

Committente:
Comune di Vezzano sul Crostolo

Rup: Ing. Iunior Simone Morani

Oggetto:
Mulino Boni

Luogo:
Vezzano sul Crostolo



Data: 22 novembre 2021

Titolo:
**PROGETTO DI RESTAURO E
RIGENERAZIONE URBANA DELL'
EX MULINO BONI**

***PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED
ECONOMICA***

E. RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO ARCHITETTONICO E COORDINAMENTO

UFFICIO PROGETTI *architetti associati*

<http://www.bertanivezzali.it>



Giorgio Adelmo Bertani & Francesca Vezzali

P.IVA 01576560351

tel 0522.560812 fax 0522.452945
Via E. De Filippo, 20 42123 Reggio Emilia - Italia

bertani.g@bertanivezzali.it
vezzali.f@bertanivezzali.it
studio@bertanivezzali.it

PROGETTO STRUTTURALE

Ing. Galeazzi Massimiliano
via S. Ambrogio 4/2 - 42123 Reggio Emilia
tel: 346 6395738 email: ing.maxgaleazzi@gmail.com

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI ED ELETTRICI

Ing. Alessandro Orlandi
via A. Gambuzzi 45 - 42123 Reggio Emilia
tel: 0522 569161 email: orlandi_alex@libero.it

Comastri Mirco - STUDIO TECNICO
via Salgari Emilio 6 - 42123 Reggio Emilia
tel: 0522 709543 email: studio@comastri.eu



**Dott. Geol.
PAOLO BERETTI**

Geologia Applicata e Geotecnica
Consulenze e Controlli Ambientali

Via De Gasperi 2/1 , 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667 e-mail: studio.beretti@gmail.com; paolo.beretti@epap.sicurezza postale.it

COMMITTENTE	Comune di Vezzano sul Crostolo
-------------	---------------------------------------

**Provincia di Reggio nell'Emilia
Comune di Vezzano sul Crostolo**



**Recupero e restauro dell'ex MOLINO BONI – Sala delle Macine e Casa del
Mugnaio, via Tintoria, Vezzano sul Crostolo (RE)**

**RELAZIONE GEOLOGICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E
ANALISI DELL'AZIONE SISMICA**



Revisione	Descrizione	Data	Redazione
0	GGs	Giugno 2021	Dott. Geol. Paolo Beretti

INDICE

INDICE.....	1
PARTE INTRODUTTIVA	2
Premessa	2
Inquadramento territoriale.....	2
Carta inventario del dissesto - PTCP Provincia di Reggio Emilia	2
Piano e metodologia d'indagine	3
Riferimenti normativi	4
RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	6
Inquadramento geologico- strutturale e geomorfologico	6
Cenni di idrogeologia	7
Modello geologico	7
Pericolosità geologica, geomorfologica e idraulica dell'area	8
Pericolosità idraulica dell'area (d.g.r. 1300/2016)	8
RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA – RISPOSTA SISMICA LOCALE	11
Inquadramento topografico	11
Storia sismica del sito	11
effetti attesi e livelli di approfondimento	14
Identificazione categoria suolo di fondazione	15
Fattore di amplificazione sismico stratigrafico locale (d.g.r. 630/2019).....	16
Fattore di amplificazione topografico.....	17
Applicabilità della dgr 630/2019.....	17
Classe dell'opera : Azione sismica e pericolosità sismica di base	17
Azione sismica di progetto (D.M. 17/01/2018)	18
Fattore di amplificazione stratigrafico	18
Fattore di amplificazione topografico.....	18
Principali coefficienti di accelerazione sismica.....	18
Analisi Suscettibilità alla Liquefazione	19
Frequenza primaria terreni di fondazione	19
RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	21
Volume significativo e piano di indagine.....	21
Incertezze interpretative e metodologiche relative alla ricostruzione del modello geologico - geotecnico - sismico.	21
Successione geotecnica - Analisi geomeccanica dei terreni	22
considerazioni sull'interazione terreno - struttura	23
ALLEGATI.....	25

PARTE INTRODUTTIVA**PREMESSA**

Nell'ambito degli studi progettuali relativi al recupero e restauro dell'ex Molino Boni – Sala delle Macine e Casa del Mugnaio, in Via Tintoria, a Vezzano sul Crostolo (RE) si è effettuata l'indagine geologica e geotecnica e sismica oggetto della presente relazione.

Lo studio, svolto su commissione dell' **Amministrazione Comunale di Vezzano sul Crostolo**, si è redatto in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 17/01/2018.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona in esame è ubicata nel comparto centrale dell'abitato di Vezzano sul Crostolo (RE), in sinistra idrografica del T. Crostolo.

L'area oggetto d'intervento edilizio presenta quote topografiche che oscillano mediamente tra 164,0 e 166,0 m s.l.m., in corrispondenza di un ambito alluvionale terrazzato.

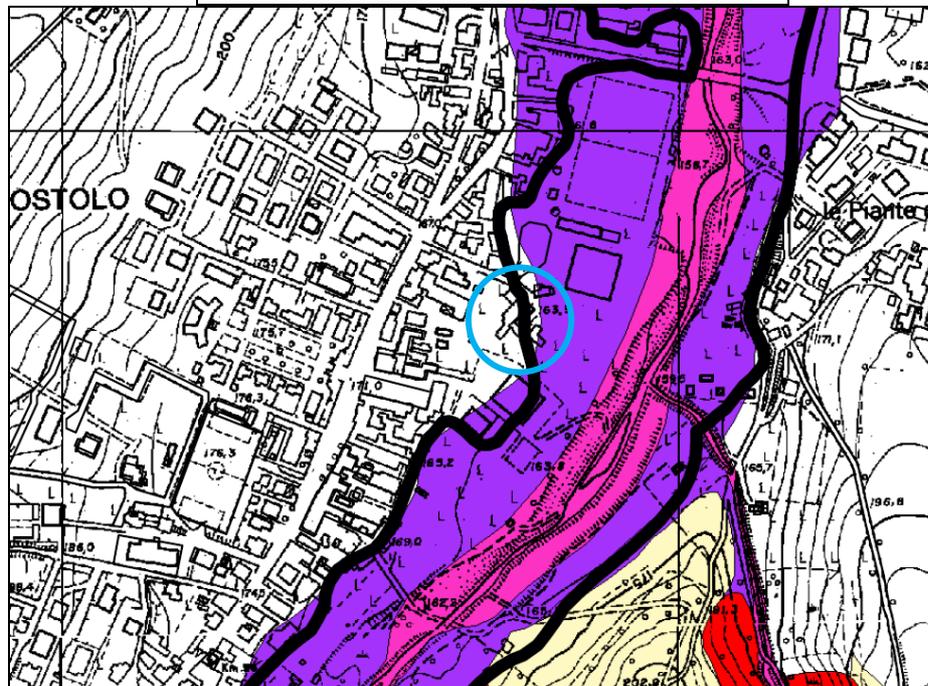
Cartografia di riferimento:

Foglio 1:50000	200	Reggio Emilia
Tavoletta 1:25000	200SE	Reggio nell'Emilia Sud
Sezione 1:10000	200150	Vezzano sul Crostolo
Elemento 1:5000	200152	Vezzano sul Crostolo

CARTA INVENTARIO DEL DISSESTO - PTCP PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

Le perimetrazioni della “*Carta Inventario del dissesto (PAI-PTCP) e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908), allegato P6 - sez 200150*”, individuano il fabbricato nell'area appena esterna alla delimitazione delle fasce fluviali.

Carta Inventario del Dissesto		PAI
	Frane attive (a1)	Fa
	Frane di crollo (a5)	
	Frane quiescenti (a2)	Fc
	Frane quiescenti parzialmente erose (a2a)	
	Schluffamenti in blocco (a6)	
	Frane stabilizzate	Fs
	Depositi alluvionali in evoluzione (b1)	Ee
	Depositi alluvionali in evoluzione parzialmente fissati da vegetazione (b1a)	
	Depositi alluvionali terrazzati (b2)	Eb
	Depositi alluvionali terrazzati (ordine b3 o maggiore di b3)	Em
	Conoidi in evoluzione	Ca
	Conoidi inattivi	Cn
	Depositi di Versante s.l. (a3)	
	Depositi morenici (c1)	
	Depositi morenici rissanti (c3)	
	Depositi morenici wumiani (c4)	
		Are a Rischio Idrogeologico Molto Elevato



Carta del dissesto - PTCP - allegato P6 - sezione 200150.

PIANO E METODOLOGIA D'INDAGINE

Indagine geognostica

Per la caratterizzazione fisico meccanica del primo sottosuolo, in ragione dei litotipi incoerenti e dei riperti presenti nel primo sottosuolo, sono state eseguite **quattro prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH**, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. Pagani Tg63-200, con le seguenti caratteristiche:

- **Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH:** massa battente da 63,5 kgf, altezza di caduta costante: $h = 75 \text{ cm}$, prima asta dotata di punta conica a sezione trasversale max di 20 cmq ed angolo di apertura alla punta $\beta = 90^\circ$.

Prospezioni geofisiche

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione, valutare lo schema sismo-stratigrafico e ricavare i parametri di microzonazione sismica dell'area in oggetto, in riferimento ai dettati del D.M. 17/01/2018, sono state considerate le seguenti indagini:

- **Stendimento sismico integrato Remi – MASW**, effettuata utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica MAE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 1,5 m per una lunghezza totale di indagine pari a 34,50 m. L'acquisizione dei microtremori ambientali è stata eseguita effettuando una decina di registrazioni della durata di 44 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz; la prospezione MASW è stata effettuata mediante 7 battute all'esterno dello stendimento.
- **N°2 prospezioni HVSr a stazione singola**: acquisizione di microtremori ambientali, eseguite utilizzando un sismometro SARA ad elevata dinamica; l'acquisizione è stata eseguita campionando il segnale a 128 Hz per una durata di 20 minuti.

Ad integrazione di queste, sono state considerate, inoltre, numerose **indagini geognostiche e geofisiche** riscontrabili in letteratura (sito CARG – Regione Emilia Romagna), svolte nello stesso ambito areale e riportate in allegato.

RIFERIMENTI NORMATIVI

NORME NAZIONALI

- Dlgs 11 febbraio 2010, n. 22;

Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99. (10G0037)

- Ministero delle Infrastrutture

Decreto 17 gennaio 2018 Norme Tecniche sulle Costruzioni

Decreto 14 gennaio 2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018..

- Presidenza del Consiglio dei Ministri

Ordinanza n. 3379 del 5 novembre 2004

Disposizioni urgenti di protezione civile.

- Presidenza del Consiglio dei Ministri

Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003

Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

- Presidenza del Consiglio dei Ministri

Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 12 giugno 2003, n. 185

Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152.

- Decreto Legge 12 ottobre 2000, n. 279

Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000.

- Dlgs 11 maggio 1999, n.152

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

- Ministero dei Lavori Pubblici - Circolare 9 gennaio 1996, n. 218/24/3

Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.

- Decisione n° 701/1995 della V Sezione giurisdizionale del Consiglio di Stato

Esclusiva competenza del geologo per la relazione geologica. La competenza del geologo anche per la relazione geotecnica.

- Legge 11 febbraio 1994, n. 109 - (MERLONI TER)

Legge quadro in materia di lavori pubblici.

- Parere Ministero Lavori Pubblici, 17 dicembre 1993, N. 138

Consiglio Superiore, Assemblea Generale

Legge 2 febbraio 1974 n.64 - Decreto Ministeriale 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e stabilità delle opere di fondazione. Relazione geologica e geotecnica. Competenze professionali.

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988**- Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24 Settembre 1988, N. 30483**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

- Legge 8 agosto 1985, n. 431 - (Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del Decreto Legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

- Legge 2 febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- R.D. 16 maggio 1926 n°1126

Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

- R.D. 30 dicembre 1923 n°3267

Vincolo idrogeologico: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani."

NORME REGIONALI**- Delibera n. 2193 del 21 dicembre 2015,**

Aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna.

- D.E.R. n°1105 del 03 febbraio 2014

Indicazioni sulla documentazione tecnica da produrre a supporto della richiesta di contributi per interventi di consolidamento di terreno di fondazione in caso di riparazione, ripristino con miglioramento sismico o demolizione e ricostruzione di edifici dichiarati inagibili che abbiano riportato danni da liquefazione, a seguito della sequenza sismica che ha interessato la pianura emiliana nel maggio-giugno 2012.

- L.R. 23/05/2011 del 687/2011

- Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3 della L.R. n. 19 del 2008.

- Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007

Gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

- Delibera GR n°1117 del 11/07/2000

Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt. 148, 149, 150 e 151 della L.R. 21 aprile 1999, n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale".

- L.R. 24 marzo 2000 n°20

Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO- STRUTTURALE E GEOMORFOLOGICO

Le caratteristiche geologiche generali dell'area in esame sono tipiche di uno stile di ricoprimento, con unità tettoniche sovrapposte.

Le formazioni appartenenti alle Unità Liguri ed Epiliguri, costituiscono il substrato geologico del medio – medio basso Appennino Reggiano al quale appartengono Vezzano, La Vecchia, Viano.

L'assetto strutturale di dette unità è complesso e scompaginato, localmente sono presenti sinclinali più o meno asimmetriche generalmente orientate circa ovest est e frequentemente coricate verso nord ovest.

Il territorio in analisi appartiene alle unità sedimentarie autoctone – neoautoctone padano adriatiche, affioranti nell'area a cui appartiene il capoluogo e nelle zone a settentrione dello stesso, dove formano la fascia delle pieghe pedeappenniniche sepolte, embricate verso nord.

Immediatamente a sud dell'area di intervento si riscontra la presenza della formazione gessoso solfifera separata da una discontinuità tettonica dalle formazioni dei Complessi di Base, localmente rappresentate dalle Formazione delle Argille Azzurre.

Il sottosuolo del territorio in oggetto, sito a nord del sopradetto contatto, è costituito da unità tettoniche embricate, separate da faglie listriche tendenzialmente convergenti in direttrice sud, denominate ventaglio listrico pedeappenninico.

Le principali linee tettoniche, in tale parte dell'Appennino Reggiano, sono orientate in direzione appenninica ovest nord ovest – est sud est mentre un secondo gruppo risulta trasversale al precedente in direttrice nord est – sud ovest.

A detto sistema dislocativo appartengono i principali elementi tettonici lineari che interessano il territorio all'intorno del sito in analisi.

- Linea Pecorile – M. Evangelo che delimita a settentrione la successione litostratigrafica di Viano
- Linea dei Gessi o del margine appenninico, circa all'altezza di Vezzano.
- Fronte del Crostolo, sovrascorrimento orientato ovest est estendentesi circa secondo l'allineamento Bergonzano - Borzano
- Fronte di Albinea, sovrascorrimento orientato ovest est circa da Quattro Castella a Montecavolo – Albinea - Casalgrande.

Secondo la cartografia geologica dell'Emilia Romagna CARG, l'area in oggetto trova sede sui depositi alluvionali attribuibili al Subsistema di Ravenna (**AES8a**), costituito, in tale ambito, da ghiaie e ghiaie sabbiose, con locali intercalazioni limose e limoso sabbiose.

La successione delle rocce sedimentarie e dei depositi quaternari affioranti nella zona in analisi è rappresentata dagli orizzonti di seguito descritti, dall'alto in basso in senso stratigrafico.

Serie Litostratigrafica:**Unità Quaternarie e Continentali****UNITÀ QUATERNARIE E CONTINENTALI****SINTEMA EMILIANO ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) (Pleistocene medio? – Olocene)**

Unità alluvionale da grossolana a fine con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell'alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI.

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica della base: 11.000-8.000_anni)

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m.

AES8a – UNITA' DI MODENA (Post-VI secolo dC.)

Depositi ghiaiosi e fini. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e grigio-giallastro. Corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (<10 m).

SUCCESSIONE DEL MARGINE APPENNINICO**FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE - FAA (Pliocene inf. - Pleistocene inf.?)**

Peliti grigio-azzurre massive od a stratificazione poco evidente per bioturbazione nella parte inferiore, di ambiente profondo; alternanze pelite-sabbia fine nella parte superiore, di piattaforma. Presenti macrofaune a Gasteropodi e Lamellibranchi, Coralli, ecc. Potenza variabile da poche centinaia ad oltre mille metri, non completamente rappresentata in carta. Contatto ovunque tettonico con GES; dove preservato, locale contatto inferiore in discordanza angolare su APA.

Morfologicamente, l'area risulta pianeggiante con quote di 164 ÷ 166 m s.l.m. ed è delimitata ad occidente da una scarpata di erosione fluviale non attiva, con altezza di 2 ÷ 3 m, che separa i terrazzi di I° ordine da quelli di II° ordine.

CENNI DI IDROGEOLOGIA

Al momento dell'esecuzione delle prove penetrometriche, per ciascuna verticale d'indagine è stata misurata l'eventuale presenza di battente idrico sotterraneo, rilevandone, nello specifico, l'assenza nel primo sottosuolo.

DPSH1	Foro vuoto
DPSH2	Foro vuoto
DPSH2bis	Foro vuoto
DPSH3	Foro vuoto

Il battente idrico sotterraneo ivi presente, solitamente confinato tra – 3,0 e -5,0 m p.c., è strettamente correlato con gli eventi di piena del T.Crostolo.

MODELLO GEOLOGICO

Le indagini penetrometriche hanno consentito di definire le caratteristiche geologiche del primo sottosuolo.

L'area è collocata al passaggio tra **due terrazzi alluvionali incastrati di I° e II° ordine**, attribuibili al vicino T. Crostolo.

Detti depositi terrazzati sono costituiti da un primo strato di copertura a componente eterogenea con presenza di riporti antropici, sino a -0,4 ÷ -1,2 m dal piano campagna (**UGT1**).

Successivamente si riscontrano alternanze ghiaiose – ghiaioso sabbiose addensate contenenti intercalazioni sabbiose, sino ad almeno -3,0 ÷ -5,5 m p.c. (**UGT2**).

A profondità superiori (analisi possibili mediante i dati ricavati dai sondaggi a carotaggio continuo presenti nella zona) si osserva la presenza di alternanze limoso argillose ed argilloso limoso sabbiose, con diffusa presenza di clasti ghiaioso fini sub angolari sino ameno a -9,0 ÷ -10 m p.c.

Detti litotipi precedono sequenze essenzialmente limoso argillose di colore grigio azzurro, con intercalazioni sabbioso fini appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre.

La successione litomeccanica riscontrata risulta, quindi, in accordo con le caratteristiche geomorfologiche territoriali precedentemente descritte.

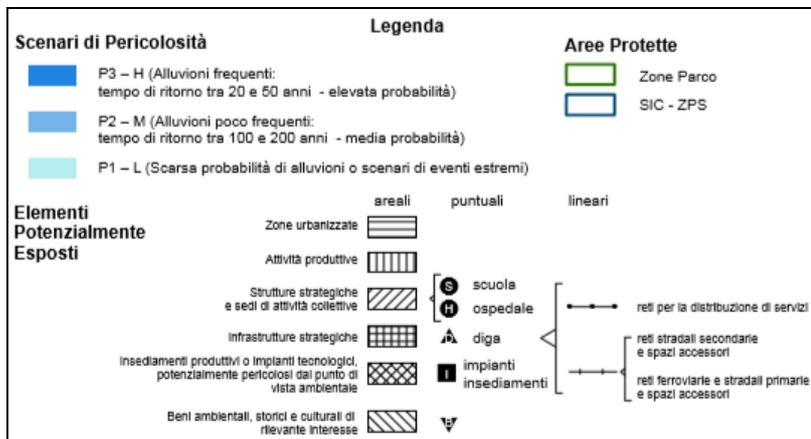
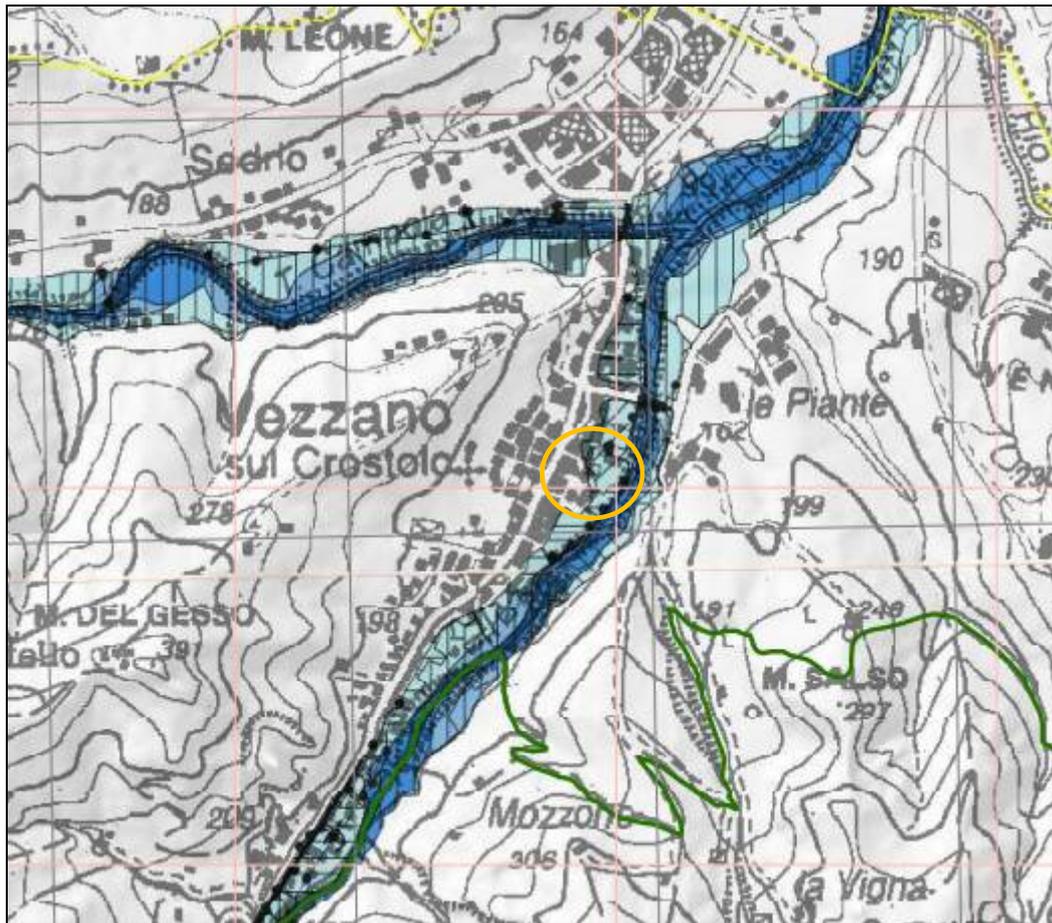
PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA DELL'AREA

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, alle attuali condizioni al contorno, il sito si presenta in condizioni di stabilità e sicurezza.

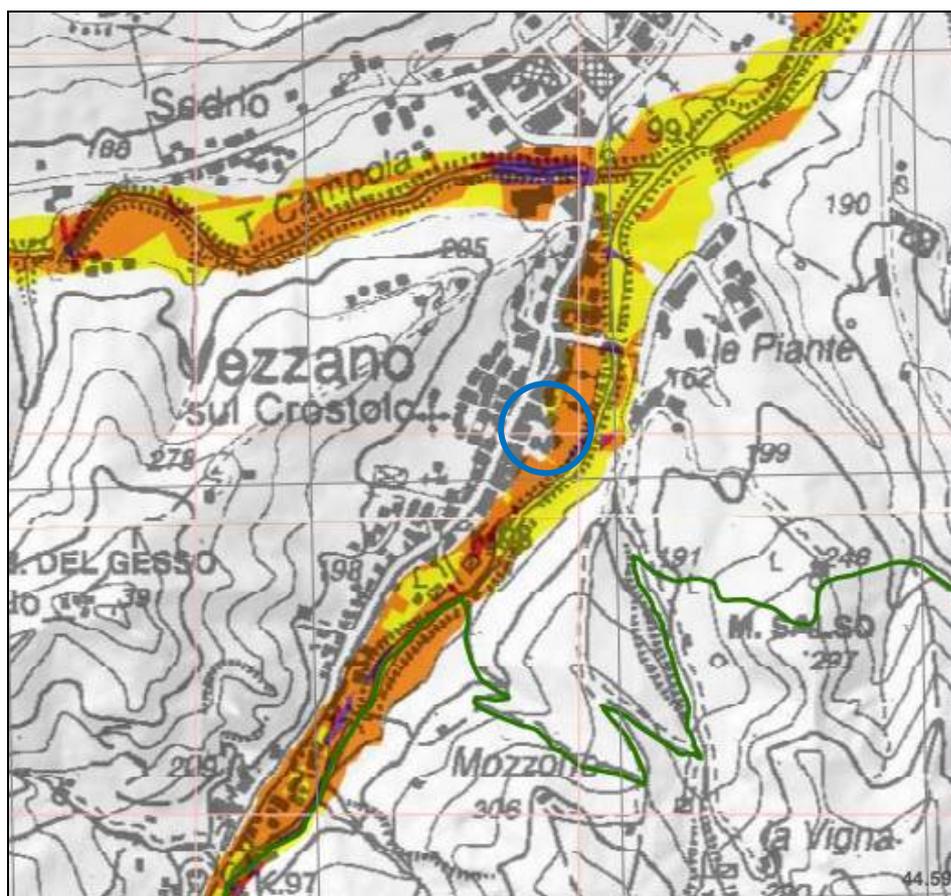
PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA (D.G.R. 1300/2016)

Si riportano gli estratti degli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe di Pericolosità e del Rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. L'area di studio è compresa all'interno del **Reticolo Secondario di Pianura (RSP)** il quale, per definizione, è costituito da corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio – bassa pianura padana.

In relazione alla disamina dell'elaborato grafico "*Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni – Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti*" il comparto territoriale in analisi ricade all'interno di un ambito contraddistinto da una pericolosità di **tipo P2 – M** (alluvioni poco frequenti, $T_R = 100 \div 200$ anni, probabilità media).



Mappa della pericolosità e degli elementi esposti



Legenda

Aree Protette		Zone Parco		SIC - ZPS
Classi di Rischio		puntuali	lineari	areali
R1 (rischio moderato o nullo)				
R2 (rischio medio)				
R3 (rischio elevato)				
R4 (rischio molto elevato)				

Mappa del rischio

Le perimetrazioni della mappa del rischio potenziale esposte all'interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), ai sensi della direttiva europea 2007/60/CE, evidenziano uno scenario di **rischio medio R2**.

- **Vista la classificazione del territorio in relazione alla pericolosità idraulica**, si consigliano i seguenti accorgimenti progettuali:
 - ✓ I piani di calpestio dell'opera dovranno essere previsti a quote superiori rispetto a quelle degli assi stradali adiacenti.
 - ✓ Gli impianti tecnici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto, anche in caso di improbabile alluvionamento; le aperture siano a tenuta stagna o provviste di protezioni idonee.
 - ✓ Si raccomanda la realizzazione di un idoneo sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche.
 - ✓ Si consiglia la messa in posa di un idoneo sistema di raccolta e veicolamento delle acque corrivanti sulla superficie areale all'intorno del fabbricato (in grado di proteggere lo stesso dalle piogge critiche o dagli eventi di allagamento).

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA – RISPOSTA SISMICA LOCALE

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

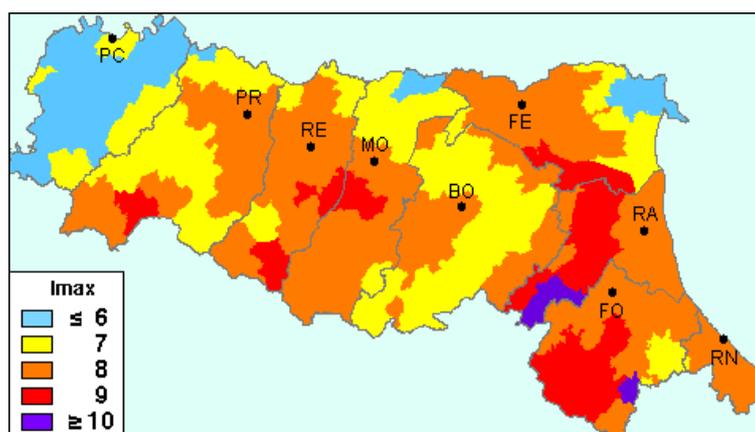
Le coordinate geografiche (**ellissoide ED50**) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

10,54885 ÷ 44,60240

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 17-01-18)

STORIA SISMICA DEL SITO

Nell'ambito in cui ricade il territorio comunale di Vezzano sul Crostolo, il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (*D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996*) documenta eventi sismici giungenti al 7° – 8° grado della Scala *Mercalli - Cancani – Sieberg*, con intensità massima corrispondente ad $M = 4,5 \div 5,6$, come evidenziato nella seguente figura.



Zonazione sismica della RER sulla base della scala MCS.

Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Vezzano sul Crostolo, il Database Macrosismico DBMI15, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Gruppo di lavoro CPTI, 2015 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

Storia sismica di Vezzano sul Crostolo (RE)

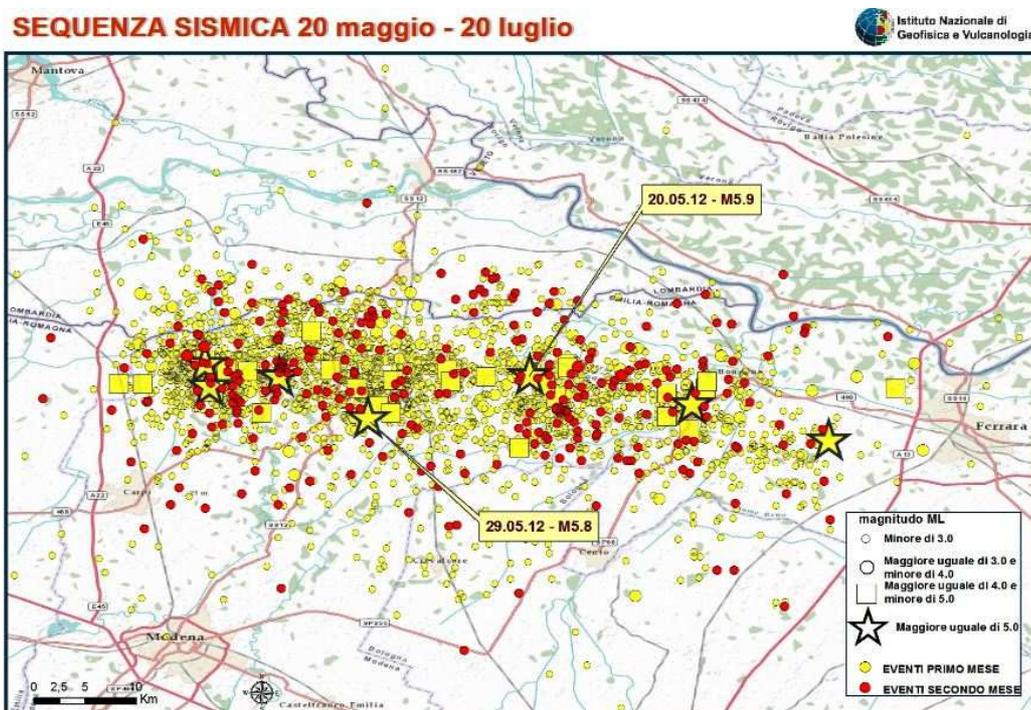
Osservazioni disponibili: 19

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1908	07	10	02	13	3	Carnia	119	7-8	5.31
2	1930	05	24	22	02		Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
4	1961	08	13	22	34	1	Parmense	22	5-6	4.37
6	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
6	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
1-2	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
4	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
5-6	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3-4	1997	05	12	22	13	5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3-4	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
5-6	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

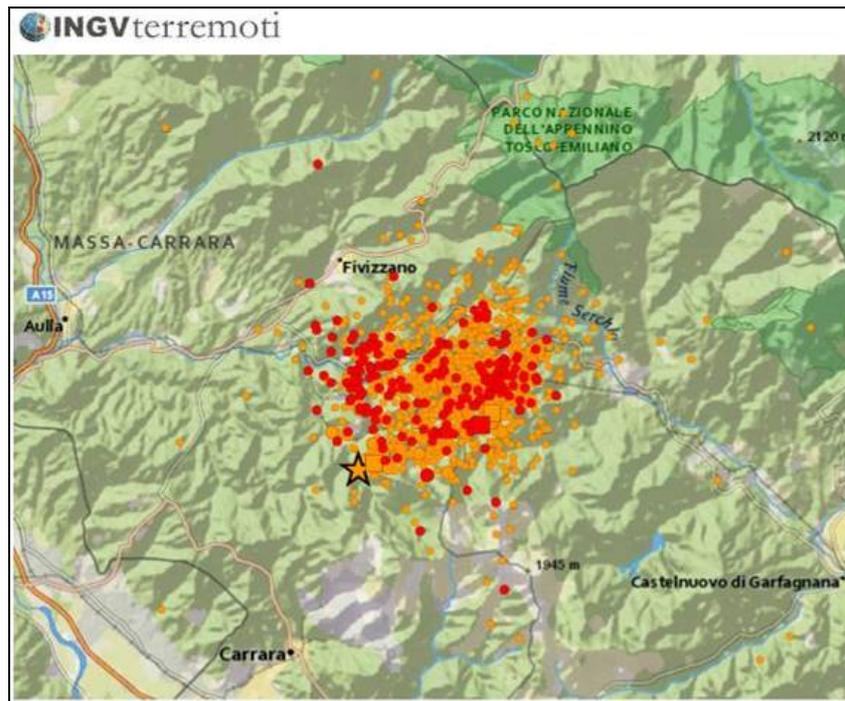
Storia sismica del comune di Vezzano sul Crostolo.

A detti dati vanno aggiunti quelli relativi ai recenti eventi sismici, datati 20/05/2012 e 29/05/2012 che hanno presentato intensità pari a $MW = 5.8 \div 5.9$, la cui distribuzione areale è presentata nella figura seguente.



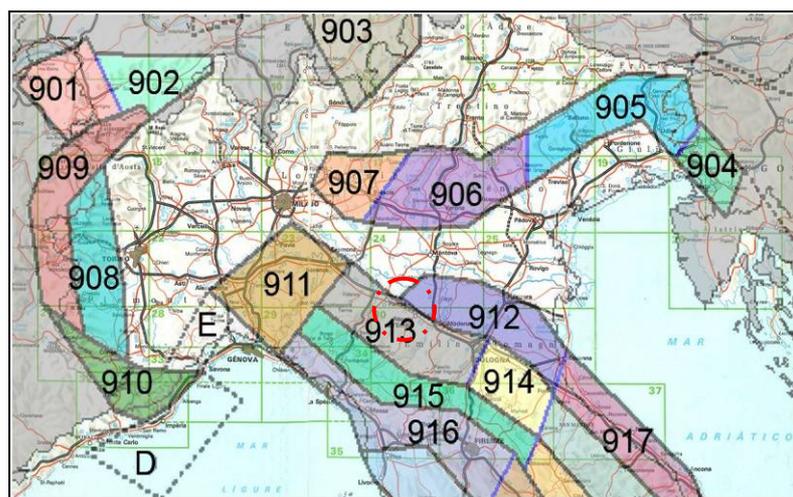
Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la Bassa Pianura Padana.

L'ultima sequenza sismica significativa rilevata dai sismografi che ha coinvolto il centro – nord Italia è stata quella che ha coinvolto la Lunigiana e la Garfagnana nel Giugno – Luglio 2013; l'evento principale, datato 21/06/2013, ha presentato intensità pari a $MW = 5.2$.



Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la Garfagnana – Lunigiana.

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, per la quasi totalità, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale. La zonazione sismica del territorio nazionale, la quale identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 913. La componente cinematica principale che regola la distribuzione degli sforzi all'interno di suddetta fascia è di tipo compressivo (prevalentemente *thrust*) legata all'accavallamento delle propaggini del fronte appenninico.

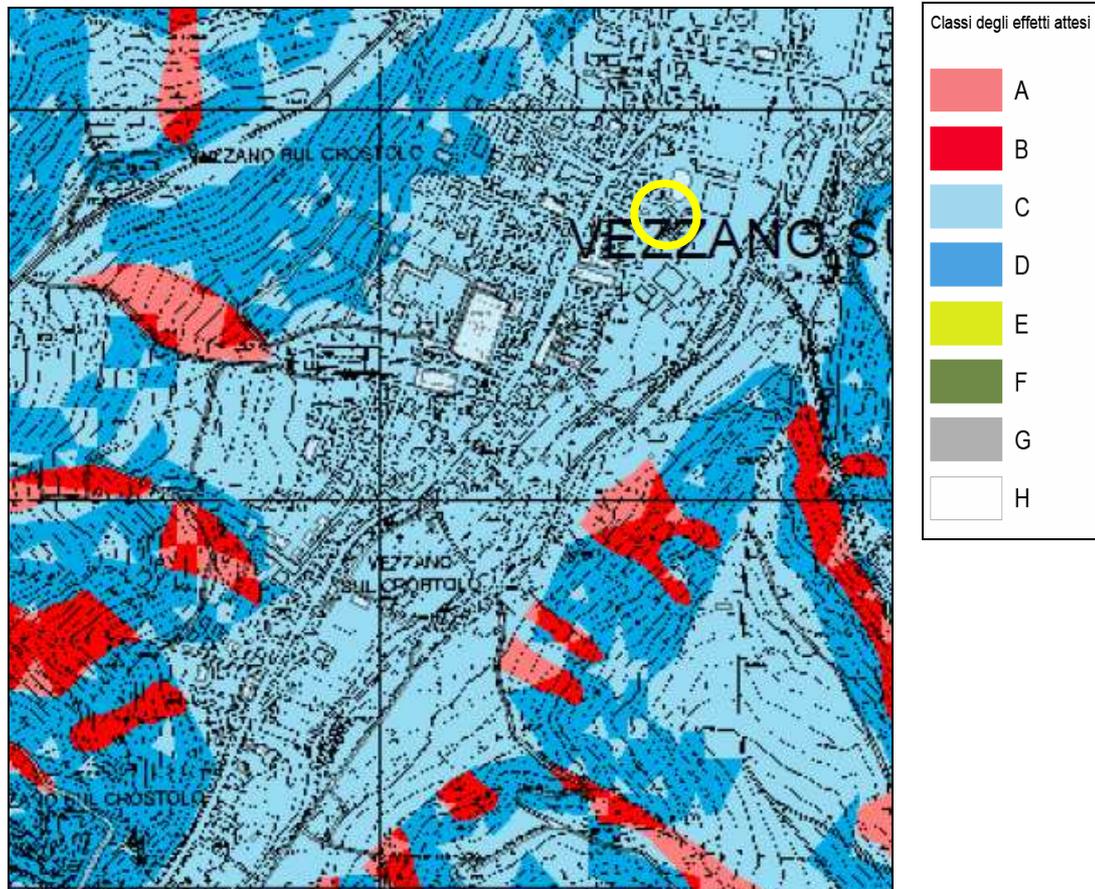


Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

EFFETTI ATTESI E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

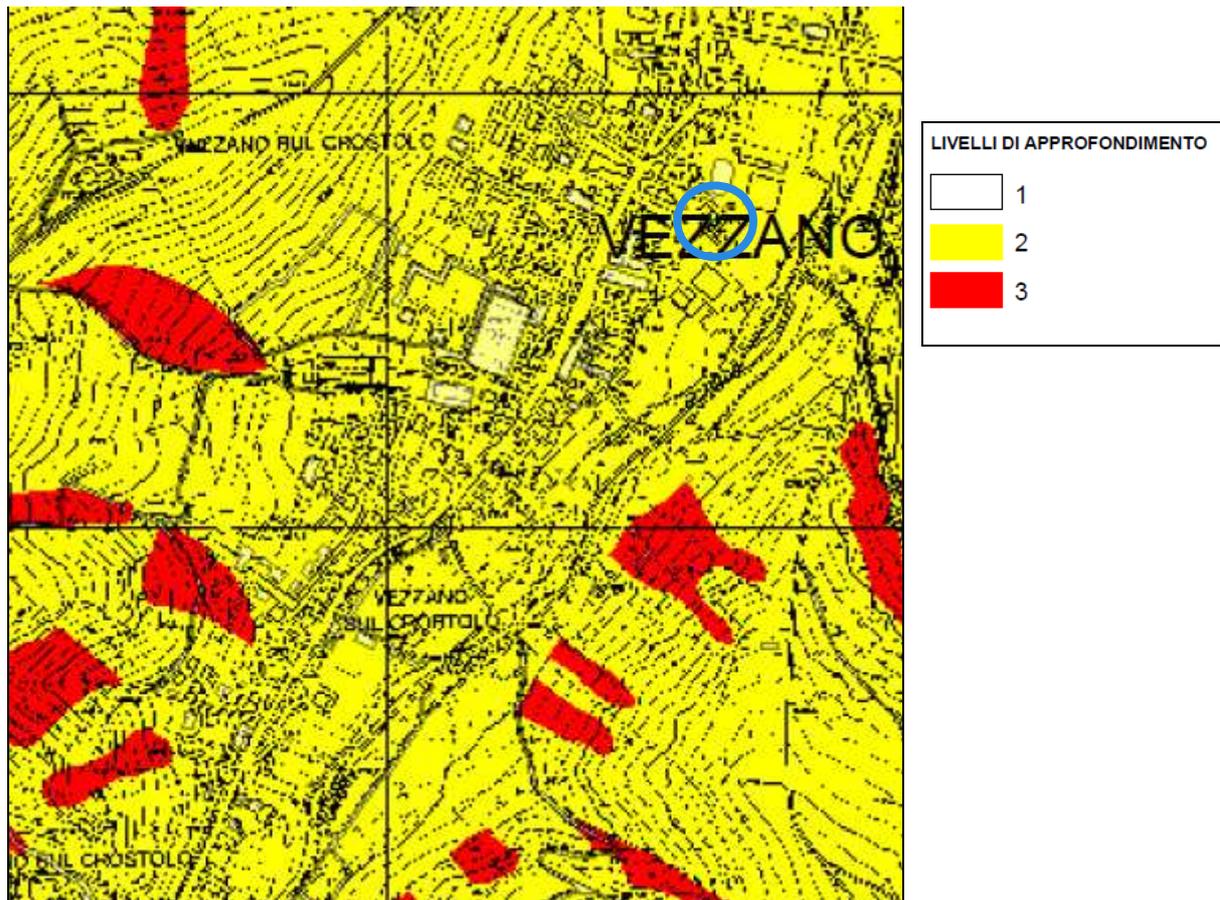
Dall'estratto della Carta delle aree suscettibili di effetti attesi" del PTCP vigente della Provincia di Reggio Emilia, si rileva che il comparto di monte del terreno oggetto di indagine ricade nell'ambito delle aree suscettibili di amplificazione stratigrafica (PTCP: Classe C).

Per questi ambiti viene richiesta un approfondimento di indagine di II livello.



		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					

Rischio sismico: Carta degli effetti attesi- PTCP - allegato P9a - sezione 200SE.



Rischio sismico: Carta dei livelli di approfondimento- PTCP - allegato P9b - sezione 200SE

IDENTIFICAZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

La definizione del valore V_{S30} , velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è determinata mediante la relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove:

N = numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura,

H = spessore totale (in m) dei terreni di copertura, o profondità del tetto del *bedrock* sismico,

h_i = spessore (in m) dello strato i -esimo (fino al *bedrock* sismico),

V_{S_i} = la velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino al *bedrock* sismico).

Nel caso di substrato sismico riscontrabile a profondità inferiori ai - 30,m dal piano di posa fondale, si utilizza la seguente relazione:

$$V_{S_H} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

dove:

M = numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 m,

h_i = spessore (in m) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m),

V_{si} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m).

Si è ottenuto, per i metodi di acquisizione sopra descritti, il seguente valore di velocità:

$$V_{s30} = 530 \text{ m/sec}$$

Dai parametri sopra esposti e delle caratteristiche geotecniche delle verticali delle prove penetrometriche DPSH, risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti la quota di incastro delle fondazioni, siano preferibilmente attribuibili a:

Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICO STRATIGRAFICO LOCALE (D.G.R. 630/2019)

Sulla base delle indicazioni della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n630 del 2019 – Allegato A2, si è determinato il coefficiente di amplificazione sismico locale mediante la tecnica di Housner. Nell'analisi si è considerato l'effetto della topografia in quanto l'area in oggetto si colloca in corrispondenza della porzione basale di un crinale secondario mediamente acclive e declinante verso sud.

In riferimento allo spessore ed omogeneità dei materiali investigati, si è considerato il caso di "Appennino substrato non rigido"

Si è quindi determinato il valore di incremento della intensità sismica locale, mediante la relazione di Housner:

$$\Delta a = \int_{T_1}^{T_2} PSVdt$$

dove:

Δa = fattore di amplificazione

PSV = spettro di risposta in velocità

In occasione di sollecitazione sismica, in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche locali e dei contrasti di impedenza ($V_{sh} = 383 \text{ m/s}$), la successione sismostratigrafica può essere interessata dai seguenti fattori di amplificazione

$$Fa \text{ PGA} = 1,4 \div 1,6$$

$$Fa \text{ SA1 } (0,1 < T_0 < 0,5) = 1,4 \div 1,6$$

$$Fa \text{ SA2 } (0,4 < T_0 < 0,8) = 1,4$$

$$Fa \text{ SA3 } (0,7 < T_0 < 1,1) = 1,3$$

per un valore dell'accelerazione al suolo di riferimento pari a:

$$a_g = 0,159 \text{ g}$$

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICO

Il sito in oggetto si ubica in corrispondenza di un'area terrazzata ma ad assetto subpianeggiante, in relazione a quanto asserito dalla DAL 630/2019, si potrà quindi considerare un coefficiente di amplificazione topografica pari a:

$$S_T = 1,000$$

APPLICABILITÀ DELLA DGR 630/2019

La vigente normativa regionale è riferita esclusivamente ad una stima della pericolosità di sito e a definire le direttrici di sviluppo urbanistico preferenziale in fase di pianificazione. Detti fattori non sono stati quindi concepiti per la progettazione esecutiva definiti dalle NCT.

Le risultanze degli abachi proposti all'interno degli studi di microzonazione sismica sono un importante riferimento che offre elementi di conoscenza per orientare il progettista sulla natura dei rischi del sito in cui il manufatto ricade, sugli approfondimenti da effettuare, sulle indagini sui terreni di fondazione e nel sito ma, salvo eccezioni, **per la progettazione esecutiva è opportuno riferirsi agli approfondimenti voluti dalle NTC 2018.**

CLASSE DELL'OPERA : AZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

L'intervento in progetto è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri di definizione dell'input sismico.

	Classe	II
Vita nominale	Vn	50 anni
Coefficiente d'uso	Cu	1,0
Vita di riferimento	Vr	50 anni

AZIONE SISMICA DI PROGETTO (D.M. 17/01/2018)

Sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando strutture di classe II (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,0$: vita di riferimento $V_r = 50$ anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_0 (g)	F_0 (-)	T_{c^*} (s)
SLO	30	0,052	2,477	0,248
SLD	50	0,065	2,489	0,261
SLV	475	0,159	2,438	0,284
SLC	975	0,201	2,442	0,293

dove:

SLO = Stato limite di operatività; $P_{vr} = 81\%$

SLD = Stato limite di danno; $P_{vr} = 63\%$

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; $P_{vr} = 10\%$

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; $P_{vr} = 5\%$

a_0 = accelerazione massima di riferimento al suolo

F_0 = fattore di amplificazione

T_{c^*} = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICO

Secondo i dettami del D.M. 17/01/2018, considerando una categoria di suolo di fondazione C, l'area è caratterizzata dal seguente coefficiente di amplificazione stratigrafica **$S_s = 1,200$** .

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICO

L'area in oggetto si ubica all'interno un'area terrazzata ma ad assetto subpianeggiante,; quindi, in relazione a quanto asserito dal D.M. 17/01/2018, si potrà quindi considerare un coefficiente di amplificazione topografica pari a: **$S_T = 1,000$** .

PRINCIPALI COEFFICIENTI DI ACCELERAZIONE SISMICA

Alla luce degli studi effettuati nella presente relazione, i terreni di fondazione saranno sottoposti ad un'accelerazione sismica quantificabile secondo i seguenti principali parametri dinamici:

	D.M. 17/01/2018 ($\beta = 0,24$)
Latitudine (ED50)	44.60240
Longitudine (ED50)	10.54885
Vita nominale struttura	50 anni
Classe struttura opera	II
Coefficiente d'uso	1,0
Vita di riferimento struttura	50 anni
$V_{S_{30}}$	530 m/sec
Categoria suolo di fondazione	B

Pga di riferimento (SLV)	0,159
Coefficiente di amplificazione stratigrafico	1,200
Coefficienti di amplificazione topografico	1,000
F_{0SLV}	2,438
$T_{C_{SLV}}$	0,284 s
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,046$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,023$
a_{max}/g	0,191

ANALISI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

L'analisi della sequenza litomeccanica evidenzia che i terreni riscontrati nel primo sottosuolo sono caratterizzati da termini argillosi ad elevato grado di sovraconsolidazione, seguiti da corpi di natura prevalentemente ghiaiosa, contraddistinti da un pronunciato grado di addensamento. Nei primi litotipi la percentuale in componenti fini (diametri minori di 0,005 mm) è superiore al 20%; d'altra parte, il grado di consistenza dei materiali incoerenti risulta notevolmente elevato.

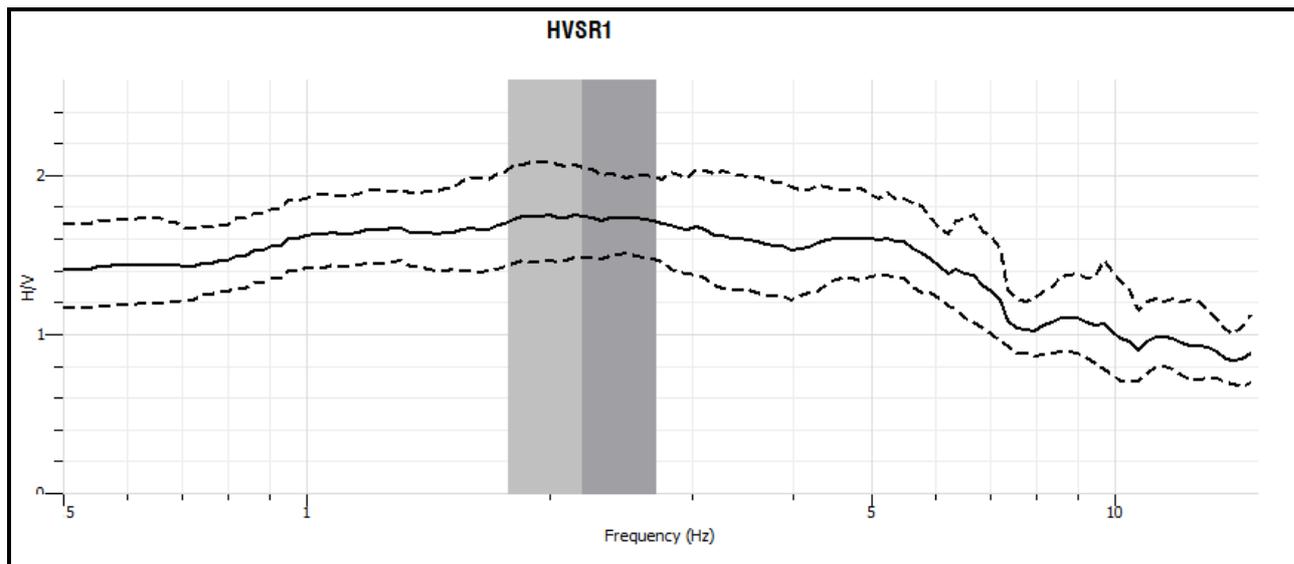
Dette caratteristiche, evidenziano come i terreni che formano il primo sottosuolo non siano suscettibili a rischio di liquefazione in occasione di sollecitazione sismica.

FREQUENZA PRIMARIA TERRENI DI FONDAZIONE

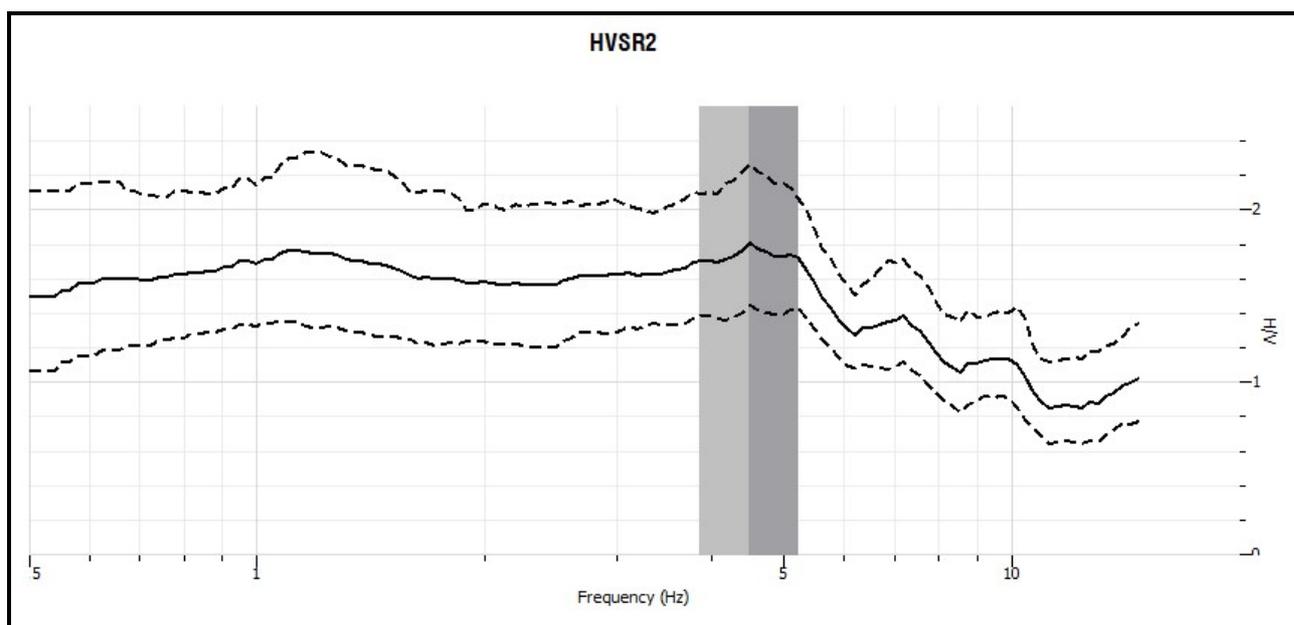
Nell'area di intervento sono state eseguite 2 acquisizioni di microtremori ambientali mediante un sismometro SARA ad elevata dinamica; esse sono state effettuate campionando il segnale a 128 Hz per una durata di 20 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* o *metodo di Nakamura*). L'ipotesi alla base della metodologia è che essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza (F_0) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

L'elaborazioni HVSR dei dati acquisiti hanno evidenziato i risultati riportati nelle figure di seguito, in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee tratteggiate rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

HVSR1 (comparto di valle)

I dati ricavati evidenziano un picco principale individuabile a $f = 2,20$ Hz pari ad un periodo di $T_0 = 0,455$ s, attribuibile ad un contrasto di impedenza molto profondo.

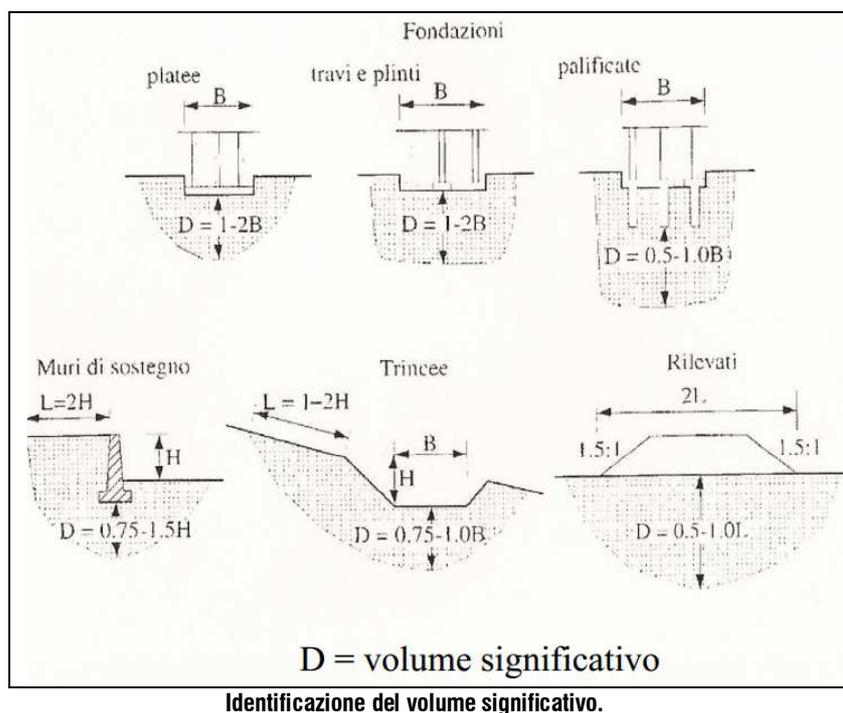
HVSR2 (comparto di monte)

I dati ricavati evidenziano un picco principale individuabile a $f 4,49$ Hz pari ad un periodo di $T_0 = 0,223$ s, attribuibile al tetto del substrato a minor grado di alterazione.

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO**VOLUME SIGNIFICATIVO E PIANO DI INDAGINE**

Le attuali norme vigenti in materia di costruzioni prevedono che sia indagata la porzione di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. Tale orizzonte è definito volume significativo e al suo interno si sviluppano e si dissipano le pressioni esercitate dalla struttura.

In relazione alla scelta della tipologia fondale e del piano di posa, la forma e le dimensioni del volume significativo possono subire delle variazioni, a tratti anche significative, come evidenziato nella figura seguente.



In relazione alle caratteristiche progettuali dell'opera, si è previsto l'esecuzione di n°4 verticali di indagine penetrometrica (DPSH); il piano di lavoro descritto, unitamente allo studio geofisico eseguito e alle perforazioni pregresse raccolte nell'ambito d'indagine, risponde alle richieste normative.

INCERTEZZE INTERPRETATIVE E METODOLOGICHE RELATIVE ALLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO - SISMICO.

E' opportuno soffermarsi sul grado di interpretazione dei dati analizzati e sulle incertezze intrinseche dei metodi utilizzati e delle ricostruzioni effettuate, che assumono carattere soggettivo.

Meritano di essere sottolineati i seguenti aspetti:

- Le indagini geognostiche hanno consentito di definire con buon grado di dettaglio i valori di coesione non drenata nei litotipi più fini a comportamento coesivo e, in corrispondenza dei termini più grossolani, la corretta stima dell'angolo d'attrito. Gli altri parametri geotecnici presentati

all'interno del suddetto documento tecnico sono stati desunti mediante correlazioni empiriche, ben note in letteratura, e dall'analisi comparativa di prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati su terreni ascrivibili al medesimo contesto geologico - geomorfologico.

- L'esecuzione di prospezioni geofisiche di superficie (Re.Mi. – M.A.S.W.) presenta fisiologicamente un margine di errore noto in letteratura, oltre ad un alone di soggettività dipendente dalle scelte del soggetto elaboratore; tuttavia, quanto emerso da suddette analisi, conferma quanto individuato dalle indagini geognostiche.

L'esecuzione di tale indagine integrata consente di definire con buon grado di dettaglio i primi metri di sottosuolo mediante le prospezioni di tipo attivo (M.A.S.W.) le quali tendono a diventare meno precise con l'aumentare della profondità, ove invece le prospezioni geofisiche passive (Re.Mi.) aumentano di risoluzione.

SUCCESSIONE GEOTECNICA - ANALISI GEOMECCANICA DEI TERRENI

L'analisi geomeccanica dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche, si sono ricavati i valori della coesione non drenata, c_u , dalla relazione di *Begemann*, l'angolo d'attrito interno, in termini di tensioni efficaci, ϕ' , da quella di *L'Herminier*, il grado di consolidazione dalla relazione di *Ladd* e il modulo edometrico dalla relazione di *Mitchell e Gardner*.

Il coefficiente di Poisson, ν , si è ricavato da correlazioni empiriche tra velocità di propagazione delle onde sismiche e valori di resistenza penetrometrica, il modulo elastico da correlazioni tra E_d , E e ν , il coefficiente di Winkler, k , dalle equazioni di *Bowles*, modificate da evidenze sperimentali direttamente ricavate.

L'analisi geomeccanica dei parametri ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche è stata eseguita sia trasformando il numero colpi N in valori di resistenza alla punta dinamica, q_d , che in valori di resistenza alla punta statica, utilizzando il N colpi statisticamente significativo per orizzonti a caratteri meccanici simili. Il calcolo della resistenza alla punta dinamica, q_d , si è effettuato mediante la relazione energetica degli olandesi:

$$q_d = \frac{q^2 \cdot h \cdot g}{a[(q + P) \cdot g]e}$$

dove:

- q_d = resistenza alla punta, kgf/cm²
- q = peso della massa battente, kgf
- a = area della punta di infissione, cm²
- P = peso massa aste e piano di battuta, kgf
- e = avanzamento unitario, cm
- g = accelerazione di gravità (m/sec²) · 10⁻²

I parametri geomeccanici sono stati ricavati trasformando i valori di N_{10} in N_{spt} equivalenti e quindi considerando le principali relazioni presenti in letteratura.

Per i termini prevalentemente coesivi sono state utilizzate le relazioni di Terzaghi o Sanglerat per la determinazione della coesione non drenata, di Stround & Butter per la determinazione del modulo edometrico, il

metodo di Righi con il qc equivalente per la definizione dell'angolo di attrito; per i termini incoerenti la definizione dell'angolo di attrito risulta dall'utilizzo comparato delle relazioni di De Mello, Sowers e Meyerohf e la determinazione del modulo edometrico dalle formule di Farrent o Menzelbach & Malcev.

L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 17/01/2018 (si veda allegato "Analisi statistica dati penetrometrici"), ricavando i valori caratteristici di resistenza alla punta, di attrito laterale locale, del numero di colpi N_{20} e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati.

Successione geotecnica (DPSH1 – DPSH2 – DPSH2bis – DPSH3)

Unità geotecnica	Parametri geognostici caratteristici	Parametri geotecnici caratteristici
UGT1: da - p.c m a - 1,0 ÷ - 1,5 m p.c. Orizzonte rimaneggiato superficiale, caratterizzato da terreno agrario eterogeneo e riporti	$N_{20k} = 3,25$ $N_{SPT k} = 4,55$	Orizzonte a difficile caratterizzazione geotecnica per eterogeneità e rimaneggiamento.
UGT2: oltre a -1,0 ÷ -1,5 m p.c. (sino ad almeno - 5,5 m p.c.) Ghiaie e ghiaie sabbiose estremamente addensate. Grado di compressibilità praticamente nullo.	$N_{20k} = 27,01$ $N_{SPT k} = 40,51$	$\phi'_k = 34^\circ$ $Dr_k = 87\%$ $c'_k = 0,00 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,00 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00205 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 350 \text{ kgf/cm}$ $k_k = 9,76 \text{ kgf/cm}$

Ove: C_u = coesione non drenata, c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di attrito efficace, Dr = densità relativa; γ_n = peso dell'unità di volume; E_d = modulo edometrico, k = modulo di reazione.

CONSIDERAZIONI SULL'INTERAZIONE TERRENO - STRUTTURA

- **Il primo sottosuolo, al netto dell'orizzonte alterato superficiale che presenta spessori pari a circa 1 m, è caratterizzato da elevata capacità resistente.**

Al fine di un'eventuale studio di compatibilità tra tensioni trasmesse al suolo e capacità resistenti dei terreni di fondazione, una volta note le caratteristiche geometriche e tipologiche delle strutture fondali, si potranno considerare per un piano di appoggio posizionato su UGT2 (ghiaie e ghiaie sabbiose), i seguenti valori indicativi:

Fondazione su UGT2

qa = 1,5 kgf/cm²
Rd_{SLU} = 4,505 kgf/cm²
Rd_{SLV} = 4,100 kgf/cm²

Si rimanda, comunque, al tecnico incaricato della progettazione tale verifica, una volta definite nel dettaglio le reali tensioni applicate al suolo, le caratteristiche fondali e la profondità dei piani di appoggio.

- I primi orizzonti di terreno, essendo caratterizzati da processi di alterazione meteorica e di essiccazione e rigonfiamento, oltre per caratteristiche litologiche e di connessione con l'adiacente T.Crostolo, **sono**

potenziali sedi di battente idrico sotterraneo effimero o venute locali d'acqua, legate ai periodi di precipitazione meteorica intensa e a fenomeni di infiltrazione; necessiterà, quindi, prevedere una possibile ed estemporanea saturazione idrica relativamente alla risalita di umidità sulle strutture in elevazione.

- Sul comparto orientale si riscontra la presenza di un **riempimento antropico dell'antico canale che accedeva al mulino**; i materiali costituenti sono di natura eterogenea ed eterometrica (generalmente ghiaie e elementi lapidei da costruzioni precedenti, immersi in massa di fondo talora sabbiosa talora argillosa) e raggiungono mediamente la profondità di circa – 1,5 ÷ -2,0 m dal piano stradale attuale.

Quattro Castella, Giugno 2021

Dott. Geol. Paolo Beretti



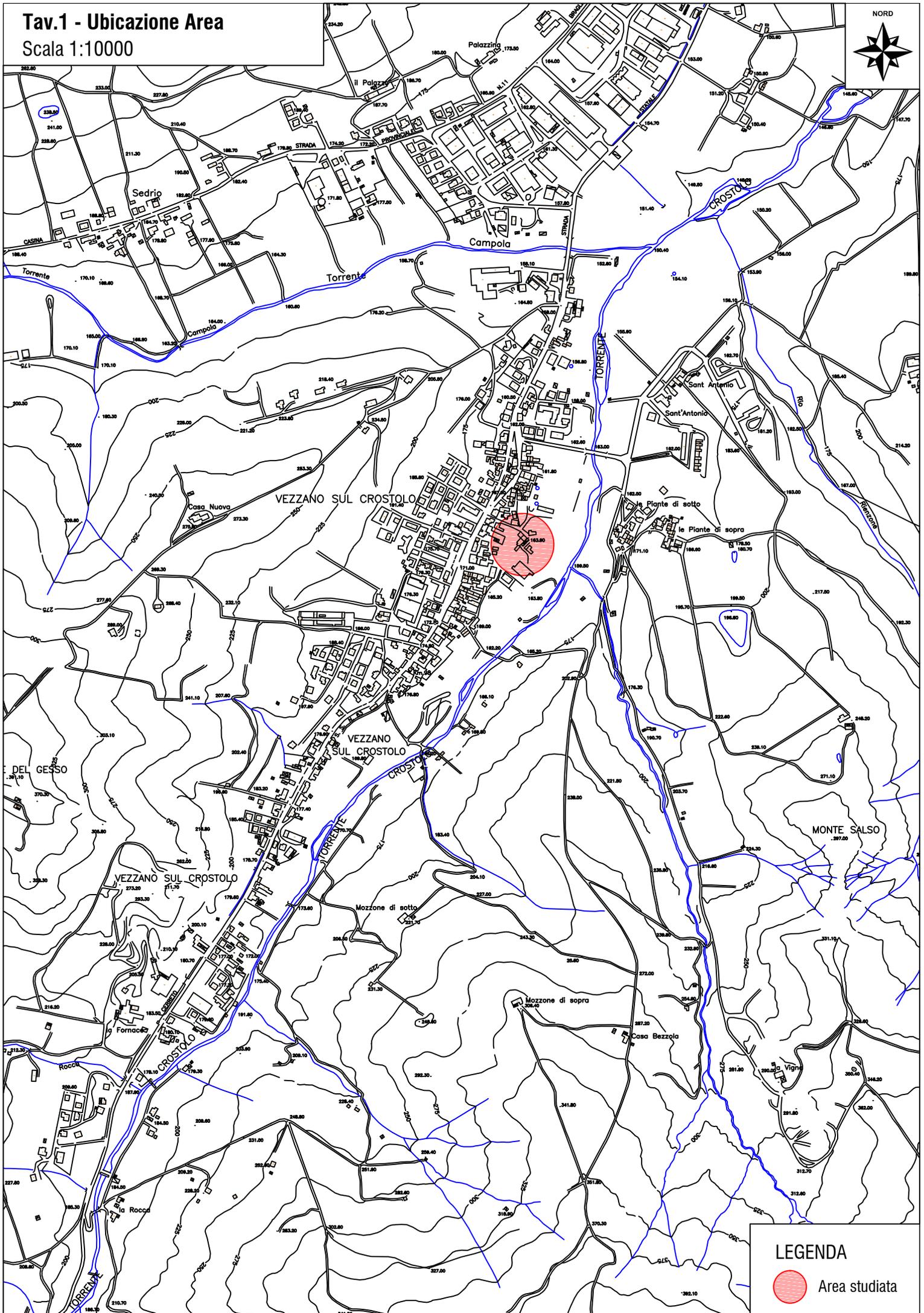
ALLEGATI

- Tav. 1. Ubicazione area.
- Tav. 2. Carta geologica regionale.
- Tav. 3. Ubicazione indagini in situ.
- Tav. 4. Ubicazione prove eseguite e prove pregresse.
- Prospezione geofisica integrata Re.Mi. – M.A.S.W.
- Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH.
- Analisi statistica prova penetrometrica dinamica DPSH.
- Prove pregresse.

Tav.1 - Ubicazione Area

Scala 1:10000

NORD

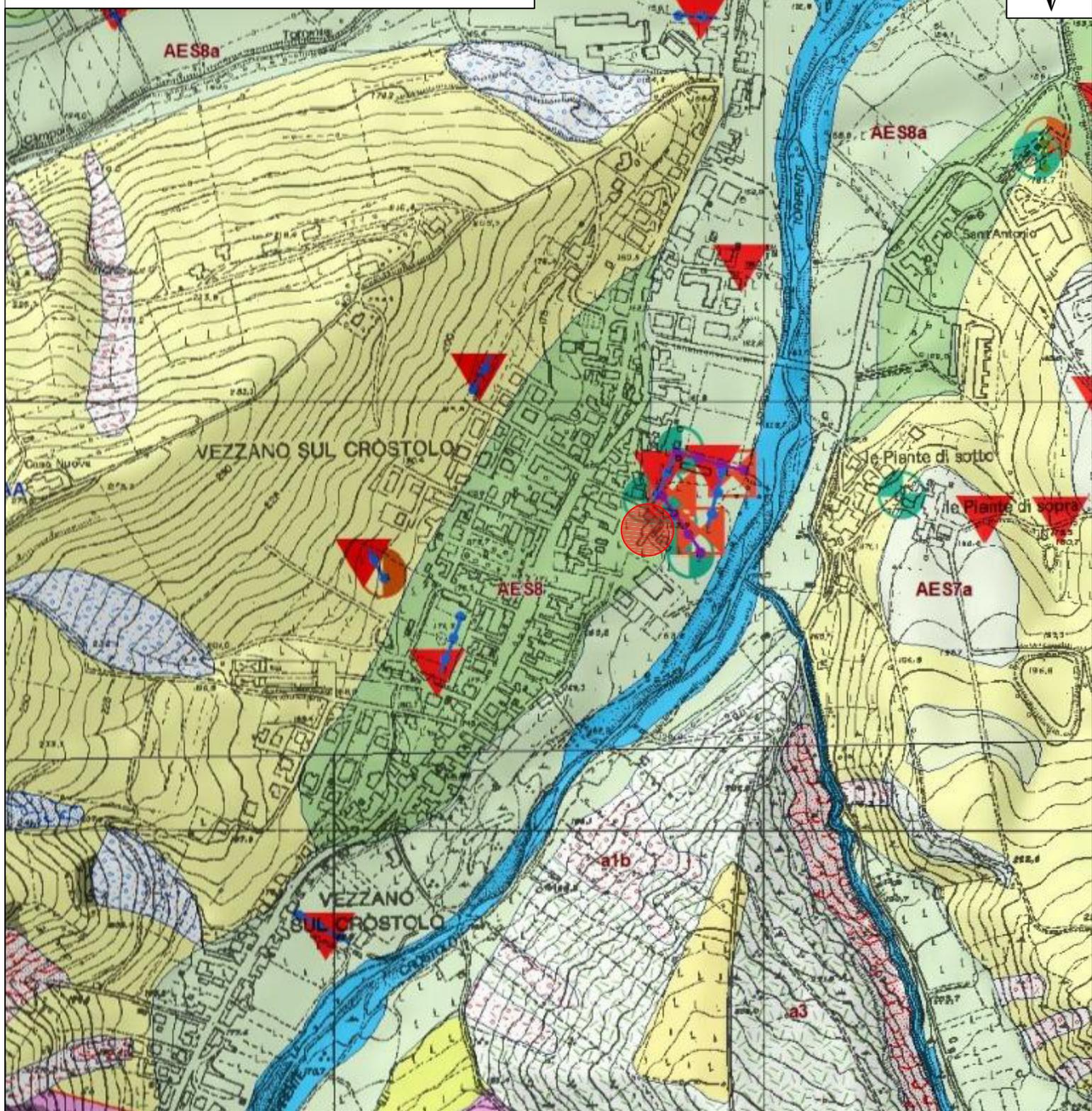


LEGENDA

 Area studiata

Tav.2 - Carta geologica regionale

Scala 1:5000



LEGENDA

Depositi quaternari continentali

b1 - deposito alluvionale in evoluzione

AES8 - Subsistema di Ravenna

AES8a - Unità di Modena

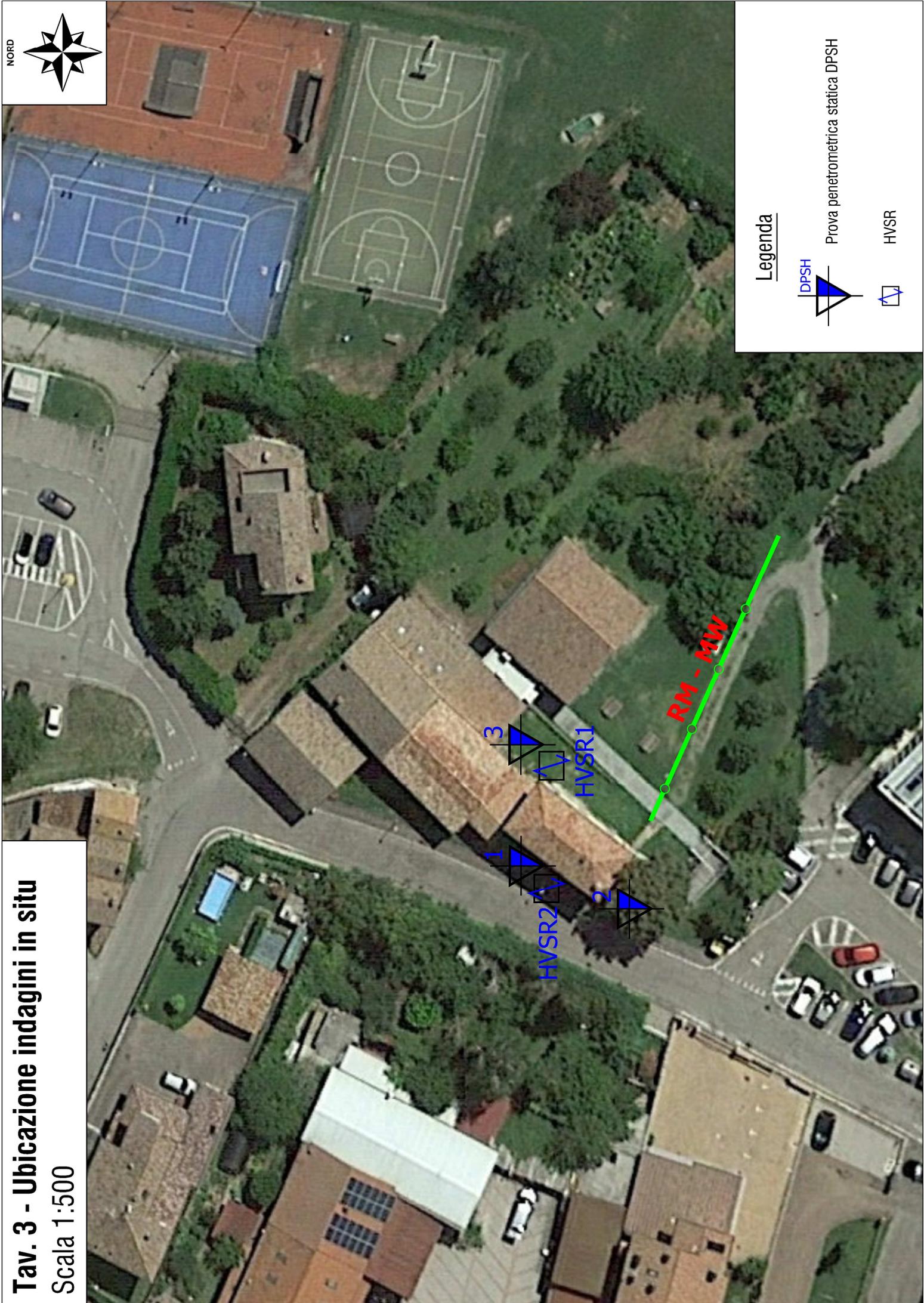


Area studiata

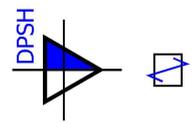
Successione del Margine appennico - padano

FAA - Formazione delle Argille Azzurre

Tav. 3 - Ubicazione indagini in situ
Scala 1:500



Legenda

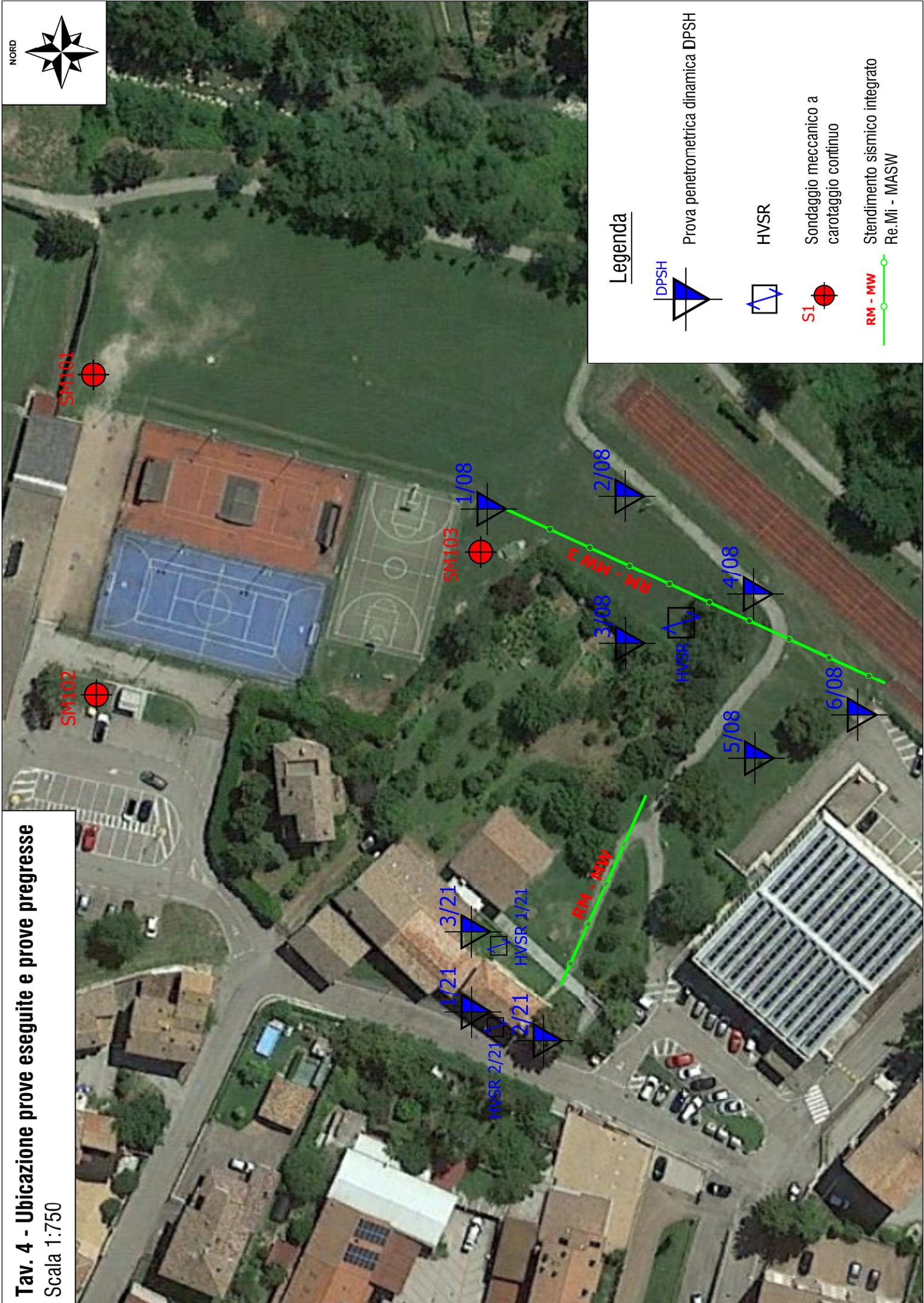


Prova penetrometrica statica DPSH

HVSR

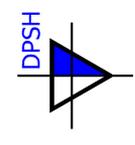
Tav. 4 - Ubicazione prove eseguite e prove progresse

Scala 1:750



NORD

Legenda



Prova penetrometrica dinamica DPSH



HVSr



S1
Sondaggio meccanico a carotaggio continuo



Stendimento sismico integrato
Re.Mi - MASW

RM - MW

Dott. Geol. Paolo Beretti

Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella Tel. 0522 1695098; fax 0522 1691413, Cell: 348 6902667

Indagine integrata Re.Mi. - MASW

Località: Vezzano sul Crostolo

Committente: Amm. Com. Vezzano sul Crostolo (RE)

Cantiere: Ex Molino Boni

Data: 21/06/2021

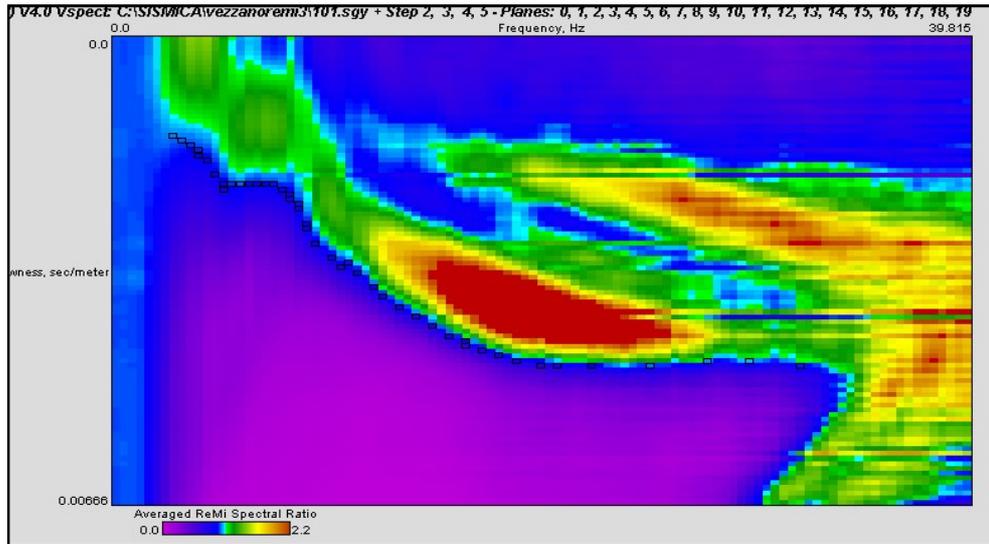
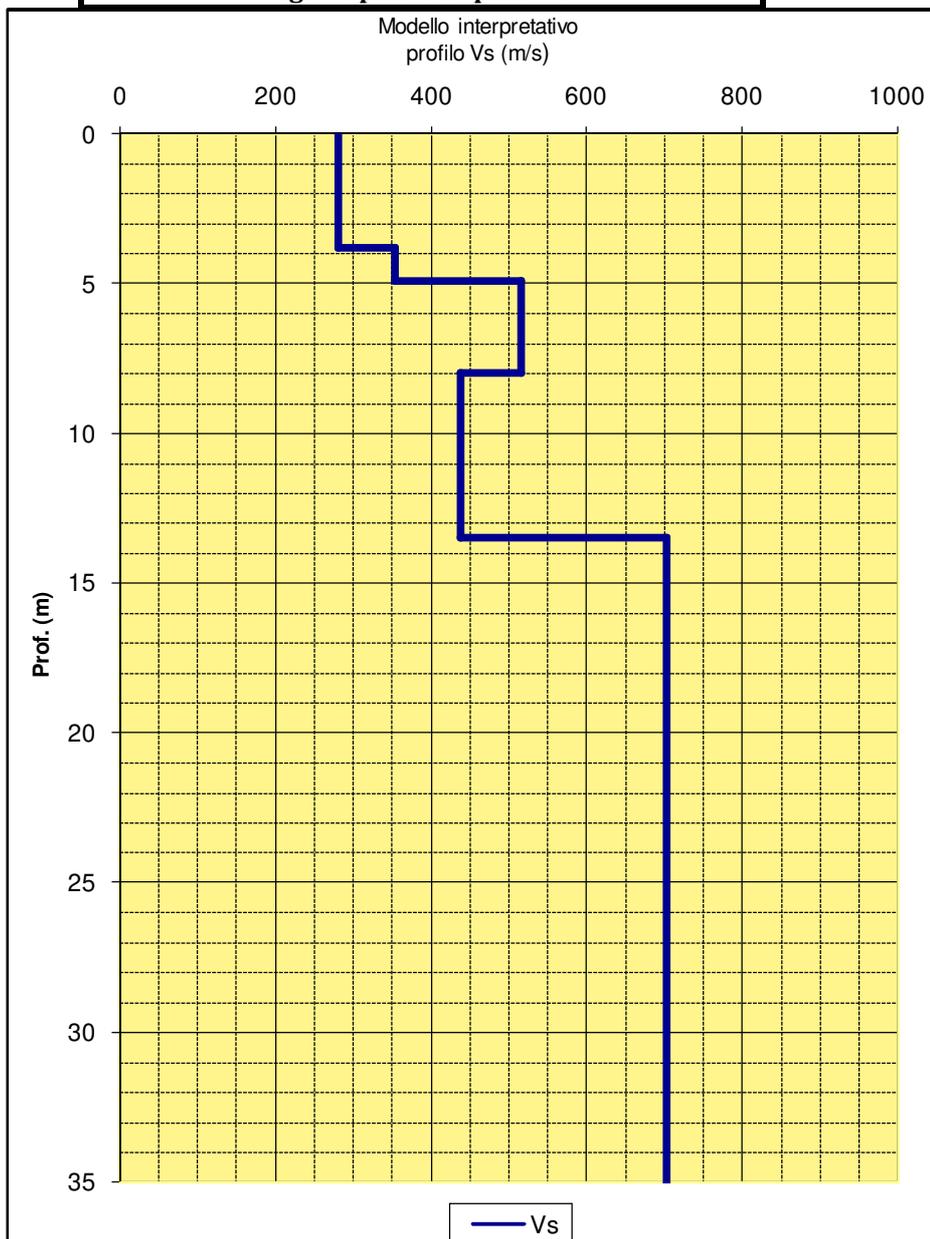


Fig. 1: Spettro di potenza



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667	Prova penetrometrica dinamica super pesante			COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo		
	DPSH		1	CANTIERE: Biblioteca Vezzano sul Crostolo		
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200			Data: 21/06/2021		
	OPERATORE: Dott. P. Beretti		Quota: p.c.	Profondità falda:	Foro Vuoto	

Letture di campagna e elaborazioni

Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Caratteristiche strumentali
1	0,2	2	21,54	6	5,2			11	10,2			
1	0,4	6	64,62	6	5,4			11	10,4			63,5
2	0,6	8	79,17	7	5,6			12	10,6			<i>Volata (cm)</i>
2	0,8	9	89,06	7	5,8			12	10,8			75
2	1	10	98,96	7	6			12	11			<i>Aste (Kg al m)</i>
2	1,2	8	79,17	7	6,2			12	11,2			6,2
2	1,4	8	79,17	7	6,4			12	11,4			<i>Area della punta (cmq)</i>
3	1,6	19	173,91	8	6,6			13	11,6			20
3	1,8	23	210,52	8	6,8			13	11,8			<i>Peso incudine</i>
3	2	40	366,12	8	7			13	12			0,5
3	2,2			8	7,2			13	12,2			<i>Avanzamento (cm)</i>
3	2,4			8	7,4			13	12,4			20
4	2,6			9	7,6			14	12,6			<i>Angolo punta</i>
4	2,8			9	7,8			14	12,8			90°
4	3			9	8			14	13			
4	3,2			9	8,2			14	13,2			
4	3,4			9	8,4			14	13,4			
5	3,6			10	8,6			15	13,6			
5	3,8			10	8,8			15	13,8			
5	4			10	9			15	14			
5	4,2			10	9,2			15	14,2			
5	4,4			10	9,4			15	14,4			
6	4,6			11	9,6			16	14,6			
6	4,8			11	9,8			16	14,8			
6	5			11	10			16	15			

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

1

COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo

CANTIERE:

Biblioteca Vezzano sul Crostolo

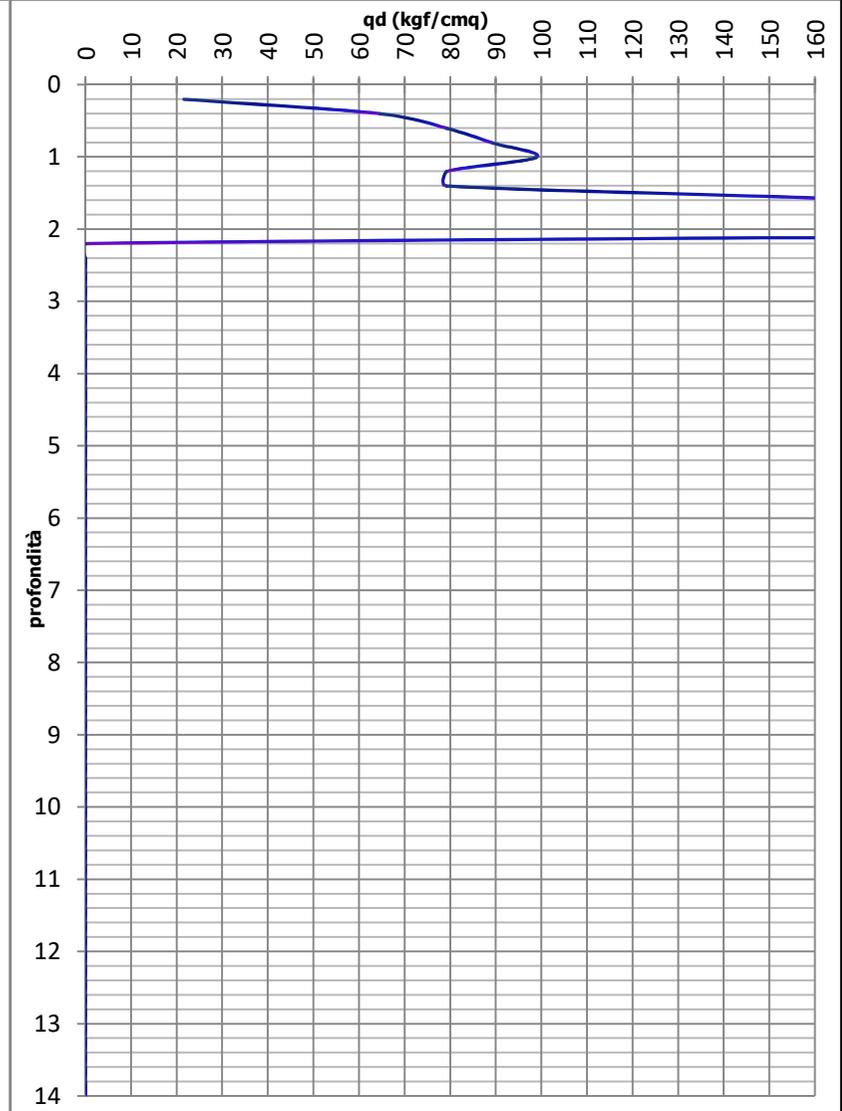
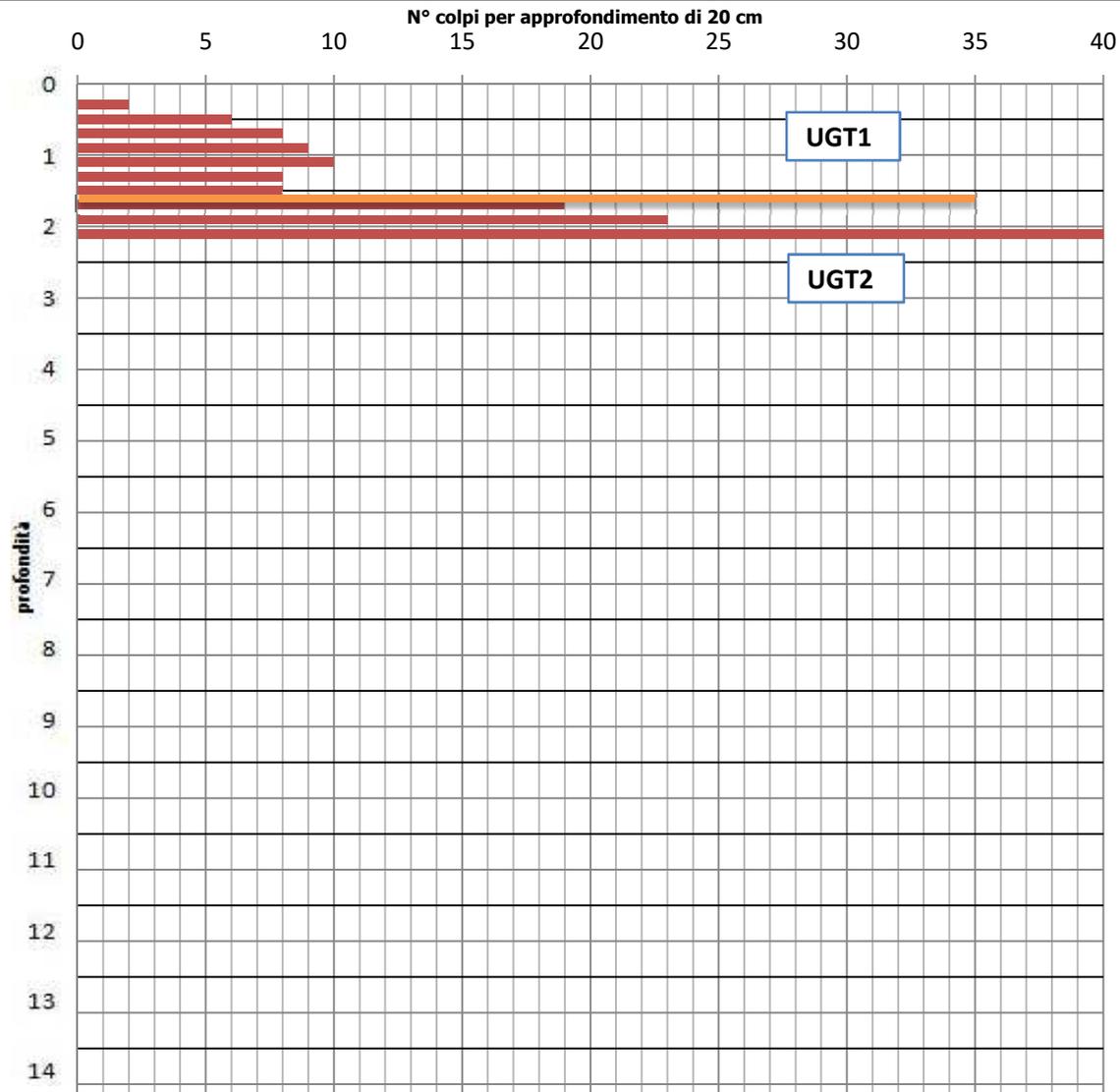
ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

Data: 21/06/2021

OPERATORE: Dott. P. Beretti

Quota: p.c.

Profondità falda: Foro Vuoto



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667	Prova penetrometrica dinamica super pesante		COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo	
	DPSH 2		CANTIERE: Biblioteca Vezzano sul Crostolo	
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data: 21/06/2021	
OPERATORE: Dott. P. Beretti		Quota: p.c.	Profondità falda:	Foro Vuoto

Letture di campagna e elaborazioni

Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Caratteristiche strumentali
1	0,2	1	10,77	6	5,2			11	10,2			
1	0,4	3	32,31	6	5,4			11	10,4			63,5
2	0,6	2	19,79	7	5,6			12	10,6			<i>Volata (cm)</i>
2	0,8	2	19,79	7	5,8			12	10,8			75
2	1	45	445,32	7	6			12	11			<i>Aste (Kg al m)</i>
2	1,2			7	6,2			12	11,2			6,2
2	1,4			7	6,4			12	11,4			<i>Area della punta (cmq)</i>
3	1,6			8	6,6			13	11,6			20
3	1,8			8	6,8			13	11,8			<i>Peso incudine</i>
3	2			8	7			13	12			0,5
3	2,2			8	7,2			13	12,2			<i>Avanzamento (cm)</i>
3	2,4			8	7,4			13	12,4			20
4	2,6			9	7,6			14	12,6			<i>Angolo punta</i>
4	2,8			9	7,8			14	12,8			90°
4	3			9	8			14	13			
4	3,2			9	8,2			14	13,2			
4	3,4			9	8,4			14	13,4			
5	3,6			10	8,6			15	13,6			
5	3,8			10	8,8			15	13,8			
5	4			10	9			15	14			
5	4,2			10	9,2			15	14,2			
5	4,4			10	9,4			15	14,4			
6	4,6			11	9,6			16	14,6			
6	4,8			11	9,8			16	14,8			
6	5			11	10			16	15			

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

2

COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo

CANTIERE: Biblioteca Vezzano sul Crostolo

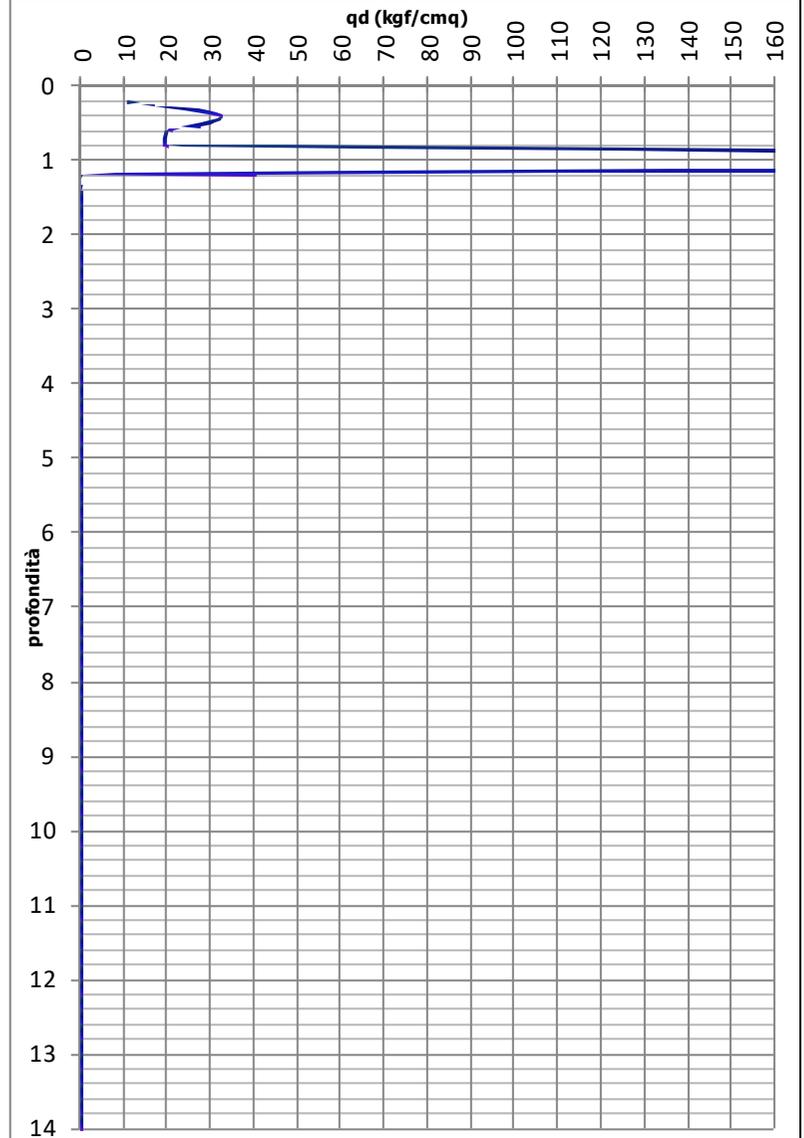
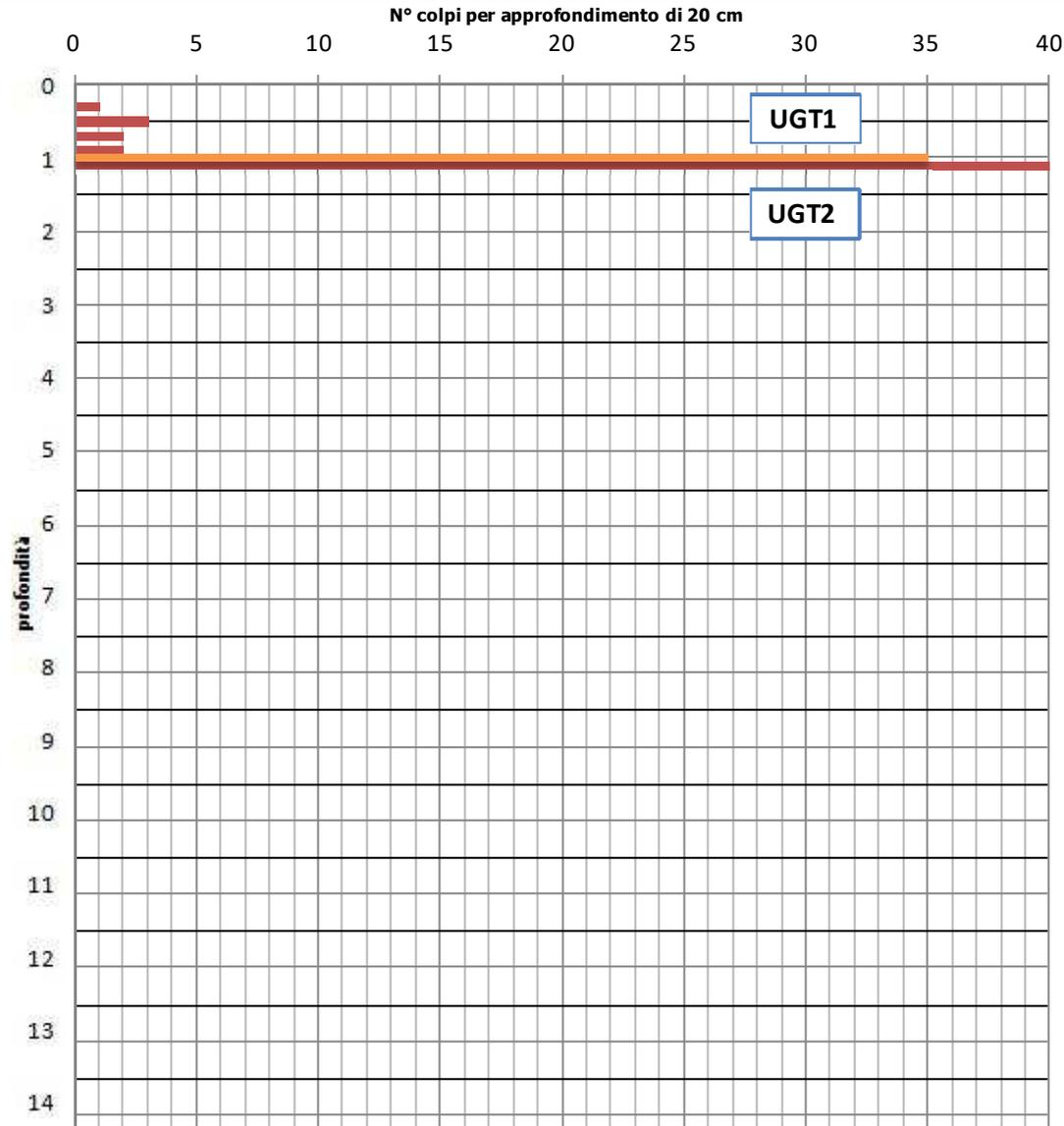
ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

Data: 21/06/2021

OPERATORE: Dott. P. Beretti

Quota: p.c.

Profondità falda: Foro Vuoto



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667	Prova penetrometrica dinamica super pesante		COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo	
	DPSH 2 bis		CANTIERE: Biblioteca Vezzano sul Crostolo	
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data: 21/06/2021	
OPERATORE: Dott. P. Beretti		Quota: p.c.	Profondità falda:	Foro Vuoto

Letture di campagna e elaborazioni

Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Caratteristiche strumentali
1	0,2	1,5	16,15	6	5,2			11	10,2			
1	0,4	2	21,54	6	5,4			11	10,4			63,5
2	0,6	2	19,79	7	5,6			12	10,6			<i>Volata (cm)</i>
2	0,8	3	29,69	7	5,8			12	10,8			75
2	1	28	277,09	7	6			12	11			<i>Aste (Kg al m)</i>
2	1,2	39	385,94	7	6,2			12	11,2			6,2
2	1,4	50	494,80	7	6,4			12	11,4			<i>Area della punta (cmq)</i>
3	1,6			8	6,6			13	11,6			20
3	1,8			8	6,8			13	11,8			<i>Peso incudine</i>
3	2			8	7			13	12			0,5
3	2,2			8	7,2			13	12,2			<i>Avanzamento (cm)</i>
3	2,4			8	7,4			13	12,4			20
4	2,6			9	7,6			14	12,6			<i>Angolo punta</i>
4	2,8			9	7,8			14	12,8			90°
4	3			9	8			14	13			
4	3,2			9	8,2			14	13,2			
4	3,4			9	8,4			14	13,4			
5	3,6			10	8,6			15	13,6			
5	3,8			10	8,8			15	13,8			
5	4			10	9			15	14			
5	4,2			10	9,2			15	14,2			
5	4,4			10	9,4			15	14,4			
6	4,6			11	9,6			16	14,6			
6	4,8			11	9,8			16	14,8			
6	5			11	10			16	15			

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

2 bis

COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo

CANTIERE: Biblioteca Vezzano sul Crostolo

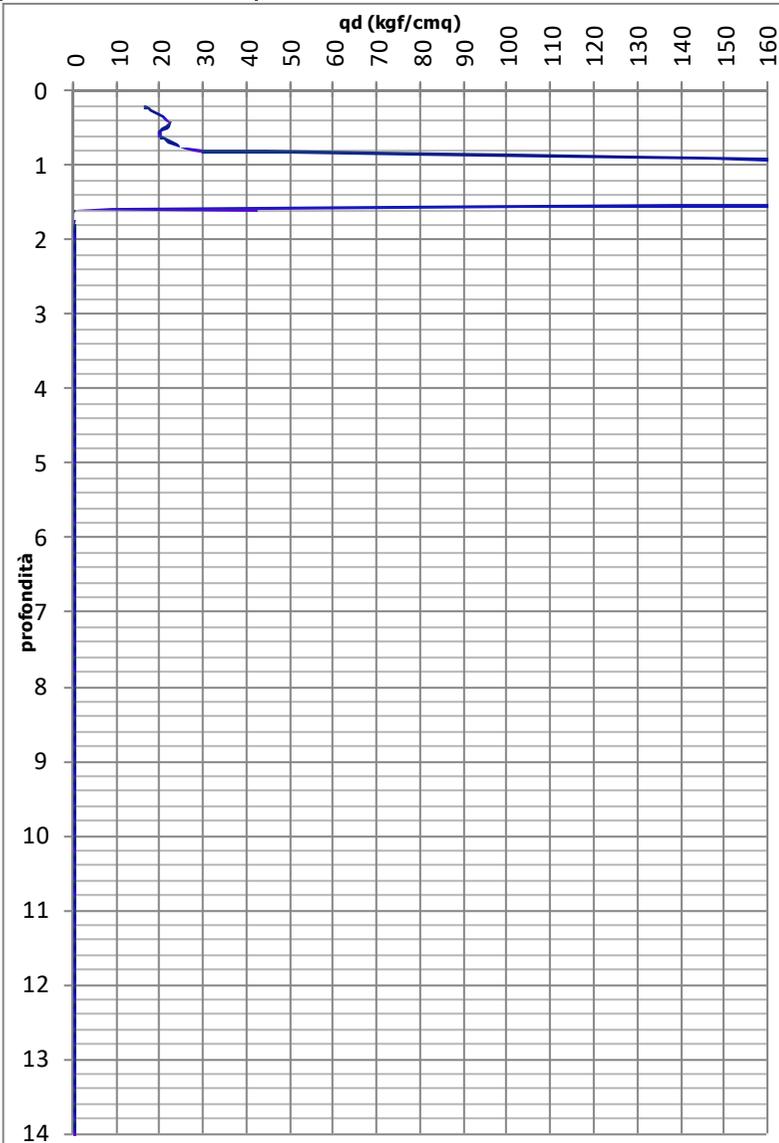
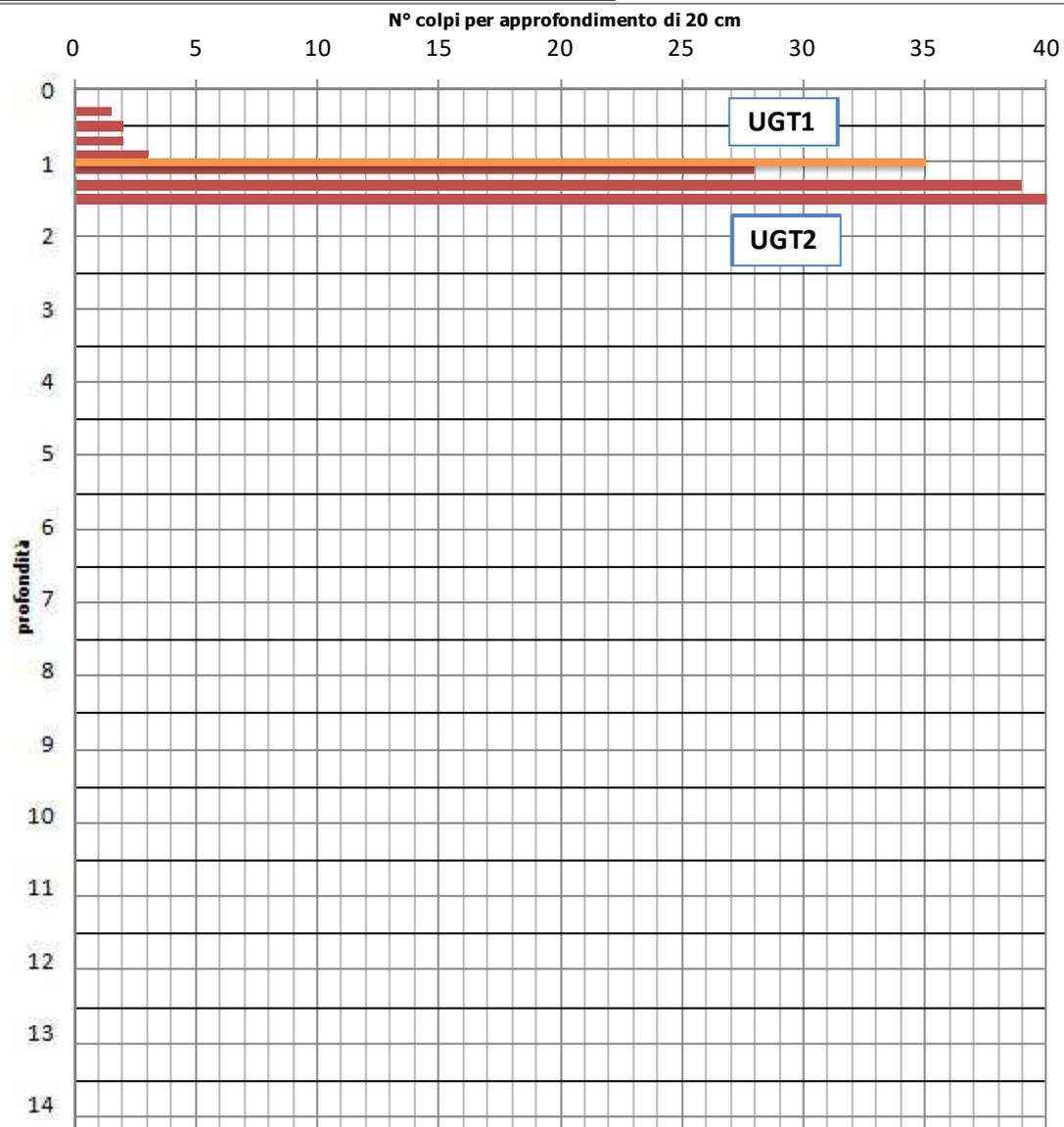
ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

Data: 21/06/2021

OPERATORE: Dott. P. Beretti

Quota: p.c.

Profondità falda: Foro Vuoto



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667	Prova penetrometrica dinamica super pesante		COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo	
	DPSH 3		CANTIERE: Biblioteca Vezzano sul Crostolo	
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data: 21/06/2021	
OPERATORE: Dott. P. Beretti		Quota: p.c.	Profondità falda:	Foro Vuoto

Letture di campagna e elaborazioni

Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Caratteristiche strumentali
1	0,2	1	10,77	6	5,2			11	10,2			
1	0,4	5	53,85	6	5,4			11	10,4			63,5
2	0,6	9	89,06	7	5,6			12	10,6			<i>Volata (cm)</i>
2	0,8	13	128,65	7	5,8			12	10,8			75
2	1	38	376,04	7	6			12	11			<i>Aste (Kg al m)</i>
2	1,2	55	544,27	7	6,2			12	11,2			6,2
2	1,4			7	6,4			12	11,4			<i>Area della punta (cmq)</i>
3	1,6			8	6,6			13	11,6			20
3	1,8			8	6,8			13	11,8			<i>Peso incudine</i>
3	2			8	7			13	12			0,5
3	2,2			8	7,2			13	12,2			<i>Avanzamento (cm)</i>
3	2,4			8	7,4			13	12,4			20
4	2,6			9	7,6			14	12,6			<i>Angolo punta</i>
4	2,8			9	7,8			14	12,8			90°
4	3			9	8			14	13			
4	3,2			9	8,2			14	13,2			
4	3,4			9	8,4			14	13,4			
5	3,6			10	8,6			15	13,6			
5	3,8			10	8,8			15	13,8			
5	4			10	9			15	14			
5	4,2			10	9,2			15	14,2			
5	4,4			10	9,4			15	14,4			
6	4,6			11	9,6			16	14,6			
6	4,8			11	9,8			16	14,8			
6	5			11	10			16	15			

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

3

COMMITTENTE: Comune di Vezzano sul Crostolo

CANTIERE: Biblioteca Vezzano sul Crostolo

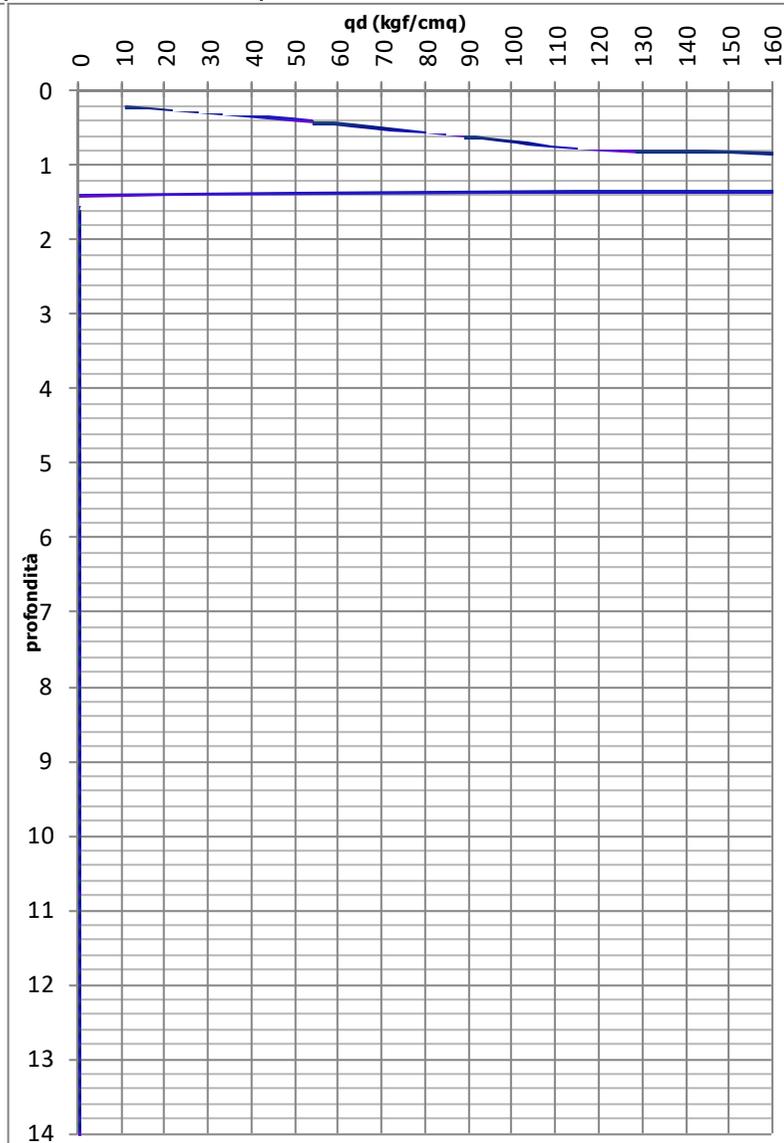
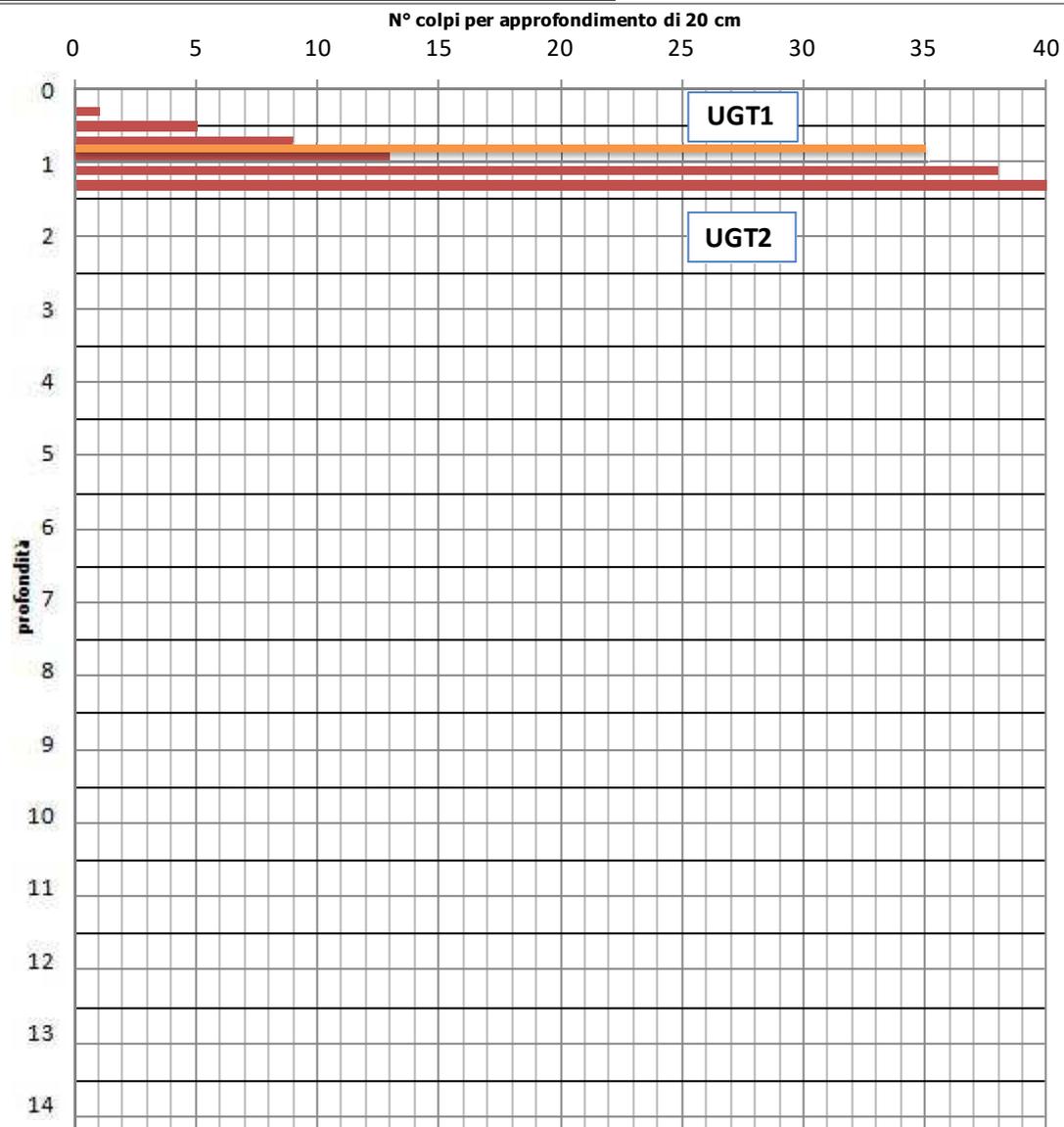
ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

Data: 21/06/2021

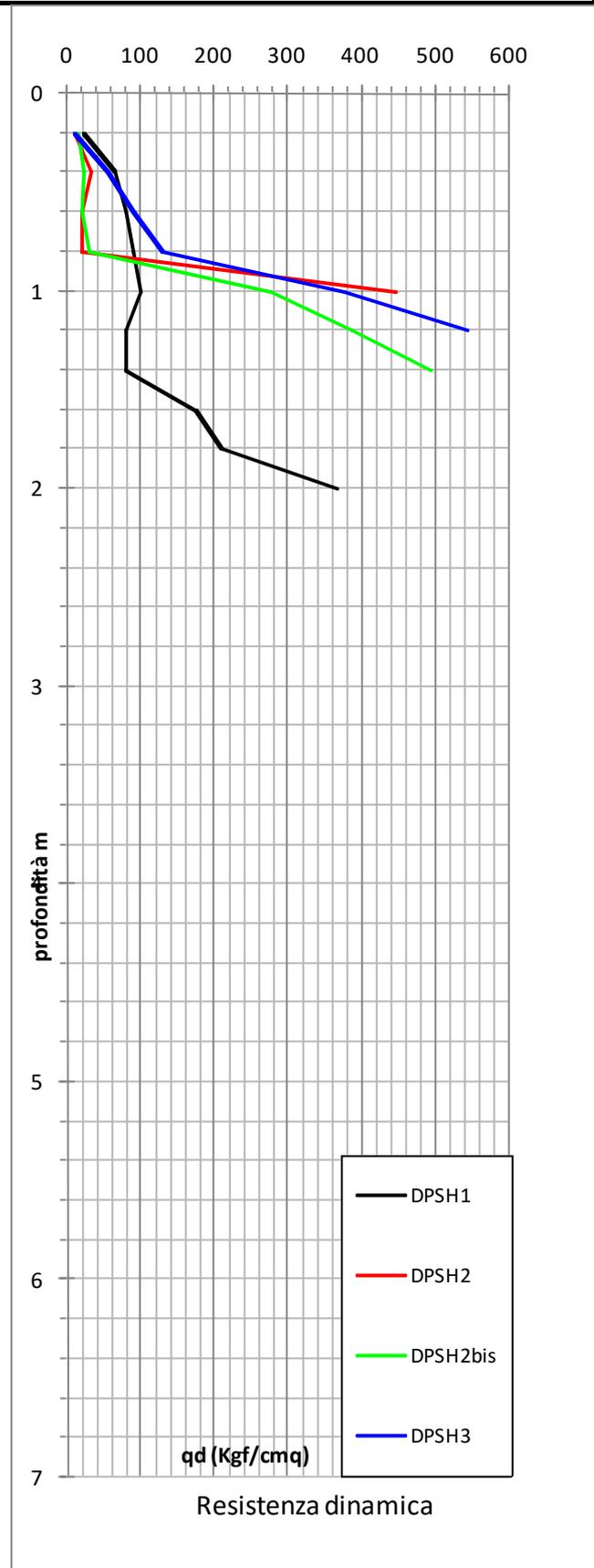
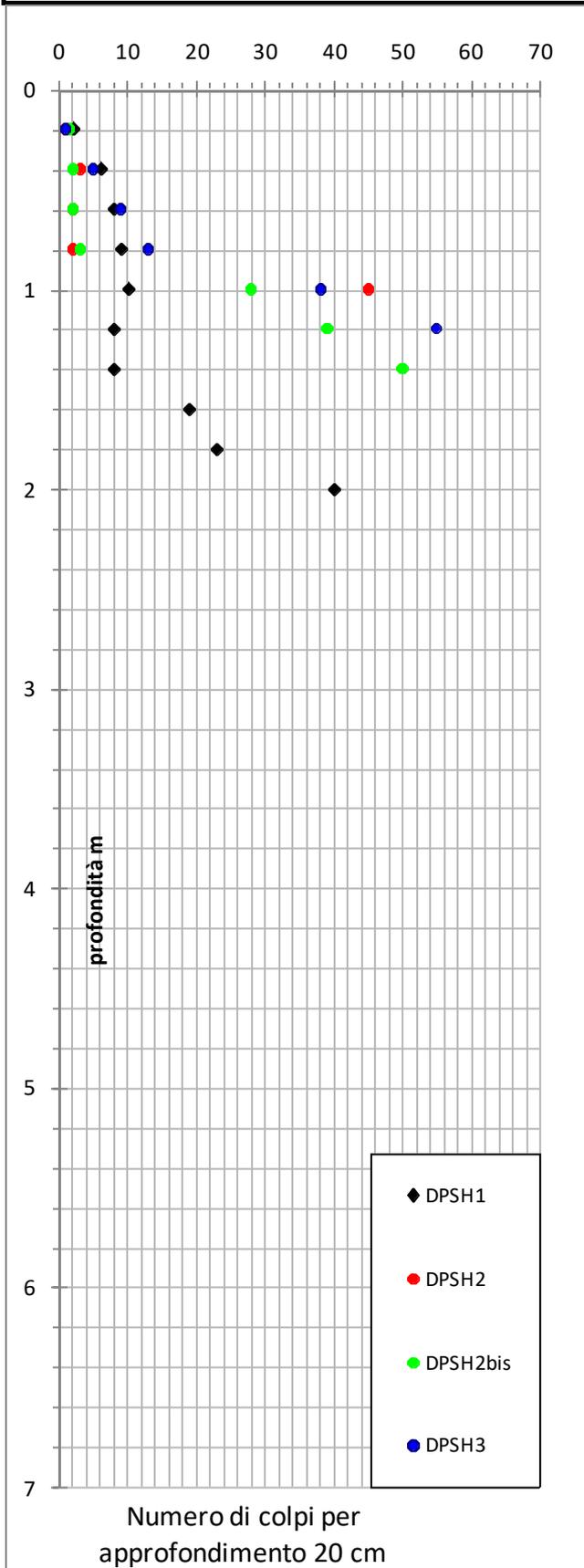
OPERATORE: Dott. P. Beretti

Quota: p.c.

Profondità falda: Foro Vuoto

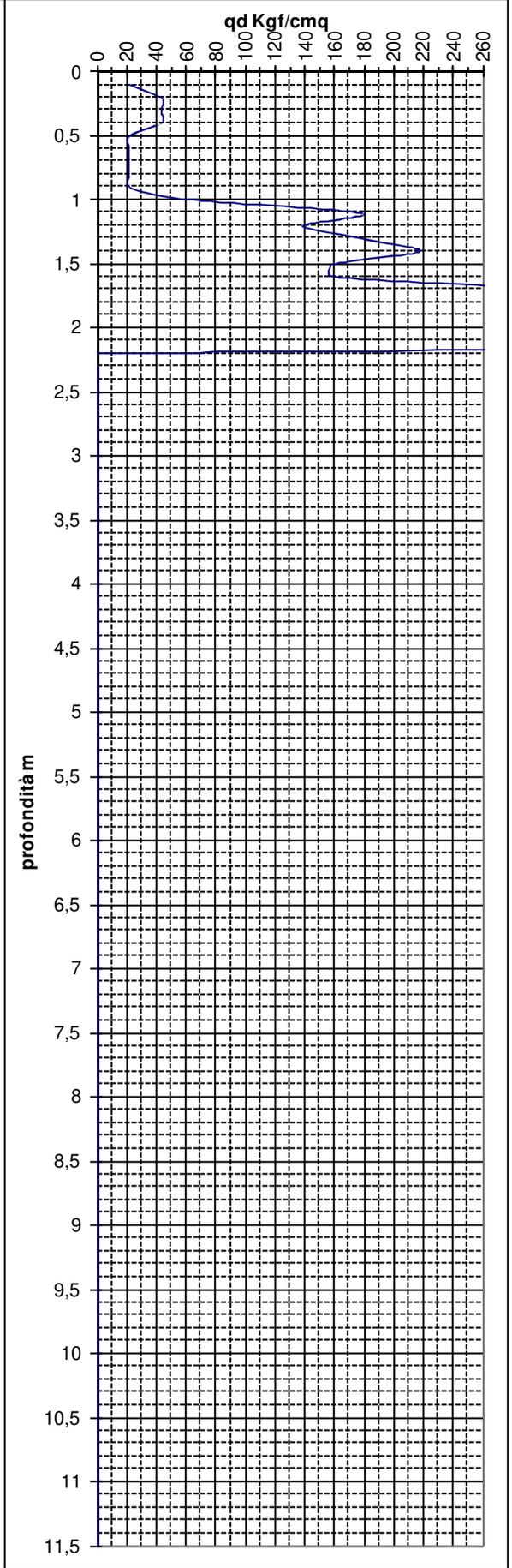
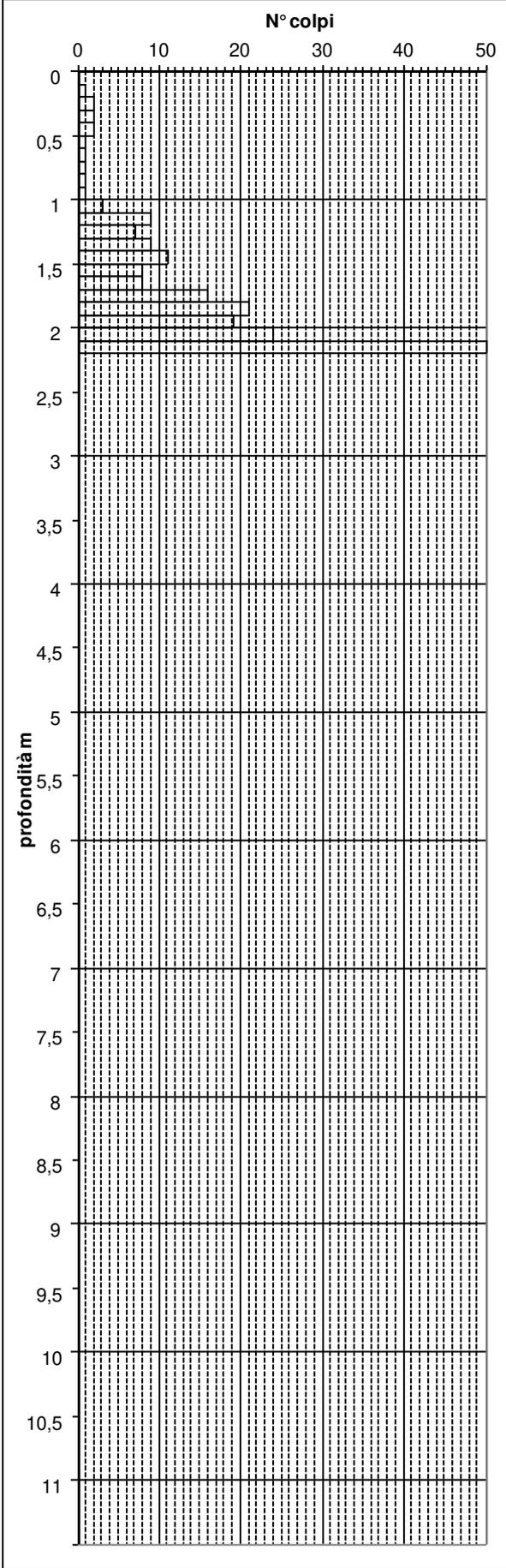


Analisi statistica dati penetrometrici - Dinamiche super pesanti DPSH

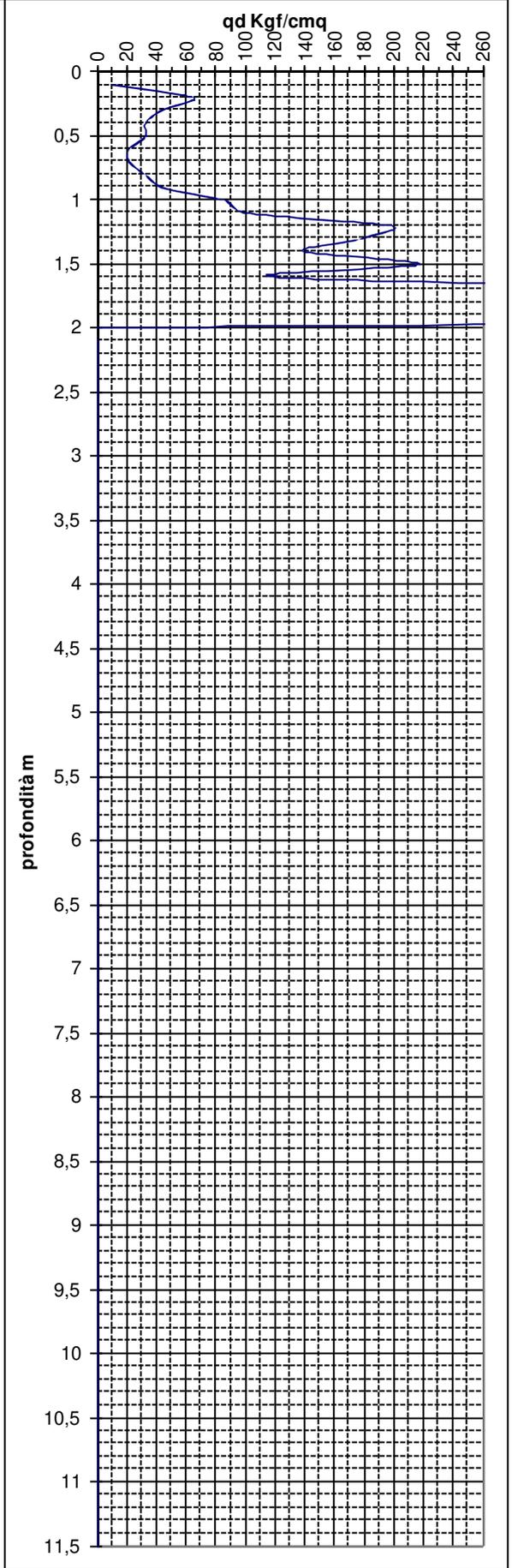
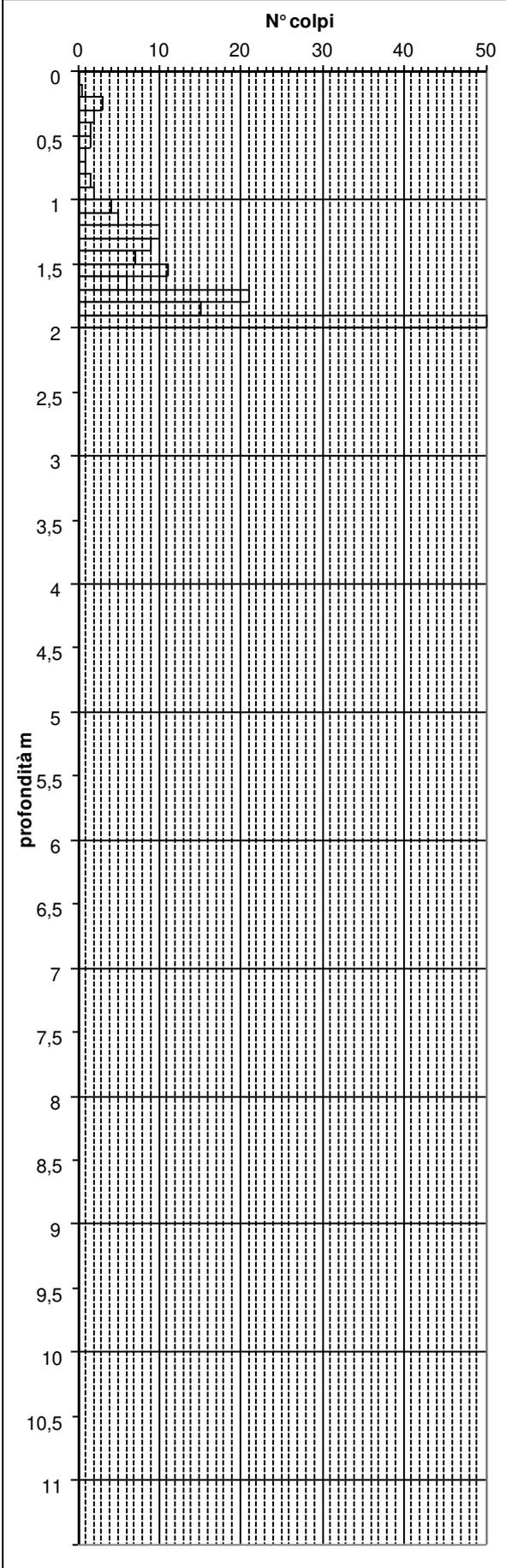


		N20 (kgf/cmq)				
	UGT1	UGT2				
campioni	18	10				
Minimo	1,00	13,00				
Massimo	10,00	55,00				
Media	4,58	35,00				
Moda	2,00	#N/D				
Mediana	3,00	38,50				
Dev. Stand.	3,15	13,07				
Media tronc.	4,47	35,25				
t student	1,74	1,83				
N20k	3,25	27,01				

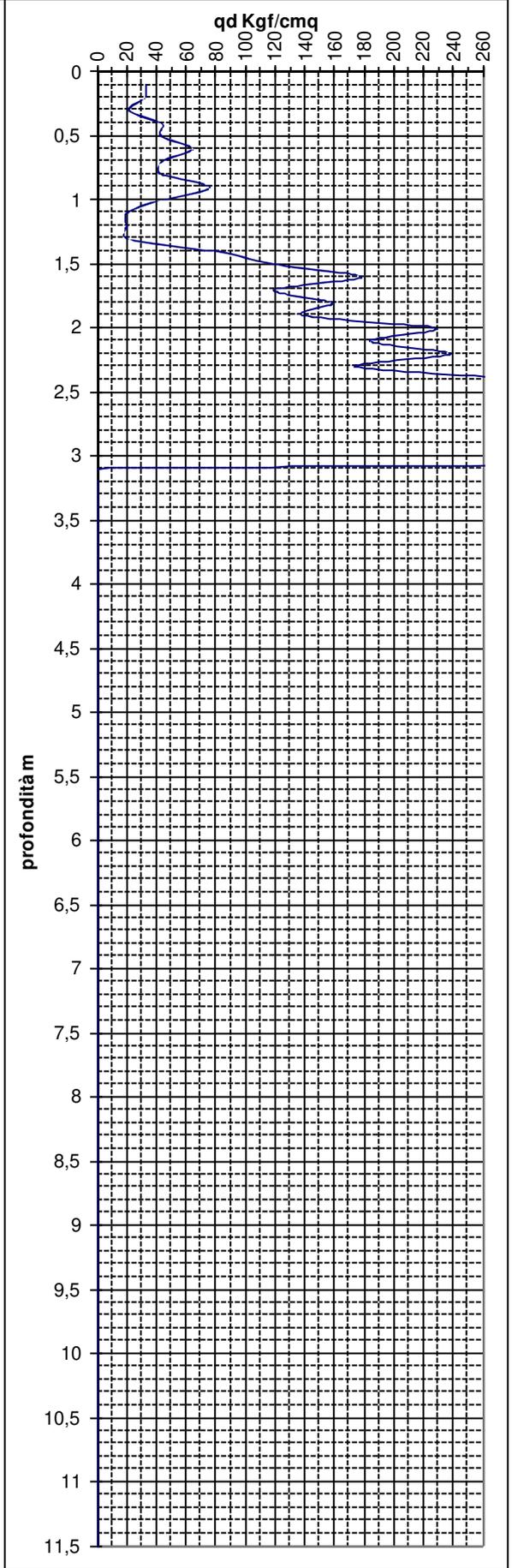
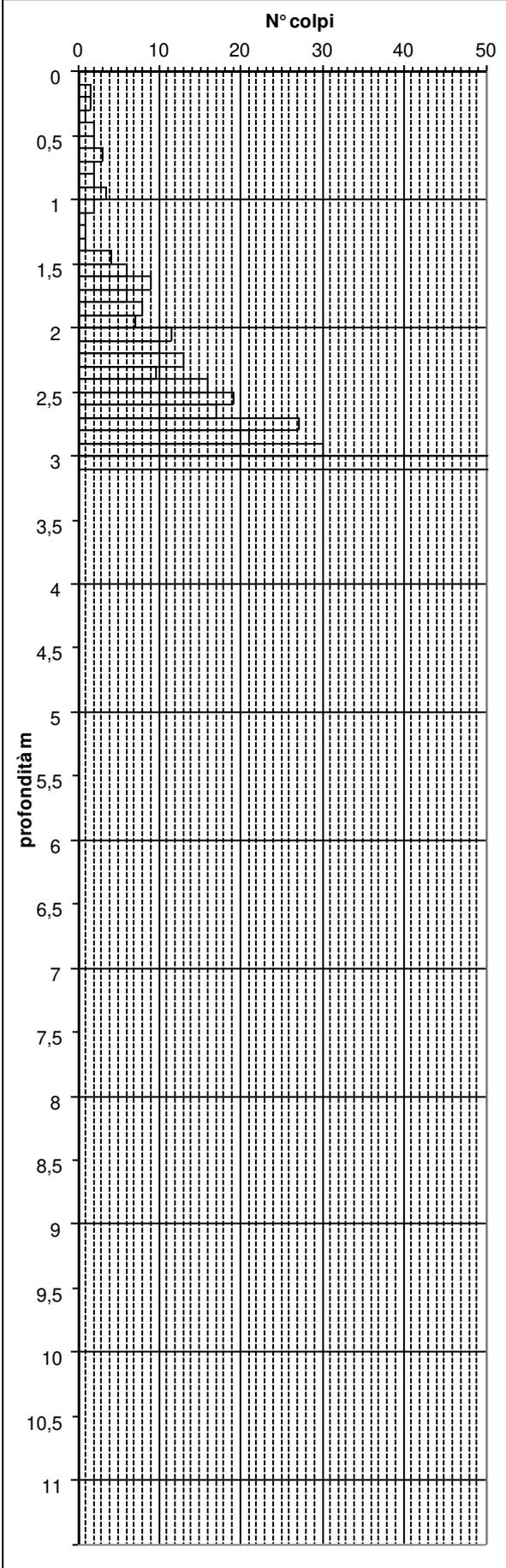
Studio GeologicoCentrogeo Piazza San Quirino 6, Correggio Tel 0522 641001 Fax 0522 632162		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H N° 1		COMMITTENTE: Amm.Com. Vezzano	
OPERATORE: Dr.Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagan		CANTIERE: Polo Scolastico	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: Foro Vuoto		DATA: 10/06/2008	



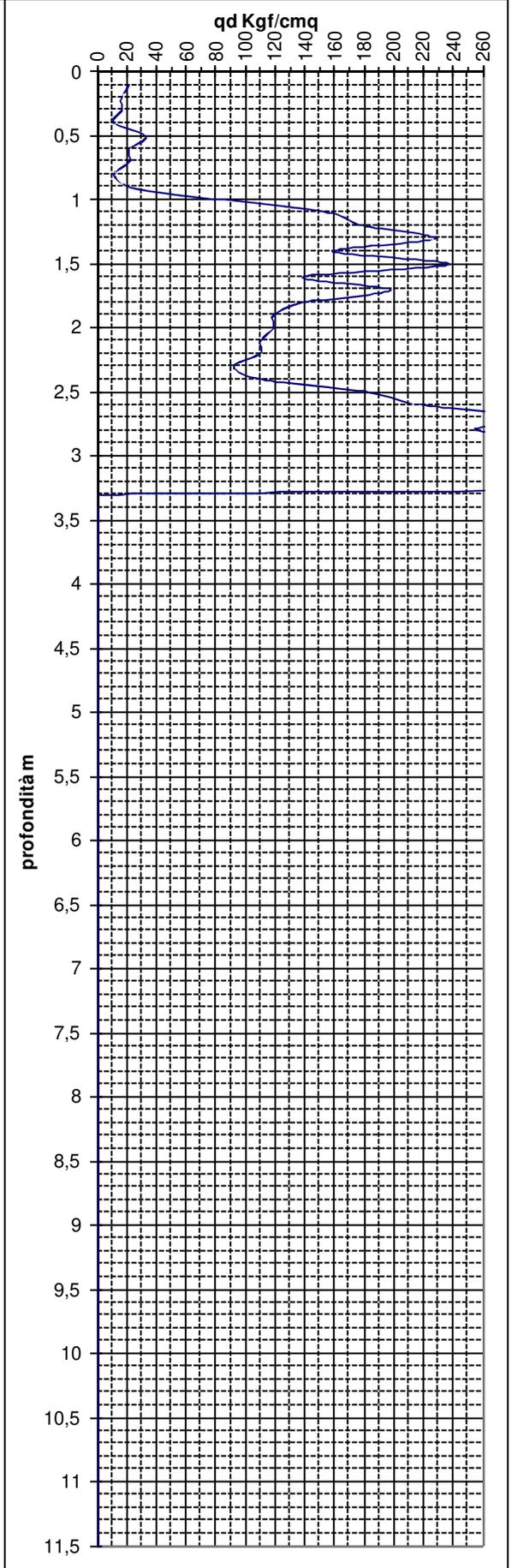
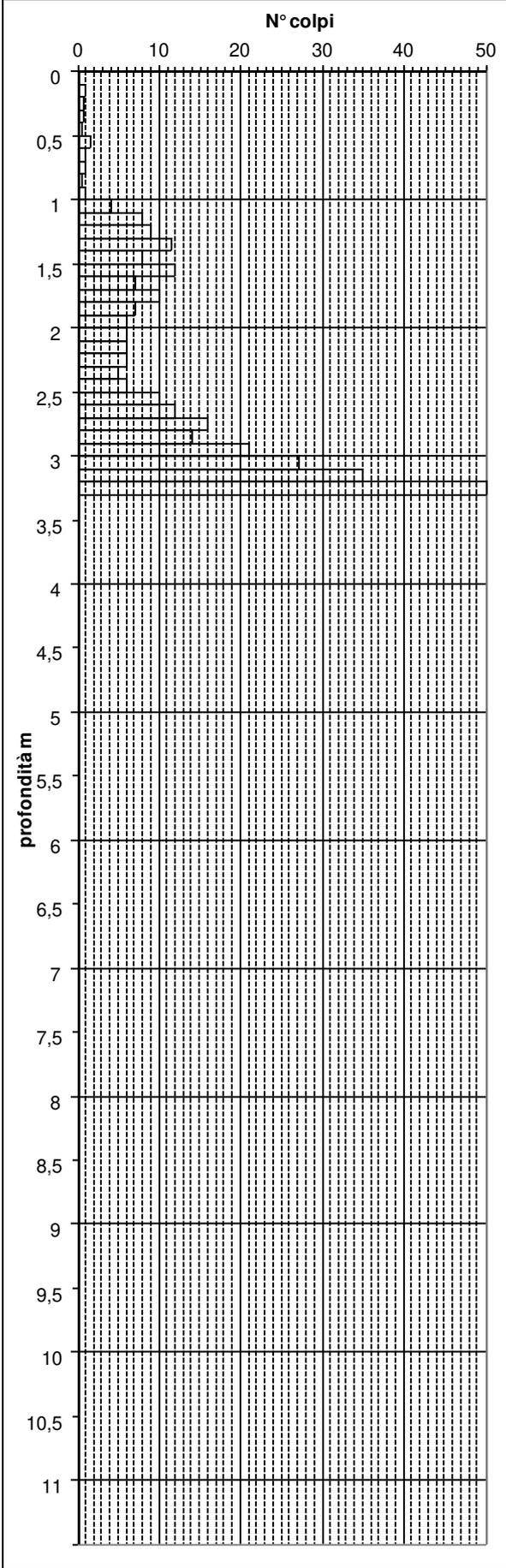
Studio GeologicoCentrogeo Piazza San Quirino 6, Correggio Tel 0522 641001 Fax 0522 632162		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H N° 1bis		COMMITTENTE: Amm.Com. Vezzano	
OPERATORE: Dr.Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagan		CANTIERE: Polo Scolastico	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: Foro Vuoto		DATA: 10/06/2008	



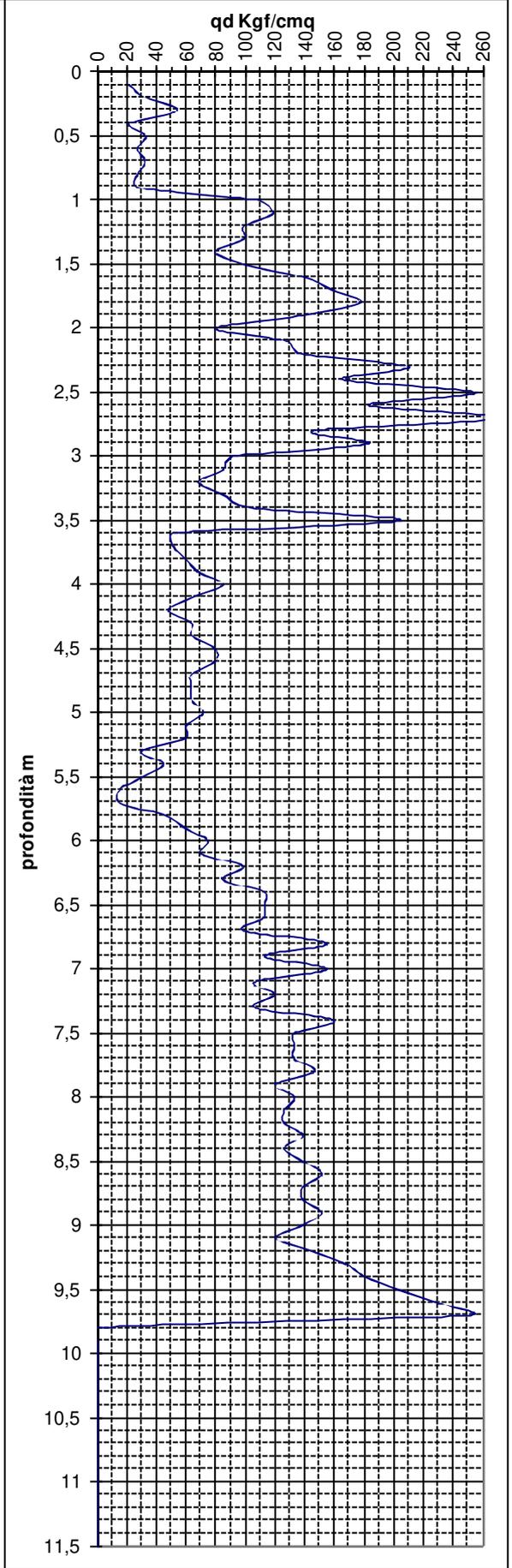
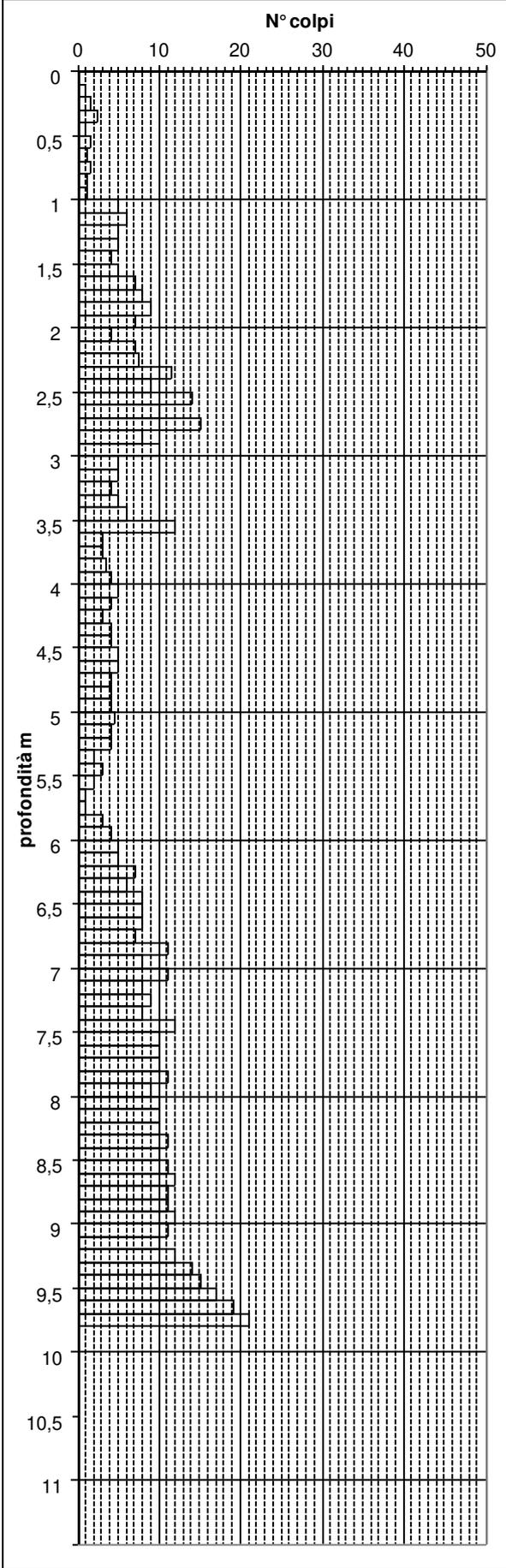
Studio GeologicoCentrogeo Piazza San Quirino 6, Correggio Tel 0522 641001 Fax 0522 632162		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H N° 2		COMMITTENTE: Amm.Com. Vezzano	
OPERATORE: Dr.Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagan		CANTIERE: Polo Scolastico	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: Foro Vuoto		DATA: 10/06/2008	



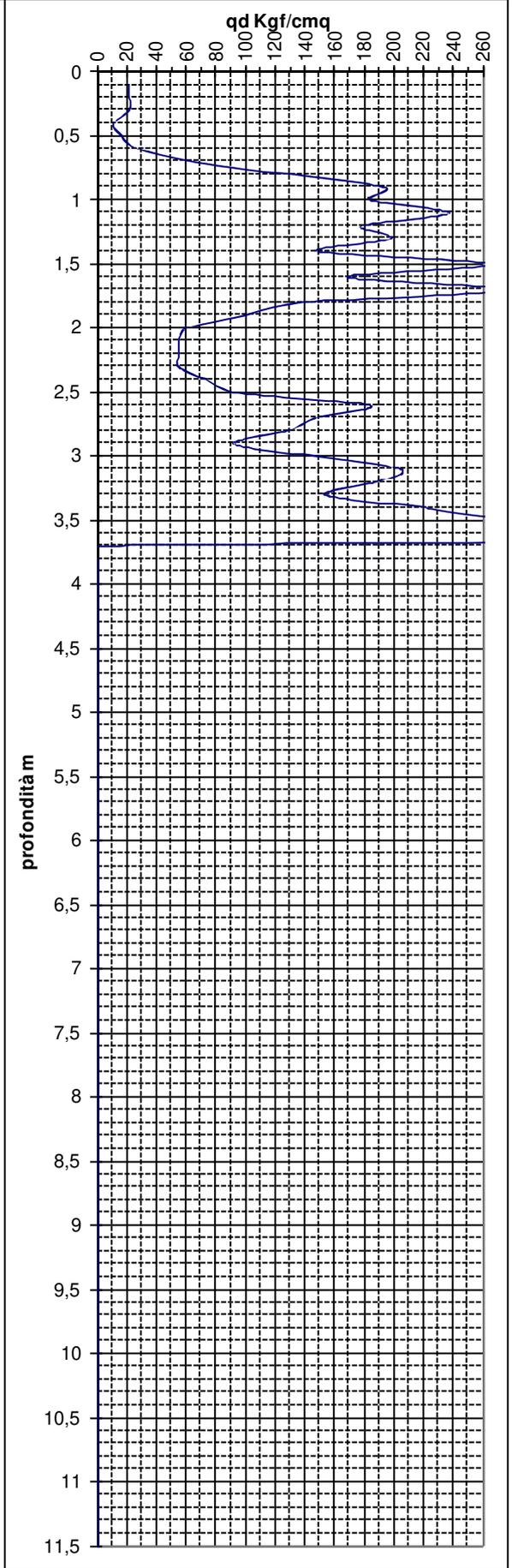
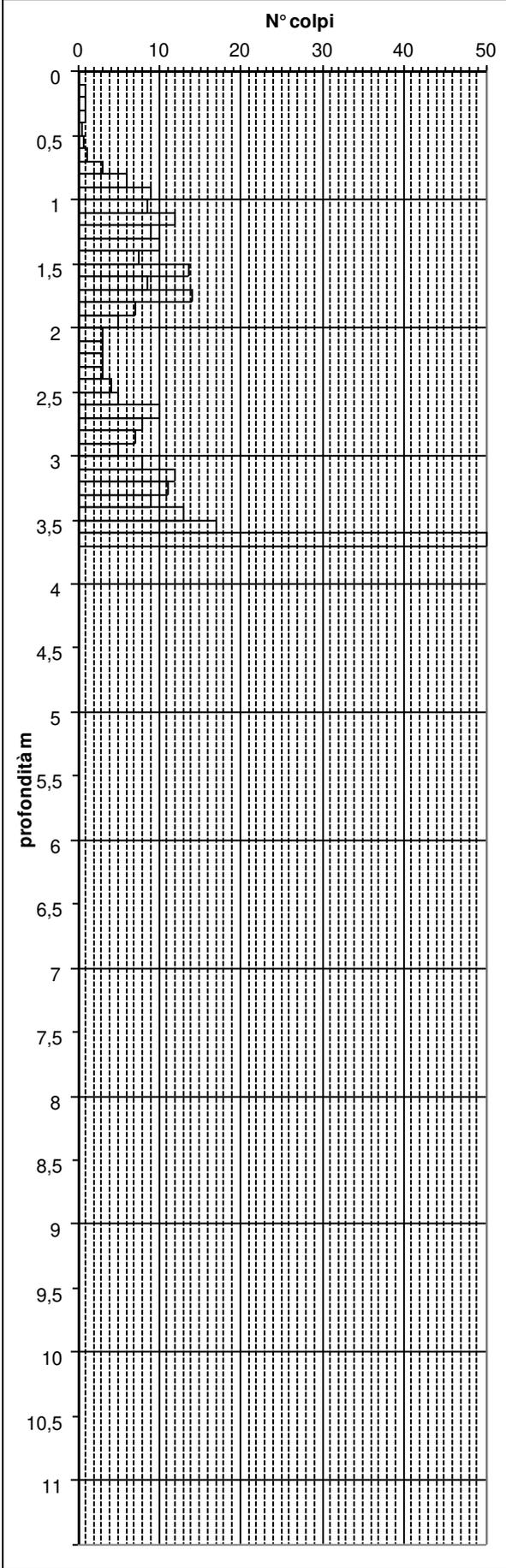
Studio GeologicoCentrogeo Piazza San Quirino 6, Correggio Tel 0522 641001 Fax 0522 632162		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H N° 3		COMMITTENTE: Amm.Com. Vezzano	
OPERATORE: Dr.Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagan		CANTIERE: Polo Scolastico	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: Foro Vuoto		DATA: 10/06/2008	



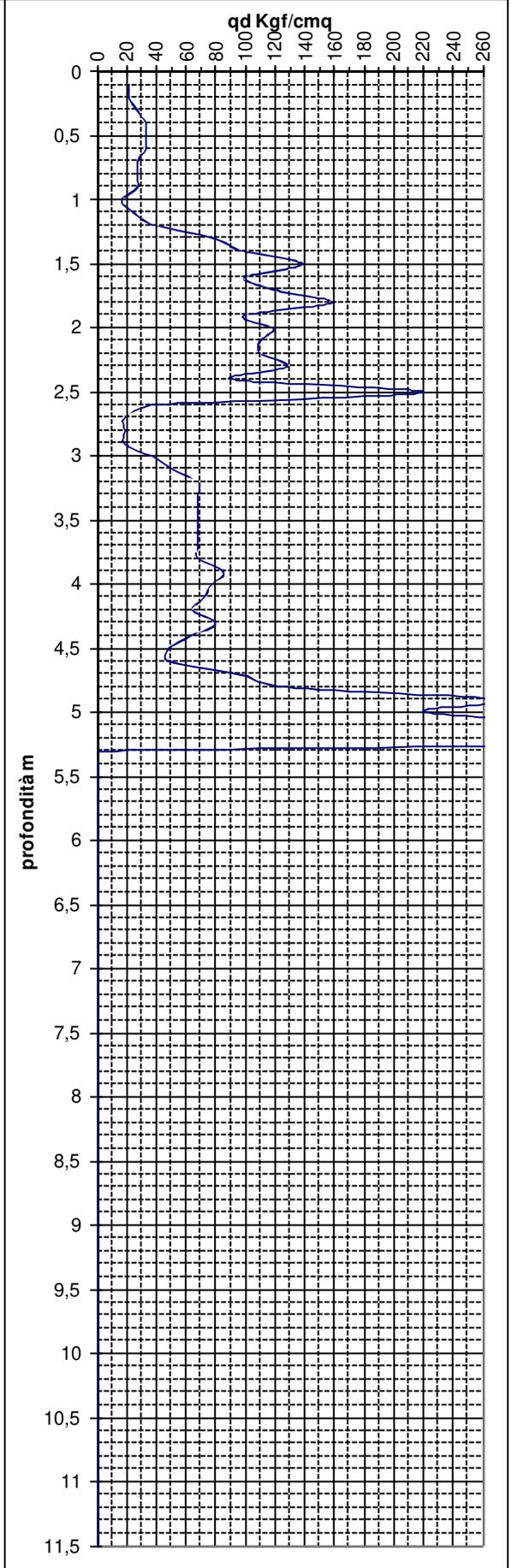
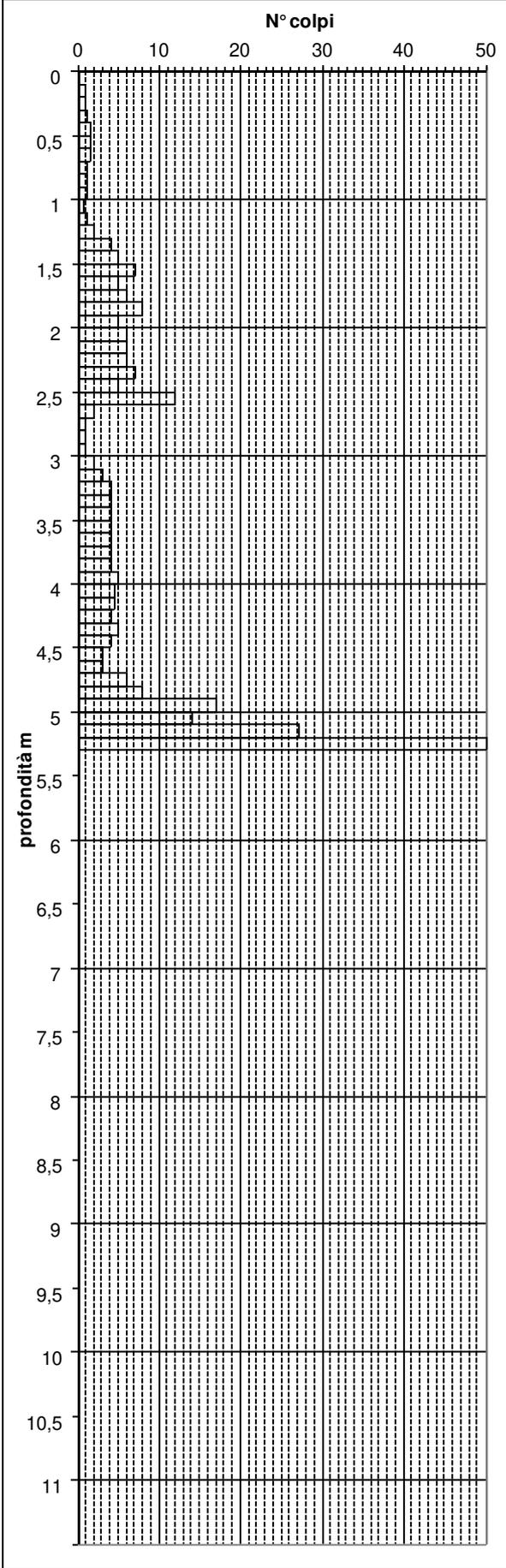
Studio GeologicoCentrogeo Piazza San Quirino 6, Correggio Tel 0522 641001 Fax 0522 632162		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H N° 4		COMMITTENTE: Amm.Com. Vezzano	
OPERATORE: Dr.Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagan		CANTIERE: Polo Scolastico	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: -3,0 m p.c.		DATA: 10/06/2008	



Studio GeologicoCentrogeo Piazza San Quirino 6, Correggio Tel 0522 641001 Fax 0522 632162		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H N° 5		COMMITTENTE: Amm.Com. Vezzano	
OPERATORE: Dr.Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagan		CANTIERE: Polo Scolastico	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: Foro Vuoto		DATA: 10/06/2008	



Studio GeologicoCentrogeo Piazza San Quirino 6, Correggio Tel 0522 641001 Fax 0522 632162		PROVA PENETROMETRICA D.P.S.H N° 6		COMMITTENTE: Amm.Com. Vezzano	
OPERATORE: Dr.Beretti		ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagan		CANTIERE: Polo Scolastico	
QUOTA: p.c.		Profondità falda: -2,8 m p.c.		DATA: 10/06/2008	



STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO
P.zza S.Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

INDAGINE HVSR H38

LOCALITA': Vezzano sul Crostolo

COMMITTENTE: Amm. Comunale

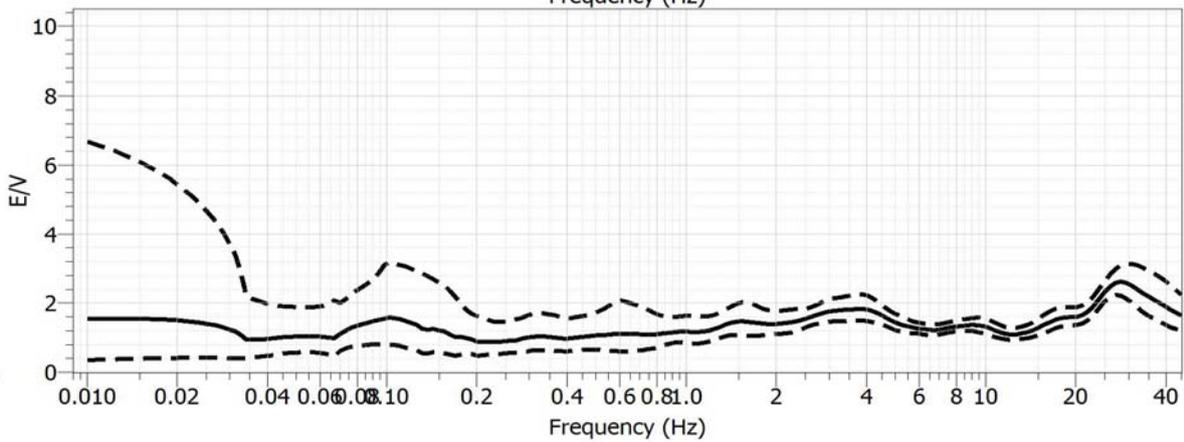
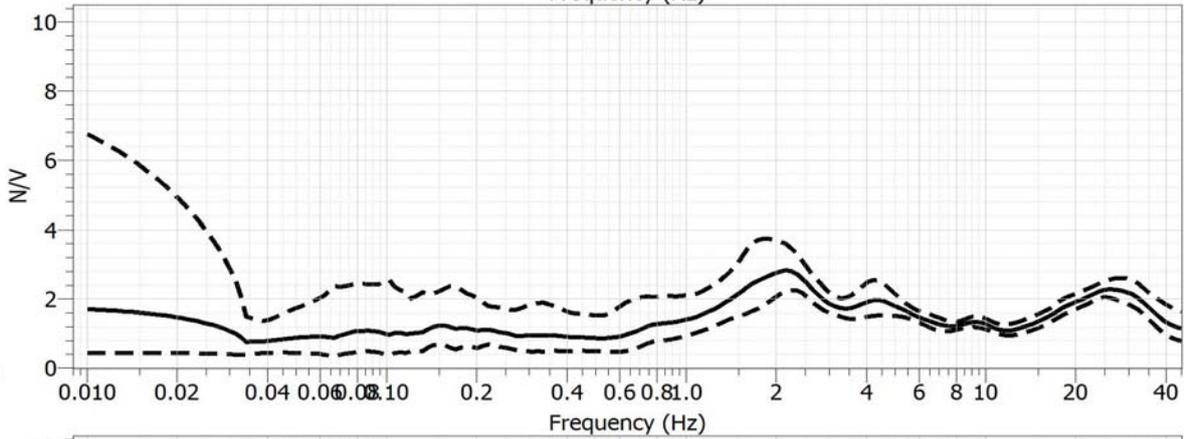
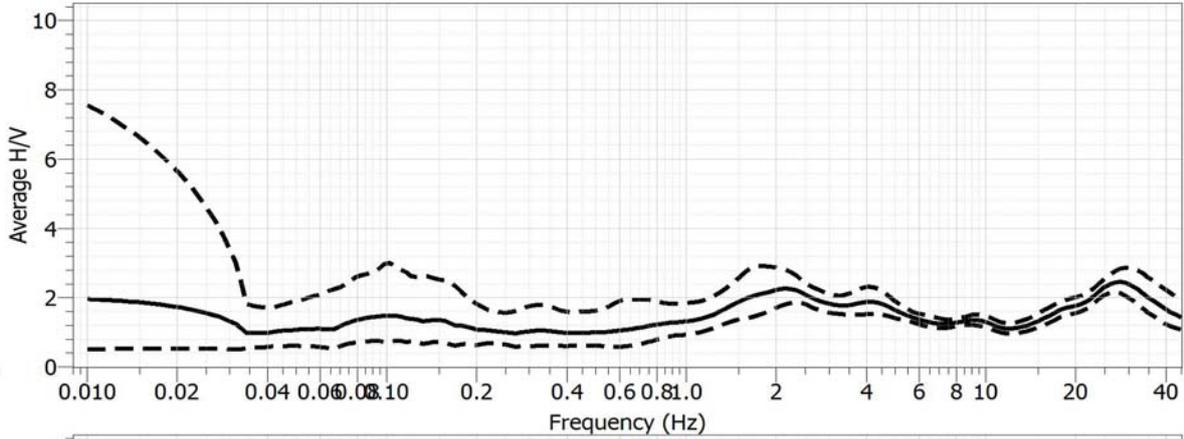
DATA: 10-06-2008

CANTIERE: Nuovo Polo Scolastico

QUOTA: 162 m s.l.m.

OPERATORI: Dr. Arbizzi - Mazzetti M.

Rapporti spettrali



STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO
P.zza S. Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

INDAGINE Re.Mi. R38

LOCALITA': Vezzano sul Crostolo

COMMITTENTE: Amm. Comunale

DATA: 10-06-2008

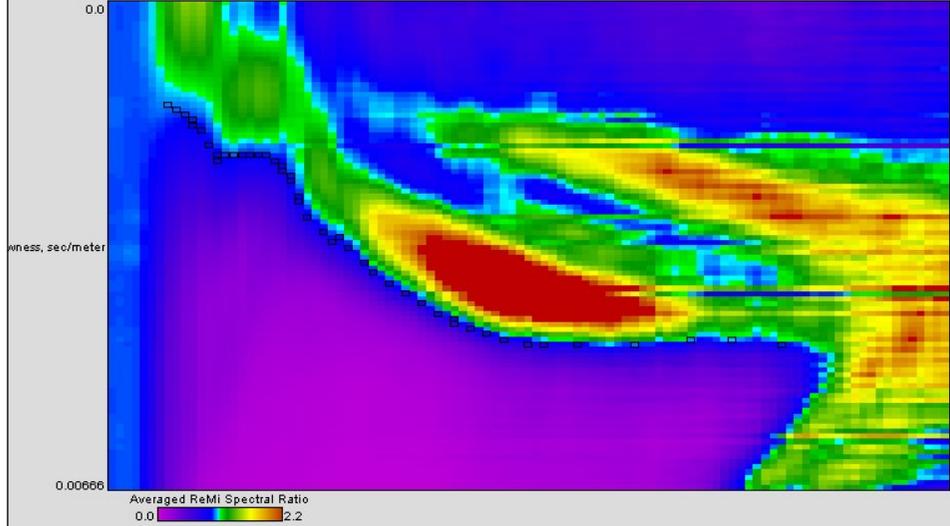
CANTIERE: Nuovo Polo Scolastico

QUOTA: 162 m slm

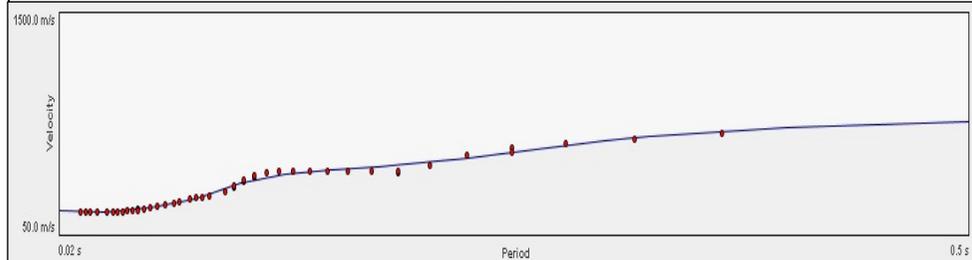
OPERATORI: Dr. Arbizzi - Mazzetti M.

Spettro di potenza

V4.0 Vspect C:\SIS\MI\Avezzanoremi\3101.sgy + Step 2, 3, 4, 5 - Planes: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19
39.815



Curva di dispersione



Note:
Coordinate UTM RER del centro dello stendimento:

Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)		Spess. (m)	Vs (m/s)
1	0	0.6	0.6	160
2	0.6	3.8	3.2	280
3	3.8	4.9	1.1	130
4	4.9	8	3.1	515
5	8	9	1	290
6	9	9.7	0.7	350
7	9.7	13.4	3.7	320
8	13.4	33.2	19.8	700
9	33.2	58.1	24.9	540
10	58.1	INF	INF	990

**Modello interpretativo
profilo Vs (m/s)**

