

COMUNE DI RIMINI
(PROVINCIA DI RIMINI)

PROGETTO

COSTRUZIONE DI UN PONTE CICLOPEDONALE SUL DEVIATORE AUSA

PROPRIETA'

COMUNE DI RIMINI

OGGETTO

*Relazione : geologica, sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni e modellazione
sismica del sito
(NTC 6.2.1 – 6.2.2 – 3.2)*

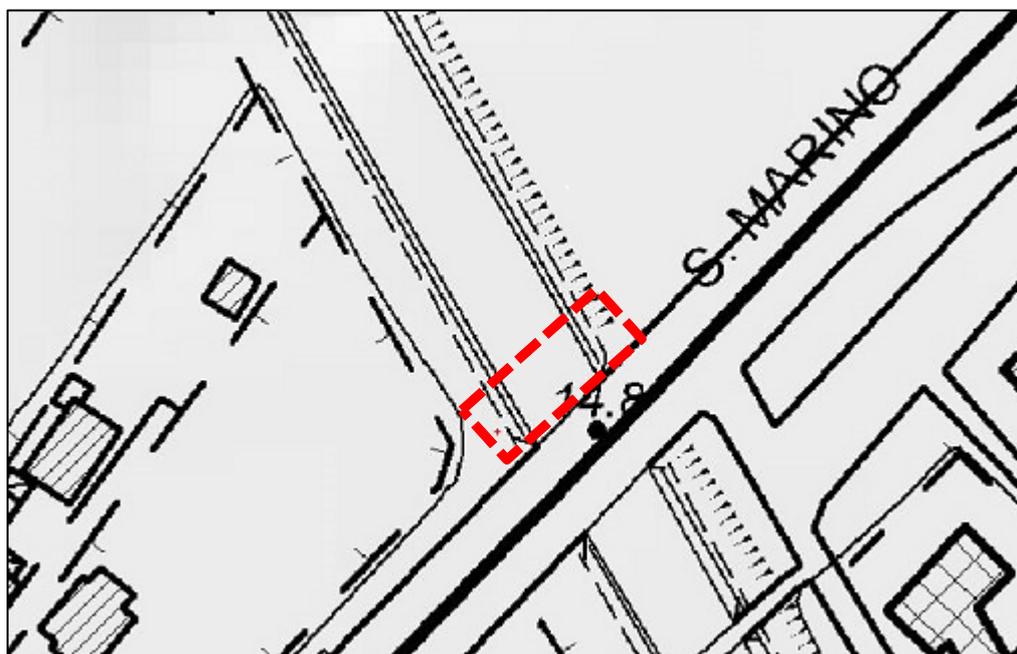
DATA

09/11/2021

IL TECNICO

Dott. Geol. Rodolfo Baroncioni

Iscritto all'Albo dell'Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275



INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	SOFTWARE UTILIZZATI	3
4	RIFERIMENTI ALTIMETRICI	4
5	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
6	ASPETTI GEO-MORFOLOGICI GENERALI	5
7	GEO-MORFOLOGIA LOCALE	6
8	INDAGINI IN SITO	7
9	CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA 9.1 modellazione geologica superficiale 9.2 modellazione geotecnica superficiale	9
10	MODELLAZIONE GEOFISICA "prova HVSR"	18
11	ESITO MODELLAZIONE GEOFISICA	20
12	ASPETTI IDROLOGI ED IDROGRAFICI	21
13	VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA DEL SITO	21
14	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO	23
15	ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE 15.1 coefficienti sismici di base procedura semplificata 15.2 pericolosità sismica di riferimento	23
16	LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI	16
17	STABILITA' DEGLI ARGINI	16
18	VERIFICHE DI STABILITA' DEGLI ARGINI	16
19	CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA' DEGLI ARGINI	29
20	CONSIDERAZIONI FINALI	35

APPENDICE 1	Prova penetrometrica "grafici"	37
APPENDICE 2	STABILITA' ARGINI "tabulati"	44
APPENDICE 3	RAPPORTO FOTOGRAFICO	45

1.PREMESSA

La presente relazione è redatta nell'ambito della progettazione per la costruzione di un ponte ciclopedonale per l'attraversamento del deviatore AUSA.

Lo scopo dell'elaborato è quindi l'individuazione delle caratteristiche geologiche, morfologiche, stratigrafiche e sismiche dei terreni, utili alla valutazione della fattibilità di quanto in progetto.

Per il raggiungimento degli obiettivi si è provveduto all'esecuzione di due prove penetrometriche statiche con punta meccanica e una prova geofisica tipo HVSR (microtremori). Inoltre sono state acquisite informazioni utili allo scopo negli archivi cartografico e sismico della regione dell'Emilia Romagna.

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO**2.1. normativa**

- D.M. 17 GENNAIO 2018 aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- D.M. 14 GENNAIO 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- CIRCOLARE N° 617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
- L.R. Emilia Romagna 20 marzo 2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" "Indirizzi per gli studi di microzonazione territoriale ed urbanistica"
- Delibera Giunta Regionale Emilia Romagna n° 630 del 29 aprile 2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale ed urbanistica (artt. 22 e 49. L.R. 24/2017)

2.2 documentazione tecnica

- Raccomandazioni AGI giugno 1977 "Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"
- AGI, marzo 2005 "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica, Linee Guida"
- Gruppo di Studio Protezione Civile "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (ICMS)"

3. SOFTWARE

Per l'elaborazione di quanto presente in questo elaborato, oltre ad alcuni fogli di calcolo predisposti dallo scrivente, sono stati usati i programmi seguenti:

Oggetto	Programma	Ditta
Parametri sismici	Geostru PS spettri 1.0.3	Geostru - CSLP
Liquefazione	Liquiter	Geostru
Prova penetrometrica	Static Probing	Geostru
Prova HVSR	Easy HVSR	Geostru
Stabilità argini	Slope	Geostru

4. RIFERIMENTI ALTIMETRICI

Le quote di partenza delle prove penetrometriche sono:

CPTM1 = + 13.40 m

CPTM2 = + 14.52 m

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in oggetto è posta nella parte sud di Rimini in prossimità dello svincolo del casello autostradale di Rimini Sud, in affianco al lato nord ovest della superstrada per S. Marino. I riferimenti cartografici sono:

- CTR 256150 S. Fortunato

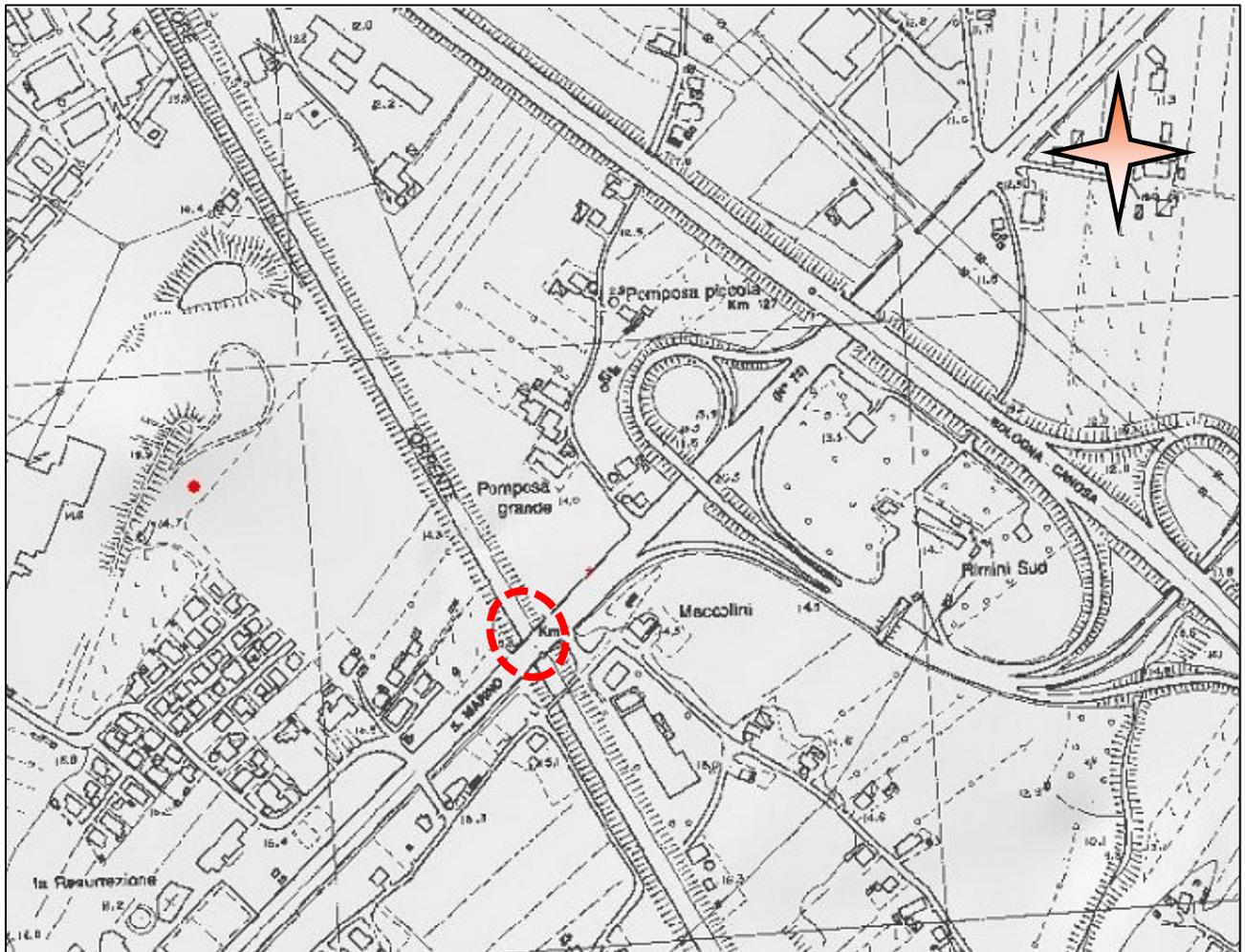


Fig. 5.1 Estratto CTR Regione Emilia – Romagna

7 GEO - MORFOLOGICA LOCALE

Il lotto in oggetto è parte integrante di una porzione di territorio con andamento sub pianeggiante. A livello generale si nota una debole inclinazione in direzione sud – sud est. Gli aspetti morfologici sono stati alterati, se non completamente cancellati, dall'intensa urbanizzazione e/o dalla pratica agricola a cui è stato sottoposto il territorio.

L'assetto geologico è caratterizzato da un deposito di piana alluvionale appartenente al Sintema Emiliano Romagnolo superiore – subsintema di Ravenna, che è indicato con la sigla AES8. Questi costituisce l'elemento sommitale dell'Alloformazione Emiliano – Romagnola Superiore (AES) ed è formato da sabbie, argille e limi di ambiente di piana alluvionale, la tessitura è limo argilloso sabbioso.

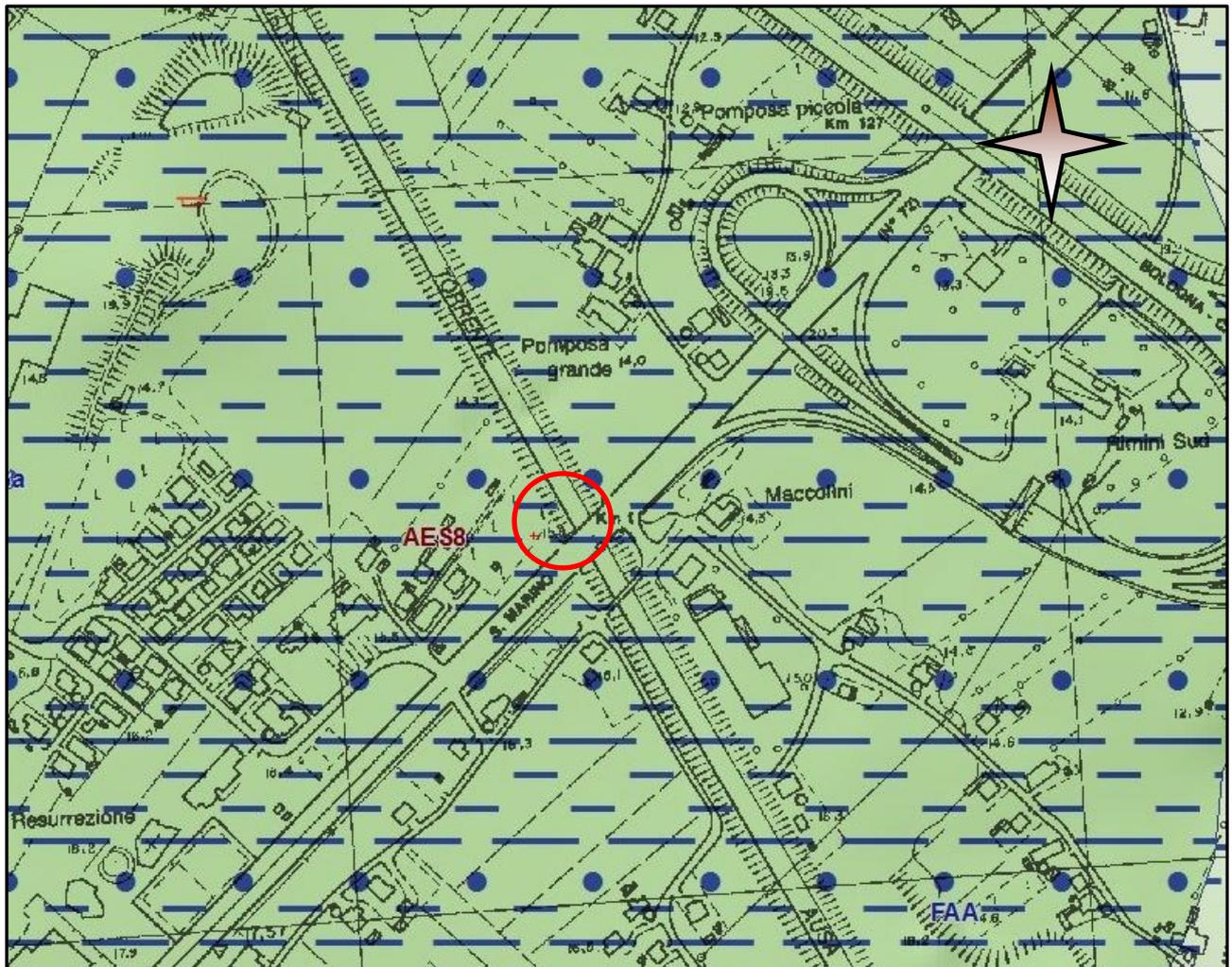


Fig. 7.1 Stralcio carta geologica da archivio cartografico regione E.R.

"AES8 – Subsintema di Ravenna : 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)

Dott. Geologo. Rodolfo Baroncini

Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

Via Cupa n° 4 48015 Castiglione di Cervia (Ra) Tel. 0544.951493 – 335.7075837

8. INDAGINI IN SITO

Allo scopo di verificare la tipologia dei terreni indagati e la successione stratigrafica superficiale si è proceduto con l'esecuzione di due prove penetrometriche statiche con punta meccanica ed una geofisica tipo HVSR, ubicate come da figura 8.1.

8.1 Prova Penetrometrica CPTM

La prova statica consiste nell'infissione nel terreno, prima di una punta meccanica (tipo Begemann) con area di 10 cm² ed angolo di apertura di 60° per la determinazione della resistenza alla punta (Rp) , poi di un manicotto di frizione (superficie di 150 cm²) per la misurazione dell'attrito laterale (Rl).

L'infissione è ottenuta forzando la punta nel terreno con avanzamento controllato (2 cm/sec) e misurando la pressione corrispondente.

I risultati della prova sono mostrati, sotto forma di tabelle nell'appendice 1 " Prove Penetrometriche Statiche" in forma tabellare e diagrammata in cui in ascissa sono riportati i valori della resistenza alla punta (qc) in Mpa i valori della resistenza laterale (fs) in Mpa mentre in ordinata la profondità (in m) rispetto al p.c..

8.2 Prova sismica HVSR

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche).

Lo strumento utilizzato per tali misurazioni è il SISMOGRAFO SLO7 C3", si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri), un ampio intervallo frequenziale (0,1 – 300 Hz) e il sistema GPS integrato.

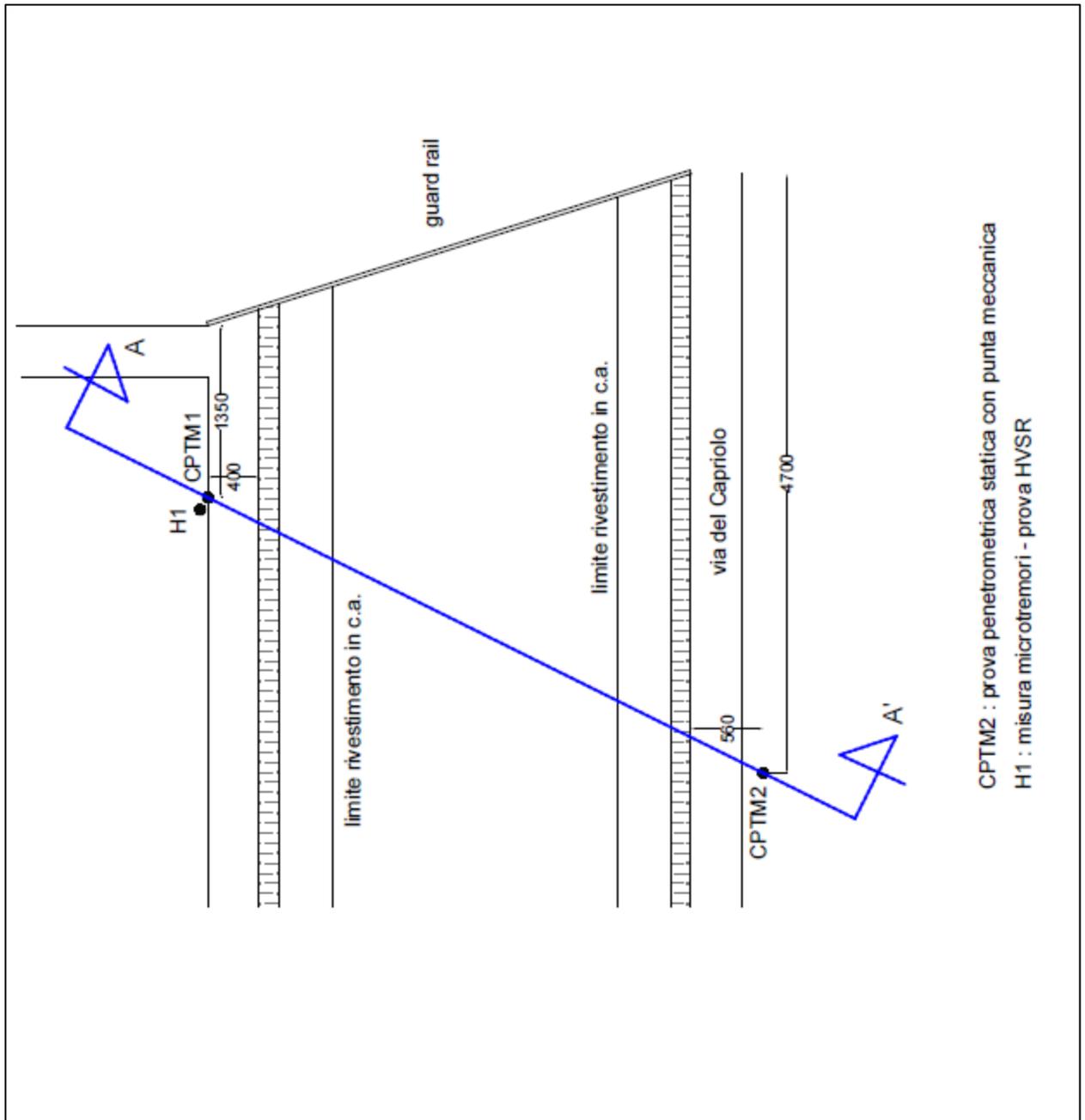


Fig. 8.1 Ubicazione indagini

9 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

9.1 modellazione geologica superficiale

Dal rapporto tra le resistenze (statica e laterale) misurate durante la fase d'acquisizione dati della prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPTM), è possibile stimare la struttura litologica dei terreni attraversati tramite il rapporto delle due resistenze (di punta e laterale).

Il grafico sottostante mostra il rapporto tra le resistenze (fs/qc) espresso in percentuale (Fr%), con i limiti di identificazione della composizione litologica

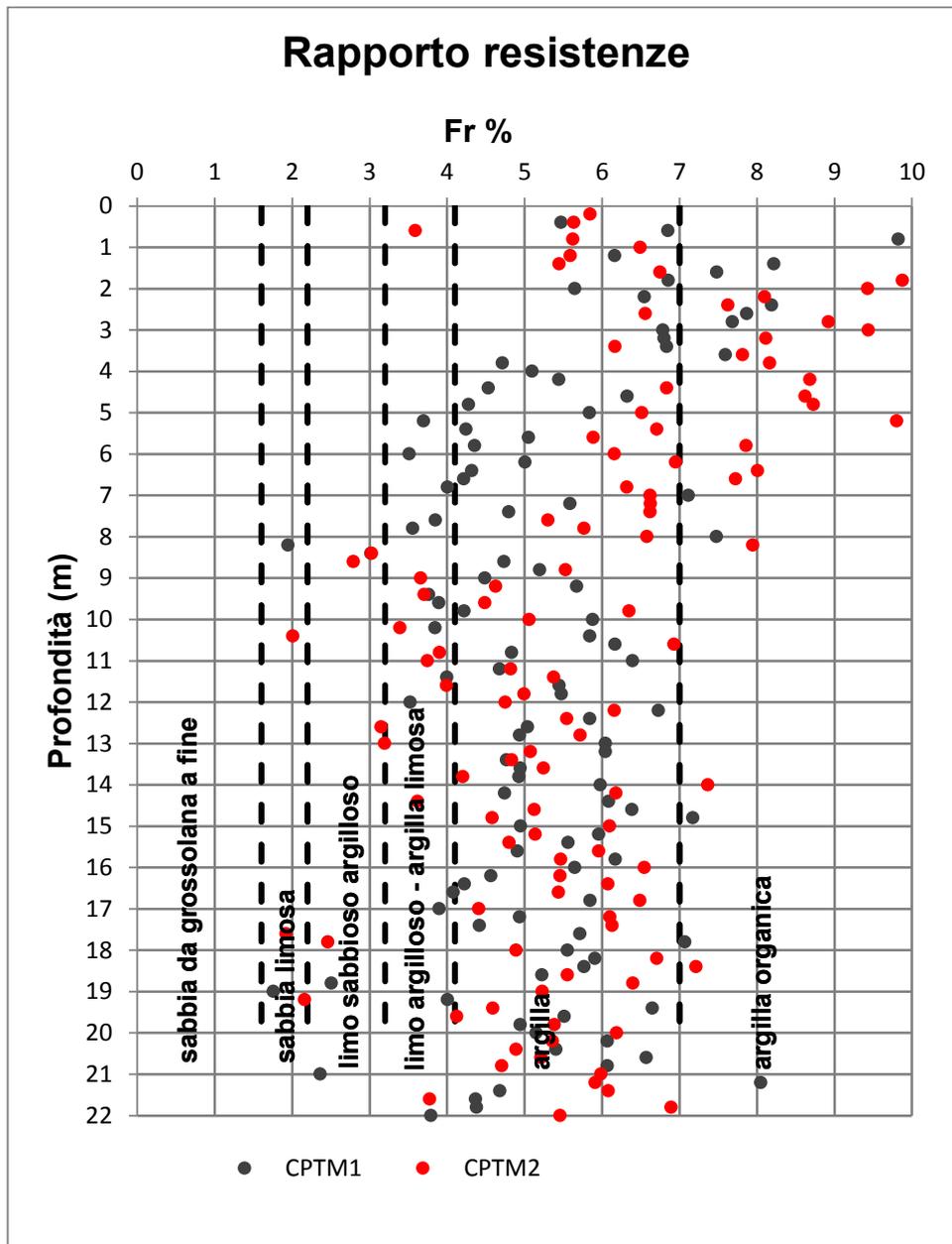


Fig.9.1

Un'ulteriore procedura per la stima della granulometria dei terreni indagati con la prova CPTM è possibile utilizzando la carta proposta da Schmertmann, che mette in relazione il rapporto Fr con la resistenza statica alla punta (qc).

CPTM1

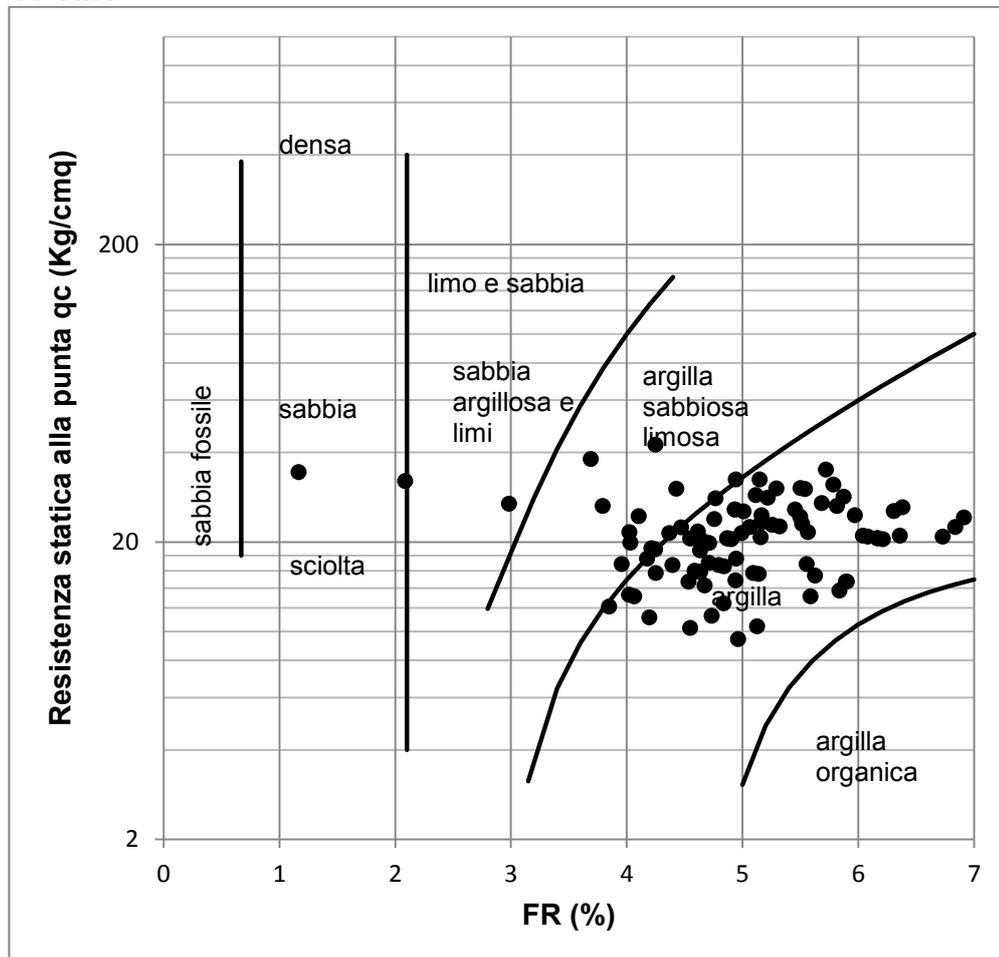


Fig.9.2

CPTM2

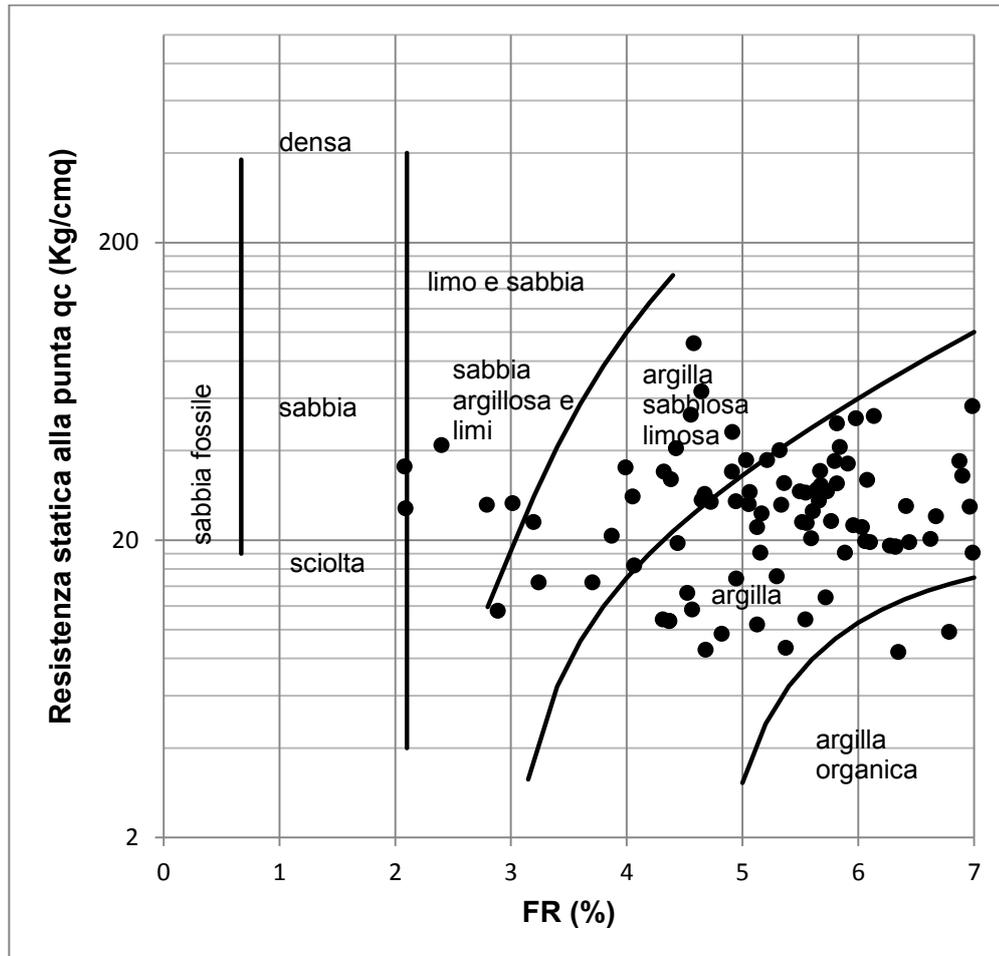


Fig.9.3

Nei grafici 9.1, 9.2 e 9.3 si nota che le nuvole di punti sono maggiormente concentrate nei settori indicanti una composizione fine (argilla e/o argilla limosa)

In definitiva la disposizione stratigrafica superficiale è caratterizzata da:

- ◆ **Argilla più o meno limosa con rari livelli di limo sabbioso argilloso** : da piano campagna sino alla profondità di circa 22.00m

Il deposito, sino alla profondità indagata, è suddivisibile in livelli stratigrafici in relazione all'entità della resistenza statica, del suo grado di sovraconsolidamento e della granulometria, come mostra la sezione geologica di fig. 9.4.

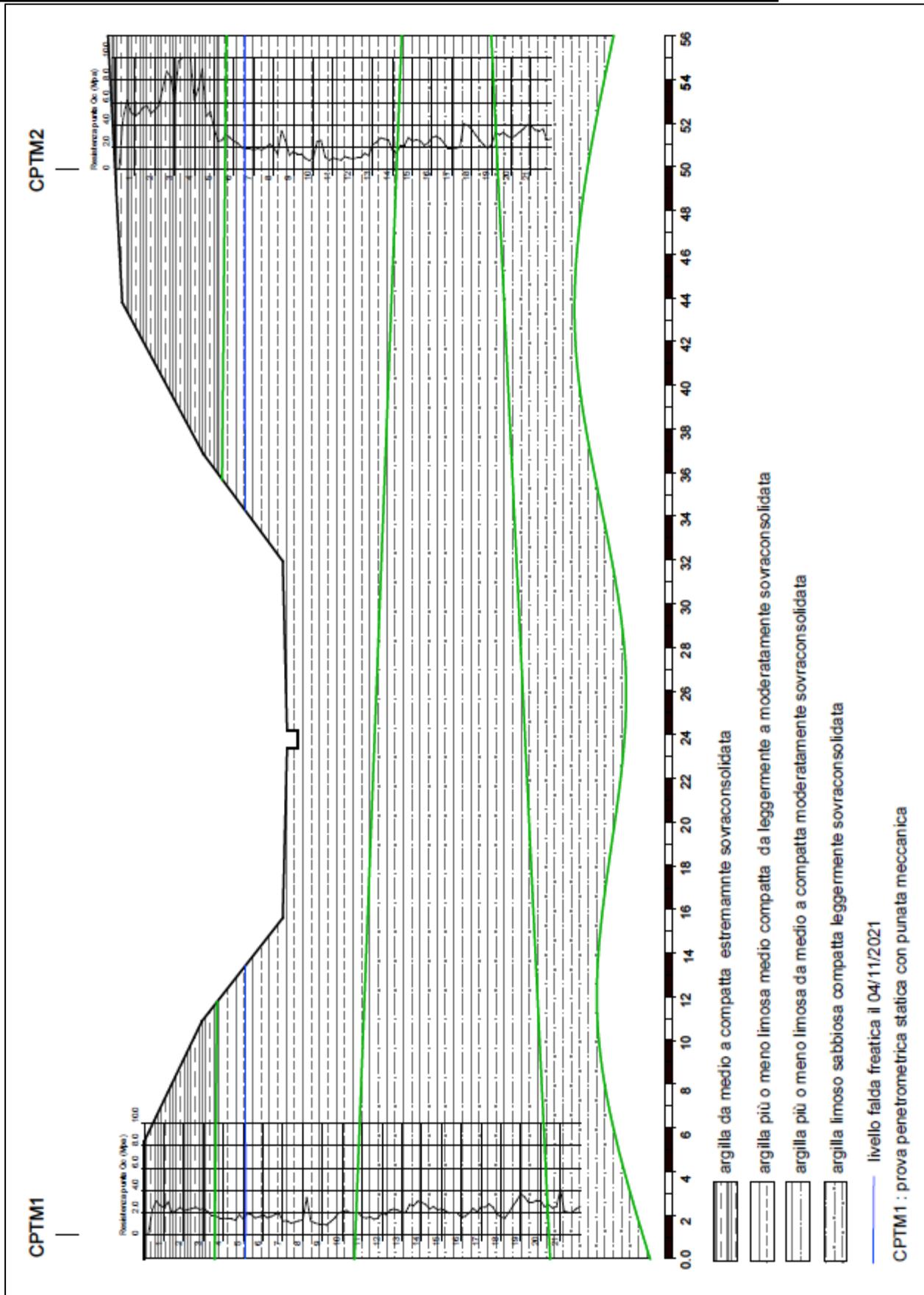


Fig.9.4 Sezione geologica

9.2 modellazione geotecnica generale superficiale

La successione stratigrafica superficiale (sino a 22,00 m di profondità), dal punto di vista geotecnico è suddivisibile in quattro unità principali delle quali, al fine di identificare il loro comportamento prevalente (coesivo – incoerente), è stata determinata la media della resistenza statica alla punta (qc) e del rapporto d'attrito FR%. I valori ottenuti sono riportati nel grafico di Schmertmann sottostante (Fig. 9.3):

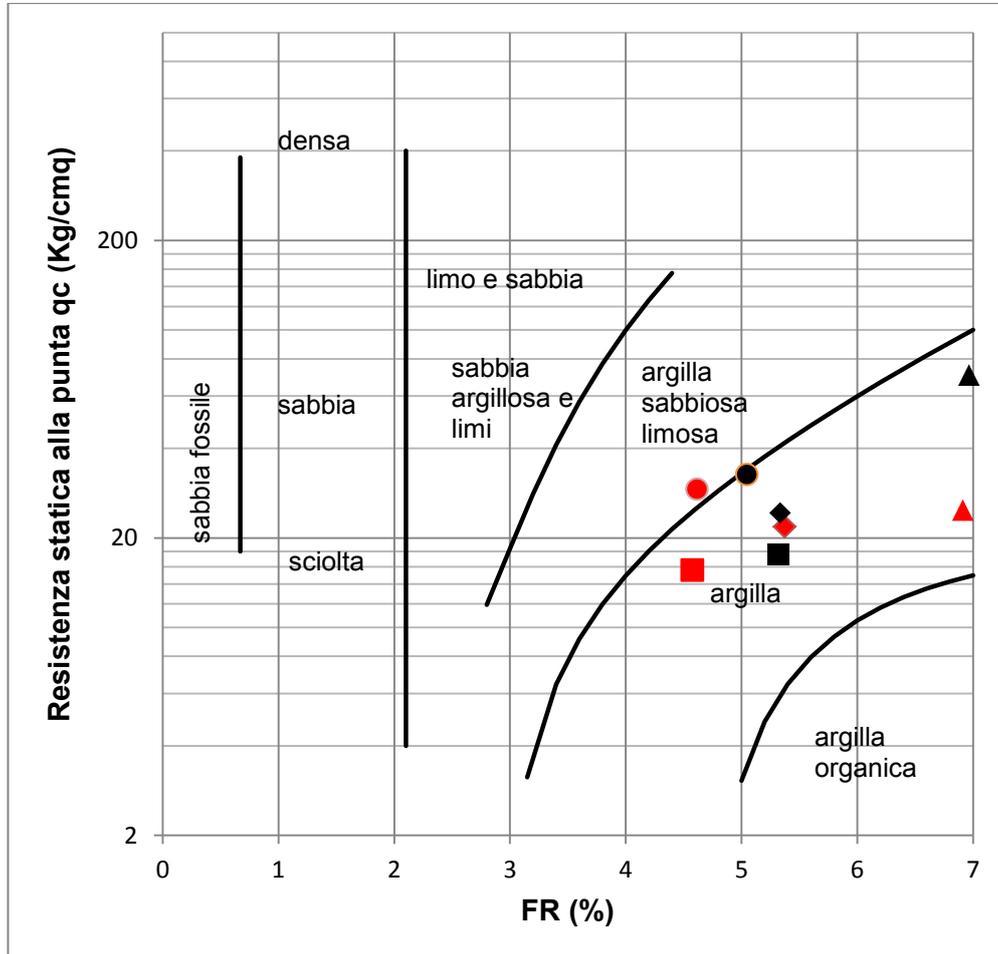


Fig. 9.5

Unità	Simbolo
A	triangolo
B	quadrato
C	rombo
D	cerchio

Prova	CPTM1	CPTM2
Colore simbolo	Rosso	Nero

- **UNITA' A2** da piano campagna sino alla profondità di 5.00 m argilla da molto compatta, estremamente sovraconsolidata ($OCR_{medio} = 47.6$),. La resistenza statica media alla punta è pari a 6.92 Mpa.
- **UNITA' B2** dalla profondità di 5.0 m sino alla profondità 12.80 m argilla più o meno limosa medio compatta, da leggermente a moderatamente sovraconsolidata ($OCR_{medio} = 3.8$) La resistenza statica media alla punta è pari a 1.73 Mpa.
- **UNITA' C2** dalla profondità di 12.80 m sino alla profondità di 17.40 m argilla più o meno limosa da medio a compatta, leggermente sovraconsolidata ($OCR_{medio} = 3.4$). La resistenza statica media alla punta è pari a 2.14 Mpa.
- **UNITA D2** dalla profondità di 17.40 m alla profondità di 22.00 m argilla limoso sabbiosa compatta, da leggermente sovraconsolidata ($OCR_{medio} = 3.6$).. La resistenza statica media alla punta è pari a 3.21 Mpa.

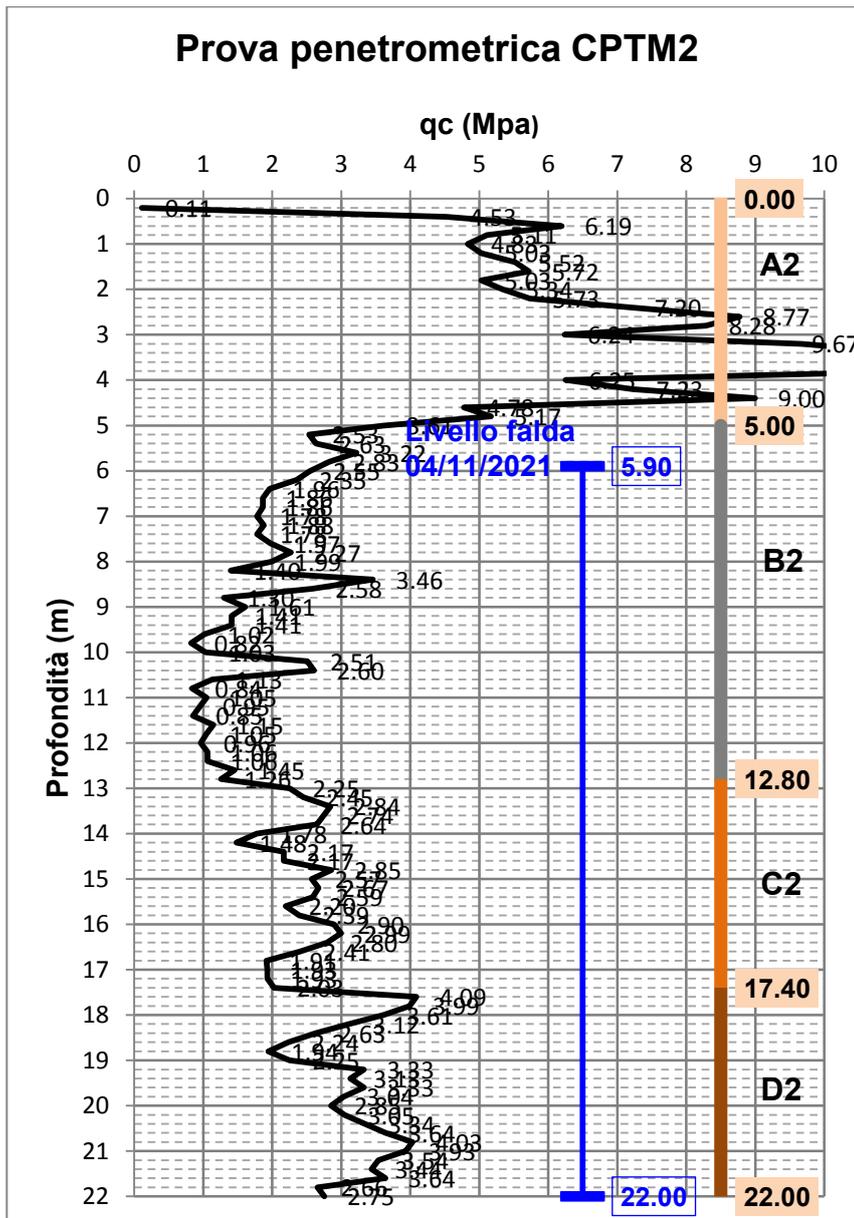


Fig.9.7

Per quanto concerne il comportamento geotecnico dei terreni, si assume la predisposizione seguente:

frazione sabbioso limosa e limoso sabbiosa : incoerente
frazione limoso argillosa e argilloso limosa: coerente

da cui:

UNITA' A,B,C e D terreni a comportamento prevalentemente coerente

In relazione alla successione stratigrafica sopra descritta e da quanto emerso dalle prove penetrometriche, si è provveduto alla determinazione dei principali parametri geotecnici dei terreni.

Il procedimento è stato indirizzato all' Identificazione per livelli di 1 cm (passo di misura della prova penetrometrica) dei singoli parametri (angolo d'attrito interno, coesione, modulo edometrico, modulo di deformazione Young, peso di volume, ecc)

Le correlazioni usate per la determinazione dei parametri geotecnici sono:

- γ = peso di volume (Robertson e Cabal)
- C_u = coesione non drenata (Laad e DeGroot)
- E_{ed} = modulo edometrico (Robertson)
- ϕ' = angolo d'attrito efficace coesivi (Herminier)
- E_y = modulo di Young (Robertson)
- Φ'_p = angolo d'attrito incoerenti (Kulhawy e Mayne)
- c' = coesione efficace coesivi (Mesri)
- D_r = densità relativa (Robertson)

In seguito è stata valutata la media del valore di ciascun parametro.

CPTM1

Unità	Prof. tetto	Prof. Base	resistenz a statica	resistenza laterale	Densità relativa	angolo d'attrito efficace	Coesione efficace	coesione non drenata	modulo edometrico	modulo Young	peso di volume
	Ht	Hb	qc	fs	Dr	ϕ'	c'	cu	Eed	Ey	γ
	(m)	(m)	(Mpa)	(Kpa)	(%)	(*)	(Kpa)	(Kpa)	(Mpa)	(Mpa)	(KN/m ³)
A1	0.00	3.20	2.43	168	-	24.5	9.1	95.2	13.17	49.39	19.2
B1	3.20	9.60	1.53	70	-	22.4	7.6	79.4	9.89	46.04	18.8
C1	9.60	18.40	2.18	115	-	23.9	11.6	120.8	14.91	77.39	19.0
D1	18.40	22.00	2.86	132	-	25.0	14.7	153.3	19.65	102.31	19.1

Tab.1

CPTM2

Unità	Prof. tetto	Prof. Base	resistenz a statica	resistenza laterale	Densità relativa	angolo d'attrito efficace	Coesione efficace	coesione non drenata	modulo edometrico	modulo Young	peso di volume
	Ht	Hb	qc	fs	Dr	ϕ'	c'	cu	Eed	Ey	γ
	(m)	(m)	(Mpa)	(Kpa)	(%)	(*)	(Kpa)	(Kpa)	(Mpa)	(Mpa)	(KN/m ³)
A2	0.00	5.00	6.92	482	-	30.9	22.9	238.9	41.01	116.78	19.5
B2	5.00	12.80	1.73	92	-	22.8	9.0	87.6	9.17	59.09	18.9
C2	12.80	17.40	2.38	127	-	24.4	12.9	134.5	16.51	86.21	19.1
D2	17.40	22.00	3.21	162	-	25.7	16.7	174.1	20.69	111.98	19.1

Tab.2

Nota : nella definizione dei parametri geotecnici dell' UNITA' A non sono stati presi in considerazioni gli esiti delle prove relativi ai primi 40 cm, in quanto rimaneggiati.

La determinazione dei parametri geotecnici **caratteristici** è stata ottenuta mediante elaborazione statistica, che ha preso in considerazione i criteri seguenti:

- I. Dimensioni del campione (numero di valori di ciascun parametro per unità)
- II. Presenza o meno di compensazione delle resistenze nel terreno.
- III. Tipo di distribuzione del parametro analizzato (lognormale per la coesione e normale per gli altri)

Per quanto concerne le dimensioni del campione, si è assunto come discriminante il numero 30. Per tanto per $n < 30$ è stata utilizzata la distribuzione di Student, mentre per $n > 30$ quella normale.

RESISTENZA STATICA ALLA PUNTA E LATERALE

CPTM1

Unità	Prof. tetto	Prof. Base	resistenza statica caratteristica prossima al minimo	resistenza statica caratteristica prossima alla media	resistenza laterale caratteristica prossima al minimo	resistenza laterale caratteristica prossima alla media
	Ht	Hb	qc_k	qc_{kk}	fs_k	fs_{kk}
	(m)	(m)	(Mpa)	(Mpa)	(Kpa)	(Kpa)
A1	0.00	3.20	1.94	2.28	108	156
B1	3.20	9.60	0.79	1.40	65	65
C1	9.60	18.40	1.48	2.04	109	109
D1	18.40	22.00	1.92	2.61	116	116

Tab.3

CPTM2

Unità	Prof. tetto	Prof. Base	resistenza statica caratteristica prossima al minimo	resistenza statica caratteristica prossima alla media	resistenza laterale caratteristica prossima al minimo	resistenza laterale caratteristica prossima alla media
	Ht	Hb	qc_k	qc_{kk}	fs_k	fs_{kk}
	(m)	(m)	(Mpa)	(Mpa)	(Kpa)	(Kpa)
A1	0.00	5.00	3.05	6.08	183	450
B1	5.00	12.80	0.54	1.54	11	79
C1	12.80	17.40	1.71	2.23	80	117
D1	17.40	22.00	2.22	2.99	94	147

Tab.4

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

CPTM1

Unità	Ht	Hb	φ'_k	φ'_{kk}	c'_k	c'_{kk}	c_{u_k}	$c_{u_{kk}}$	E_{ed_k}	$E_{ed_{kk}}$	E_{y_k}	$E_{y_{kk}}$	γ_{kk}
	(m)	(m)	(°)	(°)	(Kpa)	(Kpa)	(Kpa)	(Kpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(KN/m ³)
A1	0.00	3.20	23.5	24.3	7.9	8.7	81.9	90.9	10.35	12.36	39.32	46.47	19.1
B1	3.20	9.60	21.1	22.2	5.9	7.2	61.5	75.2	4.40	8.91	38.80	44.75	18.7
C1	9.60	18.40	22.5	23.7	8.8	11.0	91.7	114.7	6.18	13.60	59.13	74.64	18.9
D1	18.40	22.00	23.7	24.6	12.0	13.8	124.9	143.9	8.47	16.68	88.91	98.75	19.0

Tab.5

CPTM2

Unità	Ht	Hb	ϕ'_k	ϕ'_{kk}	c'_k	c'_{kk}	c_{u_k}	$c_{u_{kk}}$	E_{ed_k}	$E_{ed_{kk}}$	E_{y_k}	$E_{y_{kk}}$	γ_{kk}
	(m)	(m)	(°)	(°)	(Kpa)	(Kpa)	(Kpa)	(Kpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(KN/m ³)
A1	0.00	5.00	26.3	29.9	12.9	19.5	134.9	203.0	15.04	35.37	46.43	101.50	19.4
B1	5.00	12.80	20.1	22.4	5.2	7.9	34.0	68.6	2.01	8.00	38.19	55.70	18.8
C1	12.80	17.40	23.0	24.1	10.0	12.1	104.7	126.4	6.23	14.28	69.46	82.49	19.0
D1	17.40	22.00	24.1	25.4	12.6	15.5	131.7	161.6	9.59	18.01	91.92	107.27	19.0

Tab.6

Nota bene:

- Con il pedice k sono indicati i valori caratteristici prossimi al minimo, ossia nella condizione di assenza di compensazione delle resistenze, relative a opere che coinvolgono modesti volumi di terreno. Es. plinti e travi non collegati, scorrimento muro, base palo ecc.
- Con il pedice kk sono indicati i valori caratteristici prossimi alla media, ossia nella condizione di compensazione delle resistenze, relative ad opere che coinvolgono elevati volumi di terreno. Es. fondazioni superficiali a reticolo, laterale pali, pendii ecc

10. MODELLAZIONE GEOFISICA "prova HVSR"

Con questo tipo d'indagine si identificano per i vari livelli stratigrafici, la frequenza di vibrazione e per inversione la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs).

Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
 Durata registrazione: 1200 s
 Frequenza di campionamento: 128.00Hz
 Numero campioni: 153600
 Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

Dati analisi:

Numero totale finestre selezionate: 66
 Numero finestre incluse nel calcolo: 43
 Dimensione temporale finestre: 20 s
 Tipo di lisciamto: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamto: 10.00 %

Grafici degli spettri medi nelle tre direzioni

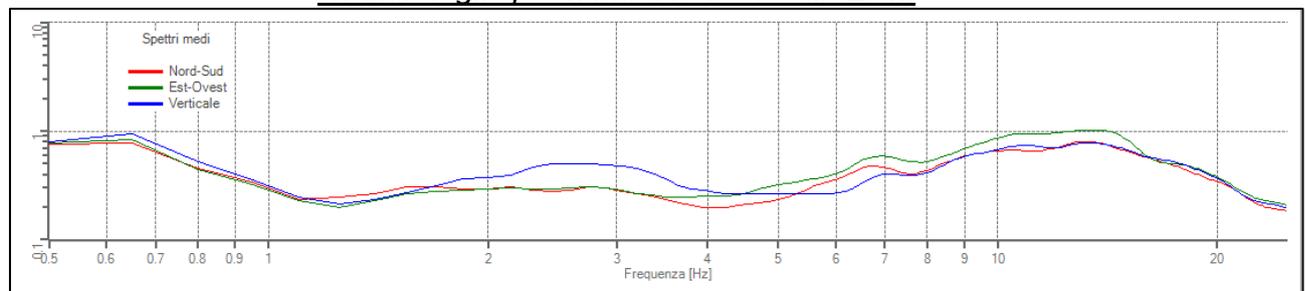
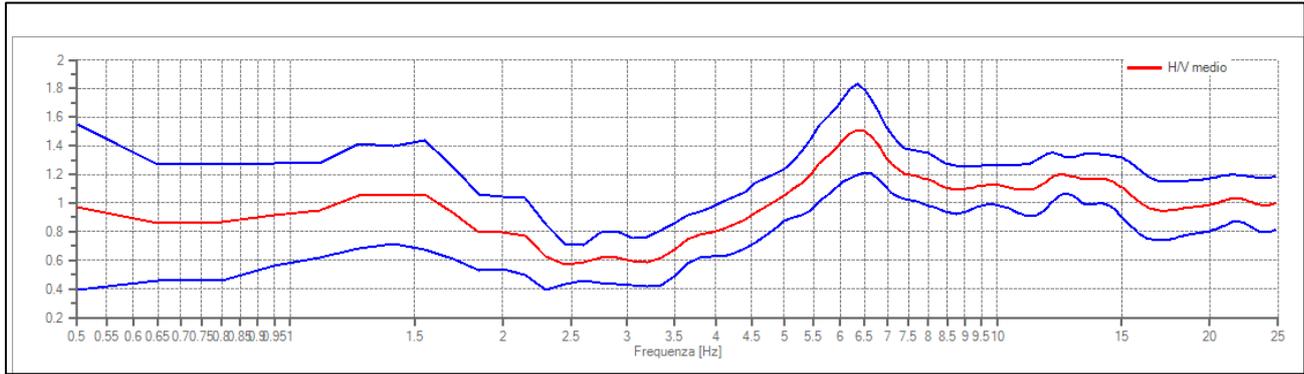


grafico rapporto spettrale orizzontale su verticale e suo intervallo di fiducia

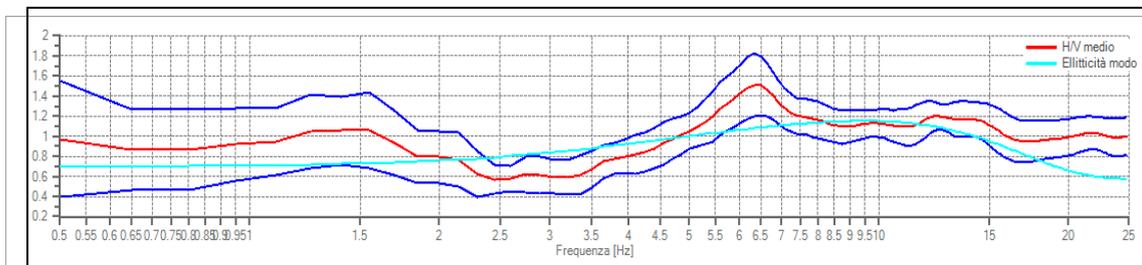
Max H/V 6.35 ± 0.22.Hz (intervallo 0.5 ÷ 25.0 Hz)



Criteri per una curva H/V affidabile (tutti e 3 dovrebbero essere soddisfatti)	Esito
$f_0 > 10/l_w$	OK
$n_g(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	OK
Criteri per un picco H/V chiaro (almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti)	
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	OK
Esiste f^+ in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	NO
$A_0 > 2$	NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	OK
$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

H/V SPERIMENTALE E H/V SINTETICO

Valore di disadattamento curve 0.29



L'elaborazione in inversione della prova ha prodotto i risultati mostrati nella tab. 5 e nella fig. 10.1 in cui sono indicati i sismostrati.

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0.0	2.0	120
2	2.0	3.0	218
3	5.0	10.9	260
4	15.9	6.7	210
5	22.7	10.0	246

Tab. 7

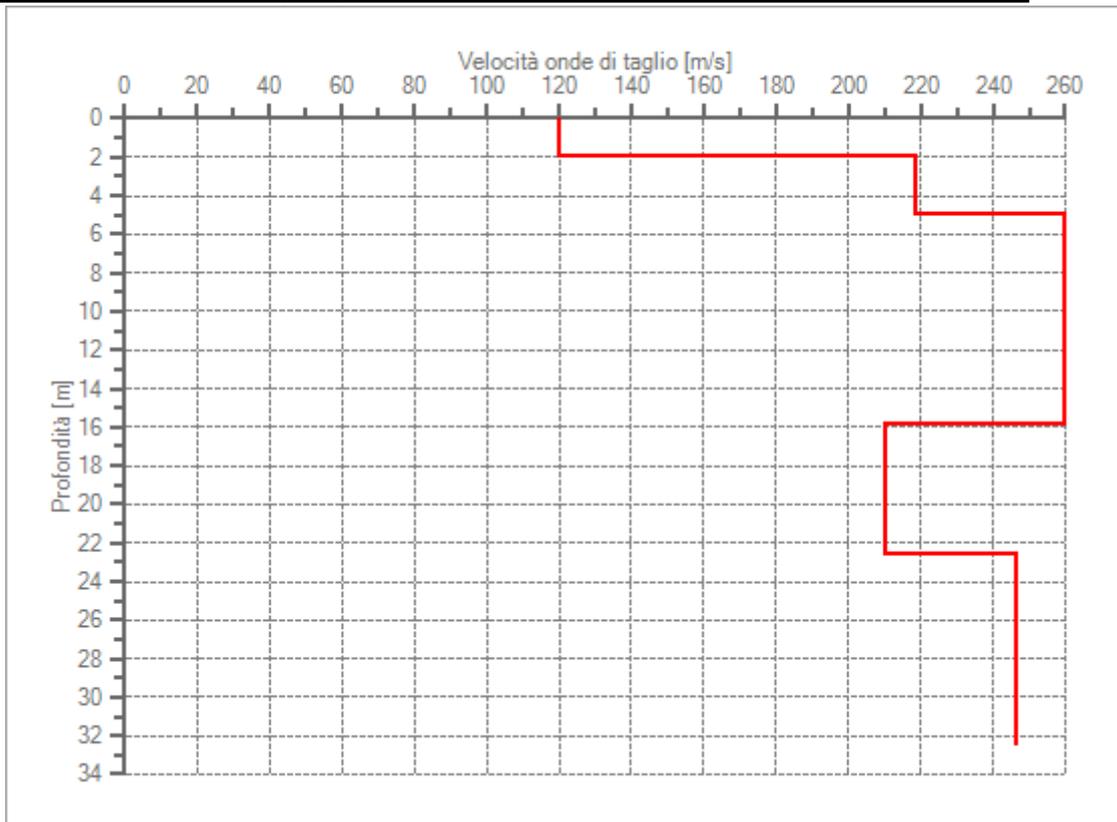


Fig. 10.1 Profilo delle velocità delle onde di taglio.

11. ESITO MODELLAZIONE GEOFISICA

11.1 Categoria di Suolo

Il processo d'inversione medio ha un andamento come mostrato in fig. 10.1, dal quale si ricava come media pesata

- Profondità da piano campagna 0,00 m $V_{s(30)} = 223$ m/sec
- Profondità da piano campagna -1.00 m $V_{s(30)} = 231$ m/sec

In base alla classificazione proposta nelle NTC 2018 nella Tab. 3.2. Il essendo la velocità equivalente compresa nell'intervallo $180 \div 360$ m/s i terreni del sito in oggetto sono assimilabili alla categoria di suolo di tipo C.

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente 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>
---	---

Fig. 11.1 estratto tab.3.2. Il NTC 2018

11.2 Frequenza di sito

La prova mostra un picco accentuato alla frequenza di 6.35 Hz ed uno meno accentuato alla frequenza di 1,4 Hz. Il primo può essere associato ad una impedenza superficiale, mentre il secondo profonda 80/ 120.

12. ASPETTI IDROGEOLOGICI ED IDROGRAFICI

I terreni del lotto sono ascrivibili ad un deposito argilloso e/o argilloso limoso che si estende sino alla profondità di circa 22.00 m. Si tratta di un materiale caratterizzato da una scarsa permeabilità che si traduce in una capacità di drenaggio modesta.

Il reticolo idrografico è organizzato attorno al deviatore AUSA nel quale si immettono i numerosi fossi circostanti. Il territorio è caratterizzato dalla presenza di una falda superficiale il cui tetto, al momento dei rilievi, è stato individuato alla profondità di 4,40/5.90 m da p.c.

13. VULNERABILITA' IDROGEOLOGICA DEL SITO

13.1 - Acque superficiali.

Il sito in cui è prevista la costruzione del ponte è posto alla periferia sud di Rimini dove a zone urbanizzate si alternano ampie porzioni allo stato naturale, con nelle prime un ordinato sistema di raccolta delle acque di precipitazione, e nelle seconde uno smaltimento per filtrazione e scorrimento verso i canali di scolo.

13.2 - Acque sotterranee.

La falda freatica si trova ad un livello medio posto alla profondità di 4.60/5.90 m da piano esecuzione prove penetrometriche. Per cui, vista la sezione del torrente AUSA ne deriva che questi è drenante rispetto al territorio circostante.

13.3 Inondabilità

La fig. 13.2 che è uno stralcio della Carta del PAI variante 2016, mostra che il sito in cui è prevista la costruzione del ponte nei riguardi del collasso del reticolo secondario di pianura, è caratterizzato da due situazioni ovvero: in sinistra idraulica del torrente AUSA il territorio ricade in una porzione di territorio in cui sono previste alluvioni poco frequenti, mentre in destra non si presumono effetti derivanti da esondazione.

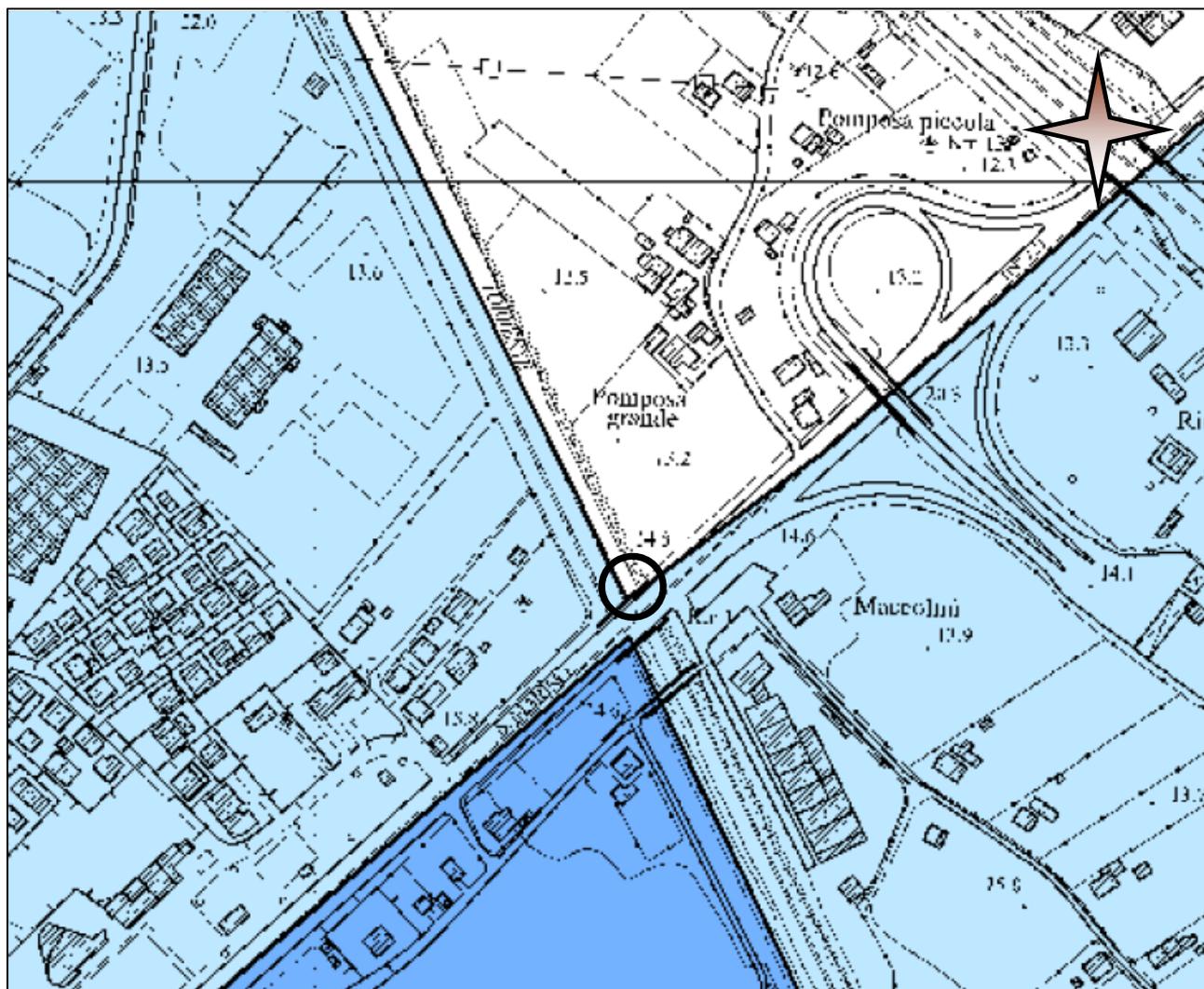
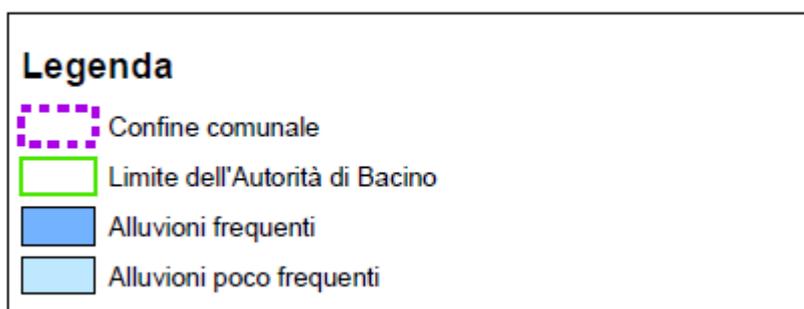


Fig. 13.2 Estratto piano stralcio per il rischio idrogeologico "Autorità di Bacino Marecchia - Conca"



14. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO**Modellazione geomorfologica dell'area**

L'assetto è costituito da un lotto pianeggiante, inserito in un contesto con identica disposizione.

Stabilità della coltre superficiale

La conformazione topografica pianeggiante esclude, a livello generale, tendenze evolutive verso quadri di dissesto o di instabilità gravitativa, mentre localmente azioni di instabilità potrebbero derivare da eventuali collassi arginali.

15. ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**15.1 Coefficienti sismici metodo semplificato**

I parametri generali del lotto e dell'opera sono:

Latitudine WGS 84: 44.036042 - ED50 44.036982
 Longitudine WGS 84 : 12.562336 - ED50 12.563293
 Tipo opere: edificio residenziale affollamento normale
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 50.0 [anni]

In base alle coordinate del sito è possibile determinare i parametri sismici base di riferimento:

stato limite	Tr (anni)	ag/g (-)	Fo (-)	Tc (sec)
SLO	30	0.050	2.439	0.272
SLD	50	0.065	2.508	0.278
SLV	475	0.184	2.490	0.296
SLC	975	0.239	2.524	0.311

Tab.6

I terreni del lotto in indagine appartengono al un suolo di categoria "C". Questa distinzione permette di determinare l'equazione per la definizione del coefficiente stratigrafico (S_s) che è:

$$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot a_{g/g} \leq 1,50$$

Dove:

F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima

a_g = accelerazione orizzontale di base

g = accelerazione di gravità (9,81 m/sec²)

Stato limite	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss classe d'uso II	1.500	1.500	1.426	1.339

Tab.7

L'accelerazione massima attesa in superficie a ciascun limite è definita dalla relazione seguente:

$$A_{max} = a_g \cdot S_T \cdot S_S$$

Il lotto in oggetto insiste su un'area pianeggiante, per cui la categoria topografica è la T1 alla quale è assimilato un coefficiente topografico (ST) pari a 1,00.

Coefficienti sismici orizzontali e verticali per fondazioni e stabilità pendii

stato limite	amax/g	beta	Kh	Kv
	(-)	(-)	(-)	(-)
SLO	0.075	0.20	0.015	0.008
SLD	0.098	0.20	0.020	0.010
SLV	0.262	0.24	0.063	0.032
SLC	0.320	0.28	0.090	0.045

Tab. 8

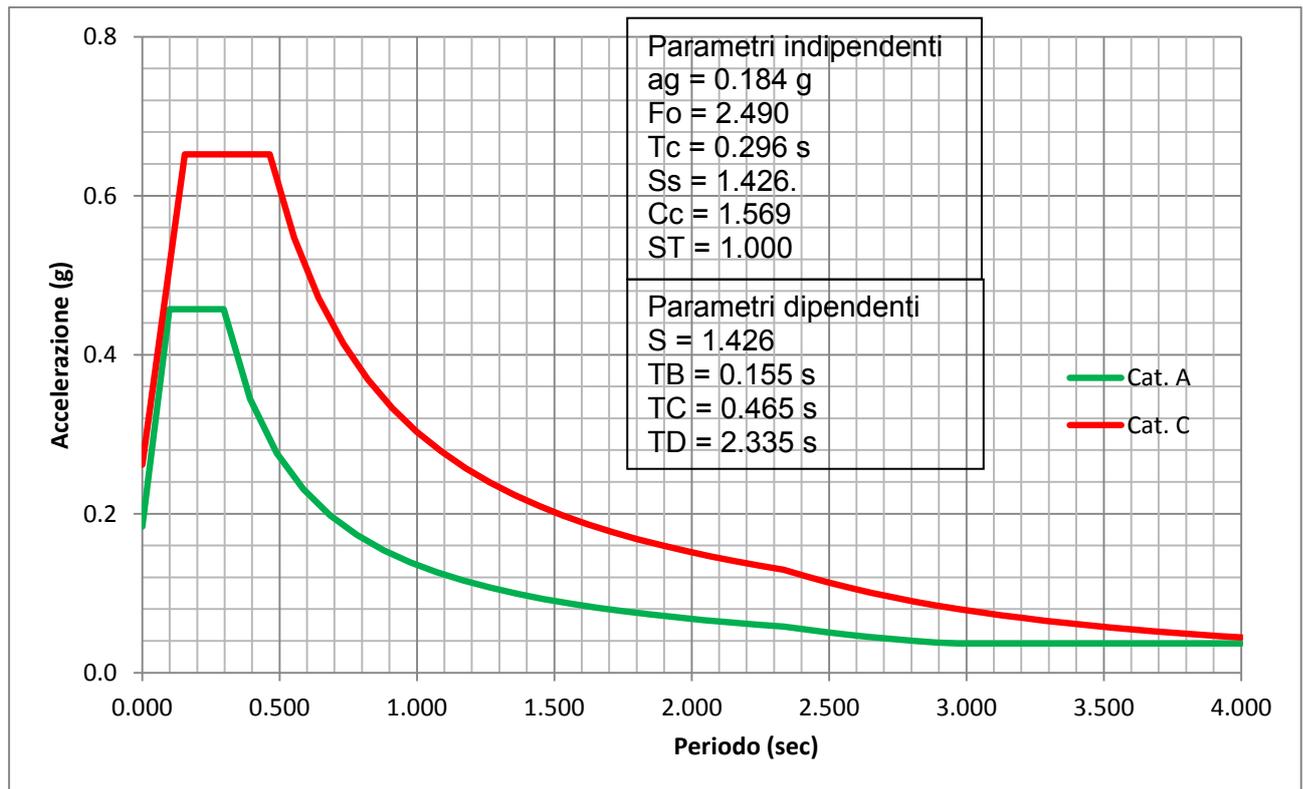


Fig. 14.1 spettro di risposta come da procedura semplificata NTC 2018 (SLV)

15.2 Pericolosità sismica di riferimento

La sismica di base è desumibile dalla macrozonazione sismogenetica del territorio (2015), prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Attualmente, essa rappresenta il più recente ed aggiornato riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano. La fig.15.1 mostra come l'area oggetto della presente sia compresa nella zona sismogenetica Rimini onshore (ITCS039) che è caratterizzata da una probabilità di magnitudo (Mw) pari a 5,9. Si nota che a breve distanza sono indicate due zone sismogenetiche a cui è assegnata una probabilità di magnitudo maggiore, ovvero pari a 6.1.

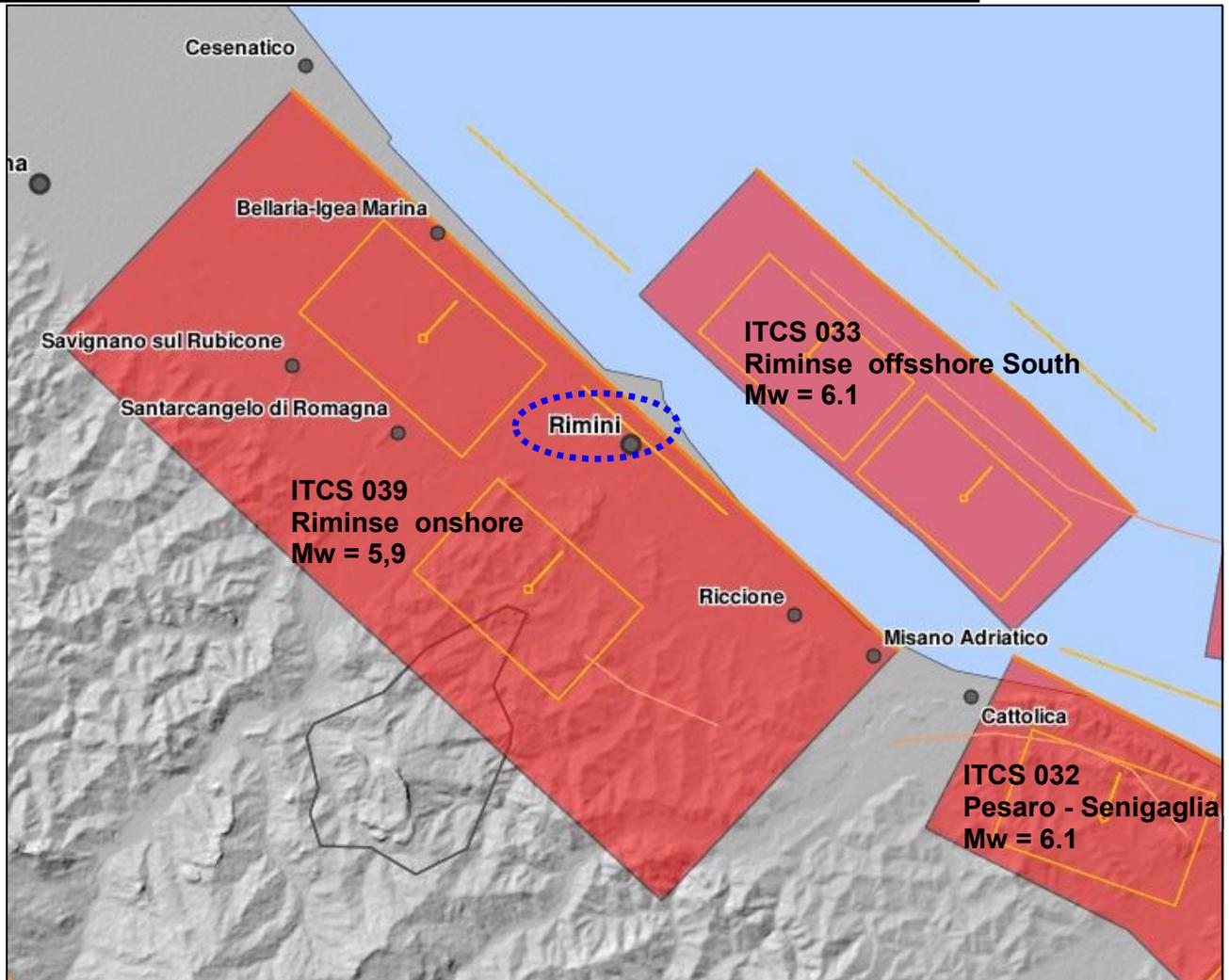


Fig. 15.1 estratto dal data base DISS 3.2 del INGV

16. LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI

La liquefazione è quel processo che in caso di sisma può interessare un deposito sabbioso saturo, in pratica l'aumento delle pressioni interstiziali, prodotto da un evento ciclico (sisma) riduce la resistenza di taglio causando la perdita di stabilità della massa di terreno. Di conseguenza s'instaurano delle deformazioni permanenti con assestamenti più o meno corposi in funzione della nuova resistenza di taglio.

Nel caso in esame le prove hanno evidenziato la presenza di un deposito prevalentemente argilloso e/o argilloso limoso con rari livelli di limo sabbioso per cui, in considerazione della composizione granulometrica, è possibile affermare che i terreni presentano una suscettibilità alla liquefazione nulla.

17. STABILITA' DEGLI ARGINI

Ove è prevista la costruzione del ponte ciclopedonale la sezione del derivatore del torrente Ausa è la seguente:

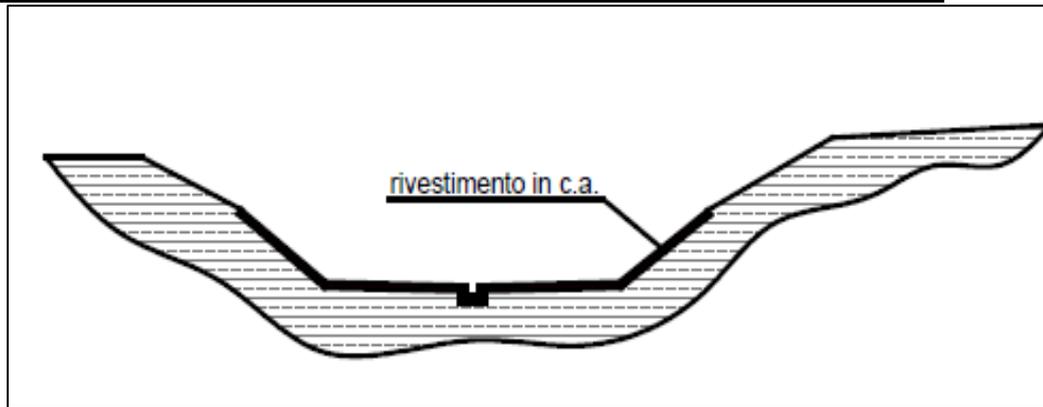


Fig. 17.1

essendo un corso artificiale è stato realizzato con copertura in cemento armato del fondo e parzialmente degli argini. La parte superiore di questi è stata lasciata con terra a vista con inerbimento. Questa conformazione comporta un rischio maggiore di eventuale collasso della parte superiore (parte non protetta) mentre per la parte inferiore il pericolo è minimo.

17.1 Parametri geotecnici di verifica

Sono state eseguite due prove penetrometriche, una su ogni sponda, per cui saranno utilizzati i rispettivi parametri geotecnici, ovvero:

- argine lato mare : parametri geotecnici derivati dalla prova CPTM1 (Tab. 5)
- argine lato monte : parametri geotecnici derivati dalla prova CPTM2 (Tab. 6)

17.2 Condizioni di verifica

Gli argini sono stati realizzati da molto tempo, per tanto la procedura più appropriata per la verifica nella condizione statica è quella in termini di tensioni efficaci, la quale viene espletata nella condizione seguente:

$$- \varphi' > 0 \quad c' > 0$$

Per l'analisi che prende in considerazione l'azione sismica si fa riferimento alle tensioni totali, ed essendo i terreni argillosi al requisito:

$$- \varphi' = 0 \quad c_u > 0$$

17.3 situazioni di verifica

Gli argini sono parzialmente ricoperti da cemento (vedi sezione di Fig. 17.1) per cui si ritiene che il rischio maggiore di instabilità sia per la parte superiore (quella priva di protezione). In questo caso si è proceduto alla ricerca della superficie critica con vincolo di base sulla sommità della protezione in cemento.

Nella valutazione del fattore di sicurezza in concomitanza di un evento tellurico si è reputato che la criticità sia anche di tutto l'argine, in tal caso è stata ricercata la superficie più critica con vincolo alla base dell'argine stesso.

17.4 Metodologie di verifica

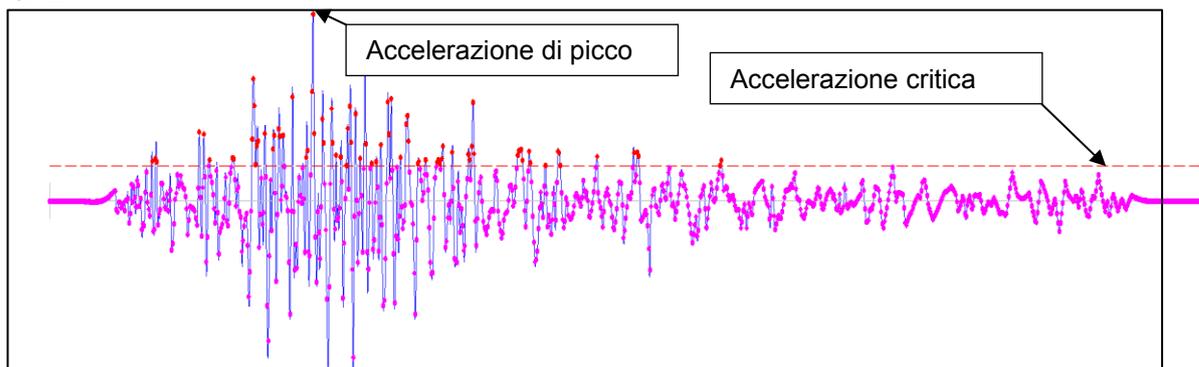
In considerazione del tipo di rischio (vedi par 14) le verifiche saranno espletate secondo la schematizzazione di:

1) Ricerca della superficie critica di forma circolare. Con questo metodo definito anche delle strisce o conci si determina un coefficiente di sicurezza mediante il rapporto tra gli sforzi resistenti (SR) ed i mobilitanti (SM) in sintesi:

$$FS = SR/SM$$

La superficie critica viene suddivisa in strisce o conci e si analizza l'equilibrio di ciascuno di essi con l'identificazione del coefficiente di sicurezza come rapporto dei momenti. L'implementazione del metodo all'equilibrio limite è possibile mediante varie equazioni d'analisi messe a punto da diversi autori. Nel caso in esame si fa riferimento a quella indicata da Janbu, che ha fornito gli esiti più critici.

2) Metodo degli spostamenti, in presenza di sisma sulla superficie critica. Si modella il pendio come un blocco rigido che scorre su un piano inclinato, il movimento si innesca quando l'accelerazione orizzontale supera il valore di quella critica (kc) (linea tratteggiata rossa) definita tramite il metodo pseudostatico, relativamente alla superficie di rottura a cui corrisponde un coefficiente di sicurezza pari a 1.



L'analisi consiste nel calcolo dell'integrale dell'equazione del moto in rapporto all'accelerogramma di progetto, con determinazione dello spostamento totale quale somma di quelli parziali.

17.5 Vincoli di verifica

Le analisi nella situazione statica prenderanno in considerazione le situazioni seguenti:

- Terreno asciutto
- Terreno completamente saturo

17.6 Stato dei luoghi di verifica

Sarà analizzato:

- ◆ Stato attuale

17.7 Approccio di calcolo

In rispetto alle EC7 ed alle NTC 2008 si è fatto riferimento all'approccio di calcolo 1 combinazione 2, identificato con A2+M2+R2 per cui si applicano i seguenti coefficienti parziali per i parametri geotecnici:

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,40

Essendo in progetto la costruzione di un ponte viene applicato anche : **il coefficiente parziale resistenze = 1.1**

18 VERIFICHE DI STABILITA' DEGLI ARGINI**18.1 Argine destro (prova CPTM1)****Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	10.0	10.0
2	23.3	10.0
3	28.0	13.7
4	33.5	16.3
5	50.0	16.3

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	10.0	10.0
2	23.3	10.0
3	27.25	13.1
4	50.0	13.1

Vertici strato2

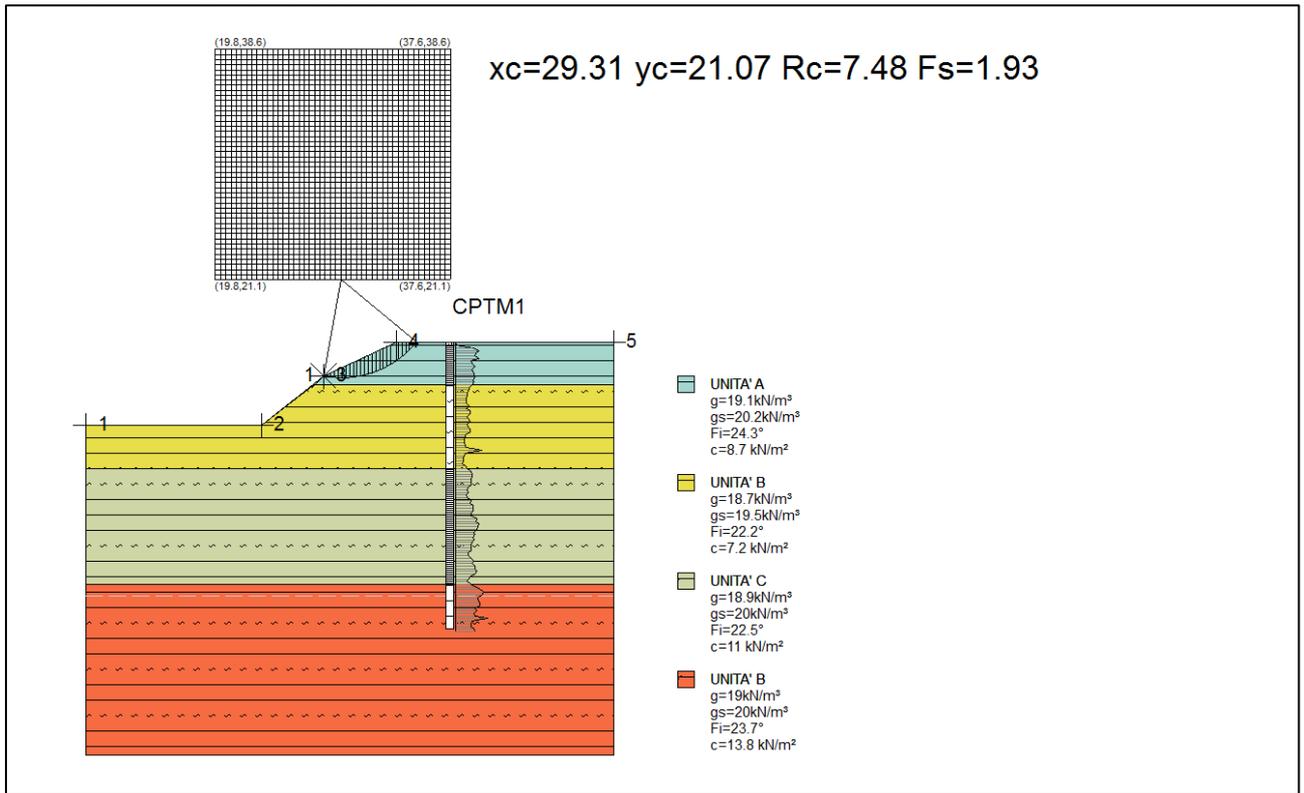
N	X (m)	y (m)
1	10.0	6.7
2	50.0	6.7

Vertici strato3

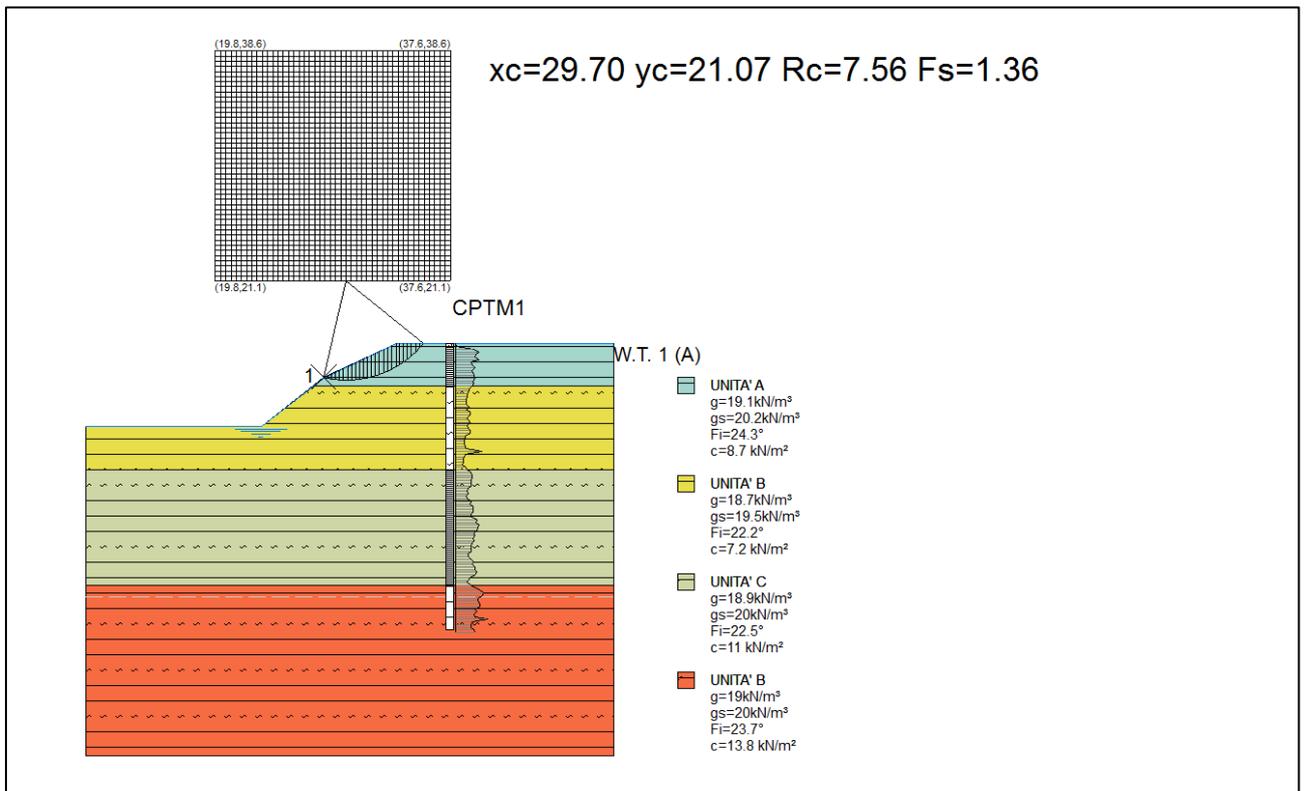
N	X (m)	y (m)
1	10.0	-2.1
2	50.0	-2.1

Condizione statica con $\phi' > 0 - c' > 0$

Verifica 1Dx terreno asciutto

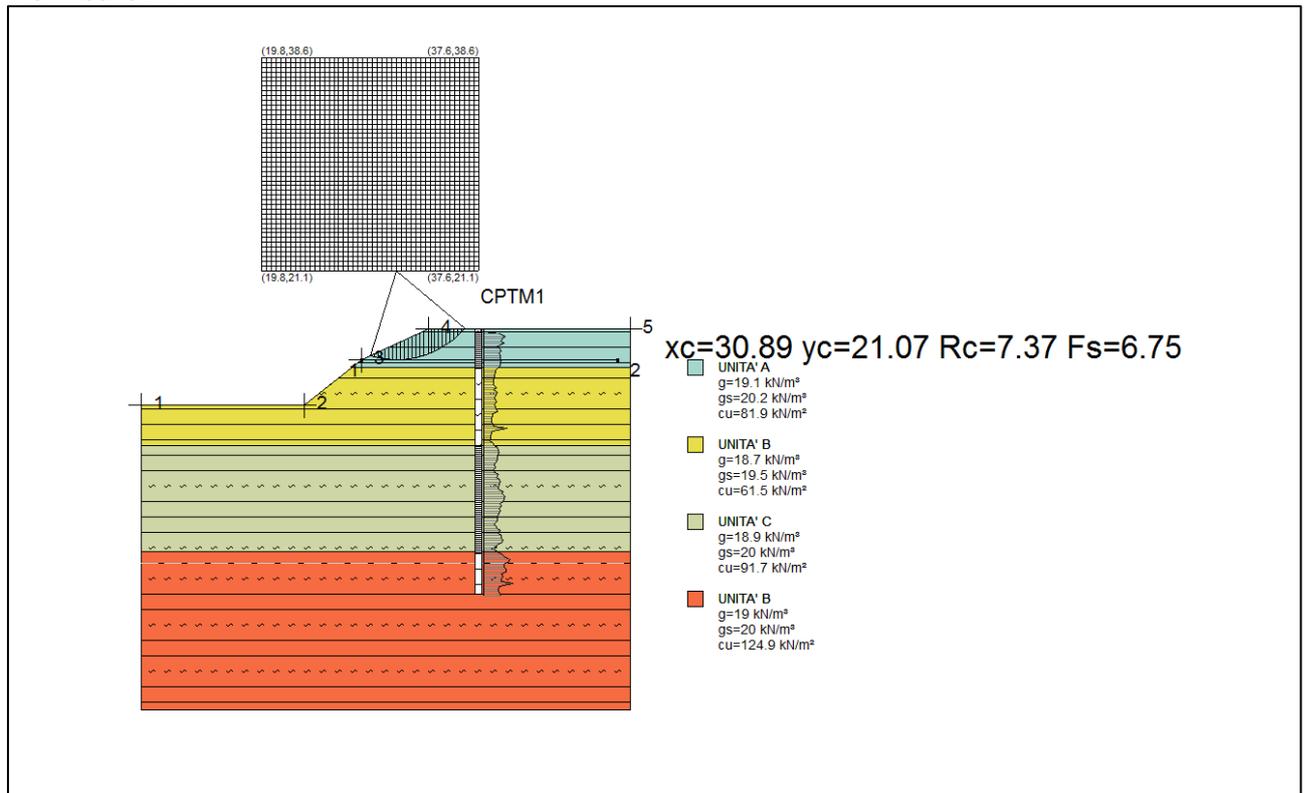


Verifica 2Dx Terreno saturo

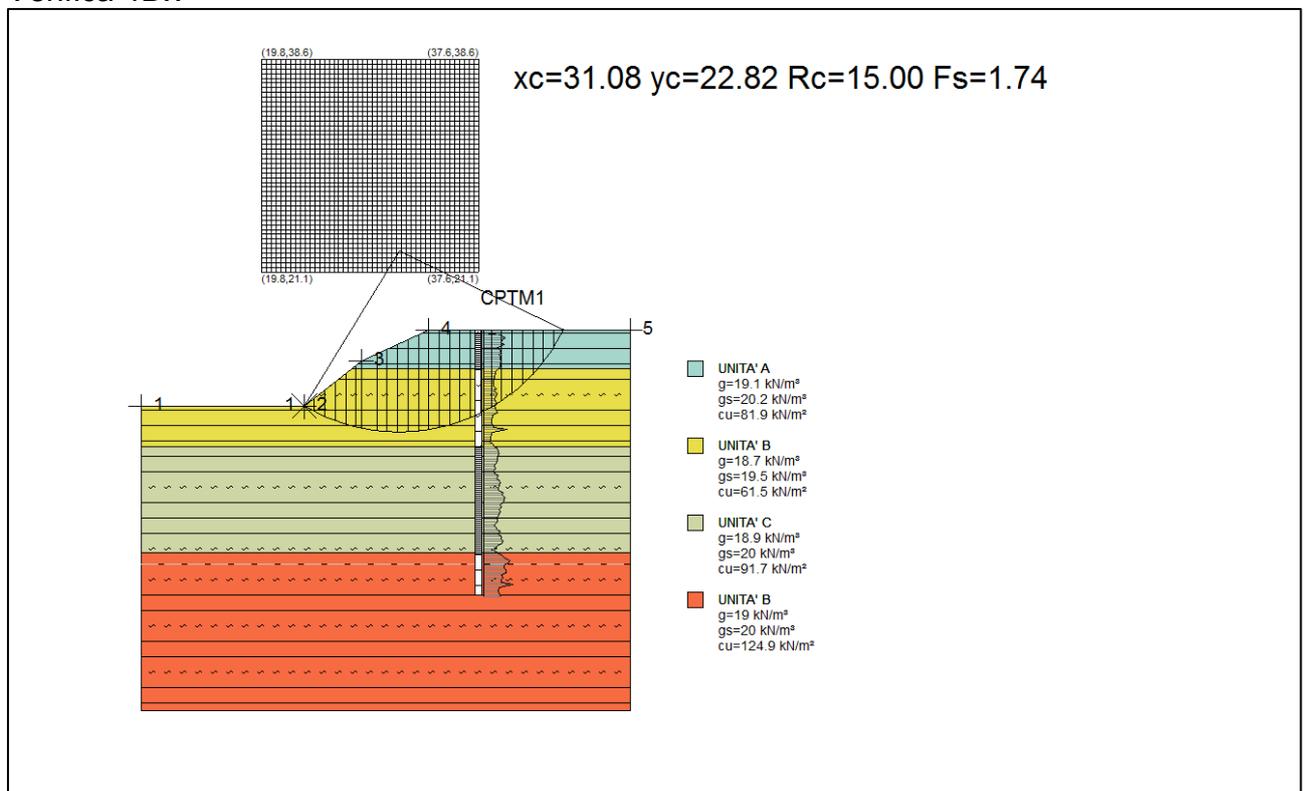


Condizione dinamica con $\phi' = 0 - cu > 0$

Verifica 3Dx



Verifica 4Dx



18.2 Argine sinistro (prova CPTM2)**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	10.0	10.0
2	23.3	10.0
3	28.2	13.4
4	35.2	17.3
5	37.7	17.3
6	37.9	17.7
7	39.3	17.9
8	49.0	18.2

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	10.0	10.0
2	23.3	10.0
3	27.6	13.0
4	49.0	13.0

Vertici strato2

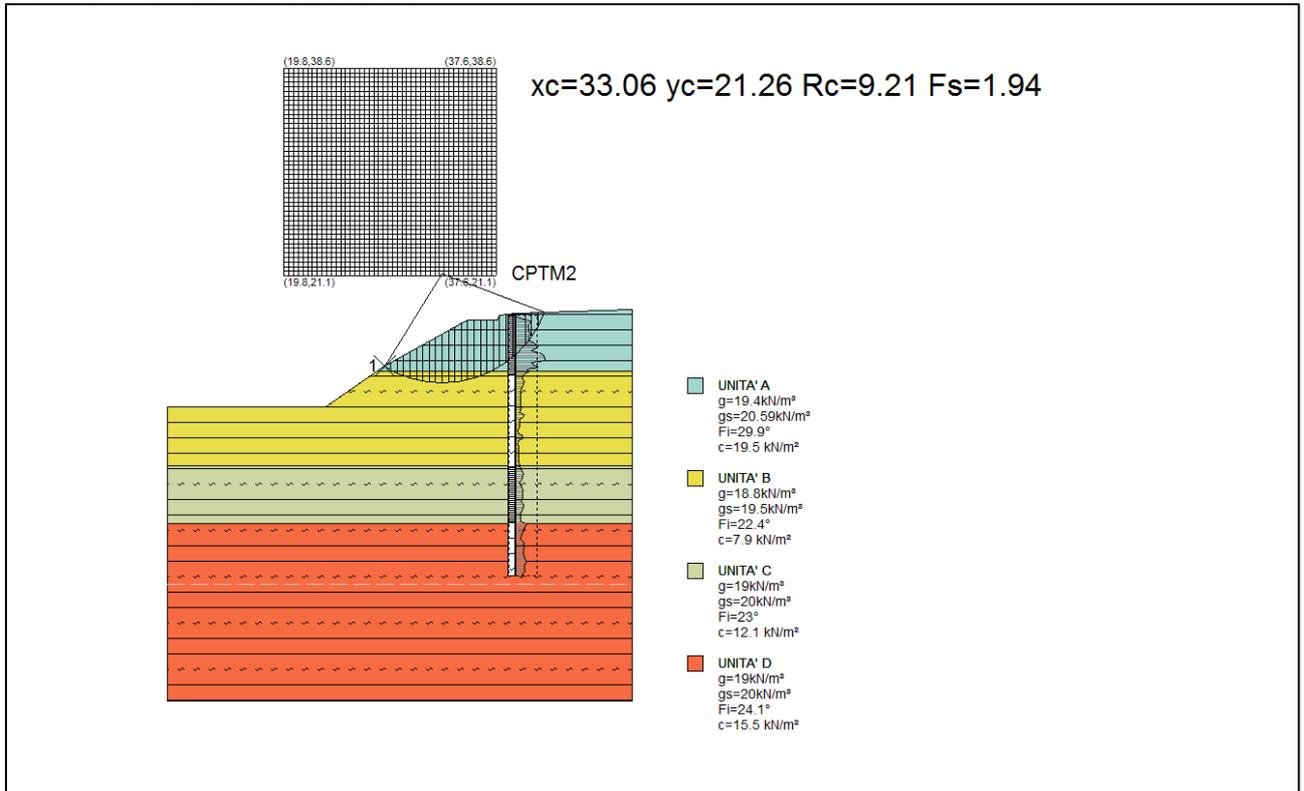
N	X (m)	y (m)
1	10.0	5.0
2	49.0	5.05

Vertici strato3

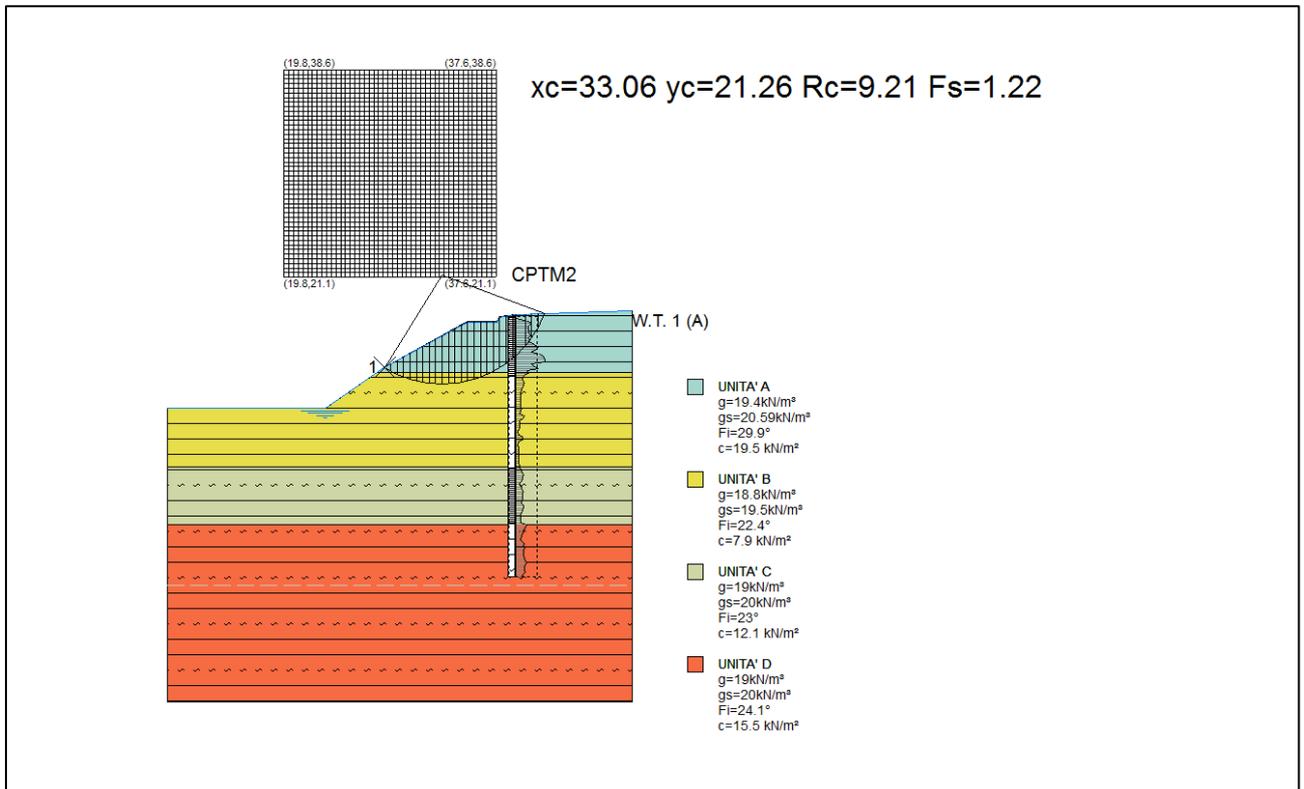
N	X (m)	y (m)
1	10.0	-4.03
2	49.0	-4.03

VERIFICA 1Sx condizione statica con $\phi' > 0 - c' > 0$

Verifica 1Sx terreno asciutto

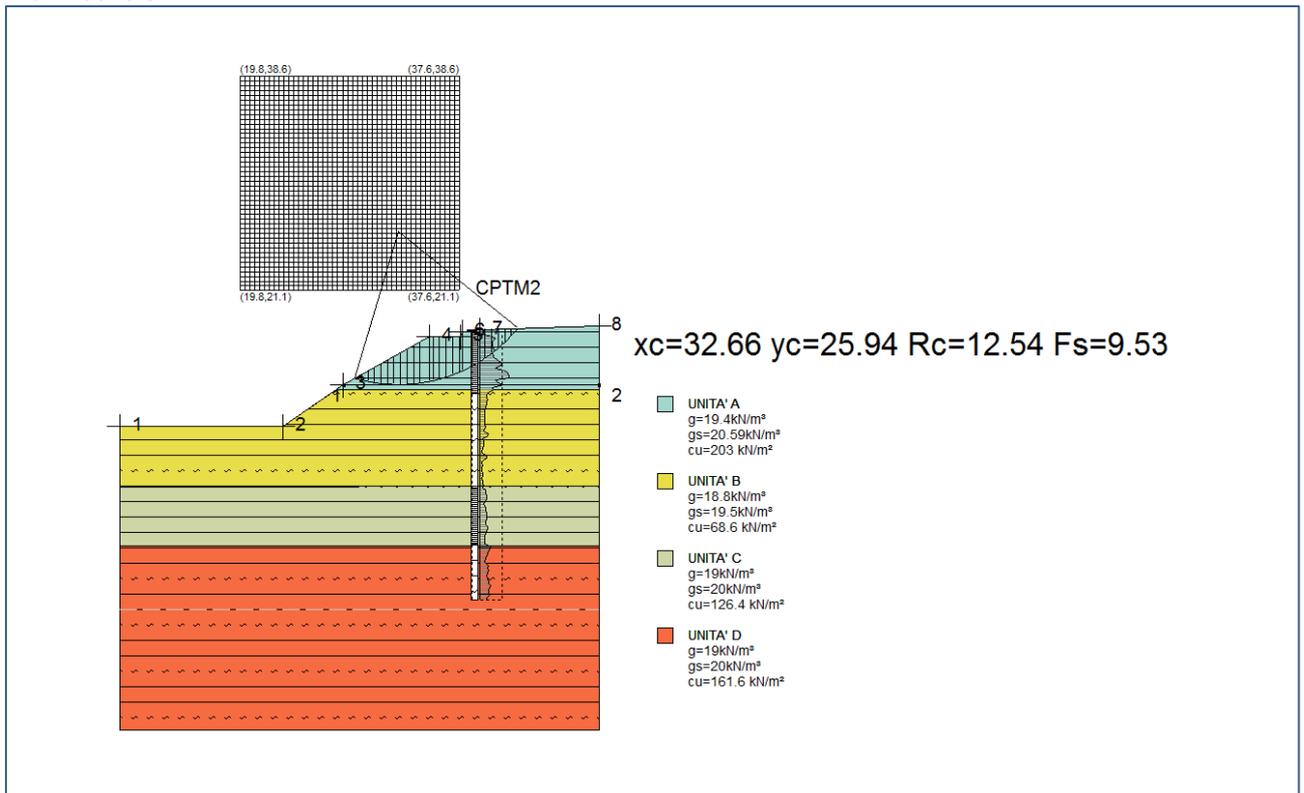


Verifica 2Sx terreno saturo

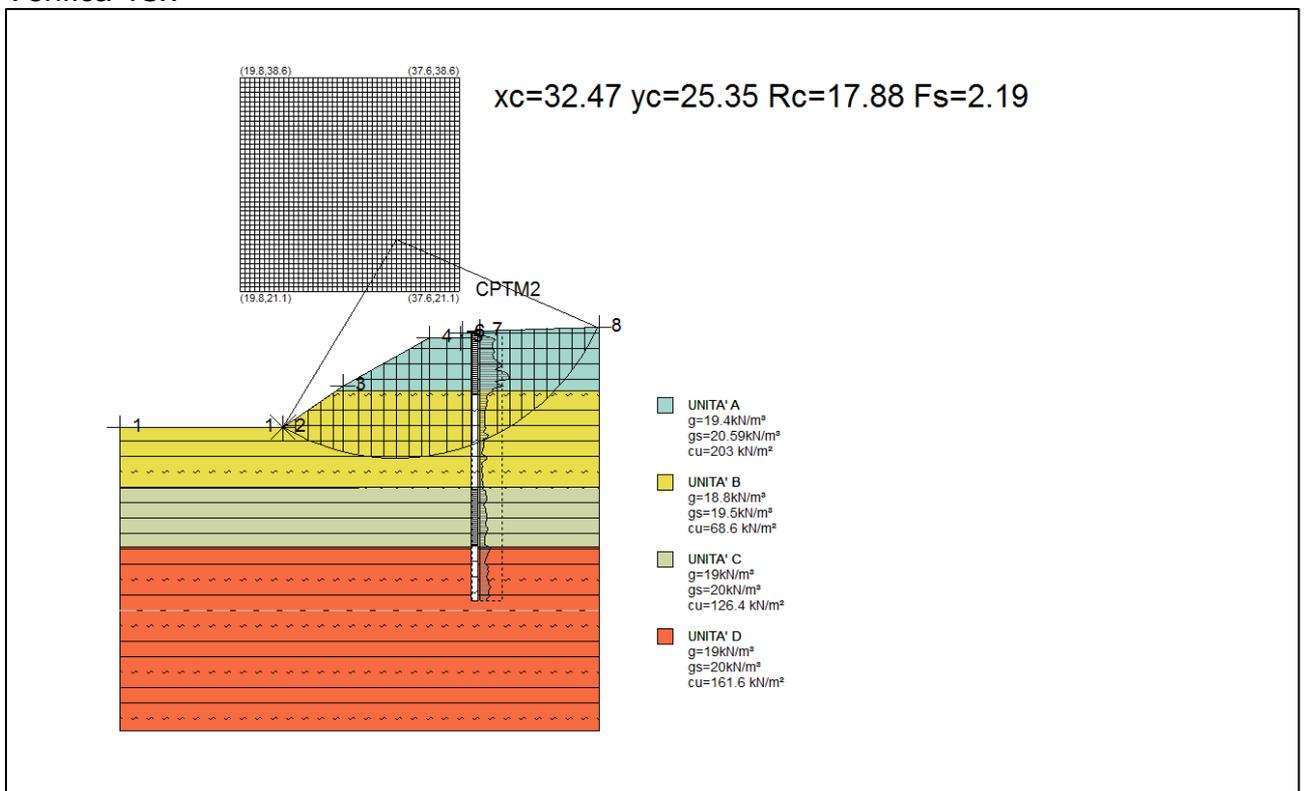


Condizione dinamica con $\phi' = 0 - cu > 0$

Verifica 3Sx



Verifica 4Sx



Dott. Geologo. Rodolfo Baroncioni

Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

Via Cupa n° 4 48015 Castiglione di Cervia (Ra) Tel. 0544.951493 – 335.7075837

19. CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA' DEGLI ARGINI

Per la classificazione della stabilità e del rischio si assumono i seguenti intervalli:

intervallo	condizione	Rischio
FS <= 1.01	Instabile e/o stabilità apparente	Molto Alto (MA)
1,01 FS <=1,20	Stabilità molto precaria	Alto (A)
1,20 < FS <= 1,45	Stabilità precaria	medio alto (ma)
1,45 < FS <= 1,75	Stabilità sufficiente	medio basso (mb)
1,75 < FS <= 2.05	Stabilità discreta	Basso (B)
2.05 < FS <= 3.00	Stabilità alta	Molto Basso (MB)
FS > 3.00	Stabilità molto alta	Improbabile (IM)

Tab.8

Di seguito, in forma tabellare, si riportano le sintesi delle verifiche sia in condizione statica e sia in quella dinamica (pseudostatica):

Verifica	FS _{min}	Condizione di stabilità	Rischio
1Dx	1.93	discreta	B
2Dx	1.36	precaria	ma
3Dx	6.75	molto alta	IM
4Dx	1.74	sufficiente/discreta	mb/B
1Sx	1.94	discreta	B
2Sx	1.22	precaria	ma
3Sx	9.53	Molto alta	IM
4sx	2.19	alta	Mb

Tab.9

Le verifiche analitiche nella situazione statica mostrano una condizione di limitata stabilità (rischio medio alto) della parte di argine non protetta nel caso in cui questa sia soggetta a completa saturazione (verifiche 2Dx e 2Sx), mentre nel caso di terreno asciutto il rischio è da considerarsi basso. In condizione sismiche i coefficienti indicano un contesto di stabilità molto alto per la sola parte scoperta (verifiche 3Dx e 3Sx), mentre per la totalità dell'argine (verifiche 4Dx e 4Sx) situazioni diverse: con per l'argine destro una stabilità tra il sufficiente ed il discreto e per il sinistro discreta.

Per quanto riguarda l'analisi agli spostamenti in tutti i casi è emersa un'accelerazione critica (kc) superiore a quella di progetto (ag = 0.262 stato SLV) da cui ne deriva che sono nulli:

Verifica	Accelerazione critica (Kc)
3Dx	0.501
4Dx	0.318
3Sx	0.501
4sx	0.501

Tab.10

20. CONSIDERAZIONI FINALI

Nei paragrafi precedenti sono state indicate le indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel lotto, e sono state messe in evidenza le caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito in oggetto.

In ultima analisi si riassumono di seguito i risultati dello studio, descritti nei rispettivi capitoli, ai quali si rimanda per un maggior dettaglio.

- **CONTESTO GEOLOGICO** I terreni del lotto sono assimilabili ad un deposito alluvionale prevalentemente argilloso e/o argilloso limoso al tetto molto sovraconsolidato, in una condizione di medio compatta/compatta.
- **CONTESTO GEOTECNICO** gli esiti delle prove penetrometriche hanno permesso di suddividere la successione stratigrafica superficiale locale in unità, per le quali sono stati stimati i principali parametri geotecnici caratteristici.
- **CONTESTO IDROGEOLOGICO** il deposito è sede di una falda freatica stabile attestata alla profondità di 4.60/5.90 m. La presenza in superficie di terreni a matrice prevalentemente argillosa limita la filtrazione verticale delle acque meteoriche le quali refluiscono nell'adiacente torrente AUSA. La recente perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (Fig. 13.2) indica per la zona in sinistra idraulica la probabilità di inondazioni poco frequenti, mentre per quella in destra nessun rischio.
- **PERICOLOSITA' SISMICA** con l'indagine geofisica di superficie tipo HVSR è stata valutata la frequenza di sito e la propagazione delle onde di taglio (Vs). L'esito di questa analisi ha permesso di assimilare il suolo alla categoria "C".
- **LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI** : la presenza di terreni essenzialmente argillosi esclude la probabilità di liquefazione.
- **STABILITA' DEGLI ARGINI:** al momento dei rilievi gli argini apparivano in ottimo stato e privi di segni di dissesto in atto e/o quiescenti. Questa condizione è confermata anche dalle verifiche analitiche le quali solo, per la parte non ricoperta, in uno stato di completa saturazione, hanno individuato una condizione di stabilità precaria a cui è associato un rischio medio alto.

Dott. Geologo Rodolfo Baroncioni
Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

APPENDICE 1

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
CPTM**

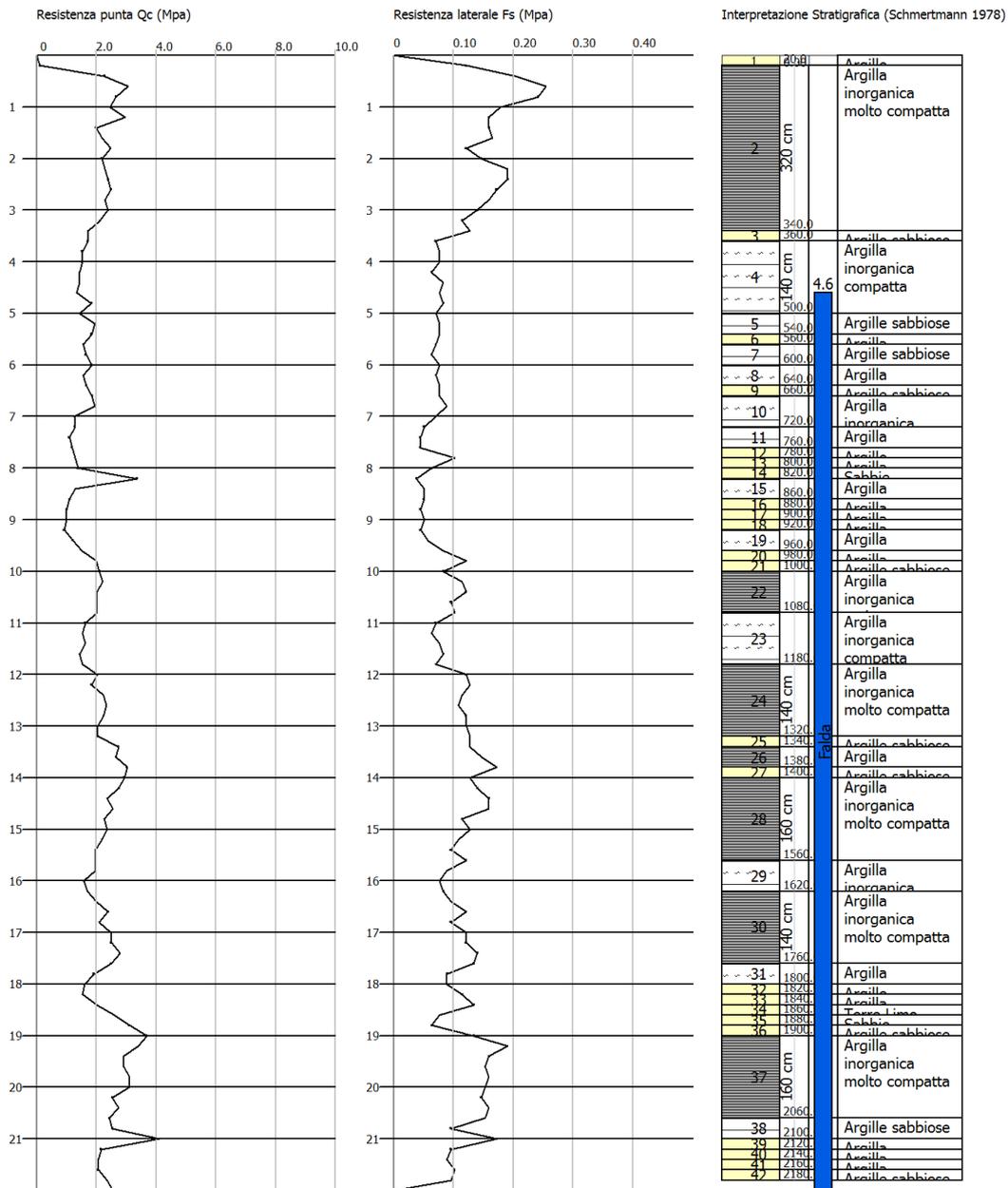
GRAFICI E TABULATI

INTERGEO s.r.l.
 Servizi Geologici
 RSM

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
 Cantiere: Ponte ciclopedonale
 Località: Rimini

Data: 04/11/2021



Scala profondità 1:112 - Qc: 1 cm=1.95 Mpa - Fs: 1 cm=0.1 Mpa -

Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.10	0.2	0.1116	0.12425	0.898	111.3
0.40	2.26	4.1	2.269063	0.209176	10.848	9.2
0.60	3.04	6.2	3.053595	0.261543	11.675	8.6
0.80	2.65	6.6	2.661329	0.248402	10.714	9.3
1.00	2.45	6.2	2.465196	0.18309	13.464	7.4
1.20	2.94	5.7	2.969061	0.163477	18.162	5.5
1.40	1.96	4.4	1.988396	0.163477	12.163	8.2
1.60	2.16	4.6	2.184529	0.169949	12.854	7.8
1.80	2.45	5.0	2.478729	0.12425	19.95	5.0
2.00	2.16	4.0	2.184529	0.150336	14.531	6.9
2.20	2.26	4.5	2.296129	0.196133	11.707	8.5
2.40	2.35	5.3	2.394196	0.196133	12.207	8.2
2.60	2.45	5.4	2.492262	0.17652	14.119	7.1
2.80	2.26	4.9	2.296129	0.163477	14.046	7.1
3.00	2.35	4.8	2.394196	0.143864	16.642	6.0
3.20	2.06	4.2	2.113529	0.11768	17.96	5.6
3.40	1.67	3.4	1.721263	0.130723	13.167	7.6
3.60	1.67	3.6	1.721263	0.071883	23.945	4.2
3.80	1.47	2.5	1.52513	0.078453	19.44	5.1
4.00	1.47	2.6	1.52513	0.078453	19.44	5.1
4.20	1.37	2.5	1.440597	0.06541	22.024	4.5
4.40	1.37	2.4	1.440597	0.085024	16.943	5.9
4.60	1.27	2.5	1.34253	0.078453	17.113	5.8
4.80	1.77	2.9	1.832863	0.085024	21.557	4.6
5.00	1.37	2.6	1.440597	0.071883	20.041	5.0
5.20	1.86	2.9	1.944463	0.078453	24.785	4.0
5.40	1.77	2.9	1.846396	0.078453	23.535	4.2
5.60	1.47	2.6	1.552197	0.071883	21.593	4.6
5.80	1.57	2.6	1.650263	0.06541	25.23	4.0
6.00	1.77	2.7	1.846396	0.078453	23.535	4.2
6.20	1.47	2.6	1.56573	0.071883	21.782	4.6
6.40	1.57	2.6	1.663796	0.078453	21.208	4.7
6.60	1.77	2.9	1.859929	0.078453	23.708	4.2
6.80	1.86	3.0	1.957996	0.091496	21.4	4.7
7.00	1.18	2.5	1.27153	0.071883	17.689	5.7
7.20	1.18	2.3	1.285063	0.052269	24.586	4.1
7.40	0.98	1.8	1.08893	0.045797	23.777	4.2
7.60	1.08	1.8	1.186997	0.045797	25.919	3.9
7.80	1.18	1.9	1.285063	0.104637	12.281	8.1
8.00	1.27	2.8	1.38313	0.06541	21.146	4.7
8.20	3.24	4.2	3.357993	0.039227	85.604	1.2
8.40	1.18	1.8	1.298597	0.052269	24.844	4.0
8.60	0.98	1.8	1.102464	0.052269	21.092	4.7
8.80	0.88	1.7	1.004397	0.045797	21.932	4.6
9.00	0.88	1.6	1.004397	0.052269	19.216	5.2
9.20	0.78	1.6	0.919864	0.045797	20.086	5.0
9.40	1.08	1.8	1.214063	0.05884	20.633	4.8
9.60	1.37	2.3	1.508263	0.085024	17.739	5.6
9.80	1.86	3.1	1.998595	0.12425	16.085	6.2
10.00	1.96	3.8	2.096662	0.085024	24.66	4.1

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
10.20	2.06	3.3	2.208261	0.11768	18.765	5.3
10.40	1.86	3.6	2.012128	0.12425	16.194	6.2
10.60	1.86	3.7	2.012128	0.098067	20.518	4.9
10.80	1.86	3.3	2.012128	0.104637	19.23	5.2
11.00	1.47	3.0	1.619862	0.071883	22.535	4.4
11.20	1.37	2.5	1.535329	0.06541	23.472	4.3
11.40	1.47	2.5	1.633396	0.078453	20.82	4.8
11.60	1.27	2.5	1.437263	0.085024	16.904	5.9
11.80	1.37	2.6	1.535329	0.071883	21.359	4.7
12.00	1.86	2.9	2.025662	0.12425	16.303	6.1
12.20	1.67	3.5	1.843062	0.130723	14.099	7.1
12.40	2.06	4.0	2.235328	0.11768	18.995	5.3
12.60	2.16	3.9	2.333394	0.111109	21.001	4.8
12.80	2.06	3.7	2.235328	0.12425	17.991	5.6
13.00	1.86	3.7	2.039195	0.12425	16.412	6.1
13.20	1.86	3.7	2.052728	0.130723	15.703	6.4
13.40	2.55	4.5	2.739194	0.130723	20.954	4.8
13.60	2.45	4.4	2.641127	0.150336	17.568	5.7
13.80	2.84	5.1	3.033393	0.17652	17.184	5.8
14.00	2.75	5.4	2.935327	0.130723	22.455	4.5
14.20	2.55	4.5	2.752727	0.143864	19.134	5.2
14.40	2.16	4.3	2.360461	0.163477	14.439	6.9
14.60	2.35	4.8	2.556594	0.163477	15.639	6.4
14.80	2.06	4.5	2.262394	0.11768	19.225	5.2
15.00	2.16	3.9	2.360461	0.130723	18.057	5.5
15.20	1.96	3.9	2.177861	0.111109	19.601	5.1
15.40	1.77	3.4	1.981728	0.098067	20.208	4.9
15.60	1.77	3.2	1.981728	0.12425	15.95	6.3
15.80	1.77	3.6	1.981728	0.091496	21.659	4.6
16.00	1.37	2.7	1.589462	0.078453	20.26	4.9
16.20	1.47	2.6	1.701062	0.085024	20.007	5.0
16.40	1.77	3.0	1.995261	0.098067	20.346	4.9
16.60	2.16	3.6	2.387527	0.12425	19.216	5.2
16.80	1.86	3.7	2.093328	0.098067	21.346	4.7
17.00	2.26	3.7	2.485594	0.12425	20.005	5.0
17.20	2.26	4.1	2.499127	0.12425	20.114	5.0
17.40	2.55	4.4	2.793326	0.143864	19.416	5.2
17.60	2.26	4.4	2.499127	0.137293	18.203	5.5
17.80	1.67	3.7	1.910728	0.091496	20.883	4.8
18.00	1.37	2.7	1.616528	0.091496	17.668	5.7
18.20	1.27	2.6	1.531995	0.11768	13.018	7.7
18.40	1.77	3.5	2.022327	0.137293	14.73	6.8
18.60	2.35	4.4	2.610726	0.078453	33.278	3.0
18.80	2.84	4.0	3.101059	0.06541	47.41	2.1
19.00	3.43	4.4	3.689458	0.137293	26.873	3.7
19.20	3.14	5.2	3.408792	0.196133	17.38	5.8
19.40	2.65	5.6	2.918459	0.163477	17.852	5.6
19.60	2.65	5.1	2.918459	0.156906	18.6	5.4
19.80	2.84	5.2	3.114592	0.163477	19.052	5.2
20.00	2.84	5.3	3.114592	0.156906	19.85	5.0
20.20	2.26	4.6	2.539726	0.150336	16.894	5.9
20.40	2.45	4.7	2.735859	0.163477	16.735	6.0
20.60	2.16	4.6	2.44166	0.156906	15.561	6.4
20.80	2.26	4.6	2.539726	0.098067	25.898	3.9
21.00	3.82	5.3	4.10879	0.17652	23.277	4.3
21.20	1.86	4.5	2.160993	0.098067	22.036	4.5
21.40	1.77	3.2	2.062927	0.091496	22.547	4.4
21.60	1.77	3.1	2.062927	0.104637	19.715	5.1
21.80	2.06	3.6	2.357126	0.098067	24.036	4.2
22.00	2.26	3.7	2.553259	0.0		0.0

Dott. Geologo. Rodolfo Baroncioni

Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

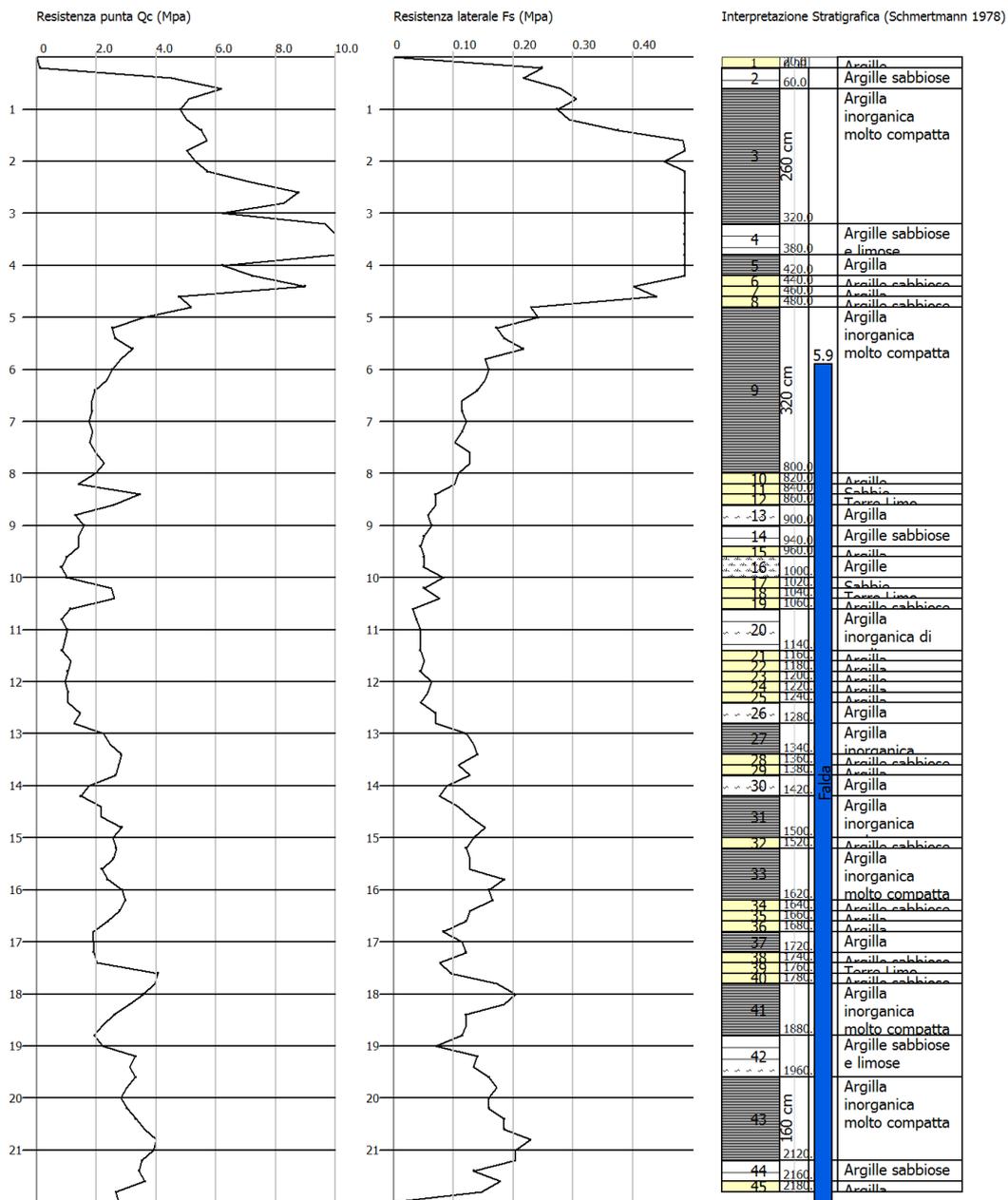
Via Cupa n° 4 48015 Castiglione di Cervia (Ra) Tel. 0544.951493 – 335.7075837

INTERGEO s.r.l.
 Servizi Geologici
 RSM

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
 Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente:
 Cantiere: Ponte ciclopedonale
 Località: Rimini

Data: 04/11/2021



Scala profondità 1:111 - Qc: 1 cm=1.95 Mpa - Fs: 1 cm=0.1 Mpa -

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.10	0.2	0.1116	0.254973	0.438	228.5
0.40	4.51	8.3	4.524592	0.222317	20.352	4.9
0.60	6.18	9.5	6.191723	0.287629	21.527	4.6
0.80	5.10	9.4	5.112991	0.313813	16.293	6.1
1.00	4.81	9.5	4.818792	0.281157	17.139	5.8
1.20	5.00	9.2	5.028458	0.30077	16.719	6.0
1.40	5.49	10.0	5.51879	0.385696	14.309	7.0
1.60	5.69	11.5	5.714923	0.496903	11.501	8.7
1.80	5.00	12.5	5.028458	0.503375	9.989	10.0
2.00	5.30	12.8	5.322657	0.464149	11.468	8.7
2.20	5.69	12.7	5.728457	0.549172	10.431	9.6
2.40	7.16	15.4	7.199454	0.575356	12.513	8.0
2.60	8.73	17.4	8.768518	0.738735	11.87	8.4
2.80	8.24	19.3	8.278186	0.588399	14.069	7.1
3.00	6.18	15.0	6.218789	0.784532	7.927	12.6
3.20	9.61	21.4	9.66465	0.693036	13.945	7.2
3.40	11.18	21.6	11.233714	0.908782	12.361	8.1
3.60	11.57	25.2	11.62598	0.941438	12.349	8.1
3.80	11.47	25.6	11.527913	0.810716	14.219	7.0
4.00	6.18	18.3	6.232322	0.627626	9.93	10.1
4.20	7.16	16.6	7.22652	0.614583	11.758	8.5
4.40	8.92	18.1	8.991718	0.411879	21.831	4.6
4.60	4.71	10.9	4.774858	0.451106	10.585	9.4
4.80	5.10	11.9	5.167124	0.23536	21.954	4.6
5.00	3.53	7.1	3.59806	0.248402	14.485	6.9
5.20	2.45	6.2	2.532862	0.17652	14.349	7.0
5.40	2.55	5.2	2.630928	0.189563	13.879	7.2
5.60	3.14	6.0	3.219327	0.222317	14.481	6.9
5.80	2.75	6.1	2.827061	0.156906	18.018	5.6
6.00	2.45	4.8	2.532862	0.163477	15.494	6.5
6.20	2.26	4.7	2.350262	0.156906	14.979	6.7
6.40	1.86	4.2	1.957996	0.143864	13.61	7.3
6.60	1.77	3.9	1.859929	0.11768	15.805	6.3
6.80	1.77	3.5	1.859929	0.11768	15.805	6.3
7.00	1.67	3.4	1.761863	0.12425	14.18	7.1
7.20	1.77	3.6	1.873462	0.11768	15.92	6.3
7.40	1.67	3.4	1.775396	0.104637	16.967	5.9
7.60	1.86	3.4	1.971529	0.130723	15.082	6.6
7.80	2.16	4.1	2.265728	0.130723	17.332	5.8
8.00	1.86	3.8	1.971529	0.111109	17.744	5.6
8.20	1.27	2.9	1.396663	0.104637	13.348	7.5
8.40	3.33	4.9	3.45606	0.071883	48.079	2.1
8.60	2.45	3.5	2.573461	0.071883	35.801	2.8
8.80	1.18	2.3	1.298597	0.05884	22.07	4.5
9.00	1.47	2.4	1.592796	0.06541	24.351	4.1
9.20	1.27	2.3	1.410196	0.052269	26.98	3.7
9.40	1.27	2.1	1.410196	0.045797	30.792	3.2
9.60	0.88	1.6	1.01793	0.052269	19.475	5.1
9.80	0.69	1.5	0.821797	0.052269	15.722	6.4
10.00	0.88	1.7	1.01793	0.085024	11.972	8.4

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
10.20	2.35	3.6	2.502461	0.052269	47.877	2.1
10.40	2.45	3.2	2.600527	0.078453	33.148	3.0
10.60	0.98	2.2	1.12953	0.032656	34.589	2.9
10.80	0.69	1.2	0.83533	0.039227	21.295	4.7
11.00	0.88	1.5	1.031463	0.045797	22.523	4.4
11.20	0.78	1.5	0.94693	0.045797	20.677	4.8
11.40	0.69	1.4	0.848864	0.045797	18.535	5.4
11.60	0.98	1.7	1.143063	0.052269	21.869	4.6
11.80	0.88	1.7	1.044997	0.045797	22.818	4.4
12.00	0.78	1.5	0.94693	0.06541	14.477	6.9
12.20	0.88	1.9	1.05853	0.05884	17.99	5.6
12.40	0.88	1.8	1.05853	0.045797	23.114	4.3
12.60	1.27	2.0	1.450796	0.071883	20.183	5.0
12.80	1.08	2.2	1.254663	0.071883	17.454	5.7
13.00	2.06	3.1	2.235328	0.12425	17.991	5.6
13.20	2.26	4.1	2.444994	0.137293	17.809	5.6
13.40	2.65	4.7	2.83726	0.143864	19.722	5.1
13.60	2.55	4.7	2.739194	0.111109	24.653	4.1
13.80	2.45	4.1	2.641127	0.130723	20.204	4.9
14.00	1.57	3.5	1.758529	0.091496	19.22	5.2
14.20	1.27	2.6	1.477862	0.078453	18.838	5.3
14.40	1.96	3.1	2.164328	0.111109	19.479	5.1
14.60	1.96	3.6	2.164328	0.130723	16.557	6.0
14.80	2.65	4.6	2.850793	0.156906	18.169	5.5
15.00	2.35	4.7	2.556594	0.137293	18.621	5.4
15.20	2.45	4.5	2.668193	0.12425	21.474	4.7
15.40	2.35	4.2	2.570127	0.130723	19.661	5.1
15.60	1.96	3.9	2.177861	0.130723	16.66	6.0
15.80	2.16	4.1	2.373994	0.189563	12.524	8.0
16.00	2.65	5.5	2.864326	0.163477	17.521	5.7
16.20	2.75	5.2	2.975926	0.169949	17.511	5.7
16.40	2.55	5.1	2.779793	0.130723	21.265	4.7
16.60	2.16	4.1	2.387527	0.12425	19.216	5.2
16.80	1.67	3.5	1.897195	0.085024	22.314	4.5
17.00	1.67	2.9	1.897195	0.11768	16.122	6.2
17.20	1.67	3.4	1.910728	0.12425	15.378	6.5
17.40	1.77	3.6	2.008794	0.078453	25.605	3.9
17.60	3.82	5.0	4.068191	0.098067	41.484	2.4
17.80	3.73	5.2	3.970124	0.17652	22.491	4.4
18.00	3.33	6.0	3.577858	0.209176	17.105	5.8
18.20	2.84	6.0	3.101059	0.189563	16.359	6.1
18.40	2.35	5.2	2.610726	0.12425	21.012	4.8
18.60	1.96	3.8	2.21846	0.12425	17.855	5.6
18.80	1.67	3.5	1.924261	0.11768	16.352	6.1
19.00	1.96	3.7	2.21846	0.071883	30.862	3.2
19.20	3.04	4.1	3.310725	0.143864	23.013	4.3
19.40	2.84	5.0	3.114592	0.137293	22.686	4.4
19.60	3.04	5.1	3.310725	0.163477	20.252	4.9
19.80	2.75	5.2	3.016526	0.17652	17.089	5.9
20.00	2.55	5.2	2.820393	0.163477	17.253	5.8
20.20	2.75	5.2	3.030059	0.163477	18.535	5.4
20.40	3.04	5.5	3.324258	0.189563	17.536	5.7
20.60	3.33	6.2	3.618458	0.189563	19.088	5.2
20.80	3.73	6.6	4.010724	0.23536	17.041	5.9
21.00	3.63	7.2	3.912657	0.209176	18.705	5.3
21.20	3.24	6.4	3.533924	0.209176	16.895	5.9
21.40	3.14	6.3	3.435858	0.137293	25.026	4.0
21.60	3.33	5.4	3.631991	0.18309	19.837	5.0
21.80	2.35	5.1	2.651326	0.150336	17.636	5.7
22.00	2.45	4.7	2.749392	0.0		0.0

APPENDICE 2

STABILITA' ARGINI

TABULATI VERIFICHE

LOCALITA': Rimini Relazione: geologica -Caratterizzazione geotecnica dei terreni modellazione sismica**VERIFICA 1DX condizione statica porzione di argine non ricoperto terreno asciutto****c = 29.306 yc = 21.065 Rc = 7.48 Fs=1.932**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.28	-9.0	0.29	0.49	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	0.7	1.1
2	0.28	-6.8	0.28	1.42	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	1.6	1.2
3	0.28	-4.6	0.28	2.3	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	2.4	1.3
4	0.28	-2.4	0.28	3.11	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	3.2	1.5
5	0.28	-0.3	0.28	3.87	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	3.9	1.6
6	0.28	1.9	0.28	4.57	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	4.5	1.7
7	0.28	4.1	0.28	5.21	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	5.1	1.8
8	0.28	6.3	0.28	5.8	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	5.6	1.9
9	0.28	8.4	0.29	6.32	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	6.1	2.0
10	0.28	10.6	0.29	6.79	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	6.5	2.1
11	0.28	12.9	0.29	7.19	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	6.9	2.2
12	0.28	15.1	0.29	7.54	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	7.2	2.3
13	0.28	17.3	0.3	7.81	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	7.5	2.3
14	0.28	19.6	0.3	8.03	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	7.7	2.4
15	0.28	22.0	0.3	8.17	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	7.9	2.5
16	0.28	24.3	0.31	8.24	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	8.0	2.6
17	0.28	26.7	0.32	8.23	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	8.0	2.7
18	0.28	29.2	0.32	8.14	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	8.0	2.8
19	0.41	32.3	0.48	11.43	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	11.3	4.1
20	0.16	34.8	0.19	4.13	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	4.1	1.6
21	0.28	36.9	0.35	6.57	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	6.5	2.8
22	0.28	39.7	0.37	5.36	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	5.2	2.7
23	0.28	42.6	0.38	4.02	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	3.7	2.6
24	0.28	45.6	0.4	2.55	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	1.9	2.4
25	0.28	48.8	0.43	0.9	0.0	0.0	6.96	19.9	0.0	-0.2	2.1

VERIFICA 2DX condizione statica porzione di argine non ricoperto terreno saturo**xc = 29.701 yc = 21.065 Rc = 7.559 Fs=1.361**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.3	-11.8	0.31	0.64	0.0	0.0	6.96	19.9	0.3	0.7	1.6
2	0.3	-9.5	0.31	1.86	0.0	0.0	6.96	19.9	0.9	1.3	1.8
3	0.3	-7.2	0.31	3.01	0.0	0.0	6.96	19.9	1.4	1.8	1.9
4	0.3	-4.9	0.3	4.08	0.0	0.0	6.96	19.9	1.9	2.3	2.0
5	0.3	-2.6	0.3	5.07	0.0	0.0	6.96	19.9	2.4	2.7	2.1
6	0.3	-0.3	0.3	5.99	0.0	0.0	6.96	19.9	2.9	3.1	2.2
7	0.3	2.0	0.3	6.84	0.0	0.0	6.96	19.9	3.3	3.5	2.2
8	0.3	4.3	0.3	7.61	0.0	0.0	6.96	19.9	3.7	3.8	2.3
9	0.3	6.6	0.3	8.31	0.0	0.0	6.96	19.9	4.0	4.1	2.4
10	0.3	8.9	0.31	8.93	0.0	0.0	6.96	19.9	4.3	4.3	2.5
11	0.3	11.3	0.31	9.48	0.0	0.0	6.96	19.9	4.6	4.5	2.6
12	0.3	13.6	0.31	9.95	0.0	0.0	6.96	19.9	4.8	4.7	2.7
13	0.3	16.0	0.31	10.33	0.0	0.0	6.96	19.9	5.0	4.8	2.7
14	0.3	18.4	0.32	10.63	0.0	0.0	6.96	19.9	5.1	4.9	2.8
15	0.3	20.8	0.32	10.85	0.0	0.0	6.96	19.9	5.2	5.0	2.9
16	0.3	23.3	0.33	10.97	0.0	0.0	6.96	19.9	5.3	5.0	3.0
17	0.3	25.8	0.34	11.0	0.0	0.0	6.96	19.9	5.3	5.0	3.1
18	0.35	28.6	0.4	12.74	0.0	0.0	6.96	19.9	6.1	5.7	3.7
19	0.25	31.3	0.3	8.63	0.0	0.0	6.96	19.9	4.2	3.8	2.7
20	0.3	33.8	0.36	9.28	0.0	0.0	6.96	19.9	4.5	4.0	3.2
21	0.3	36.6	0.38	7.97	0.0	0.0	6.96	19.9	3.8	3.3	3.2
22	0.3	39.5	0.39	6.52	0.0	0.0	6.96	19.9	3.1	2.4	3.1
23	0.3	42.6	0.41	4.91	0.0	0.0	6.96	19.9	2.4	1.4	3.1
24	0.3	45.8	0.43	3.12	0.0	0.0	6.96	19.9	1.5	0.2	3.0
25	0.3	49.2	0.46	1.1	0.0	0.0	6.96	19.9	0.5	-1.2	2.8

Dott. Geologo. Rodolfo Baroncioni

Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

Via Cupa n° 4 48015 Castiglione di Cervia (Ra) Tel. 0544.951493 – 335.7075837

VERIFICA 3DX condizione con sisma porzione di argine non ricoperto**c = 30.886 yc = 21.065 Rc = 7.365 Fs=6.747**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.31	-16.0	0.32	0.76	0.05	0.02	58.5	0.0	0.0	1.5	2.7
2	0.31	-13.5	0.32	2.21	0.14	0.07	58.5	0.0	0.0	2.9	2.6
3	0.31	-11.0	0.32	3.56	0.22	0.11	58.5	0.0	0.0	4.1	2.6
4	0.31	-8.5	0.32	4.83	0.3	0.15	58.5	0.0	0.0	5.3	2.5
5	0.31	-6.1	0.31	6.01	0.38	0.19	58.5	0.0	0.0	6.3	2.5
6	0.31	-3.6	0.31	7.11	0.45	0.23	58.5	0.0	0.0	7.3	2.5
7	0.31	-1.2	0.31	8.12	0.51	0.26	58.5	0.0	0.0	8.2	2.5
8	0.31	1.2	0.31	9.05	0.57	0.29	58.5	0.0	0.0	9.0	2.5
9	0.31	3.6	0.31	9.9	0.62	0.32	58.5	0.0	0.0	9.8	2.5
10	0.31	6.1	0.31	10.66	0.67	0.34	58.5	0.0	0.0	10.5	2.5
11	0.31	8.5	0.32	11.34	0.71	0.36	58.5	0.0	0.0	11.1	2.5
12	0.31	11.0	0.32	11.93	0.75	0.38	58.5	0.0	0.0	11.7	2.6
13	0.31	13.5	0.32	12.43	0.78	0.4	58.5	0.0	0.0	12.2	2.6
14	0.31	16.0	0.32	12.85	0.81	0.41	58.5	0.0	0.0	12.6	2.7
15	0.43	19.0	0.46	18.23	1.15	0.58	58.5	0.0	0.0	18.0	3.8
16	0.19	21.6	0.21	8.14	0.51	0.26	58.5	0.0	0.0	8.1	1.8
17	0.31	23.7	0.34	12.46	0.79	0.4	58.5	0.0	0.0	12.4	2.9
18	0.31	26.4	0.35	11.54	0.73	0.37	58.5	0.0	0.0	11.5	3.1
19	0.31	29.2	0.36	10.51	0.66	0.34	58.5	0.0	0.0	10.5	3.2
20	0.31	32.0	0.37	9.35	0.59	0.3	58.5	0.0	0.0	9.2	3.4
21	0.31	34.9	0.38	8.05	0.51	0.26	58.5	0.0	0.0	7.7	3.7
22	0.31	37.9	0.4	6.6	0.42	0.21	58.5	0.0	0.0	5.9	4.0
23	0.31	41.1	0.41	4.98	0.31	0.16	58.5	0.0	0.0	3.8	4.3
24	0.31	44.4	0.44	3.17	0.2	0.1	58.5	0.0	0.0	1.1	4.8
25	0.31	47.9	0.47	1.12	0.07	0.04	58.5	0.0	0.0	-2.4	5.5

VERIFICA 4DX condizione con sisma argine intero**xc = 31.083 yc = 22.819 Rc = 14.997 Fs=1.743**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.85	-29.4	0.98	9.7	0.61	0.31	43.93	0.0	0.0	23.8	25.7
2	0.85	-25.7	0.95	28.21	1.78	0.9	43.93	0.0	0.0	41.8	24.0
3	0.85	-22.2	0.92	45.62	2.87	1.46	43.93	0.0	0.0	57.8	22.8
4	0.85	-18.7	0.9	62.02	3.91	1.98	43.93	0.0	0.0	72.4	21.7
5	0.85	-15.3	0.88	77.47	4.88	2.48	43.93	0.0	0.0	85.8	21.0
6	0.44	-12.7	0.45	46.14	2.91	1.48	43.93	0.0	0.0	49.6	10.7
7	1.26	-9.4	1.28	147.68	9.3	4.73	43.93	0.0	0.0	154.6	29.7
8	0.85	-5.3	0.86	110.6	6.97	3.54	43.93	0.0	0.0	112.9	19.7
9	0.85	-2.1	0.85	118.44	7.46	3.79	43.93	0.0	0.0	119.2	19.5
10	0.85	1.2	0.85	125.48	7.91	4.02	43.93	0.0	0.0	125.1	19.5
11	0.85	4.4	0.85	131.71	8.3	4.21	43.93	0.0	0.0	130.6	19.6
12	0.83	7.7	0.84	134.06	8.45	4.29	43.93	0.0	0.0	132.7	19.4
13	0.87	11.0	0.89	141.19	8.89	4.52	43.93	0.0	0.0	139.9	20.7
14	0.85	14.3	0.88	134.93	8.5	4.32	43.93	0.0	0.0	134.1	20.8
15	0.85	17.7	0.89	130.87	8.25	4.19	43.93	0.0	0.0	130.8	21.5
16	0.85	21.2	0.91	125.88	7.93	4.03	43.93	0.0	0.0	126.9	22.4
17	0.85	24.7	0.94	119.9	7.55	3.84	43.93	0.0	0.0	122.1	23.7
18	0.85	28.4	0.97	112.84	7.11	3.61	43.93	0.0	0.0	116.3	25.2
19	0.85	32.1	1.01	104.6	6.59	3.35	43.93	0.0	0.0	109.0	27.2
20	0.85	36.1	1.05	95.04	5.99	3.04	43.93	0.0	0.0	100.0	29.9
21	0.85	40.2	1.11	83.95	5.29	2.69	43.93	0.0	0.0	88.3	33.5
22	0.85	44.6	1.2	71.05	4.48	2.27	43.93	0.0	0.0	72.8	38.5
23	0.85	49.4	1.31	55.91	3.52	1.79	43.93	0.0	0.0	50.9	46.1
24	0.85	54.7	1.47	37.2	2.34	1.19	58.5	0.0	0.0	0.8	77.9
25	0.85	60.9	1.75	14.05	0.89	0.45	58.5	0.0	0.0	-67.0	109.8

Dott. Geologo. Rodolfo Baroncioni

Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

Via Cupa n° 4 48015 Castiglione di Cervia (Ra) Tel. 0544.951493 – 335.7075837

VERIFICA 1SX condizione statica porzione di argine non ricoperto terreno asciutto

$c = 33.058 \quad y_c = 21.26 \quad R_c = 9.214 \quad F_s = 1.943$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.54	-29.7	0.62	3.22	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	7.2	7.0
2	0.54	-25.9	0.6	9.29	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	12.1	4.0
3	0.54	-22.3	0.58	14.84	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	17.9	4.8
4	0.54	-18.7	0.57	20.0	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	22.9	5.5
5	0.54	-15.2	0.56	24.77	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	27.3	6.1
6	0.54	-11.7	0.55	29.2	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	31.2	6.6
7	0.54	-8.4	0.54	33.28	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	34.7	7.0
8	0.54	-5.0	0.54	37.04	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	37.8	7.5
9	0.54	-1.6	0.54	40.48	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	40.7	7.9
10	0.54	1.7	0.54	43.6	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	43.4	8.3
11	0.54	5.1	0.54	46.4	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	45.8	8.7
12	0.54	8.4	0.54	48.88	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	48.1	9.1
13	0.52	11.8	0.53	49.6	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	48.8	9.3
14	0.55	15.2	0.57	52.63	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	51.9	10.1
15	0.54	18.8	0.57	49.54	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	49.2	9.8
16	0.54	22.3	0.58	47.5	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	47.6	9.8
17	0.54	26.0	0.6	45.07	0.0	0.0	6.32	18.2	0.0	45.8	9.8
18	0.53	29.8	0.62	41.9	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	40.7	15.3
19	0.54	33.7	0.65	43.44	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	42.9	16.8
20	0.54	37.9	0.68	39.98	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	40.1	17.2
21	0.32	41.3	0.43	22.12	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	22.4	10.6
22	0.75	46.0	1.08	44.73	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	46.0	25.6
23	0.54	52.1	0.88	24.41	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	24.7	19.1
24	0.54	58.0	1.01	16.59	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	14.5	19.8
25	0.54	65.1	1.28	6.51	0.0	0.0	15.6	24.7	0.0	-3.2	20.5

VERIFICA 2SX condizione statica porzione di argine non ricoperto terreno saturo

$xc = 33.058 \quad yc = 21.26 \quad R_c = 9.214 \quad F_s = 1.223$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.54	-29.7	0.62	3.42	0.0	0.0	15.6	24.7	1.6	7.7	11.3
2	0.54	-25.9	0.6	9.85	0.0	0.0	6.32	18.2	4.7	8.1	5.3
3	0.54	-22.3	0.58	15.68	0.0	0.0	6.32	18.2	7.5	11.1	5.9
4	0.54	-18.7	0.57	21.1	0.0	0.0	6.32	18.2	10.1	13.6	6.3
5	0.54	-15.2	0.56	26.13	0.0	0.0	6.32	18.2	12.6	15.8	6.7
6	0.54	-11.7	0.55	30.79	0.0	0.0	6.32	18.2	14.8	17.8	7.1
7	0.54	-8.4	0.54	35.11	0.0	0.0	6.32	18.2	16.9	19.5	7.4
8	0.54	-5.0	0.54	39.09	0.0	0.0	6.32	18.2	18.8	21.0	7.7
9	0.54	-1.6	0.54	42.73	0.0	0.0	6.32	18.2	20.6	22.4	8.0
10	0.54	1.7	0.54	46.04	0.0	0.0	6.32	18.2	22.2	23.6	8.3
11	0.54	5.1	0.54	49.02	0.0	0.0	6.32	18.2	23.6	24.8	8.6
12	0.54	8.4	0.54	51.66	0.0	0.0	6.32	18.2	24.8	25.9	9.0
13	0.52	11.8	0.53	52.46	0.0	0.0	6.32	18.2	25.2	26.0	9.1
14	0.55	15.2	0.57	55.7	0.0	0.0	6.32	18.2	26.7	27.5	9.8
15	0.54	18.8	0.57	52.46	0.0	0.0	6.32	18.2	25.1	25.9	9.5
16	0.54	22.3	0.58	50.35	0.0	0.0	6.32	18.2	24.0	24.9	9.5
17	0.54	26.0	0.6	47.82	0.0	0.0	6.32	18.2	22.7	23.7	9.6
18	0.53	29.8	0.62	44.46	0.0	0.0	15.6	24.7	21.1	19.1	15.7
19	0.54	33.7	0.65	46.1	0.0	0.0	15.6	24.7	21.9	19.6	17.1
20	0.54	37.9	0.68	42.42	0.0	0.0	15.6	24.7	20.2	17.4	17.5
21	0.32	41.3	0.43	23.47	0.0	0.0	15.6	24.7	11.1	9.3	10.8
22	0.75	46.0	1.08	47.47	0.0	0.0	15.6	24.7	22.5	16.9	26.4
23	0.54	52.1	0.88	25.9	0.0	0.0	15.6	24.7	12.3	6.3	20.0
24	0.54	58.0	1.01	17.6	0.0	0.0	15.6	24.7	8.3	-0.9	21.6
25	0.54	65.1	1.28	6.9	0.0	0.0	15.6	24.7	3.2	-13.4	24.4

Dott. Geologo. Rodolfo Baroncioni

Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

Via Cupa n° 4 48015 Castiglione di Cervia (Ra) Tel. 0544.951493 – 335.7075837

VERIFICA 3SX condizione con sisma porzione di argine non ricoperto**xc = 32.663 yc = 25.936 Rc = 12.536 Fs=9.528**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0.53	-15.2	0.55	2.43	0.15	0.08	145.0	0.0	0.0	4.6	7.9
2	0.53	-12.7	0.54	7.08	0.45	0.23	145.0	0.0	0.0	8.9	7.7
3	0.53	-10.2	0.54	11.47	0.72	0.37	145.0	0.0	0.0	13.0	7.6
4	0.53	-7.8	0.53	15.6	0.98	0.5	145.0	0.0	0.0	16.8	7.5
5	0.53	-5.3	0.53	19.48	1.23	0.62	145.0	0.0	0.0	20.3	7.4
6	0.53	-2.9	0.53	23.12	1.46	0.74	145.0	0.0	0.0	23.5	7.3
7	0.53	-0.5	0.53	26.51	1.67	0.85	145.0	0.0	0.0	26.6	7.3
8	0.53	2.0	0.53	29.65	1.87	0.95	145.0	0.0	0.0	29.4	7.3
9	0.53	4.4	0.53	32.55	2.05	1.04	145.0	0.0	0.0	32.1	7.4
10	0.53	6.8	0.53	35.2	2.22	1.13	145.0	0.0	0.0	34.6	7.4
11	0.78	9.9	0.8	56.43	3.56	1.81	145.0	0.0	0.0	55.4	11.2
12	0.28	12.3	0.28	20.51	1.29	0.66	145.0	0.0	0.0	20.1	4.0
13	0.53	14.2	0.55	38.36	2.42	1.23	145.0	0.0	0.0	37.7	7.8
14	0.53	16.7	0.55	36.76	2.32	1.18	145.0	0.0	0.0	36.1	8.0
15	0.53	19.3	0.56	34.88	2.2	1.12	145.0	0.0	0.0	34.2	8.2
16	0.53	21.9	0.57	32.71	2.06	1.05	145.0	0.0	0.0	32.1	8.5
17	0.3	23.9	0.33	18.32	1.15	0.59	145.0	0.0	0.0	18.0	5.0
18	0.75	26.6	0.84	47.03	2.96	1.5	145.0	0.0	0.0	46.7	13.1
19	0.65	30.3	0.75	36.51	2.3	1.17	145.0	0.0	0.0	36.2	12.0
20	0.41	33.1	0.49	21.1	1.33	0.68	145.0	0.0	0.0	20.7	8.2
21	0.53	35.7	0.65	23.62	1.49	0.76	145.0	0.0	0.0	22.6	11.1
22	0.53	38.8	0.68	19.4	1.22	0.62	145.0	0.0	0.0	17.3	12.1
23	0.53	41.9	0.71	14.68	0.92	0.47	145.0	0.0	0.0	10.9	13.2
24	0.53	45.3	0.75	9.35	0.59	0.3	145.0	0.0	0.0	2.8	14.8
25	0.53	48.9	0.81	3.32	0.21	0.11	145.0	0.0	0.0	-7.7	16.9

VERIFICA 4SX condizione con sisma argine intero**xc = 32.466 yc = 25.352 Rc = 17.88 Fs=2.193**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	1.02	-29.0	1.17	12.92	0.81	0.41	49.0	0.0	0.0	27.9	27.1
2	1.02	-25.3	1.13	37.48	2.36	1.2	49.0	0.0	0.0	52.3	25.4
3	1.02	-21.7	1.1	60.45	3.81	1.93	49.0	0.0	0.0	74.0	24.1
4	1.02	-18.2	1.08	81.98	5.16	2.62	49.0	0.0	0.0	93.5	23.0
5	0.81	-15.1	0.84	79.66	5.02	2.55	49.0	0.0	0.0	87.2	17.7
6	1.23	-11.8	1.26	142.64	8.99	4.56	49.0	0.0	0.0	151.0	26.1
7	1.02	-8.1	1.03	135.46	8.53	4.33	49.0	0.0	0.0	139.8	21.2
8	1.02	-4.8	1.03	149.75	9.43	4.79	49.0	0.0	0.0	152.0	20.9
9	1.02	-1.5	1.02	162.86	10.26	5.21	49.0	0.0	0.0	163.5	20.8
10	1.02	1.7	1.02	174.81	11.01	5.59	49.0	0.0	0.0	174.3	20.8
11	1.02	5.0	1.03	185.59	11.69	5.94	49.0	0.0	0.0	184.5	20.9
12	0.66	7.7	0.66	124.55	7.85	3.99	49.0	0.0	0.0	123.9	13.6
13	1.39	11.1	1.41	263.23	16.58	8.42	49.0	0.0	0.0	262.6	29.2
14	1.31	15.5	1.36	241.25	15.2	7.72	49.0	0.0	0.0	242.7	28.7
15	0.73	18.9	0.77	136.45	8.6	4.37	49.0	0.0	0.0	138.9	16.6
16	0.67	21.3	0.72	123.09	7.75	3.94	49.0	0.0	0.0	126.4	15.7
17	1.37	24.9	1.52	242.98	15.31	7.78	49.0	0.0	0.0	253.6	33.9
18	1.02	29.2	1.17	169.26	10.66	5.42	49.0	0.0	0.0	180.6	27.3
19	1.02	33.0	1.22	157.64	9.93	5.04	49.0	0.0	0.0	171.9	29.5
20	1.02	37.0	1.28	144.03	9.07	4.61	49.0	0.0	0.0	160.8	32.6
21	1.02	41.3	1.36	128.13	8.07	4.1	49.0	0.0	0.0	146.2	36.8
22	1.02	45.8	1.47	109.47	6.9	3.5	49.0	0.0	0.0	126.4	42.7
23	1.02	50.7	1.62	86.21	5.43	2.76	145.0	0.0	0.0	17.4	153.4
24	1.02	56.3	1.84	57.89	3.65	1.85	145.0	0.0	0.0	-61.5	199.4
25	1.02	62.8	2.24	22.22	1.4	0.71	145.0	0.0	0.0	-213.3	294.4

Dott. Geologo. Rodolfo Baroncioni

Albo Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna Sez. A n° 275

Via Cupa n° 4 48015 Castiglione di Cervia (Ra) Tel. 0544.951493 – 335.7075837

APPENDICE 3

RAPPORTO FOTOGRAFICO

