



VERIFICHE DELLE CONDIZIONI STATICHE E DEI LIVELLI DI SICUREZZA SISMICA E DELLO STUDIO DI FATTIBILITÀ MIGLIORAMENTO-ADEGUAMENTO SISMICO DEL PRIMO SETTORE DEL PO SAN DONATO AREZZO

PROGETTAZIONE

Coordinamento generale, progettazione edilizia



MAIN S.r.l. MANAGEMENT & INGEGNERIA
Villanova di Castenaso (BO), Via B. Tosarelli, 344
Tel: + 39.051.4598661
e-mail: segreteria@mainmgmt.it
http: www.mainmgmt.it

Progettazione strutturale



ICONIA Ingegneria Civile S.r.l.
Padova, Via Lisbona, 328/A
Tel: + 39.049.8724245
e-mail: studio@iconia.it
http: www.iconia.it

Geologia

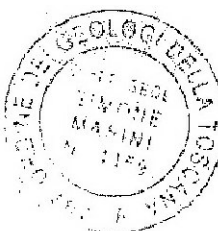
Geol. Dott. SIMONE MASINI

Pontassieve, Via Brunelleschi, 5
Tel: + 39.055.8223113
e-mail: masinisimo@libero.it

TIMBRO E FIRMA

MAIN

Management e Ingegneria S.r.l.
ING. PIETRO LORENZETTI
Iscritto all'Albo degli Ingegneri di Bologna
n° 6064A



VERIFICHE DELLE CONDIZIONI STATICHE E DEI LIVELLI DI SICUREZZA SISMICA E DELLO STUDIO DI FATTIBILITÀ MIGLIORAMENTO-ADEGUAMENTO SISMICO

Relazione Geologica

Rev 00	Settembre 2018	Emissione
Emissione / revisione	Data	Riferimento emissione / revisione

Scala	File di riferimento	Codice commessa	Livello	Tipo	Categoria	Progressivo	Piano	Revisione
	VS_RG_ST_02_G_00	08 18 01 002	VS	RG	ST	02	G	00
Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Verificato	Approvato			
	STUDIO FATTIBILITÀ	Dott. Simone Msini	Dott. Simone Msini	Ing. Romj Friso	Ing. Pietro Lorenzetti			

DR. GEOL. SIMONE MASINI

Via Brunelleschi, 5 – 50065 Pontassieve (FI)
cell. 3202605350

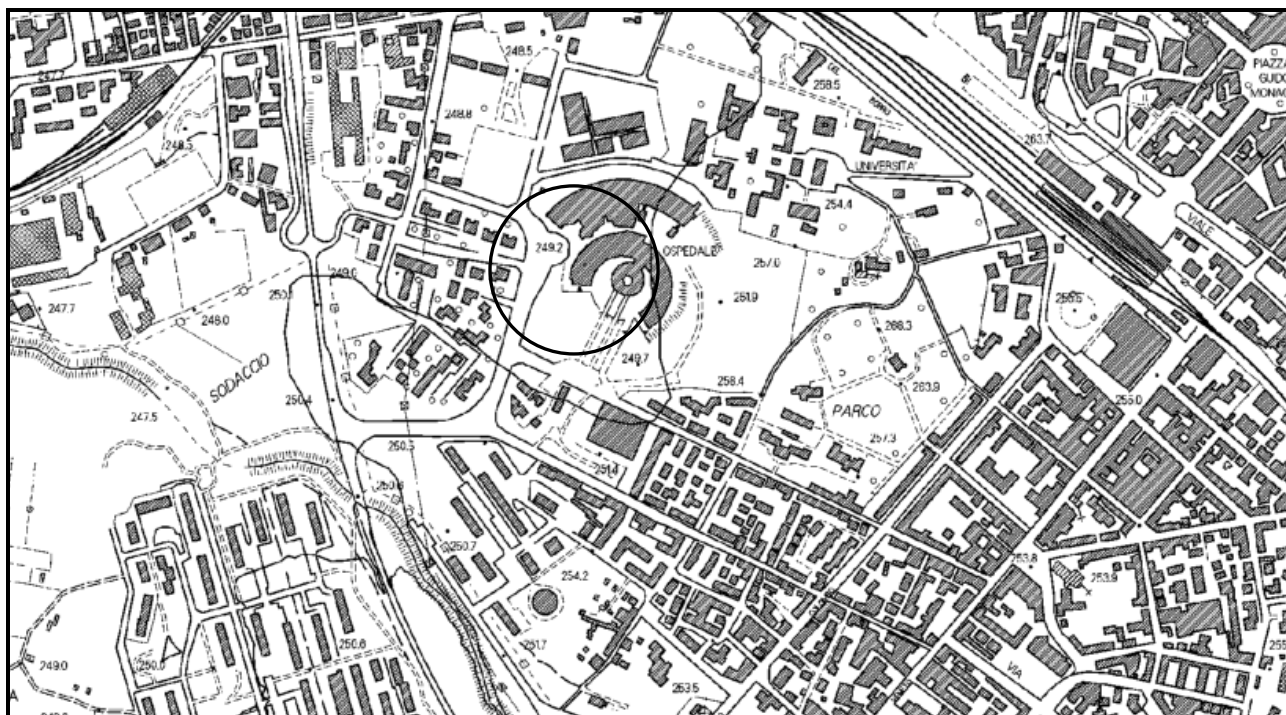
COMUNE DI : AREZZO

LOCALITÀ : SAN DONATO

COMMITTENTE : AZIENDA USL TOSCANA SUD - EST

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA, ESECUTIVA E
COORDINAMENTO IN FASE DI PROGETTAZIONE DEL BLOCCO
OPERATORIO DEL PRESIDIO OSPEDALIERO SAN DONATO DI
AREZZO**

RELAZIONE GEOLOGICA



PONTASSIEVE, APRILE 2018

IL GEOLOGO
SIMONE DR. MASINI
O.G.T. N° 1159



INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	QUADRO NORMATIVO	3
3.	IMPORTANZA DELLE OPERE E RELATIVE CLASSI DI VITA	3
4.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO	4
5.	CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE	6
6.	INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO IN OGGETTO	7
7.	PERICOLOSITÀ DELL'AREA	10
8.	ANALISI CARTOGRAFIA DELL'AUTORITÀ DI BACINO.....	14
9.	AZIONE SISMICA	14
10.	MODELLAZIONE GEOTECNICA E VALORI NOMINALI.....	20
11.	CONCLUSIONI	22

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Carta geologica (Estratto da SIT Comune di Arezzo - Tav. B.23).....	5
Figura 2: Estratto Carta idrogeologica (Estratto da SIT Comune di Arezzo)	7
Figura 3: Andamento dei valori del Pocket Penetrometer rilevati nel sondaggio, all'aumentare della profondità	9
Figura 4: Estratto Carta della pericolosità geologica (Estratto da SIT Comune di Arezzo)	10
Figura 5: Carta della pericolosità sismica locale (Estratto da SIT Comune di Arezzo)	11
Figura 6: Carta della pericolosità idraulica (Estratto da SIT Comune di Arezzo).....	12
Figura 7: Estratto da Carta della fattibilità allegata al R.U. comunale.....	13
Figura 8: Estratto da Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Pericolosità Idraulica.....	14
Figura 9: Ubicazione punto di calcolo parametri sismici (Da sito web Geostru)	16

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Livelli piezometrici rilevati dal Dott. Focardi.....	7
Tabella 2: Risultati delle prove SPT	20
Tabella 3: Elaborazioni delle prove SPT	21

1. PREMESSA

L'Azienda USL Toscana sud - est, ha incaricato lo scrivente di redigere la presente relazione geologica a supporto della *“Progettazione definitiva, esecutiva e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, del blocco operatorio del P.O. San Donato di Arezzo”*, così come previsto dalle attuali Norme di Legge.

2. QUADRO NORMATIVO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla normativa vigente di seguito specificata:

- **Decreto Ministeriale 17.01.2018**
Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**
Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**
Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale
Allegato al voto n.36 del 27.07.2007
- **Eurocodice 8 (1998)**
- **Ord. P.C.M. n° 3274 del 20.03.03 e successive modifiche ed integrazioni**
- **Ord. P.C.M. n° 431 del 19.06.2006 (“Riclassificazione sismica del territorio regionale”)**
- **D.P.C.M. 06/05/2005 - Piano di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.), Stralcio Assetto idrogeologico**
- **D.P.G.R. 36/R del 9/7/2009**

3. IMPORTANZA DELLE OPERE E RELATIVE CLASSI DI VITA

In base a quanto indicato dal progettista, si riportano di seguito, in ottemperanza alle Norme tecniche 2018, le seguenti definizioni, valide per l'intervento in oggetto:

- Vita nominale struttura (*numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali*):

$V_n \geq 50$ anni

(Costruzioni con livelli di prestazione ordinari)

- Classe d'uso :

Classe IV

(Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica).

- Periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_r = V_n \cdot C_u = 50 \cdot 2 = 100 \text{ anni}$$

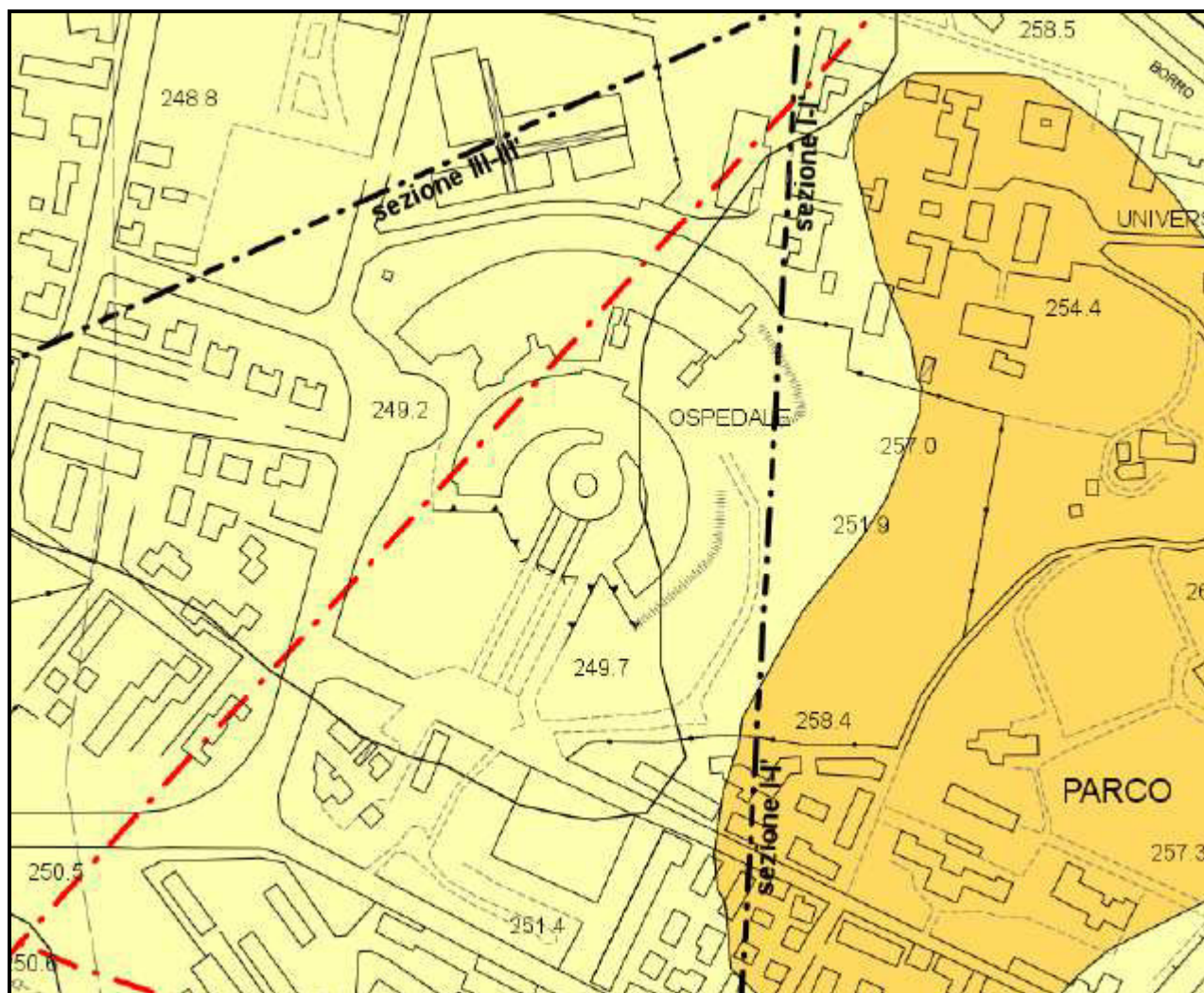
Dove C_u è il coefficiente d'uso

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'area in esame si trova nella porzione occidentale della città di Arezzo, e risulta interclusa tra via P. Nenni, ad ovest, via dell'Ospedale, a nord, il Parco del colle del Pionta, ad est, caratterizzato da quote leggermente superiori a quelle dell'area in oggetto, e via A. De Gasperi, a sud.

Nel complesso la zona risulta sub - pianeggiante, leggermente pendente verso N/NO, con quote che variano tra 247.3 e 251 metri s.l.m.: tali dislivelli sono in parte dovuti all'originario assetto morfologico ed in parte alle modifiche apportate dall'uomo in tempi storici per la realizzazione di infrastrutture viarie ed edifici.

Durante il sopralluogo effettuato nel terreno in esame, stante l'assetto sub - pianeggiante, non sono stati rilevati segni o evidenze correlabili a fenomeni di instabilità.



Depositi sabbioso argillosi (Pleistocene sup.)



Arenarie del M. Cervarola (Miocene inf. - Oligocene sup.)



Faglia incerta

Figura 1: Carta geologica (Estratto da SIT Comune di Arezzo - Tav. B.23)

Da un punto di vista geologico l'area in oggetto è impostata sui materiali ascrivibili all'unità dei "depositi sabbioso argillosi del Pleistocene Superiore": si tratta in sostanza di depositi di origine fluvio - lacustre di chiusura del bacino lacustre della Val di Chiana. costituiti da depositi sabbioso - argillosi di colore ocreo, bruno all'alterazione. Questi terreni costituiscono il

deposito stratigraficamente e topograficamente più elevato e più esteso per la gran parte del bacino di Arezzo e ricoprono in concordanza di stratificazione i sottostanti “Ciottoli del Maspino”. All’interno del corpo sedimentario sono frequenti intercalazioni, generalmente di estensione limitata, di lenti o banchi di sabbie giallastre, ghiaie e ciottolami silicei derivante dallo smantellamento del flysch arenaceo. I depositi presentano una evidente sedimentazione con andamento lenticolare e strutture quali stratificazione incrociata o varvata.

Verso il basso questi materiali passano alla Formazione delle Arenarie del M. Cervarola (Oligocene sup. - Miocene inf.) : si tratta di successioni turbiditiche costituite da marne e siltiti, con netta prevalenza siltosa, alternate ad arenarie fini quarzoso-feldspatiche in strati dello spessore variabile tra pochi centimetri e qualche decimetro. Intercalate nella formazione in più livelli si rinvengono torbiditi calcaree ed argilliti nere.

Come si evince dall’esame della carta geologica allegata al Piano Strutturale Comunale, il blocco ospedaliero è interessato da una probabile “faglia incerta” orientata in direzione SO/NE.

5. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE

5.1 Deflusso superficiale

Nella zona in oggetto d’indagine il deflusso delle acque meteoriche viene regolato dalla rete fognaria dell’area urbanizzata e convogliato nelle aste drenanti principali a valle; la debole pendenza garantisce comunque un buon drenaggio delle acque escludendo la possibilità di eventuali ristagni di acqua.

I corsi d’acqua principali sono rappresentati dal T. Vingone, che scorre circa 420 metri a sud - ovest, ed il T. Castro, posto circa 800 metri a nord

5.2 Deflusso sotterraneo

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi sabbioso argillosi presentano una permeabilità per porosità primaria variabile da medio - bassa a bassa nell’orizzonte costituito da materiali fini, mentre risulta medio - alta nella porzione costituita dai materiali più grossolani.

La differenza di permeabilità e la scarsa continuità laterale delle lenti sabbioso/ghiaiose consente la formazione di “falde sospese”, poste a profondità di qualche metro dal p.c..

Per ciò che concerne il substrato lapideo questo è costituito da litotipi essenzialmente impermeabili per porosità primaria. Una certa circolazione idrica può tuttavia svilupparsi nei livelli litici arenacei di maggior spessore, laddove questi risultano disarticolati e fratturati, generalmente a profondità di qualche decina di metri.

Come si evince dalla carta idrogeologica allegata al P.S. comunale nell’area è presente una falda

posta a circa 246 metri s.l.m., ossia circa 3-4 metri al di sotto dell'attuale piano campagna.
Nella relazione a firma del Prof. Geol. Focardi furono rilevati i seguenti livelli idrici

	Prof. della falda (m. da p.c) 21/12/1992	Prof. della falda (m. da p.c) 22/01/1993
S1	2,8	–
S2	2,5	3,3
S3	1,6	2,0

Tabella 1: Livelli piezometrici rilevati dal Dott. Focardi

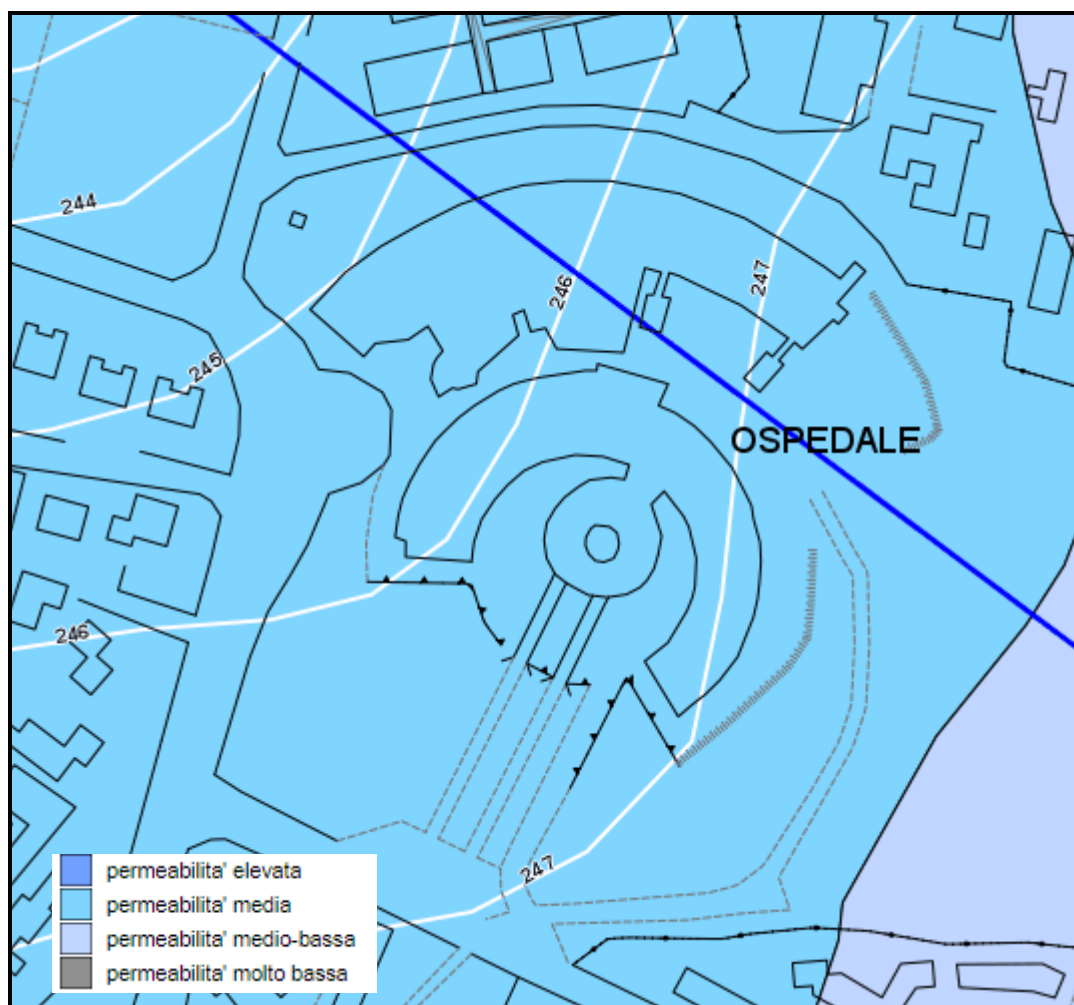


Figura 2: Estratto Carta idrogeologica (Estratto da SIT Comune di Arezzo)

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO IN OGGETTO

Per avere una prima definizione della successione stratigrafica che sostanzia l'area in oggetto, si

è effettuata una ricerca delle indagini geognostiche esistenti, consultando essenzialmente i seguenti Database:

- DB geologico della Regione Toscana (in particolare i sondaggi SO_48, SO_349);
- Genio Civile della Regione Toscana (in particolare i sondaggi S1, S2, S3 allegati alla relazione "Programma di interventi urgenti per la lotta all'AIDS - Nuovo Ospedale San Donato - Arezzo, a firma del Prof. Geol. P. Focardi-1993, 1 MASW ed 1 prova penetrometrica dinamica allegate alla relazione "Rifunzionalizzazione del P.O. San Donato di Arezzo, comprensiva della fornitura di arredi e apparecchiature dei lavori di ristrutturazione - manutenzione progetto di realizzazione di nuovi volumi" a firma del Geol. Innocenti G. del febbraio 2011);
- Archivio dati dell'ISPRA (in particolare i pozzi 181244 e 181373).

Le suddette indagini sono state poi integrate nel mese di gennaio / febbraio del corrente anno mediante l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo, profondo 40 metri ed attrezzato con un tubo per poter effettuare la prova del tipo down - hole; sono stati inoltre effettuati una prova down - hole e tre rilievi di microtremori con stazione singola HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio).

6.1 Stratigrafia rilevata nel sondaggio a carotaggio continuo

In sostanza al di sotto dell'orizzonte di riporto, spesso al massimo 1,45 metri, sono presenti alternanze di limi argilloso sabbiosi e limi argillosi, consistenti, di colore marrone - ocraceo e grigio azzurro, fino alla profondità di circa 19.2 metri, passanti verso il basso a sabbie medio fini limoso argillose con clasti cm. nerastri, consistenti fino a 32.4 metri; da questa profondità fino a fondo foro sono presenti argilliti e argilloscisti di colore variabile da grigio chiaro a grigio scuro, con livelli caratterizzati dalla presenza di concrezioni carbonatiche.

6.2 Down - Hole

Come si evince dalla relazione tecnica redatta dal Geol. M. Marzupini l'indagine ha messo in evidenza i seguenti livelli:

- da 0 m a 5 m di profondità la velocità delle onde di taglio varia tra 340 e 473 m/s (i primi due metri sono sostanzialmente costituiti da riporto) mentre la velocità media è di 391 m/s; la velocità delle onde di compressione aumenta gradualmente da 557 m/s a 1032 m/s, riferibile ai depositi di limi argillosi sabbiosi

- da 5 m a 33 m di profondità la velocità media delle onde di taglio è 344 m/s mentre quella delle onde di compressione varia tra 1060 e 1432 m/s; tali velocità sono riferibili ai limi argilloso sabbiosi e alle sabbie medio fini limoso argillose.

- da 33 m a fondo foro la velocità media delle onde SH è pari a 430.86 mentre le onde P variano tra 1488 m/s e 1647 m/s, riferibili alle argilliti del substrato.

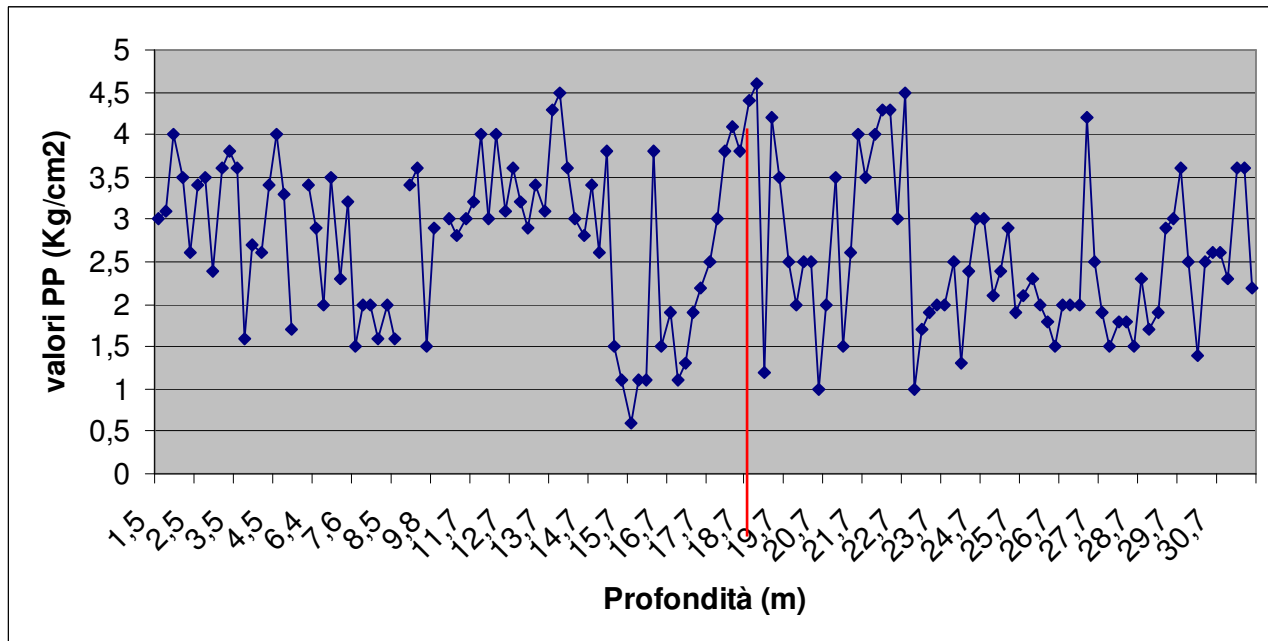


Figura 3: Andamento dei valori del Pocket Penetrometer rilevati nel sondaggio, all'aumentare della profondità

6.3 Modello geologico

L'esame dei dati stratigrafici e sismici ha permesso di rilevare che il terreno in cui è ubicato il blocco operatorio dell'Ospedale di San Donato è caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da un primo orizzonte di riporto sabbioso - ghiaioso, passante verso il basso, alla profondità di 1,45 metri, ad alternanze di limi argilloso sabbiosi e limi argillosi, consistenti. Dalla profondità di 19.2 metri sono poi presenti sabbie medio fini limoso argillose con clasti cm. nerastri, consistenti che passano verso il basso, a 32.4 metri, ad argilliti e argilloscisti di colore variabile da grigio chiaro a grigio scuro, con livelli caratterizzati dalla presenza di concrezioni carbonatiche, ascrivibili alla Formazione delle Arenarie del M. Cervarola

La profondità del tetto del substrato lapideo nella zona è piuttosto variabile: spostandosi verso est a partire dal Parco del Pionta, ove è affiorante, presenta una profondità compresa tra 3.5 e 7.4 metri presso gli edifici sud - orientali dell'anello esterno (cfr. Relazione a firma del Prof.

Focardi), e raggiunge i 10/11 metri dal p.c. nell'anello interno (cfr. Relazione a firma del Geol. G. Innocenti), per poi scendere bruscamente fino ad arrivare a 32.5 metri in corrispondenza del sondaggio S1/2018.

Sempre partendo dal Parco del Pionta, il tetto del substrato lapideo si approfondisce piuttosto bruscamente verso sud (cfr. pozzo ISPRA n°181373, profondo 35 metri e ubicato poco a sud - est dell'ospedale) e verso ovest/nord-ovest, mentre risale verso NE.

7. PERICOLOSITÀ DELL'AREA

Come si evince dalle cartografie allegate agli strumenti urbanistici comunali, il terreno in oggetto ricade nelle seguenti classi di pericolosità:

- pericolosità geologica G.2, media
- pericolosità sismica locale S.3, elevata
- pericolosità idraulica I.1, bassa

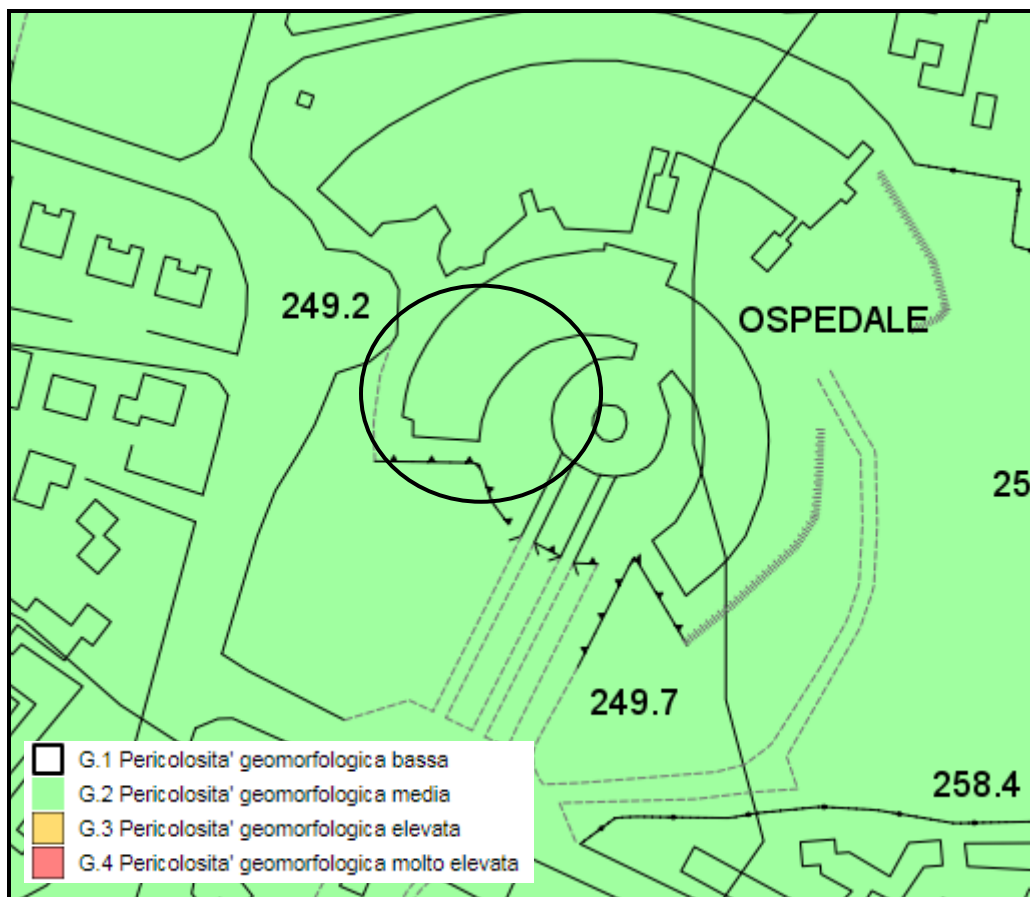


Figura 4: Estratto Carta della pericolosità geologica (Estratto da SIT Comune di Arezzo)

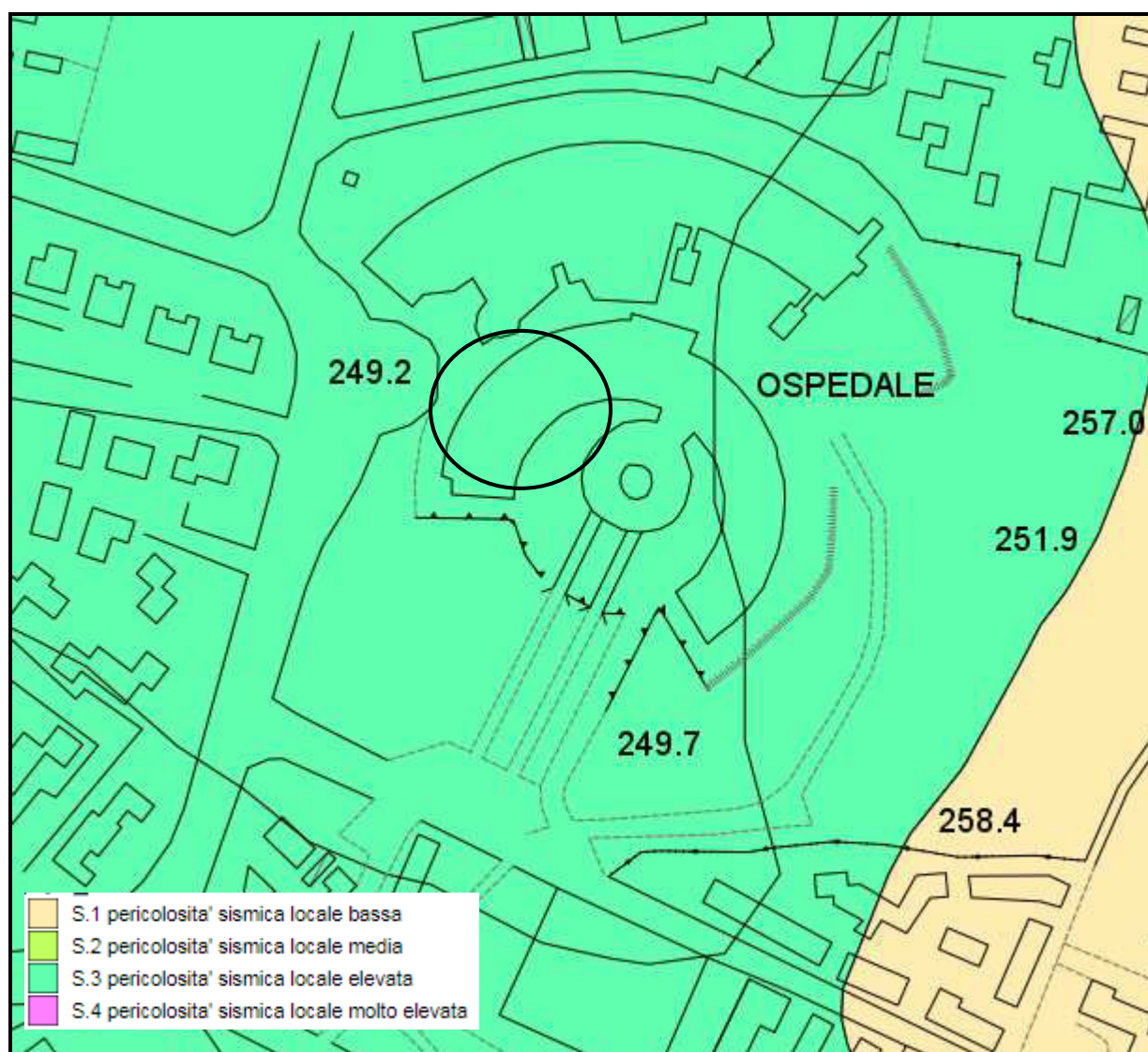


Figura 5: Carta della pericolosità sismica locale (Estratto da SIT Comune di Arezzo)

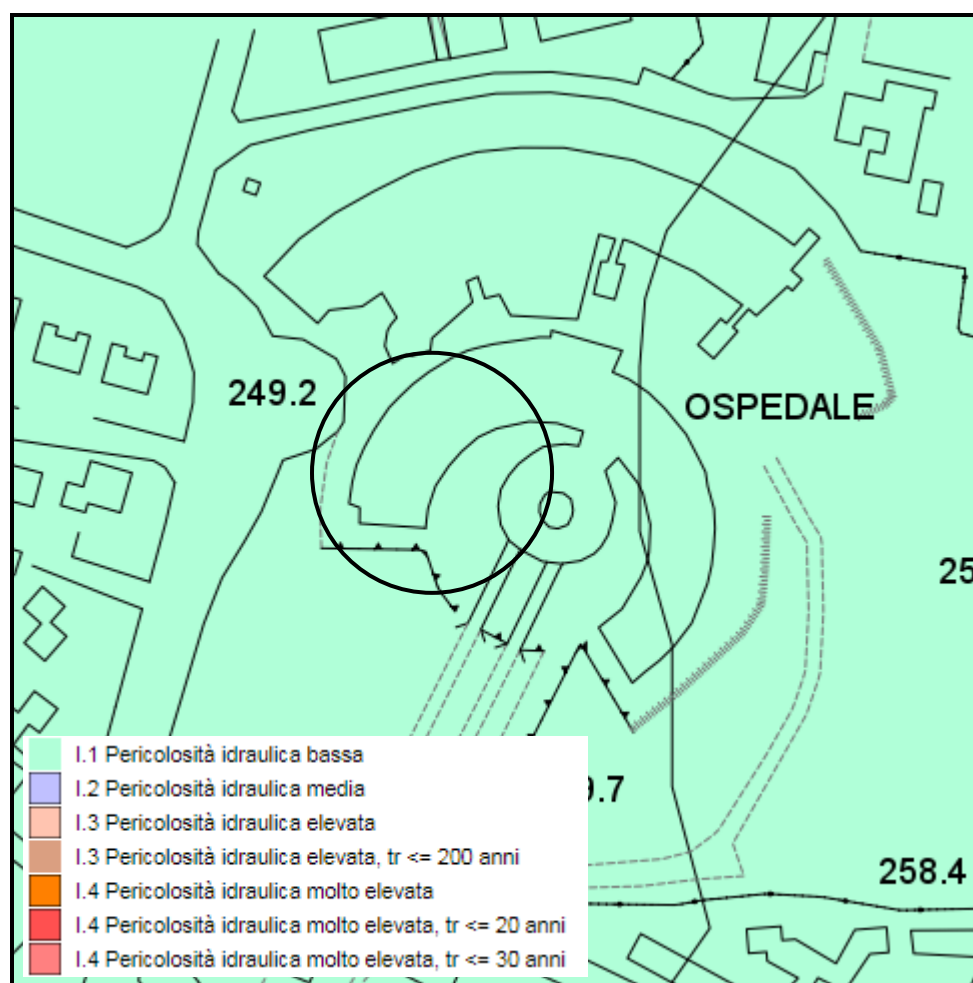
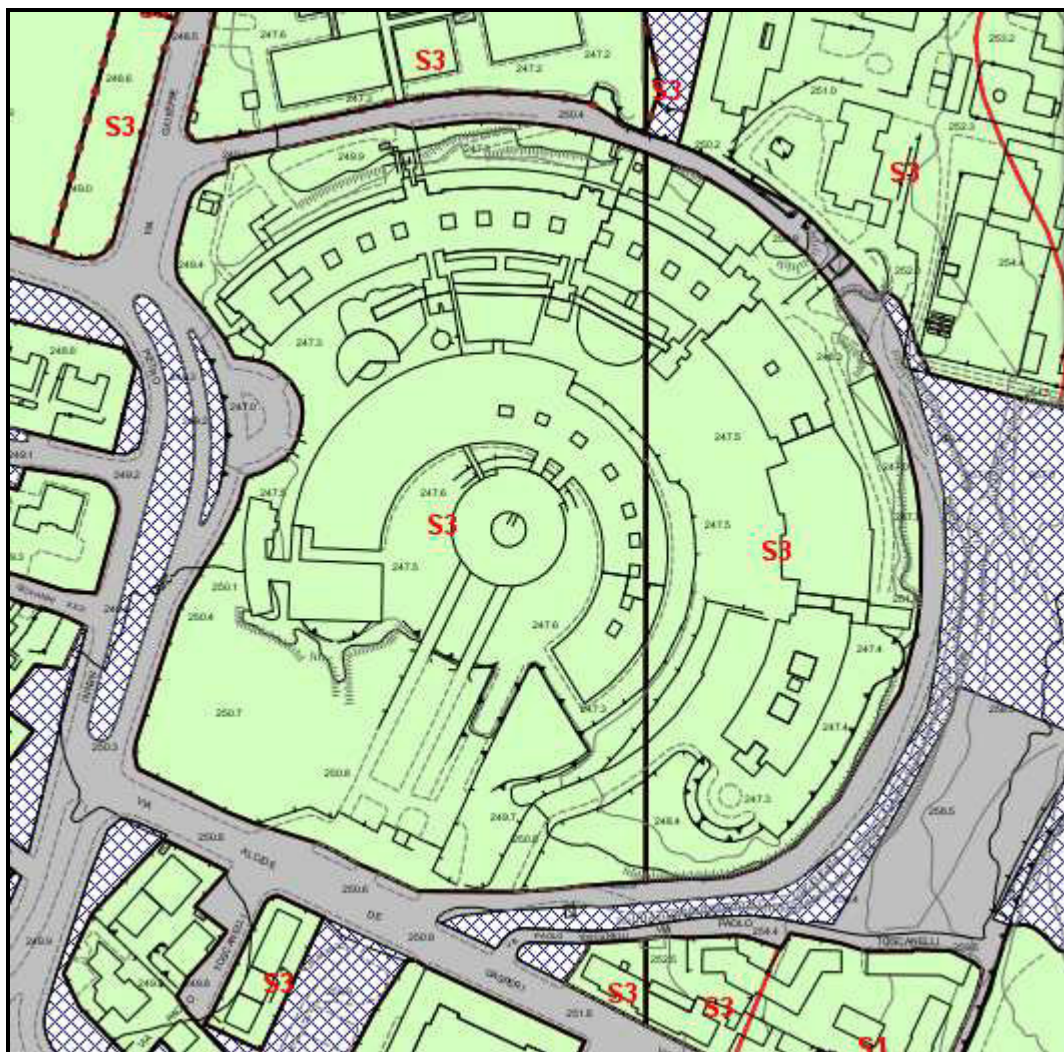


Figura 6: Carta della pericolosità idraulica (Estratto da SIT Comune di Arezzo)



Normativa vigente sull'area

Fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici	classe G2 - fattibilità con normali vincoli
Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici	classe I1 - fattibilità senza particolari limitazioni
Fattibilità in relazione agli aspetti sismici	classe S3 - fattibilità condizionata
Scheda di fattibilità	75 15x20

Figura 7: Estratto da Carta della fattibilità allegata al R.U. comunale

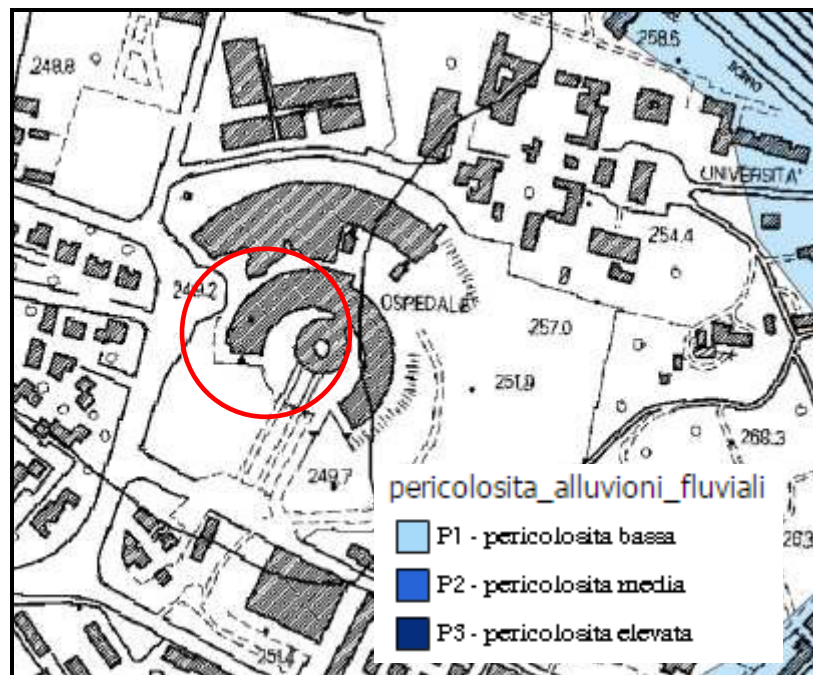


Figura 8: Estratto da Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Pericolosità Idraulica

8. ANALISI CARTOGRAFIA DELL'AUTORITA' DI BACINO

Per ciò che concerne il rischio geomorfologico il terreno in oggetto ricade in area a pericolosità geomorfologica P.F.1 , pericolosità irrilevante, nella carta "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi - stralcio 129".

Nella carta del "Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - Pericolosità Idraulica", il terreno in oggetto ricade al di fuori delle aree a pericolosità idraulica.

9. AZIONE SISMICA

9.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

In data 4 giugno 2014 è stata pubblicata con Del. G.R.T. n°421 del 26/05/2014 l'aggiornamento della nuova classificazione sismica della Toscana che vede il Comune di Arezzo classificato in "Zona sismica 2".

9.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per definire l'azione sismica di progetto si valuta l'effetto della "risposta sismica locale" , definita come "l'azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite trasmettendosi dal substrato rigido".

Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- 1) effetti stratigrafici legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche, alla geometria del contatto tra substrato rigido e terreni sovrastanti;
- 2) effetti topografici legati alla configurazione topografica del piano campagna.

Gli effetti di risposta sismica locale possono essere valutati con metodi semplificati , grazie ai quali è possibile valutare gli effetti stratigrafici e topografici:

1) Categoria di sottosuolo:

L'aggiornamento delle NTC istituisce al paragrafo 3.2.2 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:

$$V_{s, eq} = H / \sum_{i=1, N} (h_i / V_{s, i})$$

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, H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido , caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_s è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il down - hole ha messo in evidenza che nell'area in oggetto sono presenti, al di sotto del piano di imposta delle fondazioni - posto a circa 3,5 metri dall'attuale p.c. - terreni che presentano un valore di V_{s30} pari a **342 m/sec.**, proprio della **categoria C** dei suoli di fondazione.

L'esame delle misure di rumore sismico effettuate in prossimità del blocco operatorio, ossia HVSr 2 e HVSr 3, hanno tuttavia messo in evidenza i seguenti picchi:

HVSr2

Ampiezza picco = 3.92

Frequenza = 3.295 Hz

HVSr3

Ampiezza picco = 4.04

Frequenza = 3.723 Hz

Sostituendo il valore della velocità media misurata nel down - hole nei depositi sabbioso

argillosi, alla formula

$$f = V_s/4H$$

si desume una profondità del rifrattore responsabile dei picchi registrati rispettivamente pari a 25,74 e 20,56 metri. Tale rifrattore coincide con il tetto delle argilliti del substrato, che spostandosi da ovest verso est tende a risalire di quota: poiché tale rifrattore è in grado di generare picchi di amplificazione significativi, si ritiene maggiormente cautelativa l'attribuzione della **categoria di suolo E** (*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*), al terreno in oggetto.

2) Condizioni topografiche:

Alla luce della tabella 3.2 IV delle NTC 2008, l'area in esame rientra nella categoria T1 (*superfici pianeggianti , pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$*)

3) Parametri sismici:

Alla luce di quanto detto sopra sono stati ricavati tramite il software della GEOSTRU, i parametri sismici del sito in oggetto,



Figura 9: Ubicazione punto di calcolo parametri sismici (Da sito web Geostru)

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 43,462033
longitudine: 11,866943
Classe: 4
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 21399	Lat: 43,4732	Lon: 11,8366	Distanza: 2740,665
Sito 2	ID: 21400	Lat: 43,4741	Lon: 11,9055	Distanza: 3389,433
Sito 3	ID: 21622	Lat: 43,4241	Lon: 11,9068	Distanza: 5303,070
Sito 4	ID: 21621	Lat: 43,4232	Lon: 11,8380	Distanza: 4913,621

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: E
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 100anni
Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 60 [anni]
ag: 0,071 g
Fo: 2,522
Tc*: 0,275 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 101 [anni]
ag: 0,088 g
Fo: 2,483
Tc*: 0,283 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 949 [anni]
ag: 0,197 g
Fo: 2,430
Tc*: 0,299 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1950 [anni]
ag: 0,242 g
Fo: 2,455
Tc*: 0,309 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,600
Cc: 1,930
St: 1,000
Kh: 0,023
Kv: 0,011

Amax: 1,110
Beta: 0,200
SLD:
Ss: 1,600
Cc: 1,910
St: 1,000
Kh: 0,028
Kv: 0,014
Amax: 1,377
Beta: 0,200
SLV:
Ss: 1,470
Cc: 1,860
St: 1,000
Kh: 0,070
Kv: 0,035
Amax: 2,841
Beta: 0,240
SLC:
Ss: 1,350
Cc: 1,840
St: 1,000
Kh: 0,091
Kv: 0,046
Amax: 3,200
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.461073

longitudine: 11.865979

9.3 POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Ai sensi del punto 7.11.3.4.1 delle Norme 2018, per **liquefazione** si intendono quei “fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o all’accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate”.

Ai sensi del § 7.11.3.4.2 delle NTC2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione

efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1a e b delle NTC 2018.

Nel caso in esame, le condizioni suddette risultano o non soddisfatte (1) o soddisfatte con qualche incertezza (2,3,4) pertanto si è proceduto cautelativamente ad effettuare la verifica a liquefazione con metodologia semi-empirica, escludendo comunque dalla liquefazione i depositi presenti a profondità maggiore di 20 metri

Secondo la Circolare Consiglio Superiore LL.PP. n. 617/2009 per valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è possibile utilizzare procedure di analisi avanzate o metodologie semi-empiriche. Nel caso in esame tra le procedure semplificate si è scelto il metodo di Andrus e Stokoe (1997), avendo a disposizione una prova downhole. Secondo tale metodo, infatti, la resistenza alla liquefazione (CRR) può essere stimata attraverso la velocità delle onde S ottenuta da un'indagine sismica secondo la seguente relazione:

$$CRR = 0.03 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0.9 \left[\frac{1}{(V_{S1})_{cs} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{cs}} \right]$$

dove V_{S1} è la velocità delle onde S corretta con la formula di Robertson et al. (1992) in base alla pressione verticale efficace a metà strato e $(V_{S1})_{cs}$ è il valore critico della velocità nel deposito in base alla percentuale di fine. Si sono quindi considerati i valori delle Vs derivanti dal Down - Hole e la percentuale di fine derivante dalle analisi granulometriche effettuate sui campioni prelevati nel sondaggio S1. La Magnitudo a cui si è fatto riferimento è quella propria della ZCS n° 920.

Magnitudo di riferimento : $M_{rif} = 6.14$

Ag_{max}/g : 0,29

Profondità	Fs
4	5.77
5	5.57
6	6.47
7	6.32
8	7.16

9	8.41
10	2.28
11	2.08
12	2.13
13	1.79
14	2.40
15	1.72
16	1.71
17	1.73
18	1.63
19	1.49
20	1.67

Come si osserva dalla suddetta tabella la verifica risulta soddisfatta.

10. MODELLAZIONE GEOTECNICA E VALORI NOMINALI

10.1 ANALISI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI

10.1.1 Standard Penetration Test

Nel corso del sondaggio, sono state eseguite in avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. per verificare il grado di resistenza dei terreni incontrati, i cui risultati sono riportati nella seguente tabella :

SONDAGGIO - NUMERO PROVA	PROFONDITÀ DA P.C. (METRI)	NSPT	LITOLOGIA
S1 - SPT1	5.7	20	Limi argillosi
S1 - SPT2	8.6	12	Limi argilloso sabbiosi
S1 - SPT3	10.5	21	Limi argilloso sabbiosi

Tabella 2: Risultati delle prove SPT

L'elaborazione dei suddetti dati, utilizzando il metodo di correlazione diretta RBS (road bridge

Specification) e la formula di Peck Hanson e Thornburn (1974), ha poi fornito i seguenti angoli d'attrito:

SONDAGGIO - NUMERO PROVA	PROFONDITÀ DA P.C. (M)	ANGOLO D'ATTRITO (RBS)	ANGOLO D'ATTRITO (PECK HANSON E THORNBURN - 1974)
S1 – SPT1	5.7	32	33
S1 – SPT2	8.6	27	30
S1 – SPT3	10.5	30	32

Tabella 3: Elaborazioni delle prove SPT

10.1.2 Analisi di laboratorio

Durante l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo sono stati prelevati campioni indisturbati su cui sono state effettuate analisi di laboratorio; i risultati delle determinazioni sono presentati in allegato con i certificati del laboratorio "LABOTER s.n.c."

I campioni S1C1 ed S2C2, rappresentativi dell'orizzonte fine dei depositi sabbioso argillosi, sono costituiti rispettivamente da limo (63%) con argilla (31.7%) e da limo (45.7%) con argilla (42.5%) sabbioso (11.8%), entrambi "plastici" (Ip compreso tra 21.9 e 20), che nella Carta di Plasticità di Casagrande, sono classificabili come "CI" - "argille inorganiche di media compressibilità".

10.1.4 Modello geologico - tecnico del terreno e parametri caratteristici

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Al punto 6.2.2 della Circolare 2 Febbraio 2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" viene ulteriormente precisato: "Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti"

Poiché l'edificio in oggetto presenta delle fondazioni a platea, nello stato limite considerato si ritiene che venga coinvolto un elevato volume di terreno con possibile compensazione delle eterogeneità: per il calcolo dei parametri caratteristici si è pertanto utilizzata l'equazione 9 proposta nell'articolo "INTRODUZIONE OPERATIVA AL CONCETTO DEI VALORI CARATTERISTICI SECONDO L' EUROCODICE 7 (norma europea prEN1997-1)" Luca "McCoy" Nori - Geologo -

(Versione - 28 marzo 2009):

$$\begin{aligned} E(C | \Phi = \varphi_k) &= \mu_c + \rho \sigma_c \left(\frac{\varphi_k - \mu_\varphi}{\sigma_\varphi} \right) \\ VAR(C | \Phi = \varphi_k) &= \sigma_c^2 (1 - \rho^2) \end{aligned}$$

Dove:

$\phi_k = \phi$ caratteristico (in questo caso, 5° percentile della distribuzione del campione)

μ_i è la media di i , dove $i = \phi, c$

σ_i è la deviazione standard di i dove $i = \phi, c$

ρ è il coefficiente di correlazione tra ϕ e c

Confrontando gli elaborati grafici con la stratigrafia sopra descritta si desume che le fondazioni del blocco operatorio sono impostate all'interno delle alternanze di limi argilloso sabbiosi e limi argillosi, consistenti, a cui si possono attribuire i seguenti parametri caratteristici:

peso di volume naturale (γ)	= 19 kN/m ³
peso di volume saturo (γ_{sat})	= 20 kN/m ³
coesione (c')	= 21.2 KPa
angolo d'attrito interno (ϕ')	= 17.7°

11. CONCLUSIONI

Le caratteristiche litotecniche e fisico-meccaniche rilevate nello studio dell'area oggetto di indagine indicano che il progetto in esame risulta compatibile con i terreni di fondazione.

L'indagine sismica ha evidenziato che in corrispondenza del blocco operatorio, il tetto del substrato presenta una variazione di profondità tale da passare da una categoria di suolo E, nella porzione orientale dell'edificio, ad una categoria di suolo C in corrispondenza della porzione occidentale; si dovrà pertanto tener conto di tale differenza di variabilità del moto sismico.

PONTASSIEVE, APRILE 2018

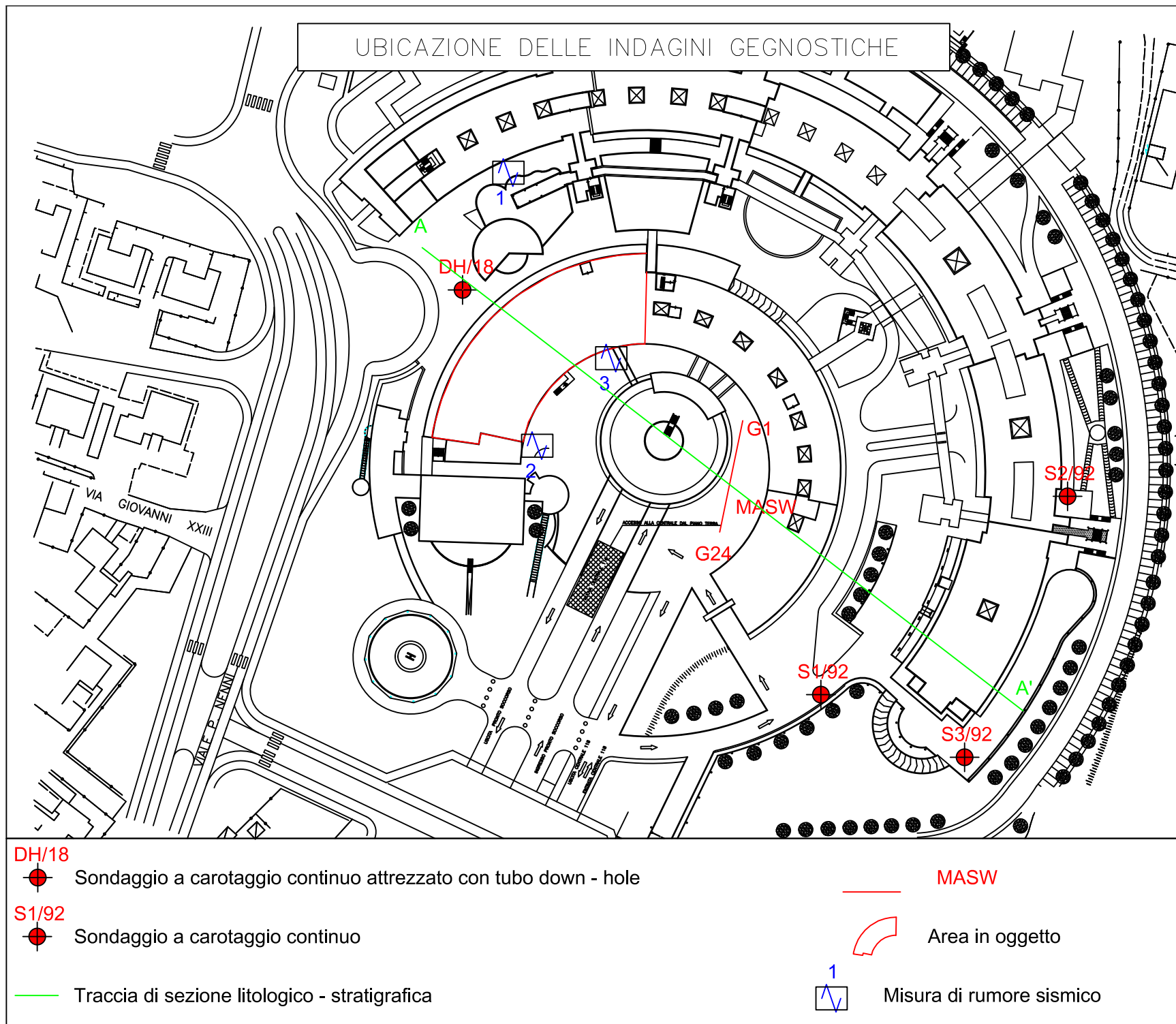
IL GEOLOGO
SIMONE DR. MASINI
O.G.T. N° 1159



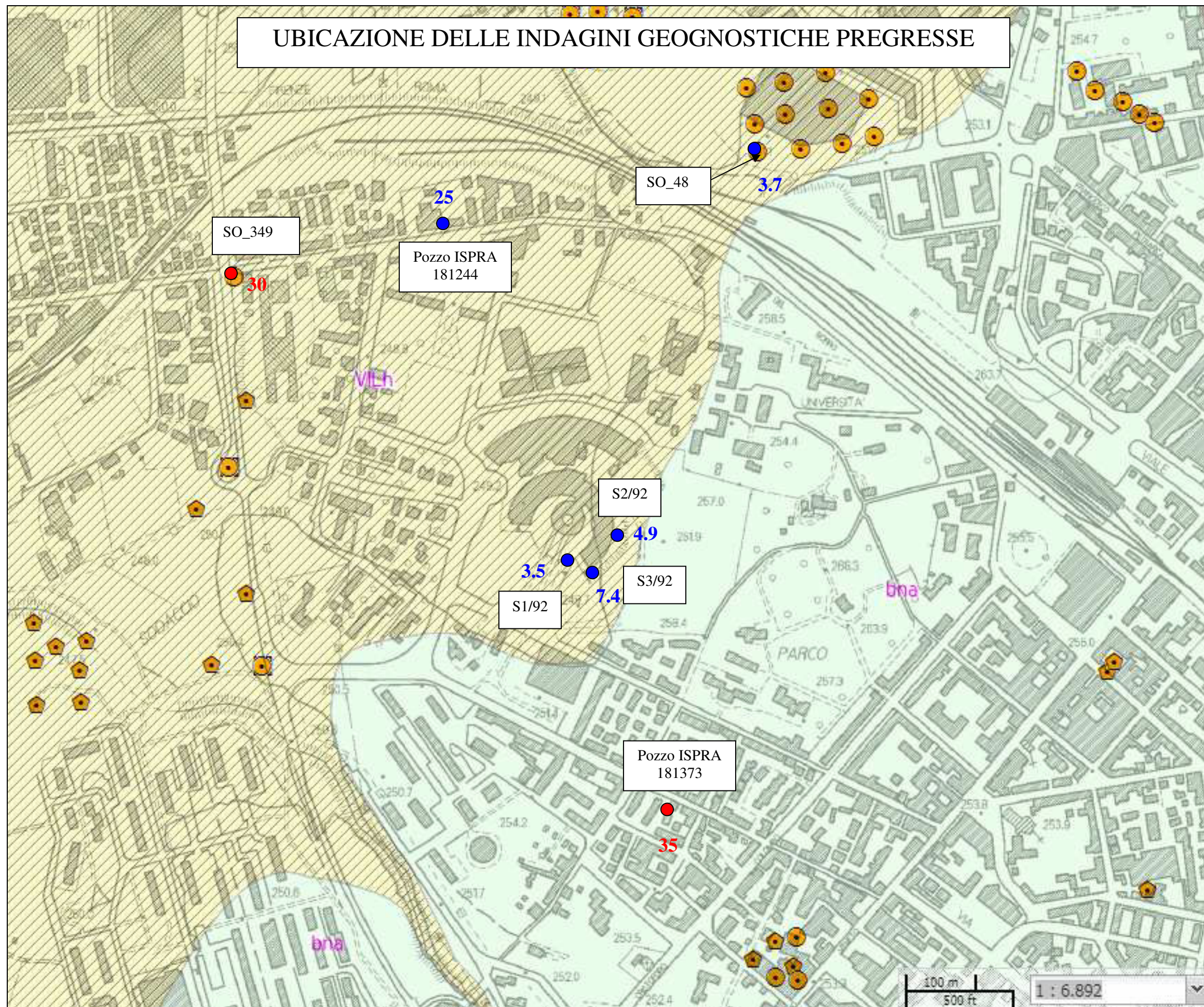
ALLEGATI:

- Ubicazione delle indagini geognostiche
- Ubicazione delle indagini pregresse
- Tabulati delle indagini geognostiche
- Tabulati delle indagini pregresse
- Sezione litologico - stratigrafica in corrispondenza della traccia A - A'
- Verifica alla liquefazione

UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEGNOSTICHE



UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE



Pozzi e sondaggi che non hanno raggiunto il substrato con indicata la loro profondità



Pozzi e sondaggi con indicata la profondità del substrato

Committente MAIN Management & Ingegneria Srl			Località c/o Ospedale San Donato (AR)		Certificato n° / data 51 del 08-02-18	
Cantiere Indagine geognostica			Sondaggio n. S1		Inizio / Fine Esecuzione 30-01-18 / 01-02-18	
Responsabile di sito Geol. Luigi Farini			Operatore Marco D'Andrea		Commissa n. / data 014 del 30-01-18	
Tipo Carotaggio continuo			Tipo Sonda Puntel PX 600		Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm	

Sca (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Tubo Down-Hole
										I- (1)
1		sabbia media grossolane marrone sciolta con ghiaia calcarea di colore marrone (terreno di riporto?)	1.45							
2		limo argilloso a tratti sabbioso, consistente con abbondanti concrezioni nerastre, colore da marrone ad azzurro ad ocraceo.	2.35		3					
3		limo argilloso ed argilla limosa, consistente di colore da marrone a grigio azzurro	3.00							
4		limo argilloso sabbioso/ argilla limoso sabbiosa consistente di colore da marrone a grigio azzurro	4.75		3.6					
5		limo argilloso, consistente, con frammenti carboniosi, di colore marrone con strati nerastri.	5.00		4					
		CAMPIONE 1	5.70	5-7-13		S	5.00		#1	
6		SPT 5-7-13	6.15	5.70 PC			5.70		5.00	
		limi argilloso sabbiosi consistenti, ocraceo marroni.	6.40							
7		limo argilloso, consistente, di colore da grigio azzurro a grigio, con passaggio nerastro tra 7.2-7.4.	7.40		3.4					
8		limi argilloso sabbiosi consistenti, ocraceo marroni, plastici.	8.60		1.5					
		SPT 5-5-7	9.10	5-5-7						
9		limi argilloso sabbiosi consistenti, ocraceo marroni, plastici.	10.00	8.70 PC						
10		CAMPIONE 2	10.50	7-9-12		S	10.00		#2	
		SPT 7-9-12	11.00	10.50 PC			10.50		10.00	
11		limi argilloso sabbiosi e limi sabbioso argillosi consistenti, marroni e azzurri, plastici. Presenza di numerose concrezioni nerastre tra 12.6 e 13.6			3					
12					3.1					
13										
14		limo argilloso e argilla limosa consistente di colore marrone e azzurro.	14.40		3.6					
15		limo argilloso con passaggi nerastri sabbiosi, plastico POCO consistente.	15.20		1.5				#3	
16		limi argilloso sabbiosi e sabbie fini, consistenti plastici, di colore azzurro ed ocraceo.	16.15		0.6				15.00	
17					1.1					
18		limi argillosi marroni consistenti, da poco plastici a plastici con concrezioni nerastre sparse.	18.00		2.2					
19		sabbie medio fini limose con numerosi clasti nerastri tra 19.2 e 19.8	19.20		1.2					
20			20.00		2		(CS)		#4	
							20.00		20.00	A
										20.00

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT

Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande

Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Ellica Continua

Stabilizzazione:RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici

Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa

Carotaggio:continuo

Campioni Prelevati n. (data prelievo)

01-02 (30-01-18)

Sonda:Puntel PX 600

Responsabile di Sito
Geol. Luigi Farini

Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano

Committente MAIN Management & Ingegneria Srl			Località c/o Ospedale San Donato (AR)		Certificato n° / data 51 del 08-02-18	
Cantiere Indagine geognostica			Sondaggio n. S1		Inizio / Fine Esecuzione 30-01-18 / 01-02-18	
Responsabile di sito Geol. Luigi Farini		Operatore Marco D'Andrea	Tipo Carotaggio continuo		Diametro perforazione / Diametro rivestimento 101 mm / 127 mm	
			Tipo Sonda Puntel PX 600			

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Tubo Down-Hole
21		limi sabbiosi e sabbie limose, medie, con trovanti di natura arenacea.								
22		sabbie addensate marroni scure con numerosi trovanti	21.85		4					
23		limi sabbioso argillosi consistenti, con numerosi clasti nerastri. ocraceo	22.30							
24		sabbie limoso argillose consistenti di colore marrone ocraceo	23.35		1.7					
25		limi argillosi e limi sabbiosi, consistenti, poco plastici, di colore azzurro ed ocraceo, con trovanti nerastri	24.00		3				#1	
26		sabbie limoso argillose, consistenti di colore ocraceo e grigio, a tratti marrone	25.00		2				25.00	
27					2.5					
28					1.9					
29		sabbie medio fini limoso argillose, consistenti di colore	29.50						#2	
30		marrone limi argilloso sabbiosi mediamente addensati con passaggio di sabbie medie con clasti tra 30.4 e 30.6	30.00						30.00	
31		sabbie da medie a medio fini, limoso argillose da mediamente addensate ad addensate di colore marrone con screziature azzurre.	30.90		2.6					
32		argilliti marnose grigio scure, dure, in parte alterate.	32.40		2.2					
33									#3	
34									35.00	
35										
36										
37		argilliti nerastre, dure con numerose concrezioni carbonatiche biancastre negli ultimi 40 cm.	37.00							
38										
39		argilliti grigio chiare dure, con trovanti arenacei tra 38 e 38.2 tra 38.6 e 38.7.	38.70						#4	
40			40.00				(CS)		40.00	
									40.00	A 40.00

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, RS-Rimaneggiato da SPT
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
 Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio: continuo
 Campioni Prelevati n. (data prelievo)

Sonda: Puntel PX 600

Responsabile di Sito
Geol. Luigi Farini

Direttore laboratorio
Dr. Moretti Giuliano



FOTO 1: 0-5 METRI



FOTO 2: 5-10 METRI



FOTO 3: 10-15 METRI



FOTO 4: 15-20 METRI



FOTO 5: 20-25 METRI



FOTO 6: 25-30 METRI



FOTO 6: 30-35 METRI



FOTO 6: 35-40 METRI



Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Settore A – Prove di laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

LABOTER s.n.c. di Paolo Tognelli e C. Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr.2436/13

Committente : MAIN Management & Ingegneria srl
Cantiere : Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

Verbale Accettazione n° : 48 del 01/02/2018
Data Certificazione : 13/02/2018
Campioni n°: 2
Certificati da n° a n° : 00362 a 00371





LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Taglio diretto	
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ_{sec} kN/m³	γ_{sat} kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	ϕ °	c kPa
1	1	5.0-5.7	25,7	19,0	15,1	19,3	0,76	43,0	91,8	41,4	19,5	21,9	0,72	1,1	4,2	63,0	31,7	A7-6 - I.G. = 13	19,8	33
1	2	10.0-10.5	19,8	20,2	16,9	20,4	0,57	36,3	93,6	41,6	21,6	20,0	1,09		11,8	45,7	42,5	A7-6 - I.G. = 12	22,0	16

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.0-5.7

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	25,7	%
Peso di volume	19,0	kN/m ³
Peso di volume secco	15,1	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,3	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,755	
Porosità	43,0	%
Grado di saturazione	91,8	%
Limite di liquidità	41,4	%
Limite di plasticità	19,5	%
Indice di plasticità	21,9	%
Indice di consistenza	0,72	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 13

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	1,1	%
Sabbia	4,2	%
Limo	63,0	%
Argilla	31,7	%
D 10	0,000193	mm
D 50	0,011648	mm
D 60	0,015865	mm
D 90	0,038247	mm
Passante set. 10	98,6	%
Passante set. 42	97,8	%
Passante set. 200	94,7	%

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta		
c	33,3	kPa
ϕ	19,8	°
c_{Res}		kPa
ϕ_{Res}		°

PERMEABILITA'

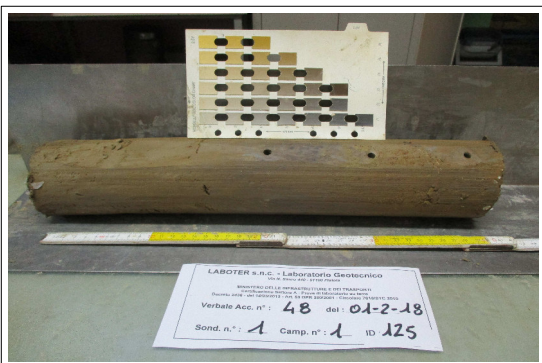
Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove				cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	
CF	GR	TD							
				0					Rimaneggiato
				10				15	Limo con argilla con tracce torbose, consistente Munsell Soil Color Charts : 2.5Y 5/6 marrone oliva chiaro
				20	300				Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
				30	225				< 24.5 kPa molto molle
				40	275			43	24.5 - 49.1 kPa molle
									49.1 - 98.1 kPa plastico
									98.1 - 196.2 kPa consistente
									196.2 - 392.4 kPa molto consistente
									>392,4 kPa duro

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00365	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/02/18	Inizio analisi: 09/02/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18		Apertura campione: 06/02/18	Fine analisi: 12/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl
RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.0-5.7

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	98,6	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,8	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,7	%

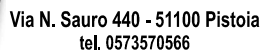
LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	41,4	%
Limite di plasticità	19,5	%
Indice di plasticità	21,9	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**INDICE DI GRUPPO: 13**

Tipi usuali dei materiali principali:

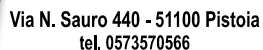
Argille fortemente compressibili fortemente plastiche



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Peso di volume allo stato naturale = 19,0 kN/m³

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00364** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18

DATA DI EMISSIONE: 13/02/18

Inizio analisi: 12/02/18

Apertura campione: 06/02/18

Fine analisi: 13/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.0-5.7

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	41,4	%
Limite di plasticità	19,5	%
Indice di plasticità	21,9	%
Indice di consistenza	0,72	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche

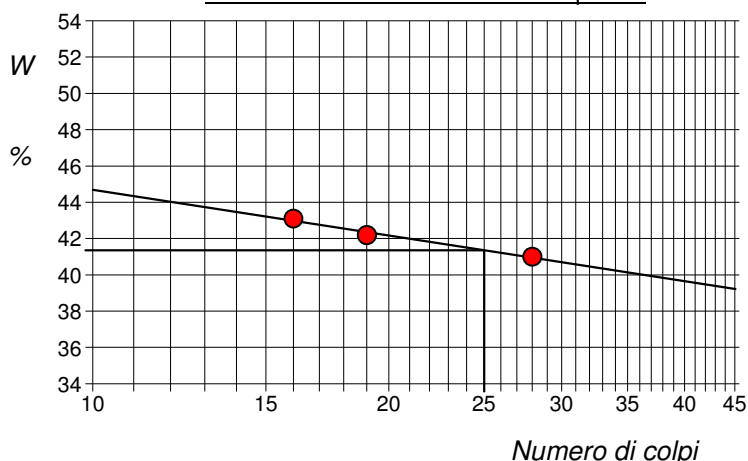
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

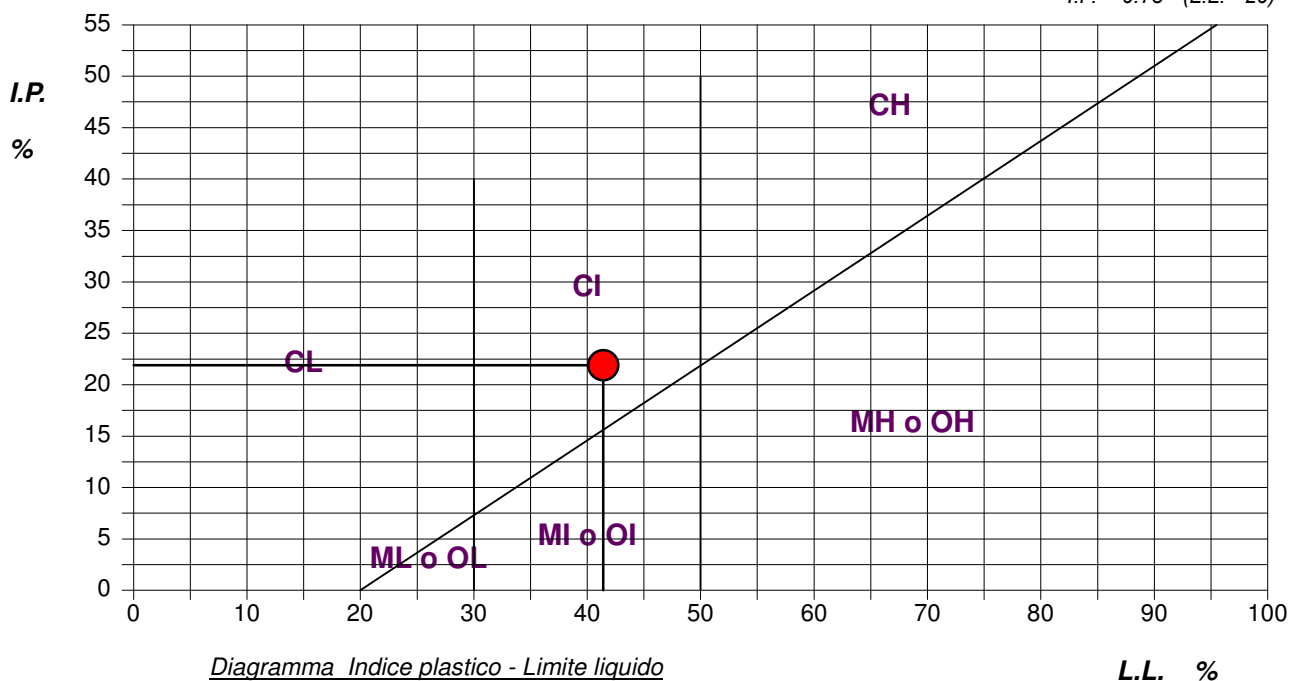
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

Determinazione del Limite di liquidità**ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)





LABOTER snc
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566

DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

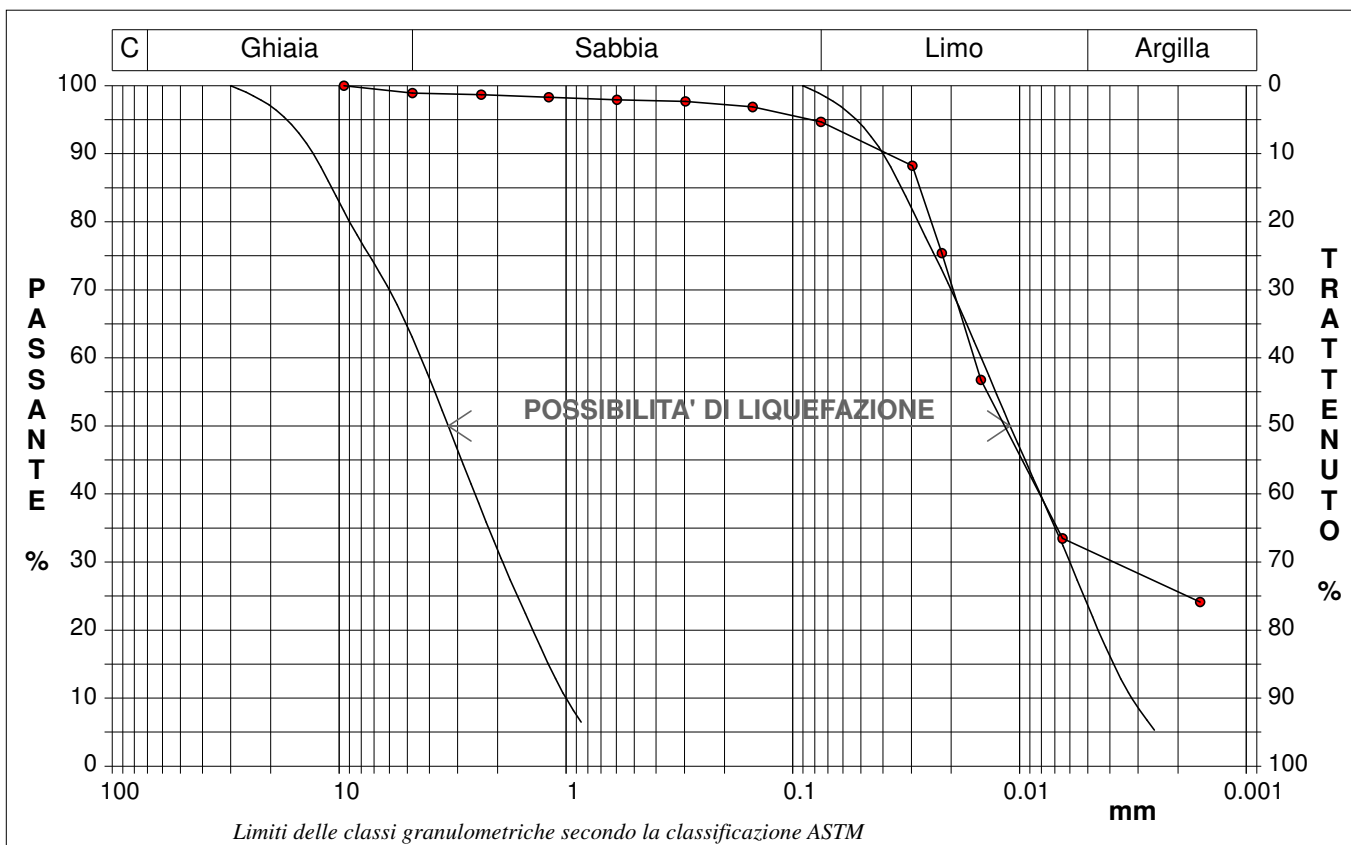
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00365	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 13/02/18	Inizio analisi: 09/02/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18		Apertura campione: 06/02/18	Fine analisi: 12/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl				
RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.0-5.7

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	1,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	98,6 %	D10	0,00019 mm	
Sabbia	4,2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,8 %	D30	0,00386 mm	
Limo	63,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	94,7 %	D50	0,01165 mm	
Argilla	31,7 %			D60	0,01587 mm	
Coefficiente di uniformità		82,37	Coefficiente di curvatura	4,87	D90	0,03825 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	97,68	0,0148	56,76				
4,7500	98,93	0,1500	96,87	0,0065	33,45				
2,3600	98,68	0,0750	94,70	0,0016	24,13				
1,1900	98,30	0,0297	88,23						
0,5950	97,93	0,0220	75,41						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00366** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18

DATA DI EMISSIONE: 13/02/18

Inizio analisi: 06/02/18

Apertura campione: 06/02/18

Fine analisi: 11/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.0-5.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

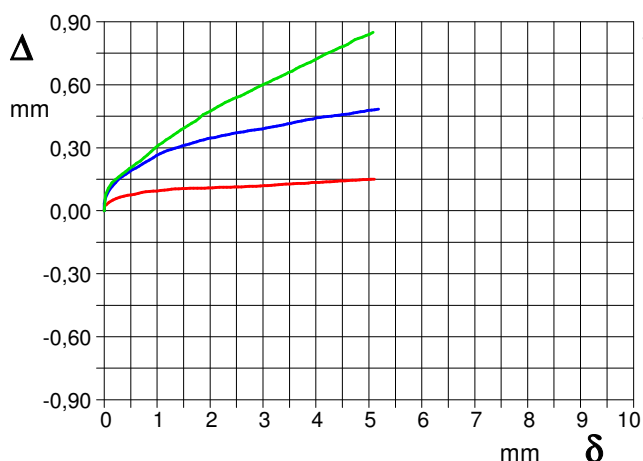
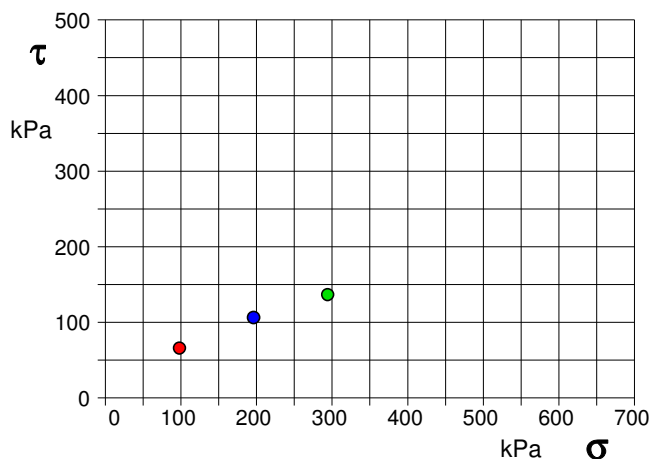
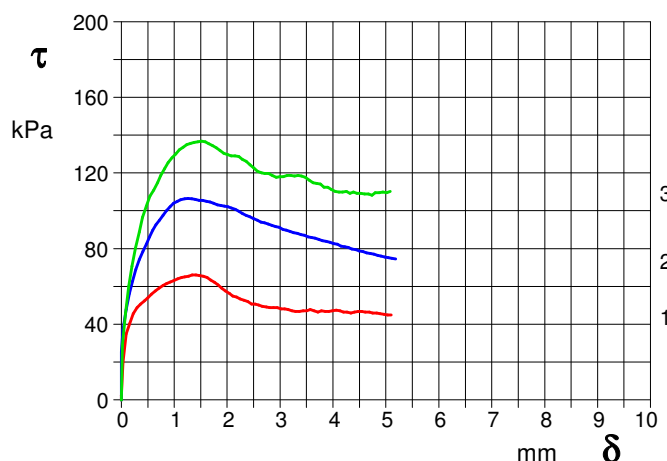
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	66	107	137
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,34	1,26	1,52
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,10	0,29	0,40
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 30,9	--- 31,1	--- 31,2
Peso di volume (kN/m³):	19,0	18,9	19,0

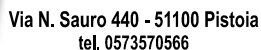
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.0 - 2017

Lo sperimentatore
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00366** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18

DATA DI EMISSIONE: 13/02/18

Inizio analisi: 06/02/18

Apertura campione: 06/02/18

Fine analisi: 11/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.0-5.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,992
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

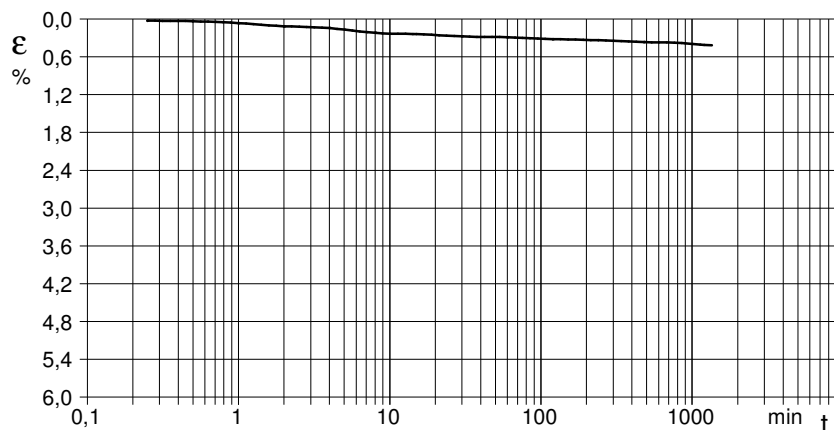


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,926
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

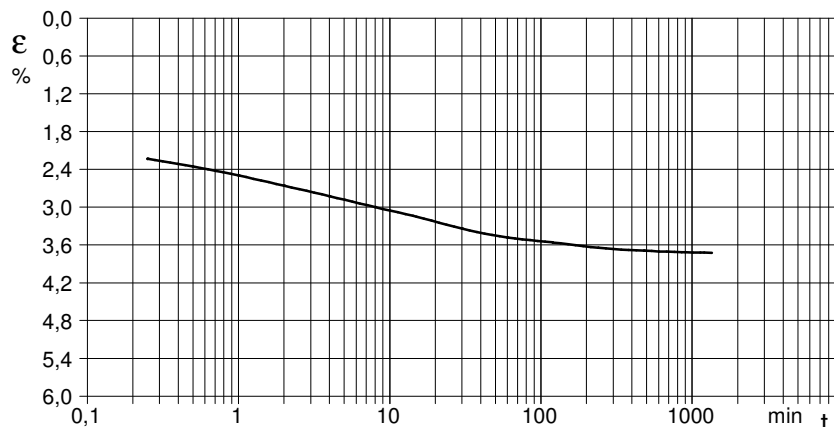
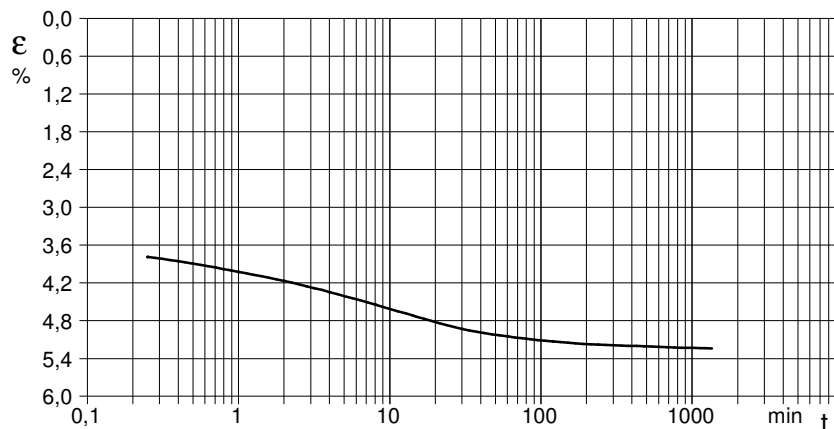


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,895
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00366	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 13/02/18	Inizio analisi: 06/02/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18		Apertura campione: 06/02/18	Fine analisi: 11/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl			
RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	5.0-5.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE:	MAIN Management & Ingegneria srl		
RIFERIMENTO:	Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	5.0-5.7

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	66	107	137
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,34	1,26	1,52
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,10	0,29	0,40
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 30,9	--- 31,1	--- 31,2
Peso di volume (kN/m³):	19,0	18,9	19,0

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 33,3 kPa
Angolo di attrito interno: 19,8 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

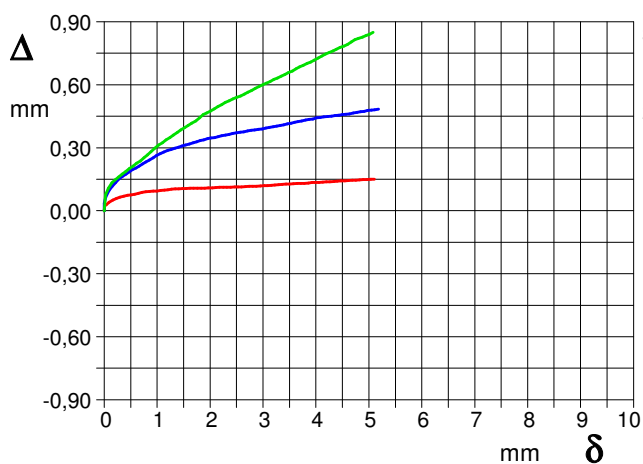
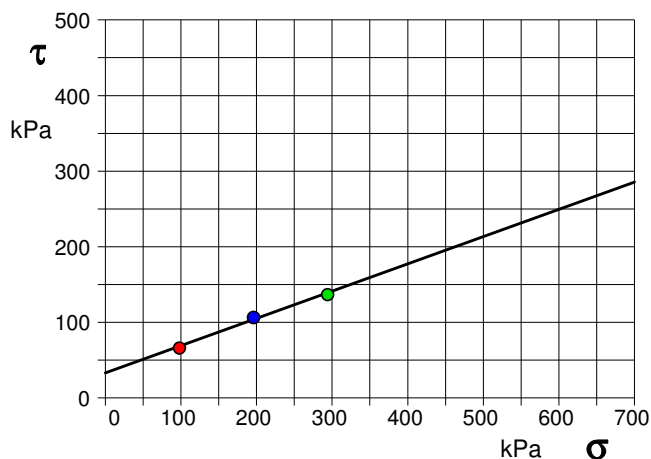


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

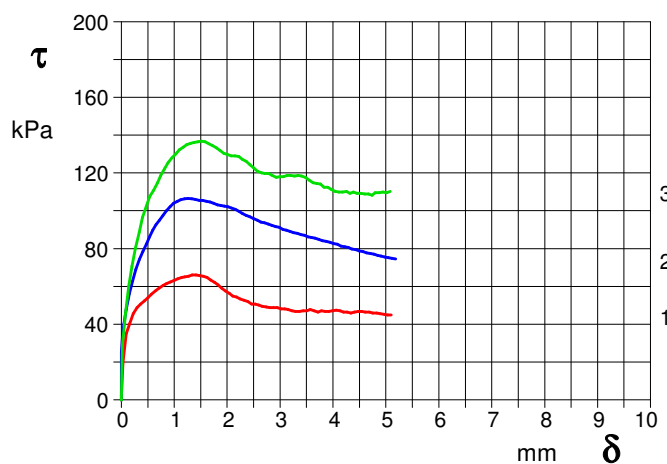


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	MAIN Management & Ingegneria srl		
RIFERIMENTO:	Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	10.0-10.5

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	19,8	%
Peso di volume	20,2	kN/m ³
Peso di volume secco	16,9	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,4	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,569	
Porosità	36,3	%
Grado di saturazione	93,6	%
Limite di liquidità	41,6	%
Limite di plasticità	21,6	%
Indice di plasticità	20,0	%
Indice di consistenza	1,09	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 12

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	11,8	%
Limo	45,7	%
Argilla	42,5	%
D 10		mm
D 50	0,008655	mm
D 60	0,013728	mm
D 90	0,092961	mm
Passante set. 10	99,7	%
Passante set. 42	98,9	%
Passante set. 200	88,2	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

COMPRESSIONE

σ	kPa
c_u	kPa
σ_{Rim}	kPa
$c_u Rim$	kPa

TAGLIO DIRETTO

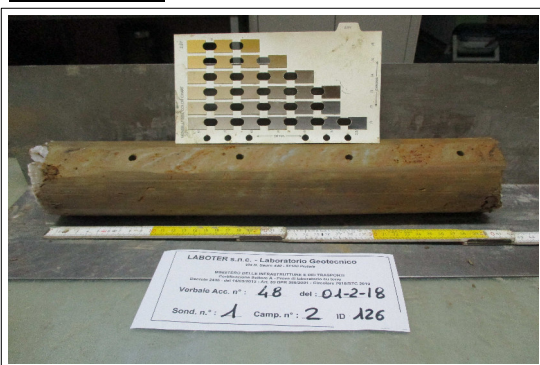
Prova consolidata-lenta		
c	16,3	kPa
ϕ	22,0	°
c_{Res}		kPa
ϕ_{Res}		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	C_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	C'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	C_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	C_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec

FOTOGRAFIA**OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove		cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD				
						Limo con argilla sabbioso Munsell Soil Color Charts : 2.5Y 6/6 giallo oliva (con venature azzurre)
			250			
			300			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 24.5 kPa molto molle 24.5 - 49.1 kPa molle 49.1 - 98.1 kPa plastico 98.1 - 196.2 kPa consistente 196.2 - 392.4 kPa molto consistente >392,4 kPa duro
			275			
			300		41	

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00370	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 13/02/18	Inizio analisi: 09/02/18
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18		Apertura campione: 06/02/18	Fine analisi: 12/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl
RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)
SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 2 PROFONDITA': m 10.0-10.5

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: HRB

ANALISI GRANULOMETRICA

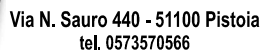
LIMITI DI CONSISTENZA

Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7	%	Limite di liquidità	41,6	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,9	%	Limite di plasticità	21,6	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	88,2	%	Indice di plasticità	20,0	%

CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**INDICE DI GRUPPO: 12**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche

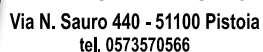


Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl			
RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	10.0-10.5

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Peso di volume allo stato naturale = 20,2 kN/m³

Il direttore del laboratorio
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00369** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18

DATA DI EMISSIONE: 13/02/18

Inizio analisi: 12/02/18

Apertura campione: 06/02/18

Fine analisi: 13/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

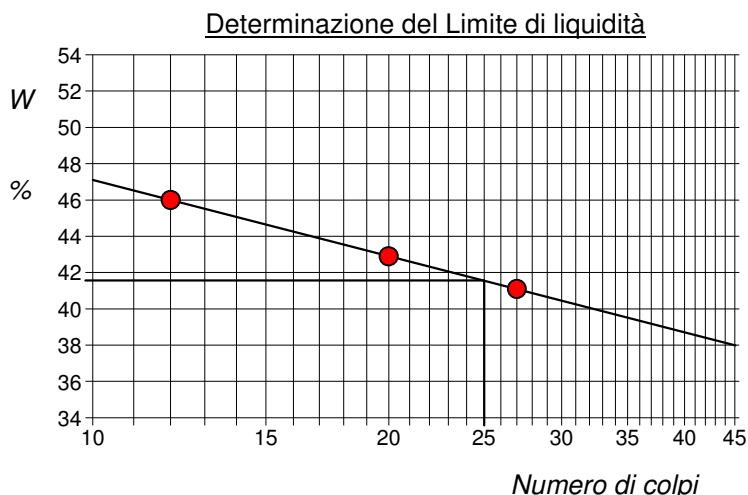
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 10.0-10.5

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	41,6	%
Limite di plasticità	21,6	%
Indice di plasticità	20,0	%
Indice di consistenza	1,09	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

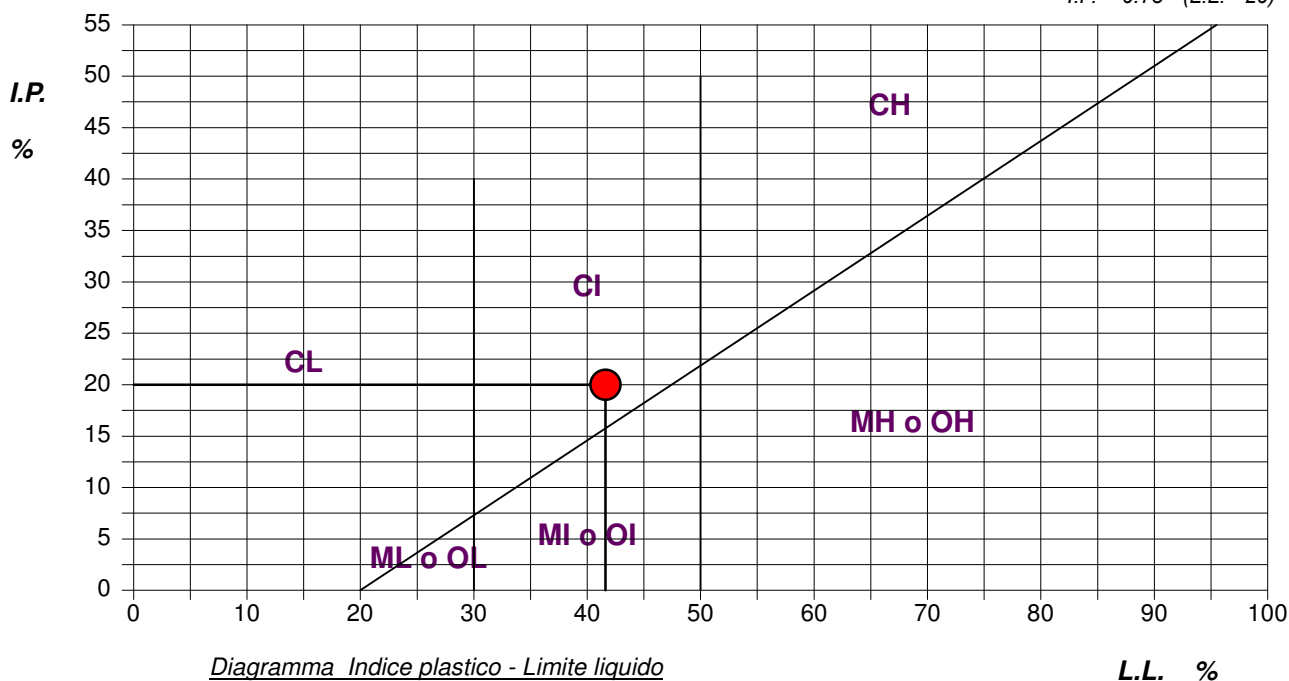
L - Bassa compressibilità

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00370** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18

DATA DI EMISSIONE: 13/02/18

Inizio analisi: 09/02/18

Apertura campione: 06/02/18

Fine analisi: 12/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

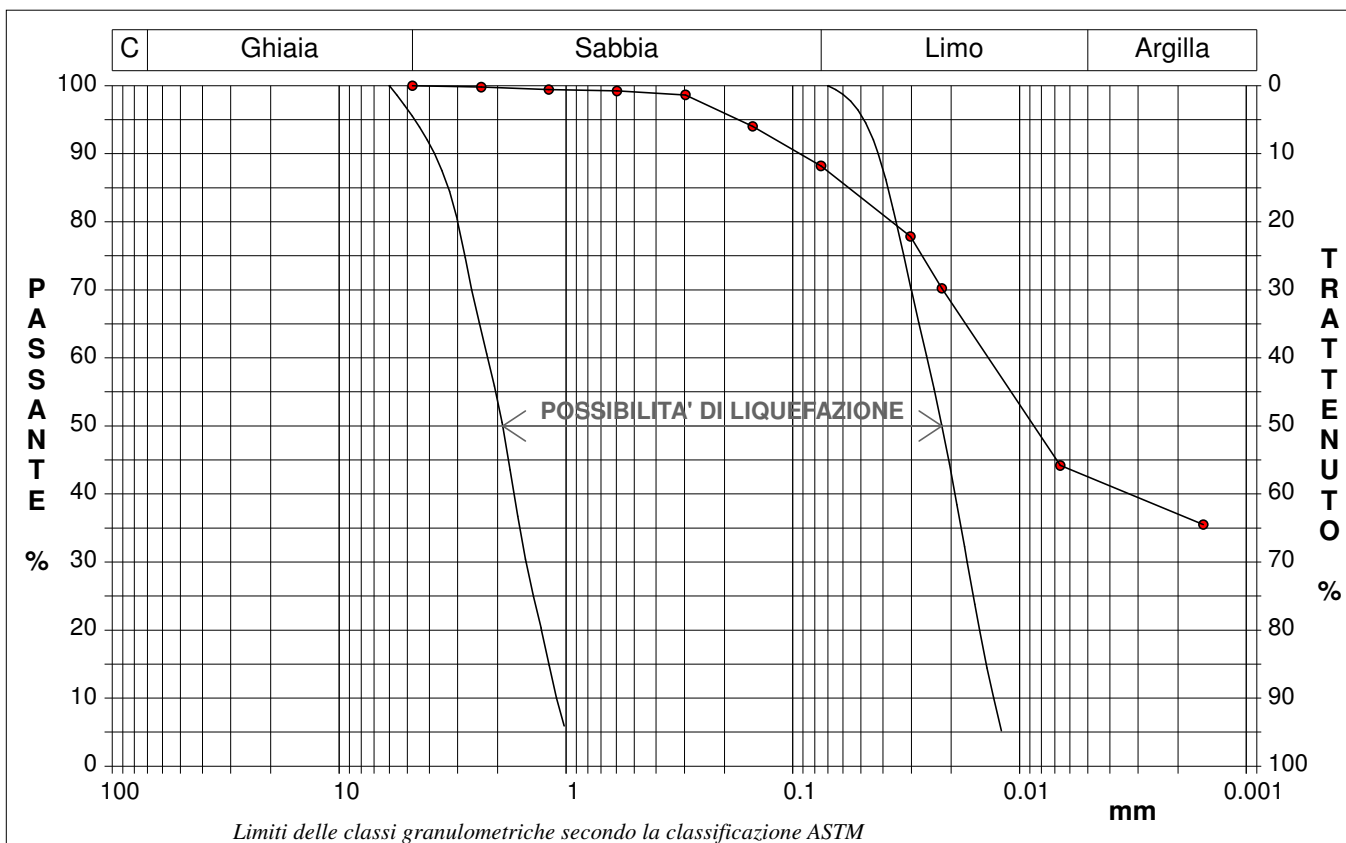
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 10.0-10.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7 %	D ₁₀	---	mm
Sabbia	11,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,9 %	D ₃₀	---	mm
Limo	45,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	88,2 %	D ₅₀	0,00866	mm
Argilla	42,5 %			D ₆₀	0,01373	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	
				D ₉₀	0,09296	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,1500	94,01	0,0015	35,50				
2,3600	99,78	0,0750	88,20						
1,1900	99,42	0,0302	77,83						
0,5950	99,22	0,0220	70,23						
0,2970	98,64	0,0066	44,18						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00371** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18

DATA DI EMISSIONE: 13/02/18

Inizio analisi: 08/02/18

Apertura campione: 06/02/18

Fine analisi: 12/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 10.0-10.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

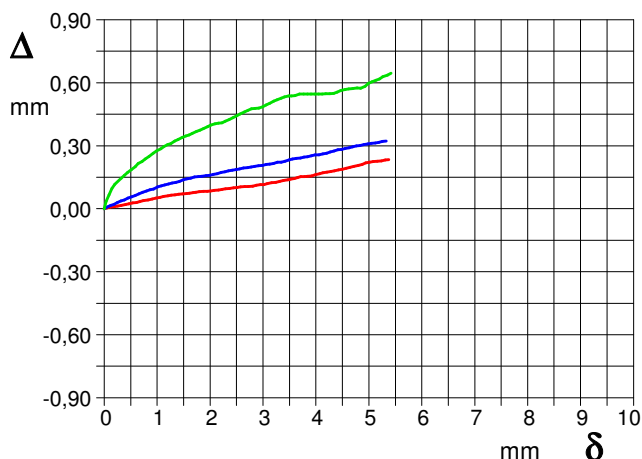
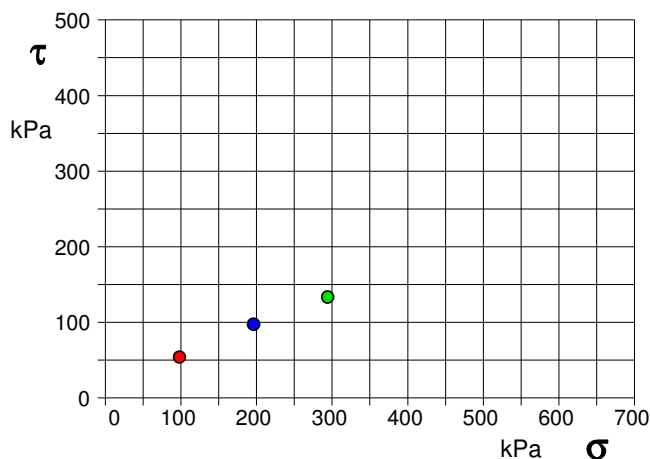
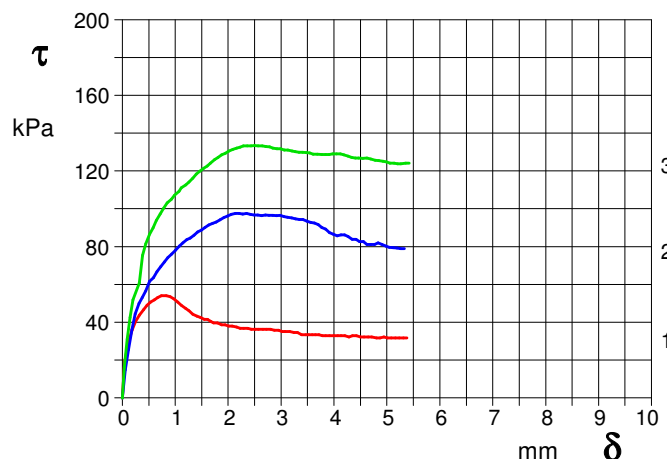
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	54	98	133
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	0,74	2,13	2,50
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,04	0,17	0,44
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,1	--- 21,6	--- 19,8
Peso di volume (kN/m³):	20,2	20,3	20,1

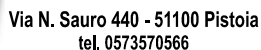
DIAGRAMMATensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.0 - 2017

Lo sperimentatore
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia
tel. 0573570566DNV Business Assurance
Certificato No. 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDITA
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)
Prove geotecniche di laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Settore A - Prove di laboratorio su terre
Decreto 2436 - del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 00371** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 48 del 01/02/18

DATA DI EMISSIONE: 13/02/18

Inizio analisi: 08/02/18

Apertura campione: 06/02/18

Fine analisi: 12/02/18

COMMITTENTE: MAIN Management & Ingegneria srl

RIFERIMENTO: Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 10.0-10.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1

Pressione (kPa)	98
Altezza iniziale (cm)	1,970
Altezza finale (cm)	1,863
Sezione (cm²):	36,24
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

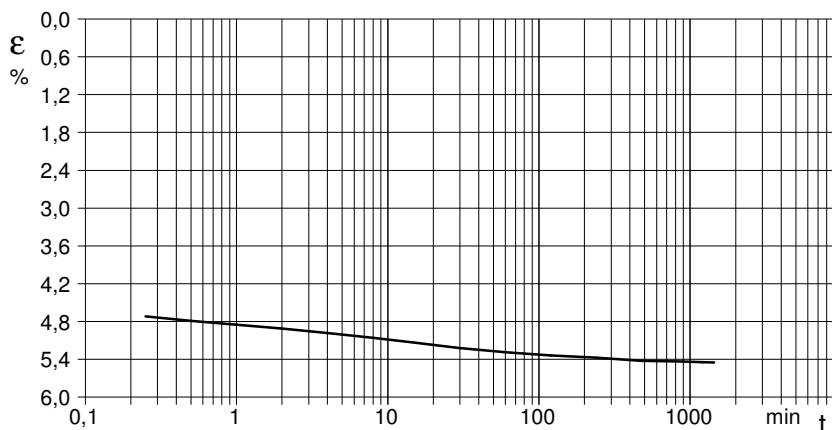


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2

Pressione (kPa)	196
Altezza iniziale (cm)	1,980
Altezza finale (cm)	1,942
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

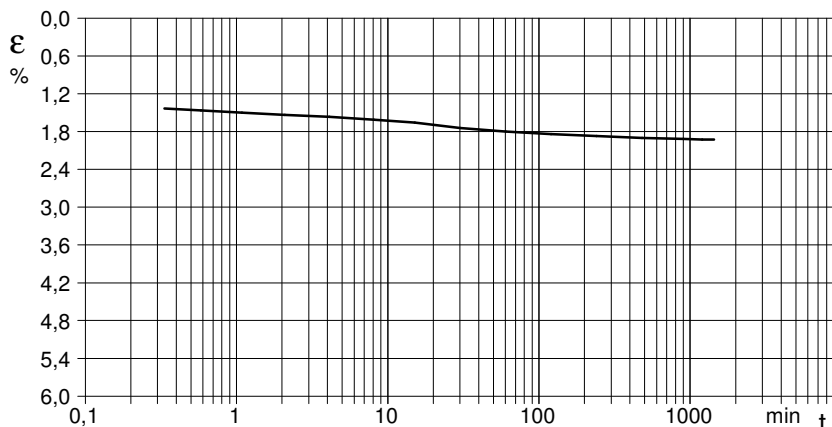
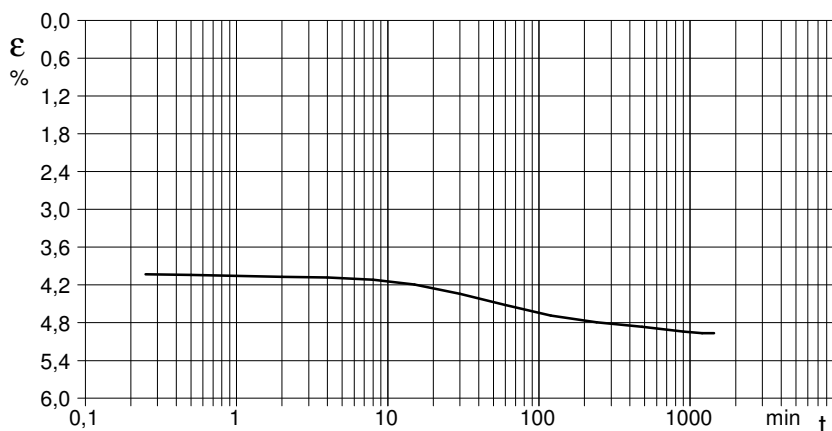


Diagramma
TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3

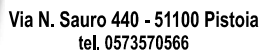
Pressione (kPa)	294
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,901
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

SGEO - Laboratorio 6.0 - 2017

Lo sperimentatore
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	MAIN Management & Ingegneria srl		
RIFERIMENTO:	Ospedale S. Donato - Arezzo (AR)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	10.0-10.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	54	98	133
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	0,74	2,13	2,50
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,04	0,17	0,44
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,1	--- 21,6	--- 19,8
Peso di volume (kN/m³):	20,2	20,3	20,1

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 16,3 kPa
Angolo di attrito interno: 22,0 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

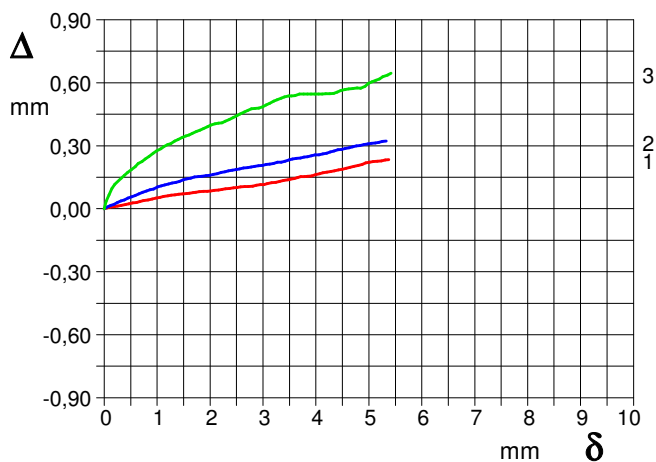
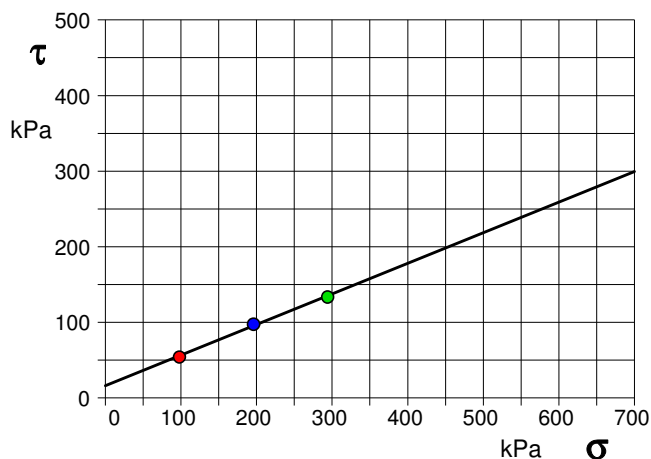


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

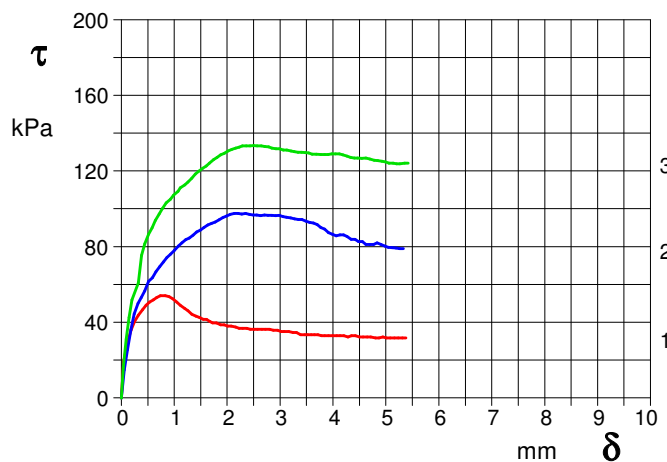
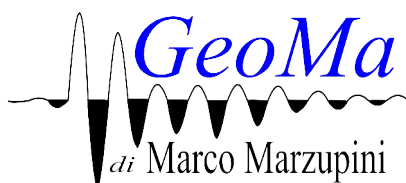


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

2018



www.Geoma.it

Cell: 328-7255608

Fax: +391782206474

Email: Marzupinimarco@gmail.com

Email Pec: Geoma.marzupini@pec.it

Skype: Geoma. Marzupini

Sede: Via Brancoleta 1E

Monte San Savino 52048 (AR)

C.F. MRZMRC83B01A390P

P.IVA 03318000928



GEOMA di Marco Marzupini
Res. Fisc.: Via Brancoleta 1/E
52048 Monte S. Savino (AR)
Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
C.F. MRZ MRC 83B01 A390P - P.I. 03318000928

REPORT

MISURA DOWNHOLE (Multichannel Analysis of Surface Waves) HVSr

LOCALITÀ:	SAN DONATO AREZZO	ID:	411180140218334D40	DATA:	14/02/18
COORDINATE SITO		LAT	43.461436°	LON	11.865758°

V03.2018

Geoma di Marco Marzupini Cell: 3287255608 Piva 03318000928

1

Indice generale

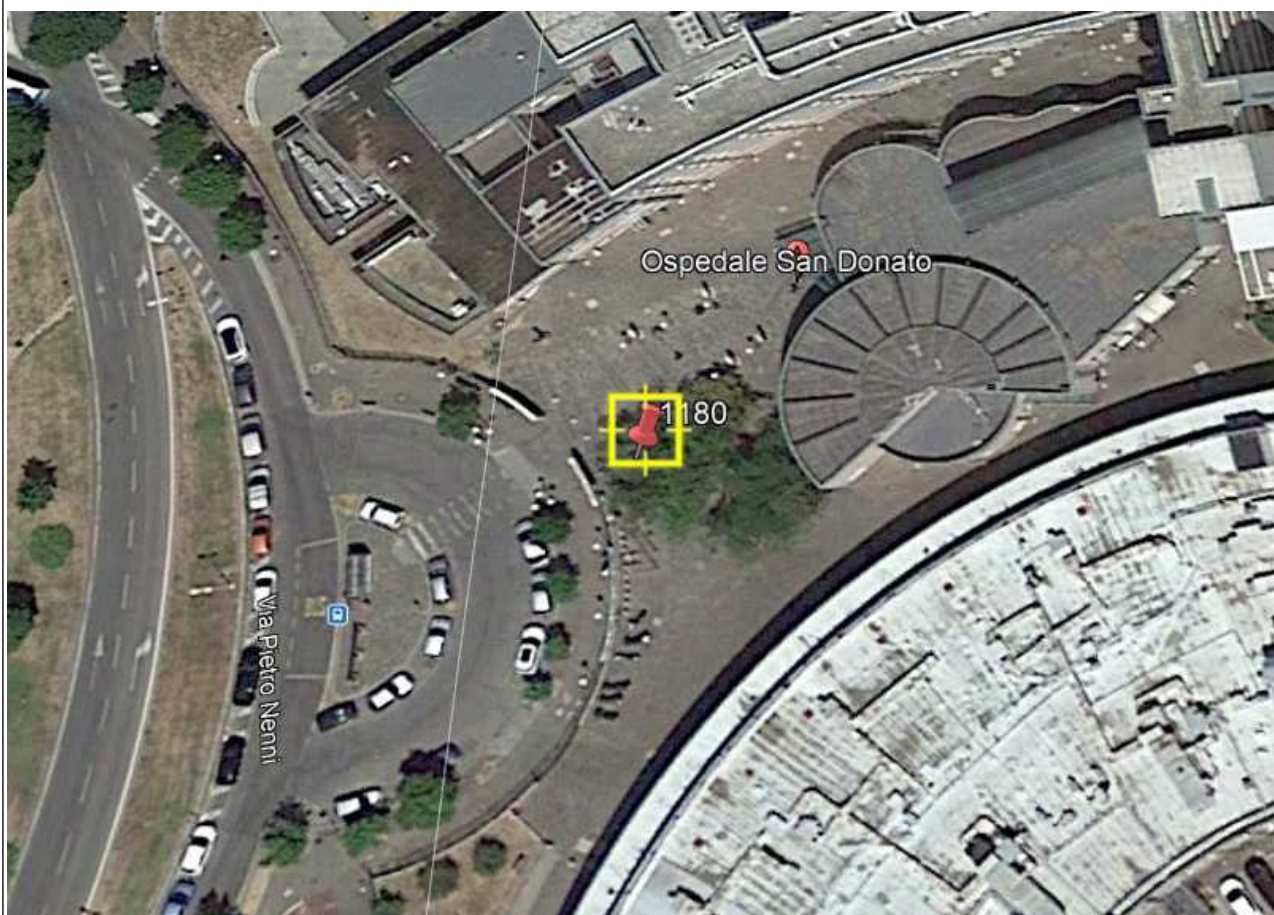
PREMESSA.....	3
TEORIA ALLA BASE DELLE PROVE IN FORO (Downhole).....	4
IL DOWNHOLE.....	5
DOWNHOLE (ONDE P).....	6
DOWNHOLE (ONDE SH).....	6
MISURA E STRUMENTAZIONE ADOTTATA.....	7
STRUMENTAZIONE.....	7
ELABORAZIONE SOFTWARE.....	8
INTERPRETAZIONE.....	11
MISURE HVSR.....	14
HVSR 01.....	14
HVSR 02.....	18
HVSR 03.....	22
CONCLUSIONI.....	26

GEOMA di Marco Marzupini
Res. Fisc. Via Brancoleta 1/E
52048 Monte S. Savino (AR)
Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
C.F. MRZ MRC 88801 A390P - P.I. 03318000928

PREMESSA

In località *Ospedale San Donato Arezzo* in data 14/02/2018, con obiettivo la valutazione della velocità media di propagazione delle onde elastiche e lo studio sismo-stratigrafico sono state eseguite le seguenti misure:

- *un Downhole per l'acquisizione delle onde P e Sh*



TEORIA ALLA BASE DELLE PROVE IN FORO (Downhole)

Le prove in foro possono essere classificate in ragione della posizione della sorgente e dei ricevitori. Si possono distinguere le misure Down-Hole (DH), Up-Hole (UH) e Cross-Hole (CH). Nelle prove DH la sorgente rimane in superficie e i geofoni vengono immessi nel foro mentre nella prova UP la sorgente si inverte con i ricevitori. Nella CH sia i ricevitori che le sorgenti sono posizionate in foro (Illustrazione 1).



Illustrazione 1: Foro

IL DOWNHOLE

Nella tecnica di misura Down-Hole, (DH), si installa in superficie una sorgente ad impulsi verticali e orizzontali e nel foro di misura con uno o più ricevitori a distanza nota ed opportunamente orientati, si determina il tempo di arrivo delle varie fasi P od SH (Illustrazione 2).

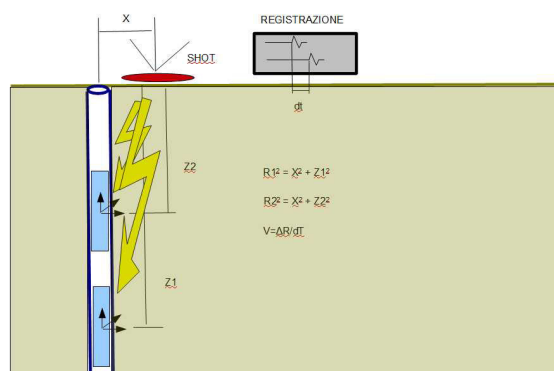
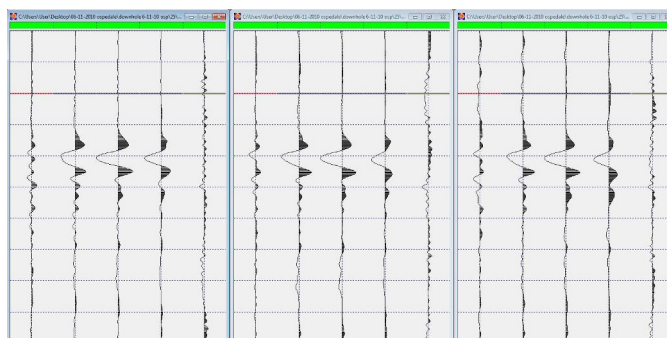


Illustrazione 2: Configurazione Downhole

L'impulso alla sorgente produce lungo la direzione di propagazione verticale prevalentemente onde longitudinali P se la battuta è effettuata verticalmente sulla piastra, mentre produce impulsi prevalentemente orizzontali e quindi onde di taglio polarizzate orizzontalmente (le cosiddette onde SH) se vengono effettuate battute parallele al terreno di superficie. L'arrivo è registrato dai geofoni, alle diverse profondità in cui sono posizionati. I geofoni vengono bloccati nel foro mediante un pistoncino elettrico.

Per ogni registrazione, di entrambi i tipi di onda, si effettuano un minimo di tre battute per ciascuna profondità (Illustrazione 3) che durante l'elaborazione verranno sommate (stacking) sia per aumentare il rapporto S/N, sia per minimizzare eventuale errore di localizzazione dei primi arrivi.

Illustrazione 3: Esempio di 3 shot prestacking orizzontali (SD)



La velocità delle onde P e SH, ovvero il rapporto tra il tempo di arrivo delle onde al geofono e la distanza che separa la sorgente dal ricevitore, si rileva mediante il picking del primo arrivo.

Quindi la misurazione dei tempi di arrivo delle onde P è relativamente semplice.

Per le onde di taglio (SH), invece, la situazione è abbastanza diversa in quanto essendo più lente delle onde di compressione, raggiungono il geofono quando il primo fronte d'onda compressiva è già transitato, causando un disturbo nella misura delle onde trasversali.

Per migliorare il rapporto fra le onde P e le onde Sh in modo da favorire l'identificazione di queste ultime è sempre preferibile realizzare una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto.

Ciò permette di effettuare la sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni facendo ridurre sensibilmente la componente apportata dalle onde P presente nel segnale.

Le procedure di interpretazione convenzionali permettono di determinare la velocità delle onde di taglio V_s dalla conoscenza della lunghezza e del tempo di percorrenza del percorso sorgente-ricevitore o del percorso tra coppie di ricevitori.

In generale, le onde di taglio viaggiano attraverso strati di terreno di diversa rigidità. Il tempo di viaggio misurato è quello necessario per attraversare l'insieme dei diversi strati, ognuno caratterizzato dalla propria velocità di propagazione. A rigore anche la lunghezza del percorso di propagazione è influenzata dalla presenza di strati con rigidità diversa.

DOWNHOLE (ONDE P)

L'utilizzo delle onde P per il downhole si basa sulla misurazione dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche di tipo compressionale P.

Le onde P muovono le particelle con un movimento longitudinale che risulta nella stessa direzione di propagazione del moto a una velocità V_p inversamente proporzionale alla densità ρ e direttamente proporzionale alle costanti elastiche λ e μ

Tali onde vengono misurate mediante un geofono verticale da 10 Hz posto in un sensore da foro SS-BH e generate da un maglio battuto operante su una piastra metallica poggiata nel terreno.

DOWNHOLE (ONDE SH)

L'utilizzo delle onde S nel downhole si basa sulla misurazione dei primi arrivi delle onde sismiche di tipo trasversale Sh. Nelle onde Sh, cioè trasversali di taglio, il moto delle particelle avviene nella direzione perpendicolare alla direzione di propagazione; esse sono più lente delle onde P e la loro velocità dipende solamente dal modulo di rigidità μ e non si propagano nei fluidi. Tali onde vengono misurate mediante l'utilizzo di un sistema di coppie geofoni da 10 Hz posti orizzontalmente ogni 90° (0° , 45° , 90° , 135°) in un geofono da pozzo.

La energizzazione per la creazione di onde di taglio vengono eseguite battendo una mazza di 8 kg sui due lati di una trave (traversina) adeguatamente appesantita, in questo caso mediante una macchina, per una migliore aderenza con il terreno.

MISURA E STRUMENTAZIONE ADOTTATA

La misura è stata eseguita inserendo il geofono da foro fino alla profondità di 40 m da dove, in risalita, ogni metro sono state effettuate le registrazioni (zero posto al livello di campagna). Le stazioni totali sono risultate 40. Le sorgenti sono poste a una distanza di 4 m dalla bocca foro

Le energizzazioni registrazioni per ogni metro sono:

1 uno shot per le Onde P

1.1 5 canali

1.1.1 primi 4 canali onde Sh ma non sono utilizzati perché la sorgente è verticale

1.1.2 ultimo canale onde P utilizzato

2 uno shot per le Onde SH (SD Destra)

2.1 5 canali

2.1.1 primi 4 canali utilizzati per le onde Sh con polarizzazione destra

2.1.2 ultimo canale non utilizzato perché sorgente orizzontale

3 uno shot per le Onde SH (SS Sinistra)

3.1 5 canali

3.1.1 primi 4 canali utilizzati per le onde Sh con polarizzazione sinistra

3.1.2 ultimo canale non utilizzato perché sorgente orizzontale

In tutto sono stati eseguite 117 registrazioni composte da 5 canali ognuno per 585 tracce totali; oltre a questi sono stati effettuati degli shots di prova per la taratura dello strumento.

STRUMENTAZIONE

Per il conseguimento di questa misura geofisica sono stati utilizzati:

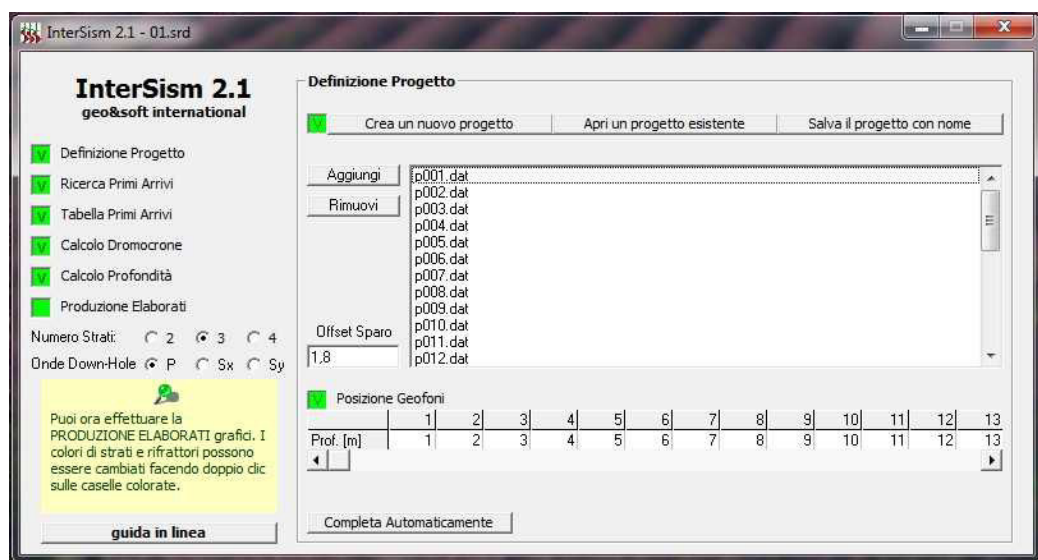
- un Geofono da foro 5 D (Borehole) della Sara Elettronics configurato nel seguente modo:
 - 1 geofono verticale da 10 Hz
 - 4 geofoni orizzontali da 10 Hz posti orizzontalmente ogni 45°. L'utilizzo di 4 geofoni orizzontali disposti ogni 45° invece dei 2 posti ogni 90° si avrà una migliore registrazione anche se uno dei geofoni non è completamente parallelo alla sorgente.
- Un sistema di energizzazione per le onde P le onde P vengono create mediante utilizzo di una massa battente (maglio) del peso di 8 kg su una piastra di alluminio del diametro di 20 cm resa aderente al terreno .
- Un sistema composto da 24 geofoni con movimento della massa verticale da 4,5 Hz del tipo elettromagnetico (Geospace GS11D 4.5Hz 4kΩ).

ELABORAZIONE SOFTWARE

L'elaborazione può essere riassunta nelle seguenti fasi fondamentali:

1. Prima della elaborazione vera e propria i 3 shot di ogni tipo di onda sono stati sommati e scartati i più rumorosi.
2. Nella seconda fase le tracce delle onde di taglio SH sia con la polarizzazione diretta (SD) sia con polarizzazione inversa (SS), al fine di attenuare l'eventuale influenza dell'arrivo di onde longitudinali più veloci, sono state invertite di fase e poi sommate. Questa fase è stata effettuata mediante l'utilizzo di script e programmi scritti con il linguaggio Matlab su piattaforma Octave (per qualsiasi chiarimento rivolgersi al sottoscritto).
3. Aggiornamento delle headers e creazione dei database (Illustrazione 4). In questa fase vengono caricati i sismogrammi e impostate le caratteristiche dello stendimento: profondità, distanza bocca foro, ecc.. Questo stadio è uguale sia per lo studio delle onde P che per le onde Sh essendo identico lo stendimento. Se presente, vengono adottati dei filtri per eliminare o ridurre eventuali rumori o segnali non ritenuti utili.

Illustrazione 4: Database



4. Picking dei primi arrivi sia per le tracce delle onde P, onde Sx e le Sy posizionate a 90° rispetto le Sx.
5. Ricostruzione e traslazione delle dromocrone .
Modellizzazione e calcolo di un profilo del sottosuolo.

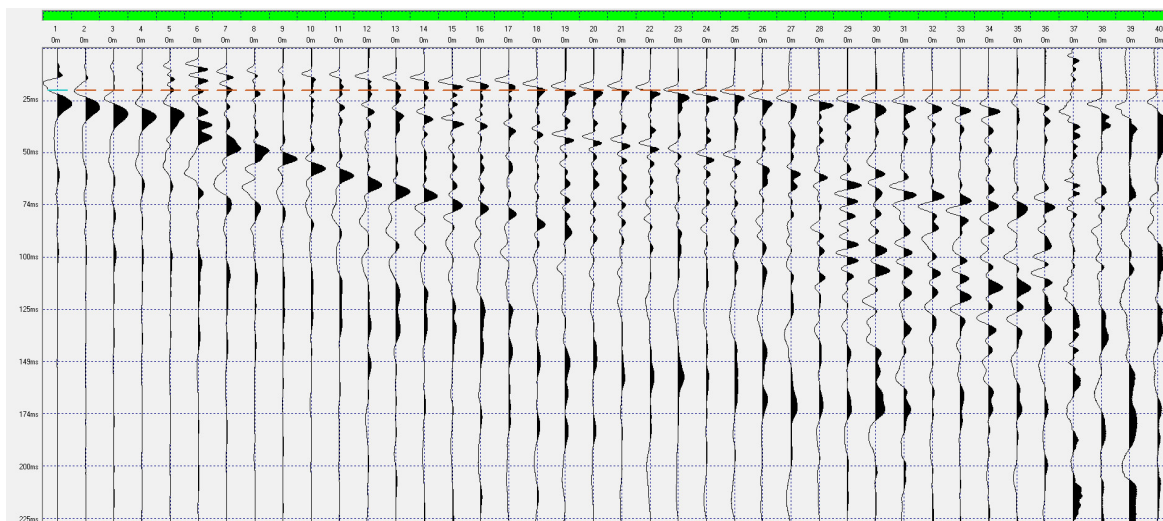


Illustrazione 5: Picking Onde P

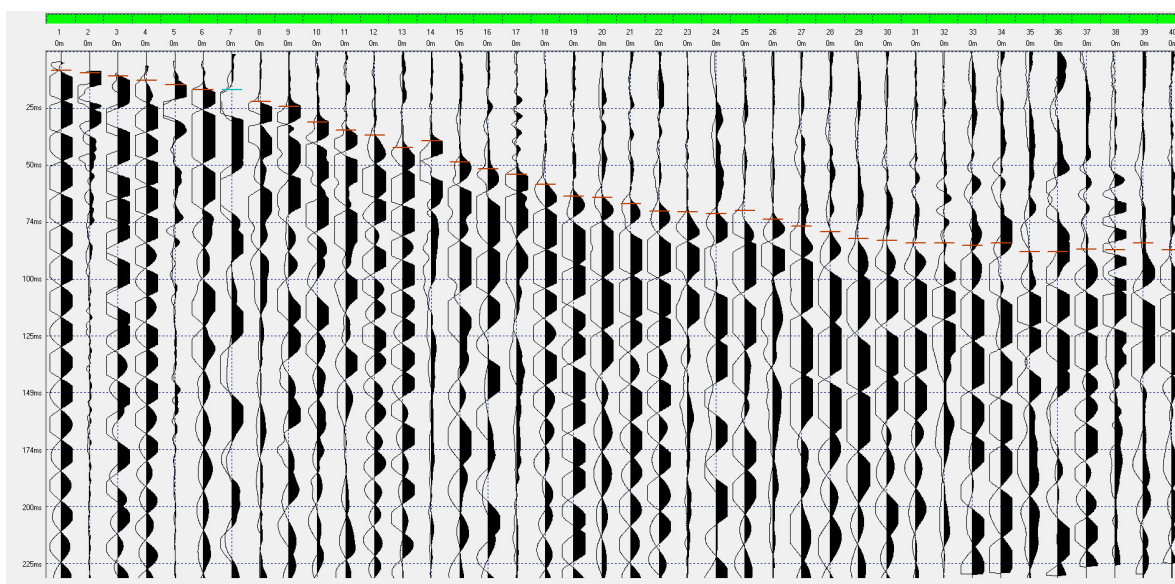


Illustrazione 6: Picking Sovrapposizione Onde SH Sx e Sy

Fra una fase e l'altra vengono eseguiti dei controlli tali da garantire la qualità e la congruenza fra il modello di sottosuolo ottenuto e la geologia nota (stratigrafia e caratteristiche geotecniche).

			<i>tempi di arrivo</i>	
<i>Prof</i>	<i>offset</i>	<i>prof corretta</i>	<i>P</i>	<i>S</i>
1	4	04,12	7,4	8,7
2	4	04,47	7,4	10,1
3	4	05,00	6	11,3
4	4	05,66	6,8	16,6
5	4	06,40	6,2	18,6
6	4	07,21	5,8	19,5
7	4	08,06	7,6	22,5
8	4	08,94	6,8	24,5
9	4	09,85	8,6	26,7
10	4	10,77	9,8	31,5
11	4	11,70	10,4	35,1
12	4	12,65	11	37,1
13	4	13,60	11,2	42,7
14	4	14,56	12	39,7
15	4	15,52	13,6	48,9
16	4	16,49	13	51,9
17	4	17,46	13	54,5
18	4	18,44	14,4	58,9
19	4	19,42	15,4	64,1
20	4	20,40	15	64,7
21	4	21,38	15,8	67,3
22	4	22,36	16	70,5
23	4	23,35	17,4	70,9
24	4	24,33	18,4	71,7
25	4	25,32	18,4	70,3
26	4	26,31	18,8	74,1
27	4	27,29	20	77,1
28	4	28,28	20,8	79,7
29	4	29,27	21,2	82,2
30	4	30,27	21,4	83
31	4	31,26	22,2	84,2
32	4	32,25	22,6	84,2
33	4	33,24	23,2	85,2
34	4	34,23	23	84
35	4	35,23	23,2	87,8
36	4	36,22	23,4	87,8
37	4	37,22	23,8	86,8
38	4	38,21	24,2	87,2
39	4	39,20	24,4	84
40	4	40,20	24,4	87,2

INTERPRETAZIONE

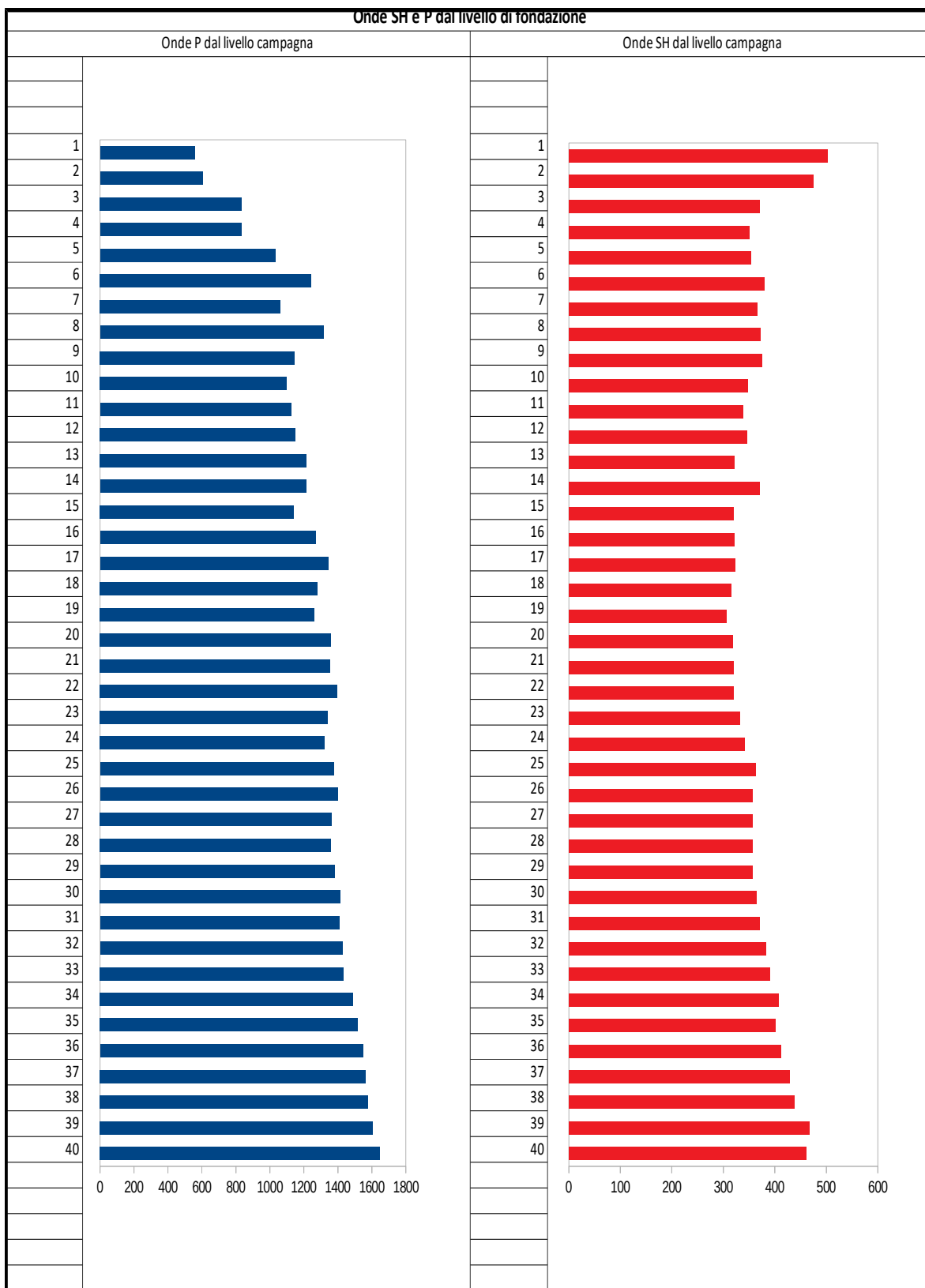
Le sezioni sismiche ottenute dalla modellizzazione e interpretazione dei segnali acquisiti (riportati mediante sezioni litosismografiche) permettono di individuare le principali unità geologiche.

Si ricorda che le tecniche di geofisica applicata hanno un margine intrinseco di errore dovuto a:

- Limiti della modellizzazione dell'ambiente naturale non sempre coerente (esempio strati piano-paralleli)
- Rumori di vario genere: cavi elettrici, mezzi vari, vento.
- Rumore dovuto alla strumentazione esempio: contatti dovuti all'umidità, rumore termico ecc
- Basso rapporto segnale/rumore dovute alle caratteristiche della sorgente.
- In presenza di falda le onde P possono essere sovrastimate.

Di seguito, viene riportato il profilo di velocità dal livello campagna.(calcolato ogni metro) delle onde SH e P.

Velocità onde dirette dei singoli scoppi					
m lf	Onde P (m/s)	Onde SH (m/s)	VS m/s	Sismo stratigrafia	velocità Onde SH (Rosse) e P (Blu)
1	557,18	473,92			1
2	604,34	442,79			2
3	833,33	353,98	391,14		3
4	831,89	340,77			4
5	1032,76	344,25			5
6	1243,29	369,8			6
7	1060,82	358,32			7
8	1315,33	365,07			8
9	1145,22	368,87			9
10	1099,01	341,92			10
11	1125,45	333,47			11
12	1149,92	340,95			12
13	1214,42	318,54			13
14	1213,35	366,76			14
15	1141,48	317,47			15
16	1268,65	317,77			16
17	1343,4	320,44			17
18	1280,49	313,06			18
19	1260,81	302,91	344,4		19
20	1359,74	315,24			20
21	1353,01	317,65			21
22	1397,63	317,17			22
23	1341,68	329,27			23
24	1322,34	339,35			24
25	1375,98	360,14			25
26	1399,25	355,01			26
27	1364,73	354,02			27
28	1359,82	354,88			28
29	1380,88	356,14			29
30	1414,28	364,64			30
31	1407,97	371,22			31
32	1426,95	383,01			32
33	1432,83	390,16			33
34	1488,46	407,55			34
35	1518,44	401,23			35
36	1547,93	412,55	430,86		36
37	1563,68	428,75			37
38	1578,92	438,19			38
39	1606,75	466,72			39
40	1647,52	461			40
MEDIE	1275,25	365,37			



MISURE HVSR

HVSR 01

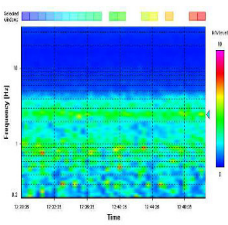
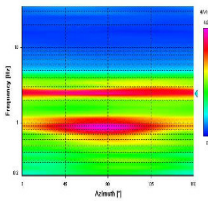
L'analisi HVSR viene condotta in due fasi principali:

1. La prima fase è avvenuta in campagna con l'acquisizione dei segnali sismici, mediante le misure del microtremore ambientale della durata variabile ma mai minore ai 1400 secondi con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento, il tromografo digitale GeoBox 24 bit della SARA electronic instruments s.r.l., è dotato di una terna di sensori ortogonali da 2 Hz orientati N-S , E O e verticale. Il segnale viene campionato a 300 Hz per evitare eventuale aliasing. Tutte le analisi sono state disposte in direzione NS magnetico mediante bussola Brunton
2. La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW5,0 ACADEMY della EliaSoft e Geopsy. Il programma, basato sulle linee guida del progetto europeo SESAME, divide l'elaborazione nei seguenti passaggi:
 1. Ricampionamento a 128 Hz del segnale
 2. Rimozione manuale di eventuali transienti
 3. Larghezza delle finestre d'analisi 40 s e lisciamento con ampiezza pari al 10%
 4. Calcolo dello spettro mediante metodo di Nakamura
 5. Controllo della persistenza del segnale cioè della continuità nella registrazione e quindi coerenza
 6. Analisi della direttività del segnale (in caso di sorgente di rumore con direzione predominante questa viene eliminata nella fase 2)

Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito .



Un ulteriore controllo della qualità dell'acquisizione HVSR viene basato sulla classificazione proposta nelle attività di MS dell'Abruzzo (Albarelli-Mucciarelli, 2010):

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio				4,1																																				
PICCO (Hz)	2.478 ± 0.085	AMPIEZZA	3,774																																					
DATI ELABORATI																																								
Date	14/02/18																																							
Time	2018																																							
Dataset	13234																																							
Sampling frequency (Hz)	300																																							
Window length (sec)	20																																							
Length temporal sequence (min)	22																																							
Length of analysed temporal sequence (min)	21																																							
Tapering (%)	10																																							
CONTROLLI																																								
Criteria for a reliable H/V curve																																								
<table><tr><th colspan="3">HVSr curve reliability criteria</th></tr><tr><td>$t_c > 10 / L_w$</td><td>17 valid windows (length > 4.09 s) out of 17</td><td>OK</td></tr><tr><td>$n(t_c) > 200$</td><td>2495.54 > 200</td><td>OK</td></tr><tr><td>$\sigma_{rel}(f) < 2$ for $0.5f_c < f < 2f_c$</td><td>Exceeded 0 times in 27</td><td>OK</td></tr><tr><th colspan="3">HVSr peak clarity criteria</th></tr><tr><td>$\Delta f \text{ in } [A_4, A_1] \mid A_{rel}(f) < A_c/2$</td><td>0 Hz</td><td>NO</td></tr><tr><td>$\Delta f \text{ in } [A_4, A_1] \mid A_{rel}(f) < A_c/2$</td><td>3.8127 Hz</td><td>OK</td></tr><tr><td>$A_c > 2$</td><td>3.77 > 2</td><td>OK</td></tr><tr><td>$f_{max}(A_{rel}(f) \pm \sigma_{rel}(f)) = f_0 \pm 5\%$</td><td>0% <= 5%</td><td>OK</td></tr><tr><td>$\sigma_{rel}(f_c) < \sigma_{rel}(f_0)$</td><td>0.0855 < 0.12233</td><td>OK</td></tr><tr><td>$\sigma_{rel}(f_0) < \sigma(f_c)$</td><td>1.12454 < 1.58</td><td>OK</td></tr><tr><td colspan="2">Overall criteria fulfillment</td><td>OK</td></tr></table>					HVSr curve reliability criteria			$t_c > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 4.09 s) out of 17	OK	$n(t_c) > 200$	2495.54 > 200	OK	$\sigma_{rel}(f) < 2$ for $0.5f_c < f < 2f_c$	Exceeded 0 times in 27	OK	HVSr peak clarity criteria			$\Delta f \text{ in } [A_4, A_1] \mid A_{rel}(f) < A_c/2$	0 Hz	NO	$\Delta f \text{ in } [A_4, A_1] \mid A_{rel}(f) < A_c/2$	3.8127 Hz	OK	$A_c > 2$	3.77 > 2	OK	$f_{max}(A_{rel}(f) \pm \sigma_{rel}(f)) = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK	$\sigma_{rel}(f_c) < \sigma_{rel}(f_0)$	0.0855 < 0.12233	OK	$\sigma_{rel}(f_0) < \sigma(f_c)$	1.12454 < 1.58	OK	Overall criteria fulfillment		OK
HVSr curve reliability criteria																																								
$t_c > 10 / L_w$	17 valid windows (length > 4.09 s) out of 17	OK																																						
$n(t_c) > 200$	2495.54 > 200	OK																																						
$\sigma_{rel}(f) < 2$ for $0.5f_c < f < 2f_c$	Exceeded 0 times in 27	OK																																						
HVSr peak clarity criteria																																								
$\Delta f \text{ in } [A_4, A_1] \mid A_{rel}(f) < A_c/2$	0 Hz	NO																																						
$\Delta f \text{ in } [A_4, A_1] \mid A_{rel}(f) < A_c/2$	3.8127 Hz	OK																																						
$A_c > 2$	3.77 > 2	OK																																						
$f_{max}(A_{rel}(f) \pm \sigma_{rel}(f)) = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK																																						
$\sigma_{rel}(f_c) < \sigma_{rel}(f_0)$	0.0855 < 0.12233	OK																																						
$\sigma_{rel}(f_0) < \sigma(f_c)$	1.12454 < 1.58	OK																																						
Overall criteria fulfillment		OK																																						
Stazionarietà nel tempo		Isotropia		Rumore																																				
FIG 01		FIG 02		FIG 03																																				
																																								
GEOMA di Marco Marzupini F. R. R. 14/02/18																																								

GEOMA di Marco Marzupini
 Res. Fico Via Brancaleone 1/E
 52048 Monte S. Savino (AR)
 Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
 C.F. MRZ MRC 88B01 A390P - P.I. 03318000928

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

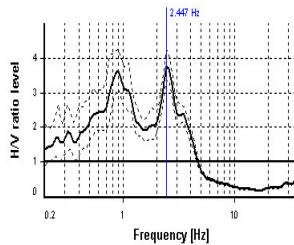
CHECK

1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	SI
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (<i>plausibilità fisica</i>)	SI
8	Criteri Sesame	ok
		TIPO 1 se almeno 5 su 6 OK
		TIPO 2 se meno di 5 su 6 OK

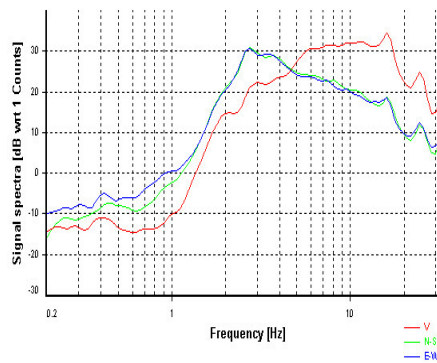
Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programma VEL

CATEGORIA	A (Affidabile)	TIPO	TIPO 01
NOTE	Picco evidente, naturale		
PICCHI (Hz)	2.478 ± 0.085		

Rapporto Spettrale HV



Spettri delle singole componenti



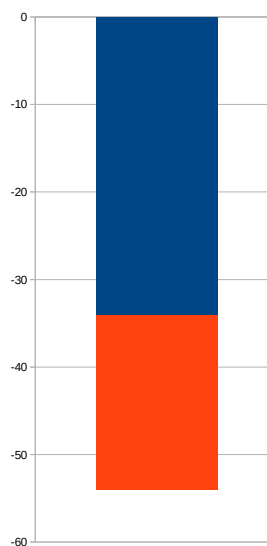
	Velocità	Peak (Hz)	Profondità
Strato 1	339	2,45	34,63
Strato 2			

NOTE

Il picco posto a 0,9 Hz è ipotizzato di origine antropica perché presenta una direttività

Il picco a 0,9 Hz è imputabile alla vicinanza dell'edificio

Gli spessori sono calcolati con la velocità del downhole



HVSR 02

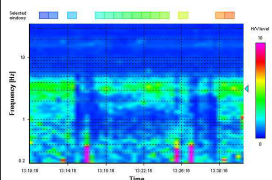
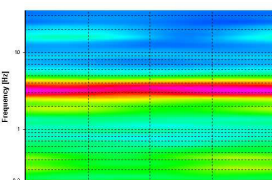
L'analisi HVSR viene condotta in due fasi principali:

1. La prima fase è avvenuta in campagna con l'acquisizione dei segnali sismici, mediante le misure del microtremore ambientale della durata variabile ma mai minore ai 2400 secondi con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento, il tromografo digitale GeoBox 24 bit della SARA electronic instruments s.r.l., è dotato di una terna di sensori ortogonali da 2 Hz orientati N-S , E O e verticale. Il segnale viene campionato a 300 Hz per evitare eventuale aliasing. Tutte le analisi sono state disposte in direzione NS magnetico mediante bussola Brunton
2. La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW5,0 ACADEMY della EliaSoft e Geopsy. Il programma, basato sulle linee guida del progetto europeo SESAME, divide l'elaborazione nei seguenti passaggi:
 1. Ricampionamento a 128 Hz del segnale
 2. Rimozione manuale di eventuali transienti
 3. Larghezza delle finestre d'analisi 40 s e lisciamento con ampiezza pari al 10%
 4. Calcolo dello spettro mediante metodo di Nakamura
 5. Controllo della persistenza del segnale cioè della continuità nella registrazione e quindi coerenza
 6. Analisi della direttività del segnale (in caso di sorgente di rumore con direzione predominante questa viene eliminata nella fase 2)

Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito .



Un ulteriore controllo della qualità dell'acquisizione HVSR viene basato sulla classificazione proposta nelle attività di MS dell'Abruzzo (*Albarelli-Mucciarelli, 2010*):

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio			4.1																																				
PICCO (Hz)	3.295 ± 0.268	AMPIEZZA	3,293																																				
DATI ELABORATI																																							
Date	14/02/18																																						
Time	2018																																						
Dataset	13234																																						
Sampling frequency (Hz)	300																																						
Window length (sec)	20																																						
Length temporal sequence (min)	22																																						
Length of analysed temporal sequence (min)	21																																						
Tapering (%)	10																																						
CONTROLLI																																							
Criteria for a reliable H/V curve																																							
<table><tr><th colspan="3">HVSR curve reliability criteria</th></tr><tr><td>$f_0 > 10 / L_{eq}$</td><td>14 valid windows (length > 3.15 s) out of 14</td><td>OK</td></tr><tr><td>$n_i(f_0) > 200$</td><td>2667.64 > 200</td><td>OK</td></tr><tr><td>$\sigma_H(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$</td><td>Exceeded 0 times in 27</td><td>OK</td></tr><tr><th colspan="3">HVSR peak clarity criteria</th></tr><tr><td>$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$</td><td>2.09215 Hz</td><td>OK</td></tr><tr><td>$\exists f \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$</td><td>4.82063 Hz</td><td>OK</td></tr><tr><td>$A_0 > 2$</td><td>3.29 > 2</td><td>OK</td></tr><tr><td>$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{H/V}(f)] = f_0 \pm 5\%$</td><td>5.36% > 5%</td><td>NO</td></tr><tr><td>$\sigma_H < \sigma(f_0)$</td><td>0.26755 >= 0.15879</td><td>NO</td></tr><tr><td>$\sigma_H(f_0) < \sigma(f_0)$</td><td>1.28699 < 1.58</td><td>OK</td></tr><tr><td colspan="2">Overall criteria fulfillment</td><td>NO</td></tr></table>				HVSR curve reliability criteria			$f_0 > 10 / L_{eq}$	14 valid windows (length > 3.15 s) out of 14	OK	$n_i(f_0) > 200$	2667.64 > 200	OK	$\sigma_H(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 27	OK	HVSR peak clarity criteria			$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.09215 Hz	OK	$\exists f \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.82063 Hz	OK	$A_0 > 2$	3.29 > 2	OK	$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{H/V}(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.36% > 5%	NO	$\sigma_H < \sigma(f_0)$	0.26755 >= 0.15879	NO	$\sigma_H(f_0) < \sigma(f_0)$	1.28699 < 1.58	OK	Overall criteria fulfillment		NO
HVSR curve reliability criteria																																							
$f_0 > 10 / L_{eq}$	14 valid windows (length > 3.15 s) out of 14	OK																																					
$n_i(f_0) > 200$	2667.64 > 200	OK																																					
$\sigma_H(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 27	OK																																					
HVSR peak clarity criteria																																							
$\exists f \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.09215 Hz	OK																																					
$\exists f \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	4.82063 Hz	OK																																					
$A_0 > 2$	3.29 > 2	OK																																					
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_{H/V}(f)] = f_0 \pm 5\%$	5.36% > 5%	NO																																					
$\sigma_H < \sigma(f_0)$	0.26755 >= 0.15879	NO																																					
$\sigma_H(f_0) < \sigma(f_0)$	1.28699 < 1.58	OK																																					
Overall criteria fulfillment		NO																																					
Stazionarietà nel tempo																																							
FIG 01																																							
																																							
Isotropia																																							
FIG 02																																							
																																							
Rumore																																							
FIG 03																																							

GEOMA di Marco Marzupini
 Res. Fisc.: Via Brancaleta 1/E
 52048 Monte S. Savino (AR)
 Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
 C.F. MRZ MRC 88801 A390P - P.I. 03318000928

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

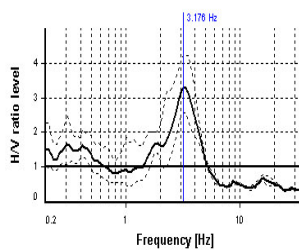
CHECK

1	Durata: la misura deve essere almeno di 20 minuti.	OK
2	Isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo (FIG 02)	OK
3	Robustezza statistica: sono soddisfatti i primi 3 criteri di SESAME	OK
4	Stazionarietà nel tempo (FIG 01)	OK
5	Rumore elettromagnetico all'interno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	SI
6	Rumore elettromagnetico all'esterno dell'intervallo di interesse (FIG 03)	NO
7	I massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (<i>plausibilità fisica</i>)	SI
8	Criteri Sesame	ok
		TIPO 1 se almeno 5 su 6 OK
		TIPO 2 se meno di 5 su 6 OK

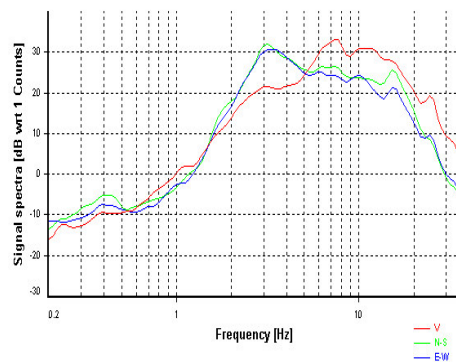
Per ulteriori informazioni : Microzonazione Sismica e Programma VEL

CATEGORIA	A (Affidabile)	TIPO	TIPO 02
NOTE	Picco evidente, naturale		
PICCHI (Hz)	3.295 ± 0.268		

Rapporto Spettroale H/V

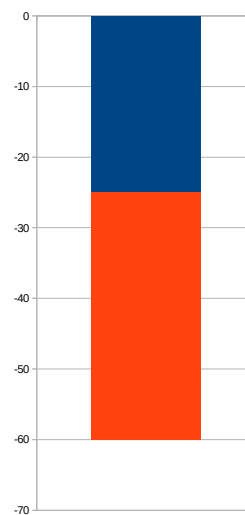


Spettri delle singole componenti



	Velocità	Peak (Hz)	Profondità
Strato 1	339	3,29	25,74
Strato 2			

NOTE



HVSR 03

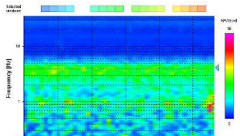
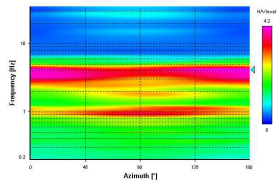
L'analisi HVSR viene condotta in due fasi principali:

1. La prima fase è avvenuta in campagna con l'acquisizione dei segnali sismici, mediante le misure del microtremore ambientale della durata variabile ma mai minore ai 2400 secondi con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento, il tromografo digitale GeoBox 24 bit della SARA electronic instruments s.r.l., è dotato di una terna di sensori ortogonali da 2 Hz orientati N-S , E O e verticale. Il segnale viene campionato a 300 Hz per evitare eventuale aliasing. Tutte le analisi sono state disposte in direzione NS magnetico mediante bussola Brunton
2. La seconda fase, che consiste nell'elaborazione dei dati acquisiti in campagna, è stata eseguita mediante il software winMASW5,0 ACADEMY della EliaSoft e Geopsy. Il programma, basato sulle linee guida del progetto europeo SESAME, divide l'elaborazione nei seguenti passaggi:
 1. Ricampionamento a 128 Hz del segnale
 2. Rimozione manuale di eventuali transienti
 3. Larghezza delle finestre d'analisi 40 s e lisciamento con ampiezza pari al 10%
 4. Calcolo dello spettro mediante metodo di Nakamura
 5. Controllo della persistenza del segnale cioè della continuità nella registrazione e quindi coerenza
 6. Analisi della direttività del segnale (in caso di sorgente di rumore con direzione predominante questa viene eliminata nella fase 2)

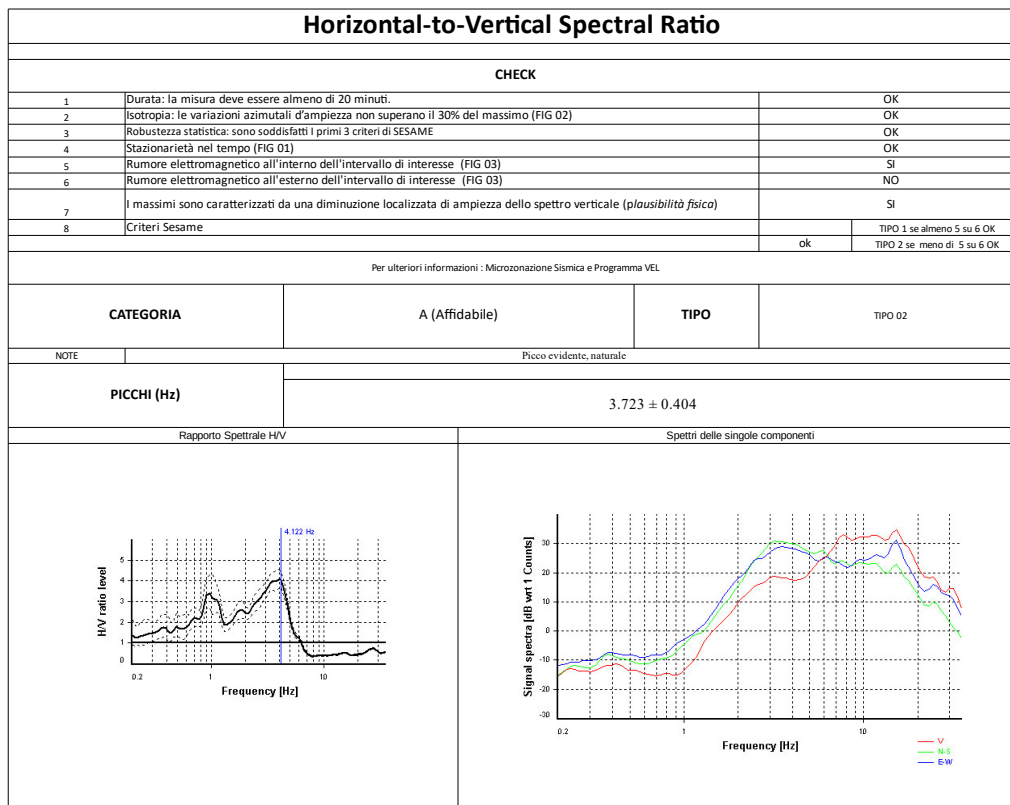
Tutte queste fasi devono essere seguite accuratamente dall'operatore mediante la verifica, attraverso l'utilizzo di modelli, della qualità dei dati ma soprattutto della loro possibile congruità con i dati geologici del sito .

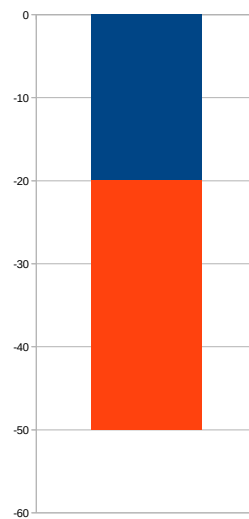


Un ulteriore controllo della qualità dell'acquisizione HVSR viene basato sulla classificazione proposta nelle attività di MS dell'Abruzzo (*Albarelli-Mucciarelli, 2010*):

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio			4.1																																				
PICCO (Hz)	3.723 ± 0.404	AMPIEZZA	4,000																																				
DATI ELABORATI																																							
Date			14/02/18																																				
Time			2018																																				
Dataset			13234																																				
Sampling frequency (Hz)			300																																				
Window length (sec)			20																																				
Length temporal sequence (min)			22																																				
Length of analysed temporal sequence (min)			21																																				
Tapering (%)			10																																				
CONTROLLI																																							
Criteria for a reliable H/V curve																																							
<table><thead><tr><th colspan="3">HVSR curve reliability criteria</th></tr></thead><tbody><tr><td>$L_p > 10 / L_v$</td><td>16 valid windows (length > 2.43 s) out of 16</td><td>OK</td></tr><tr><td>$n_1(f_0) > 200$</td><td>3957.35 > 200</td><td>OK</td></tr><tr><td>$\sigma_{\omega(f)} < 2$ for $0.8f_0 < f < 2f_0$</td><td>Exceeded 0 times in 27</td><td>OK</td></tr><tr><th colspan="3">HVSR peak clarity criteria</th></tr><tr><td>$-f \text{ in } [f_{A_1}, f_{A_2}] \mid A_{\omega(f)} < A_0/2$</td><td>1.45209 Hz</td><td>OK</td></tr><tr><td>$\pm f \text{ in } [f_{A_1}, f_{A_2}] \mid A_{\omega(f)} < A_0/2$</td><td>5.0788 Hz</td><td>OK</td></tr><tr><td>$A_0 > 2$</td><td>4.04 > 2</td><td>OK</td></tr><tr><td>$f_{\omega(f)}(A_{\omega(f)} \& \sigma_{\omega(f)}) = f_0 \pm 5\%$</td><td>5.08% > 5%</td><td>NO</td></tr><tr><td>$\sigma_{\omega} < 0.5(f_0)$</td><td>0.40442 >= 0.20511</td><td>NO</td></tr><tr><td>$\sigma_{\omega(f_0)} < 0.5(f_0)$</td><td>1.09632 < 1.58</td><td>OK</td></tr><tr><td colspan="2">Overall criteria fulfillment</td><td>NO</td></tr></tbody></table>				HVSR curve reliability criteria			$L_p > 10 / L_v$	16 valid windows (length > 2.43 s) out of 16	OK	$n_1(f_0) > 200$	3957.35 > 200	OK	$\sigma_{\omega(f)} < 2$ for $0.8f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 27	OK	HVSR peak clarity criteria			$-f \text{ in } [f_{A_1}, f_{A_2}] \mid A_{\omega(f)} < A_0/2$	1.45209 Hz	OK	$\pm f \text{ in } [f_{A_1}, f_{A_2}] \mid A_{\omega(f)} < A_0/2$	5.0788 Hz	OK	$A_0 > 2$	4.04 > 2	OK	$f_{\omega(f)}(A_{\omega(f)} \& \sigma_{\omega(f)}) = f_0 \pm 5\%$	5.08% > 5%	NO	$\sigma_{\omega} < 0.5(f_0)$	0.40442 >= 0.20511	NO	$\sigma_{\omega(f_0)} < 0.5(f_0)$	1.09632 < 1.58	OK	Overall criteria fulfillment		NO
HVSR curve reliability criteria																																							
$L_p > 10 / L_v$	16 valid windows (length > 2.43 s) out of 16	OK																																					
$n_1(f_0) > 200$	3957.35 > 200	OK																																					
$\sigma_{\omega(f)} < 2$ for $0.8f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 27	OK																																					
HVSR peak clarity criteria																																							
$-f \text{ in } [f_{A_1}, f_{A_2}] \mid A_{\omega(f)} < A_0/2$	1.45209 Hz	OK																																					
$\pm f \text{ in } [f_{A_1}, f_{A_2}] \mid A_{\omega(f)} < A_0/2$	5.0788 Hz	OK																																					
$A_0 > 2$	4.04 > 2	OK																																					
$f_{\omega(f)}(A_{\omega(f)} \& \sigma_{\omega(f)}) = f_0 \pm 5\%$	5.08% > 5%	NO																																					
$\sigma_{\omega} < 0.5(f_0)$	0.40442 >= 0.20511	NO																																					
$\sigma_{\omega(f_0)} < 0.5(f_0)$	1.09632 < 1.58	OK																																					
Overall criteria fulfillment		NO																																					
Stazionarietà nel tempo																																							
FIG 01																																							
																																							
Isotropia																																							
FIG 02																																							
																																							
Rumore																																							
FIG 03																																							

GEOMA di Marco Marzupini
 Res. Fisc. Via Brancaleta 1/E
 52048 Monte S. Savino (AR)
 Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
 C.F. MRZ MRC 88B01 A390P - P.I. 03318000928





CONCLUSIONI

La misura sismica in foro delle onde P e SH ha reso il seguente profilo sismico dal livello di campagna. Il profilo sismico rispetto le onde Sh è così suddiviso:

VS e PARAMETRI ELASTICI						
					Profondità (m) liv fond	
Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Rapporto (Vp/Vs)	Spessore (m)	da	a
1	391	771	1,97	5	0	-5
2	344	1292	3,76	28	-5	-33
3	430	1564	3,64	7	-33	-40

- Un primo livello con velocità 391 m/s e spessore 5 m.
- Un secondo livello con velocità 344 m/s e spessore 28 m.
- La sezione ottenuta mostra dai 33 m di profondità una velocità delle onde S di circa 430 m/s fino alla profondità di circa 40 m

GEOMA di Marco Marzupini
Res. Fisc. Via Brancaleta 1/E
52048 Monte S. Savino (AR)
Cell. 328-7255608 - marzupinimarco@gmail.com
C.F. MRZ MRC 88801 A390P - P.I. 03318000928

14/02/18

Dott. Marco Marzupini

Id 411180140218334D40

SONDAGGIO N° 1

LOCALITÀ Ospedale di Arezzo

DATA 24/11/92

QUOTA P.C. - 15 m

SCALA 1: 100

METODO DI PERFORAZIONE Carotaggio continuo (101/127)

FALDA

CAMP IND	PROF.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	PROVE S.P.T.	
				PROF.	RISULT.
	0,3		Ghiaia sciolta (riporto)		
			Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone chiaro, con venature marrone scuro, inclusi carboniosi, sabbia grossolana e ghiaietto fine		
3,0				3,5	16 20 21
3,5				5,0	18 20 23
			Argillite marrone chiara, a tratti molto alterata, con piccoli livelli di marne marrone scuro- bronzo- violacee	7,0	19 22 25
	9,2		Argillite marrone scuro, poco alterata	9,5	26 33 35
	9,5			11,0	30 32 36
			Argillite marrone chiara, a tratti molto alterata, quasi plasticizzata, con livelli di frammenti litoidi marnosi color marrone-bronzo-violaceo, e calcareo-marnosi grigio scuri e grigio chiari	12,5	32 34 35
	13,0			14,0	30 R
	15,0		Argillite marrone scuro poco alterata		

Società Geologica Sondaggi sas

VIALE MARCONI, 17 - 56028 S. MINIATO B. (PI)

COMITENTE:

Ispredil SpA - Roma

SONDAGGIO n° 2

LOCALITÀ Ospedale di Arezzo

DATA 27/11/92

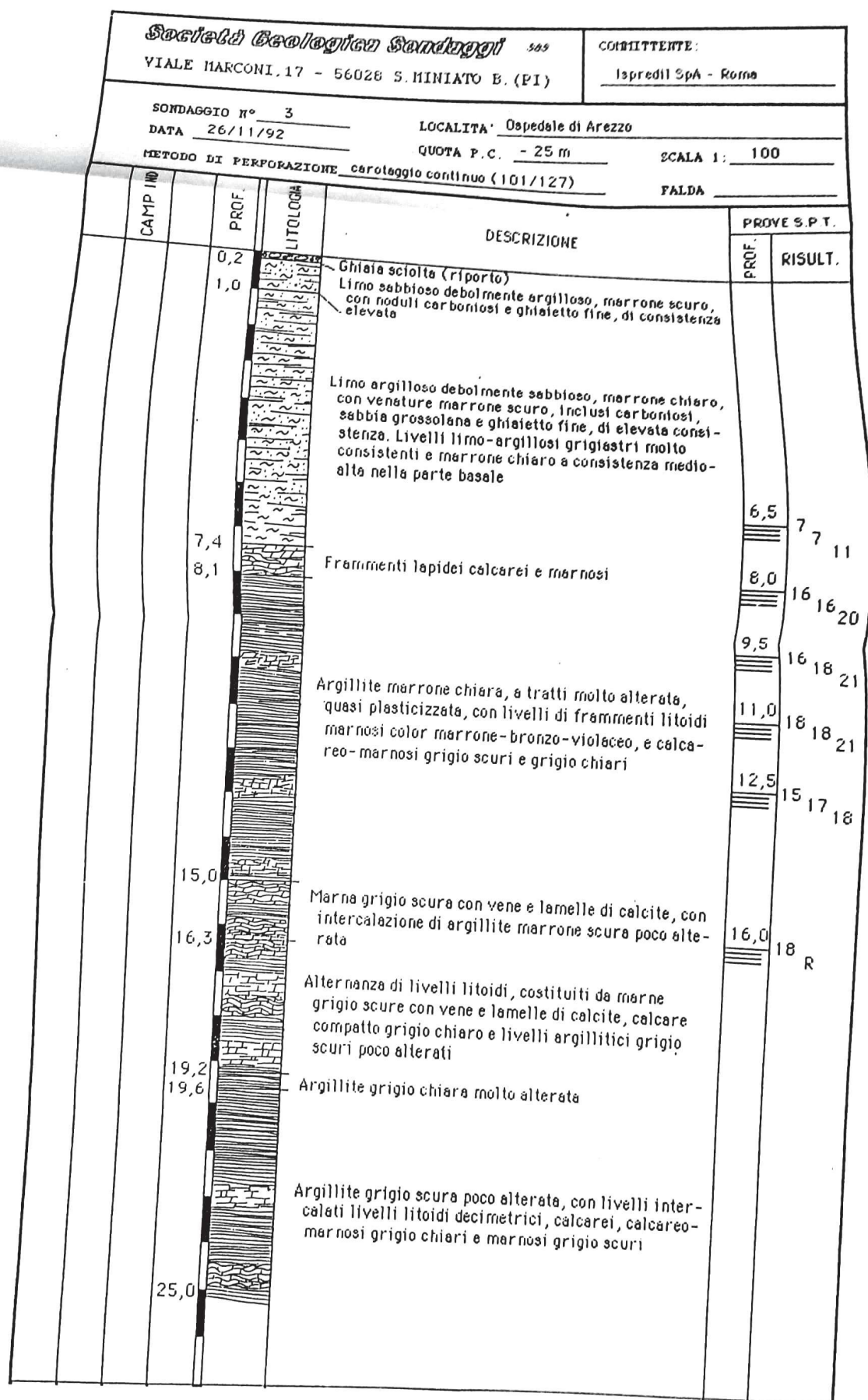
QUOTA P.C. - 25 m

SCALA 1: 100

METODO DI PERFORAZIONE carotaggio continuo (101/127)

FALDA

CAMP.	PROF.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE	PROVE S.P.T.	
				PROF.	RISULT.
	0,2		Ghiaia sciolta (riporto)		
	1,7		Limo argilloso debolmente sabbioso, marrone chiaro, con venature marrone scuro, inclusi carboniosi, sabbia grossolana e ghiaietto fine, di elevata consistenza		
	3,5		Argilla limosa debolmente sabbiosa marrone ocra con noduli carboniosi, smescolamenti grigiastri, molto consistente		
	4,9		Argilla limosa debolmente sabbiosa grigio-azzurra, con smescolature più scure, molto consistente, con ghiaietto fine		
				7,5	14 23 24
			Argillite marrone scura, a tratti molto alterata, con livelletti marnosi marrone scuro-bronzo e con livelli litoidi, costituiti da marne grigio scure, con vene e lamelle di calcite, calcare grigio chiaro, nella parte basale	9,5	16 20 22
				11,0	18 23 25
				12,5	20 24 27
	13,5		Marna grigio scura con vene e lamelle di calcite, con intercalazione di argillite marrone scura poco alterata		
	15,7		Alternanza di livelli litoidi: marne grigio scure, calcare grigio chiaro, e livelli argillitici grigio scuri poco alterati	15,0	17 19 21
				17,0	22 27 32
	18,5		Argillite grigio scura poco alterata, con intercalati livelli litoidi decimetrici, calcarei e calcareo-marnosi grigio chiaro e grigio scuri		
	25,0				



INDAGINE GEOL. G. INNOCENTI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : INSO S.p.A.
 - lavoro :
 - località : Ospedale San Donato - Arezzo
 - note :

- data : 01/02/2011
 - quota inizio : Piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	5	37,2	----	1	4,60 - 4,80	11	62,3	----	5
0,20 - 0,40	18	134,1	----	1	4,80 - 5,00	9	48,1	----	6
0,40 - 0,60	8	59,6	----	1	5,00 - 5,20	8	42,7	----	6
0,60 - 0,80	4	29,8	----	1	5,20 - 5,40	8	42,7	----	6
0,80 - 1,00	4	27,6	----	2	5,40 - 5,60	12	64,1	----	6
1,00 - 1,20	4	27,6	----	2	5,60 - 5,80	9	48,1	----	6
1,20 - 1,40	5	34,5	----	2	5,80 - 6,00	6	30,3	----	7
1,40 - 1,60	4	27,6	----	2	6,00 - 6,20	8	40,5	----	7
1,60 - 1,80	4	27,6	----	2	6,20 - 6,40	10	50,6	----	7
1,80 - 2,00	6	38,6	----	3	6,40 - 6,60	12	60,7	----	7
2,00 - 2,20	6	38,6	----	3	6,60 - 6,80	11	55,6	----	7
2,20 - 2,40	5	32,2	----	3	6,80 - 7,00	13	62,4	----	8
2,40 - 2,60	8	51,5	----	3	7,00 - 7,20	18	86,4	----	8
2,60 - 2,80	8	51,5	----	3	7,20 - 7,40	25	120,0	----	8
2,80 - 3,00	8	48,2	----	4	7,40 - 7,60	27	129,6	----	8
3,00 - 3,20	7	42,2	----	4	7,60 - 7,80	29	139,2	----	8
3,20 - 3,40	7	42,2	----	4	7,80 - 8,00	23	105,1	----	9
3,40 - 3,60	5	30,1	----	4	8,00 - 8,20	31	141,6	----	9
3,60 - 3,80	4	24,1	----	4	8,20 - 8,40	33	150,8	----	9
3,80 - 4,00	5	28,3	----	5	8,40 - 8,60	22	100,5	----	9
4,00 - 4,20	6	34,0	----	5	8,60 - 8,80	18	82,2	----	9
4,20 - 4,40	7	39,6	----	5	8,80 - 9,00	50	217,9	----	10
4,40 - 4,60	8	45,3	----	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,00 cm²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [δ = 20 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

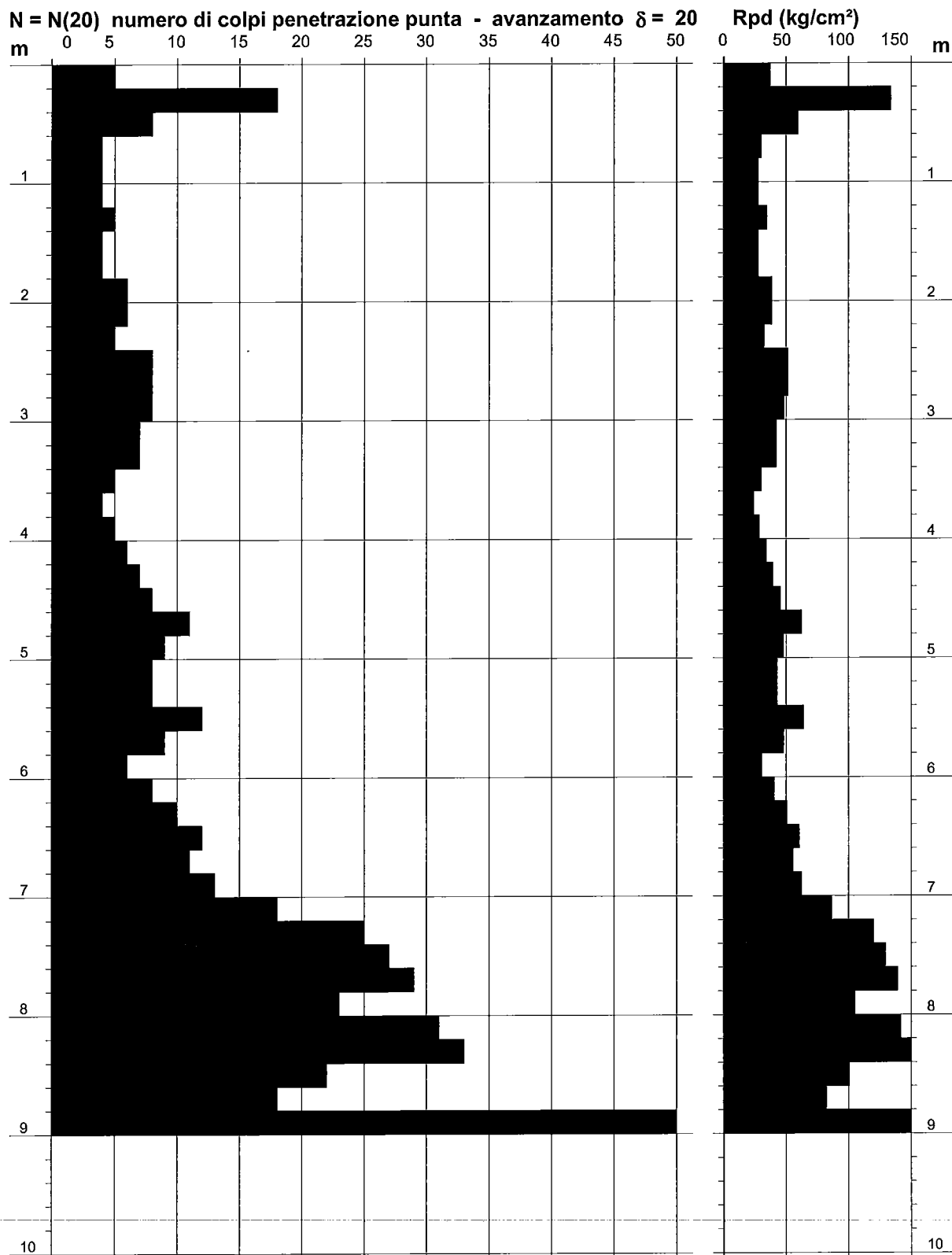
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : INSO S.p.A.
- lavoro :
- località : Ospedale San Donato - Arezzo
- note :

- data : 01/02/2011
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

DIN 1

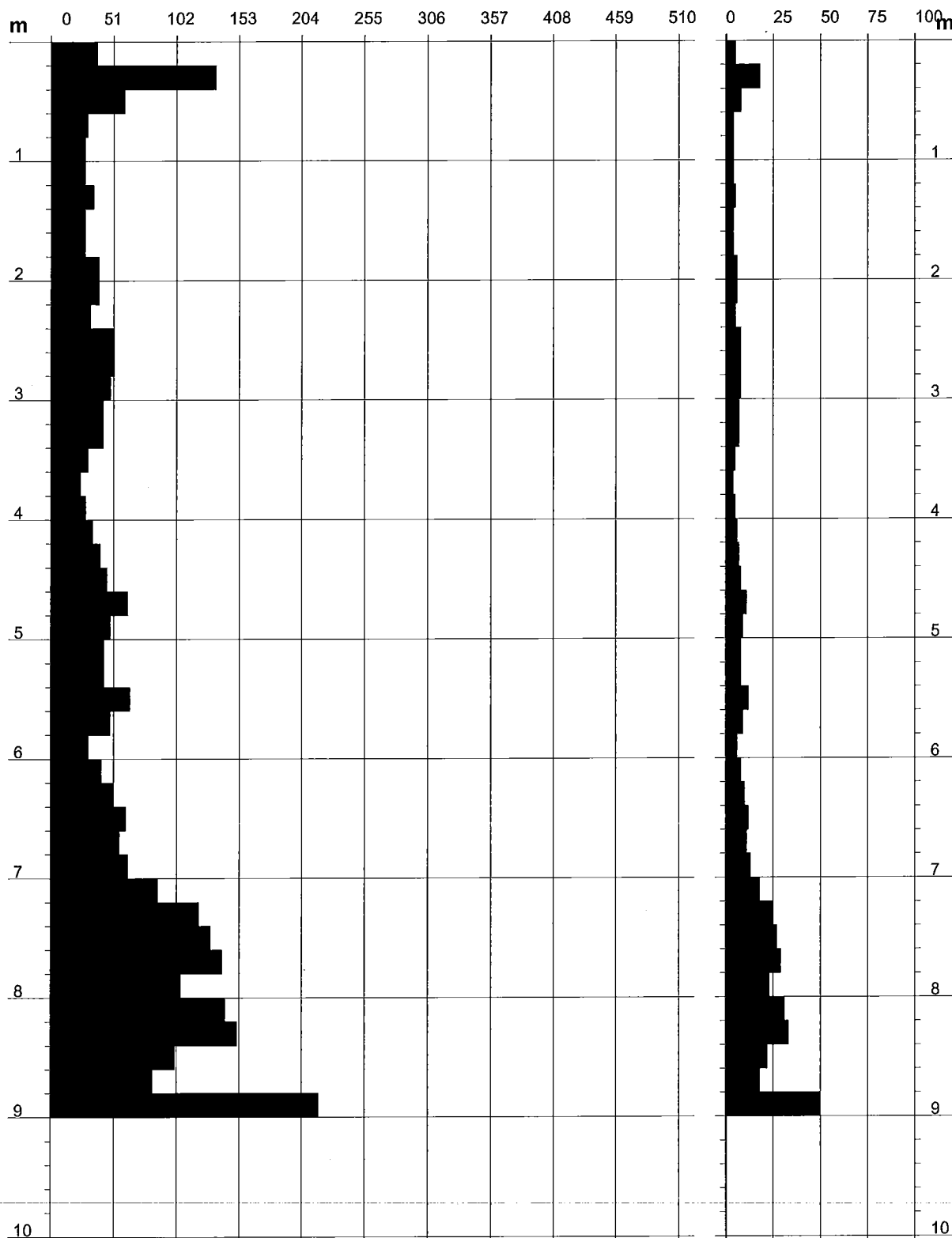
Scala 1: 50

- committente : INSO S.p.A.
- lavoro :
- località : Ospedale San Donato - Arezzo

- data : 01/02/2011
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n°colpi $\delta = 20$



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : INSO S.p.A.
- lavoro :
- località : Ospedale San Donato - Arezzo
- note :

- data : 01/02/2011
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VC A	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,60	N	10,3	5	18	7,7	----	----	----	10	1,52	15
		Rpd	77,0	37	134	57,1	----	----	----	75		
2	0,60 2,40	N	4,7	4	6	4,3	----	3,8	5,5	5	1,52	8
		Rpd	31,6	28	39	29,6	4,7	26,9	36,2	34		
3	2,40 7,00	N	8,3	4	13	6,1	2,4	5,9	10,6	8	1,52	12
		Rpd	45,4	24	64	34,8	11,3	34,1	56,8	44		
4	7,00 8,80	N	25,1	18	33	21,6	5,4	19,7	30,5	25	1,52	38
		Rpd	117,3	82	151	99,7	24,9	92,4	142,2	117		
5	8,80 9,00	N	50,0	50	50	50,0	----	----	----	50	1,52	76
		Rpd	217,9	218	218	217,9	----	----	----	218		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²) β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 20$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.60		15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
2	0.60 2.40		8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
3	2.40 7.00		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	7.00 8.80		38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.38	2.24	14	0.373
5	8.80 9.00		76	94.8	44.3	777	2.21	1.94	4.75	2.70	----	0.001

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = 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

Comune di Arezzo
Provincia di Arezzo

Titolo:

Indagine geofisica di superficie mediante Metodologia MASW

Località:

Ospedale San Donato – Arezzo

Committente:

INSO S.p.A.

Oggetto:

RELAZIONE TECNICA

GEOGNOSTICA FIORENTINA s.r.l.

Data:
Febbraio 2011

Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW in data 26 gennaio 2011, per conto della committenza, all'interno di un'area dell'ospedale San Donato di Arezzo – Fig. 1.



Fig.1: Ubicazione linea sismica masw

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette Vs30), così come previsto dal D.M. 14/01/2008 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della Vs30 (il valore medio della Vs nei primi 30 m di profondità) definita dalla relazione:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

in cui Vs_i e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

Di seguito vengono descritte le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

Acquisizione dati

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo *DOLANG mod. JEA a 24 canali*, con risoluzione di acquisizione pari a 24 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni "DOLANG" verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza propria di 4.5 Hz. E' stata adottata una distanza intergeofonica di 1.5 m, un tempo di acquisizione di 1 s, e punti di energizzazione mediante martello su piastra, con offset minimi (distanze dai geofoni più esterni), di 2, 3 e 8 m.

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software winMASW 4.3 Pro.

Metodologia d'indagine sismica

Il principio dell'analisi sismica è basato sul calcolo del tempo che impiega un'onda sismica ad attraversare differenti strati del sottosuolo; la velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi e pertanto la possibilità di determinare dette velocità con grande dettaglio permette di assegnare caratteri ragionevolmente realistici ai terreni da investigare e di seguirne l'andamento in profondità.

La tecnica **MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave)** è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della modalità di propagazione delle onde di superficie nel sottosuolo permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S, caratteristiche del mezzo e fondamentali per determinare il parametro Vs30.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo, utilizzato nel presente lavoro, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi

30 m-50 m, in funzione della rigidità del suolo. La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafica del terreno investigato.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 0,5 e 2 m che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione dislocati tipicamente ad una distanza (offset) compreso fra 2 e 10 m dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni. Un'acquisizione per la tecnica MASW prevede registrazioni per tempi di 1-2 sec con intervallo di campionamento di 250 μ s - 1ms.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione nel treno di onde superficiali (Rayleigh o Love), che attraversando il mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate con la velocità di propagazione delle onde di taglio Sh.

Dal sismogramma, note le caratteristiche geometriche dell'acquisizione, si ottiene lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale l'operatore individua la curva di dispersione.

Elaborazione

I dati acquisiti (**Fig. 2**) sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s). Il dataset appare dominato dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh. I risultati dell'elaborazione sono riportati in **Figura. 3**.

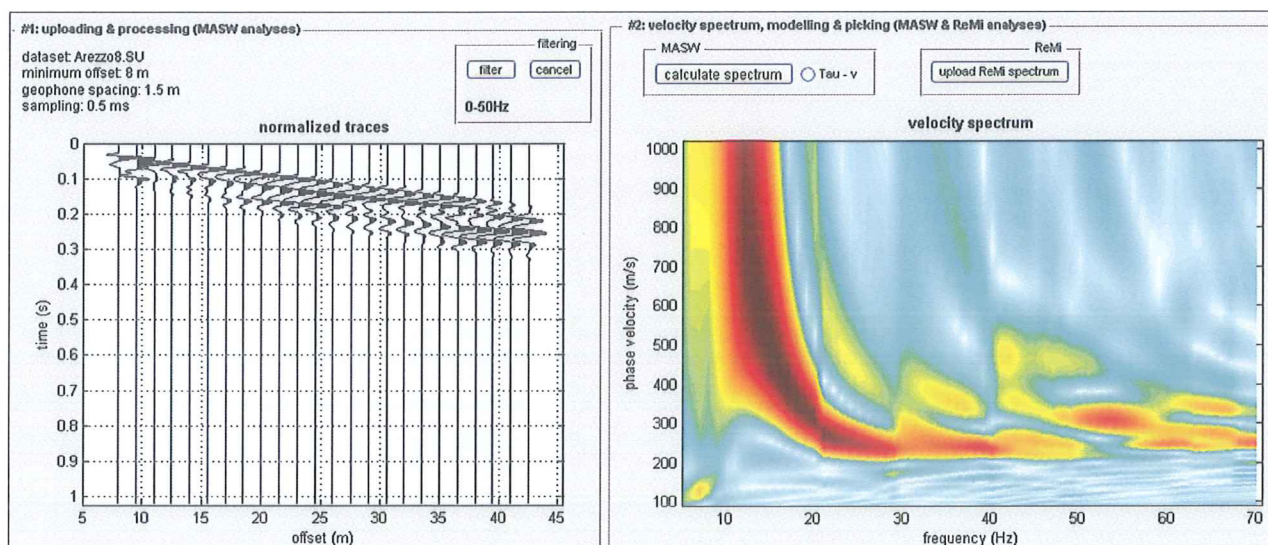


Fig. 2: Dati di campagna (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

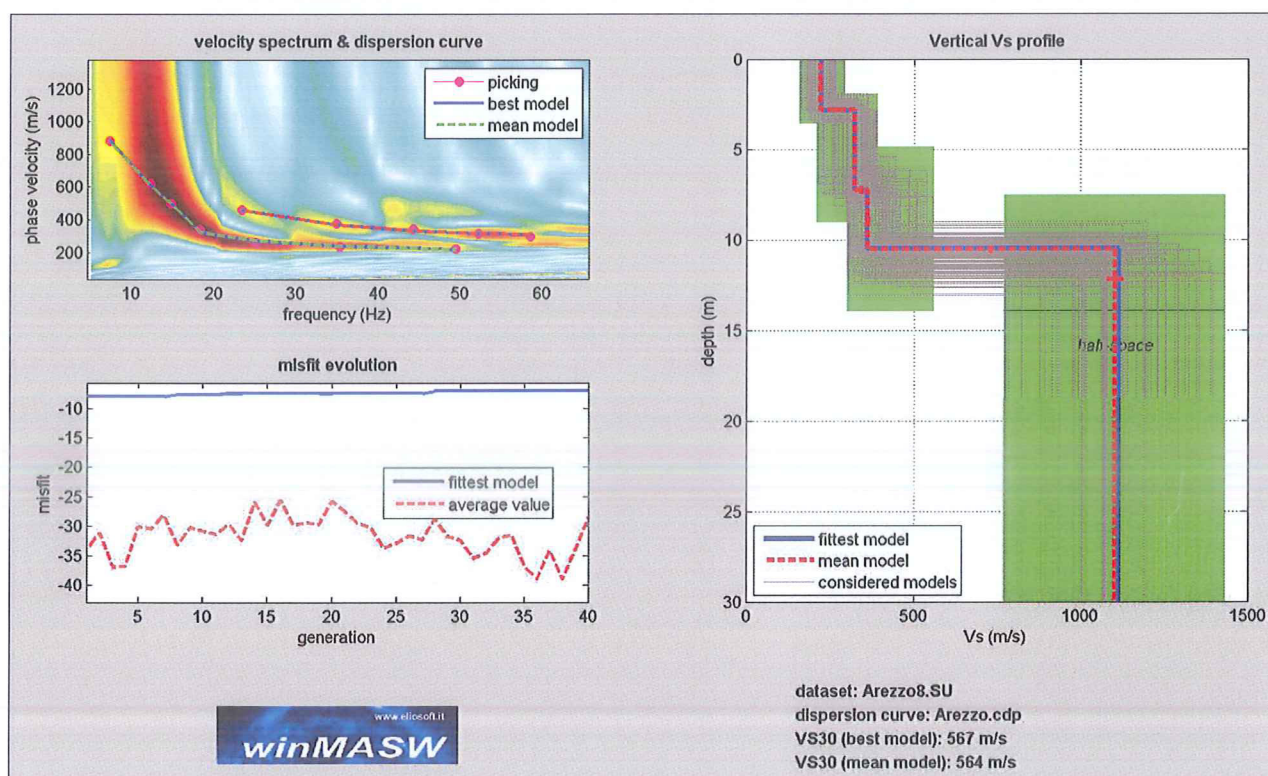


Fig. 3: Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale Vs identificato (vedi anche Tabella 1). In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et al., 2007).

Nella **Tabella 1** e nella **Figura 4** vengono riportati gli spessori, le relative velocità e la densità, stimati.

Spessore (m)	Vs (m/s)
2.8	220
4.4	323
3.3	362
semi-spazio	1.103

Tab. 1: Modello medio individuato
(Vs30 del modello medio dal p.c.: 564 m/s)

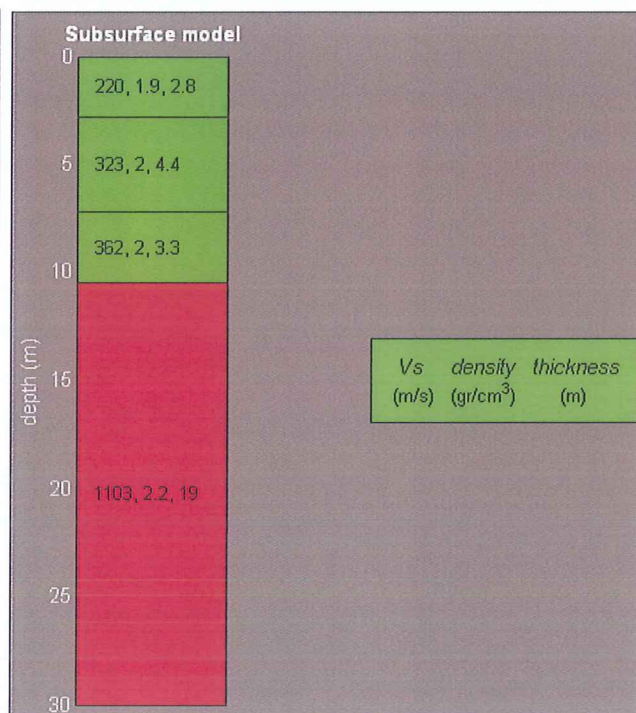


Fig. 4: Profilo verticale dalla Vs

Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della Vs e, di conseguenza, del parametro **Vs30**, risultato – per il modello medio – pari a **564 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

La Vs della copertura risulta pari a **296 m/s**, quella del substrato **1.103 m/s**. Il valore della Vs per la copertura corrisponde a quella di tipo C (Vs compresa tra 180 e 360 m/s), ciò porta a classificare il sito, secondo il DM 14 gennaio 2008, in **categoria E** ("Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti su substrato di riferimento con Vs > 800 m/s").

Firenze, lì 02/02/2011

Geognostica Fiorentina s.r.l.

I Tecnici

Dott. Santi Accetta

Santi Accetta

Dott. Silvio Brenna

Silvio Brenna

INDAGINI ESTRATTE DA DB GEOLOGICO REGIONE TOSCANA

SOIL TEST

AREZZO - Via Colonnandieri, 265/A - Tel. 0575/33644 - Fax 0575/23230

 SONDAGGI GEONOSTICI
 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
 PROVE CON PUNTA ELETTRICA
 PROVE CON PEZOCOMO
 PROVE DIATOMETRICHE
 MICROPALI

INT.: 1000000302	DATA ELABORAZIONE: 09/12/1993	DATA INIZIO PERFORAZIONE: 02/12/1993	DATA FINE PERFORAZIONE: 03/12/1993
COMMITTENTE: ALOSA s.p.a.	CANTIERE: Autopark V.B.d'Anghieri - AREZZO		
PERFORAZIONE: S4	QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.): 0.00	LUNGHEZZA (m): 15.00	INCLINAZIONE (gradi): 0.00
MACCHINA PERFORATRICE: PX 750		SCALA GRAFICA: 1:90	
PERFORATORE RESPONSABILE: L. NUCCIOTTI		TECNICO RESPONSABILE: GEOL. D. SENESI	
NOTE: INSERITO NEL FORO DI SONDAGGIO PIEZOMETRO FINISTRATO IN PVC CON POZZETTO DI PROTEZIONE IN FERRO. SPT=Standard Penetration Test. PT=Penetrometro Iascabile. Da metri 0.00 a metri 15.00 piezometro a tuba sferestrola.			

STRATIGRAFIA		CAMPIONI		IDROLOGIA		PERCENTUALE		DI CAROTAGGIO	SPT (m) N. colpi	PT (m) Kg/cm ²	DIAMETRO DEL FORO (mm)	METODO DI PERFORAZIONE	METODO DI STABILIZZAZIONE	PIEZOMETRO
Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m)	Profondità di campionatura (m)	Profondità di rinvenimento (m)	Profondità di stabilizzazione (m)	50 ±							
1.60		LIMO SABBOSO E SABBIA LIMOSA, NOCCIOLA E MARRONE, CON ABBONDANTI ELEMENTI DI LATERIZIO, Dmax 10 cm. PRESENTI RESTI VEGETALI NELLA PARTE ALTA. (TERRENO DI RIPIRTO)												
2.30		LIMO SABBOSO PASSANTE A LIMO CON SABBIA, NOCCIOLA CON STRIATURE AVANA, DA MOLTO COMPATTO A COMPATTO.												
3.70		SABBIA MEDIO-FINE CON LIMO ARGILLOSA, NOCCIOLA CON STRIATURE MARRONI, PRESENTI FRUSTOLI E NODULI CARBONIOSI, Dmax 2 cm.												
4.70		SLTITI ED ARGILLI, NOCCIOLA, MOLTO ALTERATE, CON ABBONDANTI ELEMENTI MARNOSI ED ARENACEI ANGOLARI, ALIERATI, Dmax 10 cm.												
7.00		SLTITI, ARGILLI E MARNE, NOCCIOLA E MARRONI, IN STRATI DA LAMINATI A SOTTILI, MOLTO FRATTURATE ED ALTERATE, ALTERNATE AD ARENARE, MARRONI, IN STRATI DA LAMINATI A SOTTILI, FRATTURATE ED ALTERATE. (F. DELLE ARENARE DEL CERVAROLA)												
10.00		ARENARE, MARNE, E SLTITI NOCCIOLA, GRIGIO-AVANA E GRIGIE, IN STRATI DA LAMINATI A SOTTILI, FRATTURATE E MOLTO FRATTURATE, ALIERATE E MODERATAMENTE ALTERATE. (F. ARENARE DEL CERVAROLA)												
15.00														

STRATIGRAFIA				CAMPIONI		● SPT (no) H. colpi ○ PT (m) Kg/cm ²	DIAMETRO DEL FORO (mm)	METODO DI PERFORAZIONE
Profondità dal p.c. (m)	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondità di prelievo (m)	Compiatore Tipo di prelievo			
0.60	0.60		Copertura stradale e terreno di riporto					
			Argilla grigia ocreacea poco compressibili con sostanze organiche					
1.70	1.10			2.00				
2.00	0.30		Argilla ocreacea molto comprimibile con orizzonti di ghiaietto in matrice sabbiosa	2.50	Pareti sottili			
2.50	0.50		Campione C1		Pressione			
			Argilla grigio-ocrea omogenea poco comprimibile con porzioni nerastre molto consolidate					
3.40	0.90			4.00				
4.00	0.60		Argilla grigio-azzurra omogenea sovraconsolidata					
4.50	0.50		Campione C2	4.50	Pareti sottili			
5.00			Argilla grigio ocreacea omogenea, compatta, poco comprimibile con porzioni nerastre molto consolidate		Pressione			
							● 5.80 06-08-08	
							● 8.50 08-10-10	
10.00								
14.50	0.10							
14.90	0.30		Argilla sabbiosa marrone					
15.50	0.60		Sabbia monogranulare pulita marrone					
			Argilla sabbiosa marrone					
16.40	0.90							
17.00	0.60		Ghiaia in matrice sabbioso argillosa					
			Ghiaia pulita o in matrice sabbiosa calcarea o calcarenitica ben arrotondata					
18.70	2.70							
20.00	0.30		Ghiaia in matrice sabbioso-argillosa					

Foglio 1/1



ARCHIVIO DATI ISPRA

**ISPRA**Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca AmbientaleIndagini nel
sottosuolo (L. 464/84)

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Scheda indagine

Codice: 181244
Regione: TOSCANA
Provincia: AREZZO
Comune: AREZZO
Tipologia: PERFORAZIONE
Uso: DOMESTICO
Profondità (m): 39.00
Quota pc slm (m): 248
Anno realizzazione: 2002
Numero diametri: 1
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 0.83
Portata esercizio (l/s): 0.8
Numero falde: 1
Numero filtri: 1
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): SI
Numero strati: 3
Longitudine ED50 (dd): 11.865833
Latitudine ED50 (dd): 43.465557
Longitudine WGS84 (dd): 11.864888
Latitudine WGS84 (dd): 43.464579

(*)Indica la presenza di un professionista
nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0	39	39	350

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	30	35	5

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	30	38	8	ND

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
GIU / 2002	10	35	25	0.8

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0	2	2.0		TERRENO VEGETALE
2	2	25	23.0		ARGILLA LIMOSA
3	25	39	14.0		ALTERNANZA DI ARENARIE PREVALENTI, MARNE PREVALENTI CON ARGILLITI E SILTITI PREVALENTI



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Indagini nel
sottosuolo (L. 464/84)

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Scheda indagine

Codice: 181373
Regione: TOSCANA
Provincia: AREZZO
Comune: AREZZO
Tipologia: PERFORAZIONE
Uso: DOMESTICO
Profondità (m): 35.00
Quota pc slm (m): 250
Anno realizzazione: 2002
Numero diametri: 1
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 1.6
Portata esercizio (l/s): 1.5
Numero falde: 1
Numero filtri: 1
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): SI
Numero strati: 6
Longitudine ED50 (dd): 11.869166
Latitudine ED50 (dd): 43.458057
Longitudine WGS84 (dd): 11.868221
Latitudine WGS84 (dd): 43.457080

(*)Indica la presenza di un professionista
nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0	35	35	350

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	20	28	8

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	20	28	8	ND

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
GEN / 2002	10	18	8	1.5

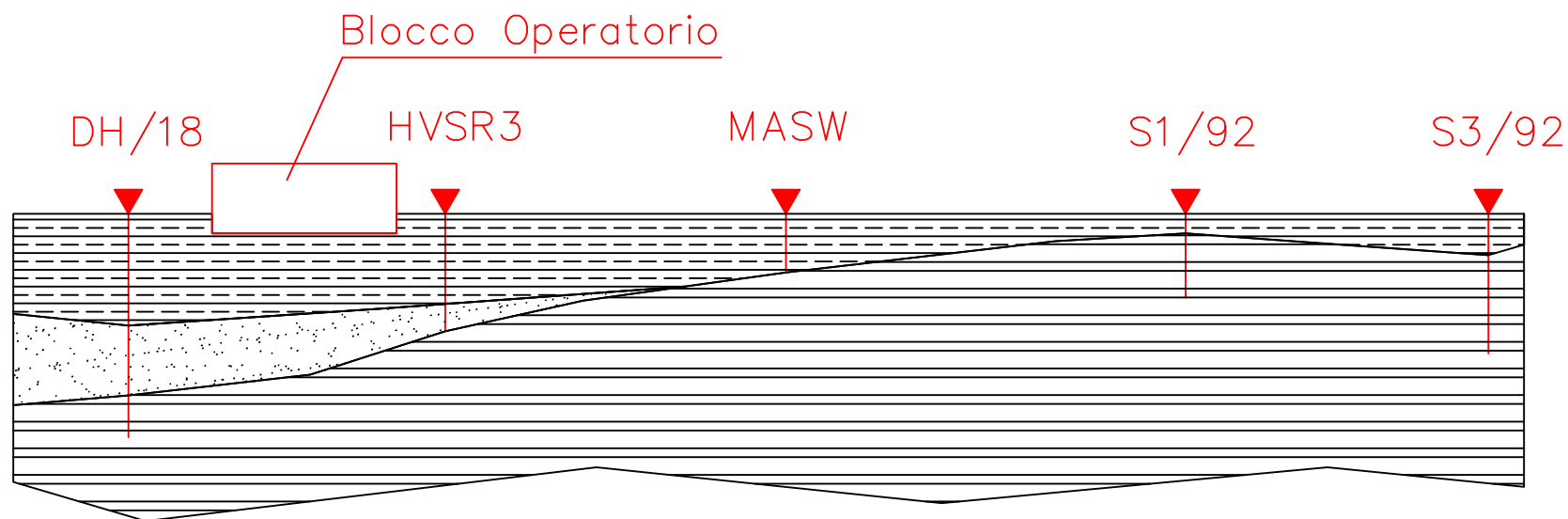
STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0	4	4.0		ARGILLE SABBIOSE- SUOLO
2	4	6	2.0		SABBIE ARGILLOSE
3	6	10.5	4.5		GHIAIAE
4	10.5	30	19.5		ARGILLE
5	30	32.5	2.5		GHIAIE
6	32.5	35	2.5		ARGILLE

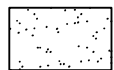
SEZIONE LITOLOGICO – STRATIGRAFICA IN CORRISPONDENZA DELLA TRACCIA A–A'

A

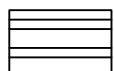
A'



Alternanze di limi argillosi e limi sabbiosi



Sabbie medio fini limoso argillose



Argilliti ed argilloscisti

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche a rifrazione)

Metodo semplificato

Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato

PARAMETRI:

γ	=	1,9	g/cm ³
σ_{vo}	=	0,76	kg/cm ²
$\sigma_{vo'}$	=	0,76	kg/cm ²
profondità dello strato considerato	=	400	cm
profondità falda	=	400	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²
z	=	4	m
V_S	=	341	
V_{S1C}	=	200	m/s
V_{S1}	=	365,22	
M	=	6,1	
MSF	=	1,94	se $M \leq 7.5$
	=	1,67	se $M > 7.5$

R=	Resistenza al taglio mobilitata
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S

FC<5%	FC=20%	FC>35%
220	210	200

FORMULE:

V_{S1}	=	$V_S(1/\sigma_{vo'})^{0.25}$	
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{vo'})) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$
			se $M > 7.5$
a_{max}/g	=	0,29	
r_d	=	0,694	
$Fs=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$
			se $M > 7.5$

RISULTATI:

		365,22	V_{S1}
	=	0,390202983	R
	=	0,067596511	$T_{M \leq 7,5}$
	=	0,078411878	$T_{M > 7,5}$
	=	5,772531405	Verificato Fs
	=	4,976324929	Verificato Fs

E mail: sebastiano.monaco@inwind.it - Tel: 3394103820

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche a rifrazione)

Metodo semplificato

Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato

PARAMETRI:

γ	=	1,9	g/cm ³
σ_{vo}	=	1,9	kg/cm ²
$\sigma_{vo'}$	=	1,3	kg/cm ²
profondità dello strato considerato	=	1000	cm
profondità falda	=	400	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	0,6	kg/cm ²
z	=	10	m
V_S	=	342	
V_{S1C}	=	200	m/s
V_{S1}	=	320,29	
M	=	6,1	
MSF	=	1,94	se $M \leq 7.5$
	=	1,67	se $M > 7.5$

R=	Resistenza al taglio mobilitata
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S

FC<5%	FC=20%	FC>35%
220	210	200

FORMULE:

FORMULE:				RISULTATI:	
V _{S1}	=	V _S (1/σ _{vo'}) ^{0,25}		320,29	V _{S1}
R	=	0,03* (V _{S1} /100) ² + (0,9/(V _{S1C} -V _{S1}))-(0,9/V _{S1C})		0,295770581	R
T	=	0,65*((a _{max} /g)*(σ _{vo} /σ _{vo'}))*r _d *1/MSF	se M≤7.5	0,12940139	T _{M≤7,5}
			se M>7.5	0,150105469	T _{M>7,5}
a_{max}/g = 0,29 r_d = 0,909					
Fs=R/T	>	1	se M≤7.5	2,285683181	Verificato Fs
			se M>7.5	1,970418417	Verificato Fs

E mail: sebastiano.monaco@inwind.it - Tel: 3394103820

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche a rifrazione)

Metodo semplificato

Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato

PARAMETRI:

γ	=	1,9	g/cm ³
σ_{vo}	=	2,85	kg/cm ²
$\sigma_{vo'}$	=	1,75	kg/cm ²
profondità dello strato considerato	=	1500	cm
profondità falda	=	400	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	1,1	kg/cm ²
z	=	15	m
V_S	=	317,47	
V_{S1C}	=	200	m/s
V_{S1}	=	276,02	
M	=	6,1	
MSF	=	1,94	se $M \leq 7.5$
	=	1,67	se $M > 7.5$

R=	Resistenza al taglio mobilitata
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S

FC<5%	FC=20%	FC>35%
220	210	200

FORMULE:

FORMULE:					RISULTATI:	
V _{S1} = V _S (1/σ _{vo'}) ^{0,25}					276,02	V _{S1}
R = 0,03* (V _{S1} /100) ² + (0,9/(V _{S1C} -V _{S1}))-(0,9/V _{S1C})				=	0,212225158	R
T = 0,65*((a _{max} /g)*(σ _{vo} /σ _{vo'}))*r _d *1/MSF			se M≤7.5	=	0,123172309	T _{M≤7,5}
			se M>7.5		0,142879742	T _{M>7,5}
a_{max}/g = 0,29 r_d = 0,7765						
Fs=R/T > 1			se M≤7.5	=	1,722994076	Verificato Fs
			se M>7.5		1,485341139	Verificato Fs

E mail: sebastiano.monaco@inwind.it - Tel: 3394103820

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove sismiche a rifrazione)

Metodo semplificato

Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato

PARAMETRI:

γ	=	1,9	g/cm ³
σ_{vo}	=	3,8	kg/cm ²
$\sigma_{vo'}$	=	2,2	kg/cm ²
profondità dello strato considerato	=	2000	cm
profondità falda	=	400	cm
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³
Pressione neutra	=	1,6	kg/cm ²
z	=	20	m
V_S	=	315,24	
V_{S1C}	=	200	m/s
V_{S1}	=	258,84	
M	=	6,1	
MSF	=	1,94	se $M \leq 7.5$
	=	1,67	se $M > 7.5$

R=	Resistenza al taglio mobilitata
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S

FC<5%	FC=20%	FC>35%
220	210	200

FORMULE:

FORMULE:				RISULTATI:	
V _{S1}	=	V _S (1/σ _{vo'}) ^{0,25}		258,84	V _{S1}
R	=	0,03* (V _{S1} /100) ² + (0,9/(V _{S1C} -V _{S1}))-(0,9/V _{S1C})		0,18120332	R
T	=	0,65*((a _{max} /g)*(σ _{vo} /σ _{vo'}))*r _d *1/MSF	se M≤7.5	0,108345678	T _{M≤7,5}
			se M>7.5	0,125680867	T _{M>7,5}
a_{max}/g = 0,29 r_d = 0,644					
Fs=R/T	>	1	se M≤7.5	1,672455447	Verificato Fs
			se M>7.5	1,441773314	Verificato Fs

E mail: sebastiano.monaco@inwind.it - Tel: 3394103820