

# COMUNE DI RICCIONE

ACCORDO OPERATIVO ai sensi dell'Art. 4, L.R. n. 24 /2017

## PROGETTO URBANO DI RIQUALIFICAZIONE DEL VIALE TORINO, DEL SISTEMA AMBIENTALE E ARBOREO E DELL'OFFERTA TURISTICO-RICETTIVA DEI VILLAGGI ROMAGNA E RICCIONE.



**E**  
COMUNE DI RICCIONE  
C\_H274 - AOO Riccione Registro PG  
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE  
Protocollo 00807042021 del 11/10/2021  
File: Lario: GEORGIO FRASSINETI, Vittoria roncarati, DANIELE VALLI

STATO DI PROGETTO	RELAZIONE GEOLOGICA E MICRO ZONIZZAZIONE SISMICA DI III LIVELLO	ELABORATO
SCALA -		3.2

**PROPRIETA':**  
**ROMAGNA CAMPING DUE SRL** Unipersonale  
**ROMAGNA CAMPING SRL** Unipersonale  
Sede legale \_ Via Biondini 27, Forlì (FC)  
tel: +39 0543 371100  
pec: romagnacampingduesrl@legalmail.it  
romagnacampingsrl@legalmail.it

**PROGETTISTA:**  
**Arch. Vittoria Roncarati**  
via Degli Ulivi, 39 - 17011 Albisola Superiore (SV) tel: +39 339.3098189  
e-mail: roncarativittoria@libero.it | PEC: vittoria.roncarati@archiworldpec.it

**PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:**  
**Geol. Giorgio Frassinetti**  
via Matteotti, 57 - 47016 Predappio (FC) tel: +39 388.6584442  
e-mail: frassinetigiorgio@gmail.com | PEC: frassinetti@epap.sicurezzapostale.it

DATA: Ottobre 2021

## Indice

1	Premessa	4
2	Geologia dell'area	6
2.1	Inquadramento generale	6
2.2	Modello geologico dell'area	7
2.3	Geomorfologia e stratigrafia	10
3	Idrografia e idrogeologia	11
4	Indagini sismiche e geognostiche	12
4.1	Considerazioni generali	12
4.2	Prove penetrometriche statiche – CPTu	12
5	Indagini geofisiche	13
5.1	Generalità	13
5.2	Indagine di sismica attiva - MASW	13
5.3	Cono Sismico	14
6	Risultanze indagini sismiche	15
7	Litologia e caratteristiche stratigrafiche	16
8	Caratterizzazione sismica del sito	22
8.1	Pericolosità sismica di base	22
8.2	Disaggregazione sismica	26
8.3	Accelerogrammi di input	33
8.4	Determinazione del profilo di progetto	37
9	Analisi di risposta sismica locale	38

9.1	Inserimento sismostratigrafia di input	39
9.2	Determinazione dei parametri di calcolo	40
9.3	Risultati	42
9.4	Fattori di amplificazione	45
9.5	Considerazioni in merito alla liquefazione dei terreni	47
10	Edificabilità dell'area e conclusioni	49

**ALLEGATI:**

ALLEGATO N. 1 - Planimetria con ubicazione campagna geognostica e geofisica

ALLEGATO N. 2 - Cono Sismico

ALLEGATO N. 3 - Indagine geofisica MASW

ALLEGATO N. 4 - Prove geognostiche

ALLEGATO N. 5 - Indagini di archivio

## 1 Premessa

Su incarico della proprietà è stato predisposto il presente studio geologico e di microzonazione sismica di III° livello di approfondimento, del progetto urbano di riqualificazione dell'area compresa tra il viale Torino -tratto a confine con Misano- e la ferrovia, che costituisce la base previsionale per l'accordo operativo. Nel progetto sono previste importanti azioni di rigenerazione urbana, di riqualificazione ambientale e di rafforzamento della ricettività turistica.

Le trasformazioni urbane e ambientali contenute nella proposta di accordo sono congruenti con le principali finalità della L R 24/2017.

Il progetto prevede:

1. l'adeguamento e la qualificazione dell'offerta turistico ricettiva dei campeggi Romagna e Riccione con la realizzazione di attrezzature e servizi di qualità tra cui, per ogni villaggio, un ampio parco piscine circa mq 6.000, aree per spettacoli all'aperto, campi sportivi, bar, ristoranti e nuovi servizi igienici;
2. la riqualificazione del viale Torino con la formazione di un parco lineare costituito da giardini, aree verdi con giochi per bambini, pista ciclabile, nuove alberature e diverse piazze pubbliche rese vivibili e attrattive con la presenza di attività commerciali, di ristoro e turistiche ricettive;
3. l'alleggerimento del traffico su viale Torino con una riconfigurazione della sezione stradale e lo spostamento dei parcheggi pubblici a fianco della ferrovia;
4. la riqualificazione del sistema ambientale e paesaggistico con la piantumazione di circa 1000 nuovi alberi e la realizzazioni di pavimentazioni drenanti.

Lo studio è stato eseguito ai sensi della seguente normativa

- “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” D.M. dell'11 marzo 1988,
- Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”. Circolare Ministeriale LL.PP. n. 30483, del 24 settembre del 1988,
- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018),
- CIRCOLARE 21 gennaio 2019 , n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018,

- DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29 APRILE 2019, N. 630 Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017),
- AGI. Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, giugno 1977,
- AGI. Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle prove geotecniche di laboratorio, giugno 1977,
- Altre norme e decreti vigenti, ove applicabili.

L'area di studio è compresa nel Foglio 268 della Carta Tecnica Regione Emilia Romagna ed il lavoro è stato articolato nelle seguenti fasi:

- esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTu;
- esecuzione di n. 2 prove di sismica attiva MASW;
- esecuzione di n. 1 prova con Cono Sismico eseguito nel foro della CPTu n.2
- utilizzo delle prove geognostiche di archivio RER e dello studio scrivente
- correlazione delle prove effettuate con altre realizzate per altri studi in aree limitrofe;
- individuazione delle caratteristiche di edificabilità dell'area e delle eventuali problematiche connesse;
- valutazione del rischio sismico e degli effetti di sito attraverso l'analisi di micro zonazione sismica di III° livello di approfondimento per gli effetti della liquefazione.
- indicazioni progettuali generali per le opere in progetto.

#### ALLEGATI ALLA RELAZIONE

ALLEGATO N. 1 - Planimetria con ubicazione campagna geognostica e geofisica

ALLEGATO N. 2 - Cono Sismico

ALLEGATO N. 3 - Indagine geofisica MASW

ALLEGATO N. 4 - Prove geognostiche

ALLEGATO N. 5 - Indagini di archivio

## **2 Geologia dell'area**

### **2.1 Inquadramento generale**

Il bordo appenninico esterno e l'attuale fascia costiera sono il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica.

Secondo le ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981) la Pianura Padana meridionale costituisce una stretta fascia allungata parallelamente ai rilievi del bordo appenninico entro cui si è verificato un consistente accumulo di depositi soprattutto neogenici.

La presenza di strutture tettoniche sepolte da tali depositi, è stata accertata attraverso la realizzazione di "sezioni sismiche".

Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante gli elementi strutturali accatastati vengono a formare un prisma di accrezione che per la complessa interferenza tra l'attività tettonica e quella sedimentaria assume i caratteri di una pronunciata fossa tettonica (Scandone, 1980) denominata "Avanfossa appenninico-adriatica" (Ori, Roveri e Vannoni, 1986).

L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi all'interno dell'avanfossa.

Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio-peistocenica della zona di studio.

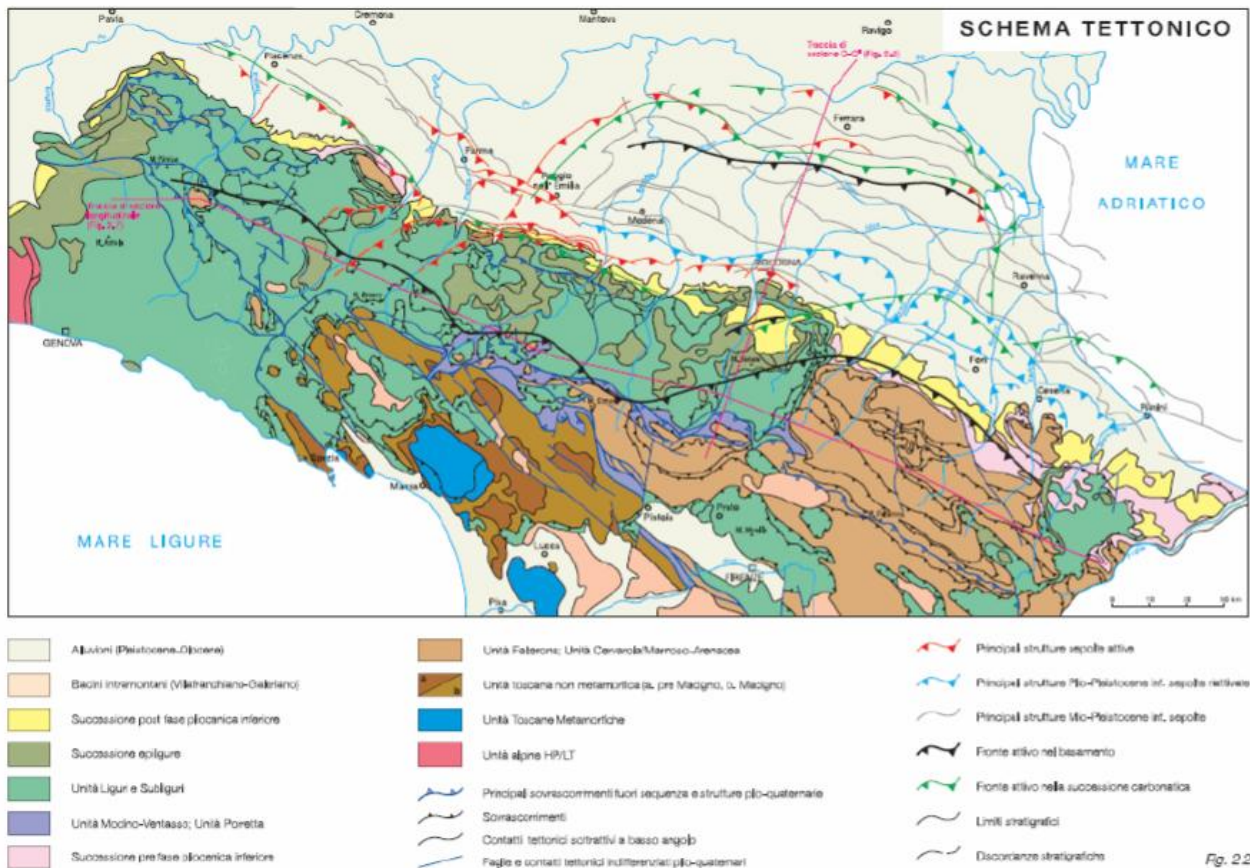
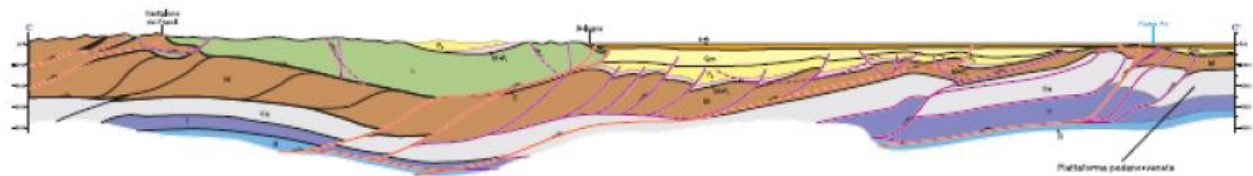


Fig. 2.2

Schema tettonico Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Servizio Geologico, 2004)



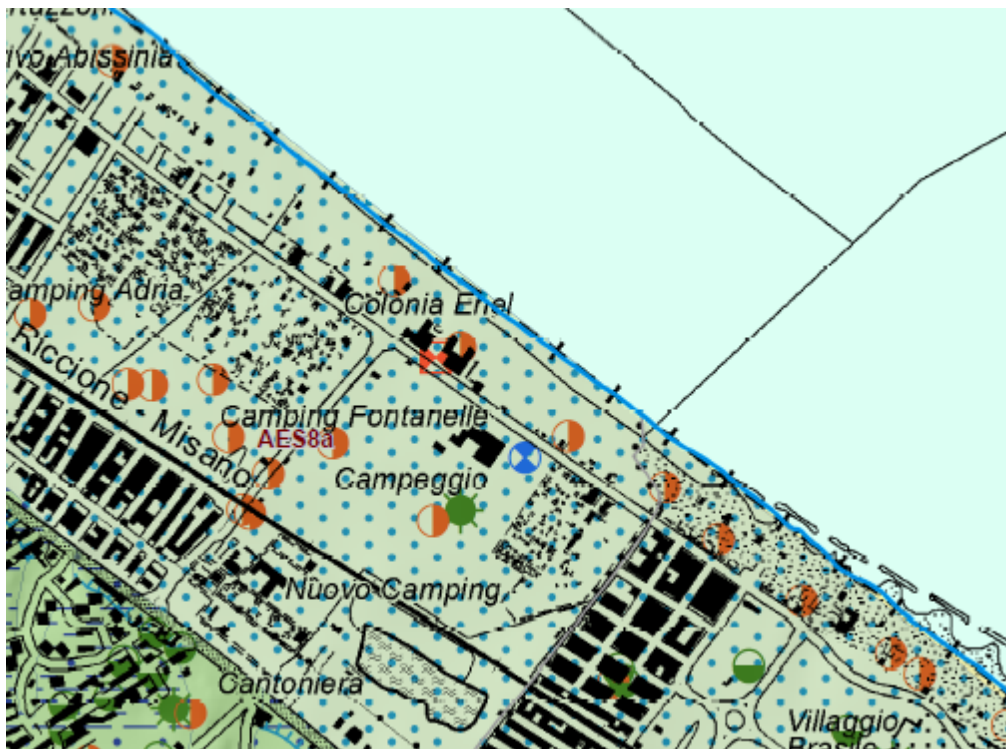
Sezione schematica Appennino Settentrionale - Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna (Servizio Geologico, 2004)

## 2.2 Modello geologico dell'area

Il D.M. 17 gennaio 2018 nella progettazione geotecnica introduce il concetto di modello geologico. Una ricostruzione del modello geologico generale dell'area è possibile attraverso il rilievo geologico - morfologico di superficie e la consultazione della carta geologica e delle sezioni geologiche profonde a cura del Servizio Geologico Regione Emilia Romagna.

L'area ricade in un settore compreso tra la fascia costiera e i primi rilievi collinari pliocenici dell'entroterra romagnolo.

Nella Carta Geologica, redatta dalla Regione Emilia Romagna, nell'area sono presenti depositi superficiali costieri dell'Unità di Modena "AES8a" ed depositi alluvionali immediatamente sottostanti sono ascrivibili al "SUBSISTEMA DI RAVENNA – AES8", mentre a maggiori profondità si riscontrano depositi alluvionali di competenza del "Subsistema di villa Verucchio" – AES7 e del "Subsistema di Bazzano" - AES6":





## Legenda

### Province



### Comuni



### Griglia 10.000



### Prove puntuali

- carotaggio continuo
- pozzo per acqua
- prova CPT con punta elettrica
- prova CPT con punta meccanica
- prova dinamica generica

### Linee geomorf./antrop. (10K)

orlo di terrazzo fluviale

### Punti di osservaz. e misura (10K)



stratificazione dritta

### Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Limo Argilloso Sabbioso - Piana alluvionale

Sabbia - Piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia

### Coperture quaternarie (10K)

AES7 - Subsistema di Villa Verucchio

AES8 - Subsistema di Ravenna

AES8a - Unità di Modena

Limiti di unità geologiche (10K)

—contatto con area non rilevabile

Unità geologiche (10K)

FAA - Argille Azzurre

Sulla base dell'indagine geognostica viene confermato l'assetto generale secondo cui i terreni presenti sono costituiti più in superficie da sabbie, sabbie limose e limi di origine marina e mista; più in profondità sono presenti limi argillosi e argille limose di deposizione alluvionale sino a raggiungere, alla profondità media di 21.5 mt dal p.c. ad un livello di ghiaie. Tale stratigrafia viene confermata dai sondaggi della banca dati RER.

In definitiva, analizzando anche le sezioni profonde dal sito regionale, ci troviamo uno spessore di circa 250 mt di sedimenti depositi in ambiente litorale e dominio continentale in giacitura suborizzontale al di sopra dei terreni di origine marina che rappresentano il substrato e costituiscono le strutture tettoniche sepolte legate all'orogenesi appenninica.

### 2.3 Geomorfologia e stratigrafia

L'area in studio si trova ad una quota altimetrica media del piano campagna è variabile da circa 1,5 a 2.5 mt rispetto al livello marino medio di riferimento.

L'aspetto morfologico dell'area è quello subpianeggiante tipico delle fasce costiere basse, originato dall'interazione tra ambiente continentale (alluvionale) e marino (litorale), in prossimità della chiusura a becco di flauto fra i depositi costieri e quelli prettamente alluvionali delimitati dalla scarpata della paleofalesia.

L'estensione lineare del tratto costiero consente un'azione piuttosto regolare da parte delle correnti litorali e la formazione di una fascia sabbiosa estesa anche a distanza dalle foci fluviali che costituiscono le fonti di alimentazione per lo sviluppo del sistema deposizionale litorale.

Spostandosi verso l'entroterra si trova il piede del gradino morfologico di paleofalesia con un innalzamento topografico di alcuni metri. Tale salto di pendenza, determina un terrazzamento costiero subparallelo alla linea di costa attuale, a tratti più o meno marcato e/o antropizzato, linearmente esteso dal Comune di Cattolica (a S.E.) fino a quello di Igea Marina (a N.O.).

La falesia, composta da depositi limo-argillosi recenti, rappresenta il limite tra la pianura alluvionale a S.O. ed il prisma sedimentario sabbioso litorale a N.E. riferibile alla trasgressione Flandriana (Olocene) successiva all'ultima glaciazione (Wurm). La scarpata rappresenta il prodotto dell'azione erosiva del mare durante la fase di massima ingressione verificatasi circa 5.000 anni fa (Veggiani, "La linea di spiaggia"). Successivamente le variazioni oloceniche del livello marino hanno portato la linea di riva a lambire più volte la falesia.

Le caratteristiche sedimentarie dei terreni nel primo sottosuolo nell'area di interesse indicano una dominanza di processi deposizionali costieri (ambiente litorale). I terreni costituenti la stratigrafia sono costituiti da sabbie, sabbie limose di origine marina e mista (continentale e marina); più in profondità da argille e limi di deposizione alluvionale.

Data la morfologia pianeggiante ovviamente non si rinviene alcuna evidenza di fenomeni gravitativi.

### 3 Idrografia e idrogeologia

La rete idrografica di superficie è costituita da una serie di fossi, di scoli e piccoli corsi d'acqua con bacino idrografico in genere modesto e per lo più tombinati che si riversano direttamente in mare. La peculiarità di tali corsi d'acqua è quella di avere un bacino idrologico limitato e quindi un regime di deflusso variabile: portata quasi assente nella stagione secca, massima durante e successivamente a periodi di intensa piovosità.

Dal punto di vista idrogeologico le sabbie litorali del primo sottosuolo possiedono generalmente buone capacità drenanti: permeabilità orizzontale da media ad elevata ( $K_h = 10E-3 - 10E-5$  mt/sec) e discreta porosità efficace (10% - 15%) mentre i limi argillosi sottostanti sono classificabili come semipermeabili ( $K_h = 10E-6 - 10E-9$  mt/sec) o, a tratti, anche impermeabili. I terreni superficiali sabbiosi, dotati di discreta permeabilità, rappresentano un acquifero sede di falda con livello freatico caratterizzato da oscillazioni contenute anche in virtù della vicinanza con la linea di costa.

All'epoca in cui è stata effettuata la campagna geognostica (giugno 2019) si è riscontrata la presenza della falda più superficiale ad una profondità compresa tra ml -1.70 e 1,80 dal piano campagna.

Per le aree oggetto di studio si può ragionevolmente ipotizzare un massimo innalzamento stagionale "medio" dell'acqua a ml -1.0 dal piano campagna adiacente attuale, con temporanee risalite locali sino a -0.5/0.7 ml in caso di precipitazioni intense e prolungate congiuntamente a fenomeni di consistente e prolungato innalzamento di marea.

In ogni caso andranno fatte le debite valutazioni in funzione delle quote di progetto in relazione ai diversi assetti morfologici e planoaltimetrici locali all'interno dell'area. La progettazione delle reti di drenaggio e fognatura dovrà essere dimensionata in base a dati pluviometrici riferiti ad un adeguato lasso temporale ed elaborati statisticamente onde ad addivenire a curve/equazioni di possibilità pluviometrica per piogge di breve durata (da 15 a 45 min) e superiore all'ora (da uno a 24 ore), nonché relative a differenti tempi di ritorno in virtù delle caratteristiche e importanza dell'opera.

## **4 Indagini sismiche e geognostiche**

### **4.1 Considerazioni generali**

La campagna geognostica di riferimento si è articolata nell'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche CPTu spinte sino a profondità max di 9 metri e 22,5 mt dal p.c. Sono state reperite prove CPT e sondaggi con prove di laboratorio dagli archivi regionali e dello scrivente.

L'indagine geognostica realizzata ha consentito di definire il quadro litostratigrafico e geomeccanico dell'area in esame.

### **4.2 Prove penetrometriche statiche – CPTu**

L'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono hanno fornito una valutazione estensiva delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni dell'area in studio. Le prove eseguite con l'ausilio di penetrometro statico tipo "PAGANI" si spingono fino alla profondità massima di -9,0 e 22,5 ml dal piano campagna rilevando, in maniera continua (ogni cm), i valori di resistenza di punta "Rp" e resistenza di attrito laterale locale "Rl" (vedi allegato). Il sistema all'occorrenza acquisisce inoltre il valore della U (Pressione Idrostatica nei Pori), l'angolo di inclinazione della batteria di aste ed il tempo di dissipazione (tempo intercorrente misurato tra la misura della sovrappressione ottenuta in fase di spinta e la pressione misurata in fase di alleggerimento di spinta).

Oltre ad una caratterizzazione litologica della successione stratigrafica le penetrometrie statiche in terreni sabbiosi permettono di stimare i valori di angolo di attrito interno "Fi" e di densità relativa "Dr"; inoltre in terreni coesivi esse possono fornire, attraverso le esperienze pratiche di vari autori i dati di resistenza del terreno in termini di tensioni totali (Su) e di sovraconsolidazione nonché di deformabilità (moduli di Young ed edometrici).

## **5 Indagini geofisiche**

### **5.1 Generalità**

Per la caratterizzazione sismica del sito e la misura delle Vs in profondità sono state realizzate ed utilizzate le seguenti prove geofisiche:

- n° 2 prove di sismica attiva in array monodimensionale di tipo MASW
- n° 1 misura con Cono sismico nella prova CPTU2

Lo schema planimetrico in allegato illustra l'ubicazione delle prove geofisiche di riferimento.

Le tecnologie geofisiche utilizzate, data l'omogeneità e semplicità stratigrafica dei siti, si ritengono sufficienti a caratterizzare adeguatamente il sottosuolo.

Ciò ha consentito di valutare l'omogeneità strutturale/geofisica dell'areale, il posizionamento del bed-rock sismico nonché le frequenze di risonanza di sito. Tutti questi metodi, congiuntamente alle indagini geognostiche ed alle vicine sezioni geologiche profonde realizzate dal Servizio Geologico Regionale, permettono di definire la profondità dell'interfaccia geofisica d'impedenza di riferimento e di valutare, sulla base delle stime di Vs, i fattori di amplificazione sismica tramite correlazione tabellare come previsto dall'allegato "A2" della DGR 2019 della R.E.R.

### **5.2 Indagine di sismica attiva - MASW**

Per la conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

### 5.3 Cono Sismico

L'indagine con cono sismico viene realizzata grazie a una punta metallica opportunamente equipaggiata con una terna geofonica. La prova viene svolta successivamente ad una prova penetrometrica statica o dinamica, allo scopo di determinare anche le caratteristiche dinamiche del sito.

Il cono sismico utilizza lo stesso principio della prova down-hole: vengono misurati i tempi di percorrenza delle onde sismiche che si propagano dal piano campagna alla terna geofonica all'interno della punta sismica posta a profondità diverse.

La prova è affidabile, economica e veloce permettendo analogamente alla prova down hole di avere un profilo molto dettagliato della velocità sismiche senza ricorrere all'esecuzione del sondaggio e successivo equipaggiamento. Dalle velocità delle onde di compressione ( $V_p$ ) e di taglio ( $V_s$ ) riscontrate durante l'indagine, è possibile calcolare i principali moduli elastici (coeff. di Poisson, modulo di Young, modulo di taglio dinamico) e metterli in relazione ai parametri geotecnici ricavati dalla prova penetrometrica, direttamente per sovrapposizione dei grafici.

## 6 Risultanze indagini sismiche

Nel caso specifico poiché l'intervento risulta ricadere interamente all'interno della stessa unità stratigrafica e in ambito geologicamente omogeneo (AES8a) la tipologia di indagine geofisica di adottata si ritiene idonea al fine di utilizzare le tabelle di correlazione per la stima della PGA attesa contenute nella D.G.R. del 29 APRILE 2019, N. 630 - R.E.R..

Per utilizzare tali tabelle risulta necessario definire il valore del parametro Vs30.

Le indagini geofisiche di riferimento portano a stimare le seguenti velocità delle onde di taglio (Vs30) con riferimento al piano campagna (vedi allegato) :

$$Vs30 = 192 - 243 \text{ mt/sec}$$

A tal proposito, dal contesto litostratigrafico e di comportamento geofisico, i terreni in sito appaiono caratterizzati da un generale graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, inoltre i contrasti di impedenza sismica rilevati e le eventuali deboli e limitate inversioni di velocità nel profilo di Vs non presentano alcuna incompatibilità con le prescrizioni ed i limiti di applicabilità dei modelli semplificati richiamati al Par. 2.5.2.1 "Limiti di utilizzo degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche" - Linee Guida I.C.M.S. (Prot. Civile).

Dall'analisi dell'indagine sismica, ai fini dell'utilizzo delle tabelle per i metodi semplificati si può affermare come il sito oggetto di studio sia caratterizzato da una velocità media rappresentativa delle onde di taglio  $150 < VS30 \leq 200 \text{ m/s}$ , calcolata da -0.0 mt fino a -30.0 mt.

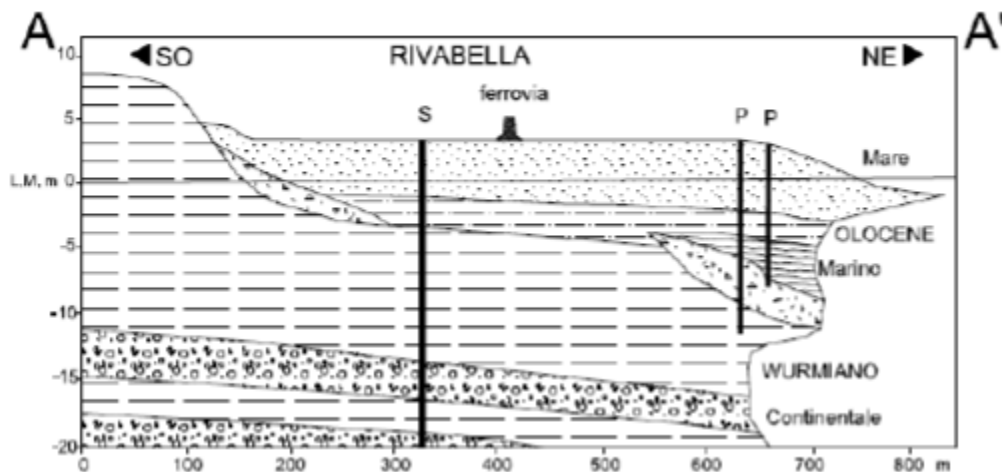
## 7 Litologia e caratteristiche stratigrafiche

La campagna geognostica, unitamente alle prove esistenti realizzate in precedenza, ed alle risultanze della campagna geofisica di riferimento, ha permesso di individuare e raggruppare i terreni costituenti il primo sottosuolo, sinteticamente in n. 6 litotipi.

Per l'identificazione dei tipi litologici ci si è avvalsi dell'osservazione dei dati provenienti dai sondaggi a carotaggio continuo, e dell'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche basata sulle metodologie di Robertson (1996-2009), che classificano le terre tramite il parametro  $I_c$  ("Indice di Comportamento" SBTI) in funzione del rapporto fra i parametri  $R_p$  e  $R_l$ . Infatti il metodo di Robertson,

considera come indicativo della litologia il confronto fra i parametri  $Q$  (resistenza di punta normalizzata) e  $F$  (rapporto delle resistenze normalizzato) del terreno indagato. Robertson introduce anche il parametro  $I_c$  (Indice del tipo di comportamento del terreno)  $I_c = \sqrt{3.47 - \text{Log}Q + \text{Log}F + 1.22}$  che può essere correlato empiricamente al contenuto di fine (FC) del terreno attraverso la relazione  $FC\% = 1.75 I_c^{3.25} - 3.7$ .

La situazione tipo è schematizzabile secondo il profilo costiero rappresentativo proposto da Veggiani (1982):



Al di sotto di un orizzonte superficiale variamente alterato e rimaneggiato di 1.0-2.5 mt, comunque sabbioso, il pacco di sedimenti sabbiosi costieri "B" si presenta mediamente sino alla profondità di -6.5 mt da p.c. Tali sedimenti sono costituiti in prevalenza da sabbie addensate, talvolta con presenza di ghiaie, con subordinata frazione fine.

Al di sotto, fino a profondità di -8.0 mt è presente un livello rappresentato da prevalenti limi ed argille normal consolidati (a tratti organici e compressibili) olocenici, tipici di ambiente palustre o lagunare, talora ad elevata componente organica. Si rileva pertanto sia la presenza di livelli da decimetrici a metrici di sabbia-limoso, interclusi all'interno dei sedimenti fini e con modesta continuità laterale, che occasionali livelli più compressibili ed a maggiore contenuto organico.



Da 8.0 a 11 mt. È presente un livello di sabbie addensate seguite da un livello argilloso e limoso fino alla profondità di 21,5 metri dal p.c..

A termine penetrometrie, dalla profondità di -21,5 mt da p.c., si rilevano quindi orizzonti alluvionali continui ghiaioso-sabbiosi di spessore variabile, fino a diversi metri.

Qui di seguito si riportano le caratteristiche dei litotipi presenti distinguendo in una stratigrafia schematica la situazione litostratigrafica riscontrabile per l'area in studio, ritenendo non necessaria la rappresentazione tramite sezioni topografiche in quanto caratterizzata da una significativa omogeneità nell'ambito di intervento.

## **STRATIGRAFIA – Penetrometrie Cptu 1-2**

### **Unità A**

Da 0.0 a 1.0 -2.0: Terreno sabbioso di colore nocciola con riporto antropico per regolarizzazione morfologica. A tratti orizzonti decimetrici argillosi. Possiede caratteristiche geomeccaniche variabili ma comunque generalmente scarse; soggette talora alle diversità climatiche e alla interazione con processi superficiali (moto ondoso). La tessitura è sabbiosa

Parametri geomeccanici:

RP in Mpa (resistenza alla punta)	5
$\phi$ ° (angolo di attrito di picco)	45
$\phi$ ° (angolo di attrito c.v.)	40
PV in KN/m <sup>3</sup> (peso di volume)	18
Dr % (densità relativa)	54
Cu in Mpa (coesione non drenata)	/
Young in Mpa (modulo di Young)	25
Eedom in Mpa (modulo edometrico)	5
Vp in m/sec (velocità onde P)	400
Vs in m/sec (velocità onde S)	135
V (modulo di Poisson)	0,45
E <sub>d</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	900
G <sub>d</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	300
K <sub>d</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	3000

## Unità B

Da 2.0 a 6,5: Tali sedimenti sono costituiti in prevalenza da sabbie addensate, talvolta con presenza di ghiaie, con subordinata frazione fine. Sabbie medie e medio-fini, generalmente ben classate. Localmente si possono talora notare sottili intercalazioni limo - argillose. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. Mediamente addensate e dotate di limitata compressibilità.

Parametri geomeccanici:

RP in Mpa (resistenza alla punta)	7
$\emptyset^\circ$ (angolo di attrito di picco)	41
$\emptyset^\circ$ (angolo di attrito c.v.)	38
PV in KN/m <sup>3</sup> (peso di volume)	17
Dr % (densità relativa)	40
Cu in Mpa (coesione non drenata)	/
Young in Mpa (modulo di Young)	19
Eedom in Mpa (modulo edometrico)	4,7
Vp in m/sec (velocità onde P)	800
Vs in m/sec (velocità onde S)	170
V (modulo di Poisson)	0,49
E <sub>d</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	1600
G <sub>d</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	530
K <sub>d</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	9000

## Unità C

Da 6,5 a 8.0 mt è presente un livello rappresentato da prevalenti limi ed argille normalconsolidati (a tratti organici e compressibili) olocenici, tipici di ambiente palustre o lagunare, talora ad elevata componente organica. Si rileva pertanto sia la presenza di livelli da decimetrici a metrici di sabbia-limosa, interclusi all'interno dei sedimenti fini e con modesta continuità laterale, che occasionali livelli più compressibili ed a maggiore contenuto organico.

Parametri geomeccanici:

RP in Mpa (resistenza alla punta)	3
$\emptyset$ ° (angolo di attrito di picco)	/
$\emptyset$ ° (angolo di attrito c.v.)	/
PV in KN/m <sup>3</sup> (peso di volume)	17
Dr % (densità relativa)	/
Cu in Mpa (coesione non drenata)	0,09
Young in Mpa (modulo di Young)	/
Eedom in Mpa (modulo edometrico)	8
Vp in m/sec (velocità onde P)	1350
Vs in m/sec (velocità onde S)	170
V (modulo di Poisson)	0,49
E <sub>din</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	1700
G <sub>din</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	570
K <sub>din</sub> in Kg/cm <sup>3</sup>	38000

#### Unità D

Da 8.0 a 11 mt. È presente un livello di sabbie. Sabbie medie e medio-fini, generalmente ben classate. Localmente si possono talora notare sottili intercalazioni limo - argillose. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media-elevata energia deposizionale in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. Mediamente addensate e dotate di limitata compressibilità

Parametri geomeccanici:

RP in Mpa (resistenza alla punta)	25
$\emptyset$ ° (angolo di attrito di picco)	45
$\emptyset$ ° (angolo di attrito c.v.)	41
PV in KN/m <sup>3</sup> (peso di volume)	19
Dr % (densità relativa)	70

Cu in Mpa (coesione non drenata)	/
Young in Mpa (modulo di Young)	70
Eedom in Mpa (modulo edometrico)	8
Vp in m/sec (velocità onde P)	1400
Vs in m/sec (velocità onde S)	145
V (modulo di Poisson)	0,49
Edin in Kg/cm <sup>3</sup>	1300
Gdin in Kg/cm <sup>3</sup>	450
Kdin in Kg/cm <sup>3</sup>	41000

### Unità E

Da 11 m fino a 21,5 m: Di origine alluvionale, Argille mediamente consistenti, con caratteristiche geotecniche sufficienti-discrete e a contenuta compressibilità; al tetto frequente presenza di livello metrico sabbioso/ghiaioso. A diversi livelli, orizzonti maggiormente compressibili. Depositi attribuibili a sedimentazione in piana inondabile. Presenza di livelli decimetrici a maggiore contenuto sabbioso, di argille compressibili ed argille maggiormente compatte seguite da un livello argilloso e limoso fino alla profondità di 21,5 metri dal p.c..

Parametri geomeccanici:

RP in Mpa (resistenza alla punta)	2,5
Ø ° (angolo di attrito di picco)	/
Ø ° (angolo di attrito c.v.)	/
PV in KN/m <sup>3</sup> (peso di volume)	19
Dr % (densità relativa)	/
Cu in Mpa (coesione non drenata)	0,18
Young in Mpa (modulo di Young)	/
Eedom in Mpa (modulo edometrico)	18
Vp in m/sec (velocità onde P)	1400
Vs in m/sec (velocità onde S)	150
V (modulo di Poisson)	0,49
Edin in Kg/cm <sup>3</sup>	1450
Gdin in Kg/cm <sup>3</sup>	500

Kdin in Kg/cm<sup>3</sup>

39000

## Unità F

Da 21,5 fino a fine prova: E' un orizzonte da metrico a decametrico di depositi alluvionali costituiti da ghiaie, ghiaie sabbiose a granulometria da media a grossa arrotondate, in abbondante matrice limo-argillosa, talora presenza di lenti limo-argillose discontinue ed a varie altezze; molto compatte ed addensate, scarsamente compressibili e dotate di ottime caratteristiche geotecniche.

Parametri geomeccanici:

RP in Mpa (resistenza alla punta)	>50
Ø ° (angolo di attrito di picco)	40
Ø ° (angolo di attrito c.v.)	39
PV in KN/m <sup>3</sup> (peso di volume)	20
Dr % (densità relativa)	60
Cu in Mpa (coesione non drenata)	/
Young in Mpa (modulo di Young)	81
Eedom in Mpa (modulo edometrico)	10
Vp in m/sec (velocità onde P)	1420
Vs in m/sec (velocità onde S)	220
V (modulo di Poisson)	0,49
Edin in Kg/cm <sup>3</sup>	1800
Gdin in Kg/cm <sup>3</sup>	600
Kdin in Kg/cm <sup>3</sup>	35000

## 8 Caratterizzazione sismica del sito

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La “pericolosità sismica di base” è definita convenzionalmente su sito di riferimento rigido ed affiorante (sottosuolo tipo A), con superficie topografica orizzontale (categoria topografica T1) ed in condizioni free field di campo libero (cioè in assenza di manufatti).

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento”  $P_{V_R}$  nel “periodo di riferimento”  $V_R$ , si ritengono individuate quando se ne conosca l’accelerazione massima  $a_g$  (su sito di tipo A, categoria topografica T1, condizioni free field) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$ .

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze “fondamentali”, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica  $P_{V_R}$ :

$a_g$ , accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$ , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_C^*$ , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La pericolosità di base viene successivamente modificata tramite la definizione della categoria di sottosuolo e categoria topografica, alle quali vengono associati dei parametri che modificano lo spettro di risposta in accelerazione del moto sismico su sito di riferimento rigido. In tal modo viene ottenuto lo spettro di risposta elastico  $S_e(T)$  in funzione delle condizioni di sito.

Nell’ambito del presente elaborato vengono definiti gli spettri di risposta elastici in pseudo-accelerazioni  $S_e(T)$  relativi alla pericolosità sismica di base e quelli modificati in funzione delle condizioni di sito.

### 8.1 Pericolosità sismica di base

La definizione della “pericolosità sismica di base” è avvenuta utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L’opera in esame, poiché sovrastante ad un asse viario rilevanza strategica, è stata assimilata come appartenete alla stessa categoria, sono stati pertanto utilizzati  $V_N=50$  anni e  $C_u=1.0$  (Classe d’uso = II).

## Fase 1

La localizzazione del sito è stata effettuata mediante l'inserimento del Comune: Riccione (RI).

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

Ricerca per coordinate  
LONGITUDINE: 12.6456    LATITUDINE: 44.006

Ricerca per comune  
REGIONE: Emilia-Romagna    PROVINCIA: Rimini    COMUNE: Riccione

Elaborazioni grafiche  
Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione  
superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO    **FASE 1**    FASE 2    FASE 3

Figura 8.1 – Spettri-NTCver.1.0.3: individuazione della pericolosità del sito.

La scelta dell'ubicazione del sito determina i parametri fondamentali  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$ , definiti convenzionalmente in corrispondenza di 9 valori del tempo di ritorno del sisma  $T_R$ , ed i relativi spettri di risposta elastici.

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.049	2.430	0.274
50	0.064	2.542	0.277
72	0.076	2.544	0.281
101	0.094	2.439	0.284
140	0.109	2.476	0.285
201	0.128	2.485	0.287
475	0.184	2.485	0.296
975	0.238	2.524	0.310
2475	0.336	2.480	0.322

Tabella 8.1– Valori dei parametri fondamentali per i  $T_R$  di riferimento convenzionali

Sempre dal foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 sono estrapolati i grafici relativi agli Spettri di risposta elastici per i  $T_R$  di riferimento convenzionali, riportati in Figura 8.2.

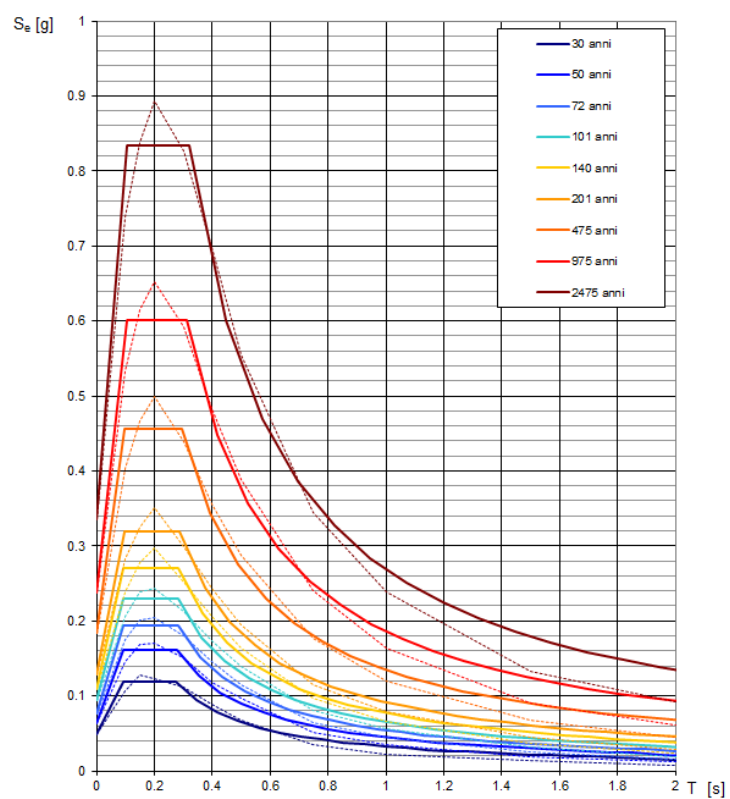


Figura 8.2 – Spettri di risposta elastici per i TR di riferimento convenzionali



Fase 2

Identificazione della Vita nominale ( $V_N$ ), in funzione del tipo di costruzione, e del Coefficiente d'uso ( $C_U$ ), stabilito in funzione della Classe d'uso, definita in relazione all'affollamento, alla funzione pubblica, alla pericolosità ambientale, ecc.

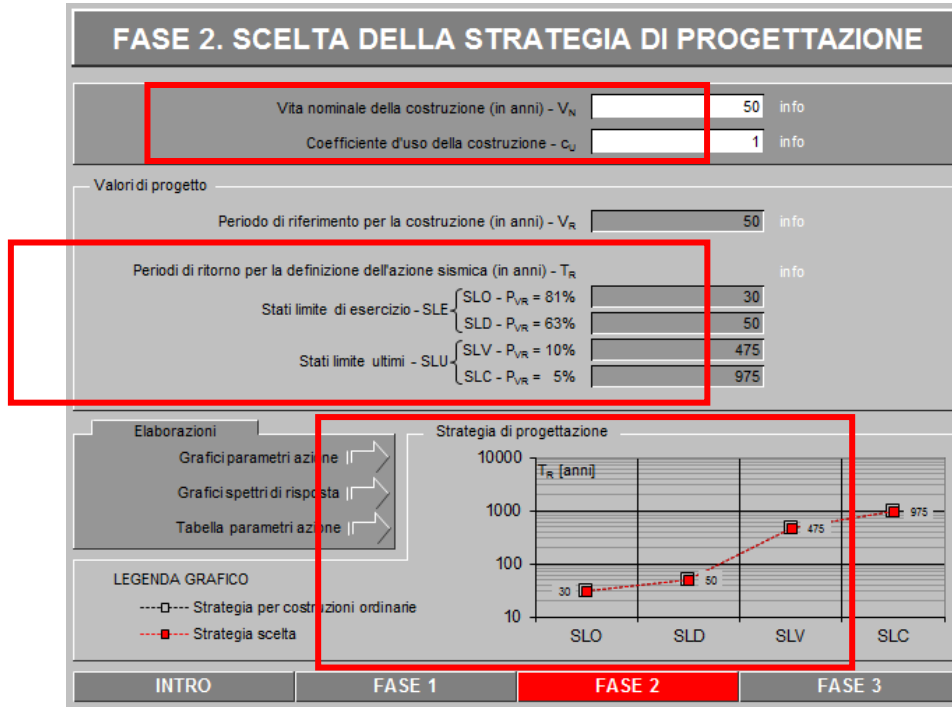


Figura 8.3 – Vita nominale e coefficiente d'uso

Identificazione della Vita di riferimento:  $V_R = V_N \cdot C_U$ .

La strategia di progettazione  $V_R = 100$  anni risulta in un set composto dai 4 stati limite sismici definiti dalla normativa, SLO, SLD, SLV, SLC. per ciascuno dei quali vengono forniti i parametri fondamentali  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$ , riportati nella seguente Tabella 8.2.

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.049	2.430	0.274
SLD	50	0.064	2.542	0.278
SLV	475	0.184	2.485	0.296
SLC	975	0.238	2.524	0.310

Tabella 8.2– Parametri sismici di riferimento.

Di seguito si riportano i relativi spettri di risposta elastici.

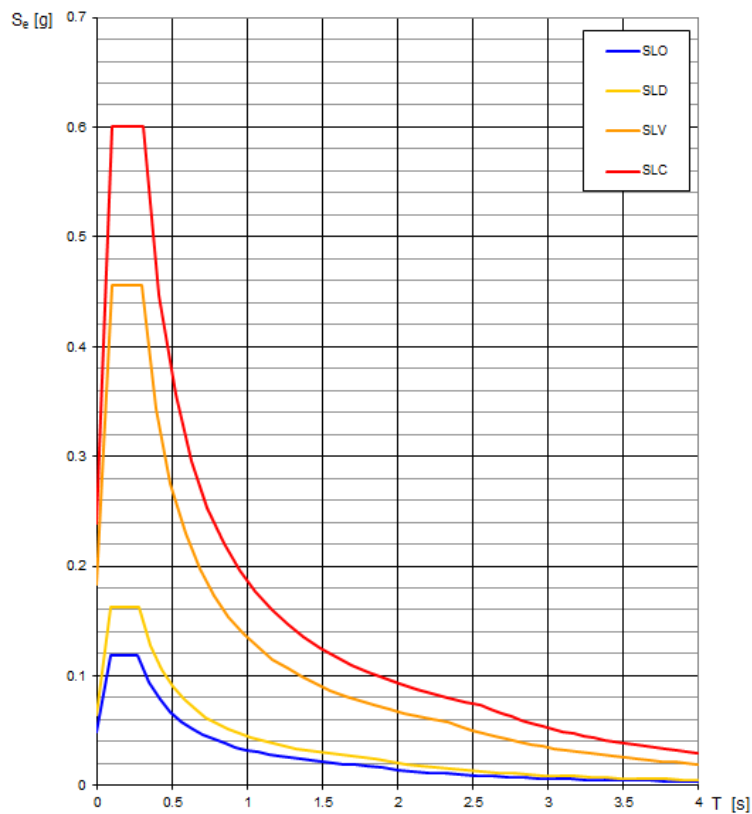


Figura 8.4 – Spettri di risposta elastici  $V_N=50$  anni,  $C_D=1.0$  (pericolosità sismica di base).

## 8.2 Disaggregazione sismica

Al fine di individuare gli intervalli di magnitudo e distanza dominanti per la pericolosità sismica, è stata condotta un'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999).

L'analisi di disaggregazione è stata effettuata in corrispondenza di un nodo, contiguo al sito di progetto, della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV, 2004).

I dati di disaggregazione sono desumibili dalla pagina del sito dell'INGV di Milano <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, dedicata alla pericolosità sismica di base (al bedrock rigido e orizzontale) nazionale, nel quale sono stati disaggregati tutti i valori mediani di scuotimento, espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco  $a_g$  su suolo di riferimento rigido affiorante di categoria A, corrispondenti a 9 periodi di ritorno ( $T_R$ ): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni, su griglia di calcolo con passo pari a  $0.5^\circ$  in latitudine e longitudine.

In relazione al sito di progetto, è stata selezionata una probabilità di accadimento in 50 anni del 10%, che costituisce il valore corrispondente al tempo di ritorno  $T_R=475$ anni per lo SLV.

Per le SLD è stata selezionata una probabilità di accadimento in 50 anni del 63%, che costituisce il valore corrispondente al tempo di ritorno  $T_R=50$  anni.

Mentre per l'SLO, è stata selezionata una probabilità di accadimento in 50 anni dell'81%, che costituisce il valore corrispondente al tempo di ritorno  $T_R=30$  anni.

I risultati dell'analisi di disaggregazione in termini di magnitudo e distanza (M-R) sono riportati nelle seguenti Figure: da Figura 8.5 a Figura 8.16.

Essi esprimono, per il sito di progetto e per la prefissata probabilità di eccedenza, tutte le combinazioni tra 11 valori di magnitudo M e 20 valori di distanza R, e permettono di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

In fondo alla tabella vengono anche forniti i valori medi di magnitudo e distanza.

Nella scelta della coppia magnitudo-distanza definitivamente rappresentativa delle caratteristiche sismogenetiche di un dato sito bisogna tener conto dei seguenti aspetti:

- non esistono criteri universalmente accettati; va selezionata il tipo di rappresentazione più adatta ai propri scopi;
- è stato riconosciuto che l'effetto della magnitudo sulla forma spettrale è più significativo di quello della distanza epicentrale, circostanza che determina una maggior tolleranza nell'attribuzione della distanza (*Graizer e Kalkan, 2009; Rota et al., 2011*);

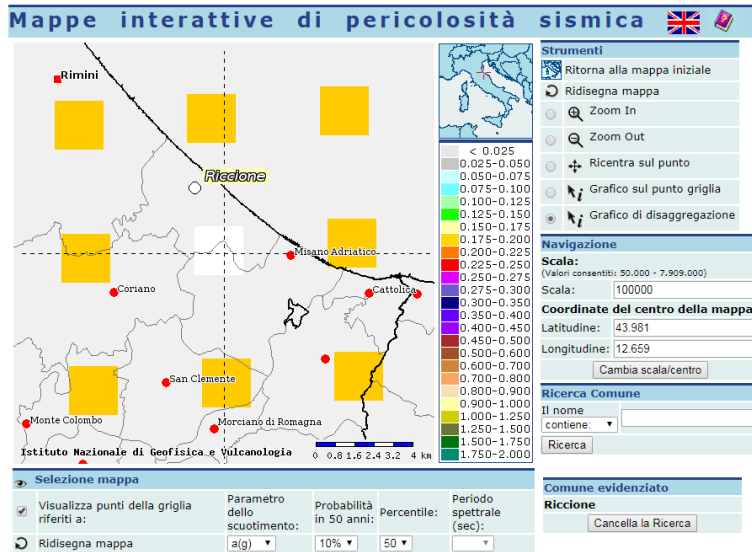


Figura 8.5 – Mappe di pericolosità sismica SLV

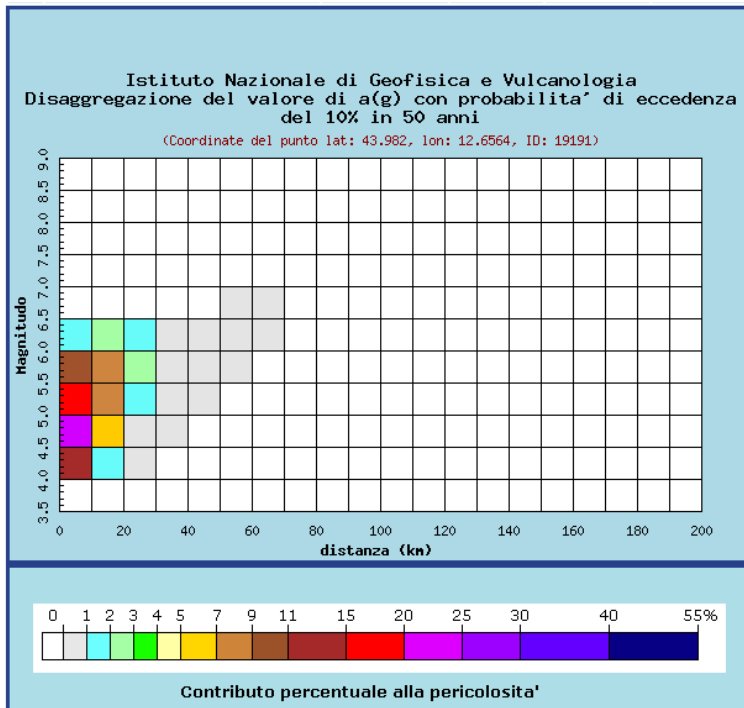


Figura 8.6 – Contributo percentuale alla pericolosità SLV

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.982, lon: 12.6564, ID: 19191)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.100	24.200	17.500	10.700	1.480	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.770	6.560	8.440	8.410	2.320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.009	0.471	1.670	2.720	1.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.139	0.627	0.431	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.001	0.099	0.125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.027	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Figura 8.7 – Valori delle magnitudo attese SLV

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.140	9.250	0.782

Figura 8.8 – Valore medio della magnitudo attesa SLV

In base ai dati di disaggregazione, per l'SLV, sono stati ritenuti rappresentativi della sismicit  del sito i seguenti intervalli di magnitudo e distanza:

- M = 6.0 – 6.5
- R = 0 – 30 Km

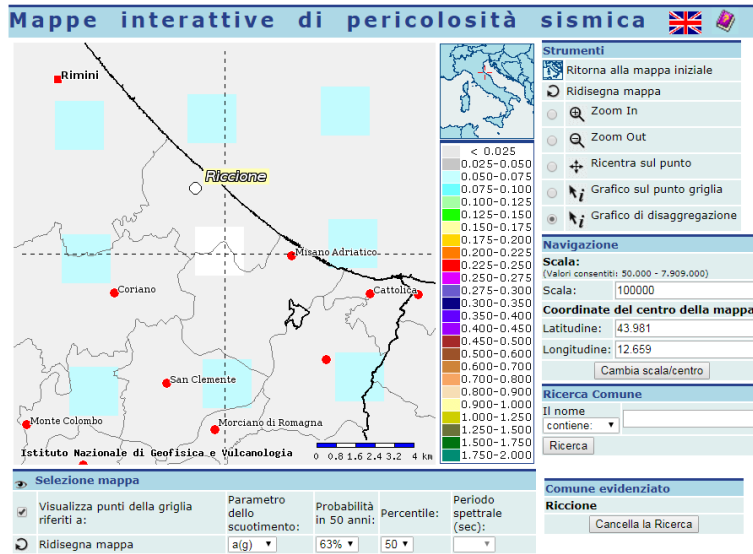


Figura 8.9 – Mappe di pericolosità sismica SLD

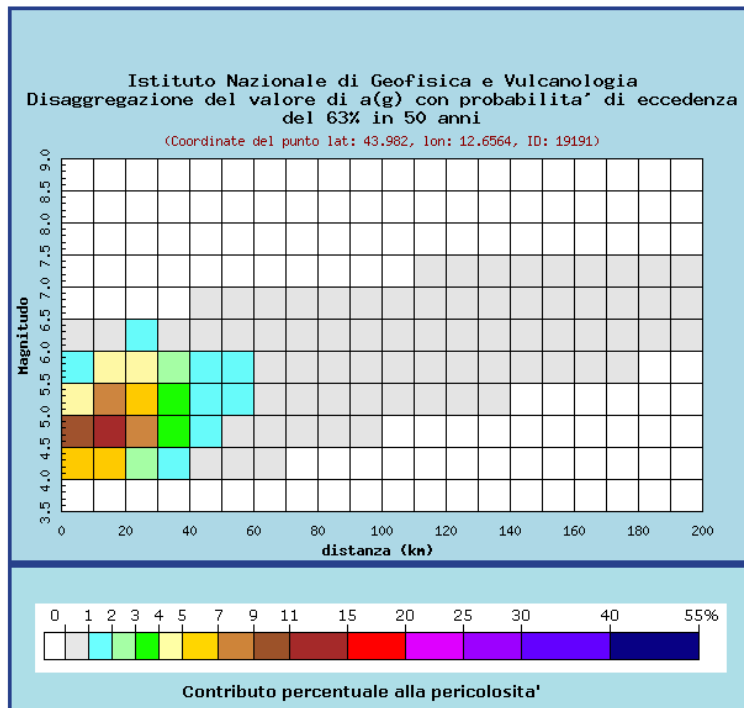


Figura 8.10 – Contributo percentuale alla pericolosità SLD

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 63% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.982, lon: 12.6564, ID: 19191)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	5.850	9.080	4.170	1.790	0.204	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.570	13.000	8.000	4.230	0.827	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	2.890	7.180	5.940	4.020	1.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	1.030	3.100	3.190	2.560	0.862	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.436	1.610	1.950	1.690	0.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.096	0.688	1.130	1.150	0.528	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.007	0.221	0.609	0.752	0.418	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.052	0.292	0.441	0.270	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.009	0.124	0.244	0.155	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.001	0.049	0.142	0.099	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.016	0.078	0.065	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.004	0.040	0.044	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.001	0.022	0.033	0.019	0.016	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.024	0.024	0.022	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.017	0.025	0.024	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.010	0.020	0.020	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.015	0.016	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.011	0.013	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.008	0.010	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.008	0.000	0.000	0.000

Figura 8.11 – Valori delle magnitudo attese SLD

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.060	23.500	0.327

Figura 8.12 – Valore medio della magnitudo attesa SLD

In base ai dati di disaggregazione, per l'SLD, sono stati ritenuti rappresentativi della sismicit  del sito i seguenti intervalli di magnitudo e distanza:

- $M = 6.0 - 6.5$
- $R = 0 - 60 \text{ Km}$

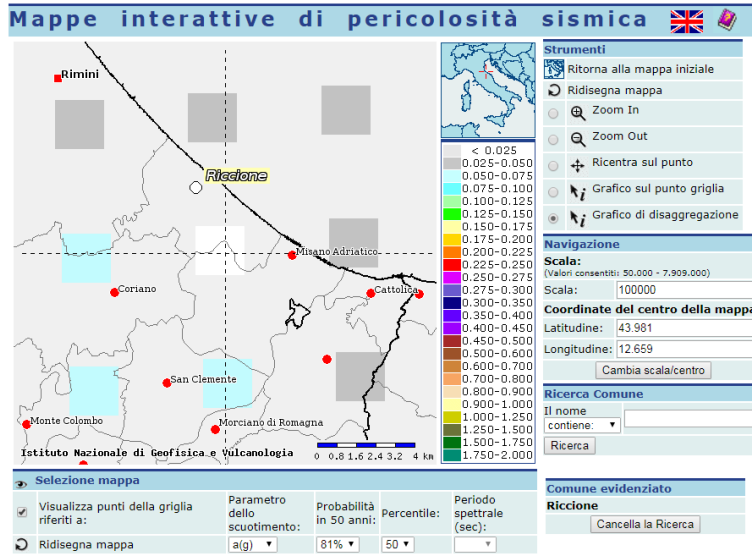


Figura 8.13 – Mappe di pericolosità sismica SLO

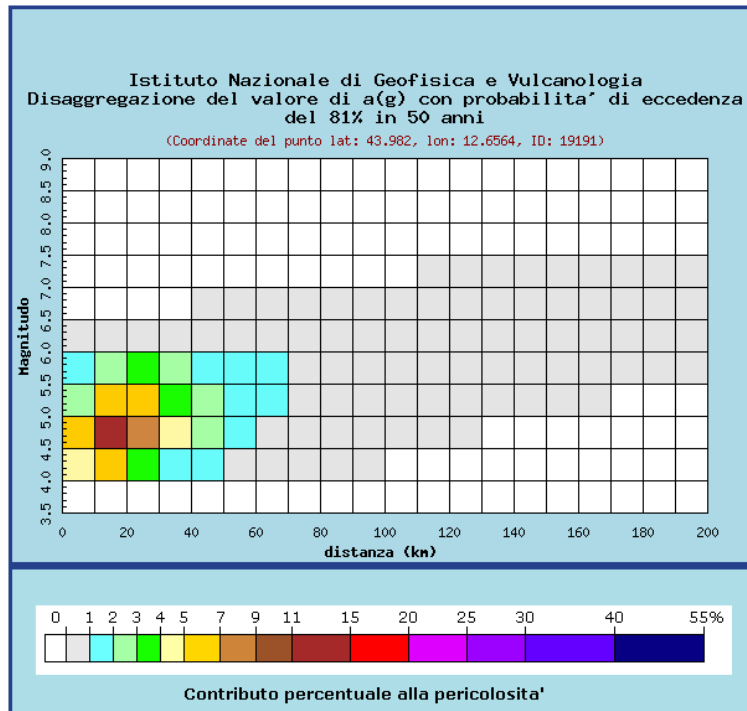


Figura 8.14 – Contributo percentuale alla pericolosità SLO



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 81% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.982, lon: 12.6564, ID: 19191)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	4.080	6.010	2.600	1.070	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.290	11.200	6.060	2.880	0.535	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	3.710	8.050	5.600	3.250	0.812	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	1.740	4.380	3.670	2.450	0.730	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	1.020	2.840	2.680	1.900	0.579	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.479	1.630	1.840	1.500	0.594	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.170	0.845	1.170	1.110	0.523	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.040	0.384	0.689	0.720	0.368	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.006	0.150	0.384	0.440	0.230	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.052	0.220	0.288	0.159	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.015	0.114	0.184	0.114	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.003	0.053	0.115	0.084	0.009	0.005	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.001	0.026	0.081	0.070	0.030	0.021	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.012	0.056	0.058	0.041	0.030	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.005	0.036	0.047	0.045	0.034	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.002	0.021	0.035	0.038	0.030	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.025	0.030	0.025	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.019	0.025	0.021	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.019	0.018	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.014	0.017	0.015	0.000	0.000	0.000

Figura 8.15 – Valori delle magnitudo attese SLO

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.050	30.100	0.282

Figura 8.16 – Valore medio della magnitudo attesa SLO

In base ai dati di disaggregazione, per l'SLO, sono stati ritenuti rappresentativi della sismicit  del sito i seguenti intervalli di magnitudo e distanza:

- $M = 5.5 - 6.0$
- $R = 0 - 70 \text{ Km}$

### 8.3 Accelerogrammi di input

Secondo quanto previsto dalla *DGR 630 del 29/04/2019 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)"*, gli accelerogrammi di riferimento per il sito analizzato sono stati ricavati seguendo la procedura che si basa sui valori di pericolosit  sismica elaborati da INGV per il territorio nazionale resi disponibili per il territorio regionale sui punti di una griglia con passo 0.05 gradi nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema "Sismica – Microzonazione Sismica".

I segnali sismici sono rappresentativi dello scuotimento atteso, per un periodo di ritorno di 475 anni (10% di probabilità di superamento in 50 anni), sul suolo di riferimento relativo alla categoria di sottosuolo A definita nella tabella 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, ovvero con  $V_{s,eq}$  superiore a 800 m/s.

Per la definizione del moto di riferimento, nell'allegato a al DGR 630, vengono riportati:

- la forma dello spettro di risposta in accelerazione (smorzamento pari al 5%) normalizzato e mediato sul territorio regionale. Questo spettro che è rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni in Emilia-Romagna (Figura 8.17), è stato ricavato dai valori degli spettri di risposta calcolati per il territorio regionale da INGV
- i valori di  $a_{refg}$ , ovvero dell'accelerazione massima orizzontale su suolo di riferimento (categoria di sottosuolo A, NTC 2018), espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni. I valori sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi che è fornita nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema "Sismica – Microzonazione Sismica". I valori di  $a_{refg}$  sono stati elaborati da INGV

Nel file all\_4\_coord.kmz, nella cartella Allegato\_4.zip disponibile nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del servizio Geologico, sismico e dei suoli, oltre i valori di  $a_{refg}$  per ogni punto della suddetta griglia INGV sono riportati anche i valori di  $Asl_{UHs}/\square T$  necessari per il calcolo del parametro  $H_{sM}$ .

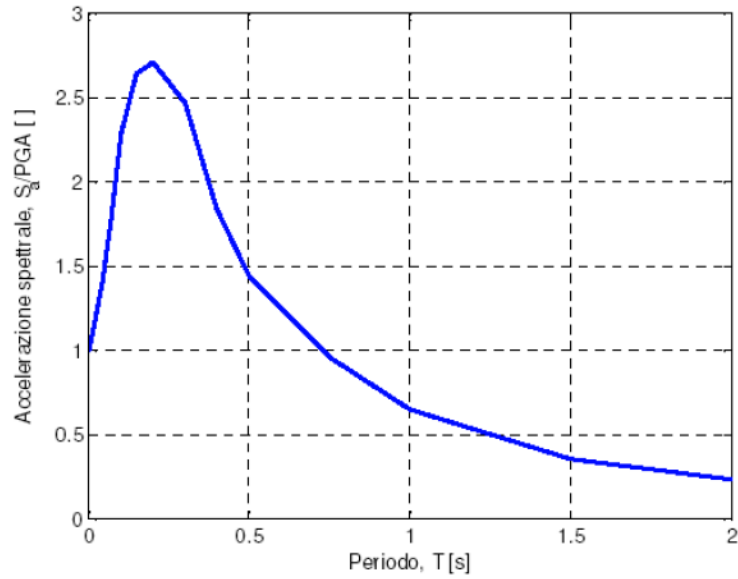


Figura 8.17 – Spettro di risposta normalizzato ( $TR = 475$  anni, smorzamento = 5%) per l'Emilia-Romagna

Partendo dallo spettro di risposta normalizzato (Figura 8.17), moltiplicando i valori dell'accelerazione spettrale per il valore di  $a_{refg}$  di ogni comune, è possibile ottenere lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna.

Nella seguente Figura 8.19, sono riportati i nodi più prossimi all'area di studio:

- Case Chiesavecchia      0.1840g
- Misano Adriatico      0.1834g
- Riva Azzurra            0.1831g
- Mare                      0.1817g

Il nodo selezionato per la determinazione di  $a_{refg}$  è risultato essere Case Chiesavecchia, sia in termini di vicinanza che di valore, poiché è risultato essere il più cautelativo tra i quattro.



Figura 8.18 – Nodi identificativi della pericolosità sismica di base

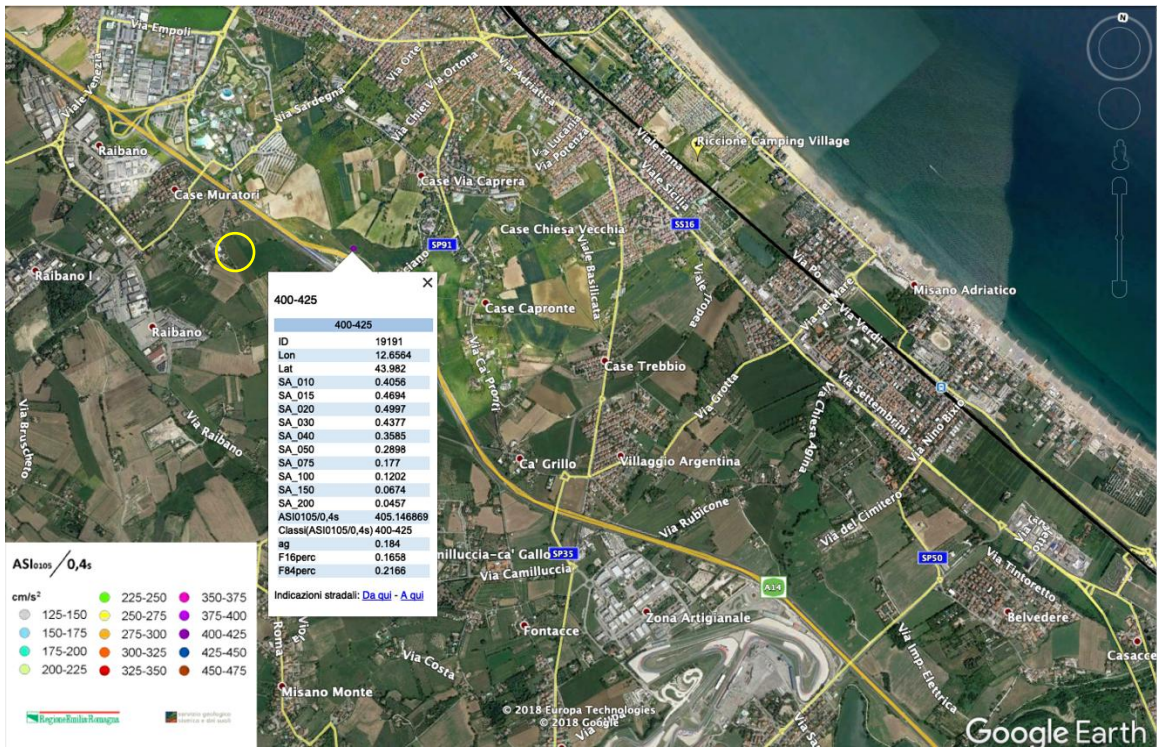


Figura 8.19 – Nodo più prossimo selezionato

#### 8.4 Determinazione del profilo di progetto

Per la definizione del profilo di progetto sono stati utilizzati i dati delle indagini geognostiche e sismiche effettuate nel sito oggetto di studio.

Sono stati individuati complessivamente n. 4 tipi di terreno:

- LA Limi argillosi,
- A Argille,
- S Sabbie,
- SL Sabbie limose.

Il profilo utilizzato nel modello di calcolo, integrato rispetto al precedente con le Vs rilevate, è risultato essere il seguente:

Profondità (m)	Litologia	Vs (m/s)
0.0 – 2.5	LA	146.4
2.5 – 3.0	S	
3.0 – 6.0	LA	
6.0 – 8.0	A	
8.0 – 11.0	SL	171.1
11.0 – 21.0	A	210.3
21.0 – 22.0	S	
22.0 – 100.0	A	276.0
Bedrock		800.0

Tabella 8.3 – profilo di calcolo

## 9 Analisi di risposta sismica locale

Si è eseguito uno studio di risposta sismica locale mediante analisi 1-D, finalizzata alla definizione degli spettri di risposta in accelerazione del moto del terreno, valutati per gli Stati Limite di Danno (SLD), di Salvaguardia della Vita (SLV) e di Salvaguardia dell'Operatività (SLO).

La determinazione dell'azione sismica di progetto permette di definire una realistica risposta sismica stratigrafica, in alternativa all'approccio semplificato, basato sulla definizione delle categorie di sottosuolo.

L'analisi di risposta sismica locale è stata eseguita mediante l'utilizzo del software gratuito Strata sviluppato dall'Università del Texas (*Kottke e Rathje, 2008*) e distribuito con licenza pubblica General Public License (GNU) dal PEER (*Pacific Earthquake Engineering Research Center*) di Berkeley.

Il programma impiega un modello monodimensionale 1-D lineare elastico (LE) o lineare equivalente (EQL) ed effettua l'analisi della risposta sismica locale RSL in termini di pressioni totali TT.

Il codice di calcolo numerico valuta la risposta sismica di un deposito di terreno schematizzandolo come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici ("metodi della trave a taglio continua", *Roesset, 1970*), sovrastanti un semispazio uniforme, corrispondente al bedrock, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici.

L'adozione di una schematizzazione geometrica di tipo mono-dimensionale (1-D) si basa su una serie di ipotesi semplificative introdotte nella caratterizzazione geometrica e meccanica del deposito e nelle leggi di propagazione delle onde sismiche e di comportamento dei terreni.

In particolare, si assume che:

1. la superficie libera ed il bedrock siano orizzontali (categoria topografica NTC18 non superiore a T1) e indefinitamente estesi;
2. il deposito sia omogeneo o al più stratificato orizzontalmente;
3. la sollecitazione sismica sia costituita da sole onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale (SH) incidenti il bedrock con direzione di propagazione verticale;
4. siano trascurabili gli effetti topografici.

La configurazione geometrica mono-dimensionale può essere schematizzata come riportato nella seguente Figura 9.1.

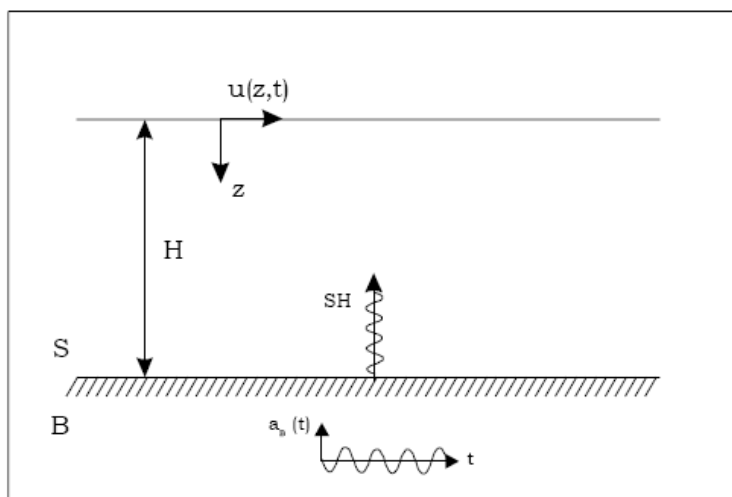


Figura 9.1 – Schema geometrico mono-dimensionale 1-D.

La rappresentazione monodimensionale del problema riduce il deposito ad una colonna di terreno di larghezza unitaria, detta anche “trave a taglio” (Roesset, 1970), in cui le dimensioni trasversali si possono ritenere trascurabili e alla base della quale viene applicata un'oscillazione.

La condizione di estensione infinita equivale ad assumere che le onde che si propagano dal bedrock verso la superficie non subiscano alcuna riflessione ai bordi (effetti di bordo trascurabili).

Il programma assume inoltre che il moto sismico atteso in superficie venga determinato in condizioni di free field, ossia di campo libero, con superficie libera da manufatti.

L'analisi lineare equivalente EQL viene condotta in termini di tensioni totali TT. Si pone l'attenzione sul fatto che l'operare in TT è lecito unicamente se le deformazioni massime attese ricadono al più nel campo delle medie deformazioni (livelli deformativi inferiori alla soglia volumetrica), in cui il comportamento del terreno è dissipativo ma stabile, senza accumulo di sovrappressioni neutre in condizioni non drenate.

## 9.1 Inserimento sismostratigrafia di input

La definizione del modello di riferimento utilizzato per l'analisi mediante STRATA si è basata sull'integrazione dei dati risultanti dal rilevamento, dalle indagini geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo) con quelli risultanti dalle indagini sismiche eseguite (MASW).

Il profilo sismico acquisito non ha consentito l'individuazione del bedrock sismico di riferimento, con velocità  $\geq 800$  m/s, che è stato convenzionalmente posto a 100 m di profondità dal p.c..

Il profilo inserito nel software STRATA è il seguente:

Site Profile				
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	2.50	LA	146.60
2	2.50	0.50	S	146.60
3	3.00	3.00	LA	146.60
4	6.00	2.00	A	146.60
5	8.00	3.00	SL	171.10
6	11.00	10.00	A	210.30
7	21.00	1.00	S	210.30
8	22.00	78.00	A	276.00
9	100.00	Half-Space	Bedrock	800.00

Figura 9.2 – profilo di calcolo

La definizione del profilo dal punto di vista litologico è stata effettuata sulla base dei dati delle indagini eseguite, le velocità associate ai vari orizzonti individuati sono state desunte dalle indagini sismiche.

Per la determinazione delle di curve di decadimento, in assenza di prove specifiche, sono state utilizzate le curve di bibliografia proposte da *Idriss (1990)* per Clay, terreno A e LA e Sand, terreno S e SL, inserite nel software come riportato nella figura seguente.

Soil Types						
	Name	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	G/G_max Model	Damping Model	Min. Damping (%)	Notes
1	LA	19.00	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay	0	
2	A	20.00	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay	0	
3	S	18.00	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	0	
4	SL	18.50	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	0	

Figura 9.3 – tipologie di terreno

## 9.2 Determinazione dei parametri di calcolo

L'analisi con STRATA è stata eseguita utilizzando il metodo lineare equivalente "Equivalent Linear (EQL)".

Type of Analysis

Method: Equivalent Linear (EQL)

Approach: Time Series

Vary the properties

Figura 9.4 – tipo di analisi



Sulla base di quanto esposto nel paragrafo precedente, è stata utilizzata come magnitudo di riferimento  $M = 6.5$ , che ha consentito di impostare un valore di “Effective Strain Ratio”

$$n = (M-1)/10 = 0.55$$

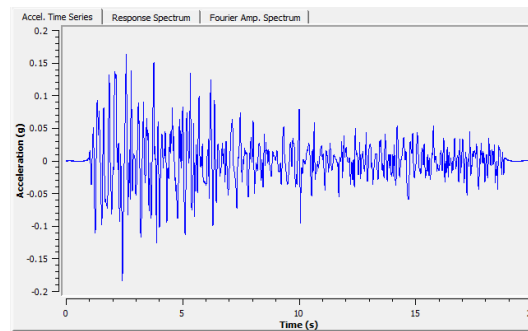
La tolleranza massima ammissibile nel processo iterativo di aggiornamento dei parametri non lineari del deposito è stata posta pari al 2%. Sono state considerate massimo 10 interazioni.

*Figura 9.5 – parametri di calcolo*

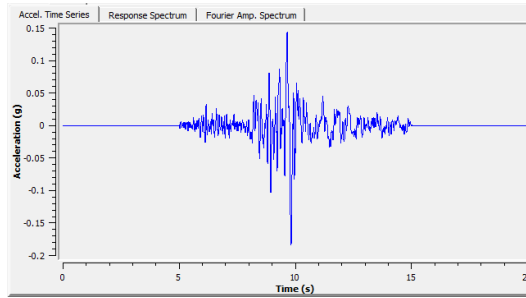
Il calcolo è stato eseguito per i tre accelerogrammi per lo stato limite SLV, come richiesto dalla DGR 630.

	Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
1	<input checked="" type="checkbox"/> Accelerogrammi\000046xa_2.txt	000046	Outcrop (2A)	0.18	8.33	1.00
2	<input checked="" type="checkbox"/> Accelerogrammi\000126xa.txt	0000126	Outcrop (2A)	0.18	10.50	1.00
3	<input checked="" type="checkbox"/> Accelerogrammi\000354xa.txt	00354	Outcrop (2A)	0.18	9.08	1.00

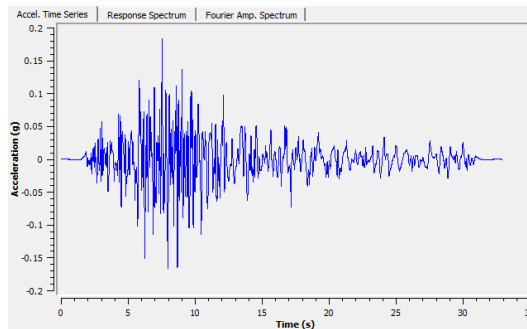
*Figura 9.6 – accelerogrammi di riferimento per SLV*



*Figura 9.7 – accelerogramma 000046*



*Figura 9.8 – accelerogramma 000126*



*Figura 9.9 – accelerogramma 000354*

### 9.3 Risultati

Le analisi condotte con il software STRATA hanno consentito di determinare i valori dello spettro in accelerazione, e attraverso opportune correlazioni è stato determinato anche lo spettro in pseudo velocità, per la valutazione dell'Intensità di Housner.

Per quanto riguarda lo spettro in accelerazione, i risultati ottenuti sono stati poi confrontati con lo spettro di normativa corrispondente al Terreno tipo C per il sito in esame.

Nella figura seguente è riportato lo spettro elastico ottenuto in termini di valori medi e di intervallo di confidenza superiore ed inferiore, per lo stato limite SLV – TR 475 anni.

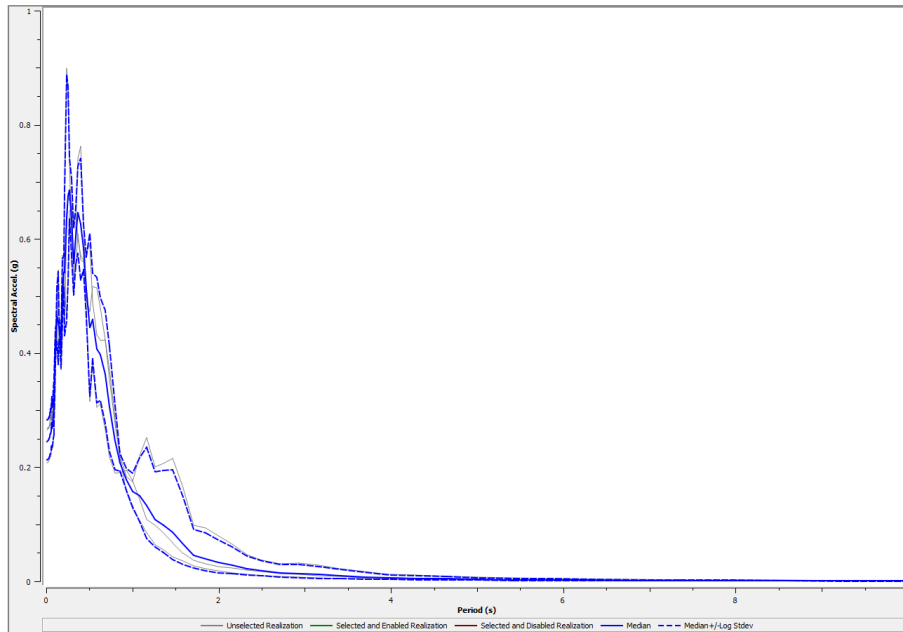


Figura 9.10 – Spettro di risposta in accelerazione per lo SLV

Dagli spettri in accelerazione determinati per i 3 accelerogrammi individuati è stato desunto lo spettro medio (in rosso nella figura seguente) ed è stato successivamente confrontato con lo spettro del Terreno C secondo le NTC2018 (in nero tratteggiato nella figura seguente).

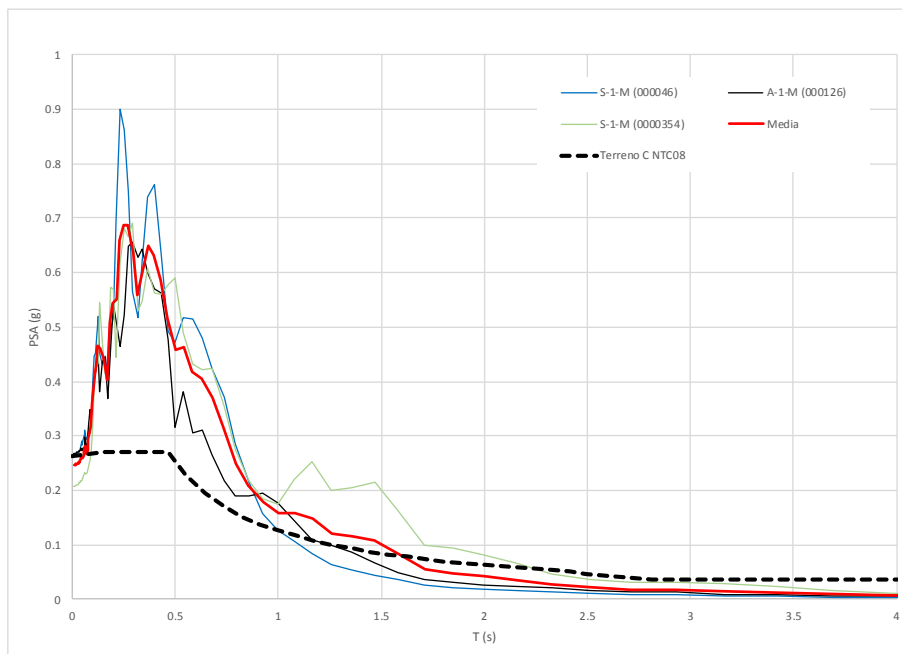
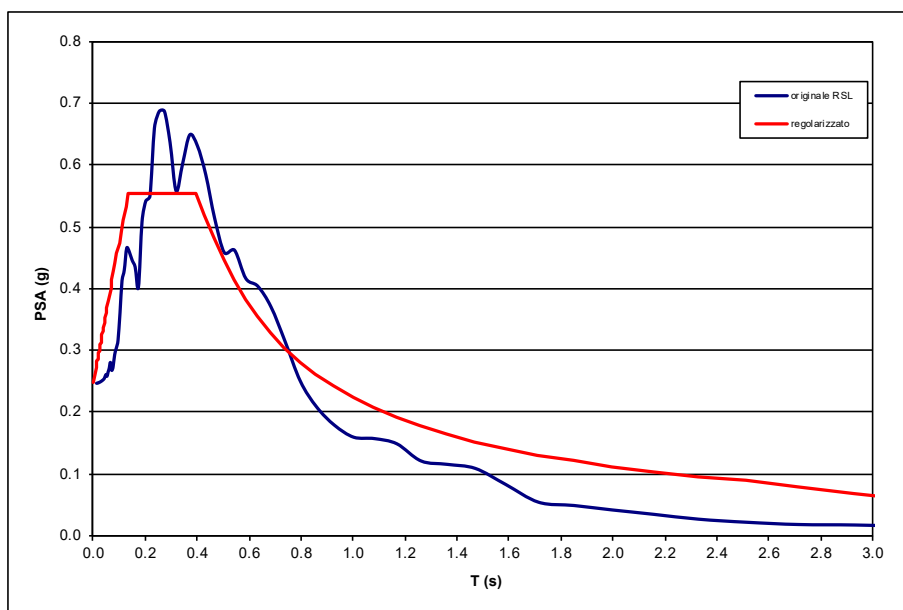


Figura 9.11 – Confronto tra spettri risultanti, spettro medio e spettro Terreno C NTC18

Lo spettro medio è stato successivamente regolarizzato, per consentire un migliore confronto con lo spettro del Terreno B previsto dalle NTC2018. Il risultato di tale operazione è riportato nella seguente Figura 9.12.



*Figura 9.12 – Spettro medio risultante da RSL e regolarizzato*

Successivamente alla regolarizzazione dello spettro medio, è stato effettuato il confronto tra quest'ultimo e lo spettro dato dalle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018, per il Terreno tipo C, per lo stato limite considerato, in questo caso per l'SLV, il risultato è riportato nella seguente Figura 9.13, dalla quale si evince un notevole spostamento dello spettro risultante dall'analisi di Risposta Sismica Locale per l'SLV rispetto allo spettro del Terreno C.

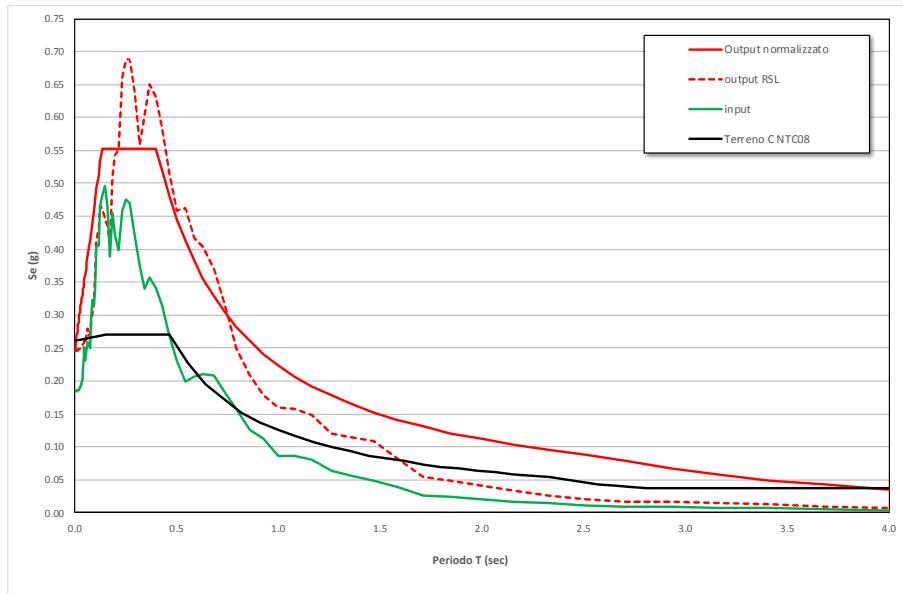


Figura 9.13 – Spettro RSL normalizzato e NTC18 Terreno C a confronto

#### 9.4 Fattori di amplificazione

La determinazione dei fattori di amplificazione secondo quanto richiesto dalla DGR n. 630, è stata effettuata sulla base dello Spettro di risposta in accelerazione, per la determinazione di PGA e SA.

Per la determinazione del Spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner), il profilo in pseudo velocità è stato determinato dallo Spettro di ampiezza di Fourier, applicando la seguente trasformazione:

$$PSV (Ti) = Sa (Ti) * (Ti)/2 \quad \text{ovvero} \quad PSV (Ti) = Sa (Ti) / f*2$$

I valori risultati sono riepilogati nella seguente tabella:

<b>Fattore di Amplificazione PGA</b>	
PGA	1.36

<b>Fattori di Amplificazione SA</b>	
SA1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)	1.32
SA2 (0,4s ≤ T ≤ 0,8s),	1.18
SA3 (0,7s ≤ T ≤ 1,1s),	1.37
SA4 (0,5s ≤ T ≤ 1,5s)	1.82

Fattori di Amplificazione SI	
SI1 (0,1s≤T≤0,5s)	1.35
SI2 (0,5s≤T≤1,0s)	2.29
SI3 (0,5s≤T≤1,5s)	1.60

Per completezza di informazione, si riportano i fattori di amplificazione previsti dalla DGR n. 630 nelle analisi di secondo livello per la tipologia PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c..

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** (0,1s≤T≤0,5s), **SA2** (0,4s≤T≤0,8s), **SA3** (0,7s≤T≤1,1s), **SA4** (0,5s≤T≤1,5s)

V <sub>S30</sub> (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** (0,1s≤T≤0,5s), **SI2** (0,5s≤T≤1,0s), **SI3** (0,5s≤T≤1,5s)

Figura 9.14 – Stralcio Tabelle DGR n. 630

Per il sito in esame, sono state evidenziate le amplificazioni attese per la velocità Vs30 rilevata attraverso le indagini sismiche acquisite, e compresa tra valori di: 192 – 243 m/s.

## 9.5 Considerazioni in merito alla liquefazione dei terreni

Il nuovo D.M. del Gennaio 2018 ha portato modifiche significative per la valutazione della Liquefazione dei terreni.

Nell'area si è applicato un valore di Magnitudo pari a 6,14.

Per il sito in esame, con terreni di tipo C, l'accelerazione al suolo considerata è stata cautelativamente di 0,312 m/sec<sup>2</sup>.

E' stato utilizzato il software Liquef.exe, che consente di effettuare il calcolo del potenziale di liquefazione e degli indici di severità di liquefazione a partire dai risultati di una prova CPTU o CPT utilizzando il metodo di Robertson 2009 (ROB09 - Robertson, P.K., 2009. Performance based earthquake design using the CPT. Proceedings, IS-Tokio 2009, June 2009, Tokio, Japan, pp. 3-20).

Le analisi che si riportano sono quelle che derivano dalle prove CPTU, e sono state eseguite in free-field. Questo può comportare una grande sovrastima del potenziale di liquefazione, e non tiene conto del peso aggiuntivo dato dalle opere edili. Questo fatto deve essere attentamente valutato nelle considerazioni relative agli ipotetici interventi futuri.

CPTU1	LPI10	LPI20	LDI10	LDI20	LSI10	LSI20	LPbI10	LPbI20
	8,208267	6,846402	0,567875	1,270474	0,075148	0,10949	22,09669	17,94336
CPTU2	LPI10	LPI20	LDI10	LDI20	LSI10	LSI20	LPbI10	LPbI20
	10,73368	8,267478	0,738179	1,571175	0,094527	0,136583	30,16744	22,54038

Indice del potenziale di liquefazione, LPI	pericolosità di liquefazione
LPI = 0	nulla
0 < LPI < 2	bassa
2 < LPI < 5	moderata
5 < LPI < 15	alta
LPI > 15	molto alta

Con un grado di danno secondo la seguente tabella:

Indice del potenziale di liquefazione, LPI	Grado di danno
$LPI \leq 11.5$	Non vi sono danni apparenti
$11.5 < LPI \leq 32$	Spostamenti da piccoli a moderati: cedimenti e sand boils
$LPI > 32$	Elevati rifluimenti laterali

La probabilità che possano avvenire fenomeni di liquefazione è discriminata dalla seguente tabella:

Classi di probabilità di liquefazione secondo CHEN e Juang (2000)

Probabilità di liquefazione LPbl	classe di probabilità
$LPbl > 85$	liquefazione quasi certa
$65 \leq LPbl < 85$	liquefazione molto probabile
$35 \leq LPbl < 65$	liquefazione e non liquefazione ugualmente probabili
$15 \leq LPbl < 35$	liquefazione improbabile
$LPbl < 15$	non liquefazione quasi certa

Come si vede nelle prove CPTU abbiamo valori di LPI, Potenziale di liquefazione, che sono considerati ALTI.

La probabilità di liquefazione LPbl è nella categoria LIQUEFAZIONE IMPROBABILE.



## **10 Edificabilità dell'area e conclusioni**

Come inquadramento generale l'area in studio si colloca nell'area storicamente urbanizzata della fascia costiera. I terreni sabbiosi e le alternanze presenti nell'area (piana costiera) si presentano, in condizioni statiche, generalmente come discreti terreni di fondazione

L'analisi di III° livello di approfondimento nell'ambito della verifica dei rischi sismici, a riguardo del potenziale di liquefacibilità in condizioni di free field con riferimento al p.c. attuale, ha caratterizzato l'area come ad "Alto" potenziale di liquefazione.

Pertanto considerato il grado di rischio associabile alle opere in progetto, in fase di progettazione definitiva/esecutiva delle opere si raccomanda un'accurata modellazione geotecnica con definizione delle azioni sismiche tramite specifiche analisi di RSL su approfondimenti di indagine mirati tramite tecniche di prospezione geofisica ad alta penetrazione e prove di laboratorio sia dinamico che ciclico, al fine di appurare con maggior precisione il potenziale di liquefazione dei terreni in relazione alle azioni sismiche di progetto ed effettuare una specifica calibrazione delle prove in sito.

In ogni caso in sede di progettazione esecutiva tali valutazioni andranno approfondite puntualmente in relazione alle caratteristiche delle opere, le quote dei piani di posa, ai carichi insistenti nonché alle modalità realizzative delle opere previste e delle prestazioni attese dalle stesse e, pertanto, anche in base a quanto espresso dalle NTC "L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista".

Particolare attenzione andrà posta alla progettazione e realizzazione delle opere di scavo le quali, dovranno essere condotte con la dovuta cautela, avendo cura di limitare al massimo gli effetti dello scavo e dell'abbassamento della falda nell'intorno (spesso causa di consolidamento o cedimento dei terreni laterali); ciò potrà essere ottenuto sia tramite l'adozione di idonee modalità di scavo che tramite opere di contenimento e/o l'uso congiunto di eventuali interventi di miglioramento del terreno.

La scelta delle tipologie fondazionali e dei piani di posa delle fondazioni, nonché degli approcci metodologici corretti per gli sbancamenti, le opere di drenaggio e di contenimento, saranno effettuati in sede di progettazione definitiva/esecutiva, tenendo conto di quanto soprariportato ed in base sia alle problematiche di dettaglio che si presenteranno nel sito di intervento, nonché alle caratteristiche tecniche dell'opera da realizzare.

Data la presenza della falda anche nei pressi della superficie, si consiglia di predisporre un idoneo sistema di impermeabilizzazione delle opere interrato e di dimensionare le solette di fondazione tenendo conto delle sottospinte idrostatiche.

ALLEGATO 1

UBICAZIONE PROVE GEOGNOSTICHE E SISMICHE



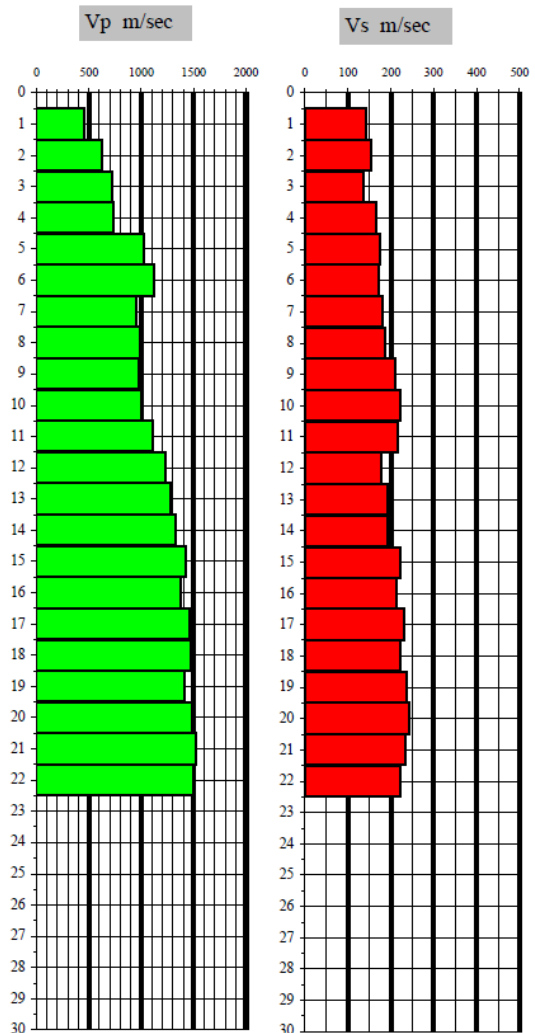
ALLEGATO 2  
CONO SISMICO

Cono Sismico CPTU 2

Località: Riccione (RN) - Camping Village

Data: 14 giugno 2019

prof. mt.	V <sub>p</sub> m/sec	V <sub>s</sub> m/sec	v	γ t/m <sup>3</sup>	E <sub>din</sub> Kg/cm <sup>3</sup>	G <sub>din</sub> Kg/cm <sup>3</sup>	K <sub>din</sub> Kg/cm <sup>3</sup>
1	272	140	0.32	1.48	781	296	722
2	421	134	0.44	1.61	850	295	2515
3	621	137	0.47	1.73	978	331	6369
4	721	155	0.48	1.78	1288	437	8863
5	895	168	0.48	1.86	1583	534	14452
6	1245	171	0.49	1.98	1757	589	30458
7	1345	173	0.49	2.00	1826	612	36187
8	1375	167	0.49	2.01	1710	573	38072
9	1354	151	0.49	2.01	1395	467	36926
10	1423	147	0.49	2.03	1336	447	41270
11	1456	143	0.50	2.04	1270	425	43456
12	1412	149	0.49	2.02	1370	458	40550
13	1465	142	0.50	2.04	1254	419	44061
14	1426	141	0.50	2.03	1230	411	41511
15	1421	149	0.49	2.03	1372	459	41126
16	1459	154	0.49	2.04	1472	493	43564
17	1365	156	0.49	2.01	1491	499	37554
18	1423	159	0.49	2.03	1561	523	41169
19	1312	162	0.49	2.00	1595	534	34332
20	1375	172	0.49	2.01	1813	608	38025
21	1423	221	0.49	2.03	3004	1010	40520
22	1342	219	0.49	2.00	2915	981	35516
23	1312	221	0.49	2.00	2954	994	33719
24	1304	244	0.48	1.99	3588	1211	32964
25	1465	242	0.49	2.04	3618	1218	42997
26	1442	231	0.49	2.03	3289	1106	41625
27	1410	232	0.49	2.02	3302	1111	39552
28	1468	244	0.49	2.04	3680	1238	43169
29	1432	241	0.49	2.03	3572	1202	40845
30	1398	246	0.48	2.02	3701	1247	38610



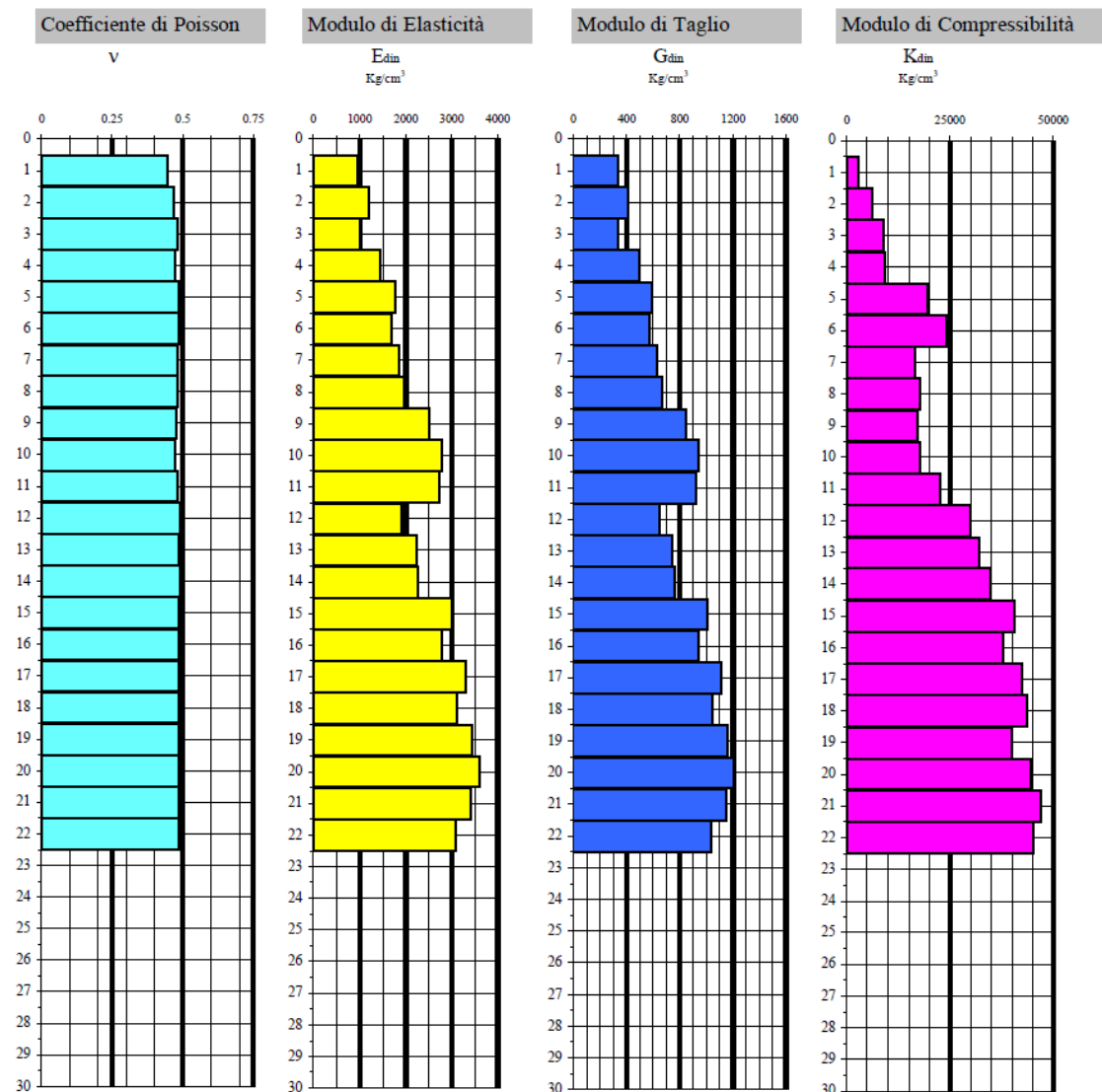
**V<sub>seq</sub> = 192**

**Categoria Suolo = C**

Cono Sismico CPTU 2

Località: Riccione (RN) - Camping Village

Data: 14 giugno 2019





ALLEGATO 3

INDAGINE GEOFISICA MASW



**Lab.Geo**

di **Scaparrotti dott. Roberto**

Via Coletti 82/b - 47921

Rimini Cell. 320 0555670

mail: [scaparrotti.roberto@libero.it](mailto:scaparrotti.roberto@libero.it)

p.i.039 913 304 02 c.f.: SCP RRT 60A 08H 294W

**Oggetto: Indagine Geofisica M.A.S.W. (Multichannel analysis of surface )**

**Località: Riccione (RN), Camping Village**

**Data: Giugno 2019**

# 1 INDICAZIONI GENERALI

In data 12 giugno 2019 è stata eseguita un'indagine geofisiche per la caratterizzazione dei terreni a Riccione (RN), Camping Village. (fig.1)



Fig.1

Per lo studio del sito in esame con finalità di classificazione sismica si sono applicate le procedure di indagine più adeguate per la progettazione in oggetto.

Allo scopo di valutare gli elementi sopra indicati, si sono realizzati in questa fase geognostica n° 2 array sismico composto da 24 ricevitori da 4.5 Hz spazati 2.5 metri per un totale di 57,50 metri mediante il quale è stato effettuato una misura di sismica attiva (MASW). (fig.2)

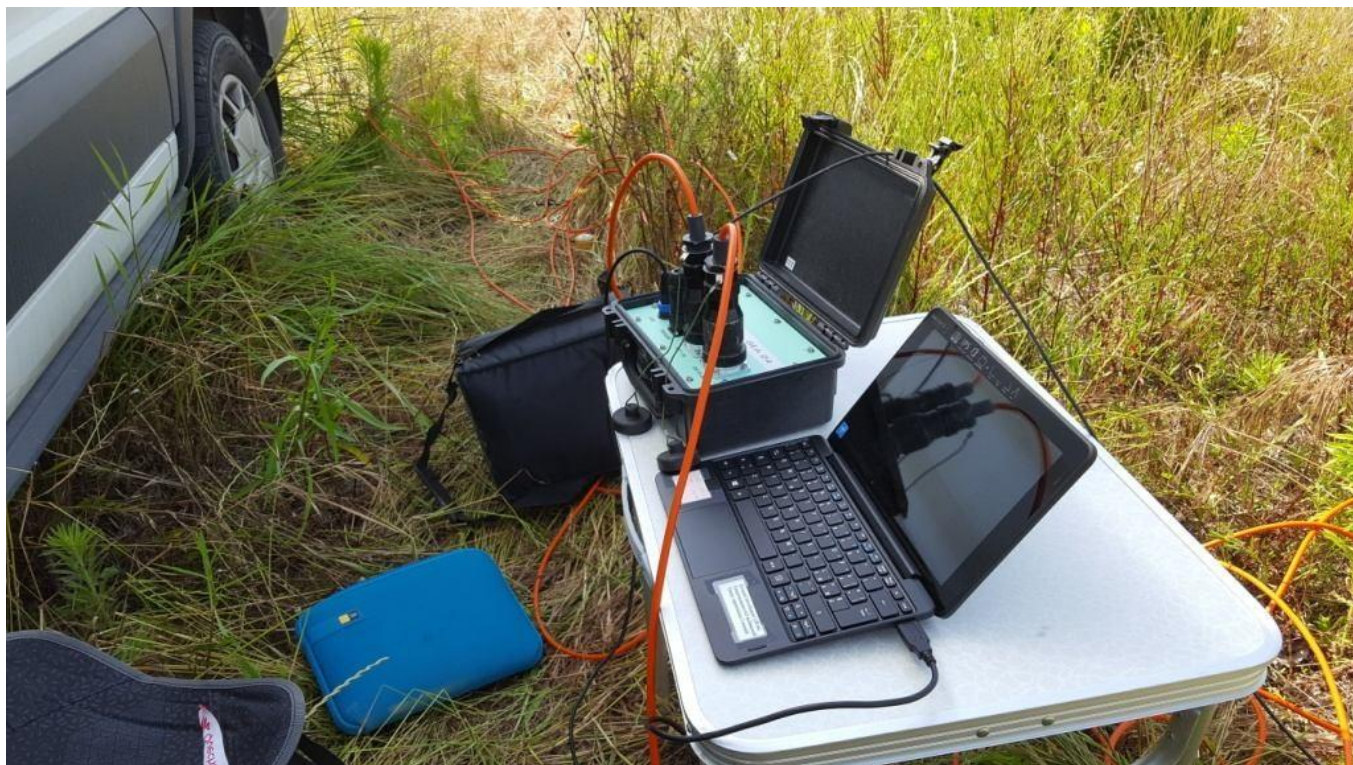


Fig2

## AZIONE SISMICA

### Categorie di suolo di fondazione

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,  $V_s$ .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.



La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s).

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

**A** - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di 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 m.

**B** - 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.

**C** - Depositati 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.

**D** - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di 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 e 180 m/s.

**E** - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

## 2 MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

L'analisi della propagazione delle onde superficiali entro il sottosuolo con la metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la determinazione della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) è stata effettuata mediante l'utilizzo di uno stendimento sismico di superficie composti da 24 geofoni da 4.5 Hz interdistanti 2.5 m per una lunghezza complessiva di 57.50 m; l'elaborazione, mediante software d'inversione, della prova sismica ha fornito un log di  $V_s$  posizionato al centro della sezione il quale permette di individuare eventuali variazioni verticali dei valori cinematici corrispondenti a variazioni delle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

### **Metodologia di indagine per onde superficiali**

#### ***Descrizione del metodo***

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda [RICHART *et al.*, 1970].

Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase ( $V_R$ ).

In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche diverse, il comportamento delle onde superficiali è differente.

In particolare, la propagazione 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 associati proprietà meccaniche differenziate: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipendente 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.

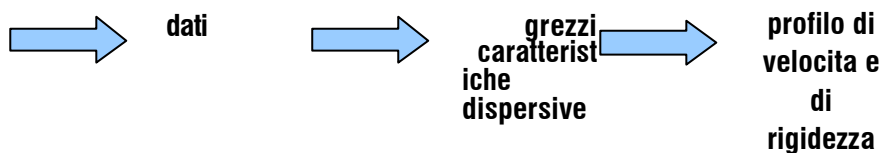
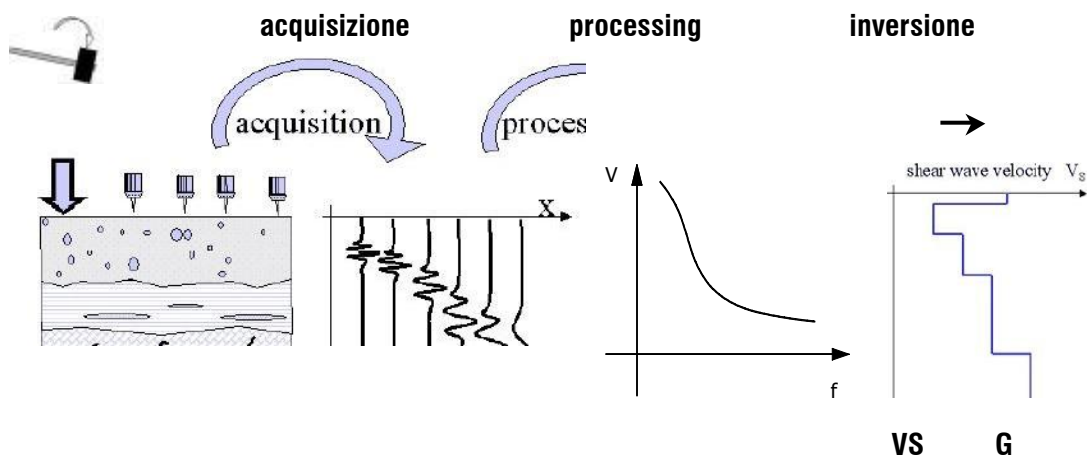
La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni; infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata (come si vedrà più avanti) per un 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.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nella figura qui di seguito presentata, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione;
- 2) Processing;
- 3) Inversione.



## Fasi del metodo delle onde superficiali (SWM).

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  $fk$  (frequenza-numero d'onda) [STROBBIA, 2003].

La curva di dispersione ottenuta, viene successivamente utilizzata per un processo di inversione che fornisce come risultato finale il profilo verticale della velocità delle onde di taglio nel terreno e quindi una stima della rigidità in funzione della profondità.

Quindi, le informazioni riguardanti la curva di dispersione sperimentale (associata a un mezzo le cui caratteristiche sono incognite) vengono sfruttate per affrontare il problema inverso della caratterizzazione: se le caratteristiche dispersive del sito possono essere valutate sperimentalmente, allora è possibile valutare le corrispondenti proprietà del terreno [STROBBIA, 2002].

La risoluzione del problema inverso, 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.

Come già sottolineato in precedenza, l'utilizzo di un modello monodimensionale è un'ipotesi che deve essere in linea di massima soddisfatta dal deposito di terreno per garantire la validità del risultato finale.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente dalle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto 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 fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione simulata).

Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

### ***Modalità di acquisizione***

Le sezione realizzata è costituita da uno stendimento sismico di superficie composti da 24 geofoni da 4.5 Hz interdistanti 2.5 m per una lunghezza complessiva di 57.50 m.

Il sismografo utilizzato è un dispositivo modulare da 24 canali Pasi Gea24; l'intervallo di campionamento è stato selezionato a 0.5 millisecc e il tempo di registrazione è stato fissato in 2 secondi.

Il sistema di energizzazione utilizzato è stato un grosso martello strumentato lasciato cadere con forza al suolo. Sono state effettuate due serie di energizzazioni esterne allo stendimento sia dal lato del ricevitore 1 sia dal lato del ricevitore 18.

L'esecuzione di più registrazioni separate invece della tradizionale procedura di *stacking* dei dati in acquisizione consente, senza un sensibile incremento dei tempi di acquisizione, di effettuare una serie di controlli statistici sulla qualità dei dati. In particolare è possibile stimare l'incertezza sui punti della curva di dispersione e verificare che l'ipotesi di monodimensionalità sia rispettata dal sito.

### **Elaborazione dati e stima della curva di dispersione**

La fase di processing è quella che segue l'acquisizione dei dati grezzi e permette di stimare, a partire dai sismogrammi acquisiti, le caratteristiche dispersive del sito, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza del segnale sismico (curva di dispersione sperimentale).

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è stato Easy Masw

I dati vengono trasformati in dominio  $fk$  (frequenza-numero d'onda) tramite una doppia trasformata di Fourier e la curva di dispersione è ricavata con un algoritmo di ricerca dei massimi spettrali (ai quali è associata per l'appunto la propagazione delle onde di Rayleigh).

Un confronto tra varie curve di dispersione può denotare differenze tra le stesse che possono essere imputate a varie cause quali eventuali variazioni di quota dei geofoni o, in secondo luogo, a variazioni laterali, lungo lo stendimento, delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo.

Analizzando poi le curve di dispersione si possono altresì notare la presenza di diversi modi di vibrazione; l'energia cioè tende a propagarsi maggiormente sul modo fondamentale verso basse frequenze oppure secondo modi più elevati di vibrazione.

Lo spettro  $fk$  può poi mettere in evidenza un intervallo di frequenze significativamente ampio; a seconda dei casi, è possibile una concentrazione di energia verso varie frequenze o, dall'altro lato, una propagazione di energia che presenta un livello simile.

Dall'analisi della curva di dispersione ottenuta, si può poi risalire alla determinazione delle caratteristiche dei terreni investigati. Mediante l'interpolazione di un certo numero di curve che si avvicinano sempre più a quella ottenuta.

Il software calcola poi il miglior modello di velocità delle onde di taglio nella zona indagata vincolando ogni singolo modello alle due curve descritte precedentemente.

Come accennato in precedenza, l'inversione è l'ultima delle tre fasi che caratterizzano il metodo delle onde superficiali e consente di ottenere, a partire da un profilo di primo tentativo e da una curva di dispersione sperimentale ricavata in sito, un modello stratigrafico finale.

### **3 CONCLUSIONI**

Per la caratterizzazione sismica dei suoli in cui si dovranno realizzare le nuove infrastrutture si sono eseguite, in questa fase, indagini geofisiche per determinare il profilo di velocità delle onde di taglio.

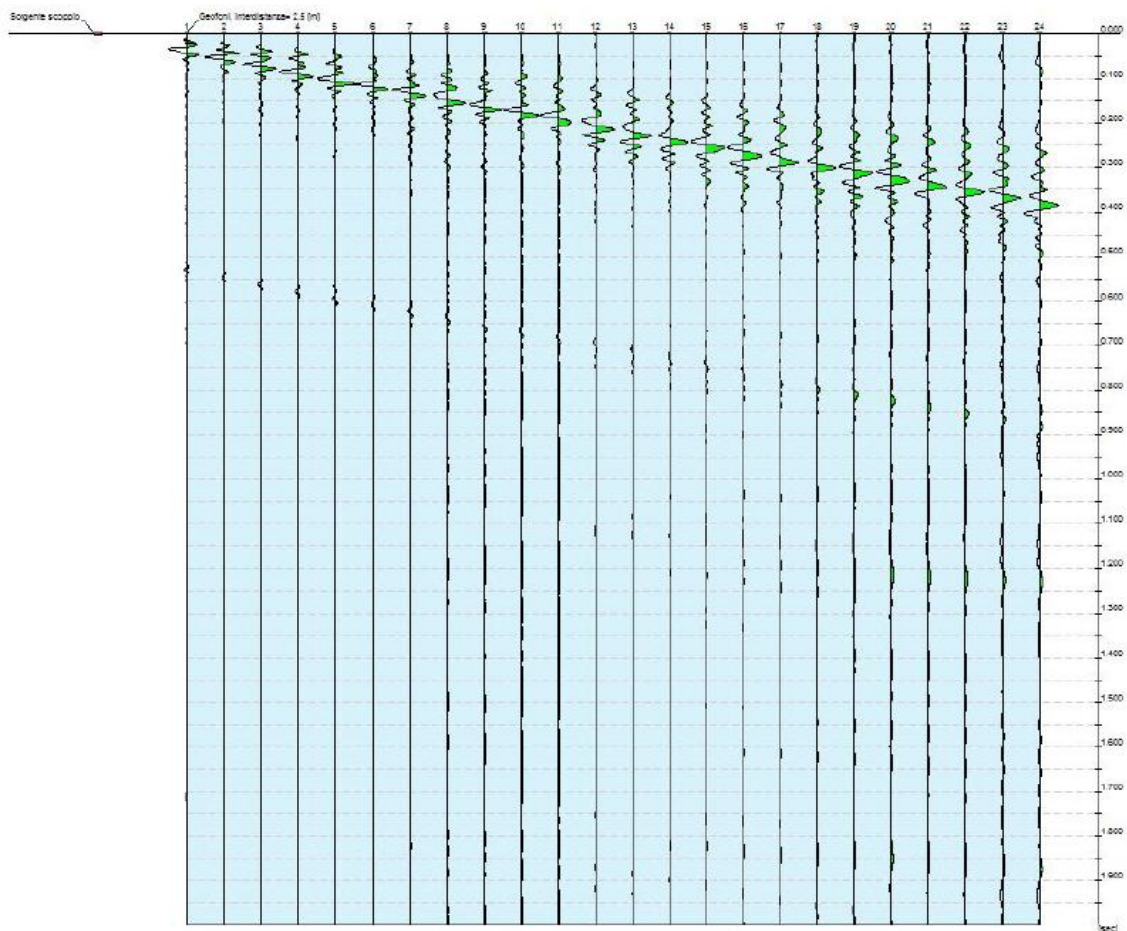
Le indagini geofisiche hanno consentito di determinare le frequenze di sito e la velocità delle onde di taglio per circa 30 metri dal piano campagna.

La caratterizzazione dei materiali in oggetto può quindi soddisfare i requisiti relativi alla entrata in vigore del nuovo decreto ministeriale.

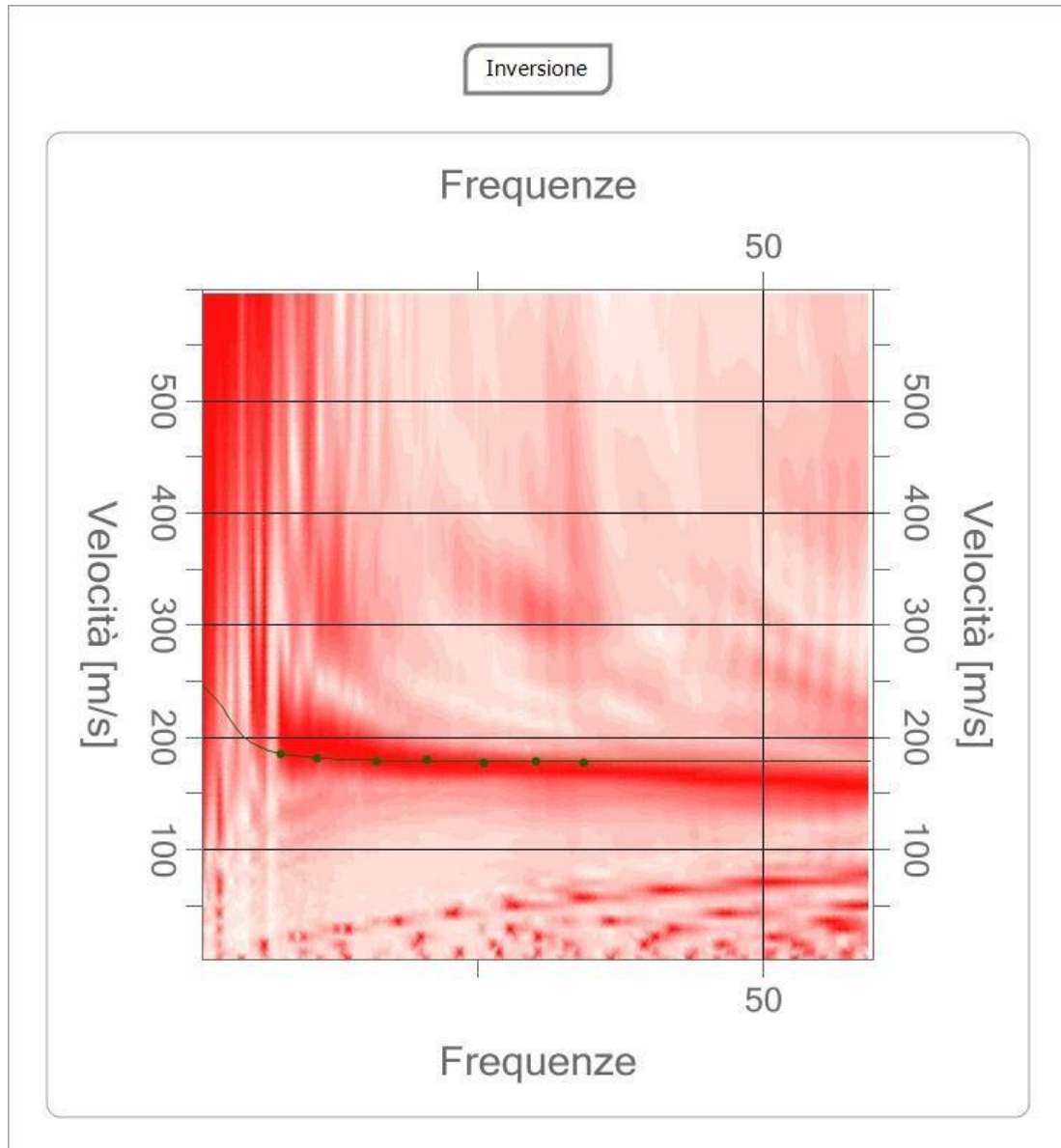
Dall'analisi dell'indagine MASW si può affermare che per i terreni indagati il valore di  $V_{s_{eq}}$  è pari a 214 nella MASW n.1 e 243 nella MASW n.2 e corrispondono a terreni di tipo C secondo la classificazione sismica dei suoli a seguito dell'entrata in vigore del DM del 17 gennaio 2018

## Riccione (RN) – Camping Village - Traccia n.1

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.5
Periodo di campionamento [msec]	0.50

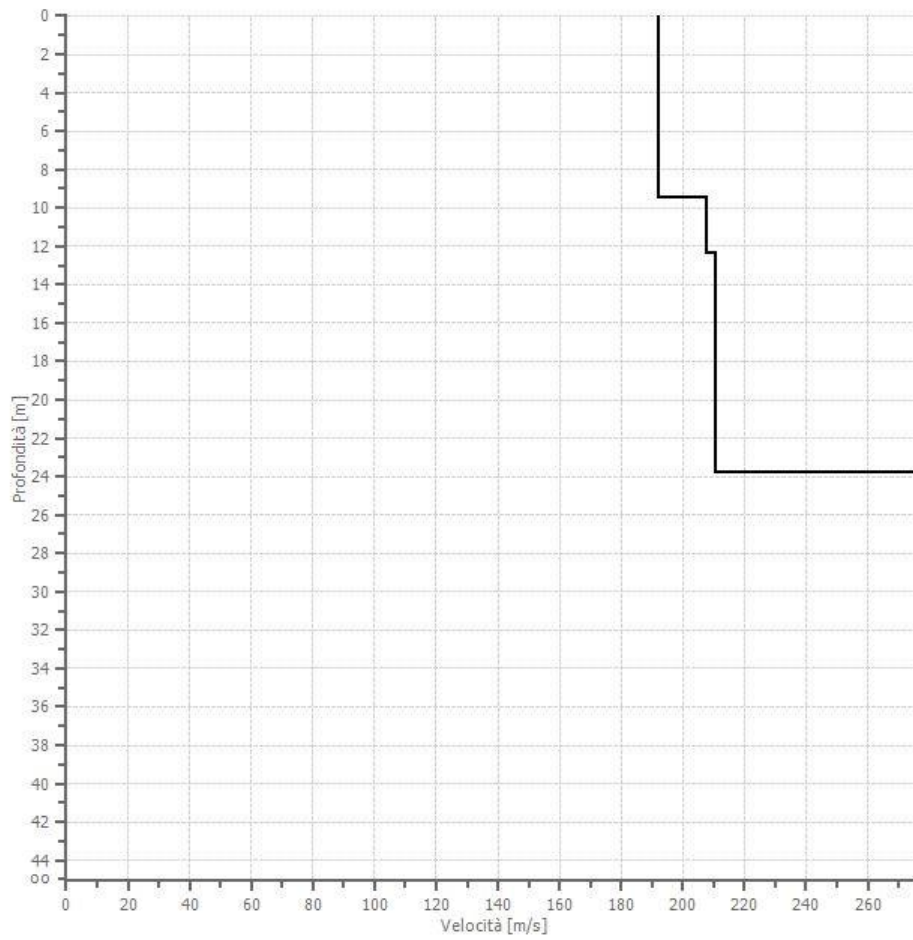


### Picking della curva di dispersione





Profilo di velocità



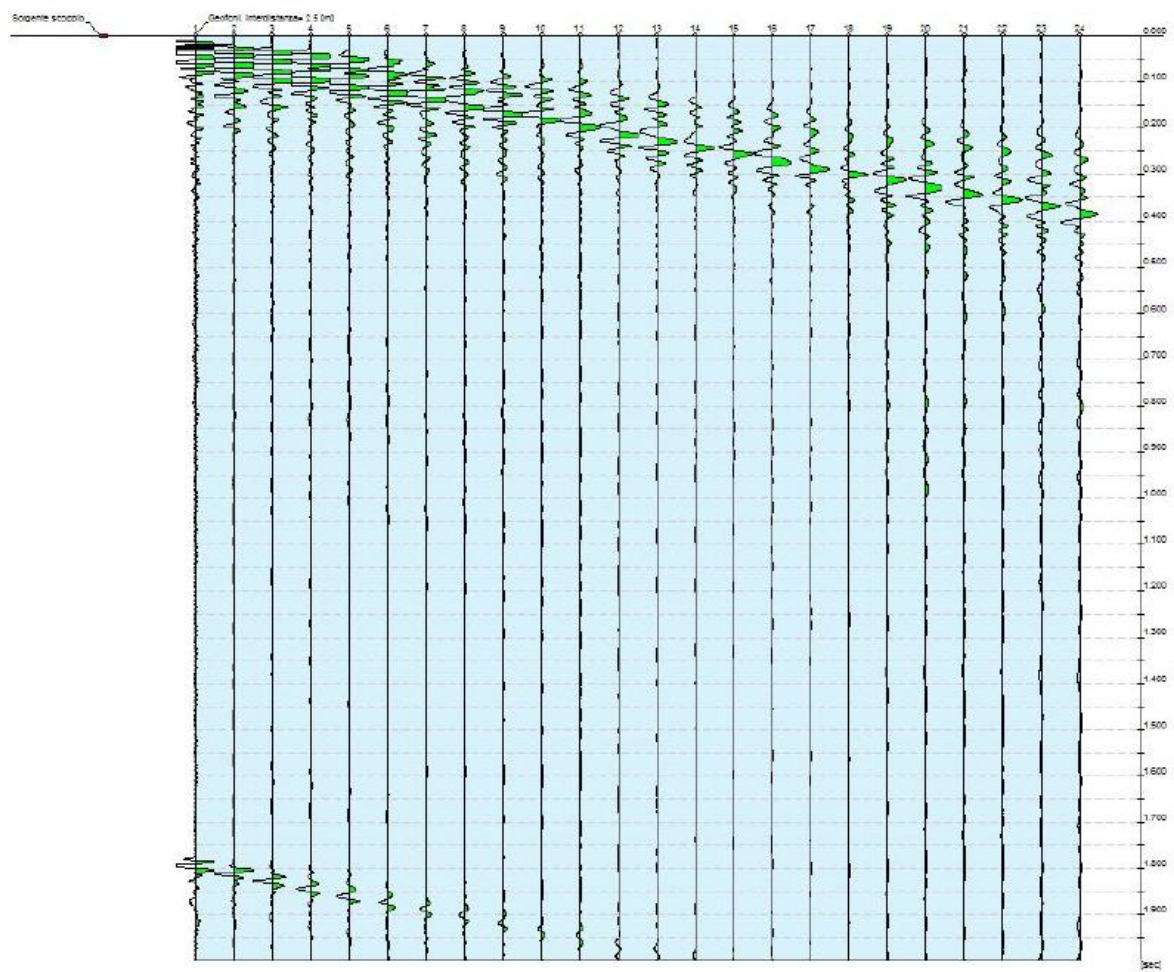
Profondità		Vs
da mt.	a mt.	m/sec.
0,00	9.49	191.9
9.49	12.36	207.7
12.36	23.08	210.3
23.08	30.00	276.0

**Vs<sub>eq</sub> (m/sec.)**                      **214**

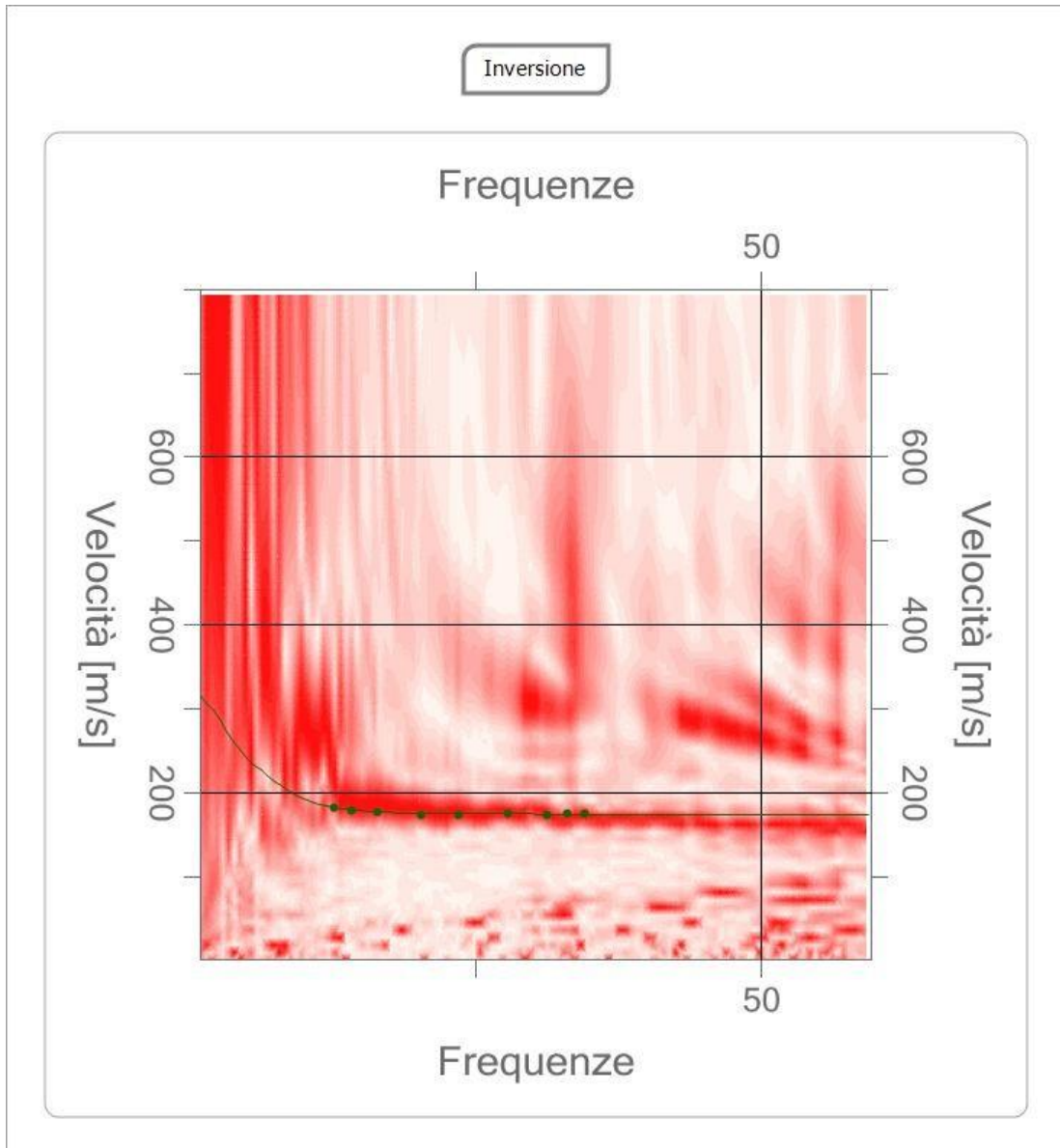
**Categoria del suolo**                      **C**

## Riccione (RN) – Camping Village - Traccia n.2

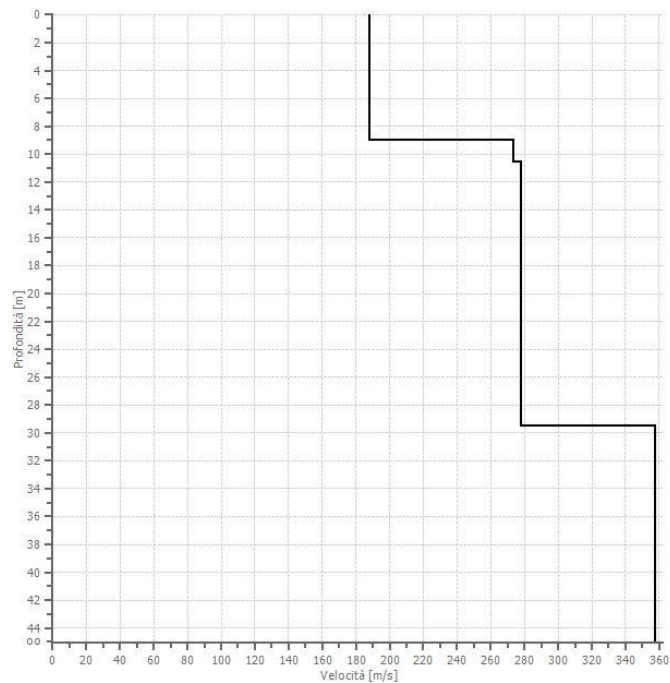
N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.5
Periodo di campionamento [msec]	0.50



### Picking della curva di dispersione



Profilo di velocità



Profondità		Vs
da mt.	a mt.	m/sec.
<b>0,00</b>	<b>9.03</b>	<b>146.4</b>
<b>9.03</b>	<b>10.57</b>	<b>171,1</b>
<b>10,57</b>	<b>29.54</b>	<b>277.9</b>
<b>29.54</b>	<b>30.00</b>	<b>357</b>
<b>Vs<sub>eq</sub> (m/sec.)</b>		<b>243</b>
<b>Categoria del suolo</b>		<b>C</b>

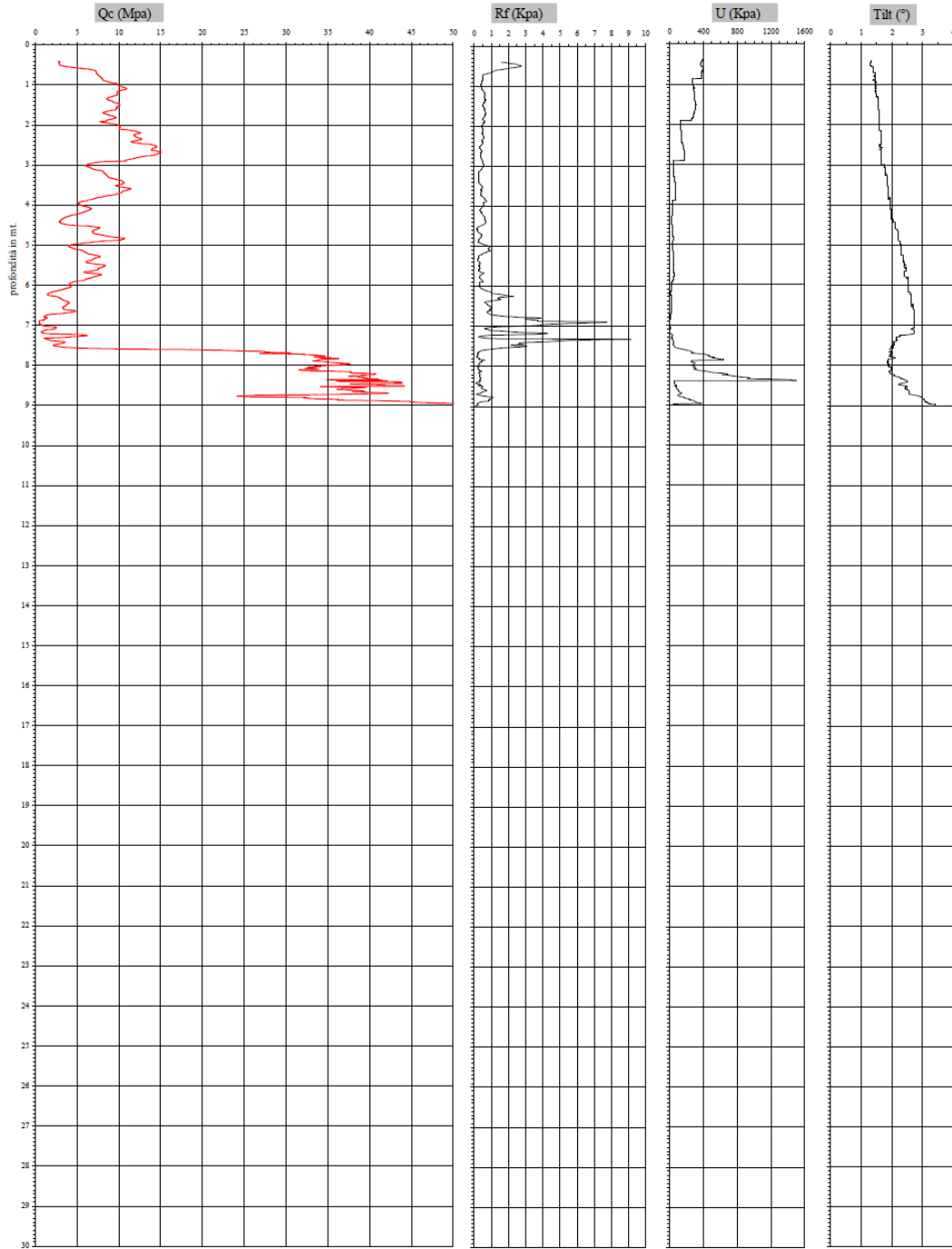
# ALLEGATO 4

## PROVE GEOGNOSTICHE

### Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPTU 1  
Cantiere: Riccione (RN), Camping Village  
Data: Giugno 2019

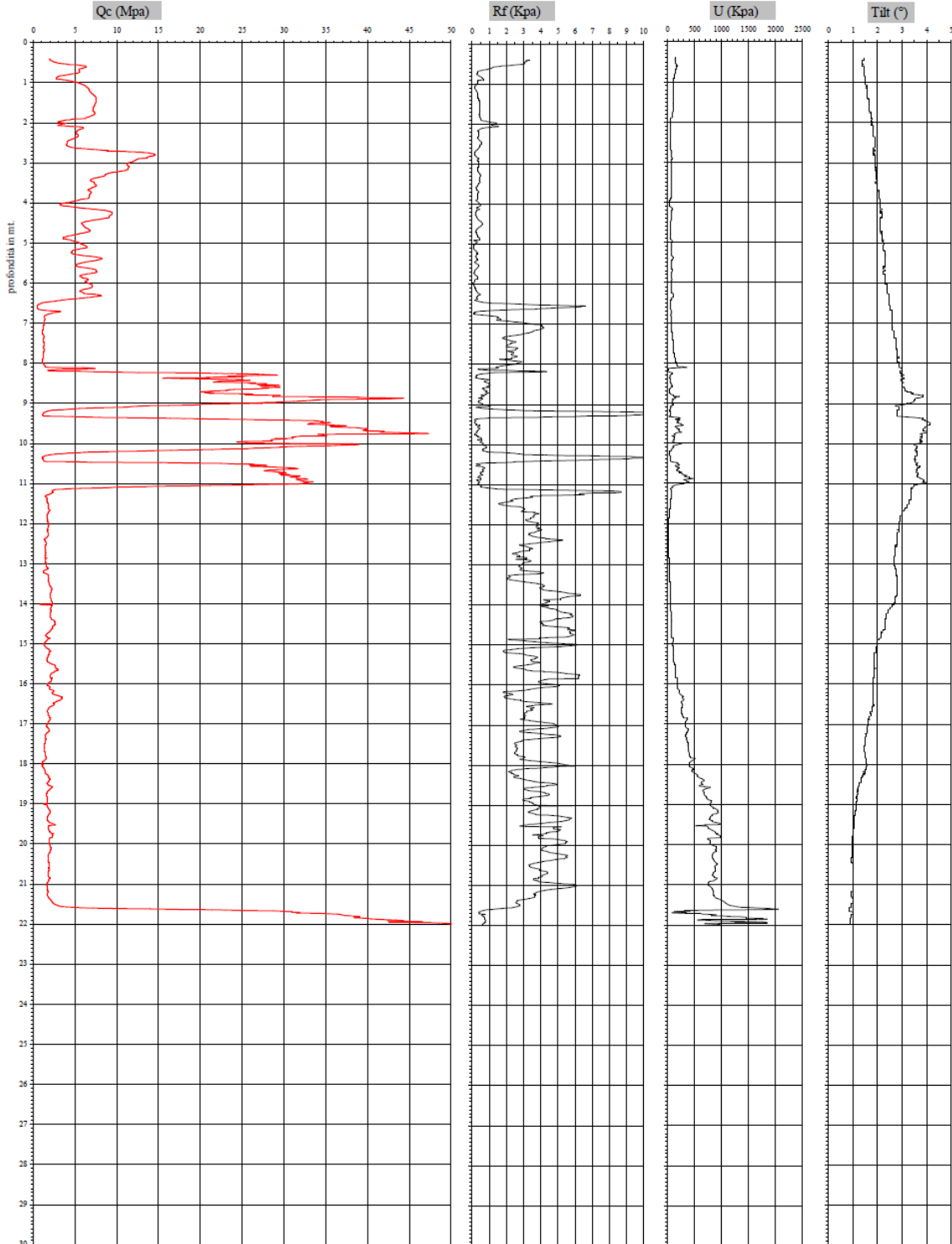
Quota inizio: piano campagna  
Liv. falda: -1.80 mt.



# Prova Penetrometrica Statica

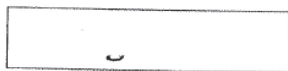
Prova n.: CPTU 2  
Cantiere: Riccione (RN), Camping Village  
Data: Giugno 2019

Quota inizio: piano campagna  
Liv.falda: -1,70 mt.









**INTERGEO** S.P.A. - Servizi Geologici  
Via Ranaglia, 37 47800 Sarnavalle - RSM  
tel. 320 2417949 / 333 2508376 www.intergeospa.com  
Cod. Op. Fo. SM21197

Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009	
Sondaggio: 1	Campione: 1	Profondità mt.: 6,20÷6,80

### Analisi granulometrica

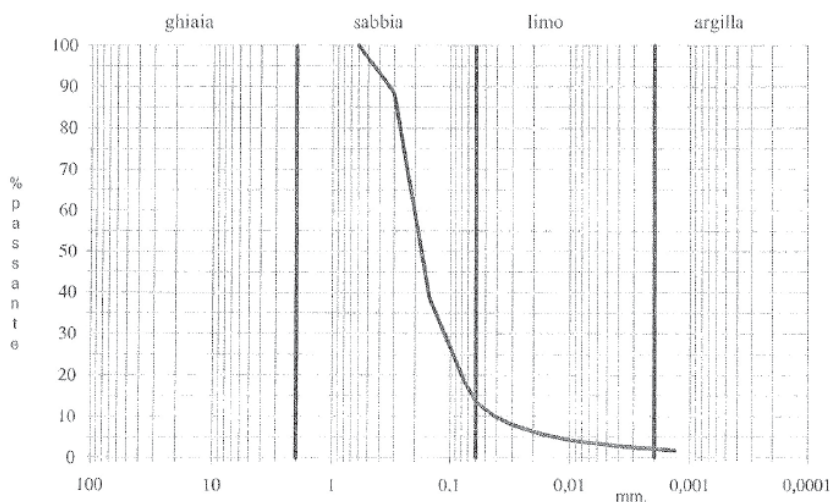
Metodo della prova: per setacciatura e sedimentazione

Stato del campione: indisturbato

Peso secco netto: 143,65 gr.

setacci A.S.T.M. n.	luce netta mm.	passante %
30	0,600	100,00
50	0,300	88,55
100	0,150	38,77
200	0,075	18,45

Descrizione (Classificazione A.G.I.)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Sabbia debolmente argillosa	"	86	14	"





**INTERGEO** S.r.l. - Servizi Geologici  
Via Raicaglia, 37 - 47898 Serravalle - RSM  
tel. 326 2447949 / 333 2208376 - www.intergeosm.com  
Cod. Op. Ec. SM21197

Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009
Sondaggio: 1	Campione: 2
	Profondità mt.: 7,30÷7,80

Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio scuro

Stato del campione: indisturbato

### Caratteristiche fisico - meccaniche

caratteristiche generali		limiti di consistenza	
Contenuto in acqua	w = 29 %	Limite di liquidità	Wl = 54 %
Peso di volume umido	y = 1,92 gr/cm <sup>3</sup>	Limite di plasticità	Wp = 22 %
Peso di volume secco	yd = 1,488 gr/cm <sup>3</sup>	Limite di ritiro	Ws = " %
Peso specifico	Gs = 2,743 gr/cm <sup>3</sup>	Ritiro lineare	R = " %
Indice dei vuoti	e = 0,843	Indice di plasticità	Ip = 32 %
Grado di saturazione	s = 94,36 %	Indice di consistenza	Ic = 0,78

resistenza	
Penetrometro tascabile	qu = 0,50 Kg/cm <sup>2</sup>
Vane test	cu = 0,35 Kg/cm <sup>2</sup>

granulometria	classificazione A.G.I.
ghiaia : " % sabbia : 8 % limo : 47 % argilla : 45 %	limo con argilla debolmente sabbioso

prova di taglio in condizioni consolidate drenate C.D.	
angolo di attrito	$\phi' = 19^\circ$
coesione	$c' = 0,00 \text{ Kg/cm}^2$



**INTERGEO** S.r.l. - Servizi Geologici  
 Via Ramaglin, 37 - 47899 Sarnano - RSM  
 tel. 330 2447949 / 333 2208376 - www.intergeo.com  
 Cod. Op. Ec. SM21197

(L7)

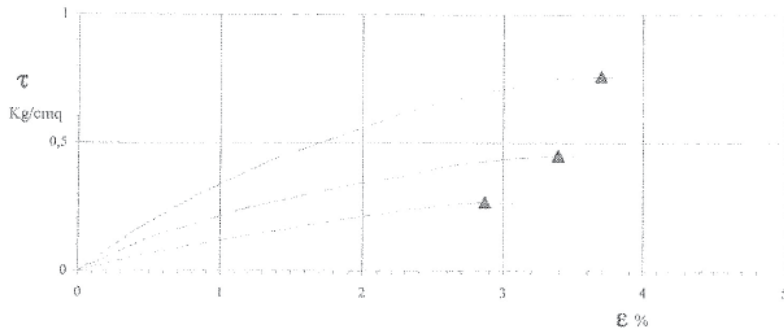
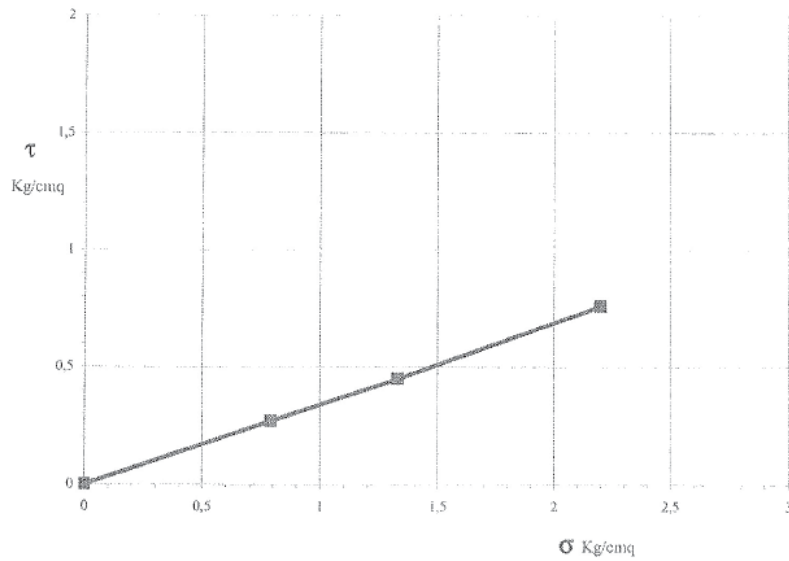
Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009
Sondaggio: 1	Profondità mt.: 7,30÷7,80
Campione: 2	

Prova di taglio diretto C.D.

provino n.	dimensione iniziale		consolidamento			fase di rottura			valori a rottura		
	φ (mm)	H (cm)	t (ore)	σ (Kg/cmq)	ΔH (mm)	v (mm/min)	t (min)	σ (Kg/cmq)	ε (%)	ΔH (mm)	τ (Kg/cmq)
1	60	20	24	0,7931	0,42	0,003	780	0,7931	2,87	0,09	0,27
2	60	20	24	1,3295	0,86	0,003	1080	1,3295	3,39	0,12	0,45
3	60	20	24	2,2	1,31	0,003	1200	2,2	3,70	0,04	0,76

$C' = 0,00 \text{ Kg/cmq.}$

$\phi' = 19^\circ$





**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Via Rancaglia, 37 - 47899 Serravalle - RSM  
tel. 320 2447949 / 333 2208376 - www.intergeosm.com  
Cod. Op. Ec. SM21197

Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009	
Sondaggio: 1	Campione: 3	Profondità mt.: 11,50+12,00

### Analisi granulometrica

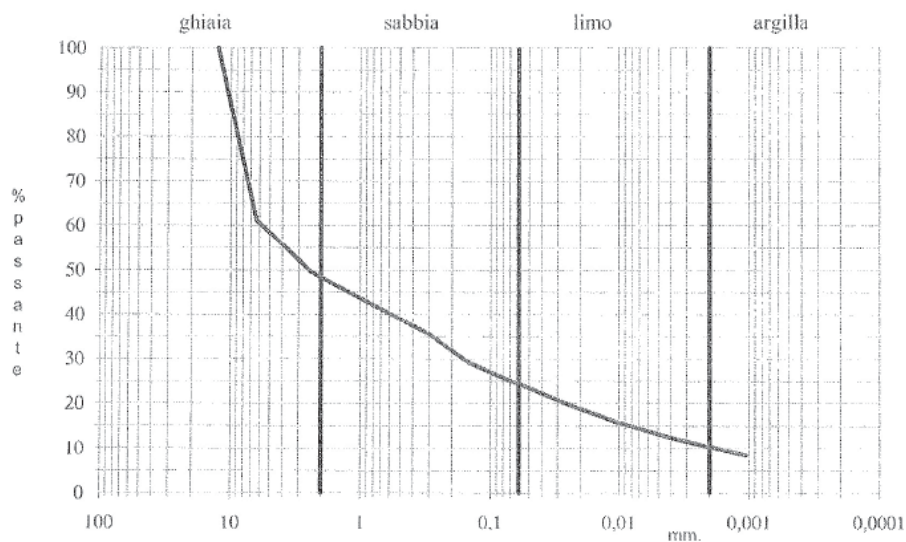
Metodo della prova: per setacciatura e sedimentazione

Stato del campione: indisturbato

Peso secco netto: 1231,87 gr.

setacci A.S.T.M. n.	luce netta mm.	passante %
1/2"	12,500	100,00
1/4"	6,300	61,12
8	2,360	49,44
30	0,600	40,17
50	0,300	35,66
100	0,150	29,25
200	0,075	25,40

Descrizione (Classificazione A.G.I.)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
Ghiaia sabbiosa debolmente limoso-argillosa	52	24	14	10



L7



**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici  
Via Ranaglia, 37 - 47899 Sarcavalle - RSM  
tel. 020 2447949 / 333 2208176 - www.intergeosm.com  
Cod. Op. E. SM21197

Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009
Sondaggio: 1	Campione: 4
	Profondità mt.: 13,50+14,00

Descrizione del campione : Argilla limosa di colore grigio verde

Stato del campione: indisturbato

### Caratteristiche fisico - meccaniche

caratteristiche generali		limiti di consistenza	
Contenuto in acqua	w = 27 %	Limite di liquidità	W <sub>L</sub> = 65 %
Peso di volume umido	y = 1,91 gr/cm <sup>3</sup>	Limite di plasticità	W <sub>p</sub> = 22 %
Peso di volume secco	y <sub>d</sub> = 1,504 gr/cm <sup>3</sup>	Limite di ritiro	W <sub>s</sub> = " %
Peso specifico	G <sub>s</sub> = 2,742 gr/cm <sup>3</sup>	Ritiro lineare	R = " %
Indice dei vuoti	e = 0,823	Indice di plasticità	I <sub>p</sub> = 43 %
Grado di saturazione	s = 89,93 %	Indice di consistenza	I <sub>c</sub> = 0,88

resistenza	
Penetrometro tascabile	q <sub>u</sub> = 2,00 Kg/cm <sup>2</sup>
Vane test	c <sub>u</sub> = 0,80 Kg/cm <sup>2</sup>

granulometria	classificazione A.G.I.
ghiaia : " %	argilla con limo
sabbia : " %	
limo : 48 %	
argilla : 52 %	

prova di taglio in condizioni consolidate drenate C.D.	
angolo di attrito	φ' = 23°
coesione	c' = 0,00 Kg/cm <sup>2</sup>

prova di compressione semplice e.l.l.	
velocità di compressione: 0,635 mm/min.	
dimensione campione: altezza 75.00mm. diametro 50.00mm.	
Pressione di rottura:	q <sub>u</sub> = 1,53 Kg/cm <sup>2</sup> .
Deformazione a rottura:	ε = 7,18 %
Coesione non drenata:	c <sub>u</sub> = 0,764 Kg/cm <sup>2</sup> .

(L7)



**INTERGEO** S.r.l. - Servizi Geologici  
Via Roncaglia, 37 - 47800 Serravalle - RSM  
tel. 320 2447949 / 333 2265376 - www.intergeoim.com  
Cod. Op. Ec. SM21197

Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009	
Sondaggio: 1	Campione: 4	Profondità mt.: 13,50+14,00

### Analisi granulometrica

Metodo della prova: per setacciatura e sedimentazione

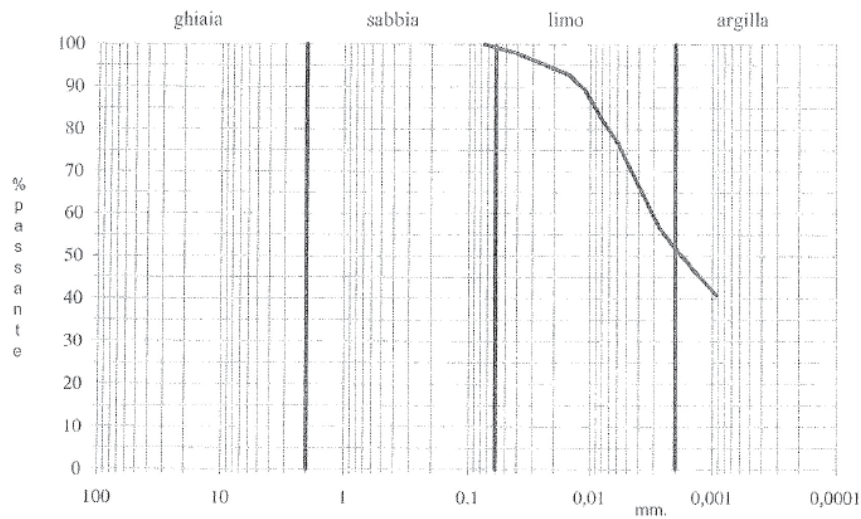
Stato del campione: indisturbato

Peso secco netto: 48,58 gr.

setacci A.S.T.M. n.      luce netta mm.      passante %

200                      0,075                      100,00

Descrizione (Classificazione A.G.I.)	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %
argilla con limo	"	"	48	52





**INTERGEO** S.r.l. - Servizi Geologici  
 Via Ranoglia, 37 - 47039 Serravalle - RSM  
 tel. 020 2447949 / 031 2208376 - www.intergeoan.com  
 Cod. Op. Ec. SM21197

(L7)

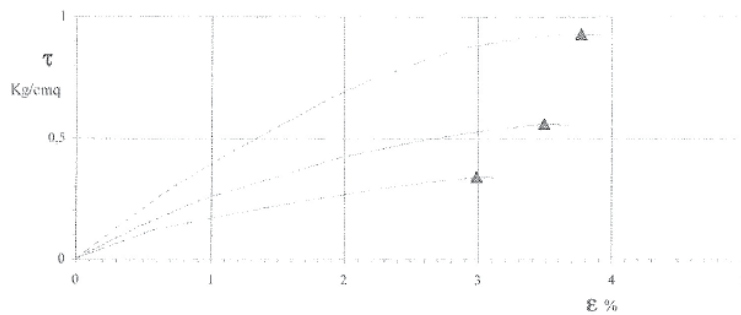
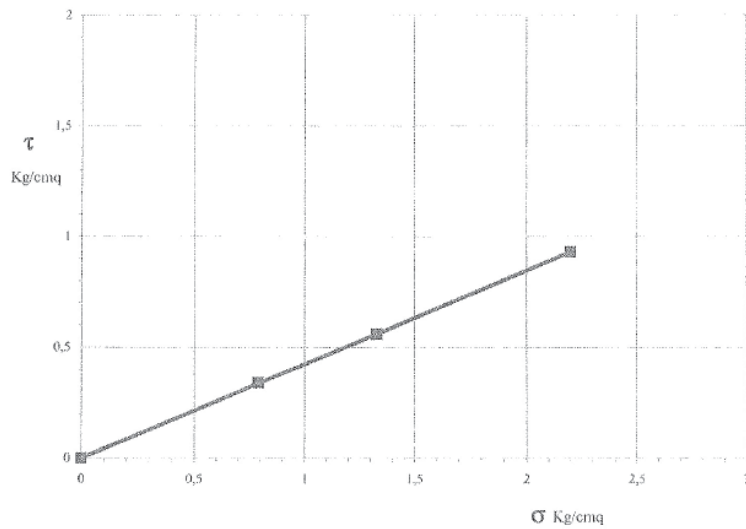
Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009
Sondaggio: 1	Profondità mt.: 13,50÷14,00
Campione: 4	

Prova di taglio diretto C.D.

provino n.	dimensione iniziale		consolidamento			fase di rottura			valori a rottura		
	$\phi$ (mm)	H cm.	t (ore)	$\sigma$ (Kg/cmq)	$\Delta H$ (mm)	v (mm/min)	t (min)	$\sigma$ (Kg/cmq)	$\epsilon$ %	$\Delta H$ (mm)	$\tau$ (Kg/cmq)
1	60	20	24	0,7931	0,34	0,003	630	0,7931	2,99	0,04	0,34
2	60	20	24	1,3295	0,74	0,003	750	1,3295	3,49	0,09	0,56
3	60	20	24	2,2	1,10	0,003	840	2,2	3,77	0,06	0,93

$C' = 0,00 \text{ Kg/cmq.}$

$\phi' = 23^\circ$



(L7)



**INTERGEO** S.r.l. - Servizi Geologici  
Via Rancognin, 37 41099 Sorvalle - RSM  
tel. 02/2467949/331 2208776 www.intergeo.it  
Cod. Op. Ec. SM21197

Cantiere: Riccione (RN) - Viale Torino	Data: Dicembre 2009	
Sondaggio n.: 1	Campione n.: 4	Profondità mt.: 13,50+14,00

### Prova di compressione semplice - e.l.l.

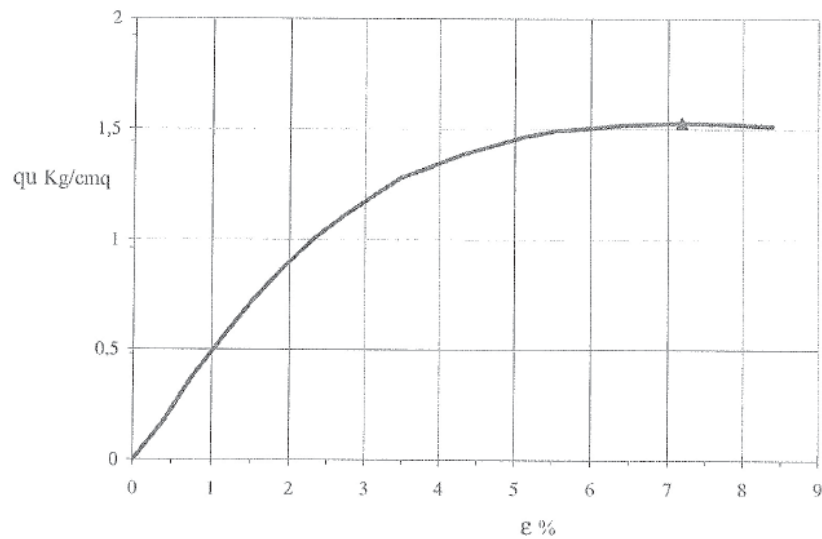
Dimensione campione: altezza 75.00mm. diametro 50.00mm.

Velocità di compressione: 0,635 mm/min.

Pressione di rottura:  $q_u = 1,53 \text{ Kg/cm}^2$ .

Deformazione a rottura:  $\epsilon = 7,18 \%$

Coesione non drenata:  $c_u = 0,76 \text{ Kg/cm}^2$ .

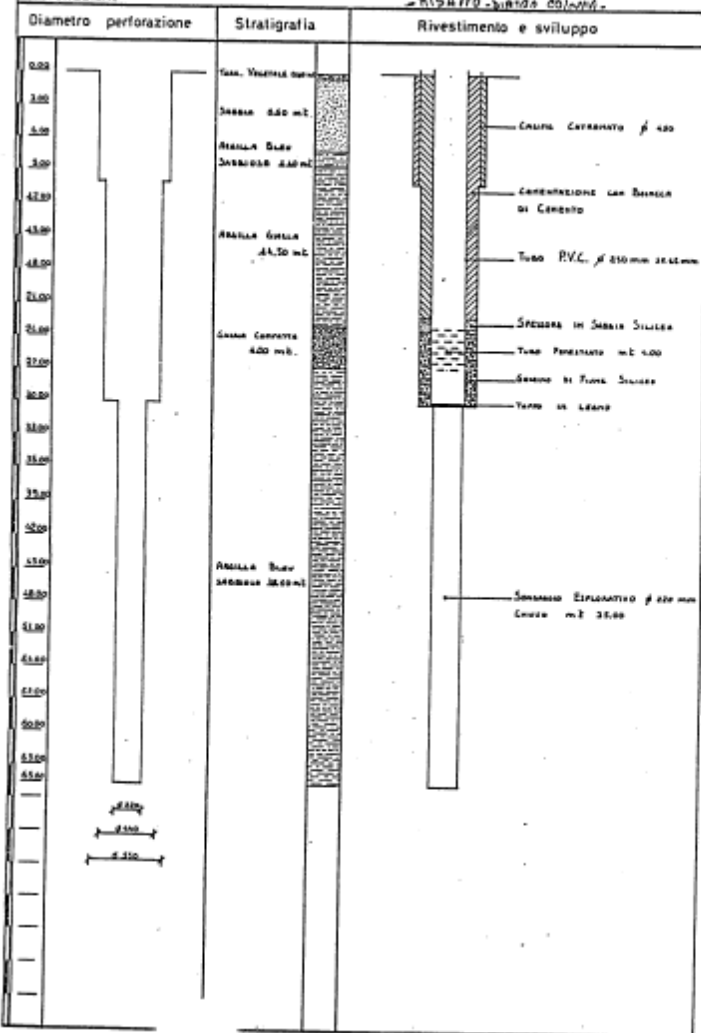






Tordibetto ASSISI (Pg.) Località Buadonna  
 Tel 075/8039120 Cliente INVAPE TRUST RUFFINA S.p.A.  
 Iscrizione ANCE n°5627604 Pozzo n° 4.033/00000 Data ...AA...BB...  
WISAPPO - BUREAU COLONIA

S.1  
P612



Istake mq 760450 (ca. 120000)  
Totale mq 82000 (ca. 120000)

