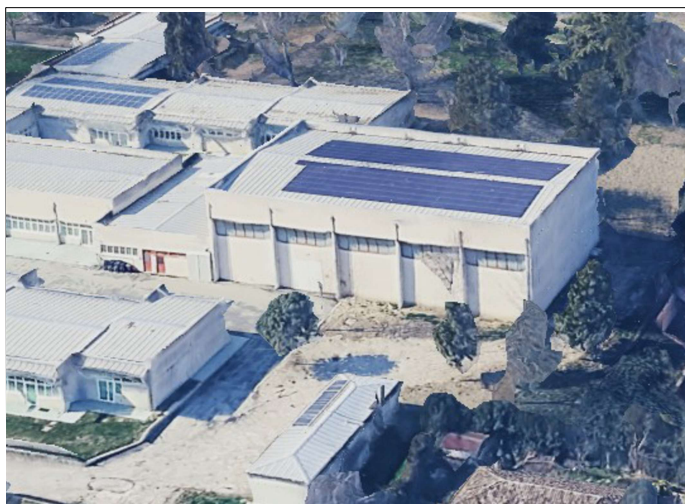




COMUNE DI PARMA  
SETTORE OPERE PUBBLICHE



responsabile unico di progetto  
**ing. MARCO FERRARI**

Parma Infrastrutture S.p.a.

progetto architettonico e strutturale  
**Ing. GIUSEPPE STEFANINI**

**ERGON TECNICA ENGINEERING srl**

progetto impianti  
**COSTEL PROGETTAZIONI**

Via G.P. Sardi 24/A - Alberi - 43124 Parma

coordinamento della sicurezza in progettazione  
**arch. CORRADO SIGNORINI**

Parma Infrastrutture S.p.a.

# Scuola Rodari - Adeguamento normativo Palestra e Spogliatoi

## PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

titolo elaborato:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

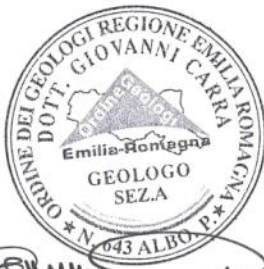
TAVOLA:

| serie    | numero    |
|----------|-----------|
| <b>G</b> | <b>08</b> |
| formato  |           |
| scala    |           |
| file:    |           |



Comune di Parma

**DEFINIZIONE DEL PROGRAMMA DI INDAGINE  
GEOGNOSTICA, ASSISTENZA ALLA DL E  
STESURA DI RELAZIONI GEOLOGICHE,  
IDROGEOLOGICHE E SISMICHE PER LA  
VERIFICA SISMICA DI EDIFICI SCOLASTICI E PER  
LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA  
DI SCATOLARI STRADALI**



**SCUOLA RODARI**

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

approvato

verificato

elaborato

Dott. Geol. Giovanni Carra

|      |  |       |  |               |
|------|--|-------|--|---------------|
|      |  |       |  |               |
|      |  |       |  |               |
|      |  |       |  | Febbraio 2018 |
| rev. |  | sigle |  | data          |

codice elaborato 0738-01-01-006R-00

## Indice

|         |                                                                           |    |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1       | Premessa .....                                                            | 1  |
| 2       | Inquadramento territoriale .....                                          | 2  |
| 1       | Schema Geologico .....                                                    | 3  |
| 2.1     | Inquadramento geologico strutturale .....                                 | 3  |
| 1.1     | Caratteristiche stratigrafiche e geologiche generali .....                | 4  |
| 1.2     | Stratigrafia del settore di pianura .....                                 | 5  |
| 1.2.1.  | Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) .....                          | 5  |
| 1.2.2.  | Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) .....                          | 5  |
| 1.2.2.1 | Subsintema di Ravenna (AES8) .....                                        | 6  |
| 1.3     | Successione stratigrafica locale e caratteri delle unità geologiche ..... | 7  |
| 3       | Caratteristiche idrogeologiche della pianura emiliano romagnola .....     | 9  |
| 3.1     | Caratteristiche idrogeologiche e freatiche dell'area di studio .....      | 12 |
| 4       | Sismicità .....                                                           | 14 |
| 4.1     | Sismicità storica e recente dell'area .....                               | 14 |
| 4.2     | Sorgenti sismogenetiche .....                                             | 20 |
| 4.3     | Zonazione Sismogenetica .....                                             | 21 |
| 4.4     | Azione sismica .....                                                      | 23 |
| 4.4.1.  | Spettro di risposta elastico .....                                        | 26 |
| 5       | Indagini geognostiche .....                                               | 28 |
| 5.1     | Sondaggio a carotaggio continuo .....                                     | 28 |
| 5.2     | Rilievo MASW per il calcolo della Vs30 .....                              | 29 |
| 5.3     | Elaborazione dei dati .....                                               | 30 |
| 6       | Modello geologico locale .....                                            | 32 |
| 6.1     | Parametri geotecnici dei terreni .....                                    | 33 |

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE DATI PENETROMETRICI

ALLEGATO 2 – SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

ALLEGATO 3 – PROVA MASW

ALLEGATO 4 – TAVOLE

## 1 Premessa

La presente relazione geologica, idrogeologica e sismica è stata redatta su incarico di PARMA INFRASTRUTTURE S.p.a come servizio di progettazione geologica di supporto alle attività di verifica strutturale antisismica degli edifici scolastici.

I dati di riferimento sono costituiti dai risultati della campagna di indagine commissionata da PARMA INFRASTRUTTURE ai fini del presente studio, dai risultati delle indagini pregresse disponibili e dalle informazioni riportate negli studi di supporto al Piano Strutturale Comunale del Comune di Parma. Particolare rilevanza ai fini dell'interpretazione dell'assetto geologico e idrogeologico dell'area hanno avuto le "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – alla scala 1:50.000 – Foglio 199 Parma Sud" – ISPRA – Servizio Geologico d'Italia, 2009, i database della Regione Emilia-Romagna (Servizio geologico, sismico e dei suoli) e di ISPRA, la Relazione Generale (Quadro conoscitivo – Capitolo I) del Piano di Tutela delle Acque (PTA, adottato con Del. C.R. 633 del 22/12/2004 ed approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa n.40 del 21/12/2005), il rapporto "Le caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia Romagna - Report 2003" della Regione Emilia Romagna ed ARPA e successivi report (2010-2012 e 2013). Tra gli studi consultati si cita anche "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna", pubblicato in collaborazione ad ENI-AGIP nel 1998, sui risultati del quale sono basati gran parte dei lavori successivi.

Il contenuto degli elaborati oggetto dei servizi è quanto ritenuto necessario a per descrivere l'assetto geologico-geomorfologico generale e di dettaglio, l'assetto idrogeologico e gli aspetti sismici dell'area (inquadramento sismotettonico, sismicità storica e pericolosità sismica).

Lo studio è stato condotto in osservanza alla normativa vigente in materia ed in particolare:

- Decreto Ministeriale 14/01/2008 – Testo Unitario – Norme tecniche per le costruzioni (G.U. del 04.02.2008);
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Circolare n°617 del 02/02/2009 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008 (G.U. n. 47 del 26/02/2009 – S.O. n°27);
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Allegato al voto n°36 del 27/07/2007 – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;
- Delibera dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n°112 del 02/05/2007 - Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". (Proposta della Giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n°1);
- L.R. Regione E.R. n°19 del 30/10/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico";
- L.R. Regione E.R. n°20 del 24/03/2000 inerente la "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio".
- DGR n. del 2193 del 21 dicembre 2015 "Aggiornamento degli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (MS) per la pianificazione urbanistica, atto d'indirizzo ai sensi dell'art. 16 della LR 20/2000 (deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2 maggio 2007).

## 2 Inquadramento territoriale

L'edificio scolastico oggetto di indagine è la Scuola Rodari, ubicata in via Ognibene 25/a in Parma(Fig. 1).



**Fig. 1** Ubicazione dell'area di intervento su mappa OpenStreetMap. Il cerchio rosso indica la posizione dell'edificio in esame.

# 1 Schema Geologico

## 2.1 Inquadramento geologico strutturale

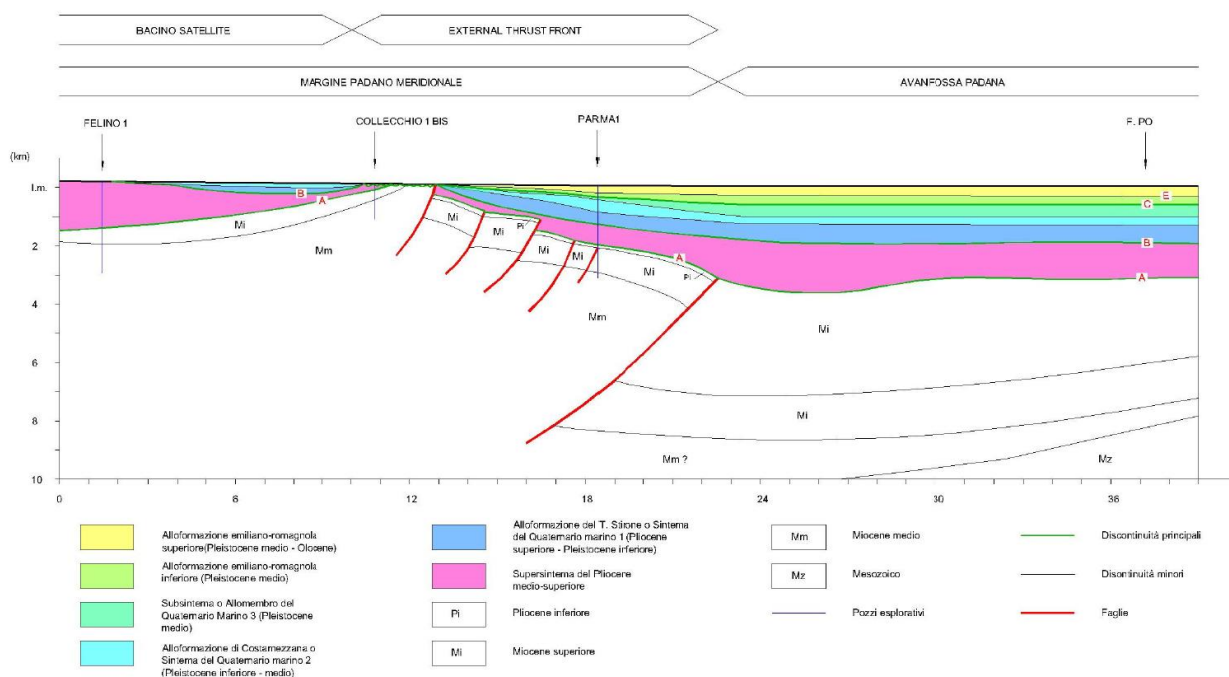
L'area di intervento ricade nel margine meridionale del Bacino Sedimentario Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini e colmata da un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (PIERI & GROPPi, 1982).

Nell'area più prossima alla catena, nel settore di SW, sono presenti soltanto le unità tettoniche più esterne semi-alloctone del dominio Umbro-marchigiano-romagnolo, sulle quali sono sovrascorse le unità liguri, più interne.

Queste unità sono anche le più profonde, sepolte dal ricoprimento tettonico delle falde liguri, ed affiorano perchè sollevate dalla struttura di Salsomaggiore.

In particolare, questa struttura mostra in affioramento un asse a direzione NWSE, con graduale immersione verso SE. Nelle aree di pianura sono noti, grazie soprattutto ai profili sismici dell'AGIP, due archi di accavallamenti, in gran parte sepolti, sviluppati con orientamento NW-SE. Si tratta di gruppi di strutture anticlinaliche, associate a piani di scollamento ed accavallamento (thrusts) immergenti generalmente verso SW con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinclinaliche fortemente subsidenti. Il primo arco è impostato in corrispondenza dell'attuale margine morfologico dell'Appennino, il secondo, più a settentrione, si estende dall'Appennino vogherese fino a Reggio Emilia sull'allineamento Cremona - Parma. L'arco di accavallamenti più meridionale è conosciuto nella letteratura geologica (PIERI & GROPPi, 1982; BERNINI & PAPANI, 1987) con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Pedeappenninico" (Pedeapenninic Thrust Front, PTF); il secondo, più settentrionale, è conosciuto con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Esterno" (External Thrust Front, ETF) costituisce l'arco di accavallamenti sepolti attualmente attivi nel Bacino Padano, come dimostrano i recenti terremoti.



**Fig. 2 Sezione geologico-strutturale della pianura parmense (Pieri e Groppi, 1981, modificato)**

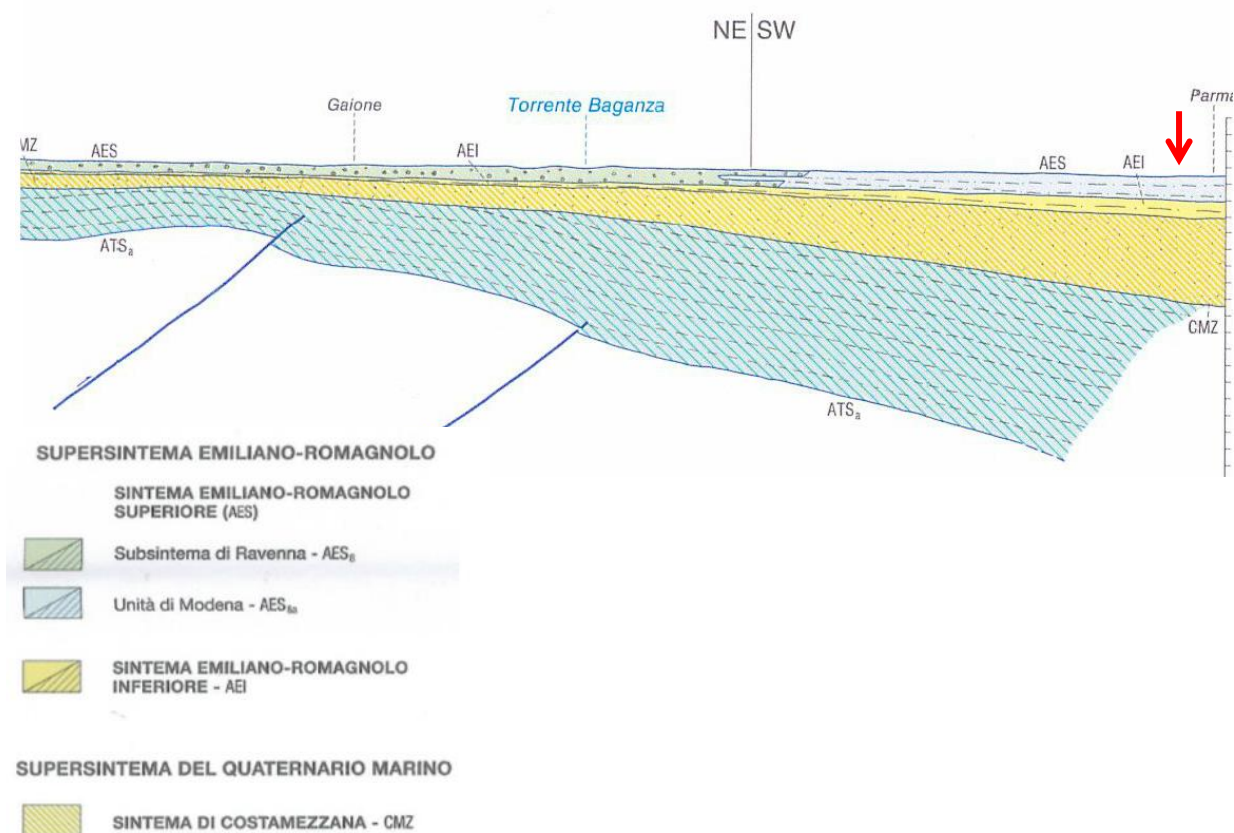
## 1.1 Caratteristiche stratigrafiche e geologiche generali

Per l'inquadramento geologico generale e la caratterizzazione geologica del sito di intervento, si è fatto riferimento alle "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – alla scala 1:50.000 – Foglio 199 Parma Sud" – ISPRA – Servizio Geologico d'Italia, 2009 (Progetto CARG) ed alla relativa cartografia geologica. Oltre alla revisione dei dati CARG di ISPRA, per l'analisi sito specifica dell'area d'intervento sono stati inoltre analizzati i dati geognostici rilevati ai fini delle verifiche e quelli presenti nella banca dati della Regione Emilia Romagna (pozzi e indagini geotecniche).

L'evoluzione sedimentaria plio-quadernaria del bacino padano registra una generale tendenza "regressiva", identificata al margine appenninico da Ricci Lucchi et alii (1982), da depositi marini di ambiente progressivamente meno profondo fino a depositi continentali. Il riconoscimento di una chiara superficie di inconformità di significato regionale da parte di questi autori ha consentito il primo inquadramento stratigrafico di tipo sequenziale della successione quadernaria affiorante al margine appenninico, portando alla identificazione di due cicli sedimentari principali, uno marino (Qm) e uno continentale (Qc). La superficie di discontinuità che separa i cicli Qm e Qc è stata successivamente identificata da Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998) anche nel sottosuolo della Pianura Padana in corrispondenza del limite tra il Supersistema del Quaternario Marino (corrispondente al ciclo Qm di Ricci Lucchi et alii, 1982) e il sovrastante Supersistema Emiliano-Romagnolo (equivalente del ciclo Qc).

Al di sotto dei depositi quadernari continentali, si trovano i depositi marini del Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore e dell'unità di Costamezzana.

La seguente Fig. 3 descrive l'assetto stratigrafico dell'area di intervento.



**Fig. 3** Stralcio sezione della Carta Geologica 1:50.000 FOGLIO 199 Parma sud (ISPRA) – La freccia indica con approssimazione la posizione dell'area di intervento

## **1.2 Stratigrafia del settore di pianura**

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti al margine appenninico padano e dei sedimenti ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. Questi ultimi comprendono depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini, organizzati in successioni cicliche di vario ordine gerarchico. In affioramento, al margine appenninico padano, il Supersistema Emiliano-Romagnolo coincide con il ciclo Qc di Ricci Lucchi et alii (1982) e presenta un limite inferiore inconforme, evidenziato da una discordanza angolare sui depositi litorali delle Sabbie di Imola o su quelli marini pliocenici di età più antica.

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo comprende due sistemi distinti (Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES), correlati con i depositi coevi di sottosuolo. Nell'area di intervento affiorano solo i depositi di AES mentre i depositi di AEI sono stati individuati unicamente nel sottosuolo della pianura.

L'architettura deposizionale del Supersistema Emiliano-Romagnolo nell'area in studio è illustrata nelle sezioni geologiche contenute nelle Note illustrative del Foglio 199 della Carta geologica d'Italia.

Nell'insieme, la geometria dell'unità è marcatamente cuneiforme, con spessori variabili da poche decine di metri nei pressi del margine pedecollinare sino a circa 330 metri nella zona depocentrale. L'età del Supersistema è attribuibile al Pleistocene medio - Olocene (~700.000 anni B.P. - Attuale).

### **1.2.1. Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI)**

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore costituisce la porzione più antica, non affiorante, del Supersistema Emiliano-Romagnolo. AEI è costituita prevalentemente dall'alternanza di limi/argille e sabbie, con una quantità estremamente subordinata di ghiaie. L'ambiente deposizionale è di piana alluvionale con abbondante sviluppo d'aree topograficamente depresse di tipo palustre, colmate in seguito ad episodi di rotta fluviale.

Lo spessore di AEI diminuisce rapidamente verso il margine della pianura, a causa di fenomeni erosivi precedenti la messa in posto di AES e il sistema non è mai affiorante al margine appenninico.

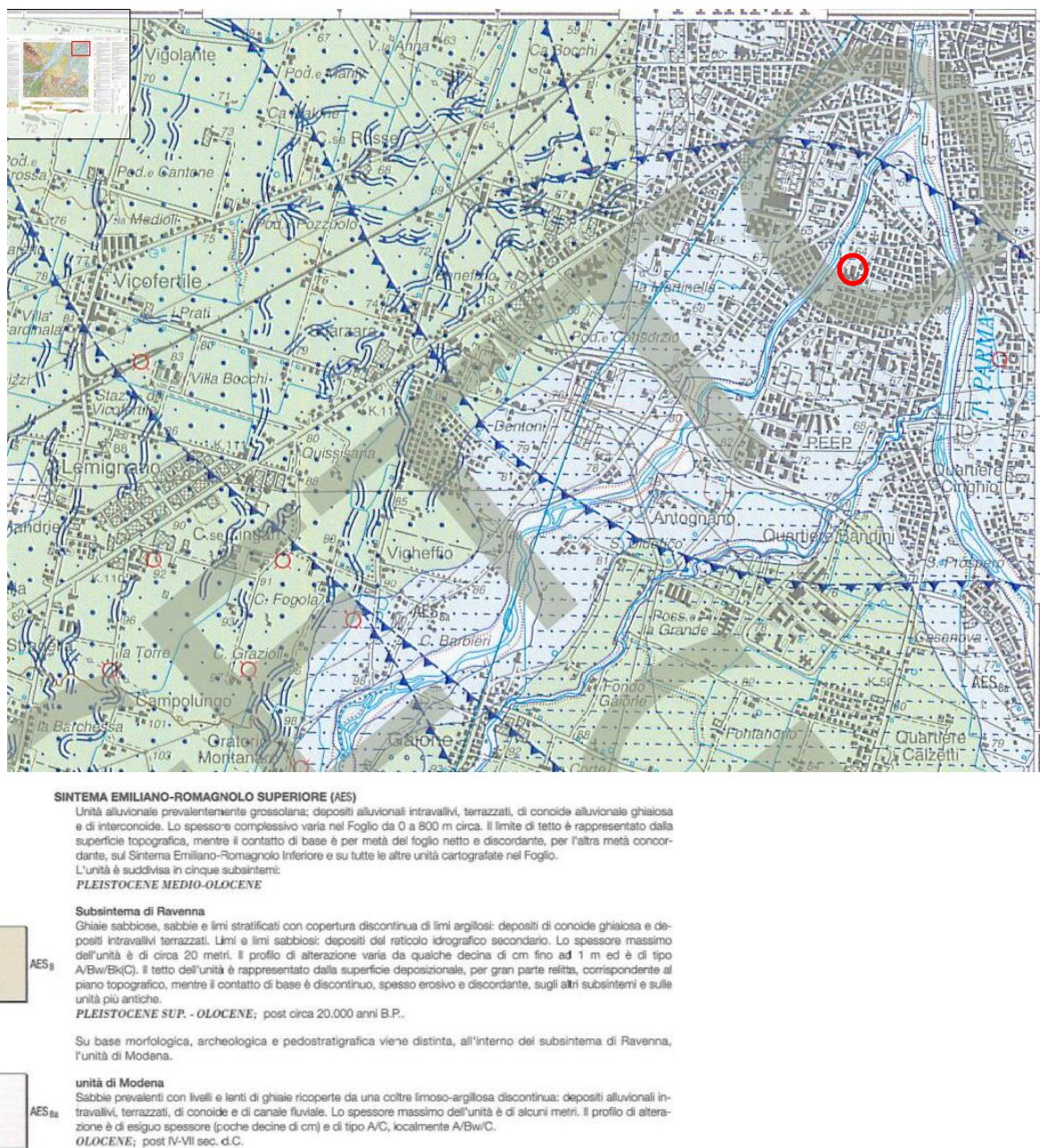
### **1.2.2. Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)**

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) costituisce la porzione più recente del Supersistema Emiliano-Romagnolo e comprende i depositi continentali affioranti nell'area in studio. Nelle porzioni intravallive e di margine appenninico, l'unità è costituita da depositi terrazzati di piana alluvionale intravalliva che appoggiano in discordanza su depositi marini più antichi e localmente su AEI. Si tratta di ghiaie e sabbie di canale fluviale passanti ad alternanze di argille, limi e sabbie di piana inondabile variamente pedogenizzati.

Il rilevamento geologico effettuato nell'ambito del progetto CARG ha permesso di suddividere AES in alcune unità stratigrafiche di rango inferiore (subsistemi), riconosciute nelle porzioni intravallive e lungo il margine appenninico emilianoromagnolo. I singoli subsistemi, correlabili su più aste fluviali, corrispondono a singoli terrazzi alluvionali o a insiemi di terrazzi alluvionali attribuibili a più ordini. Dei diversi subsistemi che compongono AES, AES4, AES5, AES6 e AES7 affiorano unicamente nel settore intravallivo e allo sbocco dei torrenti appenninici in pianura, mentre AES8 affiora in tutta l'area di pianura (area d'intervento).

AES è caratterizzata al suo interno dall'alternanza ciclica, su spessori dell'ordine di 20-40 m, di pacchi di materiale fine (limi e argille, frequentemente torbose, e subordinate sabbie di piana inondabile) con depositi in cui la componente grossolana (definita principalmente da ghiaie di canale fluviale) è prevalente o comunque abbondante. Lo spessore dei corpi grossolani diminuisce in modo evidente sottocorrente, muovendosi da SW verso NE. Il caratteristico pattern radiale delle paleocorrenti e l'apertura a ventaglio in pianta dei corpi grossolani a partire dalla terminazione in pianura delle valli intramontane consente l'attribuzione della parte alta dei cicli a sistemi coalescenti di conoidi alluvionali dominate da processi fluviali (Amorosi et alii, 1997).

L'area di intervento è caratterizzata dall'affioramento di due dei Subsistemi sommitali del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) ovvero dal Subsistema di Ravenna (AES8) e dall'Unità di Modena (AES8a). Lo stralcio della carta geologica riportato nella seguente Fig. 4 evidenzia i rapporti tra le due unità a scala locale.



**Fig. 4** Stralcio fuori scala del Foglio 199 "Parma Sud" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Ispra 2009)

#### 1.2.2.1 Subsistema di Ravenna (AES8)

Il Subsistema di Ravenna (AES8) è l'elemento sommitale del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore. Nei settori intravallivi e allo sbocco delle valli appenniniche il Subsistema di Ravenna è costituito da depositi di terrazzo alluvionale. I depositi di terrazzo sono generalmente costituiti da circa due metri di ghiaie, sovrastati da una copertura limoso-sabbiosa il cui profilo di alterazione pedogenetica può raggiungere circa un metro di spessore. In posizione più distale rispetto allo sbocco delle valli appenniniche, AES8 affiora estesamente e la sua parte sommitale è costituita da depositi sabbioso-limosi, organizzati in corpi sedimentari di spessore plurimetrico a geometria prevalentemente nastriforme. Questi fanno transizione laterale a sedimenti prevalentemente argillosi e

subordinatamente limosi e sabbiosi di piana inondabile (bacino interfluviale). I corpi ghiaiosi sono rari. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. Nell'area in esame il subsistema di Ravenna si differenzia in Unità Idice comprendente i terreni più distanti dai corsi d'acqua attuali e l'Unità di Modena

#### Unità di Modena

Al tetto di AES8 è costituita da sabbie, limi e argille (con ghiaie molto subordinate) di pianura alluvionale; trattandosi di depositi molto recenti è caratteristica la preservazione delle morfologie deposizionali originarie. Il limite inferiore, datato al periodo post-romano, è definito al margine appenninico da una scarpata di terrazzo fluviale. In pianura corrisponde alla superficie di appoggio di depositi alluvionali al di sopra del suolo sviluppatosi in epoca romana. Il limite superiore dell'unità coincide col piano topografico ed è caratterizzato da un suolo calcareo con fronte di alterazione inferiore al metro e colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Lo spessore massimo dell'unità è di 8-10 metri nel sottosuolo della pianura. Età: post-romana (IV-VI sec. d.C.-Attuale), definita su base archeologica.

#### Unità Idice

L'unità Idice appartiene al sistema deposizionale della pianura pedemontana ad alimentazione appenninica ed è sedimentata nell'intervallo temporale compreso tra i 20 - 18.000 e i 1.500 anni fa.

Affiora estesamente nel territorio del Comune di Parma, da Sud a Nord fin oltre la Via Emilia, ed è caratterizzata da superfici pianeggianti, incise da numerosi canali minori che scorrono per lo più all'interno di alvei regolarizzati secondo percorsi rettilinei.

Tali superfici sono discretamente sopraelevate rispetto all'alveo dei fiumi attuali e dei terrazzi più recenti e presentano deboli ondulazioni legate alla rimozione ed al trasporto dei materiali alluvionali, mobilizzati dai corsi d'acqua minori che le attraversano. Esse terrazzano i depositi riferibili all'unità Niviano e precedenti.

### **1.3 Successione stratigrafica locale e caratteri delle unità geologiche**

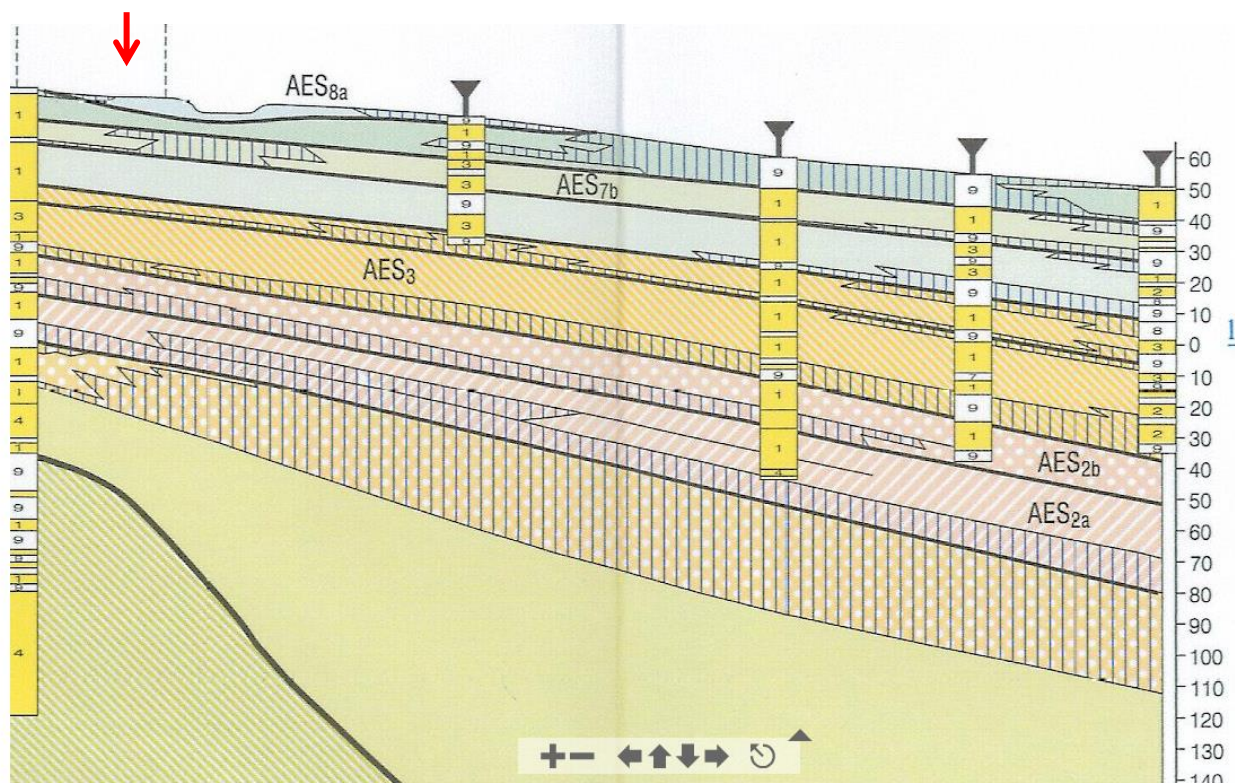
Localmente il Subsistema di Ravenna è rappresentato da depositi di conoide alluvionale, terrazzati, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, ricoperte da una coltre limoso argillosa di spessore variabile. Localmente sono presenti limi e limi sabbiosi prevalenti: depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore. Il contatto di base è erosivo e discordante con tutte le altre unità, mentre il limite di tetto è una superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente alla superficie topografica. Il fronte di alterazione del tetto è di moderato spessore (da qualche decina di cm fino ad 1m) ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. Nell'area raggiunge lo spessore massimo di circa 20m.

All'interno del Subsistema di Ravenna ed in base alla sola litologia superficiale considerata per 1-2m di spessore dal piano campagna, sono distinguibili depositi che denotano gli ambienti deposizionali della piana intravalliva, del conoide e della piana alluvionale appenninica.

- Ghiaie e sabbie di riempimento di canale fluviale: ghiaie e subordinatamente sabbie di riempimento di canale fluviale che formano corpi ad andamento nastriforme, in strati prevalentemente sottili intercalati in una successione limosa, limosa argillosa. Depositati di conoide del reticolo idrografico principale.
- Sabbie e ghiaie di riempimento di canale fluviale: sabbia con ghiaia in strati prevalentemente sottili, intercalati in una successione argilloso-limosa, che formano corpi canalizzati a geometria fortemente lenticolare ed ad andamento nastriforme in pianta.
- Alternanze di sabbia e limi di argine prossimale, canale e rotta: alternanze di sabbie, in strati da sottili a spessi e limi, limi argillosi in strati sottili, molto sottili. Localmente sono presenti depositi di ventaglio di rotta o di tracimazione e subordinati corpi ghiaiosi di canale fluviale. Depositati di argine prossimale e di canale di pertinenza appenninica.

- Alternanze di limi e sabbia di argine distale: limi, limi argillosi, limi sabbiosi con intercalati livelli di sabbia in strati sottili, molto sottili, attribuibili a depositi di ventaglio di rota o di tracimazione. Depositi di argine distale.
- Argille e limi di piana inondabile: sono caratterizzati da notevole omogeneità tessiturale e costituiti da argille compatte, argille limose e limi argillosi con concentrazioni locali di resti vegetali. Rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati sottili.

Localmente AES8 è caratterizzato da uno spessore complessivo abbastanza limitato compreso tra 10 e 15 metri. La sezione allegata al foglio 199 della carta geologica conferma questa circostanza (Fig. 5).



**Fig. 5 Stralcio Sezione geologica - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Ispra 2009)**

### 3 Caratteristiche idrogeologiche della pianura emiliano romagnola

Per uno spessore complessivo pari a circa 400 metri, il substrato è costituito dai sedimenti che hanno riempito il bacino “perisuturale” padano a partire dal Pliocene inferiore (4 milioni di anni fa). In questo lasso di tempo il passaggio da un tipo di sedimentazione marina a quella continentale (come l’attuale) è avvenuto in modo discontinuo e intermittente a causa delle continue variazioni del livello relativo del mare dovute a fenomeni combinati di natura tettonica e meteo-climatica. Il pacco di sedimenti, se analizzato in sezione, vede la sovrapposizione ciclica di corpi sedimentari composti da granulometrie fini alla base e sempre più grossolane verso l’alto, generati in un ambiente che da marino passava gradualmente a continentale, riconoscibili a differenti scale di grandezza.

Si evidenziano in particolare cicli sedimentari di due tipi, dei quali uno di spessore compreso tra i 2 e i 5 metri si è sviluppato in un periodo di tempo di circa 20.000 anni, mentre l’altro, di spessore compreso tra i 20 e i 50 metri si è formato in un periodo di 100.000 anni circa. Tali sequenze deposizionali sono comprese all’interno di tre principali gruppi riconoscibili a scala di intero bacino sedimentario della pianura emiliano romagnola.

A tali gruppi corrispondono altrettanti Gruppi acquiferi (indicati con le lettere A, B e C ) che risultano caratterizzare l’intera pianura Emiliano Romagnola e sono separati tra loro da livelli impermeabili estesi all’intero bacino idrogeologico definiti “acquitardi”.

| PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       | ETA'<br>(milioni di anni)                       | SCALA<br>CRONOSTRATIGRAFICA<br>(milioni di anni) | UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE   |                         |                                                 |          |            |                                    |                      |                   |    |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|----------|------------|------------------------------------|----------------------|-------------------|----|
| AFFIORANTI                       |                                                                                          |                                 | SEPOLTE                     |                              |                       |                                                 |                                                  | GRUPPO<br>ACQUIFERO         | COMPLESSO<br>ACQUIFERO  |                                                 |          |            |                                    |                      |                   |    |
| QUATERNARIO<br>CONTINENTALE      | TERRE ROSSE, DILUVIUM,<br>ALLUVIUM, TERRAZZI<br>E ALLUVIONI                              | FORMAZIONE<br>FLUVIO - LACUSTRE | FORMAZIONE<br>DI OLIVATELLO | UNITA' DI VILLA<br>DEL BOSCO | UNITA' DI CA' DI SOLA | SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO                 | SISTEMA<br>EMILIANO-ROMAGNOLO<br>SUPERIORE       | UNITA' DI<br>BORGO PANIGALE | CRIZZANTE<br>DI FOSSOLO | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~0.12    | 0.125      | PLEISTOCENE<br>SUPERIORE - OLOCENE | A                    | A1                |    |
|                                  |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          |            |                                    |                      | A2                |    |
|                                  | A3                                                                                       |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          |            |                                    |                      |                   |    |
|                                  | A4                                                                                       |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          |            |                                    |                      |                   |    |
|                                  | DILUVIUM p.p.                                                                            |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          | ~0.35-0.45 |                                    | PLEISTOCENE<br>MEDIO | B                 | B1 |
|                                  |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          |            |                                    | B2                   |                   |    |
|                                  |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          |            |                                    | B3                   |                   |    |
|                                  |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          |            |                                    | B4                   |                   |    |
| QUATERNARIO<br>MARINO            | MILAZZANO<br>SABBIE di CASTELVETRO p.p.<br>SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.                   |                                 |                             |                              |                       | SUPERSISTEMA DEL<br>QUATERNARIO MARINO          | SUBSISTEMA<br>QUATERNARIO<br>MARINO 3            |                             |                         |                                                 | ~0.65    |            |                                    |                      | C                 | C1 |
|                                  | MILAZZANO e CALABRIANO p.p.<br>SABBIE di CASTELVETRO p.p.<br>SABBIE GIALLE di IMOLA p.p. |                                 |                             |                              |                       |                                                 | SUBSISTEMA<br>QUATERNARIO<br>MARINO 3            |                             |                         |                                                 | ~0.8     |            | 0.89                               |                      | C2                |    |
|                                  | CALABRIANO p.p.<br>SABBIE di MONTERICCIO<br>FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.            |                                 |                             |                              |                       |                                                 | SISTEMA<br>QUATERNARIO<br>MARINO 2               |                             |                         |                                                 | ~1.0     |            | PLEISTOCENE<br>INFERIORE           |                      | C3                |    |
|                                  | CALABRIANO p.p.<br>FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.                                    |                                 |                             |                              |                       |                                                 | SISTEMA<br>QUATERNARIO<br>MARINO 1               |                             |                         |                                                 | ~2.2     |            | 1.72                               |                      | C4                |    |
| P <sub>2</sub>                   | FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.                                                       |                                 |                             |                              |                       | SUPERSISTEMA<br>DEL PLIOCENE<br>MEDIO-SUPERIORE |                                                  |                             |                         | PLIOCENE<br>MEDIO SUPERIORE                     | ~2.2     |            | 1.72                               |                      |                   | C5 |
|                                  |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 | ~3.3-3.6 |            | 3.55                               |                      |                   |    |
|                                  |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 | ~3.9     |            | PLIOCENE INFERIORE<br>MIOCENE      |                      |                   |    |
|                                  |                                                                                          |                                 |                             |                              |                       |                                                 |                                                  |                             |                         |                                                 |          |            |                                    |                      | ACQUITARDO BASALE |    |

Fig. 6 Inquadramento geologico-stratigrafico e idrostratigrafico dell’area di studio

Il seguente schema rappresenta l'assetto idrostratigrafico locale evidenziando gli spessori complessivi dei differenti gruppi acquiferi e la posizione dell'interfaccia tra le acque dolci e quelle salate.

| Quote<br>(metri s.l.m.) | Gruppo acquifero                                                                                         | Profondità interfaccia acqua<br>dolce-/ salata | Età<br>(anni)     |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------|
| +58                     | <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> A<br/><br/>B<br/><br/>C </div> |                                                | 0                 |
| -70                     |                                                                                                          |                                                | 350.000 - 450.000 |
| -250                    |                                                                                                          | -200                                           | 650.000           |
| -350                    |                                                                                                          |                                                | 3.900.000         |

La struttura stratigrafica, interpretata sulla base del quadro delle conoscenze disponibili, così come descritte nell'ambito della Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia Romagna, è la conseguenza dell'evoluzione tettonica e climatica che ha portato alla formazione dell'intera Pianura Padana.

*Il dominio della sedimentazione padana non è stato costante nel tempo, infatti in relazione al sollevamento strutturale della catena appenninica il limite tra depositi appenninici e depositi padani ha migrato nel tempo progressivamente verso nord.*

*Prendendo come riferimento il solo gruppo acquifero A, che comprende la porzione superficiale dei sedimenti che costituiscono il bacino padano, lo spostamento verso nord dei depositi dal basso stratigrafico verso l'alto è stato, nella zona più orientale della regione, anche di alcune decine di chilometri.*

*La migrazione tridimensionale del Po a partire dalla posizione iniziale, molto più a sud e molto più in basso, altimetricamente, dell'attuale è un importante elemento per la comprensione dell'idrogeologia padana; tale migrazione ha consentito la deposizione differenziata di sedimenti (ed acque coeve) secondo una direttrice verso l'alto e verso nord. Il perno di questo movimento può essere fatto coincidere con il punto di ingresso del Po in Emilia-Romagna, nei dintorni dell'alto strutturale di Stradella.*

*Entro questo quadro dinamico generale è possibile riconoscere gli episodi sedimentari che hanno differenziato le fasi di deposito prevalentemente grossolane da quelle più fini che corrispondono, considerate assieme, alle unità idrostratigrafiche fondamentali.*

*Dal punto di vista della circolazione idrica generale, tuttavia, l'episodio di maggiore rilievo per gli effetti che ha sulla circolazione attuale è la netta separazione tra i depositi di conoide e quelli di pianura, sia essa appenninica che padano-alpina; tale separazione è mostrata in quasi tutte le sezioni studiate e in quasi tutti i sistemi acquiferi. Questo è il limite fondamentale da cui derivano:*

- il passaggio da condizioni di tipo freatico/confinato a condizioni di tipo prevalentemente confinato (lateralmente e verticalmente);*
- il passaggio da una condizione di tempo relativamente basso per lo scambio ionico acqua-sedimento, a condizioni invece opposte di scambio basate su tempi molto elevati;*

- il passaggio infine, sul piano della fruibilità delle risorse, da risorse relativamente rinnovabili a risorse pressoché non rinnovabili.

L'assetto tridimensionale del modello interpretativo è basato sulla classificazione per complessi idrogeologici, la cui sintesi è riportata in Fig. 7.

Per quello che riguarda la chiave di lettura strutturale "verticale", gli aspetti fondamentali sono:

una successione di unità geologiche principali, codificate nel RIS con i codici A, B e C ad identificare i gruppi acquiferi principali corrispondenti a tali macro episodi;

le superfici di discontinuità che segnano il passaggio dall'uno all'altro di questi episodi e, in certi casi, le superfici di discontinuità che consentono anche una lettura più definita dei gruppi acquiferi principali.

La seconda codifica, quella "orizzontale", attiene maggiormente, invece, alle caratteristiche degli ambienti deposizionali, quindi a cause di tipo più eminentemente idraulico e climatico. I sistemi deposizionali saturati in acqua dolce e costituenti i principali complessi idrogeologici sono:

- conoide alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale e deltizia padana.

Questo assetto generale può essere descritto in modo sintetico, e quindi meglio comprensibile, tenendo conto anche dell'evoluzione tridimensionale del reticolo idrografico; l'accrescimento della pianura emiliano romagnola può infatti essere fatto coincidere:

- con lo spostamento nel tempo dell'asta del Po, che ha migrato progressivamente verso nord, con il perno del movimento idealmente posto nei dintorni dell'alto di Stradella, all'estremità Ovest della Regione;
- con il progressivo sviluppo di un drenaggio appenninico via via più maturo che ha prodotto la costruzione di conoidi alluvionali posizionate a valle della cerniera strutturale posta al margine appenninico e costituenti il complesso idrogeologico maggiormente sfruttato.

Questo schema generale, il cui dinamismo proviene dal contesto strutturale e sedimentario descritto nel RIS, ha consentito la formazione degli ambienti descritti sopra e, in definitiva, dei serbatoi idrici elementari che costituiscono il sistema acquifero in senso lato.

Le caratteristiche di dettaglio dei complessi idrogeologici del gruppo acquifero A rappresentati nell'area di intervento possono essere sintetizzate, secondo quanto proposto dal PTA della Regione, secondo lo schema riportato in Tab. 1.

**Tab. 1 Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dei complessi idrogeologici distinti all'interno del gruppo acquifero A**

|                                                  | Caratteristiche geologiche                                                                                                           | Caratteristiche quantitative                                                                                                                                                                       | Caratteristiche qualitative                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CONOIDI ALLUVIONALI APPENNINICHE conoidi distali | Livelli di ghiaie o sabbie presenti in corpi tabulari passanti sotto corrente a corpi isolati, alternati a prevalenti depositi fini. | Scarsa circolazione idrica<br>Rapporto idrico da fiume a falda localizzato nella parti superficiali non connesse con le sottostanti<br>Compartimentazione del sistema acquifero<br>Falda confinata | Nitrati generalmente assenti<br>Abbondante presenza di contaminanti di origine naturale (ferro, manganese, ammoniaca)                              |
| PIANURA ALLUVIONALE APPENNINICA                  | Dominanza di depositi fini, alternati a corpi sabbiosi isolati spessi pochi metri                                                    | Scarsa circolazione idrica<br>Falda confinata                                                                                                                                                      | Abbondante presenza di contaminanti di origine naturale (ferro, ammoniaca, arsenico) Nitrati assenti Assenza di contaminazioni di origine puntuale |

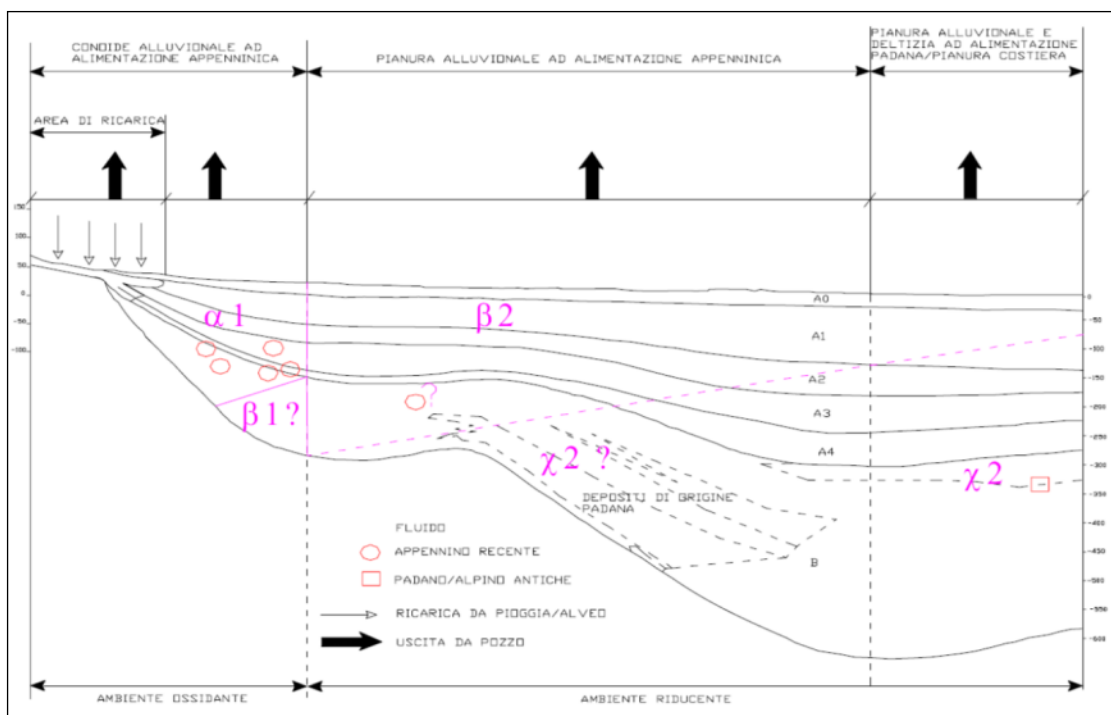
La zona interessata dall'intervento in progetto insiste sulla parte mediana del conoide alluvionale del Taro (Complesso idrogeologico delle conoidi alluvionali appenniniche).

Così come descritto nell'ambito del PTA all'interno di questo complesso idrogeologico, possono essere distinti i seguenti tre ambienti (identificati nell'ambito dello schema di Fig. 7):

$\alpha$  1 parte alta della struttura, individuabile con la parte alta del gruppo acquifero A, dato che è il più sfruttato. I nitrati tendono ad essere ubiquitari, a dimostrazione che le acque sinsedimentarie sono state praticamente sostituite completamente da acque più recenti (dell'ordine di qualche decina d'anni al massimo) e contaminate.

$\beta$  1 parte bassa della struttura, tendenzialmente coincidente con la parte inferiore del gruppo acquifero A, con parte del gruppo acquifero B e parte del gruppo acquifero C, poco sfruttati. Dove il ricambio dovuto alla coltivazione delle falde non ha raggiunto le acque originali, a profondità maggiori, queste hanno pure età maggiori e sono caratterizzate da un segnale isotopico appenninico. Se lo sfruttamento raggiunge questa parte della struttura ed avviene il rinnovamento, l'ambiente  $\beta$  1 si riduce a favore dell'ambiente  $\alpha$  1;

$\chi$  2 la presenza in ipotesi di questo ambiente è individuabile nelle zone più profonde del sistema. Il ricambio dovuto alla coltivazione delle falde è completamente assente, le età delle acque sono molto elevate ed il segnale isotopico è padano/alpino.



**Fig. 7** Sezione schematica rappresentativa del modello concettuale (tratta dal PTA Regione Emilia Romagna)

### 3.1 Caratteristiche idrogeologiche e freatiche dell'area di studio

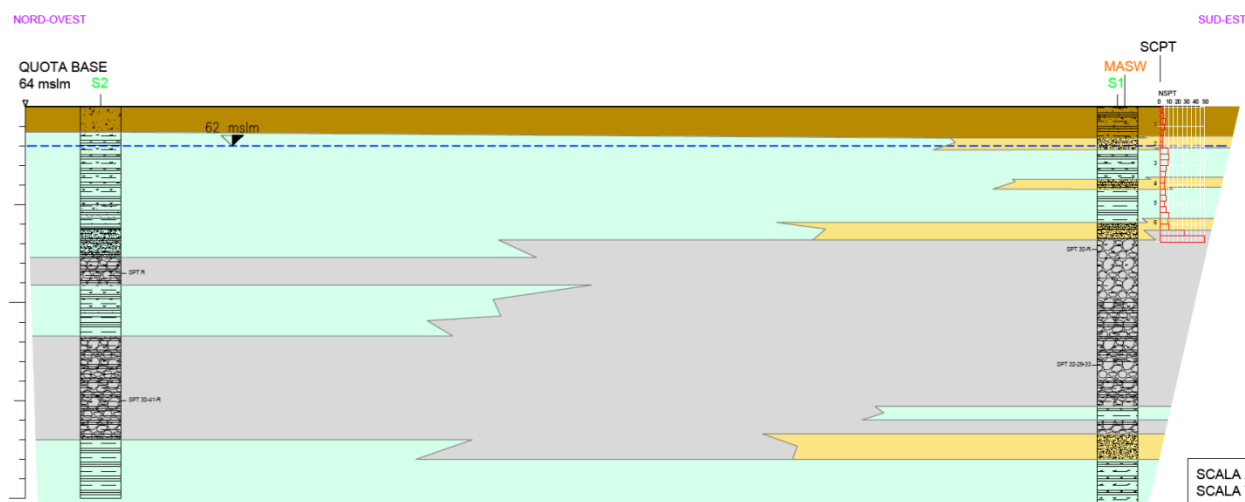
Per la caratterizzazione degli acquiferi presenti in corrispondenza dell'area di studio, sono state analizzate le informazioni presenti nei database regionali delle prove geognostiche e del monitoraggio freatic metrico nonché i risultati dei sondaggi realizzati ai fini del presente lavoro.

Particolare rilevanza ai fini dell'interpretazione assume anche il modello del conoide alluvionale del fiume Taro descritto da Valloni e Calda nell'ambito della pubblicazione "Sedimentazione fluviale tardo quaternaria e sistemi acquiferi del margine sud padano" (Mem. Descr. Carta geol. D'It. LXXVI - 2007).

Dal punto di vista idrogeologico è possibile affermare che il sottosuolo, vista la sua natura stratificata in cui risultano dominanti soprattutto in superficie livelli essenzialmente impermeabili (argille limose e limi argillosi), risulta caratterizzato dalla presenza di una falda libera superficiale a bassa trasmissività soggetta a consistenti fluttuazioni di livello legate al regime delle precipitazioni e di una falda compartimentata in pressione a maggiore permeabilità a partire dalla profondità di 6 - 7 metri dal piano campagna collegata con ogni probabilità al subalveo del T. Parma. A profondità maggiori le informazioni diventano scarse ma è assai probabile che i differenti acquiferi ospitati nei livelli ghiaiosi mantengano una compartimentazione solo a livello locale in quanto l'area di ricarica (zona apicale del conoide e alveo del Taro) è comune (Fig. 8).

Le misurazioni effettuate in data 18-20/12/2017 nel corso della realizzazione dei sondaggi a carotaggio continuo non hanno consentito di definire il livello piezometrico.

Ai fini del modello di riferimento per il progetto si è pertanto ritenuto di individuare come massimo livello raggiungibile dalla falda nel lungo periodo la profondità di circa 2 metri dal piano campagna (quota 62 m s.l.m.), corrispondente alla profondità alla quale iniziano a manifestarsi le intercalazioni limo sabbiose, all'interno delle quali possono instaurarsi condizioni di saturazione per infiltrazioni dalla superficie. La falda contenuta nelle ghiaie presenti nell'intervallo di profondità 6 - 17 metri risulta anch'essa caratterizzata da estrema variabilità per quanto riguarda i livelli piezometrici al suo interno, dal momento che essa trae alimentazione prevalentemente dal subalveo del T. Parma e pertanto risulta influenzata dai livelli e dalle portate in alveo. In corrispondenza di periodi caratterizzati da elevate precipitazioni e conseguentemente da elevate portate in alveo, questo acquifero può caricarsi, saturarsi e manifestare livelli piezometrici anche prossimi alla superficie.



**Fig. 8 Stralcio del profilo geologico dell'area di intervento con indicazione del livello piezometrico di progetto**

## 4 Sismicità

### 4.1 Sismicità storica e recente dell'area

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, possono fornire indicazioni per l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive.

L'insieme delle informazioni disponibili sui terremoti avvenuti in passato, ottenute secondo metodi di analisi di tipo sia strumentale che non, consistono essenzialmente in registrazioni del moto del terreno dalle quali è possibile ricavare l'ipocentro (in termini di latitudine, longitudine, profondità e relative incertezze), così come la dimensione (in termini di magnitudo o momento sismico) e la tipologia del meccanismo del terremoto (in termini di parametri di faglia o di tensore momento). I dati strumentali, sono integrati da informazioni sulla distribuzione spaziale degli effetti indotti dal terremoto sulle persone, sulle cose e sull'ambiente, dalle quali, attraverso la codifica di una scala macrosismica, è possibile ricavare la localizzazione, la magnitudo equivalente, le dimensioni fisiche ed anche l'orientazione della struttura sismogenetica.

Le informazioni riguardanti gli eventi sismici avvenuti nell'area in esame sono state ricavate dall'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata "DBMI15" (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>), rilasciata nel luglio 2016 la quale aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11, e dal Bollettino Sismico Italiano elaborato da ISIDe Working Group (<http://iside.rm.ingv.it/>).

Nella tabella sottostante è rappresentata la storia sismica del Comune di Parma con elencati i terremoti più significativi che hanno coinvolto il territorio.

Considerando i valori esposti in tabella si può notare come i terremoti più significativi, avvenuti nel Parmense, produssero effetti del 8° grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), la quale considera gli effetti distruttivi su persone e cose per misurare l'intensità del sisma.

Nella tabella il termine "Is" è riferito all'intensità al sito per ogni evento sismico e per ognuno di essi è indicata l'ora, il giorno, l'area e l'intensità macrosismica epicentrale, e la magnitudo del momento sismico (MMS – Moment Magnitude Scale). Quest'ultima è stata sviluppata come aggiornamento della scala Richter.

**Tab. 2 Elenco degli eventi sismici che hanno influenzato il Comune di Parma. (Nella prima colonna, in alcuni casi, sono presenti le seguenti sigle: "NF" ovvero "non segnalato", quindi non esprimibile in termini di intensità macrosismica; "F" ovvero "avvertito")**

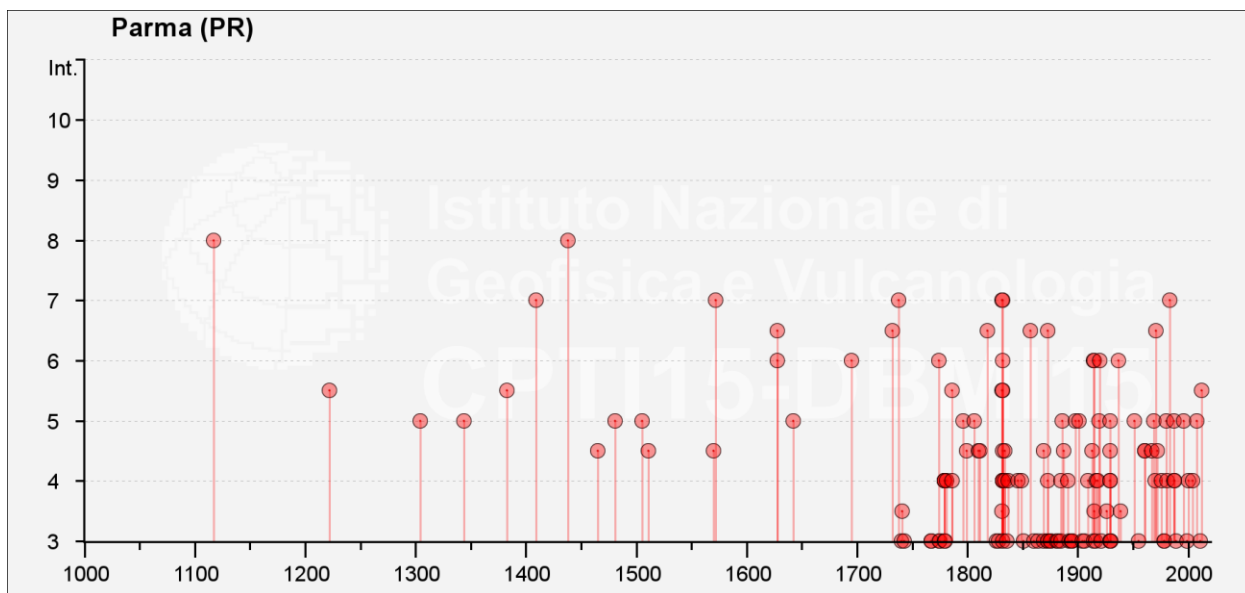
| Storia sismica di |                  | Parma              |                                     |                                    |                      |
|-------------------|------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Numero di eventi  |                  | 182                |                                     |                                    |                      |
| Effetti           | Data             | Area epicentrale   | Punti di osservazione macrosismiche | Intensità macrosismica epicentrale | Magnitudo momento Mw |
| Is (MCS)          |                  |                    |                                     |                                    |                      |
| 8                 | 1117 01 03 15 15 | Veronese           | 55                                  | 9                                  | 6,52                 |
| 5-6               | 1222 12 25 12 30 | Bresciano-Veronese | 18                                  | 7-8                                | 5,68                 |
| 5                 | 1304 10 23 00 45 | Pianura emiliana   | 4                                   |                                    |                      |
| 5                 | 1344 11 11       | Parma              | 1                                   | 5                                  | 4,16                 |
| 5-6               | 1383 07 24 20    | Parma              | 2                                   | 4-5                                | 3,93                 |
| 7                 | 1409 11 15 11 15 | Parma              | 1                                   | 7                                  | 5,1                  |
| 8                 | 1438 06 11 02    | Parmense           | 4                                   | 8                                  | 5,56                 |
| 4-5               | 1465 04 07 15 30 | Pianura emiliana   | 5                                   | 5-6                                | 4,4                  |

|     |                  |                      |     |      |      |
|-----|------------------|----------------------|-----|------|------|
| 5   | 1481 02 07 22 45 | Pianura emiliana     | 2   | 5    | 4,16 |
| 5   | 1505 01 03 02    | Bolognese            | 31  | 8    | 5,62 |
| 4-5 | 1511 03 26 15 30 | Friuli-Slovenia      | 120 | 9    | 6,32 |
| F   | 1547 02 10 13 20 | Reggiano             | 7   | 7    | 5,1  |
| 4-5 | 1570 11 17 19 10 | Ferrarese            | 58  | 7-8  | 5,44 |
| 7   | 1572 06 04 22    | Parmense             | 5   | 6    | 4,63 |
| 6-7 | 1628 11 04 15 40 | Parma                | 1   | 6-7  | 4,86 |
| 6   | 1628 11 04 15 40 | Parma                | 1   |      |      |
| 5   | 1642 06 13       | Pianura lombarda     | 8   | 6    | 4,92 |
| 6   | 1695 02 25 05 30 | Asolano              | 107 | 10   | 6,4  |
| 6-7 | 1732 02 04 18 20 | Parma                | 9   | 5-6  | 4,65 |
| 7   | 1738 11 05 00 30 | Emilia occidentale   | 10  | 7    | 5,1  |
| 3   | 1740 03 06 05 40 | Garfagnana           | 32  | 8    | 5,64 |
| 3-4 | 1741 04 24 09 20 | Fabrianese           | 135 | 9    | 6,17 |
| 3   | 1743 02 20       | Ionio settentrionale | 84  | 9    | 6,68 |
| 3   | 1767 01 21 07 45 | Lunigiana            | 10  | 7    | 5,27 |
| 3   | 1767 01 21 09    | Lunigiana            | 7   | 5-6  | 4,6  |
| 6   | 1774 03 04       | Parma                | 2   | 5    | 4,16 |
| 3   | 1775 01 04 18    | Appennino emiliano   | 6   | 4    | 4,43 |
| 3   | 1775 01 05 22 45 | Appennino emiliano   | 7   | 5    | 4,55 |
| 4   | 1779 06 04 07    | Bolognese            | 12  | 7    | 5,22 |
| 4   | 1779 06 10 08 35 | Bolognese            | 10  |      |      |
| 3   | 1779 07 14 19 30 | Bolognese            | 17  |      |      |
| 4   | 1779 11 23 18 30 | Bolognese            | 14  | 5    | 4,7  |
| 3   | 1780 02 06 04    | Bolognese            | 9   | 6-7  | 5,06 |
| 4   | 1781 04 04 21 20 | Faentino             | 96  | 9-10 | 6,12 |
| 5-6 | 1786 04 07 00 15 | Pianura lombarda     | 10  | 6-7  | 5,22 |
| 4   | 1786 12 25 01    | Riminese             | 90  | 8    | 5,66 |
| 5   | 1796 10 22 04    | Emilia orientale     | 27  | 7    | 5,45 |
| 4-5 | 1799 02 22 05 45 | Correggio            | 2   | 5    | 4,16 |
| F   | 1802 05 12 09 30 | Valle dell'Oglio     | 94  | 8    | 5,6  |
| 5   | 1806 02 12       | Reggiano             | 28  | 7    | 5,21 |
| 4-5 | 1810 12 25 00 45 | Pianura emiliana     | 33  | 6    | 5,06 |
| 4-5 | 1811 07 15 22 44 | Modenese-Reggiano    | 19  | 6-7  | 5,13 |
| 6-7 | 1818 12 09 18 55 | Parmense             | 26  | 7    | 5,24 |
| 3   | 1826 06 24 12 15 | Garda occidentale    | 20  | 5    | 4,62 |
| 3   | 1828 10 09 02 20 | Oltrepò Pavese       | 110 | 8    | 5,72 |
| 2   | 1828 10 10 01 30 | Oltrepò Pavese       | 18  |      |      |
| 5-6 | 1831 07 14 15 30 | Reggiano             | 8   | 5-6  | 4,6  |
| 7   | 1831 09 11 18 15 | Pianura emiliana     | 25  | 7-8  | 5,48 |
| 3-4 | 1831 09 13 05 30 | Pianura emiliana     | 7   |      |      |
| 2   | 1832 01 13 13    | Valle Umbra          | 101 | 10   | 6,43 |
| 4   | 1832 03 11 06 45 | Carpi                | 14  | 5    | 4,51 |
| 6   | 1832 03 11 08 45 | Parmense             | 14  |      |      |
| 5-6 | 1832 03 12 02 30 | Parmense             | 4   |      |      |

|     |                        |                          |      |      |      |
|-----|------------------------|--------------------------|------|------|------|
| 4   | 1832 03 12 08 45       | Reggiano                 | 7    |      |      |
| 7   | 1832 03 13 03 30       | Reggiano                 | 97   | 7-8  | 5,51 |
| 4-5 | 1832 03 14 04 40       | Reggiano                 | 5    |      |      |
| 4   | 1832 03 14 07 41       | Reggiano                 | 7    |      |      |
| 3   | 1832 04 19 14 14       | Reggiano                 | 5    |      |      |
| 4   | 1834 02 14 13 15       | Val di Taro-Lunigiana    | 112  | 9    | 5,96 |
| 4-5 | 1834 07 04 00 45       | Val di Taro-Lunigiana    | 24   | 6-7  | 5,08 |
| 2   | 1834 10 04 19          | Bolognese                | 12   | 6    | 4,71 |
| 3   | 1836 06 12 02 30       | Asolano                  | 26   | 8    | 5,53 |
| 4   | 1837 04 11 17          | Lunigiana                | 60   | 9    | 5,94 |
| F   | 1843 10 25 03 30       | Mugello                  | 17   | 6-7  | 5,03 |
| F   | 1845 09 14 22 20       | Appennino tosco-emiliano | 9    | 5    | 4,73 |
| 4   | 1846 08 14 12          | Colline Pisane           | 121  | 9    | 6,04 |
| 4   | 1849 11 28 18          | Val di Taro              | 7    | 6    | 4,63 |
| 3   | 1851 02 05 09 50       | Valtellina               | 30   | 5    | 4,72 |
| 2   | 1854 06 16 13 25       | Imola                    | 9    | 5    | 4,57 |
| 6-7 | 1857 02 01             | Parmense-Reggiano        | 22   | 6-7  | 5,11 |
| 3   | 1860 07 17 13 43 31.00 | Reggiano                 | 5    | 4-5  | 3,93 |
| 3   | 1864 03 15             | Zocca                    | 13   | 6-7  | 4,84 |
| 3   | 1869 06 25 13 58       | Appennino bolognese      | 18   | 7-8  | 5,43 |
| 4-5 | 1869 12 13 02 53       | Sassuolo                 | 13   | 5    | 4,57 |
| F   | 1870 10 30 18 34       | Forlivese                | 41   | 8    | 5,61 |
| 3   | 1873 03 12 20 04       | Appennino marchigiano    | 196  | 8    | 5,85 |
| 3   | 1873 05 16 19 35       | Reggiano                 | 15   | 6-7  | 5,01 |
| 4   | 1873 06 29 03 58       | Alpago Cansiglio         | 197  | 9-10 | 6,29 |
| 6-7 | 1873 09 17             | Appennino tosco-ligure   | 64   | 6-7  | 5,26 |
| 3   | 1875 03 17 23 51       | Costa romagnola          | 144  | 8    | 5,74 |
| 3   | 1875 12 06             | Gargano                  | 97   | 8    | 5,86 |
| 3   | 1881 01 24 16 14       | Bolognese                | 38   | 7    | 5,22 |
| F   | 1881 01 25 07 06       | Bolognese                | 18   | 5    | 4,59 |
| 2   | 1881 02 14 09 00 30.00 | Appennino bolognese      | 21   | 6    | 4,77 |
| 3   | 1882 02 15 05          | Val Borbera              | 18   | 6    | 4,77 |
| 4   | 1885 02 26 20 48       | Pianura Padana           | 78   | 6    | 5,01 |
| 3   | 1885 12 29             | Alpago Cansiglio         | 47   | 6    | 4,96 |
| 5   | 1886 10 15 02 20       | Collecchio               | 44   | 6    | 4,7  |
| 4-5 | 1887 02 23 05 21 50.00 | Liguria occidentale      | 1511 | 9    | 6,27 |
| NF  | 1887 09 30 15 55       | Faenza                   | 10   | 5    | 4,12 |
| 2   | 1889 03 08 02 57 04.00 | Bolognese                | 38   | 5    | 4,53 |
| NF  | 1889 12 08             | Gargano                  | 122  | 7    | 5,47 |
| 4   | 1891 06 07 01 06 14.00 | Valle d'Ilasi            | 403  | 8-9  | 5,87 |
| 3   | 1892 01 05             | Garda occidentale        | 93   | 6-7  | 4,96 |
| NF  | 1893 10 20 20 15       | Appennino parmense       | 25   | 4-5  | 4,04 |
| 3   | 1894 11 27 05 07       | Bresciano                | 183  | 6    | 4,89 |
| 3   | 1895 05 12 20 29       | Reggiano                 | 13   | 4-5  | 3,98 |
| 3   | 1895 05 18 19 55 12.00 | Fiorentino               | 401  | 8    | 5,5  |

|     |                        |                          |      |     |      |
|-----|------------------------|--------------------------|------|-----|------|
| F   | 1895 08 07 19 49 32.00 | Appennino tosco-emiliano | 84   | 5   | 4,67 |
| 5   | 1898 03 04 21 05       | Parmense                 | 313  | 7-8 | 5,37 |
| 5   | 1901 10 30 14 49 58.00 | Garda occidentale        | 289  | 7-8 | 5,44 |
| 3   | 1904 02 25 18 47 50.00 | Reggiano                 | 62   | 6   | 4,81 |
| NF  | 1904 06 10 11 15 28.00 | Frignano                 | 101  | 6   | 4,82 |
| 2   | 1904 11 17 05 02       | Pistoiese                | 204  | 7   | 5,1  |
| 3   | 1906 08 25 03 11       | Parmense                 | 31   | 5   | 4,25 |
| 4   | 1909 01 13 00 45       | Emilia Romagna orientale | 867  | 6-7 | 5,36 |
| NF  | 1911 02 19 07 18 30.00 | Forlivese                | 181  | 7   | 5,26 |
| 4-5 | 1913 11 25 20 55       | Appennino parmense       | 73   | 4-5 | 4,65 |
| 3   | 1914 10 26 03 43 22.00 | Torinese                 | 63   | 7   | 5,24 |
| 6   | 1914 10 27 09 22       | Lucchesia                | 660  | 7   | 5,63 |
| 3-4 | 1915 01 13 06 52 43.00 | Marsica                  | 1041 | 11  | 7,08 |
| 6   | 1915 10 10 23 10       | Reggiano                 | 30   | 6   | 4,87 |
| NF  | 1916 05 17 12 50       | Riminese                 | 132  | 8   | 5,82 |
| 3   | 1916 08 16 07 06 14.00 | Riminese                 | 257  | 8   | 5,82 |
| 4   | 1917 12 02 17 39       | Appennino forlivese      | 32   | 6-7 | 5,09 |
| 4   | 1918 05 06 08 05       | Reggiano                 | 8    | 5-6 | 4,41 |
| 5   | 1919 06 29 15 06 13.00 | Mugello                  | 565  | 10  | 6,38 |
| 6   | 1920 09 07 05 55 40.00 | Garfagnana               | 750  | 10  | 6,53 |
| NF  | 1920 10 06 22 47       | Mantovano                | 19   | 4-5 | 4,14 |
| 3   | 1921 11 29 12 04       | Val di Taro              | 10   | 4   | 4,15 |
| 2   | 1923 06 28 15 12       | Modenese                 | 22   | 6   | 5,04 |
| 2   | 1926 01 01 18 04 03.00 | Carniola interna         | 63   | 7-8 | 5,72 |
| 3-4 | 1926 06 28 21 15       | Appennino reggiano       | 3    | 3-4 | 3,46 |
| 2-3 | 1928 06 13 08          | Carpi                    | 35   | 6   | 4,67 |
| NF  | 1928 07 20 19 53       | Alta Val di Taro         | 13   | 6   | 4,39 |
| 3   | 1929 04 10 05 44       | Bolognese                | 87   | 6   | 5,05 |
| 2   | 1929 04 12 00 32       | Bolognese                | 7    | 4   | 4,82 |
| 5   | 1929 04 19 04 16       | Bolognese                | 82   | 6-7 | 5,13 |
| 4-5 | 1929 04 20 01 10       | Bolognese                | 109  | 7   | 5,36 |
| 3   | 1929 04 22 08 26       | Bolognese                | 41   | 6-7 | 5,1  |
| 2   | 1929 04 22 14 19       | Bolognese                | 12   | 5-6 | 4,61 |
| NF  | 1929 04 28 19 40       | Bolognese                | 20   | 6   | 4,73 |
| 4   | 1929 04 29 18 36       | Bolognese                | 45   | 6   | 5,2  |
| NF  | 1929 05 01 21 13       | Imolese                  | 3    | 4   | 4,57 |
| 4   | 1929 05 11 19 23       | Bolognese                | 64   | 6-7 | 5,29 |
| 3   | 1930 10 26 07 14       | Appennino tosco-emiliano | 14   | 4   | 4,21 |
| 2   | 1930 10 30 07 13       | Senigallia               | 268  | 8   | 5,83 |
| 2   | 1931 04 14 22 13       | Valli Giudicarie         | 160  | 6   | 4,77 |
| 2   | 1931 06 10 17 02       | Modenese                 | 14   | 4   | 4,59 |
| 6   | 1937 09 17 12 19 05.00 | Parmense                 | 34   | 7   | 4,77 |
| 2-3 | 1937 12 10 18 04       | Frignano                 | 28   | 6   | 5,3  |
| 3-4 | 1939 10 15 14 05       | Garfagnana               | 62   | 6-7 | 4,96 |
| 5   | 1951 05 15 22 54       | Lodigiano                | 179  | 6-7 | 5,17 |

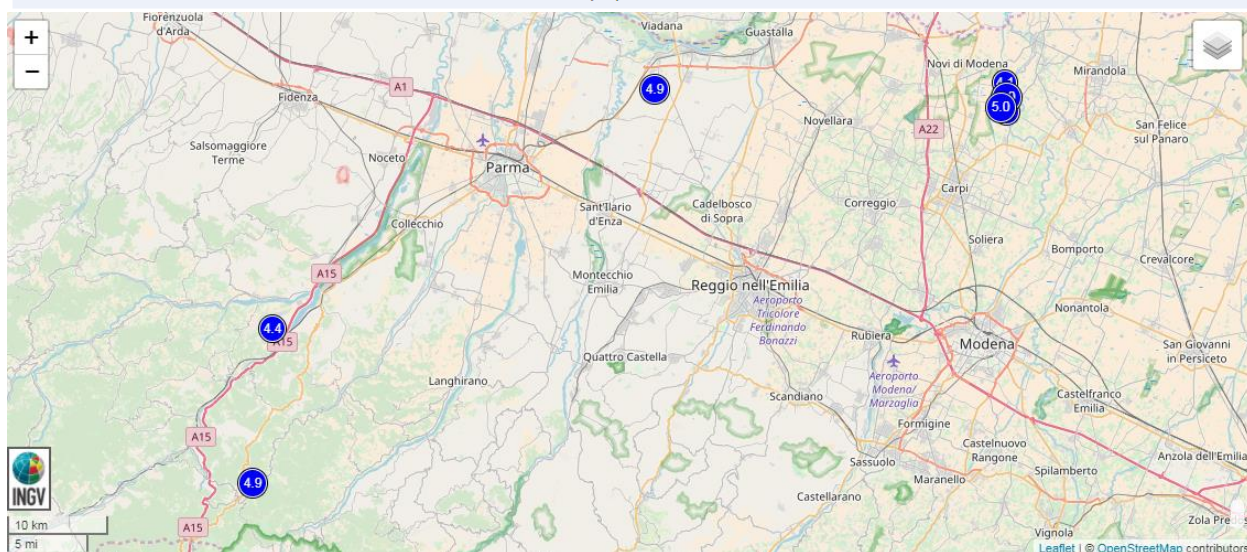
|     |                        |                          |      |     |      |
|-----|------------------------|--------------------------|------|-----|------|
| 3   | 1955 03 12 06 57 04.00 | Parmense                 | 15   | 5   | 4,15 |
| 4-5 | 1961 08 13 22 34 18.00 | Parmense                 | 22   | 5-6 | 4,37 |
| 4-5 | 1961 08 14 01 03 02.00 | Parmense                 | 14   | 5-6 | 4,47 |
| 4-5 | 1967 04 03 16 36 18.00 | Reggiano                 | 45   | 5   | 4,44 |
| 2-3 | 1967 12 30 04 19       | Emilia Romagna orientale | 40   | 6   | 5,05 |
| 5   | 1969 06 24 13 25 18.00 | Parmense                 | 15   | 5   | 4,21 |
| 4   | 1970 05 03 04 17 41.00 | Parmense                 | 3    | 4   | 4,08 |
| 6-7 | 1971 07 15 01 33 23.00 | Parmense                 | 228  | 8   | 5,51 |
| 4-5 | 1972 10 25 21 56 11.31 | Appennino settentrionale | 198  | 5   | 4,87 |
| F   | 1975 11 16 13 04 25.14 | Appennino piacentino     | 10   | 4-5 | 4,93 |
| 4   | 1976 08 22 02 49 13.00 | Alta Val di Taro         | 26   | 5   | 4,54 |
| F   | 1977 09 16 23 48 07.64 | Friuli                   | 94   | 6-7 | 5,26 |
| 3   | 1978 12 05 15 39 04.00 | Romagna                  | 34   | 4-5 | 4,61 |
| 3   | 1978 12 25 22 53 41.00 | Bassa modenese           | 28   | 5   | 4,39 |
| 2   | 1980 11 23 18 34 52.00 | Irpinia-Basilicata       | 1394 | 10  | 6,81 |
| 5   | 1980 12 23 12 01 06.00 | Piacentino               | 69   | 6-7 | 4,57 |
| 4   | 1981 05 26 09 27 56.00 | Reggiano                 | 6    | 5   | 3,75 |
| 7   | 1983 11 09 16 29 52.00 | Parmense                 | 850  | 6-7 | 5,04 |
| NF  | 1984 04 29 05 02 59.00 | Umbria settentrionale    | 709  | 7   | 5,62 |
| NF  | 1986 12 06 17 07 19.77 | Ferrarese                | 604  | 6   | 4,43 |
| 4   | 1987 02 10 21 20 13.74 | Lunigiana                | 54   | 5   | 4,09 |
| 5   | 1987 05 02 20 43 53.32 | Reggiano                 | 802  | 6   | 4,71 |
| 4   | 1988 03 15 12 03 16.17 | Reggiano                 | 160  | 6   | 4,57 |
| 3   | 1989 10 03 09 41 32.85 | Appennino parmense       | 91   | 4   | 4,04 |
| NF  | 1991 10 31 09 31 18.63 | Emilia occidentale       | 134  | 5   | 4,33 |
| F   | 1995 08 24 17 27 33.00 | Appennino pistoiese      | 56   | 6   | 4,45 |
| 2-3 | 1995 10 10 06 54 21.72 | Lunigiana                | 341  | 7   | 4,82 |
| 5   | 1996 10 15 09 55 59.95 | Pianura emiliana         | 135  | 7   | 5,38 |
| NF  | 1996 10 26 04 56 54.10 | Pianura emiliana         | 63   | 5-6 | 3,94 |
| NF  | 1996 12 16 09 09 53.08 | Pianura emiliana         | 115  | 5-6 | 4,06 |
| NF  | 1997 05 12 22 13 52.50 | Pianura emiliana         | 56   | 4-5 | 3,68 |
| NF  | 1998 02 21 02 21 13.30 | Pianura emiliana         | 104  | 5   | 3,93 |
| 3   | 1999 07 07 17 16 12.59 | Frignano                 | 32   | 5   | 4,67 |
| 4   | 2000 06 18 07 42 07.68 | Pianura emiliana         | 304  | 5-6 | 4,4  |
| NF  | 2002 06 18 22 23 38.10 | Frignano                 | 186  | 4   | 4,3  |
| 4   | 2004 11 24 22 59 38.55 | Garda occidentale        | 176  | 7-8 | 4,99 |
| 5   | 2008 12 23 15 24 21.77 | Parmense                 | 291  | 6-7 | 5,36 |
| 3   | 2011 07 17 18 30 27.31 | Pianura lombardo-veneta  | 73   | 5   | 4,79 |
| 5-6 | 2012 01 25 08 06 37.09 | Pianura emiliana         | 25   | 5-6 | 4,98 |



**Fig. 9 Rappresentazione degli eventi sismici significativi avvenuti a Parma negli anni compresi tra 1000 – 2014 (fonte: DBMI15)**

In Fig. 10 invece sono rappresentati i terremoti recenti (dal 2012 ad oggi) con magnitudo superiore a 4 e avvenuti entro un raggio di 50 km dal Comune di Parma. I più intensi risultano quelli avvenuti nel 2012 nella provincia di Modena.

| Data e Ora (Italia) 📅 | Magnitudo 📊 | Zona 📍                           | Profondità 📏 | Latitudine | Longitudine |
|-----------------------|-------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------|
| 2017-11-19 13:37:44   | Mw 4.4      | 3 km SE Varano de' Melegari (PR) | 22           | 44.66      | 10.03       |
| 2012-05-29 13:00:01   | ML 5.0      | 5 km SE Novi di Modena (MO)      | 9            | 44.86      | 10.94       |
| 2012-05-29 10:41:42   | ML 4.1      | 4 km E Novi di Modena (MO)       | 7            | 44.88      | 10.95       |
| 2012-05-29 10:25:51   | ML 5.0      | 5 km SE Novi di Modena (MO)      | 8            | 44.87      | 10.95       |
| 2012-05-20 04:20:56   | ML 4.2      | 6 km SW San Possidonio (MO)      | 5            | 44.85      | 10.95       |
| 2012-01-27 15:53:12   | Mw 4.9      | 2 km NE Berceto (PR)             | 72           | 44.52      | 10.01       |
| 2012-01-25 09:06:37   | Mw 4.9      | 4 km S Brescello (RE)            | 29           | 44.87      | 10.51       |



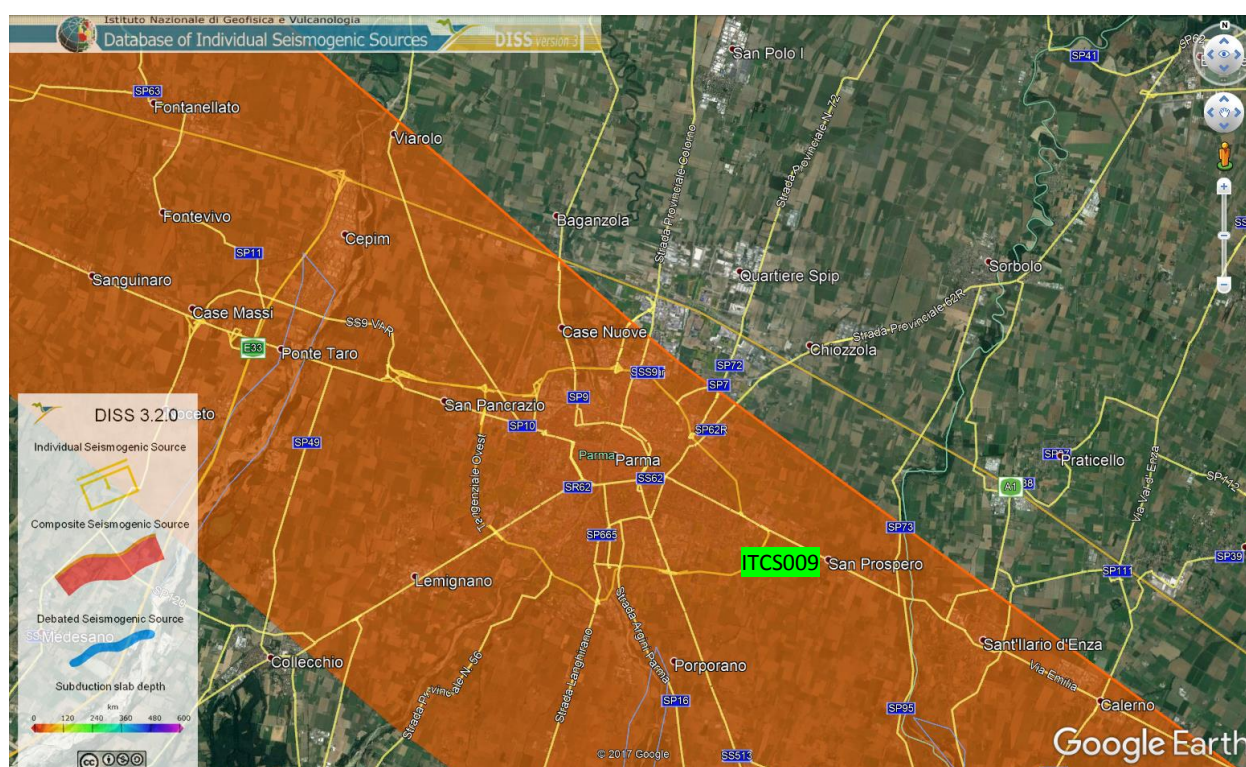
**Fig. 10 Ubicazione dei principali eventi sismici (Magnitudo > 4) nelle aree limitrofe al Comune di Parma (fonte: INGV)**

## 4.2 Sorgenti sismogenetiche

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia ha diffuso, nell'ambito del Progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale. La Fig. 11 mostra le aree riferite alla versione più aggiornata DISS 3.2.0 "A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas" del 2015 (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>).

L'area oggetto di studio si trova a Nord/Nord-Est di Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) classificate come:

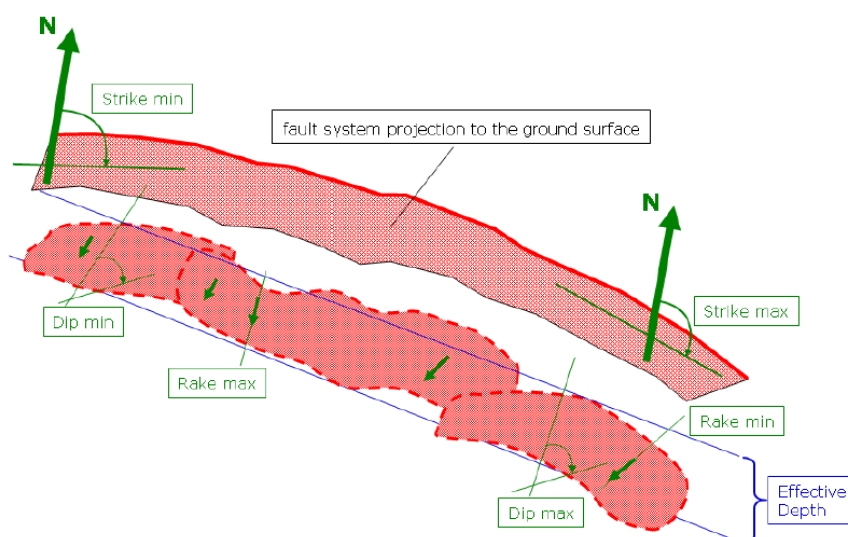
- "ITCS009: Busseto-Caviro" a partire dalla quale possono svilupparsi sismi di magnitudo momento pari a 5,6. La geometria del *thrust* è compresa tra i 2 e i 8 Km dalla superficie. Si estende da Sud-Est di Reggio Emilia, proseguendo in direzione Nord-Est fino a Fiorenzuola d'Arda e appartiene al fronte esterno del *thrust* Nord Appenninico. È caratterizzato da un sistema a faglie Nord-Est vergenti



**Fig. 11 Database zone sismogenetiche INGV (DISS3.2): rappresentazione cartografica della CSS (Composite Seismogenic Source) (Google Earth)**

La sorgente sismogenetica composta è essenzialmente una struttura identificata sulla base dell'analisi di dati geologici di superficie e sotterranei, ed in particolare sulla base dell'identificazione delle tracce e delle caratteristiche delle faglie attive. La lunghezza della rottura attesa in conseguenza del terremoto, tuttavia, è scarsamente definibile in quanto, normalmente, le sorgenti sismogenetiche composite derivano da un numero imprecisato di singole fonti vicine tra loro ma sostanzialmente discontinue. Ad una CSS non è possibile attribuire una specifica dimensione del terremoto atteso per il futuro, ma il loro potenziale sismico è stimato dai cataloghi terremoto esistenti.

Da un punto di vista geometrico rappresenta la proiezione sulla superficie terrestre della superficie di faglia. Nella Fig. 12 è riportato uno schema di lettura delle caratteristiche geometriche della CSS.



**Fig. 12 Schema geometrico di una sorgente sismogenetica composta (CSS)**

### 4.3 Zonazione Sismogenetica

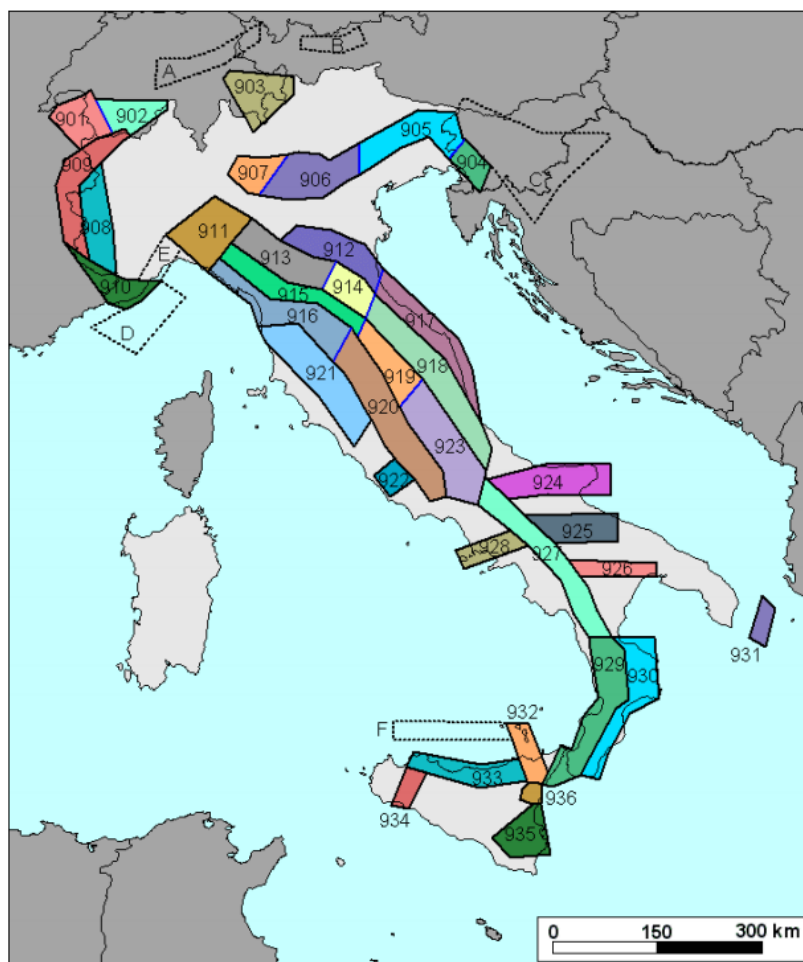
L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale per soddisfare diversi requisiti, ed in particolare per recepire le conoscenze più recenti sulla tettonica attiva della penisola e sulla distribuzione delle sorgenti sismogenetiche, fornire per ogni zona una stima della profondità efficace dei terremoti (ovvero l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti) e un meccanismo di fagliazione prevalente attraverso l'analisi cinematica di eventi geologici importanti che interessano la crosta superficiale e anche strutture profonde (INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004).

La ZS9 rappresenta la più recente zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale ed è stata elaborata tenendo in considerazione i principali riferimenti informativi sui terremoti: progetto DISS e il Database Macrosismico Italiano (DBMI11) che contiene i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani rilasciato nel dicembre 2011 (CPTI11).

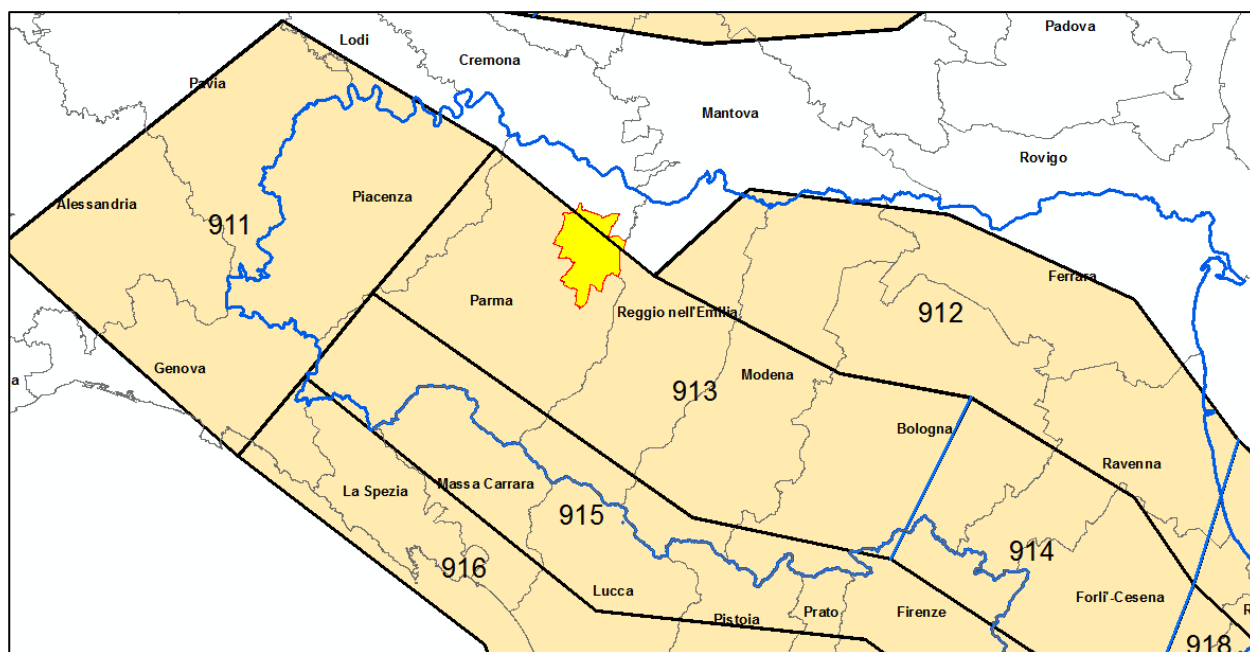
Il territorio italiano è suddiviso in 36 aree differenti numerate da 901 a 936 cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto non contribuiscono alla pericolosità del territorio italiano o hanno un numero di eventi interno molto basso. Si possono distinguere le seguenti porzioni (vedi Fig. 13):

- Arco alpino: 901 ÷ 910
- Appennino settentrionale e centrale: 911 ÷ 923
- Appennino meridionale e avampaese apulo: 924 ÷ 928 e 931
- Calabria: 929 – 930
- Sicilia: 932 ÷ 936

Se si osserva Fig. 13 l'area in esame si trova su limite Nord della zona 913 nel settore dell'Appennino settentrionale. Insieme alle zone 914 e 918 rappresenta una fascia in cui si verificano terremoti prevalentemente compressivi nel settore in esame e distensivi nella porzione più sud-orientale. Le profondità ipocentrali sono mediamente superiori rispetto alla fascia più esterna e le magnitudo raggiunte presentano di rado valori elevati.



**Fig. 13** Zonazione sismogenetica ZS9. I limiti blu separano zone con analogo significato cinematico ma diverse caratteristiche sismiche (fonte: INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004)



**Fig. 14** Particolare di Fig. 13 in cui viene evidenziato il comune di Parma

#### 4.4 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2008, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

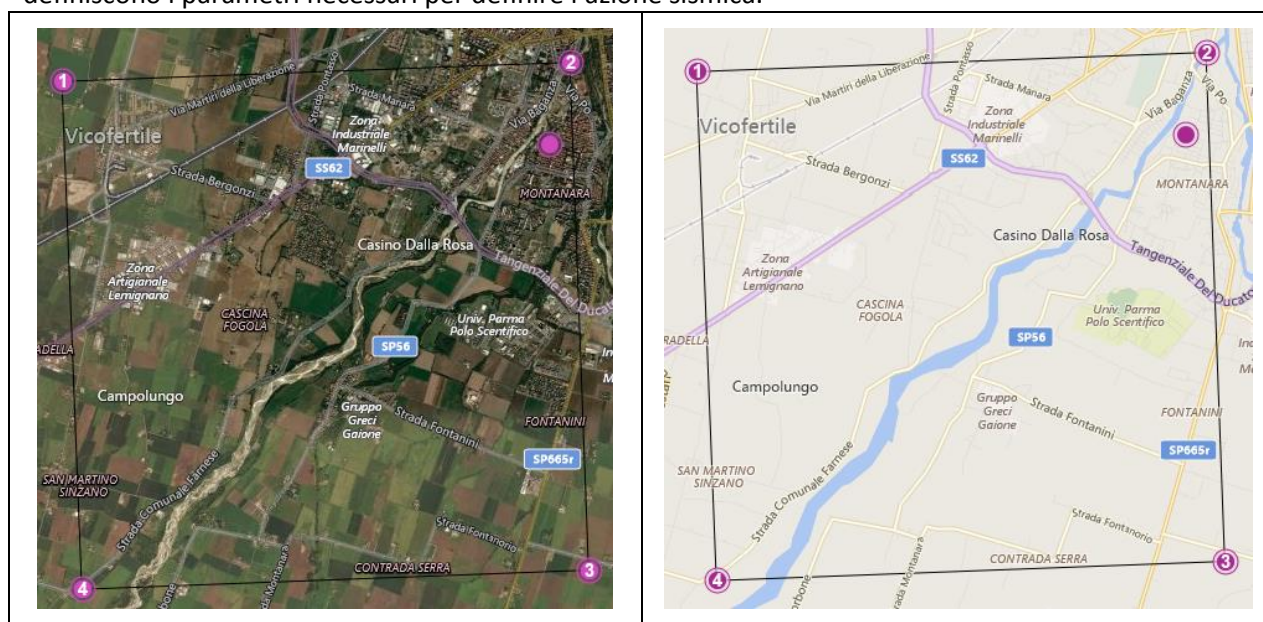
La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2008 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$ : 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.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

L’area di studio è individuata dalle coordinate (ED50) Lat: 44,7847862° Long: 10,3186016° e ricade pertanto all’interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Fig. 15 per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l’azione sismica.



**Fig. 15 Rappresentazione dei punti della maglia del reticolo di riferimento riportati nella Tab.1 allegata alle NTC 2008**

La seguente Tab. 3 riporta i parametri sismici relativi all’area in esame, così come definiti dalle NTC 2008:

**Tab. 3 Parametri sismici dell’area di intervento (Tabella 1 allegata alle NTC 2008)**

| Stato limite | Tr [anni] | $A_g$ [g] | $F_0$ [-] | $T^*c$ [s] |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | SLO       | 60        | 0,063     | 2,485      |
| SLD          | SLD       | 101       | 0,079     | 2,477      |
| SLV          | SLV       | 949       | 0,186     | 2,461      |

|     |     |      |       |       |
|-----|-----|------|-------|-------|
| SLC | SLC | 1950 | 0,230 | 2,484 |
|-----|-----|------|-------|-------|

Per quanto riguarda inoltre la definizione dei coefficienti sismici sono state operate a livello preliminare le seguenti classificazioni tipologiche sia per quanto concerne l'opera in progetto, sia per quanto riguarda la stratigrafia del sito di edificazione.

In primo luogo è stata definita a livello preliminare la classe prevalente delle opere, facendo riferimento alla **IV Classe**, così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 4).

**Tab. 4 Classi degli edifici secondo le NTC 2008**

| Classe | Descrizione                                                |
|--------|------------------------------------------------------------|
| I.     | Presenza occasionale di persone, edifici agricoli          |
| II.    | Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali |
| III.   | Affollamento significativo                                 |
| IV.    | Funzioni pubbliche o strategiche importanti                |

E' stata quindi definita la "Vita nominale" dell'opera, facendo riferimento al valore di **50 anni**, così come definito dalle NTC 2008 (Tab. 5).

**Tab. 5 Vita nominale delle opere secondo le NTC 2008**

| Tipo opera        | Vita Nominale |
|-------------------|---------------|
| Opere provvisorie | $\leq 10$ ,   |
| Opere ordinarie   | $\geq 50$ ,   |
| Grandi opere      | $\geq 100$    |

E' stata inoltre definita, sempre con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC 2008, e alle caratteristiche stratigrafiche individuate, la categoria di sottosuolo del sito di edificazione, facendo riferimento alla **Categoria C**, così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 6).

**Tab. 6 Categorie di sottosuolo secondo le NTC 2008**

| Categoria | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A         | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).      |
| 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina). |
| D         | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).                 |

| Categoria | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E         | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).                                                                                                                                                |
| S1        | Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ 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 |
| S2        | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.                                                                                                                         |

Per quanto riguarda infine la definizione della categoria topografica dell'area in esame è stato fatto riferimento alla categoria **T1** in ragione della morfologia dell'area e così come definita dalle NTC 2008 (Tab. 7).

**Tab. 7    Categorie topografiche secondo le NTC 2008**

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica                                                                    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$                                                                    |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

Sulla base delle classificazioni sopra riportate è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permetteranno di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni riportate nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC.

La seguente Tab. 8 riporta i coefficienti sismici necessari per la definizione dello spettro relativo all'area di intervento.

**Tab. 8    Calcolo dei coefficienti sismici**

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0,019 | 0,024 | 0,064 | 0,087 |
| kv                       | 0,009 | 0,012 | 0,032 | 0,044 |
| amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0,931 | 1,163 | 2,605 | 3,062 |
| Beta                     | 0,200 | 0,200 | 0,240 | 0,280 |

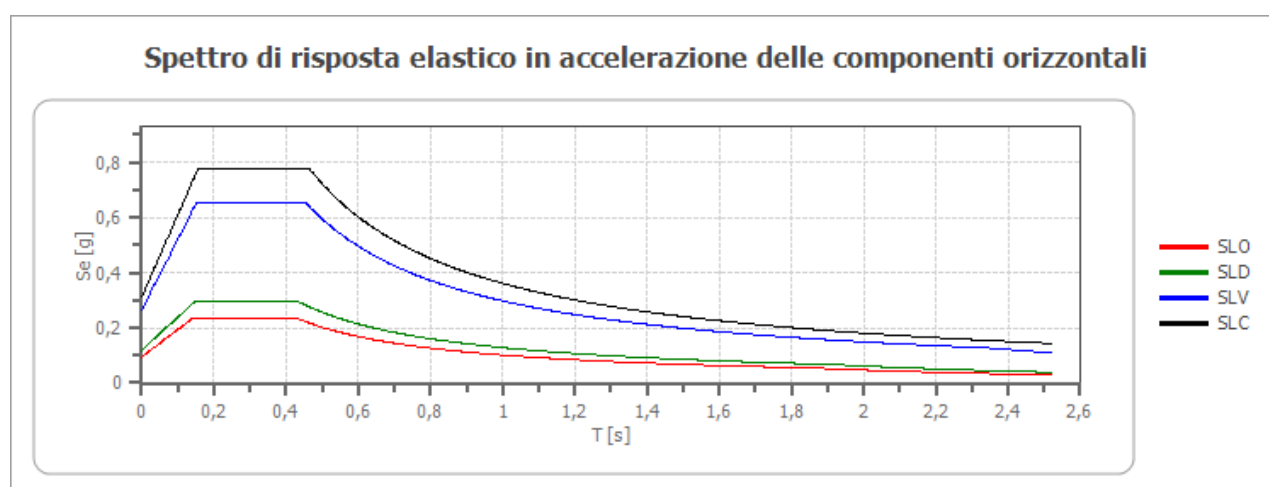
#### 4.4.1. Spettro di risposta elastico

Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC-08 ed in particolare:

|                               |     |                                          |
|-------------------------------|-----|------------------------------------------|
| SLE Stati limite di esercizio | SLO | Stato limite di operatività              |
|                               | SLD | Stato limite di danno                    |
| SLU Stati limite ultimi       | SLV | Stato limite di salvaguardia della vita  |
|                               | SLC | Stato limite di prevenzione del collasso |

I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi ( $S_d$  [g]) rispetto ad un periodo di oscillazione di riferimento ( $T$  [s]). Nel corso della progettazione strutturale esecutiva degli interventi tali considerazioni dovranno essere verificate e puntualizzate in funzione delle caratteristiche strutturali e dimensionali degli edifici stessi.

##### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



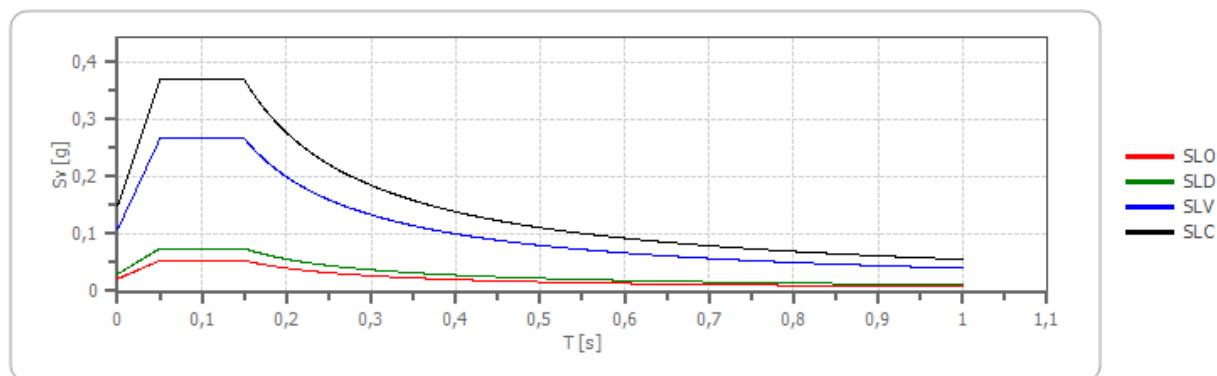
|     | cu  | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] | Ss<br>[-] | Cc<br>[-] | St<br>[-] | S<br>[-] | η<br>[-] | TB<br>[s] | TC<br>[s] | TD<br>[s] | Se(0)<br>[g] | Se(TB)<br>[g] |
|-----|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| SLO | 2,0 | 0,063     | 2,485     | 0,261      | 1,500     | 1,640     | 1,000     | 1,500    | 1,000    | 0,142     | 0,427     | 1,853     | 0,095        | 0,236         |
| SLD | 2,0 | 0,079     | 2,477     | 0,269      | 1,500     | 1,620     | 1,000     | 1,500    | 1,000    | 0,145     | 0,436     | 1,916     | 0,119        | 0,294         |
| SLV | 2,0 | 0,186     | 2,461     | 0,288      | 1,430     | 1,580     | 1,000     | 1,430    | 1,000    | 0,152     | 0,455     | 2,343     | 0,266        | 0,654         |
| SLC | 2,0 | 0,230     | 2,484     | 0,299      | 1,360     | 1,560     | 1,000     | 1,360    | 1,000    | 0,155     | 0,466     | 2,518     | 0,312        | 0,776         |

##### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



|     | cu  | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] | Ss<br>[-] | Cc<br>[-] | St<br>[-] | S<br>[-] | $\eta$<br>[-] | TB<br>[s] | TC<br>[s] | TD<br>[s] | Se(0)<br>[g] | Se(TB)<br>[g] |
|-----|-----|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|-----------|-----------|--------------|---------------|
| SLO | 2,0 | 0,063     | 2,485     | 0,261      | 1         | 1,640     | 1,000     | 1,000    | 1,000         | 0,050     | 0,150     | 1,000     | 0,022        | 0,053         |
| SLD | 2,0 | 0,079     | 2,477     | 0,269      | 1         | 1,620     | 1,000     | 1,000    | 1,000         | 0,050     | 0,150     | 1,000     | 0,030        | 0,074         |
| SLV | 2,0 | 0,186     | 2,461     | 0,288      | 1         | 1,580     | 1,000     | 1,000    | 1,000         | 0,050     | 0,150     | 1,000     | 0,108        | 0,266         |
| SLC | 2,0 | 0,230     | 2,484     | 0,299      | 1         | 1,560     | 1,000     | 1,000    | 1,000         | 0,050     | 0,150     | 1,000     | 0,148        | 0,369         |

## 5 Indagini geognostiche

Il programma di indagine eseguito in corrispondenza del sito in esame ha riguardato:

- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti fino alla profondità di 20 metri dal piano campagna per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni di fondazione;
- n° 1 prova penetrometrica dinamica continua SCPT fino alla profondità di 6,9 m da p.c.
- n° 1 prospezione sismica mediante tecnica MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) finalizzata alla determinazione dei parametri sismici (ed in particolare della Vs30).

Nella seguente Fig. 16 è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite.

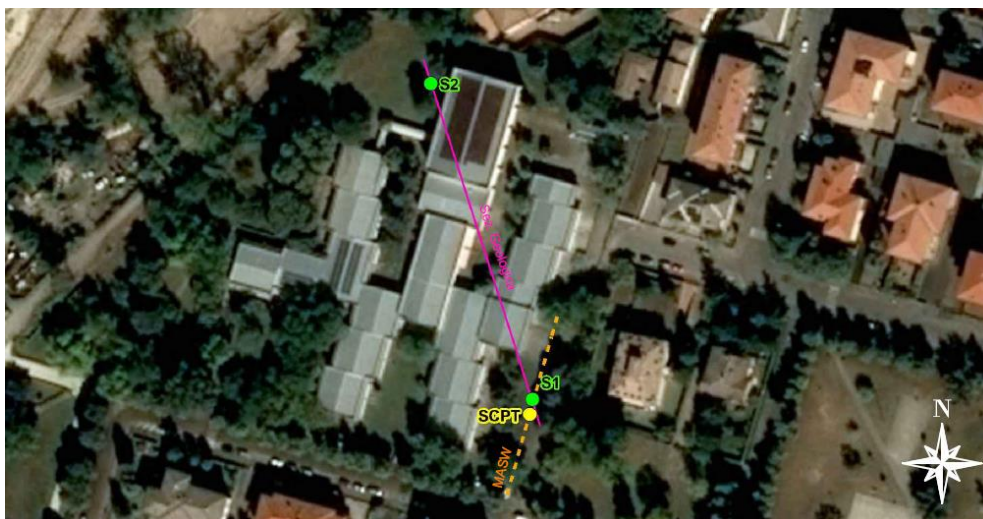


Fig. 16 Ubicazione delle indagini

### 5.1 Sondaggio a carotaggio continuo

I carotaggi continui sono stati effettuati utilizzando un sistema di perforazione tradizionale costituito da batteria di aste e carotiere semplice da 101 mm di diametro, con avanzamento a secco utilizzando, ove necessario, acque chiare come fluido di circolazione. La stabilizzazione del foro è stata ottenuta previo rivestimento mediante tubazioni da 127 mm di diametro e lunghezza di 1.5 m.

Le carote di terreno estratte nel corso del sondaggio sono state conservate in apposite cassette catalogatrici in PVC, provviste di scomparti da 1.0 m di lunghezza.

Sono state inoltre eseguite prove SPT così come indicato nella seguente Tab. 9.

Le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state eseguite in avanzamento all'interno dei fori di sondaggio, con la porzione di foro sovrastante rivestita. Per l'esecuzione delle prove sono state utilizzate attrezzature conformi a quanto stabilito nelle normative di riferimento ASTM D.1586/67 – 74, UNI ENV 1997-3:2002 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Progettazione assistita con prove in sito, UNI EN ISO 22476-3:2005 Indagini e prove geotecniche – Prove in sito – Parte 3: Prova penetrometrica dinamica tipo SPT (Standard Penetration Test).

Tab. 9 Prove SPT

| Sondaggio | SPT | Profondità | Valori rilevati |
|-----------|-----|------------|-----------------|
| S1        | 1   | 7.30       | 36 – 50 - R     |
| S1        | 2   | 13.20      | 32 – 29 - 33    |

| Sondaggio | SPT | Profondità | Valori rilevati |
|-----------|-----|------------|-----------------|
| S2        | 1   | 8.50       | 50 - R          |
| S2        | 2   | 15.0       | 30 – 41 - R     |

## 5.2 Prova penetrometrica dinamica continua

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche SCPT è stato utilizzato il penetrometro dinamico Pagani TG 63-100 configurato con le seguenti caratteristiche:

- Massa battente: 73,00 kg;
- Altezza caduta libera: 0,75 m;
- Massa sistema battuta: 30,00 kg;
- Diametro punta conica: 50,80 mm;
- Area base punta conica: 0,0020 m<sup>2</sup>;
- Angolo apertura punta: 60°;
- Lunghezza delle aste: 1,00 m;
- Massa aste per metro: 8,00 kg;
- Profondità giunzione prima asta: 0,80 m;
- Avanzamento punta: 0,30 m;

Per la prova suddetta l'incertezza associata alle misure è del 20%. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ( $k=2$ ) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

## 5.3 Rilievo MASW per il calcolo della Vs30

Per determinare la rigidità media dei terreni da indagare e la sua classificazione ai sensi delle NTC, sono state effettuate due indagini MASW.

Queste indagini sono state condotte per raggiungere i seguenti obiettivi:

- ricostruire la geometria delle unità litotecniche (definire gli spessori delle principali coperture e delle principali unità litotecniche);
- caratterizzare con la velocità delle onde S, le unità litologico-tecniche;
- definire la tipologia di substrato ai sensi delle NTC.

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente (di almeno 8-10 Kg) di 12 o più canali (separati da 0,5m a 10m), fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità.

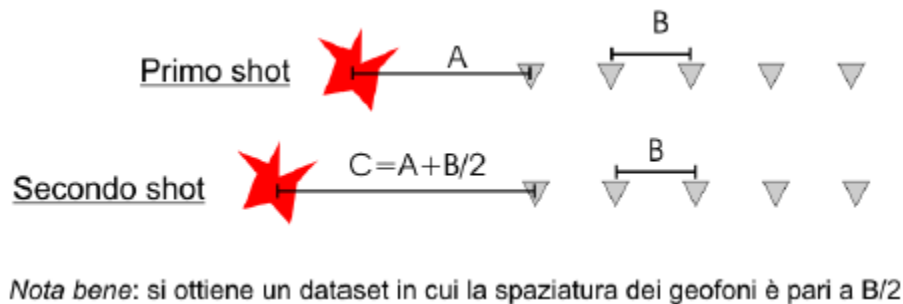
Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.

La tecnica permette inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs.

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 12 canali (PASI 16SG12) collegata a geofoni verticali a frequenza propria di 4,5 Hz, con spaziatura tra i geofoni di 2 m., durata di acquisizione di 1 sec. Con passo di campionamento di 0,25 ms.

Dato l'utilizzo di un sismografo a 12 canali è stata effettuata una doppia acquisizione e i due dataset (da 12 tracce ciascuna) sono stati sommati per ottenere un unico dataset che "simula" un'acquisizione a 24 tracce.

Per ottenere questo risultato la sorgente è stata spostata (allontanata) di una lunghezza pari a metà della distanza intergeofonica (ed i geofoni restano immobili), come riportato in Fig. 17.

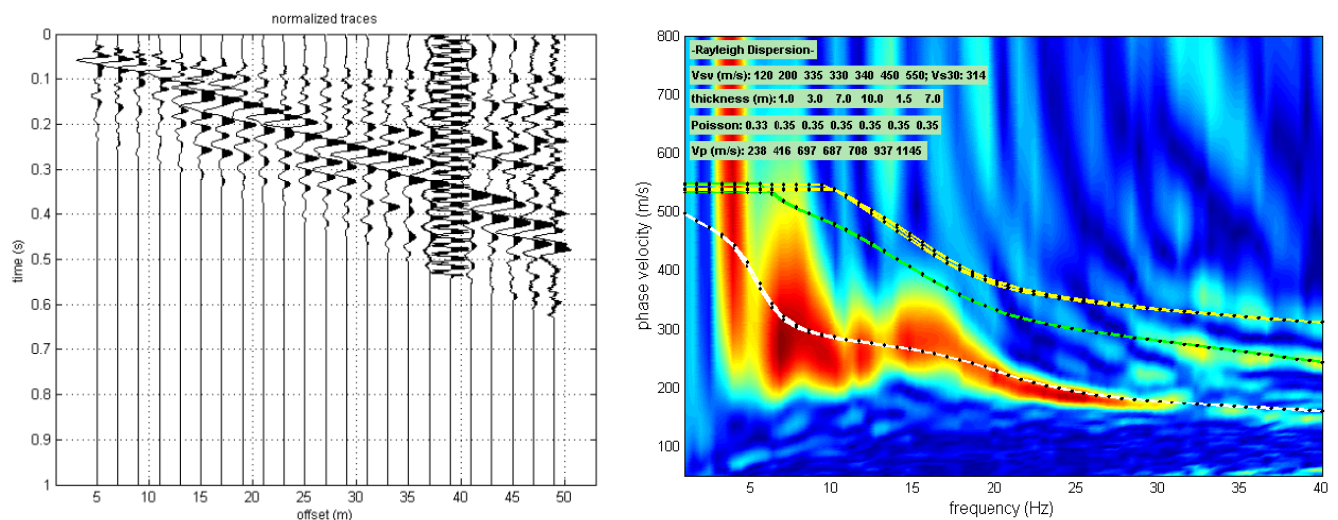


**Fig. 17 Metodo per la somma di un dataset**

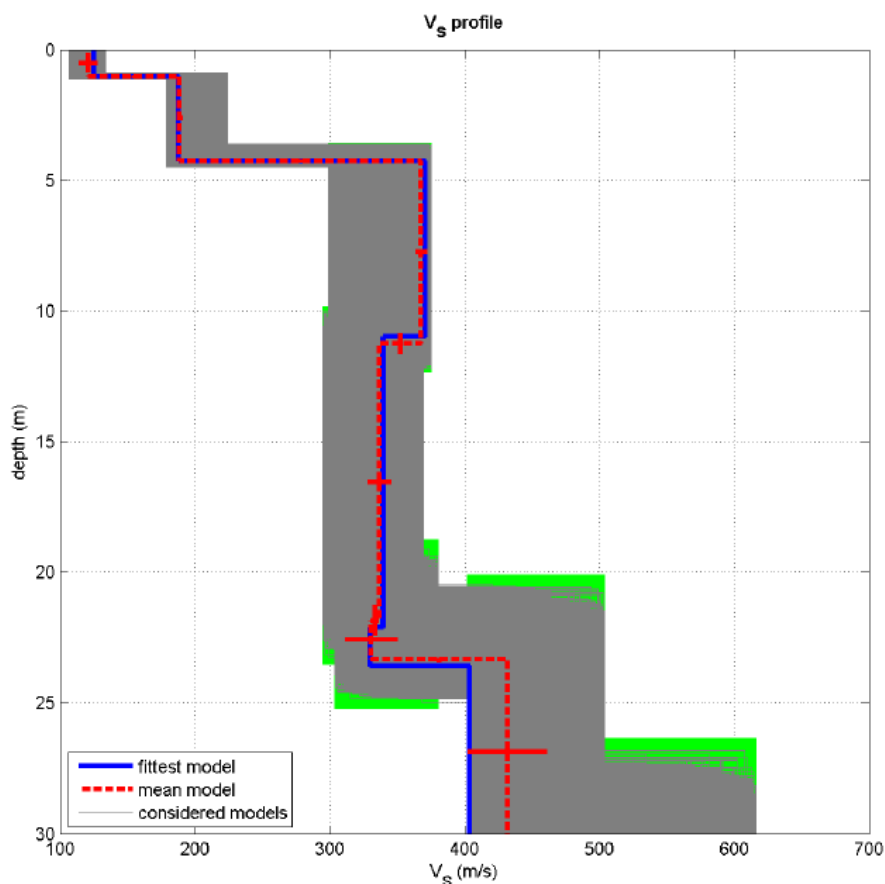
L'energizzazione, realizzata a distanze di 6, 8, 10, 12, 16 e 18 m dal primo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 10 kg.

## 5.4 Elaborazione dei dati

I dati acquisiti (Fig. 18) sono stati elaborati mediante software winMASW 4.3 Standard, per ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio Vs.



In Fig. 19 sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW.



**Fig. 19 Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW in cui si rappresenta il profilo verticale Vs identificato.**

Dall'esame dei grafici sotto riportati si può rilevare che il **valore della Vs30 calcolato è di 310 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008) il sito in esame rientra quindi nella **categoria di suolo C** corrispondenti a "C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < \text{cu}_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

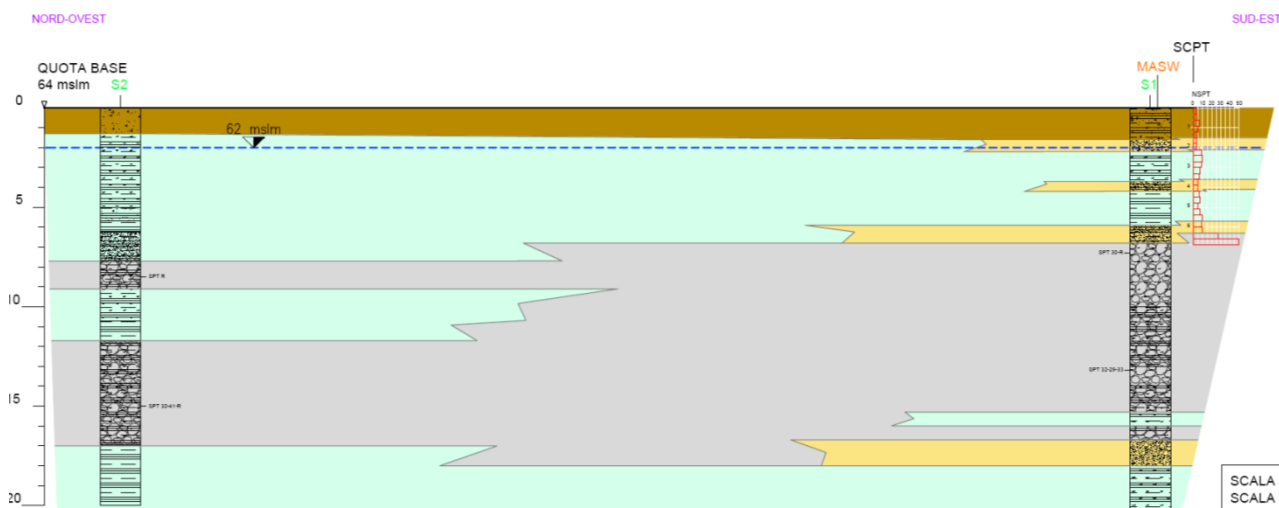
## 6 Modello geologico locale

Secondo la definizione introdotta dalla Circ. M.I.T. n. 617/2009 (Art. C.6.2.1), “Il Modello Geologico deve definire con preciso riferimento al progetto i lineamenti morfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità; inoltre, deve illustrare i caratteri geostutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità e fornire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.”

Nel contesto in esame assumono rilevanza, ai fini della definizione del modello, essenzialmente i caratteri stratigrafici e idrogeologici del substrato in quanto i processi geomorfologici e più in generale i pericoli ad esso connessi non trovano sviluppo.

Sulla base pertanto delle informazioni stratigrafiche rilevate nel corso della realizzazione della campagna di indagine è stata definita una sezione, riportata nella Tav. 3 “Sezione geologica geotecnica”, che descrive le caratteristiche del modello interpretativo all’interno dell’area con particolare riferimento alla sua stratigrafia. Le differenti unità stratigrafiche sono state in seguito caratterizzate dal punto di vista geotecnico attraverso l’analisi dei dati penetrometrici rilevati (Par. 6.1).

Nella Fig. 20 è riportato il modello geologico dell’area di intervento.



**Fig. 20 Modello geologico dell’area (Stralcio Tav. 3 allegata)**

Il modello evidenzia come nel sottosuolo siano essenzialmente individuabili due unità.

Al di sotto di uno spesso livello di materiali di riporto (1,5 – 1,7 metri) sono presenti depositi argillosi e limo - argillosi moderatamente consistenti fino alla profondità di 7 – 8 metri. Nel settore sud orientale (in corrispondenza del sondaggio S1) all’interno di questi depositi sono riconoscibili strati di spessore inferiore al metro di sabbie fini limose.

Più in profondità (fino a – 17 metri dalla superficie) sono presenti depositi ghiaiosi in matrice limo argillosa e ed in subordine limo sabbiosa molto addensati. Solo in corrispondenza del sondaggio S1, alla base delle ghiaie, è stato individuato uno strato di sabbie avente uno spessore di circa 80 cm.

Al di sotto del livello ghiaioso sono presenti depositi caratterizzati da una fitta alternanza di argille limose (ed in subordine di limi sabbiosi in corrispondenza del sondaggio 1) individuabili fino a 20 m dal piano campagna.

Per quanto riguarda l’assetto piezometrico, deve essere evidenziato che nell’area sono presenti, come già ricordato, due falde distinte. La principale, situata all’interno del corpo ghiaioso presente

nell'intervallo di profondità 7 – 17 metri, risulta con ogni probabilità in collegamento diretto con i depositi e la falda di subalveo e pertanto risente del regime idrometrico del corso d'acqua. Per questo motivo si deve ipotizzare che stagionalmente tale corpo ghiaioso si saturi completamente e che addirittura si possa determinare una pressione in grado di produrre un innalzamento dei livelli anche al di sopra della sua sommità.

Considerando inoltre la presenza di strati di limi sabbiosi all'interno dei depositi argillosi e limosi più superficiali si è ritenuto opportuno definire un livello piezometrico "di progetto" in corrispondenza della sommità di questi strati individuando una linea di saturazione valida per tutta l'area, corrispondente alla quota di 62 m s.l.m (soggiacenza di 2 metri circa dal piano campagna).

## 6.1 Parametri geotecnici dei terreni

Sulla base dell'analisi dei dati rilevati nel corso dei sondaggi è stato possibile definire i principali parametri geotecnici dei terreni. I tabulati di calcolo sono riportati in allegato al presente documento.

Con riferimento ai livelli di ghiaie in matrice limo argillosa e limo sabbiosa presenti nell'intervallo di profondità 7,00 – 17,00 dalla superficie, i principali parametri sono elencati nella seguente Tab. 10.

**Tab. 10 Parametri geotecnici relativi ai livelli di materiali incoerenti**

| <u>S1</u> |              |      | Peso di volume    | Angolo di attrito                     |                             |
|-----------|--------------|------|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|           | Profondità   | NSPT | Meyerhof          | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) | Japanese e National Railway |
|           |              |      | KN/m <sup>3</sup> | °                                     |                             |
|           |              |      |                   |                                       |                             |
|           | 7,3          | 100  | 22,26             | 43,4                                  | 44,2                        |
|           | 13,2         | 62   | 21,48             | 38,0                                  | 38,5                        |
|           | Valore medio |      | 22,26             | 41,0                                  |                             |

| <u>S2</u> |              |      | Peso di volume    | Angolo di attrito                     |                             |
|-----------|--------------|------|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|           | Profondità   | NSPT | Meyerhof          | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) | Japanese e National Railway |
|           |              |      | KN/m <sup>3</sup> | °                                     |                             |
|           |              |      |                   |                                       |                             |
|           | 8,5          | 100  | 22,26             | 43,4                                  | 44,2                        |
|           | 15           | 91   | 22,06             | 42,1                                  | 42,9                        |
|           | Valore medio |      | 22,26             | 43,1                                  |                             |

Per quanto riguarda i livelli di argille e argille limose e sabbie fini limose presenti tra 2,00 e 7,00 e oltre i 17 metri dalla superficie, i principali parametri sono elencati nella seguente Tab. 11.

**Tab. 11 Parametri geotecnici relativi ai livelli di materiali coesivi**

| <u>S1</u>          |                |      | Peso di volume    | Coesione non drenata |                      |  |
|--------------------|----------------|------|-------------------|----------------------|----------------------|--|
| Litologia          | Profondità (m) | Nspt | Meyerhof          | U.S.D.M.S.M.         | Terzaghi-Peck (1948) |  |
|                    |                |      | KN/m <sup>3</sup> | KPa                  |                      |  |
| Terreno di riporto | 1,5            | 4    | 16,67             | 15,98                | 14,71                |  |
| Limo argilloso     | 3,6            | 9    | 19,0              | 35,4                 | 49,03                |  |
| Argille limose     | 5,7            | 7    | 18,2              | 27,8                 | 25                   |  |

| <u>S2</u>             |                |      | Peso di volume    | Angolo di attrito                     |                             |              |
|-----------------------|----------------|------|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------|
|                       | Profondità (m) | Nspt | Meyerhof          | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) | Japanese e National Railway | Sowers (161) |
|                       |                |      | KN/m <sup>3</sup> | °                                     |                             |              |
| Sabbia fine limosa    | 2,1            | 3    | 14,2              | 27,86                                 | -                           | 28,8         |
| Sabbia fine argillosa | 4,1            | 5    | 15,1              | 28,43                                 | -                           | 29,4         |
| Sabbia fine argillosa | 6,3            | 10   | 17,0              | 29,86                                 | -                           | 30,8         |

## ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE DATI PENETROMETRICI

### PROVA ...S1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO  
 Prova eseguita in data 18/12/2017  
 Quota 51,00 mt  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 7,45           | 36        |
| 7,60           | 50        |
| 7,75           | 50        |
|                |           |
| 13,35          | 32        |
| 13,50          | 29        |
| 13,65          | 33        |

#### TERRENI INCOERENTI

##### Angolo di resistenza al taglio

|       | Nspt   | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 | Meyerhof (1956) | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | Schmertmann (1977) Sabbie | Mitchell & Katti (1981) | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | Japanese National Railway | De Mello | Owasaki & Iwasaki |
|-------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|----------|-------------------|
| [1] - | 99,7   | 7,75             | 57,35                            | 43,39                               | 36,39           | 44,06         | 32,43         | 42,69           | 42                        | >38                     | 44,33                                         | 44,2                      | 51,81    | 48,87             |
| [2] - | 61,814 | 13,65            | 38,407                           | 37,97                               | 30,97           | 38,75         | 29,62         | 41,24           | 39,5                      | 35-38                   | 39                                            | 38,52                     | 43,97    | 42,72             |

##### Peso unità di volume

|       | Nspt   | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione      | Peso Unità di Volume (KN/m³) |
|-------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------|
| [1] - | 99,7   | 7,75             | 57,35                            | Meyerhof ed altri | 22,26                        |
| [2] - | 61,814 | 13,65            | 38,407                           | Meyerhof ed altri | 21,48                        |

### PROVA ...S2

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO  
 Prova eseguita in data 20/12/2017  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 8,65           | 50        |
| 8,80           | 50        |
| 8,95           | 50        |
|                |           |
| 15,15          | 30        |
| 15,30          | 41        |
| 15,45          | 50        |

#### TERRENI INCOERENTI

##### Angolo di resistenza al taglio

|       | Nspt   | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956 | Meyerh of (1956) | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerh of (1965) | Schmertmann (1977) Sabbie | Mitchell & Katti (1981) | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | Japanese National Railway | De Mello | Owasaki & Iwasaki |
|-------|--------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|----------|-------------------|
| [1] - | 99,7   | 8,95             | 57,35                            | 43,39                                | 36,39            | 44,06         | 32,12         | 42,69            | 42                        | >38                     | 44,33                                         | 44,2                      | 51,42    | 48,87             |
| [2] - | 90,727 | 15,45            | 52,8635                          | 42,1                                 | 35,1             | 42,8          | 29,82         | 42,61            | 40,78                     | >38                     | 43,16                                         | 42,86                     | 45,67    | 47,52             |

#### Peso unità di volume

|       | Nspt   | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione      | Peso Unità di Volume (KN/m³) |
|-------|--------|------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------|
| [1] - | 99,7   | 8,95             | 57,35                            | Meyerhof ed altri | 22,26                        |
| [2] - | 90,727 | 15,45            | 52,8635                          | Meyerhof ed altri | 22,06                        |

### PROVA ...SCPT

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-100 PAGANI  
Prova eseguita in data 12/12/2017  
Profondità prova 6,90 mt  
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Mpa) | Res. dinamica (Mpa) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa) |
|----------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 0,30           | 3         | 0,853                              | 2,05                        | 2,40                | 102,36                                                     | 120,04                                       |
| 0,60           | 4         | 0,847                              | 2,71                        | 3,20                | 135,56                                                     | 160,05                                       |
| 0,90           | 6         | 0,842                              | 3,68                        | 4,37                | 184,00                                                     | 218,65                                       |
| 1,20           | 5         | 0,836                              | 3,05                        | 3,64                | 152,37                                                     | 182,21                                       |
| 1,50           | 4         | 0,831                              | 2,42                        | 2,92                | 121,16                                                     | 145,76                                       |
| 1,80           | 3         | 0,826                              | 1,81                        | 2,19                | 90,34                                                      | 109,32                                       |
| 2,10           | 3         | 0,822                              | 1,65                        | 2,01                | 82,46                                                      | 100,37                                       |
| 2,40           | 9         | 0,817                              | 4,92                        | 6,02                | 246,04                                                     | 301,10                                       |
| 2,70           | 10        | 0,813                              | 5,44                        | 6,69                | 271,93                                                     | 334,55                                       |
| 3,00           | 9         | 0,809                              | 4,50                        | 5,57                | 225,05                                                     | 278,29                                       |
| 3,30           | 7         | 0,805                              | 3,48                        | 4,33                | 174,18                                                     | 216,45                                       |
| 3,60           | 6         | 0,801                              | 2,97                        | 3,71                | 148,58                                                     | 185,53                                       |
| 3,90           | 5         | 0,797                              | 2,29                        | 2,87                | 114,58                                                     | 143,72                                       |
| 4,20           | 5         | 0,794                              | 2,28                        | 2,87                | 114,07                                                     | 143,72                                       |
| 4,50           | 6         | 0,790                              | 2,73                        | 3,45                | 136,31                                                     | 172,47                                       |
| 4,80           | 7         | 0,787                              | 3,17                        | 4,02                | 158,37                                                     | 201,21                                       |
| 5,10           | 5         | 0,784                              | 2,11                        | 2,69                | 105,27                                                     | 134,27                                       |
| 5,40           | 7         | 0,781                              | 2,94                        | 3,76                | 146,82                                                     | 187,98                                       |
| 5,70           | 10        | 0,778                              | 4,18                        | 5,37                | 208,98                                                     | 268,54                                       |
| 6,00           | 9         | 0,775                              | 3,52                        | 4,54                | 175,85                                                     | 226,77                                       |
| 6,30           | 10        | 0,773                              | 3,89                        | 5,04                | 194,73                                                     | 251,97                                       |
| 6,60           | 27        | 0,670                              | 9,12                        | 13,61               | 456,05                                                     | 680,31                                       |
| 6,90           | 50        | 0,568                              | 13,48                       | 23,73               | 673,93                                                     | 1186,60                                      |

| Prof. | NPDM | Rd | Tipo | Clay | Peso | Peso | Tension | Coeff. | Nspt | Descrizi |
|-------|------|----|------|------|------|------|---------|--------|------|----------|
|-------|------|----|------|------|------|------|---------|--------|------|----------|

| Strato<br>(m) |      | (Mpa) |                             | Fraction<br>(%) | unità di<br>volume<br>(KN/m³) | unità di<br>volume<br>saturato<br>(KN/m³) | e<br>efficace<br>(KPa) | di<br>correlaz.<br>con<br>Nspt |    | one                                     |
|---------------|------|-------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|--------------------------------|----|-----------------------------------------|
| 1,5           | 4,4  | 3,31  | Coesivo                     | 0               | 16,67                         | 18,34                                     | 12,5                   | 1,13                           | 4  | Terreno<br>di<br>riporto                |
| 2,1           | 3    | 2,1   | Incoeren<br>te -<br>coesivo | 0               | 15,98                         | 18,24                                     | 29,8                   | 1,13                           | 3  | Sabbia<br>fine<br>limosa                |
| 3,6           | 8,2  | 5,26  | Coesivo                     | 0               | 19,02                         | 20,89                                     | 48,86                  | 1,13                           | 9  | Limo<br>argilloso                       |
| 4,2           | 5    | 2,87  | Incoeren<br>te -<br>coesivo | 0               | 17,26                         | 18,44                                     | 68,3                   | 1,13                           | 5  | Sabbia<br>fine<br>argillosa             |
| 5,7           | 7    | 3,86  | Coesivo                     | 0               | 18,24                         | 18,63                                     | 87,16                  | 1,13                           | 7  | Argilla<br>debolme<br>nte<br>limosa     |
| 6,3           | 9,5  | 4,79  | Incoeren<br>te -<br>coesivo | 0               | 19,32                         | 21,28                                     | 106,64                 | 1,13                           | 10 | Sabbia<br>fine<br>argilloso<br>sabbiosa |
| 6,9           | 38,5 | 18,67 | Incoeren<br>te              | 0               | 21,67                         | 20,79                                     | 118,93                 | 1,13                           | 43 | Ghiaia<br>in<br>matrice<br>limosa       |

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SCPT

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (KPa)

|                                                  | Nspt | Prof.<br>Strato<br>(m) | Terzaghi<br>-Peck | Sanglera<br>t | Terzaghi<br>-Peck<br>(1948) | U.S.D.M<br>.S.M | Schmert<br>mann<br>1975 | SUNDA<br>(1983)<br>Benassi<br>e<br>Vannelli | Fletcher<br>(1965)<br>Argilla<br>di<br>Chicago | Houston<br>(1960) | Shioi -<br>Fukui<br>1982 | Begema<br>nn | De Beer |
|--------------------------------------------------|------|------------------------|-------------------|---------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------|---------|
| [1] -<br>Terreno<br>di<br>riporto                | 4    | 1,50                   | 24,52             | 49,03         | 14,71                       | 15,98           | 38,05                   | 99,34                                       | 35,60                                          | 71,69             | 19,61                    | 52,17        | 49,03   |
| [2] -<br>Sabbia<br>fine<br>limosa                | 3    | 2,10                   | 18,44             | 36,77         | 14,71                       | 12,06           | 28,44                   | 62,96                                       | 26,77                                          | 64,53             | 14,71                    | 28,54        | 36,77   |
| [3] -<br>Limo<br>argilloso                       | 9    | 3,60                   | 59,62             | 110,32        | 49,03                       | 35,40           | 86,49                   | 157,79                                      | 78,45                                          | 109,74            | 44,13                    | 108,66       | 110,32  |
| [4] -<br>Sabbia<br>fine<br>argillosa             | 5    | 4,20                   | 30,60             | 61,29         | 24,52                       | 19,91           | 47,76                   | 86,10                                       | 44,33                                          | 79,04             | 24,52                    | 35,79        | 61,29   |
| [5] -<br>Argilla<br>debolme<br>nte<br>limosa     | 7    | 5,70                   | 42,95             | 85,81         | 24,52                       | 27,75           | 67,08                   | 115,82                                      | 61,49                                          | 94,14             | 34,32                    | 48,35        | 85,81   |
| [6] -<br>Sabbia<br>fine<br>argilloso<br>sabbiosa | 10   | 6,30                   | 66,19             | 122,58        | 49,03                       | 39,23           | 96,20                   | 143,67                                      | 86,79                                          | 117,68            | 49,03                    | 88,16        | 122,58  |

##### Peso unità di volume

|  | Nspt | Prof. Strato | Correlazione | Peso unità di volume |
|--|------|--------------|--------------|----------------------|
|--|------|--------------|--------------|----------------------|

|                                      |    | (m)  |          | (KN/m³) |
|--------------------------------------|----|------|----------|---------|
| [1] - Terreno di riporto             | 4  | 1,50 | Meyerhof | 16,67   |
| [2] - Sabbia fine limosa             | 3  | 2,10 | Meyerhof | 15,98   |
| [3] - Limo argilloso                 | 9  | 3,60 | Meyerhof | 19,02   |
| [4] - Sabbia fine argillosa          | 5  | 4,20 | Meyerhof | 17,26   |
| [5] - Argilla debolmente limosa      | 7  | 5,70 | Meyerhof | 18,24   |
| [6] - Sabbia fine argilloso sabbiosa | 10 | 6,30 | Meyerhof | 19,32   |

#### Peso unità di volume saturo

|                                      | Nspt | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (KN/m³) |
|--------------------------------------|------|------------------|--------------|-------------------------------------|
| [1] - Terreno di riporto             | 4    | 1,50             | Meyerhof     | 18,34                               |
| [2] - Sabbia fine limosa             | 3    | 2,10             | Meyerhof     | 18,24                               |
| [3] - Limo argilloso                 | 9    | 3,60             | Meyerhof     | 20,89                               |
| [4] - Sabbia fine argillosa          | 5    | 4,20             | Meyerhof     | 18,44                               |
| [5] - Argilla debolmente limosa      | 7    | 5,70             | Meyerhof     | 18,63                               |
| [6] - Sabbia fine argilloso sabbiosa | 10   | 6,30             | Meyerhof     | 21,28                               |

#### TERRENI INCOERENTI

##### Angolo di resistenza al taglio

|                                      | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 | Meyerhof (1956) | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | Schmertmann (1977) Sabbie | Mitchell & Katti (1981) | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | Japanese National Railway | De Mello | Owasaki & Iwasaki |
|--------------------------------------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|----------|-------------------|
| [2] - Sabbia fine limosa             | 3    | 2,10             | 3                                | 27,86                               | 20,86           | 28,84         | 29,37         | 30,81           | 0                         | <30                     | 21,71                                         | 27,9                      | 27,44    | 22,75             |
| [4] - Sabbia fine argillosa          | 5    | 4,20             | 5                                | 28,43                               | 21,43           | 29,4          | 28,39         | 31,67           | 0                         | <30                     | 23,66                                         | 28,5                      | 30,4     | 25                |
| [6] - Sabbia fine argilloso sabbiosa | 10   | 6,30             | 10                               | 29,86                               | 22,86           | 30,8          | 28,55         | 33,67           | 0                         | <30                     | 27,25                                         | 30                        | 34,97    | 29,14             |
| [7] - Ghiaia in matrice limosa       | 43   | 6,90             | 43                               | 39,29                               | 32,29           | 40,04         | 30,67         | 41,85           | 41,94                     | 35-38                   | 40,4                                          | 39,9                      | 47,23    | 44,33             |

#### Peso unità di volume

|                                      | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione      | Peso Unità di Volume (KN/m³) |
|--------------------------------------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|------------------------------|
| [2] - Sabbia fine limosa             | 3    | 2,10             | 3                                | Meyerhof ed altri | 14,22                        |
| [4] - Sabbia fine argillosa          | 5    | 4,20             | 5                                | Meyerhof ed altri | 15,10                        |
| [6] - Sabbia fine argilloso sabbiosa | 10   | 6,30             | 10                               | Meyerhof ed altri | 16,97                        |
| [7] - Ghiaia in matrice limosa       | 43   | 6,90             | 43                               | Meyerhof ed altri | 21,67                        |

## **ALLEGATO 2 – SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO**



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: info@provepenetrometriche.com  
www.provepenetrometriche.com

**36.00**

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1**

Pagina 1/6

**RAPPORTO DI PROVA N. R07230**

Committente: **Parma infrastrutture spa**

Località: **Parma, via Fermo Ognibene n. 25/B**

Cantiere: **Scuola G. Rodari**

Data prova: **dal 14/12/17 al 18/12/17**

Data emissione rapporto: **02/01/2018**

**Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro**

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1300 mm e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro  $\phi$  101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro  $\phi$  127 mm per 19.0 m totali in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite n. 2 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) alla profondità di 7.3 m e 13.20 m utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro  $\phi$  50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica (punta chiusa), dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm<sup>2</sup> ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3/6 del presente rapporto.

Dove possibile sono stati effettuati alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 3/6.

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

**IL RESPONSABILE DI SITO**

Dott. Stefano Vignoli



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: info@provepenetrometriche.com  
www.provepenetrometriche.com

**36.00**

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1**

Pagina 2/6

**RAPPORTO DI PROVA N. R07230**

Committente: **Parma infrastrutture spa**

Località: **Parma, via Fermo Ognibene n. 25/B**

Cantiere: **Scuola G. Rodari**

Data prova: **dal 14/12/17 al 18/12/17**

Data emissione rapporto: **02/01/2018**

**Procedure di campionamento**

Le carote prelevate nel corso del sondaggio sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pagg. 5/6 e 6/6) e consegnate alla Committenza.

**Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni**

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

**Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate**

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:

- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

**Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure**

Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione.

Incertezza associata alle prove **SPT**: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ( $k=2$ ) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

Software di elaborazione: "*Stratigrafie*" ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

**IL RESPONSABILE DI SITO**

Dott. Stefano Vigni

Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.

Sondaggio: S1

Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B

Data: dal 14/12/17 al 18/12/17

Coordinate:

Quota:

Perforazione: a carotaggio continuo

SCALA 1:67

STRATIGRAFIA - S1

Pagina 3/6

| o<br>mm | metri<br>batt. | R<br>V | LITOLOGIA | prof.<br>m | Spess.<br>m | DESCRIZIONE                                                                                                                                         | RP  | VT   | Standard Penetration Test |        |    | DATI TECNICI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------|----------------|--------|-----------|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|---------------------------|--------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     |     |      | m                         | S.P.T. | Pt |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 0,2        | 0,2         | Terreno vegetale, bruno nocciola.                                                                                                                   |     |      |                           |        |    | <b>RAPPORTO DI PROVA N. R07230 DEL 02/01/2018</b><br><br>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Elettrica EK200S attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.<br><br>Diametro rivestimento: 127 mm per 19.00 m.<br><br>Il responsabile di Sito:<br>Dott. Stefano Vigni<br><br>Aiuti responsabile in sito:<br>Sig. Alfredo Tonielli<br>Dott. Davide Di Curzio |
|         |                |        |           |            |             | Argilla debolmente limosa, bruno nocciola, molto consistente, con resti vegetali e rari inclusi.                                                    | 314 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1       |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     | 294 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 1,6        | 1,5         |                                                                                                                                                     | 245 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2       |                |        |           |            |             | Sabbia fine limosa, nocciola, molto addensata, asciutta.                                                                                            | 392 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 2,2        | 0,6         |                                                                                                                                                     | 441 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Limo argilloso debolmente sabbioso fine, nocciola, molto consistente.                                                                               |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3       |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     | 392 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 3,6        | 1,5         |                                                                                                                                                     | 392 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4       |                |        |           |            |             | Sabbia fine argillosa, nocciola, molto addensata, umida.                                                                                            | 196 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 4,2        | 0,6         |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Argilla debolmente limosa, nocciola, molto consistente, asciutta.                                                                                   | 343 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5       |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     | 294 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 5,8        | 1,7         |                                                                                                                                                     | 294 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6       |                |        |           |            |             | Sabbia fine argilloso limosa, nocciola, molto addensata, umida.                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 6,7        | 0,9         |                                                                                                                                                     | 245 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 7       |                |        |           |            |             | Ghiaia, con clasti marnosi e calcarei, arrotondata dim. 1-6 cm, in matrice limosa, grigio nocciola, asciutta.                                       | 226 |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 7,3        | 0,6         |                                                                                                                                                     |     | 7,3  | 36-50/9cm                 | C      |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 8       |                |        |           |            |             | Ghiaia e ciottoli calcarei e arenacei, dim. da 2-3 cm a > 10 cm, in matrice limoso sabbiosa debolmente argillosa, molto addensata, grigio nocciola. |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 9       |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10      |                |        |           | 10,0       | 2,7         |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Ghiaia e ciottoli, arrotondati, dim. da < 1 cm a > 10 cm, in abbondante matrice limo argillosa, nocciola.                                           |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 11      |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 12      |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13      |                |        |           | 13,0       | 3,0         |                                                                                                                                                     |     | 13,2 | 32-29-33                  | C      |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Ghiaia e Ciottoli, spigolosi, in scarsa matrice sabbioso limosa, grigio nocciola.                                                                   |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 14      |                |        |           | 14,0       | 1,0         |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Ghiaia, dim. 3-4 cm, con ciottoli, dim. > 10 cm, in abbondante matrice argillosa, nocciola.                                                         |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 15      |                |        |           | 15,3       | 1,3         |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Argilla limosa, nocciola, moderatamente consistente.                                                                                                |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 16      |                |        |           | 16,0       | 0,7         |                                                                                                                                                     | 157 | 65   |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Ghiaia con rari ciottoli, dim. da 2-3 cm a > 10 cm, arrotondati, in matrice limo sabbiosa, nocciola, localmente abbondante.                         |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 17      |                |        |           | 16,7       | 0,7         |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Sabbia, nocciola, umida.                                                                                                                            |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 17,5       | 0,8         |                                                                                                                                                     | 98  | 39   |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Limo sabbioso, con livelli di sabbia limosa, nocciola, moderatamente consistente.                                                                   |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 18      |                |        |           | 18,0       | 0,5         |                                                                                                                                                     | 98  | 45   |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             | Argilla, debolmente limosa, bruno rossastra, moderatamente consistente.                                                                             |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           | 18,6       | 0,6         |                                                                                                                                                     | 127 | 69   |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 19      |                |        |           |            |             | Argilla limosa, nocciola, moderatamente consistente.                                                                                                | 118 | 20   |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     | 98  | 49   |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 20      |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                     | 127 | 59   |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 101     |                |        |           | 20,3       | 1,7         |                                                                                                                                                     |     |      |                           |        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 - Settore C - Prove in Sito

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

| Giorno                 | 15/12/17 | 17/12/17 | 18/12/17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|----------|----------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Ora                    | 17.30    | 12.00    | 09.00    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Livello dell'acqua (m) | 14,75    | assente  | assente  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Prof. perforazione(m)  | 15,30    | 20,30    | 15,30    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Prof. rivestimento(m)  | 15,00    | 19,00    | 15,00    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

PROVE PENETROMETRICHE S1

Elaborazione Dati

Il Tecnico

Il Responsabile di sito  
Dott. Stefano Vigni

*Stefano Vigni*

|                                                                    |                                |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.                           | Sondaggio: S1                  |
| Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B | Data: dal 14/12/17 al 18/12/17 |
| Coordinate:                                                        | Quota:                         |
| Perforazione: a carotaggio continuo                                |                                |

## LEGENDA STRATIGRAFIA

Pagina 4/6

| Ø<br>mm | metri<br>batt. | R<br>v | LITOLOGIA | prof.<br>m | Spess.<br>m | DESCRIZIONE | RP | VT | Standard Penetration Test |        |    | DATI TECNICI |
|---------|----------------|--------|-----------|------------|-------------|-------------|----|----|---------------------------|--------|----|--------------|
|         |                |        |           |            |             |             |    |    | m                         | S.P.T. | Pt |              |
| 1       | 2              | 3      | 4         | 5          | 6           | 7           | 8  | 9  | 10                        | 11     | 12 | 13           |

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Simbolo litologico
- 5) Profondità della base dello strato (m)
- 6) Spessore dello strato (m)
- 7) Descrizione della litologia dello strato
- 8) Resistenza alla punta (kPa)
- 9) Vane test (kPa)
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 13) Dati tecnici

Il Responsabile di sito  
Dott. Stefano Vigni



PROVE PENETROMETRICHE Srl

Elaborazione Dati

Il Tecnico



Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.

Sondaggio: S1

Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B

Data: dal 14/12/17 al 18/12/17

Fotografie - Pagina 1/2

Pagina 5/6



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

PROVE PENETROMETRICHE Srl

Elaborazione Dati

Il Tecnico

Il Responsabile di sito

Botti Stefano Vigni

*Stefano Vigni*

Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.

Sondaggio: S1

Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B

Data: dal 14/12/17 al 18/12/17

Fotografie - Pagina 2/2

Pagina 6/6



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

PROVE PENETROMETRICHE Srl

Elaborazione Dati

Il Tecnico

Il Responsabile di sito

Dott. Stefano Vigni

*Stefano Vigni*



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: info@provepenetrometriche.com  
www.provepenetrometriche.com

**36.00**

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 2**

Pagina 1/6

**RAPPORTO DI PROVA N. R07231**

Committente: **Parma infrastrutture spa**

Località: **Parma, via Fermo Ognibene n. 25/B**

Cantiere: **Scuola G. Rodari**

Data prova: **dal 18/12/17 al 20/12/17**

Data emissione rapporto: **02/01/2018**

**Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro**

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1300 mm e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro  $\phi$  101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro  $\phi$  127 mm per 19.0 m totali in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite n. 2 prove Standard Penetration Test (S.P.T.) alla profondità di 8.5 m e 15.00 m utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro  $\phi$  50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica (punta chiusa), dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm<sup>2</sup> ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3/6 del presente rapporto.

Dove possibile sono stati effettuati alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 3/6.

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

**IL RESPONSABILE DI SITO**

Dott. Geol. Emilio Guerzoni



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: info@provepenetrometriche.com  
www.provepenetrometriche.com

**36.00**

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 2**

Pagina 2/6

**RAPPORTO DI PROVA N. R07231**

Committente: **Parma infrastrutture spa**

Località: **Parma, via Fermo Ognibene n. 25/B**

Cantiere: **Scuola G. Rodari**

Data prova: **dal 18/12/17 al 20/12/17**

Data emissione rapporto: **02/01/2018**

**Procedure di campionamento**

Le carote prelevate nel corso del sondaggio sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pagg. 5/6 e 6/6) e consegnate alla Committenza.

**Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni**

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

**Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate**

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:

- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

**Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure**

Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione.

Incertezza associata alle prove **SPT**: **20%**. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo ( $k=2$ ) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.

Software di elaborazione: "Stratigrafie" ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

**IL RESPONSABILE DI SITO**

Dott. Geol. Emilio Guerzoni

Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.

Sondaggio: S2

Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B

Data: dal 18/12/17 al 20/12/17

Coordinate:

Quota:

Perforazione: a carotaggio continuo

SCALA 1:67

STRATIGRAFIA - S2

Pagina 3/6

| o<br>mm | metri<br>batt. | R<br>V | LITOLOGIA | prof.<br>m | Spess.<br>m | DESCRIZIONE                                                                                                                                                        | RP  | VT  | Standard Penetration Test |               |    | DATI TECNICI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------|----------------|--------|-----------|------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|---------------------------|---------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    |     |     | m                         | S.P.T.        | Pt |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 0,3        | 0,3         | Terreno vegetale, grigio scuro.                                                                                                                                    | 412 | 267 |                           |               |    | <b>RAPPORTO DI PROVA N. R07231 DEL 02/01/2018</b><br><br>Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Elettrica EK200S attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.<br><br>Diametro rivestimento: 127 mm per 19.00 m.<br><br>Il responsabile di Sito:<br>Dott. Geol. Emilio Guerzoni<br><br>Aiuti responsabile in sito:<br>Sig. Francesco Tuosto<br>Dott. Davide Di Curzio |
|         |                |        |           |            |             | Terreno di riporto costituito da argilla, bruna, con ghiaia dim. 1 cm, piccoli frammenti di laterizi. Tra 0.3 - 0.5 m: livello di ghiaia grossolana dim. 4 - 6 cm. | 294 | 190 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 1,3        | 1,0         | Alternanze di argilla e argilla limosa, bruno nocciola, da moderatamente consistenti a molto consistenti, con rari frammenti di laterizi di dim. 1-2 cm.           | 147 | 59  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 275 | 69  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 226 | 135 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 3,0        | 1,7         | Argilla limosa, nocciola, da poco consistente a consistente.                                                                                                       | 196 | 135 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 118 | 76  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 294 | 135 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 4,6        | 1,6         | Argilla debolmente limosa, grigio nocciola, moderatamente consistente.                                                                                             | 98  | 55  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 5,0        | 0,4         | Argilla, bruno rossastra, molto consistente, con rari frammenti di laterizi.                                                                                       | 275 | 78  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 5,7        | 0,7         | Argilla limosa, nocciola, molto consistente.                                                                                                                       | 275 | 98  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 6,2        | 0,5         | Limo, nocciola, molto consistente. Tra 7.00 - 7.30 m: argilla limosa, nocciola. Tra 7.50 - 7.70 m: limo sabbioso, nocciola.                                        | 294 | 98  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 343 | 88  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 226 | 135 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 7,7        | 1,5         | Clasti marnosi e calcarei di dim. 1-10 cm, in matrice argilloso limosa, nocciola grigiasta, molto addensata.                                                       | 226 | 135 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 9,1        | 1,4         | Argilla, bruna, molto consistente.                                                                                                                                 |     |     | 8,5                       | 50/13cm       | C  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 9,5        | 0,4         | Argilla limosa, limo argilloso, nocciola, molto consistente.                                                                                                       | 373 | 98  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 343 | 98  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 245 | 135 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 10,7       | 1,2         | Argilla debolmente limosa, nocciola, molto consistente, con calcinoli.                                                                                             | 147 | 45  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 245 | 135 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 11,7       | 1,0         | Ghiaia e ciottoli arrotondati dim. 1-10 cm, in matrice argilloso limosa, grigio-nocciola, molto addensata.                                                         | 392 | 267 |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 196 | 88  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    |     |     | 15,0                      | 30-41-50/10cm | C  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 17,0       | 5,3         | Argilla debolmente limosa, nocciola, moderatamente consistente.                                                                                                    | 98  | 25  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 98  | 45  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 18,2       | 1,2         | Argilla, bruno nerastra, consistente.                                                                                                                              | 98  | 28  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 18,5       | 0,4         | Argilla, nocciola, consistente.                                                                                                                                    | 147 | 53  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 147 | 49  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           | 19,3       | 0,8         | Argilla, nerastra, molto consistente. Tra 19.80 - 20.00 m: argilla nocciola.                                                                                       | 127 | 29  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|         |                |        |           |            |             |                                                                                                                                                                    | 226 | 98  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 101     | 20             |        |           | 20,0       | 0,7         |                                                                                                                                                                    | 196 | 98  |                           |               |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 - Settore C - Prove in Sito

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

| Giorno                 | 18/12/17 | 19/12/17 | 19/12/17 | 19/12/17 | 20/12/17 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Ora                    | 17.00    | 09.00    | 13.45    | 17.00    | 08.50    |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Livello dell'acqua (m) | 2,90     | 3,70     | 6,70     | 16,80    | 15,55    |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Prof. perforazione(m)  | 5,30     | 5,30     | 16,30    | 18,00    | 18,00    |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Prof. rivestimento(m)  | 4,70     | 4,70     | 9,20     | 13,50    | 17,00    |  |  |  |  |  |  |  |  |

Il Responsabile di sito  
Dott. Geol. Emilio Guerzoni

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

|                                                                    |                                |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.                           | Sondaggio: S2                  |
| Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B | Data: dal 18/12/17 al 20/12/17 |
| Coordinate:                                                        | Quota:                         |
| Perforazione: a carotaggio continuo                                |                                |

## LEGENDA STRATIGRAFIA

Pagina 4/6

| o<br>mm | metri<br>batt. | R<br>v | LITOLOGIA | prof.<br>m | Spess.<br>m | DESCRIZIONE | RP | VT | Standard Penetration Test |        |    | DATI TECNICI |
|---------|----------------|--------|-----------|------------|-------------|-------------|----|----|---------------------------|--------|----|--------------|
|         |                |        |           |            |             |             |    |    | m                         | S.P.T. | Pt |              |
| 1       | 2              | 3      | 4         | 5          | 6           | 7           | 8  | 9  | 10                        | 11     | 12 | 13           |

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Simbolo litologico
- 5) Profondità della base dello strato (m)
- 6) Spessore dello strato (m)
- 7) Descrizione della litologia dello strato
- 8) Resistenza alla punta (kPa)
- 9) Vane test (kPa)
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 13) Dati tecnici

Il Responsabile di sito  
Dott. Geol. Eraldo Guerzoni

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

|                                                                    |                                |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.                           | Sondaggio: S2                  |
| Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B | Data: dal 18/12/17 al 20/12/17 |
| Fotografie - Pagina 1/2                                            | Pagina 5/6                     |



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

|                                                                    |                                |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Committente: Parma Infrastrutture S.p.A.                           | Sondaggio: S2                  |
| Riferimento: Parma (PR), Scuola G. Rodari, via Fermo Ognibene 25/B | Data: dal 18/12/17 al 20/12/17 |
| Fotografie - Pagina 2/2                                            | Pagina 6/6                     |



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00





**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
41051 Castelnovo Rangone (MO) Via per Modena, 8  
Tel. 0 5 9- 5 3 5 0 4 6 / Fax 0 5 9 5 3 9 1 6 6  
[www.provepenetrometriche.com](http://www.provepenetrometriche.com) e-mail:  
[info@provepenetrometriche.com](mailto:info@provepenetrometriche.com)

n° iscrizione registro imprese di Modena P.IVA -c.f. 00812530368



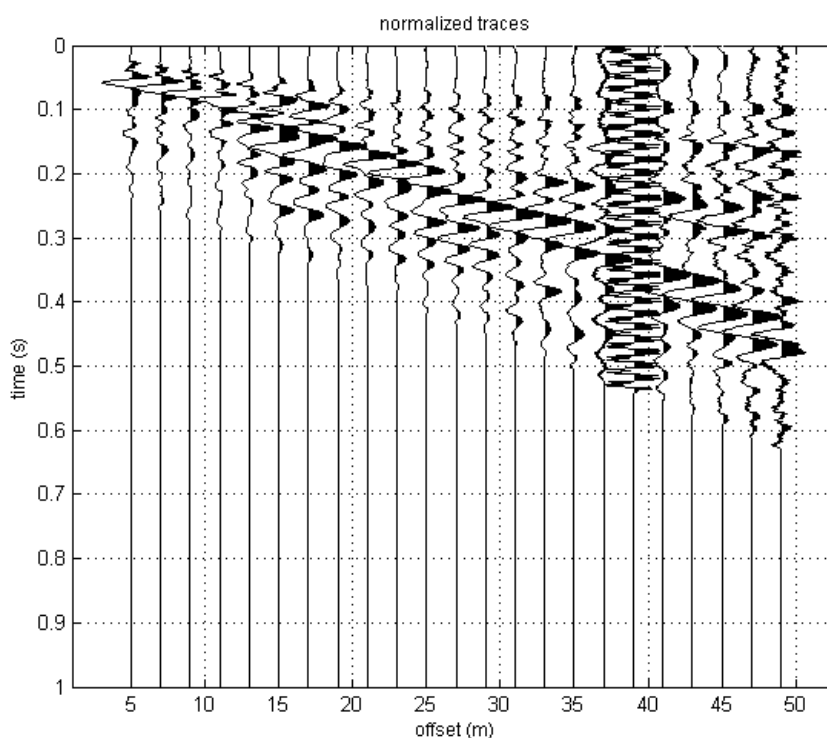
## ANALISI SISMICA DI SITO SECONDO METODOLOGIA M.A.S.W.

**Cantiere:** Via Ognibene 25/b, Parma (PR);  
Scuola Rodari  
**Data:** 15/11/17

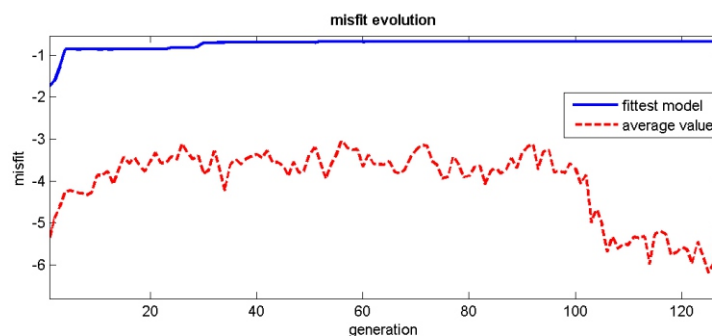
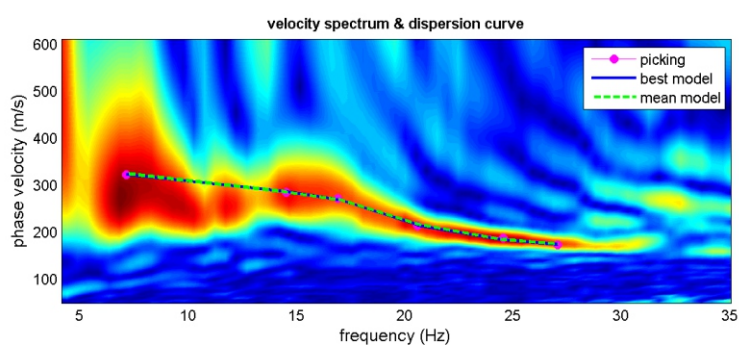
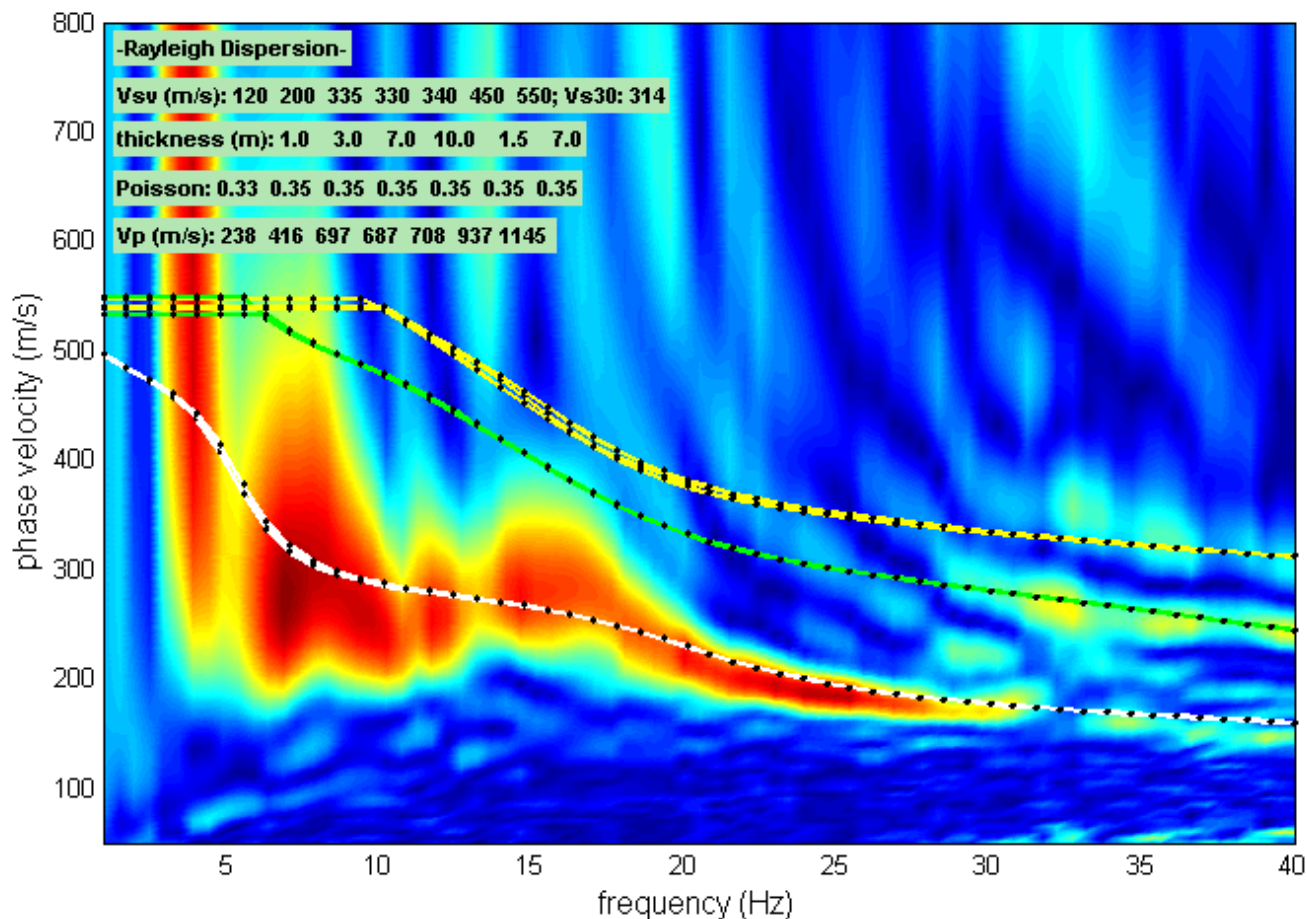
**MASW**



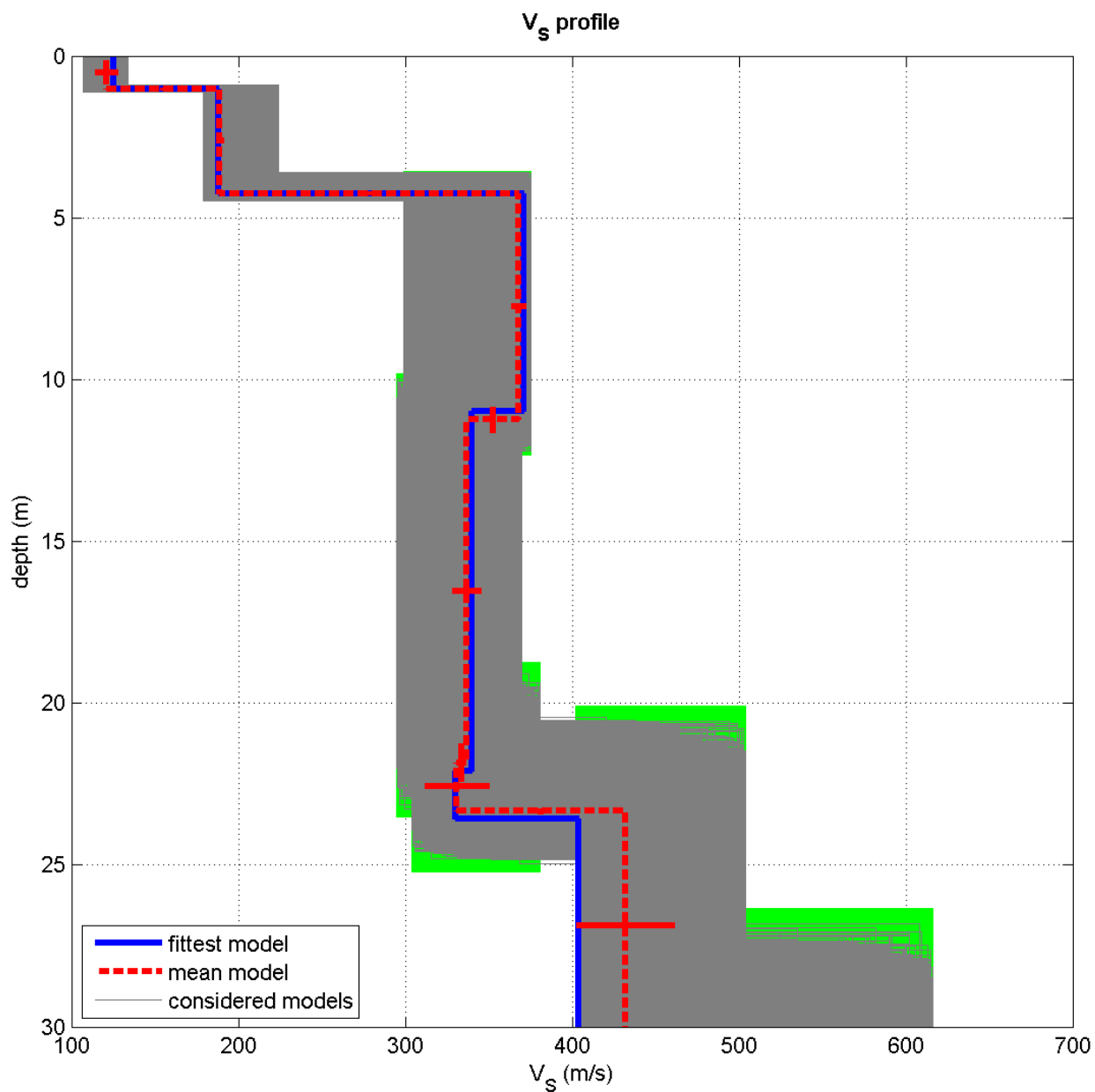
UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO SISMICO IMPIEGATO



## SPETTRO RELATIVO ALLE VELOCITA' DI FASE, REGISTRATE NEL DOMINIO DELLE FREQUENZE



## MODELLO Vs30 DERIVATO DALL'INDAGINE MASW ESEGUITA



dataset: somma.mat

half-space

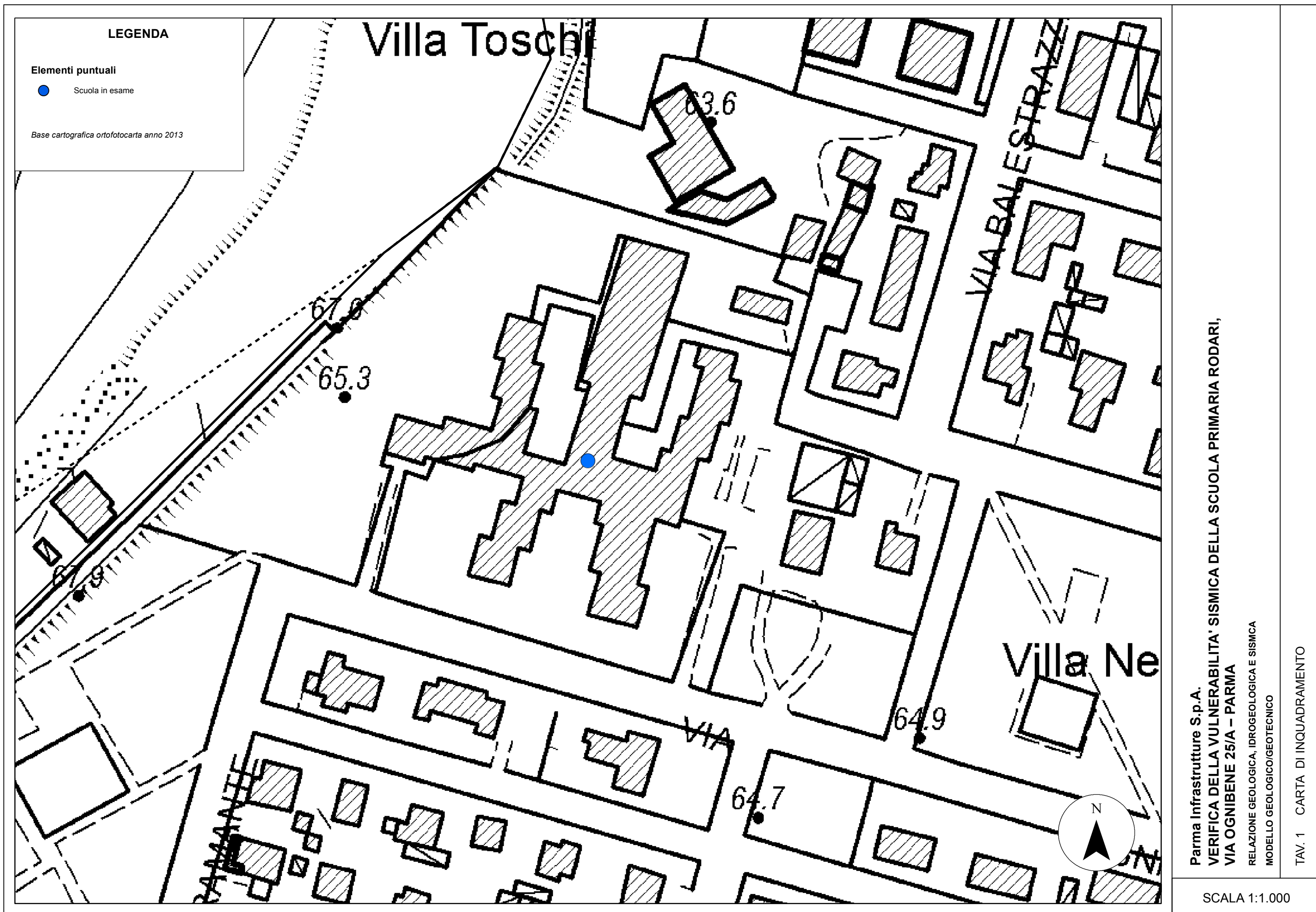
dispersion curve: pick<sub>2</sub>.cdp

Vs30 (best model): 310 m/s

Vs30 (mean model): 313 m/s

**BEST MODEL**  
**Vs30 = 310 m/s**





## Elementi lineari

— Fascia B

  Sovrascorrimento sepolto

 Scuola in esame

**Elementi geologici tratti dalla carta geologica 1:25.000  
del PSC di Parma**

 AES8 - Subsistema di Ravenna - Unità di Modena  
Depositi di conoide alluvionali prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi  
Olocene

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Base cartografica ortofotocarta anno 2013

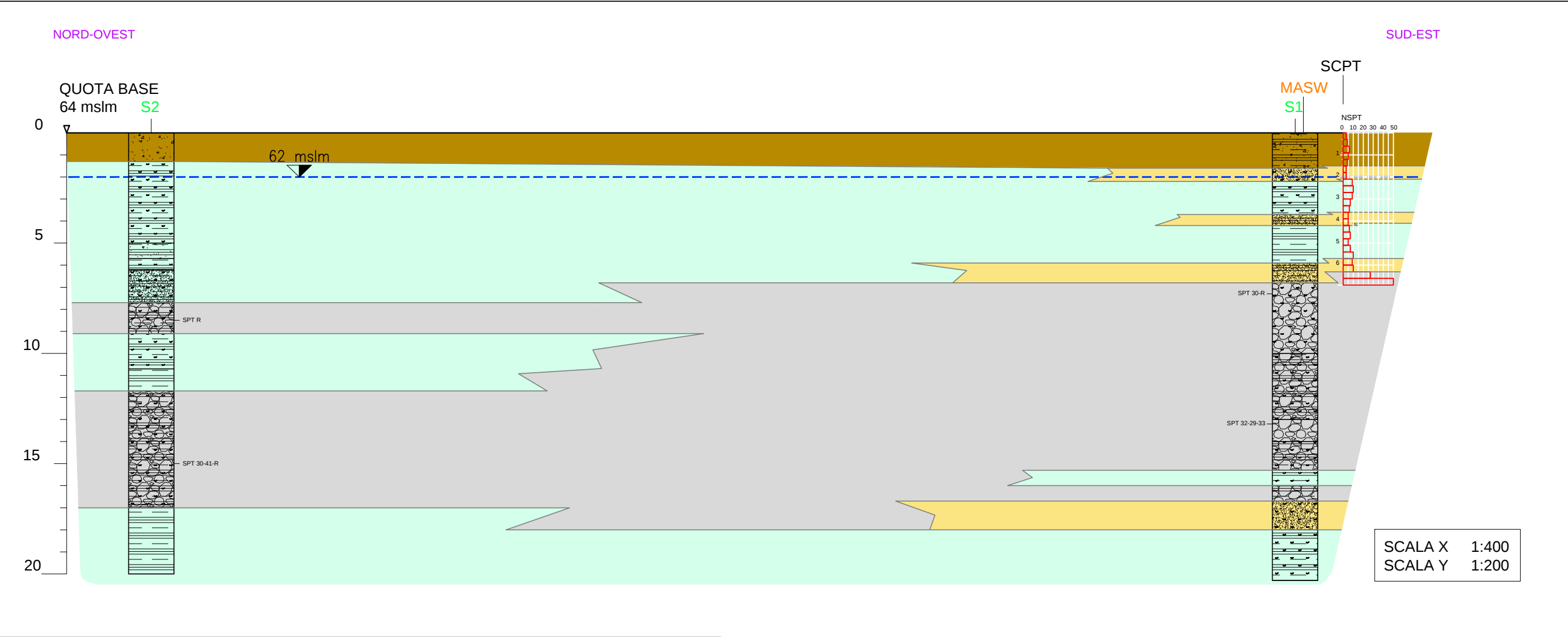


**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMA  
MODELLO GEOLOGICO/GEOTECNICO**

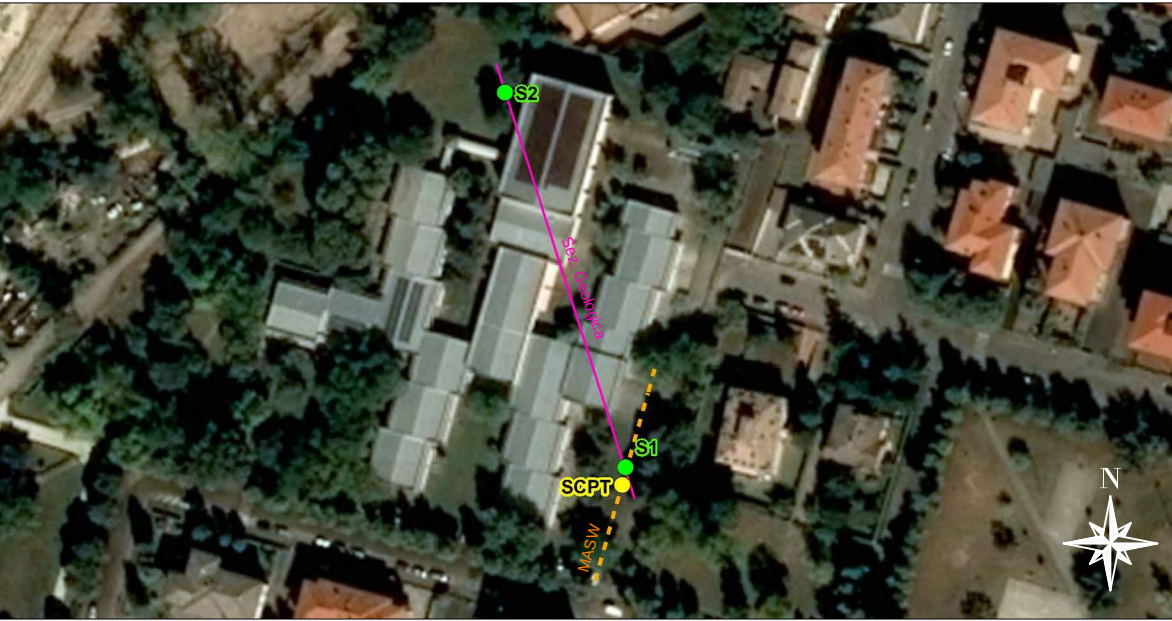
TAV. 2 CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:5.000

MODELLO GEOLOGICO



INQUADRAMENTO SU ORTOFOTO - SCALA 1:2.000



| LEGENDA                                |                                                                      |  |                                                                                       |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | Terreno di riporto<br>Cu = 14-20 KPa<br>γ = 16-17 KN/m3              |  | Falda freatica di progetto                                                            |
| Subsistema di Ravenna: Unità di Modena |                                                                      |  |                                                                                       |
|                                        | Argille limose e limi argillosi<br>Cu = 25-50 KPa<br>γ = 18-19 KN/m3 |  | Sabbia fine argilloso limosa<br>φ' = 27-31 °<br>c' = 0 KPa<br>γ = 18-19 KN/m3         |
|                                        |                                                                      |  | Ghiaie in matrice limo argillosa<br>φ' = 37-43 °<br>c' = 0 KPa<br>γ = 21,5-22,3 KN/m3 |