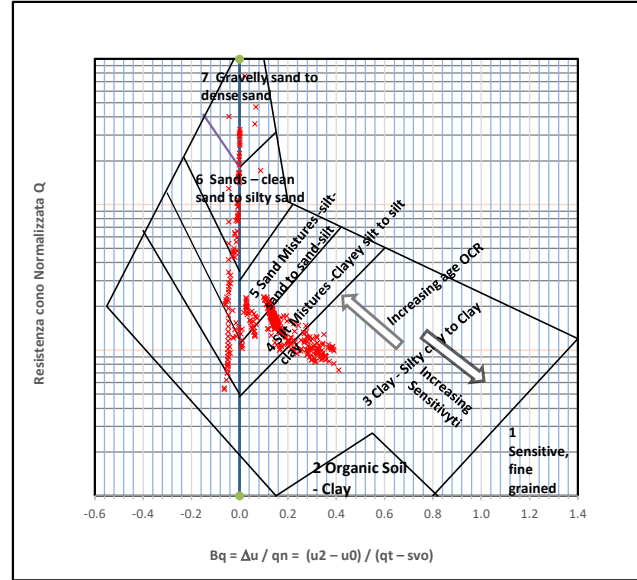
qc Normalizzata Q = (Rp - ovo) / sigma vo (kg/cm2)	Prof	qc (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/RI	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq Coesione non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Ic	Litologia
10	18.75	21		0.4	55.5	1.8	0	/	1.3	/	42	6	1	53	2.91	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
11	18.80	22		0.4	58.0	1.8	0	/	1.3	/	43	6	1	51	2.89	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
11	18.85	22		0.4	62.0	1.8	0	/	1.3	/	44	6	1	50	2.87	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
13	18.90	26		0.3	84.7	1.8	0	/	1.6	/	47	7	1	41	2.72	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
13	18.95	28		0.3	90.0	1.8	0	/	1.6	/	48	7	1	41	2.74	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	19.00	31		0.7	49.9	1.9	0	/	2.1	/	67	9	1	42	2.73	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	19.05	34		1.0	32.8	1.9	0	/	2.2	/	67	10	1	48	2.84	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
17	19.10	33		1.2	28.6	1.9	0	/	2.1	/	66	10	1	51	2.88	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
16	19.15	31		1.3	23.3	2.0	0	/	2.0	/	78	10	1	56	2.96	Araille. Da Araille ad Araille Limose
14	19.20	30		1.3	23.2	2.0	0	/	1.9	/	76	9	1	57	2.98	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	19.25	27		1.5	22.6	1.9	0	/	1.7	/	69	9	1	60	3.03	Araille. Da Araille ad Araille Limose
12	19.30	24		1.5	20.9	1.9	0	/	1.5	/	61	8	1	66	3.10	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	19.35	24		1.0	23.7	1.9	0	/	1.4	/	59	8	1	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
11	19.40	24		0.9	27.3	1.9	0	/	1.5	/	60	8	1	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	19.45	22		0.7	29.9	1.9	0	/	1.3	/	55	7	1	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	19.50	20		0.7	31.1	1.9	0	/	1.2	/	52	7	1	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	19.55	21		0.6	36.4	1.8	0	/	1.2	/	52	7	1	61	3.04	Araille. Da Araille ad Araille Limose
10	19.60	21		0.5	45.5	1.8	0	/	1.3	/	53	7	1	59	2.97	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
10	19.65	21		0.4	51.0	1.8	0	/	1.3	/	43	6	1	55	2.94	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
10	19.70	22		0.5	47.5	1.8	0	/	1.3	/	44	7	1	55	2.94	Limi. Da Limi Arailliosi a Araille Limose
10	19.75	21		0.5	46.0	1.8	0	/	1.3	/	53	7	2	57	2.97	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	19.80	20		0.6	32.8	1.8	0	/	1.2	/	50	6	1	65	3.09	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	19.85	21		0.7	31.8	1.9	0	/	1.2	/	52	7	1	64	3.08	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	19.90	20		0.6	35.8	1.8	0	/	1.2	/	51	6	1	63	3.06	Araille. Da Araille ad Araille Limose
9	19.95	20		0.4	46.0	1.8	0	/	1.2	/	50	6	1	59	2.94	Araille. Da Araille ad Araille Limose
0	20.00	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.05	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.10	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.15	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.20	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.25	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.30	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.35	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.40	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.45	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.50	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.55	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.60	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.65	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.70	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.75	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.80	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.85	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.90	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	20.95	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.00	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.05	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.10	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.15	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.20	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.25	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.30	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.35	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.40	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.45	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.50	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.55	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.60	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.65	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.70	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.75	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.80	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.85	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.90	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	21.95	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.00	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.05	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.10	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.15	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.20	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.25	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.30	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.35	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.40	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.45	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.50	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.55	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.60	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.65	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.70	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.75	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.80	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.85	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.90	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	22.95	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.00	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.05	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.10	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.15	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.20	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.25	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.30	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.35	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.40	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.45	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.50	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.55	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.60	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.65	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.70	0		0.0	0.0	0.0	0	/	0.0	/	0	0	0	0	0.00	/
0	23.75	0</														

GRAFICI DI CLASSIFICAZIONE

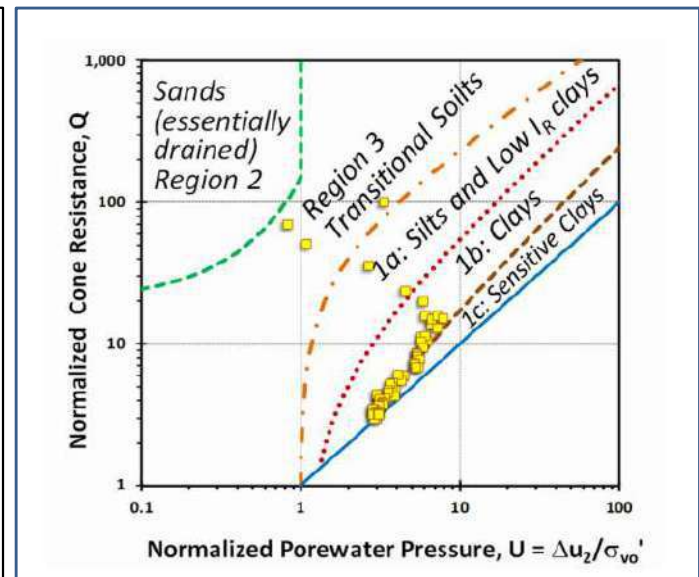
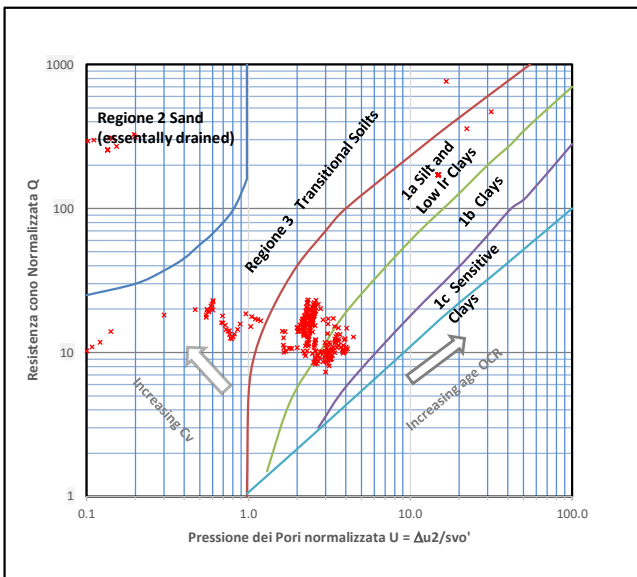
Normalized CPT Soil Behavior Type (SBTn) charts $Q_t - B_q$ (Robertson)



Normalized CPT Soil Behavior Type (SBTn) charts $Q_t - Fr$ (Robertson)



Portland-Maine CPTU data in Q-U soil behavior chart



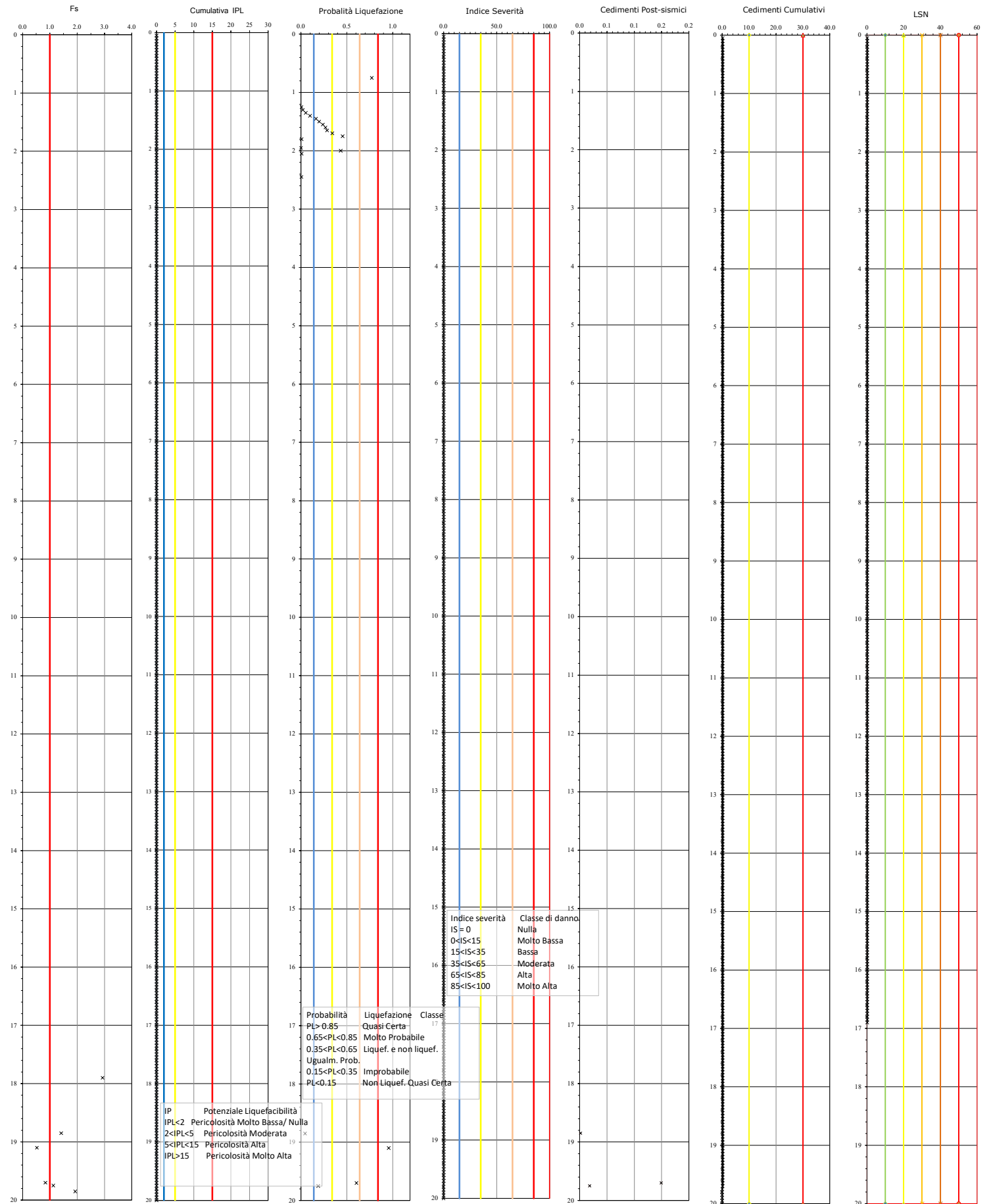
ALLEGATO 3

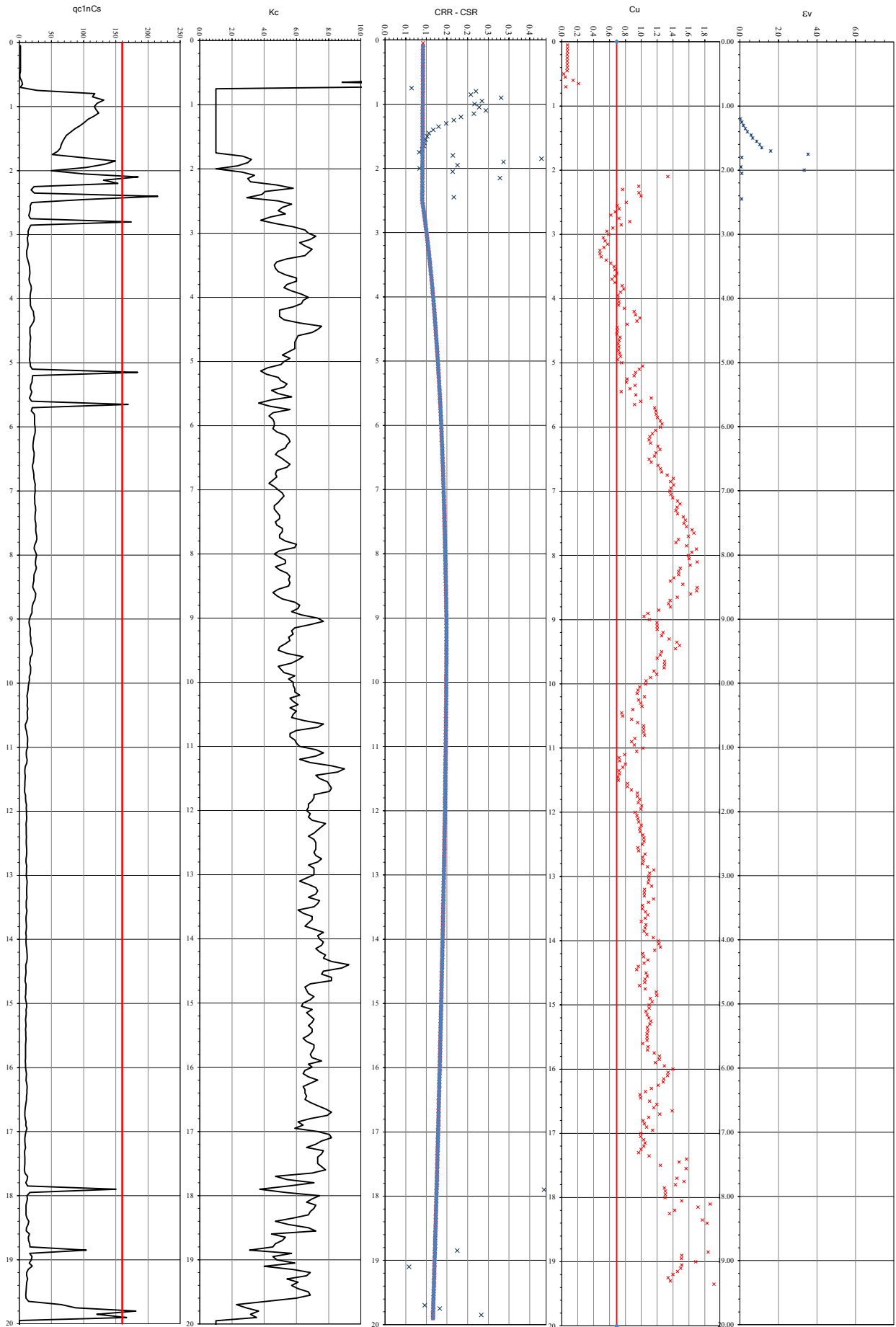
VALUTAZIONE LIQUEFAZIONE

Condizioni di verifica: Magnitudo $M_w=6.14$; $a_{max}(g)=0.262$; Falda $=2.5$ mt dal pc; Soglia Fattore di sicurezza $F_s=1$; Profondità Fondazione $D=1$

Indice del Potenziale di liquefazione $IPL=0.01$; IPL alla prof. fondazione $IL=0.01$ Pericolosità alla liquefazione Molto Bassa; Pericolosità alla liquefazione alla prof. fondazione; Molto Bassa; LSN Liquefaction Severity Number prof.fondaz.= 0.1

Probabilità di Liquefazione Complessiva $PL=0.04$; PL alla prof. fond.= 0.04 ; Indice di Severità $IS=0.03$; IS alla prof. fondazione $=0.03$; Classe di danno Molto Bassa; Classe di danno alla prof. fondazione; Molto Bassa Cedimenti Post-Sismici $=0.2$





VERIFICA LIQUEFAZIONE METODO DI ROBERTSON 2015

Prova CPTU 1

Località: RIMINI VIA BARATTONA

Valutazione basata su PL
calcolato secondo Robertson
PL > 0.85 Liquef. Quasi Certa
0.65 < PL < 0.85 Liquef. Molto Probabile
0.35 < PL < 0.65 Liquef. e non liquef. Ugualmente Prob.
0.15 < PL < 0.35 Liquef. Improbabile
PL < 0.15 Non Liquef. Quasi Certa

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Indice di Comportamento I _c	% Fini	qe [Nes]	CRR	CSR	Fs	Indice Potenziale Liquefazione IPL Cumulativa	Prob. Liquef. PL	Indice Severità IS Cumulativa	Liquefaction Severity Number LSN	ev (%)	dh (cm)	dh (cm)	
0.05	1	3.79	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.10	1	3.80	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.15	1	3.80	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.20	1	3.80	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.25	1	3.81	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.30	1	3.81	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.35	1	3.82	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.40	1	3.82	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.45	1	3.82	100	2	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.50	1	4.34	100	1	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.55	1	4.10	100	1	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.60	2	3.49	98	4	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.65	3	3.17	71	5	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.70	1	3.73	100	1	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.75	16	2.29	22	28	0.07	0.10	0.73	0.01	0.782	0.0	0.1	#####	0.0	0.2	Liquef. Molto probabile
0.80	69	1.59	4	117	0.23	0.10	2.27	0.01	0.003	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.85	67	1.76	7	114	0.22	0.10	2.15	0.01	0.004	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.90	77	1.75	7	131	0.29	0.10	2.87	0.01	0.001	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
0.95	71	1.79	8	121	0.24	0.10	2.41	0.01	0.002	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.00	69	1.78	8	116	0.23	0.10	2.24	0.01	0.003	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.05	70	1.72	7	119	0.24	0.10	2.35	0.01	0.002	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.10	73	1.71	6	123	0.25	0.10	2.51	0.01	0.002	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.15	68	1.76	7	116	0.23	0.10	2.23	0.01	0.003	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.20	63	1.84	9	107	0.19	0.10	1.92	0.01	0.008	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.25	60	1.88	10	101	0.18	0.10	1.75	0.01	0.015	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.30	56	1.93	11	94	0.16	0.10	1.56	0.01	0.030	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.35	51	1.94	12	86	0.14	0.10	1.38	0.01	0.062	0.0	0.1	0.3	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.40	47	1.99	13	80	0.13	0.10	1.26	0.01	0.108	0.0	0.1	0.4	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.45	43	2.01	13	73	0.12	0.10	1.15	0.01	0.173	0.0	0.1	0.6	0.0	0.2	Liquef. Improbabile
1.50	42	2.02	13	70	0.11	0.10	1.11	0.01	0.208	0.0	0.1	0.7	0.0	0.2	Liquef. Improbabile
1.55	40	1.96	12	67	0.11	0.10	1.07	0.01	0.249	0.0	0.1	0.9	0.0	0.2	Liquef. Improbabile
1.60	39	1.98	13	65	0.11	0.10	1.05	0.01	0.277	0.0	0.1	1.0	0.0	0.2	Liquef. Improbabile
1.65	38	2.05	14	64	0.10	0.10	1.03	0.01	0.294	0.0	0.1	1.1	0.0	0.2	Liquef. Improbabile
1.70	35	2.15	17	60	0.10	0.10	0.99	0.01	0.352	0.0	0.1	1.6	0.0	0.2	Liquef. e non Liquef. ugualmente probabili
1.75	30	2.27	21	51	0.09	0.10	0.92	0.01	0.464	0.0	0.1	3.5	0.0	0.2	Liquef. e non Liquef. ugualmente probabili
1.80	22	2.48	30	100	0.17	0.10	1.73	0.01	0.016	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.85	19	2.58	34	149	0.39	0.10	3.87	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.90	22	2.54	33	133	0.30	0.10	2.95	0.01	0.001	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
1.95	26	2.41	27	104	0.19	0.10	1.84	0.01	0.011	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.00	29	2.31	23	49	0.09	0.10	0.93	0.01	0.443	0.0	0.1	3.3	0.0	0.2	Liquef. e non Liquef. ugualmente probabili
2.05	23	2.47	29	100	0.17	0.10	1.73	0.01	0.016	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.10	19	2.61	36	184	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.15	21	2.54	32	131	0.29	0.10	2.87	0.01	0.001	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.20	21	2.57	34	153	0.42	0.10	4.14	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.25	14	2.80	46	23	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.30	11	2.91	53	18	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.35	14	2.71	41	23	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.40	14	2.68	39	215	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.45	18	2.53	32	101	0.18	0.10	1.76	0.01	0.014	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.50	12	2.81	47	20	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.55	10	2.90	52	17	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.60	11	2.84	48	17	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.65	10	2.81	47	16	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.70	9	2.86	49	15	nl	0.10	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.75	11	2.75	43	17	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.80	13	2.67	39	174	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.85	11	2.79	45	18	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.90	10	2.91	53	16	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
2.95	9	2.98	57	14	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.00	9	3.00	58	14	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.05	8	3.04	61	13	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.10	8	3.01	59	13	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.15	9	2.95	55	14	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.20	8	2.98	57	13	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.25	7	3.02	60	12	nl	0.11	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.30	7	3.00	58	12	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.35	8	2.98	57	12	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.40	9	2.87	50	14	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.45	9	2.80	46	15	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.50	10	2.78	45	16	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.55	10	2.79	46	16	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.60	10	2.81	47	17	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.65	10	2.86	50	16	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.70	10	2.93	54	15	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.75	10	2.93	54	16	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.80	11	2.87	50	18	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.85	12	2.85	49	19	nl	0.12	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.90	11	2.90	52	18	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
3.95	11	2.96	56	17	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
4.00	11	3.00	58	17	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
4.05	11	2.97	56	17	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
4.10	11	2.96	56	17	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
4.15	12	2.91	53	19	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
4.20	14	2.82	47	22	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
4.25	14	2.82	47	22	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
4.30	15	2.82	47	24	nl										

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Indice di Comportamento Ic	% Fini	qe Nes	CRR	CSR	Fs	Indice del Potenziale Liquefazione IPL Cumulativa	Prob. Liquef. PL	Indice Severità IS Cumulativa	Liquefaction Severity Number LSN	ev (%)	dh (cm)	dh (cm)	
5.05	12	2.83	48	17	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.10	14	2.73	42	20	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.15	15	2.67	39	184	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.20	15	2.72	41	21	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.25	14	2.81	47	20	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.30	14	2.83	48	20	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.35	13	2.87	50	18	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.40	12	2.85	49	18	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.45	14	2.76	44	19	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.50	13	2.81	47	18	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.55	12	2.90	52	16	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.60	14	2.76	44	19	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.65	17	2.65	38	169	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.70	15	2.75	43	20	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.75	14	2.89	51	19	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.80	17	2.77	45	24	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.85	18	2.74	43	24	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.90	18	2.77	44	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
5.95	18	2.78	45	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.00	19	2.78	45	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.05	19	2.77	44	25	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.10	19	2.80	46	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.15	18	2.86	49	23	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.20	17	2.88	51	22	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.25	17	2.89	51	22	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.30	17	2.87	50	21	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.35	17	2.86	49	21	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.40	18	2.81	47	23	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.45	19	2.79	46	23	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.50	18	2.83	48	22	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.55	18	2.86	50	22	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.60	17	2.89	51	21	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.65	17	2.87	50	21	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.70	18	2.80	46	22	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.75	19	2.79	45	23	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.80	19	2.80	46	23	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.85	20	2.77	44	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.90	21	2.74	43	25	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
6.95	21	2.78	45	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.00	21	2.81	47	25	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.05	21	2.84	48	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.10	20	2.85	49	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.15	21	2.83	48	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.20	21	2.81	46	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.25	22	2.78	45	25	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.30	22	2.78	45	25	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.35	22	2.80	46	25	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.40	22	2.82	47	24	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.45	22	2.82	47	25	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.50	23	2.79	46	26	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.55	23	2.80	46	26	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.60	23	2.84	48	26	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.65	23	2.84	49	26	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.70	24	2.82	47	27	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.75	25	2.82	47	27	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.80	24	2.86	50	26	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.85	22	2.93	54	24	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.90	22	2.92	53	23	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
7.95	24	2.82	47	25	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.00	25	2.78	45	27	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.05	24	2.82	47	26	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.10	24	2.86	50	25	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.15	24	2.86	49	25	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.20	25	2.79	46	27	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.25	24	2.82	47	25	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.30	23	2.87	50	23	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.35	22	2.89	51	23	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.40	22	2.88	51	23	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.45	21	2.89	51	22	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.50	21	2.88	51	21	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.55	23	2.81	46	23	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.60	26	2.77	44	26	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.65	25	2.80	46	25	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.70	24	2.84	49	24	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.75	22	2.92	54	22	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.80	21	2.95	55	20	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.85	21	2.94	55	20	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.90	21	2.90	52	20	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
8.95	19	2.96	56	18	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.00	17	3.05	62	16	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.05	16	3.08	64	15	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.10	17	3.01	59	16	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.15	19	2.92	53	17	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.20	19	2.90	52	17	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.25	19	2.91	53	17	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.30	20	2.88	51	18	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.35	19	2.89	52	18	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.40	21	2.86	49	19	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
9.45	22	2.82	47	20	nl	0.16	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0		

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Indice di Comportamento Ic	% Fini	qeINes	CRR	CSR	Fs	Indice del Potenziale Liquefazione IPL Cumulativa	Prob. Liquef. PL	Indice Severità IS Cumulativa	Liquefaction Severity Number LSN	ev (%)	dh (cm)	dh (cm)	
15.05	20	2.96	56	11	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.10	18	3.02	60	11	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.15	19	2.99	58	11	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.20	18	3.01	59	10	nl	0.15	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.25	17	3.03	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.30	18	3.02	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.35	18	3.00	59	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.40	18	3.02	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.45	18	3.02	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.50	18	3.00	59	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.55	19	2.97	57	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.60	18	2.99	58	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.65	18	3.03	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.70	18	3.03	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.75	18	3.02	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.80	18	3.01	59	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.85	18	3.02	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.90	17	3.07	63	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
15.95	18	3.00	58	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.00	18	3.02	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.05	19	2.98	57	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.10	20	2.97	56	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.15	20	3.00	58	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.20	20	3.05	62	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.25	21	3.01	59	12	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.30	23	2.97	56	12	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.35	22	2.98	57	12	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.40	22	2.98	57	12	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.45	21	2.99	58	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.50	21	2.98	57	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.55	20	3.01	59	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.60	19	3.05	62	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.65	18	3.09	65	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.70	17	3.12	67	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.75	17	3.10	65	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.80	19	3.01	59	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.85	20	2.94	55	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.90	19	2.97	57	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
16.95	23	2.92	53	12	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.00	20	3.05	62	11	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.05	19	3.11	66	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.10	18	3.12	67	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.15	18	3.07	63	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.20	18	3.04	61	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.25	19	2.99	58	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.30	17	3.08	64	8	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.35	17	3.07	63	8	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.40	18	3.05	62	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.45	18	3.05	62	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.50	18	3.05	62	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.55	17	3.07	63	8	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.60	17	3.09	65	8	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.65	19	3.02	60	9	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.70	25	2.79	45	13	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.75	24	2.87	50	12	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.80	21	3.03	60	10	nl	0.14	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.85	25	2.88	51	13	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.90	35	2.66	38	150	0.39	0.13	2.93	0.01	0.001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
17.95	32	2.86	49	16	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.00	24	3.06	63	12	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.05	25	3.02	60	13	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.10	23	2.99	58	12	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.15	22	3.04	61	10	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.20	22	3.03	60	11	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.25	22	3.01	59	11	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.30	22	3.00	59	10	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.35	25	2.91	53	12	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.40	30	2.79	45	15	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.45	27	2.88	51	14	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.50	23	3.00	59	11	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.55	22	3.04	61	11	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.60	32	2.76	44	16	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.65	28	2.86	50	14	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.70	29	2.84	49	14	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.75	32	2.79	46	16	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.80	33	2.77	44	17	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.85	46	2.56	33	104	0.18	0.13	1.42	0.01	0.054	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.90	33	2.90	52	16	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
18.95	39	2.77	44	20	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.00	37	2.80	46	19	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.05	32	2.92	54	16	nl	0.13	nl	0.01	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.10	40	2.70	40	20	0.07	0.13	0.52	0.01	0.968	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Liquef. Quasi certa
19.15	29	2.91	53	14	nl	0.13	nl	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.20	25	3.01	59	12	nl	0.13	nl	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.25	25	2.99	58	12	nl	0.13	nl	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.30	27	2.87	50	13	nl	0.13	nl	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.35	25	2.94	54	12	nl	0.13	nl	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.40	25	2.90	52	11	nl	0.13	nl	0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Non Liquef. Quasi certa
19.45	24	2.94													

Studio di Geologia Dott. Stefano Ronci

INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA
VARIANTE URBANISTICA PER ATTRAVERSAMENTO
TORRENTE AUSA PER RIPRISTINO CONNESSIONE
CICLOPEDONALE TRA VIA BARATTONA E VIA
MONTESCUDO

Ubicazione: Rimini, Via Barttona - Via Montescudo

Committente: Comune di Rimini



Rimini Gennaio 2024

PREMESSA

La presente integrazione riguarda la relazione geologica elaborata dallo scrivente, che ha per oggetto la costruzione di un ponte ciclo-pedonale sul Torrente Ausa per il ripristino della connessione fra Via Barattona e Via Montescudo nel Comune di Rimini (RN).

Il fine di questo lavoro è quello di aggiornare lo studio già eseguito, con i contenuti dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Rimini ai fini della gestione della variante urbanistica.

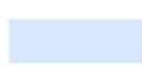
Figura 1 Vista aerea (Google Maps)



DALLA MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI RIMINI

Figura 2 Tavola B.17b Carta dei livelli di approfondimento per gli studi di microzonazione sismica

**LEGENDA****Microzonazione sismica - II° livello di approfondimento**

 Ambiti urbanizzati o suscettibili di urbanizzazione (*) dove è sufficiente la microzonazione sismica di II° livello di approfondimento - Analisi semplificata.

Microzonazione sismica - III° livello di approfondimento


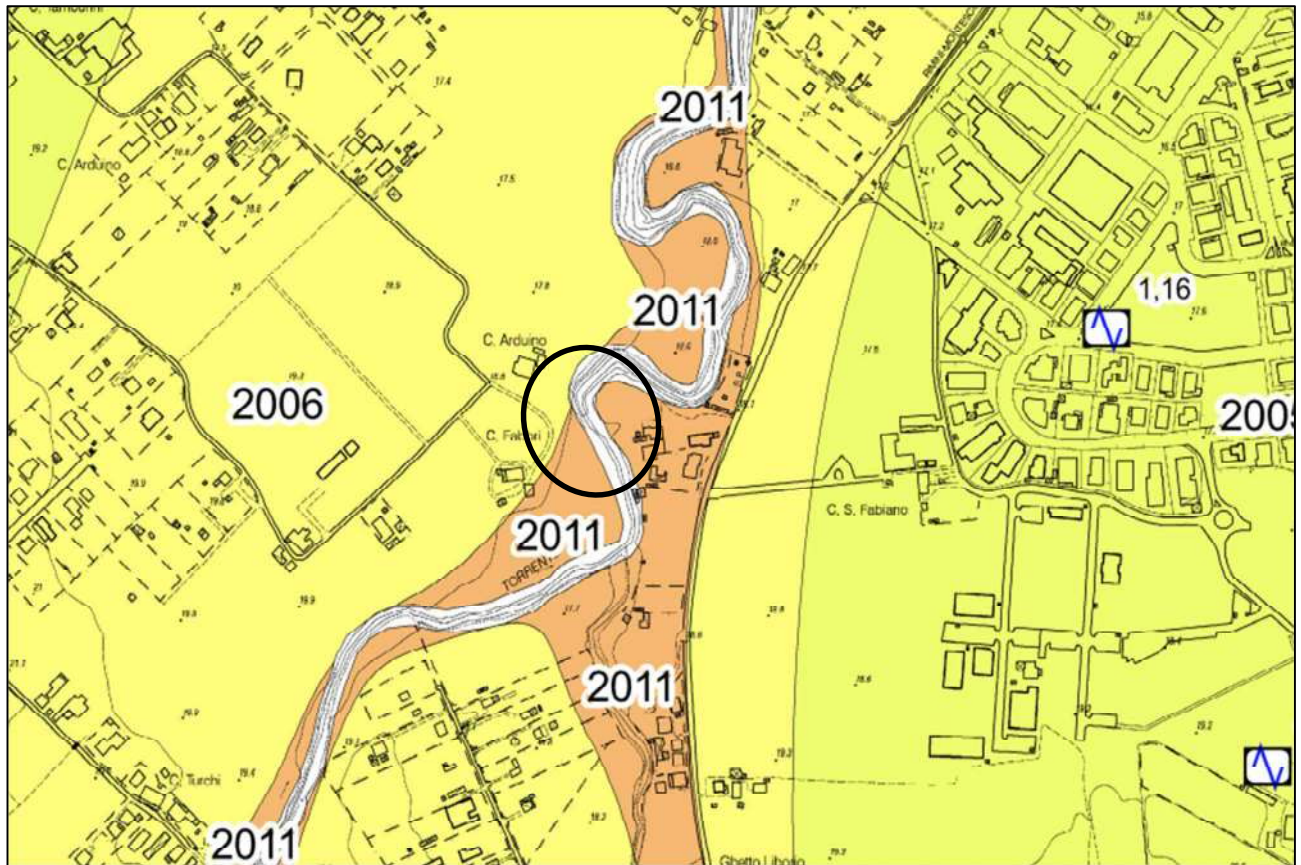
 Ambiti urbanizzati o suscettibili di urbanizzazione (*) dove è necessario svolgere ulteriori indagini per effettuare studi di microzonazione sismica di III° livello di approfondimento - analisi approfondite per aree soggette a liquefazione e densificazione, di cui alla lettera a) del punto 4.2 della Del. Ass. Lgs. RER n. 112 del 02/05/2007.

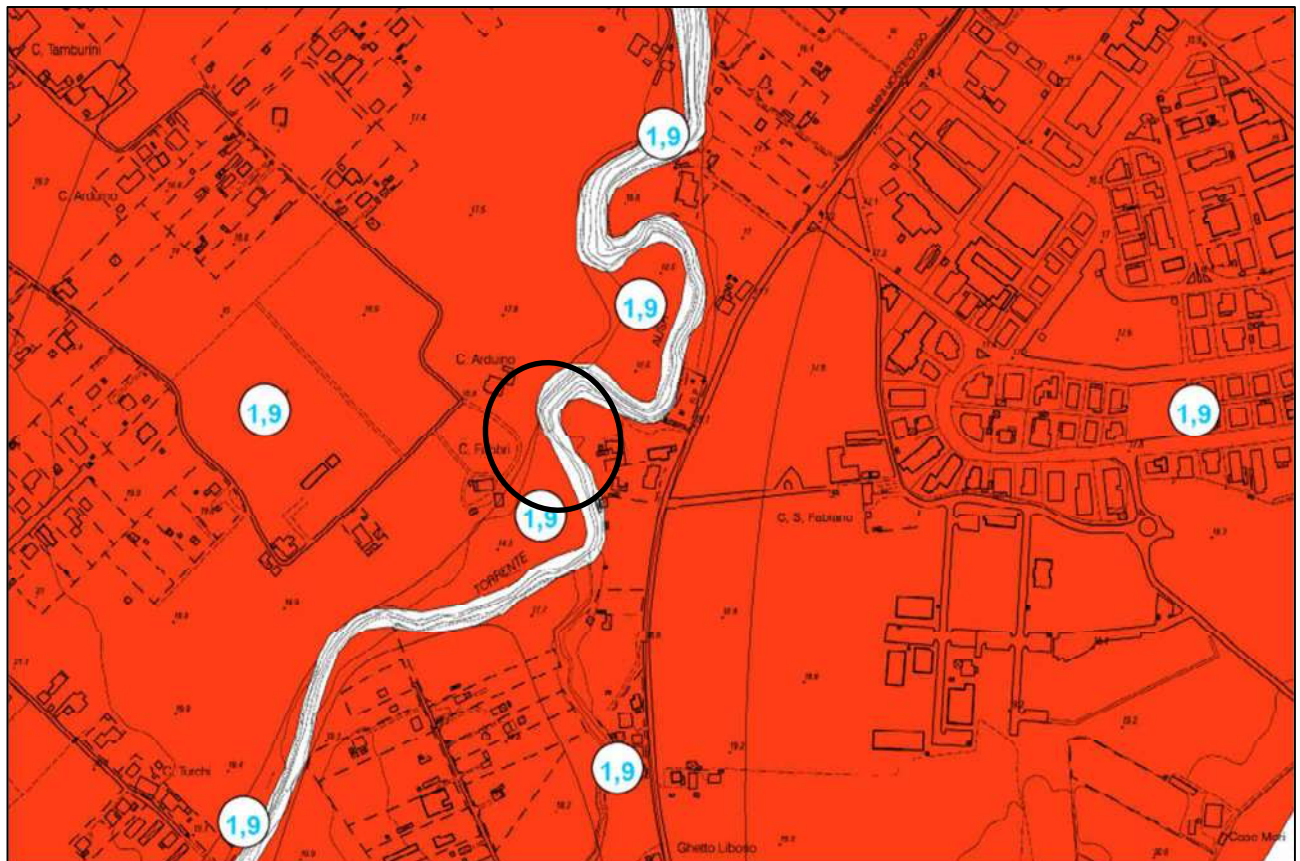
Figura 3 Tav 4b - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica



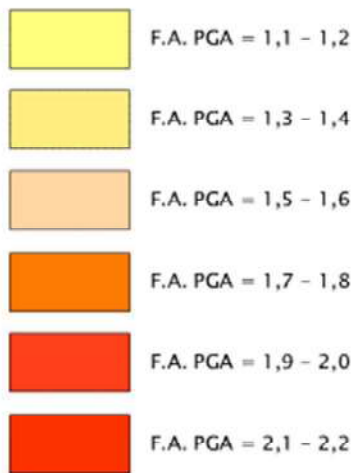
2006 Depositi di piana alluvionale limoso-argillosi di significativo spessore su substrato geologico formazionale. Substrato formazionale geologico da 25 a 40 m da p.c.

2011 Depositi di piana alluvionale e di canale a tessitura medio-fine. Substrato geologico a profondità ≥ 30 m da p.c. sino a comprese tra 50-100 m da p.c

Figura 4 Tavola 7b - F.A. PGA



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Etichette relative ai fattori di amplificazione

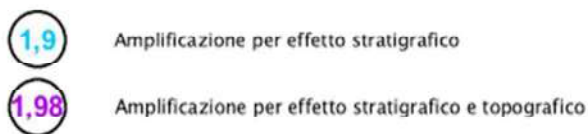


Figura 5 Tavola 8b -F.H.0,1-0,5s



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

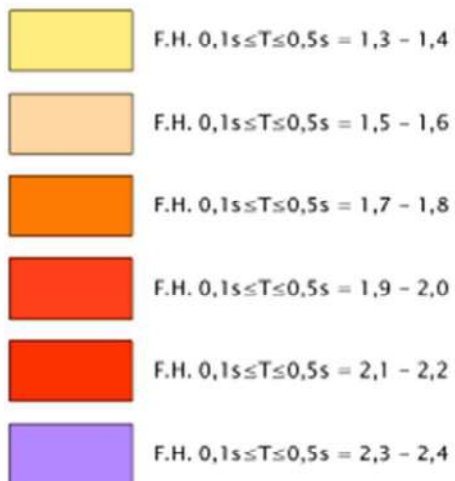


Figura 6 Tavola 9b -F.H.0,5-1,0s



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

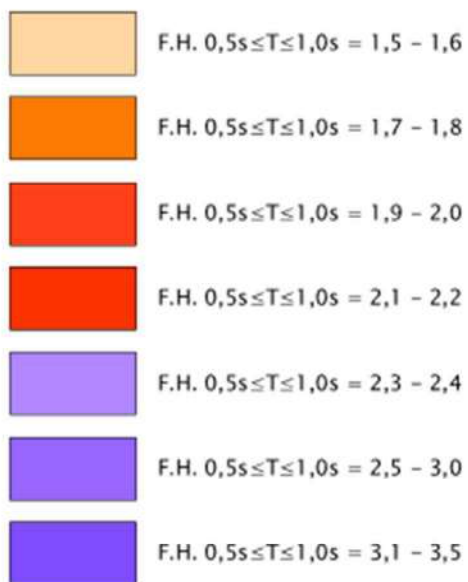
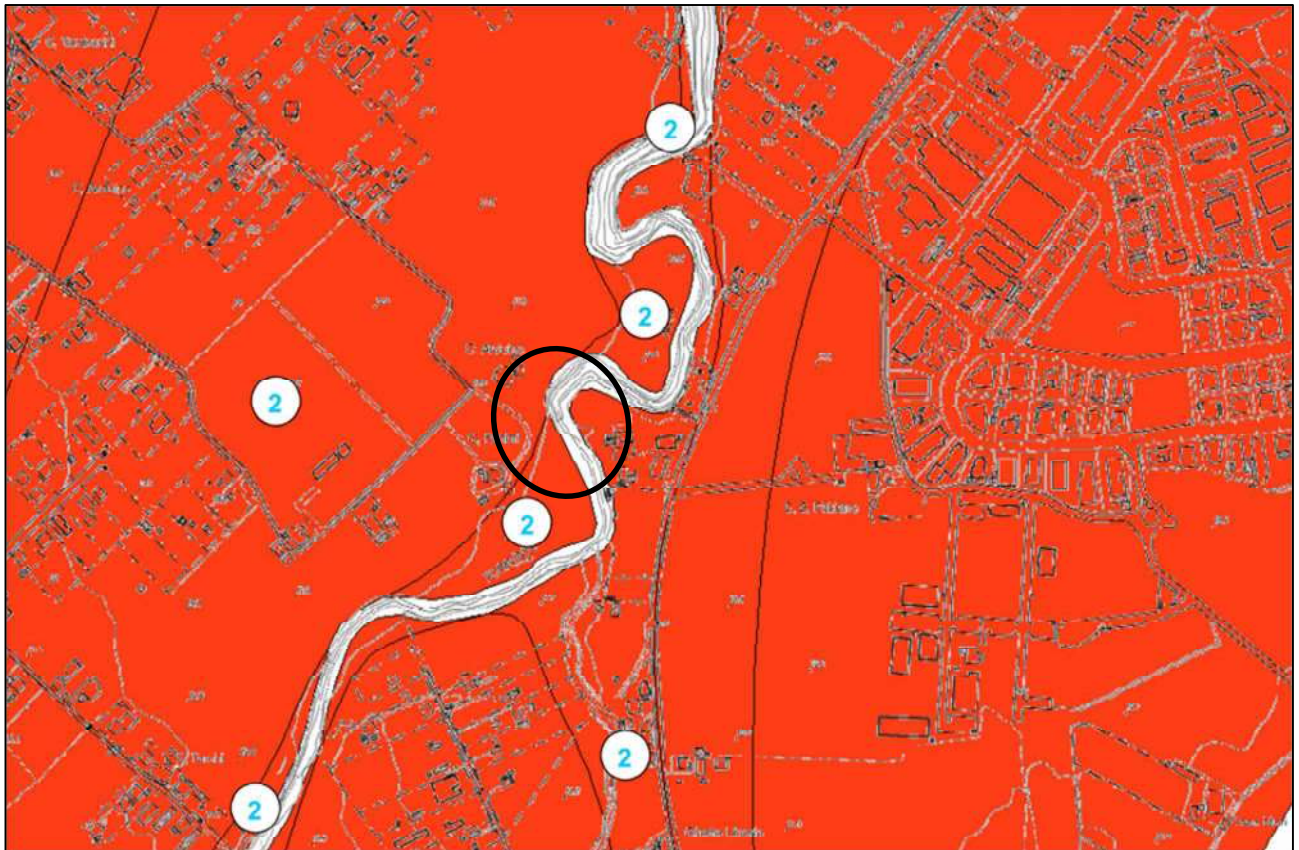


Figura 7 Tavola 11b-F.A.0,1-0,5s



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

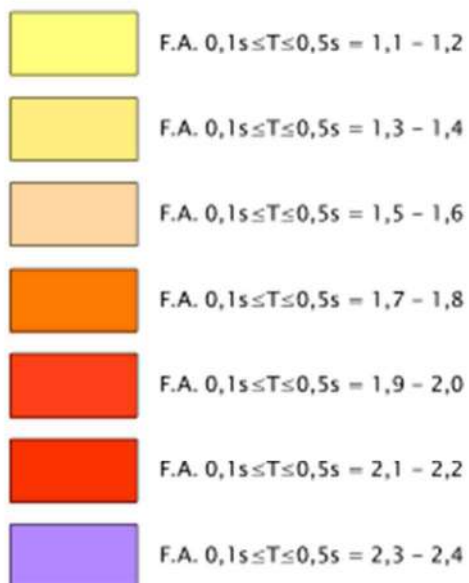


Figura 8 Tavola 12b-F.A.0,4-0,8s



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

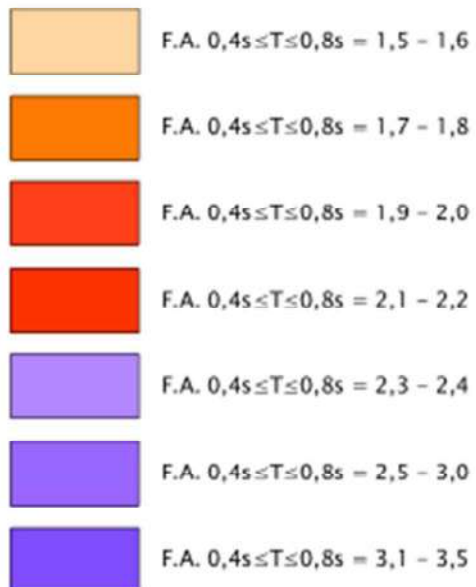


Figura 9 Tavola 13b-F.A.0,7-1,1s



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

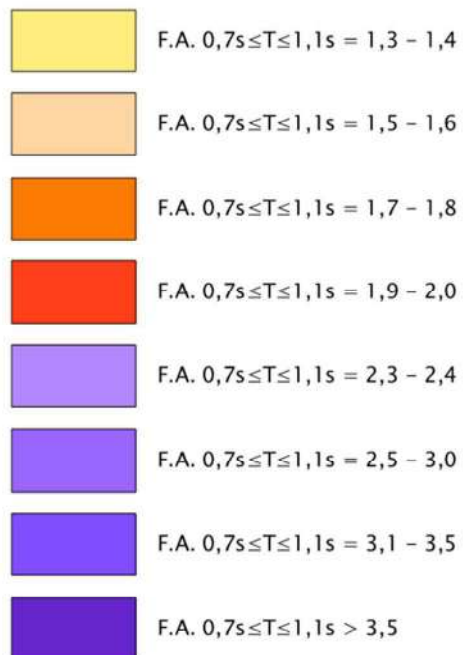
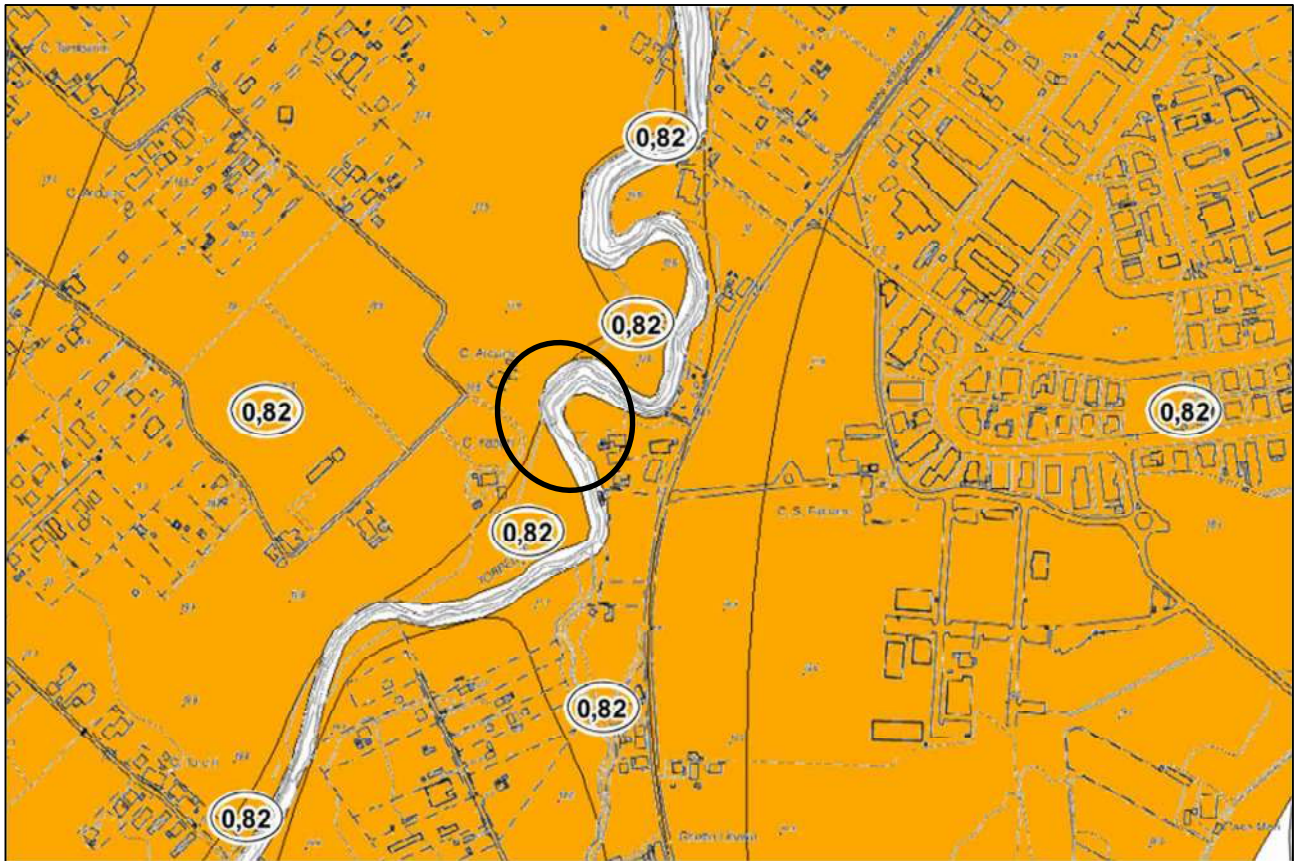
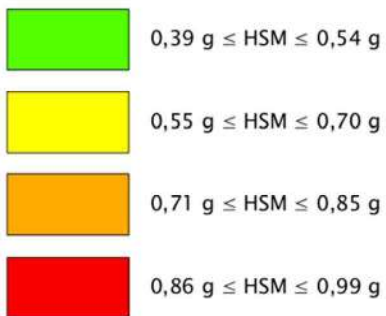


Figura 10 Tavola 15b -HSM



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



In sintesi dalle carte tematiche degli studi di microzonazione sismica del Comune di Rimini risulta che per l'area in esame non sussistono le condizioni che impongano un approfondimento di terzo livello e si possono dedurre i seguenti parametri sismici:

Amplificazione di Accelerazione Orizzontale massima (FAPGA)

FA_{PGA} = 1.9

Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale FH (Spettro in Velocità, Intensità di Housner)

FH (0.1-0.5 s) FH_{0.105} = 2.1÷2.2 (valore calcolato puntualmente 2.1)

FH (0.5-1.0 s) FH_{0.510} = 3.1÷3.5 (valore calcolato puntualmente 3.1)

Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale FA (Spettro in Accelerazione)

FA (0.1-0.5 s) FA_{0.105} = 2.1÷2.2 (valore calcolato puntualmente 2.0)

FA (0.4-0.4 s) FA_{0.408} = 3.1÷3.5 (valore calcolato puntualmente 3.1)

FA (0.7-1.1 s) FA_{0.711} = >3.5 (valore calcolato puntualmente 3.6)

Scuotimento Atteso (accelerazione in cm/s²)

HSM = 0.71÷0.85 (valore calcolato puntualmente 0.82)

Rimini 05/01/2024
Dott. Geol. Stefano Ronci

