

COMUNE DI SAN CASCIANO V.P.

PROPRIETÀ:

AMERICAN BATTLE MONUMENTS COMMISSION

Con sede legale nel Comune di Garches (Francia), 68 rue du 19 Janvier

LEGALE RAPPRESENTANTE:

BOUDISSA HADRI n.a. ALGERIA il 21/07/1953, cittadinanza: Americana,

Residente nel Comune di Garches (Francia), 68 rue du 19 Janvier

C.F. BDSHDR53L21Z301W

UBICAZIONE:

SAN CASCIANO VAL DI PESA, Località FALCIANI, Via Cassia Km.286

VARIANTE AL PIANO UNITARIO DI SISTEMAZIONE

Di cui all'Art.5, comma 1, lettera e delle N.T.A.

del Regolamento Urbanistico Comunale

Approvato con Delibera del Consiglio Comunale n. 94 del 25-11-2013

**Variante per realizzazione di nuova rampa per disabili
e nuovi servizi igienici a servizio del Memoriale**

RELAZIONE GEOLOGICA


Geol. Riccardo Caverni

Settembre 2016

INDICE

| | <i>pag.</i> |
|---|-------------|
| 1 PREMESSA | 1 |
| 1.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI E DELLE INDAGINI SVOLTE | 1 |
| 2 PARTE 1° - QUADRO CONOSCITIVO DELLO STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE | 2 |
| 2.1 GEOLOGIA | 2 |
| 2.2 GEOMORFOLOGIA | 2 |
| 2.3 IDROGEOLOGIA | 2 |
| 2.4 CLASSIFICAZIONE DI PERICOLOSITÀ | 3 |
| 2.4.1 <i>Pericolosità idraulica</i> | 3 |
| 2.4.2 <i>Pericolosità geomorfologica</i> | 3 |
| 2.4.3 <i>Pericolosità sismica</i> | 3 |
| 2.5 FATTIBILITÀ DELLO S.U. COMUNALE | 3 |
| 3 PARTE 2° AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO DI SUPPORTO ALLA VARIANTE AL PIANO UNITARIO DI SISTEMAZIONE | 4 |
| 3.1 MODELLAZIONE GEOLOGICO TECNICA | 4 |
| 3.1.1 <i>Modello litostratigrafico del sottosuolo</i> | 4 |
| 3.1.2 <i>Caratterizzazione geotecnica</i> | 5 |
| 3.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA | 5 |
| 3.2.1 <i>Indagini geofisiche</i> | 5 |
| 3.2.2 <i>Attribuzione della categoria di suolo sismico</i> | 6 |
| 3.2.3 <i>Azione sismica di progetto</i> | 7 |
| 4. PARTE 3° - ESECUZIONE DELLA VARIANTE AL PIANO UNITARIO DI SISTEMAZIONE | 9 |
| 4.1 ATTRIBUZIONE DI FATTIBILITÀ | 9 |
| 4.2 CONDIZIONI DI ATTUAZIONE DEGLI INTERVENTI EDIFICATORI | 9 |

Scheda informativa n. 1

Tavole grafiche (estratti dallo S.U. comunale):

- n.1 Inquadramento geologico
- n.2 Carta litotecnica
- n.3 Carta geomorfologica
- n.4 Carta idrogeologica
- n.5 Pericolosità idraulica
- n.6 Pericolosità Geomorfologica
- n.7 Pericolosità sismica locale (ZMPSL)

Scheda informativa n. 2

Allegati:

- Rapporto prova penetrometrica
- Rapporto indagine geofisica

1 PREMESSA

Il presente studio è propedeutico all'attuazione della Variante di Piano Unitario di Sistemazione per la realizzazione di opere a servizio del "**Florence American Cemetery and Memorial**".

Si tratta di un approfondimento degli studi di supporto allo Strumento Urbanistico (S.U.) comunale realizzato sulla base di nuove indagini effettuate sull'area di studio.

Nella constatazione che non sono state rilevate modifiche sostanziali rispetto alla situazione riportata nel vigente S.U. si ritiene di poter recepire il materiale in esso contenuto come base informativa, anche cartografica, di questo lavoro.

Per questo, nell'allegata "**scheda informativa n.1**", è riportato il quadro conoscitivo di riferimento (assetto geologico, geomorfologico e di pericolosità) contenuto nello S. U. Comunale.

La zona d'intervento è interessata anche dalla normativa riguardante il Vincolo Idrogeologico (R.D.L. 30/12/1923 n°3267 e D.P.G.R. n.48/R - 8 Agosto 2003).

1.2 Descrizione degli interventi e delle indagini svolte

Il progetto prevede la creazione di una rampa per disabili e la sostituzione, previa demolizione della volumetria esistente, degli attuali servizi igienici con un nuovo edificio.

La nuova volumetria è di c.a 190 metri cubi, per un'altezza in gronda di poco superiore ai 3,10 metri.

Per le sue dimensioni, l'intervento di progetto rientra tra le opere inserite nella classe d'indagine 2 dell'art.7 del DPGR 36r/2009.

In ottemperanza a detto articolo, l'approfondimento d'indagine ha comportato la realizzazione di una prova penetrometrica dinamica (DPSH), per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio, e di uno stendimento sismico (onde Sh), necessario per la determinazione della categoria di suolo di fondazione.

2 PARTE 1° - QUADRO CONOSCITIVO DELLO STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

2.1 Geologia

L'inquadramento geologico è riportato nella tavola n. 1 della **Scheda informativa n. 1**.

Tale elaborato, come già detto, è un estratto della cartografia geologica facente parte dello S.U. Comunale.

Nell'area di studio il substrato geologico è costituito dalla formazione del Macigno, facente parte delle unità della Falda Toscana, successione dei Monti del Chianti.

Nella maggior parte dell'area tale formazione è costituita dal suo membro arenaceo e siltoso marnoso (MAC).

Da un punto di vista geolitologico (cfr. tav. 2) si tratta di stratificazioni rocciose d'arenarie, marne, argilliti e siltiti (con un rapporto arenarie/peliti compreso tra 1/4 e 2).

Lo spessore degli strati varia, da sottile a molto spesso; in quest'ultimo caso si possono avere veri e propri banchi d'arenaria.

Il comportamento meccanico, generalmente di tipo "lapideo", è condizionato dalle caratteristiche di giacitura degli strati e di fratturazione delle rocce. Dove prevalgono i litotipi siltitici-marnosi, il comportamento meccanico è simile a quello di una roccia "tenera", suscettibile di maggiori processi di degradazione e d'instabilità.

Nell'area sono presenti alcuni affioramenti di roccia, costituiti da marne stratificate, con spessore degli strati variabile, intercalanti livelli di siltiti.

Nei ripiani e nei terrazzamenti, che si trovano sul pendio, è normalmente presente una copertura sciolta, di spessore variabile da poche decine di centimetri a un massimo di c.a 2 metri, costituita da un suolo limoso-argilloso, con medio grado di pietrosità, e abbondante scheletro.

2.2 Geomorfologia

L'inquadramento geomorfologico è riportato nella tavola n. 3.

Sul terreno, non si rilevano fenomeni morfogenici attivi, non sono presenti processi fluviali e/o azioni modificatrici dovute alle acque di scorrimento.

La giacitura principale degli strati è a traverpoggio, con un'immersione verso ovest. Questa giacitura non è penalizzante nei confronti delle condizioni generali d'equilibrio del versante.

Queste condizioni attestano una situazione di sostanziale stabilità e di equilibrio geomorfologico, per questo, l'area oggetto d'intervento è da considerare in condizioni geomorfologicamente stabili.

2.3 Idrogeologia

La carta idrogeologica è riportata nella tavola n. 4. L'area fa parte delle unità litologiche con permeabilità secondaria media (MP-S), caratterizzate da acquiferi profondi generalmente confinati in zone di fratturazione della roccia.

2.4 Classificazione di pericolosità

2.4.1 Pericolosità idraulica

Per posizione morfologica e per lontananza da corsi d'acqua, non sussistono condizioni di rischio idraulico legate a fenomeni d'esondazione e ristagno (cfr. tav. 5).

Lo S.U., anche considerate le recenti varianti, per tale zona non attribuisce nessuna classe di pericolosità idraulica.

Anche il PGRA dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno non dà indicazioni di pericolosità.

2.4.2 Pericolosità geomorfologica

Nella tavola n. 6, che rappresenta un estratto della carta di pericolosità geomorfologica dello S.U. comunale, l'area oggetto di intervento è inserita in una zona a cavallo tra una con pericolosità geomorfologica media (G2) e una più elevata (G3).

Essendo, in questo caso, l'incremento di rischio dato dalle condizioni morfologiche, legate alle maggiori pendenze dei luoghi, considerando che l'intervento in oggetto è posto in una zona sub pianeggiante - protetta dai sovrastanti terreni da un muro a retta esistente, che non verrà interessato dai lavori di rifacimento - si ritiene di poter attribuire la classe di pericolosità più bassa.

2.4.3 Pericolosità sismica

Per l'area in esame, lo studio di supporto allo S. U. non contiene indicazioni relative a quanto previsto dal D.P.G.R. 25/10/2011 - N. 53/R.

Nella tavola n. 7 è riportato un estratto della carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale (ZMPSL), redatta ai sensi del D.P.G.R. n. 26/R del 2007, nella quale, per la zona di studio, non sono segnalate particolari problematiche.

2.5 Fattibilità dello S.U. comunale

Per l'area in esame, il quadro conoscitivo relativo allo S. U. Comunale non contiene informazioni specifiche di fattibilità.

3. PARTE 2° - AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO DI SUPPORTO ALLA VARIANTE AL PIANO UNITARIO DI SISTEMAZIONE

3.1 MODELLAZIONE GEOLOGICO TECNICA

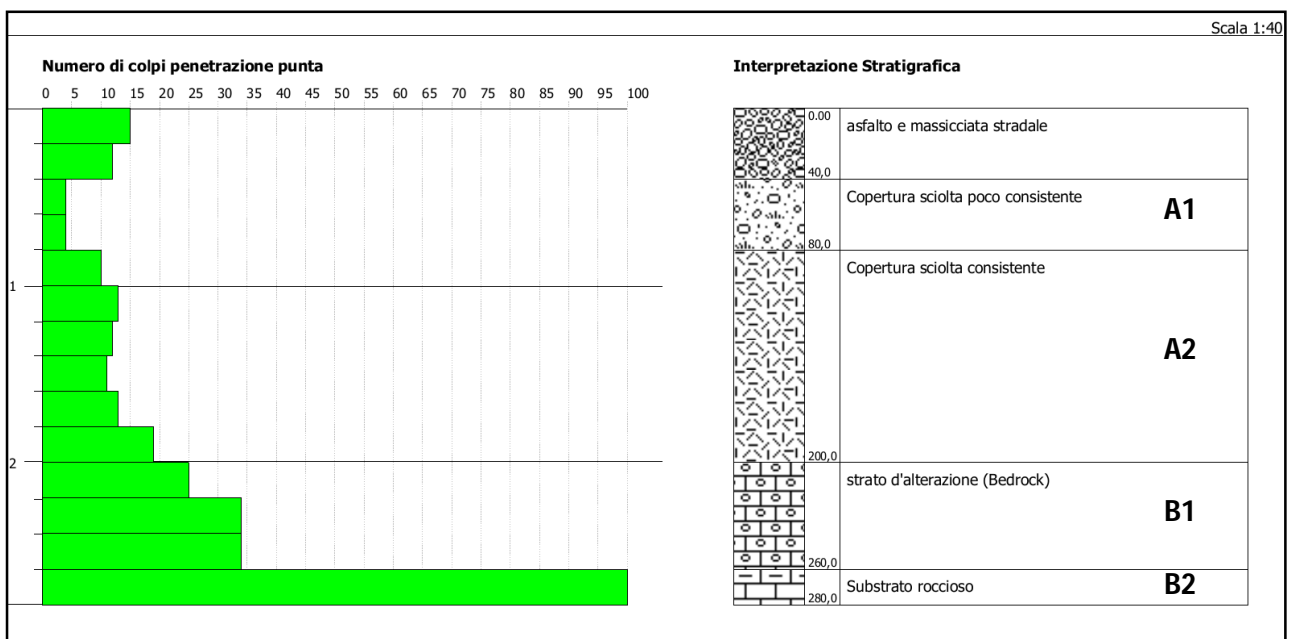
3.1.1 Modello litostratigrafico del sottosuolo

La successione litostratigrafica locale è stata ricostruita sulla base del rilievo di campagna e dei dati della prova penetrometrica dinamica eseguita nei pressi degli attuali servizi igienici.

Il rapporto di prova è riportato nella **Scheda informativa n. 2**.

Nella sottostante figura n.1 è riprodotto il diagramma con il numero dei colpi registrato e la relativa interpretazione stratigrafica.

Fig. 1



Al di sotto dell'asfalto del piano stradale, e della sua massicciata (primi 40 centimetri), sono stati individuati due orizzonti litologici principali (**A** e **B**).

Uno, più superficiale, costituito da una copertura di materiali sciolti, e quello sottostante, rappresentato dal substrato lapideo.

L'orizzonte **A**, formato da materiali grossolani inglobati in una matrice fine argillo-limosa, è a sua volta suddivisibile in due sottolivelli sulla base delle sue caratteristiche di "resistenza".

Anche per l'orizzonte **B** è stato identificato un livello più superficiale d'alterazione (Bedrock) che si differenzia dal sottostante substrato roccioso, più consistente, all'interno del quale si è completata, per rifiuto, la prova penetrometrica.

3.1.2 Caratterizzazione geotecnica

Nella tabella n.1 sono riportati i parametri geotecnici ricavati rielaborando i dati della prova penetrometrica con apposito software (*Dynamic Probing di Geostru*)

| Tabella n.1 STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH Nr.1 | | | | | | | |
|--|-----------|-------------------------------|--|-------------|------------------|----------|---------|
| Orizzonte | Prof. (m) | γ (KN/m ³) | γ_{sat} (KN/m ³) | ϕ' (°) | $c'^{(*)}$ (KPa) | Ed (Mpa) | G (Mpa) |
| Asfalto | 0,4 | 20,59 | - | - | - | - | - |
| A1 | 0,8 | 15,40 | 18,53 | 21,67 | 5,0 | 3,87 | 36,03 |
| A2 | 2,0 | 19,32 | 19,32 | 25,42 | 9,8 | 6,52 | 74,04 |
| B1 | 2,6 | 21,77 | | 32,93 | 20,0 | 11,81 | 125,91 |
| B2 | 2,8 | - | - | - | - | 32,10 | 257,54 |

γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; ϕ' = angolo d'attrito non drenato; c' = coesione non drenata; Ed = modulo edometrico; G = modulo di deformazione al taglio.
 (*) I valori di coesione, non essendo ricavabili direttamente dalla prova, sono stati attribuiti per analogia con litotipi simili e confrontabili.

Sulla base della parametrizzazione e della ricostruzione stratigrafica sopra riportate si possono fare le seguenti considerazioni.

Copertura sciolta (orizzonti A1 e A2)

Si tratta di materiali con caratteristiche geomeccaniche che risultano mediocri sino alla profondità di 80 centimetri.

A quote più basse le proprietà migliorano e non si riscontrano particolari problematiche dal punto di vista geotecnico.

Ammasso roccioso (orizzonti B1 e B2)

In questo caso i terreni hanno caratteristiche geotecniche esuberanti rispetto agli interventi di progetto.

3.2 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

3.2.1 Indagini geofisiche

Per la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni e il calcolo del parametro Vs30, è stata svolta un'indagine geofisica, mediante l'esecuzione di un profilo di sismica a rifrazione con onde SH.

I risultati e l'ubicazione della prova sono riportati nel rapporto di prova contenuto nella **Scheda informativa n. 2**.

L'elaborazione del profilo sismico, che per motivi logistici è stato eseguito a monte dell'edificio da demolire e ricostruire, ha evidenziato la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di taglio Sh:

V1 = 94 - 116 m/s;

V2 = 325 m/s;

V3 = 638 - 700 m/s.

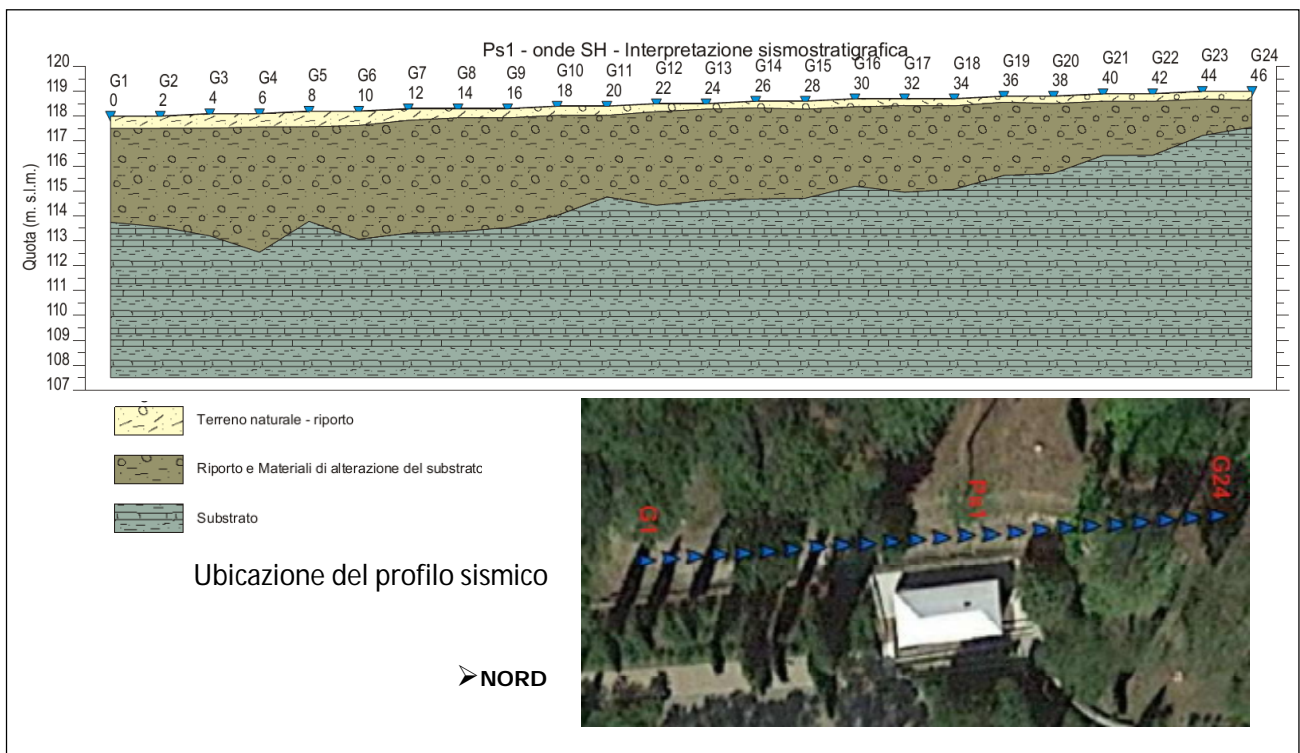
Il primo livello, che ha uno spessore compreso fra 0,2 m 0,6 m, può essere riferito a terreni rimaneggiati e di riporto.

Il secondo orizzonte sismico ha uno spessore variabile fra 1,1 m e 5,0 m. Questo livello raggiunge profondità comprese fra 1,4 m e 5,6 m e può essere riferito a riporto addensato e a materiali di alterazione del substrato.

Le velocità del terzo orizzonte sismico possono essere messe in relazione con il passaggio al substrato litoide.

In figura n. 2 si riporta il relativo profilo sismostratigrafico.

Fig. 2



3.2.2 Attribuzione della categoria di suolo sismico

L'identificazione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC08) è fatta in base al calcolo del parametro V_{S30} (approccio semplificato) che è dato da:

$$V_{S30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$$

Il valore medio di V_{S30} calcolato lungo il profilo è pari a 568 m/s.

Considerati i contrasti di velocità, e visti i rapporti stratigrafici sopra identificati, per la zona è attribuibile la **categoria B** dei suoli di fondazione.

3.2.3 Azione sismica di progetto

La zona fa parte di un territorio compreso nelle aree sismiche di II categoria (S = 9 - D.M. 19.03.1982).

Secondo la più recente classificazione sismica regionale il territorio comunale di San Casciano è inserito tra le zone con sismicità **3**¹.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 questa classificazione non è più in rapporto con la progettazione, ma si pone solo come riferimento per la disciplina del deposito dei progetti presso gli Uffici regionali, discriminando i comuni assoggettati ad autorizzazione preventiva da quelli in cui è vigente il controllo a campione e la percentuale del campione stesso.

Attualmente l'azione sismica deve essere valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di suolo di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

La pericolosità sismica, su reticolo di riferimento e nell'intervallo di interesse, è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo, e periodi di ritorno non contemplati direttamente, si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso.

Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} , associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica:

ag = accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

Individuati sul reticolo i parametri di pericolosità sismica, si valutano, con attinenza alla struttura in esame, i seguenti parametri spettrali:

S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S = S_s \times S_t$ (p.to 3.2.5 NTC-08);

F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.

Nella sottostante figura n. 3 sono riportati i parametri e i coefficienti sismici di progetto

¹ Aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, approvato con Del.G.R.T. n° 878 del 8/10/2012.

Fig. 3 - parametri sismici (ag , FO e TC. *) e coefficienti sismici (kh, kv) stimati con Geostru software - www.geostru.com

Via n°

Comune Cap

Provincia

WGS84 (°)

Latitudine

Longitudine

Isole

(1)* Coordinate WGS84 (°)
 Latitudine Longitudine

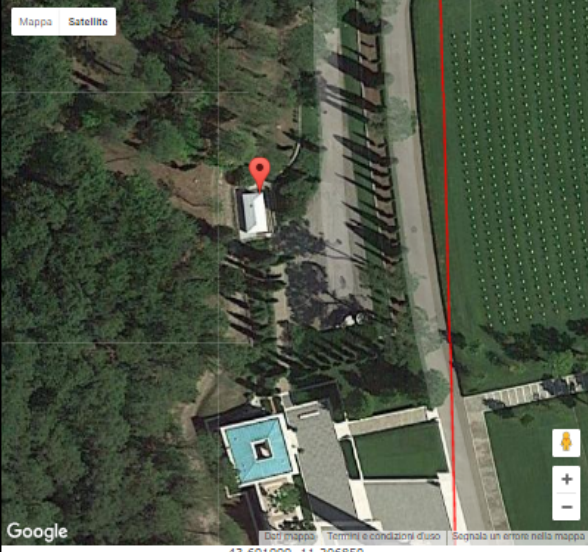
(1)* Coordinate ED50 (°)
 Latitudine Longitudine

Classe dell'edificio

Cu =

Vita nominale
 (Opere provvisorie <= 10, Opere ordinarie >= 50, Grandi opere >= 100)
 Interpolazione

Mappa



Google

43.691999, 11.206850

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.
 (2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

| Stato Limite | Tr [anni] | a _s [g] | Fo | Tc' [s] |
|--|-----------|--------------------|-------|---------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0,043 | 2,583 | 0,251 |
| Danno (SLD) | 50 | 0,052 | 2,608 | 0,282 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 475 | 0,123 | 2,392 | 0,295 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 975 | 0,157 | 2,397 | 0,298 |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica: | | 50 | | |

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

Muri di sostegno Paratie
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)
 us (m)

Categoria sottosuolo
 Categoria topografica

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
| Sa * Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| Cc * Coeff. funz categoria | 1,45 | 1,44 | 1,40 | 1,40 |
| St * Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Acc. massima attesa al sito [m/s²]

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,010 | 0,013 | 0,035 | 0,045 |
| kv | 0,005 | 0,008 | 0,018 | 0,023 |
| Amax [m/s ²] | 0,510 | 0,615 | 1,450 | 1,848 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,240 | 0,240 |

Categoria sottosuolo: B; Categoria topografica: T1; Periodo di riferimento: 50anni;
 Coefficiente cu: 1; Classe: 2; Vita nominale: 50 anni.

Sito in esame.

latitudine: 43,692958771925

longitudine: 11,2078326692227

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 20279 Lat: 43,7113Lon: 11,1384 Distanza: 5938,662

Sito 2 ID: 20280 Lat: 43,7126Lon: 11,2076 Distanza: 2188,533

Sito 3 ID: 20502 Lat: 43,6627Lon: 11,2095 Distanza: 3371,673

Sito 4 ID: 20501 Lat: 43,6613Lon: 11,1404 Distanza: 6463,307

4. PARTE 3° - ESECUZIONE DELLA VARIANTE AL PIANO UNITARIO DI SISTEMAZIONE

4.1 *Attribuzione di fattibilità*

Gli studi di approfondimento, eseguiti in questa fase d'indagine, avvalorano le indicazioni già individuate a livello di S. U. Comunale.

Le indagini dirette hanno permesso di verificare la realizzabilità degli interventi di trasformazione previsti attribuendo, per gli stessi, le seguenti classi di fattibilità:

- fattibilità idraulica = F.1, corrispondente a una situazione che non comporta nessun tipo di condizionamento;
- fattibilità geomorfologica e sismica = F2, corrispondente a una previsione d'intervento per la quale vanno indicate le eventuali tipologie d'indagine e/o specifiche prescrizioni progettuali.

4.2 *Condizioni di attuazione degli interventi edificatori*

Per quanto di competenza, visti gli studi di dettaglio eseguiti nell'area d'intervento, non si rileva la necessità di eseguire nuove indagini, o imporre particolari prescrizioni, per il conseguimento del necessario titolo abilitativo.

Per questo, ferma restando la necessità di effettuare le verifiche geotecniche di dettaglio, previste dalla vigente normativa, il presente elaborato costituisce valido strumento anche per la presentazione del progetto edilizio relativo all'intervento diretto.

Firenze, 23 settembre 2016

Geol. Riccardo Caverni



SCHEDA INFORMATIVA N. 1

QUADRO CONOSCITIVO DELLO STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

TAVOLA 1 - Inquadramento geologico

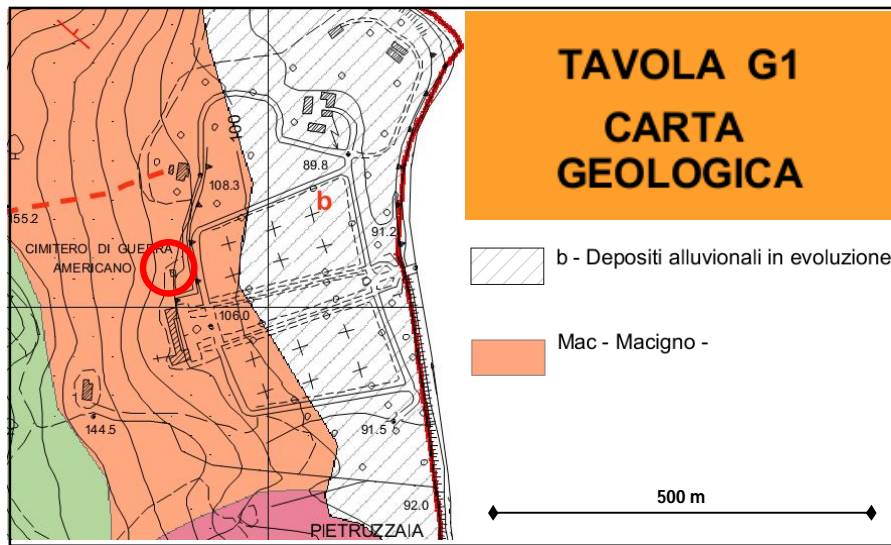


TAVOLA 2 Carta litotecnica

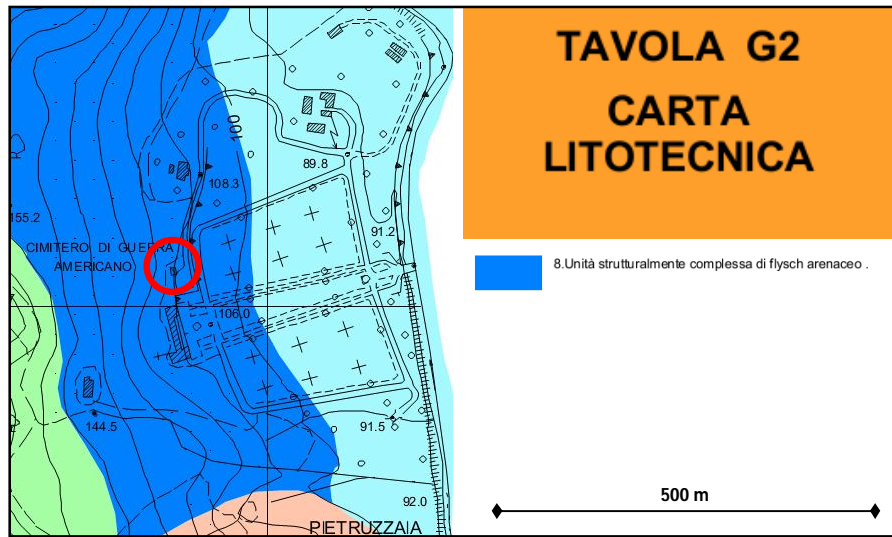


TAVOLA 3 Carta geomorfologica

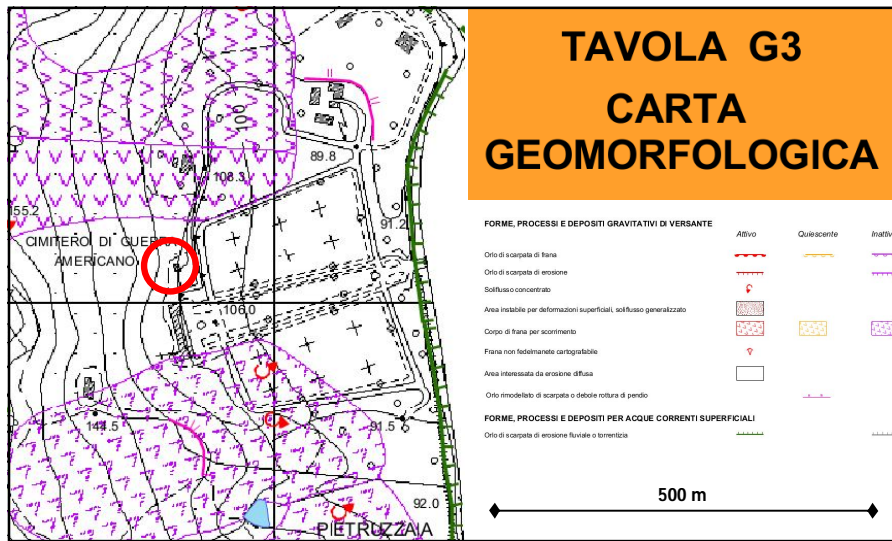


TAVOLA 4 Carta idrogeologica

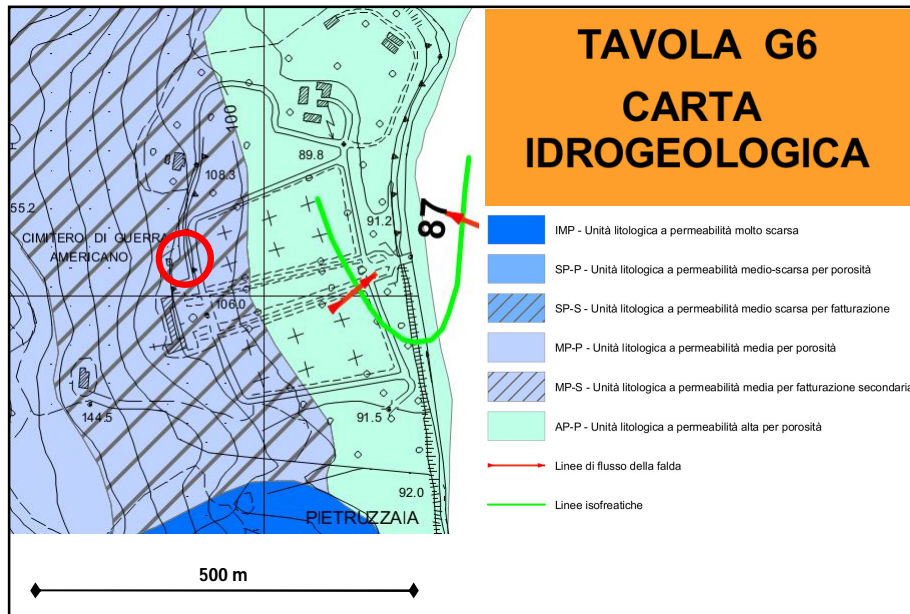


TAVOLA 5 Pericolosità idraulica

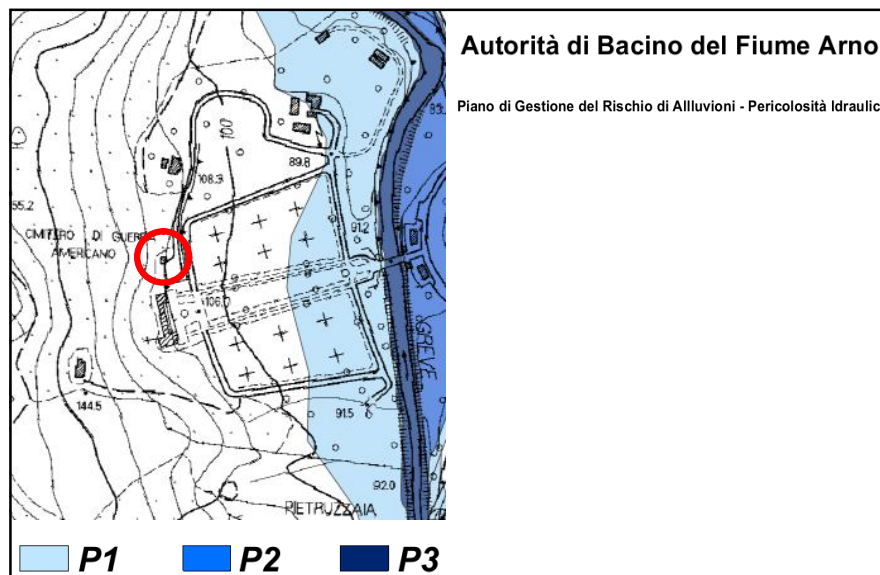
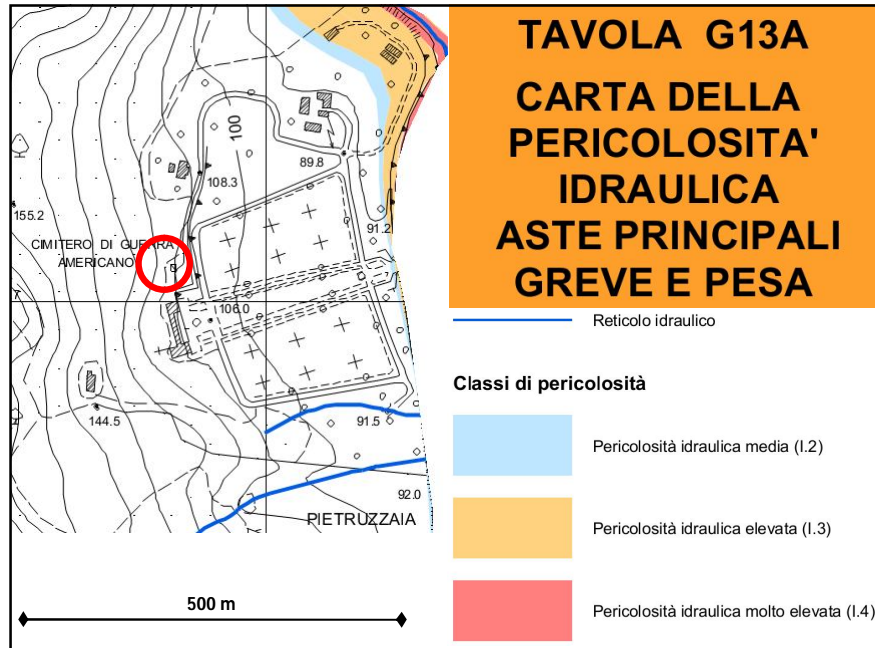


TAVOLA 6 - Pericolosità Geomorfologica

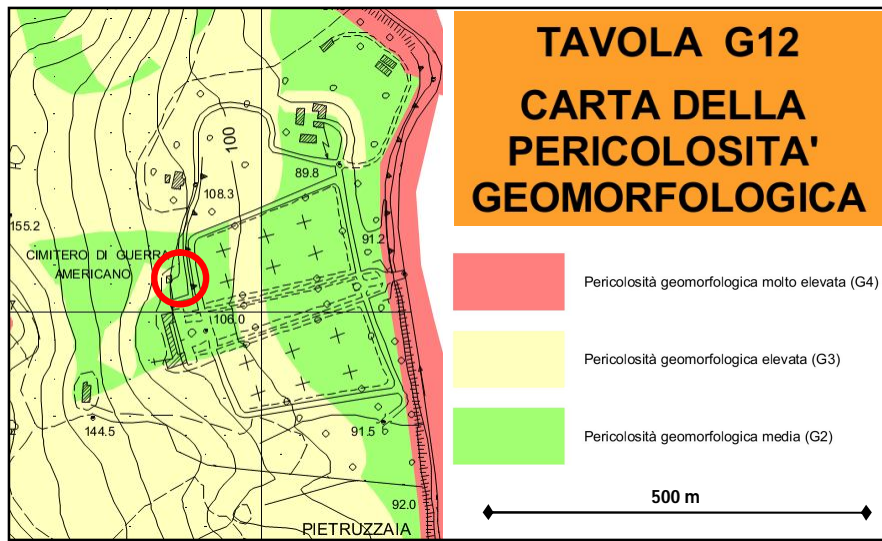
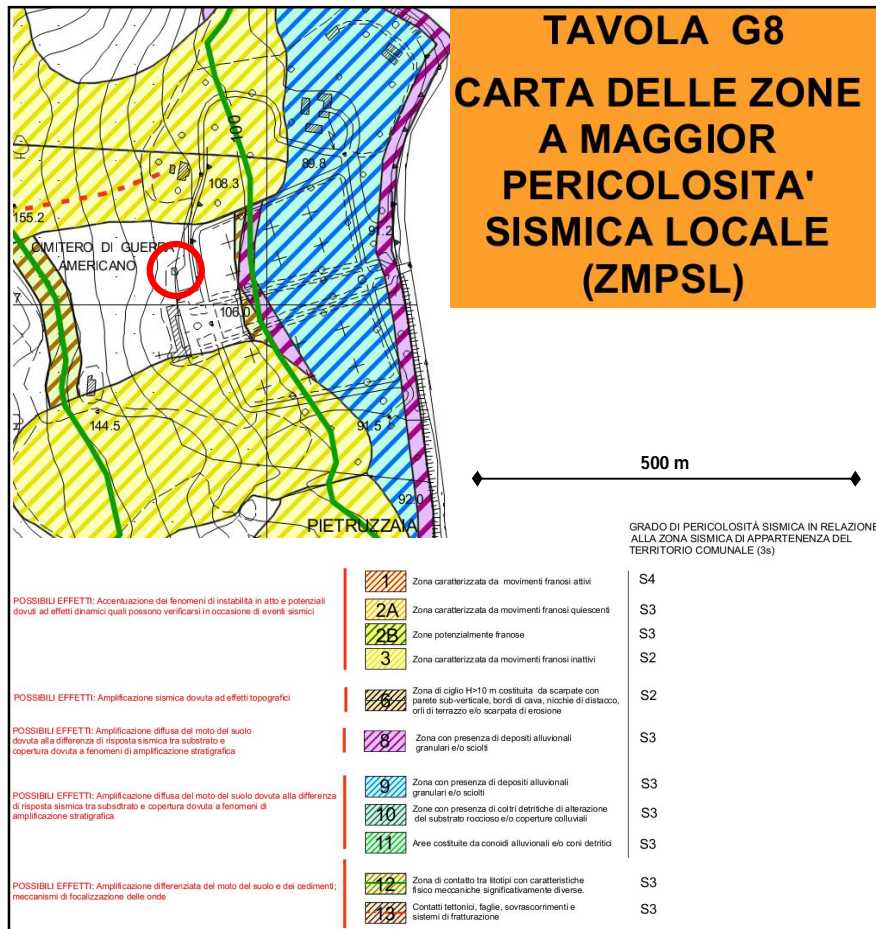


TAVOLA 7 - Pericolosità sismica locale (ZMPSL)



SCHEDA INFORMATIVA N. 2

Rapporti di prova

Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro Super Heavy

Pagina n. 1

Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: **Studio Associato Gabelli/Sgambelluri**

Indagine: **VA-118-16** Rapporto : **229-16** Prova n° **1**

Località: **Impruneta, Cimitero Americano di Firenze**

in data: **14/09/16**

Note sulla committenza: ==

Note relative alla prova: ==

Falda rilevata alla profondità di cm: ==

Numero aste alla profondità iniziale: 2

| Z | N colpi | N aste | Rd |
|-----|---------|--------|--------|
| 20 | 15 | 2 | 146,33 |
| 40 | 12 | 2 | 117,06 |
| 60 | 4 | 2 | 39,02 |
| 80 | 4 | 2 | 39,02 |
| 100 | 10 | 2 | 97,55 |
| 120 | 13 | 3 | 116,31 |
| 140 | 12 | 3 | 107,37 |
| 160 | 11 | 3 | 98,42 |
| 180 | 13 | 3 | 116,31 |
| 200 | 19 | 3 | 170,00 |
| 220 | 25 | 4 | 206,57 |
| 240 | 34 | 4 | 280,93 |
| 260 | 34 | 4 | 280,93 |
| 280 | 100 | 4 | 826,27 |

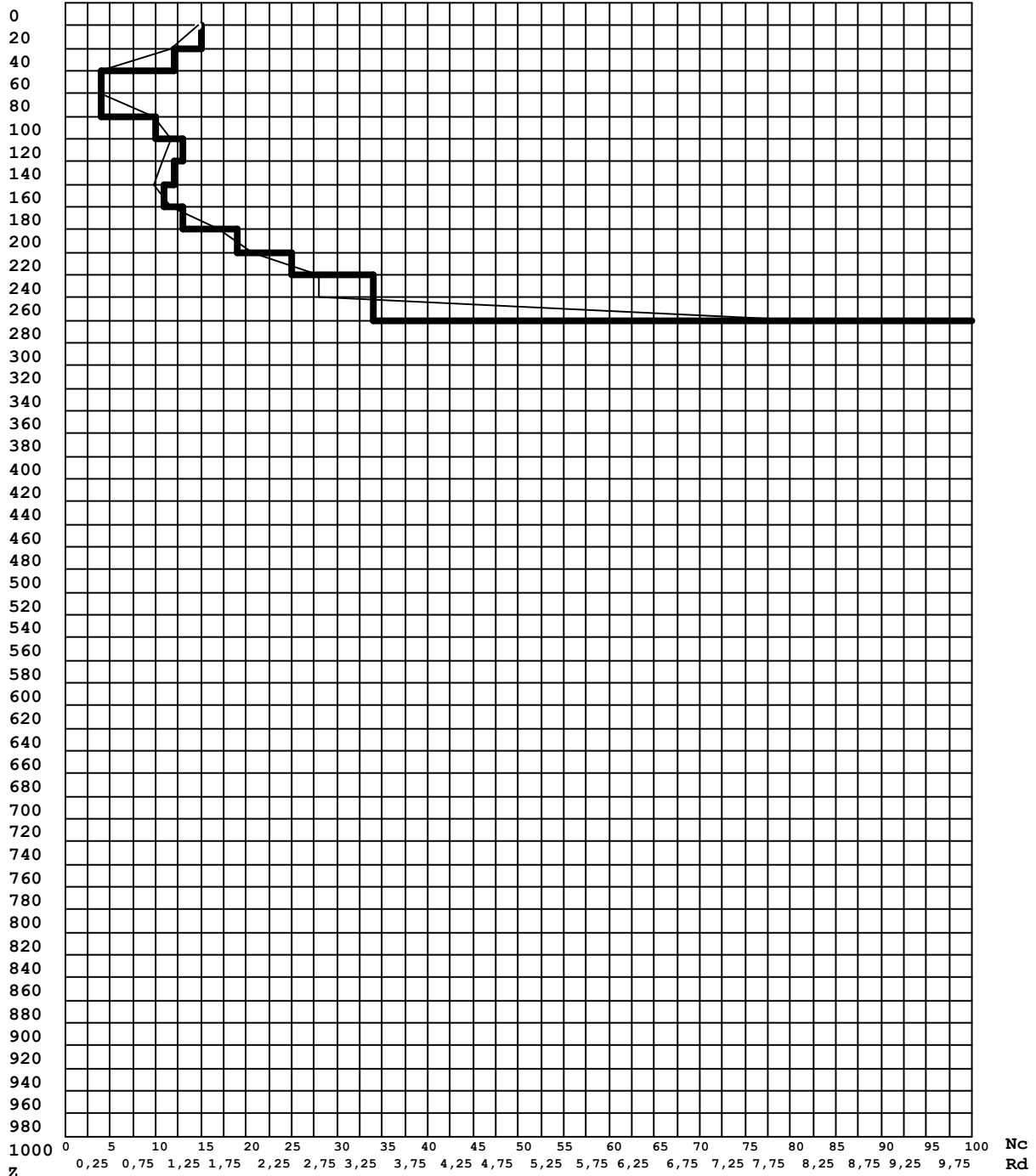
Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm²) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

Diagramma Z (N) -Rd (N)

Committente :Studio Associato Gabelli/Sgambelluri
Note :==
Indagine :VA-118-16 - Certificato di prova : 229-16
Località :Impruneta, Cimitero Americano di Firenze
Numero prova :1
Data prova :14/09/16
Note operative :==
Profondità falda :== (cm)
Num. aste inizio :2



Legenda

Ascisse : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)
 : Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm2)
Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

Igetecma s.n.c.
Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)
Tel. 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415





IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC
Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A
Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71
Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

Rapporto di Prova n°240/16/S

Montelupo Fiorentino 15/09/2016

SETTORE: Geofisica - sismica a rifrazione con onde SH
COMMITTENTE: STUDIO ASSOCIATO GABELLI / SGAMBELLURI
CANTIERE: Cimitero Americano di Firenze, Impruneta (FI)
RICHIEDENTE: Geol. Caverni Riccardo
RIFERIMENTO: R.P.E. n°261/16

Indice:

| | |
|---|--------|
| 1. Scopo dell'indagine | Pag. 1 |
| 2. Indagine mediante sismica a rifrazione | |
| 2.1. Procedure di campagna | |
| 2.2. Metodo di elaborazione dei dati | |
| 3. Presentazione dei dati | Pag. 4 |
| 4. Risultati dell'indagine | Pag. 4 |
| 5. Normativa sismica e calcolo del Vs30 | Pag. 5 |
| 6. Caratteristiche della strumentazione | Pag. 6 |

Il Direttore del Laboratorio
Ing. F. Politi

Il Tecnico
Geol. A. Farolfi

1 Scopo dell'indagine

Su incarico dello STUDIO ASSOCIATO GABELLI / SGAMBELLURI, è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione con onde SH presso il Cimitero Americano di Firenze, Impruneta (FI). E' stato eseguito n°1 profilo di sismica a rifrazione superficiale con registrazione di onde SH, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 2.0 m, per un totale di 46 m di rilievo. Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni ed il calcolo del parametro Vs30.

2 Indagine mediante sismica a rifrazione

2.1 Procedure di campagna

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata, l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo. Le energizzazioni vengono effettuate alternativamente su entrambi i lati, mediante massa battente, e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata. Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali). La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati. I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

2.2 Metodo di elaborazione dei dati

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocrone) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (*t₀*), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento. Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni

di velocità fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni. In Tabella I sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche di compressione P e di taglio SH (espresse in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura. Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (*delay time*), il Metodo del tempo di intercetta ed il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980). Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifrattore (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche nel rifrattore stesso. Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo. I limiti del metodo a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta; tale situazione è nota come "orizzonte nascosto". Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile. Ambedue le situazioni stratigrafiche portano a sovraestimare o sottostimare lo spessore delle coperture. Quando da altri rilievi si è a conoscenza della possibile presenza di orizzonti sismici nascosti è possibile, in fase di elaborazione dei dati con il metodo G.R.M., la verifica dello spessore di tali zone, poiché negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è così piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza. L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra

i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

| Materiale | V P m/s | V SH m/s | |
|------------------------------------|-------------|------------------|------------------|
| | | VP/VSH 1.9 - 3.5 | VP/VSH 1.9 - 3.5 |
| Detrito superficiale alterato | 300 - 600 | 86 - 158 | 171 - 316 |
| Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta | 500 - 900 | 143 - 263 | 257 - 474 |
| Sabbia bagnata | 600 - 1800 | 171 - 316 | 514 - 947 |
| Argilla | 900 - 2700 | 257 - 474 | 771 - 1421 |
| Acqua | 1430 - 1680 | - | - |
| Arenaria | 1800 - 4000 | 514 - 947 | 1143 - 2105 |
| Scisti argillosi | 2500 - 4200 | 714 - 1316 | 1200 - 2211 |
| Calcere | 2000 - 6000 | 571 - 1053 | 1714 - 3158 |
| Sale | 4200 - 5200 | 1200 - 2211 | 1486 - 2737 |
| Granito | 4000 - 6000 | 1143 - 2105 | 1714 - 3158 |
| Rocce metamorfiche | 3000 - 7000 | 857 - 1579 | 2000 - 3684 |

Tabella I – Velocità dei principali materiali.

3 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- planimetria con ubicazioni delle indaginipag 8
- sezioni sismiche interpretate, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo.....pag 9-10
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismicapag 11
- registrazioni di campagna e dromocrone relative.....pag 12
- Documentazione fotograficapag 13

4 Risultati dell'indagine

L'indagine mediante sismica a rifrazione ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di taglio SH:

$$V1 = 94 - 116 \text{ m/s}$$

$$V2 = 325 \text{ m/s}$$

$$V3 = 638 - 700 \text{ m/s}$$

Il primo orizzonte sismico ha spessori compresi fra 0.2 m e 0.6 m, riferibili a materiali di riporto e a terreno naturale. Il secondo orizzonte sismico, con spessori compresi fra 1.1 m e 5.0 m, raggiunge profondità variabili fra 1.4 m e 5.6 m ed è riferibile a riporto e a materiali di alterazione del substrato addensati. Le velocità del terzo orizzonte sismico possono essere messe in relazione con il passaggio al substrato litoide.

In tabella vengono riportate le coordina WGS84 del posizionamento dei geofoni.

| Coordinate WGS84 | | |
|------------------|------------------|------------------|
| Geofono | Latitudine | Longitudine |
| 1 | 43.6921463340205 | 11.2067433621337 |
| 2 | 43.6921283808435 | 11.2067451625637 |
| 3 | 43.6921104276666 | 11.2067469629928 |
| 4 | 43.6920924744895 | 11.2067487634211 |
| 5 | 43.6920745213124 | 11.2067505638485 |
| 6 | 43.6920565681352 | 11.2067523642751 |
| 7 | 43.6920386149580 | 11.2067541647008 |
| 8 | 43.6920206617808 | 11.2067559651257 |
| 9 | 43.6920027086034 | 11.2067577655497 |
| 10 | 43.6919847554260 | 11.2067595659728 |
| 11 | 43.6919668022486 | 11.2067613663951 |
| 12 | 43.6919488490711 | 11.2067631668165 |
| 13 | 43.6919308958935 | 11.2067649672370 |
| 14 | 43.6919129427159 | 11.2067667676567 |
| 15 | 43.6918949895382 | 11.2067685680755 |
| 16 | 43.6918770363605 | 11.2067703684935 |
| 17 | 43.6918590831827 | 11.2067721689106 |
| 18 | 43.6918411300048 | 11.2067739693269 |
| 19 | 43.6918231768269 | 11.2067757697423 |
| 20 | 43.6918052236489 | 11.2067775701568 |
| 21 | 43.6917872704709 | 11.2067793705704 |
| 22 | 43.6917693172928 | 11.2067811709833 |
| 23 | 43.6917513641146 | 11.2067829713952 |
| 24 | 43.6917334109364 | 11.2067847718063 |

5 Normativa sismica e calcolo del parametro V_{s30}

L'Ordinanza P.C.M. n°3274/03 istituisce diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto. Tali categorie vengono definite in base al calcolo del parametro V_{s30} che è dato da:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio SH (in m/sec.) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il valore medio di V_{s30} medio calcolato da piano campagna è 568 m/s. Per i contrasti di velocità e i rapporti stratigrafici individuati la zona in esame rientra nella categoria B dei suoli di fondazione..

| Categorie di Suolo di Fondazione | V _s 30 m/s | N _{spt} - C _u |
|--|-------------------------------|---|
| A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. | V _s 30 > 800 | |
| B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero N _{spt} > 50 nei terreni a grana grossa e cu > 250 kPa nei terreni a grana fine) | 360 < V _s 30 < 800 | N _{spt} > 50 C _u > 250 kPa |
| C Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (ovvero 15 < N _{spt} < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu < 250 kPa nei terreni a grana fina) | 180 < V _s 30 < 360 | 15 < N _{spt} < 50 70 < C _u < 250 kPa |
| D Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/sec (ovvero N _{spt} < 15 nei terreni a grana grossa e cu < 70 kPa nei terreni a grana fina) | V _s 30 < 180 | N _{spt} < 15 C _u < 70 kPa |
| E Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento con Vs>800 m/sec. | V _s 30 < 360 | |
| S1 Depositati costituiti da Vs30 inferiori a 100m/s (ovvero 10 < cu < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche | V _s 30 < 100 | 10 < C _u < 20 kPa |
| S2 Depositati di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti. | | |

Tabella III – Categorie di suolo di fondazione

6 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagini è composto da un sistema modulare della Geometrics così configurato:

Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

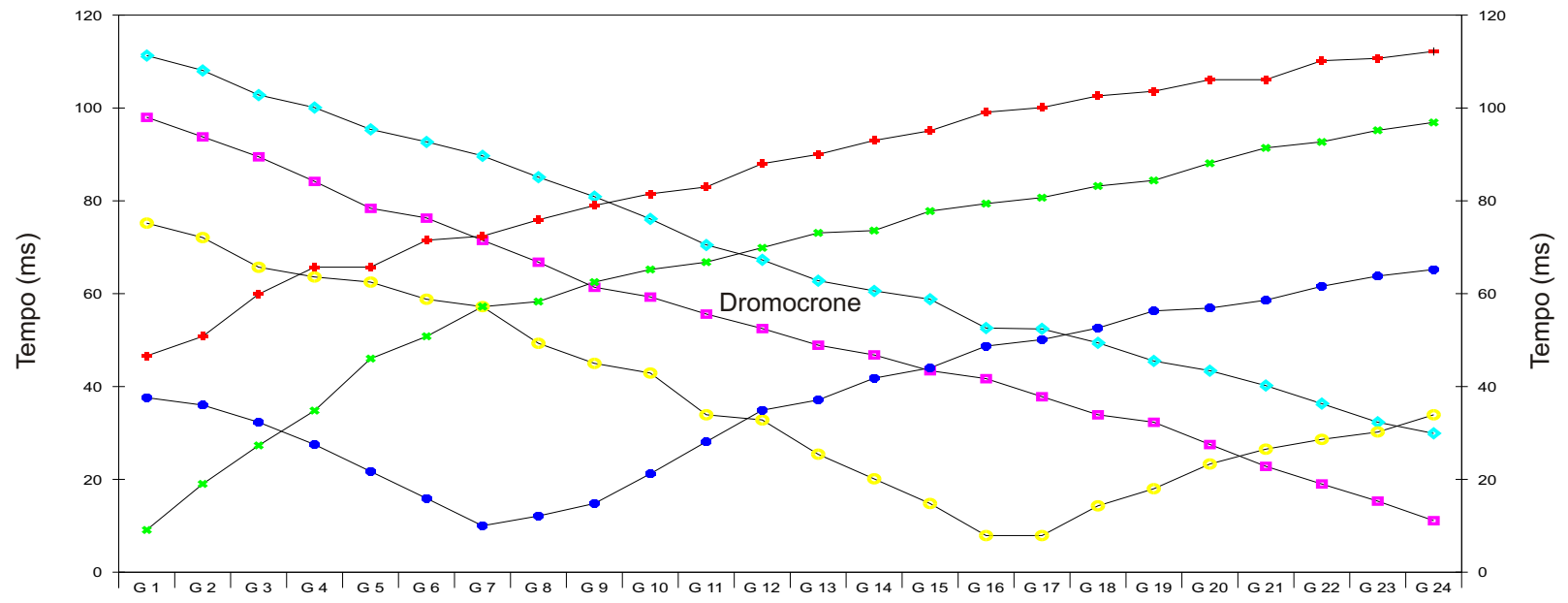
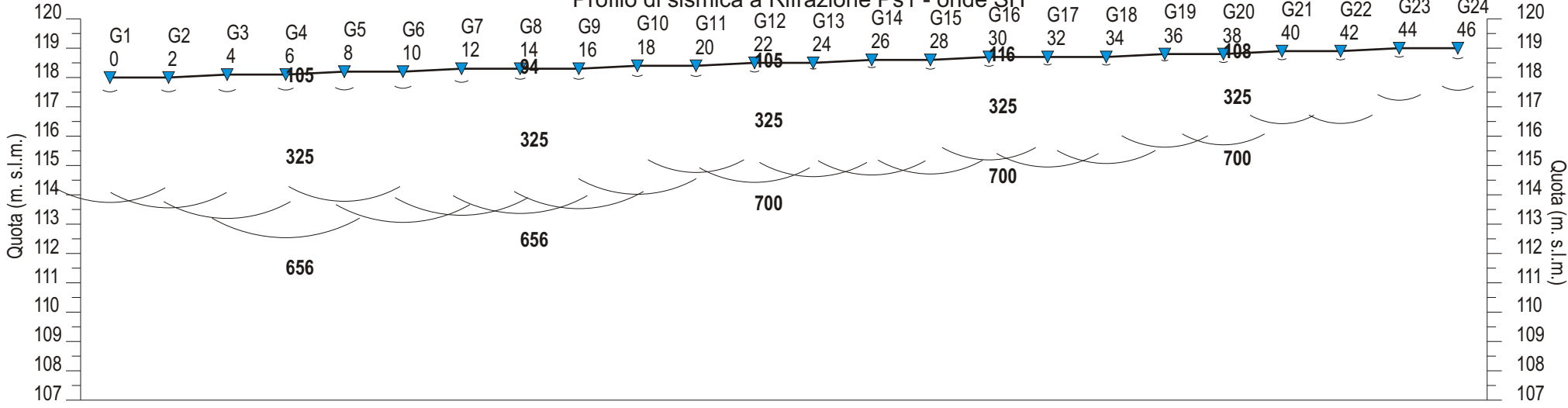
- risoluzione segnale A/D 24 bit;
- escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- fino a 64.000 campioni per traccia;

- distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75 – 208 Hz;
 - amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
 - filtri anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist;
 - filtri digitali low-cut, high-cut, notch;
 - precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
 - pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 1.000 ms;
 - salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
 - 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz;
 - 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 4.5 Hz;
 - sistema di starter (trigger) mediante accelerometro;
 - energizzazione mediante mazza da 5 Kg, minibang calibro 8, grave da 30/60 kg.
-
-
-

Ubicazione Indagini



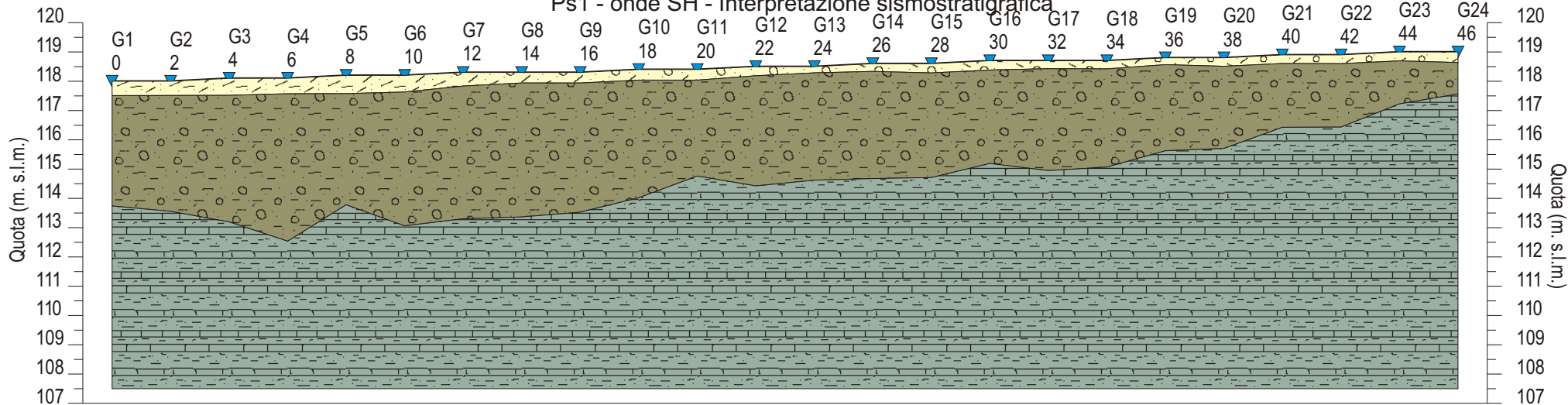
Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde SH



Legenda




- ▼ Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- - - 1326 Velocità in m/sec.
- - - Contatti tettonici
Faglie presunte
- Scala 1:250

Ps1 - onde SH - Interpretazione sismostratigrafica



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Z1 (m) | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | |
| Z2 (m) | 3.8 | 4.0 | 4.3 | 5.0 | 3.8 | 4.6 | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 4.0 | 3.3 | 3.8 | 3.7 | 3.7 | 3.6 | 3.2 | 3.5 | 3.4 | 2.9 | 2.8 | 2.2 | 2.2 | 1.5 | 1.1 |
| H2 (m) | 4.3 | 4.4 | 4.9 | 5.6 | 4.4 | 5.1 | 5.0 | 4.9 | 4.8 | 4.4 | 3.6 | 4.1 | 3.9 | 3.9 | 3.9 | 3.5 | 3.8 | 3.6 | 3.2 | 3.1 | 2.5 | 2.5 | 1.8 | 1.4 |
| V1 (m/s) | 108 | 107 | 106 | 105 | 104 | 104 | 103 | 94 | 97 | 100 | 102 | 105 | 108 | 110 | 113 | 116 | 116 | 114 | 111 | 108 | 106 | 103 | 100 | 98 |
| V2 (m/s) | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 | 325 |
| V3 (m/s) | 638 | 638 | 638 | 656 | 656 | 656 | 656 | 656 | 656 | 656 | 656 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 |

Legenda:

-  Terreno naturale - riporto
-  Riporto e Materiali di alterazione del substrato
-  Substrato

Scala 1:250

Z = Spessore dell'orizzonte
H = Profondità dell'orizzonte
V = Velocità dell'orizzonte
Q = Quota del geofono in m. s. l. m.

Dati Ps1 - onde SH

Tempi di arrivo

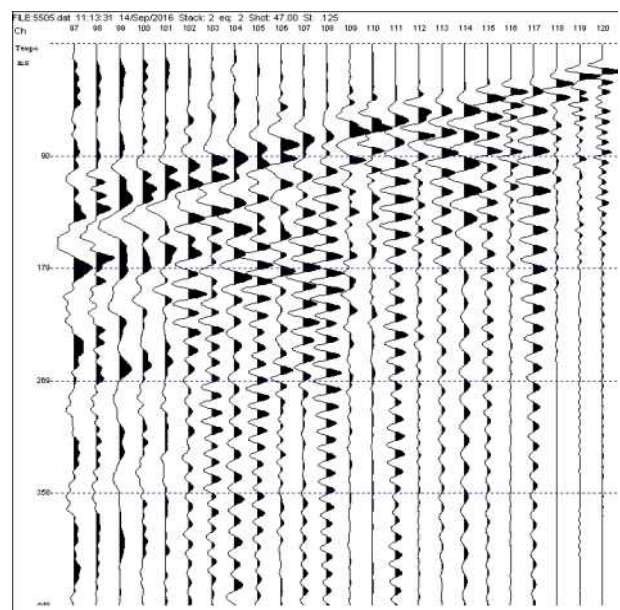
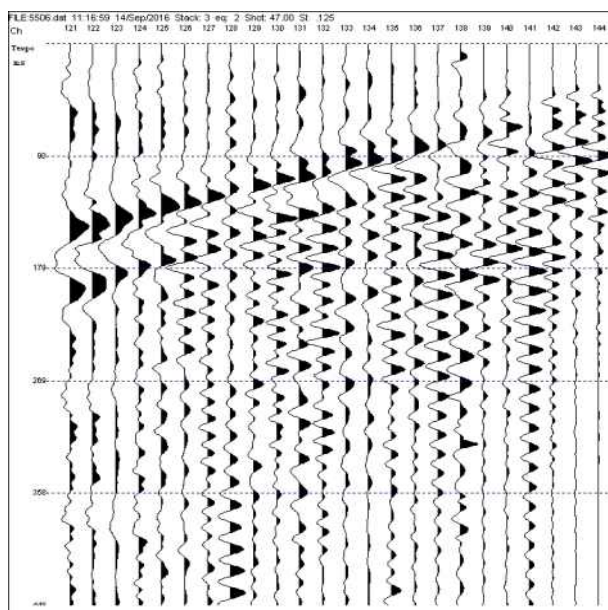
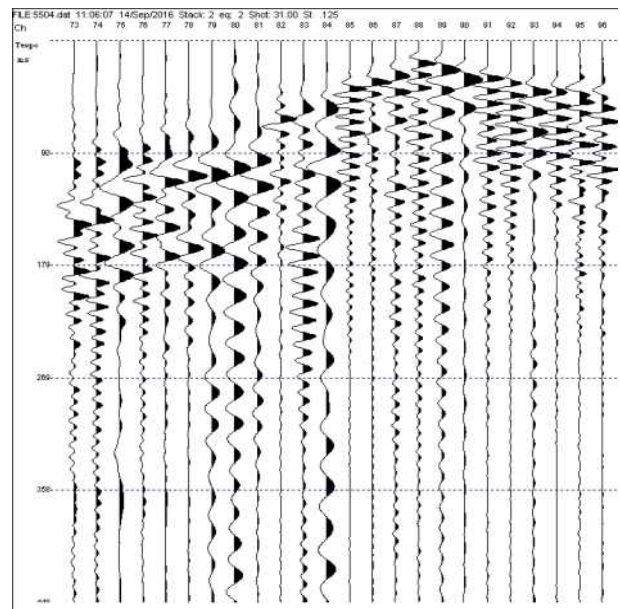
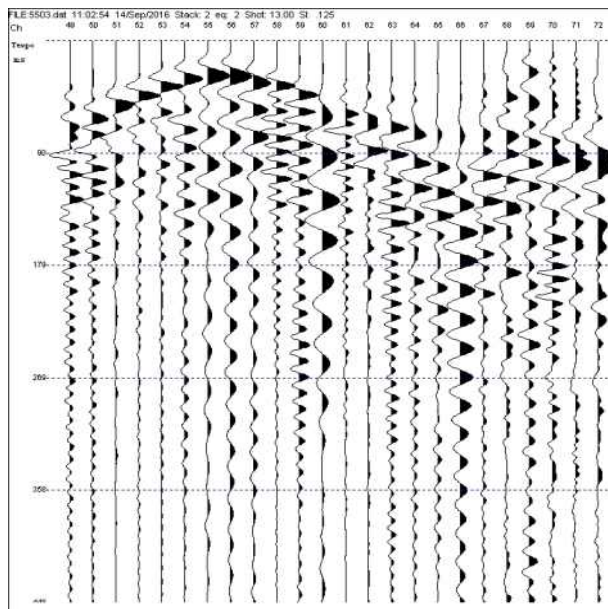
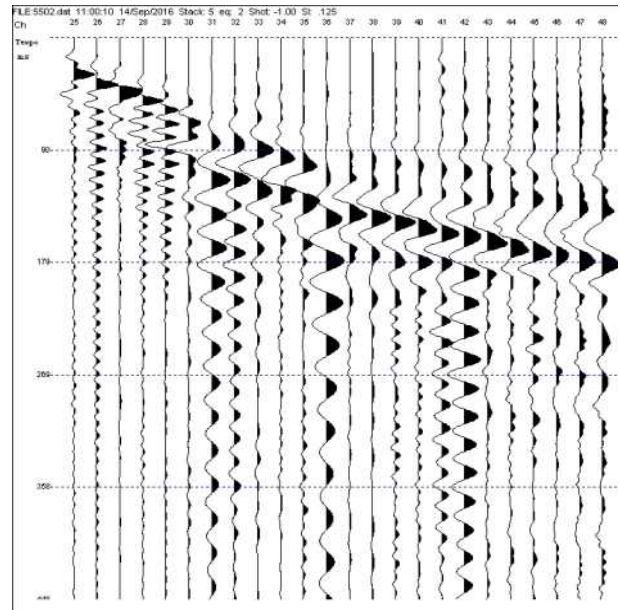
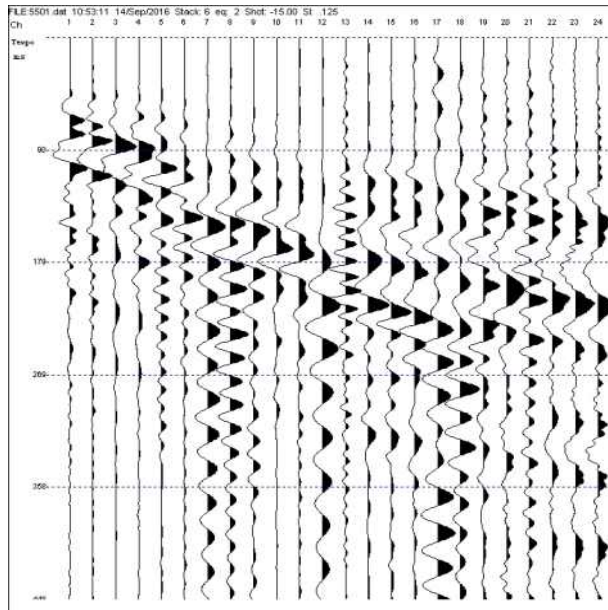
| Geo. N° | Dist. m | ShotA ms | ShotB ms | ShotC ms | ShotD ms | ShotE ms | ShotF ms |
|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0.0 | 46.60 | 9.10 | 37.60 | 75.20 | 98.00 | 111.30 |
| 2 | 2.0 | 50.80 | 19.00 | 36.00 | 72.10 | 93.80 | 108.10 |
| 3 | 4.0 | 59.90 | 27.30 | 32.30 | 65.70 | 89.50 | 102.80 |
| 4 | 6.0 | 65.70 | 34.80 | 27.50 | 63.60 | 84.20 | 100.10 |
| 5 | 8.0 | 65.70 | 46.00 | 21.70 | 62.50 | 78.40 | 95.40 |
| 6 | 10.0 | 71.50 | 50.80 | 15.90 | 58.80 | 76.30 | 92.70 |
| 7 | 12.0 | 72.40 | 57.20 | 10.00 | 57.20 | 71.50 | 89.70 |
| 8 | 14.0 | 75.90 | 58.30 | 12.10 | 49.30 | 66.80 | 85.10 |
| 9 | 16.0 | 79.00 | 62.50 | 14.80 | 45.00 | 61.40 | 80.90 |
| 10 | 18.0 | 81.50 | 65.20 | 21.20 | 42.90 | 59.30 | 76.10 |
| 11 | 20.0 | 83.00 | 66.80 | 28.10 | 33.90 | 55.60 | 70.50 |
| 12 | 22.0 | 88.00 | 69.90 | 34.90 | 32.80 | 52.50 | 67.30 |
| 13 | 24.0 | 90.00 | 73.10 | 37.10 | 25.40 | 48.90 | 62.80 |
| 14 | 26.0 | 93.00 | 73.60 | 41.80 | 20.10 | 46.80 | 60.60 |
| 15 | 28.0 | 95.10 | 77.80 | 44.00 | 14.80 | 43.40 | 58.80 |
| 16 | 30.0 | 99.10 | 79.40 | 48.70 | 7.90 | 41.70 | 52.60 |
| 17 | 32.0 | 100.10 | 80.70 | 50.10 | 7.90 | 37.80 | 52.40 |
| 18 | 34.0 | 102.60 | 83.20 | 52.60 | 14.30 | 33.90 | 49.40 |
| 19 | 36.0 | 103.60 | 84.40 | 56.30 | 18.00 | 32.30 | 45.50 |
| 20 | 38.0 | 106.10 | 88.10 | 56.90 | 23.30 | 27.50 | 43.40 |
| 21 | 40.0 | 106.10 | 91.40 | 58.60 | 26.50 | 22.80 | 40.20 |
| 22 | 42.0 | 110.20 | 92.70 | 61.60 | 28.60 | 19.00 | 36.30 |
| 23 | 44.0 | 110.70 | 95.20 | 63.80 | 30.20 | 15.30 | 32.30 |
| 24 | 46.0 | 112.20 | 96.90 | 65.20 | 33.90 | 11.10 | 29.90 |

| Geo. N° | Q m slm | V1 m/s. | Z1 m | Q1 m slm | V2 m/s. | Z2 m | H2 m | Q2 m slm | V3 m/s. |
|---------|---------|---------|------|----------|---------|------|------|----------|---------|
| 1 | 118.0 | 108 | 0.5 | 117.5 | 325 | 3.8 | 4.3 | 113.7 | 638 |
| 2 | 118.0 | 107 | 0.5 | 117.5 | 325 | 4.0 | 4.4 | 113.6 | 638 |
| 3 | 118.1 | 106 | 0.6 | 117.5 | 325 | 4.3 | 4.9 | 113.2 | 638 |
| 4 | 118.1 | 105 | 0.5 | 117.6 | 325 | 5.0 | 5.6 | 112.5 | 656 |
| 5 | 118.2 | 104 | 0.6 | 117.6 | 325 | 3.8 | 4.4 | 113.8 | 656 |
| 6 | 118.2 | 104 | 0.6 | 117.6 | 325 | 4.6 | 5.1 | 113.1 | 656 |
| 7 | 118.3 | 103 | 0.5 | 117.8 | 325 | 4.5 | 5.0 | 113.3 | 656 |
| 8 | 118.3 | 94 | 0.4 | 117.9 | 325 | 4.6 | 4.9 | 113.4 | 656 |
| 9 | 118.3 | 97 | 0.4 | 117.9 | 325 | 4.4 | 4.8 | 113.5 | 656 |
| 10 | 118.4 | 100 | 0.4 | 118.0 | 325 | 4.0 | 4.4 | 114.0 | 656 |
| 11 | 118.4 | 102 | 0.4 | 118.0 | 325 | 3.3 | 3.6 | 114.8 | 656 |
| 12 | 118.5 | 105 | 0.3 | 118.2 | 325 | 3.8 | 4.1 | 114.4 | 700 |
| 13 | 118.5 | 108 | 0.2 | 118.3 | 325 | 3.7 | 3.9 | 114.6 | 700 |
| 14 | 118.6 | 110 | 0.3 | 118.3 | 325 | 3.7 | 3.9 | 114.7 | 700 |
| 15 | 118.6 | 113 | 0.3 | 118.3 | 325 | 3.6 | 3.9 | 114.7 | 700 |
| 16 | 118.7 | 116 | 0.3 | 118.4 | 325 | 3.2 | 3.5 | 115.2 | 700 |
| 17 | 118.7 | 116 | 0.3 | 118.4 | 325 | 3.5 | 3.8 | 114.9 | 700 |
| 18 | 118.7 | 114 | 0.3 | 118.4 | 325 | 3.4 | 3.6 | 115.1 | 700 |
| 19 | 118.8 | 111 | 0.2 | 118.6 | 325 | 2.9 | 3.2 | 115.6 | 700 |
| 20 | 118.8 | 108 | 0.3 | 118.5 | 325 | 2.8 | 3.1 | 115.7 | 700 |
| 21 | 118.9 | 106 | 0.3 | 118.6 | 325 | 2.2 | 2.5 | 116.4 | 700 |
| 22 | 118.9 | 103 | 0.3 | 118.6 | 325 | 2.2 | 2.5 | 116.4 | 700 |
| 23 | 119.0 | 100 | 0.3 | 118.7 | 325 | 1.5 | 1.8 | 117.2 | 700 |
| 24 | 119.0 | 98 | 0.4 | 118.6 | 325 | 1.1 | 1.4 | 117.6 | 700 |

Legenda:

Z = Spessore dell'orizzonte
H = profondità dell'orizzonte
V = Velocità dell'orizzonte
Q = Quota del geofono in m s. l. m.

Registrazioni Ps1 - onde SH



Documentazione fotografica

