

**RELAZIONE GEOTECNICA E
GEOLOGICA SULLE INDAGINI
GEOGNOSTICHE ESEGUITE IN SITO**

**CARATTERIZZAZIONE E
MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
E DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI
TERRENO INTERESSATO DALLA
COSTRUZIONE DI UN CAPANNONE**

**ANALISI SISMICA DEL SITO
RIPORTANTE LA PERICOLOSITA'
SISMICA DI BASE**

D.P.R. 380/2001

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

Atto C.P. 112 del 22/07/2008 di Adozione della Variante Generale al P.T.C.P. della
Provincia di Modena approvato con D.C.P. n°46 del 18/03/2009

COMMITTENTE: AGRI-MEC S.S. di POPPI PAOLO & C.

CANTIERE : FINALE EMILIA – Via CAMPOSANTO, 30

DATA: LUGLIO 2012

1.PREMESSA	pag.3
2.RIFERIMENTI NORMATIVI	pag.3
3.MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	pag.4
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO	pag.4
3.2 DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	pag.6
3.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE	pag.10
3.4 INTERPRETAZIONE LITOLOGICA	pag.10
3.5 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI E CARATTERISTICI	pag.15
4. ANALISI SISMICA RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO	pag.17
4.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO	pag.17
4.1.1 <i>Cenni sulla sismotettonica della pianura padana</i>	pag.17
4.2 MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO	pag.19
4.2.1. <i>Definizione categoria sismica mediante analisi HVRS del sottosuolo e mediante analisi onde di superficie MASW</i>	pag.19
4.2.1.1 <i>Prospezione sismica HVSR – Cenni di teoria</i>	pag.19
4.2.1.2 <i>Effetti di percorso</i>	pag.20
4.2.1.3 <i>Definizioni.</i>	pag.20
4.2.1.4 <i>Tecnica impiegata</i>	pag.20
4.2.1.5 <i>Strumentazione - Caratteristiche del campionamento ed elaborazione</i>	pag.21
4.2.1.6 <i>Schede di acquisizione elaborazione e interpretazione</i>	pag.22
4.2.2 <i>MASW - In Onde Rayleigh</i>	pag.25
4.2.2.1 <i>Schede di acquisizione elaborazione e interpretazione</i>	pag.26
4.2.3 <i>Modello sismico del sottosuolo</i>	pag.27
4.3 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	pag.31
4.3.1 <i>Spettri Di Risposta Elastici</i>	pag.32
4.3.2 <i>Analisi Del Rischio Di Liquefazione Da Prove In Sito</i>	pag.36
5. INDICAZIONI SULLE TIPOLOGIE FONDALI SULLA BASE DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO IN CONDIZIONI STATICHE	pag.43
5.1 TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI E DELLA STRUTTURA	pag.43
5.2 ANALISI DELLE AZIONI E DELLE RESISTENZE DI PROGETTO	pag.43
5.3 VERIFICA STATO LIMITE ULTIMO DI SALVAGUARDIA DELLA CONDIZIONI STATICHE	pag.44
5.4 VALUTAZIONE CEDIMENTI IN CONDIZIONI DI STATO LIMITE DI ESERCIZIO	pag.46
6.CONCLUSIONI	pag.47
ALLEGATI	pag.53

1.PREMESSA

Su incarico e per conto del Committente si produce una relazione geologica e geotecnica sulle indagini geognostiche eseguite in sito e una caratterizzazione del volume significativo di terreno interessato dalla costruzione di un capannone in elementi prefabbricati da erigere nel Comune di Finale Emilia, in via Camposanto, 30.

La caratterizzazione litologica e la definizione dei parametri geotecnici del volume di terreno influenzato dalla costruzione sono ricavati dai risultati di n. 3 prove penetrometriche statiche di tipo meccanico, eseguite in sito in data 10/07/2012 dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.a.s. di Medolla.

Le prove sono state spinte alla profondità di – 35.00 m per la definizione delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche fino a tale quota.

Al fine di produrre un'analisi di pericolosità sismica locale, determinare il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m e fornire la frequenza fondamentale del sito, si sono realizzate in data 10/07/2012 n. 2 prove di sismica passiva con tomografo digitale modello TRZ-0121/01/11 progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico e un rilievo geofisico in onde di superficie MASW con strumento SoilSpy Rosina modello SAB-0019/02-11.

Le prove sismiche sono state realizzate dallo Studio Geologico del Dott. Salvatore Mucci di Castelfranco (MO).

Scopo dell'indagine è stato fornire un modello geologico dell'area in epigrafe, una caratterizzazione geotecnica del volume di terreno influenzato dalla costruzione di progetto e un'analisi di pericolosità sismica locale che riporti il valore dell'accelerazione di propagazione delle onde sismiche attesa al suolo rigido di riferimento, il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso, il valore di accelerazione atteso in superficie, il valore della frequenza fondamentale del sito e gli spettri di risposta. In dettaglio si condurrà anche un'analisi di rischio liquefazione dei terreni sabbiosi saturi presenti .

I rapporti delle prove penetrometriche statiche eseguite in sito e l'ubicazione delle indagini sono allegati alla presente relazione. All. n. 1 e 2 .

2.RIFERIMENTI NORMATIVI

D.P.R. 380/2001

DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008

Legge Regionale 30 Ottobre 2008 n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"

CIRCOLARE 02/02/2009 n. 617

Atto C.P. 112 del 22/07/2008 di Adozione della Variante Generale al P.T.C.P. della Provincia di Modena approvato con D.C.P. n°46 del 18/03/2009

3. MODELLO GEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO PAESAGGISTICO

La zona oggetto di studio si trova a sud-ovest rispetto al centro cittadino di Finale Emilia ad una quota media di 13.00 m s.l.m. a circa 500 m a nord del fiume Panaro.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44° 48' 50.86" N e 11° 13' 51.97" E .

Il sito ha accesso da Via Camposanto che si collega a Via Panaria Est in direzione Camposanto.

L'area oggetto di studio è delimitata da zone ad ambiti agricoli.

Secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena il sito oggetto di studio ricade all'interno dell'unità di paesaggio indicata con il numero 4 "Paesaggio perifluviale del Fiume Panaro nella fascia di Bassa e Media Pianura " .

Nell'ambito del PTCP per unità di paesaggio è stato inteso individuare un territorio che presenta elementi omogenei nel paesaggio che ha subito la stessa formazione ed evoluzione.

Il paesaggio dell'unità di Paesaggio n. 4 risulta fortemente connotato dalla presenza del fiume Panaro, il cui corso in questo tratto è abbastanza regolare e limitato da arginature.

L'ambiente morfologico è definito dallo sviluppo del dosso principale generato dal fiume.

I caratteri ambientali sono quelli legati all'ambito fluviale, la cui influenza si spinge anche in aree abbastanza lontane dall'attuale corso, a causa delle passate fluttuazioni del fiume. La vegetazione spontanea è prevalentemente di tipo ripariale negli ambiti arginati e sulle sponde dell'alveo ed è costituita prevalentemente da salici e pioppi. La presenza di vegetazione arborea ed arbustiva in altri ambiti, come gli argini o lungo i corsi d'acqua secondari, non è costante a causa degli interventi di manutenzione periodica che praticano il taglio della vegetazione, mentre in molti casi prevale l'insediamento di specie infestanti esotiche. Dal punto di vista faunistico, la presenza del fiume è fondamentale in quanto rappresenta un elemento di continuità nel territorio che funge da linea preferenziale di diffusione di numerose specie. La fauna è costituita sia da specie stanziali tipiche delle campagne coltivate, sia da numerose specie legate all'ambito fluviale vero e proprio.

La U.P. è anche interessata nell'ambito settentrionale da alcuni canali di notevoli dimensioni caratterizzati da una vegetazione prevalentemente erbacea assimilabile a quella degli ambienti umidi a causa delle variazioni del flusso delle acque. La vegetazione spontanea è limitata all'ambito fluviale del Panaro e dei canali e presenta buone potenzialità proprio per i caratteri ambientali generali.

Nella carta di sintesi delle previsioni di piano del P.R.G. Vigente (Variante 2004), la zona di studio viene classificata come zona sottoposta a normative speciali:

“Zona speciale destinata ad attività industriali e di servizio alla attività agricola (Art. 17.6)”

ZONE SOTTOPOSTE A NORMATIVE SPECIALI



ZONA SAC : OMOGENEA "A" DI INTERESSE STORICO-CULTURALE ESTERNA AL CENTRO STORICO (Art. 17.1)



EDIFICI SOTTOPOSTI A SCHEDA OPERATIVA DELLA CONSERVAZIONE E NUMERO DI RIFERIMENTO (Art. 17.2)



ZONA DESTINATA A DISCARICA PRIVATA DI 2ª CATEGORIA TIPO "B" (Art. 17.3)



ZONA ATTEZZATA PER PESCA SPORTIVA (Art. 17.4)



ZONA PER PUBBLICI SPETTACOLI DI INIZIATIVA PRIVATA IN TERRITORIO AGRICOLO (Art. 17.5)



ZONA SPECIALE DESTINATA AD ATTIVITÀ AGROINDUSTRIALI E DI SERVIZIO ALLA ATTIVITÀ AGRICOLA (Art. 17.6)



ZONA PER IMPIANTI PER LA TELEFONIA MOBILE (Art. 19.1c)



ZONA E2 : AGRICOLA PERIURBANA DI SALVAGUARDIA ECOLOGICO - AMBIENTALE (Art. 16.2)



ZONA E4 : AGRICOLA DI TUTELA ORDINARIA DEI CARATTERI AMBIENTALI DI LAGHI, BACINI E CORSI D'ACQUA (Art. 16.4)



ZONA E5 : AGRICOLA DI PARTICOLARE INTERESSE PAESAGGISTICO-AMBIENTALE (Art. 16.5)



ZONA G2 : PER VERDE PUBBLICO URBANO E DI QUARTIERE (Art. 15.3)

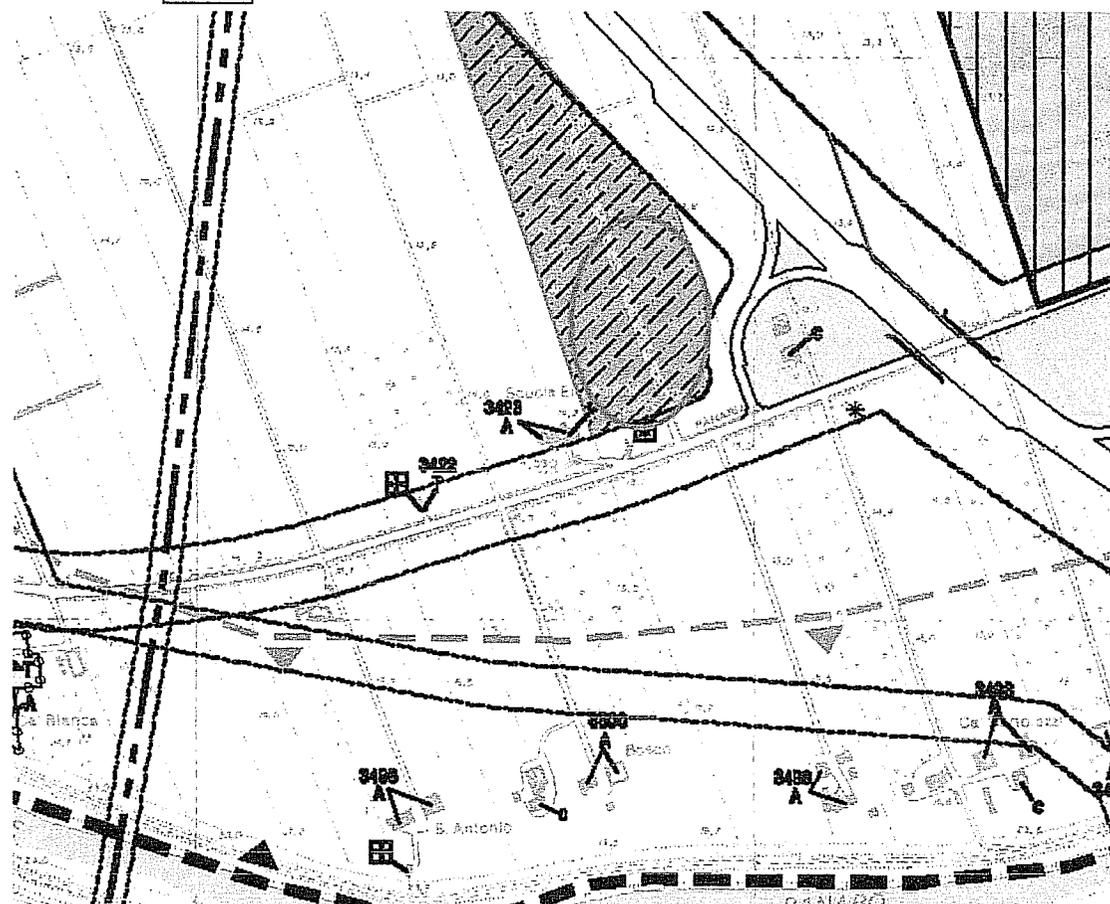


Fig.1: Stralcio “Carta di sintesi delle previsioni di piano” Variante P.R.G. 2004

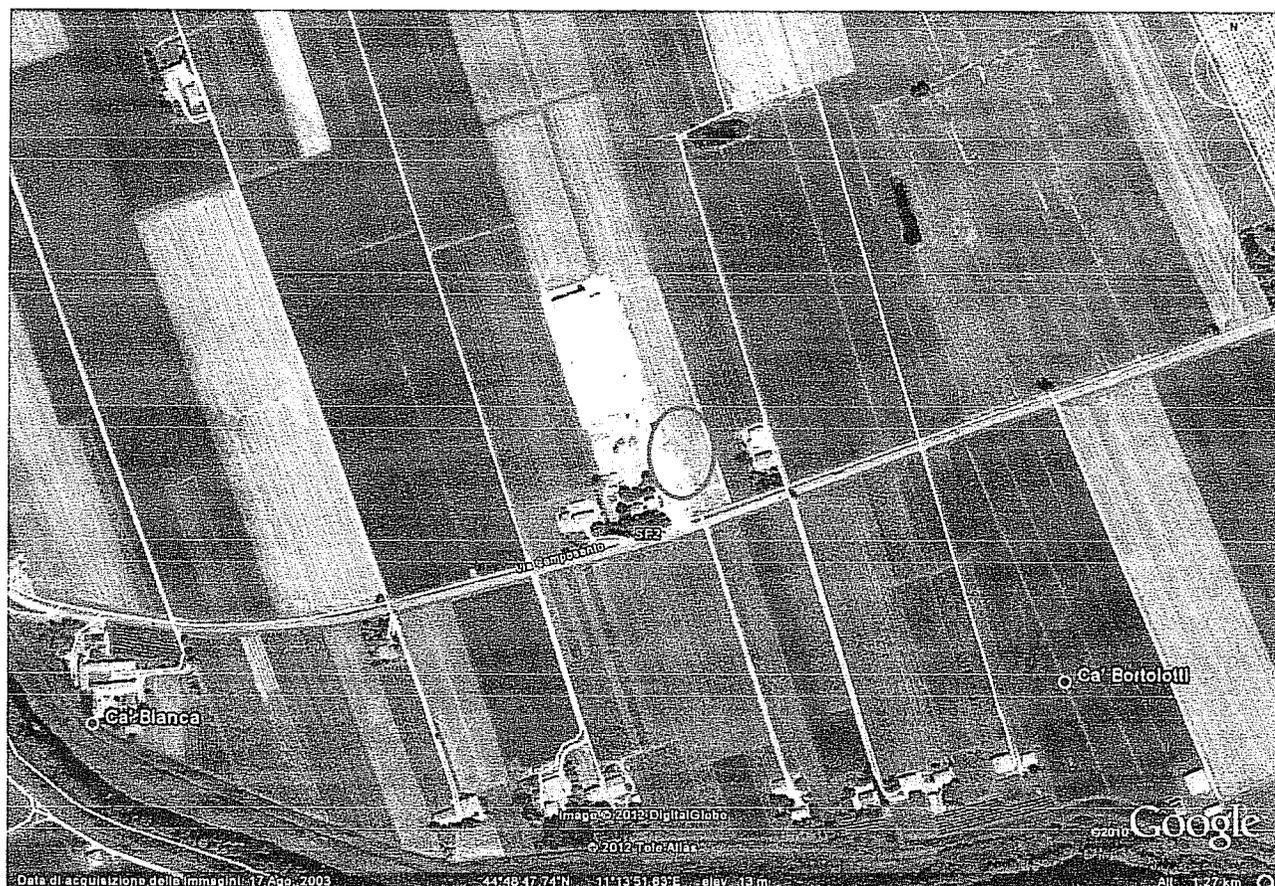


Fig.2: Fotorilievo della zona di studio.

3.2 DESCRIZIONE DEI PROCESSI DI MODELLAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Il Comune di Finale Emilia e la zona di studio è ubicato nella parte Nord della provincia di Modena, si estende su un'area di 104.72 Km². topograficamente si riscontrano quote variabili da 7 a 15 metri s.l.m., è inserito nella pianura alluvionale entro la quale, negli ultimi 4.000-5.000 anni dell'Olocene, gli affluenti appenninici del fiume Po (particolarmente il Panaro nell'area di studio), hanno determinando l'attuale assetto morfologico ed altimetrico del territorio che, a sua volta, dipende dai movimenti tettonici, dalla subsidenza naturale e dall'intervento antropico.

I fiumi che scorrono in questa porzione di bassa pianura (particolarmente il fiume Panaro nell'area di studio) si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionale prevale su quella erosiva a causa della bassa capacità di deflusso e della esigua capacità di trasporto; questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali.

In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani in funzione della diversa energia cinetica della corrente. In prossimità dell'alveo il fiume tende a depositare materiali più grossolani formando

dossi di tracimazione (argini naturali), oltre che ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte; tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei).

Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle basse dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione; per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio.

In questa situazione, in concomitanza con gli eventi alluvionali, è possibile che un fiume cambi il suo percorso.

Nell'area di studio abbondanti sono i paleoalvei la cui datazione ed attribuzione idrografica è stata oggetto di studio da parte di autori che si sono occupati della ricostruzione paleoidrografica della zona: Pellegrini (1969), Veggiani (1947), Castaldini e Alii (1979), Cremaschi ed Alii (1980), Gasperi e Pellegrini (1981, 1984).

Dall'esame di questi autori risulta che prima dell'VIII sec. a.C. il Fiume Secchia (detto in antico Gabello, ma anche Sesula, Situla, Seda, Secla) aveva un tracciato spostato a OVEST e sub-parallelo a quello attuale nella parte più a monte fin verso San Prospero, e che deviava verso oriente ad iniziare da Cavezzo, e attraverso Medolla, San Felice sul Panaro, Rivara, Canalazzo e Finale Emilia, confluiva nel Po nei pressi di Bondeno.

Il Fiume Panaro (anticamente Panarius) aveva un tracciato più orientale di quello attuale, e confluiva nel Secchia nei pressi di Finale Emilia.

Dopo l'VIII secolo a.C., il Secchia si spostò verso EST nel tratto ad andamento meridiano, e verso NORD in quello ad andamento parallelo; il Panaro assunse un tracciato ubicato più a NW di quello che aveva precedentemente.

Si può ritenere che solo verso il XV secolo d.C. il Secchia e il Panaro abbiano assunto definitivamente il percorso attuale.

Infatti, in questo periodo il Secchia deviò bruscamente verso NORD all'altezza di Concordia, per confluire nel Po a Nord di Quistello e a monte di Motta di Cavezzo verso NW.

Le acque del Panaro erano state da poco inalveate nel cavo del vecchio canale di Modena (impresa realizzata tra il XIII ed il XIV secolo d.C.).

I paleoalvei sono aree generalmente più elevate di qualche metro rispetto al contorno, la tessitura granulometrica risulta variabile dal franco al franco - sabbioso; sono zone di infiltrazione meteorica con percentuali variabili dal 20 - 30 % del totale.

In questo meccanismo "naturale" è intervenuto l'uomo che, innalzando argini artificiali ed emungendo acqua dal sottosuolo, accelerando i processi di costipazione e di subsidenza, ha modificato la dinamica deposizionale e quindi l'assetto morfologico del territorio.

La costruzione di argini artificiali, in questa zona, si è completata nel XV secolo; a partire da questo periodo i fiumi sono stati canalizzati entro percorsi ben definiti e non hanno più avuto la possibilità di aprirsi, dopo un rotta, nuovi percorsi. Di conseguenza le alluvioni degli ultimi 500 anni hanno determinato un classamento

ben preciso dei depositi per cui troviamo sedimenti più grossolani e sedimenti più fini rispettivamente nelle vicinanze e nelle zone più lontane dai percorsi attuali dei fiumi; questo spiega perchè antichi dossi corrispondenti a paleoalvei siano stati ricoperti da sedimenti più fini che hanno notevolmente uniformato la morfologia dell'area.

I dossi più evidenti rispetto al contorno nel Comune di Finale Emilia sono quelli su cui è posta Massa Finalese, il Capoluogo di Finale Emilia e Casumaro.

In alcuni punti del Comune di Finale Emilia i paleoalvei intersecano l'alveo attuale del fiume Panaro e possono dare luogo a sifonamenti degli argini in concomitanza con livelli molto elevati delle piene. Secondo quanto indicato nella relazione geologica redatta per la Variante Generale al P.R.G. Comunale (Dott. Geol. Antonio Scaglioni, 2004), i Paleoalvei con l'andamento descritto risultano essere in tutto il territorio comunale in numero di cinque; due paleoalvei ed un paleomeandro che intersecano l'argine destro del Panaro ad oriente del Quartiere artigianale Crocetta, il paleoalveo isolato presente sempre sull'argine destro del Fiume Panaro in corrispondenza della curva a strettissimo raggio di curvatura all'altezza del Polo industriale di Canaletto e infine in sinistra Panaro un paleoalveo in corrispondenza dell'incrocio fra la strada che conduce alla località Apostolica e l'alveo del fiume.

Altre morfologie del territorio sono le aree di bassa o valli, depressioni in cui le acque sino all'inizio del secolo scorso ristagnavano permanentemente e per un lungo periodo dell'anno e sono state bonificate in tempi recenti. Tali zone, come già descritto, hanno generalmente elevati contenuti in argilla.

Altre forme di notevole interesse sono i numerosi ventagli d'esondazione che indicano che in quel punto del fiume si è verificata una rotta non contrastata da interventi di riparazione degli argini..

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Dei Sistemi di Tutela della cartografia redatta per il PTCP Provincia di Modena con indicata l'area oggetto d'indagine che si trova in una zona priva di morfostrutture particolari.

VOCI DI LEGENDA	
Rete idrografica e risorse idriche superficiali e sotterranee	
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 10)
Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi bacini e corsi d'acqua (Art. 9)	
	Fasce di espansione inondabili (Art. 9, comma 2, lettera a)
	Zone di tutela ordinaria (Art. 9, comma 2, lettera b)
	Compresenza di fasce di espansione inondabili e zone di tutela naturalistica
	Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art. 12)
Elementi strutturanti la forma del territorio	
Sistema dei crinali e sistema collinare (Art. 20)	
	Crinale
	Collina
Dossi di pianura (Art. 23A)	
	Paleotossi di accertato interesse (Art. 23A, comma 2, lettera a)
	Dossi di ambito fluviale recente (Art. 23A, comma 2, lettera b)
	Paleotossi di modesta rilevanza (Art. 23A, comma 2, lettera c)

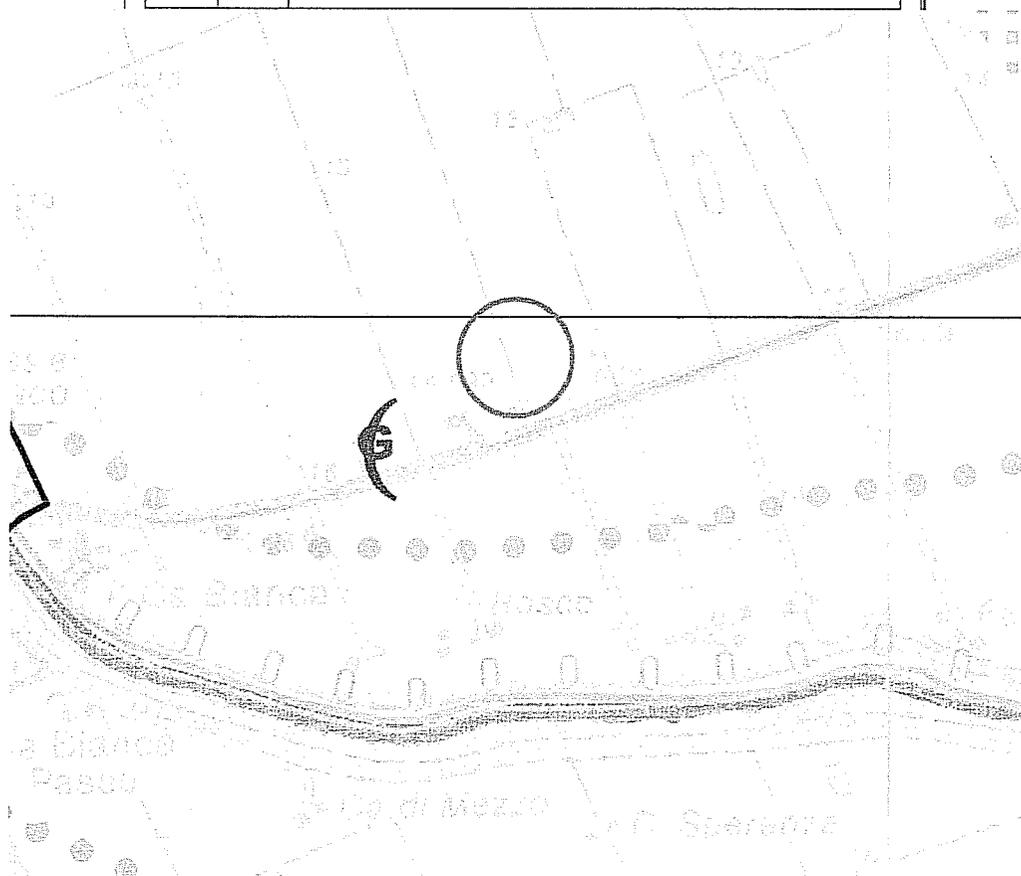


Fig.3: Tav. 1.1.2 "Carta della Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali del Nuovo PTCP"

3.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DI INDAGINE

Sulla base del contesto geologico dell'area e del tipo di studio geotecnico richiesto, l'indagine in sito è stata condotta mediante esecuzione di numero 3 prove penetrometriche statiche.

Le prove sono state realizzate con un penetrometro statico da 300 KN dotato di punta meccanica " jacket friction cone " in cui l'avanzamento automatico è regolato da centraline elettroniche.

La prova penetrometrica statica consiste nell'infiggere a pressione nel terreno una punta conica misurando separatamente ma con continuità lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto al di sopra della punta.

L'infissione avviene tramite un pistone idraulico che spinge la batteria di aste su cui è montata la punta a velocità costante di 2 cm/s con una tolleranza di ± 5 mm/s, l'avanzamento è automatico e regolato da centraline elettroniche.

Il penetrometro meccanico possiede il manicotto di attrito che si muove indipendentemente dalla punta secondo il metodo Begemann.

Lo sforzo per l'infissione della punta è misurato mediante manometri collegati al martinetto che esercita la spinta. L'acquisizione dati viene rilevata da manometri meccanici a bagno d'olio con sensibilità minima pari a 0.1 Bar.

Le caratteristiche del penetrometro statico olandese tipo Gouda sono:

- punta conica meccanica $\phi = 35.7$ mm - angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - area punta $A_p = 10$ cm²
- manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" $\phi = 35.7$ mm. - h = 133 mm. - sup.lat. $A_m = 150$ cm²
- le aste sono doppie: una cava $\phi = 36$ mm. e una, il cui diametro è tale da essere contenuta all'interno delle aste cave

Durante l'esecuzione della prova ogni 20 cm vengono lette nei manometri la resistenza all'avanzamento della sola punta L.punta, la resistenza dell'avanzamento della punta e del manicotto L.laterale e la resistenza totale all'avanzamento delle sole aste cave.

Nei diagrammi vengono rappresentati:

- la resistenza alla punta q_c in MPa
- la resistenza laterale locale f_s in MPa
- la linea a destra rappresenta il rapporto q_c/f_s (numero puro).

3.4 INTERPRETAZIONE LITOLOGICA

La natura litologica dei terreni oggetto delle prove penetrometriche è dedotta dall'analisi dei diagrammi penetrometrici mediante "Guide for estimating soil type from dutch friction-cone ratio" (after Schmertmann, 1969), Raccomandazioni A.G.I. 1977.

Le sequenze stratigrafiche si presentano sensibilmente omogenee nei tre punti di prova, in sintesi, la litologia profonda dell'area si può definire come segue:

Al di sotto del riporto o terreno vegetale si trovano argille di media consistenza passanti, alla profondità di - 4.40 m ad argille limose soffici e comprimibili;
Dalla quota di - 6.80 m alla profondità di - 10.80 m si trovano argille compatte;
Da - 10.80 a - 15.40 m strato di sabbie poco addensate;
Da - 15.40 a - 35.00 m limi argillosi consistenti.

Di seguito si riporta lo schema della sequenza stratigrafica dedotta dalla CPT n. 3.

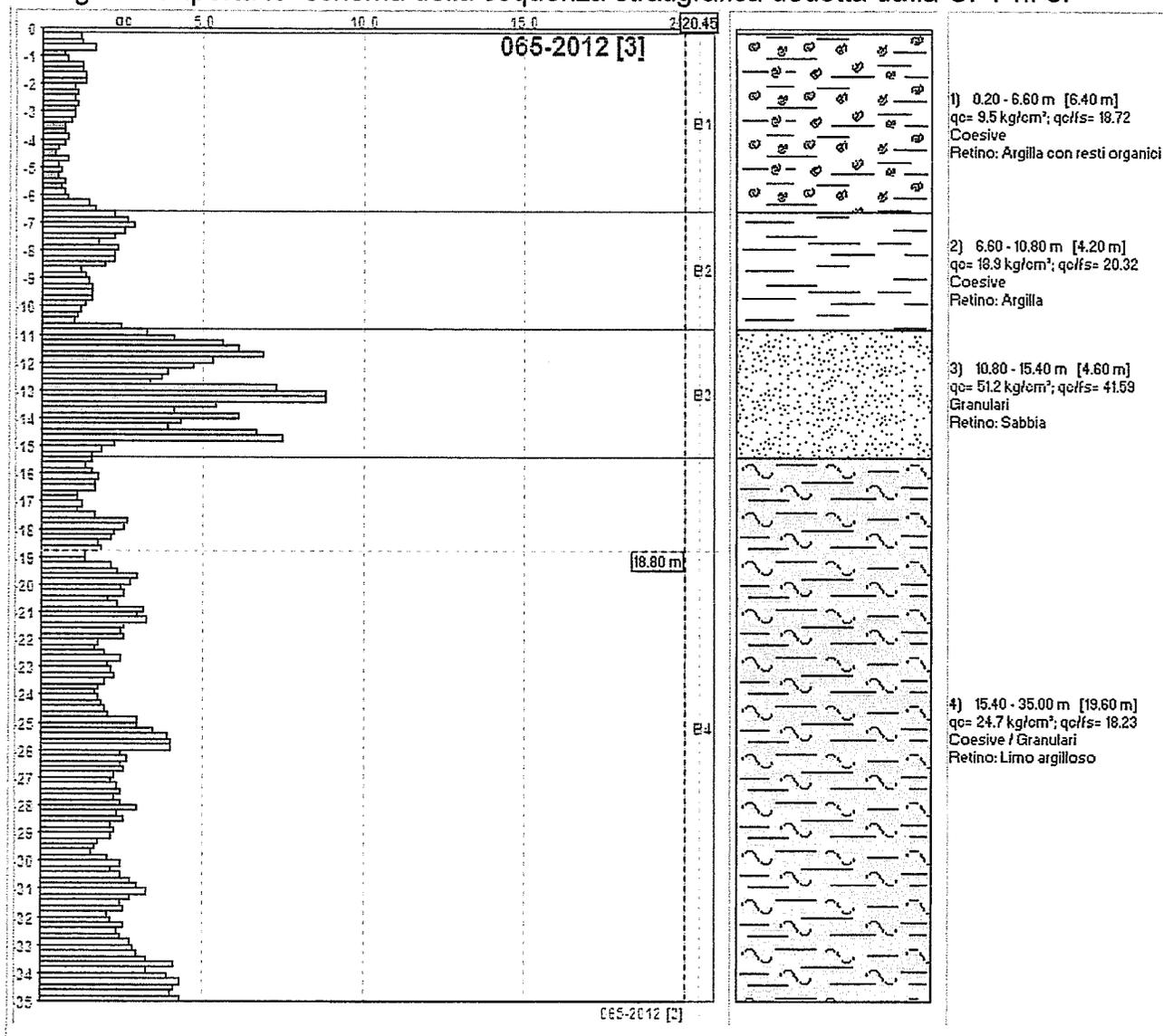


Fig.4: Schema sequenza stratigrafica CPT N°1

Si riportano inoltre di seguito tutti i valori delle letture di campagna delle tre prove, ogni 20 cm, i relativi valori della qc (in Kg/cm²), fs (in Kg/cm²), qc/fs (numero puro) e fs/qc%.

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT	1
referimento	065-2012

Committente	AGRI MEC S. s.	U.M.:	MPa	Data esec.	15/07/2012
Cantiere:	FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Pagine:	1		
Località:	FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Elaborato:		Falda:	-3.00 m. 3.01

H	L1	L2	Lt	qc	fs	H	L1	L2	Lt	qc	fs	H	L1	L2	Lt	qc	fs
m	-	-	-	MPa	MPa	m	-	-	-	MPa	MPa	m	-	-	-	MPa	MPa
0.30	1.00	2.00	1.0	67.00	17.20	17.0	33.0	1.7	107.00	34.00	48.0	68.0	4.7	220.00			
0.40	1.00	2.00	1.0	103.00	17.40	18.0	34.0	1.6	127.00	34.40	42.0	72.0	4.1	253.00			
0.50	1.00	2.00	1.0	173.00	17.80	18.0	37.0	1.6	80.00	34.60	50.0	68.0	4.5	213.00			
0.60	1.00	2.00	1.0	133.00	17.80	17.0	29.0	1.7	73.00	34.80	48.0	60.0	4.7	247.00			
1.00	3.00	5.00	2.1	162.00	18.00	12.0	23.0	1.2	60.00								
1.20	3.00	5.00	2.5	133.00	15.20	12.0	19.0	1.0	67.00								
1.40	3.00	5.00	1.8	103.00	15.40	13.0	22.0	1.2	53.00								
1.60	3.00	5.00	1.3	73.00	15.30	15.0	22.0	1.6	113.00								
1.80	3.00	5.00	1.3	83.00	15.30	25.0	43.0	2.5	167.00								
2.00	3.00	5.00	1.7	62.00	18.00	25.0	50.0	2.5	127.00								
2.20	3.00	5.00	1.0	67.00	15.20	24.0	43.0	2.4	113.00								
2.40	3.00	5.00	1.9	67.00	15.40	15.0	35.0	1.6	80.00								
2.60	3.00	5.00	1.1	73.00	15.40	15.0	24.0	1.6	80.00								
2.80	3.00	5.00	1.2	67.00	15.30	15.0	20.0	1.2	60.00								
3.00	3.00	5.00	1.1	92.00	20.00	14.0	21.0	1.4	67.00								
3.20	3.00	5.00	1.3	67.00	21.20	23.0	32.0	2.2	103.00								
3.40	3.00	5.00	1.0	73.00	21.40	21.0	35.0	2.1	133.00								
3.60	3.00	5.00	1.9	67.00	23.30	33.0	50.0	2.9	147.00								
3.80	3.00	5.00	1.0	67.00	23.30	23.0	50.0	2.7	133.00								
4.00	3.00	5.00	1.9	67.00	21.00	41.0	60.0	3.9	160.00								
4.20	3.00	5.00	1.7	67.00	21.20	35.0	62.0	3.4	160.00								
4.40	3.00	5.00	1.7	32.00	21.40	31.0	55.0	3.0	123.00								
4.60	3.00	5.00	1.8	42.00	21.50	27.0	47.0	2.6	107.00								
4.80	3.00	5.00	1.4	42.00	21.30	24.0	40.0	2.4	113.00								
5.00	3.00	5.00	1.4	42.00	22.00	25.0	43.0	2.5	93.00								
5.20	3.00	5.00	1.5	47.00	22.20	25.0	39.0	2.5	93.00								
5.40	3.00	5.00	1.5	47.00	22.40	15.0	33.0	1.6	63.00								
5.60	3.00	5.00	1.5	47.00	23.30	15.0	32.0	1.6	63.00								
5.80	3.00	5.00	1.5	52.00	23.80	23.0	35.0	2.2	103.00								
6.00	3.00	5.00	1.9	42.00	28.00	25.0	40.0	2.5	127.00								
6.20	3.00	5.00	1.3	42.00	32.20	35.0	49.0	2.9	133.00								
6.40	3.00	5.00	1.2	42.00	33.40	45.0	63.0	4.7	160.00								
6.60	3.00	5.00	1.1	42.00	23.60	44.0	69.0	4.3	157.00								
6.80	3.00	5.00	1.1	42.00	23.30	32.0	58.0	3.9	140.00								
7.00	3.00	5.00	1.1	47.00	24.00	15.0	40.0	1.9	93.00								
7.20	3.00	5.00	1.1	62.00	24.20	21.0	35.0	2.1	93.00								
7.40	3.00	5.00	1.1	62.00	24.40	23.0	37.0	2.3	103.00								
7.60	3.00	5.00	1.1	73.00	24.80	32.0	48.0	2.9	147.00								
7.80	3.00	5.00	1.1	107.00	24.90	42.0	62.0	3.9	147.00								
8.00	3.00	5.00	1.1	107.00	25.00	35.0	60.0	3.7	173.00								
8.20	3.00	5.00	1.3	107.00	25.20	44.0	70.0	4.3	187.00								
8.40	3.00	5.00	1.0	103.00	25.40	25.0	64.0	3.5	160.00								
8.60	3.00	5.00	1.0	102.00	25.60	21.0	45.0	2.1	173.00								
8.80	3.00	5.00	1.0	112.00	25.80	27.0	53.0	2.6	127.00								
9.00	3.00	5.00	1.0	107.00	26.00	25.0	47.0	2.7	127.00								
9.20	3.00	5.00	1.3	132.00	26.20	24.0	43.0	2.4	113.00								
9.40	3.00	5.00	1.3	127.00	26.40	17.0	34.0	1.7	133.00								
9.60	3.00	5.00	1.3	122.00	26.60	22.0	40.0	2.0	147.00								
9.80	3.00	5.00	1.3	127.00	26.80	33.0	54.0	3.1	213.00								
10.00	3.00	5.00	1.1	132.00	27.00	45.0	72.0	3.9	173.00								
10.20	3.00	5.00	1.1	122.00	27.20	42.0	69.0	4.1	160.00								
10.40	3.00	5.00	1.1	102.00	27.40	35.0	54.0	2.9	127.00								
10.60	3.00	5.00	1.1	112.00	27.50	24.0	43.0	2.4	113.00								
10.80	3.00	5.00	1.3	102.00	27.60	24.0	41.0	2.4	133.00								
11.00	3.00	5.00	1.2	127.00	28.00	30.0	50.0	2.9	160.00								
11.20	3.00	5.00	1.1	132.00	28.20	31.0	55.0	3.0	160.00								
11.40	3.00	5.00	1.3	127.00	28.40	30.0	53.0	2.9	167.00								
11.60	3.00	5.00	1.1	122.00	28.50	25.0	53.0	2.7	160.00								
11.80	3.00	5.00	1.1	112.00	28.80	25.0	50.0	2.5	147.00								
12.00	3.00	5.00	1.7	142.00	29.00	25.0	60.0	2.7	140.00								
12.20	3.00	5.00	1.0	182.00	29.20	22.0	41.0	2.0	113.00								
12.40	3.00	5.00	1.3	202.00	29.40	15.0	25.0	1.9	93.00								
12.60	3.00	5.00	1.3	222.00	29.60	15.0	30.0	1.6	67.00								
12.80	3.00	5.00	1.3	222.00	29.80	15.0	25.0	1.5	67.00								
13.00	3.00	5.00	1.3	127.00	30.00	32.0	43.0	2.9	160.00								
13.20	3.00	5.00	1.1	112.00	31.20	27.0	39.0	2.3	87.00								
13.40	3.00	5.00	1.1	107.00	31.40	23.0	35.0	2.3	103.00								
13.60	3.00	5.00	1.3	102.00	31.50	27.0	42.0	2.6	120.00								
13.80	3.00	5.00	1.1	102.00	31.60	25.0	40.0	2.5	120.00								
14.00	3.00	5.00	1.1	73.00	31.00	27.0	38.0	2.3	113.00								
14.20	3.00	5.00	1.3	73.00	31.20	25.0	43.0	2.3	160.00								
14.40	3.00	5.00	1.3	67.00	31.40	27.0	51.0	2.6	160.00								
14.60	3.00	5.00	1.3	62.00	31.50	25.0	55.0	2.7	147.00								
14.80	3.00	5.00	1.3	52.00	31.80	28.0	50.0	2.7	167.00								
15.00	3.00	5.00	1.4	73.00	32.00	32.0	55.0	2.9	167.00								
15.20	3.00	5.00	1.3	73.00	32.20	34.0	62.0	3.3	160.00								
15.40	3.00	5.00	1.1	73.00	32.40	45.0	70.0	4.5	253.00								
15.60	3.00	5.00	1.3	92.00	32.50	42.0	60.0	4.1	207.00								
15.80	3.00	5.00	1.3	67.00	32.80	47.0	74.0	4.2	213.00								
16.00	3.00	5.00	1.3	112.00	33.00	45.0	60.0	4.7	167.00								
16.20	3.00	5.00	1.4	62.00	32.20	35.0	63.0	3.7	167.00								
16.40	3.00	5.00	1.4	52.00	32.40	37.0	65.0	3.6	167.00								
16.60	3.00	5.00	1.4	112.00	32.50	37.0	62.0	3.6	147.00								
16.80	3.00	5.00	1.7	102.00	32.80	24.0	45.0	2.4	160.00								
17.00	3.00	5.00	1.3	107.00	34.00	24.0	48.0	2.4	153.00								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta) qc = resistenza di punta
L2 = seconda lettura (punta - laterale) fs = resistenza laterale calcolata
Lt = terza lettura (totale) C.20 m sopra quota cc
C = 10.02 costante di trasformazione

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	2
referimento	065-2012

Committente: **AGRI MEC S. s.** U.M.: **MPa** Data esec.: **10/07/2012**
 Cantiere: **FINALE EMILIA Via Camposanto 30** Pagina: **1**
 Località: **FINALE EMILIA Via Camposanto 30** Elaborato: **Falda: -3.00 m 3.02**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	H	L1	L2	Lt	qc	fs	H	L1	L2	Lt	qc	fs
m	-	-	-	MPa	kPa	m	-	-	-	MPa	kPa	m	-	-	-	MPa	kPa
0.50	0.0	3.0	3.0	83.00	17.20	3.0	18.0	0.9	60.00	34.20	26.0	60.0	2.6	157.00			
0.40	10.0	23.0	1.0	83.00	17.40	11.0	23.0	1.1	60.00	34.40	40.0	60.0	3.6	156.00			
0.50	10.0	19.0	1.0	83.00	17.50	12.0	23.0	1.2	60.00	34.60	42.0	60.0	4.1	157.00			
0.50	6.0	17.0	3.0	47.00	17.80	17.0	30.0	1.7	167.00	34.80	44.0	72.0	4.3	140.00			
1.00	6.0	12.0	3.6	33.00	18.00	25.0	42.0	2.5	113.00	35.00	47.0	69.0	4.6				
1.20	3.0	9.0	3.3	32.00	18.20	28.0	45.0	2.7	120.00								
1.40	7.0	12.0	3.7	47.00	18.40	22.0	40.0	2.2	67.00								
1.50	15.0	17.0	1.0	52.00	18.50	17.0	39.0	1.7	73.00								
1.50	12.0	20.0	1.2	72.00	18.90	3.0	20.0	0.9	60.00								
2.00	12.0	23.0	1.2	47.00	19.00	12.0	22.0	1.3	55.00								
2.20	13.0	23.0	1.3	52.00	19.20	15.0	30.0	1.6	120.00								
2.40	10.0	23.0	1.0	47.00	19.40	30.0	49.0	2.9	73.00								
2.50	11.0	15.0	1.1	63.00	19.50	24.0	35.0	2.4	127.00								
2.50	10.0	17.0	1.0	47.00	19.80	32.0	51.0	3.1	153.00								
3.00	11.0	19.0	1.1	52.00	20.00	32.0	55.0	3.2	173.00								
3.20	10.0	20.0	1.2	72.00	20.20	25.0	41.0	2.5	167.00								
3.40	14.0	24.0	1.5	63.00	20.40	25.0	50.0	2.5	147.00								
3.50	11.0	20.0	1.1	67.00	20.60	30.0	52.0	2.9	127.00								
3.50	10.0	20.0	1.0	63.00	20.80	25.0	47.0	2.7	127.00								
4.00	11.0	20.0	1.1	63.00	21.00	23.0	42.0	2.3	113.00								
4.20	12.0	21.0	1.2	72.00	21.20	21.0	39.0	2.1	133.00								
4.40	10.0	22.0	1.2	63.00	21.40	18.0	38.0	1.8	120.00								
4.50	8.0	17.0	1.3	52.00	21.60	27.0	45.0	2.6	167.00								
4.50	8.0	15.0	1.3	43.00	21.80	35.0	63.0	3.7	240.00								
5.00	8.0	11.0	1.5	32.00	22.00	44.0	60.0	4.3	240.00								
5.50	4.0	9.0	1.4	32.00	22.20	42.0	76.0	3.9	160.00								
5.50	2.0	7.0	1.3	47.00	22.40	22.0	47.0	2.3	127.00								
5.50	2.0	22.0	1.0	47.00	22.50	21.0	40.0	2.1	153.00								
5.50	10.0	16.0	1.0	63.00	22.80	21.0	45.0	2.2	147.00								
6.00	10.0	15.0	1.0	67.00	23.00	15.0	40.0	1.5	120.00								
6.20	15.0	25.0	1.5	72.00	23.20	17.0	35.0	1.7	67.00								
6.40	20.0	31.0	2.0	67.00	23.40	15.0	59.0	1.6	73.00								
6.50	20.0	35.0	1.3	67.00	23.60	17.0	29.0	1.7	63.00								
6.50	20.0	35.0	1.3	103.00	23.80	17.0	35.0	1.7	113.00								
7.00	24.0	42.0	1.7	107.00	24.00	19.0	35.0	1.9	67.00								
7.20	30.0	48.0	1.9	113.00	24.20	22.0	35.0	2.3	113.00								
7.40	31.0	45.0	2.0	127.00	24.40	21.0	39.0	2.1	167.00								
7.50	30.0	34.0	1.4	143.00	24.60	32.0	55.0	2.9	147.00								
7.50	30.0	45.0	1.1	143.00	24.80	40.0	62.0	3.6	160.00								
8.00	21.0	45.0	1.9	67.00	25.00	35.0	62.0	3.7	173.00								
8.20	21.0	42.0	1.9	67.00	25.20	44.0	70.0	4.3	200.00								
8.40	24.0	35.0	1.5	107.00	25.40	42.0	72.0	4.1	160.00								
8.50	20.0	35.0	1.3	93.00	25.60	35.0	50.0	2.5	160.00								
8.50	32.0	48.0	1.1	103.00	25.80	25.0	62.0	2.7	160.00								
8.00	31.0	47.0	2.0	123.00	26.00	21.0	45.0	2.1	147.00								
8.20	30.0	45.0	1.9	117.00	26.20	22.0	44.0	2.2	160.00								
8.40	24.0	45.0	1.7	123.00	26.40	25.0	60.0	2.5	133.00								
8.50	27.0	45.0	1.6	123.00	26.60	27.0	47.0	2.6	127.00								
8.50	27.0	45.0	1.6	107.00	26.80	24.0	43.0	2.4	113.00								
10.00	26.0	44.0	1.7	123.00	27.00	23.0	40.0	2.3	120.00								
10.20	27.0	45.0	1.6	113.00	27.20	23.0	40.0	2.2	160.00								
10.40	25.0	39.0	1.3	123.00	27.40	33.0	54.0	2.9	127.00								
10.50	25.0	35.0	1.0	93.00	27.60	25.0	44.0	2.6	107.00								
10.50	21.0	35.0	2.0	163.00	27.80	24.0	49.0	2.4	107.00								
11.00	20.0	35.0	2.0	167.00	28.00	25.0	41.0	2.5	153.00								
11.20	25.0	41.0	2.5	133.00	28.20	32.0	53.0	2.9	160.00								
11.40	30.0	50.0	2.9	133.00	28.40	32.0	53.0	2.9	160.00								
11.50	42.0	50.0	1.1	127.00	28.60	24.0	62.0	2.7	173.00								
11.50	51.0	70.0	1.0	147.00	28.80	25.0	53.0	2.5	160.00								
12.00	56.0	90.0	1.7	153.00	29.00	28.0	50.0	2.7	147.00								
12.20	50.0	73.0	1.9	143.00	29.20	28.0	47.0	2.6	140.00								
12.40	47.0	65.0	1.6	137.00	29.40	23.0	41.0	2.6	107.00								
12.50	45.0	65.0	1.4	131.00	29.60	19.0	35.0	1.9	113.00								
12.50	40.0	65.0	1.9	147.00	29.80	19.0	35.0	1.6	100.00								
13.00	35.0	57.0	1.4	143.00	30.00	19.0	30.0	1.6	60.00								
13.20	54.0	35.0	1.5	73.00	30.20	15.0	29.0	1.6	120.00								
13.40	74.0	35.0	1.3	67.00	30.40	23.0	40.0	2.2	107.00								
13.50	80.0	70.0	1.9	93.00	30.60	30.0	49.0	3.2	153.00								
13.50	52.0	65.0	1.1	93.00	30.80	30.0	53.0	2.9	133.00								
14.00	54.0	65.0	1.1	93.00	31.00	24.0	44.0	2.4	160.00								
14.20	50.0	60.0	1.1	87.00	31.20	25.0	50.0	2.5	127.00								
14.40	70.0	95.0	1.1	93.00	31.40	21.0	40.0	2.1	140.00								
14.50	94.0	95.0	1.3	83.00	31.60	22.0	44.0	2.3	140.00								
14.50	90.0	93.0	1.3	93.00	31.80	24.0	45.0	2.4	127.00								
16.00	50.0	65.0	1.1	63.00	32.00	28.0	45.0	2.5	147.00								
16.20	70.0	34.0	1.1	63.00	32.20	28.0	48.0	2.5	153.00								
16.40	16.0	30.0	1.3	73.00	32.40	25.0	43.0	2.5	160.00								
16.50	11.0	22.0	1.1	67.00	32.60	30.0	54.0	2.9	153.00								
16.50	10.0	22.0	1.2	73.00	32.80	30.0	58.0	3.2	160.00								
16.00	14.0	25.0	1.4	73.00	33.00	30.0	60.0	3.2	167.00								
16.20	17.0	25.0	1.7	73.00	33.20	40.0	69.0	3.9	133.00								
16.40	15.0	25.0	1.5	93.00	33.40	35.0	56.0	3.5	173.00								
16.50	15.0	25.0	1.5	73.00	33.60	25.0	55.0	2.6	140.00								
16.50	15.0	24.0	1.3	83.00	33.80	30.0	59.0	2.9	133.00								
17.00	12.0	21.0	1.2	83.00	34.00	25.0	45.0	2.5	160.00								

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta - latera e)
 Lt = terza lettura (totale)
 C* = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
 fs = resistenza laterale calcolata
 0.20 m sopra quota cc

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA											CPT		3	
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI											riferimento		065-2012	
Comitente: AGRI MEC S. s.						J.N.: MPa		Data esec. 10/07/2012						
Cantieri: FINALE EMILIA Via Camposanto 30						Foglio: I		Falda: -3.00 m 3.02						
Località: FINALE EMILIA Via Camposanto 30						Elaborato:								

H	L1	L2	Lt	qc	fs	H	L1	L2	Lt	qc	fs	H	L1	L2	Lt	qc	fs
m	-	-	-	MPa	KPa	m	-	-	-	MPa	KPa	m	-	-	-	MPa	KPa
0.30	0.0	0.0	0.0	73.00	17.20	17.0	22.0	1.5	67.00	34.20	40.0	69.0	3.5	173.00			
0.40	0.0	0.0	0.0	65.00	17.40	17.0	21.0	1.1	57.00	34.40	44.0	70.0	4.2	150.00			
0.50	0.0	0.0	0.0	52.00	17.60	17.0	20.0	0.8	47.00	34.60	42.0	65.0	4.1	130.00			
0.60	0.0	0.0	0.0	47.00	17.80	27.0	15.0	2.6	127.00	34.80	41.0	63.0	1.0	130.00			
1.00	0.0	0.0	0.0	47.00	18.00	26.0	15.0	2.5	113.00	35.00	44.0	63.0	4.2	150.00			
1.20	0.0	0.0	0.0	32.00	12.20	27.0	14.0	2.3	120.00								
1.40	0.0	0.0	0.0	47.00	15.40	23.0	19.0	2.2	113.00								
1.60	0.0	0.0	0.0	60.00	15.50	19.0	23.0	1.6	113.00								
1.80	0.0	0.0	0.0	60.00	15.60	19.0	23.0	1.9	60.00								
2.00	0.0	0.0	0.0	62.00	18.00	14.0	23.0	1.4	53.00								
2.20	0.0	0.0	0.0	47.00	15.20	14.0	23.0	1.4	167.00								
2.40	0.0	0.0	0.0	52.00	15.40	23.0	28.0	2.0	133.00								
2.60	0.0	0.0	0.0	52.00	15.40	24.0	44.0	3.4	167.00								
2.80	0.0	0.0	0.0	52.00	15.30	30.0	53.0	2.9	160.00								
3.00	0.0	0.0	0.0	47.00	20.00	25.0	55.0	2.7	150.00								
3.20	0.0	0.0	0.0	42.00	22.20	25.0	52.0	2.5	160.00								
3.40	0.0	0.0	0.0	47.00	22.20	25.0	50.0	2.5	163.00								
3.60	0.0	0.0	0.0	52.00	22.20	25.0	44.0	2.6	167.00								
3.80	0.0	0.0	0.0	52.00	22.30	25.0	40.0	2.4	133.00								
4.00	0.0	0.0	0.0	52.00	21.00	33.0	52.0	3.1	167.00								
4.20	0.0	0.0	0.0	42.00	21.20	32.0	53.0	2.9	167.00								
4.40	0.0	0.0	0.0	32.00	21.40	32.0	53.0	3.2	173.00								
4.60	0.0	0.0	0.0	32.00	21.50	25.0	52.0	2.5	163.00								
4.80	0.0	0.0	0.0	42.00	21.60	25.0	43.0	2.5	160.00								
5.00	0.0	0.0	0.0	32.00	22.00	25.0	53.0	2.5	113.00								
5.20	0.0	0.0	0.0	32.00	22.20	15.0	38.0	1.6	167.00								
5.40	0.0	0.0	0.0	42.00	22.40	17.0	33.0	1.7	150.00								
5.60	0.0	0.0	0.0	27.00	22.50	22.0	38.0	2.0	127.00								
5.80	0.0	0.0	0.0	42.00	22.90	22.0	44.0	2.5	113.00								
6.00	0.0	0.0	0.0	32.00	23.00	21.0	33.0	2.1	163.00								
6.20	0.0	0.0	0.0	42.00	23.20	21.0	43.0	2.2	140.00								
6.40	0.0	0.0	0.0	60.00	23.20	21.0	42.0	2.9	120.00								
6.60	0.0	0.0	0.0	19.00	23.20	21.0	33.0	2.6	113.00								
6.80	0.0	0.0	0.0	107.00	23.20	15.0	35.0	1.6	107.00								
7.00	0.0	0.0	0.0	127.00	24.00	17.0	33.0	1.7	120.00								
7.20	0.0	0.0	0.0	127.00	24.20	15.0	33.0	1.6	127.00								
7.40	0.0	0.0	0.0	93.00	24.40	15.0	38.0	1.9	127.00								
7.60	0.0	0.0	0.0	93.00	24.50	22.0	33.0	2.0	53.00								
7.80	0.0	0.0	0.0	85.00	24.50	22.0	33.0	2.1	200.00								
8.00	0.0	0.0	0.0	42.00	25.00	37.0	60.0	2.9	167.00								
8.20	0.0	0.0	0.0	60.00	25.20	35.0	53.0	2.9	167.00								
8.40	0.0	0.0	0.0	102.00	25.40	35.0	70.0	3.4	173.00								
8.60	0.0	0.0	0.0	67.00	25.50	40.0	63.0	3.9	160.00								
8.80	0.0	0.0	0.0	60.00	25.90	41.0	60.0	4.0	113.00								
9.00	0.0	0.0	0.0	73.00	26.00	41.0	53.0	4.0	163.00								
9.20	0.0	0.0	0.0	60.00	25.20	25.0	43.0	2.5	133.00								
9.40	0.0	0.0	0.0	93.00	25.30	25.0	47.0	2.6	127.00								
9.60	0.0	0.0	0.0	67.00	25.50	25.0	44.0	2.6	160.00								
9.80	0.0	0.0	0.0	67.00	25.90	25.0	50.0	2.5	140.00								
10.00	0.0	0.0	0.0	73.00	27.00	23.0	44.0	2.3	120.00								
10.20	0.0	0.0	0.0	73.00	27.20	23.0	40.0	2.2	167.00								
10.40	0.0	0.0	0.0	60.00	27.40	24.0	40.0	2.4	167.00								
10.60	0.0	0.0	0.0	127.00	27.50	25.0	41.0	2.5	140.00								
10.80	0.0	0.0	0.0	210.00	27.90	23.0	44.0	2.9	150.00								
11.00	0.0	0.0	0.0	102.00	28.00	25.0	52.0	2.9	157.00								
11.20	0.0	0.0	0.0	142.00	28.00	25.0	53.0	2.9	133.00								
11.40	0.0	0.0	0.0	120.00	28.40	24.0	44.0	2.4	147.00								
11.60	0.0	0.0	0.0	102.00	28.50	23.0	43.0	2.5	127.00								
11.80	0.0	0.0	0.0	173.00	28.90	23.0	41.0	2.2	127.00								
12.00	0.0	0.0	0.0	142.00	29.00	22.0	42.0	2.3	120.00								
12.20	0.0	0.0	0.0	173.00	29.20	23.0	49.0	2.2	113.00								
12.40	0.0	0.0	0.0	160.00	29.40	19.0	33.0	1.6	167.00								
12.60	0.0	0.0	0.0	132.00	29.50	17.0	33.0	1.7	157.00								
12.80	0.0	0.0	0.0	107.00	29.90	15.0	33.0	1.6	127.00								
13.00	0.0	0.0	0.0	93.00	30.00	23.0	40.0	2.1	127.00								
13.20	0.0	0.0	0.0	60.00	32.20	25.0	44.0	2.5	120.00								
13.40	0.0	0.0	0.0	73.00	32.40	23.0	40.0	2.2	163.00								
13.60	0.0	0.0	0.0	60.00	32.50	23.0	43.0	2.3	160.00								
13.80	0.0	0.0	0.0	73.00	32.90	27.0	45.0	2.5	173.00								
14.00	0.0	0.0	0.0	67.00	31.00	33.0	52.0	2.9	150.00								
14.20	0.0	0.0	0.0	52.00	31.20	33.0	60.0	3.2	167.00								
14.40	0.0	0.0	0.0	107.00	31.40	28.0	55.0	2.7	147.00								
14.60	0.0	0.0	0.0	60.00	31.50	23.0	47.0	2.5	147.00								
14.80	0.0	0.0	0.0	73.00	31.90	23.0	43.0	2.3	127.00								
15.00	0.0	0.0	0.0	93.00	32.00	21.0	40.0	2.1	120.00								
15.20	0.0	0.0	0.0	73.00	32.20	23.0	49.0	2.2	173.00								
15.40	0.0	0.0	0.0	82.00	32.40	23.0	53.0	2.4	133.00								
15.60	0.0	0.0	0.0	67.00	32.80	24.0	44.0	2.4	147.00								
15.80	0.0	0.0	0.0	73.00	33.90	23.0	47.0	2.3	130.00								
16.00	0.0	0.0	0.0	73.00	33.00	23.0	55.0	2.7	173.00								
16.20	0.0	0.0	0.0	107.00	33.20	23.0	55.0	2.6	167.00								
16.40	0.0	0.0	0.0	67.00	32.40	30.0	53.0	2.9	167.00								
16.60	0.0	0.0	0.0	60.00	32.90	32.0	53.0	3.2	167.00								
16.80	0.0	0.0	0.0	52.00	32.90	43.0	67.0	4.1	167.00								
17.00	0.0	0.0	0.0	60.00	34.00	32.0	64.0	3.2	163.00								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta - laterale)	0.20 m sopra quota cc
Lt = terza lettura (totale)	
C = 10.00 costante di trasformazione	

nota

Fig 5: Tabelle di campagna prove penetrometriche CPT1, CPT2 E CPT3.

La stratigrafia di dettaglio è riportata nei diagrammi delle valutazioni litologiche e nelle tabelle dei parametri geotecnici. All. n. 4 e 5.

3.5 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI E CARATTERISTICI

Al fine di caratterizzare i singoli strati della sequenza litologica riscontrata dalle indagini si riportano nella tabella di seguito i parametri geotecnici (valori meccanici del terreno) **medi** per ogni singolo strato individuato .

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA																						
SEZIONE GEOTECNICA		riferimento	065-2012																			
Committente: AGRI MEC S. s.		U.M.	MPa																			
Cantiere: FINALE EMILIA Via Camposanto 30																						
Località: FINALE EMILIA Via Camposanto 30																						
Param. 065-2012 [3]																						
		NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE															
Prof.	qc	qc/ks	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	oSc	oCa	oKo	oDB	oDM	oMe	F.L.	E'50	E'25	Mo	
m	MPa		kN/m ³	kPa	m/s	kPa	%	MPa	MPa	MPa	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)		MPa	MPa	MPa	
0,20	6.60	0,9	18,7	118	51	160	45	11,2	11,90	17,85	3,34	58	38	33	30	28	38	27	--	2,78	4,17	5,00
6,60	10,80	1,9	20,3	92	99	166	74	4,6	26,60	39,89	5,87	25	34	26	23	21	29	28	--	3,97	5,95	7,14
10,80	15,40	5,0	41,6	93	140	187	119	5,6	35,27	52,91	10,36	39	36	27	24	23	31	31	--	8,60	12,90	15,48
15,40	35,00	2,4	18,4	93	253	170	87	1,7	49,74	74,81	7,21	4	32	21	18	17	25	28	--	4,48	6,72	8,06

Fig.6: Valori GEOTECNICI MEDI per ogni strato della sequenza litologica.

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

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

La variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati coesivi** studiati per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito è il **parametro geotecnico caratteristico cu**; la variabile aleatoria da prendere in considerazione **negli strati sciolti studiati** per il tipo di indagini geognostiche svolte direttamente in sito è il **parametro geotecnico caratteristico ϕ** .

Il valore caratteristico scelto è pari al 5° percentile della media della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) per gli strati coesivi, è pari invece al 5° percentile della media della distribuzione normale del parametro geotecnico ϕ per gli strati sciolti.

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione lognormale del parametro geotecnico (cu) è :

$$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} - \frac{t_{1-\alpha/2}(n-1)}{\sqrt{n}} * \sqrt{S^2 \left(1 + \frac{S^2}{2}\right)}$$

La formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione normale del parametro geotecnico (ϕ) è :

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

I dati immessi nei calcoli sono i valori di c_u e di ϕ derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalle prove penetrometriche mediante le correlazioni standard (Raccomandazioni AGI 1977-Ricceri et Altri 1974 – Marsal et al. 1974/1979).

COESIONE NON DRENATA Terreni COESIVI $C_u = R_p/\beta$			
CORRELAZIONI STANDARD - Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et altri 1974 - Marsland et al. 1974/1979			
- Argille normalmente consolidate N.C. ($q_c \leq 10 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta = 25$		(valore standard: 20)
- Argille intermedie ($10 < q_c < 30 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta =$ valore interpolato		
- Argille sovra consolidate S.C. ($q_c \geq 30 \text{ kg/cm}^2$)	$\beta = 40$		(valore standard: 30)

Fig.7: Correlazioni per il calcolo di c_u dai valori di q_c e f_s .

I valori immessi nella formula utilizzata per il calcolo del 5° percentile della distribuzione relativi ai parametri geotecnici di interesse sono quelli significativi per i singoli strati indagati.

Lo scopo è fornire un valore di c_u e ϕ che caratterizzi lo strato nel suo complesso. Nei calcoli vengono quindi eliminati, se presenti, i valori di picco di livelli centimetrici non rappresentativi delle caratteristiche litologiche dello strato.

Se si considerano tutti i valori definiti ogni 20 cm dalle prove penetrometriche senza fare un'analisi ragionata delle proprietà litologiche dello strato si rischia di ottenere dei parametri geotecnici che falsano le reali caratteristiche dello strato.

I dati immessi nei calcoli sono i valori di c_u e di ϕ derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalle prove penetrometriche e interpretate e "ragionate" dalla scrivente.

Primo strato da 0 alla quota di - 6.80 m: argille di media consistenza passanti, alla profondità di - 4.40 m ad argille limose soffici e comprimibili, $c_{u,k} = 37.80 \text{ kPa}$;

Secondo strato da - 6.80 a - 10.80 m: argille compatte $c_{u,k} = 63.50 \text{ kPa}$;

Terzo strato da - 10.80 m a - 15.40 m: sabbie poco addensate, $\phi_k = 24.30^\circ$;

Quarto strato da - 15.40 a - 35.00 m: limi argillosi consistenti, $c_{u,k} = 64.30 \text{ kPa}$.

Sintetizzando nella tabella di seguito si riportano i parametri in termini di resistenza dei terreni indagati ricavati direttamente dall'analisi delle prove penetrometriche come descritto sopra per i parametri in condizioni non drenate e desunte da analisi di laboratorio eseguite su campioni aventi caratteristiche meccaniche paragonabili a quelli del sito di studio per i parametri in condizioni drenate.

Profondità dal p.c. (m)	Unità Formazionale	γ'_d (kN/m ³)	γ'_w (kN/m ³)	c'_u (kPa)	ϕ'_u (°)	C_{ult} (kPa)
0 – 6.80	argille di media consistenza passanti, ad argille limose soffici e comprimibili	12	18	2-4	8	37.80
6.80 – 10.80	Argille compatte	12	19	5	10	63.50
10.80 – 15.40	Sabbie poco addensate	14	20	/	24.30	/
15.40 – 3.0	Limi argillosi consistenti	12	19.50	5	12	64.30

4. ANALISI SISMICA RIPORTANTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO

4.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il 20 Marzo 2003 è stata promulgata l'ordinanza n. 3274 della presidenza del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" che fissa le regole per l'identificazione dei comuni sismici e definisce le norme tecniche costruttive per la progettazione di edifici e per le opere di fondazione.

Nella nuova classificazione tutto il territorio viene suddiviso in 4 zone di cui la n. 1 è la più pericolosa.

Per quanto riguarda la Regione Emilia Romagna la novità consiste in un allargamento della zona 3 ed in un ampliamento della zona 2 entro la quale ricadono alcuni comuni.

Il comune di Concordia sulla Secchia la zona d'indagine ricadono nella zona 3 e vengono definiti a "bassa sismicità".

Alla data attuale (Luglio 2012) tale classificazione è rimasta invariata anche dopo la grossa recente crisi sismica verificatasi la mattina del 20 Maggio 2012 con un terremoto di magnitudo locale pari a 5.9 con epicentro Finale Emilia e la mattina del 29 Maggio con terremoto di magnitudo locale pari a 5.8 ed epicentro fra i Comuni di Medolla e Cavezzo.

4.1.1 Cenni sulla sismotettonica della pianura padana

(Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna nel Luglio 2004)

In Pianura Padana la superficie di base del Sistema Emiliano Romagnolo (0.45 Ma) è la più recente superficie di discordanza angolare in scala regionale.

La geometria di questa superficie è articolata in zone più o meno depresse. In particolare sono evidenti gli alti di Mirandola – San Possidonio e Finale

Emilia (tra Reggio Emilia e Ferrara), di San Bartolomeo in Bosco (a sud di Ferrara) e di Bondeno-Casaglia-Occhiobello (a nord-ovest di Ferrara), dove la base del SERS è a una profondità inferiore a - 100 m s.l.m. Queste zone di alto (dove si trova l'area di studio) ricadono tutte sul culmine della dorsale ferrarese, permettendo di ipotizzare un'attività tardo - pleistocenica di questa struttura.

Lo studio in dettaglio delle strutture sepolte della Pianura Padana è possibile soprattutto grazie all'interpretazione di profili sismici.

I terreni più recenti che registrano diffuse deformazioni alla mesoscala sono le Sabbie di Imola e il Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore (SERI) di età compresa tra 0.8 e 0.45 Ma; risulta dunque evidente, anche da osservazioni di campagna, che gran parte del margine appenninico-padano e del sottosuolo padano-adriatico sono stati interessati da deformazioni più recenti di 0.45 Ma.

Le maggiori evidenze di strutture attive segnalate nella Carta della Sismotettonica della Regione Emilia Romagna sono nel settore del margine compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice, a est di Bologna, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane tra Piacenza e Reggio Emilia e al tetto delle dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio dove si trova il sito di studio.

L'attività recente e attuale della dorsale ferrarese è indicata oltre che dagli ultimi eventi sismici anche da alcune evidenze morfologiche. Alcuni depositi di canali dei fiumi appenninici non raggiungono né il Po, né il mare e sembrano non oltrepassare l'alto della dorsale ferrarese. Anche il corso del Po, a nord di Reggio Emilia, fa una brusca deviazione verso nord immediatamente prima di raggiungere Novellara e Mirandola, zone in cui il fronte della dorsale ferrarese è molto vicino alla superficie.

Nell'area di studio la SERS è indicata a una profondità inferiore ai - 100 m. Dall'analisi delle prove eseguite con sismica passiva HVRS risulta che fino alla profondità di circa 60/70 m si registrano aumenti graduali delle velocità di propagazione delle onde sismiche fino a circa 300 m/s . La profondità di - 60/70 m può essere considerata come la quota del bedrock sismico.

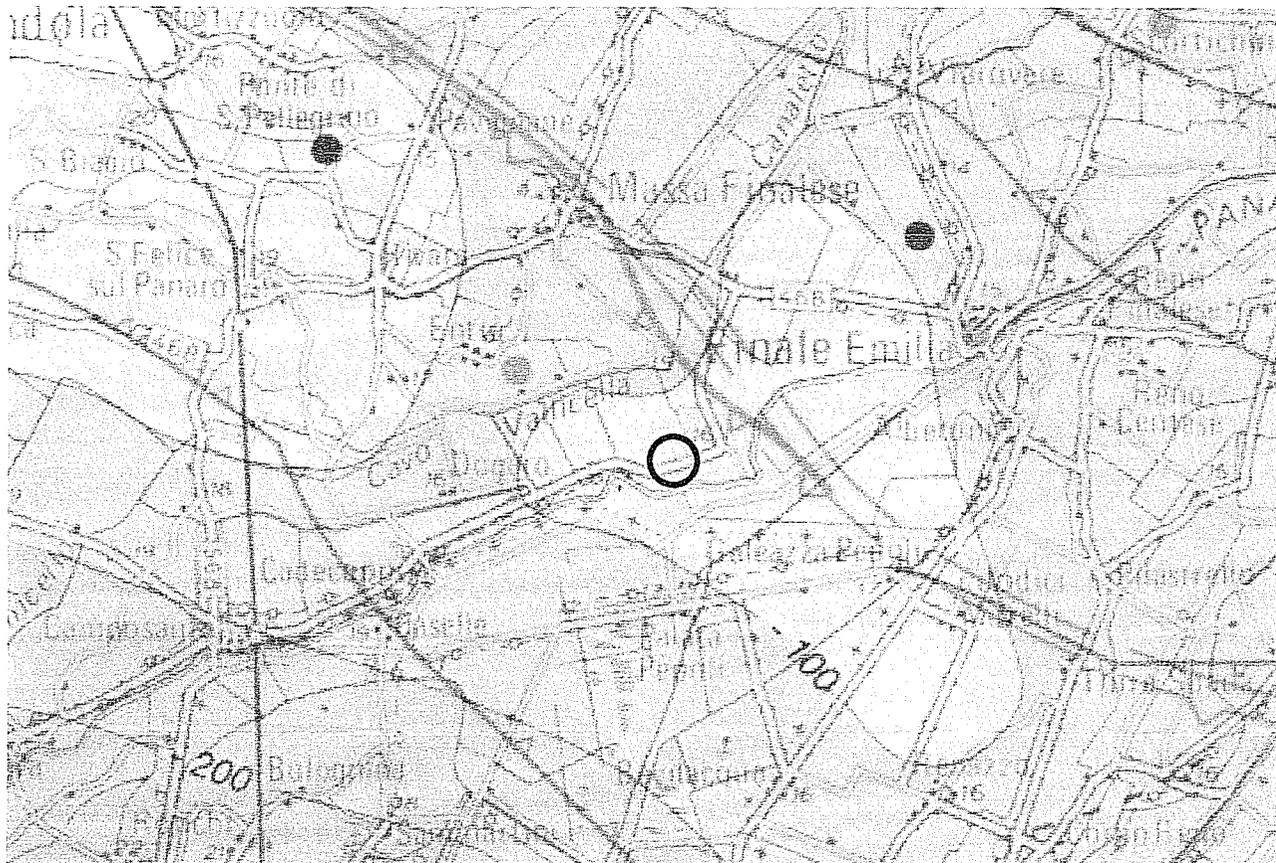


Fig.8 Carta della Sismotettonica redatta dalla Regione Emilia Romagna nel Luglio 2004

4.2 MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO

4.2.1. Definizione categoria sismica mediante analisi HVRS del sottosuolo e mediante analisi onde di superficie MASW

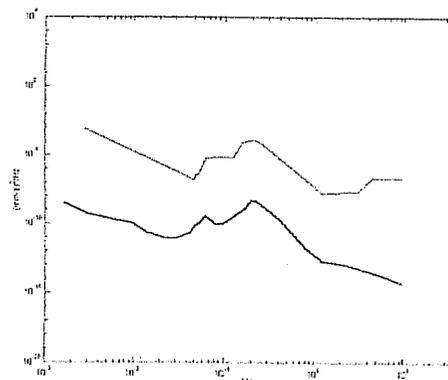
La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo e la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato sono ricavati dall'analisi delle due prove eseguite con tomografo digitale e da un rilievo geofisico in onde di superficie MASW tarati dalla sequenza litostratigrafica definita dall'analisi della prova penetrometrica statica.

4.2.1.1 Prospezione sismica HVSR – Cenni di teoria

Le prospezioni sismiche HVSR si basano sulla registrazione del rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10^{-15} [m/s²]² in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale, in assenza di vento e nel caso in cui il terreno sia roccioso e pianeggiante, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in figura a lato, dove la curva bassa rappresenta il rumore di fondo 'minimo' di riferimento secondo il servizio geologico statunitense (USGS) mentre la curva superiore rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche.



Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco, anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

4.2.1.2 Effetti di percorso

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che, se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di "ray tracing", è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione. Questa informazione è però 'sepolta' all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste è la tecnica dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR.

4.2.1.3 Definizioni.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

4.2.1.4 Tecnica impiegata.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto

orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere in linea di principio usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Considerando il sistema in figura a lato in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a

$$f_r = VP1/(4 h) \quad [1]$$

mentre quella relativa alle onde S è

$$f_r = VS1/(4 h) \quad [2]$$

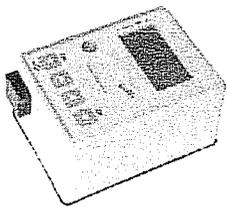
Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati. Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per il contenuto in frequenza, la risposta strumentale e l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Rileviamo inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994). Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico (Gallipoli et al., 2000; Mucciarelli e Gallipoli, 2001; Castellaro et al., 2005). Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (si veda Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

4.2.1.5 Strumentazione - Caratteristiche del campionamento ed elaborazione

Lo strumento utilizzato è stato il TROMINO ZERO, modello TRZ-0121/01-11 realizzato dalla Micromed Spa, Moglione Veneto - Treviso.

Di seguito si riporta la descrizione dello strumento:

Codice	Descrizione
TROMINO® ZERO 	Registratore digitale tutto in uno 10 x 7 x 13 cm, ~ 1 kg 1 Gb di memoria alimentazione a batteria (AA, 2 x 1.5 V) 2 set di piedini per accoppiamento al suolo banda di lavoro 0.1-200 Hz <ul style="list-style-type: none"> • 3 canali velocimetrici per microtremore sismico ambientale (saturazione ± 1.2 mm/s in banda), • frequenze di campionamento 128, 256, 512 Hz su tutti i canali, • valigetta rigida per il trasporto • cavo USB per trasferimento dati al PC

Il campionamento è stato effettuato ad una frequenza di 128 Hz, per una durata di 16 minuti, il nord dello strumento è stato orientato con il nord geografico.

L'elaborazione è stata effettuata con il software Grilla in dotazione a TROMINO, secondo la procedura descritta in Castellaro (2010), relativamente ai parametri utilizzati, ossia banda di frequenza analizzata, lunghezza delle finestre, tipo e percentuale del lisciamento si rimanda alle singole schede.

4.2.1.6 Schede di acquisizione elaborazione e interpretazione

FINALE EMILIA (MO), Via Camposanto 30, HVSR 1

Strumento: TRZ-0121/01-11

Inizio registrazione: 14/07/12 07:31:12 Fine registrazione: 14/07/12 07:51:12

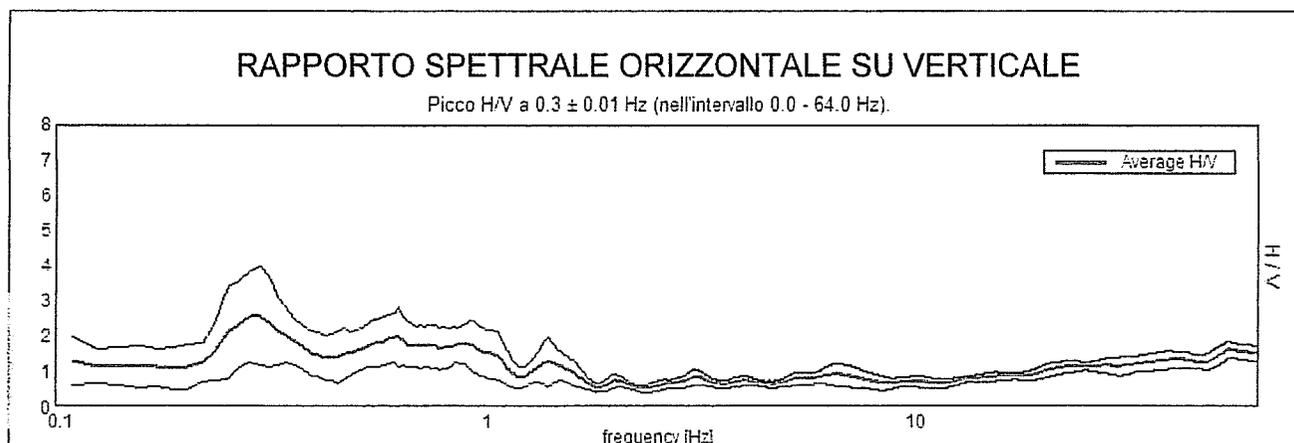
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS: LAT 44.814447° - LONG 11.230638°

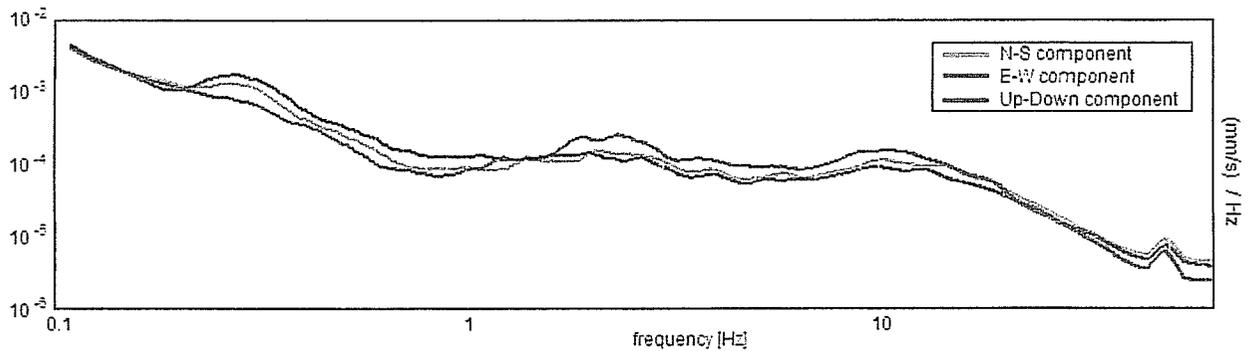
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 74% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

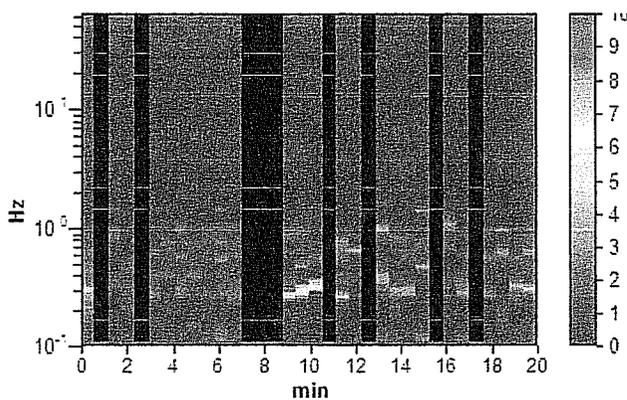
Lunghezza finestre: 35 s - Tipo di lisciamento: Triangularwindow - Lisciamento: 10%



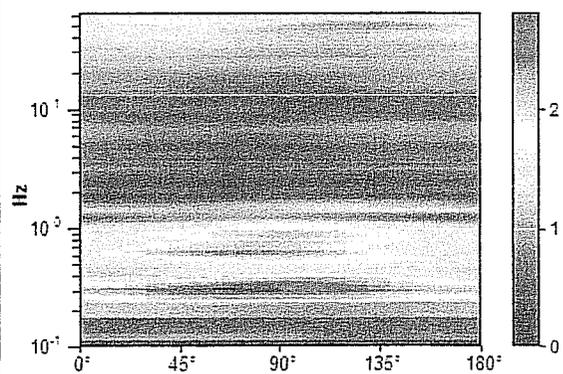
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



FINALE EMILIA (MO), Via Camposanto, 30 - HVSr 2

Strumento: TRZ-0121/01-11

Inizio registrazione: 14/07/12 08:30:57 Fine registrazione: 14/07/12 08:50:57

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS: LAT 44.814527° LONG 11.231296°

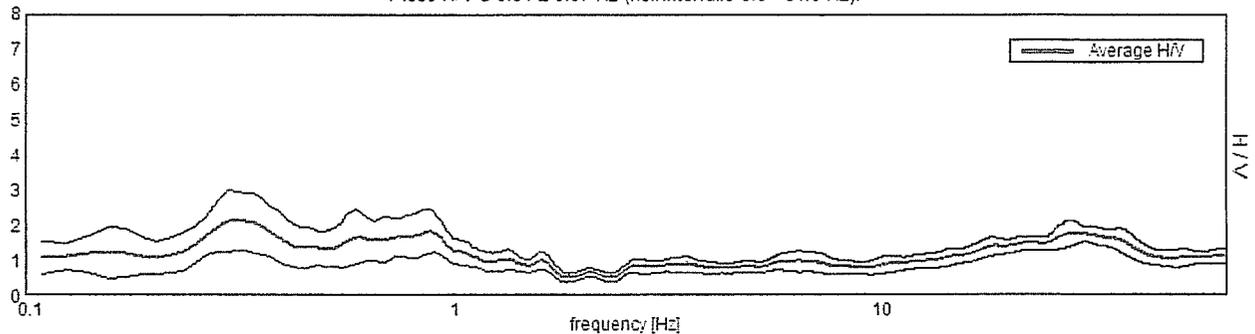
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

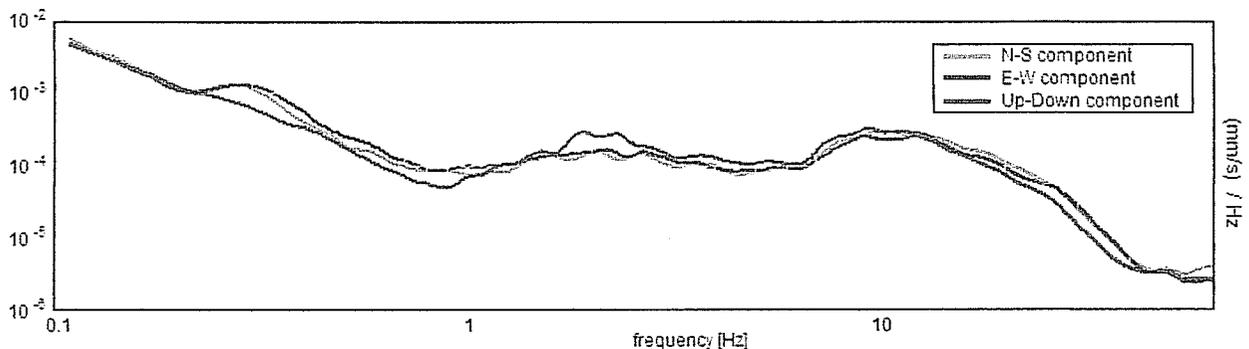
Lunghezza finestre: 35 s - Tipo di lisciamo: Triangularwindow - Lisciamo: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

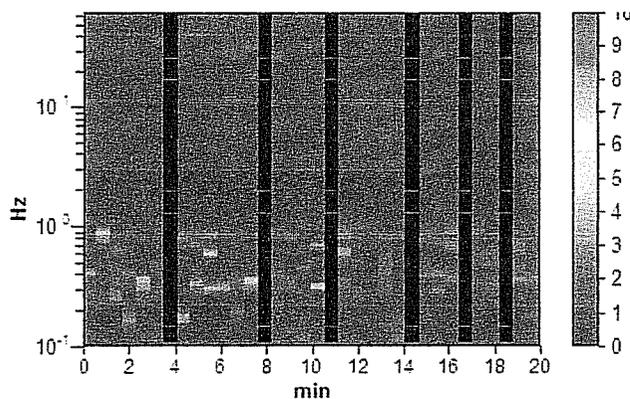
Picco H/V a 0.31 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



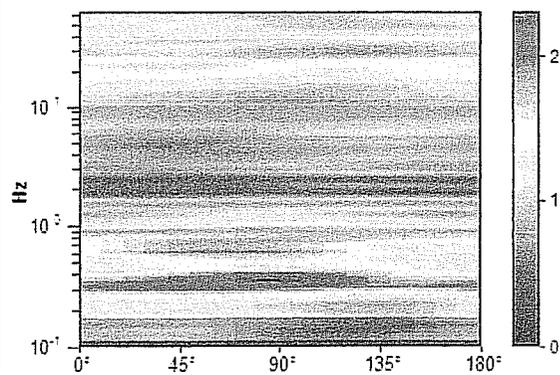
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V

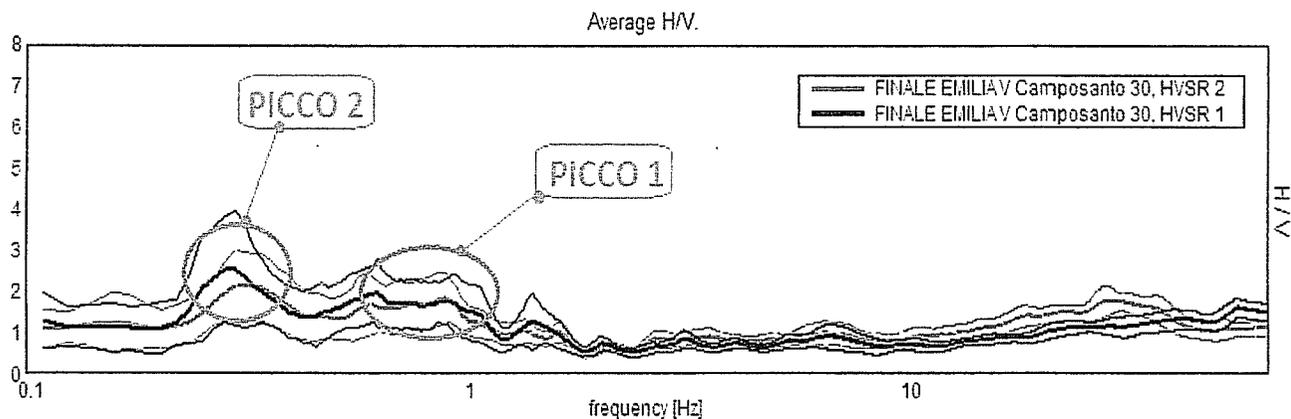


DIREZIONALITA' H/V



Tutte le acquisizioni HVSR, risultano completamente convalidate dalle linee guida SESAME 2005.

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, dal diagramma del confronto delle curve H/V, di seguito riportato, abbiamo:



Due picchi stratigrafici così caratterizzati:

Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)	Periodo (s) Caratteristico (valori medi)
1	1,8	~ 0,85	~ 1,17
2	2,30	~ 0,30	~ 3,33

Il **picco (1)**, rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 60,00 - 70,00 m., convalidato dai dati di letteratura (vedi Carta della Sismotettonica della regione Emilia Romagna), mentre il **picco (2)**, rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 300,00 – 350,00 m.

Il picco segnalato alla frequenza caratteristica di 0.30 Hz è quello che dà la massima ampiezza, corrispondente al periodo di 3.33 s da confrontare con il periodo della struttura.

4.2.2 MASW - In Onde Rayleigh

Le indagini MASW (*Multichannel Acquisition Surf Wave*) hanno come obiettivo quello di ricostruire il profilo sismostratigrafico di un sito, valutando in particolare la distribuzione della velocità delle onde "S" sia per la ricostruzione del profilo del sottosuolo che per la definizione *in situ* della Vs30.

Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede a generare artificialmente vibrazioni impulsive ad alta frequenza in corrispondenza di un punto prestabilito lungo il profilo (punto di scoppio): nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (trigger). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale con tempo di registrazione pari ad almeno 2 secondi alla frequenza di 512 Hz.

4.2.2.1 Schede di acquisizione elaborazione e interpretazione

FINALE EMILIA Via Camposanto, 30 MASW - ZVFDX4MO10

- **Strumento e Parametri di acquisizione**

Strumento: SAB – 0019 / 02 - 11

Inizio registrazione: 14/07/12 08:23:56 Fine registrazione: 14/07/12 08:24:36

Durata registrazione: 0h00'02". Analizzato 82% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 512 Hz

- **Geometria Array**

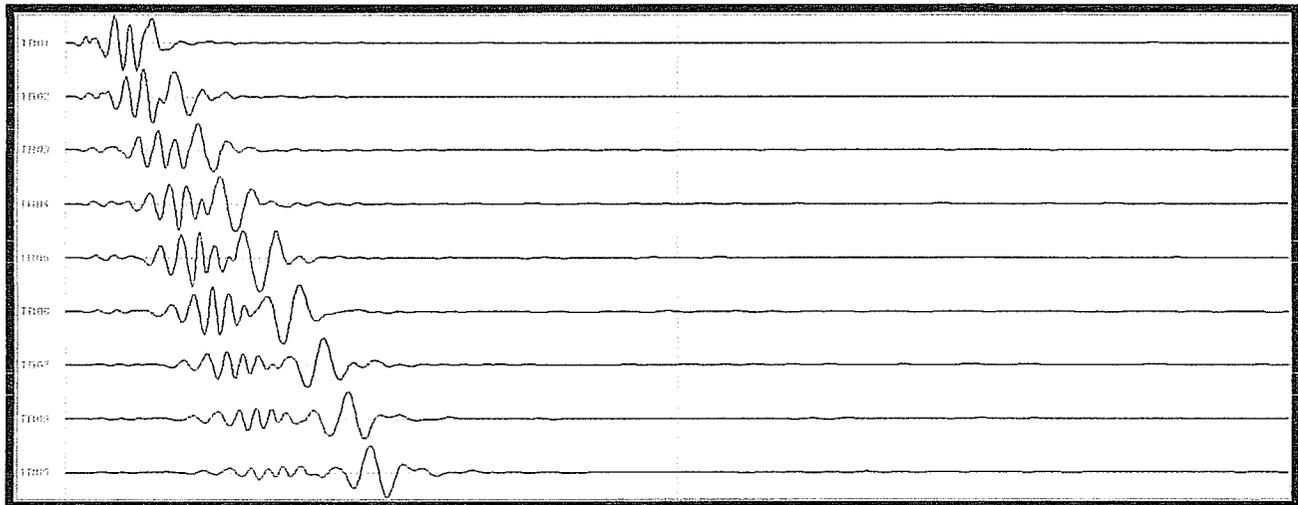
Nomi canali : TR01 ;TR02 ; TR03 ; TR04 ; TR05 ; TR06 ; TR07 ; TR08 ; TR09

Array geometry (x): 0.0 4.0 8.0 12.0 16.0 20.0 24.0 28.0 32.0 m.

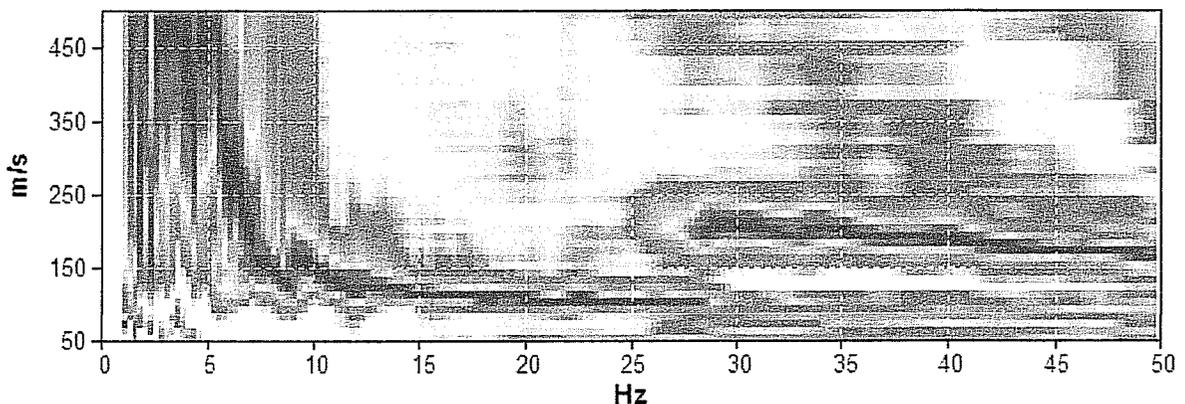
Distanza intergeofonica : DX = 4,00 m.

Offset minimo (distanza tra TR01 e scoppio) MO = 10,00 m.

Dataset normalizzato nell'intervallo (0 – 2 s) – Componente Verticale onde Rayleigh ZVF:



Spettro Velocità di fase :



4.2.3 Modello sismico del sottosuolo

La modellazione in termini di V_s , è stata effettuata, su tutte le registrazioni, vincolando le curve spettrali alla curva di dispersione MASW e alla prove CPT .

In particolare è stato fatto il Fit congiunto MASW – HVSR, dove il modello di sottosuolo V_s , viene confrontato contemporaneamente, tramite la curva di dispersione “effetto della dispersione delle onde superficiali”, per la parte superficiale “ 10,00 m.”, e i picchi di risonanza della curva H/V “effetto della risonanza del micro tremore dovuti ai contrasti di impedenza, superficiali e profondi”, per la parte profonda.

Per il calcolo si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

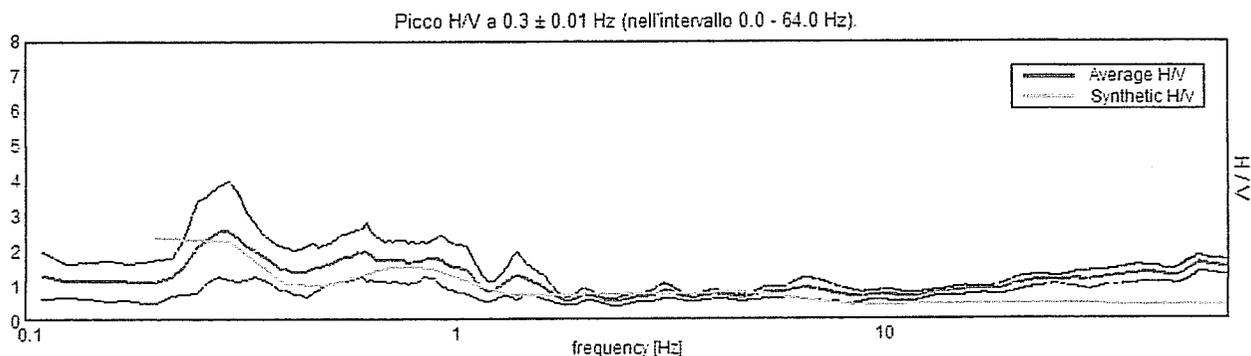
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

I calcoli sono stati condotti considerando 30 metri di sottosuolo a partire dal p.c. e i risultati sono:

HVSR 1 V_s (30) = 161 m/s - HVSR 2 V_s (30) = 160 m/s

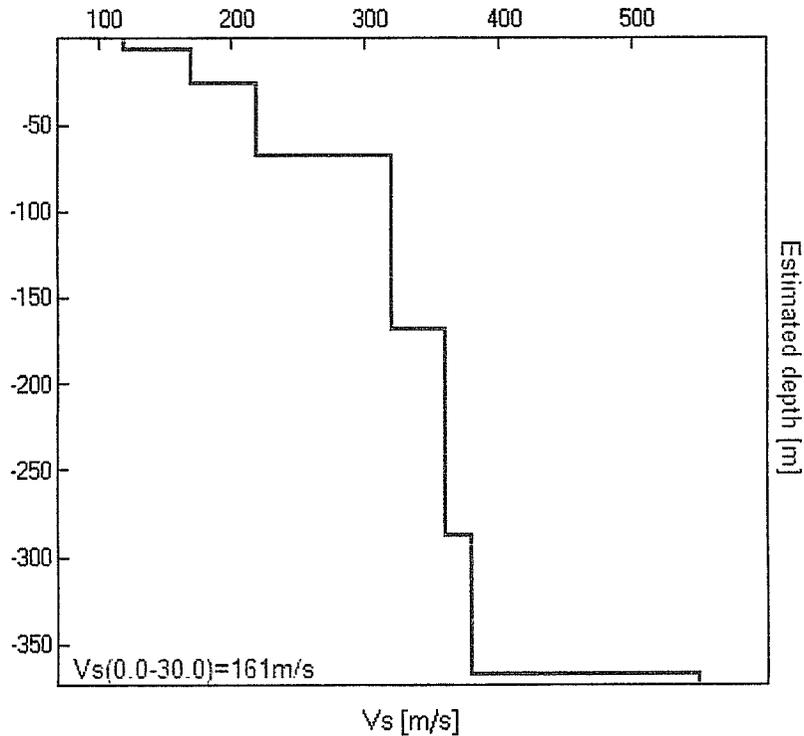
Fit congiunto MASW – HVSR 1 V_s (30) = 160 m/s

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



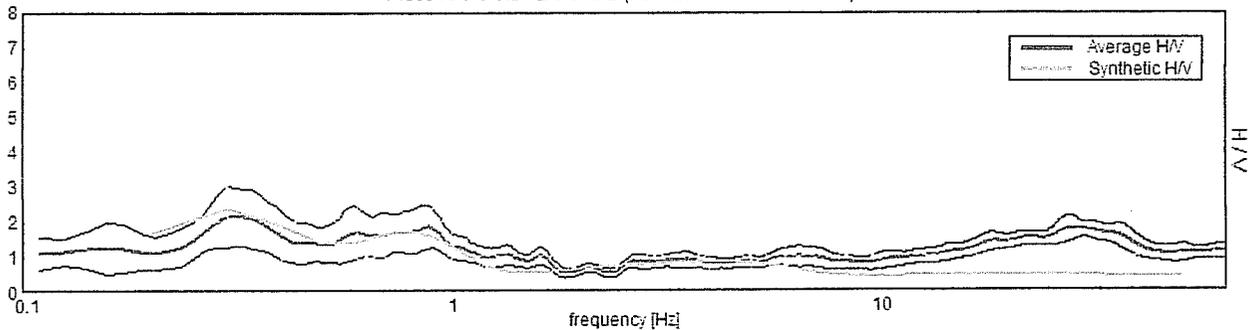
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	Rapporto di Poisson
6.00	6.00	120	0.49
26.00	20.00	170	0.49
68.00	42.00	220	0.49
168.00	100.00	320	0.49
288.00	120.00	360	0.49
368.00	80.00	380	0.49
inf.	inf.	550	0.49

$V_s(0.0-30.0)=161\text{m/s}$



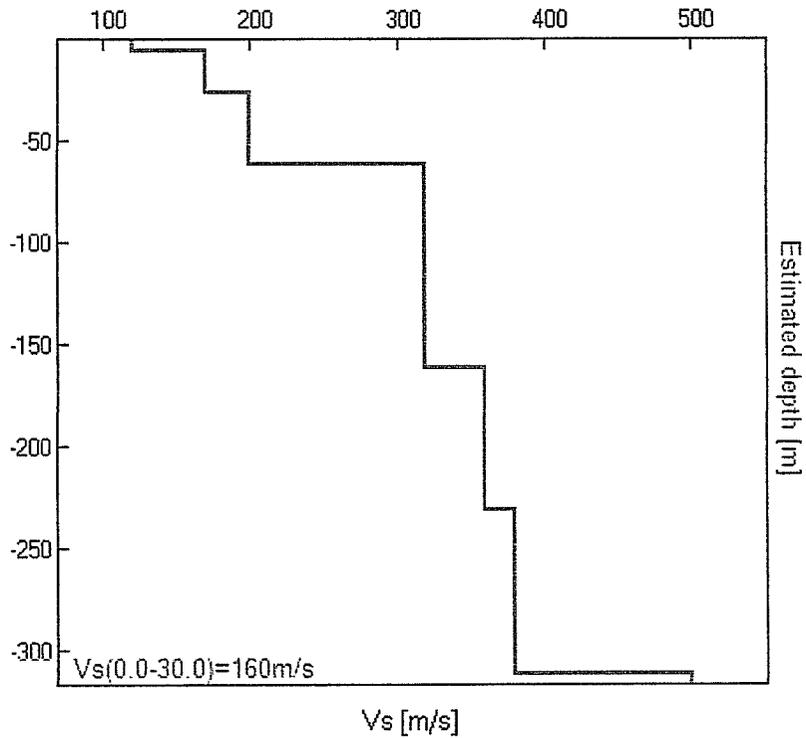
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 0.31 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

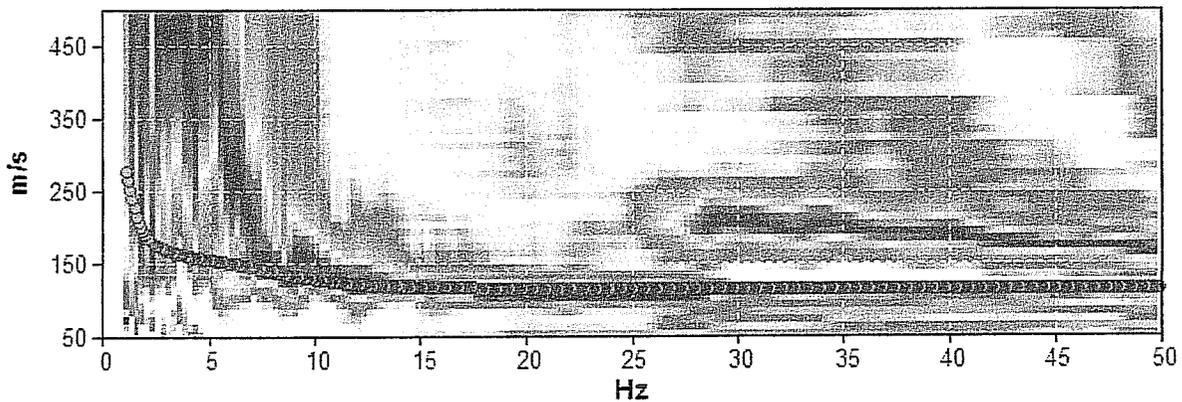


Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
6.00	6.00	120	0.49
26.00	20.00	170	0.49
61.00	35.00	200	0.49
161.00	100.00	320	0.49
231.00	70.00	360	0.49
311.00	80.00	380	0.49
inf.	inf.	500	0.49

Vs(0.0-30.0)=160m/s

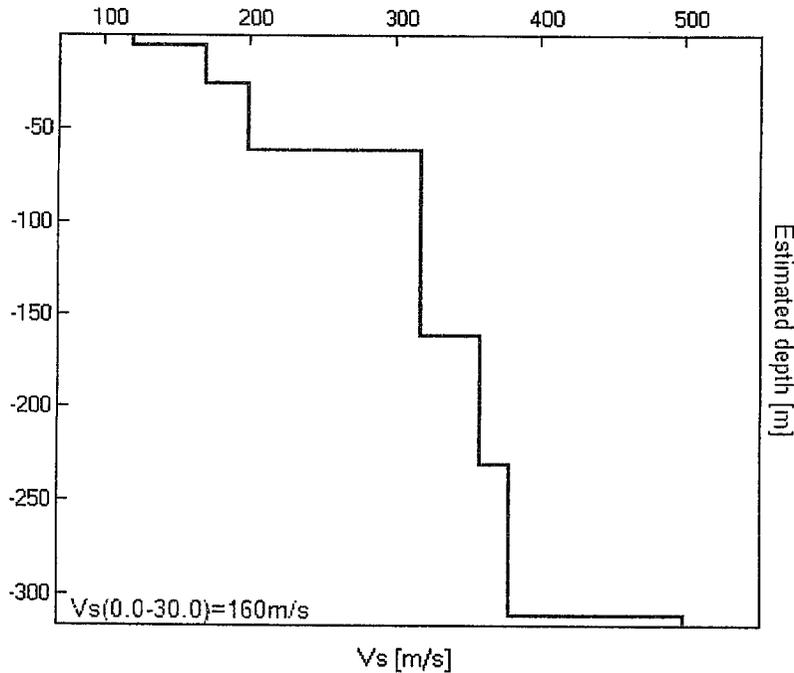


MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
6.00	6.00	120	0.49
26.00	20.00	170	0.49
61.00	35.00	200	0.49
161.00	100.00	320	0.49
231.00	70.00	360	0.49
311.00	80.00	380	0.49
inf.	inf.	500	0.49

Vs(0.0-30.0)=160m/s



Per confronto si è calcolato il valore delle V_{s30} mediante correlazioni indirette dei valori di Q_c definiti con la prova penetrometrica statica spinta a - 32.00 m secondo la formula di Iyisan (1996) $V_s = 55.3 q_c^{0.377}$.

I valori ottenuti sono schematizzati nelle tabelle di seguito

PROVA CPT N.3

Strato	Spessore medio (m)	V_s (m/s)
1	12	162
2	4.40	178
3	2.20	241
4	11.40	272

Il valore V_{s30} risulta essere pari a 164 m/s.

Sulla base dell'interpretazione litostratigrafica del sito, e dei valori di V_{s30} calcolati che non manifestano significative inversioni di velocità di propagazione delle onde con la profondità fino alla quota di 30 metri e oltre, si fa riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento conformemente a quanto espresso nel DM 2008.

Le categorie definite sono:

A – Amassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori V_{s30} superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.

B – Rocce tenere e depositi terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$

nei terreni a grana grossa o coesione non drenata $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$ nei terreni a grana grossa, $C_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).

E – Terreni del sottosuolo di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con valori di $V_{s30} > 800$ m/s.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valore $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine 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.

Confrontando i valori di V_{s30} determinati e analizzando la stratigrafia del sito, si ritiene di far rientrare in classe sismica di tipo D il sito di studio: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s.

5.2 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nella carta del rischio sismico : carta delle aree suscettibili di effetti locali elaborata per il Nuovo P.T.C.P approvato dalla Provincia di Modena con atto D.C.P. n.46 del 18/03/2009, l'area di studio ricade in zona 7: aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione. Gli studi richiesti sono: valutazione del coefficiente di amplificazione litologic, del potenziale rischio di liquefazione e stima degli eventuali cedimenti attesi.

7	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</p> <p><u>studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;</p> <p><u>microzonazione sismica</u>: approfondimenti di III livello.</p>
8	<p>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti</p> <p><u>studi</u>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;</p> <p><u>microzonazione sismica</u>: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>

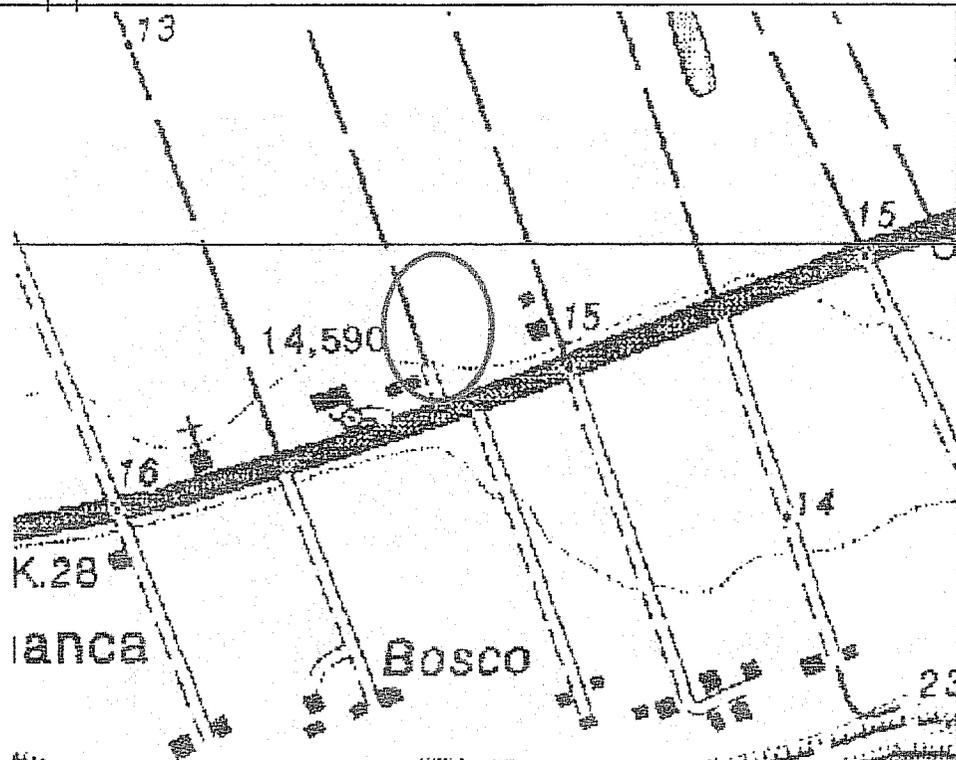


Fig.9: Tav. 2.2a.2 PTCP 2009 "Carta delle aree suscettibili di effetti locali".

4.2.1 Spettri di risposta elastici ed amplificazione litologica

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 Gennaio 2008, viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

Gli spettri di Norma sono quindi stati ottenuti per il sito di interesse a partire dalle coordinate geografiche del sito secondo la tecnica indicata dalle NTC08 della media pesata dei parametri sismici relativi ai quattro vertici più vicini del reticolo in cui è stato suddiviso il territorio italiano tramite il foglio di calcolo Spettri – NTC ver. 1.0.03 (fonte ministero Infrastrutture e Trasporti) .

Le coordinate in forma decimale del sito di ampliamento sono:

44.8144 N – 11.2311 E

Di seguito vengono indicati per il sito in oggetto i diversi spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite per un suolo di tipo A.

Per gli stati limite di esercizio: lo stato limite di Operatività (SLO) e lo stato limite di Danno (SLD).

Per gli stati limite ultimi: lo stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e lo stato limite di prevenzione del Collasso (SLC).

Le forme spettrali sono definite in base a dei parametri il cui valore dipende dai periodi di ritorno associato a ciascun stato limite.

Nella tabella di seguito riportata vengono definiti i parametri base degli spettri per i vari periodi di ritorno.

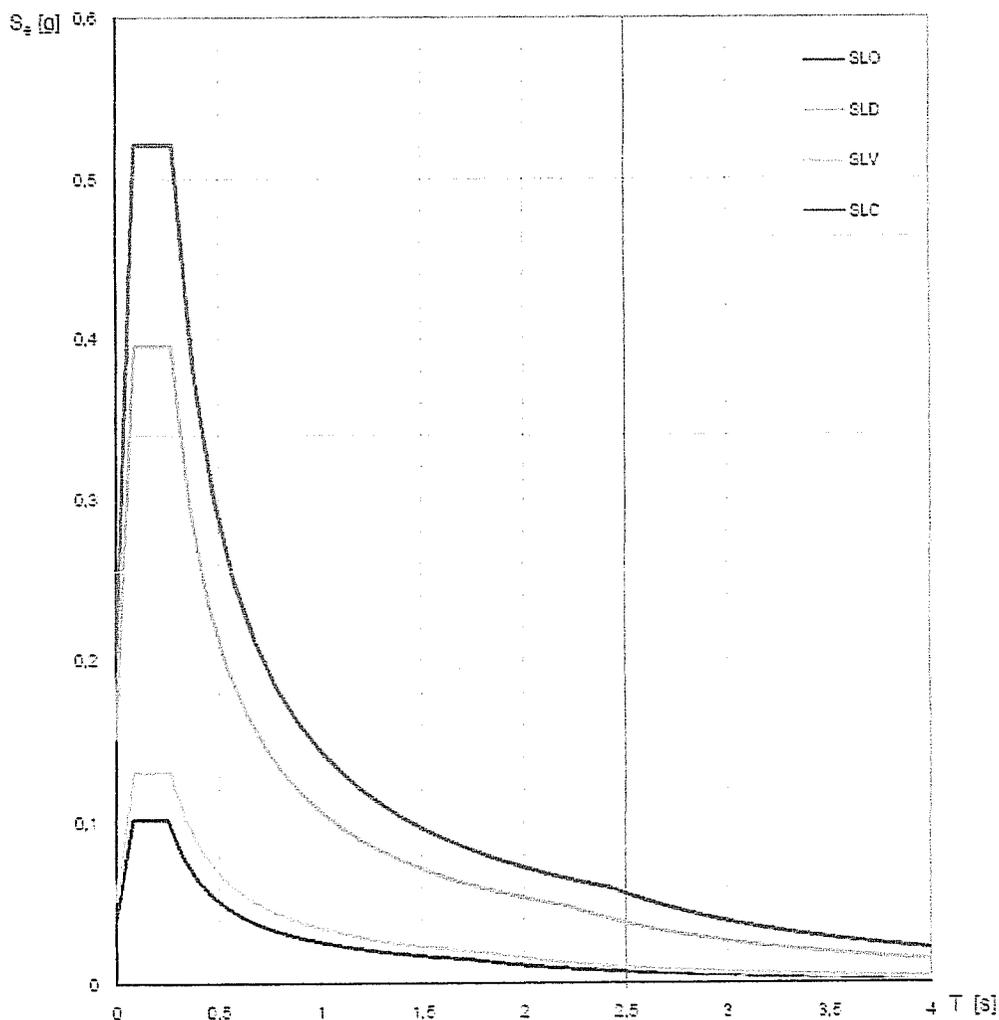
I parametri definiti sono

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C [s]
SLO	30	0,040	2,563	0,254
SLD	50	0,053	2,466	0,266
SLV	475	0,153	2,589	0,270
SLC	975	0,205	2,538	0,277

Fig.10 Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite su suolo di tipo A e tabella dei parametri relativa

Viene inoltre riportato lo spettro di risposta della componente orizzontale e verticale per lo spettro allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita con smorzamento $\xi = 5\%$ (tipico di edifici in cemento armato) in superficie su suolo di tipo D:

Il valore di a_g (g) = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido = 0.153 che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il comune di Finale Emilia, scalato per un coefficiente d'uso 1 che corrisponde ad una classe d'uso II (costruzione il cui uso prevede normali affollamenti e per attività non pericolose per l'ambiente), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

Il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 è stato calcolato pari a 2.589.

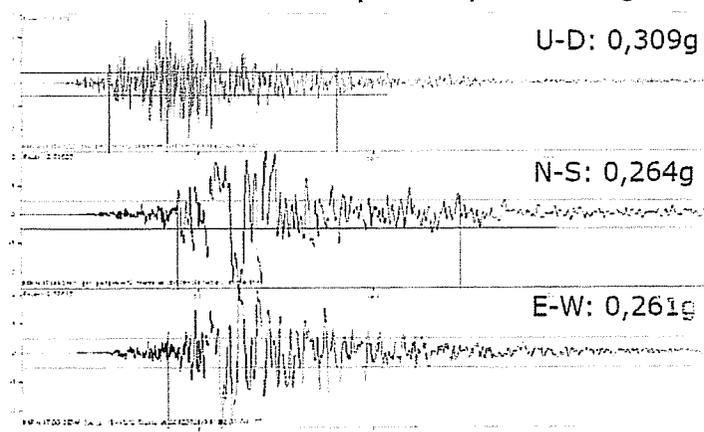
Il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_C è uguale a 0.270 s

Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s (poiché la categoria del suolo indagato è la D) risulta pari a 1.8.

Il fattore di amplificazione topografica S_T è pari a 1 poiché il sito è pianeggiante.

Accelerazione attesa in superficie $PGA = a_g \times S_s = 0.275g$

Il valore di accelerazione attesa in superficie calcolato si avvicina alle accelerazioni registrate al sito dalla stazione accelerometrica di Mirandola dell'INGV durante l'evento sismico del 20-29 maggio 2012 che hanno fatto registrare dei picchi di accelerazione in superficie pari a 0.30g.



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

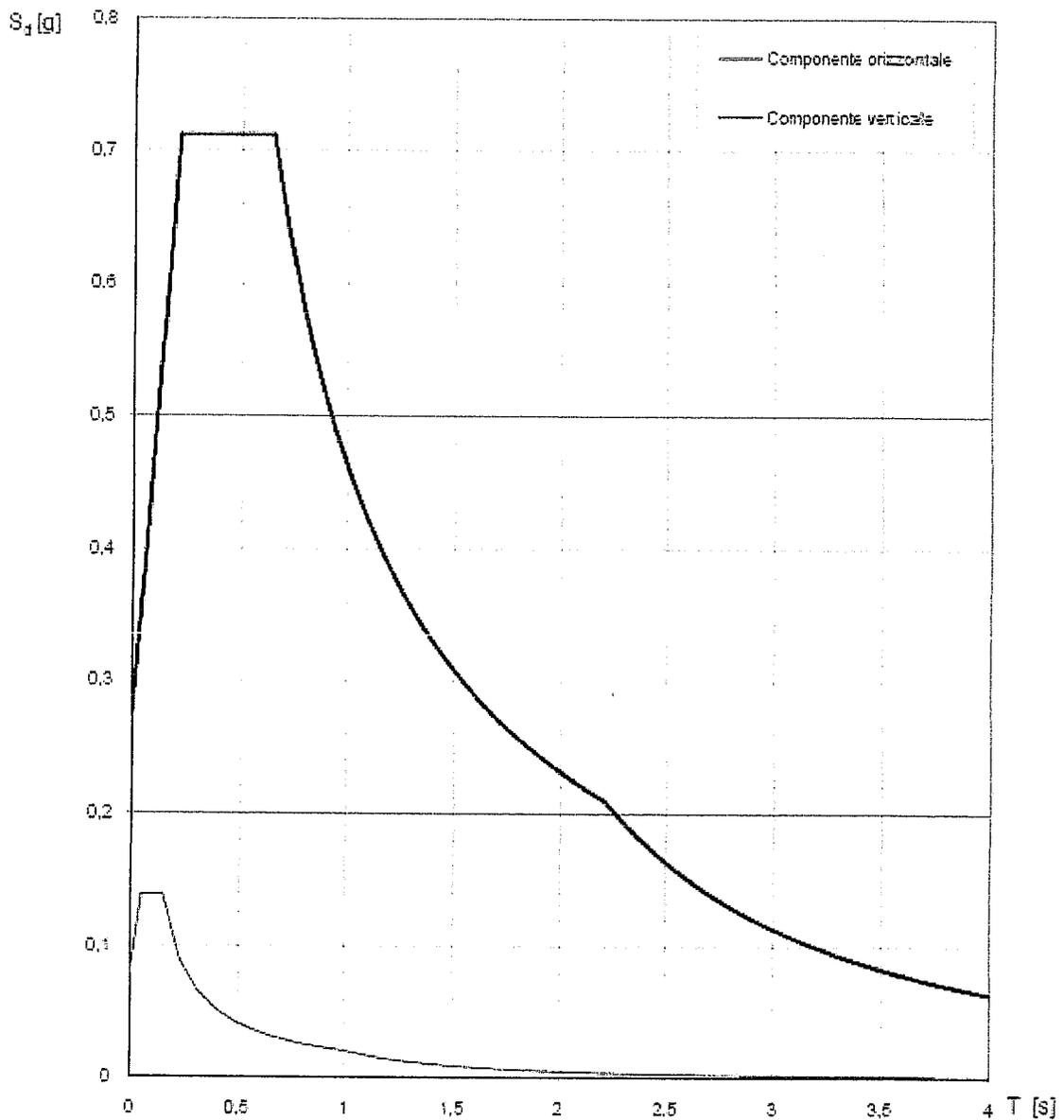


Fig.11: Spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita su suolo di studio di tipo D.

4.3.2 Analisi del rischio di liquefazione da prove in sito

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

La liquefazione si verifica in depositi sabbiosi saturi, infatti se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

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

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

$$c = 0$$

$$(\sigma_{vo} - u) = 0.$$

La prima condizione vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La seconda condizione si verifica quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità della colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{vo} - u$).

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

In conclusione si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sotto falda;
- sono da poco a mediamente addensati;
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri).

L'altra variabile che provoca fenomeni di liquefazione è il sisma.

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

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per ridurre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di cicli di carico.

I maggiori terremoti storici, nella regione Emilia Romagna si sono verificati in Romagna e dopo la recente crisi sismica del Maggio 2012, nella parte nord della provincia di Modena e Ferrara con magnitudo stimata pari a 5.9. In queste zone quindi si possono verificare terremoti a energia media.

La colonna stratigrafica dedotta dalla prova eseguita nel sito oggetto di studio evidenzia terreni di natura coesiva, argille e limi con una componente di coesione tale da non essere soggetti a fenomeni di liquefazione fino alla quota di - 10.80 metri quando si trova uno strato di sabbie poco addensate dello spessore di 4.60 metri. Sugli strati sabbiosi riscontrati è stata verificata la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

Il fattore di sicurezza, F_L , nella verifica di resistenza alla liquefazione di un livello di terreno è per definizione il rapporto fra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di resistenza ciclica, $R = CRR$, e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica, $L = CSR$.

$$F_L = R/L$$

Se il fattore $F_L > 1.00$ la liquefazione è da escludere ; se $F_L < 1.00$ è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

Il metodo di Robertson & Wride (1997) utilizzato in questa verifica, permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica.

La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 [(qc_{1n})_{cs}/1000] + 0.05 \quad \text{per } (qc_{1n})_{cs} < 50$$

$$R = 93 [(qc_{1n})_{cs}/1000]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 < (qc_{1n})_{cs} < 160$$

L dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto):

$$L = 0.65 (a_{max}/g \times \sigma_{v0} / \sigma_{v0'}) r_d \times 1/MSF$$

L'indice di liquefazione I_L è indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, ed è ottenuto dalla espressione

$$(1.9) I_L = \int_0^{20} F W(z) dz$$

dove

$$F = 1 - F_S \quad \text{per } F_S \leq 1$$

$$F = 0 \quad \text{per } F_S > 1$$

$$W(z) = 10 - 0,5z$$

Valori di I_L	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

La verifica è stata eseguita con l'accelerazione massima attesa in superficie calcolata per suolo di categoria D smorzamento $\xi = 5\%$: a_{max} in superficie (g) = 0.275. Magnitudo momento definita sulla base della recente crisi sismica del Maggio 2012 con epicentro Finale Emilia e Medolla:

$M_{aw} = 5.90$ (anno 2012).

Il fattore di correzione della magnitudo $MSF = 1.85$ NCEER (Seed R. B. et al.1997; 2003)

Infine il livello della soggiacenza della falda misurato nel sito di studio nel Luglio 2012 pari a - 3.00 m dal p.c.

Lo strato sabbioso sottofalda studiato risulta liquefacibile dalla quota di - 11 alla quota di - 15.40 m (spessore 4.40 m) con F_L compreso fra 0.85 e 0.89 e rischio liquefazione alto I_L fra 10.42 e 11.96.

Dati generali

Numero di strati = 4

Profondità della falda = 3 m

Magnitudo del sisma = 5.9

Accelerazione massima al suolo = 0.275

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale f_s (KPa)	Velocità V_s (m/s)
1	Argilla	0	6.80	12	17.50	0	0	700	60	140
2	Argilla	6.80	10.80	12	18.50	0	0	1500	90	165
3	Sabbia pulita	10.80	15.40	14	19.50	0	0	4000	60	200
4	Limo argilloso	15.40	35	12	18.50			1600	120	170

Metodo di Robertson e Wride (1997)

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.77

Verifica Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Resistenza alla punta norm alizzata Q	Attrito laterale norm alizzato (%)	Indice di compormento I_c	Correzione per la litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc_{1N} (KPa)	Coefficiente ridotto (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio norm alizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio di liquefazione
1	3.20	39.50	37.53	87									NL	0	Molto basso
2	3.40	43.00	39.07	73									NL	0	Molto basso
3	3.60	46.50	40.61	6									NL	0	Molto basso
4	3.80	50.00	42.15	47									NL	0	Molto basso
5	4.00	53.50	43.69	34									NL	0	Molto basso
6	4.20	57.00	45.23	2									NL	0	Molto basso
7	4.40	60.50	46.77	07									NL	0	Molto basso
8	4.60	64.00	48.30	94									NL	0	Molto basso
9	4.80	67.50	49.84	8									NL	0	Molto basso
10	5.00	71.00	51.38	57									NL	0	Molto basso
11	5.20	74.50	52.92	54									NL	0	Molto basso

	0	468	87		1	5	97	3	2	1									
41	11.20	184.7	104.2	39.16	1.572	2.351	0.979	83.25	0.875	0.133	0.156	0.85	L	12.10	Alto				
	0	855	95	6	6	2	41		7	5									
42	11.40	188.6	106.2	38.81	1.574	2.355	0.970	82.98	0.869	0.133	0.155	0.85	L	12.23	Alto				
	0	241	04	2	1	3	92	6	2	9									
43	11.60	192.5	108.1	38.46	1.575	2.358	0.961	82.72	0.864	0.132	0.155	0.85	L	12.35	Alto				
	0	628	1	8	5	5		3	6	4									
44	11.80	196.4	110.1	38.12	1.577	2.361	0.953	82.46	0.858	0.132	0.154	0.85	L	12.48	Alto				
	0	015	09	5	8		41	9	2	7									
45	12.00	200.3	112.0	37.78	1.579	2.365	0.944	82.21	0.853	0.131	0.154	0.85	L	12.60	Alto				
	0	402	97	1	1	7	36	6	7	1									
46	12.20	204.2	113.9	37.46	1.580	2.368	0.936	81.97	0.848	0.131	0.153	0.86	L	11.87	Alto				
	0	788	69	7	4	7	75	3	2	5									
47	12.40	208.1	115.9	37.15	1.582	2.371	0.928	81.73	0.842	0.130	0.152	0.86	L	11.98	Alto				
	0	175	23	3	6	8	9	9	8	8									
48	12.60	212.0	117.8	36.84	1.583	2.374	0.921	81.50	0.837	0.130	0.152	0.86	L	12.08	Alto				
	0	562	54	9	7	1	72	6	4	2									
49	12.80	215.9	119.7	36.54	1.585	2.377	0.913	81.29	0.832	0.13	0.151	0.86	L	12.19	Alto				
	0	948	61	6	9	7	14	2		5									
50	13.00	219.8	121.7	36.25	1.587	2.380	0.906	81.06	0.826	0.129	0.150	0.86	L	12.29	Alto				
	0	335	39	2	9	3	54	9	5	8									
51	13.20	223.7	123.6	35.96	1.588	2.383	0.899	80.85	0.821	0.129	0.150	0.86	L	12.38	Alto				
	0	722	86	9	9	2	64	6	2	1									
52	13.40	227.6	125.6	35.69	1.590	2.386	0.892	80.64	0.816	0.128	0.149	0.86	L	12.48	Alto				
	0	108		5	9	2	68	2	8	4									
53	13.60	231.5	127.5	35.41	1.592	2.389	0.885	80.44	0.810	0.128	0.148	0.86	L	12.57	Alto				
	0	495	77	1	9	4	6	9	4	6									
54	13.80	235.4	129.4	35.15	1.593	2.392	0.878	80.25	0.805	0.128	0.147	0.87	L	11.75	Alto				
	0	882	16	8	8	8	43	5	1	9									
55	14.00	239.3	131.4	34.89	1.595	2.395	0.872	80.06	0.800	0.127	0.147	0.87	L	11.83	Alto				
	0	268	14	4	6	3	31	2	7	2									
56	14.20	243.2	133.3	34.63	1.597	2.398	0.865	79.87	0.794	0.127	0.146	0.87	L	11.91	Alto				
	0	655	68	1	4	9	25	9	4	4									
57	14.40	247.1	135.3	34.38	1.598	2.401	0.859	79.69	0.789	0.127	0.145	0.87	L	11.98	Alto				
	0	042	78	8	2	7	21	5	1	6									
58	14.60	251.0	137.2	34.14	1.600	2.404	0.853	79.51	0.784	0.126	0.144	0.88	L	11.13	Alto				
	0	429	41	4		6	3	2	8	8									
59	14.80	254.9	139.1	33.90	1.602	2.406	0.847	79.33	0.778	0.126	0.144	0.88	L	11.19	Alto				
	0	815	54	1	7	6	53	8	4	1									
60	15.00	258.8	141.1	33.67	1.603	2.409	0.841	79.16	0.773	0.126	0.143	0.88	L	11.25	Alto				
	0	202	17	8	4	8	88	5	1	3									
61	15.20	262.7	143.0	33.44	1.605	2.412	0.836	79.00	0.768	0.125	0.142	0.88	L	11.31	Alto				
	0	589	28	4	1	1	43	2	9	5									
62	15.40	266.6	144.9	33.21	1.607	2.414	0.830	78.84	0.762	0.125	0.141	0.89	L	10.42	Alto				
	0	976	85	1	7	5	21	8	6	7									
63	15.60	270.3	146.7										NL	0	Molto				
	0	362													basso				
64	15.80	274.0	148.4										NL	0	Molto				
	0	749													basso				
65	16.00	277.7	150.2										NL	0	Molto				
	0	136													basso				
66	16.20	281.4	151.9										NL	0	Molto				
	0	522													basso				
67	16.40	285.1	153.6										NL	0	Molto				
	0	909													basso				
68	16.60	288.8	155.4										NL	0	Molto				
	0	296													basso				

69	16.80	292.5	157.1				
		0	682		NL	0	Molto basso
70	17.00	296.2	158.9				
		0	069		NL	0	Molto basso
71	17.20	299.9	160.6				
		0	456		NL	0	Molto basso
72	17.40	303.6	162.3				
		0	842		NL	0	Molto basso
73	17.60	307.3	164.1				
		0	229		NL	0	Molto basso
74	17.80	311.0	165.8				
		0	616		NL	0	Molto basso
75	18.00	314.7	167.6				
		0	003		NL	0	Molto basso
76	18.20	318.4	169.3				
		0	389		NL	0	Molto basso
77	18.40	322.1	171.0				
		0	776		NL	0	Molto basso
78	18.60	325.8	172.8				
		0	163		NL	0	Molto basso
79	18.80	329.5	174.5				
		0	549		NL	0	Molto basso
80	19.00	333.2	176.2				
		0	936		NL	0	Molto basso
81	19.20	336.9	178.0				
		0	323		NL	0	Molto basso
82	19.40	340.6	179.7				
		0	71		NL	0	Molto basso
83	19.60	344.3	181.5				
		0	096		NL	0	Molto basso
84	19.80	348.0	183.2				
		0	483		NL	0	Molto basso
85	20.00	351.7	184.9				
		0	87		NL	0	Molto basso

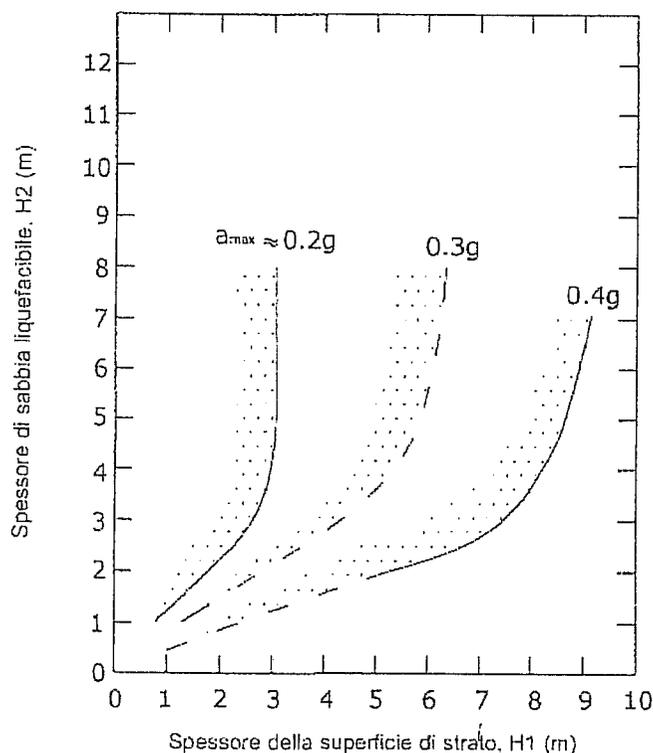
Considerato lo spessore (4.40 metri) dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato non liquefacibile sovrastante (11 metri) e l'accelerazione massima attesa in superficie per il sito d'indagine (0.27g), si può concludere (dal grafico e dalla tabella di seguito riportata; Ishihara 1985) che la liquefazione dello strato liquefacibile non si estende in superficie.

In effetti in seguito agli eventi del Maggio 2012 nel sito di studio non si sono manifestati fenomeni di liquefazione in superficie.

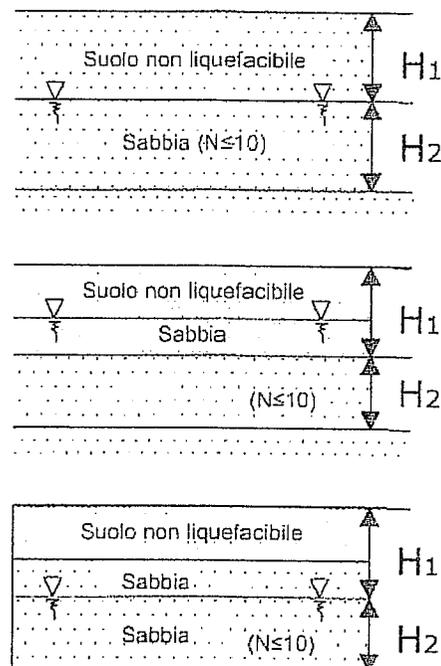
La profondità dello strato liquefacibile non è quindi direttamente interessato dal volume di influenza fondazione – struttura si ritiene comunque indispensabile collegare mediante travi i plinti di fondazione.

Valutazione delle manifestazioni superficiali in funzione del rapporto fra lo spessore dello strato superficiale non liquefacibile e quello sottostante liquefacibile

Accelerazione [gal] 1 gal = 1 cm/s ²	Condizione	Propagazione della liquefazione verso l'alto	Manifestazioni superficiali
200	$h_1 \geq 3 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
	$h_1 \leq 3 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
300	$h_1 < 5 \text{ m e } h_2 > 4 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 5 \text{ m e } h_2 < 4 \text{ m}$	IMPEDITA	NO
400 - 500	$h_1 < 7 \text{ m e } h_2 > 3 \text{ m}$	NON IMPEDITA	SI
	$h_1 > 7 \text{ m e } h_2 < 3 \text{ m}$	IMPEDITA	NO



(a)



(a)

Relazione fra lo spessore dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato sovrapposto (Ishihara, 1985)

5. INDICAZIONI SULLE TIPOLOGIE FONDALI SULLA BASE DI VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO IN CONDIZIONI STATICHE

5.1 TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI E DELLA STRUTTURA

Considerate le caratteristiche litologiche dei terreni superficiali indagati e la tipologia strutturale di progetto (costruzione di un capannone in elementi prefabbricati), la fondazione ipotizzata è a plinto isolato impostata a – 1.60 m dal piano d'esecuzione prove realizzate sull'attuale terreno vegetale.

La profondità del piano di posa deve essere posizionata al di sotto della coltre di terreno vegetale e sotto i riporti, nonché al di sotto dello strato interessato da gelo e sopra le variazioni stagionali del livello della frangia freatica misurata in foro in data 10/07/2012 alla quota di – 3.00 m dal piano prove.

5.2 ANALISI DELLE AZIONI E DELLE RESISTENZE DI PROGETTO

La verifica allo stato limite ultimo viene eseguita secondo un'analisi semiprobabilistica includendo per le azioni e le resistenze, fattori di sicurezza parziali FS applicati a valori medi dei parametri di interesse. Tale metodo è detto di primo livello.

Il fattore di sicurezza globale viene quindi diviso in fattori di sicurezza parziali applicati ai singoli valori caratteristici dei carichi o dei parametri geotecnici in modo che la disequazione finale $E_d \leq R_d$ venga sempre verificata.

Cioè l'effetto delle azioni di progetto (E_d) deve essere sempre non superiore alle Resistenze di progetto (R_d) in condizioni di stabilità della struttura.

In questa sede non avendo dati certi sui carichi strutturali e sui parametri di rigidità e duttilità della struttura che verrà realizzata si è data un'indicazione sulle tipologie fondali facendo una verifica allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita di tipo geotecnico del sistema struttura-fondazione utilizzando l'approccio 2 del DM 2008 (A1 combinato con M1 combinato con R3). Al parametro geotecnico caratteristico si applicano coefficienti riduttivi uguali all'unità quindi il parametro c_u di progetto è uguale al parametro c_u caratteristico $c_{u,d} = c_{u,k}$.

Nel caso in esame, viene caratterizzato come strato di fondazione quello riscontrato fino alla quota di – 6.80 m costituito da **argille di media consistenza passanti, ad argille limose soffici e comprimibili.**

Il parametro geotecnico caratteristico dello strato considerato è pari a $c_{u,k} = 37.80$ kPa.

I carichi verticali di progetto (A1) sono stati fattorizzati applicando i coefficienti sismici moltiplicativi proposti nel DM 2008 nella tabella 6.2.1 (1.3 per i carichi permanenti, 1.5 per i carichi permanenti non strutturali e 1.5 per i carichi variabili).

I carichi verticali indicativi considerando una struttura prefabbricata a un piano (A1) sono pari a 900 KN.

Infine il coefficiente riduttivo $R_3 \gamma_R$ è uguale a 2.3.

5.3 VERIFICA STATO LIMITE ULTIMO DI SALVAGUARDIA DELLA VITA IN CONDIZIONI STATICHE

Considerate le caratteristiche litologiche dei terreni superficiali indagati e la tipologia strutturale di progetto (costruzione di un capannone in elementi prefabbricati), la fondazione ipotizzata è a plinto isolato di dimensioni 4.00 x 4.00 m impostata a - 1.60 m dal piano d'esecuzione prove realizzate sull'attuale terreno vegetale.

La profondità del piano di posa deve essere posizionata al di sotto della coltre di terreno vegetale e sotto i riporti, nonché al di sotto dello strato interessato da gelo e sopra le variazioni stagionali del livello della frangia freatica misurata in foro in data 10/07/2012 alla quota di - 3.00 m dal piano prove.

In questa sede non avendo dati certi sui carichi strutturali e sui parametri di rigidità e duttilità della struttura che verrà realizzata si è data un'indicazione sulle tipologie fondali facendo una verifica allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita di tipo geotecnico del sistema struttura-fondazione utilizzando l'approccio 2 del DM 2008 (A1 combinato con M1 combinato con R3). Al parametro geotecnico caratteristico si applicano coefficienti riduttivi uguali all'unità quindi il parametro c_u di progetto è uguale al parametro c_u caratteristico. Il parametro geotecnico caratteristico $c_{u,k}$, nello strato fondale caratterizzato, risulta pari a 37.80 Kpa.

I carichi verticali (A1) indicativi considerati per una struttura a pannelli prefabbricati sono stati valutati pari a 900 KN.

Il carichi verticali (A1) sono stati fattorizzati, applicando i coefficienti moltiplicativi proposti nel DM 2008 nella tabella 6.2.1 (1.3 per i carichi permanenti, 1.5 per i carichi permanenti non strutturali e 1.5 per i carichi variabili).

L'area di ubicazione dell'edificio si trova in zona sismica di classe 3.

Il valore di accelerazione massima attesa al suolo rigido di riferimento è pari $a_{g0} = 0.153g$ calcolato secondo il metodo semplificato facente riferimento al DM 2008.

Il gruppo litologico di appartenenza del sito è stato definito di tipo D.

La risposta del suolo è pari a $S_s = 1.8$ per il DM 2008.

Il valore di accelerazione massima attesa in superficie $a_{gmax} = 0.275g$.

L'area di intervento è pianeggiante quindi il fattore topografico è uguale a 1.

Sulla base dei dati esposti, delle considerazioni geologiche e litostratigrafiche di cui sopra, la verifica allo stato limite ultimo in condizioni non drenate e statiche, per i plinti ipotizzati è stata verificata per la normativa vigente, quindi $E_d \leq R_d$ come da foglio di calcolo di seguito allegato.

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI

Metodo di Hansen, 1970, come illustrato da Bowles, 1991*

Kh da OPCM 3274, NTU; effetti inerziali da Pecker e Paolucci, 1997

Rd **79** KPa Ed **70,3** KPa
Ed ≤ Rd, OK, verificato!

INPUT

FS globale gamma-R	γ_r	2,30	Khi=S(d)T	0,2
Inerzia della struttura Khi (C7.11.5.3.1)	Khi	0,2		
Inerzia del suolo: Khk (C7.11.5.3.1.7.)	Khk	0,066	dc	1,16
Carico verticale sulla fondaz, KN	Nd	900	dq	1,01
Angolo di attrito, di progetto gradi	Φ_d	1	dg	1
coesione, kPa	cd	37,8		
Densità terreno sotto la fondaz, kN m-3	$\gamma' f$	18,5	ic	0,82
Densità vespaio o terreno imposta, kN m-3	$\gamma' v$	20	iq	0,98
Profondità di incasso	D	1,6	ig	0,98
Larghezza di fondazione, m	B	4		
Lunghezza fondazione, m	L	4	zg	0
Eccentricità secondo B, m	eb	0,4	zg M	0,31
Eccentricità secondo L, m	el	0		
Inclinazione del piano campagna, gradi	b	0		
Forze inerziali del suolo? (s = sì, n = no)	z	s		
Frazione spinta passiva, %	Epd	0	rg	0,92

VALORI DERIVATI

Area efficace (con eccentricità)	A'	12,8
Componente orizzontale	Khi	0,2
Componente orizzontale del carico, KN	H	180

5.4 VALUTAZIONE CEDIMENTI IN CONDIZIONI DI STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Il calcolo di previsione dei cedimenti viene eseguito nel volume significativo di terreno interessato dalla struttura in elevazione.

Si sono considerate le caratteristiche litologiche e le proprietà geotecniche riscontrate nelle colonne stratigrafiche dedotte dalle prove penetrometriche.

Nei calcoli si è ipotizzata una fondazione a plinto isolato di larghezza pari a 4.00 x 4.00 m impostato a - 1.60 m dal piano prove per un incremento di carico pari a quello di esercizio massimo ammissibile calcolato pari a 68.60 kPa (0.70 Kg/cm²).
I cedimenti assoluti permanenti sono di discreta entità e variabili da 3.47 a 6.45 cm si consiglia pertanto, considerando anche il livello di sabbie riscontrato liquefacibile, di unire i plinti di fondazioni con travi di collegamento.

I calcoli fanno riferimento alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni riscontrate nei punti di prova, alle dimensioni della tipologia fondale in relazione al sovraccarico trasmesso e alla profondità del piano di posa fondazioni.

Di seguito si riportano i calcoli eseguiti.

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI (NTC 2008)		CPT	
		riferimento	065-2012
Committente: AGRI MEC S. s.		U.M.: MPa	Data esec.: 10/07/2012
Cantiere: FINALE EMILIA Via Camposanto 30		Pagina: 1	
Località: FINALE EMILIA Via Camposanto 30		Elaborato:	Falda:
[1] Approccio 2			
Tipo verifica: NON DRENATA		Fondazione: PLINTO	
Coesione: (cuk) 36,26 kPa		Larghezza: (B) 4,00 m	
Coef.parz. (γcu) 1,00		Lunghezza: (L) 4,00 m	
Coesione: (cud) 36,26 kPa		Piano posa: (D) -1,60 m	
		Falda: -3,00 m	
		Peso secco: (Gs) 1,85 t/m ³	
		Peso saturo: (Gw) 0,75 t/m ³	

Resistenza ammissibile :		CPT : 2 cedimento (S) : 3,47 cm	
68,60 kPa		CPT : 3 cedimento (S) : 5,78 cm	
		CPT : 1 cedimento (S) : 6,45 cm	
		differenziale (S) : 2,98 cm	

6. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del Committente si produce una relazione geologica e geotecnica sulle indagini geognostiche eseguite in sito e una caratterizzazione del volume significativo di terreno interessato dalla costruzione di un capannone in elementi prefabbricati da erigere nel Comune di Finale Emilia, in via Camposanto, 30.

La caratterizzazione litologica e la definizione dei parametri geotecnici del volume di terreno influenzato dalla costruzione sono ricavati dai risultati di n. 3 prove penetrometriche statiche di tipo meccanico, eseguite in sito in data 10/07/2012 dal Laboratorio di prove geotecniche in sito GEOPROGETTI S.a.s. di Medolla.

Le prove sono state spinte alla profondità di – 35.00 m per la definizione delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche fino a tale quota.

Al fine di produrre un'analisi di pericolosità sismica locale, determinare il valore della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m e fornire la frequenza fondamentale del sito, si sono realizzate in data 10/07/2012 n. 2 prove di sismica passiva con tomografo digitale modello TRZ-0121/01/11 progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico e un rilievo geofisico in onde di superficie MASW con strumento SoilSpy Rosina modello SAB-0019/02-11.

Le prove sismiche sono state realizzate dallo Studio Geologico del Dott. Salvatore Mucci di Castelfranco (MO).

Scopo dell'indagine è stato fornire un modello geologico dell'area in epigrafe, una caratterizzazione geotecnica del volume di terreno influenzato dalla costruzione di progetto e un'analisi di pericolosità sismica locale che riporti il valore dell'accelerazione di propagazione delle onde sismiche attesa al suolo rigido di riferimento, il valore di amplificazione litologica quale effetto di sito atteso, il valore di accelerazione atteso in superficie, il valore della frequenza fondamentale del sito e gli spettri di risposta. In dettaglio si è condotta anche un'analisi di rischio liquefazione dei terreni sabbiosi saturi presenti.

La zona oggetto di studio si trova a sud-ovest rispetto al centro cittadino di Finale Emilia ad una quota media di 13.00 m s.l.m. a circa 500 m a nord del fiume Panaro.

Le coordinate geografiche dell'area sono 44° 48' 50.86" N e 11° 13' 51.97" E.

Il sito ha accesso da Via Camposanto che collega a Via Panaria Est in direzione Camposanto.

L'area oggetto di studio è delimitata da zone ad ambiti agricoli.

Secondo quanto indicato nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Modena il sito oggetto di studio ricade all'interno dell'unità di paesaggio indicata con il numero 4 "Paesaggio perifluviale del Fiume Panaro nella fascia di Bassa e Media Pianura".

Il paesaggio dell'unità di Paesaggio n. 4 risulta fortemente connotato dalla presenza del fiume Panaro, il cui corso in questo tratto è abbastanza regolare e limitato da arginature.

L'ambiente morfologico è definito dallo sviluppo del dosso principale generato dal fiume. Nel sito d'indagine non vi sono strutture morfologiche da segnalare.

Nella carta di sintesi delle previsioni di piano del P.R.G. Vigente (Variante 2004), la zona di studio viene classificata come zona sottoposta a normative speciali: "Zona speciale destinata ad attività industriali e di servizio alla attività agricola (Art. 17.6)"

La litologia profonda riscontrata nell'area si presenta con diversi livelli litologici.

Al di sotto del riporto o terreno vegetale si trovano argille di media consistenza passanti, alla profondità di – 4.40 m ad argille limose soffici e comprimibili;

Dalla quota di – 6.80 m alla profondità di – 10.80 m si trovano argille compatte;

Da – 10.80 a – 15.40 m strato di sabbie poco addensate;

Da – 15.40 a – 35.00 m limi argillosi consistenti.

I parametri geotecnici caratteristici per i vari strati riscontrati nella sequenza litologica sono derivati dalle correlazioni dei valori di q_c e f_s ricavati direttamente dalle prove penetrometriche e interpretate e "ragionate" dallo scrivente. I parametri caratteristici c_{u_k} per gli strati coesivi e ϕ_k per i terreni sciolti sono:

Primo strato da 0 alla quota di – 6.80 m: argille di media consistenza passanti, alla profondità di – 4.40 m ad argille limose soffici e comprimibili, $c_{u_k} = 37.80$ kPa;

Secondo strato da – 6.80 a – 10.80 m: argille compatte $c_{u_k} = 63.50$ kPa;

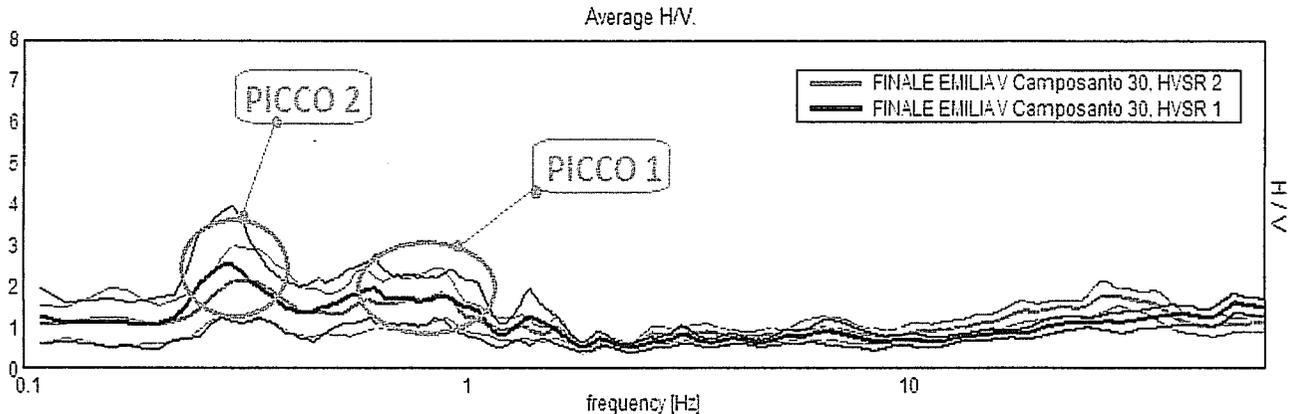
Terzo strato da – 10.80 m a – 15.40 m: sabbie poco addensate, $\phi_k = 24.30^\circ$;

Quarto strato da – 15.40 a – 35.00 m: limi argillosi consistenti, $c_{u_k} = 64.30$ kPa.

Per l'analisi di pericolosità sismica di base si è condotto un approfondimento di III livello con analisi semplificata (DM 2008). Gli effetti attesi sono amplificazione per caratteristiche litologiche, potenziali cedimenti e liquefazione. In base a quanto richiesto si è quindi fornita l'amplificazione stratigrafica, gli spettri di risposta, accelerazione attesa al suolo rigido di riferimento e quella attesa in superficie e si è fatta una analisi dei terreni presenti per escludere la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione.

La ricostruzione del modello sismico del sottosuolo e la stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di terreno investigato sono ricavati dall'analisi delle due prove eseguite con tomografo digitale e da un rilievo geofisico in onde di superficie MASW tarati dalla sequenza litostratigrafica definita dall'analisi della prova penetrometrica statica.

Relativamente alle **frequenze caratteristiche di sito**, dal diagramma del confronto delle curve H/V , di seguito riportato, abbiamo:



Due picchi stratigrafici così caratterizzati:

Picchi Stratigrafici	Rapporto H/V (valori medi)	Frequenza(Hz) Caratteristica (valori medi)	Periodo (s) Caratteristico (valori medi)
1	1,8	~ 0,85	~ 1,17
2	2,30	~ 0,30	~ 3,33

Il **picco (1)**, rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 60,00 - 70,00 m., convalidato dai dati di letteratura (vedi Carta della Sismotettonica della regione Emilia Romagna), mentre il **picco (2)**, rappresenta un contrasto di impedenza profondo circa 300,00 – 350,00 m.

Il picco segnalato alla frequenza caratteristica di 0.30 Hz è quello che dà la massima ampiezza, corrispondente al periodo di 3.33 s da confrontare con il periodo della struttura.

La modellazione in termini di V_s , è stata effettuata, su tutte le registrazioni, vincolando le curve spettrali alla curva di dispersione MASW e alla prove CPT effettuate sullo stesso sito.

Per il calcolo si è applicato il procedimento di calcolo indicato dalla Normativa secondo la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

I calcoli sono stati condotti considerando 30 metri di sottosuolo a partire dal p.c. e i risultati sono:

HVSR 1 $V_s(30) = 161$ m/s - HVSR 2 $V_s(30) = 160$ m/s

Fit congiunto MASW – HVSR 1 $V_s(30) = 160$ m/s

CORRELAZIONE CON CPT N. 3 $V_s(30) = 164$ m/s.

Sulla base dell'interpretazione litostratigrafica del sito, e dei valori di V_{s30} calcolati che non manifestano inversioni di velocità di propagazione delle onde con la profondità fino alla quota di 30 metri e oltre, si fa riferimento a

un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento conformemente a quanto espresso nel DM 2008.

Confrontando i valori di V_{s30} determinati e analizzando la stratigrafia del sito, si ritiene di far rientrare in classe sismica di tipo D il sito di studio: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s.

In relazione è stato riportato lo spettro di risposta della componente orizzontale e verticale per lo spettro allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita con smorzamento $\xi = 5\%$ (tipico di edifici in cemento armato) in superficie su suolo di tipo D:

Il valore di $a_g(g)$ = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido = **0.153** che deriva dai dati imposti secondo le NTC (2008) per il comune di Finale Emilia, scalato per un coefficiente d'uso 1 che corrisponde ad una classe d'uso II (costruzione il cui uso prevede normali affollamenti e per attività non pericolose per l'ambiente), vita nominale ≥ 50 anni (opere ordinarie).

Il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 è stato calcolato pari a **2.589**.

Il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c è uguale a **0.270 s**

Il fattore di amplificazione stratigrafica S_s (poiché la categoria del suolo indagato è la D) risulta pari a **1.8**.

Il fattore di amplificazione topografica S_T è pari a **1** poiché il sito è pianeggiante.

Accelerazione attesa in superficie $PGA = a_g \times S_s = 0.275g$

Il valore di accelerazione attesa in superficie calcolato si avvicina alle accelerazioni registrate al sito dalla stazione accelerometrica di Mirandola dell'INGV durante l'evento sismico del 20-29 maggio 2012 che hanno fatto registrare dei picchi di accelerazione in superficie pari a **0.30g**.

La colonna stratigrafica dedotta dalla prova eseguita nel sito oggetto di studio evidenzia terreni di natura coesiva, argille limose con una componente di coesione tale da non essere soggetti a fenomeni di liquefazione fino alla quota di **- 10.80** metri quando si trova uno strato di sabbie poco addensate dello spessore di **4.60** m.

Sugli strati sabbiosi riscontrati è stata verificata la possibilità che si manifestino fenomeni di liquefazione mediante procedure denominate "metodi semplificati".

La verifica è stata eseguita con l'accelerazione massima attesa in superficie calcolata per suolo di categoria C smorzamento $\xi = 5\%$: a_{\max} in superficie (g) = **0.27**.

Magnitudo momento definita sulla base della recente crisi sismica del Maggio 2012 con epicentro Finale Emilia e Medolla:

$M_{aw} = 5.90$ (anno 2012).

Il fattore di correzione della magnitudo $MSF = 1.85$ NCEER (Seed R. B. et al.1997; 2003)

Infine il livello della soggiacenza della falda misurato nel sito di studio nel Luglio 2012 pari a **- 3.00** m dal p.c.

Con le accelerazioni considerate in superficie, lo strato sabbioso sottofalda studiato risulta liquefacibile dalla quota di – 11 alla quota di – 15.40 m (spessore 4.40 m) con F_L compreso fra 0.85 e 0.89 e rischio liquefazione alto I_L fra 10.42 e 11.96.

Considerato lo spessore (4.40 metri) dello strato liquefacibile e lo spessore dello strato non liquefacibile sovrastante (11 metri) e l'accelerazione massima attesa in superficie per il sito d'indagine (0.27g), si può concludere (dal grafico e dalla tabella di Ishihara 1985) che la liquefazione dello strato liquefacibile non si estende in superficie.

In effetti in seguito agli eventi del Maggio 2012 nel sito di studio non si sono manifestati fenomeni di liquefazione in superficie.

La profondità dello strato liquefacibile non è quindi direttamente interessato dal volume di influenza fondazione – struttura si ritiene comunque indispensabile collegare mediante travi i plinti di fondazione.

In questa sede non avendo dati certi sui carichi strutturali e sui parametri di rigidità e duttilità della struttura che verrà realizzata si è data un indicazione sulle tipologie fondali facendo una verifica allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita di tipo geotecnico del sistema struttura-fondazione utilizzando l'approccio 2 del DM 2008 (A1 combinato con M1 combinato con R3). Al parametro geotecnico caratteristico si applicano coefficienti riduttivi uguali all'unità quindi il parametro c_u di progetto è uguale al parametro c_u caratteristico.

Il parametro geotecnico caratteristico $c_{u,k}$, nello strato fondale caratterizzato, risulta pari a 37.80 Kpa .

I carichi verticali (A1) indicativi considerati per una struttura a pannelli prefabbricati sono stati valutati pari a 900 KN.

Il carichi verticali (A1) sono stati fattorizzati, applicando i coefficienti moltiplicativi proposti nel DM 2008 nella tabella 6.2.1 (1.3 per i carichi permanenti, 1.5 per i carichi permanenti non strutturali e 1.5 per i carichi variabili).

Considerate le caratteristiche litologiche dei terreni superficiali indagati e la tipologia strutturale di progetto (costruzione di un capannone in elementi prefabbricati), la fondazione ipotizzata è a plinto isolato di dimensioni 4.00 x 4.00 m impostata a – 1.60 m dal piano d'esecuzione prove realizzate sull'attuale terreno vegetale.

La profondità del piano di posa deve essere posizionata al di sotto della coltre di terreno vegetale e sotto i riporti, nonchè al di sotto dello strato interessato da gelo e sopra le variazioni stagionali del livello della frangia freatica misurata in foro in data 10/07/2012 alla quota di – 3.00 m dal piano prove.

L'area di ubicazione dell'edificio si trova in zona sismica di classe 3.

Il valore di accelerazione massima attesa al suolo rigido di riferimento è pari $a_{g0} = 0.153g$ calcolato secondo il metodo semplificato facente riferimento al DM 2008.

Il gruppo litologico di appartenenza del sito è stato definito di tipo D.

La risposta del suolo è pari a $S_s = 1.8$ per il DM 2008.

Il valore di accelerazione massima attesa in superficie $a_{gmax} = 0.275g$.

L'area di intervento è pianeggiante quindi il fattore topografico è uguale a 1.

Sulla base dei dati esposti, delle considerazioni geologiche e litostratigrafiche di cui sopra, la verifica allo stato limite ultimo in condizioni

non drenate e statiche, per i plinti ipotizzati è stata verificata per la normativa vigente.

Nei calcoli indicativi dei cedimenti si è ipotizzata una fondazione a plinto isolato di larghezza pari a 4.00 x 4.00 m impostato a - 1.60 m dal piano prove per un incremento di carico pari a quello di esercizio massimo ammissibile calcolato pari a 68.60 kPa (0.70 Kg/cm²).

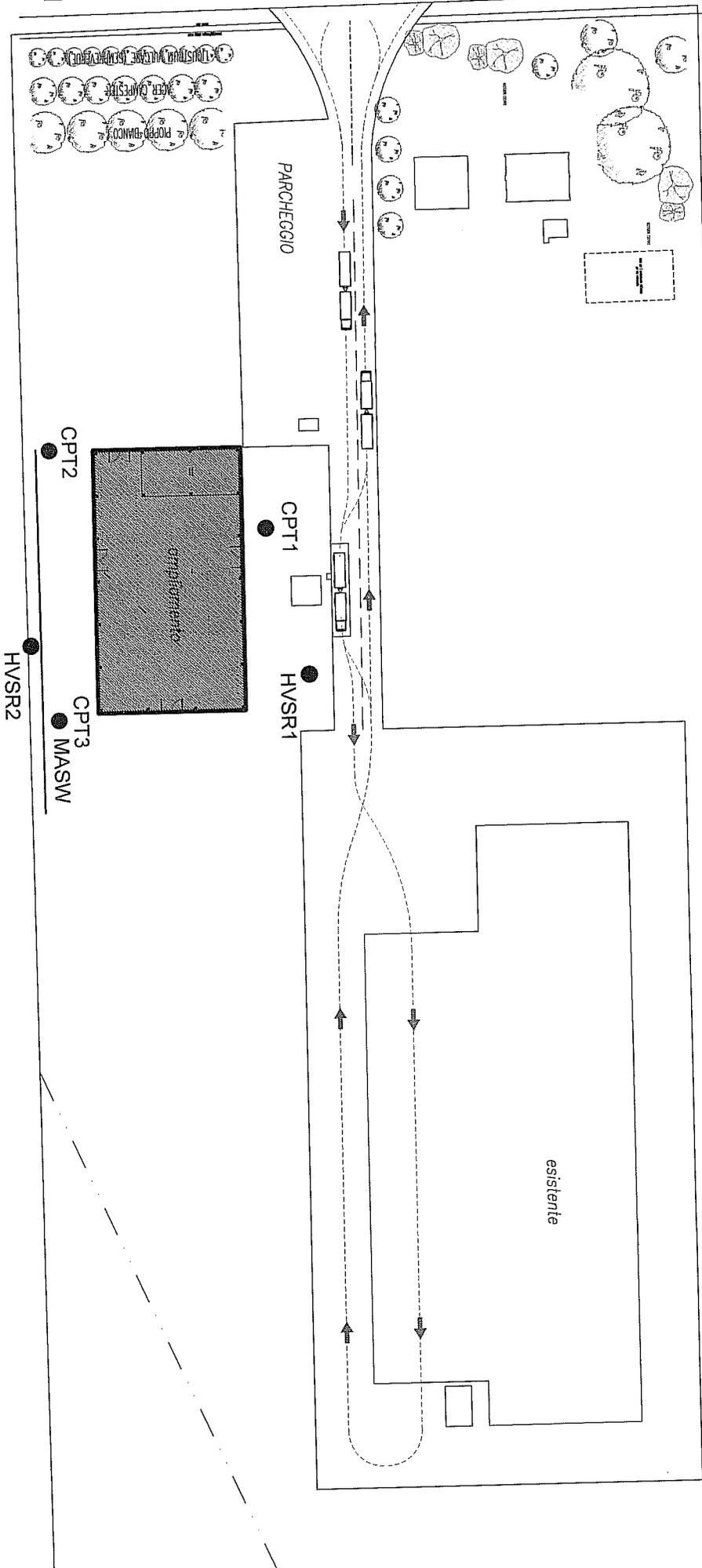
I cedimenti assoluti permanenti sono di discreta entità e variabili da 3.47 a 6.45 cm si consiglia pertanto, considerando anche il livello di sabbie riscontrato liquefacibile, di unire i plinti di fondazioni con travi di collegamento.

Dott. Geol. CESTARI PAOLO

Dott. Geol. RITA BALLISTA

ALLEGATI

- 1) UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE (prove penetrometriche, prove di sismica passiva HVRS e rilevamento onde di superficie con metodo MASW)
- 3) DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE
- 4) LEGENDA E DIAGRAMMI VALUTAZIONI LITOLOGICHE
- 5) LEGENDA E PARAMETRI GEOTECNICI

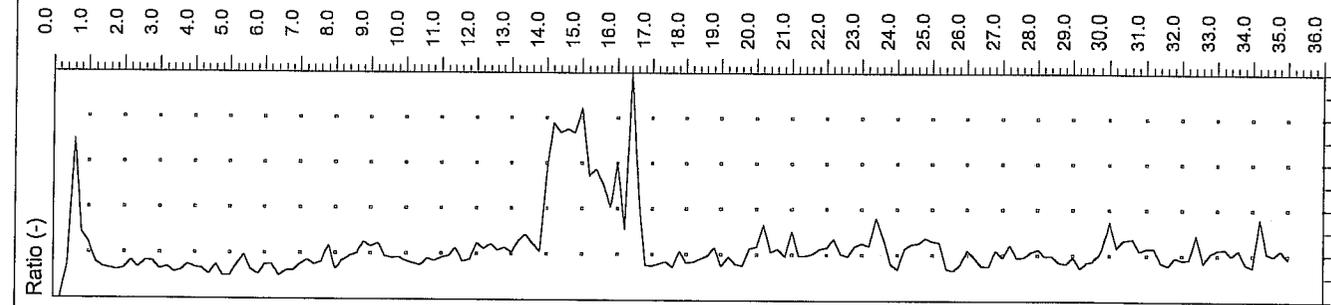
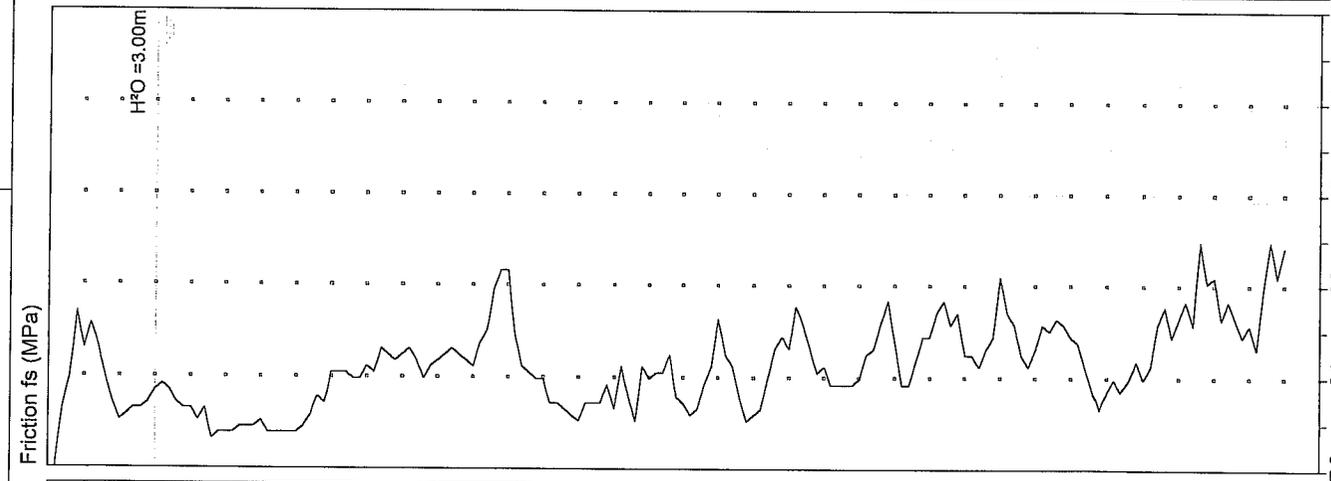
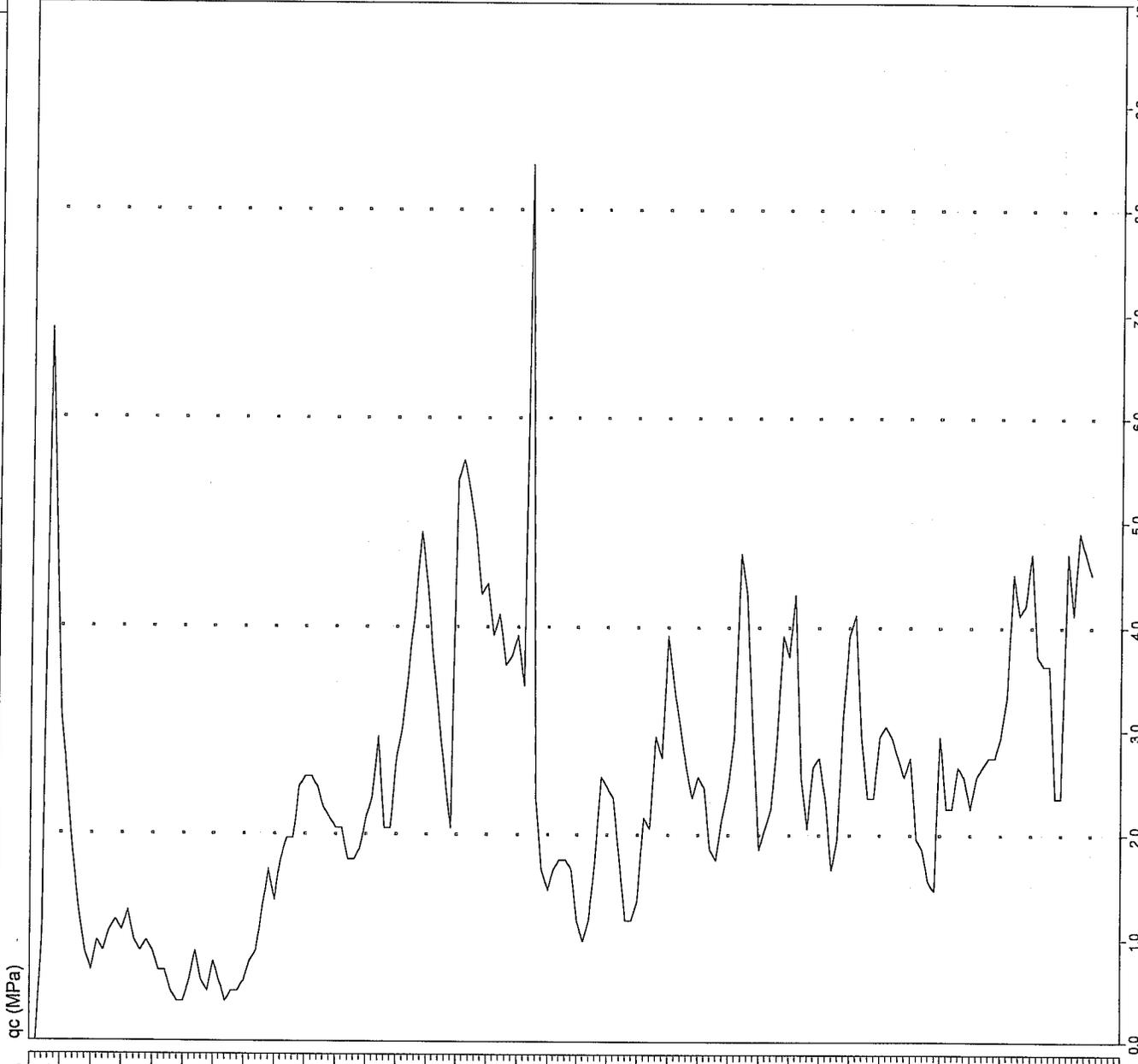


DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)
Data: 10/07/2012

Cantiere: FIVALLE CIVILIA via Camposanto 30
Prova n° 1

Falda: -3.00



Sperimentatore: Dott. Geol. PIA G. CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. PIA G. BALLISTA

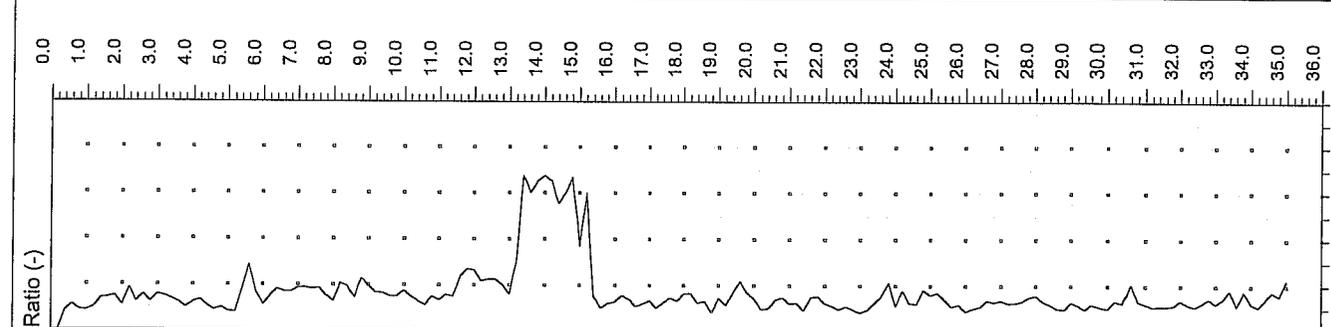
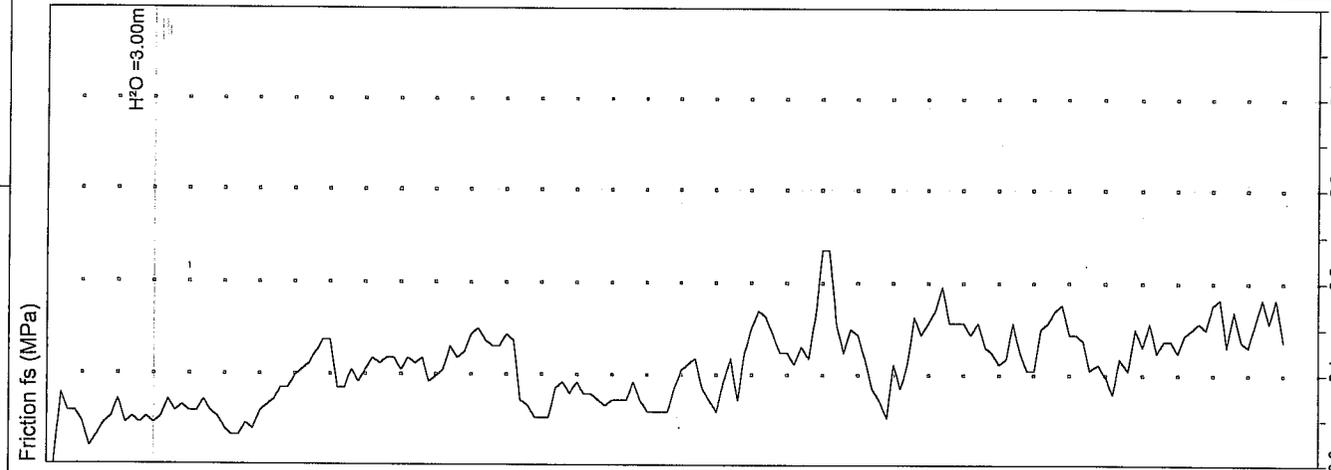
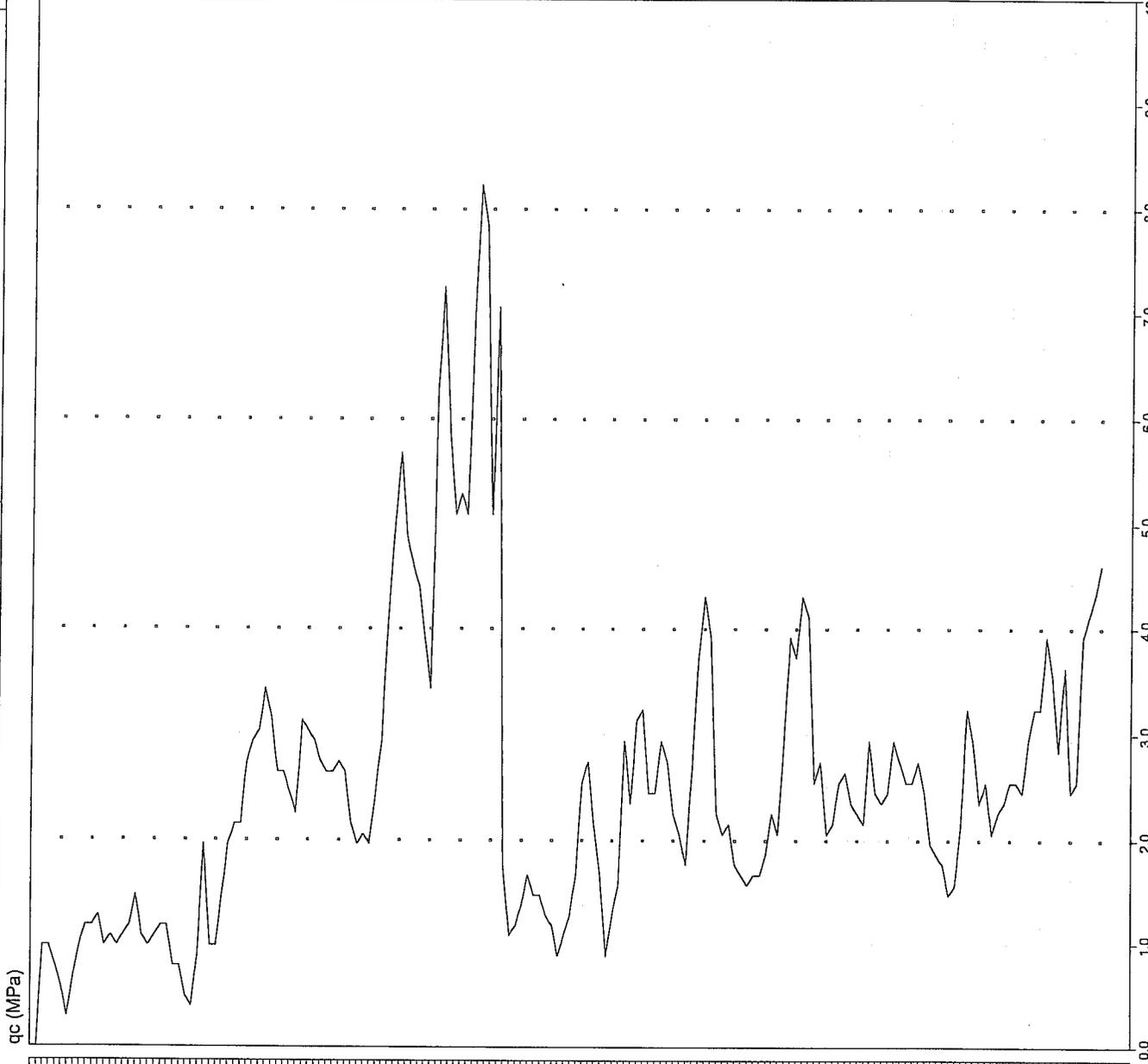
35.000 m

Cantiere: FIVALE EMILIA via Camposanto 30
Data: 10/07/2012

Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Profoto:
Falda: -3.00

Prova n° 2



Sperimentatore: Dott. G. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. PAOLA BALLISTA

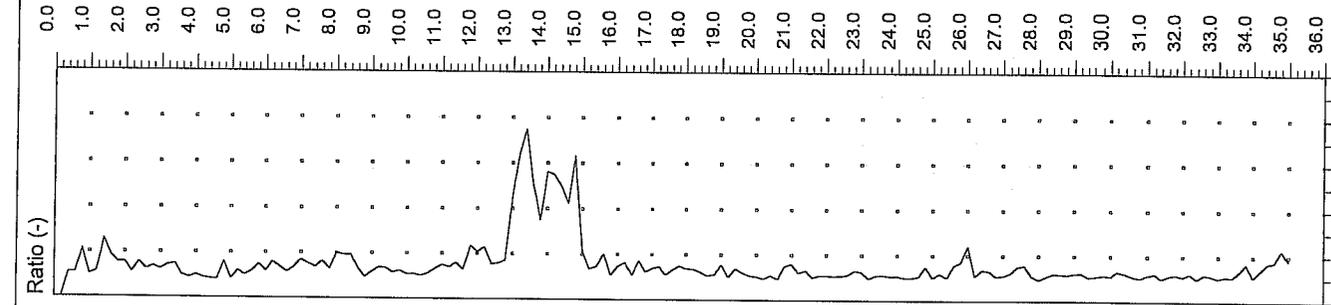
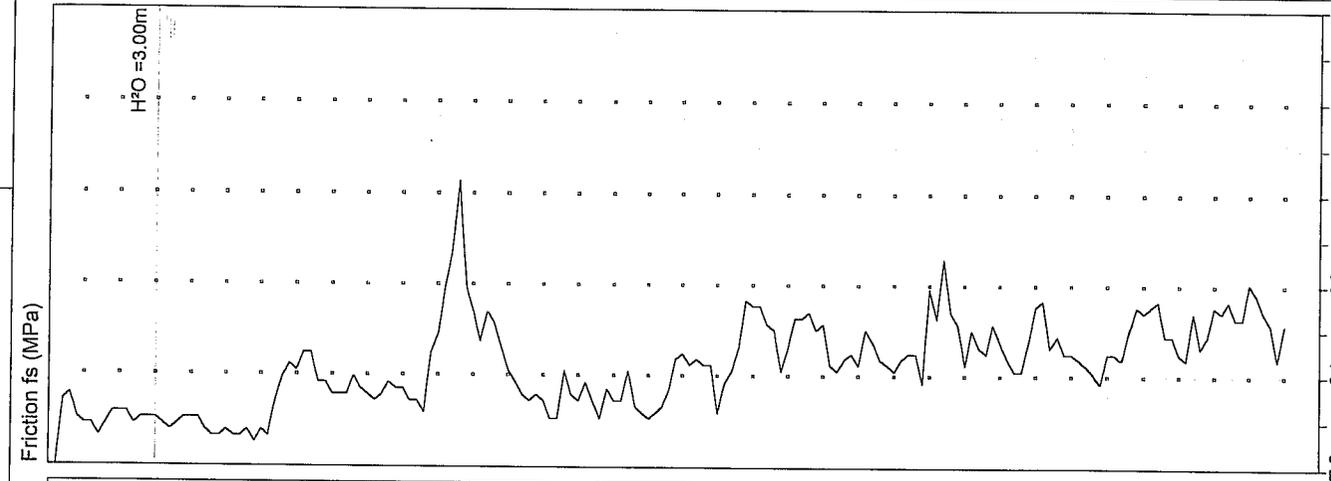
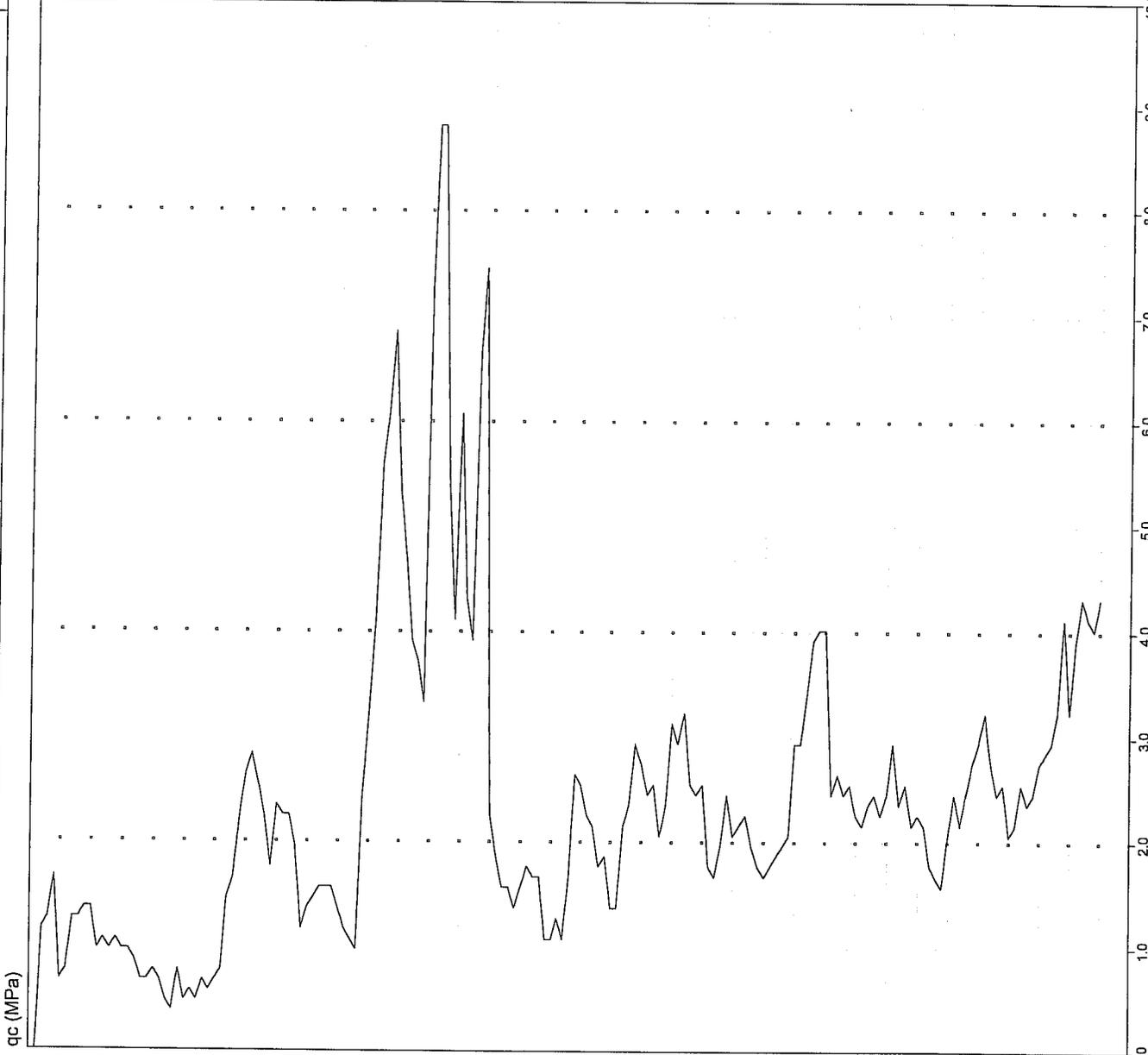
35.000 m

Decreto di concessione n. 54420 del 27/01/2006
Sede legale: Via Duca D'Este, 6 - 41036 Medolla (MO)

Caniere: FINALE EMILIA Via Camposanto 30
Data: 10/07/2012

Preforo:
Falda: -3.00

Prova n° 3



Sperimentatore: Dott. Geol. PAOLO CESTARI

Direttore Laboratorio: Dott. Geol. PATA BALLISTA

35.000 m

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

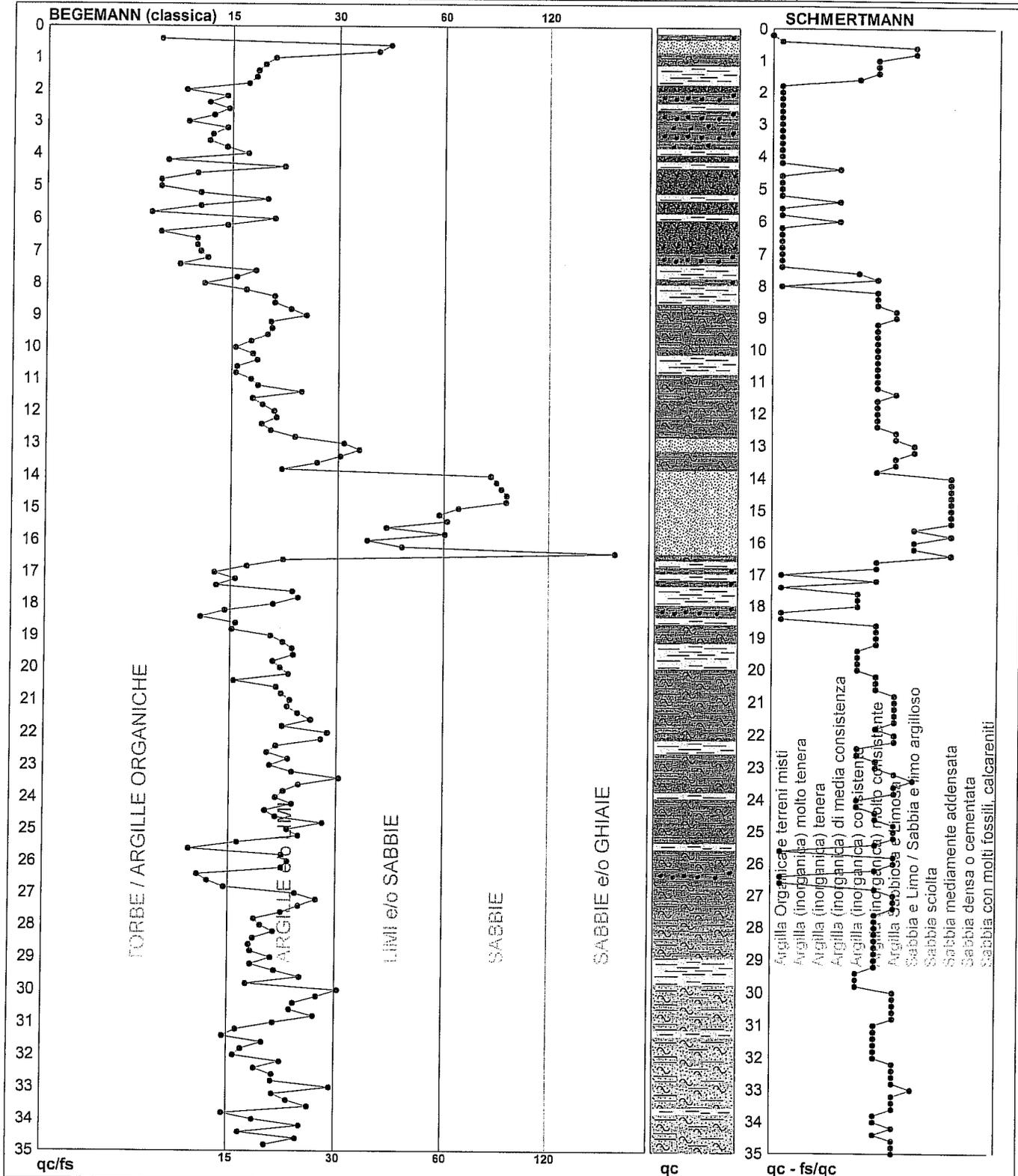
1

referimento

065-2012

Committente: **AGRI MEC S. s.**
 Cantiere: **FINALE EMILIA Via Camposanto 30**
 Località: **FINALE EMILIA Via Camposanto 30**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:175**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda: -3.00 m 3.00**



Torbe / Argille org. :	35 punti, 20.11%	Argilla Organica e terreni misti:	35 punti, 20.11%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	40 punti, 22.99%
Argille e/o Limi :	122 punti, 70.11%	Argilla (inorganica) media consist.:	3 punti, 1.72%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 5.17%
Limi e/o Sabbie :	10 punti, 5.75%	Argilla (inorganica) consistente:	16 punti, 9.20%	Sabbia mediamente addensata:	10 punti, 5.75%
Sabbie:	6 punti, 3.45%	Argilla (inorganica) molto consist.:	60 punti, 34.48%		
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0.57%				

nota:

FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

2

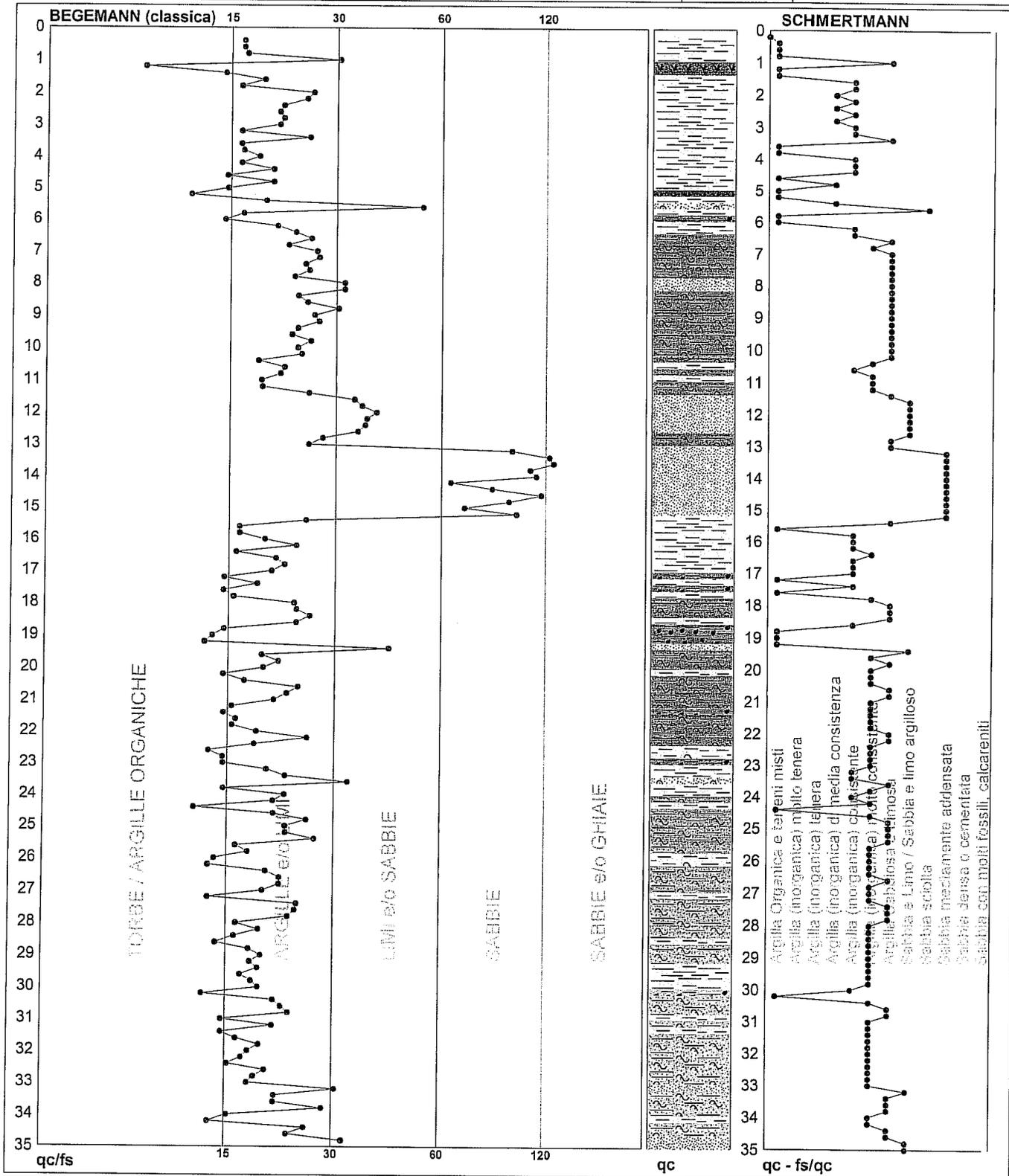
riferimento

065-2012

Committente: **AGRI MEC S. s.**
 Cantiere: **FINALE EMILIA Via Camposanto 30**
 Località: **FINALE EMILIA Via Camposanto 30**

U.M.: **MPa**
 Scala: **1:175**
 Pagina: **1**
 Elaborato: **Falda: -3.00 m 3.00**

Data exec.: 10/07/2012



Torbe / Argille org. :	24 punti, 13.79%	Argilla Organica e terreni misti:	20 punti, 11.49%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	48 punti, 27.59%
Argille e/o Limi :	126 punti, 72.41%	Argilla (inorganica) media consist.:	5 punti, 2.87%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 5.17%
Limi e/o Sabbie :	14 punti, 8.05%	Argilla (inorganica) consistente:	24 punti, 13.79%	Sabbia sciolta:	1 punto, 0.57%
Sabbie:	10 punti, 5.75%	Argilla (inorganica) molto consist.:	55 punti, 31.61%	Sabbia mediamente addensata:	11 punti, 6.32%

nota:

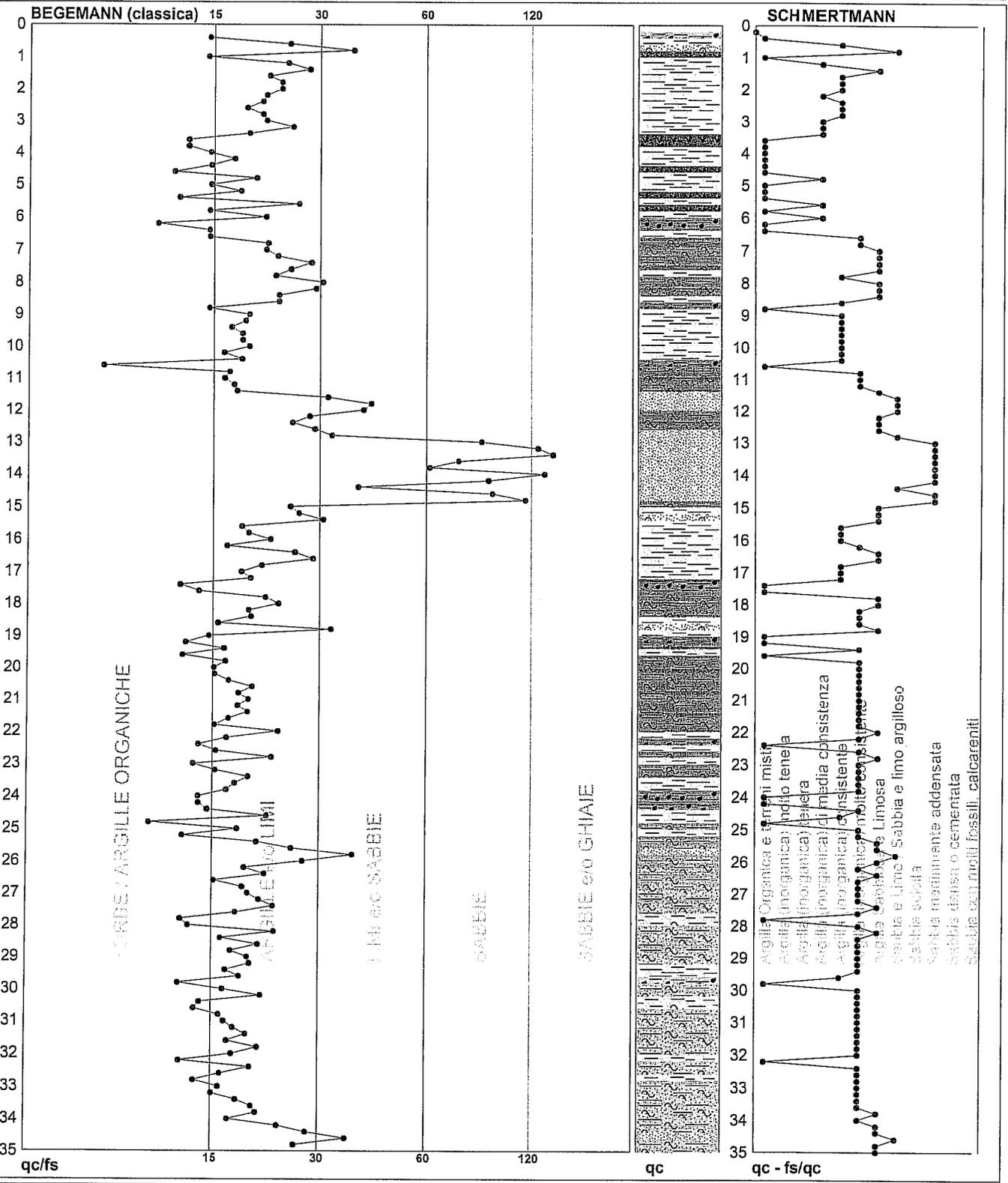
FON025

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
referimento	065-2012

Committente: AGRI MEC S. s.	U.M.: MPa	Data exec.: 10/07/2012
Cantiere: FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Scala: 1:175	
Località: FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Pagina: 1	
	Elaborato: 	Falda: -3.00 m 3.00



Torbe / Argille org. :	30 punti, 17.24%	Argilla Organica e terreni misti:	28 punti, 16.09%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	32 punti, 18.39%
Argille e/o Limi :	125 punti, 71.84%	Argilla (inorganica) media consist.:	8 punti, 4.60%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	8 punti, 4.60%
Limi e/o Sabbie :	11 punti, 6.32%	Argilla (inorganica) consistente:	25 punti, 14.37%	Sabbia mediamente addensata:	9 punti, 5.17%
Sabbie:	7 punti, 4.02%	Argilla (inorganica) molto consist.:	63 punti, 35.21%		
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 0.57%				

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	2
riferimento	065-2012

Committente: AGRI MEC S. s.	U.M.: MPa	Data esec.: 10/07/2012
Cantiere: FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Pagina: 2	
Località: FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Elaborato:	Falda: -3.00 m 3.00

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo kPa	Vs m/s	Cu kPa	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE										
								OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr	σSc (°)	σCa (°)	σKo (°)	σDB (°)	σDM (°)	σMe (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20.00	3.2	19.1		0.97	198.9	175	107.8	2.9	53.9	80.8	9.7	17	33	24	20	19	27	29	--	5.4	8.1	9.7
20.20	2.5	15.0		0.94	200.7	170	89.1	2.3	48.5	72.7	7.4	7	32	22	19	18	25	28	--	4.1	6.1	7.4
20.40	2.5	17.0		0.94	202.6	170	89.1	2.2	48.6	73.0	7.4	7	32	22	19	18	25	28	--	4.1	6.1	7.4
20.60	2.9	23.6		0.96	204.4	173	98.0	2.5	51.9	77.9	8.8	13	33	23	20	19	26	29	--	4.9	7.4	8.8
20.80	2.7	22.0		0.96	206.3	172	94.6	2.4	51.0	76.4	8.2	10	32	23	19	18	26	28	--	4.6	6.9	8.2
21.00	2.3	20.4		0.94	208.2	169	85.1	2.1	47.4	71.1	6.8	3	32	22	18	17	25	28	--	3.8	5.6	6.8
21.20	2.1	15.8		0.93	210.0	167	80.7	1.9	45.6	68.4	6.2	--	31	21	18	17	25	27	--	3.4	5.1	6.2
21.40	1.8	15.0		0.98	211.9	166	73.5	1.7	42.3	63.5	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.60	2.6	16.2		0.95	213.8	171	92.8	2.2	50.9	76.3	7.9	8	32	22	19	18	25	28	--	4.4	6.6	7.9
21.80	3.7	15.8		0.99	215.7	178	124.1	3.1	59.7	89.6	11.2	19	34	24	21	19	27	30	--	6.2	9.3	11.2
22.00	4.3	18.3		1.00	217.7	182	143.7	3.7	61.4	92.1	12.9	24	34	25	21	20	28	31	--	7.2	10.8	12.9
22.20	3.9	25.0		1.00	219.6	180	130.7	3.3	61.4	92.1	11.8	21	34	24	21	20	27	30	--	6.5	9.8	11.8
22.40	2.3	18.1		0.94	221.5	169	85.1	1.9	48.1	72.1	6.8	2	31	21	18	17	25	28	--	3.8	5.6	6.8
22.60	2.1	13.7		0.93	223.3	167	80.7	1.8	46.2	69.3	6.2	--	31	21	17	16	25	27	--	3.4	5.1	6.2
22.80	2.2	15.0		0.93	225.1	168	82.9	1.8	47.3	70.9	6.5	--	31	21	18	17	25	28	--	3.6	5.4	6.5
23.00	1.8	15.0		0.98	227.0	166	73.5	1.5	42.8	64.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.20	1.7	19.5		0.97	228.9	165	70.9	1.5	41.5	62.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.40	1.6	21.9		0.96	230.8	164	68.2	1.4	40.1	60.2	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
23.60	1.7	32.1		0.91	232.6	165	70.9	1.4	41.6	62.4	5.3	--	31	20	16	15	25	27	--	2.8	4.2	5.0
23.80	1.7	15.0		0.97	234.5	165	70.9	1.4	41.6	62.4	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.00	1.9	21.8		0.99	236.4	166	76.0	1.5	44.3	66.4	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24.20	2.3	20.4		0.94	238.3	169	85.1	1.7	48.8	73.1	6.8	--	31	21	17	17	25	28	--	3.8	5.6	6.8
24.40	2.1	12.6		0.93	240.1	167	80.7	1.6	46.7	70.1	6.2	--	31	20	17	16	25	27	--	3.4	5.1	6.2
24.60	2.9	20.4		0.96	242.0	173	98.0	2.0	54.7	82.1	8.8	9	32	22	19	18	25	29	--	4.9	7.4	8.8
24.80	3.9	25.0		1.00	243.9	180	130.7	2.9	65.7	98.6	11.8	18	33	24	20	19	27	30	--	6.5	9.8	11.8
25.00	3.7	22.0		0.99	245.9	178	124.1	2.7	64.3	96.5	11.2	16	33	23	20	19	26	30	--	6.2	9.3	11.2
25.20	4.3	22.0		1.00	247.8	182	143.7	3.2	68.8	103.2	12.9	21	34	24	21	19	27	31	--	7.2	10.8	12.9
25.40	4.1	26.3		1.00	249.8	181	137.2	3.0	68.0	102.0	12.3	19	34	24	20	19	27	30	--	6.9	10.3	12.3
25.60	2.5	16.3		0.95	251.7	171	91.0	1.8	52.1	78.1	7.6	3	32	21	18	17	25	28	--	4.2	6.4	7.6
25.80	2.7	17.5		0.96	253.5	172	94.6	1.8	53.8	80.7	8.2	5	32	22	18	17	25	28	--	4.6	6.9	8.2
26.00	2.1	14.3		0.93	255.4	167	80.7	1.5	47.1	70.7	6.2	--	31	20	17	16	25	27	--	3.4	5.1	6.2
26.20	2.2	13.8		0.93	257.2	168	82.9	1.5	48.3	72.4	6.5	--	31	20	17	16	25	28	--	3.6	5.4	6.5
26.40	2.5	19.5		0.95	259.1	171	91.0	1.7	52.3	78.5	7.6	2	31	21	18	17	25	28	--	4.2	6.4	7.6
26.60	2.6	21.3		0.95	260.9	171	92.8	1.7	53.3	79.9	7.9	3	32	21	18	17	25	28	--	4.4	6.6	7.9
26.80	2.4	21.2		0.94	262.8	169	87.1	1.6	50.5	75.8	7.1	--	31	21	17	16	25	28	--	3.9	5.9	7.1
27.00	2.3	19.2		0.94	264.6	169	85.1	1.5	49.5	74.3	6.8	--	31	20	17	16	25	28	--	3.8	5.6	6.8
27.20	2.2	13.8		0.93	266.4	168	82.9	1.5	48.5	72.8	6.5	--	31	20	17	16	25	28	--	3.6	5.4	6.5
27.40	2.9	23.6		0.96	268.3	173	98.0	1.8	56.0	83.9	8.8	6	32	22	18	17	25	29	--	4.9	7.4	8.8
27.60	2.5	23.4		0.94	270.2	170	89.1	1.6	51.7	77.6	7.4	--	31	21	17	16	25	28	--	4.1	6.1	7.4
27.80	2.4	22.4		0.94	272.0	169	87.1	1.5	50.8	76.2	7.1	--	31	20	17	16	25	28	--	3.9	5.9	7.1
28.00	2.5	16.3		0.94	273.9	170	89.1	1.5	51.8	77.7	7.4	--	31	21	17	16	25	28	--	4.1	6.1	7.4
28.20	2.9	18.8		0.96	275.7	173	98.0	1.7	56.2	84.3	8.8	5	32	22	18	17	25	29	--	4.9	7.4	8.8
28.40	2.7	16.2		0.96	277.6	172	94.6	1.6	54.7	82.0	8.2	3	32	21	18	17	25	28	--	4.6	6.9	8.2
28.60	2.5	14.4		0.95	279.5	171	91.0	1.5	52.9	79.4	7.6	--	31	21	17	16	25	28	--	4.2	6.4	7.6
28.80	2.5	17.7		0.95	281.3	171	91.0	1.5	53.0	79.5	7.6	--	31	21	17	16	25	28	--	4.2	6.4	7.6
29.00	2.7	19.0		0.96	283.2	172	94.6	1.6	54.8	82.2	8.2	2	32	21	18	17	25	28	--	4.6	6.9	8.2
29.20	2.5	17.9		0.94	285.1	170	89.1	1.5	52.1	78.1	7.4	--	31	20	17	16	25	28	--	4.1	6.1	7.4
29.40	2.0	18.7		0.93	286.9	167	78.4	1.2	46.5	69.7	5.9	--	31	19	16	15	25	27	--	3.3	4.9	5.9
29.60	1.9	16.8		0.99	288.8	166	76.0	1.2	45.2	67.8	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
29.80	1.8	18.0		0.98	290.7	166	73.5	1.1	43.8	65.8	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30.00	1.5	18.8		0.95	292.6	164	65.3	1.0	39.2	58.8	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30.20	1.6	13.3		0.96	294.5	164	68.2	1.0	40.9	61.3	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
30.40	2.2	20.6		0.93	296.3	168	82.9	1.3	49.1	73.6	6.5	--	31	20	16	15	25	28	--	3.6	5.4	6.5
30.60	3.2	21.6		0.97	298.2	175	107.8	1.8	61.7	92.5	9.7	7	32	22	18	17	25	29	--	5.4	8.1	9.7
30.80	2.9	22.6		0.96	300.1	173	98.0	1.5	57.0	85.5	8.8	3	32	21	18	17	25	29	--	4.9	7.4	8.8
31.00	2.4	15.0		0.94	301.9	169	87.1	1.3	51.4	77.1	7.1	--	31	20	16	16	25	28	--	4.2	6.4	7.6
31.20	2.5	20.5		0.95	303.8	171	91.0	1.4	53.5	80.2	7.6	--	31	20	17	16	25	28	--	3.9	5.9	7.1
31.40	2.1	15.0		0.93	305.6	167	80.7	1.2	48.0	72.0	6.2	--	31	19	16	15	25	27	--	3.4	5.1	6.2
31.60	2.3	16.4		0.94	307.5	169	85.1	1.3	50.4	75.6	6.8	--	31	20	16	15	25	28	--	3.8	5.6	6.8
31.80	2.4	18.9		0.94	309.3	169	87.1	1.3	51.5	77.3	7.1	--	31	20	16	16	25	28	--	3.9	5.9	7.1
32.00	2.5	17.7		0.95	311.2	171	91.0	1.4	53.6	80.4	7.6	--	31	20	17	16	25	28	--	4.2	6.4	7.6
32.20	2.5	17.0		0.95	313.0	171	91.0	1.3	53.6	80.5	7.6	--	31	20	17	16	25	28	--	4.2	6.4	7.6
32.40	2.5	15.6		0.94	314.9	170	89.1	1.3	52.6	79.0	7.4	--	31	20	16	16	25	28	--	4.1	6.1	7.4
32.60	2.9	19.6		0.96	316.8	173	98.0	1.4	57.4	86.0	8.8	2	31	21	17	17	25	29	--	4.9	7.4	8.8
32.80	3.2	18.3		0.97	318.7	175	107.8	1.6	62.3	93.5	9.7</											

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	3
riferimento	065-2012

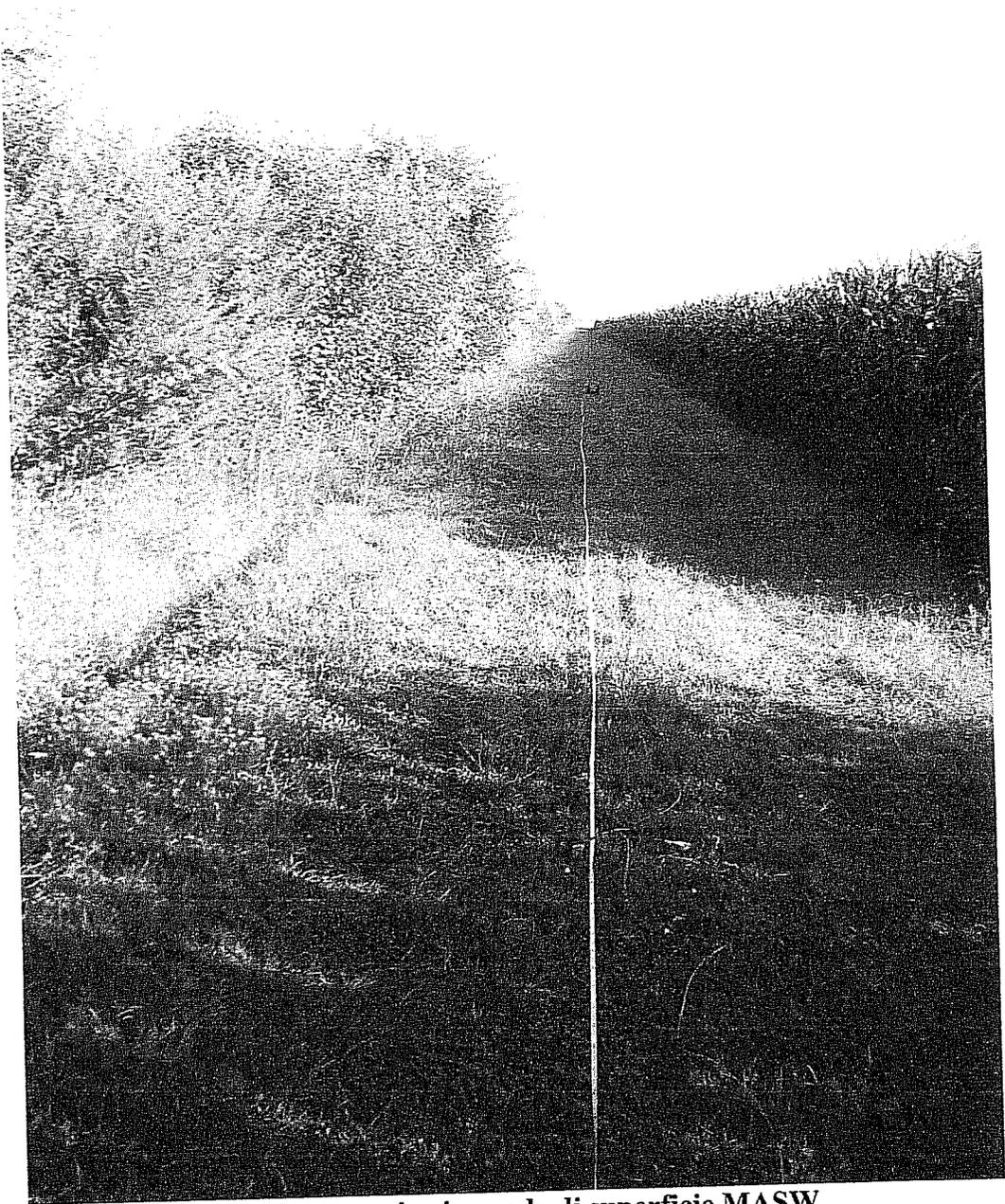
Committente: AGRI MEC S. s.	U.M.: MPa	Data esec.: 10/07/2012
Cantiere: FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Pagina: 2	
Località: FINALE EMILIA Via Camposanto 30	Elaborato:	Falda: -3.00 m 3.00

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	c'vo kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σ_{Sc} (°)	σ_{Ca} (°)	σ_{Ko} (°)	σ_{DB} (°)	σ_{DM} (°)	σ_{Me} (°)	F.L. U.M.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20.00	2.7	15.6		0.96	205.2	172	94.6	2.4	50.9	76.3	8.2	10	32	23	19	18	26	28	—	4.6	6.9	8.2
20.20	2.5	15.6		0.94	207.0	170	89.1	2.2	49.0	73.4	7.4	6	32	22	19	18	25	28	—	4.1	6.1	7.4
20.40	2.5	17.0		0.95	208.9	171	91.0	2.2	49.8	74.7	7.6	7	32	22	19	18	25	28	—	4.2	6.4	7.6
20.60	2.1	19.6		0.93	210.7	167	80.7	1.9	45.6	68.5	6.2	—	31	21	18	17	25	27	—	3.4	5.1	6.2
20.80	2.4	18.0		0.94	212.6	169	87.1	2.1	48.5	72.8	7.1	4	32	22	18	17	25	28	—	3.9	5.9	7.1
21.00	3.1	19.2		0.97	214.5	174	104.5	2.6	55.0	82.5	9.4	14	33	23	20	19	26	29	—	5.2	7.8	9.4
21.20	2.9	18.0		0.96	216.3	173	98.0	2.3	53.0	79.5	8.8	11	33	23	19	18	26	29	—	4.9	7.4	8.8
21.40	3.2	19.1		0.97	218.2	175	107.8	2.6	56.4	84.6	9.7	14	33	23	20	19	26	29	—	5.4	8.1	9.7
21.60	2.5	17.0		0.95	220.1	171	91.0	2.1	50.6	75.8	7.6	6	32	22	19	18	25	28	—	4.2	6.4	7.6
21.80	2.5	15.6		0.94	222.0	170	89.1	2.0	49.9	74.8	7.4	4	32	22	18	17	25	28	—	4.1	6.1	7.4
22.00	2.5	23.0		0.95	223.8	171	91.0	2.0	50.8	76.2	7.6	6	32	22	18	17	25	28	—	4.2	6.4	7.6
22.20	1.8	16.8		0.98	225.7	166	73.5	1.5	42.7	64.1	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.40	1.7	14.2		0.97	227.6	165	70.9	1.5	41.5	62.2	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.60	2.0	15.7		0.93	229.5	167	78.4	1.6	45.3	67.9	5.9	—	31	20	17	16	25	27	—	3.3	4.9	5.9
22.80	2.5	22.1		0.94	231.3	170	89.1	1.9	50.3	75.5	7.4	3	32	22	18	17	25	28	—	4.1	6.1	7.4
23.00	2.1	13.7		0.93	233.1	167	80.7	1.7	46.5	69.8	6.2	—	31	21	17	16	25	27	—	3.4	5.1	6.2
23.20	2.2	15.7		0.93	235.0	168	82.9	1.7	47.6	71.5	6.5	—	31	21	17	16	25	28	—	3.6	5.4	6.5
23.40	2.3	19.2		0.94	236.8	169	85.1	1.7	48.7	73.1	6.8	—	31	21	18	17	25	28	—	3.8	5.6	6.8
23.60	2.0	17.7		0.93	238.6	167	78.4	1.6	45.5	68.3	5.9	—	31	20	17	16	25	27	—	3.3	4.9	5.9
23.80	1.8	16.8		0.98	240.5	166	73.5	1.4	43.1	64.6	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.00	1.7	14.2		0.97	242.4	165	70.9	1.4	41.8	62.6	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.20	1.8	14.2		0.98	244.4	166	73.5	1.4	43.2	64.7	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.40	1.9	15.0		0.99	246.3	166	76.0	1.4	44.5	66.8	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24.60	2.0	21.5		0.93	248.1	167	78.4	1.5	45.8	68.7	5.9	—	31	20	17	16	25	27	—	3.3	4.9	5.9
24.80	2.1	10.5		0.93	249.9	167	80.7	1.5	47.0	70.5	6.2	—	31	20	17	16	25	27	—	3.4	5.1	6.2
25.00	2.9	18.0		0.96	251.8	173	98.0	1.9	55.2	82.9	8.8	8	32	22	19	18	25	29	—	4.9	7.4	8.8
25.20	2.9	12.9		0.96	253.7	173	98.0	1.9	55.3	83.0	8.8	7	32	22	19	18	25	29	—	4.9	7.4	8.8
25.40	3.4	20.2		0.98	255.6	176	114.3	2.3	62.1	93.1	10.3	13	33	23	19	18	26	29	—	5.7	8.6	10.3
25.60	3.9	25.0		1.00	257.6	180	130.7	2.7	67.6	101.3	11.8	17	33	23	20	19	26	30	—	6.5	9.8	11.8
25.80	4.0	36.3		0.90	259.3	180	—	—	—	—	—	18	33	23	20	19	27	30	—	6.7	10.0	12.1
26.00	4.0	26.8		1.00	261.3	180	133.9	2.7	68.9	103.4	12.1	17	33	23	20	19	27	30	—	6.7	10.0	12.1
26.20	2.5	18.8		0.94	263.1	170	89.1	1.6	51.5	77.3	7.4	0	31	21	17	17	25	28	—	4.1	6.1	7.4
26.40	2.6	21.3		0.95	265.0	171	92.8	1.7	53.4	80.1	7.9	3	32	21	18	17	25	28	—	4.4	6.6	7.9
26.60	2.5	15.6		0.94	266.9	170	89.1	1.6	51.6	77.4	7.4	—	31	21	17	16	25	28	—	4.1	6.1	7.4
26.80	2.5	18.6		0.95	268.7	171	91.0	1.6	52.6	78.9	7.6	1	31	21	17	17	25	28	—	4.2	6.4	7.6
27.00	2.3	19.2		0.94	270.6	169	85.1	1.5	49.7	74.5	6.8	—	31	20	17	16	25	28	—	3.8	5.6	6.8
27.20	2.2	20.6		0.93	272.4	168	82.9	1.4	48.6	72.9	6.5	—	31	20	17	16	25	28	—	3.6	5.4	6.5
27.40	2.4	22.4		0.94	274.2	169	87.1	1.5	50.8	76.2	7.1	—	31	20	17	16	25	28	—	3.9	5.9	7.1
27.60	2.5	17.9		0.94	276.1	170	89.1	1.5	51.9	77.8	7.4	—	31	21	17	16	25	28	—	4.1	6.1	7.4
27.80	2.3	12.8		0.94	277.9	169	85.1	1.4	49.9	74.8	6.8	—	31	20	17	16	25	28	—	3.8	5.6	6.8
28.00	2.5	13.4		0.94	279.8	170	89.1	1.5	52.0	77.9	7.4	—	31	21	17	16	25	28	—	4.1	6.1	7.4
28.20	2.9	22.6		0.96	281.7	173	98.0	1.7	56.4	84.6	8.8	5	32	21	18	17	25	29	—	4.9	7.4	8.8
28.40	2.4	16.3		0.94	283.5	169	87.1	1.4	51.0	76.5	7.1	—	31	20	17	16	25	28	—	3.9	5.9	7.1
28.60	2.5	20.5		0.95	285.4	171	91.0	1.5	53.1	79.6	7.6	—	31	21	17	16	25	28	—	4.2	6.4	7.6
28.80	2.2	17.3		0.93	287.2	168	82.9	1.3	48.9	73.4	6.5	—	31	20	16	15	25	28	—	3.6	5.4	6.5
29.00	2.3	19.2		0.94	289.0	169	85.1	1.4	50.1	75.1	6.8	—	31	20	16	15	25	28	—	3.8	5.6	6.8
29.20	2.2	19.5		0.93	290.9	168	82.9	1.3	49.0	73.5	6.5	—	31	20	16	15	25	28	—	3.6	5.4	6.5
29.40	1.8	16.8		0.98	292.8	166	73.5	1.1	43.9	65.8	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.60	1.7	18.3		0.97	294.7	165	70.9	1.1	42.4	63.6	5.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29.80	1.6	12.6		0.96	296.6	164	68.2	1.0	40.9	61.4	5.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30.00	2.1	16.5		0.93	298.4	167	80.7	1.2	47.9	71.8	6.2	—	31	19	16	15	25	27	—	3.4	5.1	6.2
30.20	2.5	20.8		0.94	300.2	170	89.1	1.4	52.4	78.6	7.4	—	31	20	17	16	25	28	—	4.1	6.1	7.4
30.40	2.2	14.4		0.93	302.1	168	82.9	1.2	49.1	73.7	6.5	—	31	20	16	15	25	28	—	3.6	5.4	6.5
30.60	2.5	13.9		0.94	303.9	170	89.1	1.4	52.5	78.7	7.4	—	31	20	17	16	25	28	—	4.1	6.1	7.4
30.80	2.7	16.2		0.96	305.8	172	94.6	1.4	55.4	83.1	8.2	0	31	21	17	16	25	28	—	4.6	6.9	8.2
31.00	2.9	16.7		0.96	307.7	173	98.0	1.5	57.2	85.7	8.8	3	32	21	18	17	25	29	—	4.9	7.4	8.8
31.20	3.2	17.6		0.97	309.6	175	107.8	1.7	62.1	93.1	9.7	6	32	21	18	17	25	29	—	5.4	8.1	9.7
31.40	2.7	19.0		0.96	311.5	172	94.6	1.4	55.5	83.3	8.2	—	31	21	17	16	25	28	—	4.6	6.9	8.2
31.60	2.5	17.0		0.94	313.3	170	89.1	1.3	52.6	78.9	7.4	—	31	20	16	16	25	28	—	4.1	6.1	7.4
31.80	2.5	20.5		0.95	315.2	171	91.0	1.3	53.7	80.5	7.6	—	31	20	17	16	25	28	—	4.2	6.4	7.6
32.00	2.1	17.5		0.93	317.0	167	80.7	1.1	48.1	72.2	6.2	—	31	19	16	15	25	27	—	3.4	5.1	6.2
32.20	2.2	12.7		0.93	318.8	166	82.9	1.2	49.4	74.0	6.5	—	31	19	16	15	25	28	—	3.6	5.4	6.5
32.40	2.5	19.5		0.95	320.7	171	91.0	1.3	53.8	80.6	7.6	—	31	20	17	16	25	28	—	4.2	6.4	7.6
32.60	2.4	16.3		0.94	322.5	169																

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Prove con tomografo digitale



Stendimento sismico onde di superficie MASW