

Amministrazione comunale di Neviano degli Arduini

PROVINCIA, COMUNE:

Regione Emilia Romagna
Provincia di Parma
Comune di Neviano degli Arduini



OGGETTO:

**COSTRUZIONE DI PALESTRA PARALIMPICA IN LOCALITA' BAZZANO PER LA
PROMOZIONE A LIVELLO SOVRACOMUNALE DELLO SPORT ADATTATO**

ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA



REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	DESCRIZIONE
00	Febbraio 2018	Dott. Fabio F. Picinotti	Dott. Fabio F. Picinotti	Emissione

Studio di geologia dott. Fabio Francesco Picinotti

Via Silvio Pellico, 4 - 43125 Parma
Tel. 0521 294238 - Cell. 338 9661851
mail: fabiopicinotti@yahoo.it



INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	ANALISI TERRITORIALI.....	2
2.1.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
2.2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO	3
2.3.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	4
2.4.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	5
3.	INDAGINI GEOGNOSTICHE	6
3.1	PROGETTO DELLE INDAGINI.....	6
3.2	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI	7
3.2.1	Risultati dell'indagine stratigrafica	7
3.2.2	Prove penetrometriche.....	9
4.	MODELLO GEOTECNICO.....	10
4.1	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	10
4.2	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	11
4.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	11
4.3.1	Aspetti sismotettonici	11
4.3.2	Sismicità storica.....	13
4.3.3	Classificazione sismica	16
4.3.4	Pericolosità sismica di base secondo D.M. 14 gennaio 2008	17
4.3.5	Risposta sismica locale.....	22
4.3.6	Amplificazione stratigrafica e topografica	24
4.3.7	Occorrenza di fenomeni di liquefazione	26
4.3.8	Fenomeni di cedimento postsismico	26
5.	CONCLUSIONI	27
6.	BIBLIOGRAFIA	29

Allegati

Elaborato cartografico – Sezione lito geo-meccanica interpretativa

Allegato A – Indagini geognostiche 2018

Allegato B – Indagini geognostiche 2009

Allegato C – Documentazione fotografica

1. INTRODUZIONE

La presente relazione, eseguita su incarico dell'Amministrazione comunale di Neviano degli Arduini, è redatta a supporto del progetto di costruzione di una nuova palestra paralimpica per la promozione a livello sovracomunale dello sport adattato da realizzarsi in adiacenza del polo scolastico nel centro dell'abitato di Bazzano nel comune di Neviano degli Arduini (PR).

In particolare lo studio si prefigge l'obiettivo di determinare la litostratigrafia del sottosuolo e di valutare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione. A questo scopo sono state effettuate mirate indagini geognostiche che hanno permesso di integrare i risultati dell'indagine geognostica eseguita dallo scrivente per conto dello stesso committente nel gennaio 2009 a supporto del progetto per la costruzione dell'adiacente scuola nido-materna e primaria. L'indagine geognostica, allora effettuata, è stata costituita da sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche di tipo statico. L'indagine integrativa è stata costituita da prove penetrometriche e da uno stendimento MASW per la definizione della categoria di suolo secondo quanto previsto dal capitolo 3.2.II delle NTC08. L'elaborazione di tutti i risultati ottenuti ha la ricostruzione litostratigrafica e geomeccanica dei terreni interessati dal volume significativo dell'intervento in progetto.

Riguardo ai criteri utilizzati per l'impostazione della relazione, l'esecuzione delle prove geotecniche e la loro interpretazione, è stata considerata la quantità e la qualità dei dati disponibili, il grado di approfondimento richiesto e il contesto progettuale. Si è pertanto in osservanza della normativa geotecnica esistente: successivo aggiornamento D.M. 14 gennaio 2008.

La relazione si compone di una prima parte caratterizzata dall'esposizione delle principali caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche del territorio in esame e di una seconda parte in cui si affrontano più dettagliatamente le caratteristiche meccaniche dei terreni

2. ANALISI TERRITORIALI

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area d'indagine è ubicata nel centro abitato di Bazzano (Figura 1), a quota di circa 478 m s.l.m., sul versante sinistro della valle del Torrente Enza, nella porzione nord-orientale del Comune di Neviano degli Arduini.

Dal punto di vista cartografico l'area è ricompresa nella sezione 218.010 "Ciano d'Enza" alla scala 1:10.00 e rientra nell'elemento n. 218.013 "Bazzano", alla scala 1:5.000 della Carta Tecnica regionale.



Figura 1 - Inquadramento dell'area di interesse

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO

Le informazioni di carattere geologico derivano da rilievi diretti e dalle indicazioni delle carte tematiche disponibili (Carta Geologica 1:100.000 della Provincia di Parma e zone limitrofe" e "Carta Geologica" alla scala 1:10.000 del Servizio Geologico Sismico e del Suoli, consultabile sul sito della Regione Emilia Romagna (cartografia geologica on line).

L'area d'intervento fa parte del fianco sinistro della valle del Torrente Enza, caratterizzato dalla presenza di unità liguri, localmente ricoperte da depositi quaternari di origine continentale (Figura 2).

L'area si colloca tra i depositi quaternari continentali rappresentati da un deposito di versante che ricopre l'unità pre-quaternaria del Flysch di Monte Caio (*Campaniano sup. – Maastrichtiano*), costituito da torbiditi calcareo-marnose, grigio-scuri, in strati da medi a molto spessi con base arenitica media o fine passante a marna.

Il deposito di versante si presenta generalmente costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. L'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una abbondante e prevalente matrice pelitica e/o sabbiosa (alterata per ossidazione e pedogenesi), talvolta a stratificata e/o cementata. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

Il Flysch di Monte Caio si colloca sopra, sia stratigraficamente che morfologicamente alle Argille Varicolori della Val Samoggia (*Hauteriviano sup. – Cenomaniano*), localmente distinguibile in una litofacies più calcarea. Si tratta di torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree, marne e calcari marnosi grigio-biancastri in strati da spessi a molto spessi, alternate a pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigioverdastri e neri. Il contatto inferiore non affiorante o tettonizzato, è sulle Argille Varicolori.

Nell'area di studio le Argille dalla Val Samoggia caratterizzano la porzione di territorio posto a nord-est e sud-ovest. Esse sono costituite da argille nerastre, localmente rosse e verdastre, intercalate a sottili livelli di arenarie fini e medie grigio scure e violacee ed a calcari micritici silicizzati grigio-verdastri a patine mangesifere. Alla base della formazione si individua una litofacies pelitico-calcarea e localmente si distingue anche una litofacies calcarea. In considerazione della natura litologica di questa formazione numerose sono le frane che la caratterizzano, sia attive che quiescenti.

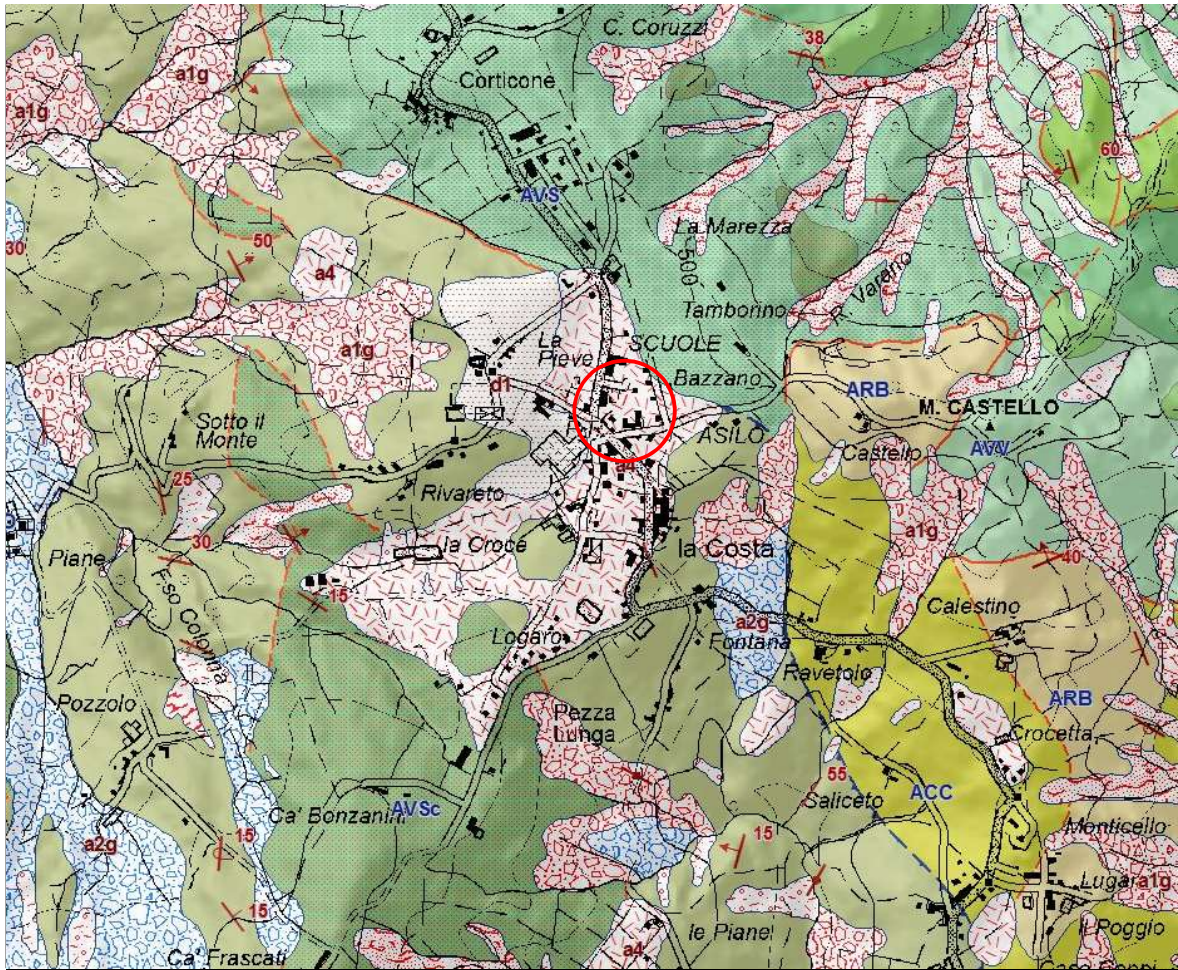


Figura 2 – Inquadramento geologico

2.3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il versante che comprende l'area d'indagine presenta un'acclività moderata crescente verso la località Castello da cui il versante scende verso il fondovalle del torrente Enza. L'area d'indagine si inserisce quasi alla sommità del versante, in una zona caratterizzata da una pendenza moderata (8 % circa).

Nell'area in esame non sono segnalati movimenti gravitativi in atto o quiescenti che coinvolgono direttamente o indirettamente il versante e l'area d'indagine.

Infatti, i lineamenti morfologici attuali dalla sommità alla base della pendice, testimoniano un processo evolutivo avanzato e sostanzialmente stabilizzato sul profilo di equilibrio attuale. Considerando le condizioni geologiche e geomorfologiche attuali e la loro tendenza evolutiva, l'area si presenta stabile e non è interessata dall'azione di agenti che ne possano pregiudicare l'equilibrio a breve-medio termine. I lineamenti morfologici del pendio appaiono dolci e regolari e denotano un processo evolutivo avanzato prossimo al profilo d'equilibrio naturale. Modeste deformazioni plastiche corticali a spese della coltre detritica in concomitanza con episodi di saturazione idrica nei settori più acclivi, rappresentano le manifestazioni residue di un processo evolutivo in via d'esaurimento e non costituiscono i precursori di processi di dissesto generalizzato. Lungo il pendio e al piede di esso non è riscontrabile l'attività di processi morfodinamici rilevanti ai fini della stabilità.

2.4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda l'idrogeologia dei luoghi al contorno dell'area in esame, l'assetto litogeomorfologico degli stessi induce ad ipotizzare la sussistenza di un moto di filtrazione sub-parallelo al versante, alimentato da infiltrazione di sub-superficie, a carattere estremamente discontinuo, attestato nelle zone a permeabilità relativa localmente più elevata in relazione alle percentuali di inclusi lapidei e frazioni limo-sabbiose più abbondanti dislocati nella coltre detritica superficiale; è verosimile ipotizzare che tale circolazione idrica, soggetta a sensibili oscillazioni stagionali in fase con il quantitativo idrico derivante dall'infiltrazione efficace delle acque meteoriche, possa saturare la coltre detritica, unitamente all'infiltrazione efficace, occasionalmente anche sino al piano prossimo il piano campagna.

Anche durante le verifiche geognostiche, si sono misurati livelli nei fori delle indagini, variabili da 4.0 a 9,2 m in funzione sia del diverso periodo (il sondaggio è stato effettuato il 16/12/2008, mentre le prove penetrometriche il 12/01/2009) sia delle locali caratteristiche litologiche, di infiltrazione, di fratturazione ecc.

Durante le indagini della campagna 2018 la presenza di acqua nei fori delle prove penetrometriche è stata appurata ad una profondità di circa 9.5 m da p.c.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

3.1 PROGETTO DELLE INDAGINI

L'indagine geognostica eseguita a supporto del progetto per la nuova costruzione di palestra paralimpica ha rappresentato integrazione all'indagine geognostica eseguita nel 2009 a sostegno della costruzione dell'adiacente scuola nido-materna e primaria. L'insieme dei risultati ottenuti ha fornito i dati e le informazioni necessarie a verificare e definire l'assetto stratigrafico e la caratterizzazione geotecnica dei terreni che saranno interessati dalle fondazioni della nuova struttura prevista e dalle tensioni da essa trasmesse, ad un livello di approfondimento adeguato alla necessità del progetto e alla fase di realizzazione.

La scelta tipologica delle indagini geognostiche e la densità delle prove eseguite sono state effettuate in funzione dell'accessibilità dell'area, delle caratteristiche stratigrafiche definite in linea generale nel capitolo § 2.2, delle finalità preposte, dalla litologia attesa e del volume di terreno significativo, cioè del volume di terreno influenzato dalla costruzione dell'opera.

In relazione alla litologia attesa è stata eseguita un'indagine geognostica costituita dalle seguenti prove:

- intervento scuola - campagna indagini 2009
 - n. 1 sondaggio a carotaggio continuo;
 - n. 5 prove penetrometriche statiche CPT,
- intervento palestra paralimpica campagna indagini 2018
 - n. 2 prove penetrometriche statiche;
 - n. 1 stendimento MASW.

Inoltre, nella campagna di indagine 2009, è stata effettuata anche una sezione sismica a rifrazione finalizzato alla miglior verifica dell'andamento stratigrafico del sottosuolo e al contempo alla definizione della Vs30, necessaria all'individuazione della categoria di sottosuolo ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, come previsto dal OPCM 3274/2003. Tale dato, nella campagna indagine 2018, è stato verificato mediante più moderne ed efficienti metodologie di indagine geofisica

L'ubicazione delle indagini è mostrata nella seguente figura (Figura 3).

L'esecuzione delle indagini è stata costantemente controllata verificandone la correttezza e la qualità di esecuzione.

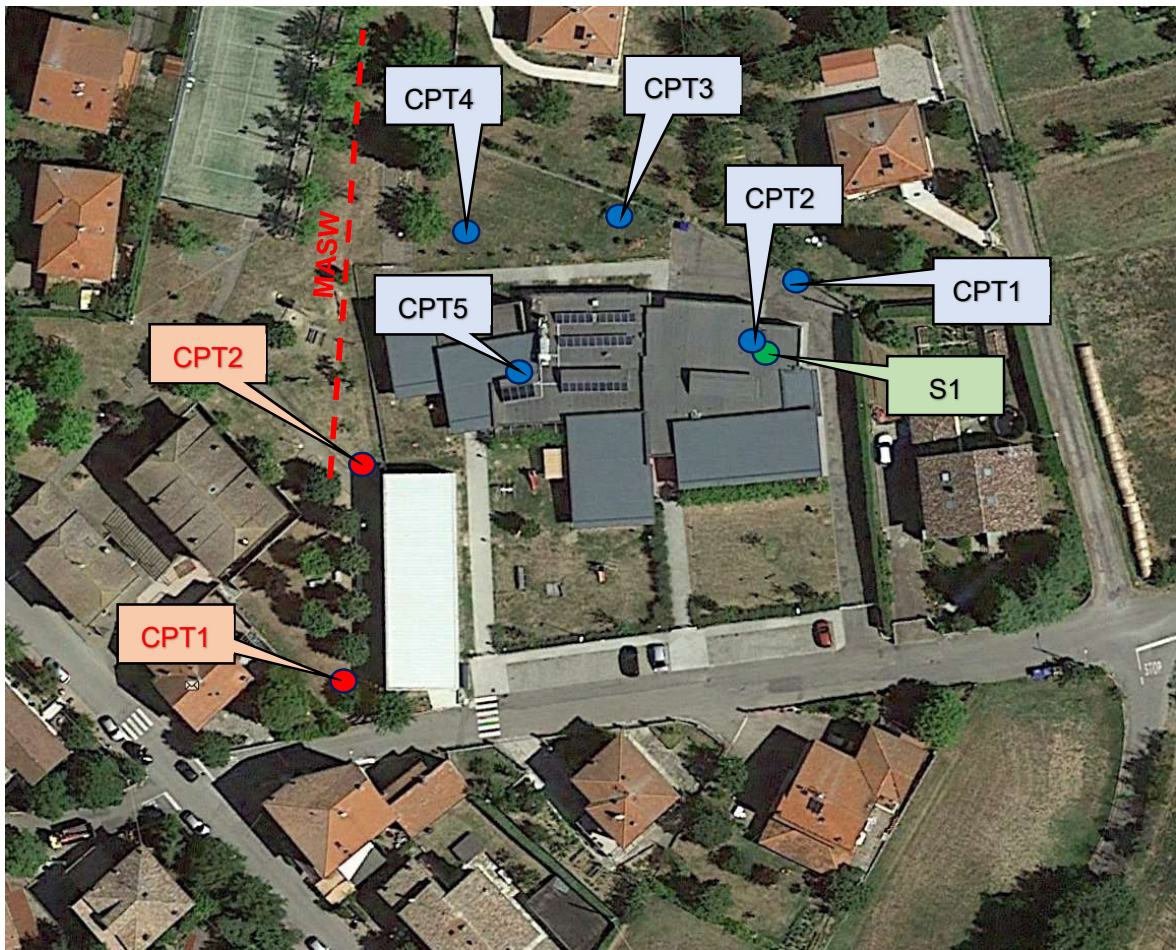


Figura 3 – Ubicazione indagini geognostiche (con pallino di colore blu e verde le indagini 2009 con pallino e linea di colore rosso le indagini 2018)

3.2 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

3.2.1 Risultati dell'indagine stratigrafica

L'interpretazione dei risultati forniti dal sondaggio a carotaggio continuo eseguito ha permesso di determinare le principali caratteristiche stratigrafiche dei depositi presenti nel sottosuolo della zona di indagine e le prove penetrometriche hanno permesso di estendere le conoscenze stratigrafiche definendo al contempo anche le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni investigati.

Il sito di indagine si trova ubicato sui depositi quaternari posti sull'Unità della Successione neogenico-quaternaria del margine appenninico del Flysch di Monte Cassio MCS ad una quota di circa 478 m s.l.m.

Le indagini condotte hanno permesso di verificare la seguente sequenza litostratigrafica, appartenente di fatto a depositi del Flysch di Monte Cassio sottoposti a depositi di versante aventi spessore di qualche metro.

Il sondaggio 2009 ha permesso infatti di ricavare la seguente stratigrafia:

Sondaggio S1

Profondità (m)		Descrizione
da	a	
0,00	0,80	Terreno vegetale costituito da limo argilloso marrone scuro
0,80	4,50	Argilla limosa marrone chiaro a chiazze grigie.
4,50	5,00	Argilla limosa da grigio scura a nera.
5,00	5,50	Argilla limosa grigia con variegature e striature rossastre
5,50	9,00	Alternanze di marna argillosa grigia e calcare fine grigio, talvolta fratturati

Durante il sondaggio sono state effettuate le seguenti prove in sito:

Sondaggio	S1	Profondità	
		da (m)	a (m)
Campioni shelby	1	5,0	5,30
SPT	1	3,00	3,45
	2	6,0	6,45

Purtroppo sul campione indisturbato non è stato possibile compiere nessuna prova di laboratorio in quanto il campione è stato eseguito tra due livelli litologici differenti, rendendo impossibile il campionamento di una porzione sufficiente e uniforme di terreno rappresentativo.

3.2.2 Prove penetrometriche

Sono state realizzate n. 2 prove penetrometriche statiche di tipo meccanico che hanno integrato le 5 prove penetrometriche eseguite nel 2009 a supporto della progettazione della scuola.

Le due prove penetrometriche 2018 denominate CPT 1 e CPT2 hanno raggiunto rispettivamente la profondità dal p.c. di 10.0 e 6.0 m da p.c. attuale, quest'ultima raggiunta per rifiuto strumentale.

Le prove sono state condotte da tecnico esperto e con attrezzatura perfettamente funzionante secondo le specifiche ASTM (D3441-86), le raccomandazioni AGI (1977) e le raccomandazioni internazionali ISSMFEE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa. Esse pertanto sono ritenute accurate ed affidabili.

4. MODELLO GEOTECNICO

4.1 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE

L'elaborazione delle indagini geognostiche eseguite hanno permesso di individuare, a partire dalla quota di riferimento del ciglio della scarpata posta a tergo dell'area, la seguente stratigrafia dei depositi presenti:

- **Livello O:** corrispondente ad un livello limo argilloso di terreno vegetale avente uno spessore di circa 1.0 m da p.c.
- **Livello A:** corrisponde ad un livello di argilla limosa con livelletti marnosi, presente su tutta l'area, a cui può essere associato un valore medio di resistenza di punta delle prove penetrometriche statiche R_p di 30 kg/cm² e deviazione standard di 10,29 kg/cm². A tale livello, avente uno spessore di circa 5,0 – 5,5 m, può essere assegnato un valore di resistenza non drenata C_u variabile da 80 a 90 KPa e del modulo di deformazione M compreso tra 5 e 6 MPa.
- **Livello B:** corrisponde ad un livello marnoso uniformemente distribuito su tutta l'area indagata, caratterizzato da un valore medio di resistenza di punta R_p pari a 52.7 kg/cm², con deviazione standard di 23.3 a cui può essere assegnato un valore di resistenza non drenata C_u variabile da 150 a 200 KPa e di M compresi tra 8 e 10 MPa.

Durante il sondaggio eseguito in data 16/12/2008, in un periodo particolarmente umido, il livello statico al termine della terebrazione ha raggiunto la profondità di -3,0 m da piano campagna, mentre in occasione delle prove penetrometriche, eseguite il 12/01/2009 dopo intense piogge e precipitazioni nevose, il livello si è attestato a circa 4,3 e 6,0 m da p.c., mentre in occasione dell'ultima campagna di indagine del Febbraio 2018 la presenza di acqua è stata riscontrata a circa 9.50 m in corrispondenza della prova CPT1. Si può quindi ragionevolmente ritenere che il livello statico, in funzione della permeabilità secondaria per fessurazione e per contatto, possa raggiungere, nei periodi umidi e di intense e prolungate precipitazioni, quote sub-superficiali con soggiacenza pari a 1-1,5 m da p.c.

4.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base dei risultati delle indagini e delle prove in sito svolte, è possibile individuare i parametri rappresentativi del comportamento geotecnico dei terreni riassunti nelle due seguenti tabelle distinte tra scarpata e piazzale:

Livello	Prof. da (m)	Prof. a (m)	γ' (kN/m ³)	C_u (Kpa)	ϕ_u (°)	M (Mpa)	c' (Kpa)	ϕ' (°)	E (Mpa)
O	0.0	1.0-1.2	-	-	-	-	-	-	-
A	1.0-1.2	5,0-5,5	18,3 – 18,5	80-90	0.0	5.0 – 6.0	-	-	-
B	5,0-5,5	9,0	19,0 – 19,5	150-200	0,0	8,0 -10,0	-	-	-

dove:

γ	=	peso di volume;
C_u	=	coesione in termini di sforzi totali;
ϕ_u	=	angolo di attrito in termini di sforzi totali;
c'	=	coesione in termini di sforzi efficaci;
ϕ'	=	angolo di attrito in termini di sforzi efficaci;
M	=	modulo edometrico;
E	=	modulo elastico.

4.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

4.3.1 Aspetti sismotettonici

Per la determinazione della pericolosità sismica di un'area è necessario inizialmente indagare sulla presenza di lineamenti tettonici attivi.

Seguendo l'Ordinanza PCM 20/03/03 n. 3274, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha suddiviso il territorio italiano in zone sismogenetiche (Figura 4), sulla base dell'evidenza di fenomeni tettonici in atto e sullo studio dei parametri dei terremoti storici. Le diverse zone sorgente sono identificate da un numero (da 901 a 936) o da una lettera (A,B,C,D,E,F).

I sismi verificatisi in determinate zone sono stati associati a precise strutture sismogenetiche attive. Per ogni zona è stata determinata la profondità media alla quale si sviluppano i terremoti; inoltre per ognuna di esse si ipotizza la massima magnitudo possibile.

Il comune di Neviano degli Arduini, al pari del basso Appennino e della pianura parmense, appartiene alla zona sismogenetica 913 (Figura 4); in questa area, legata al fronte in compressione della catena appenninica settentrionale, si verificano terremoti prevalentemente compressivi; si possono anche avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità delle strutture. Le profondità ipocentrali sono tra le maggiori dell'Appennino Settentrionale e variano tra i 12 e i 20 Km. La massima magnitudo registrata (M_d) è di circa 4,8, mentre la massima attesa (M_w) è di 6,14. Queste magnitudo relativamente basse indicano probabilmente un frequente movimento che ha funzione dissipativa nei confronti delle energie tettoniche che possono svilupparsi nell'area.

Dall'osservazione della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (Figura 5) si nota che nel sottosuolo dell'area di interesse sono presenti alcuni lineamenti tettonici classificati nella Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, come strutture attive e recenti sepolte.

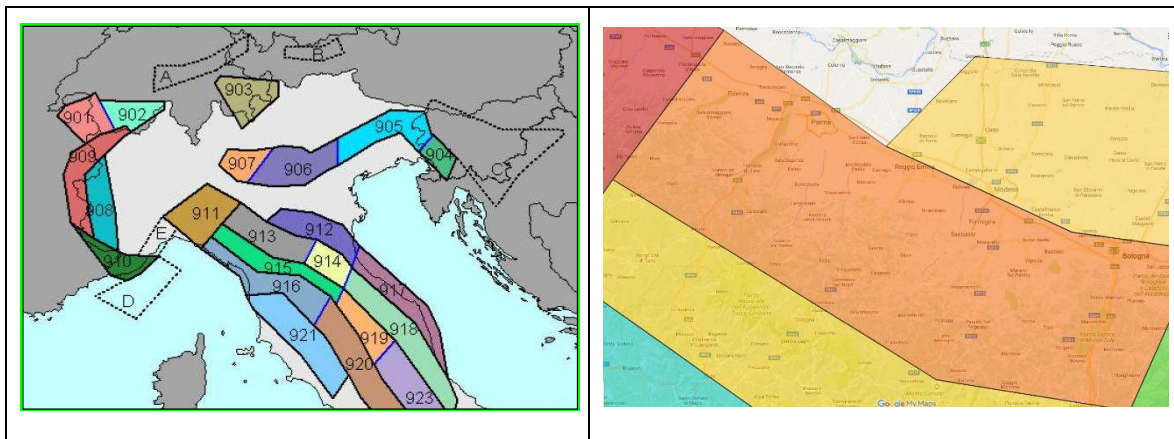


Figura 4 -Zonizzazione sismogenetica (ZS9)

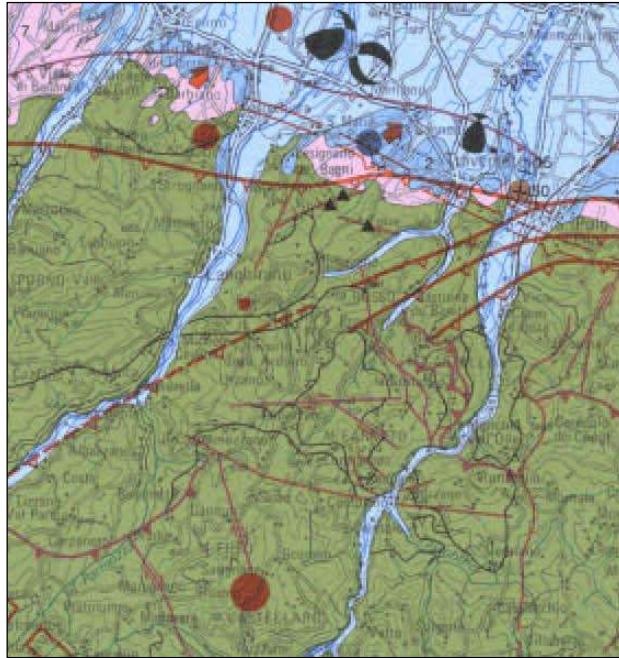


Figura 5 - Estratto della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna per l'area di interesse

4.3.2 Sismicità storica

Da tutti gli eventi con dati di base è possibile selezionare le notizie in modo da definire "storie sismiche" dei singoli siti, identificanti cioè la successione temporale delle intensità risentite (in una definita località) rispetto alle intensità epicentrali dei vari eventi nel corso dei secoli.

Analizzando i dati di sito è necessario comunque tener conto che la ricostruzione dell'impatto d'ogni singolo terremoto dipende sia dal livello d'approfondimento delle ricerche, in relazione al contesto antropico in cui si è verificato un evento (densità e rilevanza degli insediamenti abitati), sia da fattori più propriamente fisici (condizioni di sito da cui dipendono i possibili effetti locali e di sito).

Per il comune di Neviano degli Arduini si è provveduto ad estrarre dal Database Macrosismico dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), (DBMI15), gli eventi sismici che hanno storicamente interessato il comune (dal 1000 ad oggi) e le sue vicinanze; i terremoti che hanno colpito il territorio di studio sono stati 22 e schematicamente i terremoti più significativi sono mostrati nella Figura 6 e nella Tabella 1 sottoriportata.

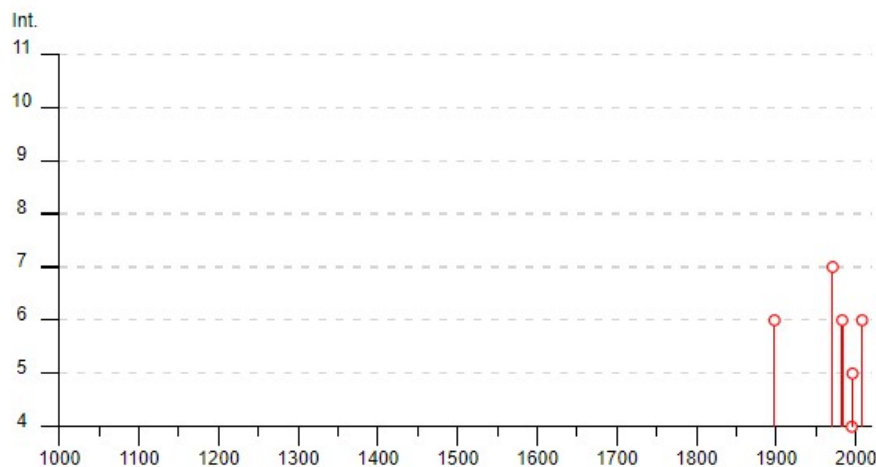


Figura 6 - Storia sismica di Neviano degli Arduini dall'anno 1000. Fonte dati: INGV - Database Macrosismico Italiano 2011 -<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>

Neviano degli Arduini

PlaceID IT_36450
 Coordinate (lat, lon) 44.583, 10.316
 Comune (ISTAT 2015) Neviano degli Arduini
 Provincia Parma
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 22

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1886	10	15	02	20		Collecchio	44	6	4.70
NF	1893	10	20	20	15		Appennino parmense	25	4-5	4.04
6	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
2	1931	06	10	17	02		Modenese	14	4	4.59
NF	1957	10	25	23	02	0	Appennino reggiano	79	5-6	4.27
NF	1969	06	24	13	25	1	Parmense	15	5	4.21
7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
6	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
3	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
2	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21
6	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

Tabella 1 - Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di interesse tra il 1000 e oggi

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Provazzano	1	2
Uzzano	2	2
Mulazzano Monte	1	3
Saliceto	1	4
<u>Monchio</u>	1	4
Badia Cavana	1	4
Castione de' Baratti	1	4
Mozzano	1	4
San Michele Cavana	1	4
Bazzano	1	5
Torre	1	5
Lodrignano	1	5
Antreola	1	5
Langhirano	36	5
Rivalta	2	5
Stadirano	3	6
Cedogno	1	6
Sivizzano	1	6
Mattaleto	3	6
Mediano	1	6
Lesignano de' Bagni	17	7
Orzale	1	7
Quinzano	2	7
Compiano	1	7
Ceretolo	1	7
Canossa (Ciano d'Enza)	18	8
Guardasone	2	8
Costa di Castiglione	1	8
Vidiana	1	8
Campora	1	8
Santa Maria del Piano	2	8
Antesica	2	8
Traversetolo	27	8
Biagnolo	1	8
Torrechiara	7	9
Strognano	2	9
Casatico	2	9
Castello di Torrechiara	1	9
Vezzano	3	9
Vignale	3	9
Cozzano	1	9
Bannone	2	9
Riano	1	9
San Polo d'Enza	29	10
Tiorre	2	10

Tabella 2 – Terremoti avvenuti nelle località vicine entro 10 km

L'osservazione della sismicità storica dai cataloghi sopra riportati denota per il territorio comunale i seguenti aspetti:

- storicamente il territorio comunale è stato interessato da n. 22 eventi sismici con magnitudo M_w max pari a 5.51;
- altri eventi sismici hanno interessato il comune di riflesso dai comuni contermini (Tabella 2).

4.3.3 Classificazione sismica

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il Comune di Neviano degli Arduini è stato classificato in Zona 3. Per i comuni che ricadono in tale classe è stata stimata un'accelerazione sismica orizzontale pari a $a_g/g = 0,05 - 0,015$, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento non maggiore del 5% in 50 anni (a_g/g)
1	0.35	0.49
2	0.25	0.35
3	0.15	0.21
4	0.05	0.07

Tabella 3– Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche

Precedentemente all'emanazione della citata Ordinanza, sotto il profilo della normativa sismica, il Comune di Neviano degli Arduini risultava non classificato. Il D.M. 14 settembre 2005 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*" ha individuato i valori di accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A (a_g) di ciascuna zona in cui è stato suddiviso il territorio italiano, secondo lo schema riportato in Tabella 3:

4.3.4 Pericolosità sismica di base secondo D.M. 14 gennaio 2008

La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, risalente alla fine degli anni '60, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti il moto del terremoto. La pericolosità sismica rappresenta l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Nella seguente figura (Figura 7) si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0.05° relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo); dalla mappa risulta che l'area di studio presenta valori di accelerazione di picco al suolo a_g , cioè per $T=0$, (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compresi tra 0,150 e 0,175 g.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 attualmente in vigore prevedono infatti, rispetto alla precedente classificazione comunale, un'analisi più puntuale della pericolosità sismica di base e dell'accelerazione sismica di riferimento.

Vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). L'azione sismica è valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più

entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione. Tale approccio dovrebbe condurre in media, sull'intero territorio nazionale, ad una significativa ottimizzazione dei costi delle costruzioni antisismiche, a parità di sicurezza.

I valori di cui sopra sono coerenti con quanto riportato nell'Allegato A2 della DAL Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007, che attribuisce al Comune di Neviano degli Arduini un valore di accelerazione di picco al suolo a_g , cioè per $T=0$, (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) di 0,158 g.

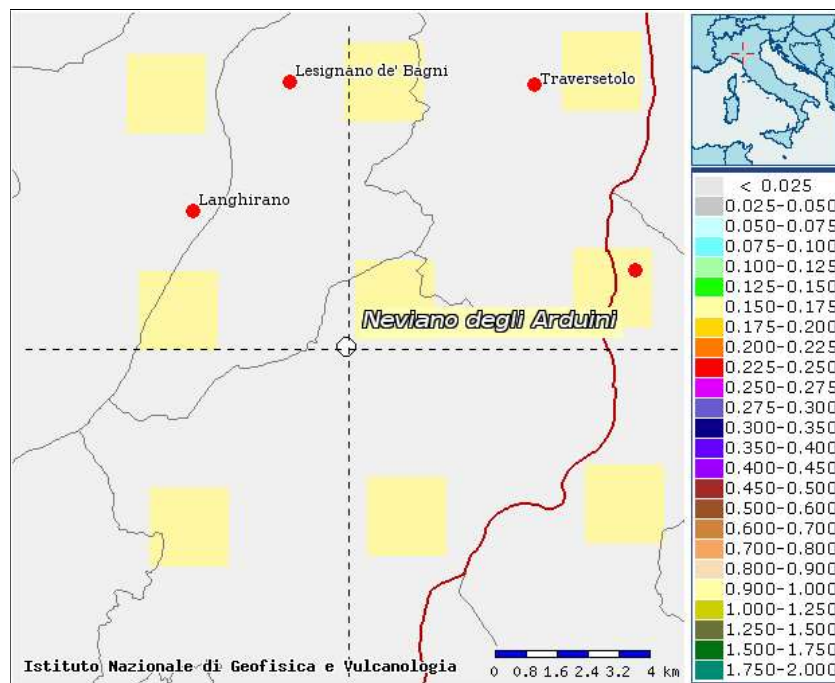


Figura 7 – Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Neviano degli Arduini espressa in termini di $a(g)$ per un Tempo di ritorno di 475 anni.

Dal grafico di disaggregazione consultabile dal sito suddetto per il punto di interesse, otteniamo che la maggior rilevanza statistica si ha per terremoti di magnitudo compresa tra 4.0 e 5.5 e distanza compresa tra 0 e 10 km; contributi più modesti possono arrivare da terremoti più lontani entro i 20 km.

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare la sicurezza nei confronti dei diversi stati limite,

intesi come le condizioni superate le quali l'opera non soddisfa più le esigenze per cui è stata progettata.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

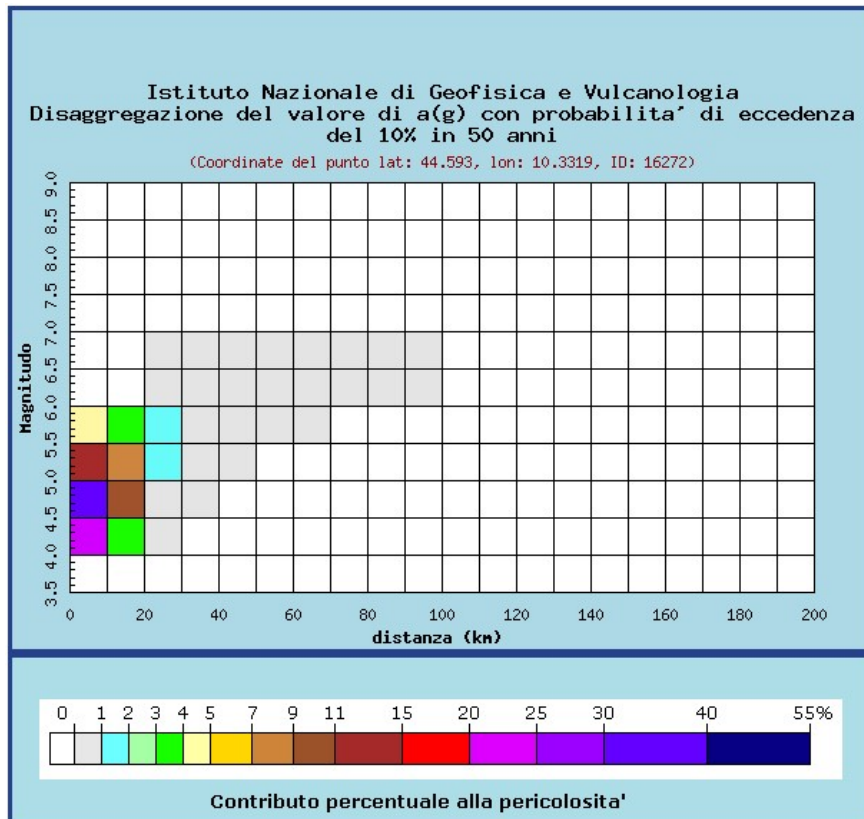


Figura 18- Dati disaggregati della pericolosità sismica di base per il sito di interesse

Sulla base del processo di disaggregazione per il sito in esame si assume un valore di magnitudo attesa pari a $M_w = 4.87$.

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.870	8.550	0.894

In conformità con quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, la pericolosità sismica è espressa attraverso forme spettrali definite su sito di riferimento rigido (sottosuolo di categoria A) orizzontale in funzione dei seguenti tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono stati desunti dai valori relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento, riportati nelle tabelle dell'ALLEGATO C delle Norme Tecniche per le Costruzioni, per diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni. Ogni spettro di risposta elastico è la rappresentazione oggettiva e sintetica delle principali caratteristiche di un terremoto o, meglio, dei possibili terremoti che si possono verificare in un dato sito. Ogni spettro di risposta elastico è legato, insieme ai parametri che lo descrivono, ad un determinato tempo di ritorno. All'aumentare del tempo di ritorno considerato aumenta anche la severità del sisma atteso e con esso i parametri che descrivono il suo spettro di risposta.

Per l'area oggetto di intervento (coordinate geografiche ED 50: Longitudine = 10,371621 – Latitudine = 44,572401) i valori che risultano sono riportati in Tabella 4 e sono stati ricavati attraverso il foglio elettronico "Spettri NTC ver.1.0.3" predisposto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il D.M. 14.01.2008 considera quattro stati limite per i quali l'opera deve garantire sicurezza; ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento (P_{Vr}) dell'azione sismica di riferimento durante il periodo di riferimento dell'opera (V_r); l'azione sismica di riferimento è quella descritta dallo spettro di risposta elastico per un determinato tempo di ritorno. Il tempo di ritorno da considerare è legato da una relazione a V_r e a P_{Vr} . Ad esempio per lo stato limite di collasso SLV l'azione sismica di riferimento, per un'opera con vita nominale di 50 anni con classe di uso II, è quella dello spettro di risposta con tempo di ritorno di 475 anni; la normativa prevede che durante la vita di riferimento dell'opera vi sia il 10% di probabilità che l'azione sismica possa superare quella di riferimento.

Per l'intervento in progetto è stato classificato in classe IV. Il periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica è di 100 anni.

Il foglio elettronico "Spettri NTC ver. 1.0.3" predisposto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici permette di ottenere gli spettri di risposta elastici per i diversi stati limite (Tabella 5 e Figura 8). Ad esempio, nel caso in esame, opera con classe d'uso IV, il valore di a_g (per $T=0$) di riferimento per il calcolo dell'azione sismica in SLV è di 0,197 g con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni con un tempo di ritorno di 949 anni.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,054	2,481	0,244
50	0,067	2,486	0,259
72	0,078	2,491	0,265
101	0,089	2,481	0,271
140	0,101	2,485	0,275
201	0,116	2,489	0,280
475	0,158	2,493	0,286
975	0,198	2,505	0,295
2475	0,258	2,552	0,308

Tabella 4 – Valori dei parametri della forma spettrale del sito di intervento in funzione dei periodi di ritorno (T_R).

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	60	0,072	2,488	0,262
SLD	101	0,089	2,481	0,271
SLV	949	0,197	2,505	0,294
SLC	1950	0,241	2,540	0,304

Tabella 5 – Valori dei parametri della forma spettrale del sito di intervento in funzione dei periodi di ritorno (T_R) per i diversi stati limite.

Con la strategia di progettazione viene definita la vita nominale e la classe di uso. La combinazione di questi parametri definisce il periodo di riferimento legato al tempo di ritorno T_R . Considerando che l'edificio in progetto può essere classificato in classe IV "Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, -Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade-, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica", che comporta un coefficiente d'uso $C_u = 2.0$, il periodo di riferimento $V_r = V_n \cdot C_u$ per il calcolo dell'azione sismica è quindi di 100 anni.

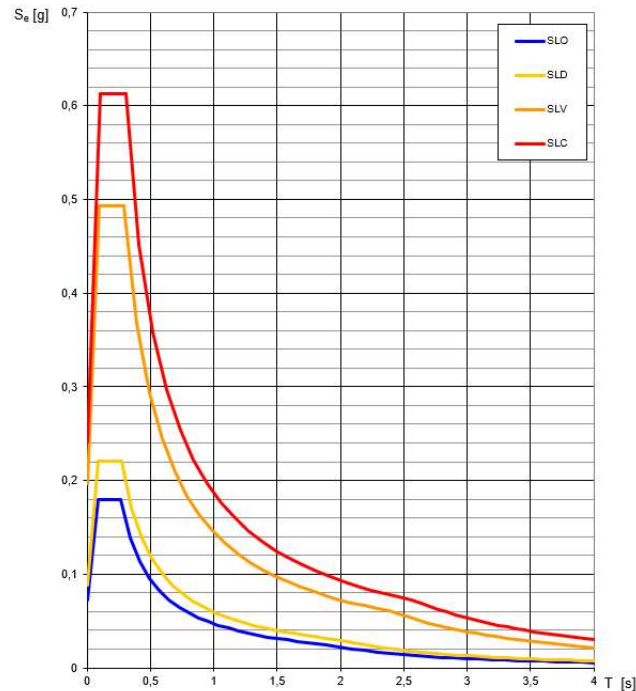


Figura 8– Spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali per i periodi di tempi di ritorno T_r associati ai diversi stati limite su sito di riferimento rigido (elaborazione effettuata mediante “Spettri NTC ver.1.0.3”).

4.3.5 Risposta sismica locale

Una volta definito il progetto, per uno specifico sito o area ed adottato lo stato limite da analizzare, la risposta sismica di base sito-specifica va ulteriormente sviluppata considerando l'amplificazione sismica in funzione delle condizioni litostratigrafiche e topografiche.

Va ricordato, infatti, che il moto generato da un terremoto in un sito è influenzato dalle particolari condizioni locali (risposta sismica locale), ovvero dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido, sottosuolo categoria A, con $V_{s30} > 800$ m/s (vedi paragrafo seguente), con superficie topografica orizzontale. Gli spettri di risposta elastica visti precedentemente sono riferiti a queste condizioni; per un sottosuolo di tipo diverso essi devono essere modificati, per tenere conto di eventuali fenomeni di amplificazione stratigrafica e topografica.

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale viene valutata in via semplificata con riferimento alle sette categorie del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, definite dal D.M. 14.01.2008 "Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni", in relazione alle caratteristiche geofisiche e geotecniche del sottosuolo.

In particolare i parametri da considerare (Tabella 6) sono riferiti alla velocità delle onde di taglio mediate nei primi 30 metri al di sotto della fondazione ($V_{S,30}$), ottenuta, come già visto, attraverso la seguente espressione:

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

La prova MASW effettuata per lo scopo, ha permesso di determinare un valore di $V_{S,30}$ pari a **373 m/s** calcolata cautelativamente a piano campagna.

Sulla base di questi valori il suolo in esame può essere classificato in **categoria B** "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).*".

Occorre pertanto considerare il rischio sismico, prevedendo in sede di progettazione accorgimenti costruttivi che garantiscano la stabilità delle opere anche in condizioni dinamiche, valutando in particolare le sollecitazioni orizzontali. Nel calcolo delle strutture sarà necessario considerare accelerazioni sismiche congruenti con quelle di riferimento definite su sito di riferimento rigido (sottosuolo di categoria A) orizzontale (0,197 g per SLV) e la categoria del suolo di fondazione che, in base alla formula suddetta, risulta essere la "B".

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

Tabella 6 - Categorie del sottosuolo di fondazione

4.3.6 Amplificazione stratigrafica e topografica

L'areale di studio risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di terreni di **categoria B** con velocità delle onde di taglio comprese tra 360 e 800 m/s. Si sottolinea come il risultato di V_{s30} ottenuto dalla prova geofisica effettuata riferendosi al piano campagna ricada in pieno nei limiti della categoria B; occorre inoltre osservare che, in base a quanto previsto dall'art 3.2.2 NTC08 per le fondazioni superficiali, la profondità delle V_{s30} debba essere riferita al piano di imposta delle stesse e che, pertanto, solo ipotizzando una quota di imposta di 1,0 m dal p.c., la velocità media di taglio entro i 30 m aumenta, rafforzando l'appartenenza del suolo alla categoria B.

Al fine di indirizzare pertanto le future considerazioni sulle strutture si propongono i coefficienti di amplificazione del segnale sismico per la categoria di suolo B.

La morfologia di pendio con inclinazione media inferiore a 15° e quindi ricadente nella categoria topografica T1, esclude la possibilità di amplificazione topografica.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = SS \cdot St \cdot a_g \text{ dove}$$

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (SS) e dell'amplificazione topografica (St),

a_g = accelerazione orizzontale massima (per un determinato stato limite) attesa su sito di riferimento rigido ($T=0$).

I coefficienti assumono i seguenti valori (Tabella 5):

Coefficienti	Categoria di suolo C			
	SLO	SLD	SLV	SLC
S_s – Amplificazione stratigrafica	1.20	1.20	1.20	1.15
C_c – Coeff. funz. categoria	1.44	1.43	1.40	1.40
St – Amplificazione topografica	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 5 – Coefficienti di amplificazione del segnale sismico

Il coefficiente sismico orizzontale k_h viene calcolato con la seguente relazione:

$$k_h = \beta \cdot a_{\max} (g)$$

Per il calcolo di β si fa riferimento alla tabella seguente (Tabella 6).

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) < 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) < 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) < 0,1$	0,20	0,20

Tabella 6 – Valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

I parametri sismici per i diversi stati limite e per la categoria di suolo C, pertanto, assumono i valori riportati nella tabella di seguito riportata (Tabella 7):

Coefficienti	Categoria di suolo C			
	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.017	0.021	0.057	0.078
Kv	0.009	0.011	0.028	0.039
Amax (m/s ²)	0.849	1.049	2.316	2.720
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Tabella 7 – Parametri sismici Kh e Kv per i diversi stati limite

4.3.7 Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto si esclude la presenza di depositi sabbiosi (fuso granulometrico di riferimento delle NTC 08) di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

4.3.8 Fenomeni di cedimento postsismico

L'assenza di spessori significativi di depositi fini caratterizzati da valore di coesione inferiori a 70 kPa, permette di escludere il verificarsi di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

5. CONCLUSIONI

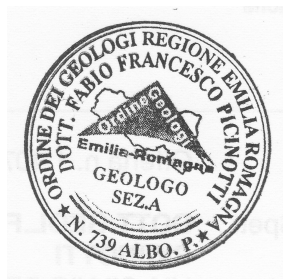
In ordine alle risultanze dell'indagine condotta, ai dati acquisiti relativi all'assetto litostratigrafico ed alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni del sottosuolo, si esprimono le seguenti considerazioni in merito alle indagini e alle verifiche effettuate:

- l'area in esame rientra nel contesto urbanizzato dell'abitato di Bazzano; la superficie di intervento appartiene ad un pendio stabile con inclinazione media inferiore a 15° ;
- dal punto di vista dell'assetto geologico l'area appartiene ai depositi eluvio-colluviale costituiti da materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, sovrastanti a depositi flyschoidi del dominio ligure e più precisamente al Flysch di Monte Caio costituito da ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$;
- l'indagine geognostica, ha permesso di individuare, entro la profondità indagata, due principali livelli litologici differenti, al di sotto di un primo livello di terreno vegetale con spessore modesto; tali livelli, denominati dalle lettere A e B, sono uniformemente distribuiti su tutta l'area. Il primo livello argillo-limoso e limo argilloso presenta buone caratteristiche fisico-meccaniche; il secondo livello marnoso presenta invece ottime caratteristiche fisico-meccaniche e di resistenza;
- la parametrizzazione dei livelli lito-geomeccanici individuati è stata basata sulle risultanze dell'elaborazione delle prove geognostiche eseguite; esse hanno permesso di assegnare ai livelli riconosciuti, i principali parametri fisico-meccanici responsabili del comportamento di resistenza del complesso terreno-fondazioni;
- durante l'indagine geognostica è stata verificata la presenza di acqua profondità variabile in funzione della fessurazione e fratturazione delle unità litologiche presenti e della stagionalità; ragionevolmente è possibile ritenere che il livello di falda possa interessare profondità di circa 3.5 – 4.0 m da p.c.;
- sismicamente l'area ricade in zona sismica 3 e risulta soggetta ad una sismicità storica medio-bassa, indotta da terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio provinciale sia, di riflesso, dagli eventi più intensi provenienti dalle province limitrofe. Le valutazioni sul rischio sismico effettuate, hanno evidenziato una pericolosità sismica legata agli effetti di amplificazione di tipo stratigrafico dell'input sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s. Nel

calcolo delle strutture sarà necessario considerare accelerazioni sismiche congruenti con quelle di riferimento definite su sito rigido orizzontale e la categoria del suolo di fondazione (B). Infatti l'indagine geofisica eseguita ha permesso di determinare una VS_{30} pari a 373 m/s a partire dal piano campagna che convalida la categoria di suolo alla classe di suolo B;

- l'area di studio appartiene alla Zona Sismogenetica 913 per la quale può essere preso come riferimento, sulla base della sismicità storica, valori cautelativi di massima magnitudo attesa M_w pari a 5.50 sebbene il grafico di disaggregazione consideri una M_w massima di 4.870 derivato dal processo di disaggregazione per il sito in esame;
- la morfologia dell'area permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico; l'assenza di depositi sabbiosi entro i primi 20 m di sottosuolo permette di escludere il pericolo di liquefazione, così come l'assenza di spessori significativi di depositi fini caratterizzati da valore di coesione inferiori a 70 kPa, permette di escludere il verificarsi di cedimenti post-sismici;
- l'area in esame presenta valori dell'accelerazione orizzontale, per i diversi stati limite, compresi tra 0,072g e 0,241g. Sulla base delle evidenze fornite dalle prove geofisiche eseguite i terreni in esame possono essere classificati in categoria B. Nel calcolo delle strutture sarà necessario, pertanto, considerare accelerazioni sismiche congruenti con la zona di pertinenza e la categoria del suolo di fondazione B.

Parma, Febbraio 2018



Dott. Geol. Fabio Francesco Picinotti

Fabio F. Picinotti

6. BIBLIOGRAFIA

BERNINI M. E PAPANI G., (1987): *Alcune considerazioni sulla struttura del margine appenninico emiliano tra Stirone ed Enza (e sulle relazioni con il sistema del F. taro)*. L'Ateneo Parmense, Acta Nat., 23, 4, 219-240, Parma.

CESTARI F. (1996): *Prove geotecniche in sito*. Geo-Graph s.n.c.

BOWLES JOSEPH E. (1991): *Fondazioni*. McGraw-Hill.

BRINCH HANSEN J. (1961): *A General Formula for Bearing Capacity*. The Danish Geotechnical Institute, Bull. N. 11, Copenhagen.

BRINCH HANSEN J. (1970): *A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity*. The Danish Geotechnical Institute, Bull. N. 28, Copenhagen.

ISTITUTO DI GEOLOGIA DELL'UNIVERSITA' DI PARMA (1966): *Carta geologica 1:100000 della Provincia di Parma e zone limitrofe*

LANCELLOTTA R., (1987): *Geotecnica*.

MEYERHOF G.G. (1951): *The Ultimate Bearing Capacity of Foundations*. Geotechnique, 2, pp. 301-332.

PETRUCCI et al. (1975): *Pozzi idrici delle province di Parma e Piacenza*. Università degli Studi di Parma, Istituto di Geologia.

PETRUCCI et al. (1992): *Le acque del Comune di Parma*. Università degli Studi di Parma, Istituto di Geologia.

PROVINCIA DI PARMA (2000): *Nuova carta della vulnerabilità degli acquiferi*.

PROVINCIA DI PARMA (2000): *Indirizzi per la Tutela delle acque*.

REGIONE EMILIA ROMAGNA. – ENI AGIP (1998): *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna*.

SERVIZIO CARTOGRAFICO – Ufficio geologico Ufficio Geologico della Regione Emilia Romagna (1998): *Carta geologica a scala 1:10.000*

SERVIZIO CARTOGRAFICO – Ufficio geologico Ufficio Geologico della Regione Emilia Romagna (1994). *I suoli dell'Emilia Romagna - Carta 1:250.000*

TERZAGHI K., PECK R.B. (1967): *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons, New York.

VESIC A.S. (1970): *Tests on Instrumented Piles, Ogeechee River Site, JSMFD, ASCE, vol 96, n. SM2, Proc. Paper 7170, March*.

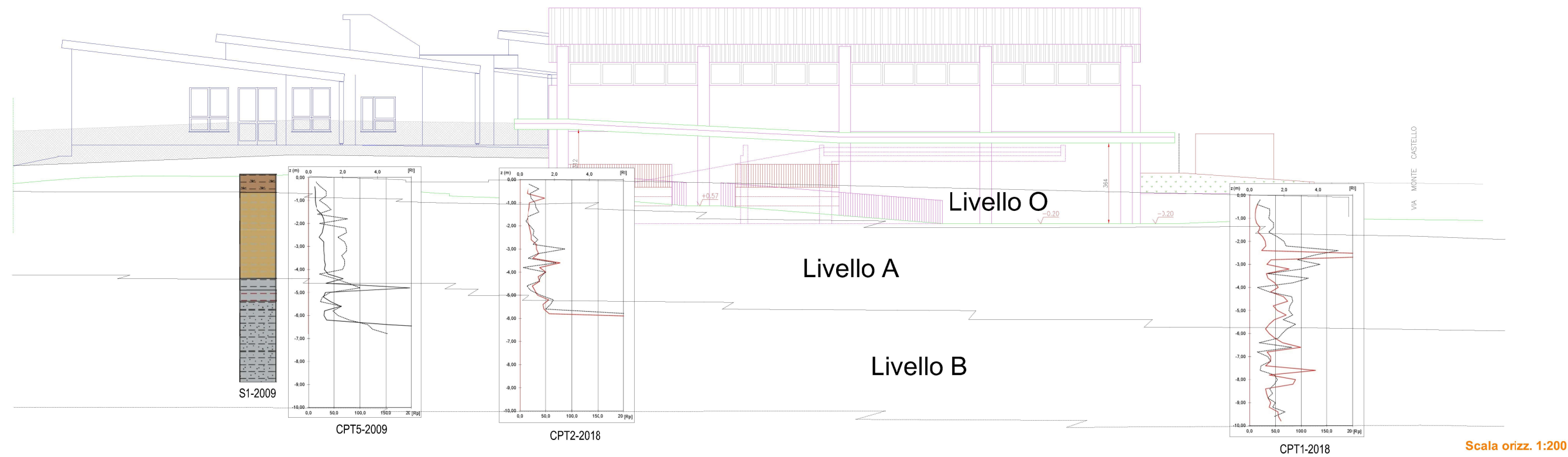
[http://geo.regione.emilia-](http://geo.regione.emilia-romagna.it/carg/viewer.htm?Title=Servizio%20Geologico%20Sismico%20e%20dei%20Suoli)

[romagna.it/carg/viewer.htm?Title=Servizio%20Geologico%20Sismico%20e%20dei%20Suoli](http://geo.regione.emilia-romagna.it/carg/viewer.htm?Title=Servizio%20Geologico%20Sismico%20e%20dei%20Suoli)

ELABORATO CARTOGRAFICO

Sezione lito geo-meccanica interpretativa

SEZIONE LITO-GEOMECCANICA INTERPRETATIVA B



- LIVELLO O**
Coltre superficiale, terreno vegetale
- LIVELLO A**
Livello di argilla limosa con livelletti marnosi
 $\gamma = 18.3 - 18.5 \text{ KN/m}^3$
 $C_u = 80 - 90 \text{ KPa}$
 $M = 5.0 - 6.0 \text{ MPa}$
- LIVELLO B**
Livello marnoso
 $\gamma = 119.0 - 19.5 \text{ KN/m}^3$
 $C_u = 150 - 200 \text{ KPa}$
 $M = 8.0 - 10.0 \text{ MPa}$

Amministrazione comunale di Neviano degli Arduini
Relazione geologica a supporto del progetto per la costruzione di una palestra paralimpica in località Bazzano
SEZIONE LITO-GEOMECCANICA INTERPRETATIVA B-B'
 Dott. Geol. Fabio F. Picinotti Via S. Pellico, 4 43125 Parma (PR)

ALLEGATO A

INDAGINI GEOGNOSTICHE 2018

CPT 1

Località: Bazzano (PR)

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

Pv = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovrac (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

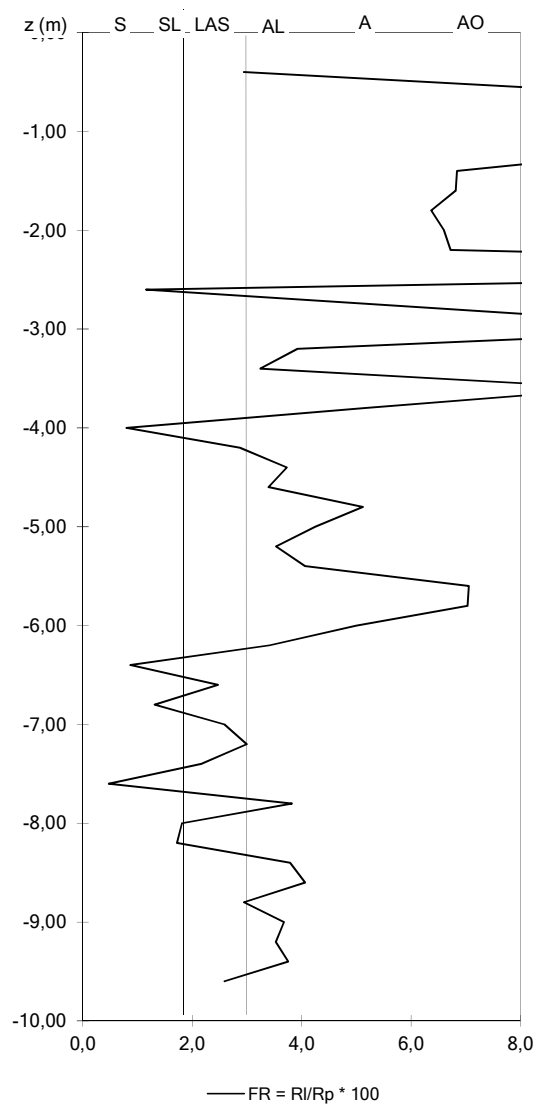
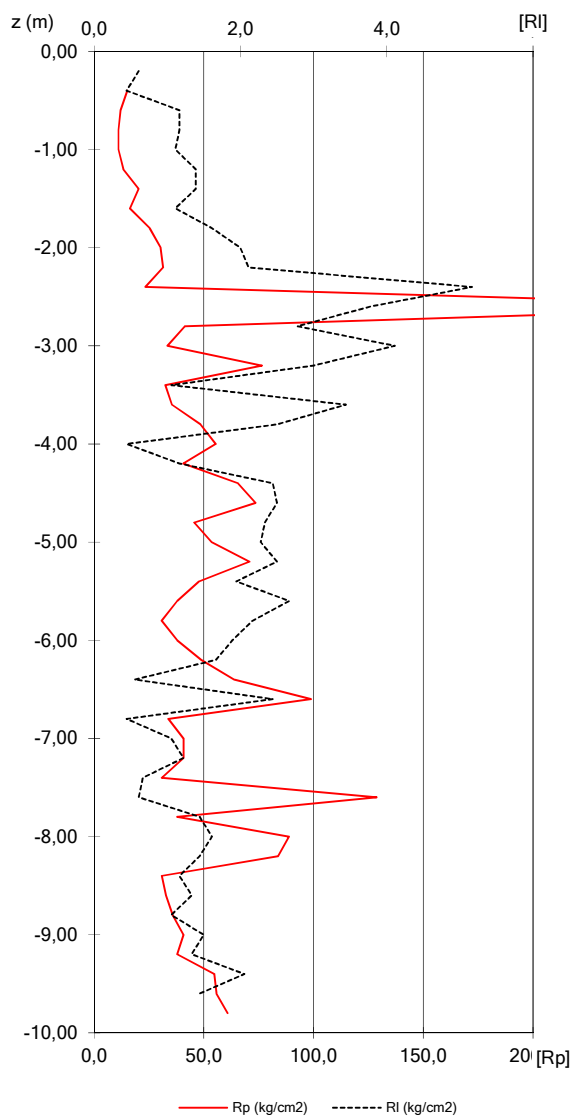
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

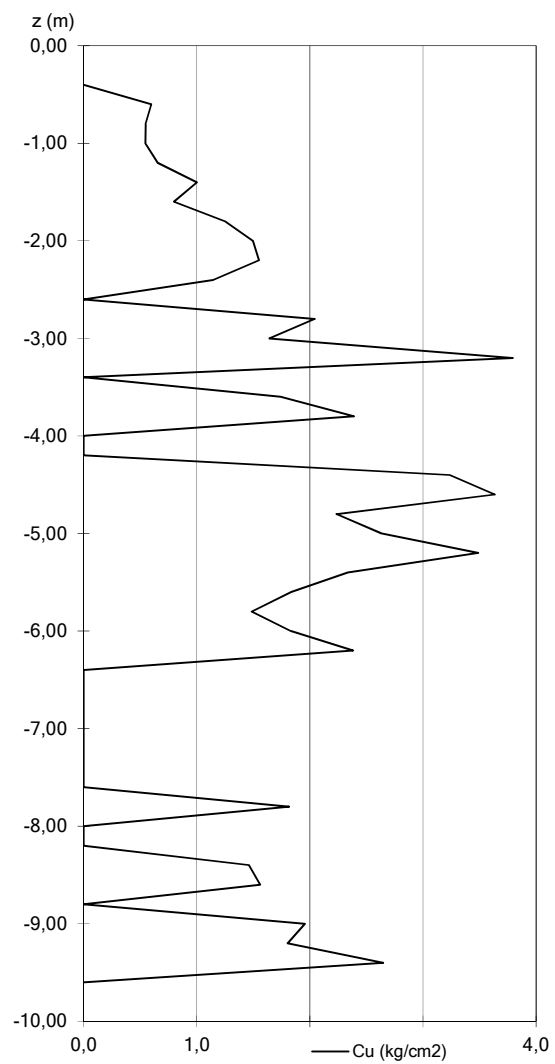
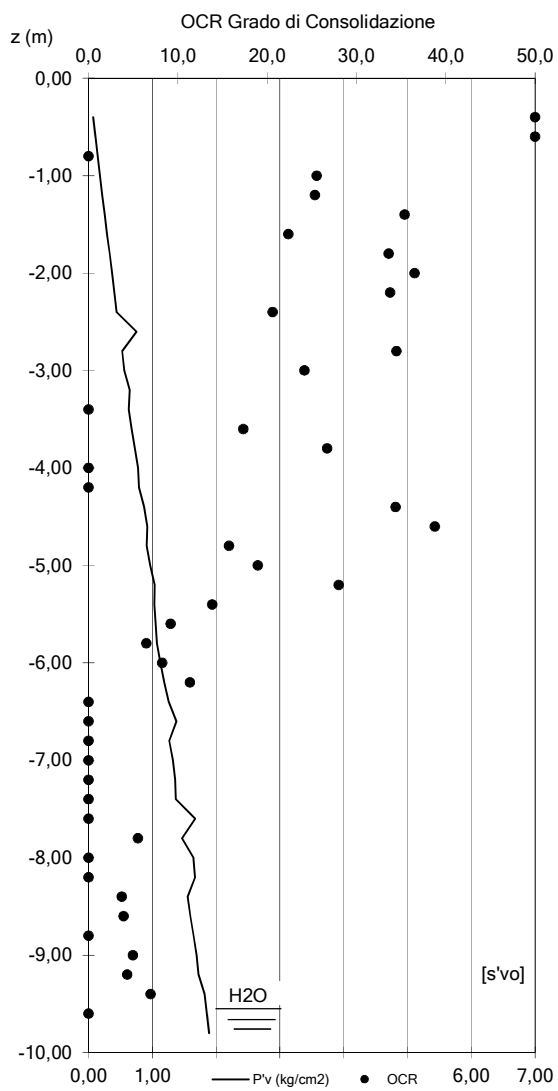
quota p.c.: m s.l.m.

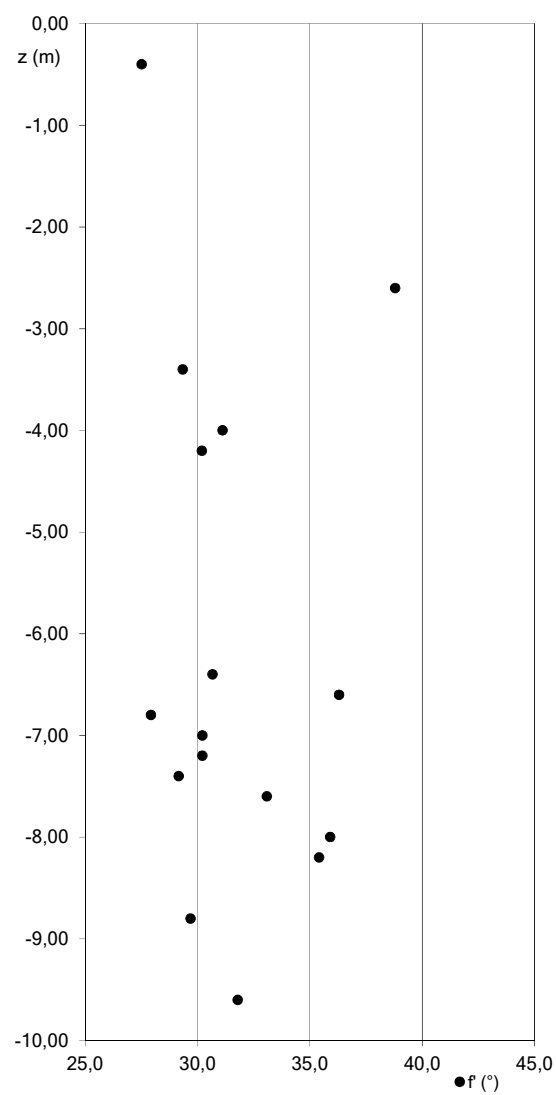
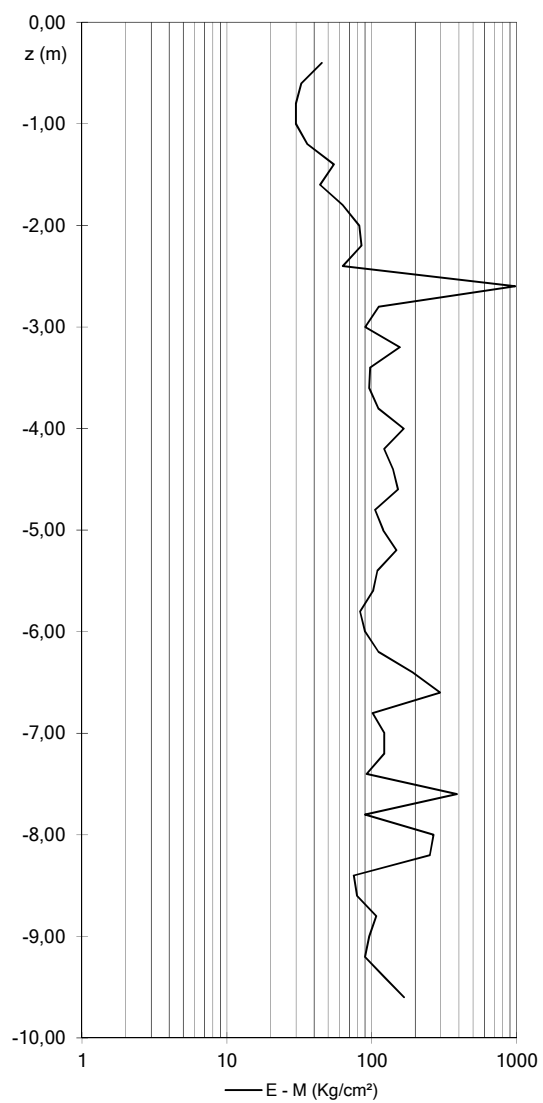
falda: -9,50 da p.c.

data prova: 16-feb-18

z	Rp	RI	FR	g	Pv	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,6										
-0,4	15,1	0,4	2,94	1,79	0,07	0,00	0,00	-	45	27,5	-	limo argillo-sabbioso
-0,6	12,1	1,2	9,64	1,78	0,11	0,00	0,60	50,0	33	0,0	-	argilla organica
-0,8	11,1	1,2	10,51	1,78	0,14	0,00	0,55	34,2	30	0,0	-	argilla organica
-1,0	11,1	1,1	10,01	1,78	0,18	0,00	0,55	23,5	30	0,0	-	argilla organica
-1,2	13,3	1,4	10,44	1,79	0,21	0,00	0,65	23,3	36	0,0	-	argilla organica
-1,4	20,3	1,4	6,84	1,81	0,25	0,00	1,00	35,4	55	0,0	-	argilla organica
-1,6	16,3	1,1	6,82	1,80	0,29	0,00	0,80	19,7	44	0,0	-	argilla organica
-1,8	25,3	1,6	6,37	1,83	0,33	0,00	1,25	33,6	63	0,0	-	argilla
-2,0	30,3	2,0	6,60	1,85	0,37	0,00	1,50	36,5	82	0,0	-	argilla organica
-2,2	31,4	2,1	6,72	1,85	0,41	0,00	1,55	33,8	85	0,0	-	argilla organica
-2,4	23,4	5,2	22,08	1,82	0,44	0,00	1,15	17,8	63	0,0	-	argilla organica
-2,6	326,4	3,8	1,16	2,89	0,75	0,00	0,00	-	979	38,8	1712	sabbia
-2,8	41,4	2,8	6,71	1,89	0,53	0,00	2,04	34,5	112	0,0	-	argilla organica
-3,0	33,4	4,1	12,31	1,86	0,56	0,00	1,64	21,8	90	0,0	-	argilla organica
-3,2	76,5	3,0	3,92	2,01	0,64	0,00	3,79	50,0	156	0,0	-	argilla limosa
-3,4	32,5	1,1	3,25	1,86	0,63	0,00	0,00	-	98	29,3	-	limo argillo-sabbioso
-3,6	35,5	3,4	9,70	1,87	0,67	0,00	1,74	17,4	96	0,0	-	argilla organica
-3,8	48,5	2,5	5,15	1,91	0,73	0,00	2,39	26,8	111	0,0	-	argilla
-4,0	55,5	0,4	0,80	1,94	0,77	0,00	0,00	-	167	31,1	580	sabbia
-4,2	40,6	1,2	2,87	1,88	0,79	0,00	0,00	-	122	30,2	-	limo argillo-sabbioso
-4,4	65,6	2,4	3,73	1,97	0,87	0,00	3,24	32,9	140	0,0	-	argilla limosa
-4,6	73,6	2,5	3,40	2,00	0,92	0,00	3,63	35,4	152	0,0	-	argilla limosa
-4,8	45,6	2,3	5,12	1,90	0,91	0,00	2,23	15,8	105	0,0	-	argilla
-5,0	53,6	2,3	4,25	1,93	0,97	0,00	2,63	19,0	120	0,0	-	argilla
-5,2	70,8	2,5	3,53	1,99	1,04	0,00	3,49	28,2	148	0,0	-	argilla limosa
-5,4	47,8	1,9	4,07	1,91	1,03	0,00	2,34	13,9	109	0,0	-	argilla
-5,6	37,8	2,7	7,05	1,87	1,05	0,00	1,84	9,2	102	0,0	-	argilla organica
-5,8	30,8	2,2	7,03	1,85	1,07	0,00	1,49	6,5	83	0,0	-	argilla organica
-6,0	37,8	1,9	5,00	1,87	1,12	0,00	1,83	8,2	90	0,0	-	argilla
-6,2	48,8	1,7	3,42	1,91	1,19	0,00	2,38	11,4	111	0,0	-	argilla limosa
-6,4	63,8	0,6	0,87	1,97	1,26	0,00	0,00	-	191	30,7	631	sabbia
-6,6	98,8	2,4	2,47	2,09	1,38	0,00	0,00	-	296	36,3	-	limo argillo-sabbioso
-6,8	33,8	0,4	1,31	1,86	1,27	0,00	0,00	-	101	27,9	428	sabbia
-7,0	40,8	1,1	2,59	1,89	1,32	0,00	0,00	-	122	30,2	-	limo argillo-sabbioso
-7,2	40,8	1,2	3,00	1,89	1,36	0,00	0,00	-	122	30,2	-	limo argillo-sabbioso
-7,4	30,8	0,7	2,16	1,85	1,37	0,00	0,00	-	92	29,2	-	limo argillo-sabbioso
-7,6	128,8	0,6	0,47	2,20	1,67	0,00	0,00	-	386	33,1	970	sabbia
-7,8	37,8	1,4	3,82	1,87	1,46	0,00	1,82	5,5	90	0,0	-	argilla limosa
-8,0	88,8	1,6	1,81	2,05	1,64	0,00	0,00	-	266	35,9	-	sabbia limosa
-8,2	83,8	1,4	1,72	2,04	1,67	0,00	0,00	-	251	35,4	-	sabbia limosa
-8,4	30,8	1,2	3,79	1,85	1,55	0,00	1,46	3,7	75	0,0	-	argilla limosa
-8,6	32,8	1,3	4,07	1,86	1,60	0,00	1,56	3,9	79	0,0	-	argilla
-8,8	35,8	1,1	2,95	1,87	1,64	0,00	0,00	-	107	29,7	-	limo argillo-sabbioso
-9,0	40,8	1,5	3,68	1,89	1,70	0,00	1,96	5,0	96	0,0	-	argilla limosa
-9,2	37,8	1,3	3,53	1,87	1,72	0,00	1,80	4,3	90	0,0	-	argilla limosa
-9,4	54,8	2,1	3,75	1,93	1,82	0,00	2,65	7,0	122	0,0	-	argilla limosa
-9,6	55,8	1,4	2,59	1,94	1,85	0,01	0,00	-	167	31,8	-	limo argillo-sabbioso
-9,8	60,8			1,96	1,89	0,03						







CPT 2

Località: Bazzano (PR)

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovraccarico (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

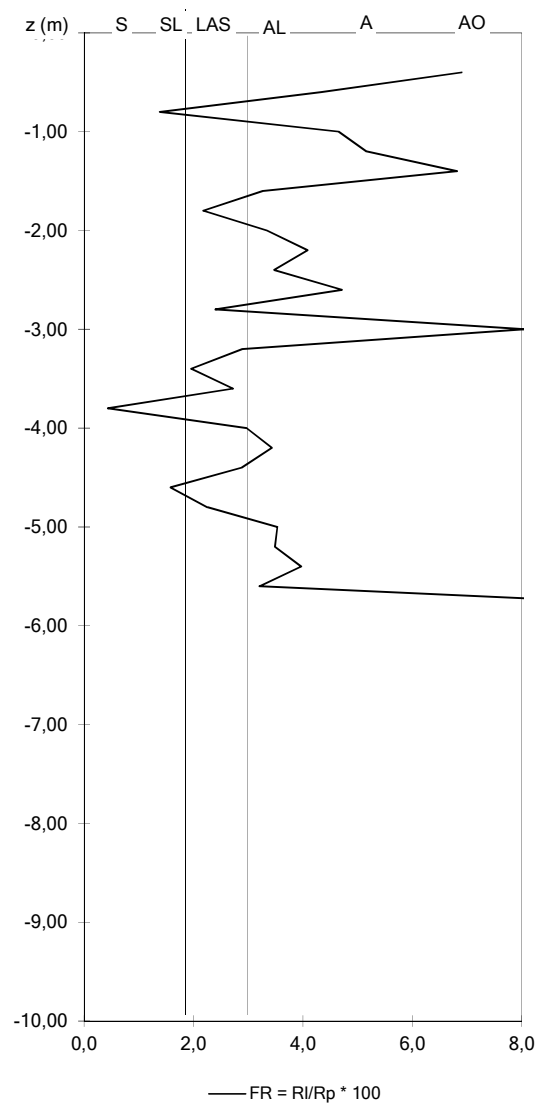
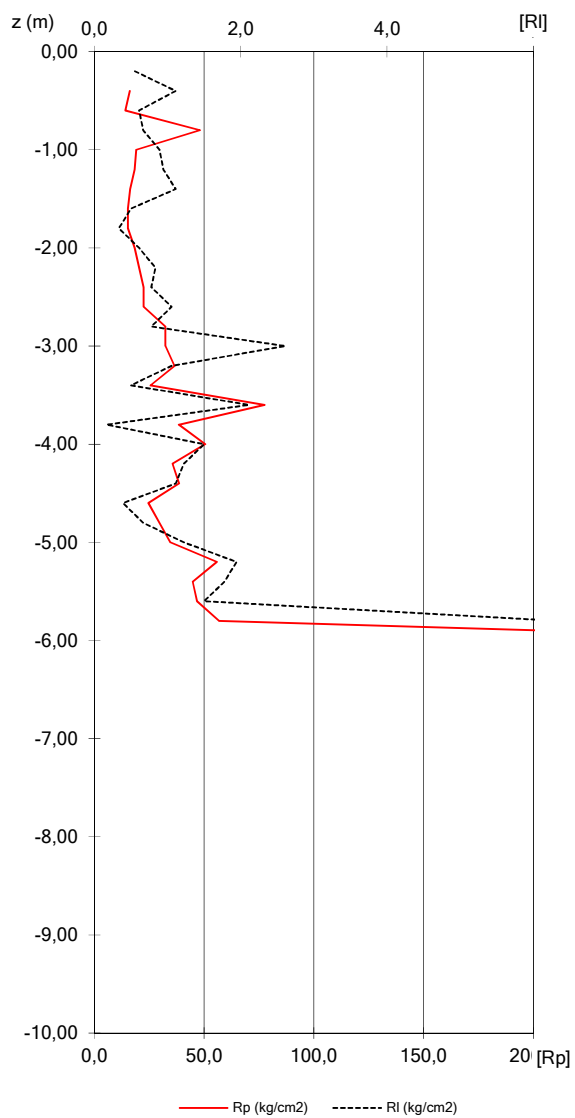
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

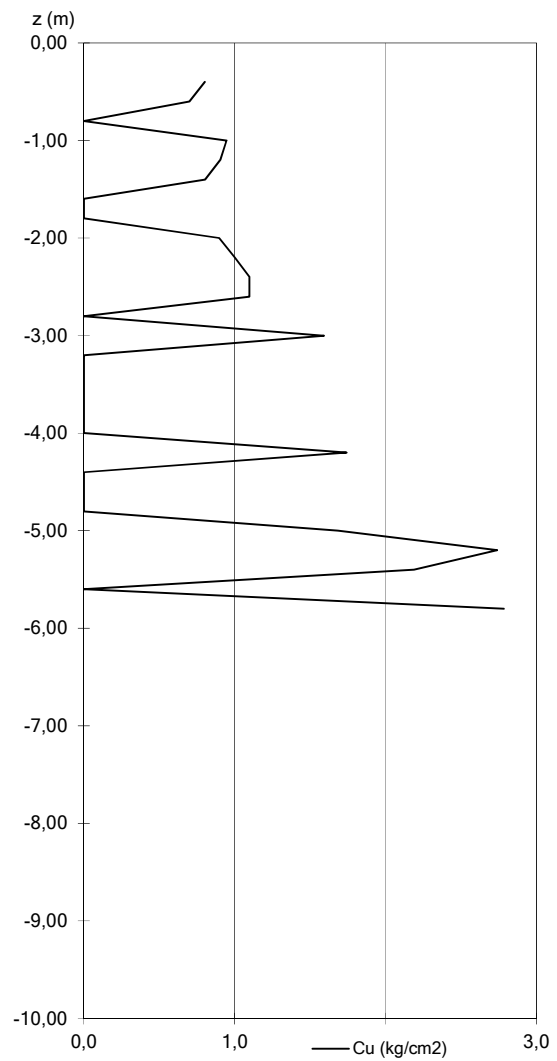
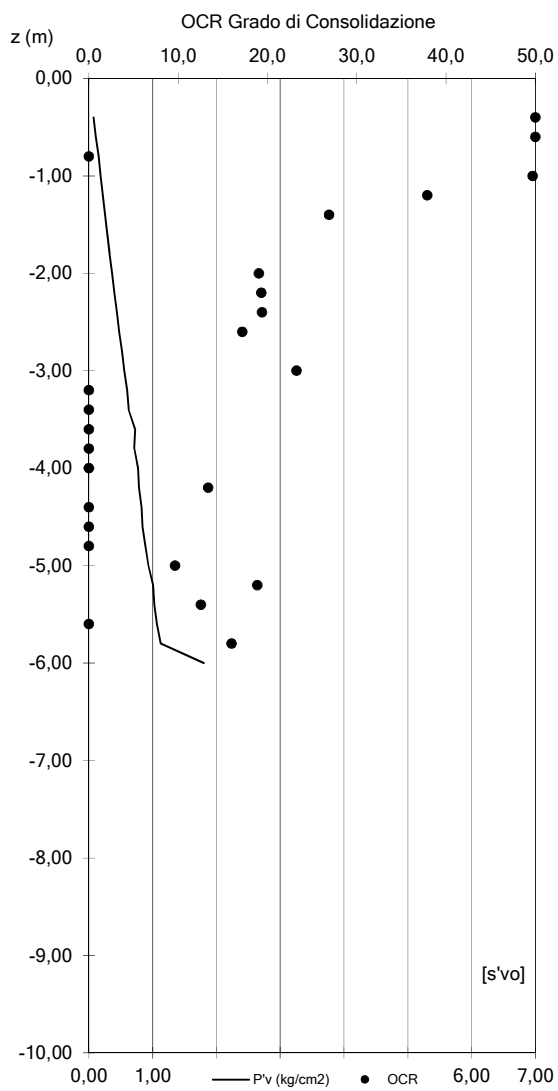
quota p.c.: m s.l.m.

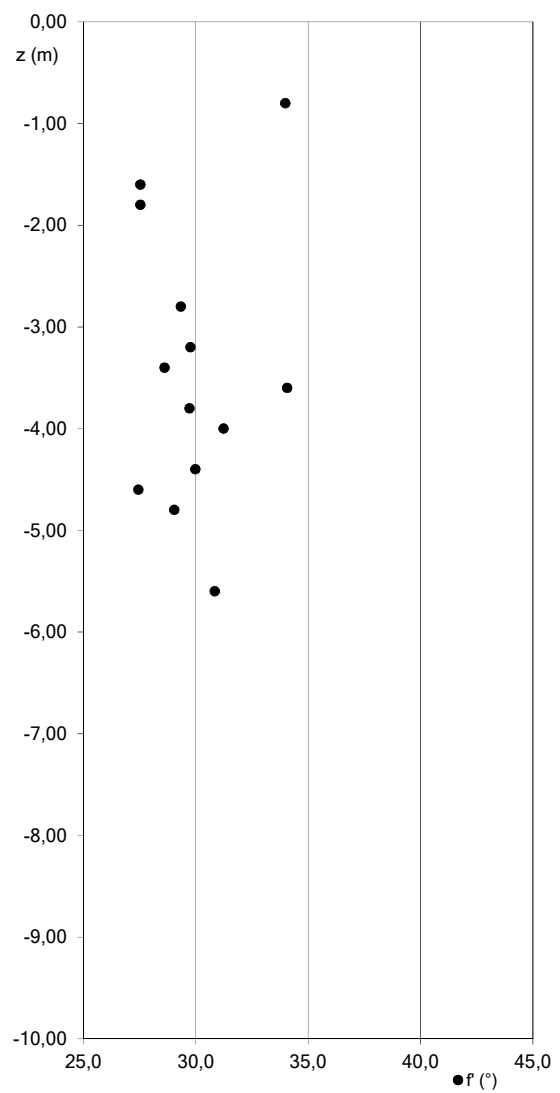
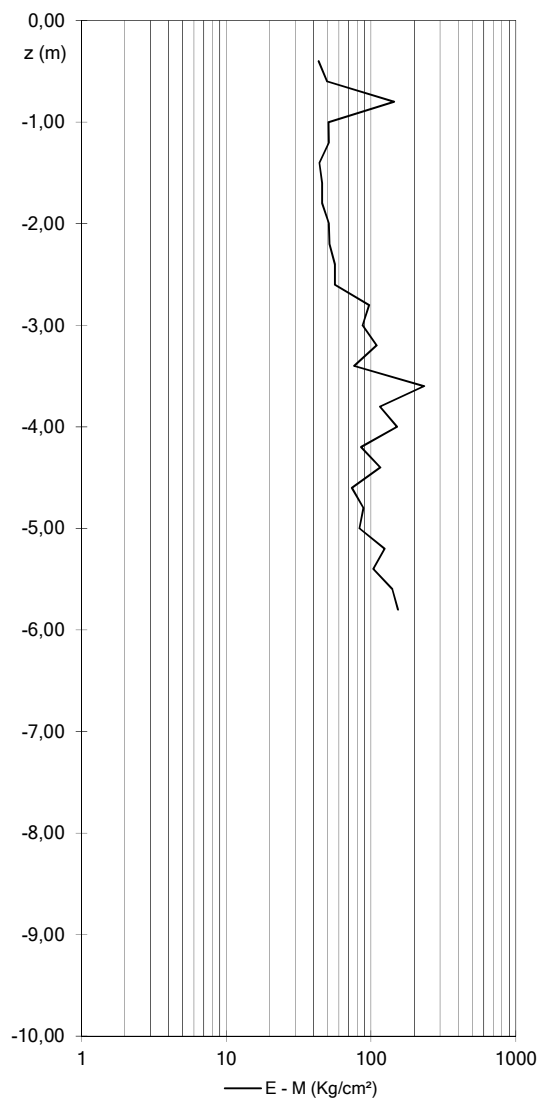
falda: da p.c.

data prova: 16-feb-18

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,6										
-0,4	16,1	1,1	6,90	1,80	0,07	0,00	0,80	50,0	43	0,0	-	argilla organica
-0,6	14,1	0,6	4,33	1,79	0,11	0,00	0,70	50,0	50	0,0	-	argilla
-0,8	48,1	0,7	1,39	1,91	0,15	0,00	0,00	-	144	34,0	531	sabbia
-1,0	19,1	0,9	4,65	1,81	0,18	0,00	0,95	49,7	51	0,0	-	argilla
-1,2	18,3	0,9	5,16	1,81	0,22	0,00	0,90	37,9	51	0,0	-	argilla
-1,4	16,3	1,1	6,82	1,80	0,25	0,00	0,80	25,3	44	0,0	-	argilla organica
-1,6	15,3	0,5	3,27	1,80	0,29	0,00	0,00	-	46	27,5	-	limo argillo-sabbioso
-1,8	15,3	0,3	2,18	1,80	0,32	0,00	0,00	-	46	27,5	-	limo argillo-sabbioso
-2,0	18,3	0,6	3,34	1,81	0,36	0,00	0,90	16,2	51	0,0	-	argilla limosa
-2,2	20,4	0,8	4,08	1,81	0,40	0,00	1,00	16,4	52	0,0	-	argilla
-2,4	22,4	0,8	3,47	1,82	0,44	0,00	1,10	16,5	56	0,0	-	argilla limosa
-2,6	22,4	1,1	4,71	1,82	0,47	0,00	1,10	14,4	56	0,0	-	argilla
-2,8	32,4	0,8	2,40	1,86	0,52	0,00	0,00	-	97	29,3	-	limo argillo-sabbioso
-3,0	32,4	2,6	8,06	1,86	0,56	0,00	1,59	20,7	87	0,0	-	argilla organica
-3,2	36,5	1,1	2,89	1,87	0,60	0,00	0,00	-	110	29,8	-	limo argillo-sabbioso
-3,4	25,5	0,5	1,96	1,83	0,62	0,00	0,00	-	77	28,6	-	limo argillo-sabbioso
-3,6	77,5	2,1	2,72	2,01	0,73	0,00	0,00	-	233	34,1	-	limo argillo-sabbioso
-3,8	38,5	0,2	0,43	1,88	0,71	0,00	0,00	-	116	29,7	463	sabbia
-4,0	50,5	1,5	2,97	1,92	0,77	0,00	0,00	-	152	31,2	-	limo argillo-sabbioso
-4,2	35,6	1,2	3,43	1,87	0,78	0,00	1,74	13,4	85	0,0	-	argilla limosa
-4,4	38,6	1,1	2,88	1,88	0,83	0,00	0,00	-	116	30,0	-	limo argillo-sabbioso
-4,6	24,6	0,4	1,58	1,83	0,84	0,00	0,00	-	74	27,4	352	sabbia
-4,8	29,6	0,7	2,25	1,85	0,89	0,00	0,00	-	89	29,0	-	limo argillo-sabbioso
-5,0	34,6	1,2	3,53	1,86	0,93	0,00	1,68	9,7	83	0,0	-	argilla limosa
-5,2	55,8	1,9	3,48	1,94	1,01	0,00	2,74	18,9	124	0,0	-	argilla limosa
-5,4	44,8	1,8	3,97	1,90	1,03	0,00	2,19	12,6	104	0,0	-	argilla limosa
-5,6	46,8	1,5	3,21	1,91	1,07	0,00	0,00	-	140	30,8	-	limo argillo-sabbioso
-5,8	56,8	6,3	11,15	1,94	1,13	0,00	2,78	16,0	153	0,0	-	argilla organica
-6,0	356,8			3,00	1,80	0,00						







REPORT MASW+HVSr

(Multi-Channel Analysis of Surface Waves + Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Rayleigh + Love + Microtremore

Determinazione profilo verticale velocità onde S

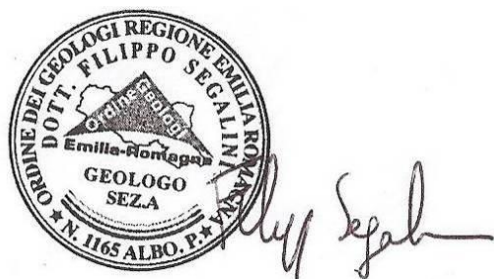


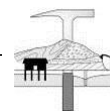
Località: Bazzano, Comune di Neviano degli Arduini (PR)

Data: Febbraio 2018

Committente: Dr. Geol. Fabio Picinotti

Acquisizione ed elaborazione: Geol. F. Segalini





A. METODOLOGIA MASW

La tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) consiste nell'analisi della dispersione delle onde di superficie al fine di definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio S (Park et al., 1999).

Nella tabella C6.2.I della CIRCOLARE 2 Febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP., dove si elencano le indagini di tipo geofisico con strumentazione in superficie, si parla di prova SASW (*Spectral Analysis of Surface Waves*). La procedura MASW non è altro che una prova SASW multicanale ed è pertanto più completa ed affidabile; di conseguenza risulta in accordo con le NTC08.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo, eseguito nel seguente sito in studio, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Si ottiene una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel *range* di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sui primi 30-50 m di profondità.

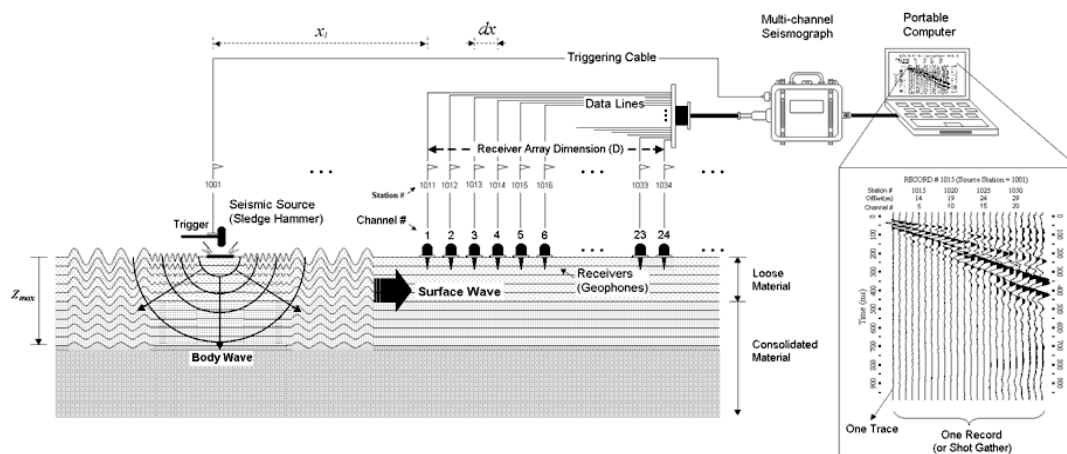
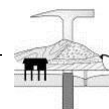


Figura 1. Metodo MASW attivo.

Quando si energizza il sito in un punto della sua superficie libera si generano diversi tipi di onde: se la sorgente è perpendicolare alla superficie libera si originano onde appartenenti al piano verticale (onde P, onde Sv, onde di Rayleigh e onde rifratte), se la sorgente è parallela alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano orizzontale (onde Sh e onde di Love).

La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione di una classe di onde di superficie e specificatamente delle onde di Rayleigh: queste ultime vengono generate da una sorgente ad impatto verticale. Due sono gli aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e Sv. Il primo aspetto è che le onde di Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e Sv, in quanto si propagano secondo fronti d'onda cilindrici e non sferici (come le altre onde) viaggiando con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase (Achenbach, 1999, Aki e Richards, 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più



superficiale del sottosuolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano la porzione più profonda del sottosuolo.

In queste indagini accanto all'acquisizione MASW in Rayleigh viene proposta anche l'analisi della dispersione delle onde di Love, da analizzare congiuntamente alle Rayleigh, per meglio definire il substrato e superare talune ambiguità interpretative che possono presentarsi sugli spettri di velocità riferiti solo alle onde di Rayleigh. Le acquisizioni in onde di Love non possono sostituire completamente quelle in onde di Rayleigh ma la chiarezza dei loro spettri di velocità risulta di estrema utilità allorché gli spettri delle onde di Rayleigh risultino di ardua interpretazione in relazione alla presenza di forti segnali scatterati e all'intrecciarsi di diversi modi. L'unica differenza tra le Rayleigh e le Love sta nel fatto che queste ultime si formano solo in caso di gradiente di velocità "positivo".

Sono inoltre state eseguite misure di microtrempi atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal to Vertical Spectral Ratio - HVSr) utile a definire eventuali risonanze di sito e, unitamente a misure di dispersione delle onde di superficie, a meglio vincolare il profilo VS (Dal Moro, 2010; 2011). A causa della pesante non-univocità della soluzione una modellazione del solo HVSr senza quantitative informazioni sulle VS da parte di misure MASW non risulta sufficientemente affidabile.

B. ACQUISIZIONE DATI

L'acquisizione dei dati è stata eseguita tramite l'utilizzo di un sismografo 24 canali (modello Echo 2002) collegato a geofoni orizzontali e verticali aventi frequenza propria di 4.5 Hz.

È stato realizzato uno stendimento sismico lineare di 12 geofoni, di lunghezza pari a 55 m, e tempo di acquisizione pari a 1 secondo.

L'acquisizione delle onde di Love è del tutto analoga a quelle di Rayleigh, cambia solo il tipo di sorgente e l'orientazione dei geofoni orizzontali (asse perpendicolare allo stendimento per le Love e asse parallelo per le Rayleigh, vedi figura seguente).

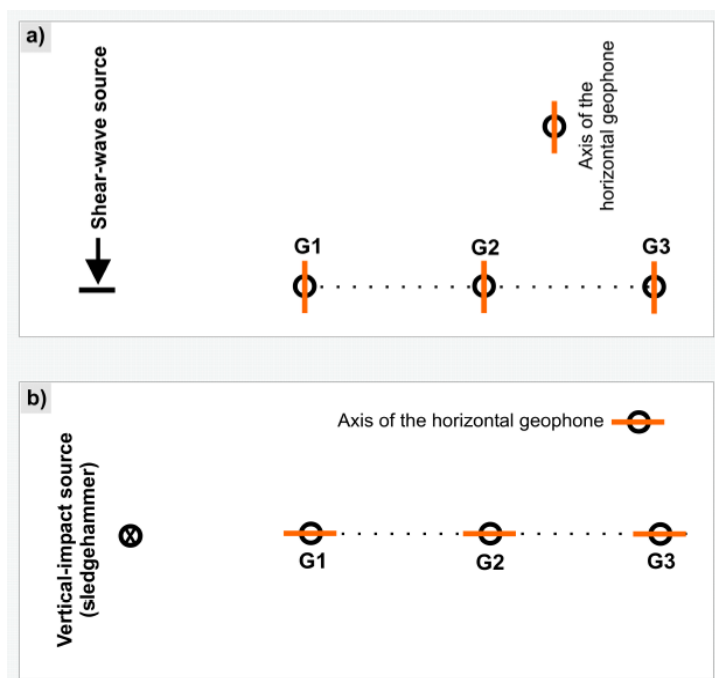
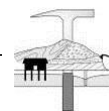


Figura 2. Acquisizione di dati: a) stendimento per acquisizione dati utili ad analizzare la dispersione delle onde di Love; b) stendimento per acquisizione dati utili ad analizzare la dispersione delle onde di Rayleigh (componente radiale). Nella fotografia a destra la predisposizione alla battuta di taglio su piastra in polipropilene per l'acquisizione delle onde di Love.



L'energizzazione è stata effettuata in posizione esterna rispetto al geofono 12 con offset pari a 5 m; per le onde di Rayleigh si è utilizzata una mazza battente di 8 kg ad impatto verticale su piastra metallica, per quelle di Love una mazza battente ad impatto di taglio su piastra in polipropilene.

Le acquisizioni utili ad analizzare il rapporto spettrale H/V (HVSr) sono state eseguite utilizzando lo strumento SR04-GEOBOX, dotato di sensore a 2.0 Hz (Sara electronic instruments). L'analisi dei dati acquisiti è stata eseguita utilizzando il software WINMASW 6.0 versione Professional.



Figura 3. Stendimento sismico (a sinistra) e acquisizione HVSr (a destra).

C. ELABORAZIONE

Dai sismogrammi acquisiti nel dominio spazio-tempo si determinano mediante la trasformata di Fourier gli spettri nel dominio frequenza-ampiezza e successivamente attraverso il metodo denominato *phase shift* gli spettri nel dominio frequenza-velocità.

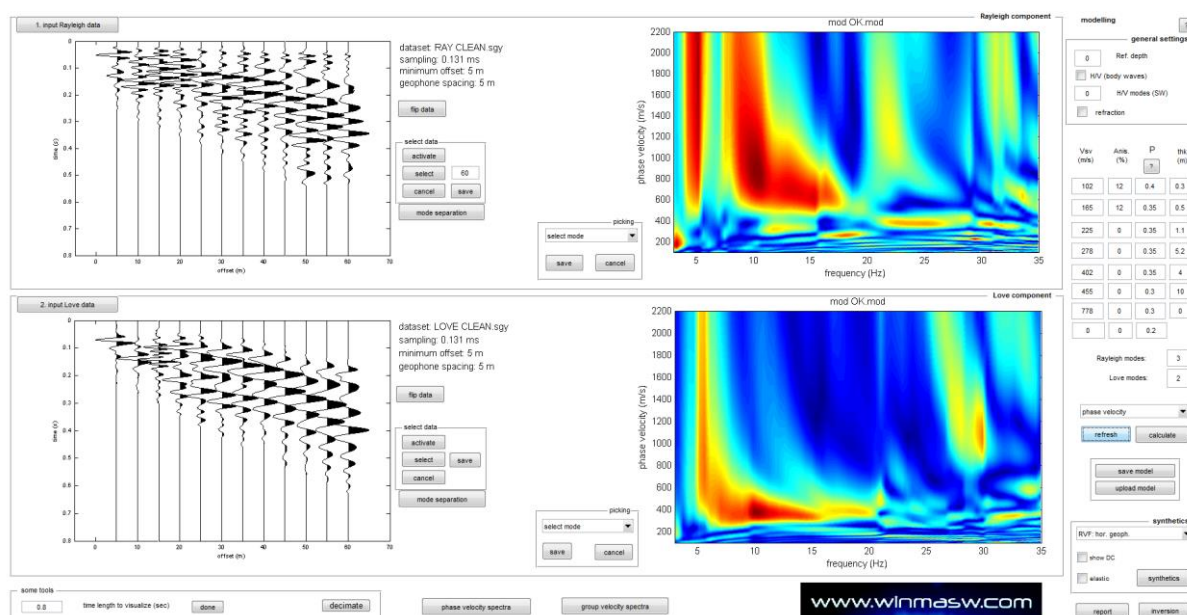
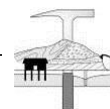


Figura 4. Acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh (ZVF) in alto e delle onde di Love (THF) in basso. Sulla sinistra le tracce sismiche acquisite (sismogramma), sulla destra gli spettri di velocità.



Successivamente alla pulizia del dato si è proceduto alla modellazione diretta delle curve di dispersione. Lo spettro delle onde Rayleigh mostra pochi frammenti di modo fondamentale e di primo superiore, mentre il secondo superiore è ben visibile tra i 10 e i 30 Hz. Lo spettro delle onde di Love è stato modellato come una somma tra modo fondamentale e primo superiore, tenendo in considerazione il frammento di modo fondamentale visibile tra i 12 e i 20 Hz.

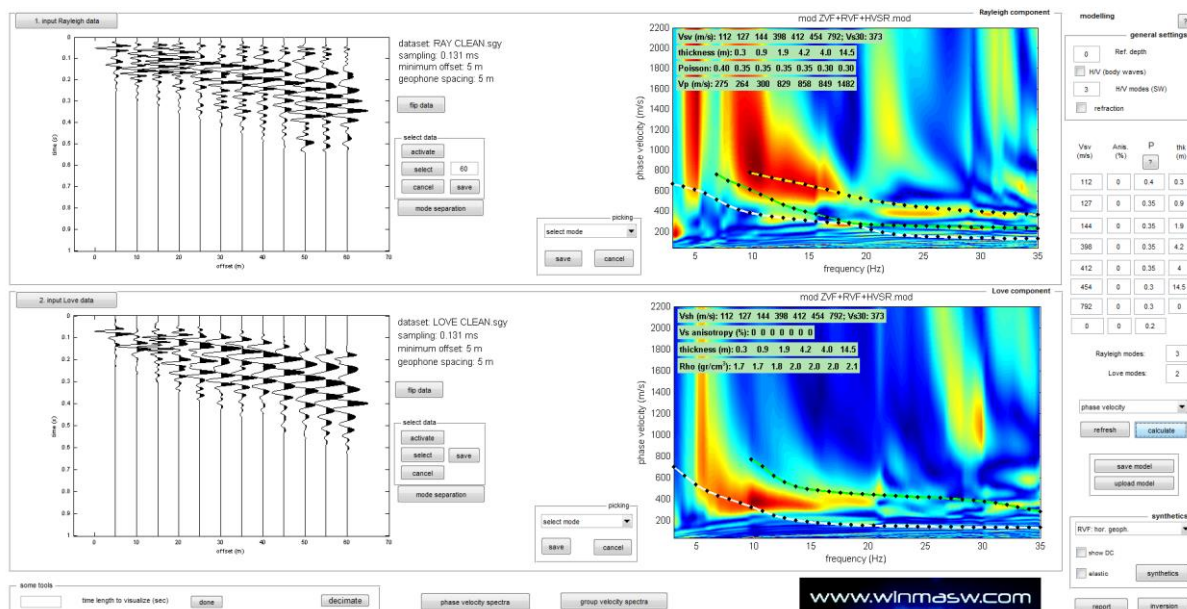


Figura 5. Spettri di velocità con sovrapposte le curve di dispersione del modo fondamentale e di quelli superiori per la componente verticale delle onde Rayleigh (ZVF) e per le onde di Love (THF).

Allo scopo di definire il periodo di risonanza di sito e migliorare (tramite analisi congiunta MASW+HVSr) la definizione del profilo verticale VS nelle porzioni più profonde, si è effettuata una misurazione di microtremore utile a definire il rapporto H/V lungo lo stendimento.

Nelle figure successive si riportano lo spettro d'ampiezza medio delle 3 componenti (NS, EW e verticale), le caratteristiche dei dati acquisiti e i valori HVSr per la misurazione eseguita.

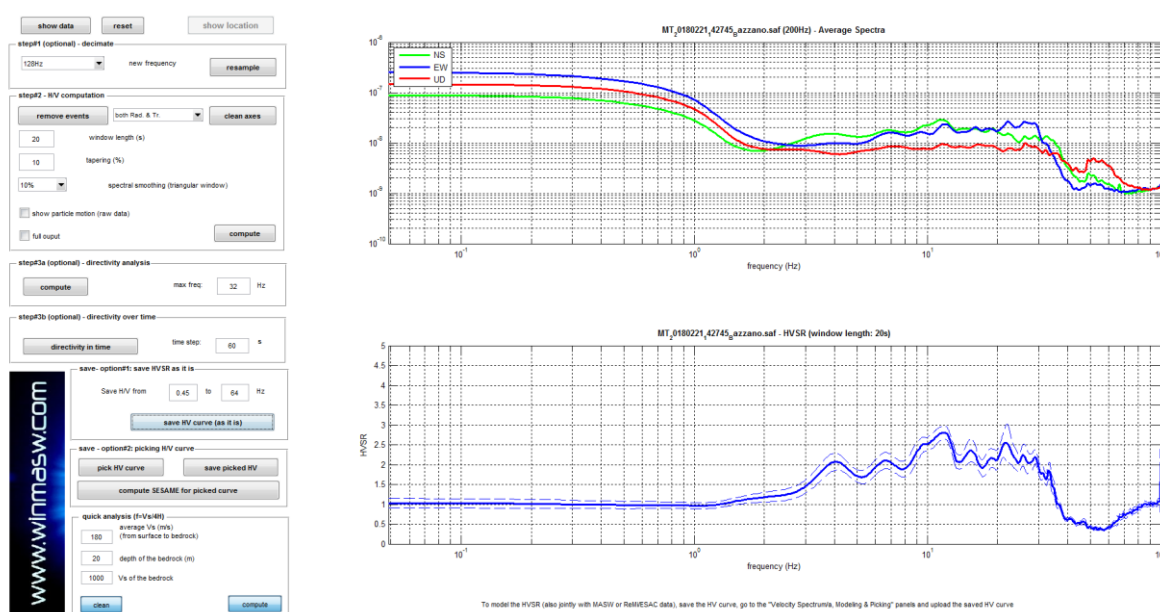


Figura 6. Spettri d'ampiezza medi delle 3 componenti (NS, EW e verticale) e valori di HVSr.

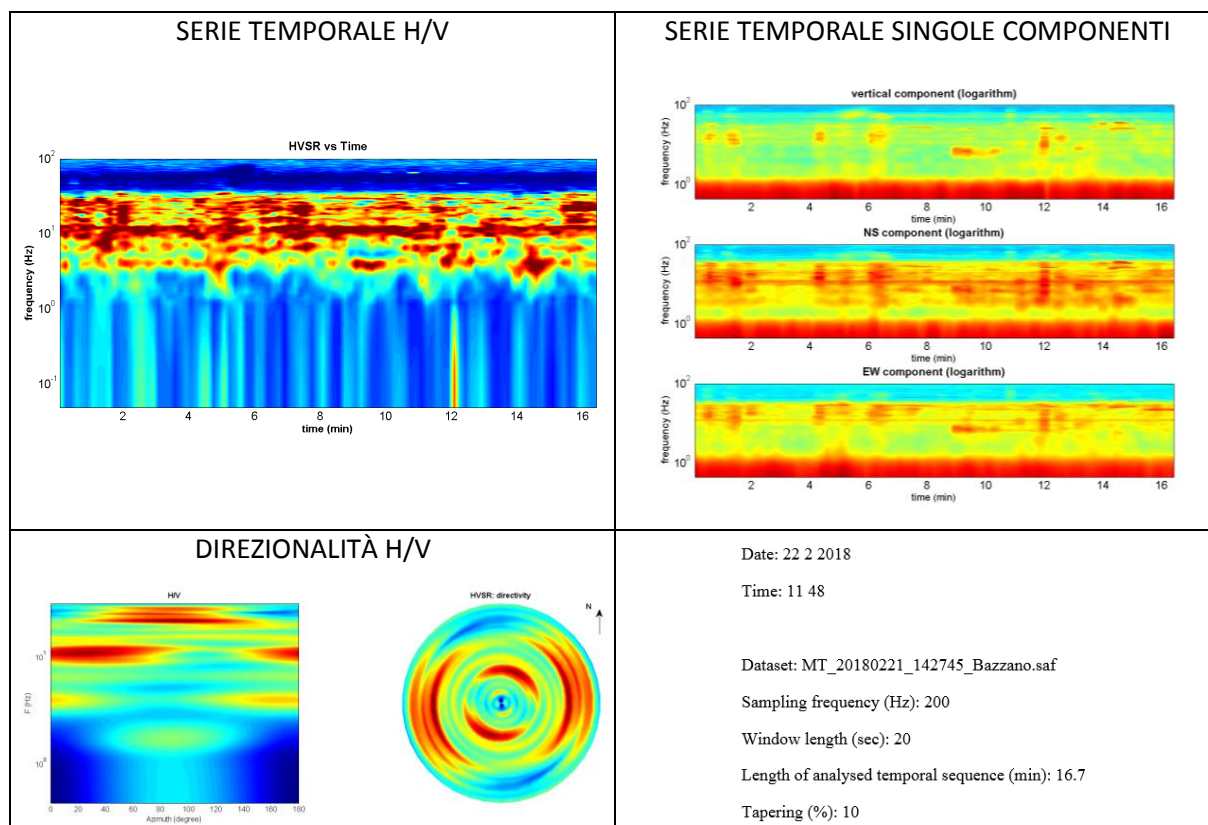
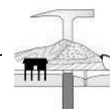


Figura 7. Caratteristiche dati acquisiti.

I criteri SESAME definiscono la robustezza statistica della curva HVSr e degli eventuali picchi presenti. Il computo dei picchi a 4.1 e 11.8 Hz sono riportati nei seguenti box. Nel picco a 4.1 Hz sono soddisfatti 4 criteri su 6, attorno a tale frequenza non sono dunque da escludersi eventuali fenomeni di amplificazione.

In the following the results considering the data in the 0.5-5.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 4.1 (± 0.4)

Peak HVSr value: 2.1 (± 0.2)

==== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $4.1 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $8125 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_{A(f)} < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

==== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$: yes, at frequency 1.4Hz (OK)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$: (NO)
- #3. $[A_0 > 2]$: $2.1 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$: $0.434 > 0.205$ (NO)
- #6. $[\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)]$: $0.210 < 1.58$ (OK)

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 11.8 (± 3.3)

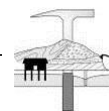
Peak HVSr value: 2.8 (± 0.2)

==== **Criteria for a reliable H/V curve** =====

- #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $11.8 > 0.5$ (OK)
- #2. $[nc > 200]$: $23408 > 200$ (OK)
- #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_{A(f)} < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

==== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

- #1. $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid AH/V(f_-) < A_0/2]$: (NO)
- #2. $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid AH/V(f_+) < A_0/2]$: (NO)
- #3. $[A_0 > 2]$: $2.8 > 2$ (OK)
- #4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_{A(f)}] = f_0 \pm 5\%]$: (OK)
- #5. $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$: $3.274 > 0.591$ (NO)
- #6. $[\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)]$: $0.164 < 1.58$ (OK)



La modellazione dell'HV realizzato è stata eseguita applicando lo schema geologico dato dall'analisi delle onde di superficie (figura successiva).

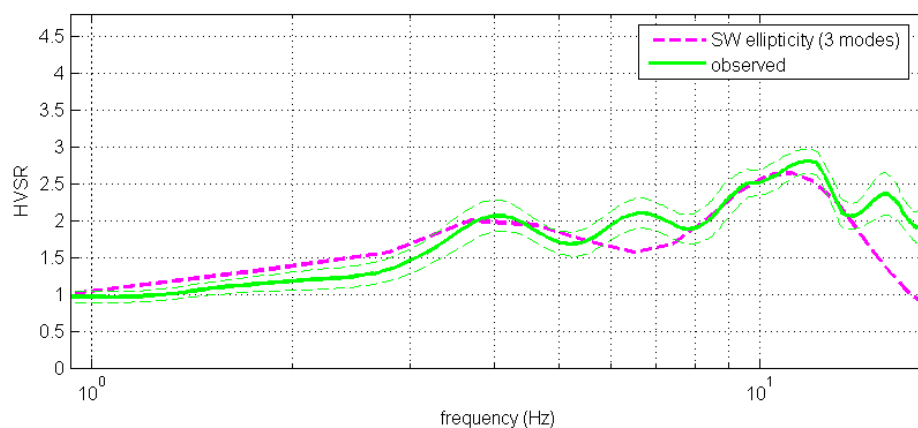


Figura 8. HVSR: in verde le misure effettuate, in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009). Il modello è chiaramente lo stesso usato per l'analisi delle onde di superficie.

L'analisi congiunta dei dati ha restituito il modello finale di seguito riportato.

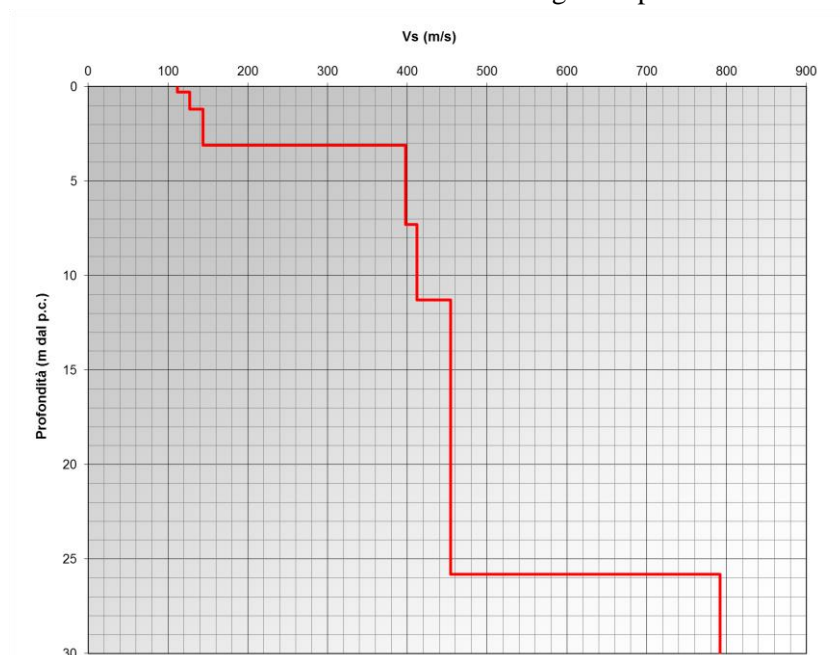
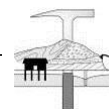


Figura 9. Profilo di velocità ottenuto dall'analisi congiunta.

Spessore (m)	Vs (m/s)
0,3	112
0,9	127
1,9	144
4,2	398
4,0	412
14,5	454
Inf.	792

Tabella 1. Modello di sottosuolo determinato mediante analisi congiunta.



La prova MASW unitamente all'analisi HVSR ha consentito di determinare, tramite la relazione riportata di seguito (NTC08), un valore di Vs30 al piano campagna pari a 373 m/s.

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

dove:

hi: spessore in metri dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

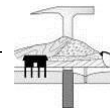
Vs,i: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

Profondità (m dal p.c.)	Vs (m/s)	Hi/Vsi
0,0 – 0,3	112	0,00268
0,3 – 1,2	127	0,00709
1,2 – 3,1	144	0,01319
3,1 – 7,3	398	0,01055
7,3 – 11,3	412	0,00971
11,3 – 25,8	454	0,03194
25,8 – 30,0	792	0,00530

Tabella 2. Modello per calcolo Vs30.

Profondità calcolo Vs30 (m dal p.c.)	Vs30 (m/s)
0,0	373
0,5	390
1,0	408
2,0	443
3,0	484
4,0	498
5,0	508

Tabella 3. Valori di Vs30 in funzione della profondità di calcolo.



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Dziewonski A., Bloch S., and Landisman M., 1969. *A technique for the analysis of transient seismic signals*. Bulletin of the Seismological Society of America, 59, No. 1, 427-444
- Levshin A.L., Pisarenko V., Pogrebinsky G., 1972. *On a frequency-time analysis of oscillations*. Annales Geophys., 28, 211-218.
- Aki K. and Richards P.G., 1980. *Quantitative Seismology, Theory and Methods*, Vol. 1-2, W.H. Freeman & Co., New York.
- Tokimatsu K., Tamura S., Kojima H., 1992. *Effects of Multiple Modes on Rayleigh Wave Dispersion Characteristics*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 118 (10), 1529-1543.
- Achenbach J.D., 1999. *Wave Propagation in Elastic Solids*, North-Holland, Amsterdam, Netherlands.
- Park C. B., Miller R. D. & Xia J., 1999. *Multichannel analysis of surface waves*, Geophysics, 64, 3; 800-808.
- Zywicki D.J., 1999. *Advanced Signal Processing Methods Applied to Engineering Analysis of Seismic Surface Waves*, Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology.
- Herrmann R.B. 2003. *Computer Programs in Seismology*.
- O'Neill A., Dentith M., List R., 2003. *Full-waveform P-SV reflectivity inversion of surface waves for shallow engineering applications*, Exploration Geophysics, 34, 158-173.
- Arai H., Tokimatsu K., 2004, *S-wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V spectrum*, Bull. Seism. Soc. Am: 94, 53-63.
- Safari J., O'Neill A., Matsuoka T., Sanada Y. (2005). *Applications of Love Wave Dispersion for Improved Shear-wave Velocity Imaging*, Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 10, 135-150.
- Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007. *Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation*, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55.
- Herak M., 2008. Model HVSR - A Matlab tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise, Computers & Geosciences, 34, 1514-1526.
- Lunedei E. and Albarello D.; 2009. *On the seismic noise wavefield in a weakly dissipative layered Earth*, Geophys. J. Int., 177, 1001-1014.
- Software *Microtremor* (<http://nato.gfz.hr/SW.zip>) di Albarello D. & Lunedei E. (vedi Lunedei E., Albarello D., 2009, *On the seismic noise wavefield in a weakly dissipative layered Earth*, *Geophys. J. Int.*, 177, 1001-1014).
- Dal Moro G., 2010. *Insights on Surface-Wave Dispersion Curves and HVSR: Joint Analysis via Pareto Optimality*, J. Appl. Geophysics, 72, 29-140.
- Dal Moro G. & Ferigo F., 2011. *Joint Analysis of Rayleigh - and Love-Wave Dispersion for Near-Surface Studies: Issues, Criteria and Improvements*, J. Appl. Geophysics, in stampa.
- Dal Moro G., 2011. *Some Aspects about Surface Wave and HVSR Analyses: an Short Overview and a Case Study*, BGTA (Bollettino Geofisica Teorica e Applicata), Vol. 52, in stampa.
- Luo Y., Xia J., Xu Y. & Zeng C., 2011, *Analysis of group-velocity dispersion of high-frequency Rayleigh waves for near-surface applications*. Journal of Applied Geophysics, 74, 157-165.

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 14 Gennaio 2008. *Nuove Norme Tecniche per le 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*.

ALLEGATO B




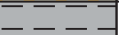
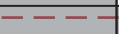
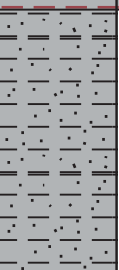
INDAGINI GEOGNOSTICHE 2009

COMMITTENTE : Amministrazione comunale di Neviano degli Arduini (PR)

LOCALITA' : Scuola Materna di Bazzano

PERFORAZIONE : Carotaggio continuo a rotazione

SONDAGGIO S1

VARIAZ. STRAT.	METRI	STRATIG.	CAMP.	PROF. CAMP.	DESCRIZIONE TERRENO	S.P.T.		POCKET PENET. (kg/cm2)	VANE TEST		Rivestim.
						H	N		MAX	REG	
0,8					Terreno vegetale limo argilloso marrone scuro						
					Argilla limosa marrone chiaro a chiazze grigie	3,0	5-8-10	3,0 2,5 1,5 2,2 2,5 2,75 2,7 2,75 2,5 2,2 3,0 3,0			
4,5					Argilla limosa da grigia a nera			2,8			
5,0				5,0				> 4,5			
5,5				5,3	Alternanze di marna argillosa grigia e calcare fine grigio, talora fratturati	6,0	33-50	> 4,5 > 4,5 > 4,5 > 4,5			
9,0					Fine sondaggio						

FALDA: -3,0 m da p.c..

DATA: 16 dicembre 2008

NOTE:

0,0 m 1,0 2,0 3,0 4,0



1,0 m 2,0 3,0 4,0 5,0

5,0 m 6,0 7,0 8,0



6,0 m 7,0 8,0 9,0

CPT 1

Località: Bazzano

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovraccarico (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

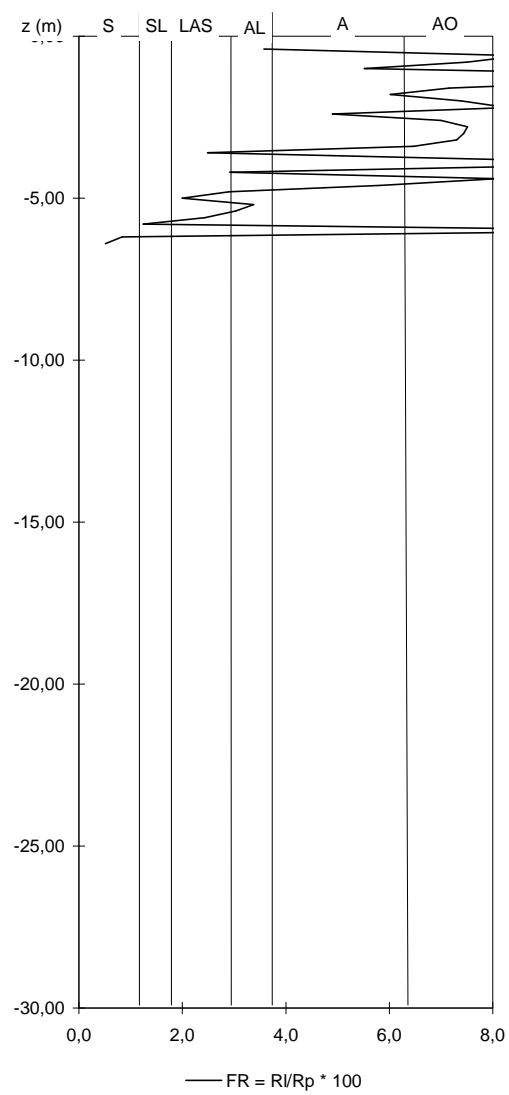
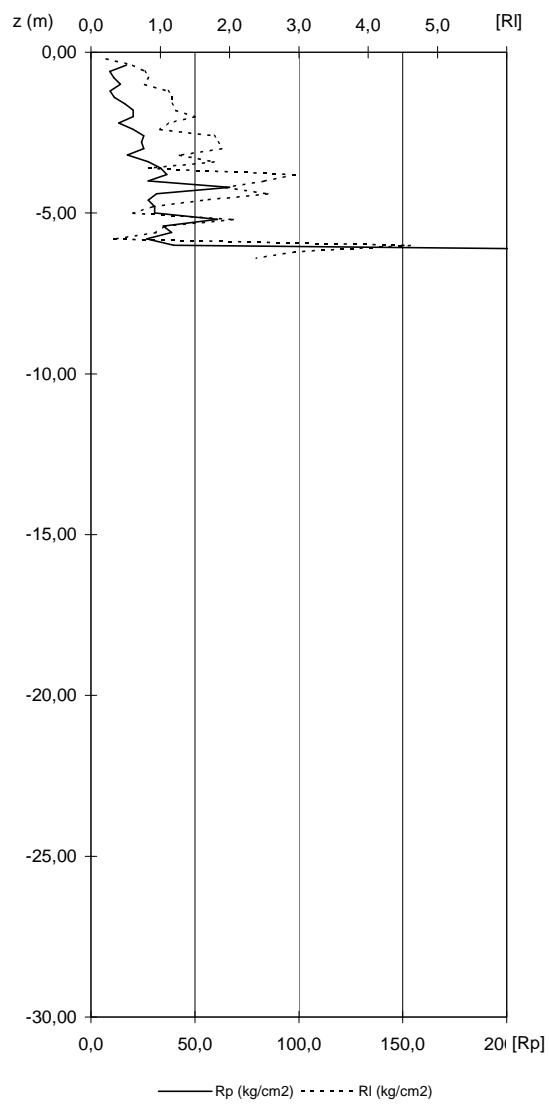
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

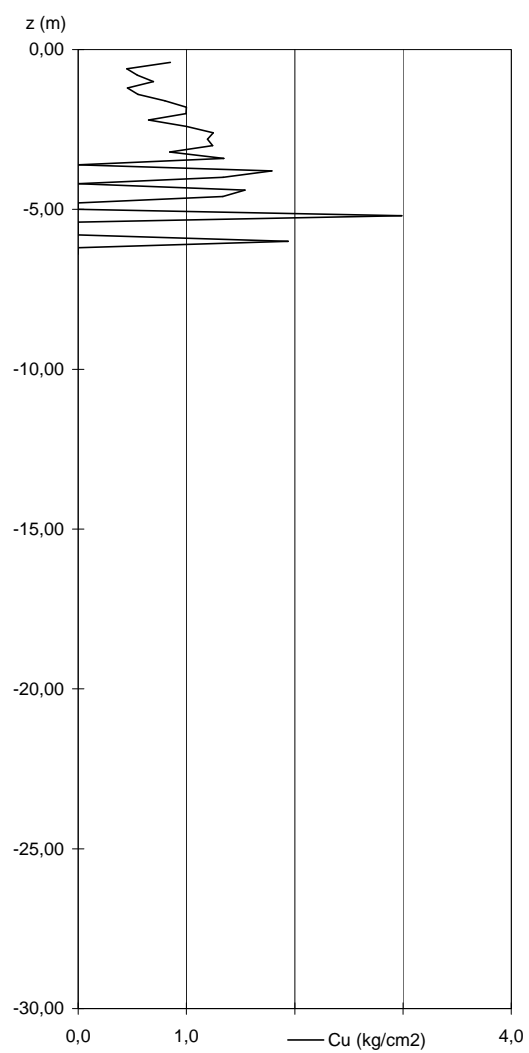
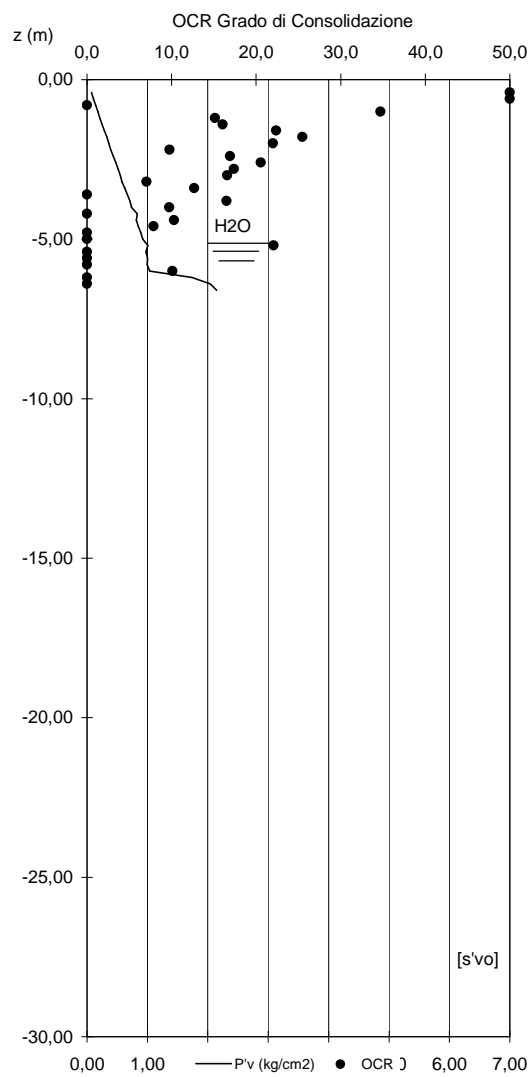
quota p.c.: m s.l.m.

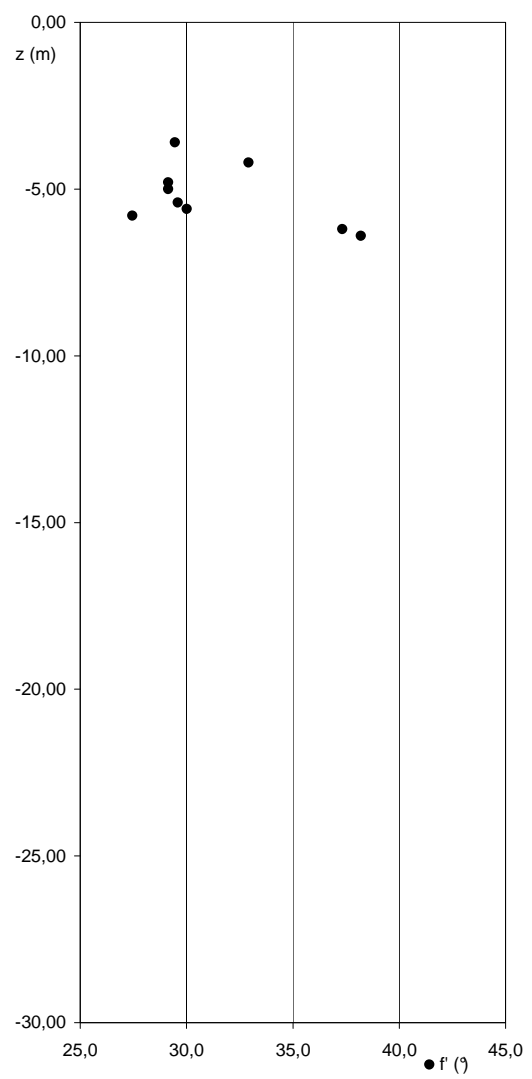
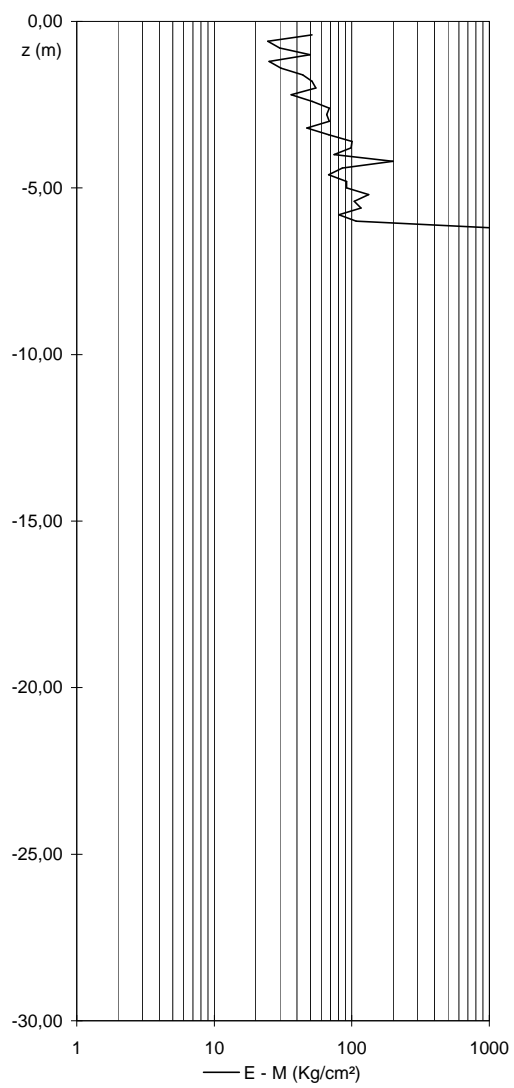
falda: 5,10 da p.c.

data prova: 12-gen-09

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,2										
-0,4	17,1	0,6	3,57	1,80	0,07	0,00	0,85	50,0	51	0,0	-	argilla limosa
-0,6	9,1	0,8	8,55	1,77	0,11	0,00	0,45	38,5	25	0,0	-	argilla organica
-0,8	11,1	0,8	7,51	1,78	0,14	0,00	0,55	34,2	30	0,0	-	argilla organica
-1,0	14,1	0,8	5,52	1,79	0,18	0,00	0,70	34,7	50	0,0	-	argilla
-1,2	9,3	1,1	11,95	1,77	0,21	0,00	0,45	12,6	25	0,0	-	argilla organica
-1,4	11,3	1,2	10,32	1,78	0,25	0,00	0,55	13,4	31	0,0	-	argilla organica
-1,6	16,3	1,2	7,16	1,80	0,29	0,00	0,80	19,7	44	0,0	-	argilla organica
-1,8	20,3	1,2	6,02	1,81	0,33	0,00	1,00	23,4	51	0,0	-	argilla
-2,0	20,3	1,5	7,39	1,81	0,36	0,00	1,00	19,3	55	0,0	-	argilla organica
-2,2	13,4	1,1	8,29	1,79	0,39	0,00	0,65	8,4	36	0,0	-	argilla organica
-2,4	20,4	1,0	4,90	1,81	0,44	0,00	1,00	14,1	52	0,0	-	argilla
-2,6	25,4	1,8	7,00	1,83	0,48	0,00	1,25	17,7	69	0,0	-	argilla organica
-2,8	24,4	1,8	7,51	1,83	0,51	0,00	1,19	14,6	66	0,0	-	argilla organica
-3,0	25,4	1,9	7,44	1,83	0,55	0,00	1,24	13,8	69	0,0	-	argilla organica
-3,2	17,5	1,3	7,30	1,80	0,58	0,00	0,85	7,0	47	0,0	-	argilla organica
-3,4	27,5	1,8	6,46	1,84	0,63	0,00	1,34	12,7	68	0,0	-	argilla
-3,6	33,5	0,8	2,49	1,86	0,67	0,00	0,00	-	101	29,4	-	limo argillo-sabbioso
-3,8	36,5	2,9	8,07	1,87	0,71	0,00	1,79	16,6	99	0,0	-	argilla organica
-4,0	27,5	2,5	9,09	1,84	0,74	0,00	1,34	9,8	74	0,0	-	argilla organica
-4,2	66,6	1,9	2,92	1,98	0,83	0,00	0,00	-	200	32,9	-	limo argillo-sabbioso
-4,4	31,6	2,6	8,09	1,85	0,82	0,00	1,54	10,3	85	0,0	-	argilla organica
-4,6	27,6	1,6	5,84	1,84	0,85	0,00	1,34	7,9	68	0,0	-	argilla
-4,8	30,6	0,9	2,90	1,85	0,89	0,00	0,00	-	92	29,1	-	limo argillo-sabbioso
-5,0	30,6	0,6	2,00	1,85	0,92	0,00	0,00	-	92	29,1	-	limo argillo-sabbioso
-5,2	60,8	2,1	3,38	1,96	1,01	0,01	2,99	22,2	132	0,0	-	argilla limosa
-5,4	34,8	1,1	3,03	1,86	0,98	0,03	0,00	-	104	29,6	-	limo argillo-sabbioso
-5,6	38,8	0,9	2,43	1,88	1,00	0,05	0,00	-	116	30,0	-	limo argillo-sabbioso
-5,8	26,8	0,3	1,24	1,84	0,99	0,07	0,00	-	80	27,4	371	sabbia
-6,0	39,8	4,6	11,59	1,88	1,04	0,09	1,94	10,1	107	0,0	-	argilla organica
-6,2	351,9	2,9	0,84	2,98	1,74	0,11	0,00	-	1056	37,3	1793	sabbia
-6,4	467,9	2,4	0,51	3,39	2,04	0,13	0,00	-	1404	38,2	2134	sabbia
-6,6	492,9			3,48	2,15	0,15						







CPT 2

Località: Bazzano

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovracc. (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

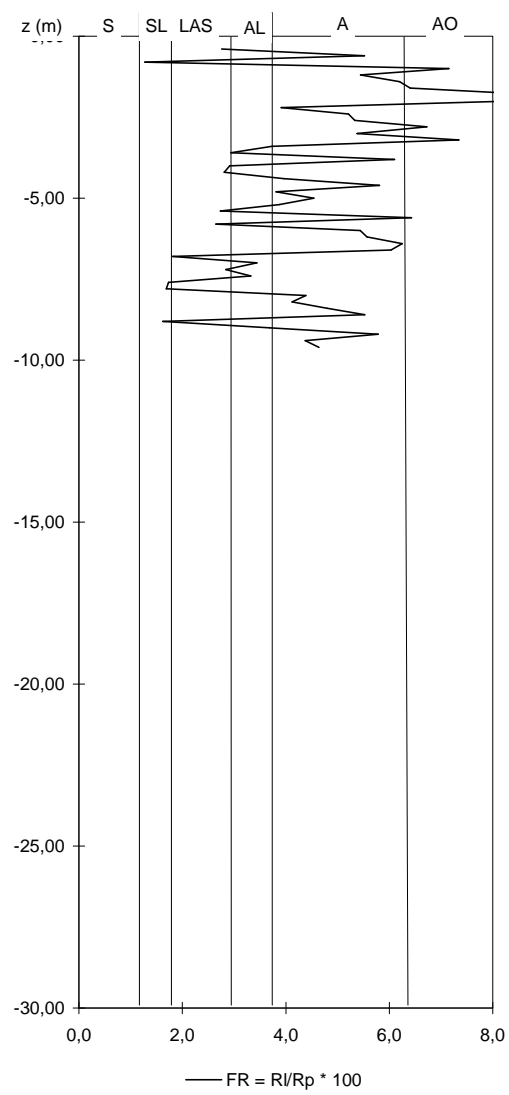
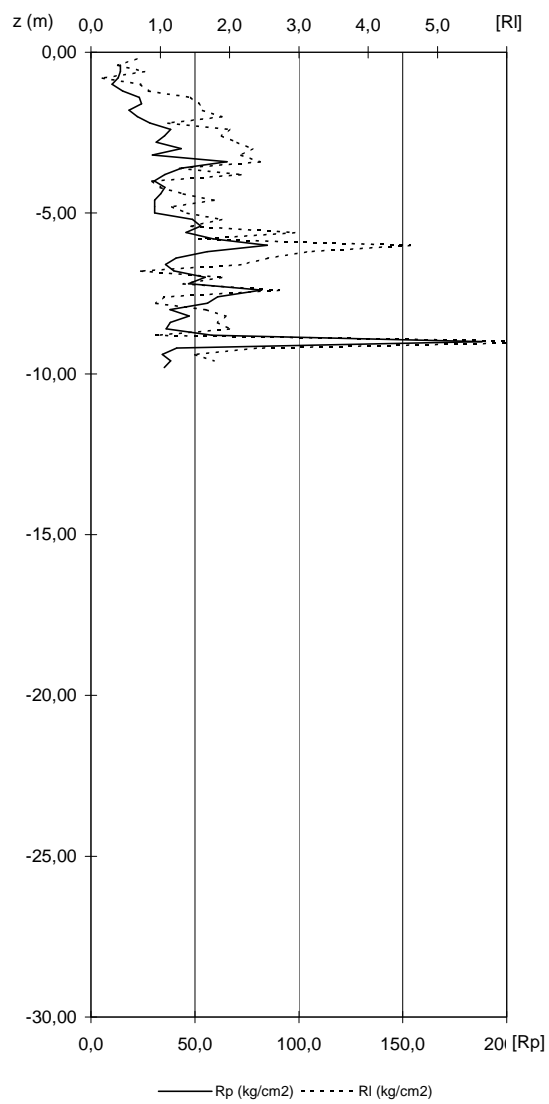
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

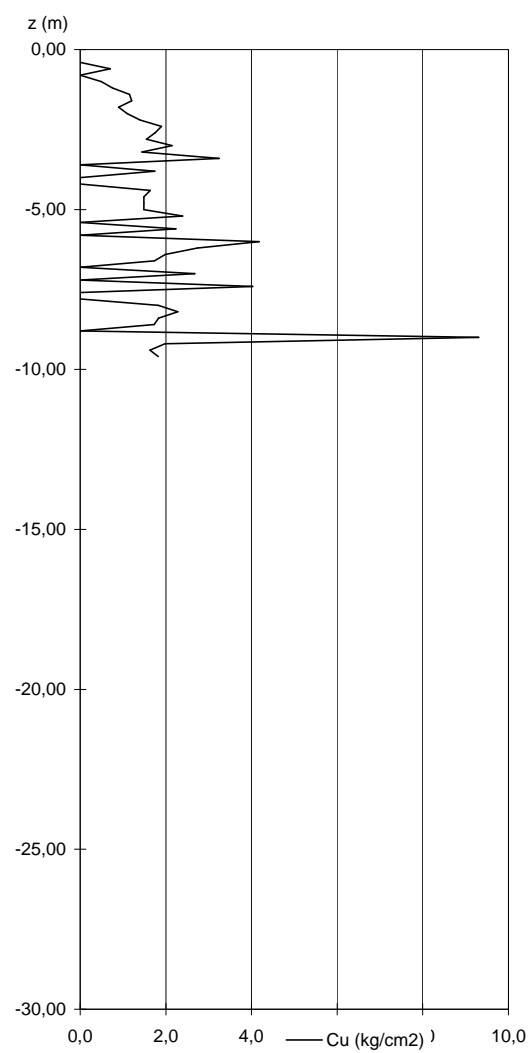
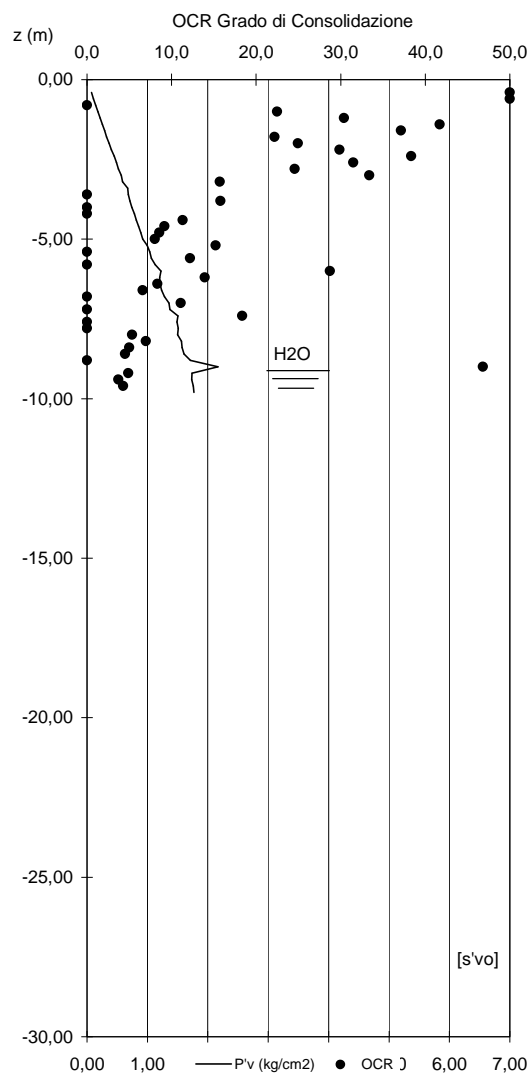
quota p.c.: m s.l.m.

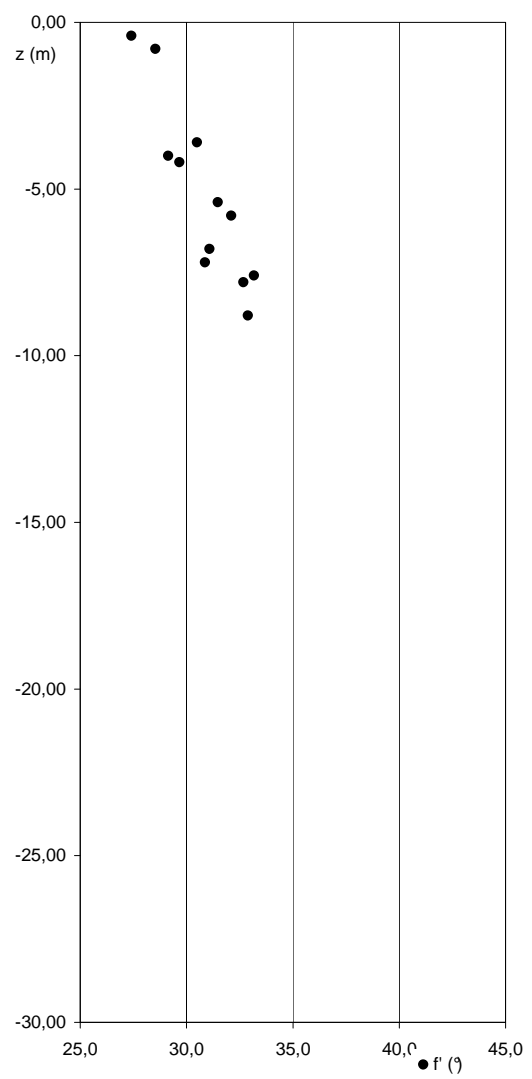
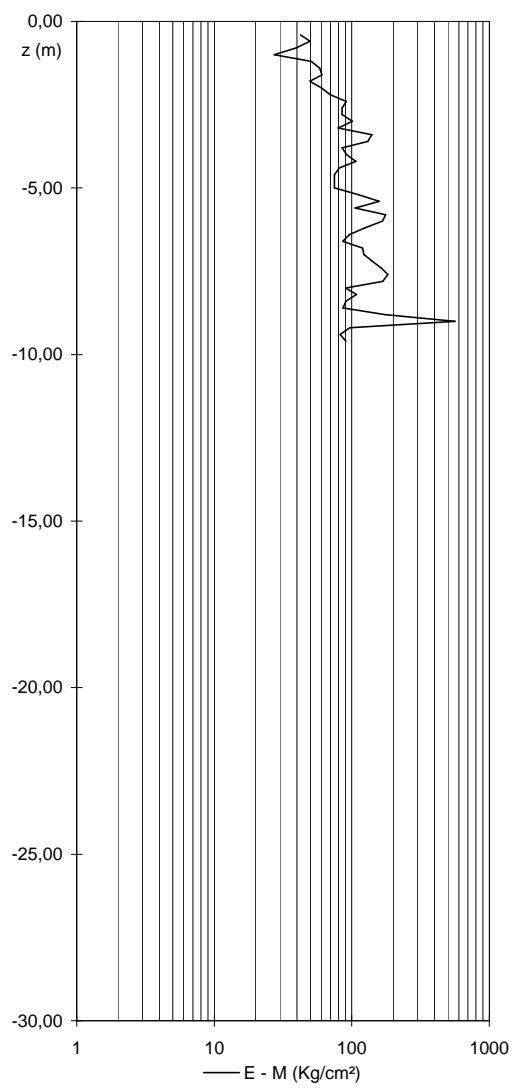
falda: 9,20 da p.c.

data prova: 12-gen-09

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,7										
-0,4	14,1	0,4	2,76	1,79	0,07	0,00	0,00	50,0	42	27,4	-	limo argillo-sabbioso
-0,6	14,1	0,8	5,52	1,79	0,11	0,00	0,70	50,0	50	0,0	-	argilla
-0,8	13,1	0,2	1,27	1,79	0,14	0,00	0,00	0,0	39	28,5	240	sabbia
-1,0	10,1	0,7	7,15	1,78	0,18	0,00	0,50	22,5	27	0,0	-	argilla organica
-1,2	15,3	0,8	5,45	1,80	0,22	0,00	0,75	30,4	51	0,0	-	argilla
-1,4	23,3	1,4	6,20	1,82	0,26	0,00	1,15	41,7	58	0,0	-	argilla
-1,6	24,3	1,6	6,40	1,83	0,29	0,00	1,20	37,1	61	0,0	-	argilla
-1,8	18,3	1,6	8,80	1,81	0,33	0,00	0,90	22,2	49	0,0	-	argilla organica
-2,0	22,3	1,9	8,47	1,82	0,36	0,00	1,10	24,9	60	0,0	-	argilla organica
-2,2	28,4	1,1	3,91	1,84	0,41	0,00	1,40	29,9	70	0,0	-	argilla limosa
-2,4	38,4	2,0	5,21	1,88	0,45	0,00	1,90	38,3	91	0,0	-	argilla
-2,6	35,4	1,9	5,34	1,87	0,49	0,00	1,75	31,5	85	0,0	-	argilla
-2,8	31,4	2,1	6,72	1,85	0,52	0,00	1,54	24,6	85	0,0	-	argilla organica
-3,0	43,4	2,3	5,38	1,89	0,57	0,00	2,14	33,4	101	0,0	-	argilla
-3,2	29,5	2,2	7,34	1,85	0,59	0,00	1,45	15,7	80	0,0	-	argilla organica
-3,4	65,5	2,4	3,73	1,97	0,67	0,00	3,24	62,4	140	0,0	-	argilla limosa
-3,6	43,5	1,3	2,94	1,89	0,68	0,00	0,00	0,0	131	30,5	-	limo argillo-sabbioso
-3,8	35,5	2,2	6,10	1,87	0,71	0,00	1,74	15,8	85	0,0	-	argilla
-4,0	30,5	0,9	2,91	1,85	0,74	0,00	0,00	0,0	92	29,1	-	limo argillo-sabbioso
-4,2	35,6	1,0	2,81	1,87	0,78	0,00	0,00	0,0	107	29,7	-	limo argillo-sabbioso
-4,4	33,6	1,3	3,97	1,86	0,82	0,00	1,64	11,3	81	0,0	-	argilla limosa
-4,6	30,6	1,8	5,81	1,85	0,85	0,00	1,49	9,2	75	0,0	-	argilla
-4,8	30,6	1,2	3,81	1,85	0,89	0,00	1,49	8,6	75	0,0	-	argilla limosa
-5,0	30,6	1,4	4,54	1,85	0,92	0,00	1,48	8,0	75	0,0	-	argilla
-5,2	48,8	1,9	3,87	1,91	0,99	0,00	2,39	15,2	111	0,0	-	argilla limosa
-5,4	52,8	1,4	2,74	1,93	1,04	0,00	0,00	0,0	158	31,5	-	limo argillo-sabbioso
-5,6	45,8	2,9	6,43	1,90	1,07	0,00	2,24	12,2	106	0,0	-	argilla
-5,8	58,8	1,6	2,65	1,95	1,13	0,00	0,00	0,0	176	32,1	-	limo argillo-sabbioso
-6,0	84,8	4,6	5,44	2,04	1,22	0,00	4,18	28,7	167	0,0	-	argilla
-6,2	55,9	3,1	5,57	1,94	1,20	0,00	2,73	13,9	124	0,0	-	argilla
-6,4	40,9	2,6	6,25	1,89	1,21	0,00	1,98	8,3	96	0,0	-	argilla
-6,6	35,9	2,2	6,04	1,87	1,23	0,00	1,73	6,6	86	0,0	-	argilla
-6,8	39,9	0,7	1,81	1,88	1,28	0,00	0,00	0,0	120	31,1	-	sabbia limosa
-7,0	54,9	1,9	3,44	1,93	1,35	0,00	2,68	11,1	122	0,0	-	argilla limosa
-7,2	47,0	1,3	2,84	1,91	1,37	0,00	0,00	0,0	141	30,9	-	limo argillo-sabbioso
-7,4	82,0	2,7	3,32	2,03	1,50	0,00	4,02	18,4	163	0,0	-	argilla limosa
-7,6	61,0	1,1	1,73	1,96	1,49	0,00	0,00	0,0	183	33,2	-	sabbia limosa
-7,8	56,0	0,9	1,69	1,94	1,51	0,00	0,00	0,0	168	32,7	-	sabbia limosa
-8,0	38,0	1,7	4,39	1,88	1,50	0,00	1,82	5,3	90	0,0	-	argilla
-8,2	47,2	1,9	4,12	1,91	1,56	0,00	2,28	7,0	108	0,0	-	argilla
-8,4	38,2	1,8	4,80	1,88	1,58	0,00	1,83	5,0	91	0,0	-	argilla
-8,6	36,2	2,0	5,52	1,87	1,61	0,00	1,73	4,5	87	0,0	-	argilla
-8,8	58,2	0,9	1,62	1,95	1,71	0,00	0,00	0,0	175	32,9	-	sabbia limosa
-9,0	188,2	6,9	3,69	2,41	2,16	0,00	9,30	46,8	565	0,0	-	argilla limosa
-9,2	41,3	2,4	5,78	1,89	1,74	0,00	1,98	4,9	97	0,0	-	argilla
-9,4	34,3	1,5	4,37	1,86	1,73	0,02	1,63	3,7	83	0,0	-	argilla
-9,6	38,3	1,8	4,64	1,88	1,76	0,04	1,83	4,3	91	0,0	-	argilla
-9,8	35,3			1,87	1,77	0,06						







CPT 3

Località: Bazzano

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovracc. (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

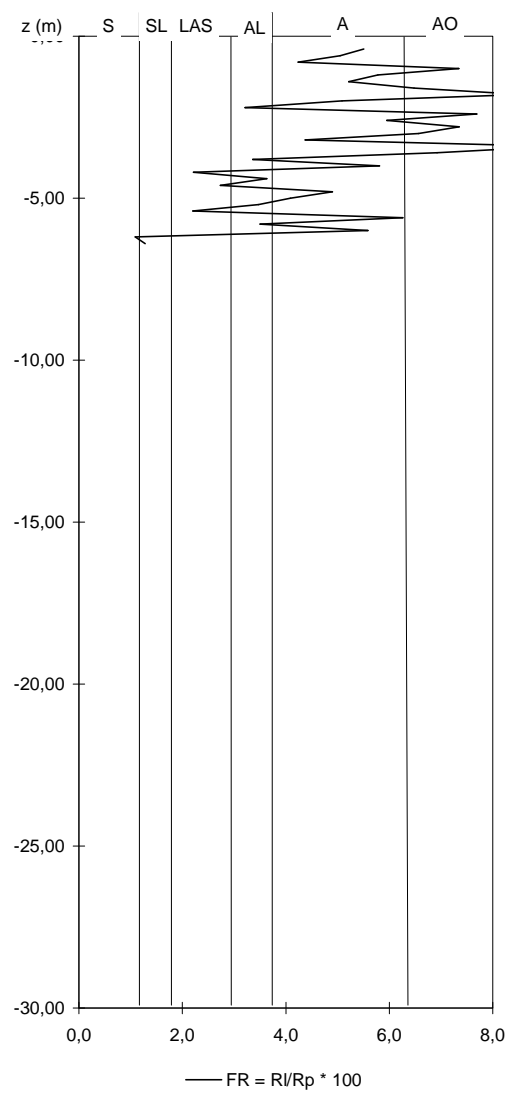
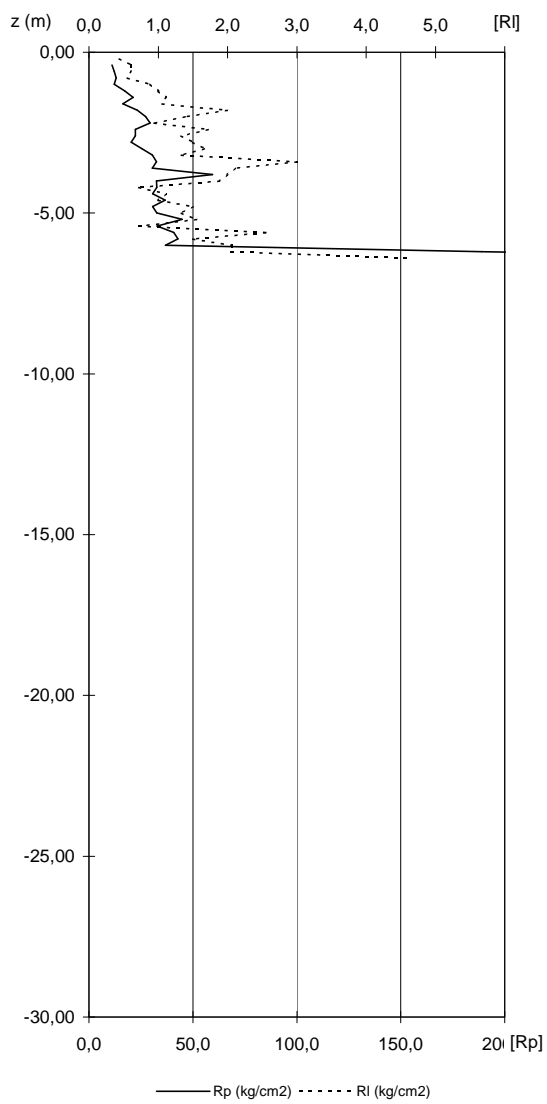
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

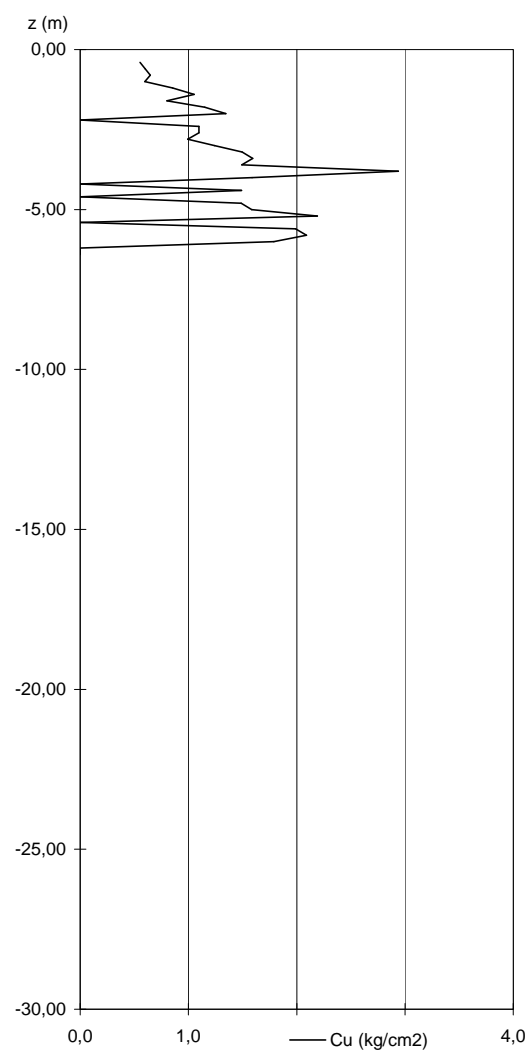
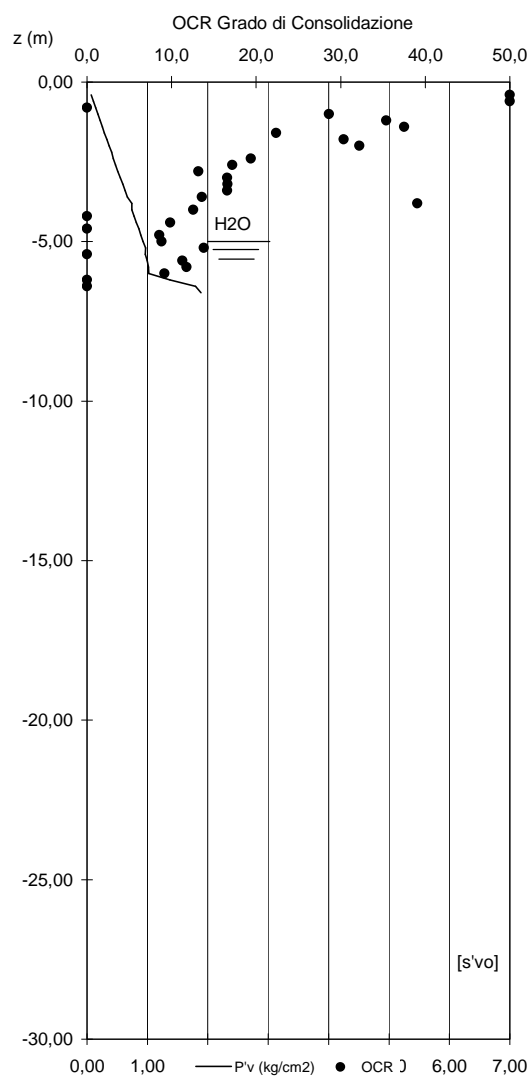
quota p.c.: m s.l.m.

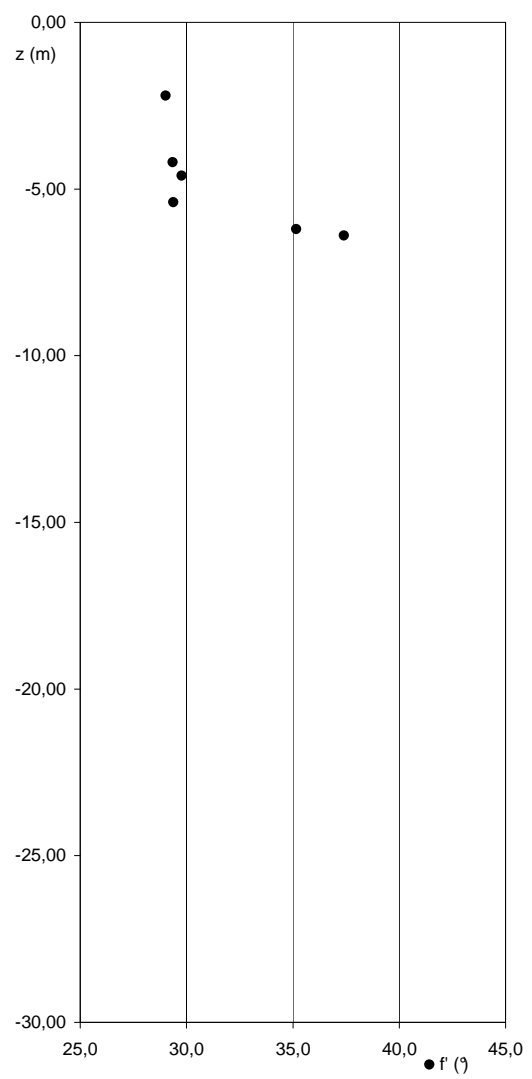
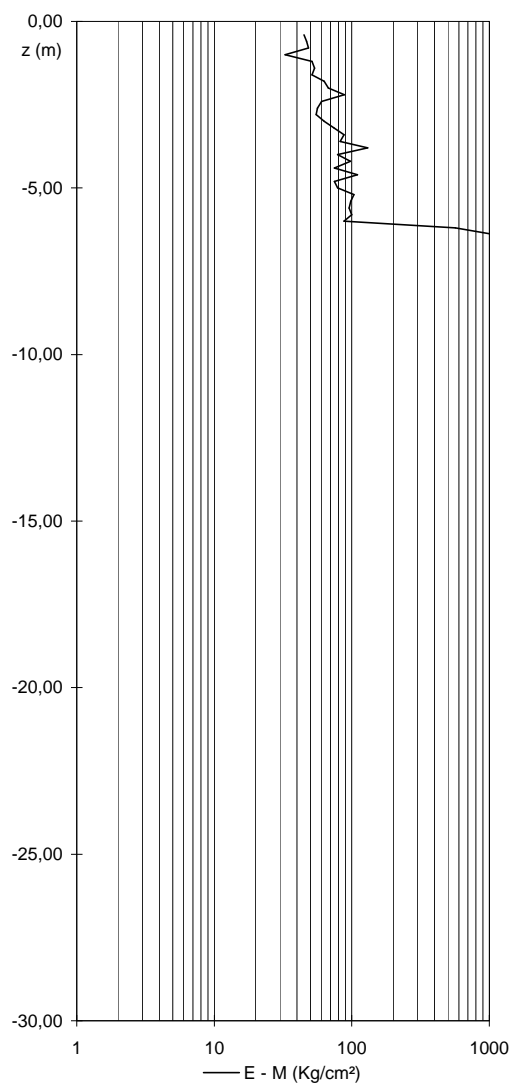
falda: 5,00 da p.c.

data prova: 12-gen-09

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,4										
-0,4	11,1	0,6	5,51	1,78	0,07	0,00	0,55	50,0	45	0,0	-	argilla
-0,6	12,1	0,6	5,05	1,78	0,11	0,00	0,60	50,0	47	0,0	-	argilla
-0,8	13,1	0,6	4,24	1,79	0,14	0,00	0,65	41,9	48	0,0	-	argilla
-1,0	12,1	0,9	7,35	1,78	0,18	0,00	0,60	27,7	33	0,0	-	argilla organica
-1,2	17,3	1,0	5,78	1,80	0,22	0,00	0,85	35,4	51	0,0	-	argilla
-1,4	21,3	1,1	5,22	1,82	0,25	0,00	1,05	37,5	54	0,0	-	argilla
-1,6	16,3	1,1	6,48	1,80	0,29	0,00	0,80	19,7	51	0,0	-	argilla
-1,8	23,3	2,0	8,58	1,82	0,33	0,00	1,15	30,4	63	0,0	-	argilla organica
-2,0	27,3	1,4	5,09	1,84	0,37	0,00	1,35	32,2	67	0,0	-	argilla
-2,2	29,4	0,9	3,21	1,84	0,41	0,00	0,00	-	88	29,0	-	limo argillo-sabbioso
-2,4	22,4	1,7	7,69	1,82	0,44	0,00	1,10	16,5	60	0,0	-	argilla organica
-2,6	22,4	1,3	5,95	1,82	0,47	0,00	1,10	14,4	56	0,0	-	argilla
-2,8	20,4	1,5	7,35	1,81	0,51	0,00	0,99	11,0	55	0,0	-	argilla organica
-3,0	25,4	1,7	6,56	1,83	0,55	0,00	1,24	13,8	63	0,0	-	argilla
-3,2	30,5	1,3	4,37	1,85	0,59	0,00	1,50	16,7	74	0,0	-	argilla
-3,4	32,5	3,0	9,23	1,86	0,63	0,00	1,59	16,6	88	0,0	-	argilla organica
-3,6	30,5	2,1	6,92	1,85	0,67	0,00	1,49	13,6	82	0,0	-	argilla organica
-3,8	59,5	2,0	3,36	1,95	0,74	0,00	2,94	35,5	130	0,0	-	argilla limosa
-4,0	32,5	1,9	5,81	1,86	0,74	0,00	1,59	12,6	79	0,0	-	argilla
-4,2	32,6	0,7	2,22	1,86	0,78	0,00	0,00	-	98	29,4	-	limo argillo-sabbioso
-4,4	30,6	1,1	3,63	1,85	0,81	0,00	1,49	9,8	75	0,0	-	argilla limosa
-4,6	36,6	1,0	2,73	1,87	0,86	0,00	0,00	-	110	29,8	-	limo argillo-sabbioso
-4,8	30,6	1,5	4,90	1,85	0,89	0,00	1,49	8,6	75	0,0	-	argilla
-5,0	32,6	1,3	4,09	1,86	0,93	0,00	1,58	8,8	79	0,0	-	argilla
-5,2	44,8	1,6	3,47	1,90	0,97	0,02	2,19	13,9	104	0,0	-	argilla limosa
-5,4	32,8	0,7	2,20	1,86	0,96	0,04	0,00	-	98	29,4	-	limo argillo-sabbioso
-5,6	40,8	2,6	6,26	1,89	1,00	0,06	1,99	11,3	96	0,0	-	argilla
-5,8	42,8	1,5	3,50	1,89	1,02	0,08	2,09	11,8	100	0,0	-	argilla limosa
-6,0	36,8	2,1	5,59	1,87	1,02	0,10	1,79	9,2	88	0,0	-	argilla
-6,2	188,9	2,1	1,09	2,41	1,37	0,12	0,00	-	567	35,2	1226	sabbia
-6,4	363,9	4,7	1,28	3,03	1,80	0,14	0,00	-	1092	37,4	1830	sabbia
-6,6	384,9			3,10	1,89	0,16						







CPT 4

Località: Bazzano

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovraccarico (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

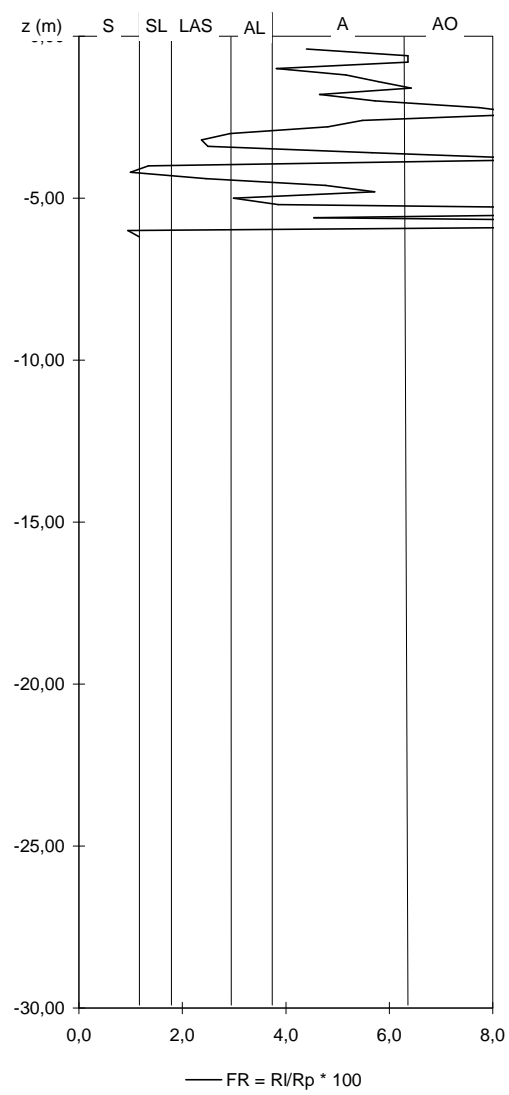
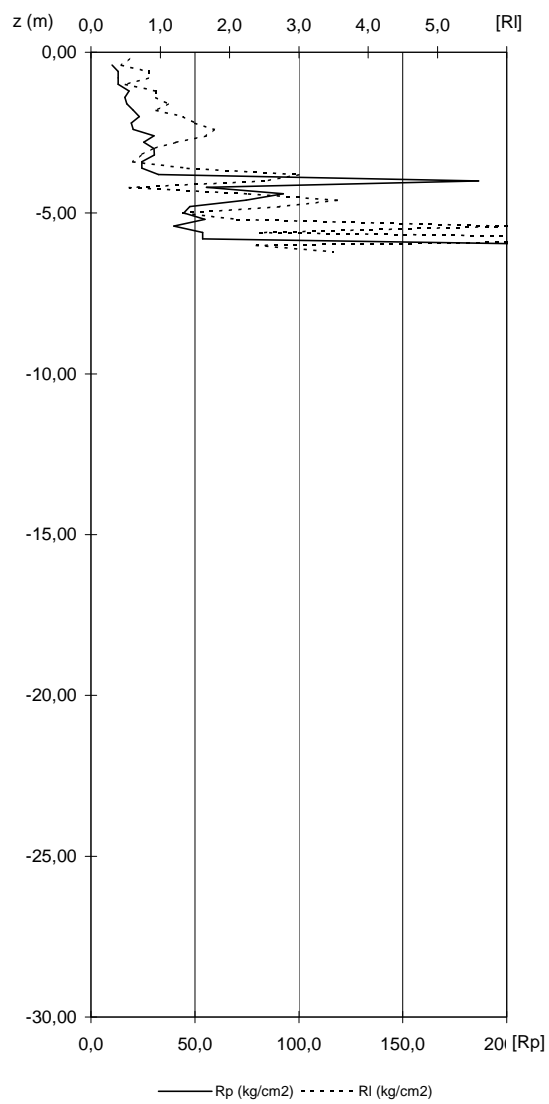
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

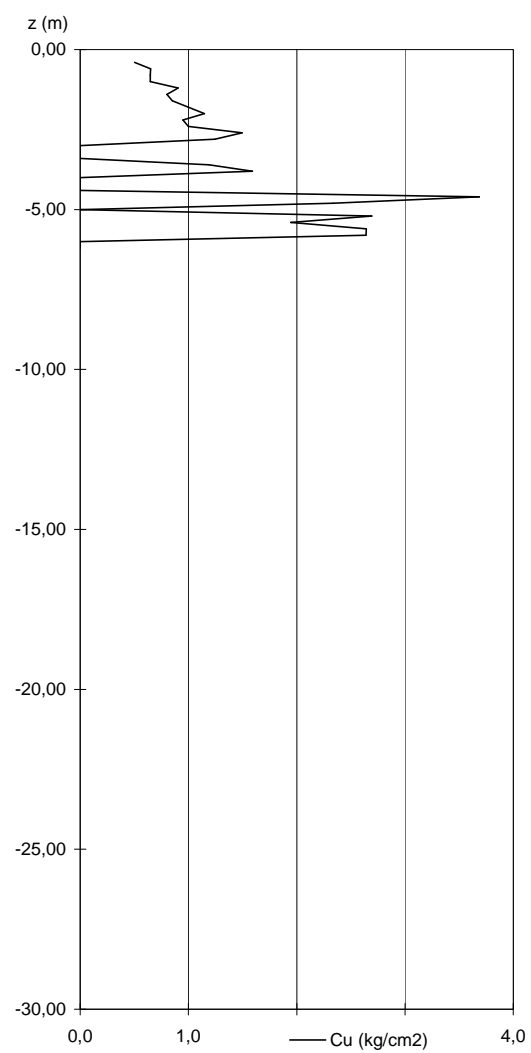
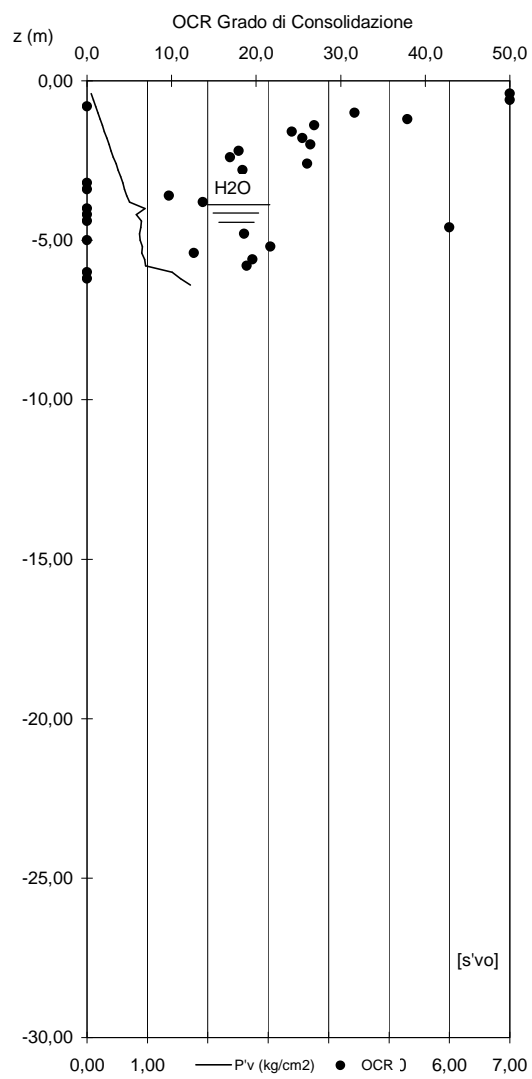
quota p.c.: m s.l.m.

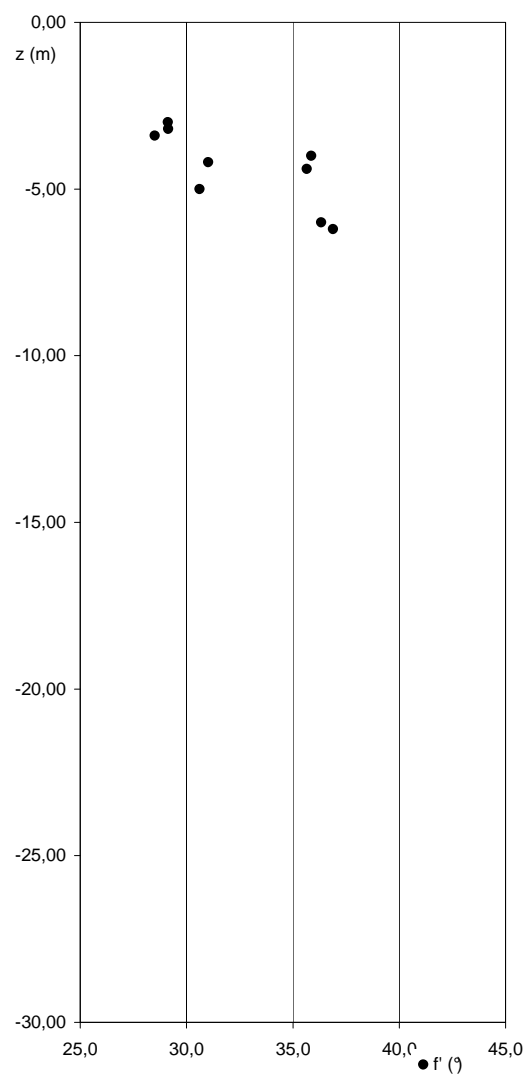
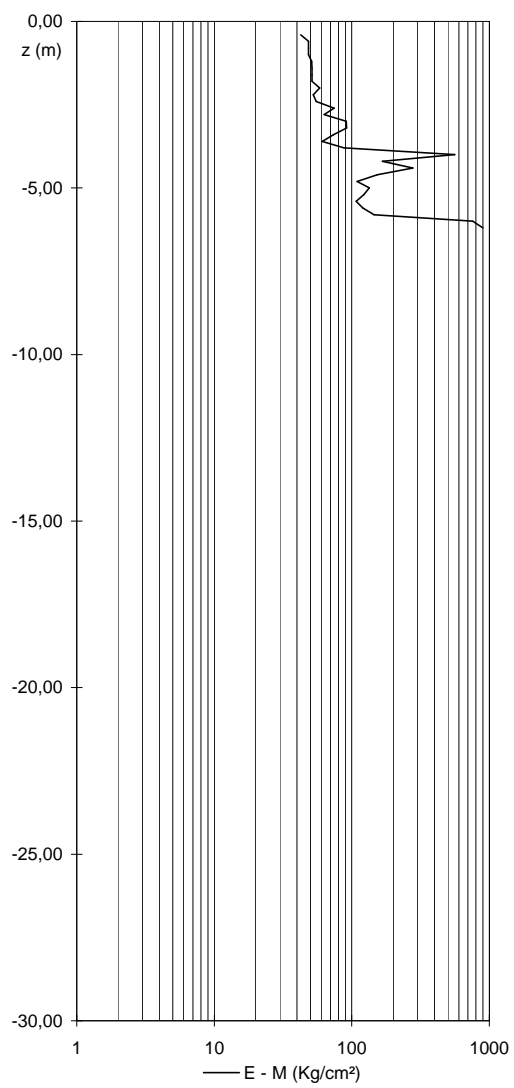
falda: 4,30 da p.c.

data prova: 12-gen-09

z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,6										
-0,4	10,1	0,4	4,40	1,78	0,07	0,00	0,50	50,0	43	0,0	-	argilla
-0,6	13,1	0,8	6,36	1,79	0,11	0,00	0,65	50,0	48	0,0	-	argilla
-0,8	13,1	0,8	6,36	1,79	0,14	0,00	0,65	41,9	48	0,0	-	argilla
-1,0	13,1	0,5	3,82	1,79	0,18	0,00	0,65	31,7	48	0,0	-	argilla limosa
-1,2	18,3	0,9	5,16	1,81	0,22	0,00	0,90	37,9	51	0,0	-	argilla
-1,4	16,3	0,9	5,79	1,80	0,25	0,00	0,80	25,3	51	0,0	-	argilla
-1,6	17,3	1,1	6,42	1,80	0,29	0,00	0,85	21,9	51	0,0	-	argilla
-1,8	20,3	0,9	4,65	1,81	0,33	0,00	1,00	23,4	51	0,0	-	argilla
-2,0	23,3	1,3	5,72	1,82	0,36	0,00	1,15	24,7	58	0,0	-	argilla
-2,2	19,4	1,5	7,73	1,81	0,40	0,00	0,95	15,1	52	0,0	-	argilla organica
-2,4	20,4	1,8	8,71	1,81	0,44	0,00	1,00	14,1	55	0,0	-	argilla organica
-2,6	30,4	1,7	5,48	1,85	0,48	0,00	1,50	24,2	74	0,0	-	argilla
-2,8	25,4	1,2	4,81	1,83	0,51	0,00	1,24	15,6	63	0,0	-	argilla
-3,0	30,4	0,9	2,92	1,85	0,55	0,00	0,00	-	91	29,1	-	limo argillo-sabbioso
-3,2	30,5	0,7	2,37	1,85	0,59	0,00	0,00	-	92	29,1	-	limo argillo-sabbioso
-3,4	24,5	0,6	2,49	1,83	0,62	0,00	0,00	-	74	28,5	-	limo argillo-sabbioso
-3,6	24,5	1,4	5,67	1,83	0,66	0,00	1,19	9,7	61	0,0	-	argilla
-3,8	32,5	3,0	9,23	1,86	0,71	0,00	1,59	13,7	88	0,0	-	argilla organica
-4,0	186,5	2,5	1,34	2,40	0,96	0,00	0,00	-	560	35,9	1216	sabbia
-4,2	55,6	0,6	1,00	1,94	0,81	0,00	0,00	-	167	31,0	580	sabbia
-4,4	92,6	2,3	2,46	2,07	0,90	0,01	0,00	-	278	35,7	-	limo argillo-sabbioso
-4,6	74,6	3,6	4,77	2,00	0,89	0,03	3,69	37,4	153	0,0	-	argilla
-4,8	47,6	2,7	5,72	1,91	0,87	0,05	2,34	18,7	109	0,0	-	argilla
-5,0	44,6	1,3	2,99	1,90	0,88	0,07	0,00	-	134	30,6	-	limo argillo-sabbioso
-5,2	54,8	2,1	3,85	1,93	0,92	0,09	2,69	21,8	122	0,0	-	argilla limosa
-5,4	39,8	6,0	15,08	1,88	0,91	0,11	1,94	12,7	107	0,0	-	argilla organica
-5,6	53,8	2,4	4,54	1,93	0,95	0,13	2,64	19,6	120	0,0	-	argilla
-5,8	53,8	9,3	17,35	1,93	0,97	0,15	2,64	19,0	145	0,0	-	argilla organica
-6,0	251,8	2,4	0,95	2,63	1,41	0,17	0,00	-	755	36,3	1461	sabbia
-6,2	299,9	3,5	1,17	2,80	1,55	0,19	0,00	-	900	36,9	1626	sabbia
-6,4	357,9			3,00	1,71	0,21						







CPT 5

Località: Bazzano

Parametri geotecnici

Rp = resistenza alla punta (Kg/cm2)

RI = resistenza laterale (Kg/cm2)

FR = RI/Rp (Kg/cm2)

Parametri geotecnici stimati

g= peso di volume (t/m3)

P'v = pres. vert. efficace (Kg/cm2)

u = pres. neutra (Kg/cm2)

E = modulo di deform. (Kg/cm2)

OCR = grado di sovraccarico (°)

Cu = coesione non drenata (Kg/cm2)

Fi = angolo di attrito (°)

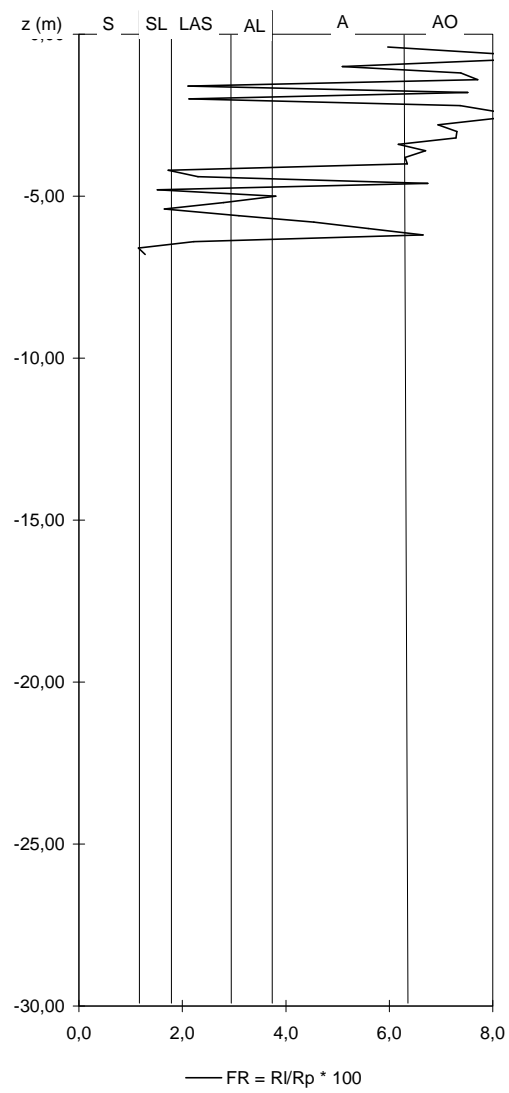
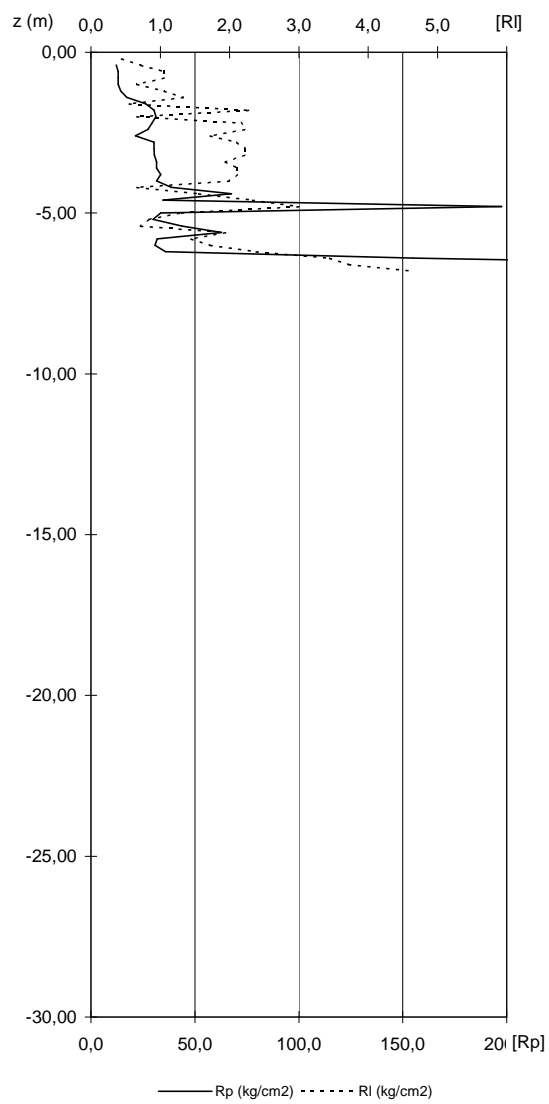
Z = prof. max del tratto indagato dal penetrom.

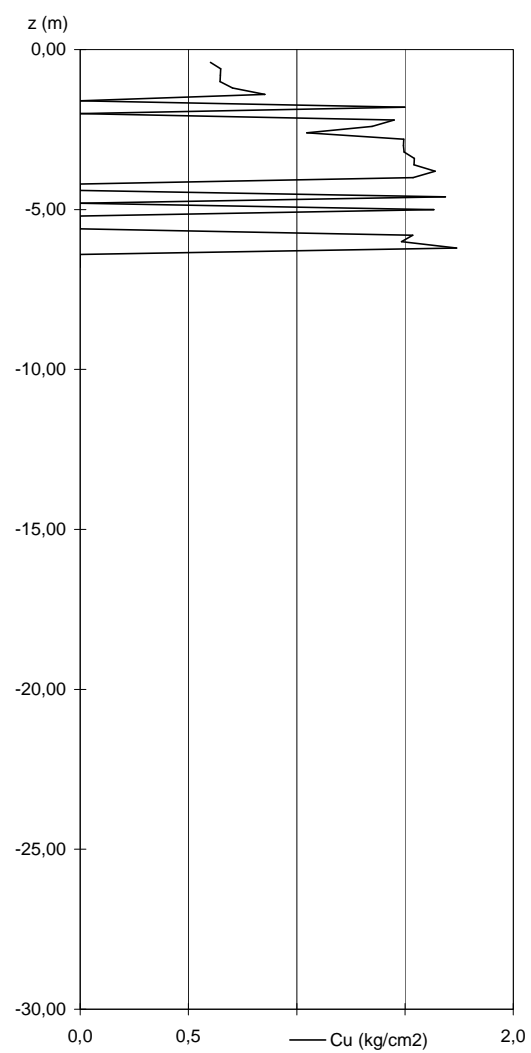
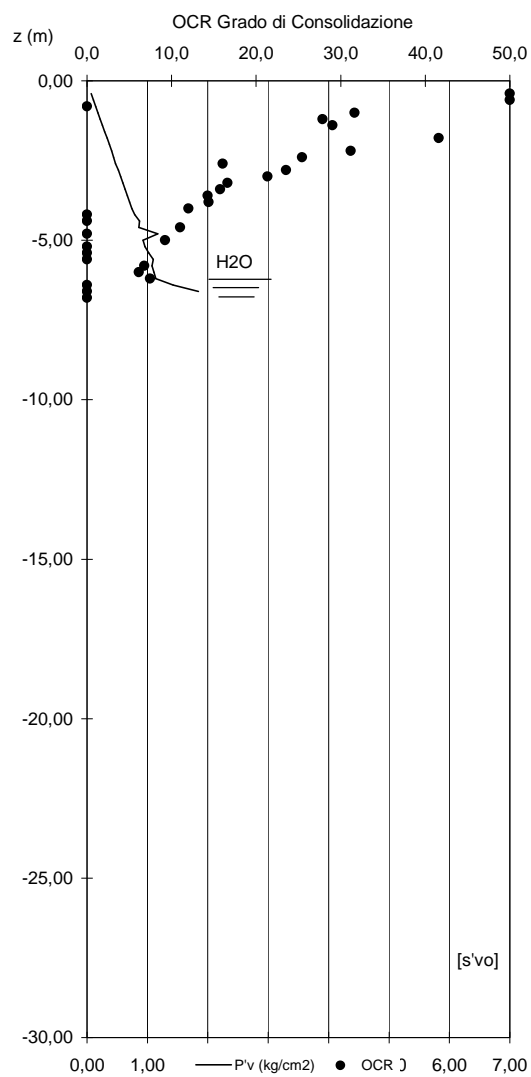
quota p.c.: m s.l.m.

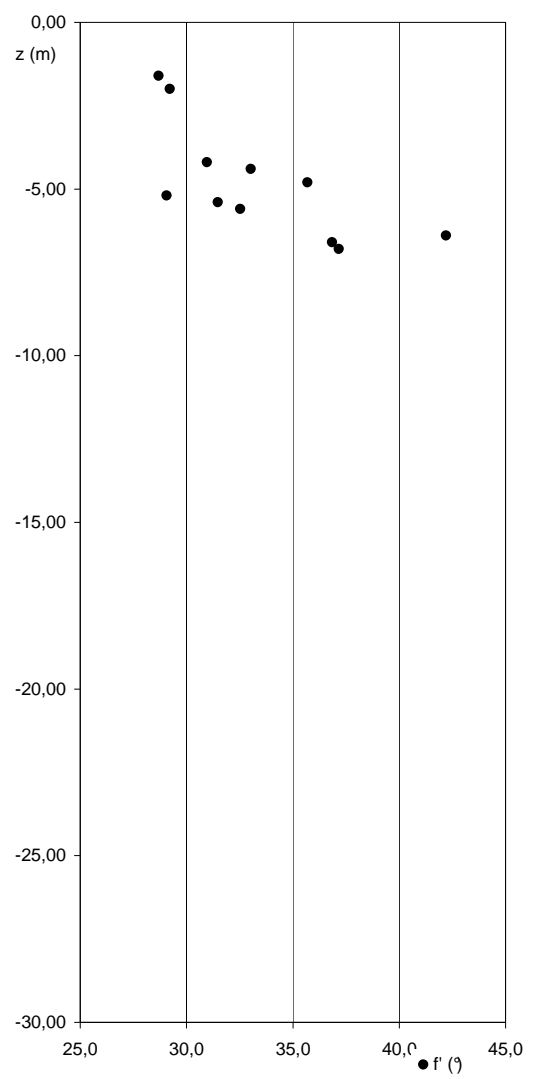
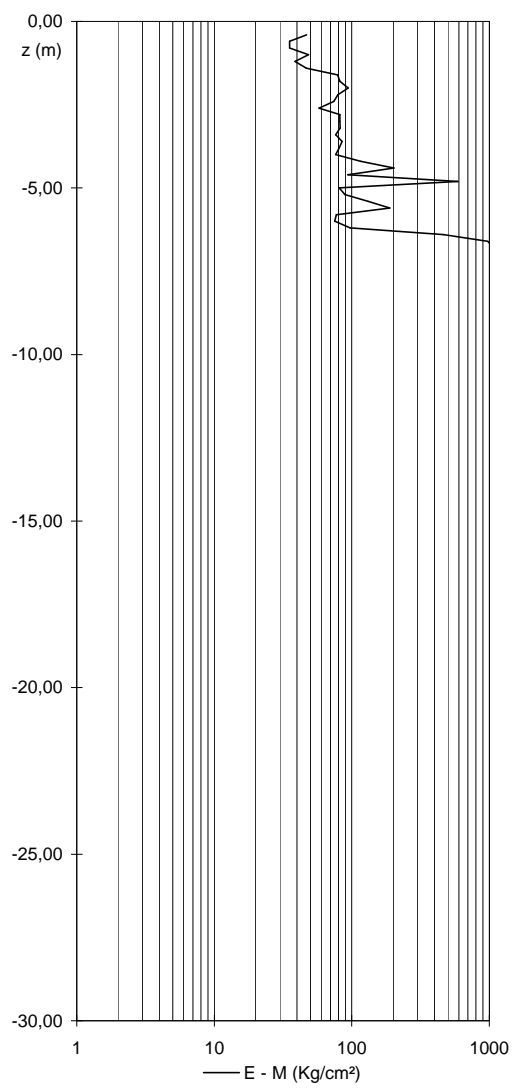
falda: 6,00 da p.c.

data prova: 12-gen-09

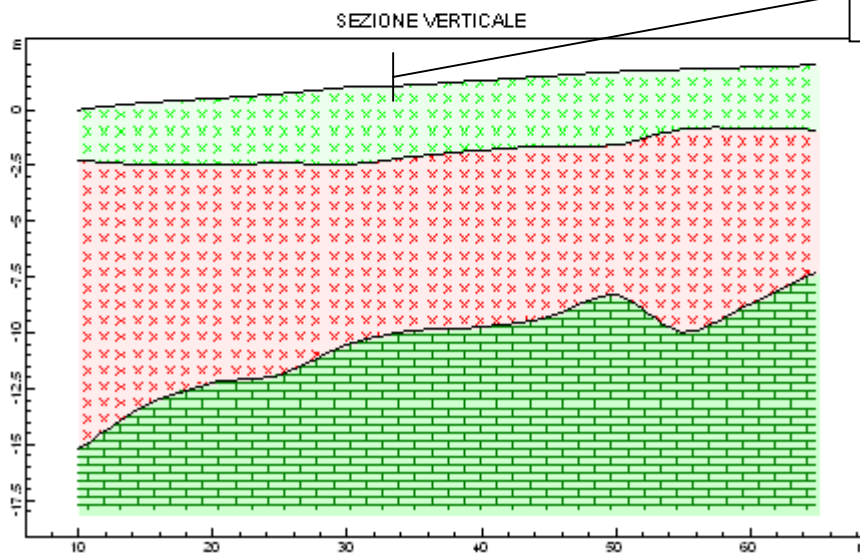
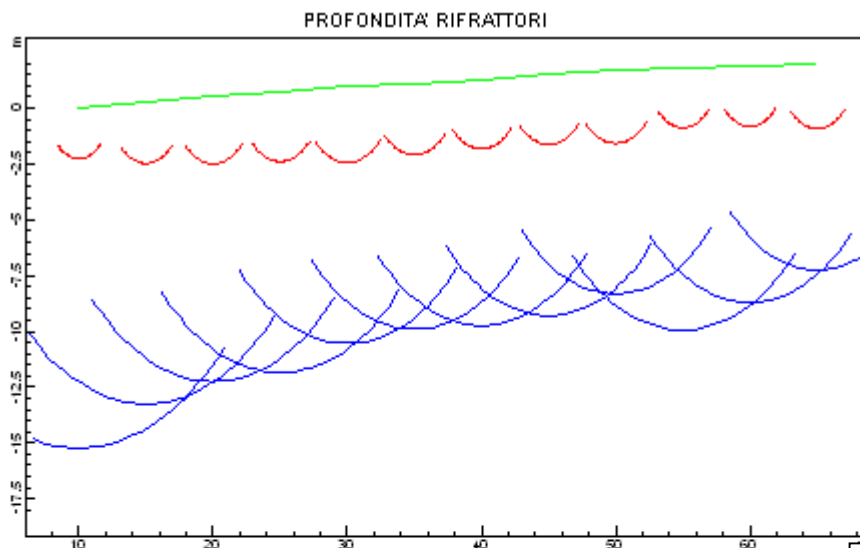
z	Rp	RI	FR	g	P'v	u	Cu	OCR	E - M	Fi	Gmax	Litologia
-0,2		0,4										
-0,4	12,1	0,7	5,97	1,78	0,07	0,00	0,60	50,0	47	0,0	-	argilla
-0,6	13,1	1,1	8,06	1,79	0,11	0,00	0,65	50,0	35	0,0	-	argilla organica
-0,8	13,1	1,1	8,06	1,79	0,14	0,00	0,65	41,9	35	0,0	-	argilla organica
-1,0	13,1	0,7	5,09	1,79	0,18	0,00	0,65	31,7	48	0,0	-	argilla
-1,2	14,3	1,1	7,38	1,79	0,21	0,00	0,70	26,7	39	0,0	-	argilla organica
-1,4	17,3	1,3	7,71	1,80	0,25	0,00	0,85	28,3	47	0,0	-	argilla organica
-1,6	26,3	0,6	2,11	1,83	0,29	0,00	0,00	-	79	28,7	-	limo argillo-sabbioso
-1,8	30,3	2,3	7,52	1,85	0,33	0,00	1,50	41,6	82	0,0	-	argilla organica
-2,0	31,3	0,7	2,13	1,85	0,37	0,00	0,00	-	94	29,2	-	limo argillo-sabbioso
-2,2	29,4	2,2	7,37	1,84	0,41	0,00	1,45	31,2	79	0,0	-	argilla organica
-2,4	27,4	2,2	8,11	1,84	0,44	0,00	1,35	23,4	74	0,0	-	argilla organica
-2,6	21,4	1,7	8,05	1,82	0,47	0,00	1,05	13,4	58	0,0	-	argilla organica
-2,8	30,4	2,1	6,94	1,85	0,52	0,00	1,49	21,1	82	0,0	-	argilla organica
-3,0	30,4	2,2	7,31	1,85	0,55	0,00	1,49	18,6	82	0,0	-	argilla organica
-3,2	30,5	2,2	7,29	1,85	0,59	0,00	1,50	16,7	82	0,0	-	argilla organica
-3,4	31,5	1,9	6,17	1,85	0,63	0,00	1,54	15,8	77	0,0	-	argilla
-3,6	31,5	2,1	6,70	1,85	0,67	0,00	1,54	14,3	85	0,0	-	argilla organica
-3,8	33,5	2,1	6,30	1,86	0,71	0,00	1,64	14,4	81	0,0	-	argilla
-4,0	31,5	2,0	6,35	1,85	0,74	0,00	1,54	12,0	77	0,0	-	argilla
-4,2	38,6	0,7	1,73	1,88	0,79	0,00	0,00	-	116	31,0	-	sabbia limosa
-4,4	67,6	1,6	2,30	1,98	0,87	0,00	0,00	-	203	33,0	-	limo argillo-sabbioso
-4,6	34,6	2,3	6,74	1,86	0,86	0,00	1,69	11,0	93	0,0	-	argilla organica
-4,8	197,6	3,0	1,52	2,44	1,17	0,00	0,00	-	593	35,7	1260	sabbia
-5,0	33,6	1,3	3,80	1,86	0,93	0,00	1,63	9,2	81	0,0	-	argilla limosa
-5,2	29,8	0,8	2,80	1,85	0,96	0,00	0,00	-	89	29,1	-	limo argillo-sabbioso
-5,4	43,8	0,7	1,65	1,90	1,02	0,00	0,00	-	131	31,5	-	sabbia limosa
-5,6	62,8	1,9	3,10	1,96	1,10	0,00	0,00	-	188	32,5	-	limo argillo-sabbioso
-5,8	31,8	1,4	4,54	1,85	1,07	0,00	1,54	6,8	77	0,0	-	argilla
-6,0	30,8	1,7	5,59	1,85	1,11	0,00	1,48	6,1	75	0,0	-	argilla
-6,2	35,9	2,4	6,65	1,87	1,14	0,02	1,74	7,5	97	0,0	-	argilla organica
-6,4	154,9	3,4	2,22	2,29	1,42	0,04	0,00	-	465	42,2	-	limo argillo-sabbioso
-6,6	323,9	3,7	1,15	2,88	1,84	0,06	0,00	-	972	36,8	1704	sabbia
-6,8	360,9	4,6	1,28	3,01	1,97	0,08	0,00	-	1083	37,2	1821	sabbia
-7,0	393,9			3,13	2,09	0,10						





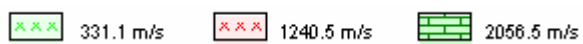


Sezione sismica a rifrazione

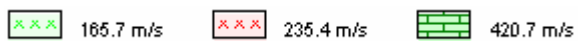


Proiezione del
sondaggio a carotaggio

Velocità onde P



Velocità onde S



ALLEGATO C

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 – Prova penetrometrica CPT1



Foto 2 – Prova penetrometrica CPT2