



ENGINEERING

Ingegneria civile e stradale
Acustica e Sicurezza
Geologia e Geotecnica
Diagnostica e Prove non distruttive

COMUNE DI CASTELLARANO

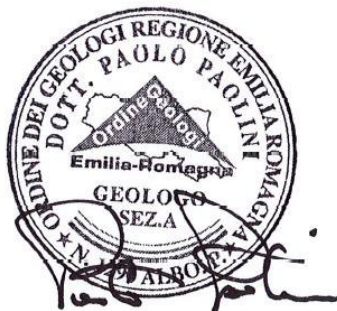
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA

a supporto del progetto di ampliamento reparto atomizzazione

Committente: Ceramica COTTO PETRUS S.R.L.
Cantiere: Via Molino Roteglia, 4
42014 - loc. Roteglia di Castellarano (RE)

Il Geologo
Dott. Paolo Paolini



00	07/02/2017	Relazione geologico-sismica	Geol. P. Paolini	-
REV.	DATA	Descrizione	Redazione	Approvazione

C.S.T. Engineering s.r.l.

Sede principale PARMA:
Strada Langhirano, 152 • 43124 (PR)
Tel. 0521 606137 • Fax 0521 606168

Unità locale SARZANA:
Via Emiliana 75 • 19038 (SP)
Tel. 0187 605943 • Fax 0187 692162

P.IVA 01741750341

INDICE

1. PREMESSA
2. RIFERIMENTI NORMATIVI
3. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO
 - 4.1 INQUADRAMENTO LOCALE
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE
 - 5.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO
 - 5.1.1 PROVE SPT (in foro)
 - 5.2 INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW
6. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA
7. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Allegati:

- A) Stratigrafie sondaggi geognostici S1-S2
- B) Scheda MASW

Tavole:

- I) Inquadramento territoriale
- II) Cartografia geologica
- III) Ubicazione delle indagini geognostiche
- IV) Documentazione fotografica
- V) Sezione geologico-tecnica interpretativa

1. PREMESSA

Su incarico del committente, COTTO PETRUS S.R.L., è stato realizzato il presente studio geologico-sismico a supporto della progettazione per l'ampliamento dello stabilimento ceramico sito in via Molino Roteгля n°4, in località Roteгля nel comune di Castellarano (RE).

I lavori in progetto consistono essenzialmente:

- Costruzione di capannone per Atomizzatore con struttura portante in carpenteria metallica formata da putrelle in ferro zincato con copertura piana in pannelli grecati in lamiera preverniciata e tamponamento perimetrale in pannelli coibentati di lamiera preverniciata. Planimetricamente la pianta sarà rettangolare di dimensioni circa 22.0 m x 37.2 m, mentre altimetricamente l'altezza utile sarà di circa 26 m.
- Demolizione e ricostruzione capannone per materie prime in cemento armato prefabbricato
- Opere complementari (fondazioni impianti, fognature, pavimenti in cemento, muri box argille, ecc.)
- Ampliamento dell'area cortiliva per stoccaggio prodotto finito (piastrelle); si prevede di realizzare un idonea massicciata con scotico del terreno, stesura di inerte riciclato; stesura di misto stabilizzato di frantoio; finiture superficiali con manto di asfalto.

Tale studio ha avuto lo scopo di caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico il terreno di sedime del futuro progetto.

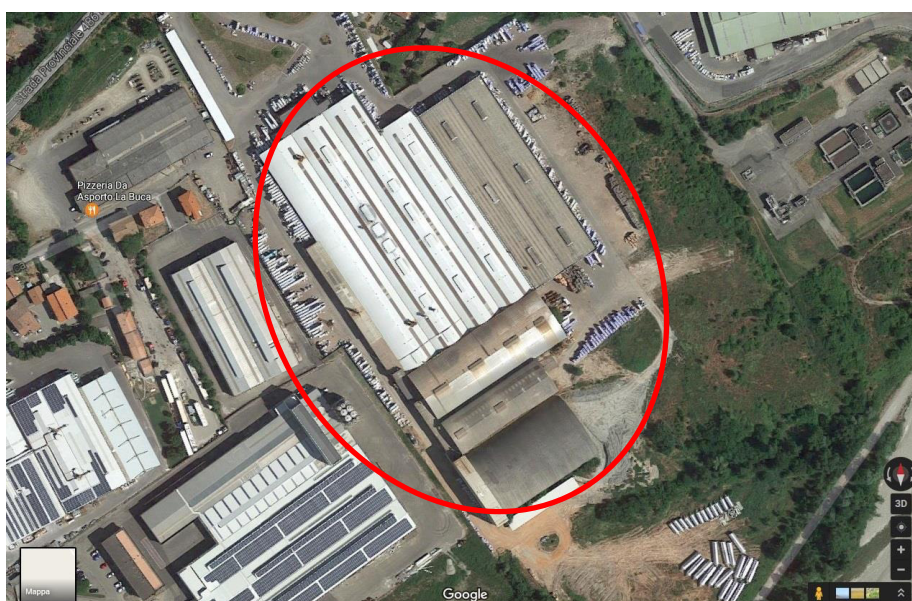


Figura 1 – Localizzazione dell'area oggetto di indagine

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

- Raccolta di dati mediante ricerca bibliografica (compresa relazione geologica pregressa);
- Sopralluogo volto all'individuazione preliminare dei lineamenti geologici-geomorfologici del sito;
- Esecuzione di una campagna geognostica consistente in: N.2 sondaggi a carotaggio continuo spinti alla profondità di 12-14 m con n.6 prove SPT in foro e N.1 stendimento geofisico di tipo MASW per la definizione della categoria di sottosuolo (punto 3.22 delle NTC 2008);
- Analisi ed interpretazione dei dati ricavati dall'indagine geognostica per la ricostruzione litostratigrafica locale e stima preliminare dei parametri geotecnici;
- Sviluppo del modello geologico-tecnico.

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. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le costruzioni";
- O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003;
- Circ. n°617 del 20/01/2009;
- D.G.R. Emilia Romagna n°1677/2005;
- D.G.R. Emilia-Romagna n°2131 del 02/05/2007;
- L.R. Emilia-Romagna n°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 relazione/allegati gli stralci:

- Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) alla scala 1:10.000 – Sezione: n°219090,
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (IGM): Foglio 86 "Modena"

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area di studio ricade nel Foglio 86 ("Modena") della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000; nel dettaglio, viene ubicata nei terreni *Quaternari Olocenici* appartenenti all'*Alluvium medio-recente* (Q_{2a}) e costituiti da "alluvioni sabbiose con lenti limose, della bassa pianura, basso terrazzo ghiaioso-sabbioso, fissato e coltivato lungo i torrenti".

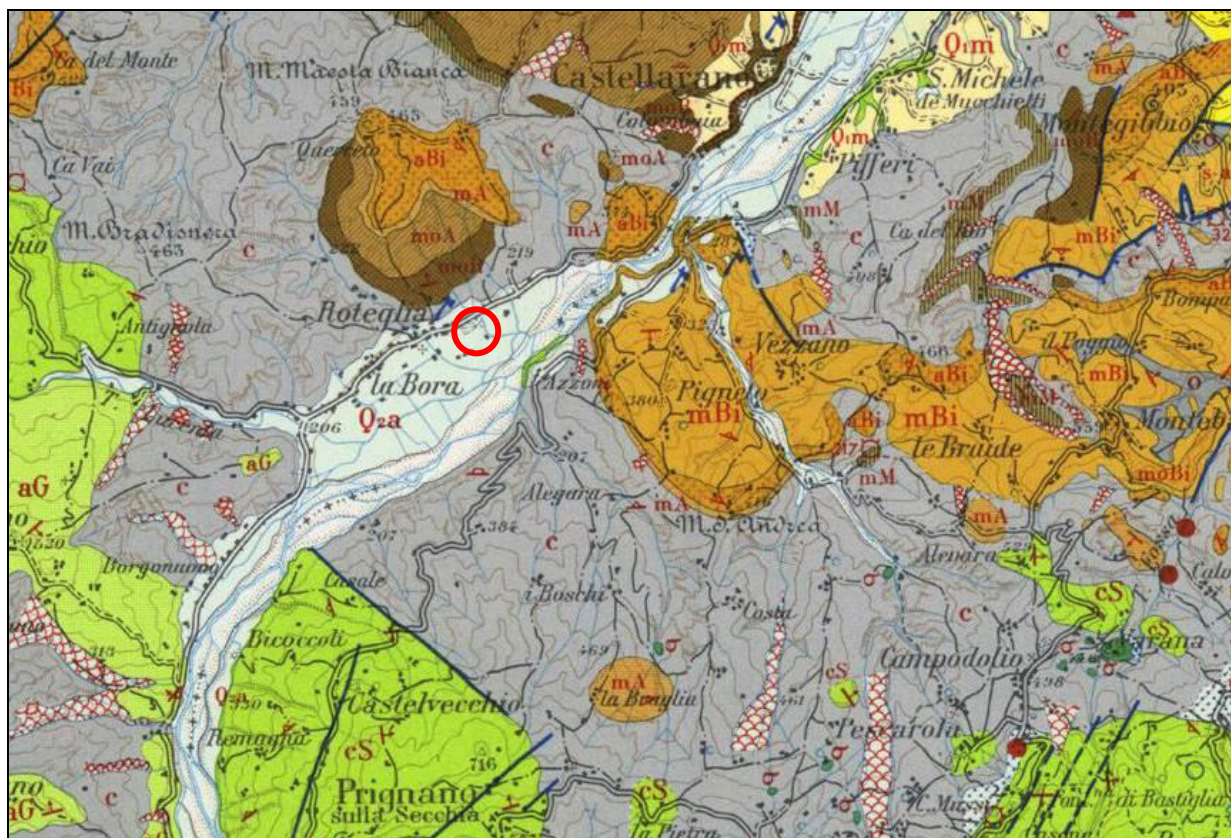


Figura 2 - Estratto cartografico del Foglio 86 "Modena". In rosso l'area di studio (disegno non in scala).

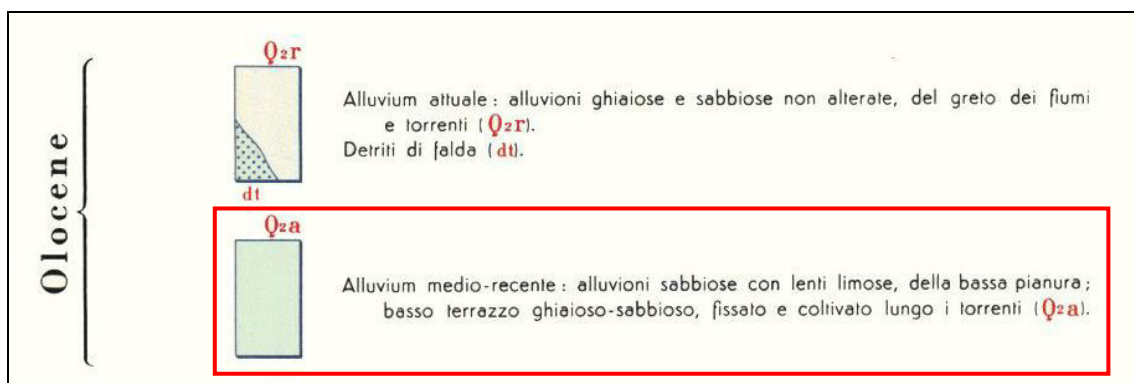


Figura 2.1 - Stralcio della legenda del Foglio 86 "Modena"

L'area, sotto il profilo geologico, ricade a cavallo del margine appenninico-padano, ovvero della zona di passaggio tra la fascia pedemontana della Pianura Padana e i primi rilievi dell'Appennino (parte del basso Appennino Modenese-Reggiano). Infatti si possono distinguere due areali: il settore collinare, costituito dalle grandi unità litologiche dell'Appennino Emiliano-Romagnolo e la restante porzione del territorio (fascia pedecollinare e alta pianura), che è costituita superficialmente dai depositi alluvionali di conoidi e terrazzi alluvionali.

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 Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (equivalente all'Alloformazione Emiliano-Romagnolo Inferiore della pubblicazione citata) ed un'unità superiore, detta Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (Equivalente all' Alloformazione Emiliano-Romagnolo superiore della pubblicazione citata).

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

Il Sistema 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 trovano:

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

4.1 INQUADRAMENTO LOCALE

Il territorio del Comune di Castellarano, sotto il profilo geologico, ricade a cavallo del margine appenninico-padano, ovvero della zona di passaggio tra la fascia pedemontana della Pianura Padana e i primi rilievi dell'Appennino (parte del basso Appennino Modenese-Reggiano). Infatti si possono distinguere due areali: il settore collinare, costituito dalle grandi unità litologiche dell'Appennino Emiliano-Romagnolo e la restante porzione del territorio (fascia pedecollinare e alta pianura), che è costituita superficialmente dai depositi alluvionali di conoidi e terrazzi alluvionali.

Il settore pedemontano e di alta pianura è costituito da depositi di ambiente continentale riferibili al Quaternario, che ricoprono la struttura marginale dell'Appennino e la struttura profonda della Pianura Padana. Le successioni argillose della struttura marginale appenninica, che localmente coincide con la fascia pedecollinare del territorio comunale, sono rappresentate dalle "Formazione a Colombacci", dalle "Argille Azzurre" e dalle sabbie gialle del "Sintema di Costamezzana"; tali successioni, progredendo verso la pianura, sono ricoperte dai depositi di terrazzo e di conoide alluvionale Pleistocenici (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore). Dal punto di vista evolutivo, come detto in precedenza, la Pianura Padana è legata all'orogenesi Alpina e Appenninica: in un arco di tempo che va dal Pliocene all'Olocene, nella depressione ancora in parte occupata dal mare (Bacino Perisuturale Padano), i detriti fini e grossolani drenati dai rilievi iniziano a costruire i delta (conoidi), che vanno ad "affogarsi" ed esaurirsi nel mare o più spesso nelle paludi padane. Il sommarsi di questi fenomeni a quelli già sviluppati nel versante alpino ha portato al riempimento del bacino padano con successioni a carattere regressivo: alla base sabbie e peliti torbiditiche, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

Sulla base della descrizione delle unità geologiche presenti in carta della Sezione n°219090 "Reggio Emilia", nel sito esaminato affiora l'Unità di Modena, indicata in legenda con la sigla *AES8a*, facente parte della successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano.

Detta unità è rappresentata da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

Dal punto di vista **geomorfologico** l'area è da considerarsi pianeggiante, con la pendenza media della superficie topografica inferiore allo 0.1% ed una quota altimetrica prossima ai 180 metri sul livello del mare; in considerazione di tale morfologia pianeggiante, è possibile assegnare al sito indagato la **categoria topografica T1** definita dalle NTC 2008 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore od uguale ai 15°".

Da un punto di vista idraulico ci troviamo in sinistra idrografica del F. Secchia da cui il sito dista circa 90 m; l'area così definita nel P.A.I. (Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti - art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010) non ricade in zona alluvionabile (vedi Fig. 2.a).

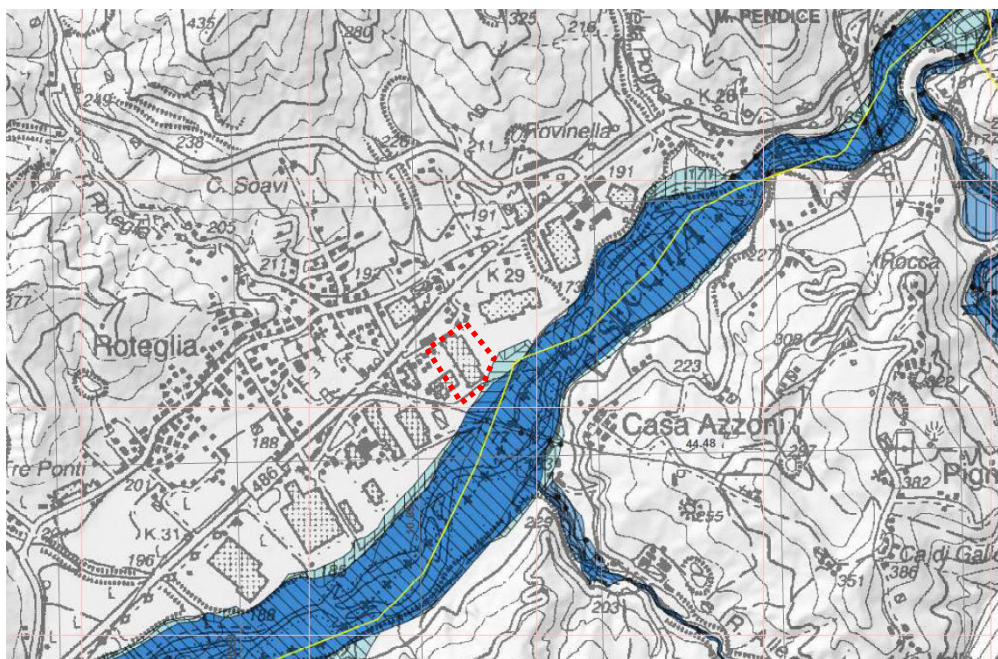


Fig. 2.a Stralcio della cartografia Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Nel corso delle indagini geognostiche eseguite per conto dello scrivente professionista è stata rilevata la falda ad una profondità di circa 6 m.

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

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In considerazione del tipo/rilevanza dell'opera, della complessità geologica e del grado di conoscenza locale, per la definizione della litostratimetria e per la caratterizzazione geotecnica del terreno, in accordo con committenza/progettisti è stata pianificata e realizzata (nei giorni 23-24 gennaio 2018) un'apposita indagine geognostica consistente in:

- N.2 sondaggi a carotaggio continuo (spinti alla profondità di 12-14 m) con esecuzione di prove SPT in foro ;
- N.1 prospezione sismica attiva (di tipo MASW).

In allegato (*Allegati A-B*) vengono riportate le risultanze di tutte le indagini geognostiche eseguite, nonché l'ubicazione delle stesse (*Tavola III*).



Figura 3 – Immagine rappresentativa dell'indagine geognostica svolta in sito

5.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Al fine di individuare con precisione la stratigrafia del terreno di sedime del nuovo intervento in progetto (ampliamento di stabilimento ceramico esistente), sono stati realizzati N.2 sondaggi a carotaggio continuo, spinti alla profondità massima rispettivamente di circa 12-14 m dal p.c. ed ubicati come mostrato nell'allegata *Tavola III*.

Per l'esecuzione di tali indagini è stata impiegata la sonda cingolata MDT V80, dotata delle seguenti caratteristiche tecniche:

- perforatrice montata su carro cingolato ad azionamento oleodinamico;
- sistema di perforazione: rotazione a circolazione diretta, distruzione di nucleo con spurgo ad acqua, fango e aria;
- torre: struttura tipo scatolato;
- capacità massima di tiro e spinta: 40 KN;
- coppia di rotazione massima: 10.000 Nm;
- velocità di rotazione: 627 Rpm.



Figura 4 - 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 (*Allegato A* e Figg. 5-7) in colonna RP.

I risultati dei carotaggi hanno permesso di ricostruire le stratigrafie riportate e descritte in dettaglio sia in *Allegato A* che nei paragrafi successivi.

Beduschi Geotecnicadi Beduschi Giovanni e C S.r.l.
Via Centro Isola 1/d
26046 San Daniele Po (CR)

Committente: COTTO PETRUS	Sondaggio: S.1
Riferimento: ROTEGLIA -MO-	Data: 23-01-2018
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1:75

STRATIGRAFIA - S.1

Pagina 1/1

o mm	R V	A T	Pz	metri lat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel 0-100 %	S.P.T. S.P.T.	N	RQD 0-100 %	prof. m	DESCRIZIONE
				1.										RIPORTO COSTITUITO DA GHIAIA E LIMO SABBIOSO.
				2.										
				3.									2.5	LIMO SABBIOSO MARRONE CON ELEMENTI GHIAIOSI.
				4.					29-36-15		51		2.5	GHIAIA GRIGIA, ETEROMETRICA, ADDENSATA, POLIGENICA, Ø MAX > 10 cm, MATRICE SABBIO LIMOSA (SCARSA 20% CIRCA). ADDENSAMENTO MINORE IN FALDA.
				5.										
				6.					23-19-17		36			
				7.										
				8.										
				9.					15-17-15		32			
				10.										
				11.									10.8	ARGILLA GRIGIO SCURO DEBOLMENTE MARNOSA, DA MOLTO CONSISTENTE A DURA, PRESENTI GRANULI CALCAREI.
				12.					10-17-18		35			
				13.										
101				14.									14.0	

Figura 5 - Ricostruzione stratigrafica sondaggio denominato "S1"

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CASSETTE – SONDAGGIO “S1”



Figura 6 – Particolari fotografici delle cassette catalogatrici relative al sondaggio “S1”

Beduschi Geotecnicadi Beduschi Giovanni e C S.r.l.
Via Centro Isola 1/d
26046 San Daniele Po (CR)

Committente: COTTO PETRUS	Sondaggio: S.2
Riferimento: ROTEGLIA -MO-	Data: 23/24-01-2018
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1:75

STRATIGRAFIA - S.2

Pagina 1/1

o mm	R V	A F	Pz	metri basi	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. 0-100	S.P.T.	N	RQD % 0-100	prof. m	DESCRIZIONE
				1.									1.1	RIPORTO COSTITUITO DA GHIAIA ED ARGILLA LIMOSA.
				2.									1.9	RIPORTO FORMATO DA ARGILLA GRIGIA E RESTI DI LATERIZIO.
				3.						50/12cm			3.0	GHIAIA ETEROMETRICA GRIGIA, MOLTO ADDENSATA, Ø MAX > 10 cm, ARROTONDATA, SCARSA PRESENZA DI MATRICE SABBIO LIMOSA.
				4.									3.3	LIMO SABBIOSO MARRONE SCURO.
				5.						39-31-37	68			GHIAIA ETEROMETRICA, GRIGIA BEN ADDENSATA, Ø MAX > 10 cm, POLIGENICA, SCARSA PRESENZA DI MATRICE SABBIO LIMOSA. DIMINUIZIONE DELL'ADDENSAMENTO IN FALDA.
				6.										
				7.										
				8.										
				9.										
				10.										
				11.									11.0	
101				12.			>5						12.0	ARGILLA GRIGIO SCURO, DEBOLMENTE MARNOSA, DA MOLTO CONSISTENTE A DURA, PRESENTI GRANULI CALCAREI.

Figura 7 - Ricostruzione stratigrafica sondaggio denominato "S2"

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CASSETTE – SONDAGGIO “S2”



Figura 8 – Particolari fotografici delle cassette catalogatrici relative al sondaggio “S2”

5.1.1 PROVE SPT (in foro)

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre eseguite n. 6 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 6 prove SPT in foro:

Sondaggio S1:

- | | | | |
|----|-------------------------|----------------------|---|
| 1. | S1 – Profondità 3.00 m | Colpi (N) = 29-36-15 | $N_{SPT}=51$ (Terreni granulari) |
| 2. | S1 – Profondità 6.00 m | Colpi (N) = 23-19-17 | $N_{SPT}=36$ (Terreni granulari) |
| 3. | S1 – Profondità 9.00 m | Colpi (N) = 15-17-15 | $N_{SPT}=32$ (Terreni granulari) |
| 4. | S1 – Profondità 11.50 m | Colpi (N) = 10-17-18 | $N_{SPT}=35$ (Substrato pliocenico) |

Sondaggio S2:

- | | | | |
|----|------------------------|----------------------|---|
| 1. | S2 – Profondità 2.50 m | Colpi (N) = 50/12cm | $N_{SPT}=rifiuto$ (Terreni granulari) |
| 2. | S2 – Profondità 5.00 m | Colpi (N) = 39-31-37 | $N_{SPT}=68$ (Terreni granulari) |

5.2 INDAGINE SISMICA DI TIPO MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, 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 rigidità 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. SYSMATRACK, 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 n.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:

- N.24 geofoni con spaziatura di 1.0 m (lunghezza tot. stendimento pari a 30 m);
- Passo di campionatura pari a 1000 Hz, con lunghezza delle tracce sismiche 2.048 sec;
- Punto di "shot" a 5 m.

ELABORAZIONE DATI MASW

L'analisi MASW può essere ricondotta a quattro fasi:

- la **prima fase** prevede la trasformazione delle serie temporali (Fig. 9) nel dominio frequenza (f) - numero d'onda (K);

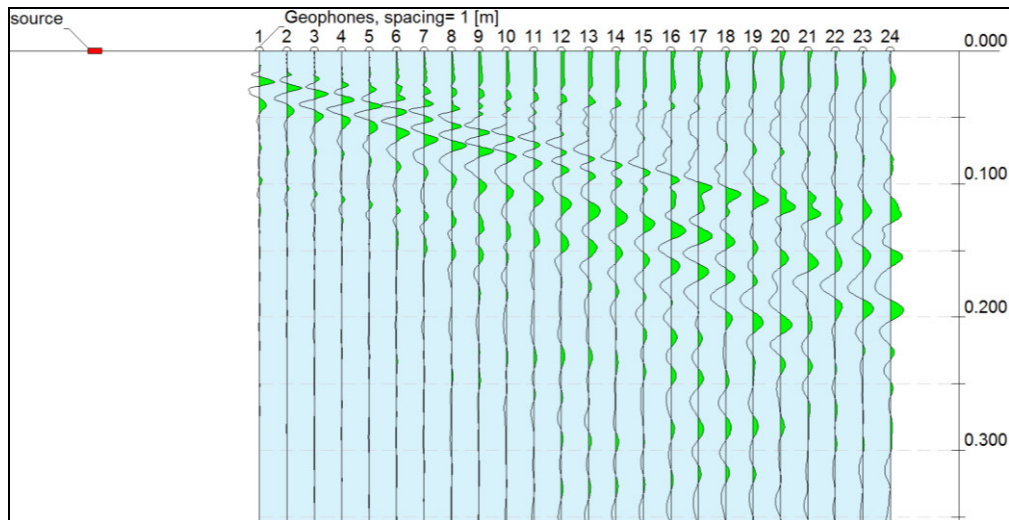


Figura 9 – Sismogramma – Traccia “COTTO PETRUS 001”

- la **seconda fase** consiste nell'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/s)-frequenza (Hz) e lentezza (s/m)-frequenza (Hz) (Fig. 10);

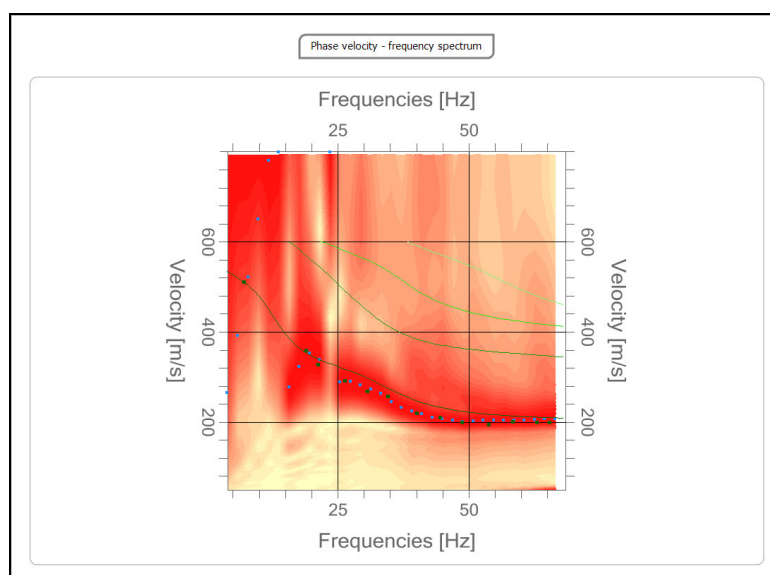


Figura 10 – Spettro velocità di fase-frequenza

- 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. 11);

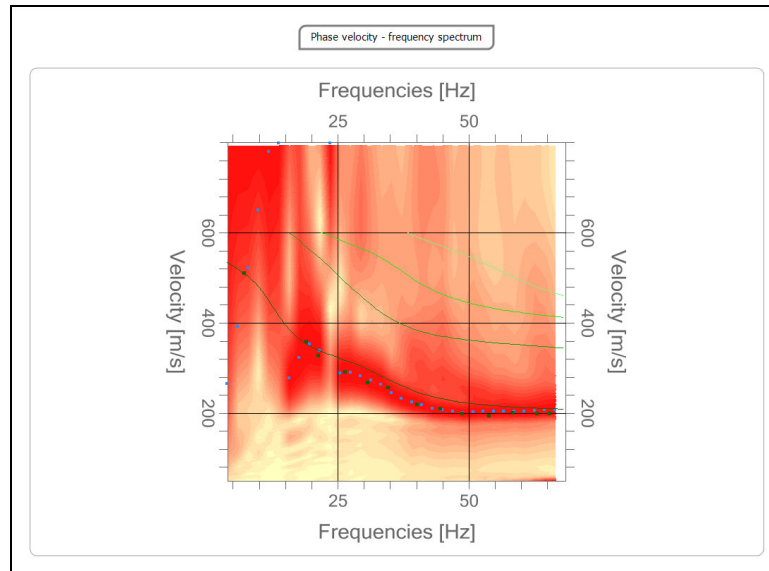


Figura 11 – Densità spettrale normalizzata nei piani Velocità di fase apparente/frequenza e Lentezza/frequenza con individuazione dei massimi, delle curve sperimentali e del picking

- la **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. 12).

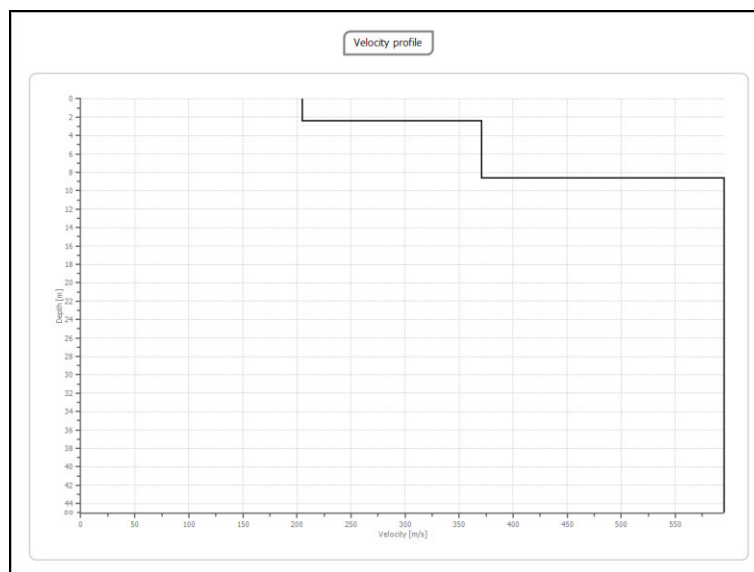


Figura 12 – Profilo di velocità calcolato

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	Profondità		Spessore	Vs
	Da (m)	a (m)	(m)	(m/sec)
Strato1	0.00	2.44	2.44	204
Strato2	2.44	8.67	6.23	370
Strato3	8.67	30.00	21.33	595

Tabella 1 - Definizione dei principali sismo-strati e delle relative velocità delle Vs

In base a quanto sopra, in accordo con la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione come da *All. 2* (cfr. O.P.C.M. n°3274 del 20/03/2003 e par. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008), ai vari strati sismo-stratigrafici individuati è stato associato il valore della velocità Vs direttamente misurato, consentendo di ottenere la Vs30, 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 stato i-esimo, N = n° strati considerati

A questo punto, alla luce dei dati riportati in *Tabella 1* ed in base a quanto previsto dal par. 3.2.2 delle NTC 2008 [*“per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse...”*], si è calcolato il valore di Vs30 sia a partire dal piano campagna (p.c.) ipotizzando il piano di posa fondale a circa -3 m e -4 m da p.c.:

Prospezione MASW: Vs30= 464 m/sec (da p.c. a -30 m)
 Vs30= 534 m/sec (da -3 m a -33 m)
 Vs30= 544 m/sec (da -4 m a -34 m)

Da quanto sopra esposto, si evince che tutti i valori ottenuti corrispondono alla **categoria del suolo di fondazione di tipo B** (*“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs 30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina”*).

BREVI CENNI NORMATIVI

Si ricorda che la normativa vigente definisce l'azione sismica di progetto sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e della categoria sismica del suolo su cui sarà realizzata l'opera. All'interno del territorio nazionale, 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. n°3274 del 2003 e s.m.i.).

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.

Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30 (m/sec)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina)	360-800 ($N_{spt} > 50$) ($C_u > 250$ KPa)
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ KPa nei terreni a grana fina)	180-360 ($15 < N_{spt} < 50$) ($70 < C_u < 250$ KPa)
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70$ KPa nei terreni a grana fina)	<180 ($N_{spt} < 15$) ($C_u < 70$ KPa)
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u30} < 20$ KPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100 ($10 < C_u < 20$ KPa)
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti	

Tabella 2 - Classificazione del tipo di suolo secondo le NTC 2008 - D.M. 14/01/2008 -
Tabelle 3.2.II (categorie di suolo) e 3.2.III (categorie di suolo aggiuntive) mod.

6. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Sulla base delle risultanze derivanti dalle indagini geognostiche effettuate, delle evidenze visive riscontrate durante il sopralluogo e della consultazione/confronto con dati bibliografici e geognostici a disposizione, si riporta di seguito la ricostruzione litostratigrafica del terreno di sedime in oggetto:

INTERV	PROF. (m)	COMPORTAMENTO	LITOTIPO PREVALENTE
A ₀	0.0 – 3.0	-	Terreno di riporto misto a terreno naturale
B	3.3 – 11.0	Granulare	Ghiaie eterometriche grigie da mediamente addensate a ben addensate
C*	2.5 – 3.3	Prev. Coesivo	Limo sabbioso marrone scuro
D	6.2 – 9.6	Coesivo	Substrato – Argille Plioceniche

Per ogni intervallo considerato sono stati inoltre ricavati i principali parametri geotecnici del terreno; questi ultimi sono da intendersi come una stima indicativa e cautelativa utile ai fini della definizione del modello geotecnico:

Strato	Peso di volume naturale	Coesione (non drenata)		Angolo d'attrito (cond.drenate)		Modulo Edometrico		Modulo elastico	
	γ	C_u		ϕ'		E		M	
	Min – Max	Min	Max	Min	Max	Min	max	Min	max
	kN/m ³	Kg/cm ²		Deg		Mpa		Mpa	
A ₀	-	-	-	-		-	-	-	-
B	18 – 18.5	-	-	35	38	60	80	70	90
C	18.5-19	0.4	0.5	-	-	3	5	5	10
D	18.5-19	2.0	3.0	24	26	15	30	60	80

Durante l'indagine è stata rilevata la falda ad una profondità di circa 6 m dal piano campagna. Tale evidenza è stata riscontrata in tutte e 2 le verticali di prova.

** lo strato C rappresenta la sottile copertura fine di origine naturale, sovrastante le ghiaie eterometriche. Nel sondaggio S1 tale strato si rinviene al di sotto del terreno di riporto mentre nel secondo sondaggio S2 è interposto da ghiaie naturali (si veda nel dettaglio le stratigrafie in allegato e sezione geologico-tecnica interpretativa)*

7. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

Secondo la *classificazione sismica* dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del P.C.M. n°3274/2003 (Allegato 1, punto 3 “prima applicazione”) il comune di Castellarano è stato classificato in zona 2, area a “media sismicità” (vedi Fig.13).

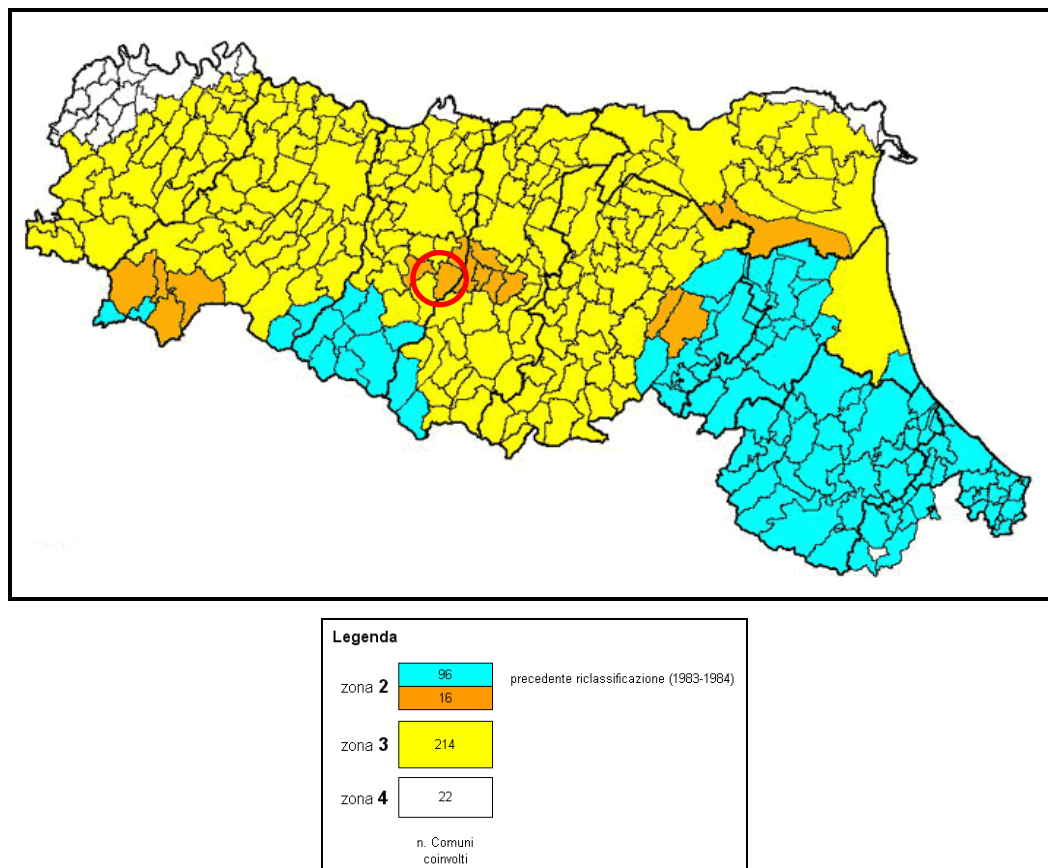


Figura 13 - Riclassificazione sismica dell'Emilia Romagna. In rosso l'area di studio.

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 vigente normativa antisismica, D.M. 14/01/2008 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: Lat. 44.484699 N – Long. 10.691746 E

Coordinate ED50: Lat. 44.485644 N – Long. 10.692754 E

Relazione geologico-sismica	Progetto di ampliamento di stabilimento ceramico sito in loc. Roteglia di Castellarano (RE)
-----------------------------	--

Sulla base delle ipotesi seguenti, sono stati ricavati i parametri e coefficienti sismici sotto riportati.

VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale V_n	50 [Anni]	Classe d'uso	II
Coefficiente C_u	1	Vita di riferimento	$V_r = V_n \times C_u = 50$ [Anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO

Topografia	T1
Coeff. Topografico S_T	1,0
Categoria suolo	B

Parametri sismici

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.054	2.491	0.250
Danno (SLD)	50	0.067	2.494	0.263
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.159	2.470	0.288
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.200	2.479	0.296
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti Sismici

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0.013	0.016	0.046	0.058
k_v	0.006	0.008	0.023	0.029
A_{max} [m/s ²]	0.633	0.786	1.873	2.352
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

NB: parametri e coefficienti sismici sono stati ricavati mediante il software gratuito GeoStru

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

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

- Il **litotipo fondazionale** – inteso come il terreno sottostante il riporto di piazzale - è costituito da terreno mediamente addensato di natura granulare (**ghiaie prevalenti**).
- È possibile assegnare al sito indagato la **categoria topografica T1** definita dalle NTC2008 “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore od uguale ai 15°”.
- In base all'O.P.C.M. n°3274/2003, il comune di Castellarano (RE) viene classificato in **zona sismica 2** (a “media sismicità”).
- La **categoria di sottosuolo**, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, corrisponde al **tipo B** ($V_{s30}=464-544$ m/sec).
- Il livello della falda, misurato nelle verticali di prova, si attesta ad una profondità di circa -6.0 m dal p.c. naturale.
- La realizzazione dell'intervento in progetto risulta compatibile con le caratteristiche geologico-geomorfologiche del sito di sedime, il quale non è attualmente interessato da fenomeni di dissesto profondi e/o superficiali né di tipo erosivo evolutivo.

Parma, 07/02/2018

Il Geologo
Dott. Paolo Paolini



ALLEGATI e TAVOLE

RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA

a supporto del progetto di ampliamento di stabilimento ceramico

Committente:

Ceramica COTTO PETRUS S.R.L.

Cantiere:

Via Molino Roteglia, 4

42014 - loc. Roteglia di Castellarano (RE)

00	07/02/2017	Relazione geologico-sismica	Geol. P. Paolini	-
REV.	DATA	Descrizione	Redazione	Approvazione

di Beduschi Giovanni e C S.r.l.

Via Centro Isola 1/d

26046 San Daniele Po (CR)

Committente: COTTO PETRUS	Sondaggio: S.1
Riferimento: ROTEGLIA -MO-	Data: 23-01-2018
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

STRATIGRAFIA - S.1

Pagina 1/1

[illegible]

Beduschi Geotecnica

di Beduschi Giovanni e C S.r.l.
Via Centro Isola 1/d
26046 San Daniele Po (CR)

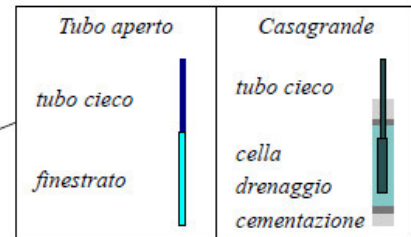
Committente: COTTO PETRUS	Sondaggio: S.2
Riferimento: ROTEGLIA -MO-	Data: 23/24-01-2018
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1:75				STRATIGRAFIA - S.2										Pagina 1/1	
o mm	R V	A F	Pz	metri basi	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prei % 0-100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE	
				1.									1.1	RIPORTO COSTITUITO DA GHIAIA ED ARGILLA LIMOSA.	
				2.									1.9	RIPORTO FORMATO DA ARGILLA GRIGIA E RESTI DI LATERIZIO.	
				3.						50/12cm	R1		3.0	GHIAIA ETEROMETRICA GRIGIA, MOLTO ADDENSATA, Ø MAX > 10 cm, ARROTONDATA, SCARSA PRESENZA DI MATRICE SABBIO LIMOSA.	
				4.									3.3	LIMO SABBIOSO MARRONE SCURO.	
				5.						39-31-37	68			GHIAIA ETEROMETRICA, GRIGIA BEN ADDENSATA, Ø MAX > 10 cm, POLIGENICA, SCARSA PRESENZA DI MATRICE SABBIO LIMOSA.	
				6.										DIMINUZIONE DELL'ADDENSAMENTO IN FALDA.	
				7.											
				8.											
				9.											
				10.											
				11.									11.0		
101				12.			>5						12.0	ARGILLA GRIGIO SCURO, DEBOLMENTE MARNOSA, DA MOLTO CONSISTENTE A DURA, PRESENTI GRANULI CALCAREI.	

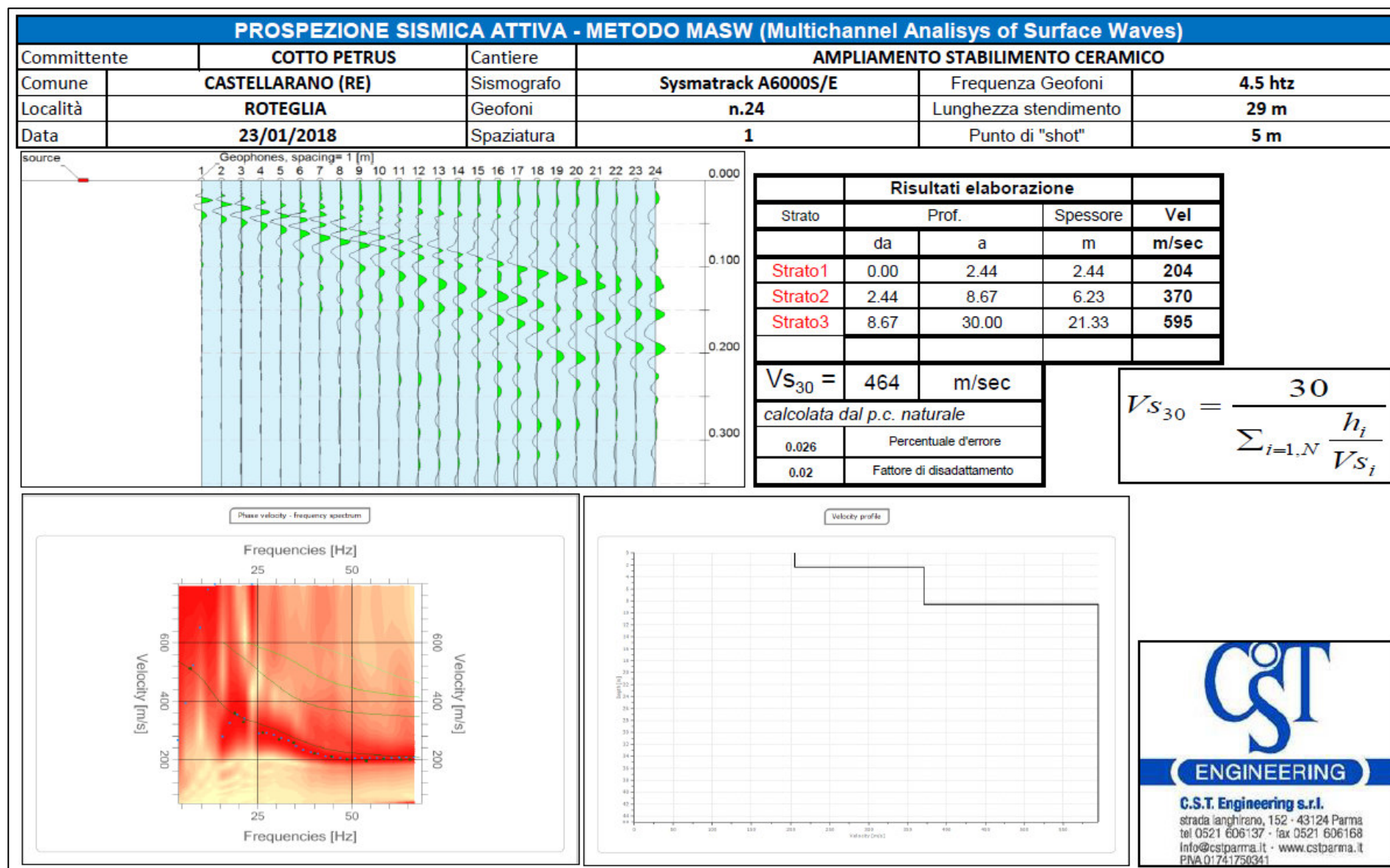
LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	R v	A r s	Pz	metri bar.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	SPT S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof m	DESCRIZIONE
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



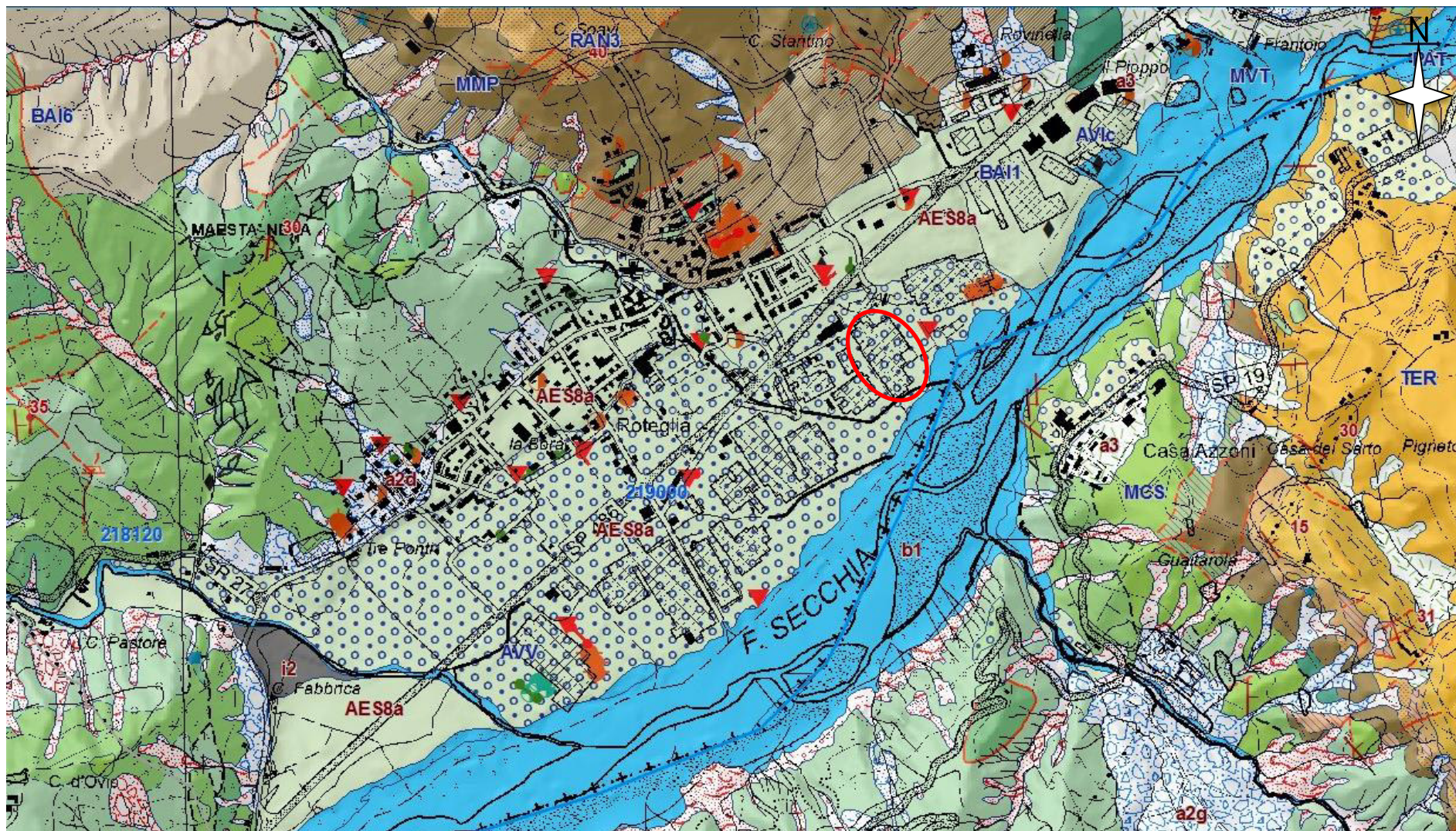
She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT





ESTRATTO GOOGLE EARTH (NON IN SCALA)

TAVOLA II – Cartografia geologica: Sezione n°2 I 9090



(SCALA MODIFICATA RISPETTO ALL'ORIGINALE)

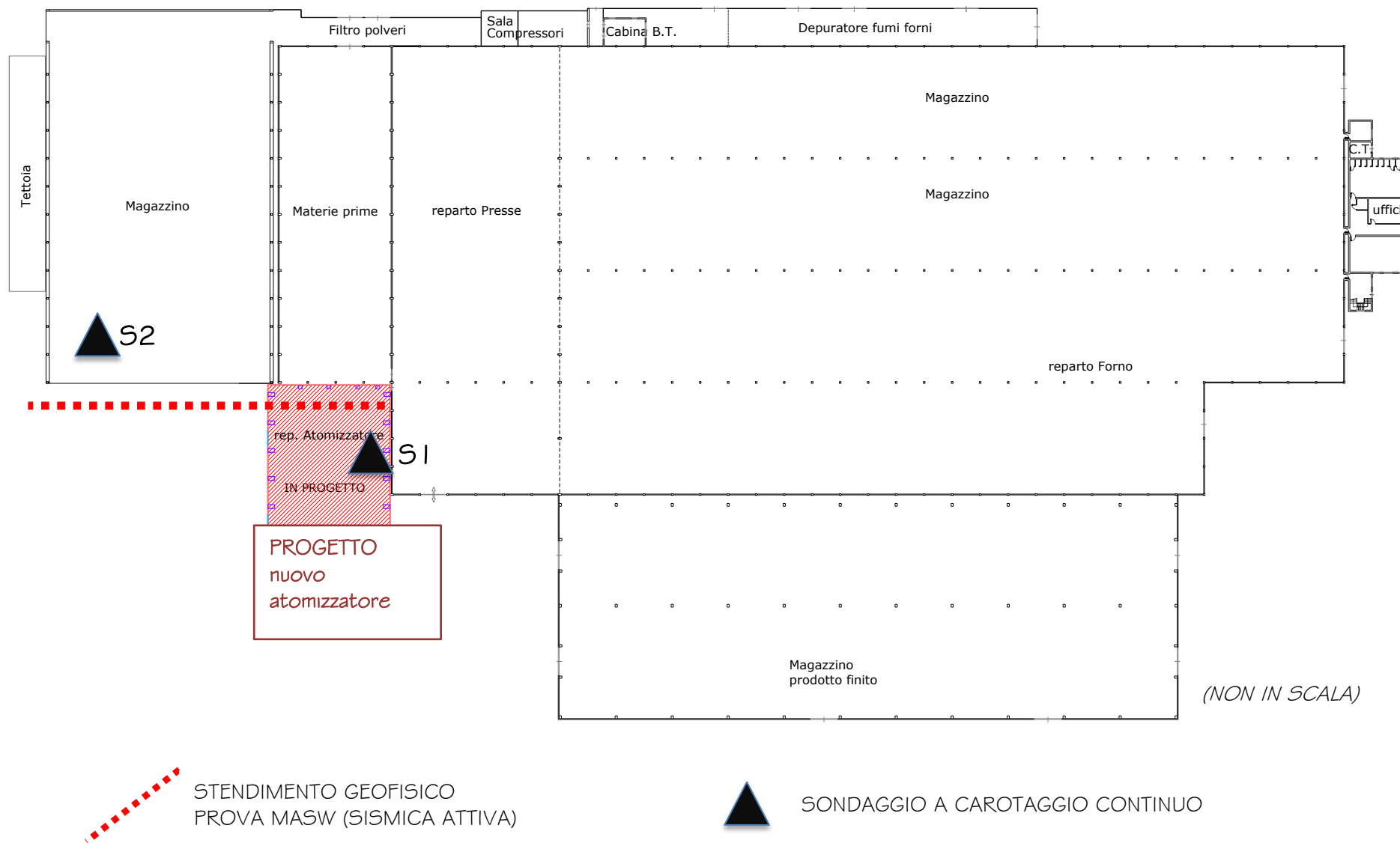


Unità di Modena



Area di studio

TAVOLA III – Ubicazione delle indagini geognostiche





STENDIMENTO PROVA MASW



SVOLGIMENTO SONDAGGIO S1



CASSETTE SONDAGGIO S1 (0-5 m)



CASSETTE SONDAGGIO S1 (5-10 m)



CASSETTE SONDAGGIO S1 (10-14 m)



SVOLGIMENTO SONDAGGIO S2



CASSETTE SONDAGGIO S2 (0-5 m)

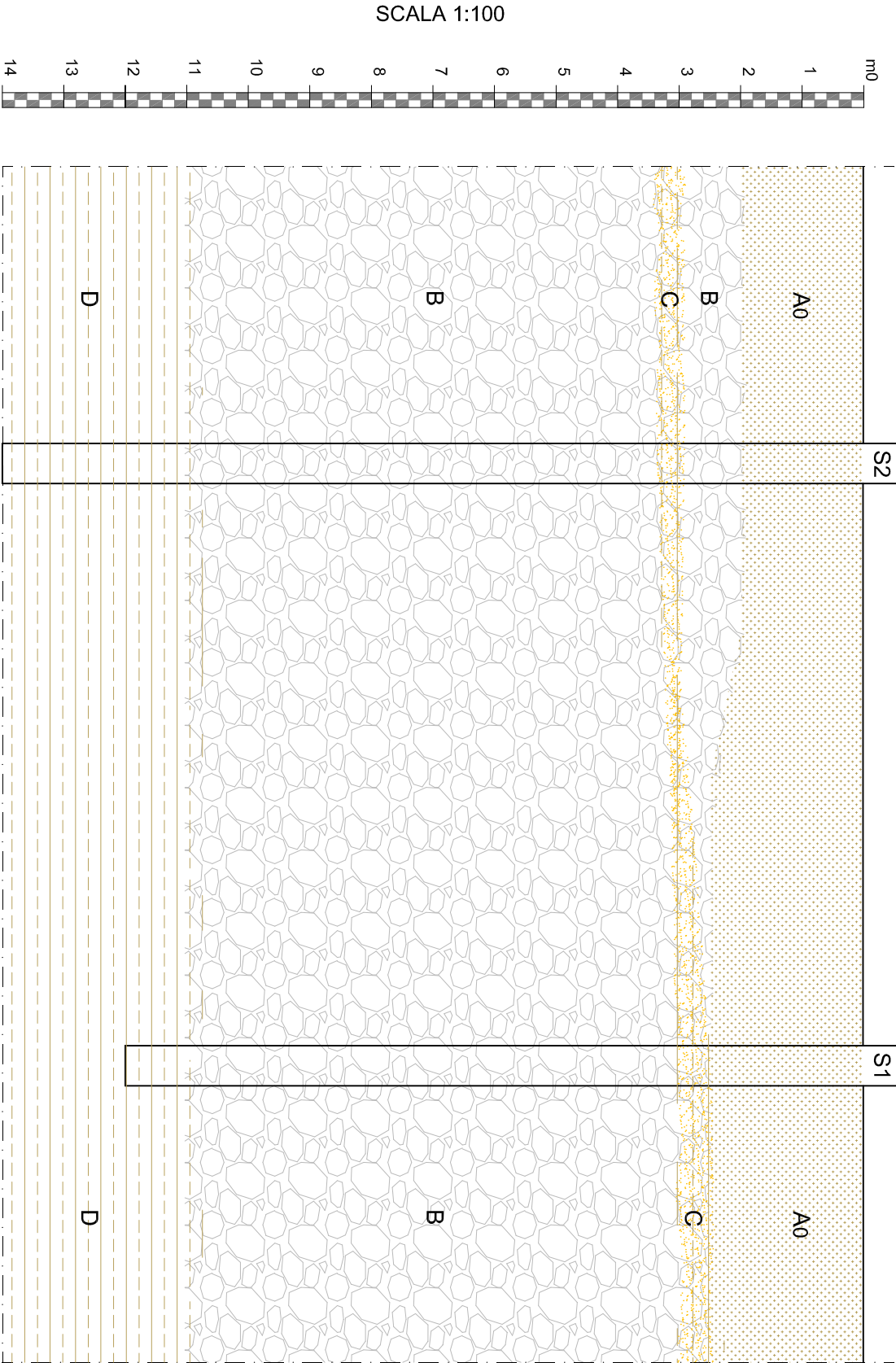


CASSETTE SONDAGGIO S2 (5-10 m)



CASSETTE SONDAGGIO S2 (10-12 m)

SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA INTERPRETATIVA



LEGENDA:

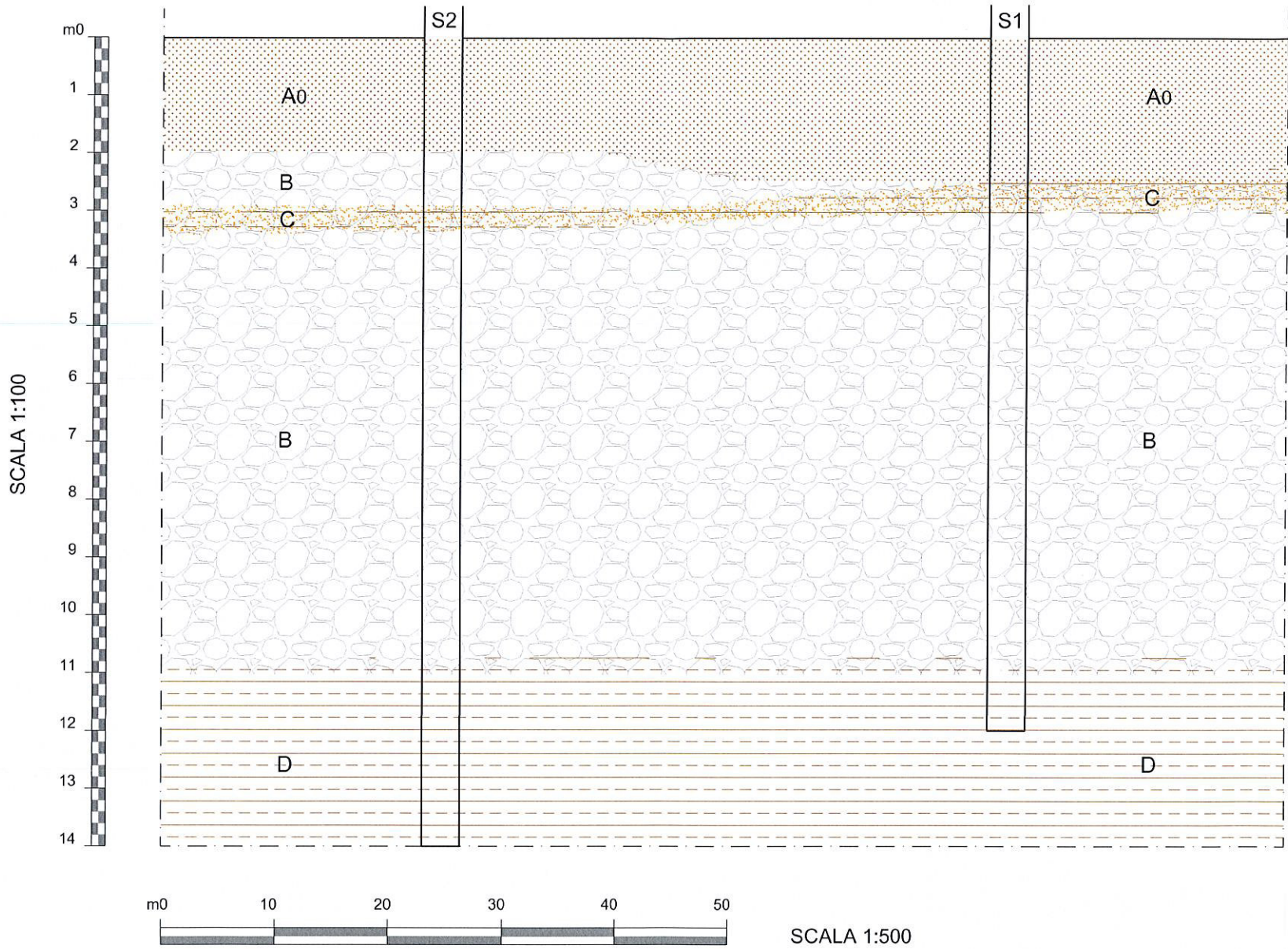
A0 Terreno di riporto

B Ghiaia poligenica

C Limo sabbioso marrone

D Argilla pliocenica

SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA INTERPRETATIVA



LEGENDA:

- | | | | | | | | |
|----|--------------------|---|-------------------|---|-----------------------|---|--------------------|
| A0 | Terreno di riporto | B | Ghiaia poligenica | C | Limo sabbioso marrone | D | Argilla pliocenica |
|----|--------------------|---|-------------------|---|-----------------------|---|--------------------|

