TAV. n. 16

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, SUGLI ASPETTI IDRAULICI E SUL MODELLO SISMICO

PIANO ATTUATIVO RESIDENZIALE DI INIZIATIVA PRIVATA DEL COMPARTO EDIFICATORIO C2m
1° stralcio funzionale

UBICAZIONE: Regione: *Umbria*
Comune: *Perugia*
Località: *S. Egidio*

COMMITTENTI: Testi Paolo, Bianchi Fiammetta, Gaggi Silvano, Bianchi Daniele, Palazzetti Alviero, Testi Daniela, Piorgio Gino, Trubbianelli Silvana, Nottiani Maria

PPV	*dott.sa Michela Timi* **GEOLOGA** ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA TIMI MICHELA ALBO 303	PPV

Maggio 2014

dott.sa Michela Timi
Studio di Geologia e Consulenza Ambientale
Via F. Filzi 20/D, - Madonna Alta, Perugia
Tel./Fax 075/5002959 – Cell. 349-1467685
e-mail: michelatimi@libero.it

INDICE GENERALE

1. **Premessa** **pag.2**
2. **Inquadramento dell'area** **pag.2**
3. **Descrizione geologica e litostratigrafica** **pag.3**
4. **Descrizione geomorfologica ed idrografica** **pag.3**
5. **Caratteristiche idrogeologiche** **pag.4**
6. **Vincoli ed aree di tutela** **pag.4**
7. **Indagini geognostiche e parametri fisico-meccanici** **pag.5**
8. **Caratteristiche sismiche e parametri sismici di progetto** **pag.6**
9. **Considerazioni conclusive e fattibilità degli interventi** **pag.14**

Allegati:

- *Stralcio corografia I.G.M. scala 1:25.000*
- *Estratto IFFI e PAI*
- *Carta geologica e dei lineamenti idrogeomorfologici principali scala 1:10.000*
- *Carta delle zone suscettibili di amplificazione sismica o instabilità dinamiche locali scala 1:10.000*
- *Stralcio planimetria catastale scala 1:2.000*
- *Carta di microzonazione sismica*
- *Piano quotato con ubicazione delle indagini e traccia delle sezioni scala 1:1.000*
- *Ricostruzione stratigrafica lungo 6 sezioni di riferimento*
- *Elaborati prove penetrometriche*
- *Elaborati n.2 indagine sismica passiva e n. 1 indagine sismica masw*

1.0 Premessa

La presente relazione espone i risultati di un'indagine geologica condotta in località S. Egidio, nel comune di Perugia. Lo studio è stato finalizzato alla ricostruzione dell'assetto geolitologico, geomorfologico ed idrogeologico di una porzione di terreno, di proprietà della Committenza, oggetto di una lottizzazione edilizia.

L'indagine, estesa ad un intorno significativo al sito di intervento, è stata approfondita attraverso l'esecuzione di 7 prove penetrometriche e di due indagini sismiche a stazione singola ed una indagine sismica con tecnica masw. Il rilevamento dell'area unitamente ai dati acquisiti hanno consentito di valutare la fattibilità del progetto mediante la definizione delle condizioni di rischio del sito, la ricostruzione dell'assetto stratigrafico locale, la parametrizzazione delle caratteristiche litotecniche dei terreni e la valutazione della risposta sismica locale attraverso la definizione della categoria di sottosuolo.

Lo studio, svolto ai sensi del D.M. 11/03/88, del D.M. 14 gennaio 2008, della L.R. n.11/05 e della DGR n.377/2010, si è così articolato:

- Rilevamento delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area
- Analisi dell'assetto idrogeologico dell'area
- Analisi degli aspetti idraulici e delle condizioni di rischio
- Analisi della stabilità dell'area e delle condizioni di rischio
- Microzonazione sismica dell'area
- Campagna di indagini in sito
- Ricostruzione litostratigrafica
- Caratterizzazione fisico-meccanica dei materiali e definizione della categoria di sottosuolo

2.0 Inquadramento dell'area

La zona di studio si colloca immediatamente a sud del centro storico di S. Egidio, nell'area basso collinare individuabile lungo la strada Provinciale Aeroporto S. Egidio.

I terreni oggetto della lottizzazione edilizia sono censiti al N.C.T. del comune di Perugia al **foglio n° , particella n° 242,243,250,257,270,274, 318,523,676,686.** Sotto il profilo cartografico tutta l'area è inserita nella Carta d'Italia al foglio 123 "Assisi" - tavoletta IGM "Petrignano d'Assisi" III NO – CTR EL 311060-311100 scala 1:10.000.

3.0 Descrizione geologica e litostratigrafica

Nell'area affiorano sedimenti terrigeni continentali di origine fluvio lacustre, noti in letteratura come complesso plio-pleistocenico villafranchiano. Tali sedimenti sono generalmente costituiti da limi, sabbie, ghiaie ed argille disposte in lenti e livelli variamente interdigitati, riferibili alle formazioni meso-cenozoiche della serie Umbro-Marchigiana.

Tutto il complesso terrigeno continentale si imposta con contatto trasgressivo sul basamento litoide della formazione Marnoso Arenacea Umbra che costituisce le dorsali collinari di Collestrada e Pretola. Verso valle i sedimenti villafranchiani sono coperti da sedimenti di origine alluvionale riferibili ai cicli erosivo-deposizionali del F. Tevere e dei collettori secondari posti in sinistra idrografica.

3.1 Geologia dell'area

Facendo specifico riferimento all'area di intervento, le osservazioni effettuate durante i sopralluoghi ed i risultati della campagna di indagini eseguite, hanno consentito di ricostruire l'assetto litostratigrafico locale e di verificare e parametrizzare le caratteristiche dei terreni sub-affioranti.

Nell'area affiorano sedimenti consistenti a granulometria media, rappresentati prevalentemente da limi sabbiosi e sabbie limose localmente cementate tra loro interstratificati e variamente interdigitati. In particolare come mostrato nelle sezioni allegate si evidenza che la fascia alta del comparto di lottizzazione è costituita da sedimenti limo sabbiosi e sabbioso limosi consistenti posti al di sotto di esigui spessori di terreno vegetale; la consistenza dei sedimenti sabbiosi, localmente cementati, ha determinato l'interruzione di alcune prove per rifiuto del macchinario. In corrispondenza della fascia basale del comparto i sedimenti descritti risultano coperti da spessori di qualche metro di sedimenti prevalentemente limo sabbiosi scarsamente consistenti interpretabili come depositi eluvio-colluviali.

In allegato si evidenzia l'assetto ricostruito; la continuità laterale dei depositi è stata ipotizzata in sezione, solo in fase esecutiva potranno essere verificati direttamente gli assetti e le continuità latero-verticali.

4.0 Descrizione geomorfologica ed idrografica

Sotto il profilo geomorfologico la proprietà si individua nell'area basso-collinare posta in sinistra idrografica del F. Tevere; le quote oscillano tra 220 e 230m slm. In particolare l'area di lottizzazione si sviluppa a partire dall'area di crinale del modesto morfotipo collinare ove si sviluppa la località di S. Egidio. Tale collina, parte integrante dello spartiacque tra il fiume Tevere ed il Fiume Chiascio, è lambita da due collettori stagionali, il fosso Richiavo, tributario di II ordine del F. Tevere ed il fosso Maccara, tributario di II ordine del F. Chiascio, affluente del F. Tevere. Il comparto di lottizzazione si individua sul versante naturalmente degradante verso l'alveo del fosso Maccara, versante vergente ad est-nordest con pendenza media di circa 5° (8-9%); l'area di

lottizzazione presenta pendenze leggermente più marcate, circa 7° (12%).

Le pendenze osservate non sono pertanto mai accentuate; le morfosculture mostrano profili regolari modellati dall'azione delle acque di scorrimento superficiale. La densità di drenaggio risulta mediamente sviluppata a testimonianza della variabile permeabilità dei terreni superficiali; generalmente medio alta nelle zone collinari, costituite da sedimenti a prevalenza sabbiosa e medio bassa nelle zone di pianura, per la presenza di sedimenti più fini. Le acque che dilavano il versante di interesse, sono raccolte dal citato fosso Maccara e da una serie di sistemi di regimazione realizzati lungo le strade ed in corrispondenza dei terreni agricoli dell'area valliva, localmente confluenti in laghetti di accumulo.

La distanza dai collettori principali e la quota rialzata rispetto a quella di scorrimento, non espone generalmente l'area al rischio di alluvionamento. La zona non ricade nelle aree alluvionabili perimetrate nelle cartografie comunali, né nelle fasce fluviali e nelle zone di rischio individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico* del F. Tevere *(PAI).

Le osservazioni condotte in sito e l'analisi della cartografia ufficiale (PRG, progetto IFFI e PAI Tevere) evidenziano la stabilità dell'area. **L'area risulta caratterizzata da condizioni di rischio frana basse o nulle.**

5.0 Caratteristiche idrogeologiche

La ricognizione sul tipo di circolazione sotterranea è stata effettuata sfruttando i dati rilevati durante l'indagine, unitamente alle informazioni acquisite dalla cartografia ufficiale. I dati a disposizione evidenziano la presenza di una falda freatica principale che si stabilizza intorno ai 190-200m slm, impostata al tetto dei sedimenti prevalentemente argillosi. I pozzi profondi censiti evidenziano un livello posto tra 20 e 30m di profondità. Si ritiene che risorse idriche di non stimata potenzialità siano intercettabili anche a minori profondità (tra i 5 ed i 10m dal pc).

Non sono stati individuati pozzi ad uso idropotabile.

Non sono state individuate emergenze sorgentizie in un intorno significativo.

6.0 Vincoli ed aree di tutela

L'area risulta sottoposta al vincolo aeroportuale.

7.0 Indagini penetrometriche e caratteristiche litotecniche dei terreni

La caratterizzazione geotecnica di dettaglio è stata effettuata attraverso l'esecuzione di 7 prove penetrometriche dinamiche.

Si riassumono di seguito le stratigrafie attraversate.

PROVA PENETROMETRICA N.1 (quota relativa al piano quotato: +4.5)	
da 0.0 m a 0.7 m	Terreno vegetale;
da 0.7 m a 3.0m	Limi sabbiosi (Nspt=9);
da 3.0m a 8.8m	Sabbie limose a luoghi cementate (Nspt=23).

PROVA PENETROMETRICA N.2 (quota relativa al piano quotato: +10.5)	
da 0.0 m a 0.9 m	Terreno vegetale;
da 0.9 m a 2.2m	Limi sabbiosi (Nspt=5);
da 2.2m a 7.8m	Sabbie limose a luoghi cementate (Nspt=34).

PROVA PENETROMETRICA N.3 (quota relativa al piano quotato: +12)	
da 0.0 m a 0.8 m	Terreno vegetale;
da 0.8 m a 2.2m	Sabbie limose (Nspt=22);
da 2.2m a 3.0m	Limi sabbiosi (Nspt=8);
da 2.2m a 3.0m	Sabbie limose a luoghi cementate (Nspt=38).

PROVA PENETROMETRICA N.4 (quota relativa al piano quotato: +6)	
da 0.0 m a 0.6 m	Terreno vegetale;
da 0.6 m a 1.7m	Limi sabbiosi (Nspt=7);
da 1.7m a 6.7m	Sabbie limose (Nspt=22);
da 6.7 m a 7.6m	Limi sabbiosi (Nspt=8);
da 7.6m a 8.8m	Sabbie limose (Nspt=14);

PROVA PENETROMETRICA N.5 (quota relativa al piano quotato: +3)	
da 0.0 m a 0.3 m	Terreno vegetale;
da 0.3 m a 1.7m	Limi sabbiosi scarsamente addensati (Nspt=2);
da 1.7m a 6.1m	Limi sabbiosi (Nspt=7);
da 6.1m a 8.8m	Sabbie limose (Nspt=16).

PROVA PENETROMETRICA N.6 (quota relativa al piano quotato: +2)	
da 0.0 m a 0.7 m	Terreno vegetale;
da 0.7 m a 2.3m	Limi sabbiosi scarsamente addensati (Nspt=4);

da 2.3m a 4.2m Sabbie limose (Nspt=17);

da 4.2 m a 6.2m Limi sabbiosi (Nspt=8);

da 6.2 m a 7.8m Sabbie limose (Nspt=20);

PROVA PENETROMETRICA N.7 (quota relativa al piano quotato: +8)

da 0.0 m a 0.3 m Terreno vegetale;

da 0.3 m a 1.2m Limi sabbiosi scarsamente addensati (Nspt=3);

da 1.2m a 7.9m Limi sabbiosi (Nspt=7);

da 7.9m a 8.8m Sabbie limose (Nspt=18).

CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE

L'elaborazione e l'interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche confrontati con tutte le informazioni acquisite in sito, hanno consentito di caratterizzare sotto il profilo geomeccanico i terreni. In considerazione della fase progettuale si forniscono i range minimo-massimo di riferimento; i risultati sono elencati in dettaglio negli elaborati delle prove, allegati alla presente.

LIMI SABBIOSI SCARSAMENTE ADDENSATI - (2<Nspt<4)

C'	=	0.0 t/m^2
γ	=	1.7-1.8 t/m^3
φ'	=	23°-25°

LIMI SABBIOSI - (5<Nspt<9)

C'	=	0.0 t/m^2
γ	=	1.8-1.85 t/m^3
φ'	=	26°-28°

SABBIE LIMOSE a luoghi cementate - (14<Nspt<38)

C'	=	0.0 t/m^2
γ	=	1.85-1.95 t/m^3
φ'	=	30°-35°

8.0 Microzonazione sismica del sito e parametri sismici di progetto

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una pericolosità sismica di base del sito di costruzione che è descritta dalla probabilità (P_{VR}) che in un fissato lasso di tempo (V_R), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto, nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (categoria A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1) in condizioni di campo libero, cioè in assenza di

manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento per una fissata Pvr, si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione.

Pertanto:

● **PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE (MACROZONAZIONE SISMICA)**
riferita a suolo rigido Tipo A e superficie topografica orizzontale

Lo studio condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Appendice 2) ai sensi dell'OPCM n.3274/2003 e finalizzato alla redazione della mappa di pericolosità sismica di tutto il territorio italiano, evidenzia che il comune di Perugia ricade nella zona sismogenetica ZS9 n.919 della fascia appenninica centro settentrionale. Tale zona è caratterizzata da un elevato numero di terremoti molti dei quali di magnitudo maggiore di 5, imputabili per lo più a sistemi di fagliazione diretta legati all'estensione appenninica ed immergenti, nell'area dell'Umbria centrale e meridionale, verso sud-ovest. Sulla base dei dati geologici e geofisici lo studio stabilisce che il maggior numero di terremoti della zona si sviluppa ad una profondità efficace compresa tra 8 e 12km e prevede magnitudo massime attese (cautelative) pari a 6,37.

La pericolosità sismica di base è rappresentata da:

- Accelerazione orizzontale di picco attesa, $\mathbf{a_g}$
- Parametri $\mathbf{F_O}$ (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di risposta in accelerazione) e **Tc*** (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta in accelerazione) dello spettro di risposta elastico.

Territorio comunale di Perugia:

Zona sismica 2 (Ord. n.3274/2003 - DGR n.852/2003).

Pga = (Ag/g) = accelerazione orizzontale di picco del terreno con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni**: 0.15<Pga<0.25 – Norme Tecniche Pga = 0.25.**

Con l'OPCM n.3274/2003 e n.3519/2006 è stata definita una zonizzazione con intervalli di accelerazione più dettagliati pari a 0,025g. L'analisi è stata condotta facendo riferimento ai nodi di una griglia (corrispondenti ai siti studiati) che ha suddiviso tutto il territorio. Attraverso il programma exel Spettri NTC versione 1.0.2, messo a disposizione dal C.S.L.P., è stato possibile, inserendo le coordinate medie del sito, evidenziare la mappa di pericolosità nell'ambito indagato e definire i parametri specifici del sito interpolando mediante media ponderata i valori dei nodi di riferimento per ognuno dei quali sono a disposizione i valori disaggregati del valore di ag con probabilità di eccedenza del 10% nell'arco di 50anni.

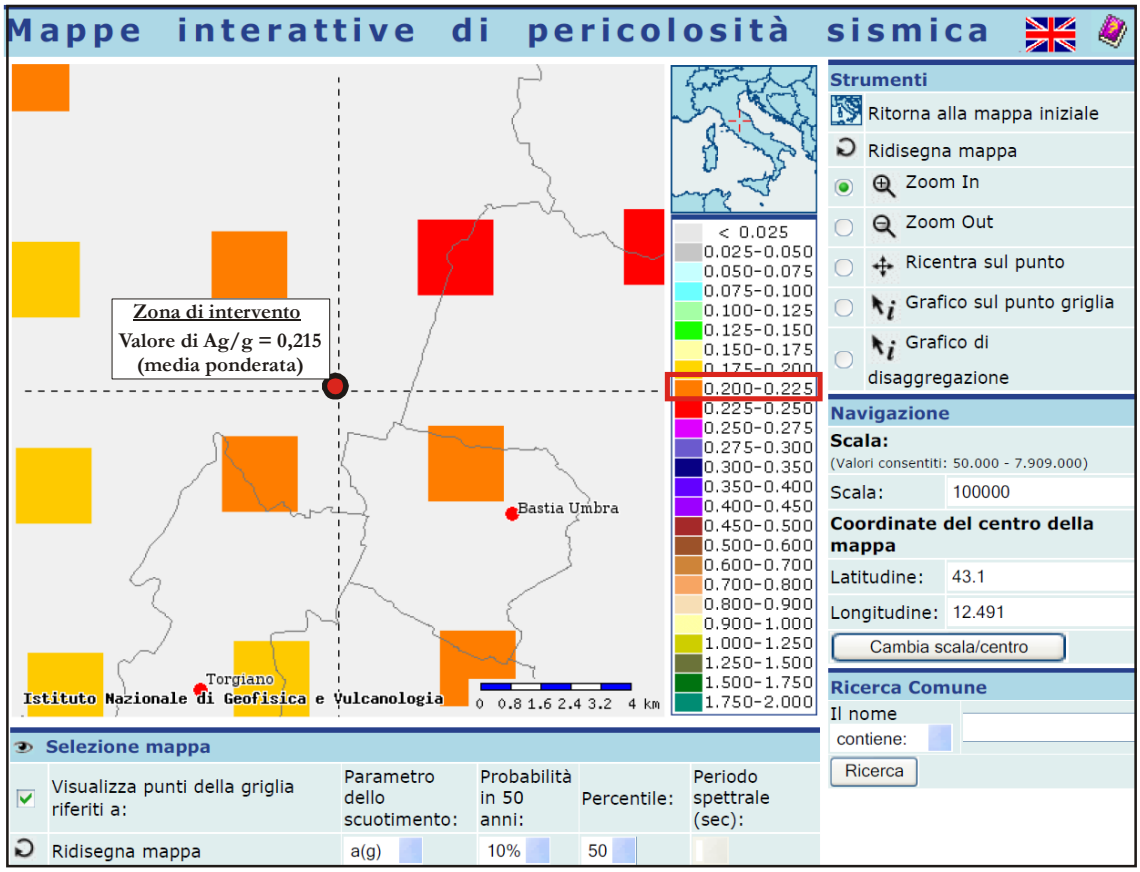
Coordinate medie del terreno in oggetto:

ED50: - **Latitudine sito: 43.100385** - **Longitudine sito: 12.490676**

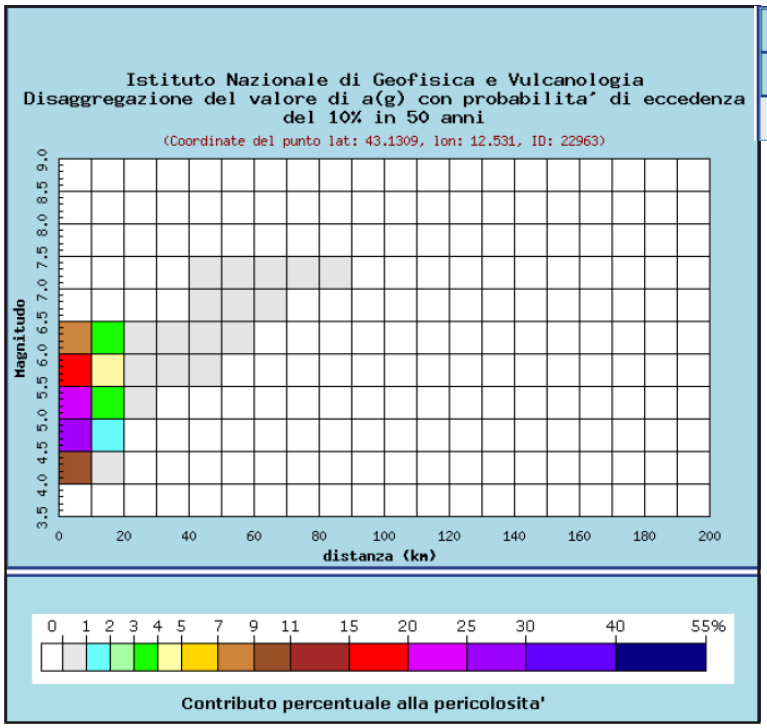
WGS84: - **Latitudine sito: 43.099422 - Longitudine sito: 12.489732**

Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,068	2,431	0,269
50	0,088	2,368	0,276
72	0,104	2,359	0,281
101	0,121	2,348	0,285
140	0,137	2,363	0,286
201	0,158	2,377	0,291
475	0,215	2,407	0,307
975	0,274	2,433	0,317
2475	0,367	2,423	0,330



Si fornisce inoltre il terremoto che domina lo scenario di pericolosità, inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. (si utilizza il nodo contraddistinto dai maggiori valori di pericolosità)



Valori medi		
Magnitudo	**Distanza**	**Epsilon**
5.250	6.410	1.030

Dal grafico si evince che il contributo maggiore in termini di pericolosità sismica per il sito di interesse è legato a terremoti di magnitudo compresa tra 5,0 e 5,5 distanti meno di 10km. Il valore medio di magnitudo M è pari a 5,25.

Come precedentemente descritto l'azione sismica è valutata in relazione ad un periodo di riferimento dell'opera ($\mathbf{V_R}$=V_N*C_U) e allo stato limite (SL) da verificare, cui è associata una prefissata probabilità di superamento (P_{VR}).

V_R definisce il periodo di osservazione durante il quale ad ogni stato limite viene definito un terremoto di intensità prefissata specificata da una probabilità di superamento, durante tale periodo, dell'azione da considerare.
V_N = vita nominale = "numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata"
C_U = coefficiente d'uso, definito in base alla classe d'uso. "In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso", a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso

Tabella 3.2.I – *Probabilità di superamento* P_{V_R} *al variare dello stato limite considerato*

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

<u>In ipotesi</u>, considerando che ai sensi delle NTC-08 all'opera in progetto possa essere attribuita una vita nominale **V_n superiore ai 50 anni** (Tab. 2.4.I) e che l'intervento possa essere inserito in classe d'uso II, alla quale corrisponde un coefficiente d'uso **C_u = 1** (Tab. 2.4.II), il periodo di riferimento (V_R = V_N* C_U) per **l'azione sismica da considerare è $V_R \geq 50$**.

Sulla base di tali considerazioni si fornisce di seguito la tabella dei parametri per i diversi tempi di ritorno associati a ciascuno stato limite.

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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,068	2,431	0,269
SLD	50	0,089	2,368	0,276
SLV	475	0,215	2,407	0,307
SLC	975	0,274	2,433	0,317

● RISPOSTA SISMICA LOCALE – EFFETTI DI SITO (MICROZONAZIONE SISMICA)

Gli effetti di sito sono essenzialmente determinati da potenziali fenomeni di amplificazione sismica determinati dalle condizioni geologiche, geomorfologiche. I valori di ag ottenuti devono essere infatti corretti con parametri opportuni che tengono conto delle condizioni particolari del sito esaminato, come la tipologia di suolo su cui insiste il fabbricato (suolo tipo A,B,C,D,E S1e S2) e le condizioni morfologiche (suolo pianeggiante, pendio variamente inclinato, cresta). Tali parametri per il caso in oggetto sono stati determinati con le indagini sismiche effettuate in situ nonché con un rilievo morfologico speditivo facendo riferimento alle indicazioni normative.

Sulla base dei criteri dettati dalla DGR 377 del 8 Marzo 2010 "*Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica"*, e delle linee guida del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale da questa recepite "I*ndirizzi e criteri per la microzonazione sismica*" è di seguito definita la suscettibilità sismica del sito di studio attraverso vari livelli di approfondimento stabiliti sulla base delle caratteristiche dell'area e dell'importanza dell'intervento.

LIVELLO 1 DI APPROFONDIMENTO

Si analizzano i seguenti aspetti:

-Amplificazione litostratigrafica

Al fine di determinare l'amplificazione sismica e la sismo stratigrafia del sito sono state eseguite n.2 prove di sismica passiva a stazione singola HVSR ed una prova sismica MASW.

L'indagine ha consentito anche il calcolo della Vs30 per determinare la categoria di sottosuolo dell'area. In ogni caso si rimanda alla fase esecutiva un eventuale approfondimento di indagine nonché la determinazione della definitiva categoria alla luce dei piani fondali.

L'analisi dei risultati, dettagliatamente descritti nelle relazioni allegate, evidenzia le seguenti sismostratigrafie locali ricostruite tramite le indagini HVSR sino al bedrock sismico (Vs>800m/s) (i valori indicati si riferiscono al singolo modello definitivamente selezionato; di fatto tali valori oscillano in un range cautelativo).

In considerazione della fase progettuale il valore di V_{S30} s e la conseguente categoria di sottosuolo è stato calcolato su 30m a partire dal piano campagna.:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$

hi = Spessore in metri dello strato i-esimo
Vi = Velocità dell'onda di taglio i-esima
N = Numero di strati

Sintesi dei risultati:

PROVA MASW – zona di valle comparto di lottizzazione -

- dal p.c. a 3.5m copertura poco rigida → **Vi = 140m/s**

- da 3.5 a 19.5m copertura mediamente rigida → **Vi = 267m/s**

- da 19.5 a 29.5m copertura mediamente rigida → **Vi = 290m/s**

- da 29.5 a 34.5m copertura mediamente rigida sabbioso) → **Vi = 300m/s**

- da 34.5 a 45m copertura rigida → **Vi = 600m/s**

→ **Vs30** = 247,5 **m/s** → **<u>categoria di sottosuolo: C</u>**

PROVA HVSR n.1 – zona di monte del comparto di lottizzazione -

- dal p.c. a 1.5m copertura poco rigida → **Vi = 115m/s**

- da 1.5 a 5.3m copertura poco rigida → **Vi = 250m/s**

- da 5.3 a 26m copertura mediamente rigida → **Vi = 330m/s**

- da 26 a 78m copertura rigida → **Vi = 510m/s**

- > 78 bedrock sismico → **Vi = 820m/s**

→ **Vs30** = 317,6 **m/s** → **<u>categoria di sottosuolo: C</u>**

PROVA HVSR n.2 – zona di valle del comparto di lottizzazione -

L'analisi dei risultati, dettagliatamente descritti nella relazione allegata, evidenzia le seguente stratigrafia locale:

- dal p.c. a 0.6m copertura poco rigida → **Vi = 100m/s**

- da 0.6 a 5.8m copertura poco rigida → **Vi = 200m/s**

- da 5.8 a 28m copertura mediamente rigida → **Vi = 340m/s**

- da 28 a 82m copertura mediamente rigida → **Vi = 480m/s**

- > 82 bedrock sismico → **Vi = 806m/s**

Sulla base dei risultati elaborati si evince che tutte e tre le indagini e di conseguenza tutto il comparto di lottizzazione risulta caratterizzato da una categoria di sottosuolo di tipo C

<u>- Amplificazione topografica</u>

In riferimento all'amplificazione topografica, non si evidenziano peculiarità morfologiche che possano comportare particolare amplificazione degli effetti sismici.

Categorie topografiche: T1

Coefficiente di amplificazione topografica St = 1

Utilizzando il programma "GEOSTRU PS" inserendo le categorie di sottosuolo e topografica individuate si forniscono di seguito i valori dei parametri sismici di riferimento specifici per il sito di interesse.

Categorie topografiche: T1
categoria di sottosuolo: C

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,620	1,000	0,018	0,009	0,998	0,180
SLD	1,500	1,610	1,000	0,024	0,012	1,299	0,180
SLV	1,390	1,550	1,000	0,093	0,046	2,933	0,310
SLC	1,300	1,530	1,000	0,110	0,055	3,493	0,310

-Stabilità nei confronti della liquefazione

La posizione collinare del sito, l'età del deposito, il grado di addensamento e/o di cementazione e la granulometria dei sedimenti consente potenzialmente di escludere il rischio di liquefazione. In ogni si rimanda alla fase esecutiva la valutazione puntuale del potenziale di liquefazione in fase simica.

SINTESI DEI RISULTATI – Microzone in prospettiva sismica

Sulla base di quanto precedentemente descritto, confermato dalle carte di pericolosità sismica redatte dalla Regione Umbria (El. 311060-311100), si ritenere che la suscettibilità sismica del sito sia determinata esclusivamente dall'assetto litostratigrafico locale. Non si evidenziano ulteriori condizioni rilevanti ai fini dell'amplificazione del moto sismico. La zona di studio è classificata come:

Zona dei depositi delle unità sintemiche (UBSU)

Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali.

LIVELLO 2 DI APPROFONDIMENTO

Nel secondo livello di approfondimento si procede alla quantificazione numerica degli effetti sismici evidenziati nell'analisi di 1° livello. Per la valutazione quantitativa di tali effetti sul segnale sismico ci si può riferire all'applicazione degli abachi per amplificazioni litostratigrafiche contenuti negli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica". Le amplificazioni sono espresse attraverso 2 fattori di amplificazione degli spettri elastici in superficie, associati alle singole situazioni litostratigrafiche Tali fattori, FA e FV sono da applicare rispettivamente alle ordinate

spettrali a basso periodo (FA) e ad alto periodo (FV). Con tali fattori sarà possibile ricostruire lo spettro elastico in superficie.

I dati raccolti e le indagini eseguite hanno consentito di stabilire che lo spessore dei depositi sedimentari (prevalenza sabbiosa) che costituiscono il sottosuolo dell'area di studio è mediamente di 80m. L'indagine sismica condotta (in particolare l'indagine HVSR che raggiunge le maggiori profondità) ha consentito di individuare a tale profondità il bedrock sismico (Vs>800m/s). La sismostratigrafia precedentemente descritta e riportata in allegato evidenzia una velocità delle onde S crescente con la profondità.

Sulla base delle indicazioni fornite dalle linee guida è necessario associare all'area un adeguato modello del profilo delle velocità. In considerazione dell'assetto sismostratigrafico ricostruito (senza evidenti contrasti di impedenza), della profondità del bedrock e della categoria di sottosuolo determinata, si ritiene più idoneo fare riferimento a profili di velocità variabile linearmente con pendenza intermedia.

Pertanto sulla base dei parametri di seguito riassunti si potrà utilizzare l'abaco di riferimento e risalire ai valori di FA ed FV per l'area in analisi:

<u>HVSR1</u>

- profondità del bedrock sismico a 78m dal p.c. ;
- litologia prevalente dei depositi di copertura rappresentata da sabbie;
- Input sismico con ag = 0.18g relativo a Tr = 475 anni;
- Vs78 = 404,3 m/s calcolato sulla base della sismo stratigrafia della prova HVSR 1
- profilo di velocità più idoneo: profilo di velocità variabile linearmente con pendenza intermedia

→ FATTORI DI AMPLIFICAZIONE: FA = 1.14 FV = 1,63

<u>HVSR 2</u>

- profondità del bedrock sismico a 82 m dal p.c. ;
- litologia prevalente dei depositi di copertura rappresentata da sabbie
- Input sismico con ag = 0.18g relativo a Tr = 475 anni;
- Vs82 = 394,4 m/s calcolato sulla base della sismo stratigrafia della prova HVSR 2
- profilo di velocità più idoneo: profilo di velocità variabile linearmente con pendenza intermedia

→ FATTORI DI AMPLIFICAZIONE: FA = 1.14 FV = 1,63

Come evidenziato i due profili stratigrafici confermano l'omogeneità sismo stratigrafica del sito evidenziando valori dei fattori di amplificazione identici ed indicativi di un'amplificazione sismica molto bassa.

Tali fattori sono il risultato di una stima, che risulta comunque verosimile in quanto basata sui dati sperimentali in possesso.

I risultati dello studio di microzonazione sismica di II livello appaiono sufficienti ed adeguati alla caratterizzazione dell'area. Si allega una carta di microzonazione per l'area di intervento.

ABACHI DI RIFERIMENTO

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FA	Sabbia	0.18g	Lineare pendenza intermedia

	V_{s0} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H 5	-	1.97	1.67	1.53	1.32	1.18	1.10	1.06	1.02	1.01
10	-	2.24	2.13	1.85	1.59	1.40	1.28	1.19	1.08	1.03
15	-	1.93	2.09	1.97	1.78	1.61	1.45	1.32	1.16	1.06
20	-	1.64	1.88	1.92	1.80	1.65	1.52	1.40	1.21	1.08
25	-	1.42	1.69	1.75	1.73	1.63	1.52	1.41	1.24	1.11
30	-	-	1.48	1.64	1.60	1.58	1.49	1.40	1.24	1.11
35	-	-	1.43	1.46	1.51	1.47	1.45	1.36	1.23	1.10
40	-	-	1.37	1.41	1.38	1.38	1.35	1.32	1.20	1.09
50	-	-	1.23	1.34	1.33	1.29	1.25	1.20	1.14	1.06
60	-	-	1.10	1.23	1.27	1.25	1.20	1.16	1.09	1.02
70	-	-	0.97	1.13	1.18	1.20	1.17	1.13	1.05	0.98
80	-	-	0.89	1.04	1.11	1.14	1.14	1.11	1.03	0.97
90	-	-	0.82	0.95	1.04	1.08	1.10	1.08	1.02	0.95
100	-	-	0.76	0.91	0.98	1.02	1.04	1.06	1.00	0.94
110	-	-	0.71	0.84	0.91	0.97	1.00	1.01	0.98	0.92
120	-	-	0.67	0.80	0.89	0.92	0.96	0.98	0.96	0.91
130	-	-	0.62	0.76	0.85	0.90	0.92	0.95	0.94	0.90
140	-	-	0.58	0.72	0.81	0.87	0.90	0.91	0.91	0.88
150	-	-	0.54	0.69	0.76	0.84	0.87	0.89	0.89	0.86

Fattore di amplificazione	Tipo di terreno	a_g (g)	Profilo di velocità
FV	Sabbia	0.18g	Lineare pendenza intermedia

	V_{s0} (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H 5	-	1.11	1.06	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
10	-	1.80	1.31	1.14	1.09	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00
15	-	2.34	1.83	1.45	1.22	1.14	1.09	1.06	1.03	1.01
20	-	2.55	2.18	1.76	1.46	1.27	1.17	1.12	1.05	1.02
25	-	2.46	2.37	2.00	1.68	1.44	1.28	1.18	1.08	1.03
30	-	-	2.39	2.11	1.79	1.57	1.39	1.26	1.11	1.05
35	-	-	2.32	2.20	1.91	1.64	1.47	1.33	1.15	1.06
40	-	-	2.29	2.17	1.97	1.74	1.53	1.37	1.18	1.08
50	-	-	2.10	2.10	1.95	1.78	1.63	1.48	1.23	1.10
60	-	-	2.05	1.99	1.89	1.77	1.62	1.49	1.27	1.11
70	-	-	1.89	1.90	1.81	1.71	1.61	1.49	1.28	1.13
80	-	-	1.75	1.82	1.73	1.63	1.55	1.47	1.28	1.13
90	-	-	1.71	1.74	1.69	1.58	1.50	1.43	1.27	1.13
100	-	-	1.69	1.62	1.64	1.55	1.46	1.39	1.25	1.12
110	-	-	1.67	1.59	1.58	1.52	1.43	1.35	1.22	1.11
120	-	-	1.63	1.58	1.49	1.48	1.41	1.32	1.20	1.07
130	-	-	1.60	1.57	1.46	1.42	1.38	1.31	1.17	1.06
140	-	-	1.55	1.53	1.44	1.37	1.35	1.28	1.15	1.05
150	-	-	1.45	1.50	1.45	1.35	1.31	1.26	1.13	1.04

9.0 Considerazioni conclusive e fattibilità degli interventi

Come prescritto dal vigente PRG la pianificazione attuativa deve essere redatta in coerenza con gli obiettivi di tutela, uso, valorizzazione e gestione del paesaggio e delle risorse ambientali. L'analisi dei dati a disposizione non evidenzia controindicazioni sotto il profilo geologico in merito alla fattibilità del Piano di lottizzazione in oggetto; gli interventi potranno essere realizzati con i normali vincoli dettati dalla tipologia di progetto.

Si forniscono di seguito alcune ed indicazioni riassuntive e considerazioni conclusive:

› In riferimento agli aspetti sismici del comparto, le indagini e gli studi condotti consentono di

attribuire all'area una categoria di sottosuolo di tipo C, una categoria topografica T1 e valori di amplificazione FA pari a 1,14 ed FV pari a 1,63.

› Il comparto di lottizzazione non è esposto al rischio di alluvionamento.

› Il comparto di lottizzazione è stabile sotto il profilo geomorfologico.

› La situazione geologico stratigrafica locale denota la presenza, al di sotto del terreno vegetale, di una complesso prevalentemente sabbioso limoso e limo sabbioso localmente cementato consistente. Localmente ed in particolare lungo la fascia valliva del comparto il complesso è coperto da sedimenti scarsamente consistenti riferibili a depositi eluvio colluviali intercettati sino ad una profondità massima di 2,5m dal piano campagna attuale.

› I dati a disposizione evidenziano la presenza della falda freatica permanente ad una quota assoluta di 190-200m slm ossia ad una profondità variabile tra 20 e 30m di profondità. Orizzonti idrici di non stimata potenzialità e strettamente dipendenti dal regime pluviometrico sono stati individuati a profondità di circa 5-8m in corrispondenza dei pozzi censiti nella fascia centrale del comparto. Le caratteristiche dei depositi determinano in condizioni standard una prevalenza del fenomeno di infiltrazione piuttosto che di scorrimento superficiale; le caratteristiche di permeabilità sono medio-alte e stimabili in 10^{-2}-10^{-4} cm/sec. Si consiglia comunque, nel rispetto delle prescrizioni normative, di ridurre al minimo le superfici impermeabili e di provvedere laddove possibile a pavimentazioni drenanti.

› TIPOLOGIA FONDALE

- Si ritiene che le caratteristiche dei sedimenti investigati consentano in linea generale di ricorrere a fondazioni di tipo diretto. In ogni caso tutti gli aspetti relativi alla realizzazione delle singole unità abitative, quali la scelta della profondità del piano di posa e della geometria della fondazione, la determinazione del capacità portante, la stabilità dei fronti di scavo e la valutazione dei cedimenti etc., dovranno essere dettagliatamente affrontate nelle relazioni geologico-geotecniche a corredo dei progetti esecutivi, alla luce delle tipologie strutturali degli edifici e dei carichi di esercizio trasmessi al terreno.

› SISTEMAZIONE DELL'AREA

La sistemazione definitiva dell'area dovrà prevedere in linea generale le seguenti indicazioni:

- Realizzazione di un adeguato sistema di drenaggio delle acque superficiali, sia quelle che interessano direttamente l'area di lottizzazione, sia quelle che dilavano da monte; l'intervento dovrà garantire l'allontanamento degli afflussi meteorici, evitando così dannose infiltrazioni, eventuali ristagni e fenomeni erosivi di dilavamento e di scalzamento alla base delle scarpate. La regimazione delle acque bianche e descritta e schematizzata in apposita relazione allegata al progetto.

- Le necessarie operazioni di sbancamento dovranno essere condotte con le dovute cautele, verificando per tratti la risposta dei materiali, in ragione della potenza dei fronti e della eterogeneità dei depositi. In particolare per gli sbancamenti più ingenti, si consiglia di procedere sulla base delle caratteristiche dei depositi interessati, ad adeguata gradonatura, se non al contenimento dei fronti temporanei.

  In questa fase progettuale la lottizzazione dell'area prevede la predisposizione del comparto realizzando la viabilità e le infrastrutture a rete. Le operazioni di sbancamento sono modeste (secondo le indicazioni progettuali interesseranno al massimo spessori di 1,5m) e saranno generalmente protette da muretti di contenimento che dovranno comunque essere attestati al di sotto del terreno vegetale in corrispondenza dei terreni in posto. Per le scarpate naturali in scavo, in virtù delle dimensioni descritte, potrà essere mantenuto una rapporto H/L = 1:1. Qualora fosse prevista la realizzazione di scarpate in riporto, queste dovranno essere ben compattate e sagomate conformemente alle caratteristiche dei materiali e comunque con pendenze non superiori ai 30°. Tutte le scarpate dovranno essere rinverdite con essenze vegetali a rapido sviluppo e dotate di un buon apparato radicale al fine di inibire i fenomeni di erosione superficiale, migliorandone la stabilità dei fronti.
- I terreni di risulta derivanti dalla predisposizione delle infrastrutture del comparto e non riutilizzati in sito dovranno seguire le procedure della normativa vigente in materia di terre e rocce da scavo (L.98/2013). A tale proposito si specifica che i sopralluoghi condotti in sito e l'analisi della cartografia di riferimento ha consentito di accertare che in un intorno significativo all'area di intervento non vi sono potenziali centri di pericolo/contaminazione che possano far presumere qualsiasi tipo di inquinamento. La posizione morfologica del sito e la destinazione d'uso del territorio circostante (territorio agricolo ed edilizia civile) garantiscono di fatto il sito da potenziali rischi di inquinamento. Il terreno di proprietà è un terreno vergine e pertanto i materiali che deriveranno dalle operazioni di scavo sono esclusivamente suoli vegetali e materiali allo stato naturale. Si rimanda alla documentazione allegata al progetto. Eventuali variazioni sulle modalità di riutilizzo delle terre di scavo dovranno essere comunicati agli organi competenti secondo le procedure previste dalle normative di riferimento.

Lo studio rimane a disposizione per le verifiche e gli approfondimenti di indagine a corredo della fase esecutiva del progetto.

Perugia li 12.05.2014 *Dott. Geol. Michela Timi*

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
DOTT. GEOL. TIMI MICHELA
ALBO 303

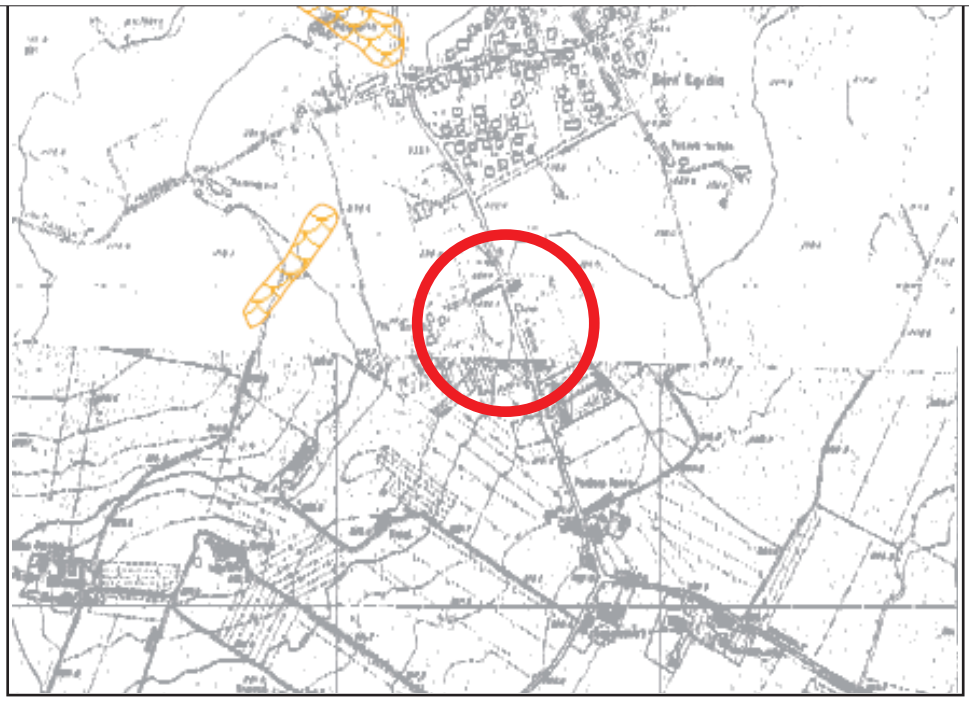
STRALCIO COROGRAFIA I.G.M.
Scala 1:25.000

FOGLIO 123 ASSISI
TAVOLETTA "Petrignano d'Assisi" III NO

Inquadramento cartografico dell'area di interesse

ESTRATTO PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME TEVERE

CARTA INVENTARIO DEI MOVIMENTI FRANOSI - TAV. 243



Legenda

Inventario dei fenomeni franosi

fenomeno attivo | fenomeno quiescente | fenomeno inattivo* | fenomeno presunto

- frana per crollo o ribaltamento
- frana per scivolamento
- frana per colamento
- frana complessa
- area con franosità diffusa
- area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGPV)
- area interessata da deformazioni superficiali lente e/o soliflusso
- falda e/o cono di detrito
- debris flow (colata di detrito)

fenomeno attivo | fenomeno quiescente | fenomeno inattivo* | fenomeno presunto

- area a calanchi o in erosione
- frana presunta
- orlo di scarpata di frana
- frana non cartografabile

Zona di interesse

ESTRATTO CARTOGRAFIA PROGETTO IFFI

CARTA INVENTARIO DEI MOVIMENTI FRANOSI

Layer IFFI

Punto Identificativo del Fenomeno Franoso

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

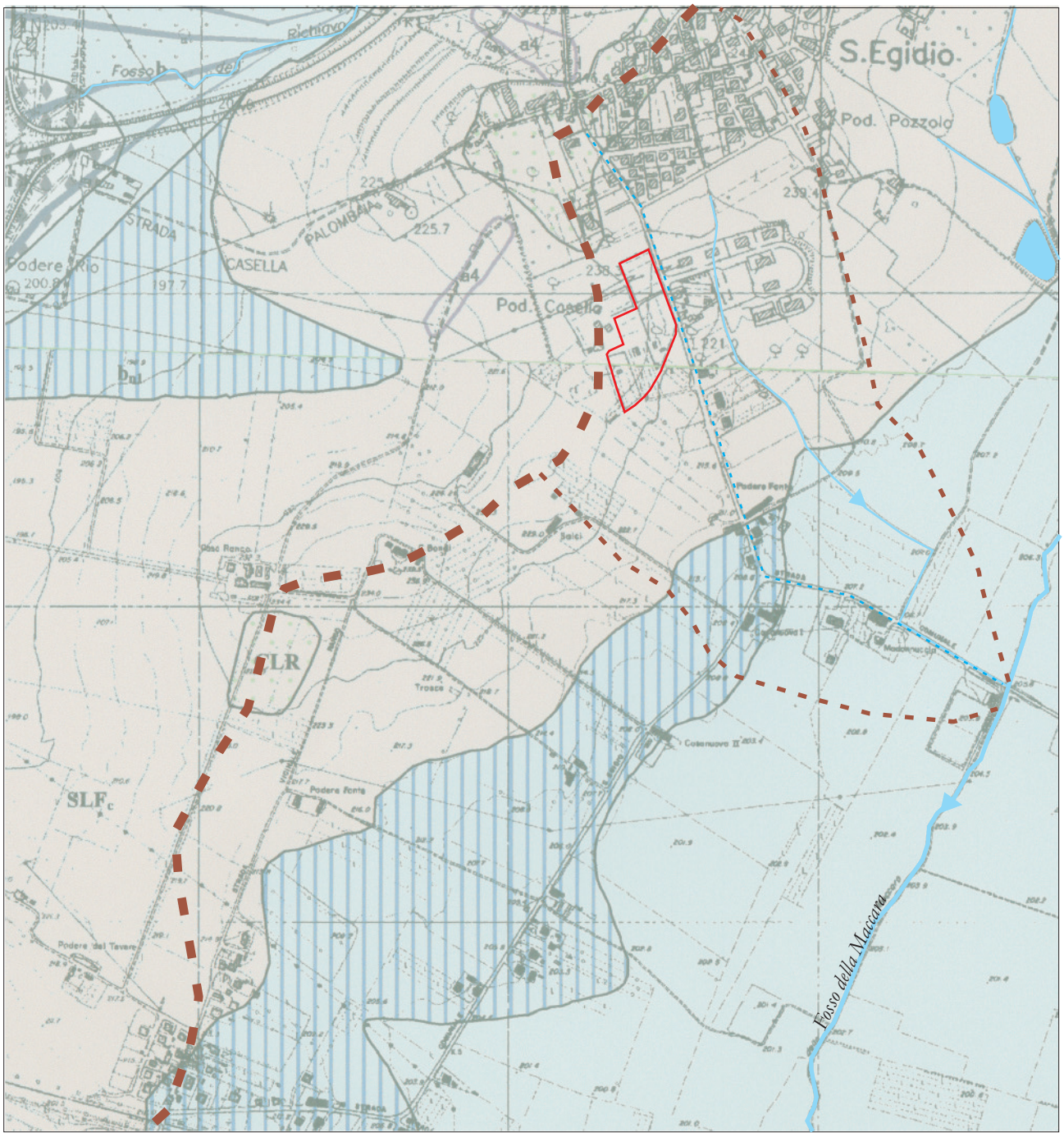
Tipologia di frana

- Crollo/ribaltamento
- Scivolamento rotazionale/traslativo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- N.D.
- DGPV
- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Frane lineari

Layer BASE

- Reticolo stradale
- Tracciato ferroviario
- Urbanizzato CLC2000
- Laghi
- Fiumi
- Limiti regionali
- Limiti provinciali
- Limiti comunali
- Limiti autorità di bacino
- Reticolo tavolette 25.000

CARTA GEOLOGICA E IDRO-GEOMORFOLOGICA
SCALA 1:10.000
EL.311060-311100



b - Depositi alluvionali
Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuali.
Pleistocene – Olocene

b_{n1} - Depositi alluvionali terrazzati
Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia attuale, numerati progressivamente (b_{n1}.....b_{nn}) dal più recente al più antico.
Pleistocene – Olocene

Sintema di Solfagnano

SLF$_c$ - Sintema di Solfagnano - Litofacies di Sant'Egidio
Caratterizza la dorsale che si protende in sinistra idrografica del Tevere da Ripa a Collestrada a Brufa, separando la Valle del Tevere dalla Valle Umbra.
Limi e limi sabbiosi prevalenti, con sabbie e sabbie cementate intercalate a più livelli. Le sabbie sono a luoghi gradate e con laminazioni incrociate.
Pleistocene inferiore

Linea di spartiacque superficiale principale

Linea di spartiacque superficiale secondaria

Linee di impluvio naturali

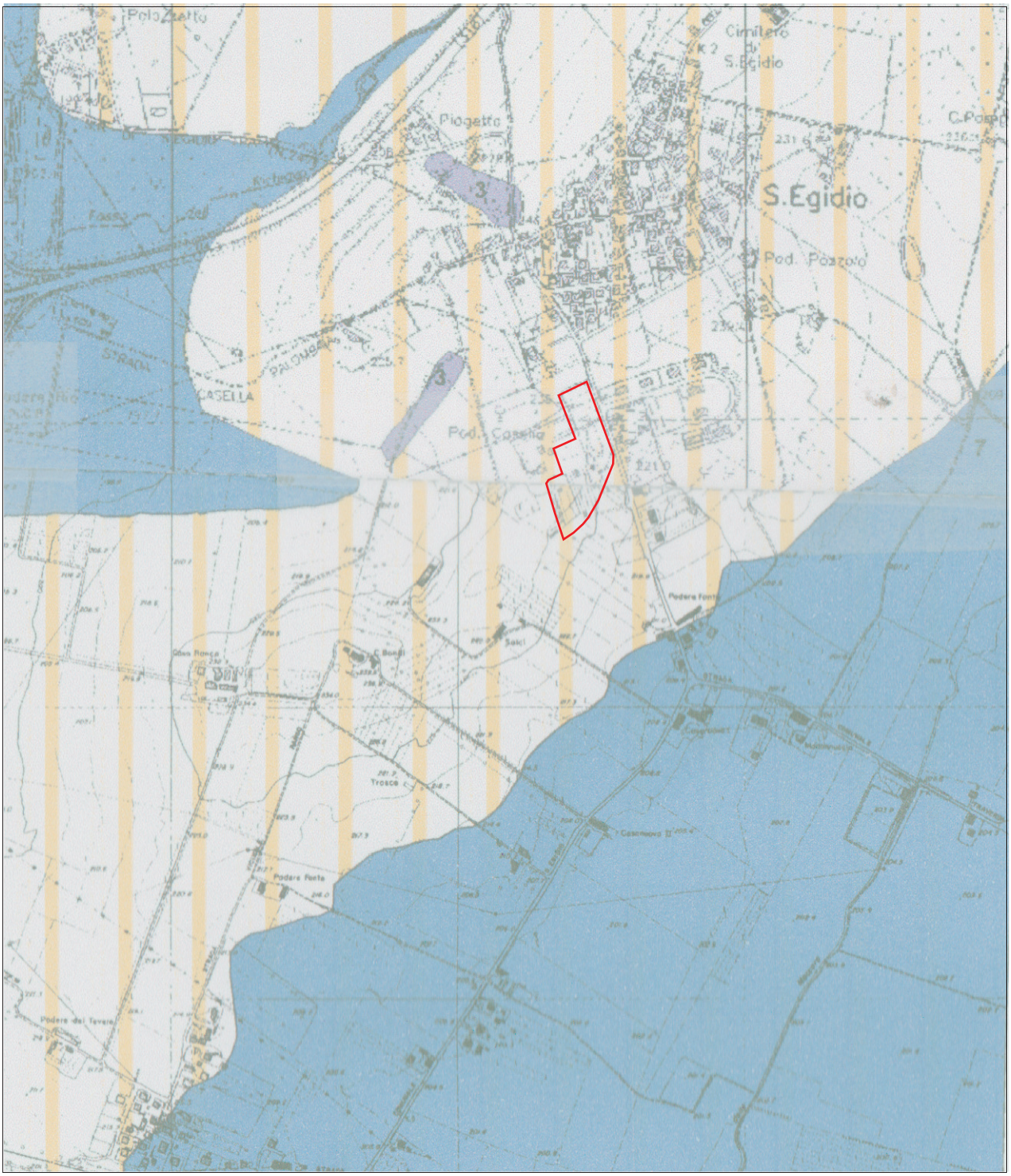
Linee di impluvio artificiali

Comparto di lottizzazione (I stralcio)

CARTA DELLE ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICHE O INSTABILITA' DINAMICHE LOCALI

SCALA 1:10.000

EL.311060-311100



3 - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana

4 - Zona con terreni di fondazione particolamente scadenti

7 - Zona di fondovalle con depositi alluvionali

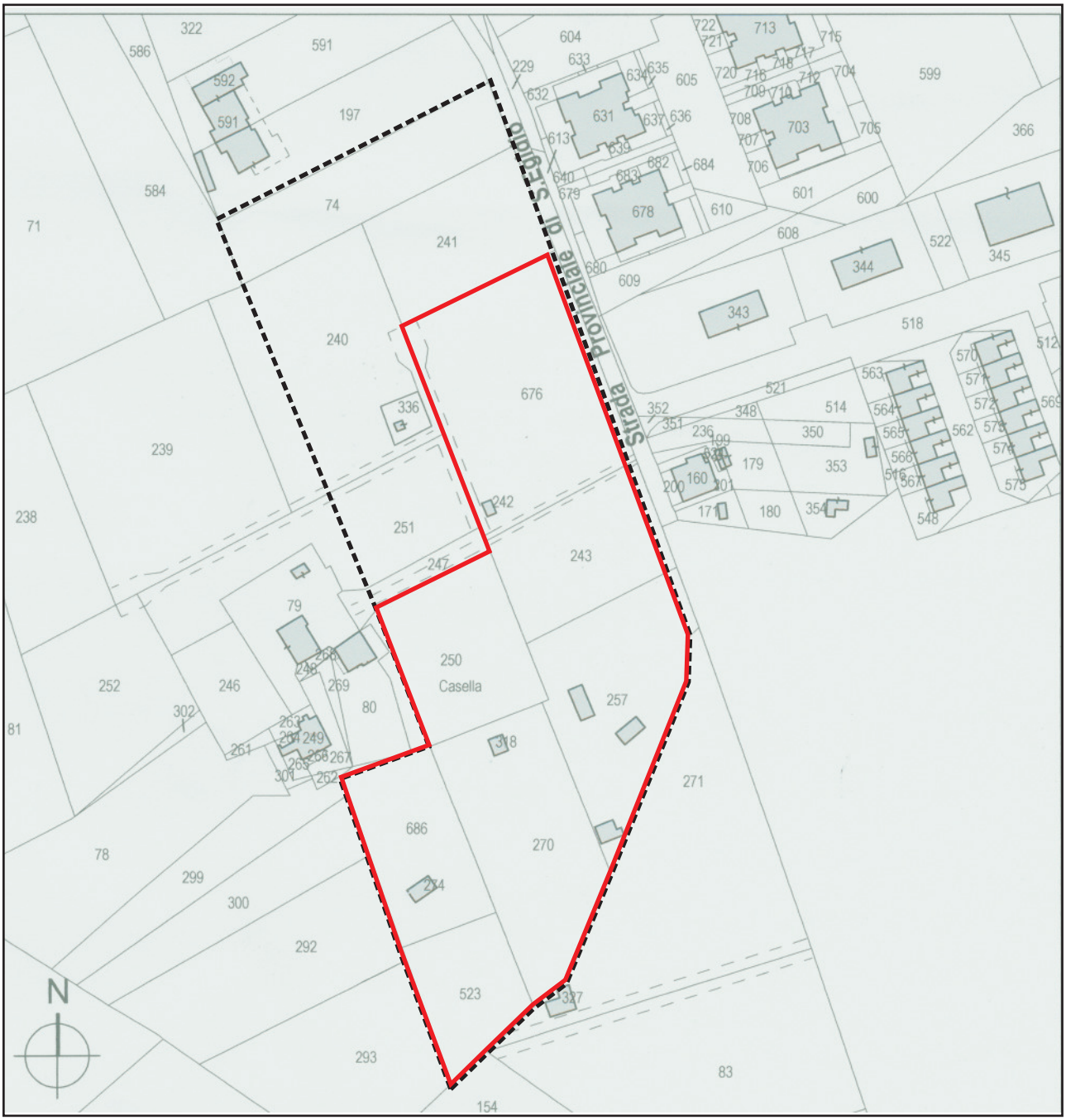
8 - Zona pedemontana di falda di detrito o cono di deiezione

12 - Zona dei depositi delle unità sintemiche (UBSU)

Comparto di lottizzazione
- E12:
"Zona dei depositi delle unità sintemiche"-

STRALCIO PLANIMETRIA CATASTALE - Scala 1:2.000

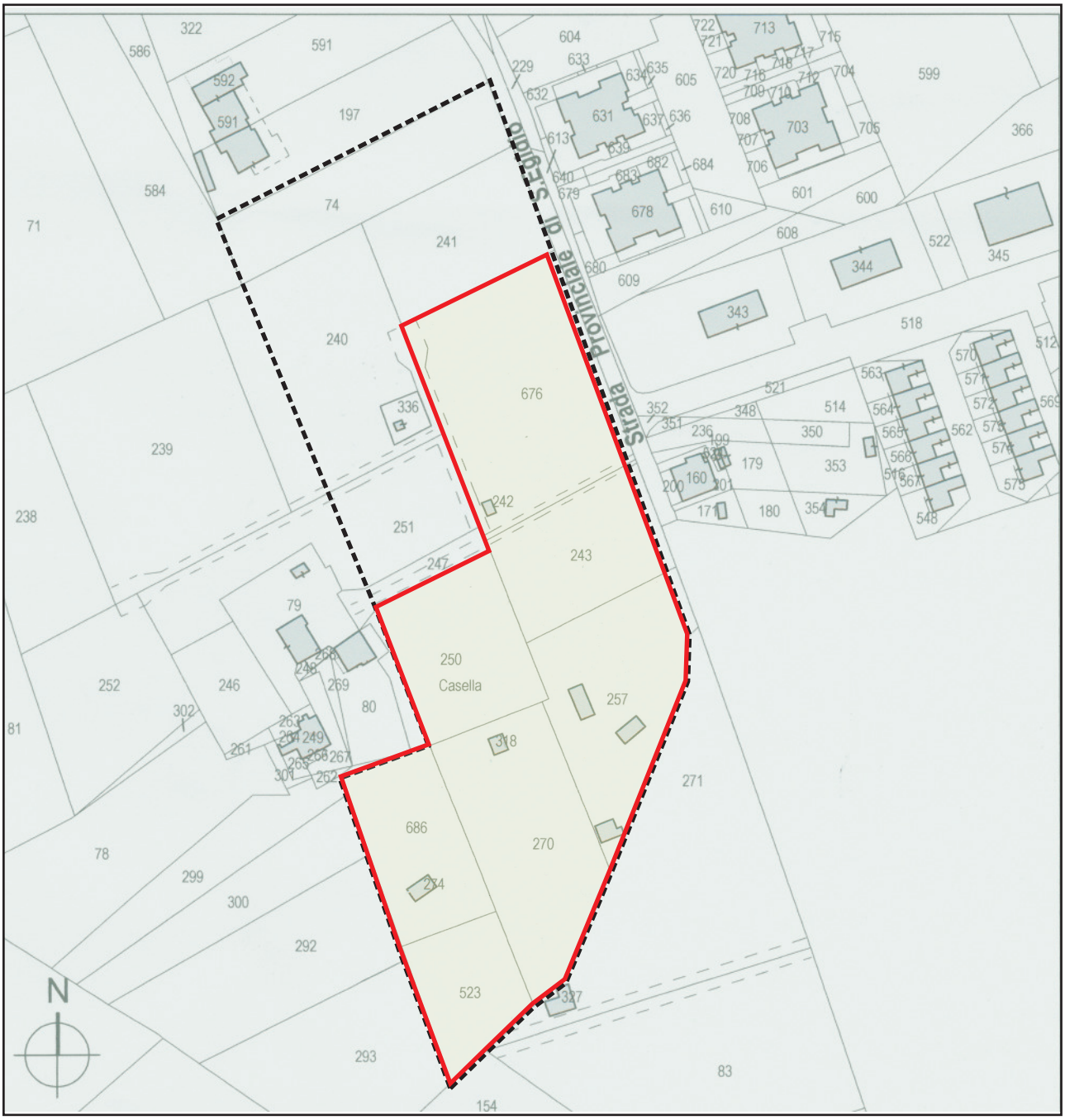
Comune di Perugia: FOGLIO N. - PARTICELLE N.



Perimetro dell'area di lottizzazione

Perimetro del 1° stralcio funzionale dell'area di lottizzazione

CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO
Scala 1:2.000

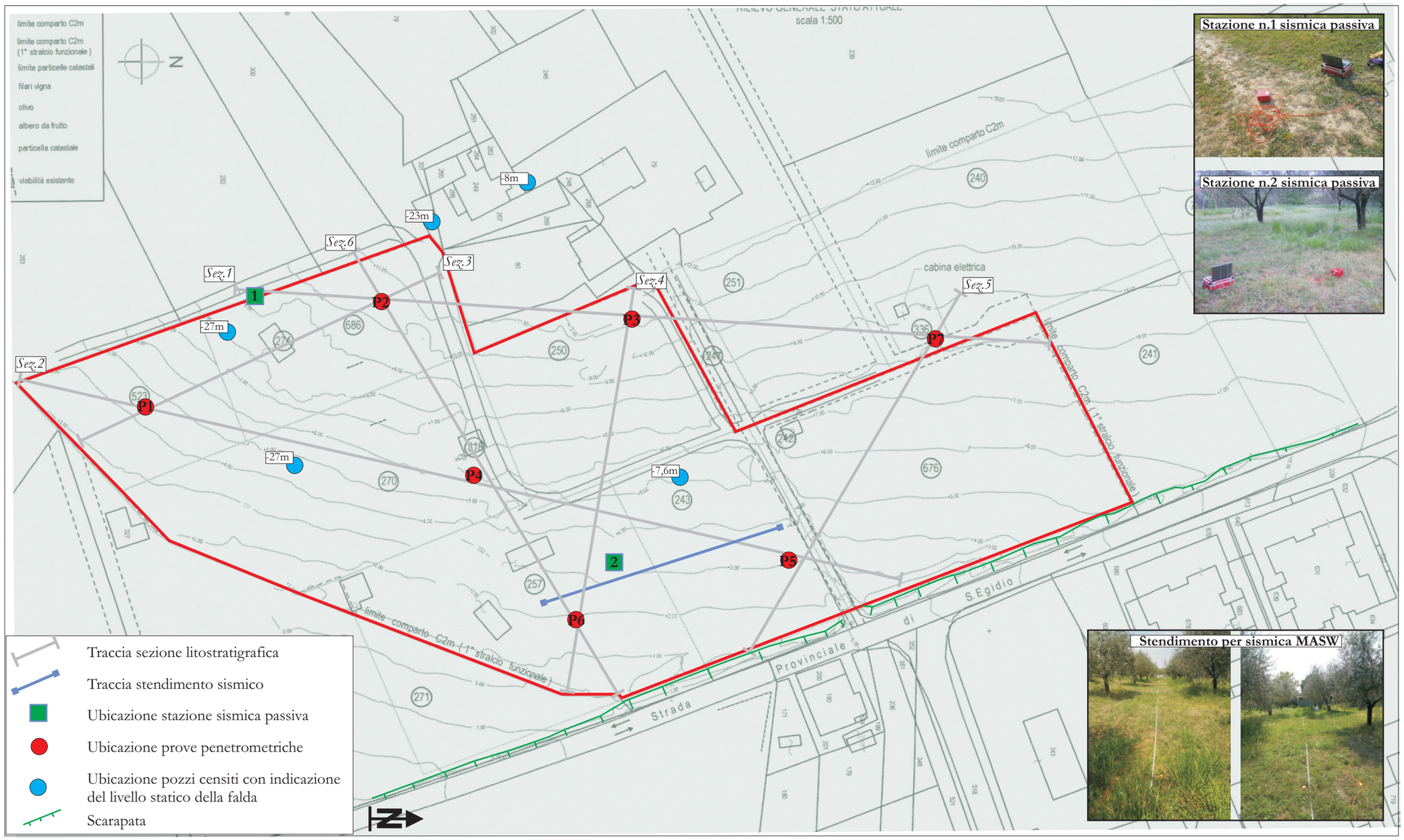


Zona dei depositi delle unità sintemiche a prevalenza sabbiosa
Zona a comportamento omogeneo
Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali
FATTORI DI AMPLIFICAZIONE: FA = 1,14 FV =1639

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Fa = 1,1-1,2
- Fa = 1,3-1,4
- Fa = 1,5-1,6
- Fa = 1,7-1,8
- Fa = 1,9-2,0
- Fa = 2,1-2,2
- Fa = 2,3-2,4
- Fa = >2,5

PIANO QUOTATO DEL COMPARTO DI LOTTIZZAZIONE
CON INDICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE E TRACCIA DELLE SEZIONI - Scala 1:1.000



RICOSTRUZIONI STRATIGRAFICHE LUNGO SEZIONI DI RIFERIMENTO

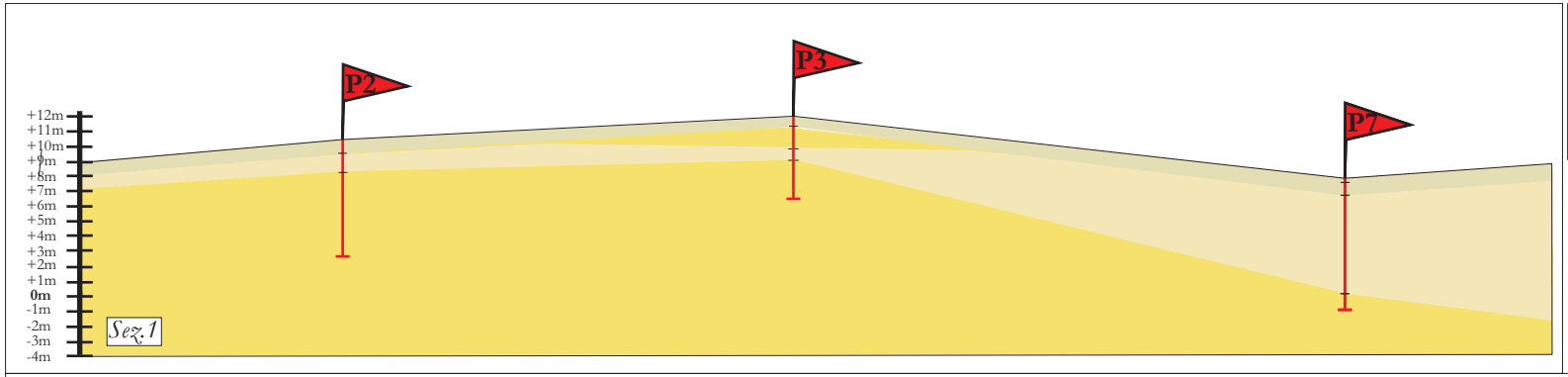
Scala vert. 1:500

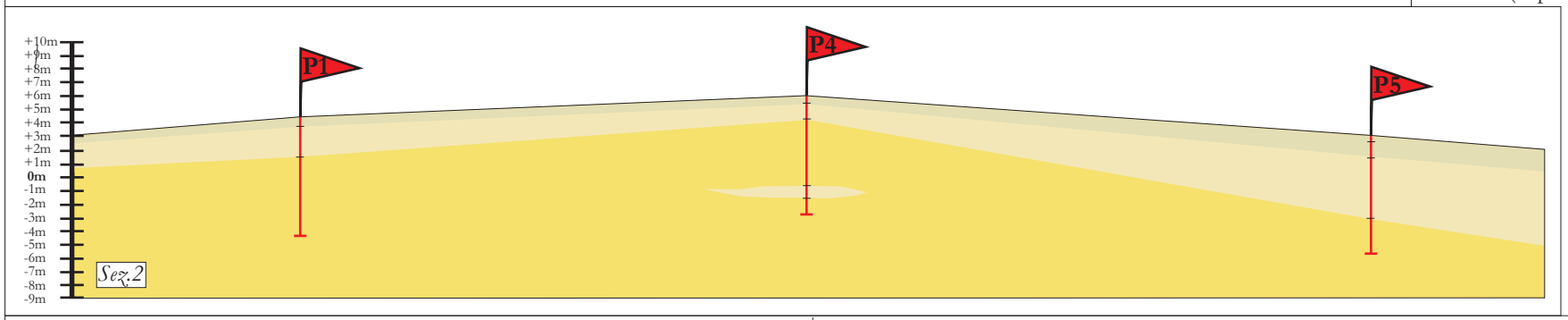
Scala oriz. 1:1.000

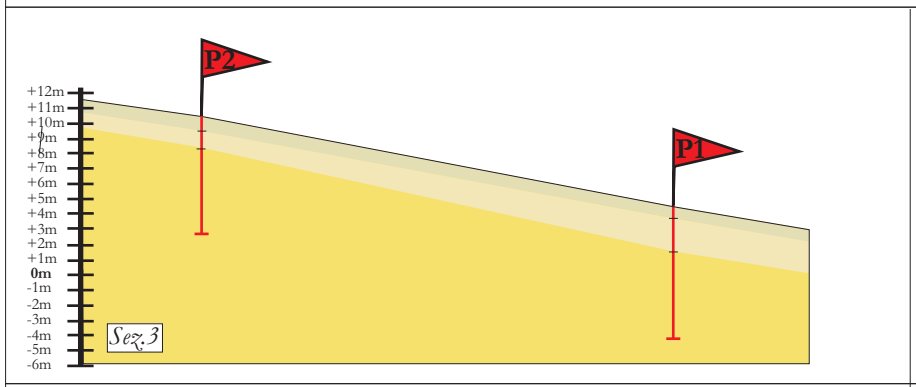
Terreno superficiale (vegetale e colluvioni limo sabbiose)

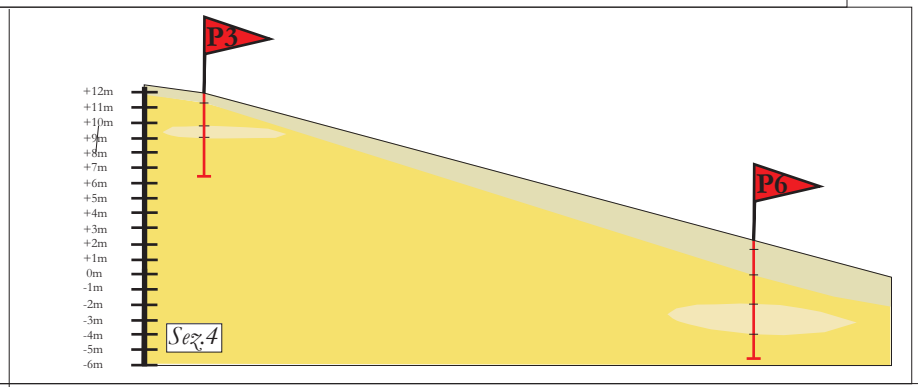
Limi sabbiosi (depositi fluvio-lacustri)

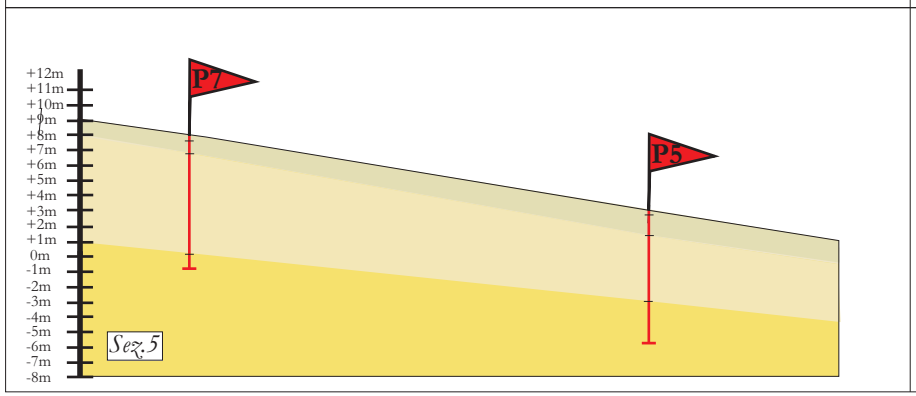
Sabbie limose a luoghi cementate (depositi fluvio-lacustri)

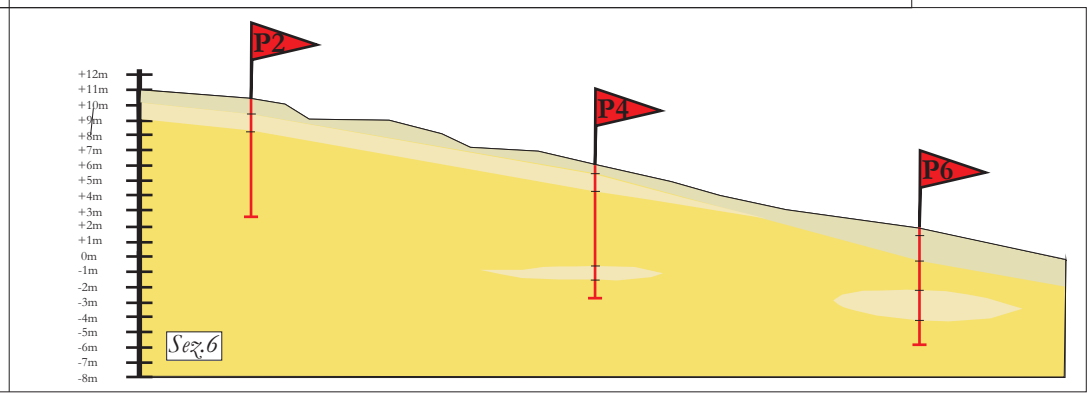












Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	1	3,3	1	4,40 - 4,50	52	120,0	5
0,10 - 0,20	1	3,3	1	4,50 - 4,60	48	110,8	5
0,20 - 0,30	2	6,7	1	4,60 - 4,70	27	62,3	5
0,30 - 0,40	3	10,0	1	4,70 - 4,80	35	80,8	5
0,40 - 0,50	2	6,7	1	4,80 - 4,90	44	94,3	6
0,50 - 0,60	2	6,7	1	4,90 - 5,00	18	38,6	6
0,60 - 0,70	2	6,7	1	5,00 - 5,10	25	53,6	6
0,70 - 0,80	6	20,0	1	5,10 - 5,20	21	45,0	6
0,80 - 0,90	9	27,0	2	5,20 - 5,30	32	68,6	6
0,90 - 1,00	11	33,0	2	5,30 - 5,40	23	49,3	6
1,00 - 1,10	11	33,0	2	5,40 - 5,50	26	55,7	6
1,10 - 1,20	12	36,0	2	5,50 - 5,60	30	64,3	6
1,20 - 1,30	11	33,0	2	5,60 - 5,70	30	64,3	6
1,30 - 1,40	13	39,0	2	5,70 - 5,80	32	68,6	6
1,40 - 1,50	14	42,0	2	5,80 - 5,90	31	62,0	7
1,50 - 1,60	11	33,0	2	5,90 - 6,00	41	82,0	7
1,60 - 1,70	12	36,0	2	6,00 - 6,10	45	90,0	7
1,70 - 1,80	13	39,0	2	6,10 - 6,20	33	66,0	7
1,80 - 1,90	12	32,7	3	6,20 - 6,30	26	52,0	7
1,90 - 2,00	12	32,7	3	6,30 - 6,40	25	50,0	7
2,00 - 2,10	12	32,7	3	6,40 - 6,50	18	36,0	7
2,10 - 2,20	13	35,5	3	6,50 - 6,60	20	40,0	7
2,20 - 2,30	13	35,5	3	6,60 - 6,70	20	40,0	7
2,30 - 2,40	11	30,0	3	6,70 - 6,80	23	46,0	7
2,40 - 2,50	14	38,2	3	6,80 - 6,90	24	45,0	8
2,50 - 2,60	16	43,6	3	6,90 - 7,00	26	48,8	8
2,60 - 2,70	16	43,6	3	7,00 - 7,10	28	52,5	8
2,70 - 2,80	16	43,6	3	7,10 - 7,20	31	58,1	8
2,80 - 2,90	14	35,0	4	7,20 - 7,30	19	35,6	8
2,90 - 3,00	14	35,0	4	7,30 - 7,40	24	45,0	8
3,00 - 3,10	26	65,0	4	7,40 - 7,50	21	39,4	8
3,10 - 3,20	21	52,5	4	7,50 - 7,60	26	48,8	8
3,20 - 3,30	56	140,0	4	7,60 - 7,70	27	50,6	8
3,30 - 3,40	64	160,0	4	7,70 - 7,80	28	52,5	8
3,40 - 3,50	52	130,0	4	7,80 - 7,90	30	52,9	9
3,50 - 3,60	19	47,5	4	7,90 - 8,00	30	52,9	9
3,60 - 3,70	18	45,0	4	8,00 - 8,10	31	54,7	9
3,70 - 3,80	16	40,0	4	8,10 - 8,20	30	52,9	9
3,80 - 3,90	22	50,8	5	8,20 - 8,30	28	49,4	9
3,90 - 4,00	12	27,7	5	8,30 - 8,40	30	52,9	9
4,00 - 4,10	16	36,9	5	8,40 - 8,50	31	54,7	9
4,10 - 4,20	21	48,5	5	8,50 - 8,60	32	56,5	9
4,20 - 4,30	26	60,0	5	8,60 - 8,70	36	63,5	9
4,30 - 4,40	56	129,2	5	8,70 - 8,80	36	63,5	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DL-30 (60°)**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,70	N	1,9	1	3	1,4	----	1,2	2,5	2	0,77	**2**
			Rpd	6,2	3	10	4,8	2,3	3,9	8,5	7		
2	0,70	3,00	N	12,4	6	16	9,2	2,3	10,2	14,7	12	0,77	**9**
			Rpd	35,2	20	44	27,6	5,5	29,7	40,7	34		
3	3,00	8,80	N	29,6	12	64	20,8	10,9	18,7	40,5	30	0,77	**23**
			Rpd	62,1	28	160	44,9	27,4	34,7	89,5	63		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.70	terreno vegetale	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	----	----	----	----
2	0.70	3.00	Limo Sabbioso	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	----	----	----	----
3	3.00	8.80	Sabbia Limosa	23	54.5	33.9	369	2.01	1.62	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	9	30,0	1	3,90 - 4,00	28	64,6	5
0,10 - 0,20	7	23,3	1	4,00 - 4,10	26	60,0	5
0,20 - 0,30	5	16,7	1	4,10 - 4,20	27	62,3	5
0,30 - 0,40	4	13,3	1	4,20 - 4,30	26	60,0	5
0,40 - 0,50	2	6,7	1	4,30 - 4,40	19	43,8	5
0,50 - 0,60	2	6,7	1	4,40 - 4,50	20	46,2	5
0,60 - 0,70	3	10,0	1	4,50 - 4,60	21	48,5	5
0,70 - 0,80	4	13,3	1	4,60 - 4,70	24	55,4	5
0,80 - 0,90	4	12,0	2	4,70 - 4,80	31	71,5	5
0,90 - 1,00	5	15,0	2	4,80 - 4,90	32	68,6	6
1,00 - 1,10	6	18,0	2	4,90 - 5,00	30	64,3	6
1,10 - 1,20	6	18,0	2	5,00 - 5,10	38	81,4	6
1,20 - 1,30	7	21,0	2	5,10 - 5,20	30	64,3	6
1,30 - 1,40	7	21,0	2	5,20 - 5,30	36	77,1	6
1,40 - 1,50	6	18,0	2	5,30 - 5,40	37	79,3	6
1,50 - 1,60	5	15,0	2	5,40 - 5,50	26	55,7	6
1,60 - 1,70	6	18,0	2	5,50 - 5,60	21	45,0	6
1,70 - 1,80	6	18,0	2	5,60 - 5,70	22	47,1	6
1,80 - 1,90	7	19,1	3	5,70 - 5,80	24	51,4	6
1,90 - 2,00	9	24,5	3	5,80 - 5,90	26	52,0	7
2,00 - 2,10	11	30,0	3	5,90 - 6,00	27	54,0	7
2,10 - 2,20	14	38,2	3	6,00 - 6,10	48	96,0	7
2,20 - 2,30	23	62,7	3	6,10 - 6,20	50	100,0	7
2,30 - 2,40	39	106,4	3	6,20 - 6,30	68	136,0	7
2,40 - 2,50	54	147,3	3	6,30 - 6,40	70	140,0	7
2,50 - 2,60	60	163,6	3	6,40 - 6,50	81	162,0	7
2,60 - 2,70	76	207,3	3	6,50 - 6,60	34	68,0	7
2,70 - 2,80	75	204,5	3	6,60 - 6,70	36	72,0	7
2,80 - 2,90	68	170,0	4	6,70 - 6,80	38	76,0	7
2,90 - 3,00	82	205,0	4	6,80 - 6,90	38	71,3	8
3,00 - 3,10	91	227,5	4	6,90 - 7,00	30	56,3	8
3,10 - 3,20	87	217,5	4	7,00 - 7,10	31	58,1	8
3,20 - 3,30	66	165,0	4	7,10 - 7,20	32	60,0	8
3,30 - 3,40	75	187,5	4	7,20 - 7,30	30	56,3	8
3,40 - 3,50	38	95,0	4	7,30 - 7,40	38	71,3	8
3,50 - 3,60	36	90,0	4	7,40 - 7,50	44	82,5	8
3,60 - 3,70	22	55,0	4	7,50 - 7,60	84	157,5	8
3,70 - 3,80	22	55,0	4	7,60 - 7,70	100	187,5	8
3,80 - 3,90	21	48,5	5	7,70 - 7,80	100	187,5	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DL-30 (60°)**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	4,5	2	9	3,3	2,4	2,1	6,9	4	0,77	3
			Rpd	15,0	7	30	10,8	8,2	6,8	23,2	13		
2	0,80	2,20	N	7,1	4	14	5,5	2,6	4,4	9,7	7	0,77	5
			Rpd	20,4	12	38	16,2	6,7	13,7	27,1	20		
3	2,20	7,80	N	43,9	19	100	31,4	23,3	20,5	67,2	44	0,77	34
			Rpd	98,2	44	228	71,0	55,3	42,9	153,5	98		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	terreno vegetale	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	----	----	----	----
2	0.80	2.20	Limo Sabbioso	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	----	----	----	----
3	2.20	7.80	Sabbia Limosa	34	69.0	37.0	453	2.07	1.72	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	4	13,3	1	2,90 - 3,00	18	45,0	4
0,10 - 0,20	4	13,3	1	3,00 - 3,10	32	80,0	4
0,20 - 0,30	3	10,0	1	3,10 - 3,20	33	82,5	4
0,30 - 0,40	2	6,7	1	3,20 - 3,30	15	37,5	4
0,40 - 0,50	4	13,3	1	3,30 - 3,40	18	45,0	4
0,50 - 0,60	3	10,0	1	3,40 - 3,50	24	60,0	4
0,60 - 0,70	4	13,3	1	3,50 - 3,60	26	65,0	4
0,70 - 0,80	5	16,7	1	3,60 - 3,70	28	70,0	4
0,80 - 0,90	8	24,0	2	3,70 - 3,80	35	87,5	4
0,90 - 1,00	22	66,0	2	3,80 - 3,90	46	106,2	5
1,00 - 1,10	48	144,0	2	3,90 - 4,00	61	140,8	5
1,10 - 1,20	40	120,0	2	4,00 - 4,10	92	212,3	5
1,20 - 1,30	38	114,0	2	4,10 - 4,20	70	161,5	5
1,30 - 1,40	22	66,0	2	4,20 - 4,30	46	106,2	5
1,40 - 1,50	16	48,0	2	4,30 - 4,40	36	83,1	5
1,50 - 1,60	26	78,0	2	4,40 - 4,50	35	80,8	5
1,60 - 1,70	43	129,0	2	4,50 - 4,60	41	94,6	5
1,70 - 1,80	48	144,0	2	4,60 - 4,70	38	87,7	5
1,80 - 1,90	19	51,8	3	4,70 - 4,80	42	96,9	5
1,90 - 2,00	16	43,6	3	4,80 - 4,90	38	81,4	6
2,00 - 2,10	29	79,1	3	4,90 - 5,00	49	105,0	6
2,10 - 2,20	26	70,9	3	5,00 - 5,10	40	85,7	6
2,20 - 2,30	13	35,5	3	5,10 - 5,20	54	115,7	6
2,30 - 2,40	7	19,1	3	5,20 - 5,30	81	173,6	6
2,40 - 2,50	8	21,8	3	5,30 - 5,40	76	162,9	6
2,50 - 2,60	11	30,0	3	5,40 - 5,50	83	177,9	6
2,60 - 2,70	11	30,0	3	5,50 - 5,60	97	207,9	6
2,70 - 2,80	11	30,0	3	5,60 - 5,70	81	173,6	6
2,80 - 2,90	11	27,5	4	5,70 - 5,80	84	180,0	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DL-30 (60°)**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,80	N	3,6	2	5	2,8	----	2,7	4,5	4	0,77	**3**
			Rpd	12,1	7	17	9,4	3,1	9,0	15,1	13		
2	0,80	2,20	N	28,6	8	48	18,3	12,7	15,9	41,4	29	0,77	**22**
			Rpd	84,2	24	144	54,1	39,1	45,1	123,3	85		
3	2,20	3,00	N	11,3	7	18	9,1	3,3	7,9	14,6	11	0,77	**8**
			Rpd	29,9	19	45	24,5	8,0	21,9	37,8	29		
4	3,00	5,80	N	50,0	15	97	32,5	23,7	26,3	73,7	50	0,77	**38**
			Rpd	112,9	38	212	75,2	49,3	63,6	162,2	113		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	terreno vegetale	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	----	----	----	----
2	0.80	2.20	Sabbia Limosa	22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	----	----	----	----
3	2.20	3.00	Limo Sabbioso	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	----	----	----	----
4	3.00	5.80	Sabbia Limosa	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	2	6,7	1	4,40 - 4,50	32	73,8	5
0,10 - 0,20	3	10,0	1	4,50 - 4,60	21	48,5	5
0,20 - 0,30	3	10,0	1	4,60 - 4,70	14	32,3	5
0,30 - 0,40	4	13,3	1	4,70 - 4,80	13	30,0	5
0,40 - 0,50	4	13,3	1	4,80 - 4,90	29	62,1	6
0,50 - 0,60	4	13,3	1	4,90 - 5,00	32	68,6	6
0,60 - 0,70	6	20,0	1	5,00 - 5,10	29	62,1	6
0,70 - 0,80	7	23,3	1	5,10 - 5,20	35	75,0	6
0,80 - 0,90	7	21,0	2	5,20 - 5,30	39	83,6	6
0,90 - 1,00	9	27,0	2	5,30 - 5,40	37	79,3	6
1,00 - 1,10	11	33,0	2	5,40 - 5,50	32	68,6	6
1,10 - 1,20	8	24,0	2	5,50 - 5,60	35	75,0	6
1,20 - 1,30	8	24,0	2	5,60 - 5,70	36	77,1	6
1,30 - 1,40	8	24,0	2	5,70 - 5,80	36	77,1	6
1,40 - 1,50	11	33,0	2	5,80 - 5,90	37	74,0	7
1,50 - 1,60	8	24,0	2	5,90 - 6,00	34	68,0	7
1,60 - 1,70	13	39,0	2	6,00 - 6,10	35	70,0	7
1,70 - 1,80	22	66,0	2	6,10 - 6,20	37	74,0	7
1,80 - 1,90	25	68,2	3	6,20 - 6,30	39	78,0	7
1,90 - 2,00	15	40,9	3	6,30 - 6,40	44	88,0	7
2,00 - 2,10	20	54,5	3	6,40 - 6,50	39	78,0	7
2,10 - 2,20	19	51,8	3	6,50 - 6,60	44	88,0	7
2,20 - 2,30	26	70,9	3	6,60 - 6,70	52	104,0	7
2,30 - 2,40	31	84,5	3	6,70 - 6,80	13	26,0	7
2,40 - 2,50	40	109,1	3	6,80 - 6,90	8	15,0	8
2,50 - 2,60	33	90,0	3	6,90 - 7,00	9	16,9	8
2,60 - 2,70	26	70,9	3	7,00 - 7,10	8	15,0	8
2,70 - 2,80	19	51,8	3	7,10 - 7,20	7	13,1	8
2,80 - 2,90	19	47,5	4	7,20 - 7,30	9	16,9	8
2,90 - 3,00	20	50,0	4	7,30 - 7,40	15	28,1	8
3,00 - 3,10	28	70,0	4	7,40 - 7,50	15	28,1	8
3,10 - 3,20	24	60,0	4	7,50 - 7,60	13	24,4	8
3,20 - 3,30	22	55,0	4	7,60 - 7,70	16	30,0	8
3,30 - 3,40	23	57,5	4	7,70 - 7,80	15	28,1	8
3,40 - 3,50	21	52,5	4	7,80 - 7,90	18	31,8	9
3,50 - 3,60	21	52,5	4	7,90 - 8,00	18	31,8	9
3,60 - 3,70	22	55,0	4	8,00 - 8,10	18	31,8	9
3,70 - 3,80	23	57,5	4	8,10 - 8,20	18	31,8	9
3,80 - 3,90	31	71,5	5	8,20 - 8,30	15	26,5	9
3,90 - 4,00	26	60,0	5	8,30 - 8,40	14	24,7	9
4,00 - 4,10	27	62,3	5	8,40 - 8,50	14	24,7	9
4,10 - 4,20	27	62,3	5	8,50 - 8,60	14	24,7	9
4,20 - 4,30	34	78,5	5	8,60 - 8,70	22	38,8	9
4,30 - 4,40	31	71,5	5	8,70 - 8,80	34	60,0	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DL-30 (60°)**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,60	N	3,3	2	4	2,7	----	2,5	4,1	3	0,77	2
			Rpd	11,1	7	13	8,9	2,7	8,4	13,8	10		
2	0,60	1,70	N	8,7	6	13	7,4	2,1	6,6	10,8	9	0,77	7
			Rpd	26,6	20	39	23,3	5,9	20,7	32,5	28		
3	1,70	6,70	N	29,1	13	52	21,1	8,5	20,6	37,6	29	0,77	22
			Rpd	67,2	30	109	48,6	15,8	51,4	82,9	67		
4	6,70	7,60	N	10,8	7	15	8,9	3,2	7,6	14,0	11	0,77	8
			Rpd	20,4	13	28	16,8	6,2	14,2	26,5	21		
5	7,60	8,80	N	18,0	14	34	16,0	5,6	12,4	23,6	18	0,77	14
			Rpd	32,0	25	60	28,4	9,7	22,3	41,8	32		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	terreno vegetale	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	----	----	----	----
2	0.60	1.70	Limo Sabbioso	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	----	----	----	----
3	1.70	6.70	Sabbia Limosa	22	53.0	33.6	361	2.00	1.61	----	----	----	----
4	6.70	7.60	Limo Sabbioso	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	----	----	----	----
5	7.60	8.80	Sabbia Limosa	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	1	3,3	1	4,40 - 4,50	6	13,8	5
0,10 - 0,20	2	6,7	1	4,50 - 4,60	6	13,8	5
0,20 - 0,30	2	6,7	1	4,60 - 4,70	6	13,8	5
0,30 - 0,40	3	10,0	1	4,70 - 4,80	7	16,2	5
0,40 - 0,50	4	13,3	1	4,80 - 4,90	8	17,1	6
0,50 - 0,60	3	10,0	1	4,90 - 5,00	8	17,1	6
0,60 - 0,70	3	10,0	1	5,00 - 5,10	10	21,4	6
0,70 - 0,80	4	13,3	1	5,10 - 5,20	9	19,3	6
0,80 - 0,90	2	6,0	2	5,20 - 5,30	12	25,7	6
0,90 - 1,00	3	9,0	2	5,30 - 5,40	11	23,6	6
1,00 - 1,10	3	9,0	2	5,40 - 5,50	14	30,0	6
1,10 - 1,20	3	9,0	2	5,50 - 5,60	9	19,3	6
1,20 - 1,30	4	12,0	2	5,60 - 5,70	15	32,1	6
1,30 - 1,40	3	9,0	2	5,70 - 5,80	12	25,7	6
1,40 - 1,50	4	12,0	2	5,80 - 5,90	12	24,0	7
1,50 - 1,60	3	9,0	2	5,90 - 6,00	12	24,0	7
1,60 - 1,70	4	12,0	2	6,00 - 6,10	16	32,0	7
1,70 - 1,80	7	21,0	2	6,10 - 6,20	17	34,0	7
1,80 - 1,90	6	16,4	3	6,20 - 6,30	18	36,0	7
1,90 - 2,00	7	19,1	3	6,30 - 6,40	18	36,0	7
2,00 - 2,10	8	21,8	3	6,40 - 6,50	15	30,0	7
2,10 - 2,20	6	16,4	3	6,50 - 6,60	14	28,0	7
2,20 - 2,30	7	19,1	3	6,60 - 6,70	24	48,0	7
2,30 - 2,40	6	16,4	3	6,70 - 6,80	22	44,0	7
2,40 - 2,50	6	16,4	3	6,80 - 6,90	17	31,9	8
2,50 - 2,60	6	16,4	3	6,90 - 7,00	18	33,8	8
2,60 - 2,70	7	19,1	3	7,00 - 7,10	24	45,0	8
2,70 - 2,80	7	19,1	3	7,10 - 7,20	19	35,6	8
2,80 - 2,90	6	15,0	4	7,20 - 7,30	23	43,1	8
2,90 - 3,00	8	20,0	4	7,30 - 7,40	17	31,9	8
3,00 - 3,10	8	20,0	4	7,40 - 7,50	19	35,6	8
3,10 - 3,20	6	15,0	4	7,50 - 7,60	20	37,5	8
3,20 - 3,30	7	17,5	4	7,60 - 7,70	22	41,3	8
3,30 - 3,40	7	17,5	4	7,70 - 7,80	20	37,5	8
3,40 - 3,50	6	15,0	4	7,80 - 7,90	23	40,6	9
3,50 - 3,60	6	15,0	4	7,90 - 8,00	18	31,8	9
3,60 - 3,70	9	22,5	4	8,00 - 8,10	19	33,5	9
3,70 - 3,80	9	22,5	4	8,10 - 8,20	24	42,4	9
3,80 - 3,90	9	20,8	5	8,20 - 8,30	25	44,1	9
3,90 - 4,00	8	18,5	5	8,30 - 8,40	26	45,9	9
4,00 - 4,10	9	20,8	5	8,40 - 8,50	27	47,6	9
4,10 - 4,20	11	25,4	5	8,50 - 8,60	24	42,4	9
4,20 - 4,30	12	27,7	5	8,60 - 8,70	27	47,6	9
4,30 - 4,40	13	30,0	5	8,70 - 8,80	27	47,6	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DL-30 (60°)**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,30	N	1,7	1	2	1,3	----	----	----	2	0,77	**2**
			Rpd	5,6	3	7	4,4	----	----	----	7		
2	0,30	1,70	N	3,3	2	4	2,6	----	2,7	3,9	3	0,77	**2**
			Rpd	10,3	6	13	8,1	2,0	8,2	12,3	9		
3	1,70	6,10	N	8,6	6	16	7,3	2,7	5,9	11,4	9	0,77	**7**
			Rpd	20,3	14	32	17,1	4,9	15,4	25,2	21		
4	6,10	8,80	N	21,0	14	27	17,5	3,8	17,2	24,8	21	0,77	**16**
			Rpd	39,0	28	48	33,5	6,1	32,9	45,1	39		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 5

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.30	terreno vegetale	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	----	----	----	----
2	0.30	1.70	Limo sabbioso scars. addensato	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	----	----	----	----
3	1.70	6.10	Limo Sabbioso	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	----	----	----	----
4	6.10	8.80	Sabbia Limosa	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 6

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	3	10,0	1	3,90 - 4,00	18	41,5	5
0,10 - 0,20	9	30,0	1	4,00 - 4,10	24	55,4	5
0,20 - 0,30	7	23,3	1	4,10 - 4,20	41	94,6	5
0,30 - 0,40	4	13,3	1	4,20 - 4,30	12	27,7	5
0,40 - 0,50	4	13,3	1	4,30 - 4,40	12	27,7	5
0,50 - 0,60	5	16,7	1	4,40 - 4,50	11	25,4	5
0,60 - 0,70	3	10,0	1	4,50 - 4,60	11	25,4	5
0,70 - 0,80	4	13,3	1	4,60 - 4,70	12	27,7	5
0,80 - 0,90	4	12,0	2	4,70 - 4,80	11	25,4	5
0,90 - 1,00	5	15,0	2	4,80 - 4,90	10	21,4	6
1,00 - 1,10	5	15,0	2	4,90 - 5,00	10	21,4	6
1,10 - 1,20	4	12,0	2	5,00 - 5,10	13	27,9	6
1,20 - 1,30	4	12,0	2	5,10 - 5,20	12	25,7	6
1,30 - 1,40	4	12,0	2	5,20 - 5,30	12	25,7	6
1,40 - 1,50	5	15,0	2	5,30 - 5,40	12	25,7	6
1,50 - 1,60	5	15,0	2	5,40 - 5,50	12	25,7	6
1,60 - 1,70	5	15,0	2	5,50 - 5,60	10	21,4	6
1,70 - 1,80	7	21,0	2	5,60 - 5,70	9	19,3	6
1,80 - 1,90	6	16,4	3	5,70 - 5,80	10	21,4	6
1,90 - 2,00	4	10,9	3	5,80 - 5,90	9	18,0	7
2,00 - 2,10	4	10,9	3	5,90 - 6,00	11	22,0	7
2,10 - 2,20	4	10,9	3	6,00 - 6,10	10	20,0	7
2,20 - 2,30	7	19,1	3	6,10 - 6,20	11	22,0	7
2,30 - 2,40	9	24,5	3	6,20 - 6,30	30	60,0	7
2,40 - 2,50	14	38,2	3	6,30 - 6,40	24	48,0	7
2,50 - 2,60	16	43,6	3	6,40 - 6,50	25	50,0	7
2,60 - 2,70	21	57,3	3	6,50 - 6,60	21	42,0	7
2,70 - 2,80	22	60,0	3	6,60 - 6,70	20	40,0	7
2,80 - 2,90	25	62,5	4	6,70 - 6,80	20	40,0	7
2,90 - 3,00	45	112,5	4	6,80 - 6,90	22	41,3	8
3,00 - 3,10	22	55,0	4	6,90 - 7,00	26	48,8	8
3,10 - 3,20	10	25,0	4	7,00 - 7,10	21	39,4	8
3,20 - 3,30	11	27,5	4	7,10 - 7,20	25	46,9	8
3,30 - 3,40	15	37,5	4	7,20 - 7,30	31	58,1	8
3,40 - 3,50	18	45,0	4	7,30 - 7,40	30	56,3	8
3,50 - 3,60	31	77,5	4	7,40 - 7,50	29	54,4	8
3,60 - 3,70	33	82,5	4	7,50 - 7,60	30	56,3	8
3,70 - 3,80	23	57,5	4	7,60 - 7,70	31	58,1	8
3,80 - 3,90	23	53,1	5	7,70 - 7,80	33	61,9	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DL-30 (60°)**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- committente : dctt.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,70	N	5,0	3	9	4,0	2,2	2,8	7,2	5	0,77	**4**
			Rpd	16,7	10	30	13,3	7,5	9,2	24,1	17		
2	0,70	2,30	N	4,8	4	7	4,4	1,0	3,8	5,9	5	0,77	**4**
			Rpd	14,1	11	21	12,5	2,9	11,1	17,0	15		
3	2,30	4,20	N	22,2	9	45	15,6	9,8	12,4	31,9	22	0,77	**17**
			Rpd	55,3	25	113	39,9	23,4	32,0	78,7	55		
4	4,20	6,20	N	11,0	9	13	10,0	1,1	9,9	12,1	11	0,77	**8**
			Rpd	23,8	18	28	20,9	3,1	20,8	26,9	24		
5	6,20	7,80	N	26,1	20	33	23,1	4,5	21,7	30,6	26	0,77	**20**
			Rpd	50,1	39	62	44,7	7,9	42,2	58,0	50		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 6

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.70	terreno vegetale	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	----	----	----	----
2	0.70	2.30	Limo sabbioso scars. addensato	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	----	----	----	----
3	2.30	4.20	Sabbia Limosa	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	----	----	----	----
4	4.20	6.20	Limo Sabbioso	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	----	----	----	----
5	6.20	7.80	Sabbia Limosa	20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 7

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	asta
0,00 - 0,10	2	6,7	1	4,40 - 4,50	10	23,1	5
0,10 - 0,20	6	20,0	1	4,50 - 4,60	9	20,8	5
0,20 - 0,30	8	26,7	1	4,60 - 4,70	9	20,8	5
0,30 - 0,40	4	13,3	1	4,70 - 4,80	9	20,8	5
0,40 - 0,50	4	13,3	1	4,80 - 4,90	9	19,3	6
0,50 - 0,60	4	13,3	1	4,90 - 5,00	9	19,3	6
0,60 - 0,70	4	13,3	1	5,00 - 5,10	9	19,3	6
0,70 - 0,80	3	10,0	1	5,10 - 5,20	9	19,3	6
0,80 - 0,90	4	12,0	2	5,20 - 5,30	9	19,3	6
0,90 - 1,00	4	12,0	2	5,30 - 5,40	9	19,3	6
1,00 - 1,10	5	15,0	2	5,40 - 5,50	9	19,3	6
1,10 - 1,20	5	15,0	2	5,50 - 5,60	9	19,3	6
1,20 - 1,30	6	18,0	2	5,60 - 5,70	9	19,3	6
1,30 - 1,40	6	18,0	2	5,70 - 5,80	11	23,6	6
1,40 - 1,50	8	24,0	2	5,80 - 5,90	8	16,0	7
1,50 - 1,60	8	24,0	2	5,90 - 6,00	6	12,0	7
1,60 - 1,70	9	27,0	2	6,00 - 6,10	6	12,0	7
1,70 - 1,80	8	24,0	2	6,10 - 6,20	7	14,0	7
1,80 - 1,90	8	21,8	3	6,20 - 6,30	7	14,0	7
1,90 - 2,00	9	24,5	3	6,30 - 6,40	8	16,0	7
2,00 - 2,10	10	27,3	3	6,40 - 6,50	9	18,0	7
2,10 - 2,20	9	24,5	3	6,50 - 6,60	11	22,0	7
2,20 - 2,30	8	21,8	3	6,60 - 6,70	10	20,0	7
2,30 - 2,40	10	27,3	3	6,70 - 6,80	10	20,0	7
2,40 - 2,50	9	24,5	3	6,80 - 6,90	12	22,5	8
2,50 - 2,60	8	21,8	3	6,90 - 7,00	10	18,8	8
2,60 - 2,70	9	24,5	3	7,00 - 7,10	10	18,8	8
2,70 - 2,80	7	19,1	3	7,10 - 7,20	9	16,9	8
2,80 - 2,90	8	20,0	4	7,20 - 7,30	15	28,1	8
2,90 - 3,00	10	25,0	4	7,30 - 7,40	20	37,5	8
3,00 - 3,10	7	17,5	4	7,40 - 7,50	14	26,3	8
3,10 - 3,20	8	20,0	4	7,50 - 7,60	15	28,1	8
3,20 - 3,30	8	20,0	4	7,60 - 7,70	11	20,6	8
3,30 - 3,40	8	20,0	4	7,70 - 7,80	10	18,8	8
3,40 - 3,50	8	20,0	4	7,80 - 7,90	12	21,2	9
3,50 - 3,60	9	22,5	4	7,90 - 8,00	16	28,2	9
3,60 - 3,70	11	27,5	4	8,00 - 8,10	15	26,5	9
3,70 - 3,80	9	22,5	4	8,10 - 8,20	16	28,2	9
3,80 - 3,90	11	25,4	5	8,20 - 8,30	17	30,0	9
3,90 - 4,00	10	23,1	5	8,30 - 8,40	26	45,9	9
4,00 - 4,10	10	23,1	5	8,40 - 8,50	28	49,4	9
4,10 - 4,20	10	23,1	5	8,50 - 8,60	32	56,5	9
4,20 - 4,30	10	23,1	5	8,60 - 8,70	31	54,7	9
4,30 - 4,40	10	23,1	5	8,70 - 8,80	30	52,9	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DL-30 (60°)**
- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70 mm**
- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

Dr. Geol. Gianfranco Corbucci
Studio di Geologia
Via Campo di Marte, 2 U - 36124 Perugia (PG)

Riferimento: 2011/14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 7

- committente : dott.sa Timi Michela
- lavoro : lottizzazione terreni
- località : S.Egidio Perugia
- note :

- data : 29/04/2011
- quota inizio : 00
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,30	N	5,3	2	8	3,7	----	----	----	5	0,77	4
			Rpd	17,8	7	27	12,2	----	----	----	17		
2	0,30	1,20	N	4,1	3	5	3,6	----	3,5	4,7	4	0,77	3
			Rpd	13,0	10	15	11,5	1,6	11,5	14,6	13		
3	1,20	7,90	N	9,4	6	20	7,7	2,2	7,2	11,6	9	0,77	7
			Rpd	21,4	12	38	16,7	4,1	17,2	25,5	21		
4	7,90	8,80	N	23,4	15	32	19,2	7,3	16,2	30,7	23	0,77	18
			Rpd	41,4	27	57	33,9	12,9	28,5	54,2	41		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 10 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 0,77) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 7

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.30	terreno vegetale	4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	----	----	----	----
2	0.30	1.20	Limo sabbioso scars. addensato	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	----	----	----	----
3	1.20	7.90	Limo Sabbioso	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	----	----	----	----
4	7.90	8.80	Sabbia Limosa	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

DR % = densità relativa ø' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI (HVSR)

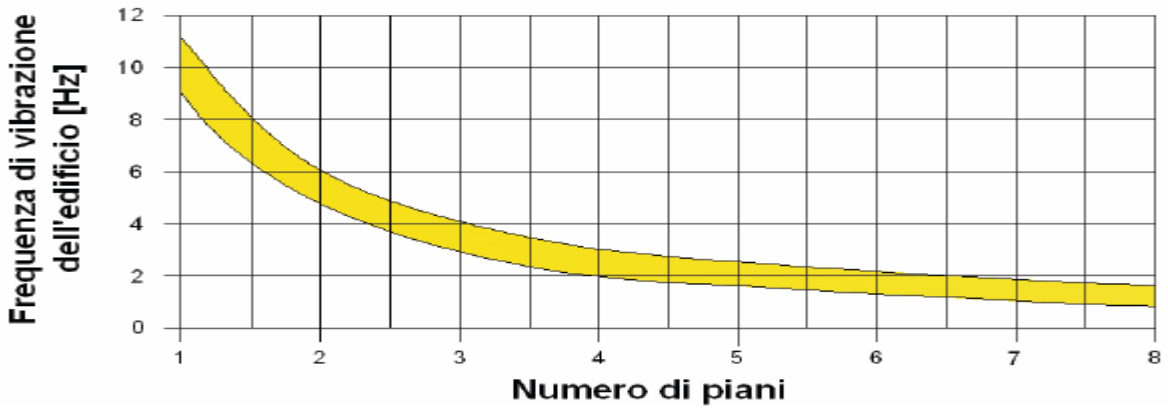
1.0 – METODOLOGIA DI INDAGINE

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo ed in particolare l'individuazione delle discontinuità sismiche e la ricostruzione della profondità del locale sub-strato geologico (bedrock geofisico). Con tale indagine viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs30) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008.
L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura che rapporta lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H/V=1) con quello effettivamente misurato in superficie. Tale tecnica si basa sulla misura del rumore sismico ambientale (microtremore) che in natura esiste ovunque e che consente di estrapolare informazioni relative al percorso del segnale dalla sorgente al sito.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- ► **la frequenza caratteristica di risonanza del sito**
- ► **la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**
- ► **la velocità media delle onde di taglio Vs**
- ► **la sismo-stratigrafia del sottosuolo**

Il segnale viene registrato nelle 3 componenti ortogonali (E-O, N-S, V); le misure del rumore ambientale sono analizzate utilizzando i rapporti spettrali del segnale tra la componente orizzontale (H) e la componente verticale (V) del moto in superficie. I rapporti spettrali medi H/V sono stimati attraverso un insieme di finestre "correnti" del segnale. Prima di applicare tali rapporti, eventuali disturbi del segnale sono rimossi manualmente, per ottenere un insieme di finestre di registrazioni di rumore più pulito possibile. Tale operazione permette di quantificare la risposta dinamica del terreno in funzione della frequenza. Per determinare la velocità delle onde di taglio Vs si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali HVSR basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli.
Di fatto, ricavato il rapporto spettrale medio H/V e sulla base delle conoscenza acquisite e dei dati stratigrafici a disposizione, si sono creati una serie di modelli sintetici fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Operativamente si è ricostruito un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente tramite uno specifico algoritmo si è adattata la curva teorica alla curva sperimentale; in questo modo si sono ottenuti gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs. Tale indagine è inoltre in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di vibrazione del sottosuolo, frequenze che amplificano il moto sismico e risultano estremamente importanti per l'ingegneria strutturale. E' molto importante pertanto porre estrema attenzione hai fenomeni di **doppia risonanza** cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale simico così come trasmesso in superficie e quella dei manufatti ivi edificati, poiché la coincidenza comporta la massima amplificazione del segnale sismico.



2.0 – DATI DI CANTIERE ED ELABORAZIONE DEI RISULTATI

Coordinate stazione di misura:

In data 29 Aprile 2011 sono state eseguite n.2 prove di sismica passiva all'interno del comparto di lottizzazione ubicato in località S. Egidio nel comune di Perugia
Prova n. 1: coordinate ED 50: **LAT: 43,099721° - LONG: 12,490081°**

Prova n. 2: coordinate ED 50: **LAT: 43,100496° - LONG: 12,490961°**

Caratteristiche della strumentazione utilizzata:

Tromografo digitale portatile a 3 canali a 24 bit (SR04 – GEOBOX) con sensore da 4,5Hz di frequenza propria nominale (SS-45) -Sara Elettronic Instruments Srl-
Il software utilizzato per la restituzione del segnale è SEISMOWIN.
Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è GOPSY.

Misurazione ed elaborazione dei risultati:

PROVA HVSR 1

- Durata della registrazione: 20min (1200 secondi).
- Frequenza di campionamento: 200Hz.
- Banda di frequenza investigata: da 0,5 a 100Hz.
- Banda di frequenza selezionata: da 1Hz a 15Hz.
- Dimensione delle finestre di analisi: da 30 secondi
- Numero di finestre selezionate: 17
- Modalità di lisciamento: Konno & Ohmachi
- Lisciamento: 5%
- Frequenza del picco individuato : 12,34hz
- Ampiezza del valore di picco (A_0): 1,7
- Deviazione standard della frequenza di picco: 0,8Hz

PROVA HVSR N.2

- Durata della registrazione: 20min (1200 secondi).
- Frequenza di campionamento: 200Hz.
- Banda di frequenza investigata: da 0,5 a 100Hz.
- Banda di frequenza selezionata: da 1Hz a 15Hz.
- Dimensione delle finestre di analisi: da 30 secondi
- Numero di finestre selezionate: 15
- Modalità di lisciamento: Konno & Ohmachi
- Lisciamento: 5%
- Frequenza del picco individuato : 6,41hz
- Ampiezza del valore di picco (A_0): 1,1
- Deviazione standard della frequenza di picco: 0,9Hz

Valutazione attendibilità dei risultati

Criteri per l'affidabilità della curva H/V - indicazioni Progetto Europeo SESAME -

(TUTTE LE CONDIZIONI DEVONO ESSERE SODDISFATTE)

HVSR1

$f_0 > 10 / l_w$	12,34**> 0,33**	**ok**	
$n_c(f_0) > 200$	6293**>200**	**ok**	

$\sigma_A(f)<2$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f_0>0.5Hz$ or $\sigma_A(f)<3$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f_0<0.5Hz$	**$\sigma_A(f)<2$ per tutto il campo di frequenze analizzato**	**ok**	

HVSR2

$f_0 > 10 / l_w$	6,41**> 0,33**	**ok**	
$n_c(f_0) > 200$	2884**>200**	**ok**	
$\sigma_A(f)<2$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f_0>0.5Hz$ or $\sigma_A(f)<3$ for $0.5f_0<f<2f_0$ if $f_0<0.5Hz$	**$\sigma_A(f)<2$ per tutto il campo di frequenze analizzato**	**ok**	

● <u>I criteri di attendibilità di entrambe le registrazioni sono soddisfatti</u>.

Criteri di chiarezza del picco H/V - indicazioni Progetto Europeo SESAME -

(ALMENO 5 DELLE 6 CONDIZIONI DEVONO ESSERE SODDISFATTE)

HVSR1

exists f- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f-) < A_0/2$	$0{,}8_{H/V}(3{,}5)$ **<0,85**	**ok**	
exists f+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f+) < A_0/2$	nessuno **< 0,85**		**no**
$A_0 > 2$	A_0 **= 1,7**		**no**
$f_{peak}[A_{H/V}(f) + \sigma_A(f)] < f_0 + 5\%$ $f_{peak}[A_{H/V}(f) - \sigma_A(f)] > f_0 - 5\%$	12,6**< 12,96 si** 12,4**> 11,72 si**	**ok**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1 **<0,62**		**no**
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.08 **<1,58**	**ok**	

HVSR2

exists f- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f-) < A_0/2$	nessuno **<0,55**		**no**
exists f+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f+) < A_0/2$	nessuno **< 0,55**		**no**
$A_0 > 2$	A_0 **= 1,1**		**no**
$f_{peak}[A_{H/V}(f) + \sigma_A(f)] < f_0 + 5\%$ $f_{peak}[A_{H/V}(f) - \sigma_A(f)] > f_0 - 5\%$	6,59**< 6,73 si** 6,24**> 6,09 si**	**ok**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0,9 **<0,32**		**no**
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.12 **<1,58**	**ok**	

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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

Legenda

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$ = number of significant cycles

- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
- f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor bywhich the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{logH/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{logH/V}(f)$is an absolute value which should be added to or subtractedfrom the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Entrambe le registrazioni non evidenziano picchi significativi con criteri di affidabilità soddisfatti per attribuire al sito una frequenza caratteristica. Come evidenziato dai grafici allegati gli spettri sono lineari senza contrasti significativi ad evidenziare un potente spessore di copertura.. In ogni caso l'elaborazione del modello sismo stratigrafico dell'area ha evidenziato un aumento della velocità con la profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico (vs>di 800m/s) tra gli 80 ed i 90m di profondità. I picchi principali individuati, seppure non significativi sono identificabili con contrasti di velocità a profondità rispettivamente di 1-2m (zona di monte) e 3-5m (zona di valle) al passaggio tra i terreni vegetali e colluviali e i sedimenti fluvio-lacustri.

In allegato si riportano i risultati dell'indagine eseguita per ogni stazione di misura..

Figura 1 **-** registrazione del segnale in sito nelle tre componenti con evidenziate le finestre selezionate.

Figura 2 **-** spettri dei singoli canali su tutto il campo di frequenze investigato (0,5Hz -100Hz) e senza selezione dl segnale.

Figura 3 - grafico di sintesi: confronto tra gli spettri delle singole componenti

Figura 4 - curva H/V sperimentale registrata in sito nell'intervallo di frequenze selezionato (1Hz – 20Hz).

Figura 5 - sovrapposizione tra la curva H/V sperimentale (curva in nero media) e la curva H/V teorica (curva in rosso) derivata dal modello di sottosuolo proposto sulla base dei dati stratigrafici e di velocità a disposizione.

Figura 6 - modello di inversione proposto con il valore della velocità delle onde S (asse x) ed il suo andamento con la profondità (asse Y)

Figura 7 - forma tabellare del modello di inversione proposto che definisce la sismo-stratigrafia del sito (con le normali approssimazioni per i parametri descritti).

Perugia li 05.05.2014 *Dott. Geol. Timi Michela*

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
TIMI MICHELA
ALBO 303

Fig. 1 - Selezione del segnale registrato nelle 3 componenti

durata temporale finestre selezionate: da 30s - n. Finestre=15

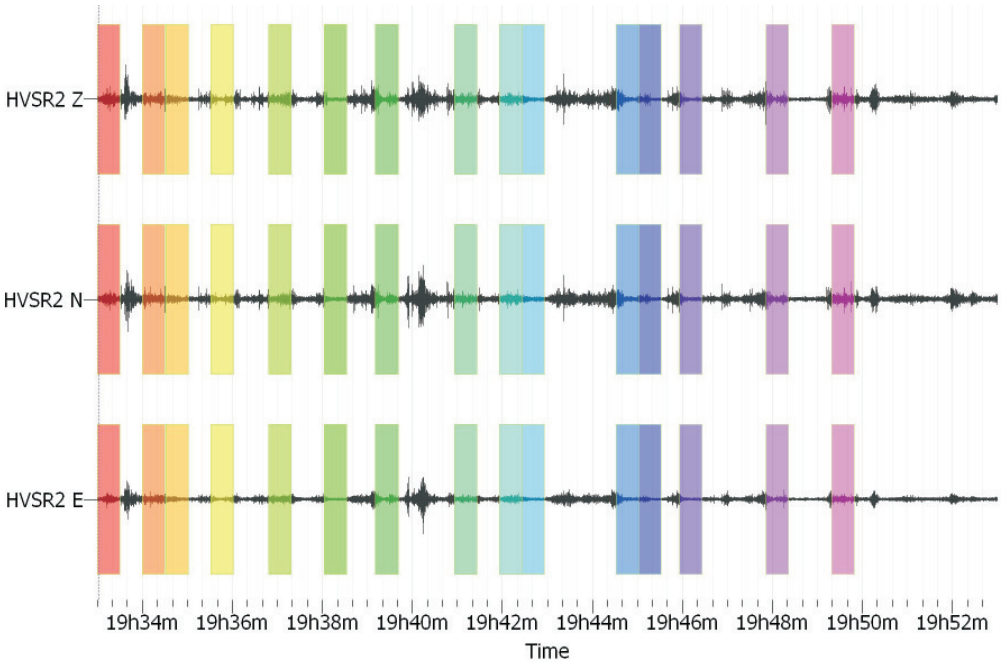


Fig. 2 - Spettri dei singoli canali

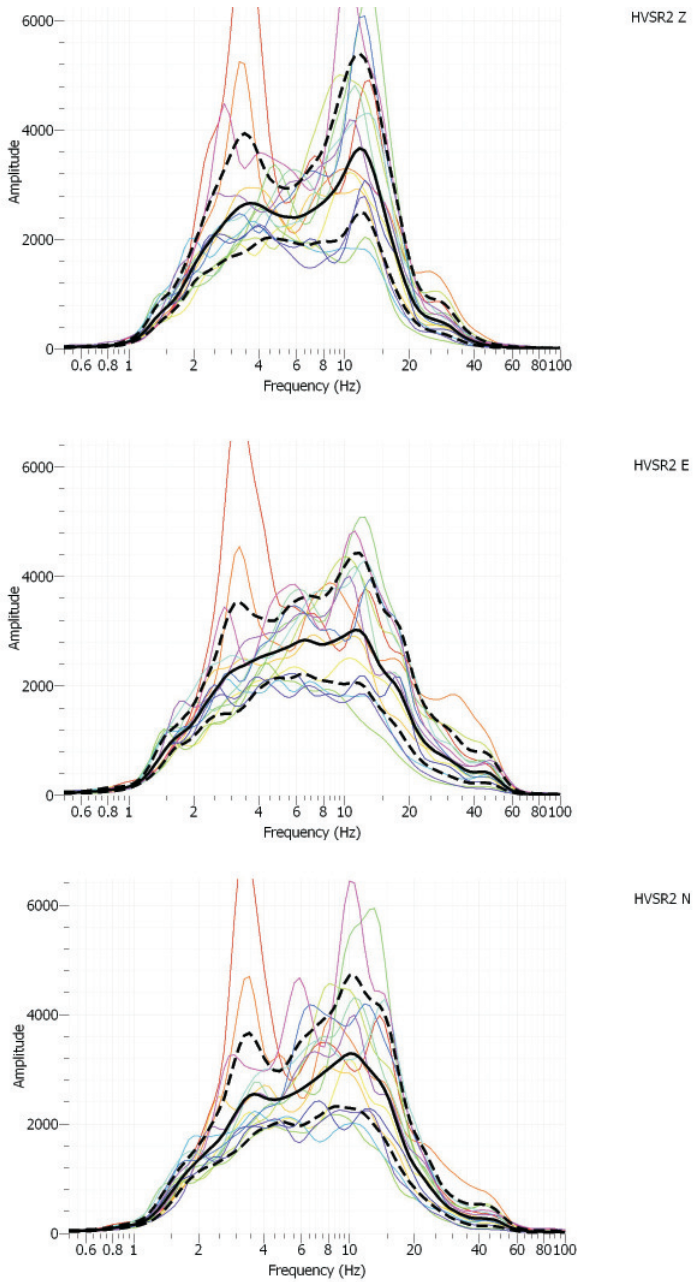


Fig. 3 - Confronto tra le gli spettri delle singole componenti

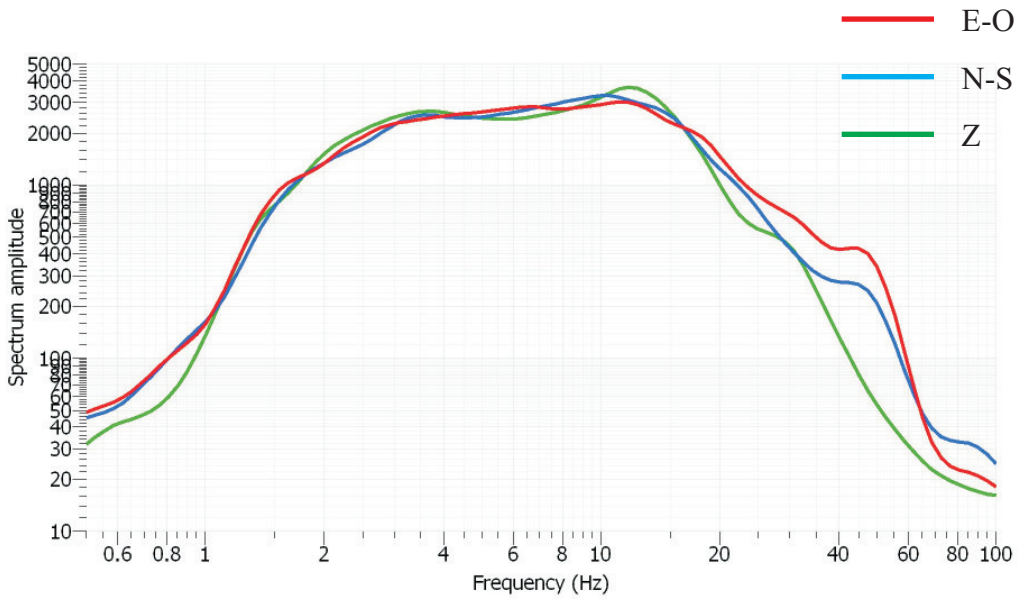


Fig. 4 Rapporto spettrale H/V medio

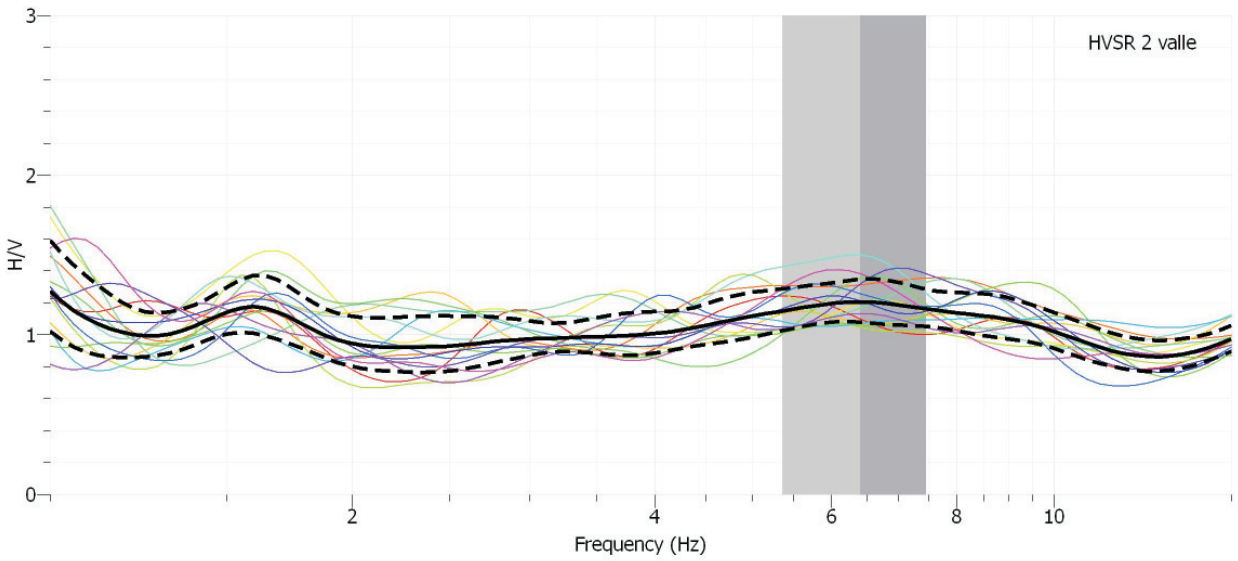


Fig. 5 Curva spettrale (H/V media)

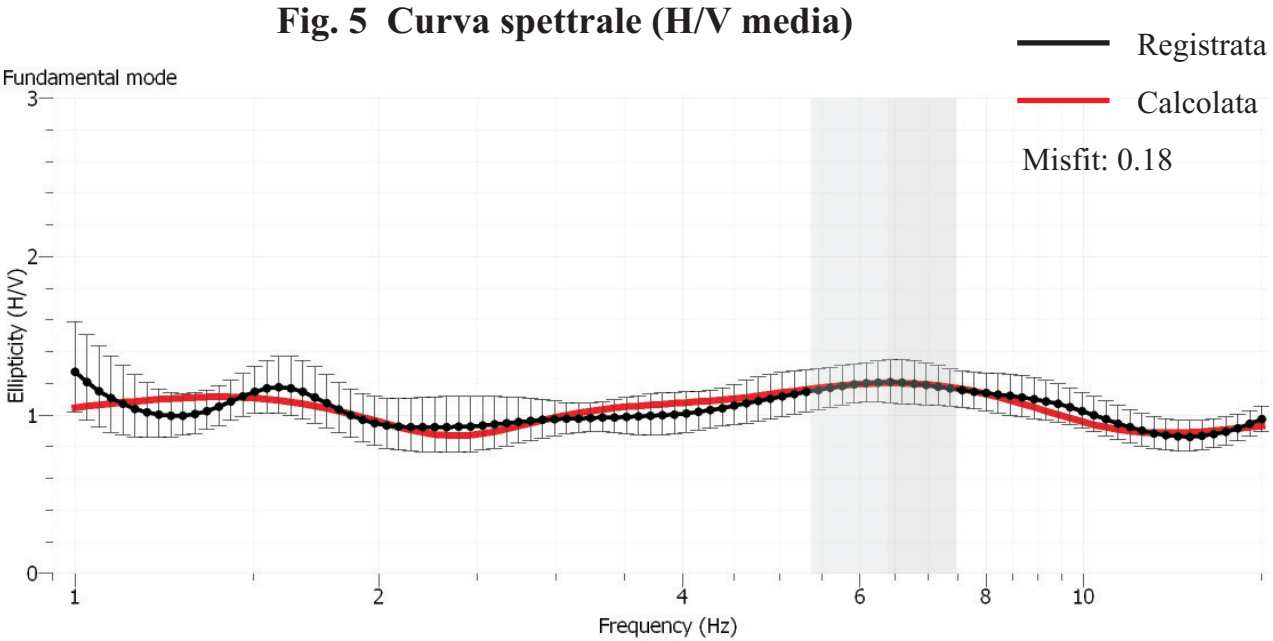


Fig. 6 - Grafico del modello di inversione - Velocità onde di taglio (Vs) in funzione della profondità

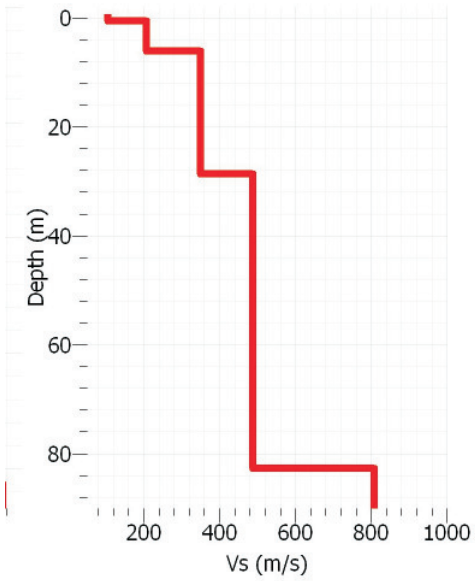


Fig. 7 - Tabella del modello di inversione - Velocità onde di taglio (Vs) in funzione della profondità

SISMO-STRATIGRAFIA DEL SITO		
Prof.dal p.c. (m)	Spessore (Hi m)	Velocità (Vi m/s)
0,6	0,6	100
5,8	5,2	200
28	22,2	350
82	54,0	480
>82	\	806

Fig. 1 - Selezione del segnale registrato nelle 3 componenti

durata temporale finestre selezionate: da 30s - n. Finestre=17

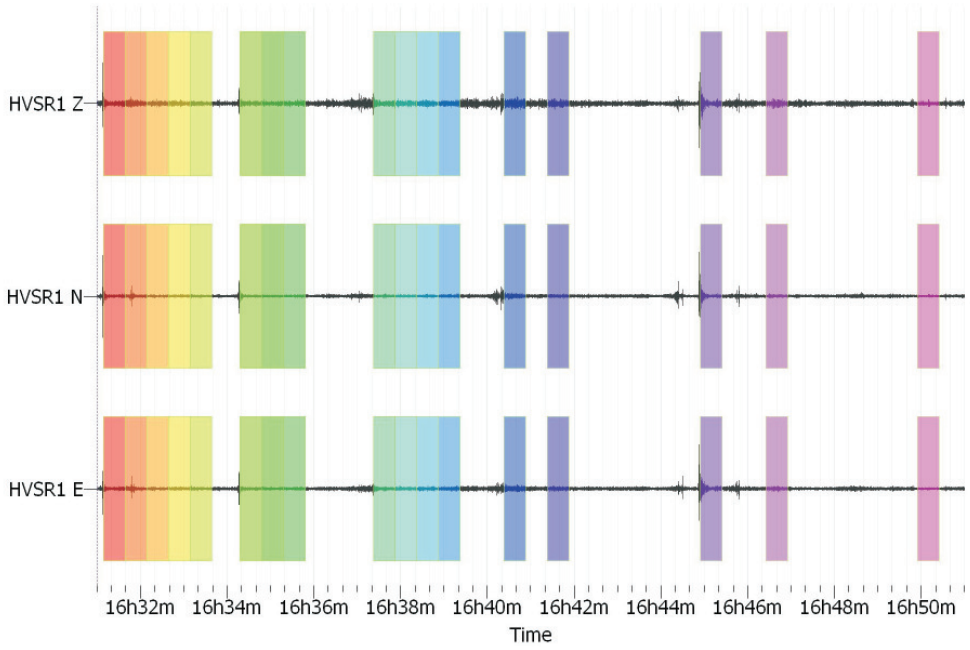


Fig. 2 - Spettri dei singoli canali

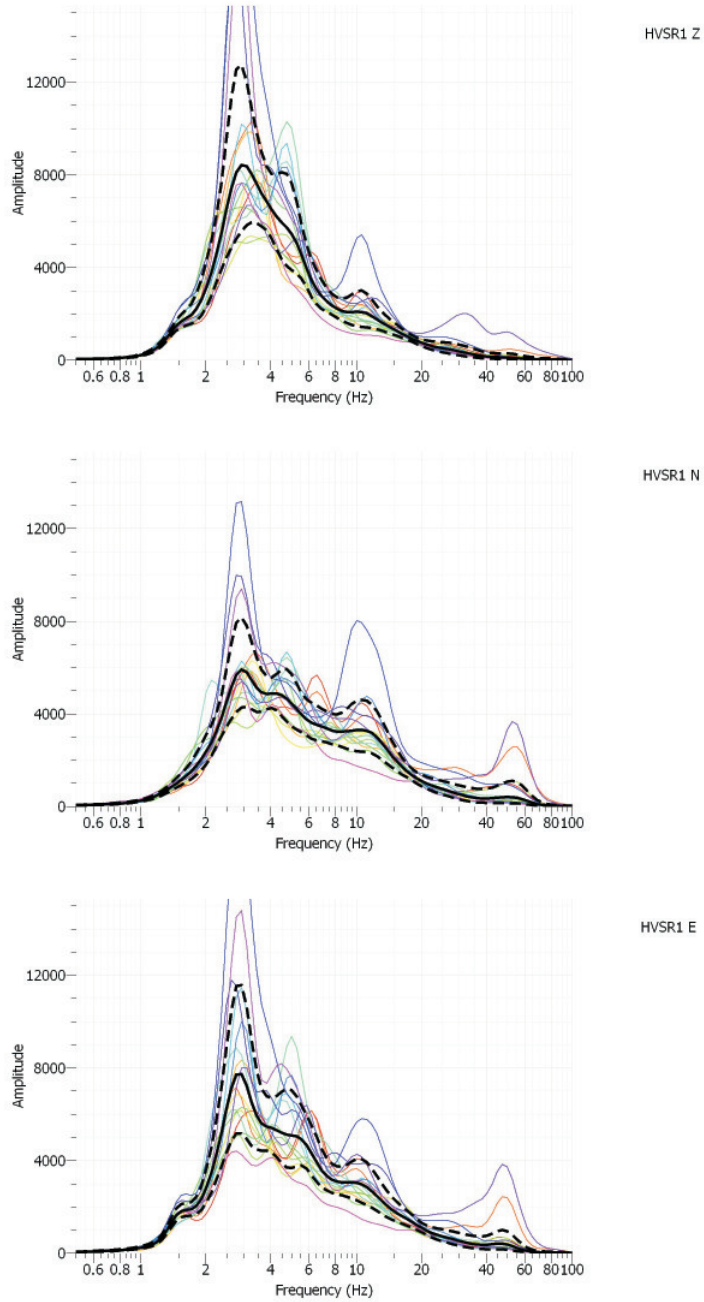


Fig. 3 - Confronto tra le gli spettri delle singole componenti

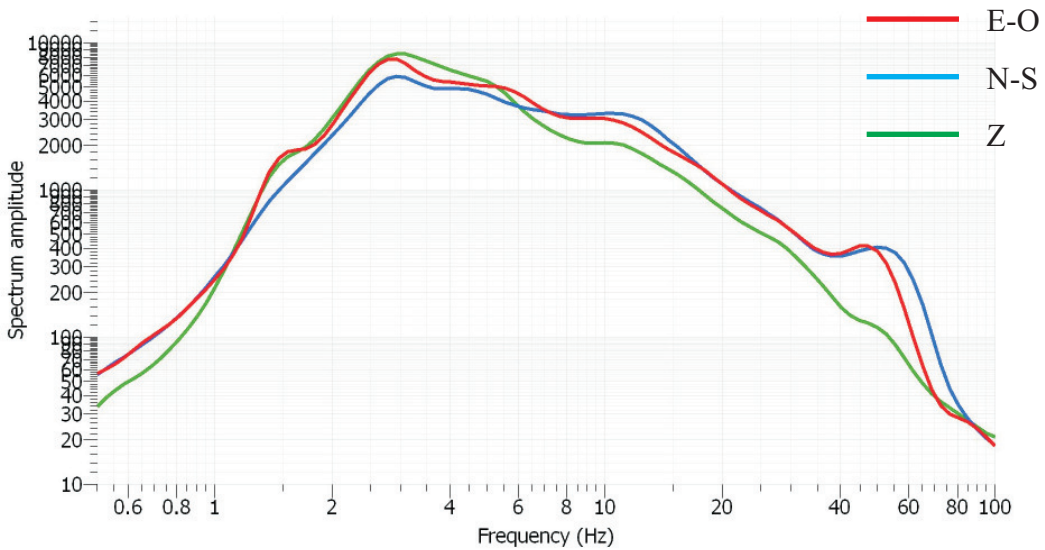


Fig. 4 Rapporto spettrale H/V medio

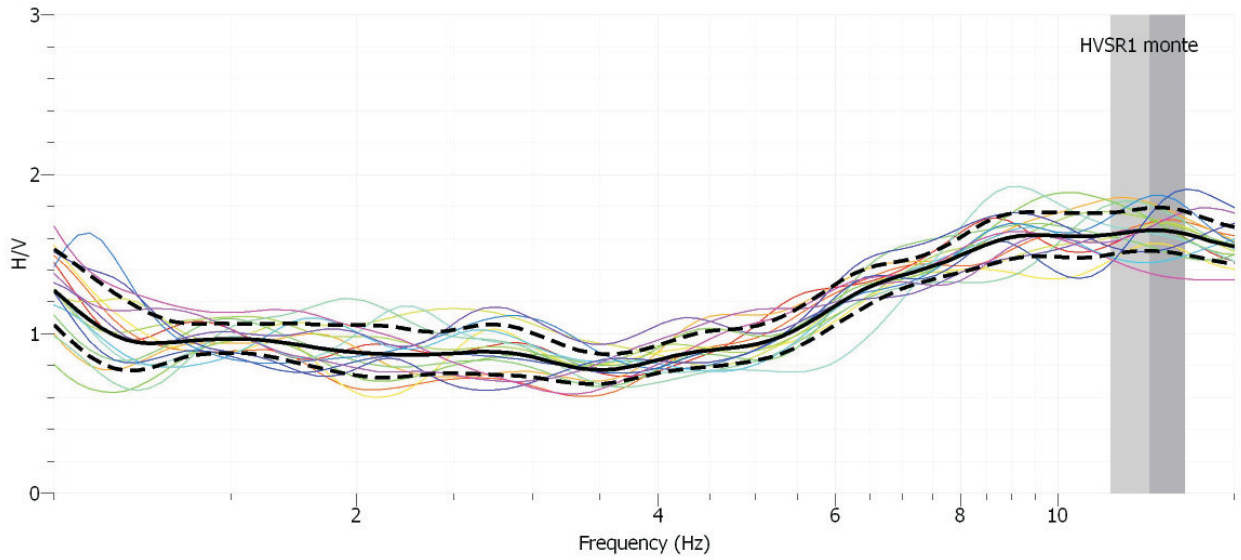


Fig. 5 Curva spettrale (H/V media)

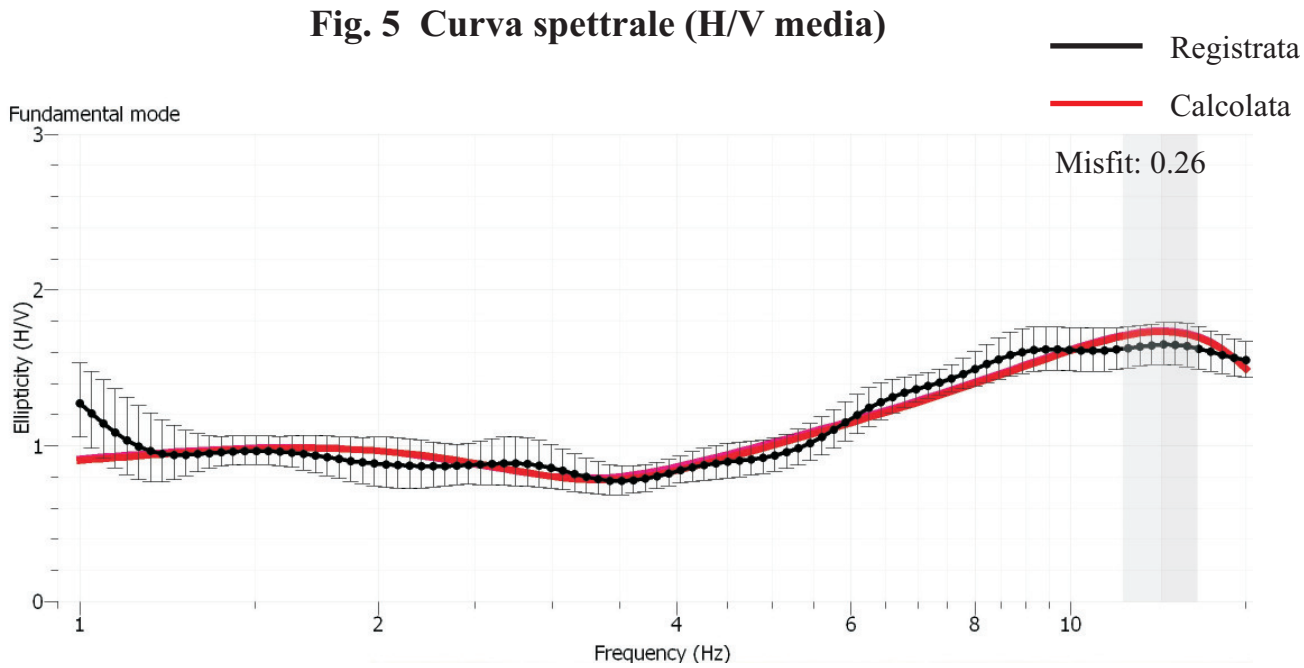


Fig. 6 - Grafico del modello di inversione - Velocità onde di taglio (Vs) in funzione della profondità

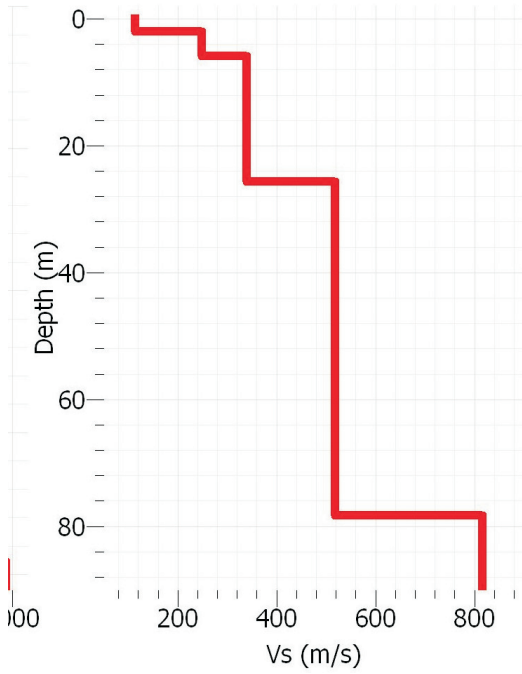


Fig. 7 - Tabella del modello di inversione - Velocità onde di taglio (Vs) in funzione della profondità

SISMO-STRATIGRAFIA DEL SITO		
Prof.dal p.c. (m)	Spessore (Hi m)	Velocità (Vi m/s)
1,5	1,5	115
5,3	3,8	250
26	20,7	330
78	52,0	510
>78	\	820

INDAGINE SISMICA CON TECNICA MASW

1 PREMESSA

Il giorno 29 Aprile 2011 è stata eseguita un'indagine geofisica mediante una prova MASW per il calcolo del valore Vs30. Lo scopo dell'indagine era di ottenere la stratigrafia di velocità delle onde trasversali Vs almeno per i primi 30 metri di profondità, da cui ricavare il parametro Vs30. In questo cantiere è stata realizzata n. 1 prova MASW.

2 INDAGINI EFFETTUATE

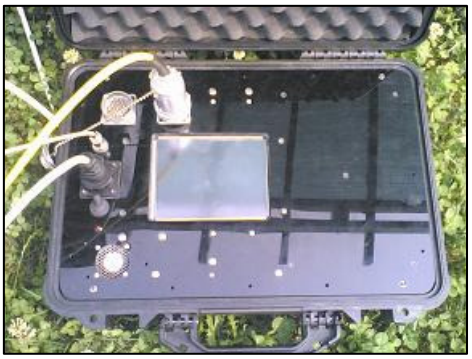
Le caratteristiche della prova sono:

Nome	*Stendimento geofonico (m)*	*Energizzaz*	*Geofoni*
M1	57.5	2	24

La configurazione dello stendimento riportata è stata ottenuta tramite l'interlacing ("interlacciamento") di 12 canali spaziati 5 metri.

3 STRUMENTAZIONE

La strumentazione standard utilizzata è costituita da :

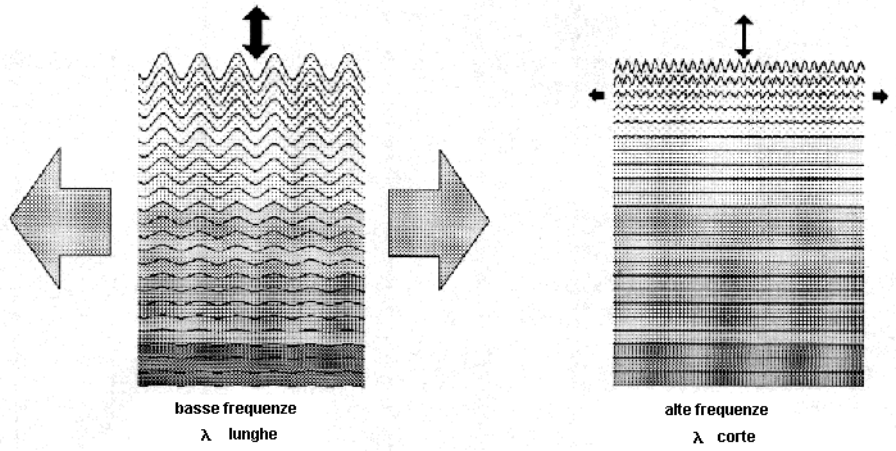


un sismografo DoReMi (SARA electronics s.r.l.) a 12 canali
12 geofoni a 4.5Hz
Piastra di battuta e geofono starter
mazza da 8 Kg

4 ANALISI MULTICANALE DELLE ONDE SUPERFICIALI

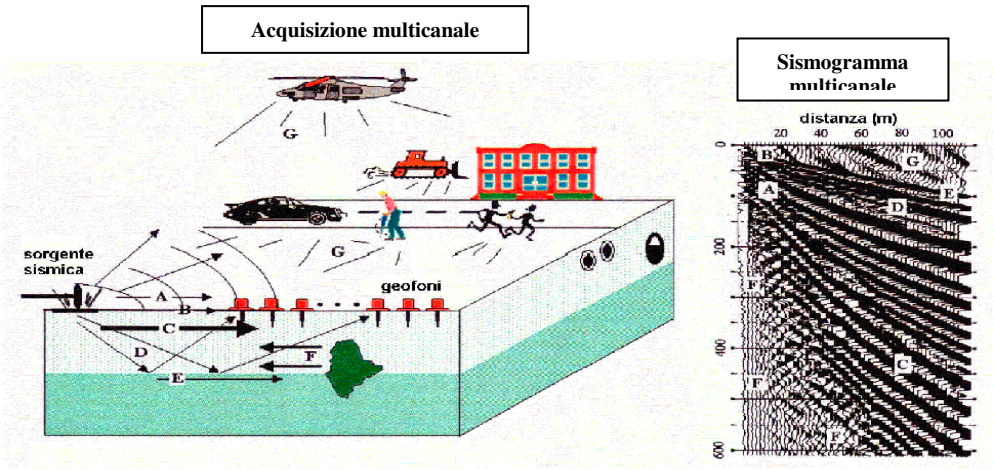
Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidezza superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.
L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.
Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi. L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.
Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo

verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.
Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane. Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzazare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione. Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione.



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (Vs) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

5 VANTAGGI DELLA REGISTRAZIONE MULTICANALE



A: onde in aria	E: onde rifratte
B: onde dirette	F: onde riverberate
C: onde di superficie	G: rumore ambientale
D: onde riflesse	

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

6 DESCRIZIONE GENERALE DELLA PROCEDURA MASW

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

7 RISULTATI

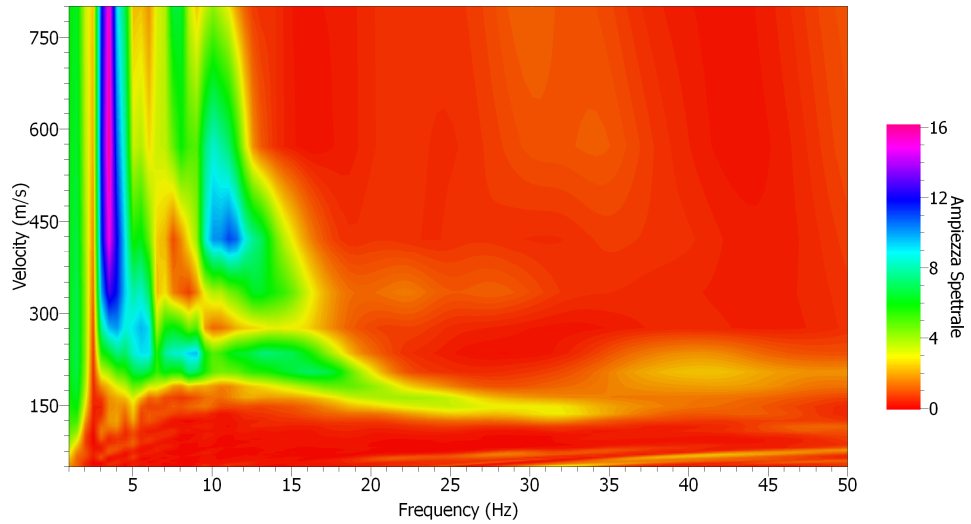
Il profilo di velocità è stato ottenuto tramite modellazione diretta delle curve di dispersione (modo fondamentale e primi quattro modi superiori) confrontate con il diagramma di dispersione prodotto dai dati sperimentali. L'accuratezza di tale elaborazione è stata migliorata imponendo al modello condizioni al contorno ricavate altre indagini eseguite nello stesso cantiere (prove penetrometriche ed indagini di simica passiva a stazione singola).
Tutti i dati sono stati elaborati con il software libero geopsy (http://www.geopsy.org).

In allegato sono riportati i risultati dell'indagine MASW. In alto nella pagina sono illustrati: a sinistra, il grafico di dispersione dell'energia sismica, a destra, il sismogramma da cui deriva tale grafico. In basso sono riportati, a partire da sinistra: le curve di dispersione modellate sulla base dei dati sperimentali, la tabella che riassume il modello migliore delle Vs del terreno insieme alla Vs30 calcolata a partire da tale modello, e il grafico del modello di Vs del terreno.

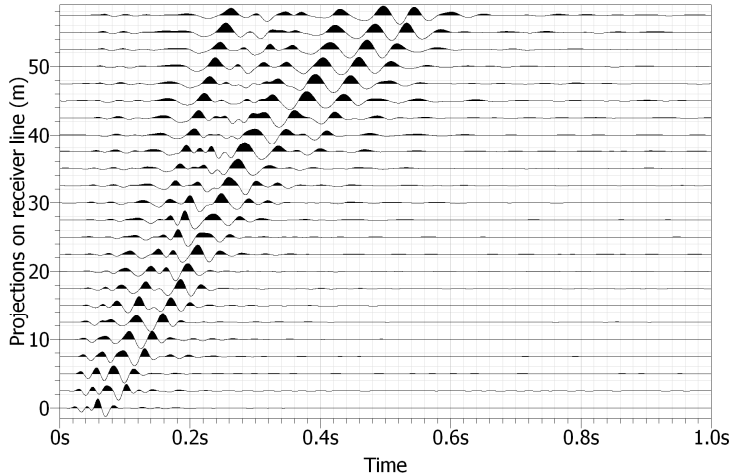
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE UMBRIA
TIMI MICHELA
ALBO 303

All. 1: elaborati grafici e numerici indagine MASW

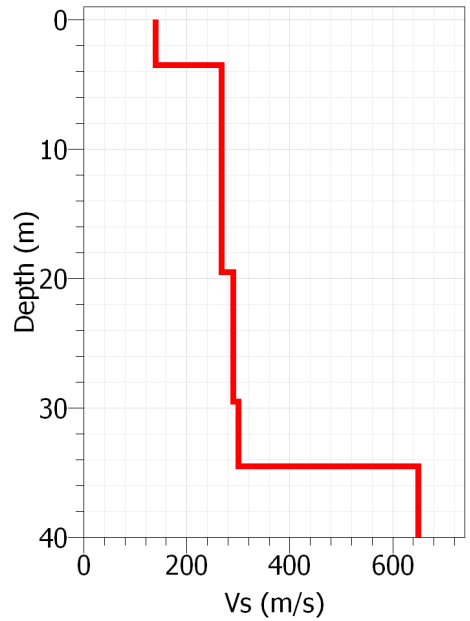
Diagramma di dispersione dell'energia sismica



Sismogramma



Profilo Vs



Curve di dispersione

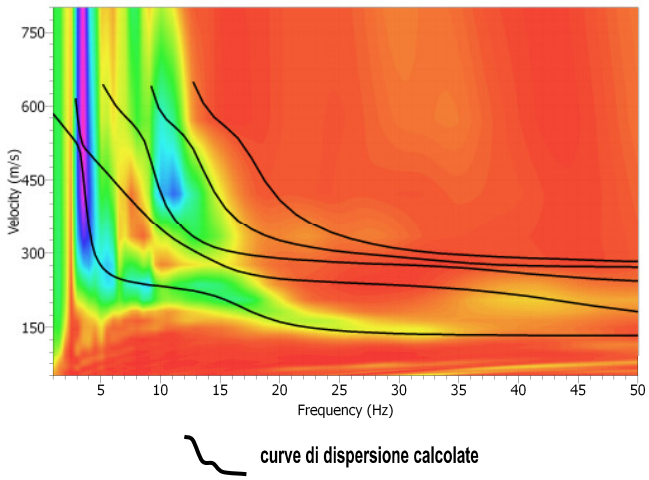


Tabella di Calcolo

Profondità (m da p.c.) da	a	Vs (m/s)	spessore strato (m)	Hi/Vi
0.0	3.5	140	3.5	0.0250
3.5	19.5	267	16	0.0599
19.5	29.5	290	10	0.0345
29.5	34.5	300	5	0.0167
34.5	45.0	650	10.5	0.0162