

**STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dott. Francesco**

Via G. Matteotti, 63 – 46025 Poggio Rusco (MN)

Tel.: 0386.733553 – Fax: 0386.733553 – E-mail: [f-gabrielli.geologo@libero.it](mailto:f-gabrielli.geologo@libero.it)

C.F. GBR FNC 69M26 G186J – P.IVA 02323450201

## PROVINCIA DI MODENA COMUNE DI MEDOLLA

### PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DELLE STRUTTURE SCOLASTICHE PROVVISORIE PRESSO L'AREA CIMITERIALE NEL TERRITORIO COMUNALE DI MEDOLLA (MO)

COMMITTENZA:

**COMUNE DI MEDOLLA**

Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA

### RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

ai sensi

D.M. 14 Gennaio 2008 – D.P.R. 5 Giugno 2001, n. 328

IL GEOLOGO

DOTT. FRANCESCO GABRIELLI



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

## INDICE

1 - PREMESSA.....	Pag. 2
2 - RIFERIMENTI NORMATIVI.....	Pag. 3
3 - UBICAZIONE DELL' AREA DI INTERVENTO.....	Pag. 4
4 - CONTESTO GEOLOGICO REGIONALE.....	Pag. 5
5 - GEOMORFOLOGIA.....	Pag. 9
6 - ASSETTO IDROGEOLOGICO REGIONALE.....	Pag. 12
7 - PROGRAMMA DELLE INDAGINI.....	Pag. 18
7.1 Premessa.....	Pag. 18
7.2 Prova penetrometrica statica.....	Pag. 19
7.3 Misura a stazione singola del microtremore sismico.....	Pag. 20
7.4 Indagine geofisica MASW.....	Pag. 21
8 - MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	Pag. 22
9 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	Pag. 25
10 - INQUADRAMENTO SISMICO.....	Pag. 28
10.1 Macrosismicità.....	Pag. 28
10.2 Definizione delle Vs30 e della “categoria di sottosuolo”.....	Pag. 29
10.3 Pericolosità sismica locale: effetti di sito.....	Pag. 32
11 - CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE SULLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO PROPOSTO.....	Pag. 38
12 - CONCLUSIONI.....	Pag. 39

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 1
--	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

## 1. PREMESSA

In seguito agli eventi sismici del Maggio 2012, per il Comune di Medolla si è presentata la necessità di realizzare delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni tali da non consentire la loro riparazione in tempi compatibili con lo svolgimento delle attività dell'anno scolastico 2012-2013.

Il Comune di Medolla, ai sensi del D.L. n° 74 del 6 giugno, ha individuato un'area posta tra il cimitero comunale del capoluogo e il complesso sportivo di Via Genova, sulla quale provvedere all'installazione delle strutture scolastiche provvisorie.

Finalità della presente indagine è fornire un modello idrogeologico, geomorfologico e litotecnico dell'area in epigrafe inserendola nell'ambiente dove si trova tenendo conto dei contenuti e delle disposizioni del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena e della Variante 2009 approvata con D.C.P. n°46 il 18 Marzo 2009 e del P.S.C. Comunale.

Lo studio fornisce, sulla base di indagini geognostiche mirate realizzate in sito in numero congruo, una caratterizzazione delle proprietà geomeccaniche e fisiche e della litologia dei terreni interessati dal volume delle costruzioni al fine di determinare la fattibilità dei fabbricati da realizzare conformemente a quanto previsto nel DM 14/01/2008.

L'analisi idrogeologica e la verifica della profondità della frangia freatica e delle sue fluttuazioni stagionali, evidenzia eventuali criticità ambientali e vulnerabilità dei corpi acquiferi sotterranei in relazione al progetto conformemente a quanto richiesto nel D.Lgs 16 Gennaio 2008 n. 4.

In questa sede inoltre, mediante indagine sismica diretta in sito si è valutato l'effettivo grado di pericolosità sismica locale, in ottemperanza all'Atto di Indirizzo R.E.R. ai sensi della L.R. 20/2000 Delibera n.112 del 02/05/2007, e si è verificata la zonizzazione sismica predisposta con il PSC producendo gli effetti di sito, i fattori di amplificazione e la verifica alla liquefazione per terreni sabbiosi saturi.

Per la redazione del presente studio si è fatto riferimento alla "*Carta dei suoli della pianura modenese*" redatta dal Servizio Cartografico - Ufficio Pedologico della Regione Emilia Romagna Provincia di Modena (prima edizione 1993).

Per l'analisi geomorfologica, lo studio idrogeologico e idraulico ci si è avvalsi della Cartografia approvata per il Nuovo PTCP 2009 ("*Carta della Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali*", "*Carta della pericolosità e della criticità idraulica*" e "*Carta della Vulnerabilità all'inquinamento dell'Acquifero Principale*").

Per la caratterizzazione sismotettonica si fa riferimento alla *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* redatta dalla Regione Emilia Romagna – Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (Luglio 2004).

Allo scopo sono stati eseguiti:

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 2
---	---	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

- la raccolta e la consultazione dei dati bibliografici e cartografici;
- l'esecuzione di una campagna geognostica consistita in una prova penetrometrica statiche con punta meccanica (CPT), con successivo rilievo della falda freatica all'interno del perforo;
- l'esecuzione di indagine geofisica per la determinazione della pericolosità sismica di base del sito, utilizzando un rilevatore digitale di microtremiti e mediante l'esecuzione di una MASW.

I sopralluoghi, i rilevamenti e la prova in sito sono stati eseguiti nel mese di Giugno 2012.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La realizzazione del presente studio è stata eseguita in ottemperanza alle indicazioni fornite dalla normativa vigente con particolare riferimento alle seguenti norme:

### **DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008**

*“Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.*

### **CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009, N. 617**

*“Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.*

### **CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI**

*“Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”.*

### **DECRETO MINISTERIALE LAVORI PUBBLICI N. 47 DEL 11.03.1988**

### **EUROCODICE 8 (1998)**

*“Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici. Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.*

### **EUROCODICE 7.1 (1997)**

*“Progettazione geotecnica – Parte I: regole generali - UNI”.*

### **EUROCODICE 7.2 (2002)**

*“Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI”.*

### **EUROCODICE 7.3 (2002)**

*“Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito - UNI”.*

### **D.P.R. 5 GIUGNO 2001, N. 328**

#### **Articolo 41 – Attività professionali**

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 3
---	---	--------



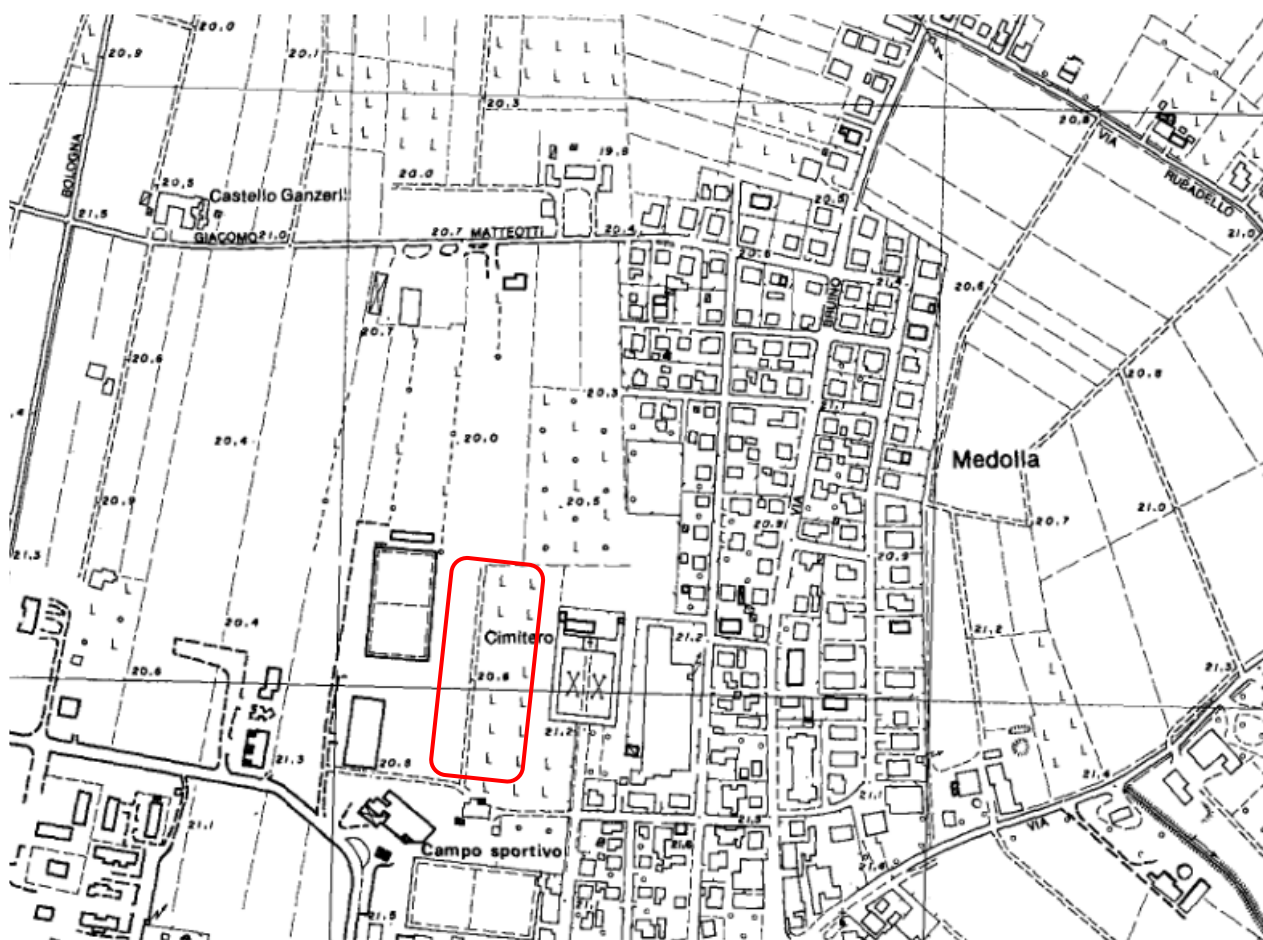
<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

“punto c) le indagini geognostiche e l'esplorazione del sottosuolo anche con metodi geofisici; le indagini e consulenze geologiche ai fini della relazione geologica per le opere di ingegneria civile mediante la costruzione del modello geologico-tecnico; la programmazione e progettazione degli interventi geologici e la direzione dei lavori relativi, finalizzati alla redazione della relazione geologica...;”

“punto e) le indagini e la relazione geotecnica...”.

### 3. UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area in studio si sviluppa tra il complesso sportivo di Via Genova e l'area cimiteriale, nell'ambito del territorio comunale di Medolla (MO), centro ubicato nella porzione centro-settentrionale della provincia modenese; essa ricade nella sezione n° 184092 “Medolla” della C.T.R. in scala 1:5.000.



**FIGURA 1** – Ubicazione dell'area di indagine  
Estratto da Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) – Elemento N° 184092

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 4
--	--	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

Il comparto indagato si sviluppa nella porzione centrale dell'abitato di Medolla, immediatamente a nord di Via Roma. Le coordinate geografiche UTM32 rilevate mediante GPS durante l'indagine sismica sono le seguenti:

- longitudine  $x = 11,04.2161$  [°];
- latitudine  $= 44,51.0212$  [°].

Il comparto oggetto di intervento è attualmente interessato da prato; con direzione S-N è stato riscontrato uno scolo per smaltimento delle acque piovane; esso è posto ad una quota compresa tra i 20,6 e i 21,2 metri s.l.m., presentando una debole pendenza verso NE/E.

#### 4. ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio del Comune di Medolla si sviluppa nella medio-bassa pianura modenese e risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della più estesa Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo, colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari.

Da un punto di vista geologico generale il sottosuolo della pianura modenese è stato analizzato attraverso le perforazioni profonde e le prospezioni geofisiche effettuate per le ricerche petrolifere dell'AGIP.

La ricostruzione del substrato profondo evidenzia, nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola, la prosecuzione della catena appenninica in una serie di thrusts, nord vergenti, il cui fronte sepolto corrisponde agli archi di Busseto-Parma-Reggio Emilia e di Reggio-Emilia Correggio, Novi di Modena-Mirandola Bondeno (vedi FIGURA 2): tra le diverse culminazioni anticlinali si intercalano sinclinali, talora molto accentuate, come quella di Carpi-Bomporto, dove la base del Pliocene, è posta a oltre 6 km di profondità: queste strutture deformative appaiono sigillate in genere dal Pliocene medio-superiore, ma la loro presenza influisce nei depositi soprastanti provocando blende deformazioni e notevole differenziazioni di spessore anche nei depositi tardo pleistocenici ed olocenici.

Il sottosuolo dell'area pianiziale di questo settore della pianura modenese, appartiene alla regione delle Pieghe Ferraresi e Pieghe Romagnole che assumono una larghezza equivalente a più di 50 km nell'Emilia orientale ed a 25 km nell'area parmense.

Esse rappresentano un elemento strutturale molto complesso (Dorsale Ferrarese), costituita da pieghe, pieghe-faglie e faglie molto inclinate, caratterizzato da un'intensa tettonizzazione che ha determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico che, presso Novi (MO) – Camurana (MO) si rinviene già a -215 metri dal p.c.

La Dorsale Ferrarese è localizzata nell'area centro-orientale della provincia modenese tra il Fiume Secchia e Ferrara; essa presenta vergenza settentrionale e direzione NO – SE.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 5
---	---	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

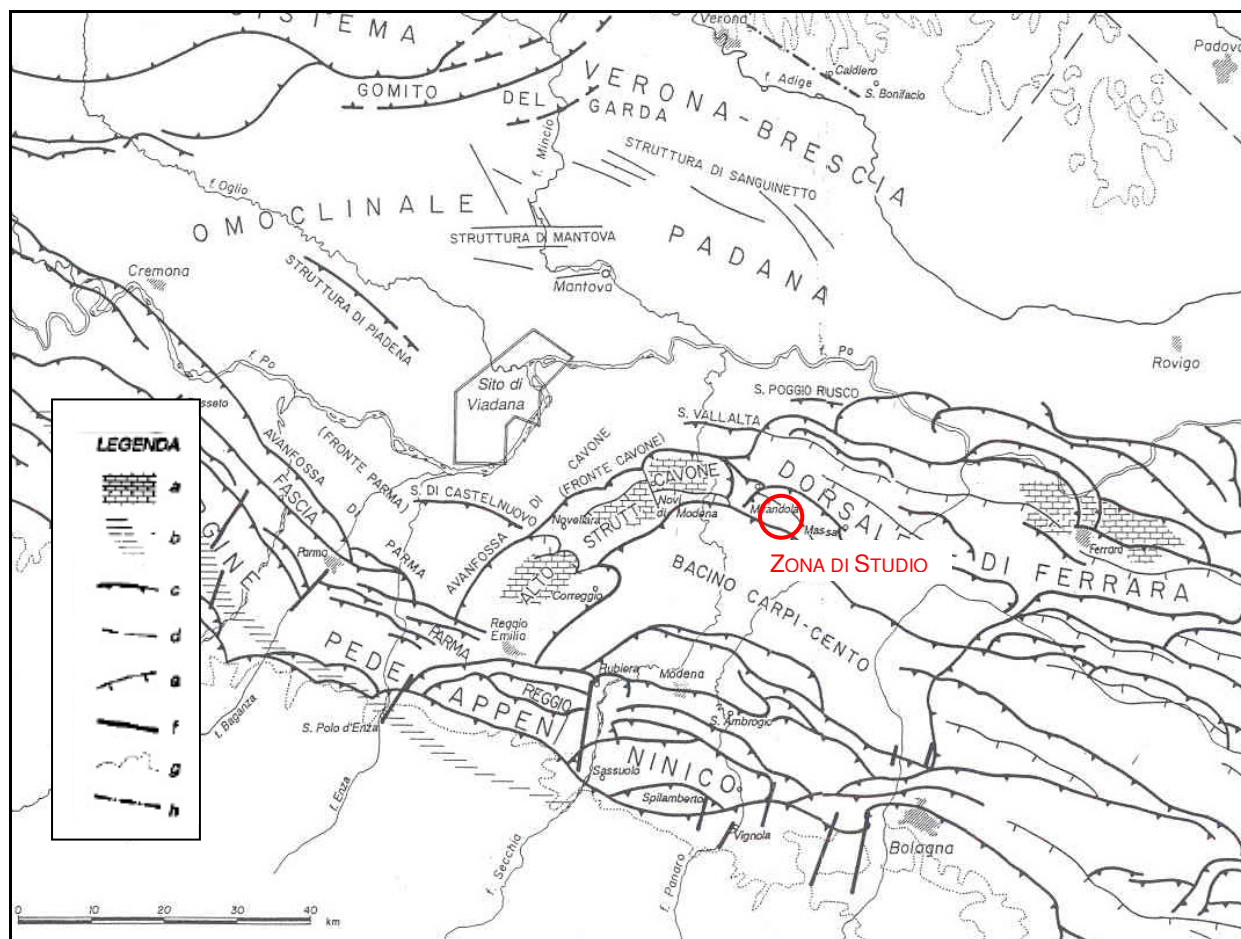
Le sue culminazioni principali sono costituite dalle anticlinali di Ficarolo, di Poggio Rusco, di Mirandola ed appunto, Correggio-Novi-Camurana.

La peculiarità di questo sistema di pieghe è che costituiscono un alto strutturale del substrato calcareo Mesozoico, con riduzione o assenza dei sovrastanti sedimenti terziari, asportati dall'azione dei processi erosivi legati all'emersione dell'area durante il Pleistocene medio.

A Sud della Dorsale si è impostata una zona a forte subsidenza, denominata "Bacino Carpi-Cento" o meglio nota come "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia".

Analizzando le dislocazioni presenti, si ha la riprova che l'area in esame sia stata interessata da tettonica compressiva in quanto ci sono denotate faglie inverse nel fronte della piega a NE e faglie dirette nel fianco opposto a SO, determinate da una fase di rilassamento successiva.

Le dislocazioni verificate riguardano sia le formazioni pre-plioceniche che quelle plioceniche, mentre la copertura quaternaria risulta quasi imperturbata essendo scarsamente interessata da movimenti tettonici.



Legenda: a) nucleo carbonatico, mesozoico sepolto; b) minimo dell'anomalia gravimetrica; c) accavallamento principale; d) faglia verticale; e) faglia diretta; f) faglia diretta trasversale al margine appenninico; g) limite tra rilievo e pianura; h) faglia di "Verona".

**FIGURA 2 – CARTA DEGLI ELEMENTI TETTONICI SIGNIFICATIVI DELL'AREA PADANA CENTRO-ORIENTALE**

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 6
--	--	--------



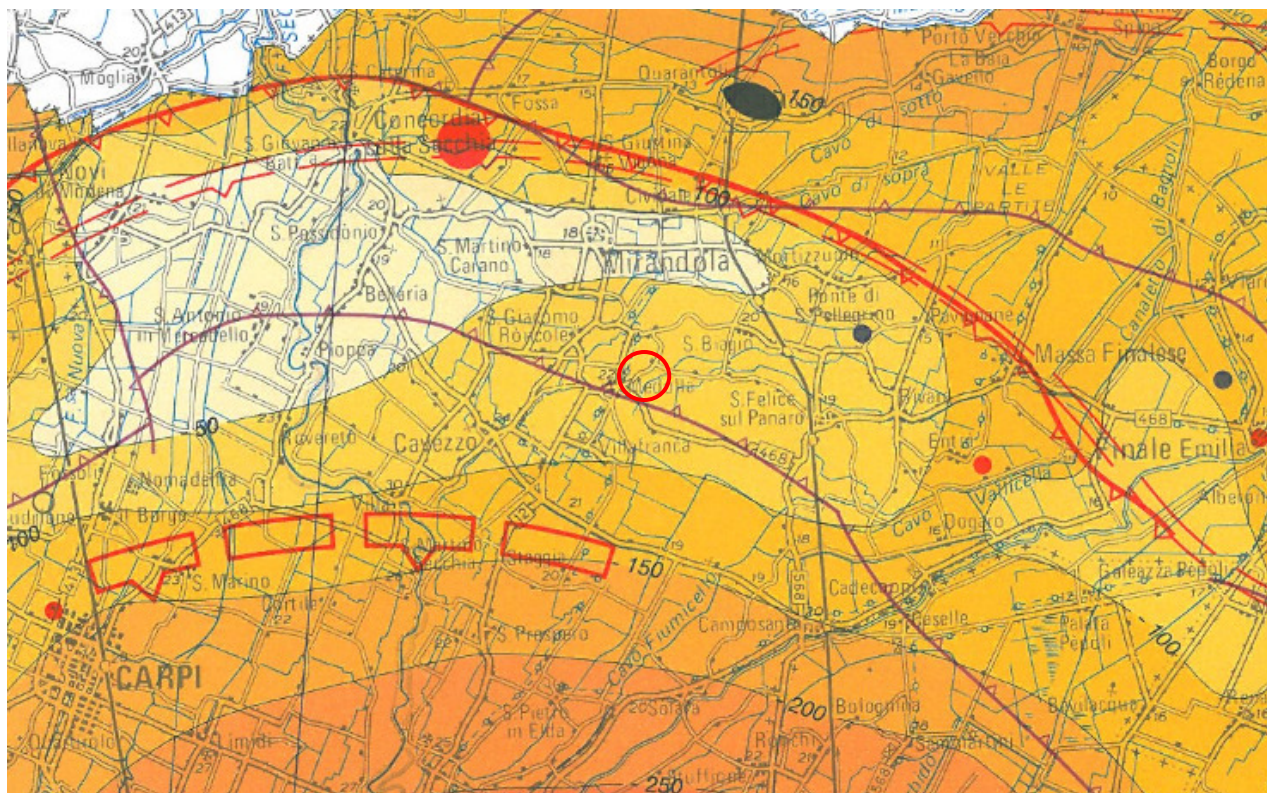
<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

Le indagini geofisiche e di perforazione eseguite dalla Società Petrolifera Italiana nelle vicinanze (Camurana 1), hanno evidenziato come l'assetto strutturale locale del bacino padano sia caratterizzato da una successione pliocenico-quadernaria, costituita da sabbie e peliti torbidiche di ambiente marino alla base che, verso l'alto, sono seguite da complessi sedimentari fluvio-deltizi, progradanti a loro volta, e coperti al tetto da depositi prevalentemente continentali dovuti alle alluvioni dei fiumi alpini-appenninici.

Dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, redatta da C.N.R. con la collaborazione del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, si evidenzia come il territorio di Medolla si sviluppi all'interno di una fascia compresa tra due strutture di sovrascorrimento sepolte, di età Pliocenica-Pleistocenica inferiore, attive e recenti e/o interessate da possibili riattivazioni, tipiche di regime di stress compressivo.

La presenza di dette strutture risulterebbe confermata dai dati sismici e dalla presenza di una fascia di epicentri sismici lungo l'allineamento Finale Emilia – Ponte San Pellegrino – Concordia sulla Secchia, con profondità inferiore a 15 km e di magnitudo medio-bassa ( $M \leq 5,5$ ).

L'assetto geostrutturale della base del Pliocene, nel sottosuolo di Finale Emilia – Medolla – Concordia sulla Secchia, rinvenibile alla quota di poco più di 200 metri, è contraddistinto dalla presenza dell'asse della Dorsale Ferrarese.



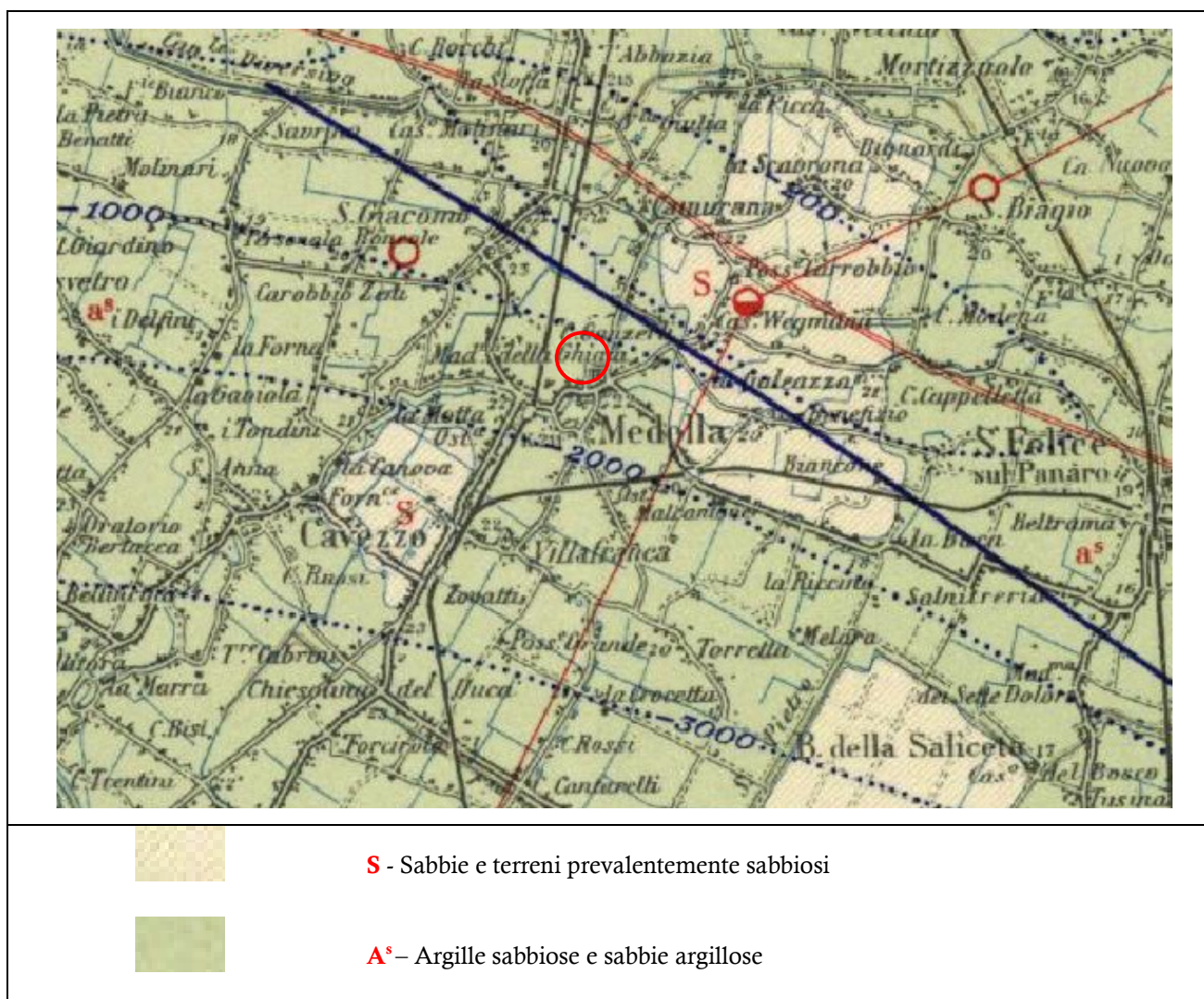
**FIGURA 3 – ESTRATTO DI CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA**

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 7
--	--	--------



<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

Dal punto di vista deposizionale, il modello di questo settore della Pianura Padana è costituito da un riempimento della depressione avvenuto mediante una serie di cicli sedimentari (fasi di oscillazione relativa del livello marino e della linea di costa) di natura inizialmente marina e successivamente caratterizzati da tendenza regressiva, con la presenza sempre più importante di sedimentazione di tipo continentale sino ai cicli più recenti dominati dalle fluttuazioni glacio-eustatiche quaternarie. Il risultato di questi processi di sedimentazione è la presenza di spesse successioni marine e continentali-marine nel sottosuolo della Pianura, ricoperte da depositi alluvionali recenti quali argille, limi e sabbie che passano, assottigliandosi, a sabbie e ghiaie verso il margine collinare dove si osservano successioni grossolane di conoide alluvionale (dominio deposizione dei corsi d'acqua appenninici), spostandosi verso nord sono intercalati strati di materiali fini nella media pianura, ancora riferibili a corsi d'acqua appenninici fino alla direttrice Busseto-Novellara-Concordia e Mirandola a nord della quale prevalgono i sedimenti sabbiosi deposti dal Fiume Po, in corrispondenza dei paleoalvei.



**FIGURA 4 – ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – FOGLIO N° 75 "MIRANDOLA" IN SCALA 1:100.000**

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 8
---	---	--------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione all'evoluzione dei corsi d'acqua dell'area (Po, Secchia e Panaro), hanno un andamento lentiforme e discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno gradualmente.

Dal punto di vista stratigrafico, con una certa complessità, i depositi coesivi e quelli granulari si alternano variamente e/o si interdigitano a differenti profondità; più specificatamente si riscontra la presenza di livelli sabbiosi, a volte abbastanza discontinui, intercalati a serie prevalentemente limoso-argillose.

In generale il passaggio tra i sedimenti prevalentemente sabbioso-ghiaiosi di monte ed i terreni prevalentemente limoso-argillosi, tipici della media e bassa pianura, si può fare coincidere grossomodo con l'andamento della Via Emilia.

La Carta Geologica d'Italia, Foglio n° 75 "Mirandola" in scala 1:100.000, individua per la porzione del territorio comunale di Medolla, due tipologie di depositi alluvionali, distinte su criteri granulometrici: terreni prevalentemente sabbiosi distribuite in plaghe e terreni argilloso-sabbiosi e sabbioso-argillosi.

La Carta Geologica dell'Emilia-Romagna in scala 1:10.000 riporta affiorante nell'area la Formazione denominata Unità di Modena, contraddistinta in carta con la sigla AES8a, appartenente al Sintema Emiliano-Romagnolo, che consiste in un deposito in facies di argille sabbiose e argille limoso-sabbiose; si tratta di un deposito tipico di piana a meandri del Po, riferibile al Pleistocene superiore – Olocene; nell'ambito territoriale in studio, il Sintema Emiliano-Romagnolo presenta spessori compresi tra 70 e 100 metri.

La penetrometria, spinta sino alla profondità massima di 15,00 metri dal p.c., ha confermato questa classificazione; infatti, essa ha evidenziato la presenza di una serie a componente prevalentemente limoso-argillosa, talora con intercalazioni sabbiose fini, collegata al sistema di paleoalvei del Fiume Secchia, sovrapposta ad una bancata di sedimenti a granulometria sabbiosa.

## 5. GEOMORFOLOGIA

La caratterizzazione geomorfologia del territorio su cui si sviluppa l'intervento in progetto è stata eseguita sulla base della documentazione bibliografica esistente (CARTA MORFOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA), che colloca il territorio in un quadro di riferimento a scala provinciale, dove gli elementi principali caratterizzanti la morfologia del territorio sono rappresentati dalle forme e depositi fluviali ed, in epoca più recente dall'intervento dell'uomo.

La formazione dell'ambiente, nella sua configurazione attuale, è relativamente recente e consegue ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua, entità di subsidenza e, non ultimo, l'intervento umano.

Il territorio di Medolla alla fascia di medio-bassa pianura modenese formata dalle alluvioni del Po e dei suoi affluenti appenninici che hanno colmato il Golfo Padano delimitato dagli affioramenti appenninici a Sud e da

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 9
---	---	--------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

quelli alpini a Nord. Nello specifico, il territorio è caratterizzato dalla presenza di tracce di canali fluviali a “pattern” meandriforme, riconducibili ad antichi percorsi del Fiume Po oggi sepolti da una sottile coltre alluvionale di pertinenza di fiumi appenninici.

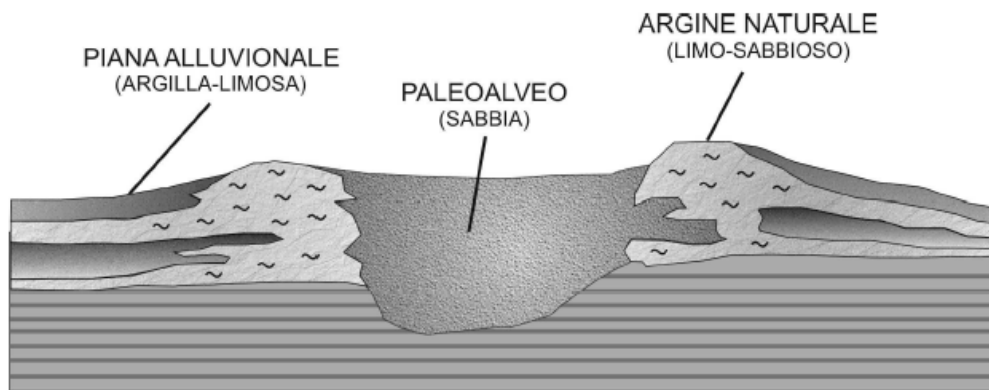
Le caratteristiche evolutive delle aree di medio-bassa pianura concordano con le strutture geomorfologiche osservabili nel territorio di Medolla.

L’assetto topografico presenta, infatti, una conformazione pianeggiante movimentata da ondulazioni ad ampio raggio sia in senso N/S che O/E, con una generale debole pendenza da ovest verso est.

Ogni struttura geomorfologica riconosciuta sulla superficie del suolo è conseguenza della facies deposizionale in cui i sedimenti si accumulavano e quindi è funzione dell’entità dell’energia idrodinamica che ne ha depositato i litotipi.

Le forme relitte riconosciute sono soprattutto paleoalvei e paleo “valli”; i primi si riferiscono a letti o argini fluviali non più attivi, individuabili, ove non corrispondenti a dei dossi. Le seconde rappresentano aree depresse collegabili ad antiche conche di decantazione di piene o ad aree golenali.

La situazione più tipica del tratto di pianura in studio, presenta alvei e paleoalvei generalmente sabbiosi fini e subordinatamente limoso-sabbiosi e limosi, ben drenanti, con argini naturali sopraelevati, poiché, proprio a ridosso del punto di rotta si depositavano la maggior parte dei sedimenti durante le tracimazioni, in seguito alla brusca diminuzione di energia idrodinamica.



**FIGURA 5 – SEZIONE SCHEMATICA DI UN PALEOALVEO**

L’analisi geomorfologia del territorio in esame evidenzia la presenza di due sistemi di paleoalvei, allungati in direzione grosso modo O-E, rappresentati dal paleoalveo di Cavezzo – Medolla – S. Felice sul Panaro – Massa Finalese – Finale Emilia originato dall’attività deposizionale del Secchia e da quello di Concordia sulla Secchia – Quarantoli – Gavello – S. Martino Spino, di dubbia appartenenza fluviale, da attribuire prima al Po, poi al Crostolo ed infine al Secchia.

Nell’area in esame, si individua il paleoalveo di Cavezzo-Medolla-Finale Emilia, caratterizzato da una sorta di antico delta nel quale probabilmente erano presenti più rami attivi contemporaneamente che davano luogo

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 10
--	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

alle Valli Le Partite, ora bonificate ma ancora riconoscibili dall'altimetria depressa, dalla cospicua artificializzazione del sistema idraulico nonché dalla scarsa concentrazione di insediamenti.

L'assetto geomorfologico descritto consegue dalle passate divagazioni fluviali del Po e dei fiumi appenninici derivate sia da variazioni climatiche che, con tutta probabilità, da movimenti tettonici più o meno recenti che hanno interessato la Dorsale Ferrarese.

Nel contesto evolutivo geomorfologico del territorio comunale ha esercitato una sensibile influenza l'assetto geostrutturale del substrato pre-pliocenico e delle formazioni plioceniche.

In conclusione l'evoluzione morfopaesaggistica è legata alle grandi trasformazioni idrografiche del Po e dei fiumi appenninici ed è correlabile prevalentemente ai seguenti fenomeni:

- sovralluvionamento degli alvei fluviali;
- subsidenza differenziata legata al diverso grado di costipamento dei terreni e a fenomeni tettonici profondi;
- conformazione strutturale della Dorsale Ferrarese e relativi spostamenti tettonici che l'hanno interessata.

In merito ai fenomeni relativi alla subsidenza, essi sono essenzialmente ascrivibili, nell'ambito del territorio comunale, a quelli naturali delle aree planiziali, come quella in studio. In linea più generale, gli abbassamenti del terreno per subsidenza naturale e/o per subsidenza indotta dall'attività umana nella medio-bassa pianura modenese sono compresi tra 0,4 e 0,8 cm/anno (Rete Regionale di Controllo della Subsidenza dell'ARPA Emilia-Romagna).

Nello specifico, dall'esame della *Carta delle Unità Geomorfologiche*, allegata al Volume *"I Suoli della Pianura Modenese"*, l'area indagata è cartografata all'interno del Sistema deposizionale di Piana a Copertura Alluvionale, nell'Unità detta "degli Argini Naturali del Reticolo idrografico Principale", caratterizzata da depositi a tessitura moderatamente grossolana con intercalazioni di strati a tessitura moderatamente fine.

In merito alle caratteristiche pedologiche dell'area indagata, dalla consultazione della cartografia prodotta nell'ambito di *"I suoli della pianura modenese"*, si evidenzia la presenza di suoli molto profondi, a tessitura fine, riferibili al *complesso di San Omobono franca limosa*; si tratta di suoli prevalentemente limosi, molto calcarei e fortemente alcalini, a tessitura fine non stratificati, localizzati in ambienti di argine naturale di canali fluviali. In essi la falda estiva è stata rilevata frequentemente tra 170-200 cm di profondità; la permeabilità è moderata e la capacità di accettazione delle piogge è molto alta.

Attualmente la tendenza evolutiva naturale del territorio è relativamente conservativa in considerazione del fatto che le principali linee di drenaggio sono regimate dall'uomo.

In termini di idrografia superficiale le acque di ruscellamento ricadenti in zona, sono regimate per mezzo di fossette campestri e fossetti di raccolta orientati prevalentemente in direzione SO – NE; le acque meteoriche

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 11
---	---	---------



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

sono raccolte e veicolate verso fossi e scoli di ordine superiore, facenti riferimento al Cavo Diversivo di Cavezzo, che scorre con direzione SO–SE ad alcune centinaia di metri a O rispetto all’area indagata.

L’area in studio, in base alle informazione riportate sulla Carta del Rischio Idraulico redatta a supporto del P.T.C.P. della Provincia di Modena, ricade all’interno di un comparto classificato come “dosso” e, pertanto, in rilievo rispetto alle aree circostanti, per cui a bassa sofferenza idraulica.

Sulla base delle considerazioni sopra esposte, l’azione morfogenetica dominante è imputabile all’evoluzione del reticolo idrografico di superficie, ed attualmente è da considerare l’attività antropica, per quanto concerne le azioni connesse alle pratiche agricole e gli interventi di urbanizzazione, che comportano le principali modificazioni della superficie topografica naturale; pertanto, la tendenza evolutiva naturale attuale del territorio è conservativa dato che le principali linee di drenaggio sono state regimate dall’uomo.

## 6. ASSETTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

Per la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dell’area in esame e delle risorse idriche disponibili si è fatto riferimento al recente studio a cura dell’Ufficio Geologico della Regione Emilia-Romagna, in collaborazione con Eni – AGIP S.p.A., che ha riguardato tutto il territorio regionale (Regione Emilia Romagna, ENI-AGIP, 1998) e alle stratigrafie di pozzi contenuti nel database del Servizio Geologico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

La maggior parte delle acque sotterranee della Regione Emilia-Romagna risiede nei depositi marini e continentali di età plio-pleistocenico-olocenica, che costituiscono il riempimento del Bacino Perisuturale Padano, legato all’orogenesi dell’Appennino Settentrionale.

Le formazioni affioranti lungo il margine appenninico, di età calabriana (Quaternario antico) e pre-calabriana, si immergono rapidamente al di sotto delle alluvioni dei corsi d’acqua appenninici; presso la Via Emilia lo spessore di questi ultimi è valutabile mediamente a circa 350 metri (zona di alta pianura).

Nella media pianura sono presenti sedimenti prevalentemente pelitici con intercalazioni sabbiose e sabbiosolimose, ad estensione complessivamente ridotta, intercalate in sequenze prevalenti limo-argillose con trasmissività molto bassa, ancora riferibili ai corsi d’acqua appenninici, fino alla direttrice Busseto-Novellara-Concordia-Mirandola-Finale Emilia-Bondeno, a nord della quale prevalgono i sedimenti sabbiosi deposti dal fiume Po, con un acquifero a sabbie prevalenti, idrogeologicamente connesso con il fiume stesso. Infatti, a nord della direttrice Guastalla-Finale Emilia si ha il settore della bassa pianura, caratterizzata dalle alluvioni sabbiose grossolane del Fiume Po, che, fino alla profondità di 100 metri circa, costituiscono regolari banconi allungati in senso O/E, con spessori che possono raggiungere spessori fino a 40 metri.

Tale fascia inizia a circa una ventina di chilometri dall’attuale alveo, conseguentemente allo spostamento progressivo del corso d’acqua anche in tempi recenti.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 12
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

Secondo le recenti ricerche condotte negli ultimi anni dall'Ufficio Geologico della Regione Emilia-Romagna, nel sottosuolo emiliano si riconoscono tre Gruppi Acquiferi, separati da barriere di permeabilità, ad estensione regionale, denominati Gruppo Acquifero A, B, e C.

Gli scambi idrici tra i tre gruppi acquiferi sono contenuti, salvo che nella stretta fascia collinare, sede delle aree di ricarica.

I tre gruppi acquiferi sono suddivisi in diverse unità idrostratigrafiche inferiori (n° 13), denominate complessi acquiferi.

La distinzione tra gruppo acquifero e complesso acquifero è effettuata sulla base del volume immagazzinato (maggiore nel primo), oltre che sullo spessore e sulla continuità areale dei livelli impermeabili delle diverse unità.

UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE				ETÀ (milioni di anni)	SCALA CRONO- STRATIGRAFICA (milioni di anni)
GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO	SISTEMA ACQUITARDO		
A	A1			- 0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE 0.125
	A2				
	A3				
	A4				
B	B1			- 0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
	B2				
	B3				
	B4				
C	C1			- 0.65	0.89 PLEISTOCENE INFERIORE 1.72 PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE 3.55 PLIOCENE INF. MIOCENE
	C2			- 0.8	
	C3			- 1.0	
	C4			- 2.2	
	C5			- 3.9	
ACQUITARDO BASALE					

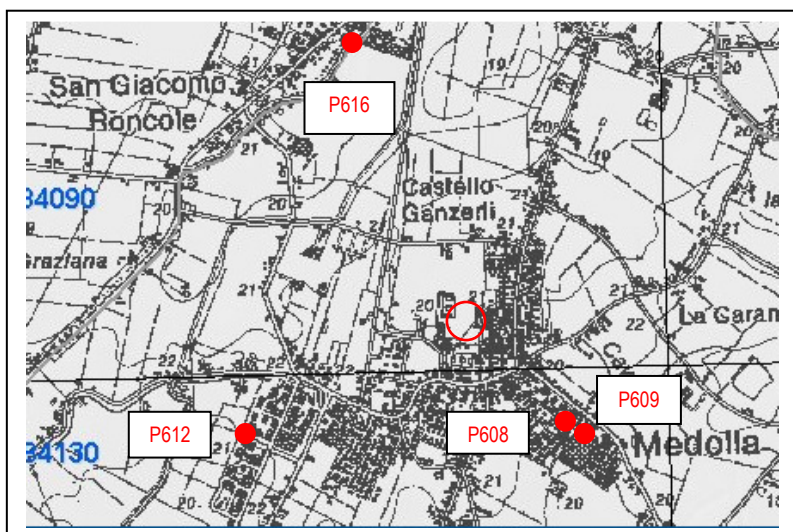
**FIGURA 6 – UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO EMILIANO**

Nell'area del Comune di Medolla sono presenti i tre Gruppi Acquiferi con spessori differenti, infatti la profondità del limite basale di ciascun Gruppo Acquifero aumenta da nord verso sud a partire dall'abitato di Mirandola:

- Gruppo Acquifero A: compresa tra -50 m s.l.m. al confine con il Comune di Mirandola e -100 m s.l.m. presso Villafranca; spessore utile compreso tra 20 e 60 m;
- Gruppo Acquifero B: compresa tra -100 m s.l.m. (presso il capoluogo) e -200 m s.l.m. (Villafranca); spessore utili compreso tra 0 e 20 m;
- Gruppo Acquifero C: compresa tra -200 m s.l.m. (capoluogo) e -300 m s.l.m. (Villafranca); spessore utile compreso tra 20 e 40 m.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 - Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 - 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 13
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012



Soltanto i Gruppi Acquiferi A e C possono essere definiti utili, e cioè sfruttabili per uso idropotabile, agricolo o industriale, su tutto il territorio comunale, mentre il Gruppo Acquifero B mostra spessori utili solo nella porzione sud-occidentale del territorio comunale.

Per la ricostruzione idrostratigrafica del sottosuolo, si è fatto riferimento alle stratigrafie dei pozzi contenuti

nella banca dati della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna, aggiornata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, in cui, per il territorio di Medolla sono stati esaminate le seguenti schede catasto pozzi.

Codice Pozzo	Ditta	Località – Comune	Utilizzo	Profondità (m)
184130P609	Soc. Coop. a.r.l. CO.VA.L.P.A.	Medolla	Industriale	132
184130P608	Soc. Coop. a.r.l. CO.VA.L.P.A.	Medolla	Industriale	85
184130P612	Malavolta Erio	Via Artigiani, 30 – Medolla	Antincendio	60
184090P616	Hospal Dasco	Via Modenese, 30 – San Giacomo Roncoli – Medolla	Antincendio	25

Di seguito vengono riportate le stratigrafie desunte dalle schede catasto pozzi della Regione Emilia-Romagna.

#### STRATIGRAFIA 184130P609

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
Da 0.00 a 10.00	SABBIA FINE CON ARGILLA
Da 10.00 a 22.00	ARGILLA
Da 22.00 a 28.00	SABBIA MEDIA
Da 28.00 a 34.00	ARGILLA

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 14
--	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

Da 34.00 a 49.00	SABBIA MEDIA MISTA ARGILLA
Da 49.00 a 59.00	SABBIA MEDIA
Da 59.00 a 68.00	ARGILLA CON LIVELLI TORBOSI
Da 68.00 a 78.00	SABBIA DA FINE A MEDIA
Da 78.00 a 112.00	ARGILLA SABBIOSA
Da 112.00 a 120.00	SABBIA E SABBIA ARGILLOSA CON RARI CIOTTOLI
Da 120.00 a 132.00	ARGILLA E ARGILLA SABBIOSA

#### STRATIGRAFIA 184130P608

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
Da 0.00 a 10.00	SABBIA FINE CON ARGILLA
Da 10.00 a 22.00	ARGILLA
Da 22.00 a 28.00	SABBIA MEDIA
Da 28.00 a 34.00	ARGILLA
Da 34.00 a 49.00	SABBIA MEDIA MISTA ARGILLA
Da 49.00 a 54.00	SABBIA MEDIA
Da 54.00 a 61.00	ARGILLA
Da 61.00 a 85.00	SABBIA DA FINE A MEDIA

#### STRATIGRAFIA 184130P612

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
Da 0.00 a 18.00	ARGILLA CON SABBIA FINE
Da 18.00 a 23.00	LIMI CON SABBIE FINI
Da 23.00 a 49.00	ARGILLA
Da 49.00 a 60.00	SABBIA

#### STRATIGRAFIA 184090P616

PROFONDITÀ DAL P.C. (m)	DESCRIZIONE LITOLOGICA
Da 0.00 a 2.00	ARGILLA

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 15
--	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

Da 2.00 a 5.00	SABBIA
Da 5.00 a 8.00	ARGILLA
Da 8.00 a 8.50	SABBIA
Da 8.50 a 10.00	ARGILLA
Da 10.00 a 15.00	SABBIA
Da 15.00 a 18.00	ARGILLA
Da 18.00 a 25.00	SABBIA MEDIA

I pozzi presi a riferimento intercettano il gruppo acquifero A ed in particolare i complessi acquiferi A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> e A<sub>3</sub>. L'analisi dei dati raccolti evidenzia un assetto idrostratigrafico caratterizzato da strati sabbiosi che ospitano livelli acquiferi, con spessori compresi tra 10÷25 metri, intercalate da strati argillosi e/o argilloso-sabbiosi, con talora livelli torbosi.

In particolare, sulla base dei dati raccolti, si sono riscontrati i seguenti livelli acquiferi:

- livello sabbioso a granulometria media, compreso tra 18/22 e 25/28 metri da p.c.;
- livello sabbioso, talora argilloso, compreso tra 34/49 e 54/60 metri da p.c.;
- livello sabbioso, talora argilloso, compreso tra 65 e 85 metri da p.c.;
- livello sabbioso, con sottili livelli di ghiaietto, e intercalazioni argillose, compreso tra 112 e 120 metri da p.c.

La configurazione dei depositi riscontrati definisce un acquifero monostrato fino a 120/130 metri di profondità da piano campagna, variamente compartimentato, in cui livelli acquiferi sono caratterizzati da un grado di confinamento crescente.

L'alimentazione del sistema acquifero così descritto in questo settore della pianura emiliana, pur riscontrandosi in superficie vasti affioramenti di sabbie in corrispondenza di alcuni paleoalvei con valori di infiltrazione efficace del 25%, dipende in gran parte dal Fiume Po, il cui alveo è in comunicazione con uno strato sabbioso arealmente molto esteso e che è generalmente ricoperto da uno strato limoso-argilloso di pochi metri vicino al Po e potente fino a 20 metri ad una ventina di chilometri di distanza.

La permeabilità dei terreni è fortemente condizionata dalla conformazione a "lenti" del terreno; si passa quindi da livelli argillosi impermeabili ( $k = 10^{-9} \div 10^{-11}$  m/s) a livelli sabbioso-limosi e sabbiosi, discretamente permeabili ( $k = 10^{-7} \div 10^{-8}$  m/s).

Generalmente, a causa proprio della genesi deposizionale, si riscontra una notevole discrepanza tra la permeabilità orizzontale e quella verticale, che può essere inferiore anche di un ordine di grandezza.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 16
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

Le caratteristiche chimiche delle acque di falda sotterranee risentono fortemente delle condizioni geologico-strutturali del sottosuolo e la presenza, nell'area in esame, di acque salmastre a profondità relativamente basse dal piano campagna è da mettere in relazione con la "Dorsale Ferrarese", il sistema di pieghe che determina una risalita delle Formazioni marine deposte tra il Miocene ed il Pliocene e contenenti acque salate fossili.

Infatti, nelle zone del Comprensorio, ove si riscontrano le culminazioni della Dorsale Ferrarese, si vengono a creare interferenze tra le acque dolci e quelle salate ad alto contenuto alogenico di facies marina; queste ultime, attraverso orizzonti più permeabili o le fratture stesse della dorsale, risalgono permeando anche gli acquiferi più superficiali. Si sono osservate miscele di queste acque di fondo con quelle della falda superficiale anche durante prolungati emungimenti dai pozzi.

Tale situazione è confermata dal chimismo delle acque del Gruppo Acquifero A, che sono per lo più bicarbonato-sodiche e clorurato-sodiche.

Un'analisi delle caratteristiche chimiche delle acque sotterranee è stata fatta esaminando i parametri riportati nel "Rapporto sulla qualità delle acque superficiali e sotterranee della Provincia di Modena - Anni 1999-2000" dell'ARPA di Modena. Per Medolla sono stati considerati significativi i dati dei pozzi MO 03-01 Mirandola - profondità 34 m; MO 38-00 Cavezzo - profondità 59 m; MO 45-00 S. Felice sul Panaro - profondità 181 m; MO 08-00 San Felice Sud, profondità 256 m.

La temperatura media nell'anno è medio-alta compresa tra 16 e 17 °C, che sono fra i più alti della provincia modenese.

I valori di conducibilità elettrica specifica sono invece variati, anche se in modo non significativo.

I massimi (1600 µS/cm) si registrano nella zona occidentale, in corrispondenza del villaggio artigiano di Medolla e verso il territorio di Cavezzo; nell'anno 2000 il massimo si riscontrava invece verso nord-ovest, in direzione di Mirandola e la linea dei 1700 µS/cm attraversava il centro del capoluogo.

Il contenuto in cloruri (120 mg/l) e sodio (220 mg/l) dipendono dalla miscelazione delle acque salate di fondo con le falde acquifere dolci. Questi valori sono in diminuzione, rispetto a quelli registrati nel periodo precedente: 180 mg/l di cloruri nel 2000, 160 quelli di sodio.

Nel comprensorio di Medolla, la durezza, compresa tra 45-55 °F, presenta tenori tra i più elevati dell'intera provincia modenese.

La quantità di solfati è aumentata in modo significativo: Medolla nel 2000 era quasi completamente al di sotto del valore 20 mg/l mentre i rilevamenti del 2004 indicano un andamento fortemente differenziato, dai minimi di 20 verso sud-est a massimi attorno a 160 al confine con Mirandola.

In tutta la bassa pianura è significativo il contenuto di azoto ammoniacale, che nell'area di Medolla raggiunge concentrazioni significative (3-7 mg/l), con andamento crescente, da nord-ovest verso sud-est e con il picco provinciale in una zona a sud di San Felice sul Panaro (10 mg/l); tale concentrazione è causata

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 - Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 - 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 17
---	---	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

dalle trasformazioni biochimiche della sostanza organica diffusa e concentrata sotto forma di torba nel serbatoio acquifero.

La presenza di Ferro (da 600 a 1000 micro-grammi per litro) ha un andamento opposto a quello dell'ammoniaca; cresce da nord-est verso sud-ovest con un massimo nella zona di Sorbara, ma già a Cavezzo si registrano valori elevati. Tale presenza è legata a condizioni di basso potenziale redox ed è indice di acquiferi a bassa permeabilità.

Dal punto di vista geochimico, pertanto, gli acquiferi locali sono caratterizzati da una conducibilità elettrica elevata, accompagnata da elevate concentrazioni in cloruri e sodio. Tale elevata salinità è da attribuire alla presenza di estesi fenomeni di mescolamento tra le acque dolci e quelle salse che si trovano in questa porzione del territorio modenese ed è inoltre indicativa dell'assenza di una alimentazione locale dell'acquifero nella stessa zona.

In questo caso l'intrusione salina non è imputabile esclusivamente al pompaggio ma anche alla presenza di fratture e faglie, all'interno degli alti strutturali della Dorsale Ferrarese, che veicolano fino in superficie o in prossimità di essa acqua connata salata, appartenente a formazioni geologiche profonde.

Si segnala, inoltre, che le acque di questa unità idrogeologica presentano un contenuto generalmente elevato in ferro ed in manganese, entrambi di origine naturale e dovuti alle interazioni tra acque e sedimenti.

## **7. PROGRAMMA DELLE INDAGINI**

### **7.1 Premessa**

Al fine di definire lo schema litostratigrafico, geomeccanico ed idrogeologico del primo sottosuolo e in ottemperanza al D.M. 14 Gennaio 2008, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche così articolata:

- una prova penetrometrica di tipo statico con punta meccanica (CPT), spinta sino alla profondità massima di 15,0 metri dal piano campagna esistente, quota che per i tipi di terreno indagato e per il tipo di intervento in progetto è stata ritenuta soddisfacente ai fini del concetto di “volume significativo”; all'interno del perforo è stata eseguito il rilievo della falda freatica, mediante l'utilizzo di freatometro;
- per la definizione della pericolosità sismica di base del sito, ai sensi del § 3.2 N.T.C. e § C3.2 della Circolare, è stata eseguita un'indagine geofisica basata sulla misura del rumore sismico (microtremore) del sottosuolo, mediante l'utilizzo di strumentazione tromografica portatile, finalizzata alla stima delle frequenze fondamentali di risonanza del sottosuolo e dell'amplificazione sismica del sito mediante il rapporto HVSr. Per la definizione della  $V_{s30}$  è stata eseguita un'indagine geofisica MASW, basata sull'analisi della propagazione delle onde superficiali, ed in particolare delle onde di Rayleigh.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 18
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

I relativi dettagli sono riportati in allegato, in cui è anche riportata la planimetria con l'ubicazione dei punti di indagine.

## 7.2 Prova penetrometrica statica (CPT)

La prova penetrometrica è stata realizzata mediante penetrometro statico olandese tipo Gouda (tipo meccanico), con spinta massima nominale di 20 ton., munito di speciale punta Begemann, con le seguenti caratteristiche: Ø punta 35,7 mm, angolo di apertura 60°, area base 10 cm<sup>2</sup>; manicotto laterale di frizione tipo Begemann con Ø di 36 mm, lunghezza 13,3 mm, area laterale 150,42 cm<sup>2</sup>.

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione offerta dal terreno alla punta meccanica tipo Begemann, sopra descritta, con dimensioni e caratteristiche standard ed infissa nel terreno a velocità costante; la punta conica di tipo telescopico (punta Begemann) è dotata di un manicotto esterno scorrevole e permette di valutare, per ogni 20 cm di infissione, i seguenti parametri: resistenza alla punta  $R_p$  (kg/cm<sup>2</sup>): si riferisce ai valori di resistenza offerta dal terreno all'avanzamento della punta e resistenza all'attrito locale laterale  $R_l$  (kg/cm<sup>2</sup>), ai valori di resistenza offerta dal terreno per attrito sul manicotto che segue immediatamente la punta.

L'elaborazione dei valori di resistenza all'infissione caratteristici dei vari livelli del sottosuolo, fornisce utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati sulla base del rapporto  $R_p/R_l$  fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale (Rapporto di Begemann 1965 – Raccomandazioni A.G.I. 1977) ovvero sulla base dei valori di  $R_p$  e del rapporto  $FR = R_l/R_p$  % (esperienze di Schmertmann 1978).

Nei casi dubbi nell'applicazione del rapporto  $R_p/R_l$ , si è proceduto a scelte litologiche con validità orientativa, sulla base di esperienze e correlazioni eseguite precedentemente su altri siti, che possono essere così sintetizzate:

$7 < R_p < 20$  kg/cm<sup>2</sup>: possibili terreni coesivi in genere anche se  $R_p/R_l < 15$

$R_p \leq 20$  kg/cm<sup>2</sup>: possibili terreni coesivi anche se  $R_p/R_l > 30$

$R_p \geq 20$  kg/cm<sup>2</sup>: possibili terreni granulari anche se  $R_p/R_l < 30$

Si rammenta tuttavia, che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo CPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico. Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche vengono assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).

## Parametri geotecnici

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 19
---	---	---------



<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

I valori di resistenza unitaria locale di punta  $R_p$  e laterale  $R_l$  possono essere empiricamente correlati, oltre alla granulometria, anche ad alcune delle caratteristiche geotecniche del terreno indagato; i dati ricavati da tali correlazioni sono riportati nei tabulati allegati ove si è altresì schematizzata le successioni stratigrafiche.

I parametri geotecnici di interesse, ritenuti significativi sono:

PARAMETRI GEOTECNICI		COMPONENTE GEOTECNICA	RELAZIONI
<b>Cu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Coesione non drenata	Coesivo	Lunne (1977)
<b>Dr (%)</b>	Densità relativa	Incoerente	Schmertmann (1976)
<b><math>\phi</math> (°)</b>	Angolo di resistenza al taglio	Incoerente	Durgunoglu – Mitchell (1973-1975)
<b>Eed (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo edometrico	Incoerente	Robertson-Powell (1997)
		Coesivo	Metodo generale del modulo edometrico
<b>G (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo di deformazione al taglio	Incoerente	Imai-Tomauchi
		Coesivo	
<b>OCR (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Grado di sovraconsolidazione	Incoerente	Stress History
		Coesivo	
<b>Eu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo di deformazione non drenato	Coesivo	Cancelli (1980)
<b>Ey (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	Modulo di Young	Incoerente	ISOPT-1 (1988)
<b><math>\gamma</math> e <math>\gamma_{sat}</math> (t/m<sup>3</sup>)</b>	Peso di Volume	Incoerente	Meyerhof
		Coesivo	Meyerhof et altri

### 7.3 Misura a stazione singola del microtremore sismico

La metodologia proposta di misura a stazione singola del microtremore sismico, mediante una strumentazione quale il tomografo portatile denominato TROMINO®, permette la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre a stimare in maniera rapida la stratigrafia superficiale e la  $V_{s30}$ , come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. La tecnica maggiormente consolidata per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico generato in un sito, è quella dell'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti del moto sismico orizzontali e verticali (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V - NOGOSHI E IGARASHI, 1970). Il codice utilizzato per la creazione di curve H/V sintetiche si basa sulla simulazione del campo di onde di superficie di Rayleigh e Love in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (AKI, 1964 - BEN-MENACHEM E SINGH, 1981), considerando che l'onda sismica viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa due mezzi (litotipi) a rigidità differente, con la determinazione di un contrasto di impedenza. L'onda riflessa interferisce con quelle incidenti sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza), quando la lunghezza dell'onda incidente è 4 volte (o multipli dispari) lo spessore H del primo strato: la frequenza fondamentale di risonanza  $F_r$  relativa alle onde S risulta pari a  $F_r = V_s / 4H$ . In questo modo l'esito della misura tomografica, opportunamente

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 20
---	---	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

calibrato con i risultati della prova penetrometrica, fornisce un ulteriore e utile supporto alla ricostruzione del sottosuolo ed alla stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di sottosuolo investigato. La stima delle frequenze amplificanti del terreno, infine, consente una preliminare valutazione delle eventuali “doppie risonanze” con le tipologie di manufatti in progetto.

#### 7.4 Indagine geofisica MASW

L'indagine geofisica è stata impostata mediante prove MASW, con rilevazione delle onde superficiali di Rayleigh e successiva analisi di tali onde per la definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

Per caratterizzare il sito dal punto di vista delle conoscenze della velocità delle onde sismiche sono stati eseguiti due stendimenti sismici di 50 metri di lunghezza nell'area in studio con direzioni rispettivamente O-E e N-S.

La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale EEG BR24 con sistema d'energizzazione costituito da esploditore sismico ad alta energia d'impatto; in particolare il sistema sismico utilizzato è costituito da:

- sismografo EEG BR24 – 24 canali
- fucile sismico
- n° 2 cavi con ciascuno 12 geofoni a 4,5 Hz con passo di 2,0 metri
- cavo e geofono starter.

La prospezione sismica ha consentito la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh, utilizzando la proprietà dispersiva delle onde superficiali.

La dispersione è la proprietà delle onde superficiali, per cui, ciascuna frequenza dell'onda ha una diversa velocità di propagazione nel terreno, chiamata velocità di base, che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga.

L'intero processo di prospezione comprende tre fasi successive rappresentate dall'acquisizione delle onde superficiali, la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ . L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  dalla curva di dispersione è necessario fornire valori relativi al rapporto di Poisson e la densità dei materiali presenti.

Per generare le onde sismiche è stato utilizzato un apposito fucile sismico che utilizza cartucce industriali calibro 8. L'impulso di sparo ad alta energia che si propaga nel terreno secondo fronti d'onda semisferici, è

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 21
---	---	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

immediatamente rilevato da un sensore piezoelettrico (starter) solidalmente infisso nel terreno e trasmesso successivamente al sismografo per consentire una registrazione sincronizzata al tempo 0.

Si è optato di utilizzare la prospezione sismica mediante prove MASW poiché tale metodologia offre il vantaggio di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio oltre i 30 metri di profondità, consentendo di individuare il tipo di suolo sismico, e, a differenza della sismica a rifrazione, può essere utilizzata in qualsiasi situazione stratigrafica pseudorizzontale, anche in presenza di falda e terreni saturi.

## 8. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

### Modello stratigrafico locale

L'area interessata dall'intervento edilizio in progetto insiste su una porzione della pianura modenese originata dall'attività deposizionale del Fiume Po e dei suoi affluenti appenninici, Secchia e Panaro, mediante processi di accrezione sia orizzontale, con il giustapporsi di successivi corpi d'alveo, sia verticale, causa di continui cicli di riempimento dei bacini di esondazione. Ne risulta che il profilo verticale è caratterizzato dalla presenza di litofacies di piana alluvionale inondabile di natura prevalentemente pelitica, intercalati da depositi più grossolani, costituiti da alternanze di sabbie e limi sabbiosi, di argine, canale e rotta fluviale.

L'elaborazione della prova penetrometrica CPT ha permesso di risalire alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. Dall'esame dei dati di lettura, sono state ricostruite le curve che si riferiscono alla resistenza alla punta (curva Qc), alla resistenza all'attrito laterale locale (curva fs), le cui rappresentazioni grafiche vengono riportate nei diagrammi allegati. Dal rapporto Qc/fs si è giunti alla classificazione dei terreni mediante l'applicazione della teoria di Searle (1979); in particolare è stata realizzata una interpretazione basata unicamente sui rapporti meccanici.

La penetrometria ha accertato come il primo sottosuolo dell'area di sedime sia costituito da terreni alluvionali prevalentemente limoso-argillosi e limoso-argilloso-sabbiosi, intercalati da livelli decimetrici sabbiosi fini, fino alla massima profondità investigata (15 metri da p.c.).

I primi metri della successione litologica si presentano molto sovraconsolidati per essiccazione; tale livello geomeccanico, fino alla profondità di 2,00÷3,00 m dal p.c., in stretta correlazione con l'escursione della falda freatica e/o della sua risalita per capillarità, è suscettibile di variazioni in volume conseguentemente a cambiamenti del tenore di umidità e alla soggiacenza della falda freatica stessa e, pertanto, se interessato da sollecitazioni anche di non rilevante entità, potrebbe essere soggetto a rotture differenziate.

Nel dettaglio è possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica del sottosuolo, escludendo i primi 50-60 cm di copertura pedogenizzata.

### Unità A – da 0,60 metri a 3,60 metri da p.c.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 22
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

**Argille da mediamente consistenti a consistenti;**

**Unità B – da 3,60 metri a 7,00 metri da p.c.**

**Limo argilloso e argilla limoso-sabbiosa di media compattezza;**

**Unità C – da 7,00 metri a 10,00 metri da p.c.**

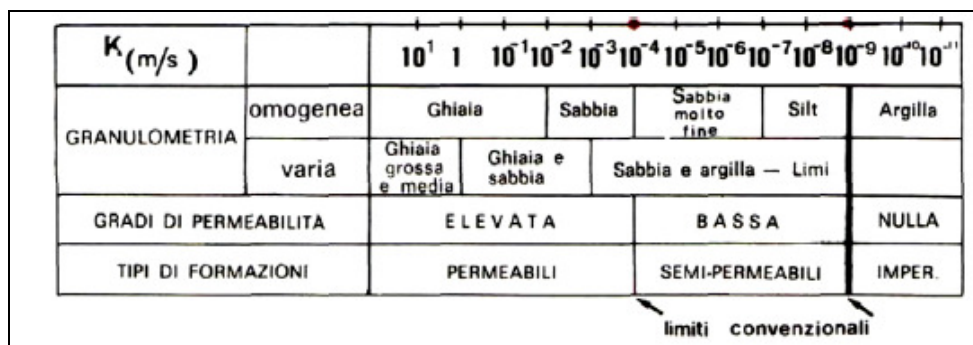
**Argilla da plastica a mediamente consistente;**

**Unità D – da 10,00 metri a 15,00 metri da p.c.**

**Argilla limoso-sabbiosa da mediamente consistente a consistente.**

**Assetto idrogeologico locale**

Sulla scorta delle risultanze derivanti dall'analisi dei dati desunti dalle indagini prese a riferimento, è stato possibile ricostruire il sottosuolo investigato dal punto di vista idrogeologico.



**FIGURA 7 – VALORI DEL COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ (DA CASTANY)**

I terreni riscontrati all'interno dell'area in esame, sono classificabili come depositi alluvionali da semipermeabili (Unità B e D) ad impermeabili (Unità A e C), caratterizzati da un grado di permeabilità da basso a nullo. Nello specifico, i valori di permeabilità attribuibili ai terreni superficiali, maggiormente influenzati dai carichi trasmessi dalle strutture di fondazione sono:

- Unità A – Argilla:  $k = 10^{-9} \div 10^{-10} \text{ m/s};$
- Unità B – Limo argilloso e argilla limoso-sabbiosa:  $k = 10^{-8} \div 10^{-9} \text{ m/s};$
- Unità C – Argilla:  $k = 10^{-10} \div 10^{-11} \text{ m/s};$
- Unità D – Argilla limoso-sabbiosa:  $k = 10^{-8} \div 10^{-9} \text{ m/s}.$

La *falda freatica* rappresenta il primo elemento idrogeologico riscontrato in sito, la cui profondità, al momento delle rilevazioni, si è attestata alla quota di 1,90 metri dal piano di indagine.

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 23
--	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

Generalmente la *falda freatica* è caratterizzata da moto prevalentemente verticale, dal basso verso l'alto per fenomeni di risalita capillare e in senso inverso per fenomeni di infiltrazione conseguenti ad eventi meteorici e/o per dispersioni da canali, fossi e scoli.

Considerando il periodo dei rilievi, si ritiene che i valori di soggiacenza siano riferibili a livelli tipici di morbida del regime idrologico della stessa.

Il valore di soggiacenza misurato risulta fortemente assoggettato sia alle infiltrazioni meteoriche sia a quelle provocate dalle irrigazioni agricole, che ai litotipi riscontrati; tali fattori possono determinare nella falda freatica un'escursione massima (dettata in condizioni strettamente locali) di 70-80 cm. E' quindi lecito supporre che, in presenza di eventi meteorici normali non eccezionali, il livello di falda freatica possa oscillare tra 1,70/1,80 metri e 2,50/2,60 metri da p.c. attuale.

Si segnala che la successione litologica riscontrata, caratterizzata dalla presenza di intercalazioni di livelli limosi e limo-sabbiosi, può determinare la formazione di livelli saturi, temporanei e sospesi, in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi e prolungati.

Per la valutazione della vulnerabilità della falda freatica è stata utilizzata la metodologia proposta da De Luca – Vega (1991) che per la sua struttura ben si adatta anche all'applicazione su aree sia di grande sia di piccola estensione e permette così di utilizzare la stessa metodologia anche nel caso di studi specifici su aree di particolare interesse. Nello specifico, considerata la sensibile variazione di piezometria sia a breve distanza nello spazio che nel tempo, ci si è concentrati sulla valutazione della vulnerabilità verticale, intesa come la facilità con cui l'acquifero può essere raggiunto da un inquinante immesso dalla superficie topografica; essa, quindi, è funzione dell'attitudine di un deposito a farsi attraversare da parte di un eventuale inquinante, legata allo spessore, alla permeabilità e alla litologia del non saturo.

Tramite il tempo di arrivo teorico di un inquinante in falda è possibile quantificare il valore di vulnerabilità verticale:

$$t_a = S / V_i$$

in cui:

$t_a$  = tempo di arrivo;

$S$  = soggiacenza;

$V_i$  = velocità di infiltrazione.

Per il calcolo si possono utilizzare i parametri riportati nella tabella seguente (CASTANY, 1986).

GRANULOMETRIA	VELOCITÀ DI INFILTRAZIONE (m/s)
Ghiaia pulita	$1,5 \cdot 10^{-2}$
Sabbia molto grossolana	$4,0 \cdot 10^{-3}$
Ghiaia e sabbia	$3,0 \cdot 10^{-3}$

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 24
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

Sabbia grossolana	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Sabbia media	$8,5 \cdot 10^{-4}$
Sabbia fine	$6,2 \cdot 10^{-5}$
Sabbia limosa	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Limo	$6,5 \cdot 10^{-7}$
Argilla	$3,2 \cdot 10^{-8}$

A favore della sicurezza si calcolano i valori di velocità di infiltrazione con un gradiente idraulico pari ad uno, cioè considerando completamente saturo il terreno tra la superficie del suolo e la falda.

A fronte di questi tempi teorici di arrivo in falda sono state contraddistinte sei classi:

TEMPO DI ARRIVO	VULNERABILITÀ VERTICALE
>20 anni	MOLTO BASSA
20 anni – 10 anni	BASSA
10 anni – 1 anno	MEDIA
1 anno – 1 settimana	ALTA
1 settimana – 24 ore	ELEVATA
< 24 ore	MOLTO ELEVATA

Si è proceduto con la risoluzione delle formule sopra riportate nelle situazioni corrispondenti allo stato di fatto.

Il modello concettuale utilizzato per la valutazione del livello di rischio considera lo spessore del non saturo pari 2,50 metri.

Si è proceduto con la risoluzione della formula sopra riportata nella situazione corrispondente allo stato di fatto; il tempo di arrivo e la definizione della vulnerabilità verticale è riportata nella seguente tabella:

SITUAZIONE DI RISCHIO	SOGGIACENZA S	VELOCITÀ DI INFILTRAZIONE	TEMPO DI ARRIVO $t_a$	VULNERABILITÀ VERTICALE
Falda freatica	2,00 metri	$6,50 \cdot 10^{-7}$ m/s	44 giorni	ALTA

## 9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nella successiva sintesi tecnica del comparto si fornisce una caratterizzazione delle proprietà geomeccaniche e fisiche dei terreni, considerando l'interazione fondazione-terreno, e la profondità del piano di posa che deve essere situato al di sotto della coltre di terreno vegetale, nonché al di sotto dello strato interessato da

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 25
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

gelo e sopra significative variazioni del livello della frangia freatica che è stata misurata in foro, in data 21/06/2011, alla quota di 1,90 m dal p.c.

### **Parametri geotecnici medi e caratteristici**

La parametrizzazione geotecnica delle unità litologiche del sottosuolo è stata realizzata attraverso le correlazioni proposte in letteratura con riferimento alle unità stratigrafiche precedentemente descritte.

Il modello geologico evidenzia un sottosuolo costituito da una successione superficiale piuttosto omogenea, contraddistinta da depositi superficiali prevalentemente argilloso-limosi e limoso-argillosi.

Per quanto attiene ai parametri geotecnici caratteristici, con il DM 2008 si ragiona in termini non più di valori deterministici, ma in termini di variabili aleatorie cioè le resistenze dei terreni vengono scelte secondo una stima cautelativa del valore medio delle stesse.

Stima cautelativa perché la variabile può essere rappresentata da più parametri ma la trattazione deve necessariamente riguardare tutti i possibili valori della variabile, e non solo il valore atteso (media), deve cioè tener conto di tutta la distribuzione della variabile.

Di seguito, si riportano i **valori caratteristici** dei parametri geotecnici, ai sensi del D.M. 14 Gennaio 2008, evidenziando che, per la stima degli stessi, sono state utilizzate le seguenti metodologie:

*parametro  $c_u$  (coesione non drenata)*

*parametro  $E$  (modulo di Young)*

*parametro  $M_0$  (modulo edometrico)*

è stata utilizzata la metodologia di Cox, con intervallo di confidenza della media della distribuzione log-normale:

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$$

dove:

$\bar{Y}$  è il valore medio del dataset con distribuzione log-normale;

$z$  è la distribuzione normale standardizzata;

$t$  è il valore della distribuzione di Student ad  $n-1$  gradi di libertà;

$S$  è la deviazione standard del campione;

$n$  il numero di dati.

*Parametro  $\phi$  (angolo di attrito)*

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left( \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

dove:

$x_k$  è il valore caratteristico desiderato;

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 26
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

**x** con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione;

**t** è il valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità  $u = 95\%$  (ossia,  $1-\alpha = 0.95$  o alternativamente,  $\alpha = 0.05$ );

**s** è la deviazione standard del campione;

**n** il numero di dati.

Il modello geotecnico individuato è sintetizzato nelle seguenti tabelle.

#### **Unità A – Argilla da mediamente consistente a consistente**

<b>Parametri geotecnici</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità</b>	<b>Valore medio</b>	<b>Valore caratteristico</b>
Coesione non drenata	$c_u$	kg/cm <sup>2</sup>	0,59	0,57
Modulo di Young	$E_\gamma$	kg/cm <sup>2</sup>	108	103
Modulo edometrico	$M_o$	kg/cm <sup>2</sup>	44	42

#### **Unità B – Limo argilloso e argilla limoso-sabbiosa di media compattezza**

<b>Parametri geotecnici</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità</b>	<b>Valore medio</b>	<b>Valore caratteristico</b>
Coesione non drenata	$c_u$	kg/cm <sup>2</sup>	0,67	0,63
Modulo di Young	$E_\gamma$	kg/cm <sup>2</sup>	172	164
Modulo edometrico	$M_o$	kg/cm <sup>2</sup>	52	50

#### **Unità C – Argilla di consistenza da plastica a media**

<b>Parametri geotecnici</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità</b>	<b>Valore medio</b>	<b>Valore caratteristico</b>
Coesione non drenata	$c_u$	kg/cm <sup>2</sup>	0,76	0,72
Modulo di Young	$E_\gamma$	kg/cm <sup>2</sup>	273	264
Modulo edometrico	$M_o$	kg/cm <sup>2</sup>	57	53

#### **Unità D – Argilla limoso-sabbiosa da consistente a molto consistente**

<b>Parametri geotecnici</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità</b>	<b>Valore medio</b>	<b>Valore caratteristico</b>
Coesione non drenata	$c_u$	kg/cm <sup>2</sup>	1,18	1,03
Angolo di attrito	$\phi$	°	29,7°	28,3°
Modulo di Young	$E_\gamma$	kg/cm <sup>2</sup>	366	346
Modulo edometrico	$M_o$	kg/cm <sup>2</sup>	88	97

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 27
--	--	---------



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

## 10. INQUADRAMENTO SISMICO

### 10.1 Macrosismicità

Gli studi condotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica sul territorio italiano con riferimento ai dati provenienti da tutti i cataloghi sismici disponibili per gli ultimi duemila anni [*Mappa della Massima Intensità Macrosismica Risentita in Italia* – Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento Protezione Civile] indicano che la zona in esame ha testimoniato una intensità macrosismica massima compresa tra VI° e VII° grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg.

La Mappa delle Massime Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani evidenzia per il territorio in esame il manifestarsi in passato di terremoti con soglie di danno  $\leq 7\div 8$ . In tale studio non vengono fornite indicazioni dirette sulla intensità dei terremoti in funzione della loro frequenza probabile, espressa come tempo di ritorno dell'evento tellurico.

I massimi storicamente registrati sono in ogni caso coerenti con quanto indicato dai più recenti studi sulla pericolosità sismica del territorio nazionale, nei quali vengono definiti i seguenti valori degli indicatori di pericolosità con probabilità di non superamento pari al 90% dei casi in 50 anni (G.N.D.T. e S.S. 1999).

Le massime accelerazioni attese al suolo o P.G.A. (Peak Ground Acceleration) attese per il Comune di Medolla e previste dalla mappa di Pericolosità Sismica dell'I.N.G.V. – 2004, sono comprese tra **0,100 ÷ 0,125g**, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di categoria A nella porzione settentrionale del territorio comunale e comprese tra **0,125 ÷ 0,150g** in quella meridionale.

Per il Comune di Medolla, i dati fondamentali del sisma forniti dalla Delibera Assemblea Legislativa (D.A.L.) della Regione Emilia-Romagna n. 112/2007 sono:

- ❖ Magnitudo M: 6.4;
- ❖ Accelerazione di picco al substrato:  $a_g = 0,154_g$ .

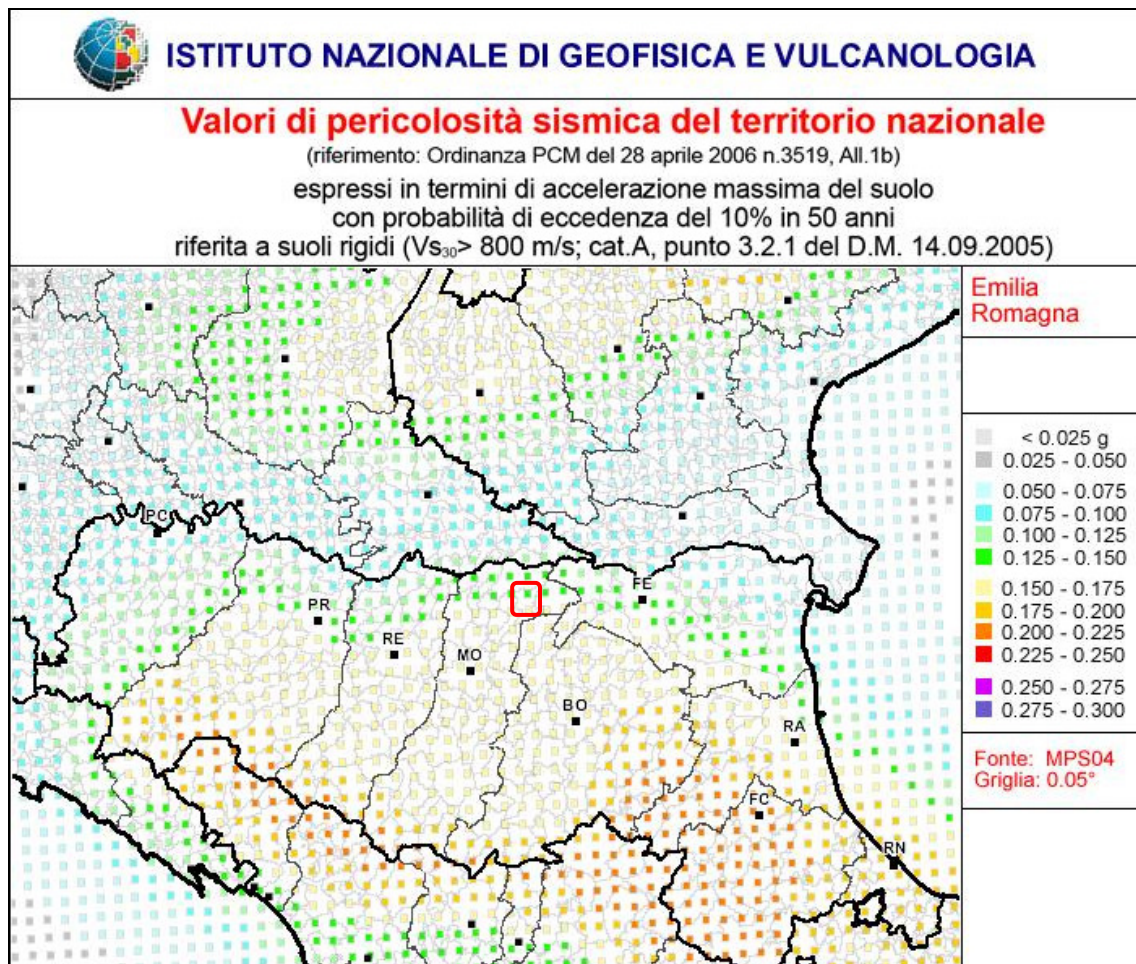
La rassegna degli eventi sismici non strumentali ritenuti significativi per il territorio in esame, avvenuti negli ultimi 1000 anni, riporta cinque eventi con intensità epicentrale massima tra il sesto e il settimo/ottavo grado della scala MCS, mentre la Magnitudo momento  $M_w$  rilevata è compresa tra 4.56 e 5.61. L'intensità al sito massima rilevata è pari a 5-6, in occasione dell'evento sismico registrato nel 1987 con area epicentrale localizzata nel reggiano.

Dall'osservazione della mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia settentrionale si evince come il territorio comunale di Medolla ricade all'interno della **zona sismogenetica 912** denominata “*Pieghe emiliane e Dorsale Ferrarese*”, la quale costituisce la continuazione sepolta delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura. Dal catalogo dei terremoti, si osserva che gli epicentri degli eventi storici selezionati per l'area in esame, ricadono in undici casi (su venticinque terremoti di riferimento) nella zona sismogenetica ZS

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 28
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

912, suddivisi tra il margine appenninico-padano, con Magnitudo M compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e l'arco della dorsale ferrarese, caratterizzato da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5).



**FIGURA 8 – ESTRATTO DI MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE**

## 10.2 Definizione delle $V_{s30}$ e della “categoria di sottosuolo”

L'interpretazione dei dati ottenuti dal rilievo del rumore sismico consente sia di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato litoide inteso come bedrock sismico sia di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo. Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del moto fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si può ricavare il valore della frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco di frequenza corrisponde una profondità (metri) dell'orizzonte che genera il contrasto di impedenza si è potuto estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo. L'ampio range di frequenze acquisite dallo

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 29
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	Giugno 2012

strumento utilizzato (0.1 ÷ 128 Hz) non ha evidenziato contrasti di impedenza attribuibili alla presenza di rifrattori sismici.

L'utilizzo del codice di calcolo sintetico ha, in questo caso, evidenziato le seguenti discontinuità sismiche, poste rispettivamente in corrispondenza di 2 Hz e 10 – 20 Hz. Per frequenze inferiori a 0,80 Hz, il rapporto H/V non si mantiene piatto, ma mostra alcuni massimi locali, legati a strutture più profonde.

L'analisi della curva H/V permette di evidenziare la presenza di una inversione di velocità, legata ad un livello litologico più soffice rispetto a quelli sovrastanti, individuabile tra le frequenze di 4.0 e 6.0 Hz (profondità 5.5 – 9.5 metri).

La frequenza propria di vibrazione del sottosuolo indagato è compresa tra 0.80 e 1.00 Hz (Periodo fondamentale di vibrazione del suolo =  $1.00 \div 1.25$  s), con valore di amplificazione del segnale sismico prossimo a 3. Dall'interpretazione dei dati sperimentali emerge che il bedrock sismico non è stato individuato; si riscontra a partire dalla profondità di 105 metri, uno strato interpretabile come bedrock-like. Si pone in evidenza che il rilievo dei microtrempi suggerisce che il sottosuolo nel sito esibisce un'unica amplificazione principale, individuata in corrispondenza della frequenza di 0.90 Hz circa (periodo 1.11 s); pertanto, strutture il cui modo fondamentale di vibrazione sia situato nei periodi T prossimi al valore sopra citato, sono da ritenere a potenziale rischio per quanto attiene alla possibile insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura. La ricostruzione del modello di inversione evidenzia una crescita di velocità di propagazione delle onde sismiche correlabile ad un aumento della rigidità del sottosuolo.

La prospezione geofisica eseguita mediante metodologia MASW ha permesso di ricostruire la seguente stratificazione sismica del sito in studio (TABELLA 1):

**TABELLA 1 – MODELLO DI INVERSIONE**

<b>Profondità [m]</b>	<b>Spessore sismostrati [m]</b>	<b>Vs [m/s]</b>
0.00 – 1.50	1.50	104
1.50 - 3.40	1.90	119
3.40 – 5.70	2.30	129
5.70 – 8.70	3.00	178
8.70 – 12.40	3.70	173
12.40 – 16.90	4.50	264
16.90 – 22.70	5.80	345
22.70 – 29.90	7.20	343
29.90 – 30.00	0.10	333

E' stato quindi possibile stimare, tramite la relazione

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 30
--	--	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i / V_{si}}$$

in cui  $h_i$  e  $V_{si}$  indicano lo spessore espresso in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori, al di sotto del piano di imposta delle strutture di fondazione,

la velocità delle onde VS a 30 metri dal piano campagna ( $V_{s30}$ ) come esplicitamente richiesto dalla normativa vigente:  $V_{s30} (0.00 \div 30.00) = 212 \text{ m/s}$ .

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal seguente studio, si ritiene opportuno inserire il sito in oggetto di studio nella **Categoria C** “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < cu < 250 \text{ kPa}$  nei terreni a grana fine)*”.

Gli effetti topografici possono essere trascurati in quanto la superficie topografica, poiché il sito è ubicato in una ampia area pianeggiante, può essere classificata come appartenente alla

#### **categoria T1:**

“*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* ”

Per tale categoria si assume quale valore del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

Per la determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica ci si è avvalsi delle tabelle e delle formule contenute nell’Allegato 2 della Delibera dell’Assemblea legislativa n. 112 – Oggetto n. 3121 del 2 Maggio 2007, le quali permettono di calcolare i fattori di amplificazione rispetto ad un suolo di riferimento.

Tali fattori espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale  $PGA/PGA_0$ , sia di rapporto di Intensità Housner  $SI/SI_0$ , per prefissati intervalli di periodi, dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l’accelerazione massima orizzontale e l’intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti in ogni comune, ricavabili dal database regionale e  $PGA$  e  $SI$  sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Quindi:

- $PGA/PGA_0 = 1,50$
- $SI/SI_0 = 1,80 \quad 0,1s < T_0 < 0,5s$
- $SI/SI_0 = 2,30 \quad 0,5s < T_0 < 1,0s$

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 31
---	---	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

La tabella cui ci si riferisce fa riferimento ad una pianura caratterizzata da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche deca metrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ( $\geq 100$  metri da p.c.) (PIANURA 2).

### 10.3 Pericolosità sismica locale: effetti di sito

Per la valutazione della pericolosità derivante dalla sollecitazione sismica, vengono analizzati sia la presenza di eventuali situazioni di pericolosità indotte dai fattori locali quali quelli geologici, geomorfologici, sia di discontinuità tettoniche presenti nell'area che possono amplificare le vibrazioni sismiche esaltandone gli effetti.

In merito alla risposta sismica locale, si è fatto riferimento a quanto contenuto nel P.T.C.P. 2008, in particolare alla “*Carta delle aree suscettibili di effetti locali*”, in quanto la Tavola di Microzonazione Sismica, redatta nell'ambito del PSC del Comune di Medolla, non era estesa all'area di intervento, il comparto indagato è stato inserito all'interno di un'area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti (FIGURA 9).

Pertanto risulta necessario eseguire studi di un approfondimento, mirati alla valutazione del coefficiente di amplificazione litologica, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi.

L'indagine è mirata a definire se esistono condizioni per un'esaltazione degli effetti di un'onda sismica a causa della presenza di una o più delle seguenti condizioni:

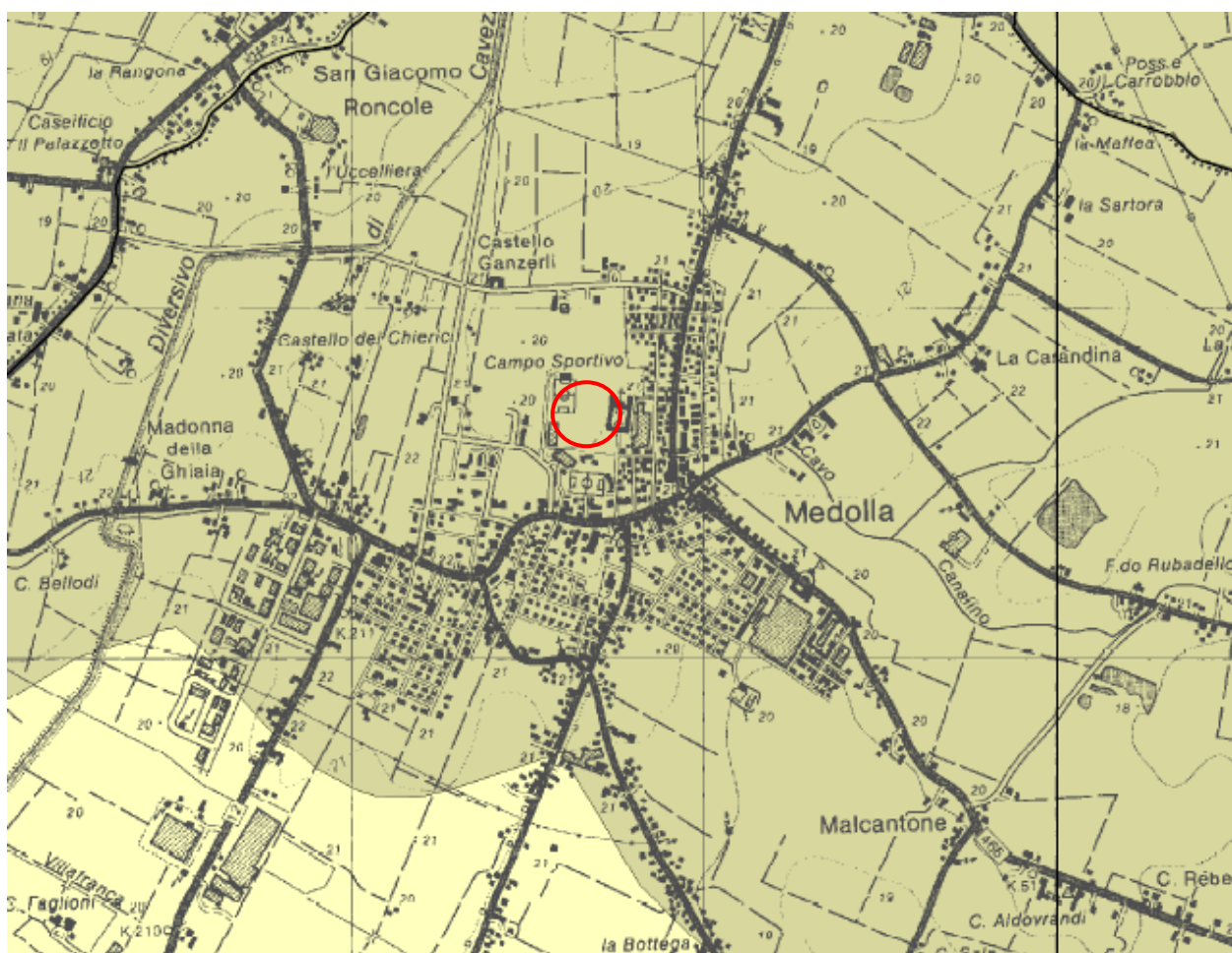
- presenza di faglie o fratture maggiori collegate alle faglie principali, quindi rottura di faglia in superficie;
- instabilità di pendii nei confronti dell'azione sismica;
- linee di cresta marcate o bruschi cambiamenti di pendenza, come bordi di terrazzi fluviali o cigli di scarpate naturali e artificiali o nicchie di distacco di frane;
- contatti geologici, stratigrafici o strutturali che mettano a contatto terreni a differente risposta sismica;
- presenza di coltre detritiche sui versanti;
- materiale di accumulo di frane sia attive che quiescenti;
- vicinanze a scarpate di grande altezza soggette a fenomeni di crollo o rotolamento di blocchi rocciosi;
- presenza di falda freatica a profondità inferiore a 15 metri dal p.c. con sottosuolo costituito da terreni granulari specie se a scarsa assortimento granulometrico; problemi di liquefazione;
- eccessivo addensamento in caso di terremoto.

L'area in oggetto di studio è posta in prossimità di alcuni lineamenti tettonici classificati come “*faglie capaci*”, cioè potenzialmente in grado di creare deformazioni in superficie (database “*Ithaca*” da [www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)).

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 32
---	---	---------

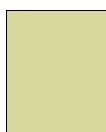


<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012



#### LEGENDA

##### ZONA 8



##### EFFETTI ATTESI

**Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione**

studi\*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;

microzonazione sismica\*: approfondimenti di III livello

**FIGURA 9 – ESTRATTO DI CARTA DEL RISCHIO SISMICO: AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI (PTCP 2008)**

Le strutture più vicine che sono più vicine e, pertanto, possono influenzare maggiormente la sismicità del sito, sono le seguenti:

- sovrascorrimento di San Felice sul Panaro (codice 93761), con lunghezza di 20 km e profondità 4 km, facente parte del sistema di dislocazioni tettoniche denominato Modena Arc, sede di possibili eventi sismici di magnitudo massima di  $M_w$  6,6;

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 33
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

- faglia inversa di Mirandola (codice 90815), con lunghezza di 17 km e profondità 0 km, facente parte del sistema di dislocazioni tettoniche denominato Modena Arc, sede di possibili eventi sismici di magnitudo massima di  $M_w$  6,5;
- faglia normale di Massa Finalese (codice 93758), con lunghezza di 1 km e profondità 0 km, facente parte del sistema di dislocazioni tettoniche denominato Modena Arc, sede di possibili eventi sismici di magnitudo massima di  $M_w$  5,1).

I principali effetti dei sismi riconducibili alla natura del sito e dei terreni sono funzione della composizione granulometrica, dell'addensamento dei depositi nonché dalla profondità della falda acquifera. Per zone con caratteristiche analoghe a quella indagata, i principali fenomeni potenzialmente collegati ad un sisma sono:

- la *liquefazione* dei terreni incoerenti finì saturi;
- la *densificazione* dei depositi granulari sciolti asciutti;
- *cedimenti* anche differenziali dei terreni coesivi, limo-argillosi.

### Liquefazione

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \cdot \tan \varphi$$

con:

$c$  = coesione del terreno;

$\sigma_{v0}$  = pressione litostatica totale agente alla profondità di indagine;

$u$  = pressione interstiziale dell'acqua;

$\varphi$  = angolo di resistenza al taglio del terreno

è evidente che la grandezza  $\tau$  si può annullare solo nel caso in cui si siano verificate le condizioni:

1.  $c = 0$ ;
2.  $(\sigma_{v0} - u) = 0$ .

La condizione 1 vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreno coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica; la condizione 2 si verifica, quando la pressione interstiziale eguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità della colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ( $\sigma_{v0} = u$ ).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 34
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

Durante un terremoto il terreno può essere visto come sottoposto da una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità.

In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

In definitiva quindi, un'elevata magnitudo del sisma e una lunga durata dello stesso rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito a prevalenza sabbiosa.

Dall'analisi dei fattori che predispongono un terreno alla liquefazione, tra i quali la granulometria, la profondità del livello potenzialmente liquefacibile, il grado di addensamento dei depositi, in linea generale si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti costituiti da sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile dallo 0 al 25%, si trovano sotto falda, sono da poco a mediamente addensati e si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori a 15 metri). Tenendo conto di quanto sopra, si esegue un approfondimento di indagine ai sensi della D.A.L. 112/2007, atto a verificare la presenza di terreni soggetti potenzialmente ad addensamento e/o liquefazione.

Per la verifica a liquefazione si è utilizzata la procedura semplificata originariamente sviluppata da *Seed & Idriss (1971)*, basata sulla correlazione della capacità di resistenza del terreno alla liquefazione CRR ed un parametro definito domanda di resistenza ciclica indotta dal sisma CSR.

La valutazione della resistenza alla liquefazione CRR è stata eseguita sulla base dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT (*Robertson e Wride (1997)*), opportunamente normalizzati. Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza  $FS_L$ , definito dal rapporto CRR su CSR.

La metodologia utilizzata permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica  $q_c$  normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (CRR e CSR), ottenuti mediante le seguenti relazioni:

$$CSR = 0,65 \cdot (a_{max}) / (g) \cdot (\sigma_{vo} / \sigma'_{vo}) \cdot r_d \cdot 1 / (MSF \cdot K\sigma)$$

dove:  $a_{max}$  = accelerazione sismica di picco al piano campagna;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale totale alla profondità  $z$  dal p.c.;

$\sigma'_{vo}$  = pressione verticale efficace alla profondità  $z$  da p.c.;

$r_d$  = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata;

$MSF$  = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;

$K\sigma$  = coefficiente correttivo funzione delle tensioni efficaci alla profondità interessata.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 35
---	---	---------



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

$$\text{CRR}_{7,5} = 0,833 \cdot [(q_{c1N})_{cs} / 1000] + 0,05 \quad q_{c1N} \leq 50$$

$$\text{CRR}_{7,5} = 93 \cdot [(q_{c1N})_{cs} / 1000]^3 + 0,08 \quad 50 \leq q_{c1N} \leq 160$$

dove:  $(q_{c1N})_{cs}$  = resistenza penetrometrica statica normalizzata e corretta per l'influenza del contenuto in fini.

Il valore di  $\text{CRR}_{7,5}$  così ottenuto si riferisce ad eventi sismici di magnitudo  $M$  pari a 7,5; diversi studi hanno permesso di definire un fattore di scala per la magnitudo sismica di riferimento, denominato MSF.

Nelle verifiche è stato adottato il fattore di scala modificato secondo la teoria di Idriss, mediante la formula  $\text{MSF} = 10^{2,24/M^{2,56}}$ .

In considerazione che la magnitudo di riferimento per il territorio comunale di Medolla è stimata pari a 6,20, il valore di  $\text{CRR}_{7,5}$  sarà corretto mediante un fattore di correzione MSF, assunto pari a 1,87.

Per il sito in esame l'accelerazione di picco massima  $a_{\max}$  al piano campagna adottata, è stata ricavata dalla relazione  $a_{\max} = (a_g \cdot S \cdot \gamma)$ , dove  $a_g$  rappresenta l'accelerazione massima di picco al bedrock,  $S$  il coefficiente di amplificazione dell'accelerazione sismica legata al sottosuolo (**Suolo C = 1,50**) e  $\gamma$  il coefficiente di importanza dell'edificio assunto pari a 1.

Per il sito in esame, come accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico con cui calcolare la sollecitazione di progetto è stato adottato il valore di 0,3g.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione  $\text{FS}_L$  è definito dal rapporto CRR su CSR:

$$\text{FS}_L = \text{CRR} \cdot \text{MSF} / \text{CSR}$$

La liquefazione è in relazione al fattore di sicurezza nel seguente modo:

- $\text{FS}_L > 1,25$                       **liquefazione assente**
- $1,0 < \text{FS}_L < 1,25$               **liquefazione possibile**
- $\text{FS}_L < 1,25$                       **liquefazione molto probabile**

Dalle verifiche eseguite, si evince che i terreni indagati, sulla base della definizione dell'indice del tipo di terreno  $I_c$ , sono classificati come *argillosi*, fino alla profondità di 15,00 metri circa, e, pertanto, non suscettibili alla liquefazione.

#### Cedimenti post sismici in terreni coesivi

Nel sito in oggetto i terreni più superficiali entro i dieci metri di profondità, sono di natura coesiva, con granulometria limoso-argillosa, di consistenza da soffice a plastica, moderatamente compressibili.

In tali terreni, in caso di evento sismico, si può produrre un incremento delle pressioni interstiziali che genera un cedimento di riconsolidazione per dissipazione post terremoto.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 36
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012

Pertanto, in via teorica, si produce una valutazione dei cedimenti post sismici nei terreni compresi fra –2.00 m di quota e –5.40 m; lo spessore dello strato indagato è quindi di 340 cm.

A tale scopo è stata utilizzata la seguente formula:

$$\Delta H = \varepsilon_{VR} * H$$

dove: H = altezza dello strato;

$\varepsilon_{VR}$  (%) = deformazione volumetrica post-ciclica, calcolabile nel seguente

modo:

$$\varepsilon_{vr} = \frac{\alpha C_r}{1 + e_0} \log \left( \frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

dove:  $\alpha$  = costante sperimentale in prima approssimazione uguale a 1,0;

$C_r$  = indice di riconsolidazione post-ciclica = 0,225  $C_c$ ,

$C_c$  = indice di compressione ottenuto mediante la relazione  $C_c = 0,0348 + 0,0162 I_p$ ;

$e_0$  = indice dei vuoti iniziale, ottenuto dalla relazione  $C_c = 0,40 (e - 0,25)$ ;

$\Delta u / \sigma'_0$  = rapporto di pressione interstiziale.

Nei calcoli sono stati assunti valori prudenziali ricavati dalla letteratura geotecnica. In particolare è stato posto:

$C_c = 0,2778 \div 0,2940$  ipotizzando un IP = 15÷16%;

$C_r = 0,00625 \div 0,00615$ ;

$e_0 = 0,944 \div 0,985$ ;

$\Delta u / \sigma'_0$  = valutato con riferimento al grafico riportato nella figura 3 dell'Atto di indirizzo regionale, pari a 0,20.

**TABELLA 2 – CEDIMENTI PERMANENTI POST-SISMICI**

Profondità [m]	Spessore strato [cm]	$C_r$	$e_0$	$\Delta u / \sigma'_0$	$\varepsilon_{VR}$ (%)	$\Delta H$ [cm]
4,40-7,80	340	0,064	0,96	0,20	0,0032	1,08

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 37
--	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

## 11. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO PROPOSTO

La formulazione del giudizio di fattibilità geologica è stata desunta dalla valutazione incrociata degli elementi di carattere geologico-geomorfologico, idrogeologico e sismico, descritti nelle sezioni precedenti. È stata eseguita l'elaborazione delle risultanze delle indagini in sito condotte, finalizzata alla valutazione dell'idoneità dei terreni dell'immediato sottosuolo al progetto di costruzione di un fabbricato a destinazione residenziale.

Considerando la specificità del territorio di pianura in esame, è stata analizzata la successione litologica del sottosuolo e le possibili interconnessioni dello stesso con le acque sotterranee e con il reticolo idrografico superficiale.

Dall'insieme delle risultanze ottenute e considerando la destinazione d'uso del comparto oggetto di intervento edificatorio, si ritiene che l'area indagata sia **idonea** ad ospitare le strutture scolastiche provvisorie.

Risulta evidente che, per la presenza di eterogeneità litostratigrafiche/geotecniche, di depositi coesivi compressibili riscontrati nei primi metri di profondità dal piano campagna, nonché di una falda freatica superficiale, generalmente compresa tra i due e i tre metri di profondità, e di livelli temporanei saturi e sospesi, in occasione dei periodi a maggiore piovosità, la fattibilità del progetto proposto dovrà essere strettamente vincolata alla scelta di adeguate strutture fondazionali, opportunamente dimensionate, atte a minimizzare l'insorgenza dei cedimenti assoluti e differenziali conseguenti alla nuova imposizione di carico che graverà sui terreni di fondazione.

Sulla base dell'elaborazione dei dati desunti dalle indagini in sito, si sottolinea che i possibili problemi di instabilità geologica sono correlati alla elevata compressibilità dei depositi coesivi, e alla differente della stessa, causata da eterogeneità sia granulometriche che di successione stratigrafica, con conseguente possibile insorgenza di cedimenti differenziali; pertanto, l'attenzione deve trasferirsi alle strutture in elevazione valutando quindi l'interazione fondazione-elevazione, in rapporto alla profondità di posa delle strutture fondali.

Si sottolinea che l'edificabilità dell'area possa dichiararsi soltanto previa adozione di una corretta soluzione fondale mirata a rendere minima l'insorgenza di cedimenti differenziali.

In riferimento alle eventuali interconnessioni tra le strutture di fondazione con la falda freatica, in assenza di informazioni temporali di maggior dettaglio derivanti dal monitoraggio della stessa, si ritiene possibile un innalzamento, in occasione delle piogge autunnali e primaverili, fino alla profondità di circa 1,50/1,60 metri da p.c. attuale; pertanto, tale valore di soggiacenza dovrà essere considerato in occasione delle opere di scavo per la realizzazione delle strutture di fondazione.

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 38
---	---	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

In merito agli aspetti legati all'evoluzione morfologica del territorio, le indagini condotte verificano, coerentemente al contesto di ubicazione dell'area in studio, l'assenza di elementi d'evoluzione morfologica e/o di fenomeni erosivi d'entità apprezzabile.

## 12. CONCLUSIONI

Le indagini geognostiche hanno evidenziato come il primo sottosuolo del sito in studio sia costituito da depositi alluvionali, costituiti prevalentemente da limi argillosi e argille limose, talora sabbiosi fini, di consistenza da plastica a media nei primi 10,00 metri di profondità, e da mediamente consistenti a molto consistenti in profondità.

I primi metri della successione litologica si presentano sovraconsolidati, poiché interessati da fenomeni di escursione della falda freatica e/o della sua risalita per capillarità.

Si tratta, pertanto, di una successione stratigrafica nel complesso abbastanza omogenea, nella quale i termini a maggiore componente coesiva sono prevalenti.

Durante l'esecuzione della penetrometria, è stata intercettata la falda freatica, la cui soggiacenza è stata rilevata alla quota di -1,90 metri da piano campagna; tale livello è suscettibile di variazione, in relazione all'andamento delle precipitazioni meteoriche stagionali.

Sulla base delle risultanze del rilevamento geologico di superficie e della campagna di indagine geognostiche effettuata dallo scrivente si può affermare che il sottosuolo risulta privo di cavità nascoste, di fratturazioni beanti e/o di lineamenti tettonici su scala locale.

In relazione al piano di imposta di eventuali fondazioni superficiali, si ricorda che quest'ultime devono essere congruenti alle seguenti indicazioni: sottostare alla massima profondità del gelo del terreno, essere più profonde del cosiddetto strato attivo, ovvero quello strato superficiale del suolo soggetto a ritiro/rigonfiamento in conseguenza all'andamento delle precipitazioni stagionali, sottostare all'eventuale strato sovraconsolidato per essiccazione.

Nel caso di adozione di fondazioni superficiali, queste dovranno appoggiare ad almeno -1,20 metri dall'attuale piano campagna. Le strutture di fondazione andranno poi appoggiate su uno strato di conglomerato magro, compattato ed addensato.

Al fine di allontanare le acque superficiali di ruscellamento esse dovranno essere regimate con opportune canalizzazioni e sistemi di drenaggio, al fine di evitare fenomeni di dilavamento che potrebbero portare al collassamento degli scavi.

Il territorio comunale di Medolla, in base all'Ordinanza P.C.D.M. n. 3274/2003, viene classificato in prima applicazione in zona sismica 3. In base a quanto prescritto nel D.M. 14.01.2008, il suolo di fondazione ricade nella categoria C.

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 39
--	--	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

In fattore di amplificazione stratigrafica corrispondente alla categoria C rientra nel seguente range di valori  $1,00 < S_s < 1,50$ , il fattore topografico del sito in esame è risultato essere  $S_t = 1,00$ .

E' stata eseguita una verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione; questi, avendo un comportamento meccanico prevalentemente plastico-coesivo, non sono suscettibili a liquefazione.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e in ottemperanza con quanto previsto dalle disposizioni delle leggi vigenti nazionali (D.M. 11.03.1988 e D.M. 14.01.2008), l'installazione di strutture scolastiche provvisorie risulta compatibile con le risultanze determinate da questo studio.

GEOLOGO

FRANCESCO GABRIELLI



STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 40
---	---	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

---

## APPENDICE DOCUMENTALE

---

### RISULTATI E CERTIFICATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

TAV. 1 - Planimetria generale – stato di progetto: ubicazione indagini in sito

Tabulati prove penetrometriche statiche

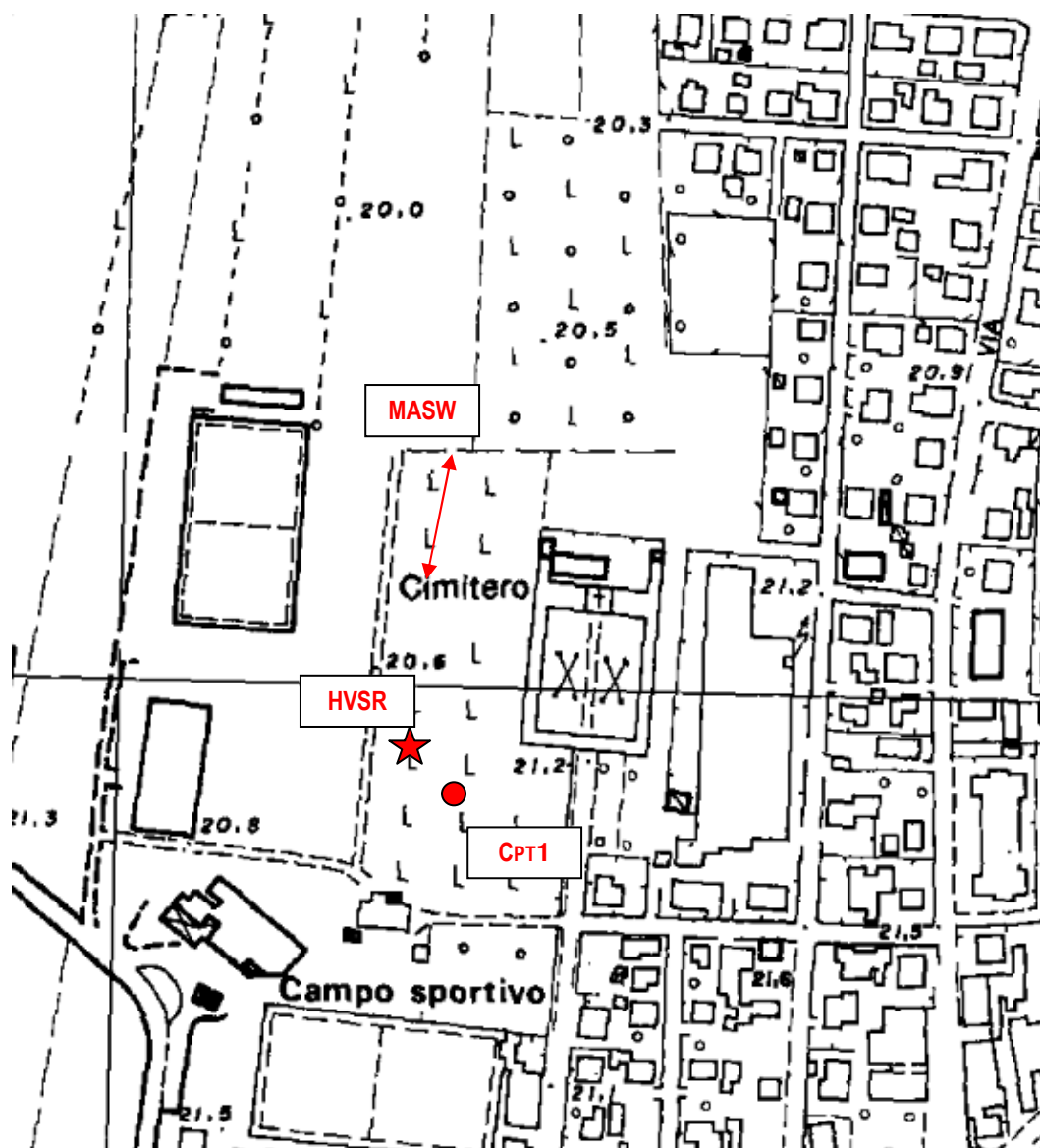
Report verifica alla liquefazione

Report Indagine Geofisica mediante Rilievo dei Microtremori

Report Indagine Geofisica mediante MASW

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 41
---	---	---------

<b>Titolo:</b>	<b>Data:</b>
Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).	Giugno 2012



- PROVA PENETROMETRICA CPT
- ★ INDAGINE GEOFISICA HVSr
- ↔ INDAGINE GEOFISICA MASW

TAVOLA N. 1

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 42
---	---	---------

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

## REPORT PROVE PENETROMETRICHE CPT

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 43
---	---	---------



## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

**PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (  $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  (  $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$  )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{\text{max}}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta  $q_c \text{ ( Kg / cm}^2 \text{ )} = ( \text{L. punta} ) \text{ } C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale  $f_s \text{ ( Kg / cm}^2 \text{ )} = [ ( \text{L. laterale} ) - ( \text{L. punta} ) ] \text{ } C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale  $R_t \text{ ( Kg )} = ( \text{L. totale} ) \text{ } C_t$

$q_c / f_s = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ ( Kg )}$ , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$  .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta .

### CONVERSIONI

1 kN ( kiloNewton ) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton ) = 1000 kN = 1000000 N  $\approx$  100 t

1 kPa ( kiloPascal ) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa ( MegaPascal ) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t / m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

# **PROVA PENETROMETRICA STATICA** **LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.01PG05-149

- committente : Comune di Medolla (MO)      - data : 21/06/2012  
 - lavoro : Realizzazione strutture scolastiche provvisorie      - quota inizio : Piano Campagna  
 - località : Area cimiteriale in Medolla (MO)      - prof. falda : -1,90 m da quota inizio  
 - note : Terreno vegetale      - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	30,0	34,0	30,0	0,20	150,0	7,80	17,0	29,0	17,0	0,87	20,0
0,40	33,0	36,0	33,0	0,33	99,0	8,00	16,0	29,0	16,0	0,80	20,0
0,60	20,0	25,0	20,0	0,40	50,0	8,20	17,0	29,0	17,0	0,87	20,0
0,80	12,0	18,0	12,0	0,60	20,0	8,40	19,0	32,0	19,0	0,93	20,0
1,00	9,0	18,0	9,0	0,40	22,0	8,60	18,0	32,0	18,0	0,87	21,0
1,20	12,0	18,0	12,0	0,40	30,0	8,80	16,0	29,0	16,0	0,87	18,0
1,40	12,0	18,0	12,0	0,47	26,0	9,00	19,0	32,0	19,0	0,47	41,0
1,60	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0	9,20	29,0	36,0	29,0	0,73	40,0
1,80	12,0	19,0	12,0	0,47	26,0	9,40	22,0	33,0	22,0	0,93	24,0
2,00	10,0	17,0	10,0	0,47	21,0	9,60	18,0	32,0	18,0	0,87	21,0
2,20	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0	9,80	17,0	30,0	17,0	0,93	18,0
2,40	12,0	19,0	12,0	0,53	22,0	10,00	15,0	29,0	15,0	0,73	20,0
2,60	12,0	20,0	12,0	0,47	26,0	10,20	18,0	29,0	18,0	0,73	25,0
2,80	15,0	22,0	15,0	0,60	25,0	10,40	16,0	27,0	16,0	0,53	30,0
3,00	9,0	18,0	9,0	0,67	13,0	10,60	16,0	24,0	16,0	0,53	30,0
3,20	11,0	21,0	11,0	0,47	24,0	10,80	18,0	26,0	18,0	0,67	27,0
3,40	16,0	23,0	16,0	0,80	20,0	11,00	20,0	30,0	20,0	1,00	20,0
3,60	14,0	26,0	14,0	0,60	23,0	11,20	26,0	41,0	26,0	1,40	19,0
3,80	16,0	25,0	16,0	0,60	27,0	11,40	37,0	58,0	37,0	1,60	23,0
4,00	14,0	23,0	14,0	0,53	26,0	11,60	42,0	66,0	42,0	2,27	19,0
4,20	22,0	30,0	22,0	0,60	37,0	11,80	40,0	74,0	40,0	1,27	32,0
4,40	16,0	25,0	16,0	0,73	22,0	12,00	36,0	55,0	36,0	1,07	34,0
4,60	14,0	25,0	14,0	0,53	26,0	12,20	38,0	54,0	38,0	1,20	32,0
4,80	16,0	24,0	16,0	14,00	1,0	12,40	34,0	52,0	34,0	1,40	24,0
5,00	14,0	224,0	14,0	0,53	26,0	12,60	44,0	65,0	44,0	1,33	33,0
5,20	14,0	22,0	14,0	0,53	26,0	12,80	38,0	58,0	38,0	1,67	23,0
5,40	14,0	22,0	14,0	0,53	26,0	13,00	40,0	65,0	40,0	1,80	22,0
5,60	13,0	21,0	13,0	0,67	19,0	13,20	38,0	65,0	38,0	2,67	14,0
5,80	15,0	25,0	15,0	0,40	37,0	13,40	34,0	74,0	34,0	1,13	30,0
6,00	15,0	21,0	15,0	0,60	25,0	13,60	28,0	45,0	28,0	1,60	17,0
6,20	16,0	25,0	16,0	0,60	27,0	13,80	34,0	58,0	34,0	1,33	25,0
6,40	15,0	24,0	15,0	0,67	22,0	14,00	36,0	56,0	36,0	1,47	25,0
6,60	13,0	23,0	13,0	0,53	24,0	14,20	30,0	52,0	30,0	1,33	22,0
6,80	16,0	24,0	16,0	0,40	40,0	14,40	38,0	58,0	38,0	1,73	22,0
7,00	17,0	23,0	17,0	0,60	28,0	14,60	42,0	68,0	42,0	1,80	23,0
7,20	15,0	24,0	15,0	0,67	22,0	14,80	38,0	65,0	38,0	1,33	28,0
7,40	14,0	24,0	14,0	0,67	21,0	15,00	34,0	54,0	34,0	-----	-----
7,60	18,0	28,0	18,0	0,80	22,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

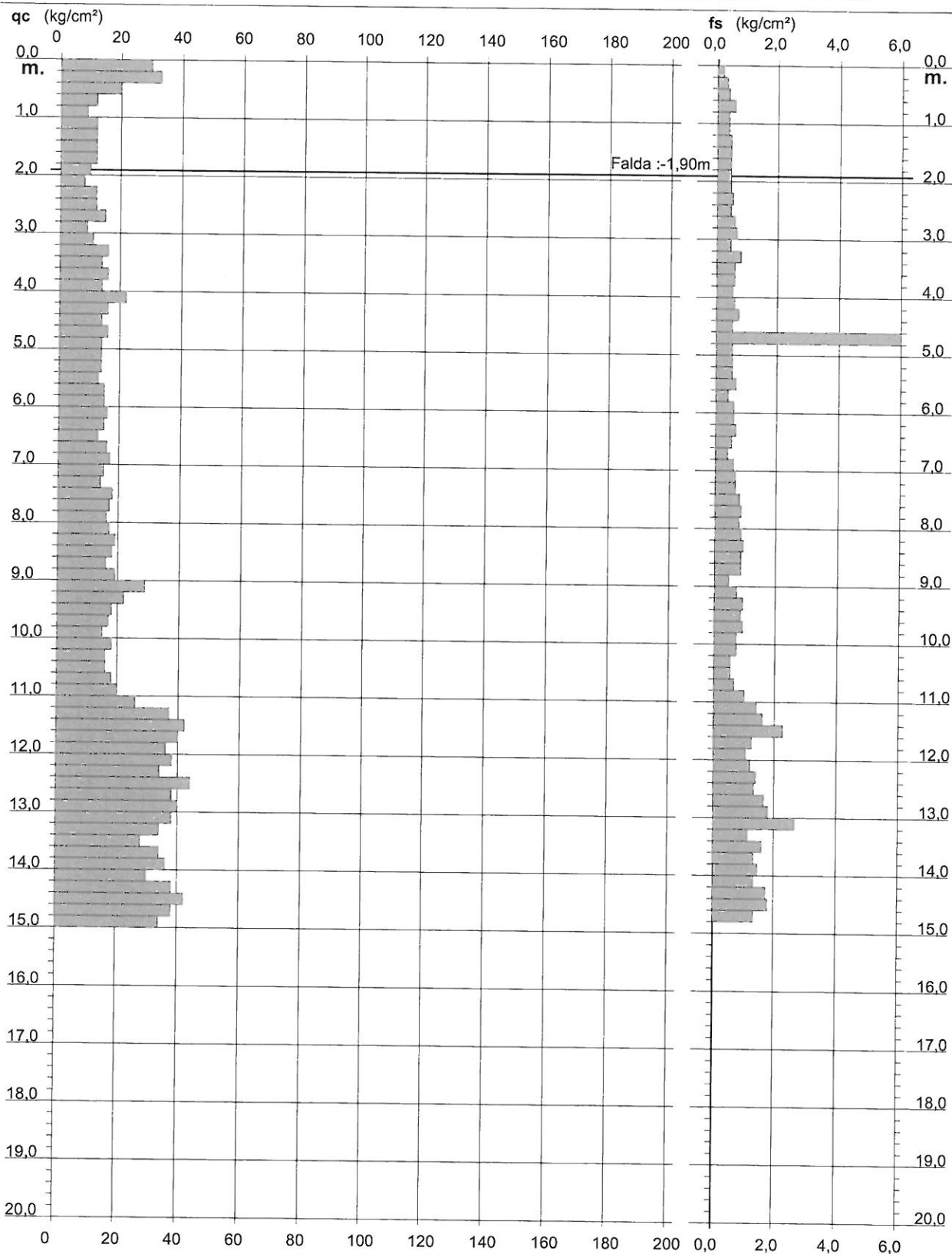
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-149

- committente : Comune di Medolla (MO)  
- lavoro : Realizzazione strutture scolastiche provvisorie  
- località : Area cimiteriale in Medolla (MO)  
- note : Terreno vegetale

- data : 21/06/2012  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : -1,90 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \% :$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

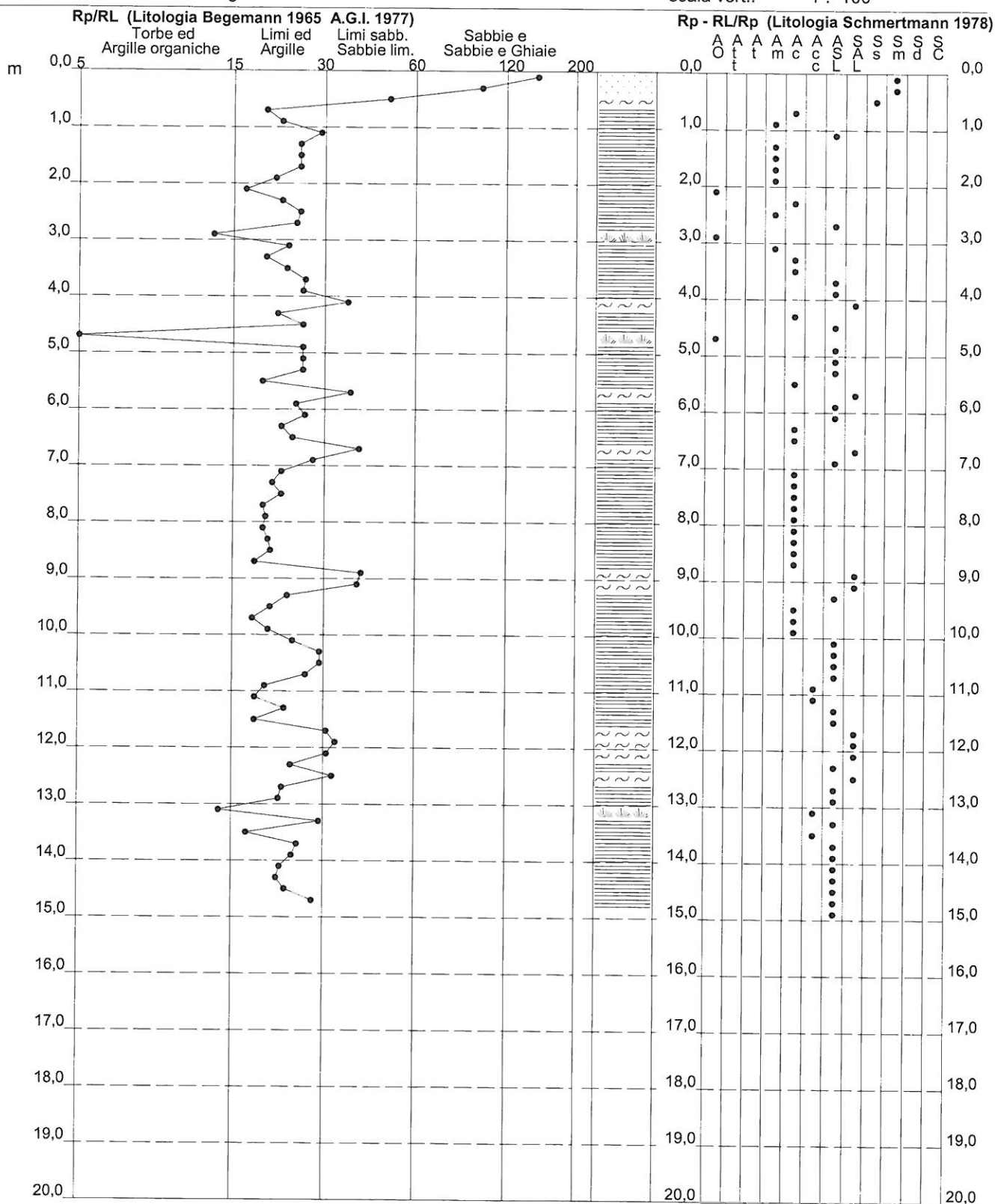
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 1**

2.01PG05-149

- committente : Comune di Medolla (MO)  
- lavoro : Realizzazione strutture scolastiche provvisorie  
- località : Area cimiteriale in Medolla (MO)  
- note : Terreno vegetale

- data : 21/06/2012  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : -1,90 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



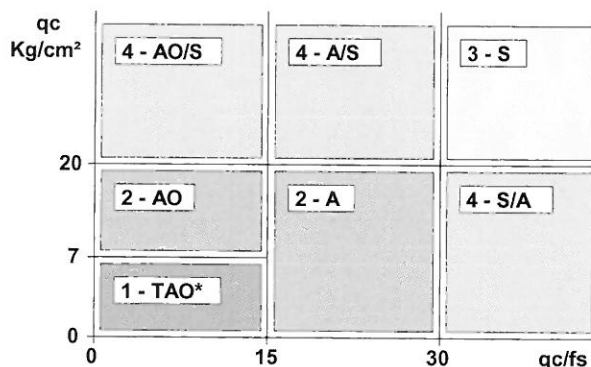
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$   
( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI      anche se  $( qc / fs ) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI      anche se  $( qc / fs ) < 30$



### NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  - qc - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
( Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo - qc - natura ]  
( Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni : Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ] ( Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  - Dr - qc -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\phi'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme       $\phi'_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata  
 $\phi'_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\phi'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.  
 $\phi'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\phi'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
( g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) - Dr]

**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI****CPT 1**

2.01PG05-149

- committente : Comune di Medolla (MO)  
 - lavoro : Realizzazione strutture scolastiche provvisorie  
 - località : Area cimiteriale in Medolla (MO)  
 - note : Terreno vegetale

- data : 21/06/2012  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : -1,90 m da quota inizio  
 - pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	30	150	3:...	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	29	0,258	50	75	90
0,40	33	99	3:...	1,85	0,07	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	43	29	0,249	55	83	99
0,60	20	50	4/f:	1,85	0,11	0,80	74,1	136	204	60	70	38	40	42	44	40	27	0,160	33	50	60
0,80	12	20	2/III	1,85	0,15	0,57	34,0	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	9	22	2/III	1,85	0,19	0,45	19,1	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	12	30	4/f:	1,85	0,22	0,57	20,5	97	146	45	36	33	36	38	41	34	26	0,070	20	30	36
1,40	12	26	2/III	1,85	0,26	0,57	16,9	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	12	26	2/f:	1,85	0,30	0,57	14,3	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	12	26	2/III	1,85	0,33	0,57	12,3	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	10	21	2/III	0,90	0,35	0,50	9,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	8	17	2/f:	0,86	0,37	0,40	7,0	93	139	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	12	22	2/III	0,92	0,39	0,57	10,2	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	12	26	2/III	0,92	0,41	0,57	9,7	98	147	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	15	25	2/III	0,95	0,42	0,67	11,1	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	9	13	2/III	0,88	0,44	0,45	6,4	114	171	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	11	24	2/III	0,91	0,46	0,54	7,6	112	168	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	16	20	2/f:	0,96	0,48	0,70	10,0	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	14	23	2/f:	0,94	0,50	0,64	8,5	118	177	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	16	27	2/III	0,96	0,52	0,70	9,1	123	184	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	14	26	2/III	0,94	0,54	0,64	7,8	130	194	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	22	37	3:...	0,86	0,55	--	--	--	--	--	34	33	35	38	41	32	28	0,067	37	55	66
4,40	16	22	2/III	0,96	0,57	0,70	8,0	137	206	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	14	26	2/III	0,94	0,59	0,64	6,9	149	224	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	16	1	2/III	0,96	0,61	0,70	7,4	150	225	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	14	26	2/III	0,94	0,63	0,64	6,4	163	245	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	14	26	2/III	0,94	0,65	0,64	6,1	170	255	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	14	26	2/III	0,94	0,67	0,64	5,9	177	266	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	13	19	2/f:	0,93	0,69	0,60	5,4	187	280	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	15	37	4/f:	0,89	0,70	0,67	5,9	187	281	50	15	30	33	36	39	28	27	0,030	25	38	45
6,00	15	25	2/III	0,95	0,72	0,67	5,7	194	291	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	16	27	2/III	0,96	0,74	0,70	5,8	198	297	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	16	22	2/III	0,95	0,76	0,67	5,3	207	311	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	13	24	2/III	0,93	0,78	0,60	4,6	217	325	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	16	40	4/f:	0,90	0,80	0,70	5,3	222	327	52	15	30	33	36	39	28	27	0,028	27	40	48
7,00	17	28	2/III	0,97	0,82	0,72	5,4	232	333	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	15	22	2/III	0,95	0,84	0,67	4,7	232	348	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	14	21	2/III	0,94	0,85	0,64	4,3	238	358	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	18	22	2/III	0,98	0,87	0,75	5,2	240	359	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	17	20	2/f:	0,97	0,89	0,72	4,8	248	371	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	16	20	2/III	0,96	0,91	0,70	4,5	254	382	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	17	20	2/f:	0,97	0,93	0,72	4,6	260	389	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	19	20	2/III	0,99	0,95	0,78	4,9	264	395	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	18	21	2/III	0,98	0,97	0,75	4,5	271	406	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	16	18	2/III	0,96	0,99	0,70	4,0	276	414	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	19	41	4/f:	0,92	1,01	0,78	4,5	281	422	58	15	30	33	36	39	28	27	0,028	32	48	57
9,20	29	40	3:...	0,87	1,03	--	--	--	--	--	29	32	35	37	40	30	29	0,055	48	73	87
9,40	22	24	4/f:	0,93	1,04	0,85	4,8	290	434	66	19	31	34	36	40	28	28	0,036	37	55	66
9,60	18	21	2/III	0,98	1,06	0,75	4,1	297	445	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	17	18	2/III	0,97	1,08	0,72	3,8	305	458	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	15	20	2/III	0,95	1,10	0,67	3,3	309	464	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	18	25	2/III	0,98	1,12	0,75	3,8	316	474	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	16	30	4/f:	0,90	1,14	0,70	3,4	320	481	52	6	29	32	35	38	26	27	0,014	27	40	48
10,60	16	30	4/f:	0,90	1,16	0,70	3,3	324	487	52	5	29	32	35	38	26	27	0,013	27	40	48
10,80	18	27	2/III	0,98	1,18	0,75	3,6	332	499	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	20	20	4/f:	0,93	1,20	0,80	3,8	337	505	60	12	30	33	36	39	27	27	0,024	33	50	60
11,20	26	19	4/f:	0,95	1,22	0,93	4,5	339	508	78	21	31	34	37	40	28	28	0,040	43	65	78
11,40	37	23	4/f:	0,99	1,24	1,23	6,3	322	484	111	33	33	35	38	41	30	30	0,063	62	93	111
11,60	42	19	4/f:	1,00	1,26	1,40	7,2	312	468	126	37	33	36	38	41	31	30	0,072	70	105	126
11,80	40	32	3:...	0,90	1,27	--	--	--	--	--	35	33	35	38	41	31	30	0,068	67	100	120
12,00	36	34	3:...	0,89	1,29	--	--	--	--	--	31	32	35	38	40	30	30	0,059	60	90	108
12,20	38	32	3:...	0,90	1,31	--	--	--	--	--	32	33	35	38	41	30	30	0,062	63	95	114
12,40	34	24	4/f:	0,98	1,33	1,13	5,1	365	547	102	28	32	35	37	40	29	29	0,054	57	85	102
12,60	44	33	3:...	0,91	1,35	--	--	--	--	--	37	33	36	38	41	31	31	0,072	73	110	132
12,80	38	23	4/f:	0,99	1,37	1,27	5,7	367	550	114	31	32	35	38	40	30	30	0,060	63	95	114
13,00	40	22	4/f:	1,00	1,39	1,33	6,0	367	551	120	33	33	35	38	41	30	30	0,063	67	100	120
13,20	38	14	4/f:	0,99	1,41	1,27	5,5	381	571	114	30	32	35	38	40	30	30	0,059	63	95	114
13,40	34	30	4/f:	0,98	1,43	1,13	4,7	396	594	102	26	32	34	37	40	29	29	0,050	57	85	102
13,60	28	17	4/f:	0,96	1,44	0,97	3,8	407	610	84	19	31	34	36	40	28	28	0,037	47	70	84
13,80	34	25	4/f:	0,98	1,46	1,13	4,6	408	612	102	26	32	34	37	40	29	29	0,049	57	85	102
14,00	36	25	4/f:	0,99	1,48	1,20	4,8	412	617	108	27</										



<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

## REPORT VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	COMUNE DI MEDOLLA Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 44
---	---	---------

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

## INSERIMENTO DATI CPT:

Intervallo

0,2

 $\gamma$ 

1,87

amax/g

0,3

H falda

2

n°	Prof. (m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )	qc1N CS	rd	MSF	CSR	CRR	Fs
1	0,20	30	0,2	155,9	0,998	1,874	0,104	0,43	4,16
2	0,40	33	0,33	138,1	0,997	1,874	0,104	0,33	3,13
3	0,60	20	0,4	112,6	0,995	1,874	0,104	0,21	2,06
4	0,80	12	0,6	172,1	0,994	1,874	0,103	N.C.	N.C.
5	1,00	9	0,4	132,9	0,992	1,874	0,103	0,30	2,89
6	1,20	12	0,4	120,9	0,991	1,874	0,103	0,24	2,37
7	1,40	12	0,47	126,1	0,989	1,874	0,103	0,27	2,59
8	1,60	12	0,47	N.L.	0,988	1,874	0,103	N.L.	N.L.
9	1,80	12	0,47	N.L.	0,986	1,874	0,103	N.L.	N.L.
10	2,00	10	0,47	N.L.	0,985	1,874	0,102	N.L.	N.L.
11	2,20	8	0,47	N.L.	0,983	1,874	0,108	N.L.	N.L.
12	2,40	12	0,53	N.L.	0,982	1,874	0,112	N.L.	N.L.
13	2,60	12	0,47	N.L.	0,980	1,874	0,116	N.L.	N.L.
14	2,80	15	0,6	N.L.	0,979	1,874	0,120	N.L.	N.L.
15	3,00	9	0,67	N.L.	0,977	1,874	0,124	N.L.	N.L.
16	3,20	11	0,47	N.L.	0,976	1,874	0,127	N.L.	N.L.
17	3,40	16	0,8	N.L.	0,974	1,874	0,130	N.L.	N.L.
18	3,60	14	0,6	N.L.	0,972	1,874	0,133	N.L.	N.L.
19	3,80	16	0,6	N.L.	0,971	1,874	0,135	N.L.	N.L.
20	4,00	14	0,53	N.L.	0,969	1,874	0,138	N.L.	N.L.
21	4,20	22	0,6	107,0	0,968	1,874	0,140	0,19	1,39
22	4,40	16	0,73	N.L.	0,966	1,874	0,142	N.L.	N.L.
23	4,60	14	0,53	N.L.	0,965	1,874	0,144	N.L.	N.L.
24	4,80	16	0,53	N.L.	0,963	1,874	0,146	N.L.	N.L.
25	5,00	14	0,53	N.L.	0,962	1,874	0,147	N.L.	N.L.
26	5,20	14	0,53	N.L.	0,960	1,874	0,149	N.L.	N.L.
27	5,40	14	0,53	N.L.	0,959	1,874	0,150	N.L.	N.L.
28	5,60	13	0,67	N.L.	0,957	1,874	0,152	N.L.	N.L.
29	5,80	15	0,4	N.L.	0,956	1,874	0,153	N.L.	N.L.
30	6,00	15	0,6	N.L.	0,954	1,874	0,154	N.L.	N.L.
31	6,20	16	0,6	N.L.	0,953	1,874	0,155	N.L.	N.L.
32	6,40	15	0,67	N.L.	0,951	1,874	0,156	N.L.	N.L.
33	6,60	13	0,53	N.L.	0,950	1,874	0,157	N.L.	N.L.
34	6,80	16	0,4	N.L.	0,948	1,874	0,158	N.L.	N.L.
35	7,00	17	0,6	N.L.	0,946	1,874	0,159	N.L.	N.L.
36	7,20	15	0,67	N.L.	0,945	1,874	0,160	N.L.	N.L.
37	7,40	14	0,67	N.L.	0,943	1,874	0,161	N.L.	N.L.
38	7,60	18	0,8	N.L.	0,942	1,874	0,162	N.L.	N.L.
39	7,80	17	0,87	N.L.	0,940	1,874	0,162	N.L.	N.L.
40	8,00	16	0,8	N.L.	0,939	1,874	0,163	N.L.	N.L.
41	8,20	17	0,87	N.L.	0,937	1,874	0,164	N.L.	N.L.
42	8,40	19	0,93	N.L.	0,936	1,874	0,164	N.L.	N.L.
43	8,60	18	0,87	N.L.	0,934	1,874	0,165	N.L.	N.L.
44	8,80	16	0,87	N.L.	0,933	1,874	0,165	N.L.	N.L.
45	9,00	19	0,47	N.L.	0,931	1,874	0,166	N.L.	N.L.
46	9,20	29	0,73	N.L.	0,930	1,874	0,166	N.L.	N.L.
47	9,40	22	0,93	N.L.	0,925	1,874	0,166	N.L.	N.L.
48	9,60	18	0,87	N.L.	0,920	1,874	0,166	N.L.	N.L.
49	9,80	17	0,93	N.L.	0,914	1,874	0,166	N.L.	N.L.
50	10,00	15	0,73	N.L.	0,909	1,874	0,165	N.L.	N.L.

n°	z	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )	qc1N CS	rd	MSF	CSR	CRR	Fs
51	10,20	18	0,73	N.L.	0,904	1,874	0,165	N.L.	N.L.
52	10,40	16	0,53	N.L.	0,898	1,874	0,165	N.L.	N.L.
53	10,60	16	0,53	N.L.	0,893	1,874	0,164	N.L.	N.L.
54	10,80	18	0,67	N.L.	0,888	1,874	0,164	N.L.	N.L.
55	11,00	20	1	N.L.	0,883	1,874	0,163	N.L.	N.L.
56	11,20	26	1,4	N.L.	0,877	1,874	0,163	N.L.	N.L.
57	11,40	37	1,6	N.L.	0,872	1,874	0,162	N.L.	N.L.
58	11,60	42	2,27	N.L.	0,867	1,874	0,162	N.L.	N.L.
59	11,80	40	1,27	N.L.	0,861	1,874	0,161	N.L.	N.L.
60	12,00	36	1,07	N.L.	0,856	1,874	0,161	N.L.	N.L.
61	12,20	38	1,2	N.L.	0,851	1,874	0,160	N.L.	N.L.
62	12,40	34	1,4	N.L.	0,845	1,874	0,159	N.L.	N.L.
63	12,60	44	1,33	N.L.	0,840	1,874	0,159	N.L.	N.L.
64	12,80	38	1,67	N.L.	0,835	1,874	0,158	N.L.	N.L.
65	13,00	40	1,8	N.L.	0,830	1,874	0,158	N.L.	N.L.
66	13,20	38	2,67	N.L.	0,824	1,874	0,157	N.L.	N.L.
67	13,40	34	1,13	N.L.	0,819	1,874	0,156	N.L.	N.L.
68	13,60	28	1,6	N.L.	0,814	1,874	0,156	N.L.	N.L.
69	13,80	34	1,33	N.L.	0,808	1,874	0,155	N.L.	N.L.
70	14,00	36	1,47	N.L.	0,803	1,874	0,154	N.L.	N.L.
71	14,20	30	1,33	N.L.	0,798	1,874	0,154	N.L.	N.L.
72	14,40	38	1,73	N.L.	0,792	1,874	0,153	N.L.	N.L.
73	14,60	42	1,8	N.L.	0,787	1,874	0,152	N.L.	N.L.
74	14,80	38	1,33	N.L.	0,782	1,874	0,151	N.L.	N.L.
75	15,00	34	1,35	N.L.	0,777	1,874	0,151	N.L.	N.L.
76	15,20			N.C.	0,771	1,874	0,150	N.C.	N.C.
77	15,40			N.C.	0,766	1,874	0,149	N.C.	N.C.
78	15,60			N.C.	0,761	1,874	0,148	N.C.	N.C.
79	15,80			N.C.	0,755	1,874	0,147	N.C.	N.C.
80	16,00			N.C.	0,750	1,874	0,147	N.C.	N.C.
81	16,20			N.C.	0,745	1,874	0,146	N.C.	N.C.
82	16,40			N.C.	0,739	1,874	0,145	N.C.	N.C.
83	16,60			N.C.	0,734	1,874	0,144	N.C.	N.C.
84	16,80			N.C.	0,729	1,874	0,143	N.C.	N.C.
85	17,00			N.C.	0,724	1,874	0,143	N.C.	N.C.
86	17,20			N.C.	0,718	1,874	0,142	N.C.	N.C.
87	17,40			N.C.	0,713	1,874	0,141	N.C.	N.C.
88	17,60			N.C.	0,708	1,874	0,140	N.C.	N.C.
89	17,80			N.C.	0,702	1,874	0,139	N.C.	N.C.
90	18,00			N.C.	0,697	1,874	0,138	N.C.	N.C.
91	18,20			N.C.	0,692	1,874	0,137	N.C.	N.C.
92	18,40			N.C.	0,686	1,874	0,136	N.C.	N.C.
93	18,60			N.C.	0,681	1,874	0,136	N.C.	N.C.
94	18,80			N.C.	0,676	1,874	0,135	N.C.	N.C.
95	19,00			N.C.	0,671	1,874	0,134	N.C.	N.C.
96	19,20			N.C.	0,665	1,874	0,133	N.C.	N.C.
97	19,40			N.C.	0,660	1,874	0,132	N.C.	N.C.
98	19,60			N.C.	0,655	1,874	0,131	N.C.	N.C.
99	19,80			N.C.	0,649	1,874	0,130	N.C.	N.C.
100	20,00			N.C.	0,644	1,874	0,129	N.C.	N.C.

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



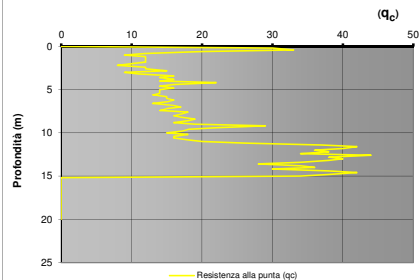
EPC LIBRI

FORMULE:

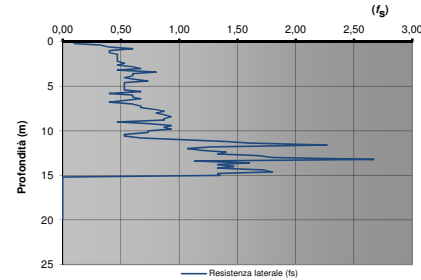
$$CRR = 0,883 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right] + 0,05 \quad \text{Per } 0 < (q_{c1n})_{CS} < 50 \quad \text{Per } 50 < (q_{c1n})_{CS} < 160 \quad CRR = 93 \cdot \left[ \frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma_{av}'} = 0,65 \cdot \frac{d_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{av}'}{\sigma_{av}'} \cdot F_d \cdot \frac{1}{MSF} \quad M = 6,2$$

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA



ANDAMENTO DELLA RESISTENZA LATERALE



Committente: Comune di Medolla  
Riferimento: Area cimiteriale ed Area Sportiva  
Località: Medolla Prov.: MU  
Oggetto: Realizzazione Strutture Scolastiche Provvisorie

DATI CPT

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

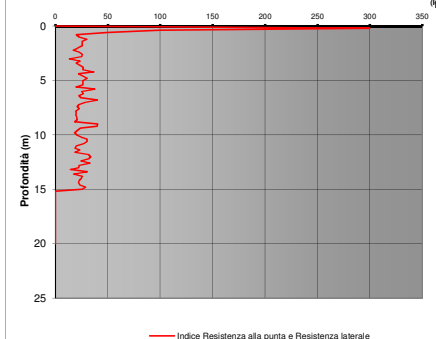
(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

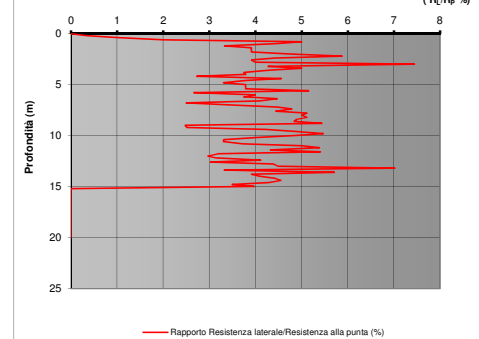


EPC LIBRI

ANDAMENTO DELL'INDICE DI RESISTENZA ( $R_p/R_L$ ) (Begemann, 1965)



RICONOSCIMENTO LITOLOGICO DEI TERRENI (Schmertmann, 1978)



Committente: Comune di Medolla  
Riferimento: Area cimiteriale ed Area Sportiva  
Località: Medolla Prov.: MU  
Oggetto: Realizzazione Strutture Scolastiche Provvisorie

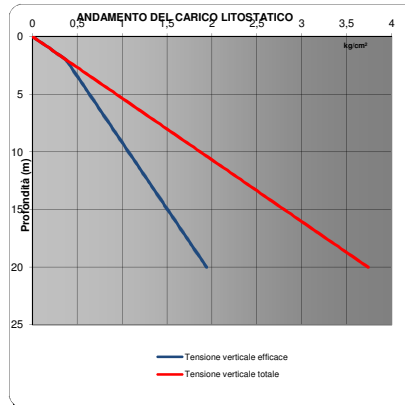
## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

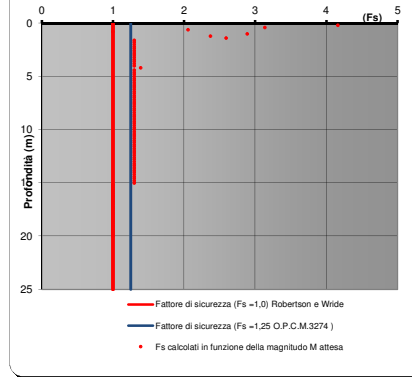
Metodo di Robertson e Wride (1998)



EPC LIBRI



ANDAMENTO DEL FATTORE DI SICUREZZA



Committente: Comune di Medolla  
Riferimento: Area cimiteriale ed Area Sportiva  
Località: Medolla Prov.: MU  
Oggetto: Realizzazione Strutture Scolastiche Provvisorie

## VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

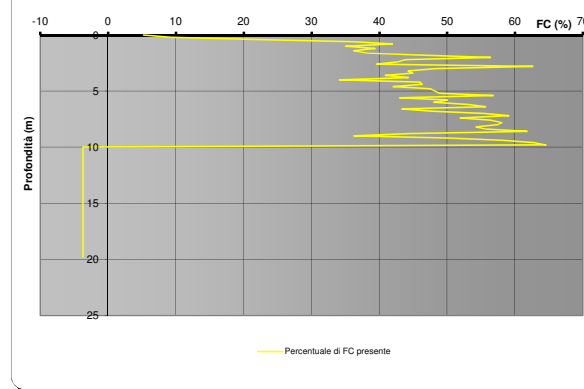
(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)



EPC LIBRI

ANDAMENTO DEL CONTENUTO DI FINE FC (%) PRESENTE NEL TERRENO



Committente: Comune di Medolla  
Riferimento: Area cimiteriale ed Area Sportiva  
Località: Medolla Prov.: MU  
Oggetto: Realizzazione Strutture Scolastiche Provvisorie

<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

## REPORT INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE RILIEVO DEI MICROTREMORI

<b>STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco</b> Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 45
--	--	---------

## COMUNE DI MEDOLLA

**Area cimiteriale comunale – Complesso sportivo di Via Genova**

**Progetto di realizzazione complesso scolastico provvisorio**

Start recording: 19/06/12 17:03:57      End recording: 19/06/12 17:33:58

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 011°04.2161 E, 44°51.0212 N (38.3 m)

UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h30'00".      Analyzed 56% trace (manual window selection)

Sampling frequency: 128 Hz

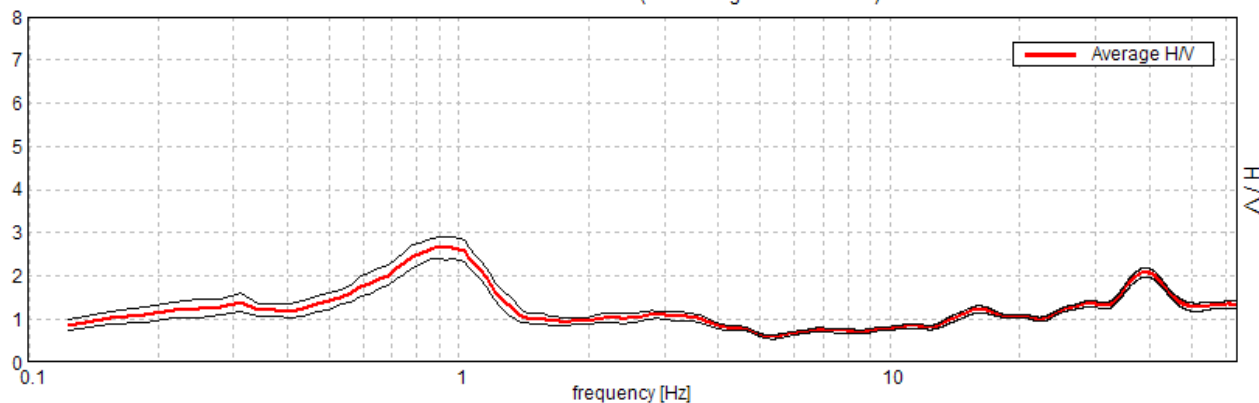
Window size: 20 s

Smoothing window: Triangular window

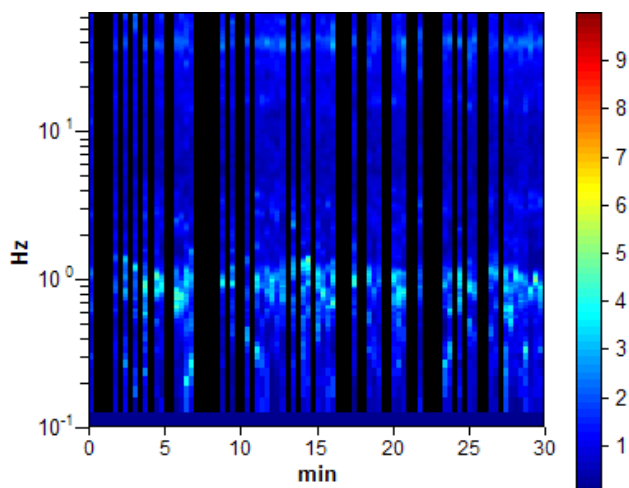
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

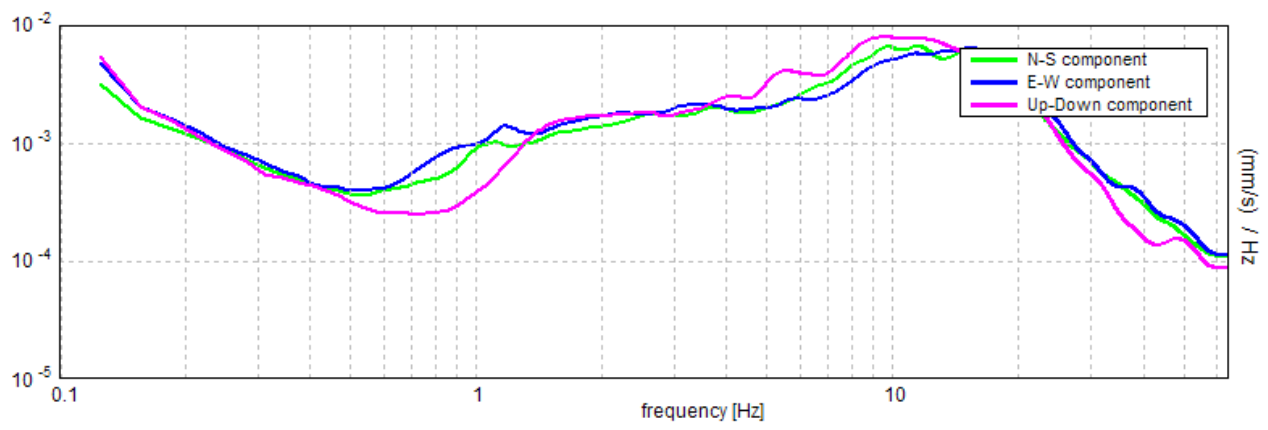
Max. H/V at  $0.91 \pm 0.02$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

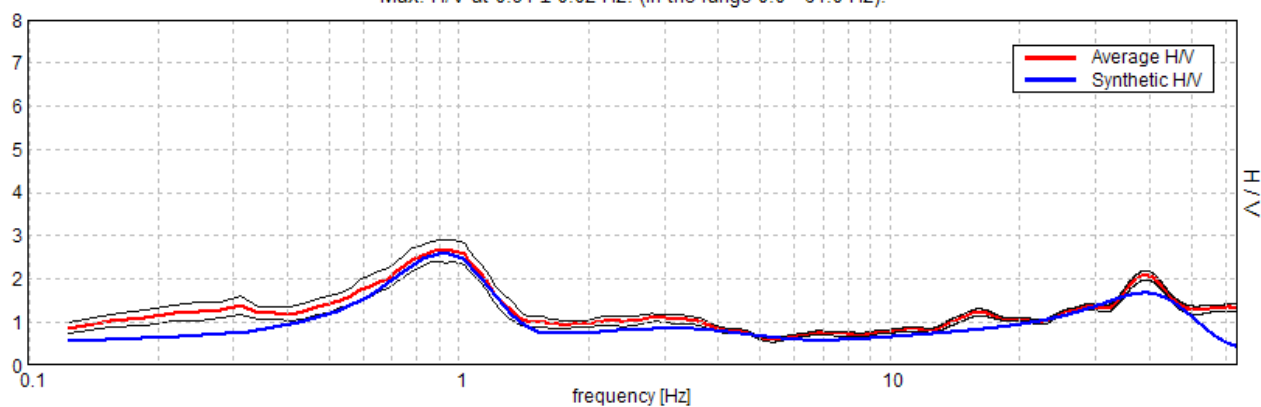


# SINGLE COMPONENT SPECTRA



# EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $0.91 \pm 0.02$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



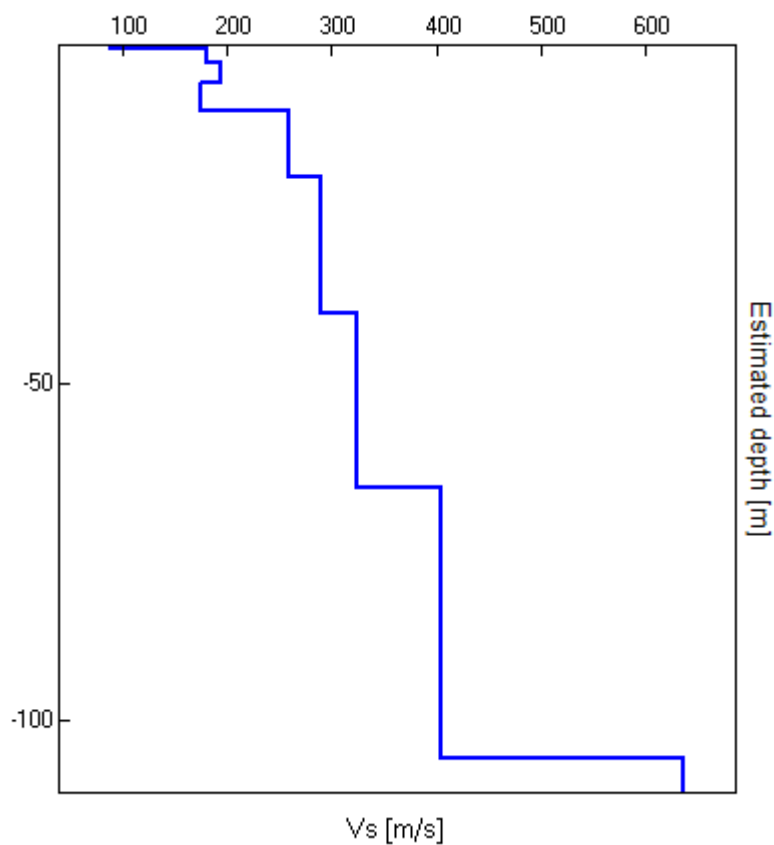
**Depth at the bottom of the layer  
[m]**

**Thickness [m]**

**Vs [m/s]**

0.55	0.55	90
2.65	2.10	181
5.65	3.00	195
9.65	4.00	175
19.65	10.00	260
39.65	20.00	290
65.65	26.00	325
105.65	40.00	405
inf.	inf.	635

Vs30 = 231 m/s





[According to the Sesame, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at  $0.91 \pm 0.02$  Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria for a reliable HVSR curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.91 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$906.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 44 times	OK	

### Criteria for a clear HVSR peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.438 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.65 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00963  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00873 < 0.13594$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1176 < 2.0$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

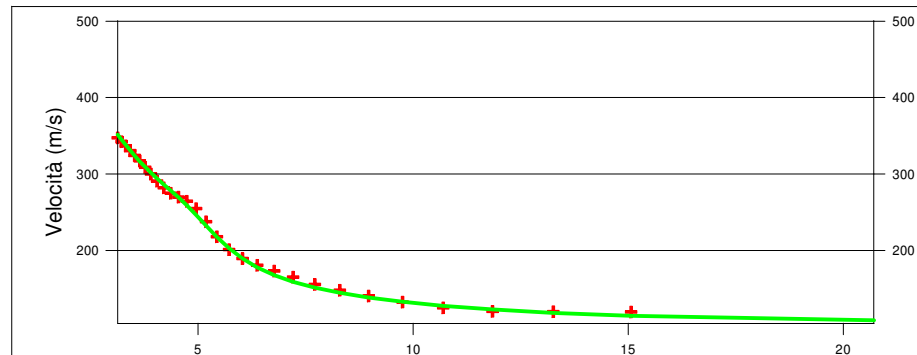
### Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$

Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

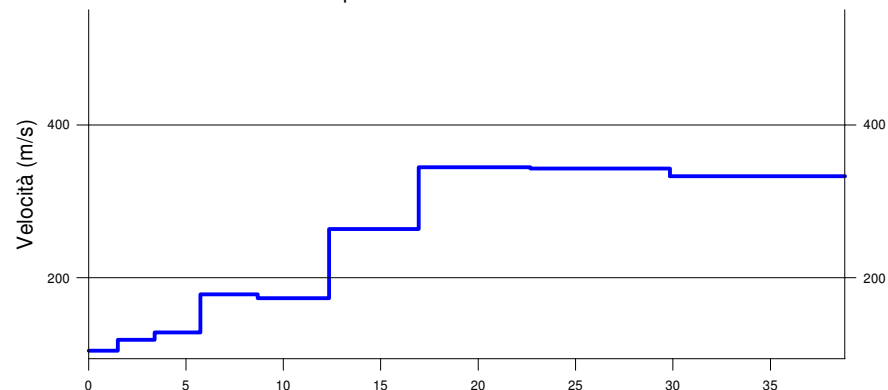
<i>Titolo:</i>	<i>Data:</i>
<i>Studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto per la realizzazione delle strutture scolastiche provvisorie in sostituzione degli immobili ad uso scolastico che presentano gravi lesioni nel territorio comunale di Medolla (MO).</i>	<i>Giugno 2012</i>

## REPORT INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE MASW

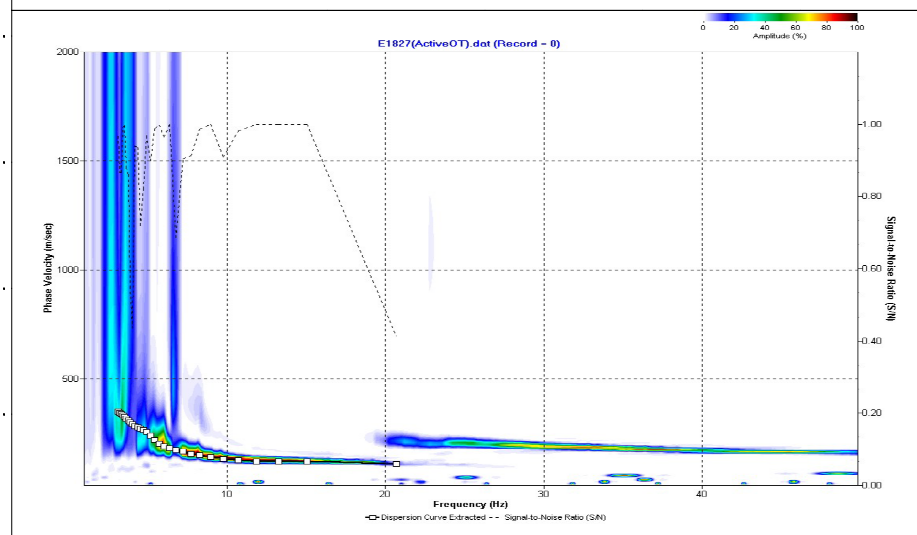
STUDIO GEOLOGICO di Gabrielli dr. Francesco Via G. Matteotti, 63 - 46025 Poggio Rusco (MN) Tel.: 0386 733553 – Fax: 0386.733553 C.F. GBR FNC 69M26 G186J - P.IVA 02323450201	<b>COMUNE DI MEDOLLA</b> Piazza Garibaldi, 1 – 41036 MEDOLLA (MO)	Pag. 46
---	--	---------



Dispersion misurata e calcolata

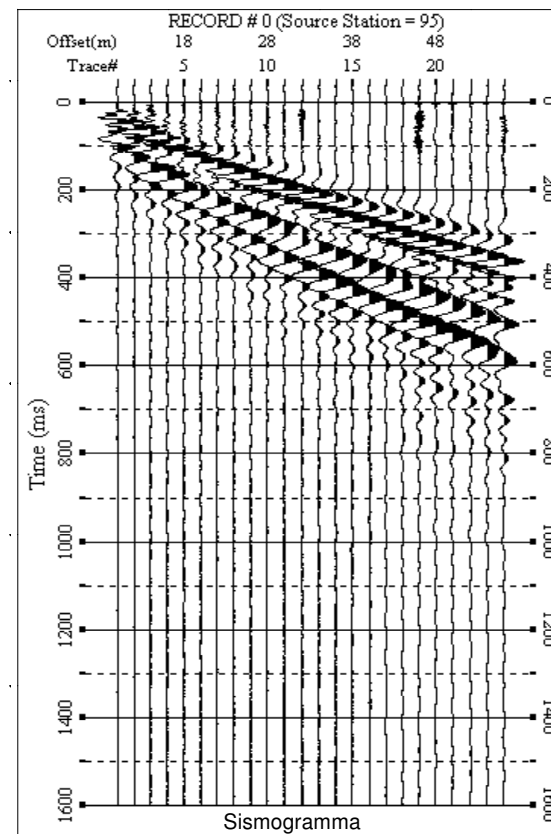


Modello Vs del terreno



## LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S



## TABELLA DI CALCOLO VS30

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi
0	1.5	104	.0144
1.5	3.4	119	.0159
3.4	5.7	129	.0183
5.7	8.7	178	.0165
8.7	12.4	173	.0212
12.4	16.9	264	.0174
16.9	22.7	345	.0167
22.7	29.9	343	.0209
29.9	30	333	.0005

VALORE CALCOLATO VS30 = 212 m/s

## PROVA SISMICA VS30

Medolla (MO) - Piano di Lottizzazione

Studio di Geologia e Geotecnica

Prova MASW

**VELOCITA' DELLE ONDE S**  
**PROVA E1827**

All. 2/a

Ottobre 2007

**EEG**  
GEOFISICA  
ELABORAZIONE DATI