

COMUNE DI SAN MARTINO IN RIO

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA PER PROGETTO AMPLIAMENTO STABILIMENTO CERAMICO

ai sensi delle NTC 2018 - decreto del 17.01.2018

Committente: ITALGRANITI GROUP

Stabilimento San Martino in Rio (RE): Via Per Carpi n. 54

Il geologo

Dott. Paolo Paolini



00	06/11/2019	Relazione geologico-sismica Progettazione preliminare	Geol. P.Paolini	
REV.	DATA	Descrizione	Redazione	Approvazione

INDICE

1. PREMESSA

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

3. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

5. INDAGINE GEOGNOSTICA

5.1 PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA: MASW

5.2 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

5.2.1 PROVE SPT IN FORO

5.3 PROVE PENETROMETRICHE CPT

6. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

6.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SUL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEL SITO

7. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

8. CONCLUSIONI

ALLEGATI – TAVOLE:

- All.A - Stratigrafia sondaggio geognostico
- All. B - Dati tabellari – PROVE PENETROMETRICHE CPT
- All.C – Diagramma delle VS30 - Prova MASW –

- Tav. I – Stralcio di ripresa satellitare
- Tav. II – Stralcio di carta geologica dell'Emilia Romagna (1:10000)
- Tav. III – Ubicazione delle indagini
- Tav. IV – Documentazione fotografica

1. PREMESSA

Su incarico del committente, ITALGRANITI GROUP Spa, è stato svolto lo studio geologico-sismico del terreno interessato dal progetto preliminare di ampliamento dello stabilimento ceramico, al fine della caratterizzazione e modellazione geologica del sottosuolo come previsto dal D.M. 17.01.2018. Il progetto interessa il complesso industriale situato in San Martino in Rio (RE) – Via per Carpi 54. Il progetto prevede essenzialmente:

- l'ampliamento dell'attuale stabilimento da destinarsi al nuovo impianto produzione di grandi lastre in ceramica e a uffici e servizi (spogliatoi, servizi igienici, zone ristoro, ecc.), con la demolizione dell'attuale palazzina e ricostruzione di un nuovo edificio in adiacenza ai capannoni esistenti;
- l'ampliamento del piazzale per lo stoccaggio dei prodotti finiti e una nuova area di parcheggi pubblici/privati di pertinenza dell'azienda;
- sistemazione aree verdi.

Lo studio si è articolato in diverse fasi che vengono di seguito schematicamente illustrate:

- Raccolta di dati ed informazioni mediante ricerca bibliografica;
- Sopralluogo volto all'individuazione preliminare dei lineamenti geologici del sito;
- Esecuzione di una campagna di indagini geognostiche costituita da un sondaggio a carotaggio continuo e prospezione sismica di tipo attivo MASW;
- Analisi ed interpretazione dei dati ricavati dalle prove geognostiche eseguite e di quelle reperite in bibliografia/relazioni geologiche pregresse, per la ricostruzione litostratigrafica locale, stima preliminare dei parametri geotecnici ed assegnazione della categoria sismica di sottosuolo ;
- Sviluppo del modello geologico (NTC 2018).

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Il presente studio è redatto nel rispetto delle normative vigenti:

- Raccomandazioni AGI (Giugno 1975) sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- D.M. 11/03/1988;
- D.M. 14/10/2005;
- *D.M. 17/01/2018 recante "Norme Tecniche per le costruzioni"*;
- Ordinanza PCM N° 3274 DEL 20/03/2003;
- Circ. n° 617 del 20/01/2009;
- Del.Giunta Reg. RER n° 1677/2005;
- Del. Giunta Reg. RER n° 2131 del 02/05/2007;
- Legge regionale dell'Emilia Romagna 20/2000 e s.m.i.

3. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

La caratterizzazione dell'area, oggetto del presente studio, è stata eseguita facendo principalmente ricorso ai tematismi presenti sulle seguenti basi cartografiche, di cui vengono prodotti in allegato gli stralci:

- C.T.R.: Carta Tecnica Regionale, alla scala 1:10.000 Stralcio di Sezione: n° 201060 "San Martino in Rio";
- Carta Geologica d'Italia F. 86 "Modena" – Foglio 1:100.000;

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Inquadramento generale

L'area di studio ricade nel Foglio n.86 ("Modena") della Carta Geologica d'Italia in scala al 100.000; nel dettaglio viene ubicata nei terreni dell'Alluvium antico Olocenico (a1) caratterizzato da alluvioni argillose della media pianura.

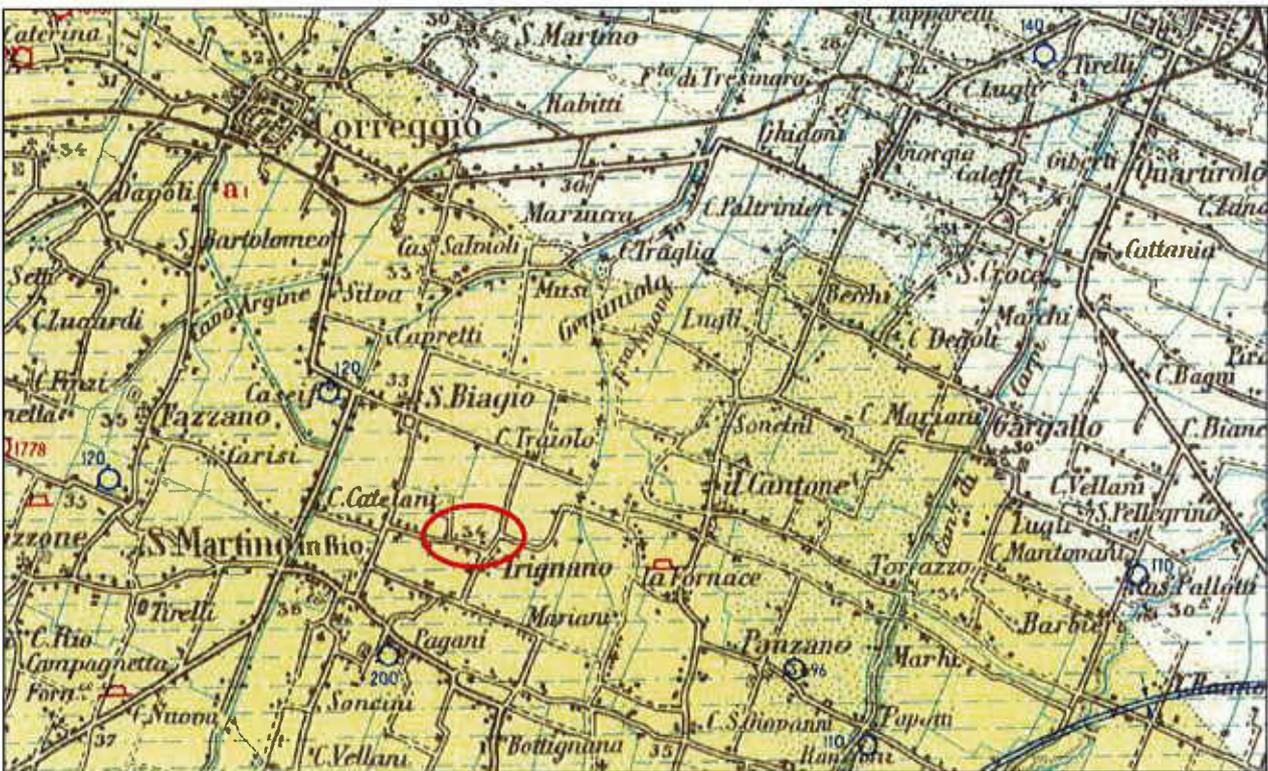
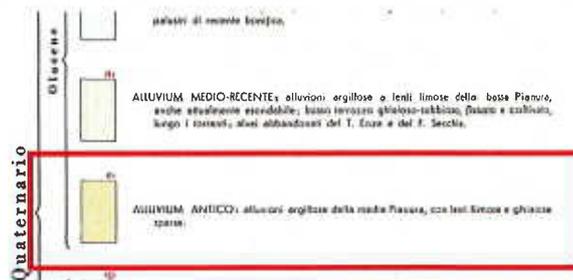


Fig.1 Estratto cartografico del Foglio al 100.000 "Modena". In rosso l'area di studio. (Disegno non in scala)



Stralcio della Legenda del Foglio 86 "Modena"

Ci si trova nella parte meridionale (alta pianura) del Bacino Sedimentario Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini e colmata da un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria; in particolare si

colloca nel cosiddetto “Dominio Padano adriatico”, rappresentato dalla successione post-evaporitica del margine padano–adriatico e costituita alla base da depositi continentali seguiti da depositi francamente marini e con al tetto ancora depositi continentali.

Le unità geologiche affioranti possono essere raggruppate all’interno del ciclo Quaternario Continentale, denominato Supersistema Emiliano–Romagnolo (equivalente all’Allogruppo Emiliano–Romagnolo di R.E.R., ENI-AGIP, 1998) nel quale sono state individuate 2 unità principali: un’unità detta Sintema Emiliano–Romagnolo Inferiore (equivalente all’Alloformazione Emiliano–Romagnolo Inferiore della pubblicazione citata) ed un’unità superiore, detta Sintema Emiliano–Romagnolo Superiore (Equivalente all’Alloformazione Emiliano–Romagnolo superiore della pubblicazione citata).

I depositi del **Sintema Emiliano–Romagnolo Superiore (AES)** sono presenti nelle zone di pianura e al passaggio tra i rilievi collinari appenninici e la pianura mentre il Sintema Emiliano–Romagnolo Inferiore non è affiorante

Il Sintema Emiliano–Romagnolo Superiore (Pleistocene medio–Olocene) è stato suddiviso in cinque subsistemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche; si tratta infatti di conoidi alluvionali terrazzate, le cui superfici deposizionali relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano un’evoluzione pedostratigrafica differente; in ordine crescente di età si trova:

- **Subsistema di Ravenna(AES8)**
- Subsistema di Villa Verrucchio(AES7)
- Subsistema di Agazzano(AES3)
- Subsistema di Maiatico(AES2)
- Subsistema di Monterlinzana(AES1)

Inquadramento locale

Il territorio del San Martino in Rio è il risultato degli eventi geologici che hanno portato alla formazione dell'ampio bacino della Pianura Padana ed in particolar modo dei fenomeni sedimentari che si sono sviluppati in un complesso sistema di ambienti fluvio-lacustri connessi ai corsi d'acqua locali.

Sulla base della *descrizione delle unità geologiche presenti in carta* della Sezione 201060 "San Martino in Rio", nel sito esaminato affiora l'*Unità di Modena*, indicata con AES8a, facente parte della successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano. Detta unità è costituita da ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura.

Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore massimo 3-4 metri. Confinano con i depositi alluvionali in evoluzione (b1) e si trovano lungo i margini fluviali sia del Fiume Marecchia che del torrente Uso. Età: post-romana (IV-VI sec. d.C.- Attuale; datazione archeologica) (Olocene).

Dal punto di vista **geomorfologico** l'area è da considerarsi pianeggiante, con la pendenza media della superficie topografica inferiore all'0.5%. ed una quota altimetrica prossima ai 33 metri; in considerazione di tale morfologia pianeggiante, è possibile assegnare al sito indagato la **categoria topografica T1** definita dalle NTC 2018 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore od uguale ai 15°.

Il Comune di San Martino in Rio si trova nella zona denominata di "Media pianura" determinata dalle fasi alterne, nell'evoluzione fluviale, dei corsi d'acqua principali dell'area in primo luogo ed in subordine dalla rete di canali naturali.

Allo stato attuale, l'area **non presenta evidenze di processi morfologici in atto e/o potenziali (erosioni, subsidenze...)** che possano influire negativamente sull'opera e con il suo uso futuro.

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale ci troviamo in sinistra idraulica del Fiume Secchia e da cui il sito dista circa 7 Km; lo smaltimento delle acque superficiali avviene grazie alla rete di canali scolanti e fossi secondari che ne permettono la raccolta e l'immissione nei corsi d'acqua di rango superiore.

L'area, secondo il piano di gestione alluvioni dell'Emilia Romagna (Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni), risulta a bassa pericolosità ed a medio rischio idraulico.

Durante l'indagine è stato possibile misurare **il livello della falda** all'interno del sondaggio, che **risulta attestarsi ad una profondità di circa - 1.8/2.0 m da piano campagna.**

5. INDAGINE GEOGNOSTICA

In considerazione del tipo-rilevanza dell'opera, della complessità geologica e del grado di conoscenza locale, per la definizione della lito-stratimetria e per la caratterizzazione geotecnica del terreno, si è fatto riferimento alla campagna di indagine geognostica eseguita ad hoc dallo scrivente professionista (consistente in un sondaggio a carotaggio continuo spinto alla profondità di 20 m), ai dati ricavati da indagini effettuate in area limitrofa e pubblicati sul sito della Regione Emilia Romagna, nonché allo studio geologico-tenico redatto dallo studio geologico ARKIGEO del 2008 a firma del Dott. Giorgio Gasparini e realizzato all'interno del polo produttivo oggetto di indagine. Per la definizione della categoria di sottosuolo (punto 3.22 delle NTC 2018 e s.m.i.) necessaria alla definizione dell'azione sismica di progetto, è stata invece eseguita una prova geofisica mediante una prospezione sismica di tipo attivo "M.A.S.W." (vedi Allegato C –Report di prova MASW) . In allegato (All.A-B) vengono riportati i grafici e/o dati tabellari delle indagini effettuate.



Fig. 2 – Prove geognostiche

5.1 PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA: Metodo MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

STRUMENTAZIONE E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione MASW è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A600S/E , avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- Capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- "Automatic Gain Control"
- convertitore A/D a 24 bit
- Ricevitori – 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da due cavi di lunghezza 60 m
- Sorgente impulsiva: mazza battente da 10 Kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere, da disporre sul terreno.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico "punto di scoppio-geofoni". Nella presente indagine geofisica è stato utilizzato il seguente set-up:

- 24 geofoni con spaziatura di 1.0 metri (Lunghezza tot. stendimento = 30 mt) ;
- passo di campionatura pari a 1000 Hz con lunghezza delle tracce sismiche pari a 2.048 sec.
- Punto di "shot" a 5 mt

ELABORAZIONE DATI MASW

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi :

- la **prima fase** prevede la trasformazione delle serie temporali (fig. 3) nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;

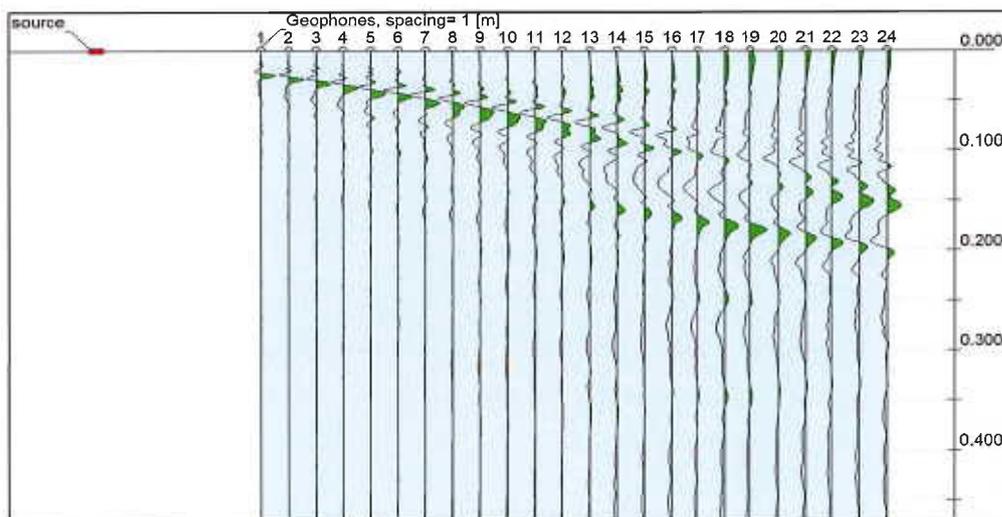


Fig. 3 – Sismogramma prova Masw – Italgraniti Stab. San Martino in Rio

- la **seconda fase** consiste nella individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale); essi consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (lentezza (s/m) – frequenza (Hz) (fig.4).

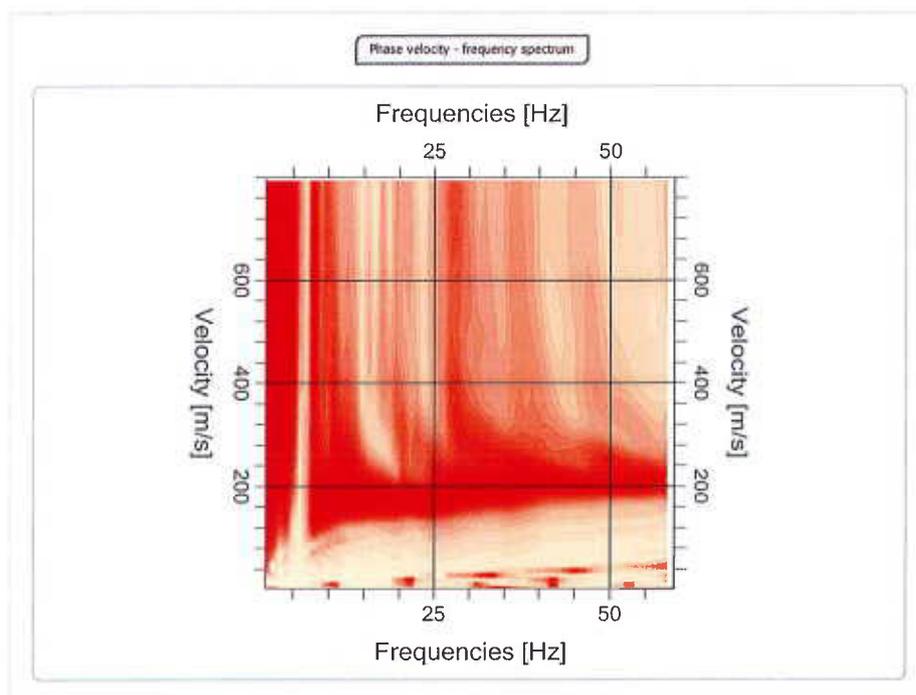


Fig. 4 – Spettro velocità di fase – frequenza

- **la terza fase** consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p , la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo (fig. 5);

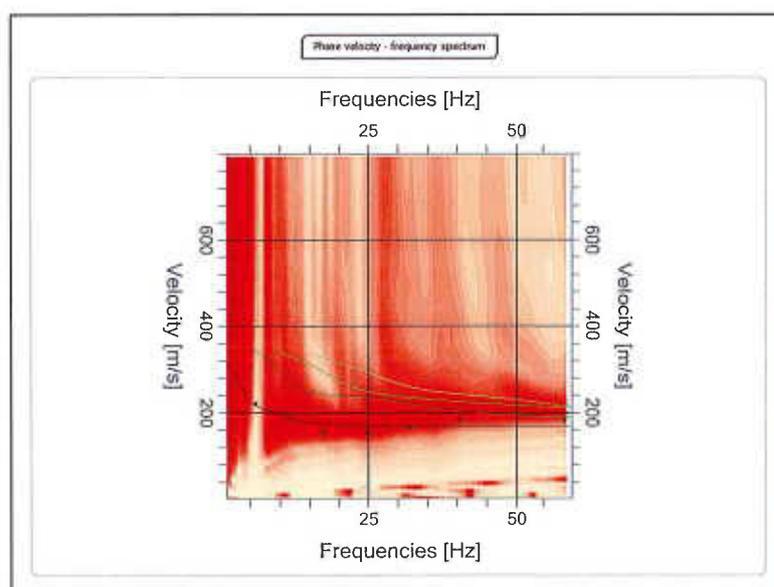


Fig. 5 – Densità spettrale normalizzata nei piani Velocità di fase apparente /frequenza e Lentezza/frequenza con individuazione dei massimi, delle curve sperimentali e del picking

- **quarta fase** consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo (fig. 6);

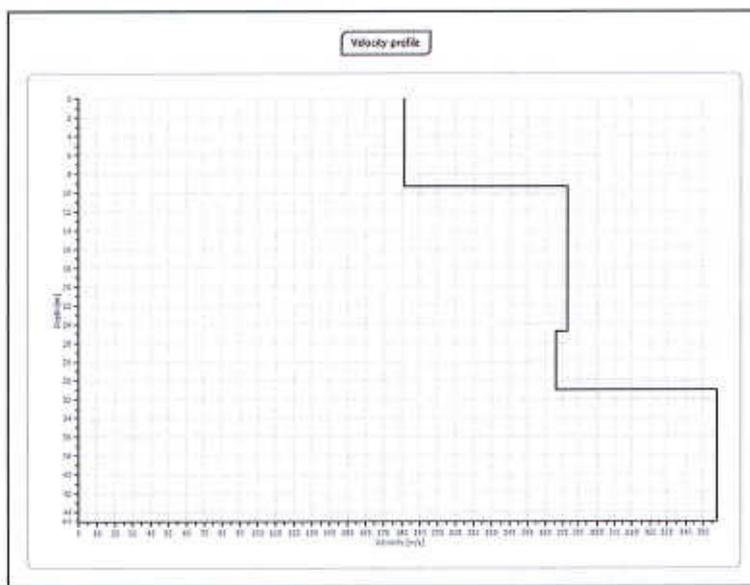


Fig. 6 – Profilo di velocità calcolato

RISULTATI

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, Da tale analisi ed elaborazione (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde Vs, per i vari strati individuati, di seguito riassunti:

	Risultati elaborazione			
Strato	Prof. da	Prof. a	Spessore m	Vel m/sec
Strato1	0.00	9.38	9.38	181
Strato2	9.38	24.82	15.45	272
Strato3	24.82	30.00	6.21	265

Tabella 1: Definizione dei principali sismostrati e delle relative velocità delle Vs

In base a quanto sopra, la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione, come da All. 2 (cfr. Ord. Pres. Consiglio dei Ministri 3274 del 20-3-2003 e art. 3.2.2 DM 17.01.2018), ai vari strati sismo stratigrafici individuati, è stato associato il valore della velocità V_s direttamente misurate, consentendo di ottenere la V_{s30} , cioè la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Dove: h_i = spessore dello strato i -esimo V_{s_i} = velocità onde S nello strato i -esimo $N = n^\circ$ strati considerati

Prospezione MASW

$V_{s30} = 227$ m/sec (da p.c. a -30 m)

Da cui si evince che la velocità misurata, corrisponde alla **categoria del suolo di fondazione di tipo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s*).

BREVI CENNI NORMATIVI

Si ricorda che la nuova normativa NTC 18 definisce l'azione sismica di progetto, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. All'interno del territorio nazionale fino ad oggi sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità (v. *Allegato 1 ord. 3274 del 2003 e succ. modifiche*). La classificazione del suolo (*tabella 2*) è invece convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove V_{s_i} e h_i sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello stato i -esimo.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Vs30 (m/sec)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.	360-800
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.	180-360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.	100-180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo NTC 2018 (Tab. 3.2.II)

5.2 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Al fine di individuare con precisione la stratigrafia del terreno di sedime del nuovo intervento in progetto sono state realizzati due sondaggi a carotaggio continuo, spinti ad una profondità massima di 21 m da p.c. ed ubicati come mostrato in Tav. III. Per l'esecuzione di tali indagini è stata impiegata la sonda cingolata MDT V80, dotata delle seguenti caratteristiche:

- Perforatrice montata su carro cingolato ad azionamento oledinamico;
- Sistema di perforazione : rotazione a circolazione diretta,
- Torre: struttura tipo scatolato;
- Capacità max di tiro e spinta: 40 Kn;
- Coppia di rotazione massima: 10.000 Nm;
- Velocità di rotazione:627 Rpm.



Fig.7 Sistema di perforazione utilizzato

Sulle litologie coesive estratte sono state inoltre condotte prove mediante penetrometro portatile "Pocket Penetrometer" (resistenza alla punta); detti valori sono riportati all'interno delle colonne stratigrafiche (Alleg. A e fig.8) nella colonna RP.

I risultati dei carotaggi hanno permesso di ricostruire le seguenti stratigrafie, riportate e descritte in dettaglio sia in Allegato 1 che nelle pagine successive:

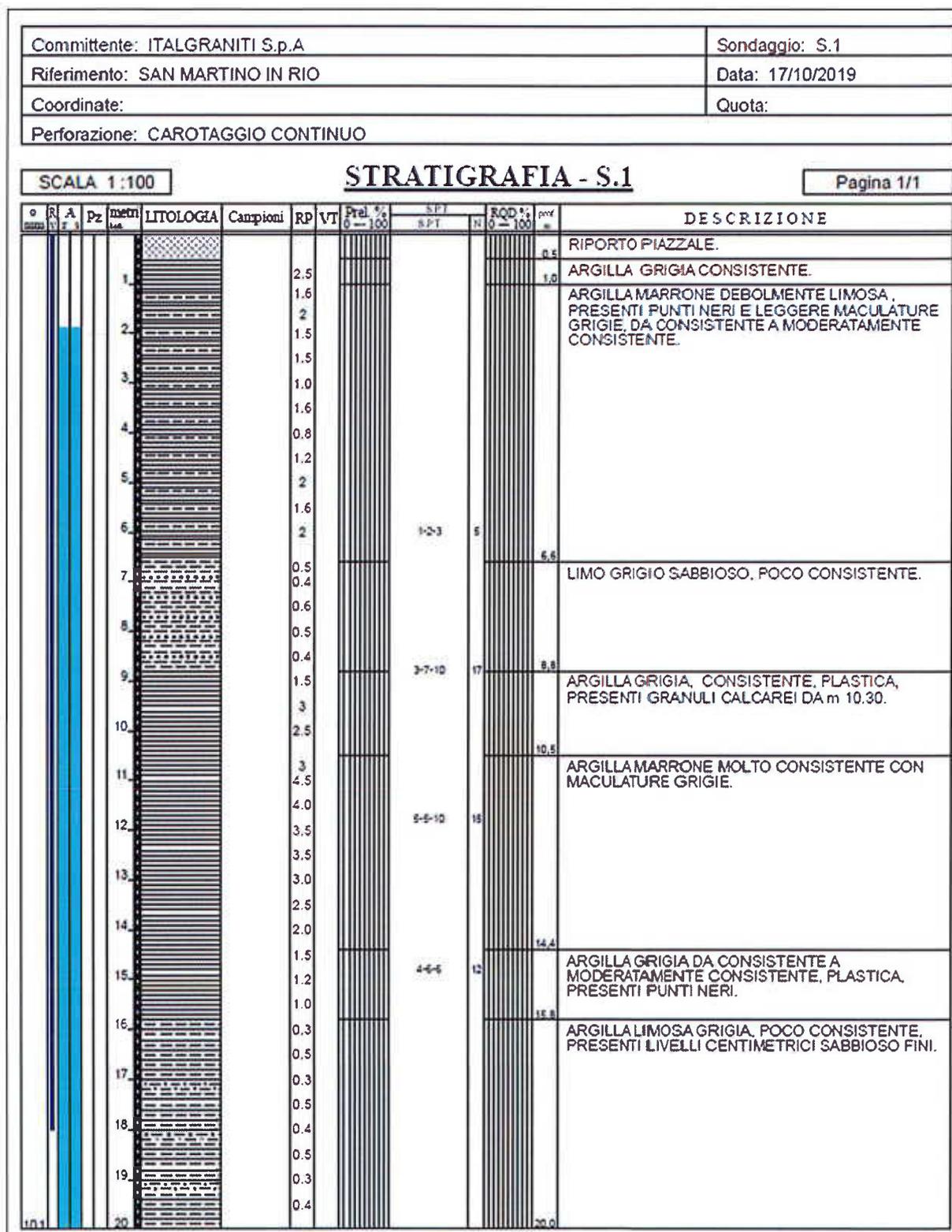


Fig. 8 Ricostruzione stratigrafica Sondaggio denominato S1

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CASSETTE - SONDAGGIO 1





Fig. 9 Particolari fotografici delle cassette catalogatrici relative al sondaggio S1

5.2.1 PROVE SPT (in foro)

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre eseguite n. 4 prove di resistenza alla penetrazione S.P.T. (Standard Penetration Test) utilizzando un'attrezzatura standard secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana, AGI" e facendo inoltre riferimento alle norme ASTM 1586/68 "Penetration Test and Split – Barrel Sampling of Soil". Di seguito si riportano sinteticamente le caratteristiche tecniche della prova S.P.T.:

1. campionatore Raymond con diametro esterno di 50.8 mm, lunghezza totale di 813 mm e scarpa standard a punta aperta come utensile di penetrazione;
2. aste collegate al campionatore con diametro esterno di 50 mm e peso di 7.5 kg al metro lineare;
3. testa di battuta in acciaio avvitata alle aste;
4. massa battente o maglio di 63,5 kg;
5. dispositivo automatico per lo sganciamento del suddetto maglio che assicura una corsa a caduta libera di 76 cm.

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con la profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza +/- 7 cm); la prova consistita nel fare penetrare il campionatore posato al fondo foro per tre tratti successivi di 15 cm registrando ogni volta il numero dei colpi necessari (N_1 , N_2 , N_3). Con il primo tratto detto " di avviamento " si intende superare la zona di terreno rimaneggiato in fase di perforazione. Nel caso di un terreno molto addensato con $N_1 = 50$ ed avanzamento minore di 15 cm, l'infissione deve essere sospesa: la prova dichiarata conclusa in base alle raccomandazioni AGI 1977 e si annota la relativa penetrazione. Se il tratto di avviamento viene superato si conteggiano N_2 e N_3 (da 0.15 a 0.30 e da 0.30 a 0.45) fino ad un limite complessivo di 100 colpi ($N_2 + N_3$) raggiunto il quale si sospende la prova annotando l' avanzamento ottenuto.

Pertanto il parametro caratteristico della prova, prescindendo dai casi particolari di rifiuto è: $N_{spt} = N_2 + N_3$ esprime il numero di colpi per 30 cm utili di perforazione.

Qui di seguito sono riportati sinteticamente i risultati delle 3 prove SPT in foro:

Sondaggi:

- | | | |
|---------------------------|--------------------|----------------------------------|
| 1. S1 – Profondità 6.0 m | Colpi (N) = 1-2-3 | $N_{SPT} = 5$ (Terreni coesivi) |
| 2. S1 – Profondità 9.0 m | Colpi (N) = 3-7-10 | $N_{SPT} = 17$ (Terreni coesivi) |
| 3. S1 – Profondità 12.0 m | Colpi (N) = 5-5-10 | $N_{SPT} = 15$ (Terreni coesivi) |
| 4. S1 – Profondità 15.0 m | Colpi (N) = 4-6-6 | $N_{SPT} = 12$ (Terreni coesivi) |

5.3 PROVE PENETROMETRICHE: STATICHE C.P.T.

Le indagini geognostiche prese a riferimento nel presente studio si riferiscono, come anticipato in premessa, anche alle prove penetrometriche descritte nella Relazione geologica della Arkigeo datata 21.10.2008, unitamente a quelle presenti e pubblicate sul sito della Regione Emilia Romagna (vedi cartografia geologica allegata e Tav. III).

Prove penetrometriche statiche:

La prova CPT viene normalmente eseguita in tutti i terreni che vanno dalle argille alle sabbie grossolane; si ricavano in modo diretto alcune grandezze fisiche (pressioni) dalle quali si possono ricavare elementi per la ricostruzione litostratigrafia e per il calcolo dei principali parametri geotecnici. La prova è basata sull'infissione verticale della punta Begemann tramite una doppia batteria di aste e sulla resistenza che questa oppone alla penetrazione. La spinta viene esercitata da un pistone idraulico che agisce alternativamente sulla batteria di aste interne e su quella di aste cave esterne della lunghezza di un metro; all'estremità della batteria è montata la punta conica di dimensioni e caratteristiche standardizzate che, indipendentemente dalla resistenza opposta dal terreno, viene infissa alla velocità costante di 20 mm/sec. Oltre alla misurazione alla punta, lo strumento è costituito da un manicotto di attrito laterale; vengono così misurate rispettivamente la resistenza alla punta (q_c) e la resistenza laterale (f_s). La prova è discontinua e le misure di resistenza vengono di norma lette sui manometri della cella di misura ogni cm 20 di avanzamento.

Più in particolare ogni cm 20 di avanzamento vengono rilevati:

R_p o q_c	1° lettura	resistenza all'avanzamento della sola punta in bar
R_l o f_s	2° lettura	resistenza per attrito laterale locale in bar

In allegato (All. B) sono riportati i tabulati e i grafici dove vengono riportati: la profondità (m.), il valore di resistenza alla punta (R_p) e il valore di attrito laterale specifico (f_s) espressi in bar e la descrizione litologica per ciascuno intervallo di lettura.

6. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Le analisi ed elaborazioni dei dati provenienti da tutte le prove ed indagini descritte nella presente relazione, hanno permesso di definire le caratteristiche litostratigrafiche ed i principali parametri geotecnici del terreno interessato dall'intervento in progetto.

In tal modo è stato possibile suddividere il sottosuolo in intervalli a caratteristiche stratigrafico/meccaniche omogenee; qui di seguito è riportata la ricostruzione litostratigrafica del terreno indagato:

<i>INTERV</i>	<i>PROF. (m)</i>	<i>COMPORAMENTO</i>	<i>LITOTIPO PREVALENTE</i>
A ₀	0.0 – 0.6	-	Riporto Piazzale
B	0.6 -1.0	Coesivo	Argilla grigia consistente
C	1.0 – 6.6	Coesivo	Argilla marrone debolmente limosa mod consistente/consistente
D	6.6 – 8.8	Coesivo	Limo grigio sabbioso poco consistente
E	8.8 -10.5	Coesivo	Argilla grigia consistente plastica
F	10.5-14.4	Coesivo	Argilla marrone molto consistente
G	14.4-15.8	Coesivo	Argilla grigia da consistente a mod consistente plastica
H	15.8-20	Coesivo	Argilla limosa grigia poco consistente

Tab. 3 – Ricostruzione litostratigrafica della verticale di prova indagata

Le caratteristiche litologiche nell'area di progetto, emerse nel corso dell'esecuzione delle indagini geognostiche, hanno messo in evidenza una buona omogeneità sia in termini litologici che geomeccanici rispecchiando in linea di massima quanto emerso dal quadro geologico complessivo descritto in precedenza.

Per ogni intervallo considerato sono stati inoltre ricavati, i principali parametri geotecnici del terreno; quest'ultimi sono da intendersi come una stima indicativa utile ai fini della definizione del modello geotecnico; vengono di seguito illustrati in tabella i parametri geotecnici calcolati:

Strato	Peso di volume naturale	Coesione non drenata		Angolo d'attrito		Modulo elastico		Modulo Edometrico	
	γ	C_u		ϕ'		M		E	
	Min – Max	Min	Max	Min	Max	Min	max	Min	max
	kN/m ³	Kg/cm ²		Deg		Mpa		Mpa	
A ₀	17.0-18.0	-	-	-	-	-	-	-	-
B	18.0-18.5	0.8	1.2	-	-	8	12	12	15
C	18.0-18.5	0.6	0.9	-	-	6	8	5	8
D	18.0-18.5	0.3	0.5	-	-	3	5	2	4
E	18.0-18.5	0.8	1.2	-	-	10	12	12	16
F	18.0-18.5	1.0	1.5	-	-	3	5	3	4
G	18.0-18.5	0.6	0.9	-	-	6	8	5	8
H	18.0-18.5	0.3	0.5	-	-	3	6	3	4

Tab 4 Stima dei principali parametri geotecnici relativi al volume significativo

Le indagini geognostiche evidenziano che i terreni direttamente interessati dall'intervento in progetto, dopo un primo strato di terreno di pavimentazione di piazzale (da valutare puntualmente durante gli scavi), siano costituiti prevalentemente da terreni a granulometria fine ed a comportamento coesivo ed a diversa consistenza. Durante l'indagine è stata rinvenuta la falda ad una profondità di circa - 1.8-2.0 m da piano campagna.

6.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI SUL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEL SITO

Sulla base delle evidenze riscontrate in situ, dalla ricerca bibliografica e delle condizioni dettate dalle normative tecniche vigenti NTC2018 è possibile affermare che il sedime in oggetto si configura come un sito a bassa vulnerabilità in termini di suscettibilità alla liquefazione. Quest'ultima considerazione trova motivazione soprattutto nelle caratteristiche geologiche locali; in particolar modo si fa riferimento: alla granulometria (desunta dalla stratigrafia ottenuta dal sondaggio S1); non sono infatti presenti strati sabbiosi di potenza significativa.

Criterio geologico			
<i>Età del deposito</i>	<i>Profondità della falda</i>		
	<i>< 9 m</i>	<i>9 + 15 m</i>	<i>> 15 m</i>
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Alto Olocene	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico e depositi anteriori	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

Tab 5 Criterio geologico per la predisposizione alla liquefacibilità

7. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Secondo la *classificazione sismica* dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione") il *Comune di San Martino in Rio* è stato classificato in zona 3.

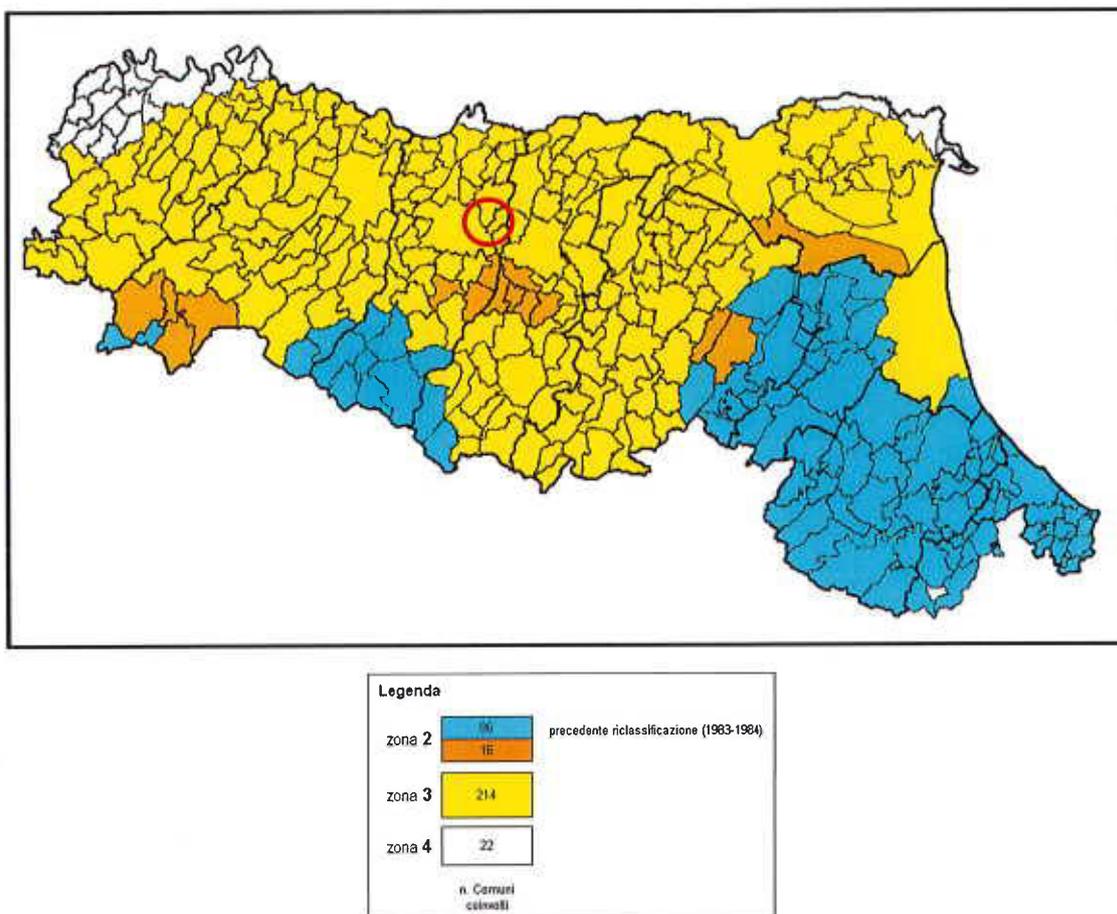


Fig.7 Riclassificazione sismica dell'Emilia Romagna. In rosso l'area di studio.

La pericolosità di base rappresenta l'elemento principale per la definizione delle azioni sismiche di progetto; essa viene espressa mediante forme spettrali definite su sito di riferimento rigido orizzontale in funzione dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g), del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0) e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T^*c).

In accordo con la recente normativa antisismica D.M. 17.01.2018 e s.m.i., sono stati ricavati gli spettri di risposta dell'azione sismica locale, partendo dalle coordinate geografiche del sito in esame;

Coordinate WGS84 Latitudine: 44,737204– Longitudine: 10,817969

Coordinate ED 50 Latitudine: 44,738142– Longitudine: 10,818978

Sulla base delle seguenti ipotesi sono stati ricavati gli spettri di risposta elastici:

VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale Vn 50 [Anni] Classe d'uso II
 Coefficiente Cu 1.0 Vita di riferimento Vr = Vn x Cu = 50 [Anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO

Topografia T1 Coeff. Topografico S_t 1,0
 Categoria suolo C

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,045	2,488	0,251
Danno (SLD)	63	50	0,056	2,499	0,266
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,158	2,536	0,274
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,209	2,517	0,278

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,660	1,000	0,013	0,007	0,661	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,017	0,008	0,831	0,200
SLV	1,460	1,610	1,000	0,055	0,028	2,258	0,240
SLC	1,380	1,600	1,000	0,081	0,040	2,833	0,280

Nella pagina seguente si riportano gli spettri di progetto.

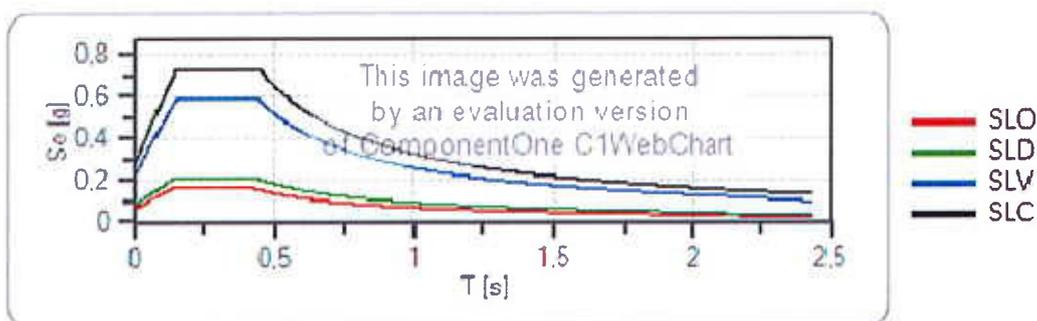
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

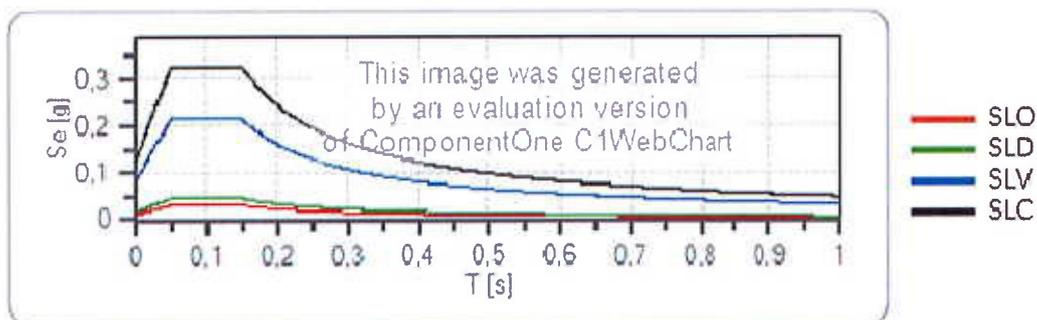
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc' [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,045	2,488	0,251	1,500	1,660	1,000	1,500	1,000	0,139	0,416	1,780
SLD	1	0,056	2,499	0,266	1,500	1,620	1,000	1,500	1,000	0,144	0,431	1,826
SLV	1	0,158	2,536	0,274	1,460	1,610	1,000	1,460	1,000	0,147	0,441	2,231
SLC	1	0,209	2,517	0,278	1,380	1,600	1,000	1,380	1,000	0,148	0,445	2,437

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



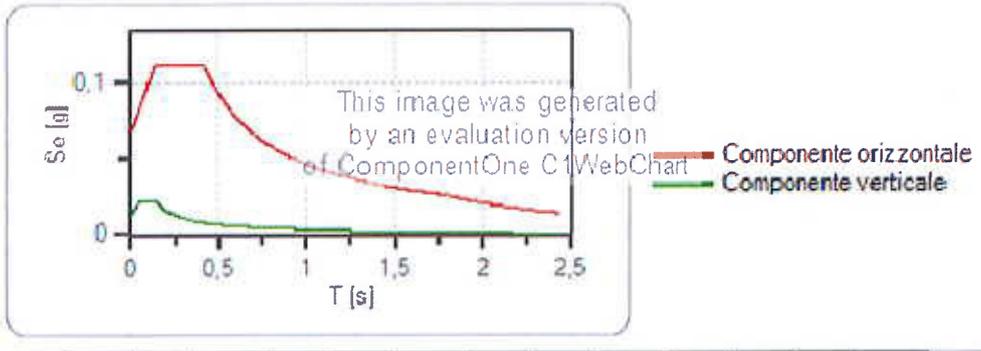
	cu	ag [g]	Fo	Tc' [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,045	2,488	0,251	1,000	1,660	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,056	2,499	0,266	1,000	1,620	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,158	2,536	0,274	1,000	1,610	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,209	2,517	0,278	1,000	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

per lo spettro orizzontale = 0,667
 Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5
 per lo spettro verticale = 0,667
 Stato limite: SLO

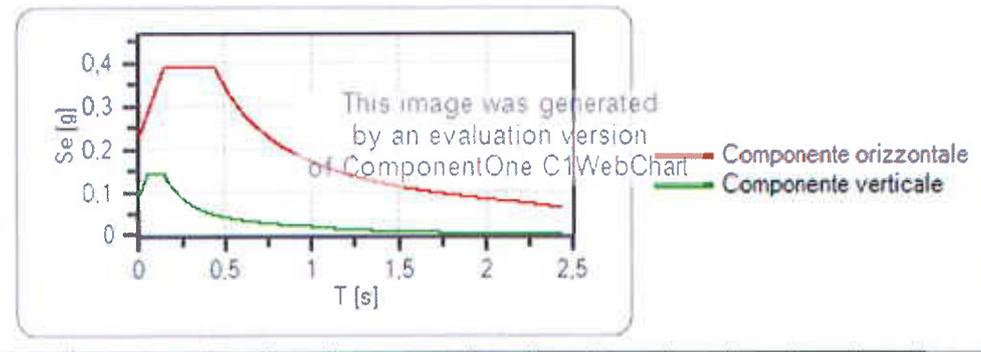
Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc' [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1	0,045	2,488	0,251	1,500	1,680	1,000	1,500	1,500	0,139	0,416	1,780
SLO verticale	1	0,045	2,488	0,251	1,500	1,680	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

per lo spettro orizzontale = 0,667
 Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5
 per lo spettro verticale = 0,667
 Stato limite: SLV

Spettri di progetto per lo stato limite: SLV



	cu	ag [g]	Fo	Tc' [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	1	0,158	2,536	0,274	1,460	1,610	1,000	1,460	1,500	0,147	0,441	2,231
SLV verticale	1	0,158	2,536	0,274	1,460	1,610	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

8. CONCLUSIONI

In base a quanto descritto ed analizzato nel presente studio geologico-sismico è possibile affermare quanto segue:

- Il litotipo superficiale è costituito da terreno a grana fine, a comportamento coesivo mediamente consistente;
- la categoria di sottosuolo, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto corrisponde al **tipo C** ($V_{s,30} = 227$ m/sec);
- è possibile assegnare al sito indagato la **categoria topografica T1** definita dalle NTC 2018 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore od uguale ai 15°;
- il sito presenta bassa predisposizione al fenomeno della liquefazione;
- In base all'OPCM 3274/2003 il Comune di San Martino in Rio (RE) a viene classificato in zona sismica 3;
- La falda, misurata nella verticale di indagine S1, si attesta ad un profondità di circa - 1.8/2.0 m
- la realizzazione dell'intervento in progetto risulta compatibile con le caratteristiche morfologiche del sito di sedime, il quale non è attualmente interessato da fenomeni di dissesto profondi e/o superficiali ne di tipo erosivo evolutivo.

PARMA, 06/11/2019

Il geologo

Dott. Paolo Paolini



The image shows a circular professional stamp of the Ordine dei Geologi Regione Emilia-Romagna. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA-ROMAGNA", "DOTT. PAOLO PAOLINI", "Emilia-Romagna", "GEOLOGO", "S.E.A.", and "N. 1290 M.B.O.E.". Below the stamp is a blue ink signature of Paolo Paolini.

ALLEGATI

Committente: ITALGRANITI S.p.A	Sondaggio: S.1
Riferimento: SAN MARTINO IN RIO	Data: 17/10/2019
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - S.1

Pagina 1/1

Prof. (m)	RA (cm)	Pz (m)	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	RPT SPT	RQD % 0-100	DESCRIZIONE
										RIPORTO PIAZZALE.
1									0.5	ARGILLA GRIGIA CONSISTENTE.
2									1.0	ARGILLA MARRONE DEBOLMENTE LIMOSA, PRESENTI PUNTI NERI E LEGGERE MACULATURE GRIGIE, DA CONSISTENTE A MODERATAMENTE CONSISTENTE.
3										
4										
5										
6								5-3	5	
7									6.5	LIMO GRIGIO SABBIOSO, POCO CONSISTENTE.
8										
9								3-7-10	17	ARGILLA GRIGIA, CONSISTENTE, PLASTICA, PRESENTI GRANULI CALCAREI DA m 10.30.
10									10.5	
11										ARGILLA MARRONE MOLTO CONSISTENTE CON MACULATURE GRIGIE.
12								6-8-10	15	
13										
14										
15								4-6-6	12	ARGILLA GRIGIA DA CONSISTENTE A MODERATAMENTE CONSISTENTE, PLASTICA, PRESENTI PUNTI NERI.
16									10.8	
17										ARGILLA LIMOSA GRIGIA, POCO CONSISTENTE, PRESENTI LIVELLI CENTIMETRICI SABBIOSO FINI.
18										
19										
20									20.2	

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (->)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato

Tubo aperto	Casagrande
tubo cieco	tubo cieco
finestrato	cella drenaggio cementazione

Shs = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Mat = Matier
Crp = Craps
ak3 = NE3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDI = Semi disturbato
SPT = SPT

PROVE PENETROMETRICHE SRL
* Prova Penetrometriche Statiche * Prova Penetrometriche Dinamiche *
* SPT * Sondaggi e Ricerche * Prospezioni Geofisiche *

41051 CASTELNUOVO RANGONE (MO) - Via Per Modena, 14 - Tel. 039/535046

Certificato n° : 160-93

Date : 07-09-93

PROVA PENETROMETRICA STATICA

SCHITTENTE : ARKIGEO

CANTIERE : CAPANNONE

PENETROMETRO : SCUDA 10 TONN

CONLINE : S. MARTINO IN RIO LOCALITA' : S. MARTINO IN RIO

FISCHETTO : 1 /

PROVA N.RO : 1 DEL : 03-09-93

INIZIO A ML : 0.00

FINE A ML : 10.00

Q.TA TALLA : 7.00

Q.TA PRANO CAMPANA : 0.00

COMMENTI :

TL. TECNICO : DOTT. GUERZONI

LABORATORIO :

PROVE PENETROMETRICHE SRL

* Prove Penetrometriche Statiche * Prove Penetrometriche Dinamiche *
* SPT * Sondaggi a Rotazione * Prospezioni Geofisiche *

41051 CASTELNUOVO RANGONE (MO) - Via Per Modena, 14 - Tel.059/535046

Certificato N : 161-93

Data : 07-09-93

PROVA PENETROMETRICA STATICA

COMMITTENTE :ARKIGEO

CANTIERE :CAPANNONE

PENETROMETRO :GOUDA 10 TONN.

COMUNE :S. MARTINO IN RIO LOCALITA' :S. MARTINO IN RIO

PICCHETTO :2 /

PROVA N.RO : 2 DEL :03-09-93

INIZIO A ML : 0.00

FINE A ML :20.00

Q.TA FALDA : 2.30

Q.TA PIANO CAMPAGNA : 0.00

COMMENTI :

IL TECNICO :DOTT. GUERZONI

LABORATORIO :

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CERTIFICATO N.RO : 161-93

CANTIERE :CAPANNONE

PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X
0.00	0	1	0.07	0.00	10.00	34	60	1.73	19.65	20.00	28	46	1.20	23.33
0.20	0	1	0.07	0.00	10.20	34	60	1.73	19.65					
0.40	0	1	0.07	0.00	10.40	36	62	1.73	20.81					
0.60	6	10	0.27	22.22	10.60	40	70	2.00	20.00					
0.80	8	17	0.60	13.33	10.80	31	60	1.93	16.06					
1.00	14	26	0.80	17.50	11.00	31	58	1.80	17.22					
1.20	20	28	0.53	37.74	11.20	28	52	1.60	17.50					
1.40	20	29	0.60	33.33	11.40	24	46	1.47	16.33					
1.60	14	26	0.80	17.50	11.60	22	40	1.20	18.33					
1.80	11	22	0.73	15.07	11.80	19	34	1.00	19.00					
2.00	8	16	0.53	15.09	12.00	20	40	1.33	15.04					
2.20	12	20	0.53	22.64	12.20	20	40	1.33	15.04					
2.40	16	24	0.53	30.19	12.40	28	48	1.33	21.05					
2.60	17	28	0.73	23.29	12.60	29	44	1.00	29.00					
2.80	16	24	0.53	30.19	12.80	24	42	1.20	20.00					
3.00	13	22	0.60	21.67	13.00	25	44	1.27	19.69					
3.20	10	16	0.40	25.00	13.20	19	38	1.27	14.96					
3.40	10	14	0.27	37.04	13.40	18	32	0.93	19.35					
3.60	12	16	0.27	44.44	13.60	18	28	0.67	26.87					
3.80	11	15	0.27	40.74	13.80	18	30	0.80	22.50					
4.00	13	19	0.40	32.50	14.00	22	34	0.80	27.50					
4.20	12	18	0.40	30.00	14.20	26	40	0.93	27.96					
4.40	9	16	0.47	19.15	14.40	27	44	1.13	23.89					
4.60	8	14	0.40	20.00	14.60	34	56	1.47	23.13					
4.80	8	12	0.27	29.63	14.80	34	58	1.60	21.25					
5.00	11	16	0.33	33.33	15.00	29	60	2.07	14.01					
5.20	12	18	0.40	30.00	15.20	22	44	1.47	14.97					
5.40	14	20	0.40	35.00	15.40	17	34	1.13	15.04					
5.60	12	19	0.47	25.53	15.60	12	26	0.93	12.90					
5.80	9	18	0.60	15.00	15.80	10	19	0.60	16.67					
6.00	15	25	0.67	22.39	16.00	14	20	0.40	35.00					
6.20	14	21	0.47	29.79	16.20	14	20	0.40	35.00					
6.40	13	20	0.47	27.66	16.40	14	20	0.40	35.00					
6.60	15	22	0.47	31.91	16.60	28	32	0.27	103.70					
6.80	12	20	0.53	22.64	16.80	30	36	0.40	75.00					
7.00	12	20	0.53	22.64	17.00	22	34	0.80	27.50					
7.20	10	16	0.40	25.00	17.20	22	34	0.80	27.50					
7.40	10	15	0.33	30.30	17.40	22	32	0.67	32.84					
7.60	10	14	0.27	37.04	17.60	26	36	0.67	38.81					
7.80	9	14	0.33	27.27	17.80	26	40	0.93	27.96					
8.00	11	18	0.47	23.40	18.00	24	40	1.07	22.43					
8.20	16	24	0.53	30.19	18.20	22	36	0.93	23.66					
8.40	15	26	0.73	20.55	18.40	12	26	0.93	12.90					
8.60	18	28	0.67	26.87	18.60	14	24	0.67	20.90					
8.80	16	28	0.80	20.00	18.80	16	26	0.67	23.88					
9.00	12	24	0.80	15.00	19.00	24	36	0.80	30.00					
9.20	16	26	0.67	23.88	19.20	22	36	0.93	23.66					
9.40	27	36	0.60	45.00	19.40	28	44	1.07	26.17					
9.60	32	44	0.80	40.00	19.60	30	46	1.07	28.04					
9.80	33	50	1.13	29.20	19.80	30	48	1.20	25.00					

LEGENDA : PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE m. FS = RESISTENZA SPECIFICA AL MANICOTTO daN/cmq
 QC = RESISTENZA SPECIFICA ALLA PUNTA daN/cmq X = RAPPORTO QC/FS X
 RL = RESISTENZA LATERALE LOCALE daN/cmq

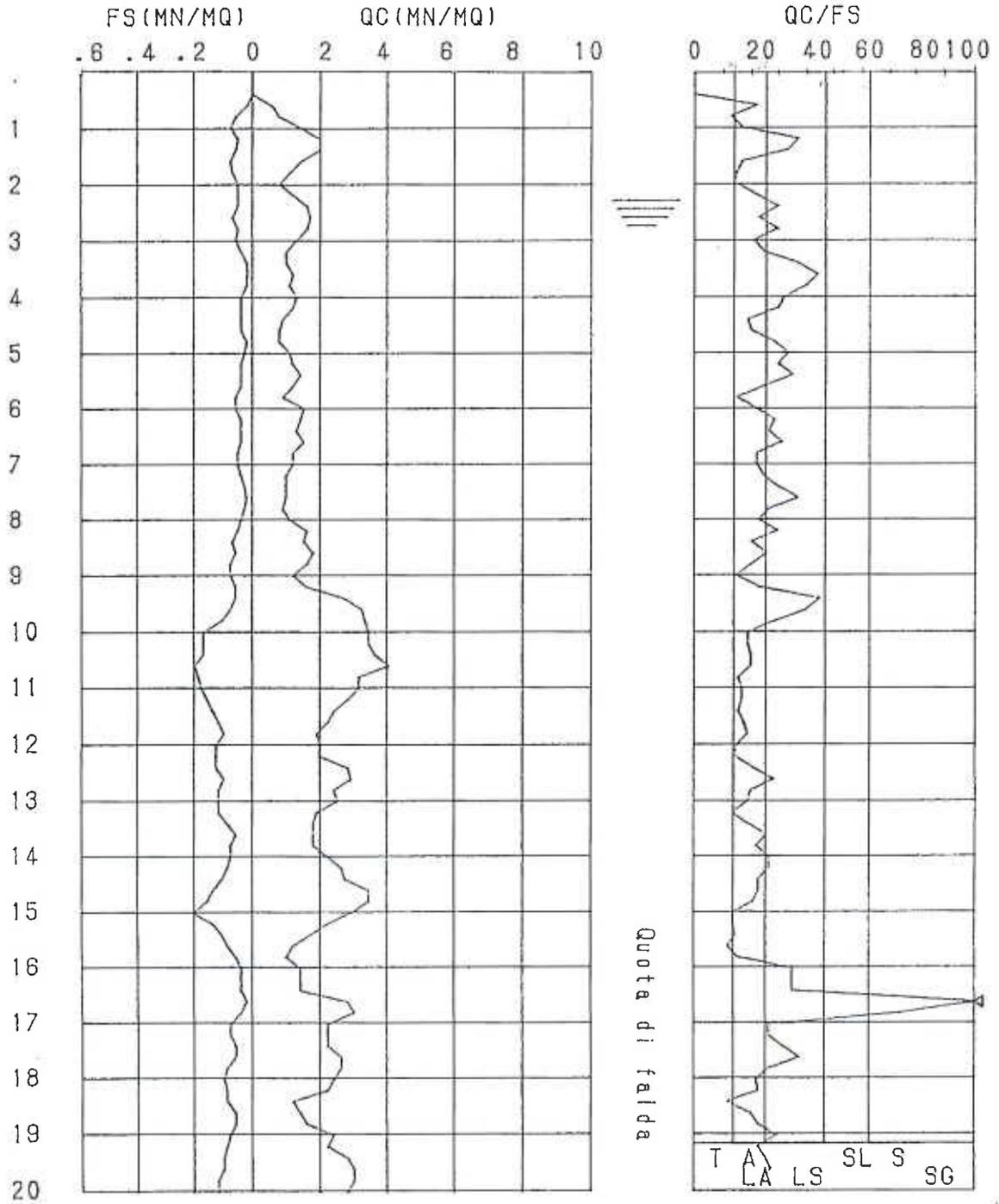
LITOLOGIA : T=TORBE A=ARGILLE LA=LIMI ARGILLOSI LS=LIMI SABBIOSI SL=SABBIE LIMOSE
 S=SABBIE SG=SABBIE E GHIAIE AG=COPERTURA SUPERFICIALE

CPT (CONE PENETRATION TEST)

Pichetto n.2 /

Certif.n. 161-93
del 07/09/1993

Cantiere
CAPANNONE
Committente ARKIGEO



PROVA PENETROMETRICA STATICA

CERTIFICATO N.RO : 160-93

CANTIERE :CAPANNONE

PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X	PROF.	QC	RL.	FS.	X
0.00	0	1	0.07	0.00	10.00	24	42	1.20	20.00	20.00	24	48	1.60	15.00
0.20	0	1	0.07	0.00	10.20	32	46	0.93	34.41					
0.40	0	1	0.07	0.00	10.40	36	60	1.60	22.50					
0.60	8	14	0.40	20.00	10.60	40	70	2.00	20.00					
0.80	10	18	0.53	18.87	10.80	40	70	2.00	20.00					
1.00	11	18	0.47	23.40	11.00	34	64	2.00	17.00					
1.20	18	28	0.67	26.87	11.20	32	58	1.73	18.50					
1.40	16	27	0.73	21.92	11.40	34	56	1.47	23.13					
1.60	12	22	0.67	17.91	11.60	20	40	1.33	15.04					
1.80	11	19	0.53	20.75	11.80	20	36	1.07	18.69					
2.00	10	16	0.40	25.00	12.00	22	36	0.93	23.66					
2.20	12	18	0.40	30.00	12.20	23	38	1.00	23.00					
2.40	14	20	0.40	35.00	12.40	20	36	1.07	18.69					
2.60	16	24	0.53	30.19	12.60	24	36	0.80	30.00					
2.80	12	19	0.47	25.53	12.80	26	44	1.20	21.67					
3.00	7	12	0.33	21.21	13.00	20	38	1.20	16.67					
3.20	8	12	0.27	29.63	13.20	18	34	1.07	16.82					
3.40	10	13	0.20	50.00	13.40	13	26	0.87	14.94					
3.60	9	12	0.20	45.00	13.60	18	26	0.53	33.96					
3.80	12	16	0.27	44.44	13.80	16	26	0.67	23.88					
4.00	16	22	0.40	40.00	14.00	18	31	0.87	20.69					
4.20	11	18	0.47	23.40	14.20	18	31	0.87	20.69					
4.40	9	13	0.27	33.33	14.40	24	36	0.80	30.00					
4.60	8	12	0.27	29.63	14.60	28	42	0.93	30.11					
4.80	10	12	0.13	76.92	14.80	30	50	1.33	22.56					
5.00	12	19	0.47	25.53	15.00	30	52	1.47	20.41					
5.20	14	18	0.27	51.85	15.20	22	44	1.47	14.97					
5.40	15	20	0.33	45.45	15.40	20	38	1.20	16.67					
5.60	13	18	0.33	39.39	15.60	13	28	1.00	13.00					
5.80	12	18	0.40	30.00	15.80	10	18	0.53	18.87					
6.00	13	20	0.47	27.66	16.00	14	19	0.33	42.42					
6.20	14	20	0.40	35.00	16.20	14	20	0.40	35.00					
6.40	12	19	0.47	25.53	16.40	13	20	0.47	27.66					
6.60	11	16	0.33	33.33	16.60	28	38	0.67	41.79					
6.80	10	14	0.27	37.04	16.80	19	28	0.60	31.67					
7.00	17	22	0.33	51.52	17.00	22	36	0.93	23.66					
7.20	16	24	0.53	30.19	17.20	18	26	0.53	33.96					
7.40	20	21	0.07	285.71	17.40	20	30	0.67	29.85					
7.60	14	17	0.20	70.00	17.60	24	36	0.80	30.00					
7.80	10	14	0.27	37.04	17.80	30	40	0.67	44.78					
8.00	10	16	0.40	25.00	18.00	26	42	1.07	24.30					
8.20	11	16	0.33	33.33	18.20	18	40	1.47	12.24					
8.40	10	15	0.33	30.30	18.40	16	26	0.67	23.88					
8.60	10	22	0.80	12.50	18.60	18	26	0.53	33.96					
8.80	14	23	0.60	23.33	18.80	18	28	0.67	26.87					
9.00	12	22	0.67	17.91	19.00	24	36	0.80	30.00					
9.20	22	32	0.67	32.84	19.20	26	40	0.93	27.96					
9.40	24	40	1.07	22.43	19.40	30	48	1.20	25.00					
9.60	29	44	1.00	29.00	19.60	30	50	1.33	22.56					
9.80	26	42	1.07	24.30	19.80	26	50	1.60	16.25					

LEGENDA : PROF. = PROFONDITA' DI INFISSIONE m.
 QC = RESISTENZA SPECIFICA ALLA PUNTA daN/cm² FS = RESISTENZA SPECIFICA AL MANICOTTO daN/cm²
 RL = RESISTENZA LATERALE LOCALE daN/cm² X = RAPPORTO QC/FS %

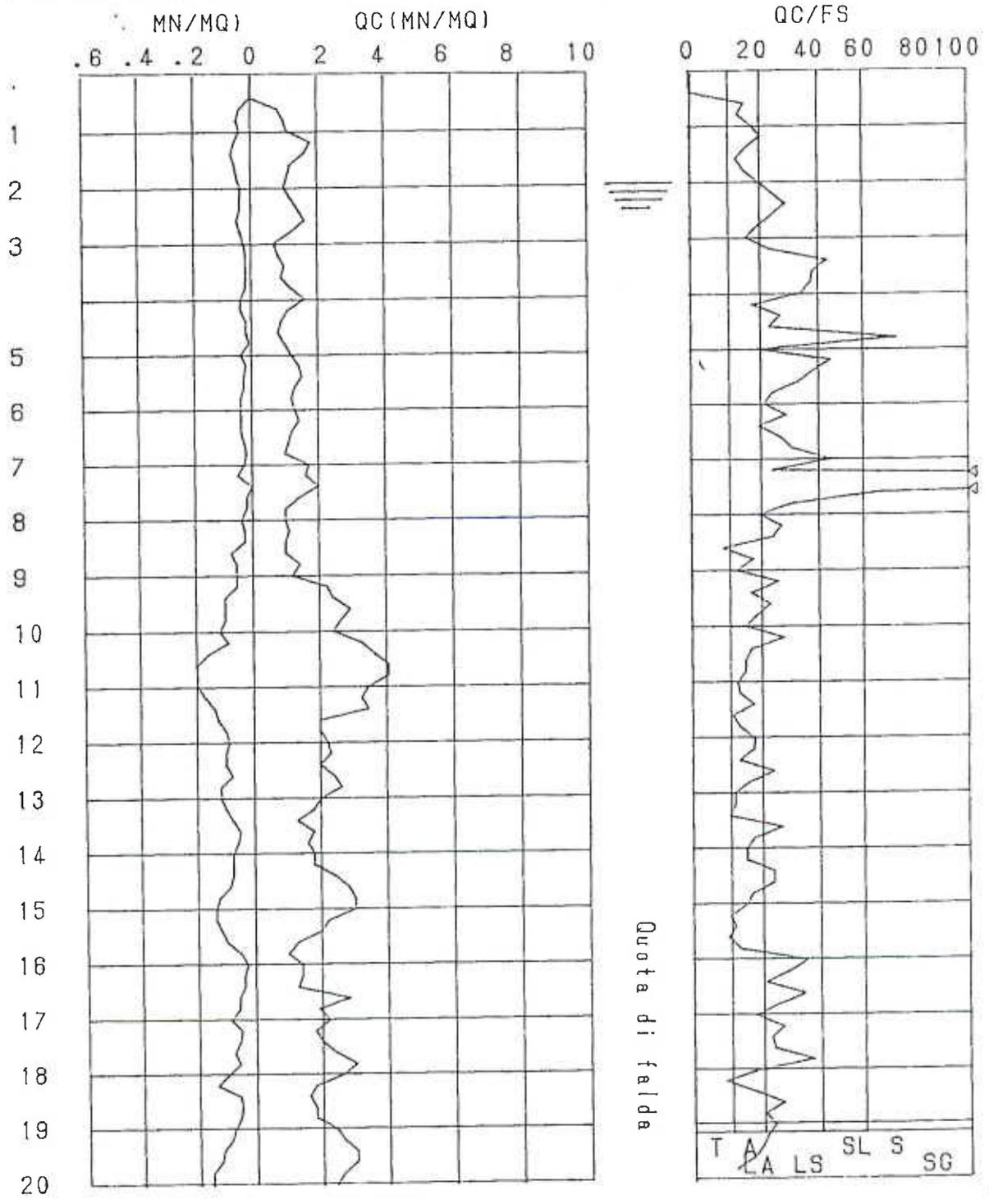
LITOLOGIA : T=TORBE A=ARGILLE LA=LIMI ARGILLOSI LS=LIMI SABBIOSI SL=SABBIE LIMOSE
 S=SABBIE SG=SABBIE E GHIAIE AG=COPERTURA SUPERFICIALE

CPT (CONE PENETRATION TEST)

Picchetto n.1 /

Certif. n. 160-93
del 07/09/1993

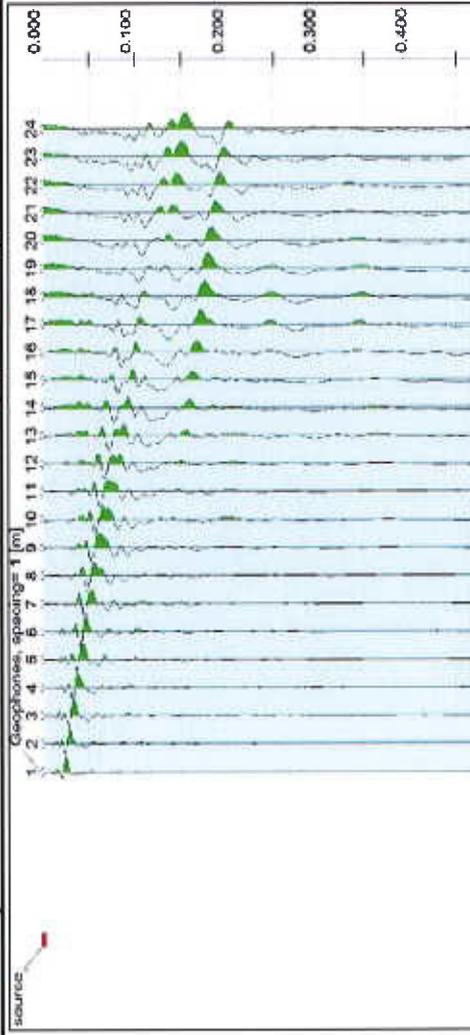
Cantiere
CAPANNONE
Committente ARKIGEO



ALLEGATO C - Report Indagine Masw

PROSEZIONE SISMICA ATTIVA - METODO MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

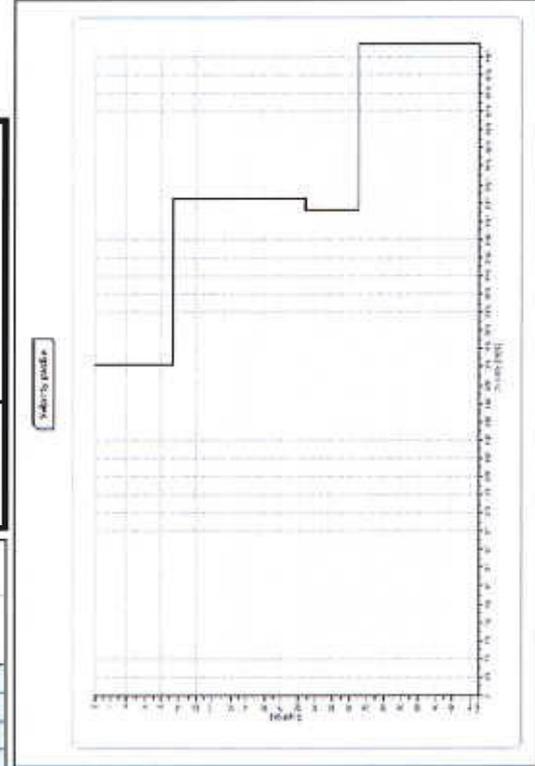
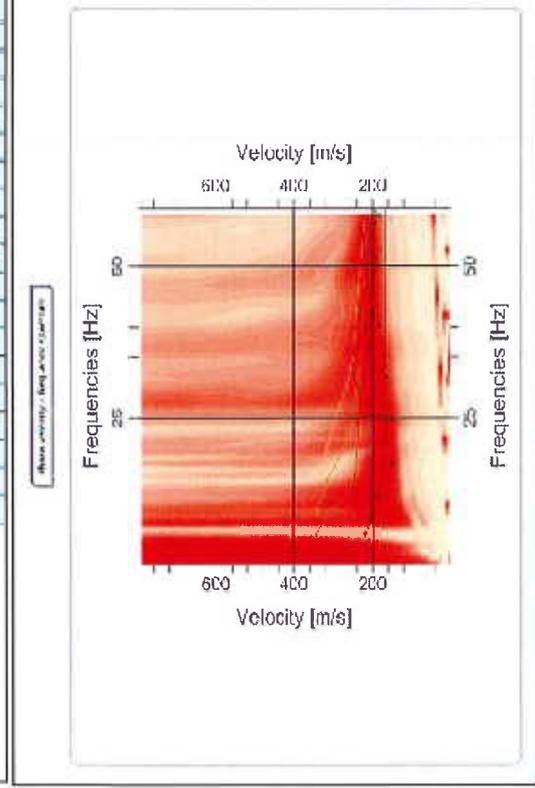
Committente	ITALGRANITI	Cantiere	PROGETTO DI AMPLIAMENTO STABILIMENTO SAN MARTINO IN RIO	
Comune	SAN MARTINO IN RIO	Sismografo	Sysmatrack A6000S/E	Frequenza Geofoni 4.5 htz
Località	VIA PER CARPI	Geofoni	n.24	Lunghhezza stendimento 29 m
Data	17.10.2019	Spaziatura	1	Punto di "shot" 5 m



Strato	Prof.		Spessore	Vel
	da	a		
Strato1	0.00	9.38	9.38	181
Strato2	9.38	24.82	15.45	272
Strato3	24.82	30.00	6.21	265

$V_{S30} = 227$	m/sec	C
calcolata dal p.c. naturale		
0.015	Percentuale d'errore	
0.01	Fattore di disadattamento	

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$



C.S.T. Engineering s.r.l.
 strada Ippolirano, 152 - 43124 Parma
 tel 0521 606137 - fax 0521 636168
 info@csengineering.it - www.csengineering.it
 PIVA 0174793041

ALLEGATO 1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO: Stralcio di ripresa satellitare

Immagine non in scala

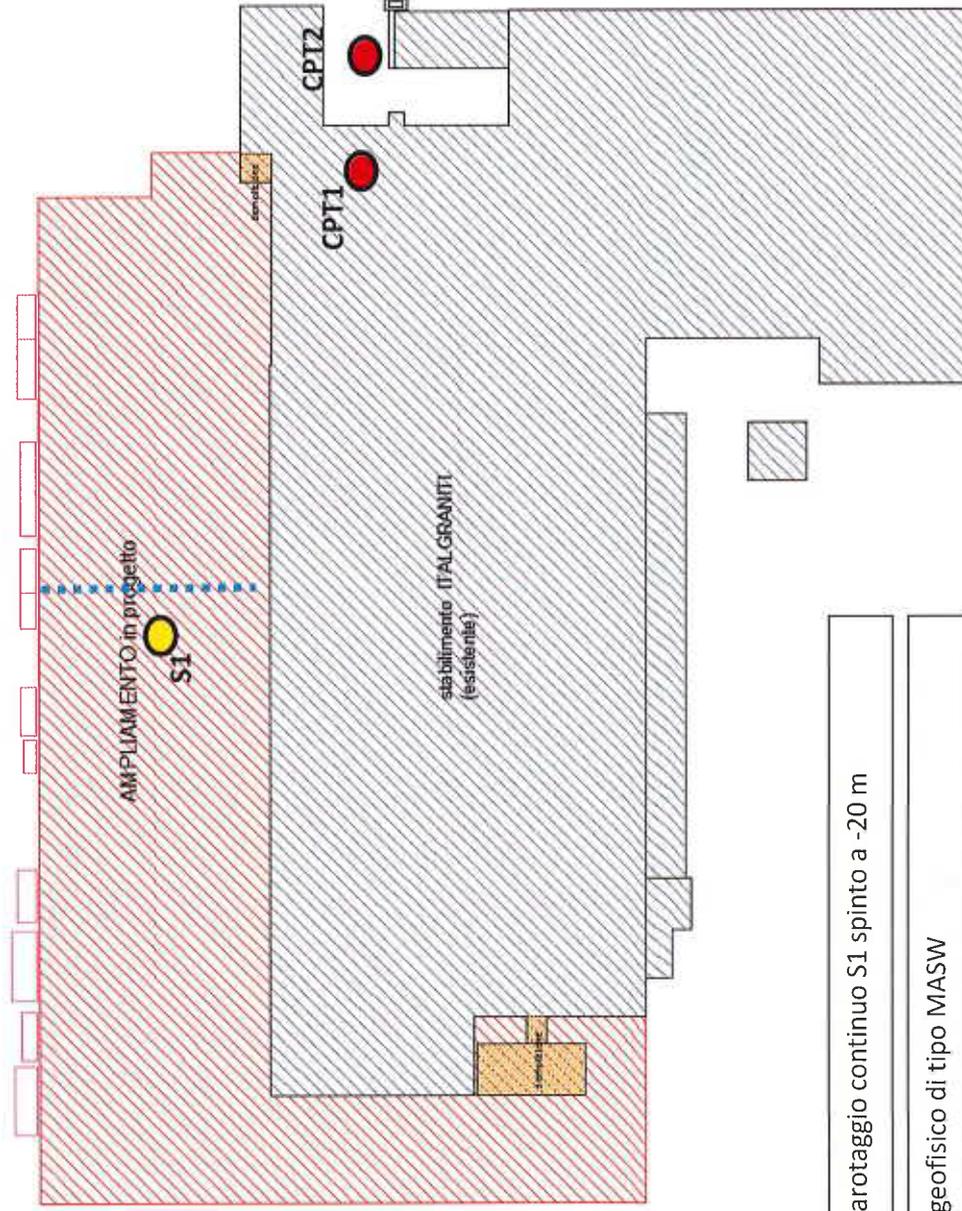


Ubicazione del sito oggetto di studio



ALLEGATO 3

UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE



Sondaggio a carotaggio continuo S1 spinto a -20 m



Stendimento geofisico di tipo MASW



Prove penetrometriche CPT1 e CPT2 di cui alla relazione geologica ARKIGEO datata 2008

ALLEGATO 4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

