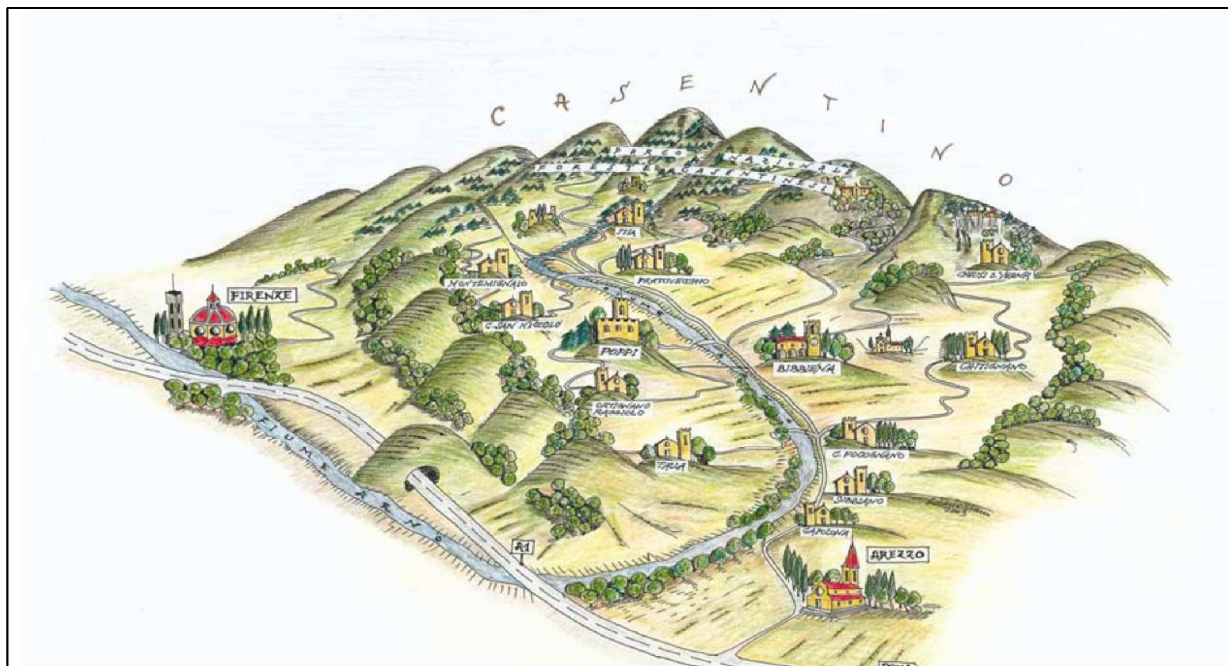


UNIONE DEI COMUNI MONTANI DEL CASENTINO



AREA TECNICA Via Roma, 203 - 52014 Ponte a Poppi (AR)

SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA - TRATTO FIUME ARNO CASENTINO 2° STRALCIO - LOTTO 2 OPERE COMPLEMENTARI



PROGETTO ESECUTIVO

Allegato n°

B.1.1

RELAZIONI SPECIALISTICHE

INTERVENTO 15: PASSERELLA 6 SU TORRENTE ARCHIANO

RELAZIONE GEOLOGICA

RTP:



Via D. TURAZZA, 48/D - 35128 PADOVA
Tel. 049/8715216 - Fax 049/8079157
email: essea@essea.it - pec: essea@pec.it

SIA Studio Ingegneria & Architettura



35128 PADOVA Via D. Turazza, 48 scala D. int. 5-6
Tel. 049/8715216- Fax 049/8079157 E-mail siaing@tin.it
31015 CONEGLIANO (TV) Corte delle Rose, 68
Tel. 0438/411745- Fax 0438/24678 E-mail siaprog@tin.it

Progettazione:



Ing. CRISTIAN CONCOLLATO

Coordinamento della progettazione:



Ing. DANILLO TOMASELLA

Pratica:

P017-2021_ESE_OC

File:

P017-2021_ESE-3°F_OC_B-01-01

Revisione:

00

Data:

DICEMBRE 2021

Revisione:

Data:

Operatore:

Ing. CRISTIAN CONCOLLATO

Verificato:

Ing. DANILLO TOMASELLA

Approvato:

Ing. DANILLO TOMASELLA

Responsabile del Procedimento:

Ing. MAURO CASASOLE

UNIONE DEI COMUNI MONTANI DEL CASENTINO



PROGETTO ESECUTIVO

**SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI
DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA
TRATTO FIUME ARNO CASENTINO
2° STRALCIO – LOTTO 2**

INTERVENTI DI 3° FASE

OPERE COMPLEMENTARI

***PASSERELLE CICLO-PEDONALI:
RELAZIONE GEOLOGICA
Int. 15: Passerella 6 su Torrente Archiano***

PREMESSE

La presente "Relazione Geologica" si pone a corredo del Progetto Esecutivo riguardante la realizzazione di alcuni tratti del percorso ciclopedonale che rappresenta una parte del più ampio progetto "Sistema integrato dei percorsi ciclabili dell'Arno e del Sentiero della Bonifica", classificato come opera chiave nell'ambito della rete di interesse regionale individuata dal Piano Regionale Integrato Infrastrutture e Mobilità (P.R.I.I.M.) della Regione Toscana, che trova attuazione nell'accordo di programma fra la stessa Regione Toscana e ANCI Toscana, insieme alla Città Metropolitana di Firenze e alle Province di Arezzo, Pisa e Siena, oltre a tutti i Comuni interessati.

Lo stralcio funzionale (secondo) fa parte di un più ampio progetto di mobilità ciclabile, il cui Progetto Preliminare complessivo è stato approvato con Deliberazione di Giunta dell'Unione di Comuni Montani del Casentino n. 111 del 21.09.2016, quindi il Progetto Definitivo complessivo è stato approvato con Deliberazione di Giunta dell'Unione di Comuni Montani del Casentino n. 19 del 18.02.2019.

Nello specifico la realizzazione degli interventi del presente progetto riguarda il completamento di tratti di percorso non compresi nei Lotti precedenti.

All'interno della generalità delle opere di progetto, è prevista la realizzazione di passerelle a struttura portante in acciaio:

Interventi di 1° Fase:

- intervento 21: passerella 9 su fosso dei Bagnacci in Comune di Castel Focognano;
- intervento 10: passerella 3 su Fosso la Bora in Comune di Poppi;

Interventi di 2° Fase:

- intervento 7: passerella 1 su Torrente Solano in Comune di Poppi;
- intervento 9: passerella 2 su Fosso Rovella (Roile) in Comune di Poppi;
- intervento 11: passerella 4 su Fosso Fossatino in Comune di Poppi;
- intervento 12: passerella 5 su Torrente Sova in Comune di Poppi;
- intervento 24: passerella 10 sul Fiume Arno a Calbenzano in Comune di Subbiano;

Interventi di 3° Fase:

- **Intervento 15: passerella 6 su Torrente Archiano in Comune di Bibbiena.**

Si riporta di seguito per completezza di informazione la Relazione Geologica relativa all'intervento in oggetto, redatta nell'ottobre del 2018 dal Dott. Geologo Luigi Farini, iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana al numero 763, su incarico della Stazione Appaltante.

UNIONE DEI COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Via Roma, 203 – 52014 – Ponte a Poppi, Poppi (Ar) – unione.casentino@postacert.toscana.it - CF/P. IVA: 02095920514



CASTEL FOCOIGNANO



CASTEL SAN NICCOLÒ



CHITIGNANO



CHIUSI DELLA VERNA



MONTEMIGNAO



ORTIGNANO RAGGIOLO

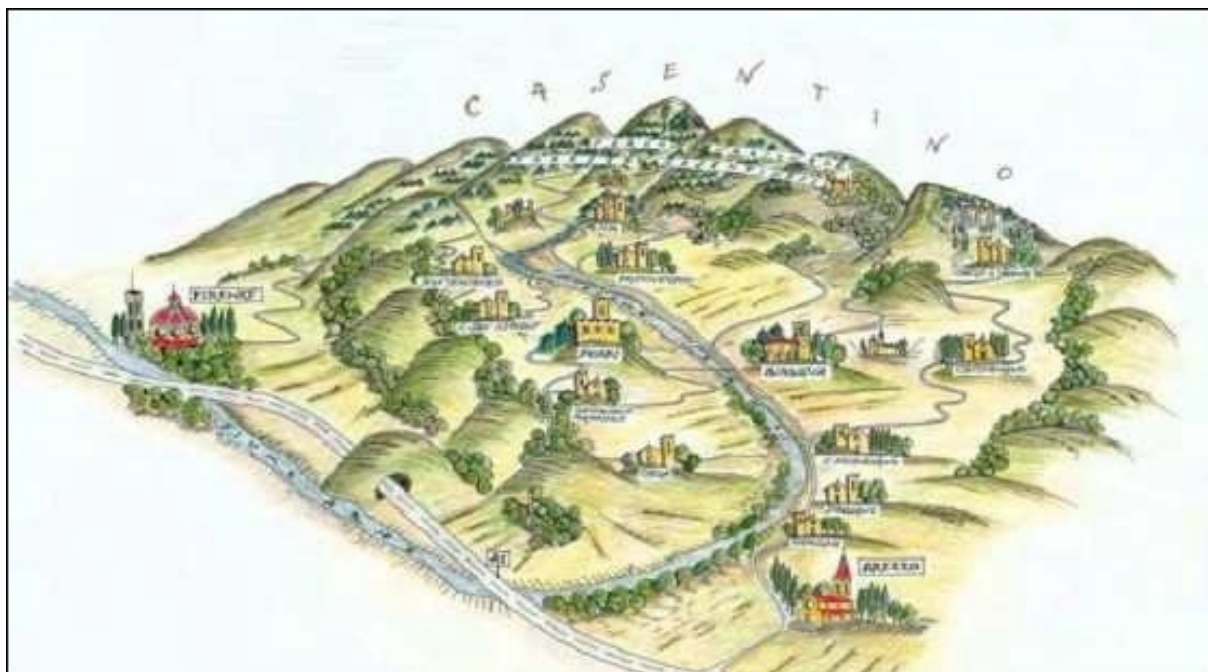


POPPI



TALLA

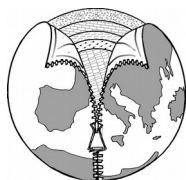
SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO 2° STRALCIO – 2° LOTTO



PASSERELLA SUL TORRENTE ARCHIANO

Elaborato: Studio geologico tecnico

data: 15/10/2018



STUDIO GEOLOGICO
Dott. LUIGI FARINI

Via Case Venti, 11b - 52010 - Badia Prataglia (AR)
Tel. e Fax: 0575 / 594 277 - Cell: 338 / 59 87 380 - E-mail: farini.luigi@geologi.it
Codice Fiscale: FRN LGU 67L16A 851G - Partita I.V.A.: 0 1 9 4 5 2 1 0 5 1 4

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	5
2.1	Morfologia.....	5
2.2	Geologia.....	5
2.3	Idrogeologia.....	6
3	GENERALITÀ DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	6
3.1	Indagini penetrometriche.....	7
3.2	Perforazione a rotazione con carotaggio continuo.....	8
3.3	Standard Penetration Test – S.P.T.....	9
3.4	Analisi dei campioni.....	9
3.5	Indagini geofisiche.....	10
3.5.1	MASW.....	10
3.5.2	Analisi dei Microtremori con la tecnica HVSr.....	12
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	13
4.1	Caratterizzazione da indagini penetrometriche statiche.....	14
4.1.1	Peso unità di volume.....	14
4.1.2	Interpretazione stratigrafica.....	15
4.1.3	Angolo di resistenza al taglio φ e Coesione non drenata C_u	15
4.1.4	Modulo edometrico.....	15
4.2	Caratterizzazione da indagini penetrometriche dinamiche.....	16
4.2.1	Peso unità di volume.....	16
4.2.2	Angolo di resistenza al taglio φ	16
4.2.3	Coesione non drenata C_u	16
4.2.4	Modulo edometrico E_d	17
4.3	R.Q.D. (Rock Quality Designation).....	17
4.4	Angolo d'attrito e coesione dell'ammasso.....	17
4.4.1	Classificazione di Bieniawski.....	17
4.5	Determinazione parametri caratteristici e di progetto.....	19



5	CARATTERIZZAZIONE SIMICA DEL SITO D'INTERVENTO.....	21
5.1	Vita Nominale della Struttura (V_N) (§ 2.4.1 NTC-08).....	21
5.2	Classi d'Uso (CU) (§ 2.4.2 NTC-08).....	21
5.3	Periodo di Riferimento (VR) (§ 2.4.3 NTC-08).....	21
5.4	Stati Limite e Probabilità di Superamento (§ 3.2.1 NTC-08).....	22
5.5	Definizione del Periodo di Ritorno (§ 3.2.1 NTC-08).....	22
5.6	Classificazione Topografica del Sito (§ 3.2.2 NTC-08).....	23
5.7	Determinazione delle Categoria di Sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-08).....	23
5.8	Frequenza di sito.....	26
5.9	Sismicità di Riferimento su Suolo Standard.....	26
5.10	Definizione della Pericolosità Sismica di Base (§3.2 NTC-08).....	26
6	DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	27
6.1	Parametri sismici.....	28
6.2	Coefficienti Sismici.....	28
7	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§7.11.3 NTC-08).....	28
8	REALIZZAZIONE DI SCAVI E RIPORTI.....	29
9	CONCLUSIONI.....	30



1 PREMESSA

La presente relazione costituisce il supporto geologico al progetto dei lavori di realizzazione di realizzazione del “Sistema Integrato dei percorsi ciclabili dell'Arno e del Sentiero della Bonifica tratto Fiume Arno Casentino 2° stralcio – 2° lotto” per la passerella sul Torrente Archiano in Comune di Bibbiena – AR.

L'area, secondo il Piano Strutturale è classificata: **Pericolosità Geomorfologica G2. “Pericolosità Geomorfologica bassa”** (Tav. 6), la **Pericolosità Idraulica I.4 “Pericolosità Idraulica molto elevata”** (Tav. 7). La pericolosità di frana secondo il P.A.I. - Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Arno, è in area non classificata, mentre il rischio di alluvioni secondo il P.G.R.A. - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Fiume Arno, risulta a pericolosità **P.2 Pericolosità media, per alluvioni poco frequenti** (TAV. 8).

Le relative fattibilità, riportate nelle tabelle di assegnazione della fattibilità geomorfologica ed idraulica in Tav. 10 e 11, assegnate in funzione della tabella allegata al Regolamento Urbanistico, nell'allegata scheda del Regolamento Urbanistico indicano: **Fattibilità Geomorfologica F2: “Fattibilità con normali vincoli”**; la **Fattibilità Idraulica F4 “Fattibilità limitata”**.

Il presente lavoro è svolto in conformità alle norme vigenti:

- *Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni*
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008*

Inoltre ai sensi della nuova DPGR n. 36/R del 9/07/2009 (Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza delle opere e delle costruzioni nelle zone soggette a rischio sismico - Pubblicato sul BURT n. 25 del 17/07/2009), per questo tipo d'intervento non ci sono indicazioni particolare, pertanto come indicato per gli studi geologici delle passerelle del 1° lotto, viene considerata per questo tipo di lavoro la classe di indagine n. 3, nella quale, *...la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante indagini geofisiche, quali quelle sismiche a rifrazione o riflessione, eseguite nel sito oggetto di studio. In presenza di problematiche di versante sono*



altresì prodotte verifiche di stabilità del pendio e del complesso opera-pendio basate su sondaggi geognostici. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici.

Tavole allegate alla relazione:

	<i>Tavola</i>	<i>Scala</i>
Certificati indagini geognostiche		--
1. Inquadramento topografico		1 : 10.000
2. Carta geologica		1 : 2.000
3. Planimetria intervento con ubicazione indagini		1 : 2.000
4. Sezione geotecnica		1 : 200
5. Carta idrogeologica del Piano Strutturale		--
6. Carta pericolosità geologica del Piano Strutturale		--
7. Carta pericolosità idraulica del Piano Strutturale		--
8. Carta estratto PAI - pericolosità di frana e PGRA pericolosità alluvioni		--
9. Estratto del Regolamento Urbanistico del Comune di Bibbiena – Carta della Fattibilità		--
10. Tabella assegnazione classe di fattibilità geologica Comune di Bibbiena		--
11. Tabella assegnazione classe di fattibilità idraulica Comune di Bibbiena		--

2 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO.

Il sito in esame è posto lungo il corso del Torrente Archiano, ad una quota di circa 331 m s.l.m., al limite dell'abitato di Bibbiena Stazione, tra questo e la località Casamicciola (TAV. 1 e 2) .

2.1 MORFOLOGIA

La zona è un fondovalle fluviale, modellato dall'azione delle acque, con presenza di argini naturali. L'area è pianeggiante con pendenze inferiori al 5%.

Dai sopralluoghi svolti attorno all'area d'intervento, hanno evidenziato l'assenza sul territorio circostante di indizi che possano far pensare o siano riferibili alla presenza di fenomeni geologici attivi o quiescenti pericolosi per l'intervento stesso.

Le caratteristiche morfologiche, ricavate da osservazioni di campagna, hanno evidenziato la notevole antropizzazione del territorio circostante la zona oggetto di studio, con la presenza di sistemazioni agrarie e opere idrauliche.

2.2 GEOLOGIA

Geologicamente, la zona studiata è rappresentata dai **DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI** (Olocene, depositi di ambiente fluviale, depositi dopo la fase distensiva plio-pleistocenica. Costituiti da depositi sciolti quali sabbie, ghiaie e limi). I terreni affioranti nel resto dello stralcio cartografico allegato sono rappresentati da **DEPOSITI ALLUVIONALI**



ATTUALI (Olocene, depositi recenti di ambiente fluviale, costituiti da litotipi a granulometria generalmente grossolana. Dal punto di vista litologico, sono caratterizzati dalla presenza di ciottoli arenacei con sabbie e limi) e dai **DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI TERRAZZATI** (Pleistocene Medio - Sup, depositi di ambiente fluviale, depositi dopo la fase distensiva plio-pleistocenica. Costituiti da depositi sciolti quali sabbie, ghiaie e limi).

2.3 IDROGEOLOGIA

Le indagini geognostiche, non hanno evidenziato la presenza di acqua ad una profondità, la presenza di acqua nel sottosuolo è stata determinata in maniera indiretta prendendo in considerazione la carta idrogeologica dell'area. Su questa è indicata la presenza di vari pozzi; dalla carta piezometrica è possibile rilevare la soggiacenza della falda acquifera che è attorno ai 328 m. s.l.m., quindi attorno a -3,00 m da p.c.

Dall'andamento delle isopieze della carta idrogeologica, risulta che la falda acquifera nel sottosuolo locale è drenata dal Torrente Archiano.

3 GENERALITÀ DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini geognostiche commissionate da Unione dei Comuni del Casentino e coordinate dal sottoscritto quale Direttore Lavori delle stesse, sono state eseguite sui due fianchi del Torrente Archiano come indicato in TAV. 3. Tali indagini hanno avuto lo scopo di evidenziare, assieme ai rilievi geomorfologico sul territorio, le caratteristiche dei terreni presenti del sito di studio in modo da rilevarne le possibili complicazioni di natura geologica e geotecnica e sismica e poter fornire dati utili per la loro progettazione. Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono le seguenti:

- **indagini penetrometriche** : n. 2 prove penetrometriche eseguite con metodologia statica CPT estese sino alla profondità alla quale è stata rilevato rifiuto all'infissione. Successivamente, entrambe, sono proseguite con infissione dinamica superpesante DPSH ed estese, anche queste, sino a rifiuto strumentale all'infissione.
- **Perforazione a rotazione con carotaggio continuo**: n. 1 sondaggio a carotaggio continuo profondo 20,0 (S7). Per ottenere ulteriori dati geotecnici sui terreni attraversati, durante il sondaggio sono eseguite n. 3 Standard Penetration Test (S.P.T.) e prelevati prelevati n. 1 campioni di terreno con campionatore a pressione Shelby ed n. 1 campione nelle argilliti del substrato con campionatore rotativo Mazier.



- **Analisi geotecniche sui campioni prelevati:** Sul campione prelevato, sono state eseguite le seguenti analisi: caratteristiche fisiche dei terreni, analisi granulometrica, limiti di Atterberg, prova di compressione non confinata, prova di taglio diretto consolidata-drenata e prova edometrica.
- **indagini geofisiche:** n. 2 prospezioni geofisiche di sismica attiva con metodologia MASW; n. 2 postazioni di sismica passiva con metodologia HVSR.
- **indagini esistenti:** per la caratterizzazione del substrato locale, visto che i campioni prelevati non sono stati utili, è stato considerato il sondaggio 16 eseguito in ambito VEL dalla Regione Toscana nel 2006. Di questo si è considerato il campione prelevato nelle argilliti a tra 16,70 e 17,00 m da p.c.

Le prove penetrometriche CPT, DPSH e SPT, hanno avuto lo scopo di caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico, integrando le stesse con le litologie dei terreni incontrati e le analisi di laboratorio sui campioni prelevati. Queste in associazione con le indagini geofisiche hanno permesso la definizione di un modello geotecnico e sismico del sottosuolo dove sorgerà la passerella. Si è potuto ricavare pertanto, con sufficiente definizione la sequenza stratigrafica locale, che ha permesso di discretizzare orizzonti con differenti caratteristiche fisico-meccaniche.

L'indagine MASW in associazione con HVSR sono state utilizzate per specificare la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro Vs30. Le informazioni rilevate dalle analisi di rumore ambientale con l'HVSR, hanno avuto lo scopo, oltre che di definire le frequenze caratteristiche di risonanza di sito.

3.1 INDAGINI PENETROMETRICHE

I risultati delle verticali penetrometriche sono stati utilizzati per raccogliere indicazioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati e definirne di conseguenza la successione litotecnica locale. L'ubicazione delle prove penetrometriche è riportata in TAV. 4.

La strumentazione utilizzata per eseguire le verticali penetrometriche è il penetrometro dinamico PAGANI TG 63-200 attrezzato con punta meccanica Begemann, la quale ha le seguenti caratteristiche tecniche:

*area di base punta conica: 10 cmq.
apertura angolare della punta: 60°
diametro punta: 35.7 mm.*

*lunghezza aste: 1.00 m.
superficie manicotto laterale: 150 cmq.
velocità avanzamento: 2 cm/sec*



Il penetrometro statico, è dotato di una punta meccanica di tipo “telescopico” la quale può essere infissa, entro certe profondità (8 cm.), indipendentemente dalle aste; è composta da cono di base (punta) e da un manicotto sopra la punta. L'attrezzatura è predisposta in modo che la spinta possa agire separatamente, prima sulla punta poi sul manicotto; le aste, infatti, sono cave e dotate di un'astina al centro per poter muovere la punta telescopica. Il sistema, permette di rilevare le misure tramite una cella di carico interposta tra la testa di spinta del penetrometro e la batteria di aste. I dati rilevati durante l'infissione delle aste, ogni 20 cm di profondità, sono la resistenza alla punta LP e la resistenza laterale locale LL.

Ma durante l'esecuzione delle prove statiche CPT, avendo riscontrato rifiuto strumentale a poca profondità dal piano campagna, si è deciso proseguire ogni prova con metodo di infissione dinamico superpesante DPSH.

La strumentazione utilizzata per eseguire la prova DPSH è sempre il penetrometro dinamico PAGANI TG 63-200, questa volta attrezzato in accordo con le normative internazionali (ISSMFE) ha le seguenti caratteristiche tecniche:

<i>peso massa battente: 63.5 Kg.</i>	<i>altezza di caduta: 75.0 cm.</i>	<i>area di base punta conica: 20 cmq.</i>
<i>angolo apertura punta conica: AGI 90°</i>	<i>peso asta 7 Kg / ml</i>	<i>diametro della punta conica 50,50 mm</i>
<i>avanzamento punta: 20 cm</i>	<i>Lunghezza aste: 1.00 m.</i>	<i>Peso sistema di battuta: 30 Kg</i>

La prova dinamica superpesante consiste nel misurare il numero di colpi N necessari per far avanzare di 20 cm nel terreno la punta conica.

Le due metodologie di infissione sono state svolte sempre lungo la medesima verticale, in prosecuzione l'una dell'altra, cambiando la configurazione di lavoro del penetrometro e sempre sino al raggiungimento del rifiuto strumentale all'infissione.

3.2 *PERFORAZIONE A ROTAZIONE CON CAROTAGGIO CONTINUO*

Il sondaggio geotecnico è consistito nella perforazione a carotaggio continuo in terreno e nella descrizione della stratigrafia con modalità e osservazioni tali da consentire una caratterizzazione geotecnica dei terreni attraversati. Durante tali operazioni, oltre l'estrazione di carote per il riconoscimento della litostratigrafia dei terreni sono stati prelevati campioni con campionatore a pressione tipo Shelby e rotativo tipo Mazier entro i livelli argillitici del



substrato locale, sui quali saranno state eseguite delle analisi di laboratorio geotecnico. Inoltre entro il foro di sondaggio sono state eseguite prove geotecniche in foro SPT. Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una sonda con testa idraulica di rotazione alla quale sono collegate delle aste di perforazione sulla cui cima è alloggiato un utensile di perforazione (carotiere). Al fine di evitare il franamento del foro tra una manovra di carotaggio e l'altra, nel caso in cui il terreno non si auto sosteneva, è stato usato del rivestimento metallico provvisorio.

3.3 STANDARD PENETRATION TEST — S.P.T.

È una prova discontinua, realizzata nel foro durante l'esecuzione dei carotaggi. Tale prova viene eseguita nel foro preventivamente ripulito, e consiste nella infissione a percussione, di un campionatore a punta aperta con pareti grosse (campionatore Raymond) o come nel caso del sondaggio S7, vista la tipologia dei terreni, è stata montata sul campionatore una punta chiusa. Tutto il sistema di prova ha le seguenti caratteristiche: diametro esterno di 51 mm; il dispositivo di percussione comprende una testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste, un maglio di acciaio di 63.5 kg (140 libbre), un sistema di guida e sganciamento automatico del maglio che assicuri una corsa a caduta libera fissa pari a 0.76 m (30 pollici).- Con questa prova vengono registrati i colpi necessari per una penetrazione di 30 cm (NSPT) del campionatore. Durante l'infissione infatti, si registrano i colpi necessari a produrre l'avanzamento totale di 45 cm.

3.4 ANALISI DEI CAMPIONI

Nel corso della perforazione di sondaggio sono stati prelevati dei campioni di terreno, per sottoporli successivamente ad analisi e prove di laboratorio al fine di determinarne i parametri geotecnici. Le analisi eseguite sono:

- Umidità naturale, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-1,
- Peso di volume naturale, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-2,
- Peso di volume secco, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-2,
- Analisi granulometrica, secondo la norma CNR 23/1971 e la norma ASTM D422/63
- Determinazione dei limiti di Atterberg, secondo la norma CNR UNI 10014,
- Prova di compressione ad espansione laterale libera, secondo le Raccomandazioni AGI 1994,
- Prova di taglio diretto CD, secondo le Raccomandazioni AGI 1994,
- Prova edometrica, secondo le Raccomandazioni AGI 1994,

I dettagli delle analisi sono riportati nei certificati prodotti dal Laboratorio Geotecnico Geotec ed allegati alla presente relazione.

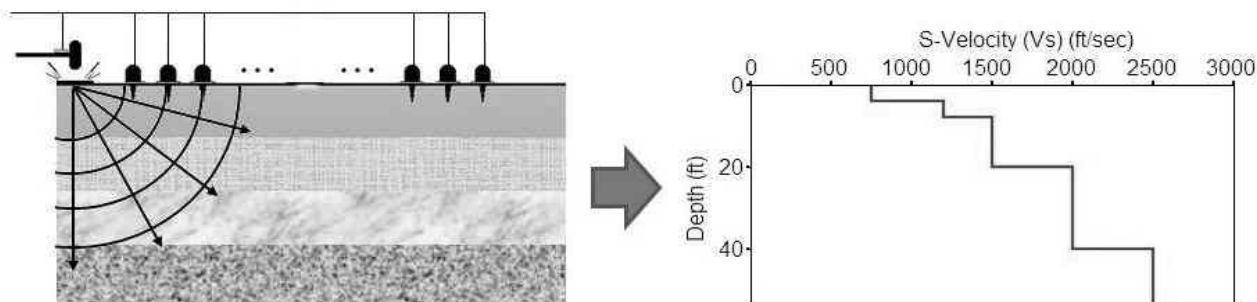


Le analisi di laboratorio esistenti ed eseguite in ambito VEL dalla Regione Toscana sono state eseguite da Ismes di Bergamo, anch'esse allegate alla presente relazione.

3.5 INDAGINI GEOFISICHE

3.5.1 MASW

Il metodo di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una metodologia non invasiva, basata su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999). Tale metodologia di prospezione geofisica del sottosuolo, consente di ottenere un profilo verticale delle Vs, a partire dall'analisi della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh, analizzando anche le modalità di propagazione e la loro velocità a diverse frequenze.



Le onde di Rayleigh, viaggiano con una velocità diversa correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalle onde stesse. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase; questa proprietà è definita come dispersione. E' proprio questa proprietà dispersiva che viene utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni.

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 danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e interessano gli strati più profondi del suolo. La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza. Quindi onde di Rayleigh di diversa lunghezza d'onda forniscono informazioni a diverse profondità del sito investigato.

Le dati sulla velocità delle onde di taglio Vs rilevate in sito, sono da intendersi come informazioni medie lungo la profondità d'investigazione.



Il metodo generalmente consente di ottenere una velocità di fase sperimentale, detta curva di dispersione apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi si ottengono informazioni sulla parte più superficiale del suolo; in genere sui primi 30 m. ÷ 50 m. variabili in funzione della rigidità del suolo. La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che le onde S sono parametri di prim'ordine nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Tali onde, campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda stessa e la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato; la forma di questa curva è sostanzialmente influenzata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Perciò, utilizzando apposite convenzioni è possibile stabilire una relazione diretta, ma analiticamente complessa, fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. La relazione che ne consegue, consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S — profondità", che fondamentalmente sono rappresentati come Modello Medio e Modello Migliore; utilizzati poi per giungere alla definizione degli spessori di terreno a diversa V_s .

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica,
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.



La configurazione dell'indagine è indicata nei certificati prodotti da Trigeo Snc ed allegati alla presente relazione.

3.5.2 *Analisi dei Microtremori con la tecnica HVSR*

Tale indagine geofisica è molto rapida nell'esecuzione e può essere applicata praticamente ovunque. Il suo vantaggio è che non necessita perforazioni nel sottosuolo, stendimento di cavi ed energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale.

Questo metodo d'investigazione costituisce una parte importante nella determinazione del rischio sismico di un sito in quanto permette di calcolarne la frequenza fondamentale o frequenza di risonanza del sito. Quest'ultima rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento delle strutture in termini di risposta sismica locale. Il valore di questo parametro dovrà esser tenuto presente nella realizzazione di nuove strutture, infatti queste non dovranno avere la medesima frequenza di vibrazione del terreno al fine di evitare effetti di "doppia risonanza", molto pericolose in caso di sisma.

Ciò che viene registrato con questa indagine sono le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) che sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di $10^{-4} \div 10^{-2}$ mm (Okada, 2003). Rispetto alle frequenze di queste vibrazioni, il rumore sismico che viene registrato, è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze, in genere maggiori di 0.5 Hz.

L'origine di questo rumore sismico sono molteplici come ad esempio le perturbazioni atmosferiche, l'energia data da onde del mare che si propagano sul terreno, le sorgenti di origine antropica come il traffico veicolare, le attività industriali etc. Tutte queste sorgenti, fanno che si generino delle onde superficiali di Rayleigh le quali poi si propagano nel terreno.

Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916).

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:



- *Spettri di Fourier*
- *Rapporti spettrali*
- *Rapporti spettrali H/V*

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V.

Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate su singola stazione posta sul terreno. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi ('71) e Shiono et al. ('79), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza, per un determinato sito, si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale dei terreni presenti sul luogo oggetto di studio.

Nel 1989, Nakamura propose il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico / ingegneristico per derivare i seguenti parametri :

- ✓ *la frequenza fondamentale di risonanza F_0 dei terreni presenti nel sottosuolo;*
- ✓ *la stima del profilo del terreno in termini delle velocità V_s e V_p e della densità e quindi delle velocità V_{s30} nei primi 30 m dal piano campagna, attraverso opportuni metodi di inversione;*
- ✓ *la frequenza fondamentale di risonanza di una struttura e i relativi modi di vibrare;*

La configurazione dell'indagine è indicata nei certificati prodotti da Trigeo Snc ed allegati alla presente relazione.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

In riferimento alle prove penetrometriche statiche e dinamiche (CPT, DPSH e SPT), si è proceduto



all'elaborazione dei dati acquisiti per giungere alla definizione dei parametri geotecnici, i quali sono stati integrati dalle risultanze delle analisi di laboratorio geotecnico e dalle stratigrafie rilevate durante i sondaggi.

Per le prove statiche si sono utilizzati i valori della resistenza alla punta LP e della lettura resistenza laterale locale LL. Da tali elaborazioni sono state determinati i valori di resistenza alla punta Rp e di resistenza laterale Rl, dai loro rapporti e correlazioni sono stati determinati i parametri geotecnici caratterizzanti gli orizzonti investigati.

Per le prove dinamiche, in base al numero di colpi N registrati, si sono definiti tramite correlazioni, i parametri geotecnici attinenti ad ogni strato identificato con tale tipo d'indagine.

Dalle indagini svolte a seconda delle profondità investigate, sono stati discretizzati, quattro orizzonti geotecnici differenti. Per ciascun orizzonte, sono state definite le peculiarità geotecniche utili alla progettazione.

4.1 CARATTERIZZAZIONE DA INDAGINI PENETROMETRICHE STATICHE

I parametri geotecnici calcolabili per terreni investigati tramite prove CPT attraverso le correlazioni dirette con i valori di Rp sono i seguenti:

1. Peso unità di volume;
2. Interpretazione stratigrafica;
3. Coesione non drenata Cu;
4. Angolo di resistenza al taglio
5. Modulo edometrico Ed;

4.1.1 *Peso unità di volume*

E' stata utilizzata a quanto proposto da Mayne 2010:

$$\gamma = 1,95 \times \gamma_w \times \left(\frac{\sigma'_v}{100} \right)^{0,06} \times \left(\frac{f_s}{100} \right)^{0,06}$$

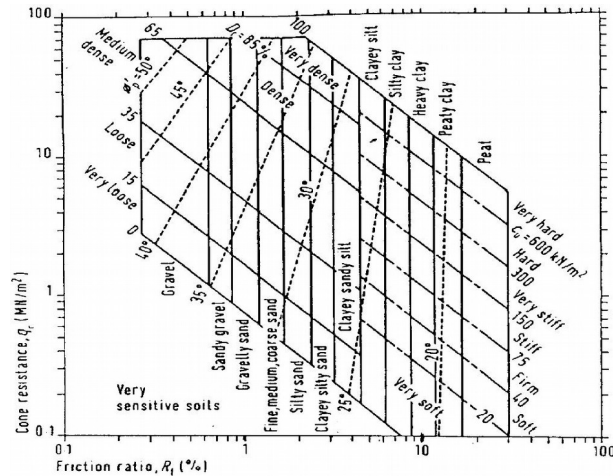
dove:

γ_w peso di volume dell'acqua
 σ'_v pressione litostatica efficace
 f_s resistenza d'attrito laterale



4.1.2 Interpretazione stratigrafica

Una prima classificazione dei terreni investigati con la CPT è la stima della litologia del livello di terreno interessato dalla prova. Infatti, esaminando i principali valori misurati, ovvero la resistenza alla punta R_p , la resistenza



laterale R_l ed il loro rapporto Fr (friction ratio) è possibile valutare tale parametro, utilizzando il Metodo di Searle – '79 con lo stesso grafico come di seguito indicato.

4.1.3 Angolo di resistenza al taglio φ e Coesione non drenata C_u

Il valore dell'angolo di attrito efficace, per i terreni a comportamento prevalentemente non coesivo, e la coesione non drenata, per i terreni limo-argillosi od a prevalenza argillosa, può essere determinato impiegando diagramma integrato di interpretazione di Searle – '79 (vedi grafico precedente ed interpretazione allegata alla presente relazione).

4.1.4 Modulo edometrico

- Metodo di Robertson e Campanella.

Il metodo di Robertson e Campanella è valido per le sabbie in genere. Si basa sulla seguente relazione

$$Me \text{ (Kg / cmq)} = 0.03 \times R_p + 11.7 \times \sigma + 0.79 \times Dr\%$$

- Mitchell e Gardner

Il metodo, valido per argille in genere, si basa sulla seguente relazione:

$$Me \text{ (Kg / cmq)} = \alpha \times R_p$$

dove R_p è la resistenza alla punta media dello strato e α è un coefficiente variabile in funzione del tipo di terreno.



4.2 CARATTERIZZAZIONE DA INDAGINI PENETROMETRICHE DINAMICHE

L'elaborazione dei dati ottenuti nella verticale penetrometrica dinamiche, ha visto la conversione da N_{DPSH} a

N_{SPT} ; per far questo sono ricorso al metodo proposto da La Croix e Horn (1973):

$$N_{SPT} = \left(\frac{W \cdot H}{6,2 \cdot D^2 \cdot L} \right) \cdot N_{DPSH}$$

dove:

W = peso del maglio

H = altezza di caduta

D = diametro del cono

L = penetrazione standard

N_{DPSH} = numero colpi misurato nella prova

Successivamente ho provveduto alla normalizzazione del dato N_{SPT} , da questo al suo valore normalizzato N_{60} '

come definito da norma europea EN ISO 22476-3:2002 che prevede:

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot C_E \cdot C_R$$

dove

N_{SPT} = numero colpi SPT

C_E = correzione del rapporto di energia altezza di caduta con $C_E = \frac{E_R}{60}$ ed E_R è il rendimento di battitura della norma ASTM 4633-86

C_R = correzione per la lunghezza delle aste

Il valore ottenuto è stato a sua volta normalizzato per la pressione litostatica con la formula:

$$N_{1(60)} = C_N \cdot N_{60}$$

dove C_N è il coefficiente di Liao e Whitman (1986) determinato con: $C_N = \sqrt{\frac{98,1}{\sigma'_v}}$

4.2.1 Peso unità di volume

Determinata con una relazione polinomiale messa a punto da Bruschi A. (1980)

$$\gamma = 98,1 (1,39 + 0,053 N_{60} - 0,0011 N_{60}^2 + 0,0000076 N_{60}^3)$$

4.2.2 Angolo di resistenza al taglio φ

Il valore dell'angolo di attrito è stato determinato tramite la formula indicata da Hatanaka e Hucida (1996, 1998), di Schmertmann (1975), Wolff (1989 implementati secondo la procedura di Horwath (2000, 2002).

4.2.3 Coesione non drenata C_u



Questo parametro geotecnico è stato determinato attraverso la relazione di Terzaghi e Peck (1948) e da Bruschi (2004).

4.2.4 Modulo edometrico E_d

Valutato mediante la correlazione proposta da Mayne e Frost (1988) per terreni incoerenti e dalla relazione di Schulze e Menzenbach (1961) per terreni a grana fine.

4.3 R.Q.D. (ROCK QUALITY DESIGNATION)

Il valore del parametro R.Q.D. è definito come la percentuale di recupero di carotaggio in roccia di spezzoni con lunghezza superiore ai 10 cm rispetto alla lunghezza totale perforata.

$$\text{R.Q.D. (\%)} = S \text{ Lunghezza spezzoni } \geq 10 \text{ cm} / \text{Lunghezza totale carotaggio}$$

Sulla base di tale caratterizzazione è possibile stimare la qualità della roccia:

R.Q.D. (%)	Qualità della roccia
0 ÷ 25	MOLTO SCADENTE
26 ÷ 50	SCADENTE
51 ÷ 75	DISCRETA
76 ÷ 90	BUONA
91 ÷ 100	ECCELLENTE

Dalle carote rilevate durante il sondaggio è risultato un R.Q.D. Sempre = 0%, quindi con spezzoni sempre inferiori ai 10 cm.

4.4 ANGOLO D'ATTRITO E COESIONE DELL'AMMASSO

I valori di R.Q.D. della roccia sono stati utilizzati, attraverso software dedicati, per la caratterizzazione geomeccanica del substrato roccioso, utilizzando i criteri di classificazione di Bieniaswki -1989 ed Hoek-Brown 2002.

4.4.1 Classificazione di Bieniawski

La classificazione di Bieniawski tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione (A_6) il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti e fondazioni).

$$\text{RMR base} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$\text{RMR corretto} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6$$

I parametri sono:

RMR = Rock Mass Rating

A_1 (C_o - Resistenza a compressione monoassiale);

A_2 (RQD% - Rock Quality Designation);

A_3 (s - Spaziatura delle discontinuità);



A4 Condizioni dei giunti

A6 lorientamento delle discontinuità

A5 Condizioni idrauliche dei giunti

Ad ognuno di essi viene assegnato un indice parziale ricavato da abachi a seconda del valore (per RQD%, Co e s) o della condizione.

Le tabelle seguenti riportano i criteri di determinazione dell'indice RMR:

PARAMETRI		Valori						
Resistenza a compressione uniassiale (Mpa)		> 250	100 - 250	100 - 50	50 - 25	5 - 25	1 - 5	< 1
Coefficiente R1		15	12	7	4	2	1	0
R.Q.D. (%)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Coefficiente R2		20	17	13	8	3		
Spaziatura delle discontinuità		> 2 m	0,6 - 2 m	60 - 20 cm	20 - 6 cm	< 6 cm		
Coefficiente R3		20	15	10	8	5		
Condizioni delle discontinuità		Sup. molto rugosa, non alterata, discont. chiuse non continue	Sup. poco rugose, separazione discont. < 1mm, poco alterate	Sup. poco rugose, separazione discont. < 1mm, molto alterate	Sup. lisce o riempimento < 5 mm di spessore o giunti aperti 1- 5 mm e continui	Riempimento soffice > 5 mm di spessore o giunti aperti > 5 mm continui		
Coefficiente R4		30	25	20	10	0		
Condizioni idrauliche	Venute d'acqua su 10 m di lunghezza (l/min)	nessuna	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
	Condizioni generali	Asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Venute d'acqua		
Coefficiente R5		15	10	7	4	0		

Orientamento discontinuità		Valori				
Direzione di immersione ed inclinazione		Molto favorevole	Favorevole	Poco favorevole	Sfavorevole	Molto sfavorevole
	Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Coefficiente R6	Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25
	Pendii	0	-5	-25	-50	-60

Dettagli sulle condizioni delle discontinuità $R4 = A + B + C + D + E$		Valori				
Lunghezza discontinuità		< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Coefficiente A		6	4	2	1	0
Apertura		nessuna	< 0,1 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Coefficiente B		6	5	4	1	0
Rugosità		Molto rugosa	Rugosa	Leggermente rugosa	Liscia	Levigata
Coefficiente C		6	5	3	1	0
Riempimento		nessuno	Materiale duro < 5 mm	Materiale duro > 5 mm	Materiale tenero < 5 mm	Materiale tenero > 5 mm
Coefficiente D		6	4	2	2	0
Alterazione		Inalterata	Leggermente alterata	Moderatamente alterata	Molto alterata	Decomposta
Coefficiente E		6	5	3	1	0

Classi di qualità dell'ammasso roccioso	Valori				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20



Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottima	Buona	Discreta	Scadente	Molto scadente
Coesione (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 200
Angolo d'attrito (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

I parametri di resistenza e di elasticità sono dedotti dall' RMR_{base} :

- coesione in termini di tensioni efficaci:

$$c' = 5 \cdot RMR_{base} \text{ (KPa);}$$

- angolo d'attrito in termini di tensioni efficaci:

$$\varphi' = 5 + RMR_{base} / 2 \quad (^\circ);$$

- modulo di deformabilità:

relazione di Bieniawski (1978)

$$Ed = 2 RMR_{base} - 100 \text{ (Gpa)} \quad \text{con } RMR_{base} > 50$$

relazione di Serafim Pereira (1983)

$$Ed = 10 (RMR_{base} - 10) / 40 \text{ (Gpa)} \quad \text{con } RMR_{base} < 50$$

4.5 DETERMINAZIONE PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO

La normativa vigente impone la definizione dei **parametri caratteristici del terreno X_k** dai **valori medi X_m** ricavati dalle indagini geognostiche. Le istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici indicano che nelle valutazioni che il tecnico deve svolgere per pervenire ad una corretta scelta 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, come nel caso di fondazioni superficiali, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità tale a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Le stesse istruzioni indicano invece di fare riferimento ai **valori minimi** quando siano coinvolti modesti volumi di terreno, fondazioni su pali, verifica a scorrimento di un muro di sostegno, con concentrazione del volume significativo o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dagli strati meno resistenti a quelli più resistenti a causa dell'insufficiente rigidità della struttura. Pertanto nell'ottica di una progettazione basata sul metodo degli stati limite, devono quindi essere utilizzati i parametri caratteristici opportunamente interpretati come sopra indicato e parametri ridotti, **parametri di progetto X_d** , overosia ottenuti con una stima cautelativa di un dato



parametro, in relazione agli stati limite considerati per il progetto. La resistenza R_d è determinata in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di resistenza del terreno, divisi per i coefficienti parziali γ_m di seguito riportati nella Tabella 6.2.11 delle NTC 2008

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_m	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Gli orizzonti geotecnici discretizzati come descritto in precedenza, hanno permesso di definire una sequenza stratigrafica come di seguito descritta e riportata nella sezione geotecnica allegata in TAV. 4 :

1. orizzonte più superficiale rappresentato da limo sabbioso;
2. il secondo livello costituito da sabbie e ghiaie talora in matrice;
3. il terzo, livello, apparentemente limitato alla zona della sponda destra costituito da sabbia limosa;
4. Il quarto costituito da arenarie ed argilliti

Prendendo in considerazione i parametri geotecnici derivanti dalle correlazioni su indicate, analizzando gli stessi in funzione della tipologia dell'intervento prevista ed ai fini della progettazione geotecnica riteniamo corretta la definizione dei seguenti **parametri medi X_m**

LITOLOGIA	Peso Vol. γ t/mc	Coesione C' Kg/cm ²	Coesione non dren C_u Kg/cm ²	Ang. Attr. φ	Mod Edom. E_d Kg/cm ²
Limo sabbioso	1,80	--	1,18	21,90	60
Sabbie e ghiaie talora in matrice	1,98	--	1,35	33,58	140
Sabbia limosa	2,00	0,03	0,21	30,90	77
Arenarie ed argilliti	2,30	1,89	--	24,20	250

Da cui è possibile definire i seguenti **parametri caratteristici X_k** :

LITOLOGIA	Peso Vol. γ t/mc	Coesione C' Kg/cm ²	Coesione non dren C_u Kg/cm ²	Ang. Attr. φ	Mod Edom. E_d Kg/cm ²
Limo sabbioso	1,80	--	0,95	20,04	60
Sabbie e ghiaie talora in matrice	1,98	--	1,11	32,84	140
Sabbia limosa	2,00	0,02	0,12	27,80	77
Arenarie ed argilliti	2,30	1,21	--	20,62	250



Di conseguenza i **parametri di progetto X_p** sono quelli di seguito indicati:

<i>LITOLOGIA</i>	Peso Vol. γ t/mc	Coesione C' Kg/cm ²	Coesione non dren C_u Kg/cm ²	Ang. Attr. φ °	Mod Edom. E_d Kg/cm ²
Limo sabbioso	1,80	--	0,68	16,27	60
Sabbie e ghiaie talora in matrice	1,98	--	0,79	27,31	140
Sabbia limosa	2,00	0,02	0,09	22,87	77
Arenarie ed argilliti	2,30	0,97	--	18,44	250

5 CARATTERIZZAZIONE SIMICA DEL SITO D'INTERVENTO

Su indicazione del progettista delle strutture, l'edificio oggetto del presente studio ha le seguenti tipologie del costruito:

5.1 *VITA NOMINALE DELLA STRUTTURA (V_N) (§ 2.4.1 NTC-08)*

È intesa come il numero di anni nei quali la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata, che per il caso in esame è la seguente:

Tipi di Costruzione		<i>Vita Nominale V_N</i> (in anni)
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50

5.2 *CLASSI D'USO (C_U) (§ 2.4.2 NTC-08)*

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono definite in classi d'uso a cui si associa un coefficiente d'uso C_u definito al variare della classe d'uso, nel caso esaminato la classe è:

<i>Classe d'uso</i>	<i>Descrizione</i>	<i>C_u</i>
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.	1,0

5.3 *PERIODO DI RIFERIMENTO (V_R) (§ 2.4.3 NTC-08)*

L'azione sismica è valutata in relazione ad un periodo di riferimento V_R dell'opera e allo stato limite SL da verificare, cui è associata una prefissata probabilità di superamento PVR. che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u :



$$V_R = V_N \times C_u$$

Nel caso in esame:

$$V_R = 50 \times 1 = 50$$

5.4 STATI LIMITE E PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO (§ 3.2.1 NTC-08)

La normativa definisce quattro stati limite, al fine di indicare, in chiave sismica, le prestazioni della costruzione nel suo complesso.

Gli **Stati Limite di Esercizio SLE** sono:

SLO - Stato Limite di Operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi

SLD - Stato Limite di Danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli **Stati Limite Ultimi SLU** sono:

SLV- Stato Limite di salvaguardia della Vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Per ciascuno si definisce una probabilità di superamento P_{VR} , che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento V_R di almeno un sisma a tempo di ritorno T_R

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

5.5 DEFINIZIONE DEL PERIODO DI RITORNO (§ 3.2.1 NTC-08)

Stabilito il Periodo di Riferimento V_R e la Probabilità di Superamento per ogni stato limite P_{VR} e ipotizzando che



i terremoti seguano una distribuzione probabilistica di Poisson, si calcola il PERIODO di RITORNO T_R dell'azione sismica attraverso la formula:

$$T_R = \left[\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \right]$$

Per il progetto in esame:

$V_R=50$	$SLU \rightarrow SLV \rightarrow P_{VR}=10\% \rightarrow T_R=475 \text{ anni}$
----------	--

5.6 CLASSIFICAZIONE TOPOGRAFICA DEL SITO (§ 3.2.2 NTC-08)

Nella definizione dell'azione sismica di progetto si devono considerare le seguenti categorie topografiche se di altezza > di 30 m.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Nel caso in esame si considera:

Categoria: T1

Tale valore viene utilizzato per determinare l'amplificazione topografica S_T in base a quanto indicato nella Tabella 3.2.VI – NTC-08, dal quale si evince quanto sotto indicato:

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

5.7 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC-08)

La determinazione di tale parametro si è definita attraverso la misurazione della velocità delle onde di taglio entro il sottosuolo locale per i primi 30 metri di profondità (V_{s30}). Tale misura rappresenta la velocità equivalente delle onde di tipo S; viene calcolata noti gli spessori degli strati e la relativa velocità di propagazione delle onde di taglio



all'interno di ognuno.

Questo valore viene specificato come velocità media di propagazione delle onde di taglio (V_s) entro i primi 30 m di terreno; si calcola con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove: h_i rappresentano lo spessore in metri

V_i è la velocità delle onde di taglio dello strato i esimo, il tutto per un totale di strati presenti nei primi 30 metri di spessore di terreno.

Per la definizione delle velocità delle V_{s30} si è utilizzata la prospezione sismica tipo MASW. Con questa prospezione geofisica si è identificato il profilo di velocità delle onde di taglio e relativi spessori, quindi si è proceduto al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m. di profondità (V_{s30}), infine all'individuazione della categoria sismica del suolo.

Nel profilo risultante in sinistra idrografica, si osserva come, esaminando ed elaborando i risultati delle prospezioni effettuate (elaborazione per congiunta), siano stati individuati sei diversi strati a differente velocità delle V_{sh} :

1. un primo strato di circa 1,30 m. di spessore, caratterizzato da una V_s media di 126 m/s;
2. uno strato di circa 1,68 m. di spessore con V_s media di 468 m/s;
3. uno strato di circa 2,10 m. di spessore con V_s media di 501 m/s;
4. uno strato di circa 1,49 m di spessore con V_s media di 350 m/s;
5. uno strato di circa 0,70 m di spessore con V_s media di 290 m/s;
6. infine uno strato di circa 22,73 m di spessore con V_s media di 713 m/s;

Il terreno così suddiviso, presenta un valore della velocità media di propagazione delle onde di taglio, entro i primi 30 metri **$V_{s30} = 501$ m/sec.**

Nel profilo risultante in sinistra idrografica, si osserva come, esaminando ed elaborando i risultati delle prospezioni effettuate (elaborazione per inversione), siano stati individuati 7 diversi strati a differente velocità delle V_{sh} :

1. un primo strato di circa 1,15 m. di spessore, caratterizzato da una V_s media di 190 m/s;
2. uno strato di circa 1,83 m. di spessore con V_s media di 240 m/s;



3. uno strato di circa 1,91 m. di spessore con Vs media di 220;
4. uno strato di circa 1,18 m di spessore con Vs media di 270 m/s;
5. uno strato di circa 4,50 m di spessore con Vs media di 250 m/s;
6. uno strato di circa 1,36 m di spessore con Vs media di 350 m/s;
7. infine uno strato di circa 18,07 m di spessore con Vs media di 752 m/s;

Il terreno così suddiviso, presenta un valore della velocità media di propagazione delle onde di taglio, entro i primi 30 metri **Vs30 = 412 m/sec.**

Con le velocità indicate, in entrambi i casi, il suolo locale è ascrivibile alla categoria B; ma al fine della definizione del tipo di suolo, sulla base di quanto indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, evidenzia le seguenti peculiarità:

quanto messo in luce dalle indagini geofisiche individua un contrasto di rigidità sismica piuttosto evidente dei primi dei primi orizzonti costituenti le coperture con profondità comprese tra i 7,30 e gli 11,90 m di profondità, con Vs delle coperture comprese tra 259 e 245 m/sec.

A mio avviso, la determinazione del suolo dalla sola media ponderata della velocità delle onde di taglio non appare corretta; pertanto con i dati ottenuti infatti ritengo più significativa l'adozione di una categoria di suolo di fondazione "E" in considerazione della presenza di copertura sciolta su substrato litoide con Vs molto vicine a 800 m/sec e con spessore non superiore a 20 m. E' evidente infatti, consultando la Tabella 3.2.11 NTC-08, che la caratterizzazione del sottosuolo del sito della passerella sul Torrente Archiano non ricade nella categoria che si evince dalle analisi congiunte di MASW ed HVSr in quanto la Vs30 è propria del sottosuolo B ma, lo spessore del sedimento è inferiore ai 30 m e Vs delle coperture tipiche o prossime a quelle del suolo C.

Escludendo di effettuare una risposta sismica locale con l'impiego di accelerogrammi, interpreto la norma attribuendo, ai fini della valutazione della pericolosità sismica del sito, una maggiore rilevanza allo spessore del sedimento di copertura nei confronti del rapporto tra l'impedenza sismica della roccia di base e quella del terreno. Si può pertanto definire la seguente categoria di sottosuolo:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: E



5.8 FREQUENZA DI SITO

Per la sua definizione sono stati utilizzati i dati provenienti dall'analisi HVSR, per questa analisi è stato preso in considerazione il grafico *frequenza (x) ÷ ampiezza del rapporto HV (y)* rilevato sul sito con una registrazione del rumore di fondo del sito di 20 minuti, ottenendo un valore della **frequenza di sito f_0** pari a:

$$f_0 = 9,76 \text{ e } 7,07 \text{ Hz}$$

5.9 SISMICITÀ DI RIFERIMENTO SU SUOLO STANDARD

L'attuale zonazione sismica del territorio nazionale, emanata con O.P.C.M. 3519 del 26 aprile 2006, classifica i comuni secondo quattro zone, definite attraverso i valori dell'accelerazione orizzontale di picco attesa, a_g :

Zona	a_g
1	0,35
2	0,25
3	0,15
4	0,05

La Giunta Regionale Toscana ha approvato, con deliberazione n. 431 del Giugno 2006, la nuova mappa di classificazione sismica del territorio regionale. Per l'area oggetto di studio:

Comune	BIBBIENA
Zona sismica	2
Accelerazione orizzontale massima al suolo di tipo A	$a_g = 0.25$

5.10 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (§3.2 NTC-08)

La Pericolosità Sismica di Base è definita al sito specifico attraverso i seguenti parametri di scuotimento:

- ✓ **accelerazione orizzontale di picco attesa, a_g** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, su suolo di categoria A, con superficie topografica orizzontale;
- ✓ **lo spettro di risposta elastico** isoprobabile in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero su sito rigido con superficie topografica orizzontale, definito dai parametri **F_0** e **T_c^*** , rispettivamente valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di risposta in accelerazione e periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta in accelerazione.

I parametri a_g , F_0 e T_c^* , sono definiti in termini probabilistici con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nella vita di riferimento V_R del manufatto su tutto il territorio nazionale attraverso un reticolo di



riferimento dello studio INGV con maglia avente passo <10 Km per periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni. Il calcolo dello spettro elastico $Se(T)$ è data dalla seguente relazione:

$$Se(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o$$

dove: a_g = accelerazione orizzontale massima al suolo (PGA);
 η = fattore di smorzamento determinato, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}}$$

ξ = espresso in percentuale, è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_o = valore massimo dell'amplificazione spettrale ≤ 2.2

S = coefficiente di Amplificazione che tiene conto del Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica S_s che dipende dalle categorie di suolo e da Coefficiente di Amplificazione Topografica S_T che dipende dalla Pendenza attraverso la relazione :

$$S = S_s \times S_T$$

Il coefficiente S_s si determina con la Tabella 3.2.V sotto riportata:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Mentre il coefficiente C_c è utilizzato per definire il Periodo di inizio del tratto costante dello Spettro di Risposta

Elastico è definito come sopra indicato. Entrambi necessari per definire l'amplificazione stratigrafica del sito.

6 DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Relativamente al sito d'intervento sono stati calcolati gli Input Sismici di Progetto per tutti gli stati limite

Sito in esame: **Passerella sul Torrente Archiano in località Bibbiena Stazione – Comune di Bibbiena - AR**

latitudine:	43,700200
longitudine:	11,807793
Classe d'uso:	2
Vita nominale V_n :	50



Siti di riferimento:

	ID	Latitudine	Longitudine	Distanza <i>m</i>
Sito1	20288	43,7221	11,7608	4498,016
Sito2	20289	43,7231	11,8299	3105,011
Sito3	20511	43,6731	11,8312	3552,682
Sito4	20510	43,6721	11,7622	4818,581

Le coordinate geografiche sono espresse su Datum ED50

6.1 PARAMETRI SISMICI

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento Vr:	50 anni
Coefficiente d'uso Cu:	1

	Probabilità superamento %	Tr <i>anni</i>	Ag <i>g</i>	Fo	Tc* <i>sec</i>
Operatività (SLO)	81	30	0,059	2,485	0,263
Danno (SLD)	63	50	0,075	2,460	0,273
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,182	2,385	0,294
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,230	2,386	0,306

6.2 COEFFICIENTI SISMICI

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax <i>m/sec²</i>	Beta
SLO	1,600	1,960	1,000	0,019	0,009	0,929	0,200
SLD	1,600	1,930	1,000	0,024	0,012	1,170	0,200
SLV	1,520	1,880	1,000	0,066	0,033	2,706	0,240
SLC	1,400	1,850	1,000	0,090	0,045	3,158	0,280

7 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (§7.11.3 NTC-08)

La liquefazione di un deposito è il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori, quali le condizioni del terreno, inteso come fattore predisponente, e la sismicità del sito, intesa come fattore scatenante.



Il fenomeno della liquefazione riguarda i terreni, ovvero i suoli costituiti da materiale a comportamento granulare in presenza di falda e con terremoti a magnitudo $M > 5,0$.

La situazione del sito è stata caratterizzata da presenza al contatto tra letto alluvionale e substrato litoide locale, ed ai sensi del capitolo 7.11.3.4 delle NTC 2008 il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione.

Per quanto riguarda l'intervento in oggetto, le spalle della passerella sul Torrente Solano saranno appoggiate su fondazioni profonde in modo da trasmettere i carichi direttamente sul substrato litoide costituite da pali che trasferiranno i carichi direttamente al substrato lapideo costituito da argilliti e talora arenarie

Pertanto, vista la situazione litostratigrafica si può affermare che i terreni, sui quali andranno a gravare le fondazioni, non sono soggetti al fenomeno di liquefazione.

8 REALIZZAZIONE DI SCAVI E RIPORTI

Per la realizzazione dell'intervento in oggetto saranno indispensabili operazioni di scavo a sezione obbligata. La natura e le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi presenti consentono, per la rimozione del terreno utilizzo di escavatori meccanici. Il terreno di risulta, previa caratterizzazione chimica, potrà essere riutilizzato in loco per rinterri e riporti, l'eccedenza, se non riutilizzato in loco, dovrà essere smaltita in luoghi idonei e preventivamente autorizzati.

Gli eventuali riporti, dovranno essere realizzati senza determinare apprezzabili modificazioni di assetto e pendenza dei terreni, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso ed evitando che abbiano a verificarsi fenomeni erosivi o di ristagno delle acque.

Se verranno rinvenuti materiali lapidei di grosse dimensioni dovranno essere separati dal materiale terroso al fine di garantire un omogeneo compattamento ed assestamento dello stesso e potranno essere utilizzati sempre in sito, in condizioni di stabilità ed in modo da non ostacolare il regolare deflusso delle acque superficiali.

I depositi temporanei di materiale terroso e/o lapideo, prodotti durante le fasi di cantiere, dovranno essere



realizzati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. Tali depositi dovranno inoltre essere posti a debita distanza di sicurezza dai fronti di scavo, al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi.

9 CONCLUSIONI

Alla luce delle indagini svolte e dei risultati ottenuti si ritiene che l'intervento edilizio in progetto PASSERELLA SUL TORRENTE ARCHIANO, da eseguire in Comune di Bibbiena – AR, è compatibile con la situazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e la caratterizzazione geotecnica dell'area a condizione che siano rigorosamente osservate le indicazioni esposte nei paragrafi precedenti.

Sarà pertanto sufficiente attenersi alle normali disposizioni legislative. Si ribadisce che il controllo e la gestione del cantiere dovrà essere effettuata dal Direttore dei Lavori e dal Committente, ai quali si rimanda incondizionatamente per quanto riguarda la corretta esecuzione del progetto e la rigorosa osservanza delle indicazioni contenute nella presente relazione.

BADIA PRATAGLIA, lì 15/10/2018

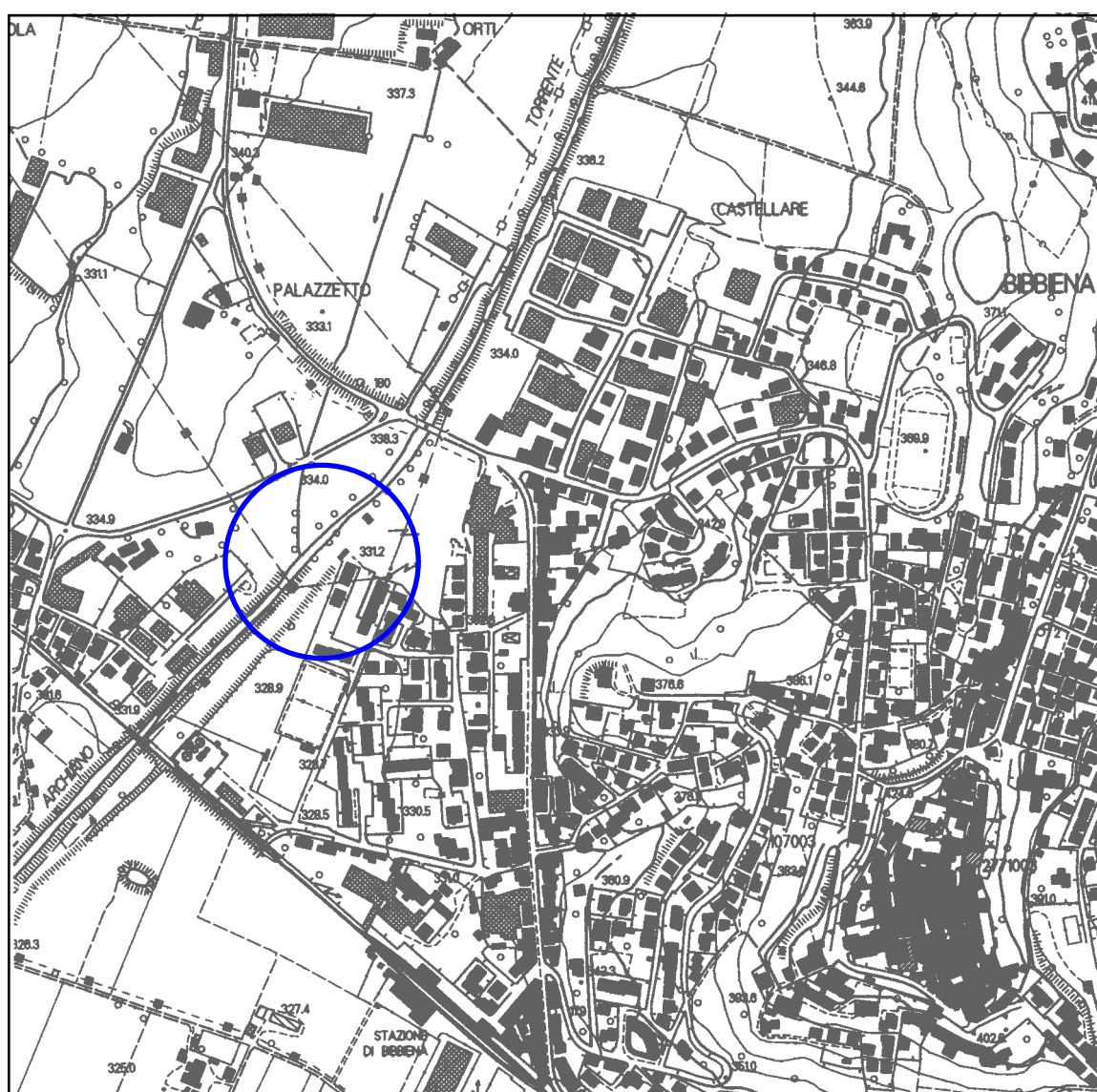
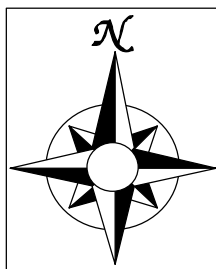
Dott. Geol. LUIGI FARINI
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA
N° 763



TAV. 1

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

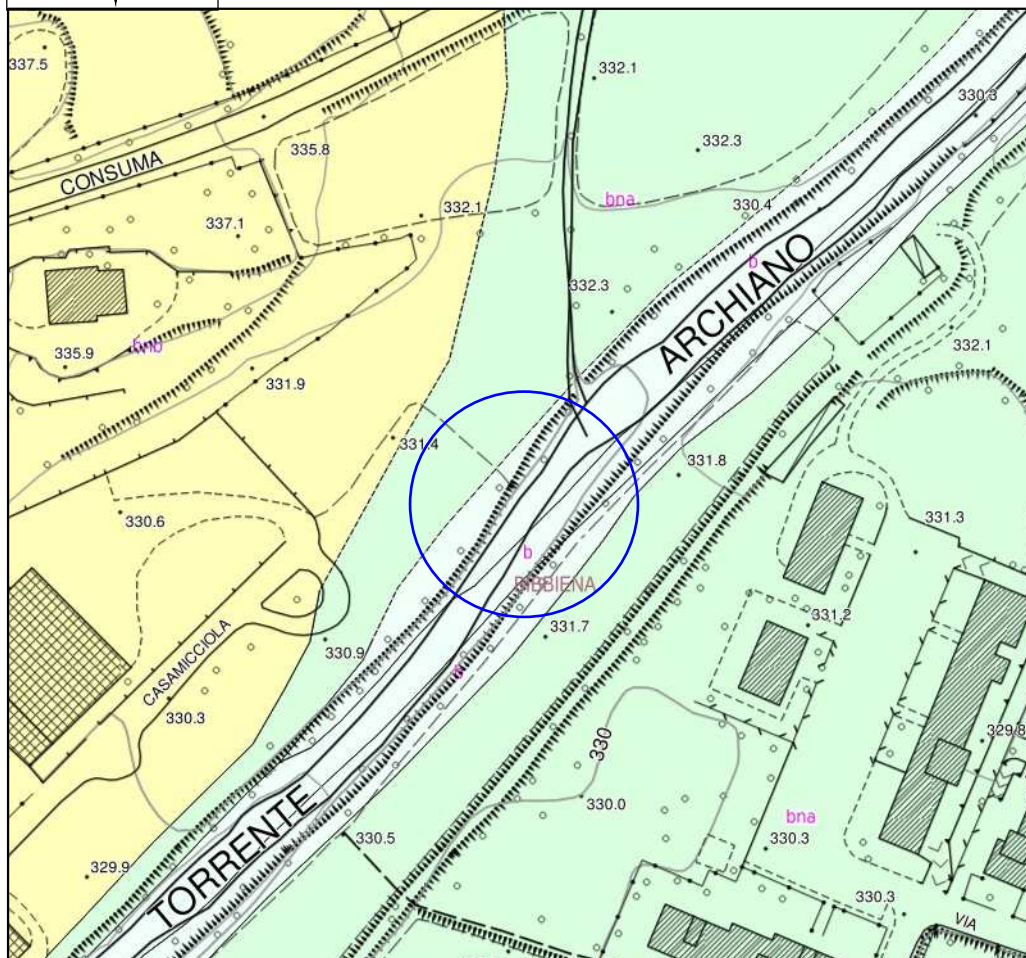
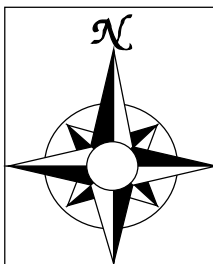
SCALA 1 : 10.000



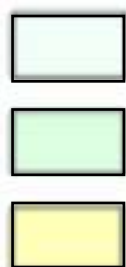
TAV. 2

CARTA GEOLOGICA

SCALA 1 : 2.000



LEGENDA:



DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI







DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI TERRAZZATI

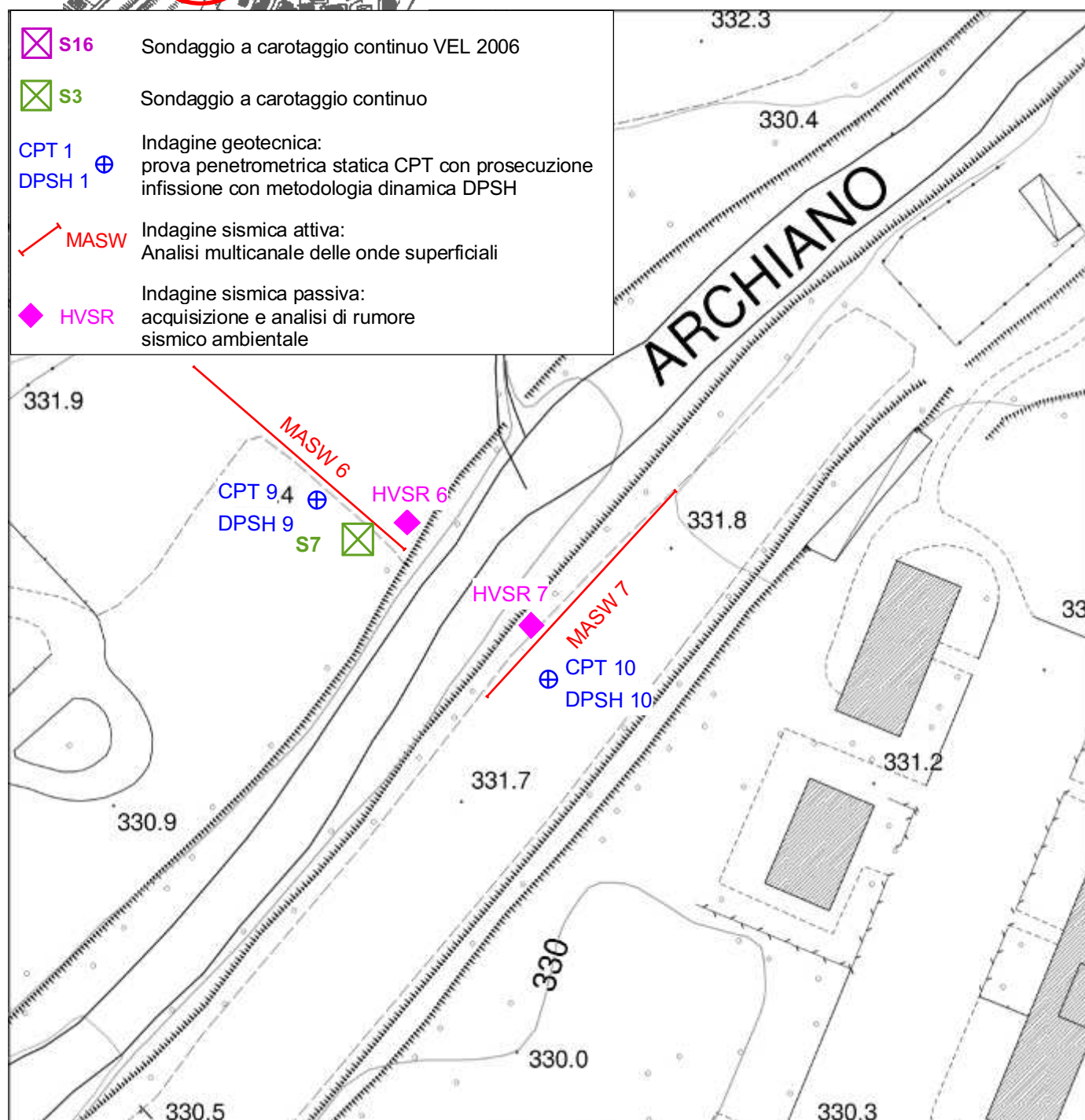
DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI TERRAZZATI



TAV. 3
PLANIMETRIA INTERVENTO CON
UBICAZIONE INDAGINI
SCALA 1 : 1.000



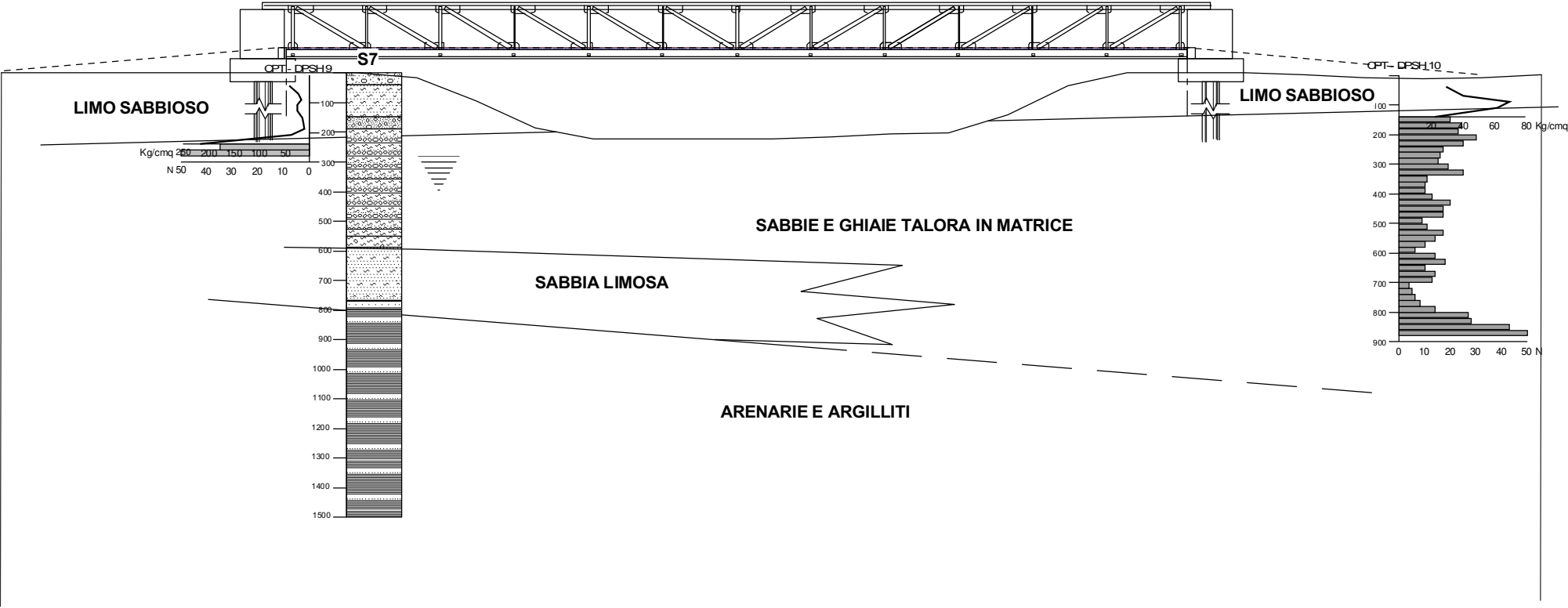
-  **S16** Sondaggio a carotaggio continuo VEL 2006
 **S3** Sondaggio a carotaggio continuo
 **CPT 1**
 **DPSH 1** Indagine geotecnica:
 prova penetrometrica statica CPT con prosecuzione
 infissione con metodologia dinamica DPSH
 **MASW** Indagine sismica attiva:
 Analisi multicanale delle onde superficiali
 **HVSR** Indagine sismica passiva:
 acquisizione e analisi di rumore
 sismico ambientale



TAV. 4

SEZIONE GEOTECNICA

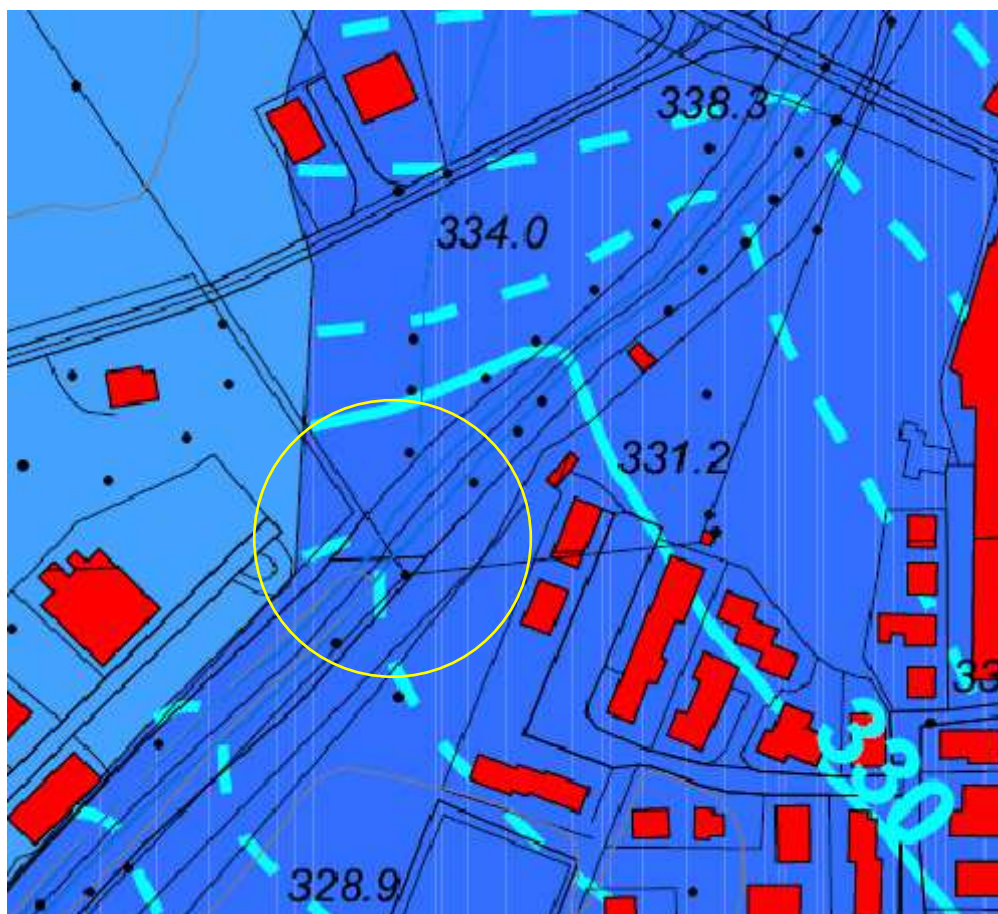
SCALA: 1 : 200



NUMERO SEZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
DISTANZE PARZIALI	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
DISTANZE PROGRESSIVE	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	26.00	28.00	30.00	32.00	34.00	36.00	38.00	40.00	42.00	44.00	46.00	48.00	50.00	52.00
QUOTE TERRENO	-33.14.9	-33.15.0	-33.15.0	-33.15.0	-33.15.0	-33.15.0	-33.15.0	-33.13.3	-33.05.2	-32.96.3	-32.82.7	-32.82.5	-32.82.5	-32.82.7	-32.83.4	-32.84.2	-32.85.0	-33.00.8	-33.10.6	-33.15.0	-33.15.0	-33.15.0	-33.14.7	-33.13.6	-33.12.7	-33.13.2	-33.14.5
QUOTE PROGETTO						-332.36															-332.36						



TAV. 5
ESTRATTO DI PIANO STRUTTURALE
DEL COMUNE DI BIBBIENA
CARTA IDROGEOLOGICA



LEGENDA :

CLASSI DI PERMEABILITA'

PERMEABILITA' PRIMARIA



Permeabilità elevata

Alluvioni recenti e attuali, depositi fluviali terrazzati del penultimo ordine (a, f)



Permeabilità medio-elevata

Depositi fluviali terrazzati del terz'ultimo e del quart'ultimo ordine (f3, f4)



Permeabilità media

Detrito, conoide di deiezione, depositi eluvio-colluviali, depositi fluvio lacustri del Casentino (d, CD, b2, VCa)

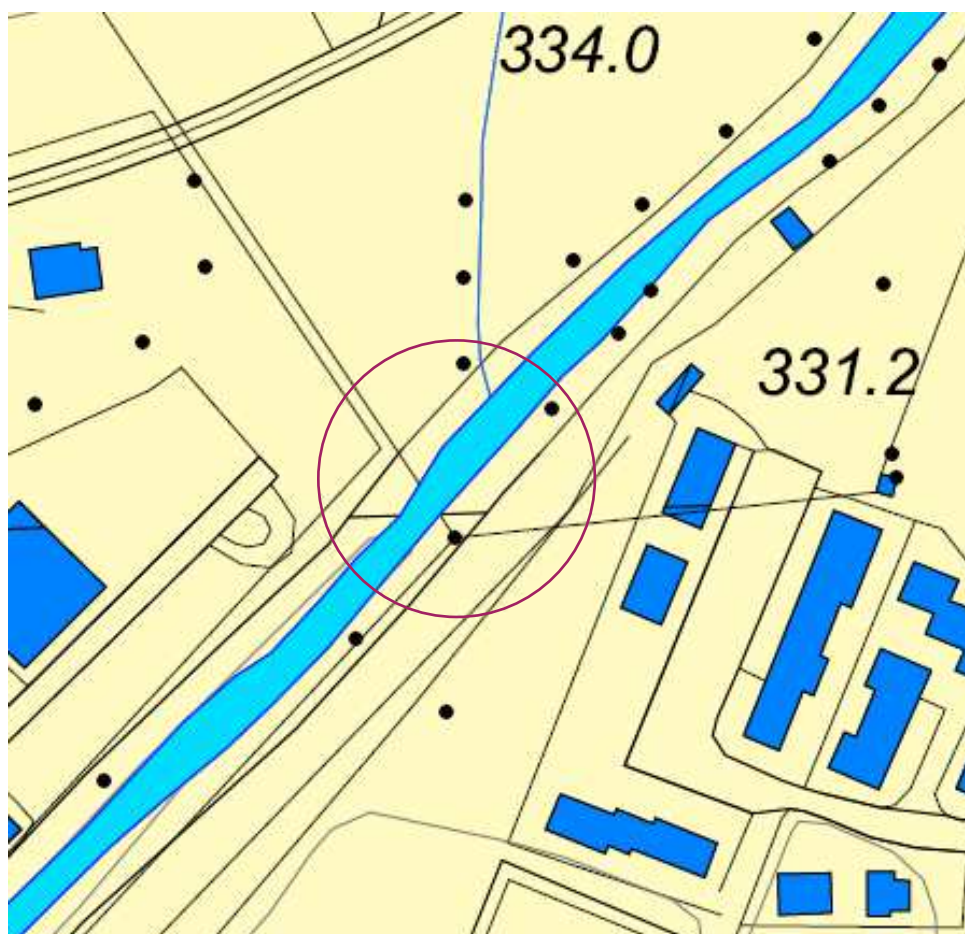
300 m. s.l.m

Isofreatiche con quote assolute sul livello del mare

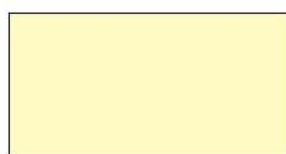


TAV. 6

ESTRATTO DI PIANO STRUTTURALE DEL COMUNE DI BIBBIENA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA



LEGENDA :



CLASSE 2 - pericolosità bassa

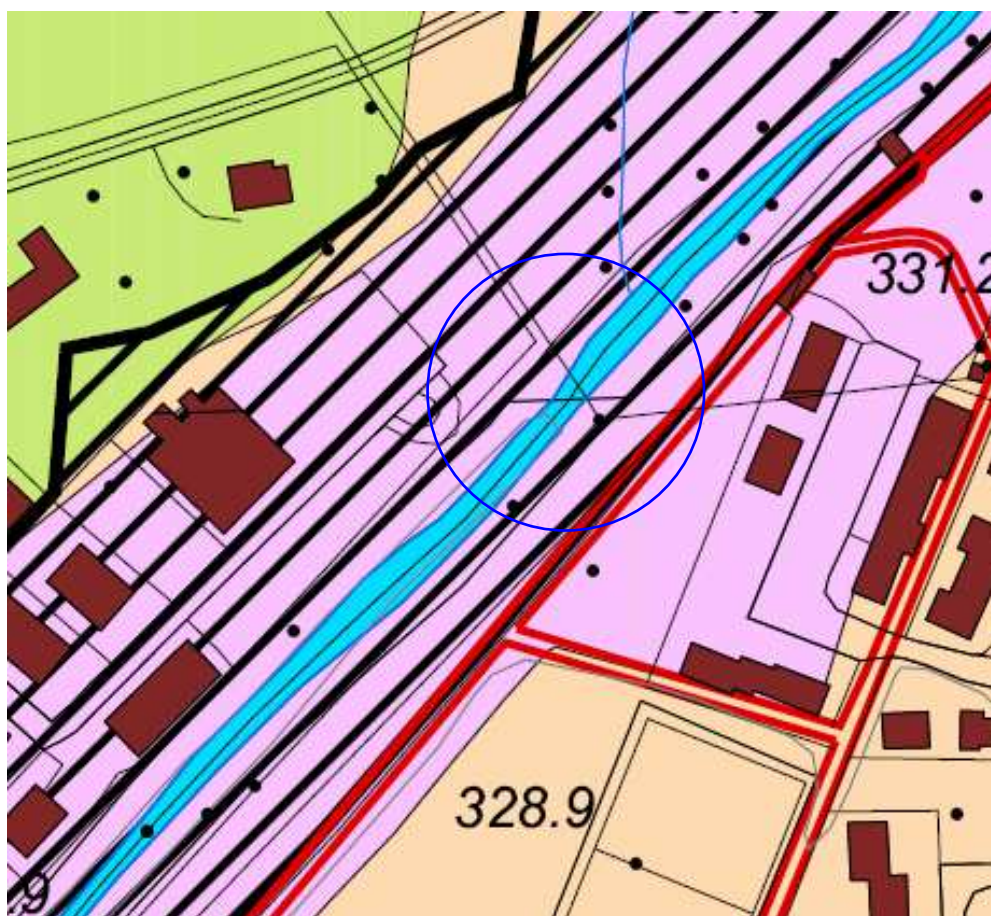









CLASSE 3 - pericolosità media



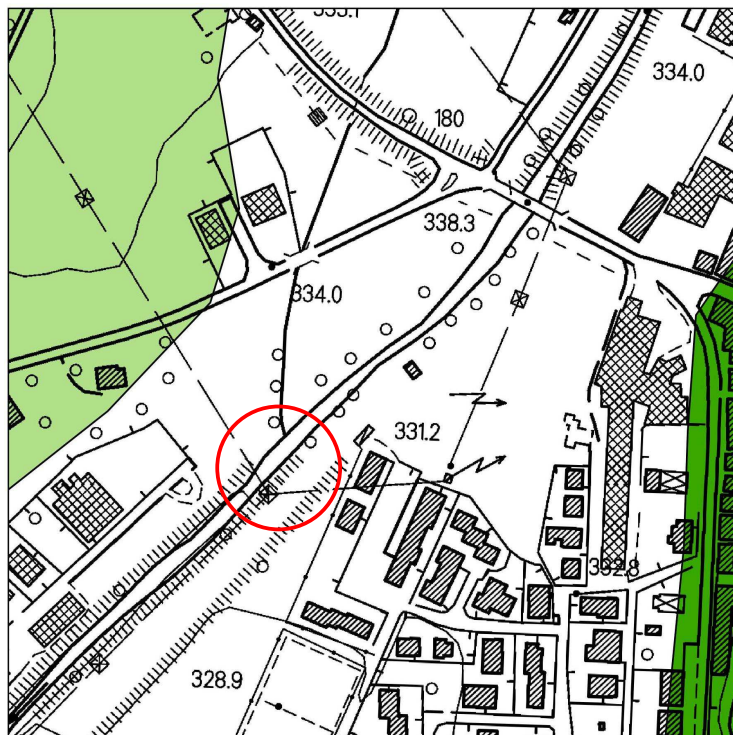
CLASSE 4 - pericolosità elevata







TAV. 7**ESTRATTO DI PIANO STRUTTURALE
DEL COMUNE DI BIBBIENA
CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA****LEGENDA :**

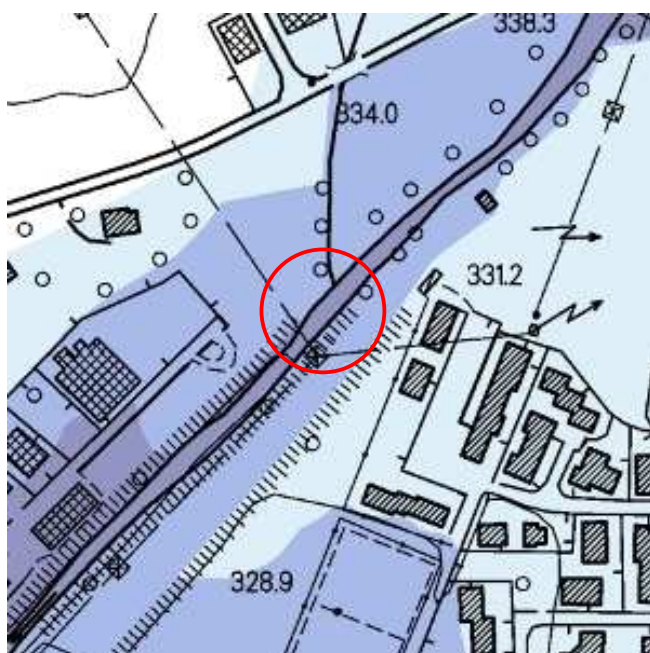
- | | |
|---|---|
|  | CLASSE 1 - pericolosità irrilevante |
|  | CLASSE 2 - pericolosità bassa |
|  | CLASSE 3 - pericolosità media |
|  | CLASSE 4 - pericolosità elevata |
|  | Interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico previsti dall'Autorità di Bacino del fiume Arno |
|  | Aree inondabili per tempi di ritorno di 200 anni secondo modellazione idraulica |
|  | Sistema idraulico |






TAV. 8**ESTRATTO DEL P.A.I.
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL FIUME ARNO
Perimetrazione aree con pericolosità di frana****LEGENDA :**

Livello di sintesi in scala 1:25.000

-  P.F. - NC
-  P.F.1 - Pericolosità moderata
-  P.F.2 - Pericolosità media
-  P.F.3 - Pericolosità elevata

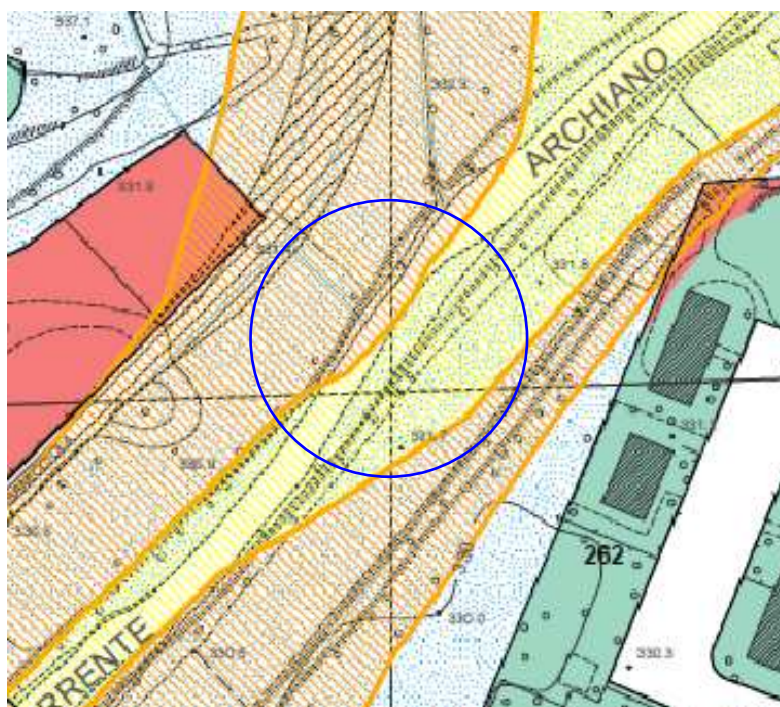
**ESTRATTO DEL P.G.R.A.
PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI DEL FIUME ARNO
Mappa del Rischio di Alluvione****LEGENDA :**

-  P1 - Pericolosità bassa
(alluvioni rare e di estrema intensità)
-  P2 - Pericolosità media
(alluvioni poco frequenti)
-  P3 - Pericolosità elevata
(alluvioni frequenti)



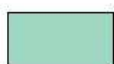
TAV. 9

ESTRATTO DI REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI BIBBIENA CARTA DELLA FATTIBILITA'



LEGENDA :

CLASSE DI FATTIBILITA'



classe 2

Fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto



classe 3

Fattibilità condizionata



classe 4

Fattibilità limitata



Interventi disciplinati mediante abaco di fattibilità

(Patrimonio edilizio storico, verde privato, Area di interesse archeologico, Parco Archiano, Zone agricole periurbane)



Interventi approvati con precedenti atti amministrativi regolamentati da norme vigenti per i quali non si attribuisce nuova fattibilità



TABELLA GUIDA PER L'ASSEGNAZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOMORFOLOGICA

TAV. 10

TIPO DI INTERVENTO: EDILIZIO/URBANISTICO... in aree di territorio aperto, patrimonio edilizio storico, verde privato, area di interesse archeologico, parco Archiano, zone agricole periurbane			
	GRADO DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA			
	1	2	3	4
1) Scavi e rinterri di qualsiasi genere connessi alle opere di cui al presente abaco	II	II	III	IV
2) Manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto ed altri interventi che non comportino sovraccarichi sulle fondazioni	I	I	I	I
3) Ampliamenti, sopraelevazioni ed altri interventi che comportino modesti sovraccarichi sulle fondazioni e nuovi modesti carichi	II	II	II	III
4) Consistenti ampliamenti e sopraelevazioni, nuovi edifici, demolizione e ricostruzione e altri interventi che comportino nuovi cospicui carichi sul terreno o forti sovraccarichi sulle fondazioni	II	II	III	IV
5) Verde pubblico attrezzato e aree di sosta: a) per le parti a verde; b) per piccoli edifici a servizio.	I	I II	I III	I IV
6) Parchi pubblici e zone destinate a verde pubblico attrezzato e impianti sportivi all'aperto: a) per le parti a verde; b) per sistemazioni esterne e movimenti in terra; c) per edifici di servizio (tribune, spogliatoi, costruzioni accessorie).	I	I II II	I III III	I IV IV
7) Zone destinate a parco fluviale o parco urbano: a) sistemazioni a verde; b) per piccoli edifici a servizio, attrezzature per sport all'aperto e tempo libero.	I	I II	I III	I IV
8) Aree destinate all'ampliamento di sede stradale esistente o alla realizzazione di nuovi brevi tratti di viabilità di ingresso, servizio o per il miglioramento dell'attuale viabilità di accesso a zone destinate all'edificazione.	II	III	IV	IV
9) Aree destinate a parcheggi pubblici e/o privati: a) realizzate col mantenimento delle attuali quote b) realizzate con sbancamenti fino a 2.5 m c) realizzate con sbancamenti superiori a 2.5 m o in sotterraneo	II	II II II	III III III	IV IV IV
10) Aree a verde privato: a) orti, giardini, forni, gazebo, pergolati, fontane, pozzi b) garage, parcheggi pertinenziali, box auto	I	I II	I III	I IV



11) Corridoi infrastrutturali fasce di territorio sottoposte a vincolo in funzione di un futuro utilizzo per viabilità principali;	II	II	III	IV
12) Aree destinate a piccoli edifici e impianti di servizio (acquedotto, adduzione e distribuzione gas, cabine trasformazioni (ENEL, impianti telefonia satellitare).	II	II	II	III
13) Restauro su edifici di valore storico architettonico e culturale, risanamento conservativo su edifici di valore storico (con interventi fino alla ristrutturazione edilizia), ristrutturazione edilizia con rialzamento della copertura per adeguamenti strutturali e/o funzionali	I	I	I	I
14) Demolizione senza ricostruzione, ristrutturazione edilizia per adeguamento igienico-sanitario	I	I	I	I
15) Ristrutturazione edilizia con incremento volumetrico, anche tramite completa demolizione e ricostruzione	II	II	III	IV
16) Ristrutturazione edilizia con rialzamento di un piano senza aumento di sup. coperta anche mediante demolizione e ricostruzione	II	II	III	IV
17) Ristrutturazione edilizia per riorganizzazione e ampliamento dei locali accessori	II	II	III	IV
18) Coltivazioni specializzate	I	I	I	I
19) Realizzazione di nuovi edifici rurali ad uso abitativo	II	II	III	IV
20) Realizzazione di annessi agricoli, manufatti per alloggio bestiame e trasformazione e conservazione dei prodotti agricoli, ecc.	II	II	III	IV
21) Realizzazione di recinti per bestiame: a) senza volumi accessori; b) con volumi accessori (tettoie, scuderie e altri annessi di servizio)	I	I II	I II	I III
22) Realizzazione di serre con copertura permanente e altri manufatti precari utili alla conduzione del fondo	I	II	III	IV
23) Realizzazione di invasi e/o laghetti collinari	II	II	III	IV
24) Realizzazione di piccoli impianti sportivi, parcheggi interrati e piscine all'aperto	II	II	III	IV
25) Torri antincendio, rimesse per attrezzi e mezzi soccorso antincendio e locali di ristoro	I	II	III	IV
26) Opere di urbanizzazione primaria e secondaria	II	II	III	IV
27) Sottopassi e/o sovrappassi	II	II	III	IV
28) Acquedotti e/o fognature	I	II	III	IV
29) Sbancamenti e movimenti consistenti di terra, trasformazione di assetti del territorio con modifiche al profilo morfologico; sistemazioni agrarie che comportino movimenti di terra	II	III	III	IV
30) Messa in opera di depositi GPL	I	I	III	III



TAV. 11

TABELLA GUIDA PER L'ASSEGNAZIONE DELLE CLASSI DI FATTIBILITÀ IDRAULICA

TIPO DI INTERVENTO: EDILIZIO/ URBANISTICO... in aree di territorio aperto, patrimonio edilizio storico, verde privato, area di interesse archeologico, parco Archiano, zone agricole periurbane			
	GRADO DI PERICOLOSITÀ IDRAULICA			
	1*	2	3	4
INTERVENTI SUL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE				
Manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo, interventi di conservazione e/o ripristino delle caratteristiche tradizionali del manufatto, ristrutturazione edilizia senza ampliamenti e senza aumento del carico urbanistico.	I	I	I	I
Ristrutturazione edilizia senza ampliamenti di superficie coperta e volumetria, con aumento del carico urbanistico.	I	I	III	IV
Demolizione senza ricostruzione.	I	I	I	I
Demolizione e ricostruzione, ristrutturazione urbanistica senza aumento di volumetria e superficie coperta.	I	II	III	IV
NUOVI INTERVENTI				
Nuovi edifici, parcheggi, viabilità, ampliamenti di superficie coperta e volumetria anche con intervento di ristrutturazione urbanistica.	I	II	III	IV
Riporti	I	II	III*	III*
Corridoi infrastrutturali destinati alla realizzazione di nuova viabilità	I	II	III	IV
Impianti sportivi e verde pubblico attrezzato senza nuove volumetrie.	I	I	II	III
Scavi e sbancamenti.	I	I	I	I
Messa in opera di depositi GPL.	I	I	III ^{\$}	III ^{\$}



INDAGINI GEOGNOSTICHE:

STRATIGRAFIE SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE E DINAMICHE





55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

INDAGINI GEOGNOSTICHE

prove in situ

Autorizzazione Ministero
delle Infrastrutture e dei
Trasporti ad effettuare e
certificare prove
geotecniche sui terreni n.
5021 del 24/05/2011

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma: Nessuna

verbale di accettazione n° **070/2018** del **30/04/2018**
certificato di prova n° **072/2018** del **14/05/2018**

Int. Certificati: **Unione dei Comuni Montani del Casentino**
Località: **Archiano, destra idrografica, Bibbiena (AR)**
prova n° **9**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

penetrometro: Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
sistema di ancoraggio ϕ : 100 x 1000
sistema di misura: selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale
punta: conica meccanica

<i>diametro</i>	3.57	cm
<i>area punta</i>	10	cm ²
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm ²

DATI DI PROVA

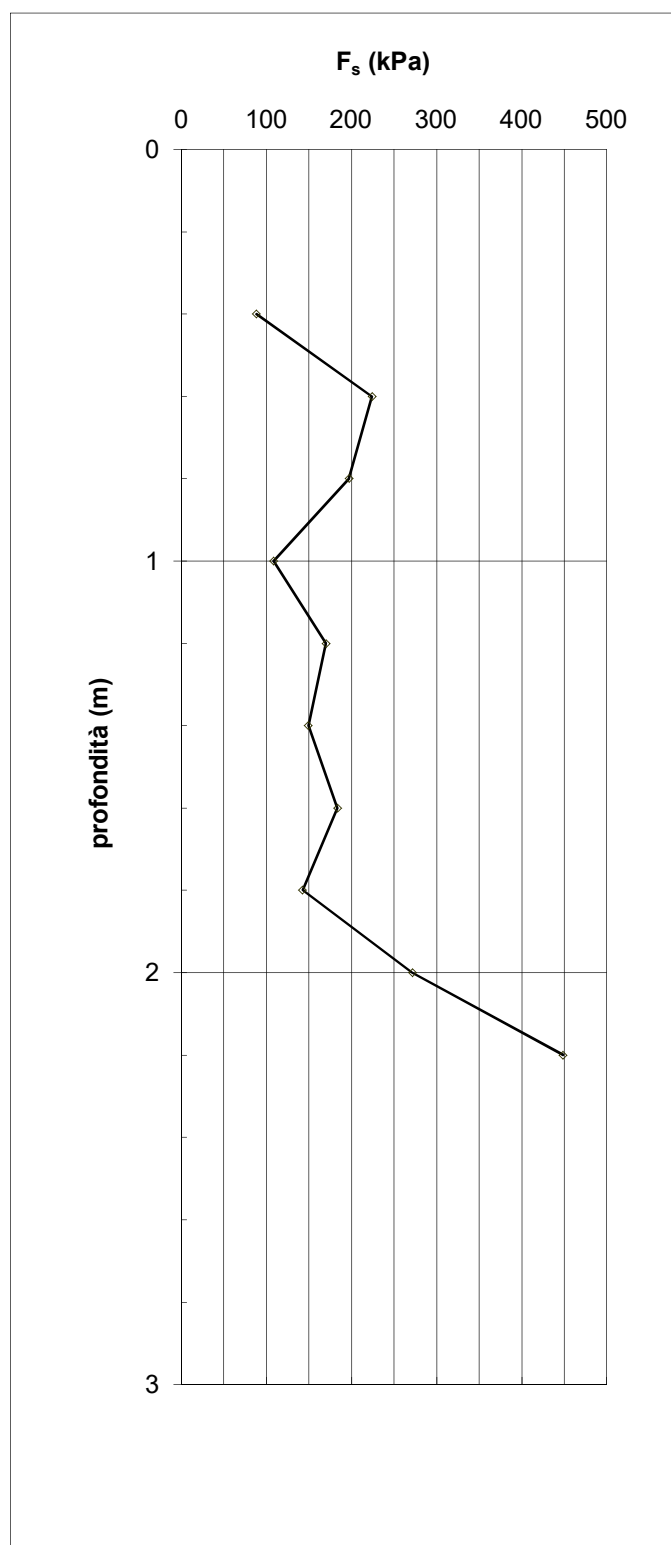
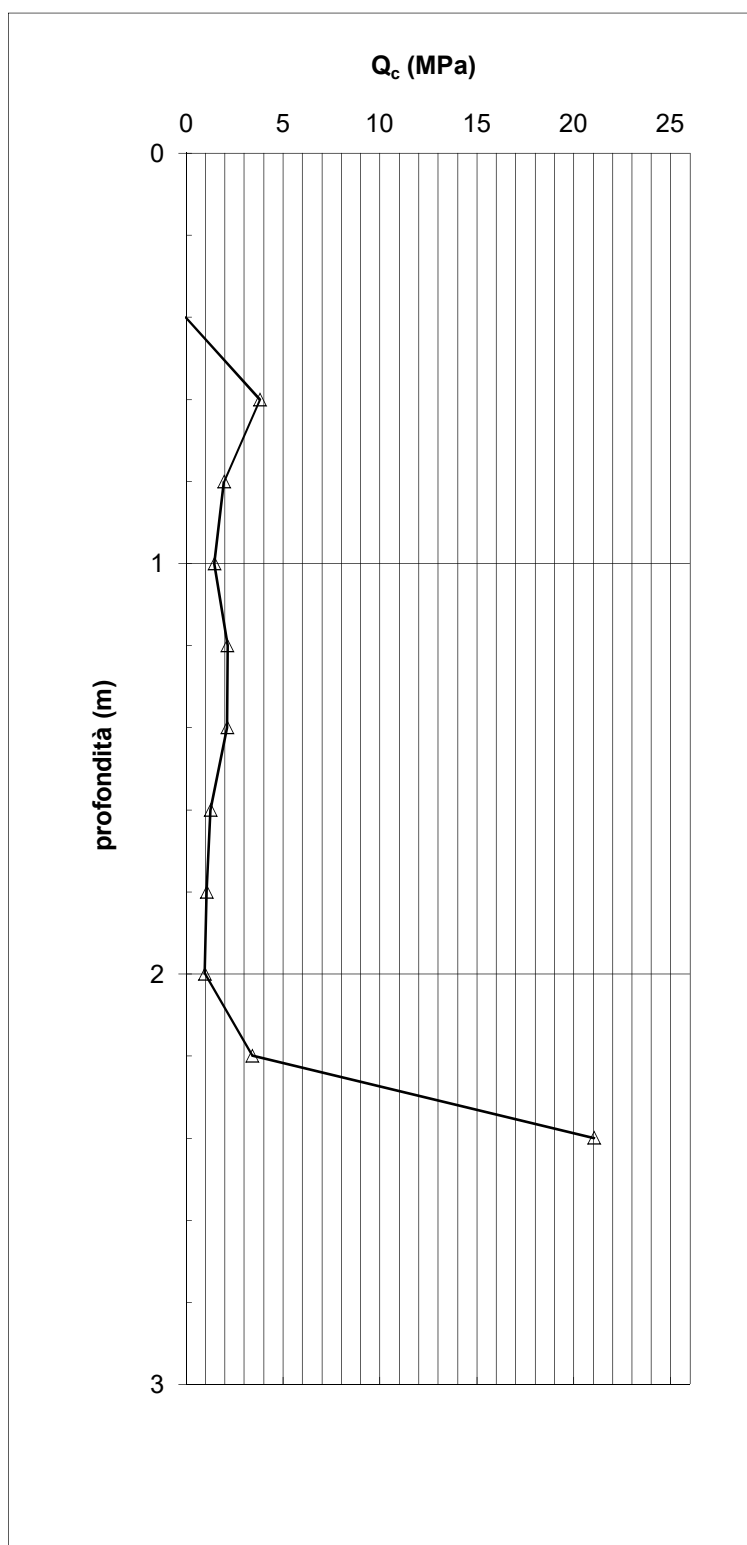
<i>data inizio lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. inizio prova (m):</i> -	da p.c.
<i>data fine lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. fine prova (m):</i> -	2.40 da p.c.
Prescavo profondità metri	<i>totale metri prova:</i>	2.40 m
Installato piezometro metri	<i>livello di falda (m):</i>	n.r. da p.c.

Massima profondità raggiunta prima del disancoraggio

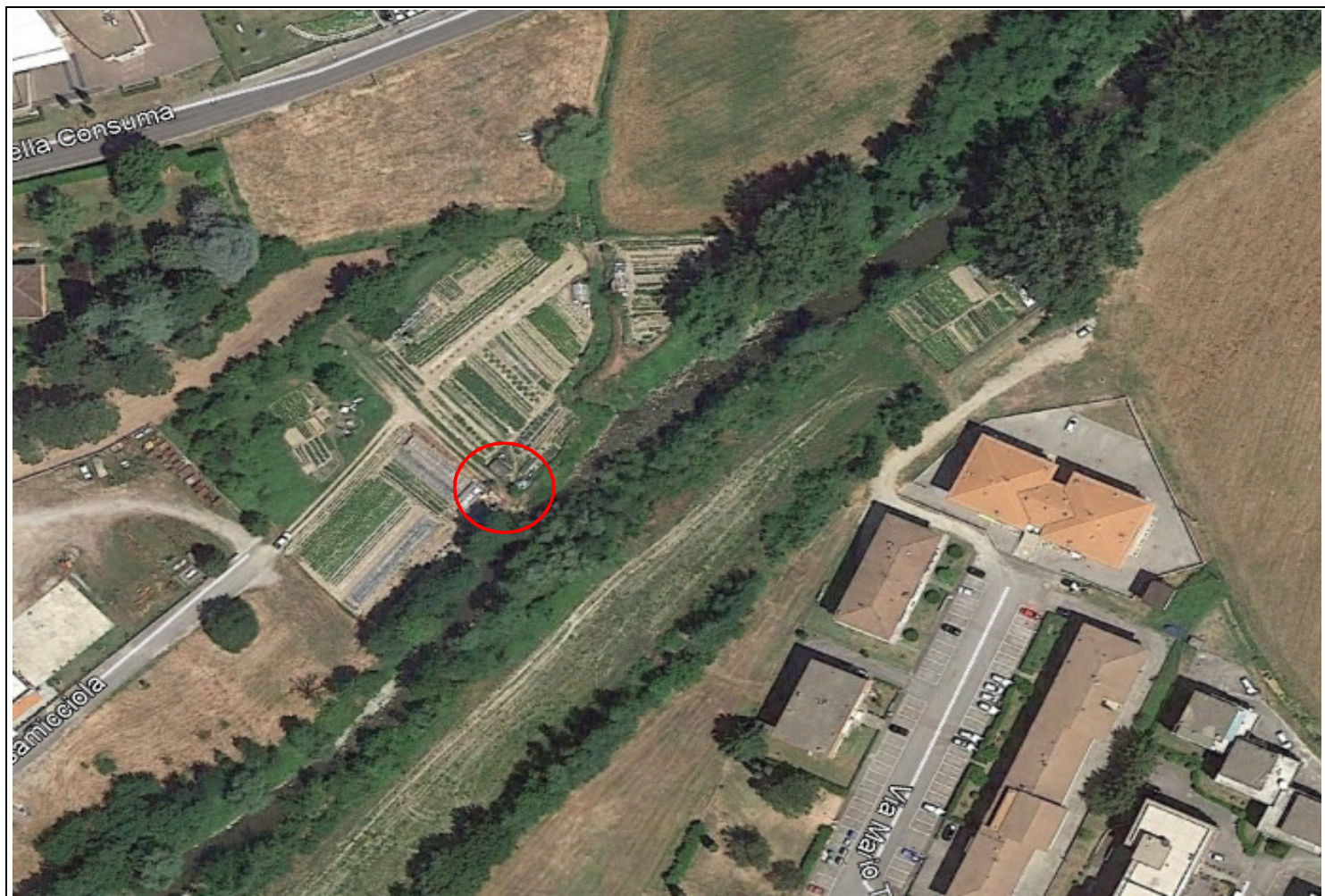
profondità base strato da p.c. (m)	Letture di campagna (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
0.20						0.00	0.00	
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.60	39.00	52.00	3.82	5.09	3.82	224.34	17.02	
0.80	20.00	53.00	1.95	5.19	1.95	197.15	9.90	
1.00	15.00	44.00	1.46	4.30	1.46	108.77	13.41	
1.20	22.00	38.00	2.14	3.71	2.14	169.95	12.61	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
1.40	22.00	47.00	2.14	4.59	2.14	149.56	14.31	
1.60	13.00	35.00	1.26	3.41	1.26	183.55	6.84	
1.80	11.00	38.00	1.06	3.70	1.06	142.76	7.40	
2.00	10.00	31.00	0.96	3.01	0.96	271.92	3.51	
2.20	35.00	75.00	3.40	7.33	3.40	448.68	7.59	
2.40	215.00	281.00	21.05	27.53	21.05			
2.60								
2.80								
3.00								
3.20								
3.40								
3.60								
3.80								
4.00								
4.20								
4.40								
4.60								
4.80								
5.00								
5.20								
5.40								
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
7.20								
7.40								
7.60								
7.80								
8.00								
8.20								
8.40								
8.60								
8.80								
9.00								

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA





55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

INDAGINI GEOGNOSTICHE

prove in situ

Autorizzazione Ministero
delle Infrastrutture e dei
Trasporti ad effettuare e
certificare prove geotecniche
sui terreni n. 5021 del
24/05/2011

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (D.P.S.H.)

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma: **Prova eseguita senza rivestimento**

verbale di accettazione n° **070/2018** del **30/04/2018**
certificato di prova n° **073/2018** del **14/05/2018**

Int. Certificati: **Unione dei Comuni Montani del Casentino**
Località: **Archiano, destra idraulica, Bibbiena (AR)**
prova n° **9**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

<i>penetrometro:</i>	Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
<i>peso massa battente</i>	63,5 Kg
<i>altezza caduta libera:</i>	0,75 m
<i>diametro aste ϕ:</i>	32 mm
<i>area base punta conica:</i>	20,43 cmq
<i>angolo apertura punta α:</i>	90°
<i>lunghezza delle aste:</i>	1.5
<i>peso aste per metro:</i>	7,13 Kg
<i>prof. giunzione 1° asta:</i>	0,40 m
<i>avanzamento punta δ:</i>	0,20 m
<i>rivestimento:</i>	NO
<i>energia specifica per colpo:</i>	11,66 Kg/cm ²
<i>coeff. teorico di energia:</i>	1.489

DATI DI PROVA

<i>data inizio lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>data fine lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. fine prova (m):</i>	2.80	da p.c.
	<i>totale metri prova:</i>	2.80	
	<i>livello di falda (m):</i>	n.r.	da p.c.

NOTE

Rifiuto strumentale



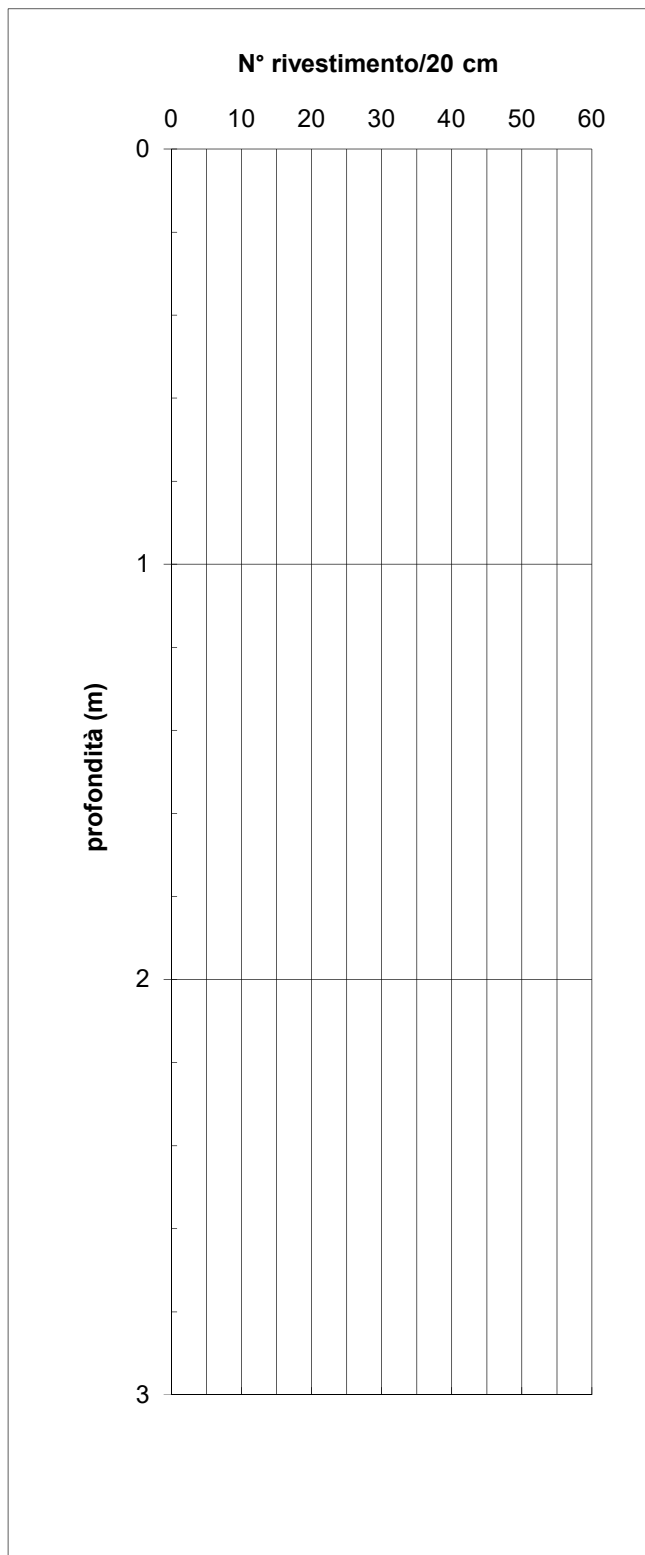
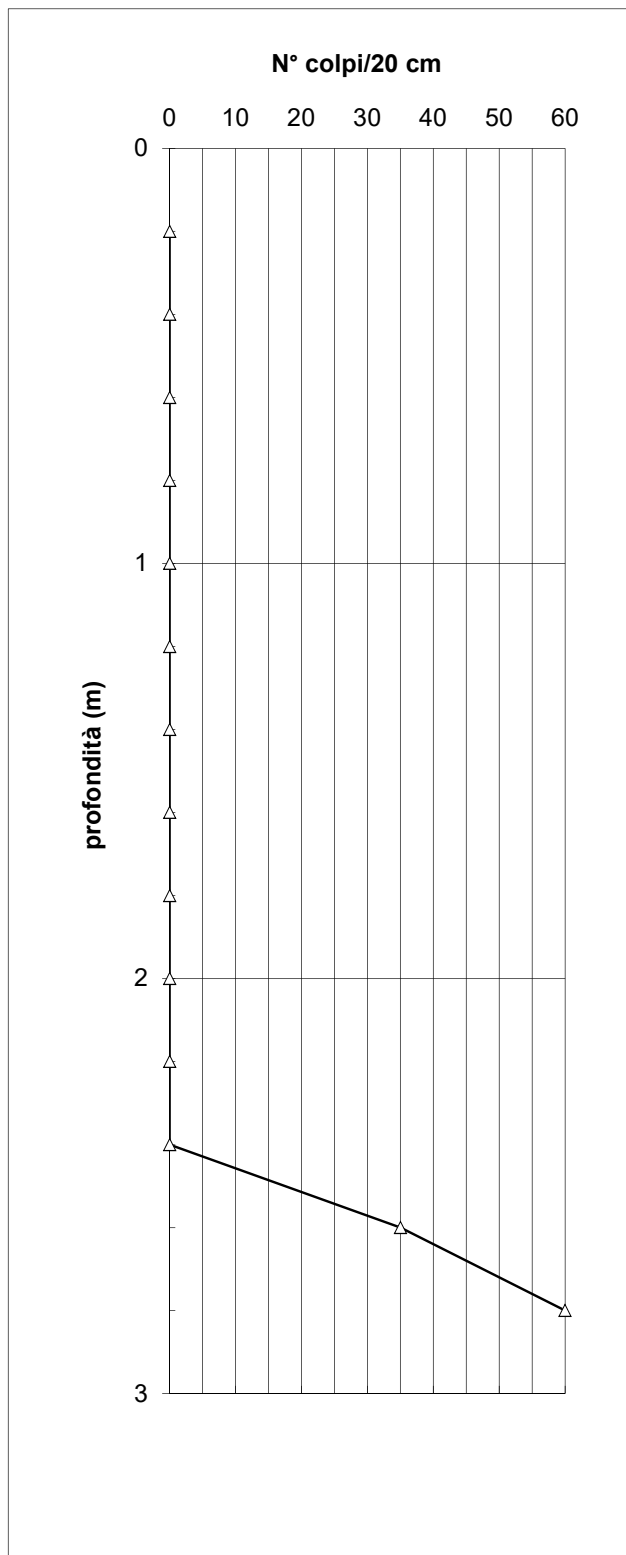
55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero
delle Infrastrutture e dei
Trasporti ad effettuare e
certificare prove geotecniche
sui terreni n. 5021 del
24/05/2011

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N° colpi/20 cm</i>	<i>N° colpi rivestimento</i>
0.20	0	
0.40	0	
0.60	0	
0.80	0	
1.00	0	
1.20	0	
1.40	0	
1.60	0	
1.80	0	
2.00	0	
2.20	0	
2.40	0	
2.60	35	
2.80	>50	
3.00		
3.20		
3.40		
3.60		
3.80		
4.00		
4.20		
4.40		
4.60		
4.80		
5.00		
5.20		
5.40		
5.60		
5.80		
6.00		
6.20		
6.40		
6.60		
6.80		
7.00		
7.20		
7.40		
7.60		
7.80		
8.00		

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N° colpi/20 cm</i>	<i>N° colpi rivestimento</i>
8.20		
8.40		
8.60		
8.80		
9.00		
9.20		
9.40		
9.60		
9.80		
10.00		
10.20		
10.40		
10.60		
10.80		
11.00		
11.20		
11.40		
11.60		
11.80		
12.00		
12.20		
12.40		
12.60		
12.80		
13.00		
13.20		
13.40		
13.60		
13.80		
14.00		
14.20		
14.40		
14.60		
14.80		
15.00		
15.20		
15.40		
15.60		
15.80		
16.00		

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



NOTE



55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

INDAGINI GEOGNOSTICHE

prove in situ

Autorizzazione Ministero
delle Infrastrutture e dei
Trasporti ad effettuare e
certificare prove
geotecniche sui terreni n.
5021 del 24/05/2011

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma: Nessuna

verbale di accettazione n° **070/2018** del **30/04/2018**
certificato di prova n° **074/2018** del **14/05/2018**

Int. Certificati: **Unione dei Comuni Montani del Casentino**
Località: **Archiano, sinistra idrografica, Bibbiena (AR)**
prova n° **10**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

penetrometro: Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
sistema di ancoraggio ϕ : 100 x 1000
sistema di misura: selettore con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale
punta: conica meccanica

<i>diametro</i>	3.57	cm
<i>area punta</i>	10	cm ²
<i>angolo di apertura</i>	60	°
<i>area manicotto</i>	150	cm ²

DATI DI PROVA

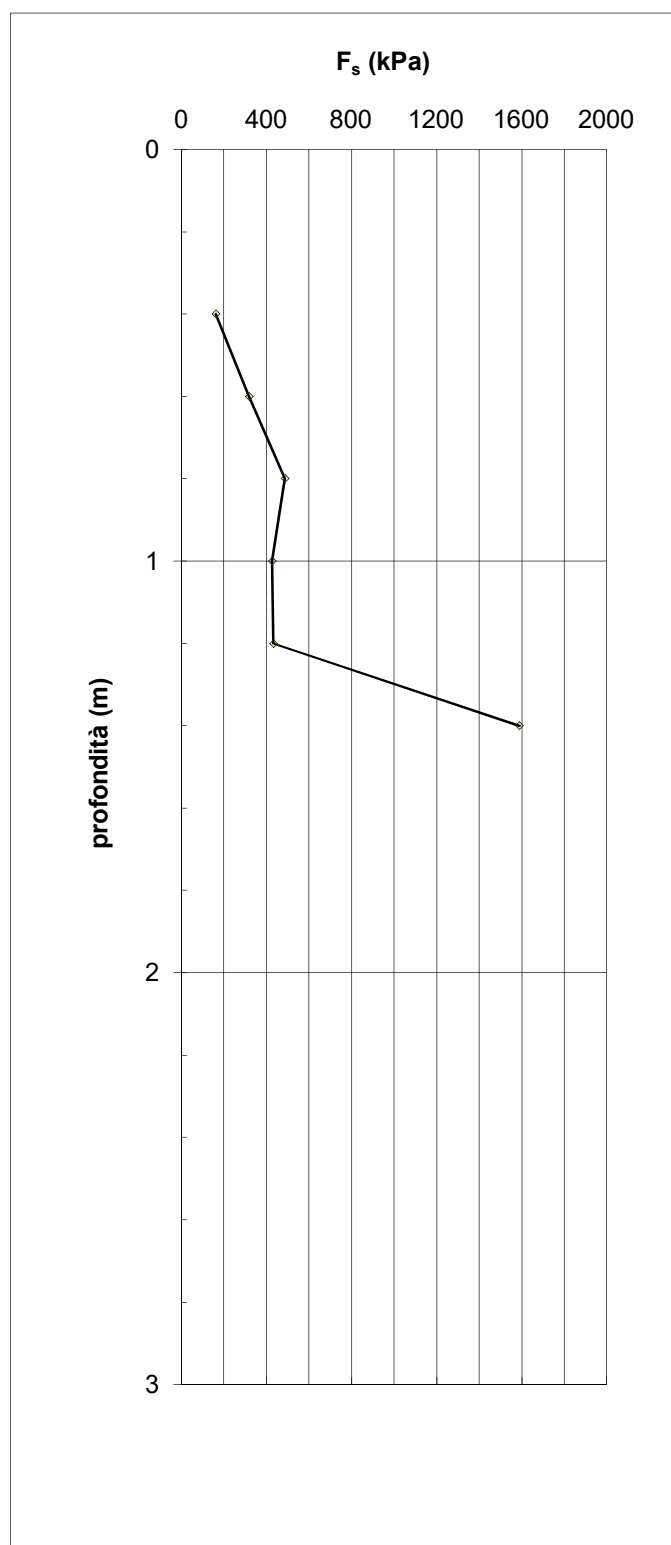
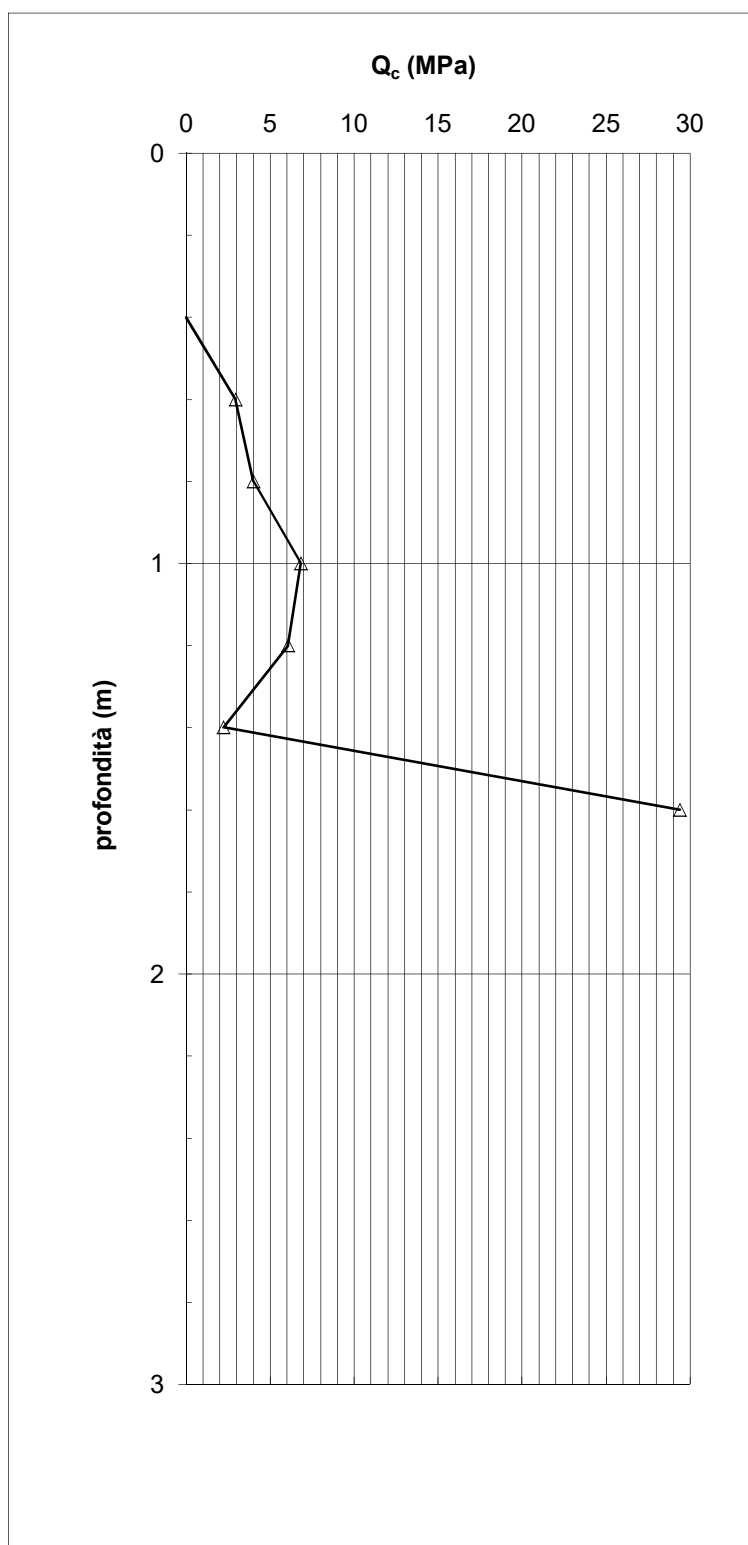
<i>data inizio lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. inizio prova (m):</i> -	da p.c.
<i>data fine lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. fine prova (m):</i> -	1.40 da p.c.
Prescavo profondità metri	<i>totale metri prova:</i>	1.40 m
Installato piezometro metri	<i>livello di falda (m):</i>	n.r. da p.c.

Massima profondità raggiunta prima del disancoraggio

profondità base strato da p.c. (m)	Letture di campagna (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
0.20						0.00	0.00	
0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.60	30.00	54.00	2.94	5.29	2.94	319.51	9.19	
0.80	41.00	88.00	4.01	8.62	4.01	489.46	8.20	
1.00	70.00	142.00	6.85	13.91	6.85	428.28	16.00	
1.20	62.00	125.00	6.07	12.24	6.07	435.08	13.94	

profondità da p.c. (m)	Lecture (kg/cm ²)		Forza assiale (kN)		Resistenza alla punta - q_c (MPa)	Attrito laterale unitario - f_s (kPa)	q_c/f_s	note
	punta	punta + manicotto	punta	punta + manicotto				
1.40	23.00	87.00	2.24	8.51	2.24	1590.76	1.41	
1.60	300.00	534.00	29.40	52.35	29.40			
1.80								
2.00								
2.20								
2.40								
2.60								
2.80								
3.00								
3.20								
3.40								
3.60								
3.80								
4.00								
4.20								
4.40								
4.60								
4.80								
5.00								
5.20								
5.40								
5.60								
5.80								
6.00								
6.20								
6.40								
6.60								
6.80								
7.00								
7.20								
7.40								
7.60								
7.80								
8.00								
8.20								
8.40								
8.60								
8.80								
9.00								

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA





55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

INDAGINI GEOGNOSTICHE

prove in situ

Autorizzazione Ministero
delle Infrastrutture e dei
Trasporti ad effettuare e
certificare prove geotecniche
sui terreni n. 5021 del
24/05/2011

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (D.P.S.H.)

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

norma di riferimento: Raccomandazioni AGI 1977
deviazioni dalla norma: **Prova eseguita senza rivestimento**

verbale di accettazione n° **070/2018** del **30/04/2018**
certificato di prova n° **075/2018** del **14/05/2018**

Int. Certificati: **Unione dei Comuni Montani del Casentino**
Località: **Archiano, sinistra idraulica, Bibbiena (AR)**
prova n° **10**

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

<i>penetrometro:</i>	Pagani TG 63-100/200 n. matricola P 001138
<i>peso massa battente</i>	63,5 Kg
<i>altezza caduta libera:</i>	0,75 m
<i>diametro aste ϕ:</i>	32 mm
<i>area base punta conica:</i>	20,43 cmq
<i>angolo apertura punta α:</i>	90°
<i>lunghezza delle aste:</i>	1.5
<i>peso aste per metro:</i>	7,13 Kg
<i>prof. giunzione 1° asta:</i>	0,40 m
<i>avanzamento punta δ:</i>	0,20 m
<i>rivestimento:</i>	NO
<i>energia specifica per colpo:</i>	11,66 Kg/cm ²
<i>coeff. teorico di energia:</i>	1.489

DATI DI PROVA

<i>data inizio lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. inizio prova (m):</i>	0	da p.c.
<i>data fine lavori:</i> 07/05/2018	<i>prof. fine prova (m):</i>	8.80	da p.c.
	<i>totale metri prova:</i>	8.80	
	<i>livello di falda (m):</i>	n.r.	da p.c.

NOTE

Rifiuto strumentale



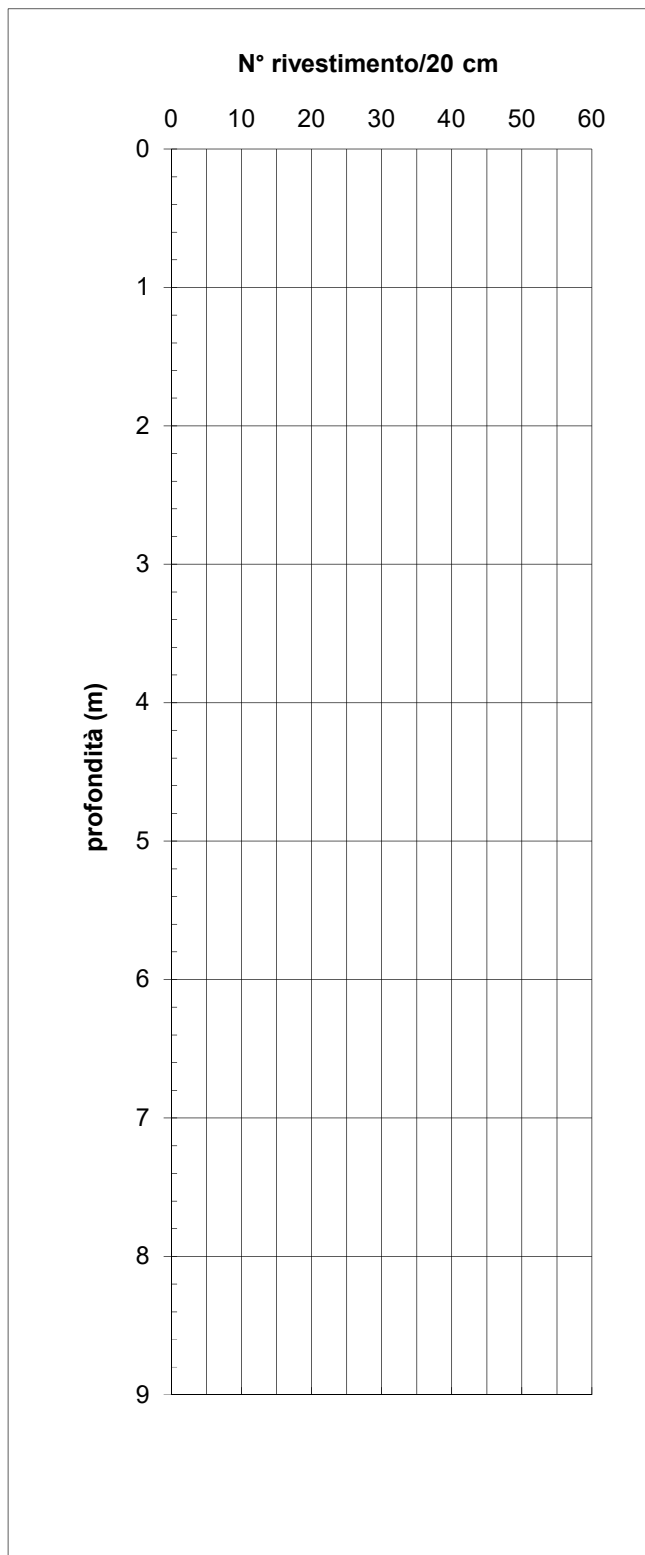
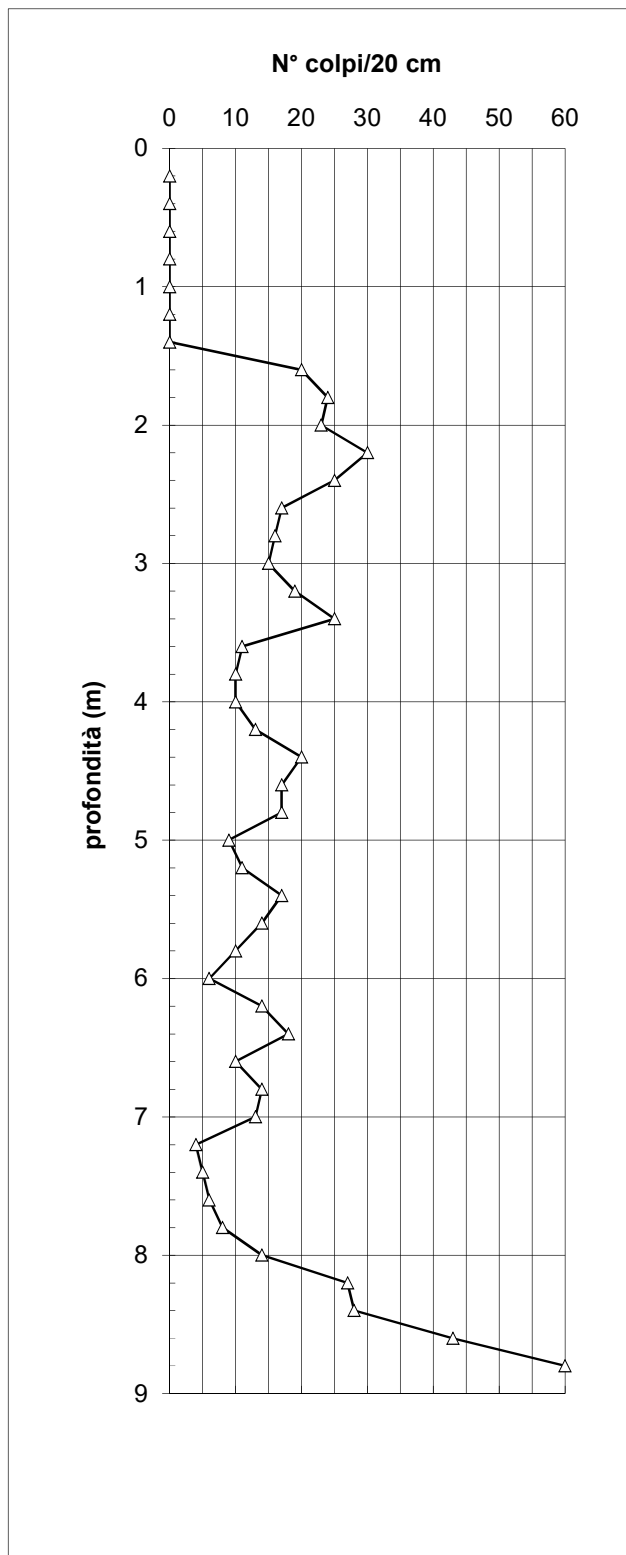
55010 loc. Biagioni, 60 Spianate (LU)
tel-fax 0583 20799 cell. 335 7215712
P.IVA 02019570460

Autorizzazione Ministero
delle Infrastrutture e dei
Trasporti ad effettuare e
certificare prove geotecniche
sui terreni n. 5021 del
24/05/2011

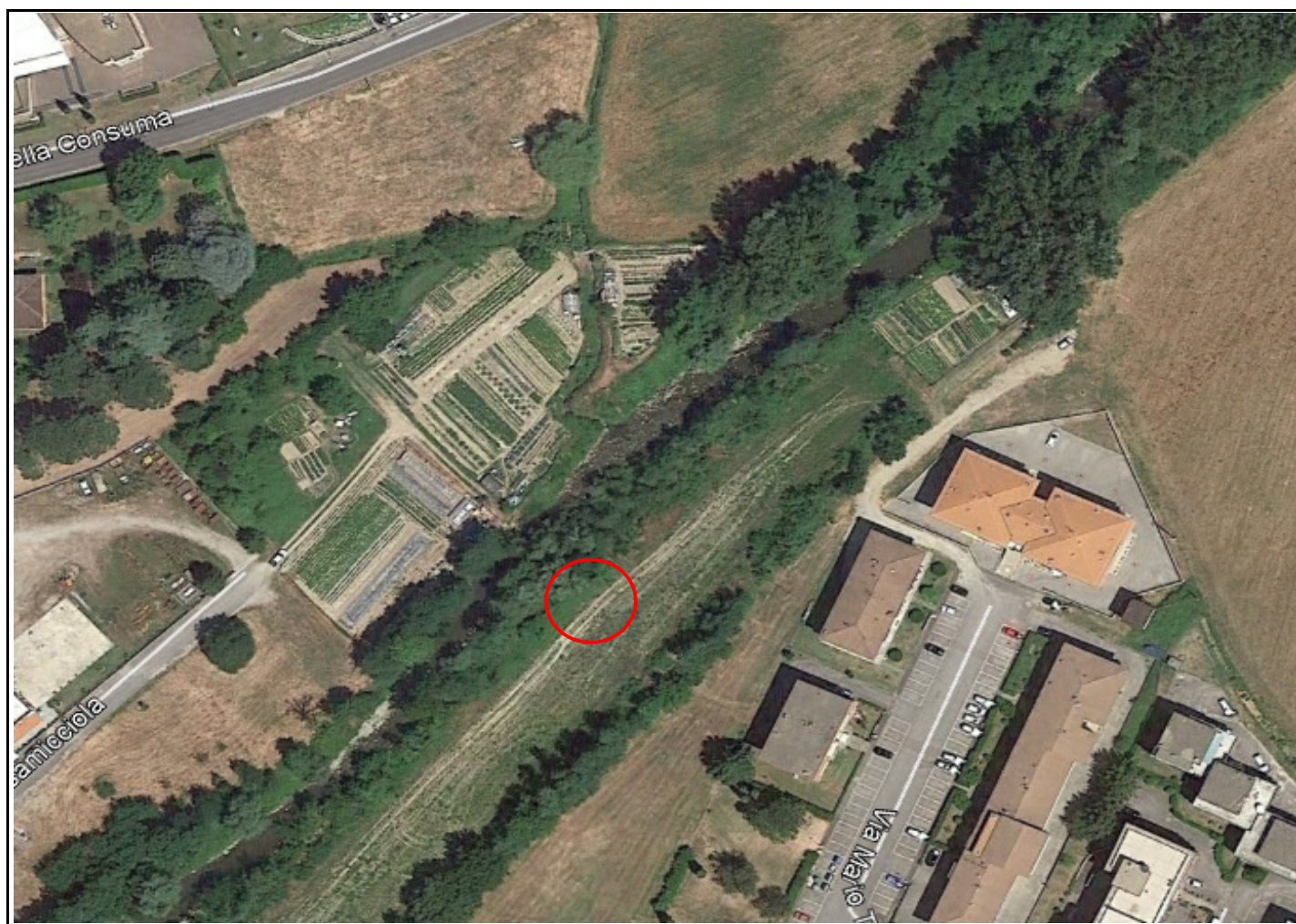
<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N° colpi/20 cm</i>	<i>N° colpi rivestimento</i>
0.20	0	
0.40	0	
0.60	0	
0.80	0	
1.00	0	
1.20	0	
1.40	0	
1.60	20	
1.80	24	
2.00	23	
2.20	30	
2.40	25	
2.60	17	
2.80	16	
3.00	15	
3.20	19	
3.40	25	
3.60	11	
3.80	10	
4.00	10	
4.20	13	
4.40	20	
4.60	17	
4.80	17	
5.00	9	
5.20	11	
5.40	17	
5.60	14	
5.80	10	
6.00	6	
6.20	14	
6.40	18	
6.60	10	
6.80	14	
7.00	13	
7.20	4	
7.40	5	
7.60	6	
7.80	8	
8.00	14	

<i>profondità base strato da p.c. (m)</i>	<i>N° colpi/20 cm</i>	<i>N° colpi rivestimento</i>
8.20	27	
8.40	28	
8.60	43	
8.80	>50	
9.00		
9.20		
9.40		
9.60		
9.80		
10.00		
10.20		
10.40		
10.60		
10.80		
11.00		
11.20		
11.40		
11.60		
11.80		
12.00		
12.20		
12.40		
12.60		
12.80		
13.00		
13.20		
13.40		
13.60		
13.80		
14.00		
14.20		
14.40		
14.60		
14.80		
15.00		
15.20		
15.40		
15.60		
15.80		
16.00		

DIAGRAMMI



UBICAZIONE DELLA PROVA



NOTE

Durante l'estrazione, dalla profondità di m 3,40 si osservano aste bagnate.

Cantiere: Archiano, destra idrografica Località: Bibbiena (AR) Data inizio: 07/06/2018 Data fine: 07/06/2018
Sondaggio n.: 7 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/126

Il presente certificato è composto da n. 4 pagine

SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Norma di riferimento: *raccomandazioni AGI 1977.*

Deviazione dalla norma: Nessuna

Verbale di accettazione n. 070/2018 Del. 30/04/2018

Certificato di prova n. 146/2018 del. 02/08/2018

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA

Perforatrice: Sonda IPC DRILL 650

Caratteristiche tecniche della perforatrice: Il gruppo rotary è costituito da un motore di 315 cm³ che consente una coppia massima di 745 daNm e un numero di giri massimi di 289 r.p.m. Il gruppo morsa-svitatore, una forza di serraggio di 15904 daN e una coppia di sviamento pari a 3000 daNm.

Diametro perforazione ϕ : 101

Diametro rivestimento ϕ : 126

Sistema di perforazione:

Carotaggio continuo



Distruzione di nucleo



Cantiere: Archiano, destra idrografica Località: Bibbiena (AR) Data inizio: 07/06/2018 Data fine: 07/06/2018
 Sondaggio n.: 7 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/126

Ø mm	R V	A I	Pz	metri tot.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1									0.4	Limo sabbioso di colore marrone con resti vegetali.
														Limo sabbioso di colore marrone.
				2						7-10-12	22		1.5	
													1.9	Ghiaia in abbondante matrice limoso sabbiosa di colore marrone.
				3						21-23-33	56			Ghiaia, sabbia grossolana e clasti talora in matrice argillosa di colore grigio.
				4										
				5										
				6									5.5	
													5.9	Sabbia limosa di colore grigio-azzurro e ghiaia con sabbia in matrice argilloso limosa di colore marrone.
				7						2-2-3	5			Sabbia fine limosa di colore grigio-azzurro.
				8									7.7	
													8.0	Arenarie e argilliti alterate e fratturate.
				9										Arenarie ed argilliti.
				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
				15									15.0	

Prelevato campione Shelby da - 15,00 m a -15,50 m

Sho = Shelby Den = Denison Osl = Osterberg
 Ar = Livello acqua rinvenuta
 As = Livello acqua stabilizzata
 P.z. = Piezometro
 Rp = Penetrometro tascabile
 V.T. = Vane Test (kg/cm²) max-residuo
 S.P.T. = Standard Penetration Test
 N = Negl.
 R.Q.D. = Rock Quality Designation



Riporto
 Terreno vegetale
 Argilla



Limo
 Sabbia
 Ghiaia, ciottoli

NOTE: _____

Cantiere: Archiano, destra idrografica Località: Bibbiena (AR) Data inizio: 07/06/2018 Data fine: 07/06/2018
 Sondaggio n.: 7 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/126

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CAROTE DI SONDAGGIO



Cassetta n. 1: da 0,0 m a - 5,0 m



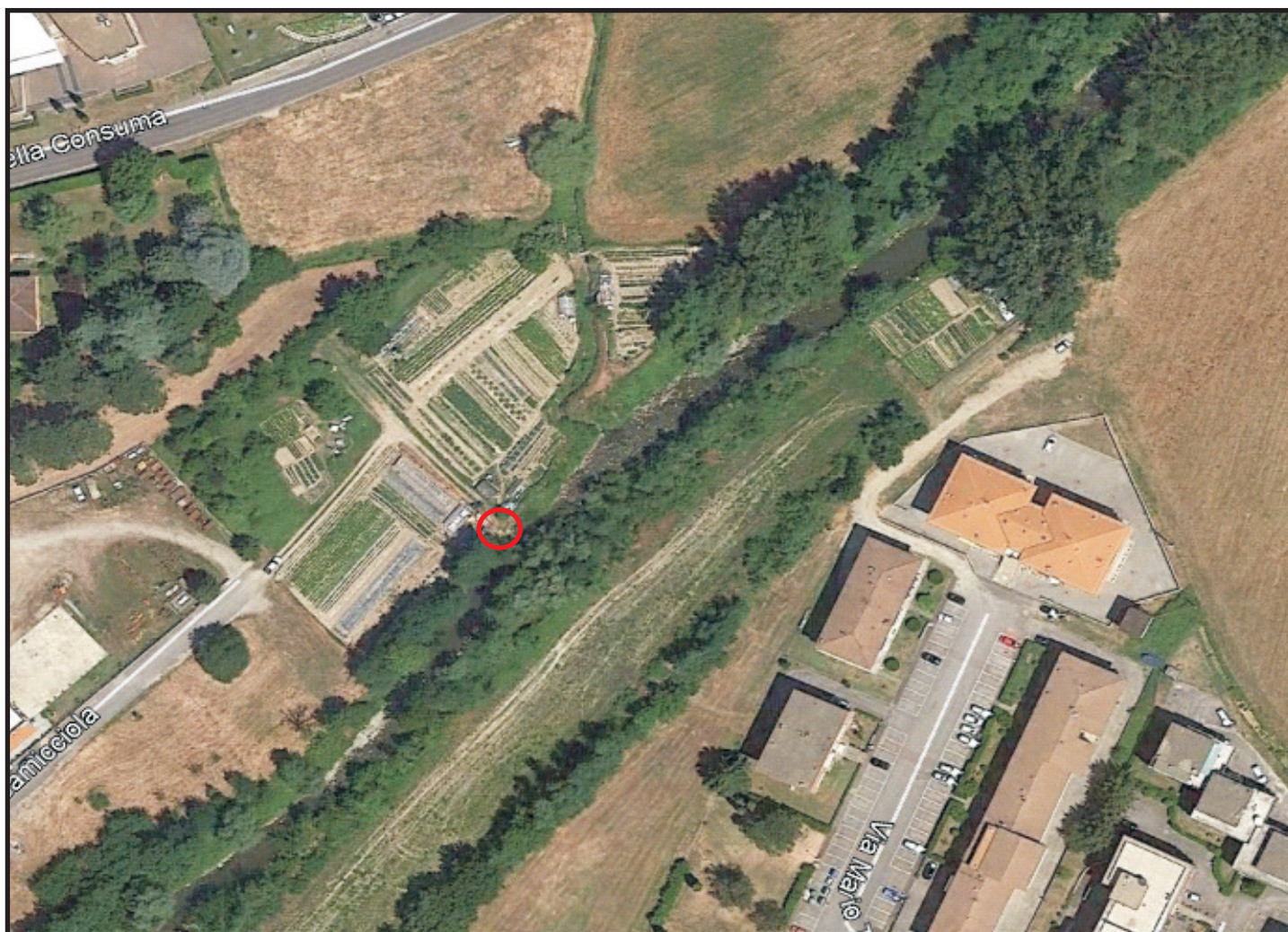
Cassetta n. 2: da - 5,0 m a - 10,0 m

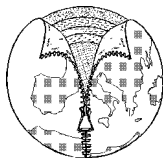


Cassetta n. 3: da - 10 m a - 15,0 m

Cantiere: Archiano, destra idrografica Località: Bibbiena (AR) Data inizio: 07/06/2018 Data fine: 07/06/2018
Sondaggio n.: 7 Metodo perfor.: Sondaggio a carotaggio continuo Diamm. (mm): 101/126

UBICAZIONE INDAGINE





FARINI LUIGI - GEOLOGO

Via Case Venti, 11B - Badia Prataglia - 52014 - Poppi - AR

tel 338 5987380 - email: farini.luigi@geologi.it

ANALISI PROVE SPT IN FORO SU SONDAGGIO 7

Programma SPT - Standard Penetration Test - © Bruschi Alberto - Basiglio (Mi)

Committente: Unione dei Comuni Montani del Casentino

Localita': Torrente Archiano - Destra idrografica

Lavoro: Passerella su Torrente Archiano

Data: 07/06/2018

W = peso del maglio (Kg) : 63,5

H = altezza di caduta (cm): 75

Profondità della falda = 3,0 m.

VALORI DI N

z (m)	N	N60	CN	N1(60)
1,7	22	17	1,70	28
3,2	58	44	1,22	53
7,2	5	5	0,93	4

N = numero colpi originale

N60 = numero colpi corretto per l'energia di riferimento (60%)

CN = fattore di correzione per la pressione litostatica (Liao & Whitman, 1986)

N1(60) = numero dei colpi corretto per la pressione litostatica

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

z	Litologia	g	Id	f_p	f_vc	Su	OCR	mu	M	E25	Go	Vs	k
1,65	GW-GP	20,8	52	43,0	33,8	-	-	0,37	19,9	20,3	83,7	172	15,87
3,15	GW-GP	21	72	47,5	36,2	-	-	0,44	44,1	38,1	165,9	246	22,91
7,15	SM-SC	16	24	27,4	25,9	-	-	0,14	7,1	4,5	41	151	0,87

z = profondità (m)

g = peso di volume (kN/mc) - da Bruschi, 1998

Id = indice di densità (%) - da Kulhavy & Mayne, 1990 e Cubrinowski & Ishihara, 1990 - mediate

f_p = angolo d'attrito di picco (°) - da Schnertmann, 1975 e Hatanaka & Uchida, 1996 - mediate

f_cv = angolo d'attrito a volume costante (°) - dalla procedura di Horwath, 2000 e 2002

Su = resistenza al taglio non drenata (kPa) - da Bruschi, 2004

OCR = grado di preconsolidamento - da Mayne & Kemper, 1988

mu = coefficiente di Poisson - da Trautmann & Kulhavy, 1987

M = modulo confinato (MPa) - da Mayne & Frost, 1980 (incoerente) e Schultze & Menzenbach, 1961 (coesivi)

E25 = modulo di elasticità a livello operativo (25%)- da Jamiolkowski, 1988, Stroud, 1989 e dalla legge di decadimento del modulo - mediate

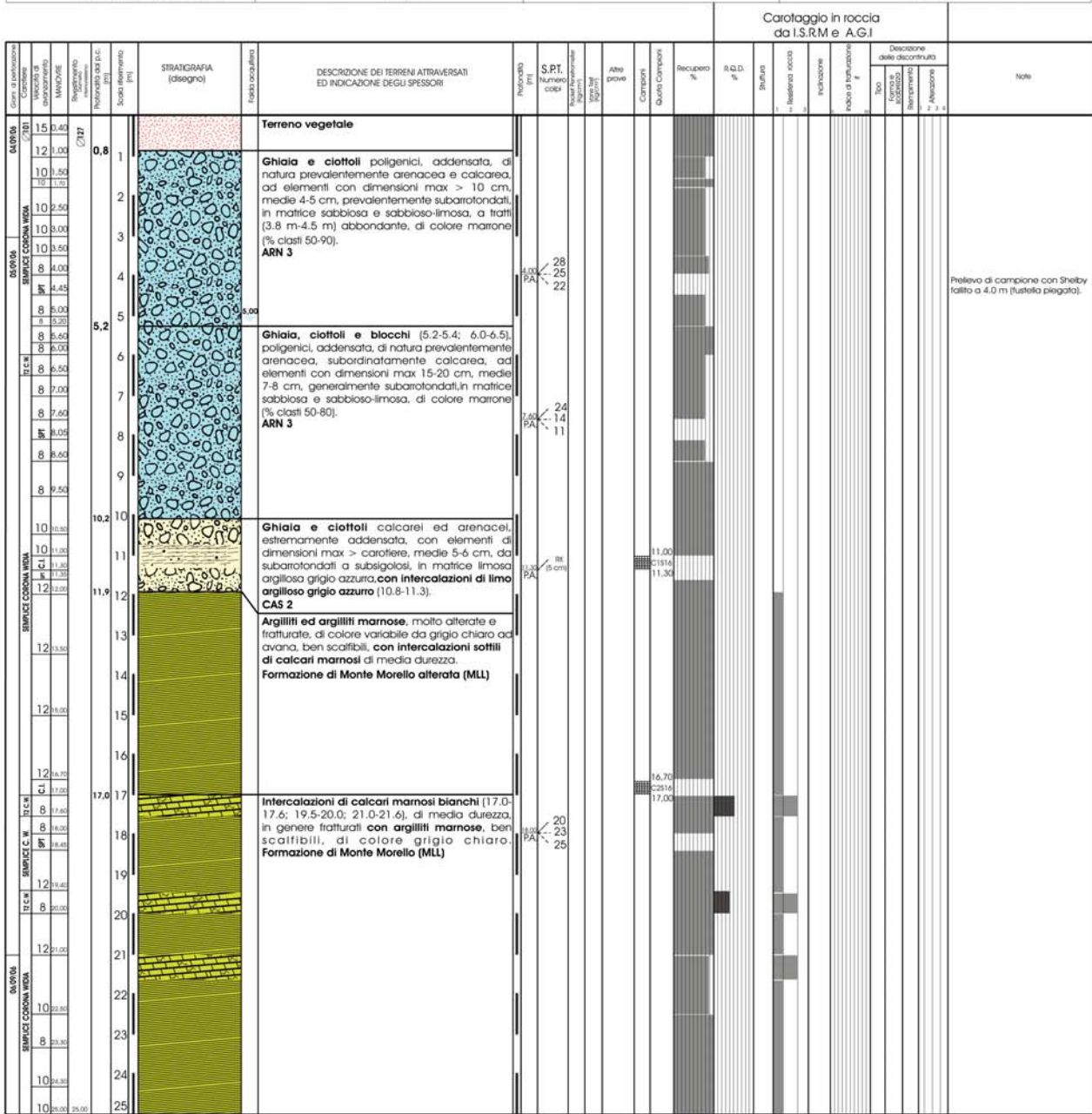
Go = modulo di taglio (MPa) - dalla velocità delle onde sismiche e da Sabatini, 2002 - mediate

Vs = velocità onde di taglio (m/s) - da Ohta & Goto, 1978 e Yoshida e Monotori, 1988 - mediate

k = modulo di Winkler (Kg/cmc) - da Terzaghi, 1983 (N<=10); Moayed, 2006 - Bruschi, 2011 (N>10)

REGIONE TOSCANA - DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI - SERVIZIO SISMICO REGIONALE
PROVINCIA DI **AREZZO** COMUNE DI **BIBBIENA**

CANTIERE PALAZZETTO	SONDAGGIO N. S 16	GEOLOGO INCARICATO PER L' ASSISTENZA AL SONDAGGIO FRANCESCO VANNINI	GEOLOGO DELL' IMPRESA A. CORRETINI	SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE METHODO - Sig. Golino A.
QUOTA ASS. P.C. 335.5	COORDINATE X Y 1726484 4842647	TIPO DI SONDAGGIO TIPO DI FLUIDO ACQUA	STRUMENTAZIONE IN FORO E SUA PROFONDITA' PVC Ø 8 mm - 25 m	PROFONDITA' RAGGIUNTA 25 m
DATA INIZIO/FINE 04/09/06 - 06/09/06	METODO DI PERFORAZIONE ASTE	CASSE CATALOGATRICI N. 5		



RILEVAMENTO DELLA FALDA

Durante la perforazione

Data	Ora	Livello	Rivestimento	Profondità sondaggio
4-set-06	18.00	0,2	--	3,0
5-set-06	8.00	NO FALDA	--	3,0
5-set-06	18.00	0,8	18	21,0
6-set-06	8.00	5,0	18	21,0

NOTE

CAMPIONI INDISTURBATI

Shelby	Denison
Osterberg	Percussione
Mazier	Disturbato

NOTE

Velocità di avanzamento:

B = bassa
M = media
A = alta
C = continua
D = discontinua

Carotiere:

Perforazione a carotaggio continuo
S = semplice
D = doppio
c.d. = corona diamantata
c.w. = Corona widia

Perforazione a distruzione di nucleo

fr = tricono
S = scalpello a n. lame
M = martello ad aria comp. A fondo foro

INDAGINI GEOFISICHE:

INDAGINI MASW

POSTAZIONI HVSR



UNIONE DEI COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

31 – LUGLIO - 2018

TRI+GEO

TRIGEO snc
di Andrea Nencetti e Benedetto
Burchini
Via Mazzini, 18
52011 Soci (AR)
P.IVA 02024110518
info@trigeo.it

FIRENZE
Via Nino Bixio, 9
50131 Firenze
firenze@trigeo.it
T/F 055 400619
M 328 7213928

AREZZO
Via Petrarca, 33
52100 Arezzo
arezzo@trigeo.it
T/F 0575 294500
M 339 2288117

RELAZIONE TECNICA

**“INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE MEDIANTE
SISMICA ELABORAZIONE MASW E MISURE DI RUMORE SISMICO A
STAZIONE SINGOLA
CALCOLO $V_{S, EQ}$ - D.M. 17/01/2018
SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL
SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO 2°
STRALCIO” MASW 6-7 - ARCHIANO**

**COMMITTENTI :
UNIONE DEI COMUNI MONTANI DEL CASENTINO**



CERTIFICATO
ISO N°14PA00028P06

ADDETTO ALLE PROVE
NON DISTRUTTIVE E
SEMIDISTRUTTIVE
NEL SETTORE CIVILE

TRIGEO s.n.c.
di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto
Via Mazzini n°18 - 52011 - SOCI (AR)
P.IVA 02024110518
Tel/Fax: 0575 294500 - 055 9062212
Cell: 339 2288117 - 328 7213928
www.trigeo.it - info@trigeo.it



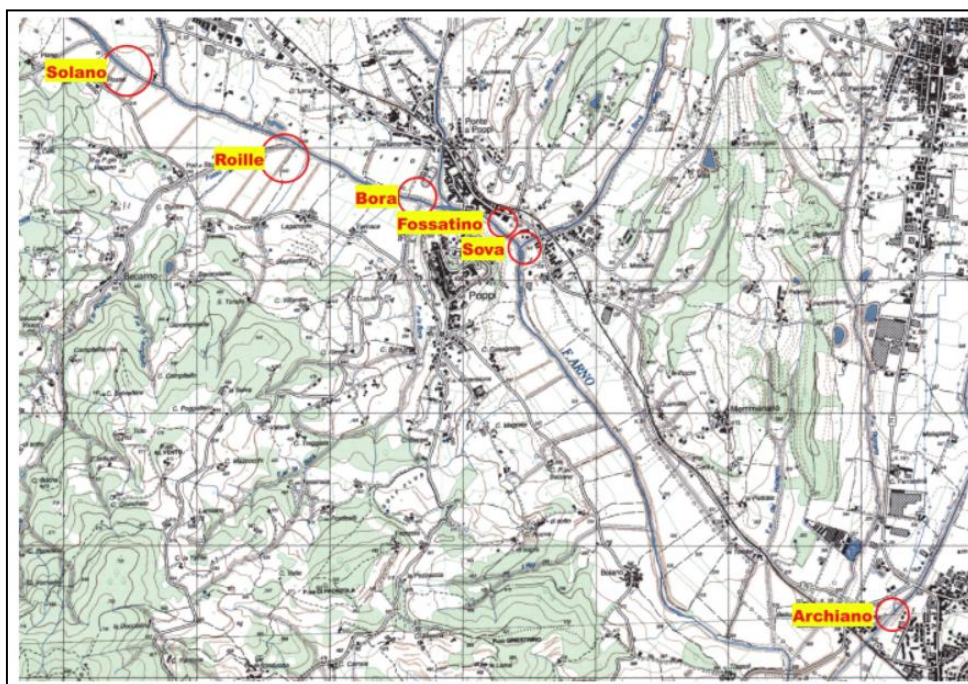
WWW.TRIGEO.IT

INDICE

INTRODUZIONE	3
1.0 SCHEMA OPERATIVO	5
2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	5
METODOLOGIA D'INDAGINE (METODO H/V) [DA D. ALBARELLO E S. CASTELLARO]	8
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	11
CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE	12
ANALISI DEI DATI E VALUTAZIONI DI QUALITÀ DELLE MISURE	13
INTERPRETAZIONE DELLE MISURE H/V	17
3.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA	17
4.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE	28
ALLEGATI	30

INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita nel mese di Aprile 2018 mediante sismica in onde di superficie (acquisizione ed elaborazione dati con metodologia MASW) e misure di rumore a stazione singola (HVSr), per il Cantiere denominato "Sistema integrato dei percorsi ciclabili dell'Arno e del Sentiero della Bonifica tratto Fiume Arno Casentino 2° (Fig. 1).



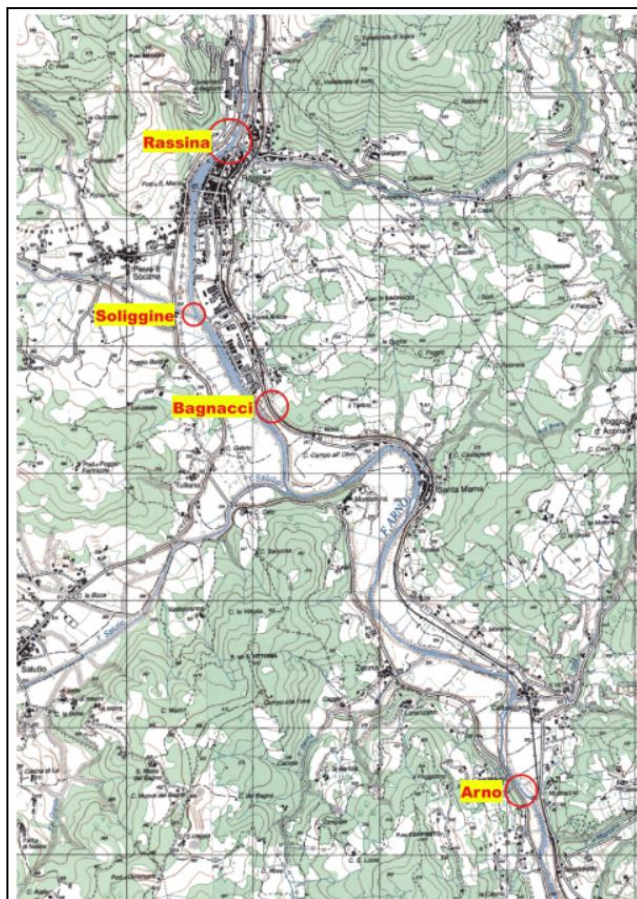


Figura 1: Ubicazione degli interventi

Dopo aver preso visione delle zone e delle problematiche ad esse connesse sono state programmate, con il vostro tecnico incaricato, **Dott. Geol. Luigi Farini**, 12 stese sismiche da elaborare mediante metodologia MASW e 12 misure di rumore sismico a stazione singola HVSR da elaborare in modo congiunto con le Masw.

In modo da ottenere sui primi 30 m le cosiddette V_s,eq , così come richiesto dal D.M. 17/01/2018 Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Di seguito viene descritto lo schema operativo e le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, congiuntamente all'interpretazione scaturita dai dati elaborati.

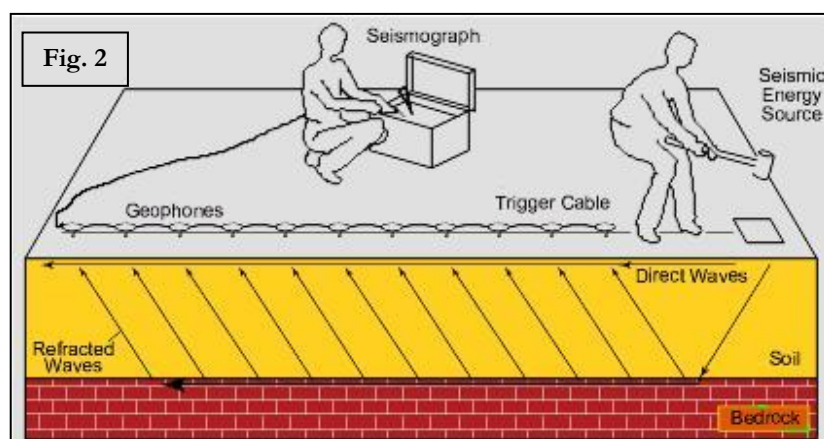
1.0 SCHEMA OPERATIVO

Nelle **Tavole 01-04-07-09-12** è stato riportato un inquadramento generale corografico in scala 1:10.000 e le coordinate WGS84 dei geofoni dell'indagine eseguita, nella **Tavola 02** allegata, è stato riportato un inquadramento di dettaglio corografico in scala 1:1000 con inserite le sezioni sismiche eseguite. Dopo una prima analisi dei test eseguiti in loco ed in considerazione dei risultati prefissati e degli spazi a disposizione è stata scelta una distanza intergeofonica di 2.0 m per le 12 sezioni. Complessivamente sono stati acquisiti 552 ml di rilievo divisi in 12 basi da 46 ml ciascuna. Insieme ad ogni stesa sismica è stata eseguita una misura di rumore sismico a stazione singola HVSR.

2.0 METODOLOGIA D'INDAGINE SISMICA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

• 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.



Un sistema digitale di acquisizione dati (Fig. 2) in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali.

Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo Geometrics GEODE a 24 ch, strumentazione che presenta le seguenti caratteristiche: **A/D Conversion:** 24 bit; **Dynamic Range:** 144 dB;

Distortion: 0.0005% 2 ms, 1.75 to 208 Hz; **Bandwidth:** 1.75 Hz to 20 kHz; **Common Mode Rejection:** > -100 dB at ≤ 100 Hz, 36 dB; **Crosstalk:** -125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms; **Noise Floor:** 0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz; **Stacking Trigger Accuracy:** 1/32 of sample interval; **Maximum Input Signal:** 2.8 VPP; **Input Impedance:** 20 kOhm, 0.02 uf; **Preamplifier Gains;** **Anti-alias Filters:** -3 dB at 83% of Nyquist frequency; **Sample Interval:** 0.02 to 16.0 ms; **Record Length:** 16,000 samples; **Acquisition and Display Filters:** *LowCut, Notch, HighCut*; **Data Formats:** SEG-2 standard with SGOS.

Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni “PASI” verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz, 70 % di smorzamento. Il cavo di connessione tra geofoni e sismografo è uno standard NK-27-21C.

Generalmente come sorgente di energia sismica per le onde P, nel caso di rilievi a piccola profondità si fa uso di una mazza da 8 kg o del Minibang: nel nostro caso, dato le distanze in gioco, l'utilizzo della mazza ha consentito di ottenere risultati ottimali.

In questo lavoro utilizzando il metodo “MASW” sono stati calcolati i valori di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m (cosiddette $V_{s,eq}$), come richiesto dalle nuove “Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17 Gennaio 2018.

- **MASW**

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio orizzontali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase 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. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo.

Il software utilizzato nel presente lavoro è il **WIN-MASW 2018 Academy** della **Elisosoft**.

- **HVSR**

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Le misure di tipo passivo mirano a determinare caratteristiche medie del moto del suolo associato alle vibrazioni ambientali. Si tratta quindi di misure che devono risultare statisticamente rappresentative del fenomeno analizzato.

Poiché una misura di interesse ingegneristico ricade nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-40 minuti, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando che qualcuna potrà essere rimossa per la presenza di disturbi (transienti) che alterano lo spettro medio.

Inoltre eseguire più acquisizioni a breve distanza in un stesso sito, può fornire indicazioni utili sia sul livello di omogeneità del sito stesso che sul grado di validazione reciproca delle misure.

Nel nostro caso la durata delle misure è stata pari a **1200 secondi (20 minuti)**.

La Frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz.

Nel nostro caso è stata utilizzata una Frequenza di campionamento pari a **300 Hz** ed in fase di elaborazione i dati sono stati ricampionati a **128 Hz**.

METODOLOGIA D'INDAGINE (METODO H/V) [DA D. ALBARELLO E S. CASTELLARO]

Esistono due configurazioni sperimentali per lo studio del rumore sismico ai fini geognostici:

1. la configurazione a stazione singola
2. la configurazione ad antenna sismica (array)

La prima è basata sull'analisi dell'ampiezza delle componenti spettrali del campo di vibrazioni ambientali misurato nelle tre direzioni dello spazio, mentre nella seconda vengono analizzati i rapporti di fase tra i treni d'onda che attraversano un'antenna sismica (array) ovvero una distribuzione di sensori disposti con geometrie variabili alla superficie del terreno.

Quello trattato nel presente lavoro riguarda la configurazione a stazione singola.

La prova comunemente nota con il termine H/V (prova di Nakamura) o HVSR acronimo per *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* è una tecnica di indagine applicata la prima volta da Nogoshi e Igarshi (1970) e resa nota da Nakamura (1989).

Si tratta di una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e le componenti verticali (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con apposito sismometro a tre componenti.

I dettagli riguardo a questo tipo di analisi sono efficacemente raccolti nel web-site del progetto Sesame. Nel sito si trova anche l'indicazione per accedere ad un pacchetto software open source dedicato a questo tipo di analisi. L'esito di questa prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione (**Fig. 3**). Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

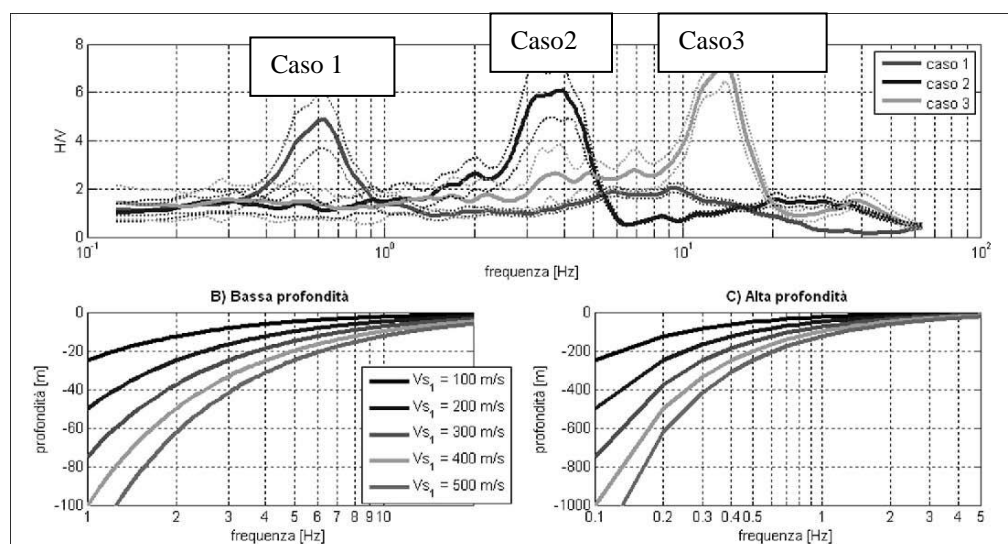


Figura 3) Esempio di bedrock sismico a diverse profondità che genera risonanze a diverse frequenze. Caso 1: bedrock a 300 m di profondità. Caso 2: bedrock a 20 m di profondità. Caso 3: bedrock a 4 m di profondità; B) relazione V-f0-H alle medio-alte frequenze; C) relazione V-f0-H alle medio-basse frequenze.

Quando la misura è effettuata su un basamento sismico affiorante (e quindi dove non sono attesi fenomeni di risonanza sismica) la curva non mostra massimi significativi e si assesta intorno ad ampiezza 1 (**Fig. 4**).

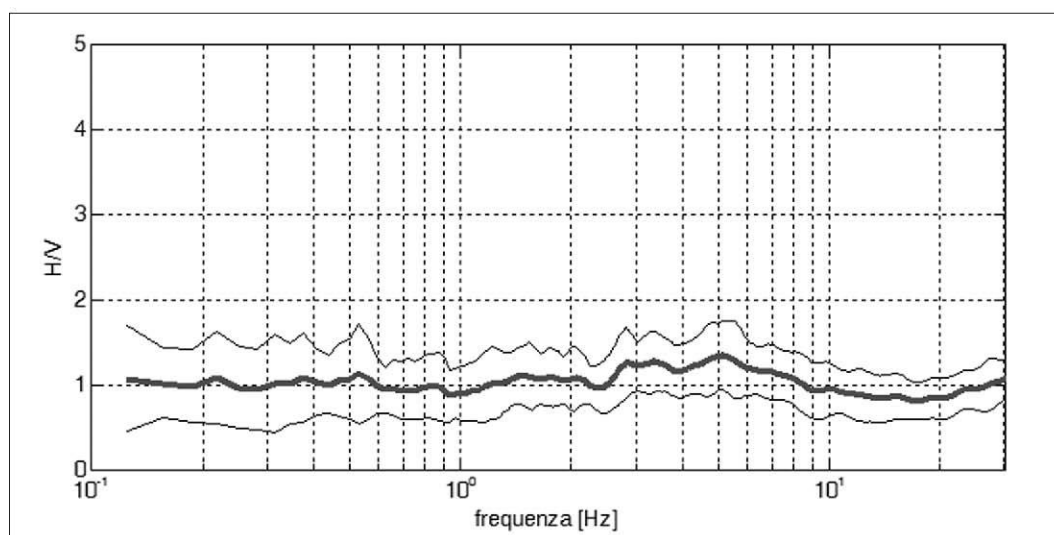


Figura 4 - Curva H/V di un sito su roccia non fratturata e morfologicamente piatta. Si noti l'assenza di amplificazione per risonanza in tutto il dominio delle frequenze.

Pertanto, questa prova ha lo scopo di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni. Contestualmente fornisce indicazioni di tipo qualitativo sull'entità delle risonanze attese. In generale, la stima della frequenza di risonanza f sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi. Inoltre, se i risultati della prova sono invertiti mediante opportune procedure numeriche, soprattutto se in associazione ad altre indicazioni sperimentali (per esempio le curva di dispersione delle onde superficiali, prove Down Hole, sismica a rifrazione) possono fornire vincoli importanti al profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo.

In casi semplici (coperture soffici al disopra di un basamento sismico rigido), è possibile stabilire una relazione fra lo spessore dello strato soffice, la velocità media delle onde S all'interno di

quest'ultimo (V_s) e la frequenza di risonanza fondamentale f dello strato, nella forma:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

Poiché la tecnica H/V indica la risonanza verticale locale nell'assunzione di una configurazione puramente 1D (sono ammesse solo variazioni verticali del profilo di velocità), essa è sensibile alle variazioni stratigrafiche laterali, permettendo di discriminare geometrie 1D da geometrie 2D, entro i limiti di visibilità imposti dalla legge fisica $\lambda \neq V$ (lunghezza d'onda per frequenza = velocità).

In Fig. 5 è illustrato il caso di due misure effettuate a 40 m di distanza reciproca, una delle quali situata su terreno limoso sovrastante un paleoalveo di ghiaie posto a circa 12 m di profondità; l'altra situata sullo stesso terreno, ma dove non si incontra il livello di ghiaie. È evidente come nel primo caso si generi a 6 Hz una risonanza dei limi sopra le ghiaie, del tutto assente nel secondo caso. Nonostante la vicinanza dei luoghi, il sito 1 è più sfavorevole dal punto di vista degli effetti sismici di sito rispetto al sito 2 per strutture antropiche con modi propri attorno a 6-8 Hz.

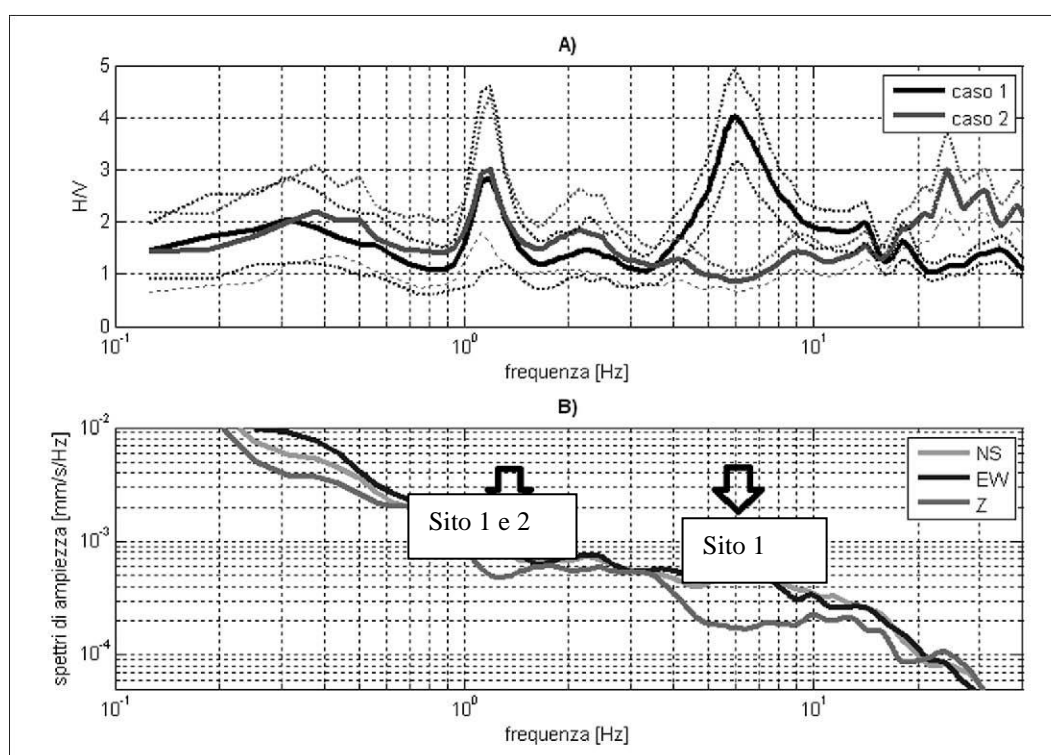


Figura 5 - A) Esempi di curve H/V registrate a 40 m di distanza. Nella curva 1 emerge una risonanza a 6 Hz legata alla presenza di un livello di ghiaie a 12 m di profondità che è assente nella curva relativa al sito 2. Nel dominio delle medio basse frequenze le curve sono statisticamente uguali. B) Spettri delle singole componenti

del moto (NS, EW e Z) registrati nel sito 1. **Le frecce evidenziano le forme “a ogiva” caratterizzate da un minimo locale della componente verticale che caratterizzano le risonanze di natura stratigrafica.**

Dal punto di vista fisico nel campo delle vibrazioni ambientali sono presenti sia onde di volume (P e S) che onde di superficie (Love e Rayleigh). Non è però possibile prevedere a priori per un dato sito l'entità del contributo relativo delle onde di volume e delle onde di superficie (nei diversi modi di propagazione) al campo d'onda delle vibrazioni ambientali. I rapporti relativi delle diverse fasi cambiano in funzione delle frequenze, della situazione stratigrafica e della distribuzione delle sorgenti all'intorno della stazione di misura.

Tuttavia questa eterogeneità non influenza la stima della frequenza di risonanza fondamentale, ma solo l'ampiezza della curva H/V in corrispondenza di f , ampiezza che va quindi interpretata con cautela.

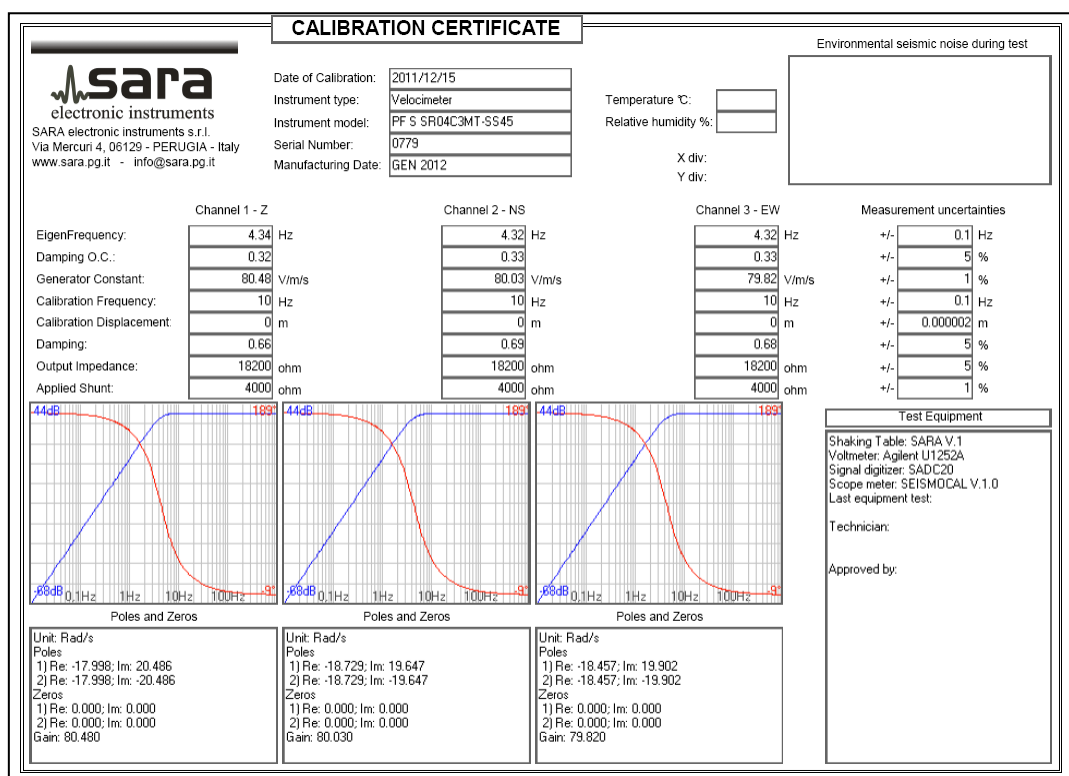
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata nel presente lavoro risulta essere:
SISMOMETRO SR04S3 “GeoBox” della Sara electronic instruments, di cui si riportano sotto (**Fig.6**) le caratteristiche tecniche, dotato di 3 velocimetri GS11D 4.5 Hz Geospace, Technology – Huston – Texas –USA con frequenza di ca. 4.5 Hz di cui si allega l'ultimo certificato di calibrazione.

Alimentazione:	10-16Vdc (batteria interna)
Consumo di energia:	< 1 W
Numero canali:	3
Convertitore A/D:	24 bit ($\Sigma\Delta$)
Range dinamico:	124dB @ 100SPS
Campionamento:	simultaneo sui tre canali
Sampling rates:	10-600
Impedenza d'ingresso:	300 kOhm
Sensibilità:	2V p-p (119nV/count)
Real Time Clock:	+/-10ppm (-20/+50°C)
Sincron. Real Time Clock:	GPS via PPS modulato
Precisione rispetto a UTC:	<50µs
Antenna GPS:	amplificata con 10mt di cavo e connettore BNC
CPU:	AVR RISC processor @ 11.592MHz
Interfaccia dati sismici:	RS232, cavo USB in dotazione
Formato dati:	protocollo binario SADC20HS
Velocità:	115200 baud
Interfaccia dati GPS:	RS232
Formato dati:	NMEA; 4800 baud, n,8,1
Contenitore:	Alluminio IP66
Temperatura operativa:	-30/+60°C

FIG.6





I dati sono stati quindi registrati ed archiviati su un *notebook Toshiba satellite*, mediante il software di acquisizione **SEISMOWIN** mediante l'applicazione **SEISMOLOG-MT** per l'acquisizione dei microtremori.

CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE

Dal punto di vista pratico, nelle prove di sismica passiva si tratta di misurare vibrazioni del terreno caratterizzate da ampiezze molto piccole. Questo implica che la prova vada effettuata con cura, soprattutto per quanto riguarda l'accoppiamento dello strumento di misura con il terreno e la riduzione delle possibili fonti di disturbo nelle immediate vicinanze dei sensori. Lo strumento di misura va dunque posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo, possibilmente senza interfacce intermedie.

Quando questo non fosse possibile è necessario tener conto dei possibili effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure. Bisogna inoltre evitare possibili movimenti dello strumento nel corso della misura (basculamenti, assestamenti del suolo ecc.) e curare la messa in bolla dei sensori, controllando al termine della misura che questa sia stata conservata. Infine, le eventuali parti mobili della strumentazione devono essere poste al riparo da spostamenti d'aria, va evitato il

contatto con elementi mobili (fili d'erba, ecc.). Una lista di cautele per l'esecuzione di questo genere di misura è stata messa a punto nell'ambito del progetto **SESAME**.

Le misure effettuate nel presente lavoro seguono le linee guida presentate dal progetto **SESAME**.

Inoltre per ogni misura è stata riportata una foto dell'acquisizione e compilata una scheda, sempre seguendo il modello di quella riportata nelle linee guida SESAME.

ANALISI DEI DATI E VALUTAZIONI DI QUALITÀ DELLE MISURE

Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, dove H è la media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali. Si rimanda a SESAME (2004) e D'Amico et al. (2008) per due possibili protocolli di analisi. Tuttavia va rilevato che in presenza di un buon segnale e di fenomeni di risonanza significativi, i diversi protocolli producono gli stessi esiti.

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti:

- 1) la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato. Esistono diversi metodi per "pulire" una curva H/V.
- 2) la curva H/V non va mai osservata da sola ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui essa deriva. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli generati da fonti di disturbo di natura antropica (motori elettrici, ecc.). In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera spesso un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva" come quella indicata dalle frecce in **Fig. 5** ed in **Fig. 7**. Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.

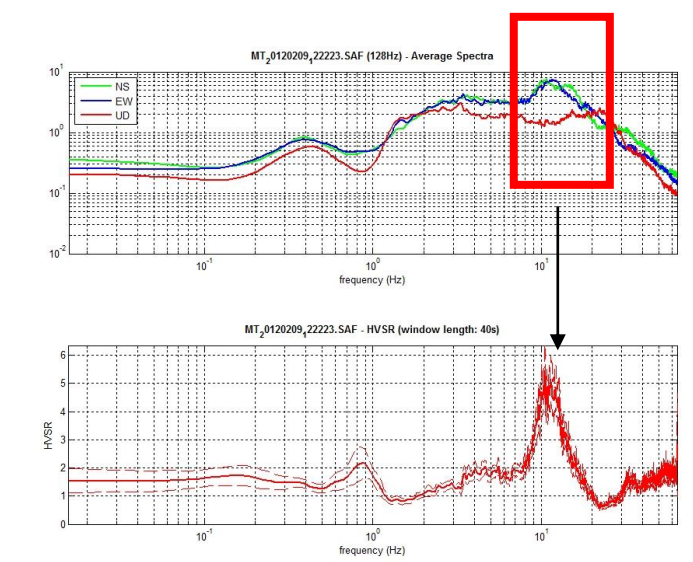


Figura 7: forma ad occhio o a “ogiva” tipica di una risonanza

Nel 2004 il progetto SESAME ha stabilito una serie di criteri per la valutazione della significatività dei picchi H/V. Si tratta essenzialmente di criteri di tipo statistico che hanno lo scopo di segnalare situazioni poco chiare per le quali sono necessarie ulteriori indagini (ripetizione della misura, variazione delle condizioni di accoppiamento con il terreno, ecc.).

La prima parte di questi criteri è dedicata alla valutazione dell’attendibilità statistica della curva H/V. In pratica, individuata la frequenza del picco di risonanza, i criteri aiutano a verificare se la registrazione è stata effettuata per un periodo abbastanza lungo e analizzata per un numero sufficiente di intervalli di tempo adeguati.

La seconda parte è dedicata alla valutazione della chiarezza del picco H/V. In pratica viene analizzata la morfologia del picco e si valuta semplicemente se il picco ha una forma geometricamente ben definita. Questa parte dei test SESAME va interpretata con cognizione di causa perché solo un contatto netto tra litotipi diversi dal punto di vista meccanico genera picchi nitidi. Al contrario, le transizioni graduali (per es. roccia fratturata su roccia sana, passaggi da limo-argilloso a sabbia-limosa, ecc.) generano più spesso amplificazione in una banda larga di frequenze. In questo caso eventuali non superamenti dei criteri SESAME non significano che non ci siano risonanze importanti ma solo che non ci sono picchi singoli ben definiti.

Naturalmente, i criteri SESAME (2004) risultano non soddisfatti nei siti che non presentano amplificazione.

I criteri SESAME (2004) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Questo criterio ha carattere puramente empirico. Tuttavia va tenuto presente che massimi H/V di

ampiezza inferiore a 2 indicano bassi contrasti di impedenza e, in questo caso, la frequenza corrispondente al massimo della curva H/V potrebbe fornire una indicazione meno precisa della frequenza di risonanza delle onde S. Questo non significa che il massimo osservato non sia fisicamente significativo, ma solo che l'interpretazione della curva va effettuata con maggiore cautela ed utilizzando procedure di inversione più raffinate.

Questi criteri hanno solo carattere statistico e non tengono conto di altre caratteristiche del campo di vibrazioni utili per individuare misure potenzialmente poco attendibili. Per ovviare a questi limiti, nell'ambito delle attività di microzonazione successive al terremoto di L'Aquila dell'aprile 2009, sono state definiti altri criteri di classificazione delle misure H/V che integrano le proposte nell'ambito del progetto SESAME (Albarelli et al., 2010). Anche in questo caso, lo scopo è di fornire all'operatore impegnato nell'interpretazione dei risultati alcuni criteri di giudizio sulla qualità delle singole misure.

CRITERI DI SESAME (2004)

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]	$f_0 > 10 / L_w$ $n_c(f_0) > 200$ $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]	Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ $A_0 > 2$ $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza media della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza media della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

CLASSIFICAZIONE MISURE H/V – [Albarelli et. Al. 2010]

Obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Questo tipo di classificazione trova il suo principale impiego nella redazione delle mappe delle indagini relative al livello 1 della microzonazione sismica. I criteri proposti sono più rigidi di quelli di SESAME in quanto includono elementi di giudizio non contemplati in precedenza, quali:

1. durata complessiva della registrazione che deve essere tale da produrre stime “robuste” del campo medio delle vibrazioni ambientali
2. stazionarietà temporale dei rapporti spettrali
3. isotropia del segnale in termini dei rapporti spettrali
4. assenza di rumore elettromagnetico
5. andamento complessivo della curva H/V

Si confrontano misure ottenute con spettri lisciati con una finestra triangolare al 5% della frequenza centrale. Valori maggiori dell'ampiezza della finestra di lisciamento possono essere utilizzati per migliorare la leggibilità della curva in fase di interpretazione.

Vengono proposte tre classi di qualità:

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola

1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*)
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano il 30% del massimo (*isotropia*)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (*assenza di disturbi*)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*plausibilità fisica*)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (*robustezza statistica*)
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (*durata*)

ECCEZIONE: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente > 1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con *ampiezza circa pari a 1*, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe A ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l'effettiva assenza di massimi significativi.

Classe B: curva H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE citata per la Classe A

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura
2. misura di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse

I criteri delineati sopra non riguardano l'interpretazione in chiave geologico-stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per esempio i criteri SESAME per la “chiarezza” del picco).

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

Tipo 1. Presenta almeno un picco “chiaro” secondo i criteri di SESAME: *possibile risonanza*

Tipo 2. Non presenta picchi “chiari” nell'intervallo di frequenze di interesse: *assenza di risonanza*

INTERPRETAZIONE DELLE MISURE H/V

Le misure H/V possono essere utilizzate negli ambiti:

- 1) della microzonazione sismica (**uso esplorativo**)
- 2) della stratigrafia sismica, nel qual caso la tecnica aspira a fornire indicazioni di tipo quantitativo sul profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (uso stratigrafico).

Il presente lavoro prevede prevede uno studio della stratigrafia elaborando in modo congiunto le misure H/V e le MASW.

3.0 ANALISI DEI RISULTATI DELL'INDAGINE EFFETTUATA

Per il calcolo del modello di velocità (onde S), ottenuto da WinMasw e dalla misura di rumore HVSR, sono state usate informazioni geologiche dell'area ed i risultati dei sondaggi a carotaggio continuo. A seguito di un confronto con il tecnico incaricato è stato scelto oltre all'analisi congiunta H/V e Masw mediante modellizzazione, di fare anche un'elaborazione mediante inversione.

Nei report dei risultati, vengono quindi riportate le due elaborazioni, si rimanda al tecnico incarico, la scelta del modello più congruo con la situazione reale in considerazioni delle informazioni litologiche e geologiche di dettaglio in suo possesso.

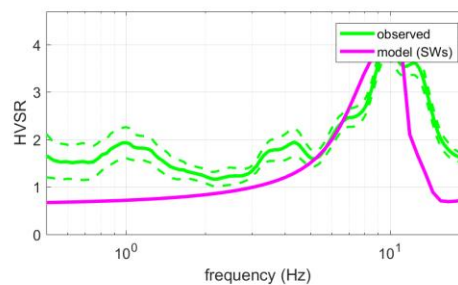
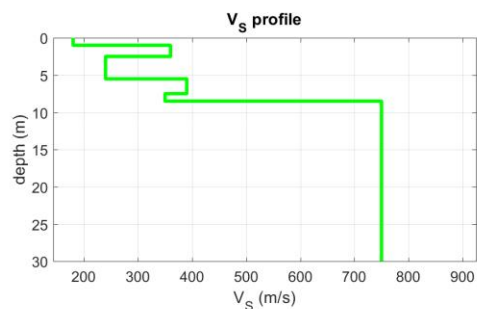
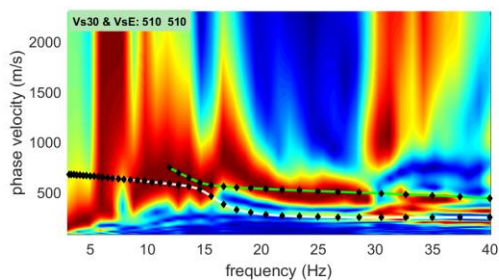
Poiché si tratta di interventi che verranno eseguiti singolarmente, è stato deciso con il tecnico incarico di proporre per ogni intervento, un report separato.

MASW – HVSR 6



Analisi Congiunta - Modellizzazione

www.winmasw.com

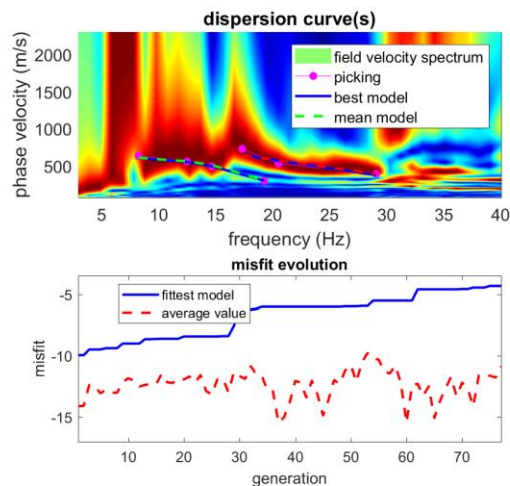


Vs model (Vs30 & VsE: 510 510 m/s)

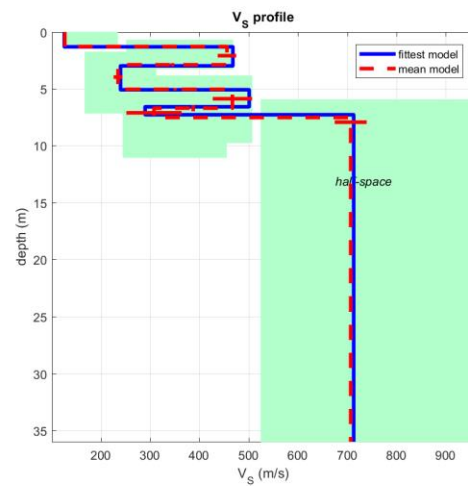
layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	180	1	1
2	360	1.5000	2.5000
3	240	3	5.5000
4	390	2	7.5000
5	350	1	8.5000
6	750	0	0

Vs30 and VsE (m/s): 510 510

Inversione



www.wlnmasw.com



dataset: 8441FVS.mat
dispersion curve: 6_b.cdp
Vs30 & VsE (best model): 501 501 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 494 494 m/s

best model

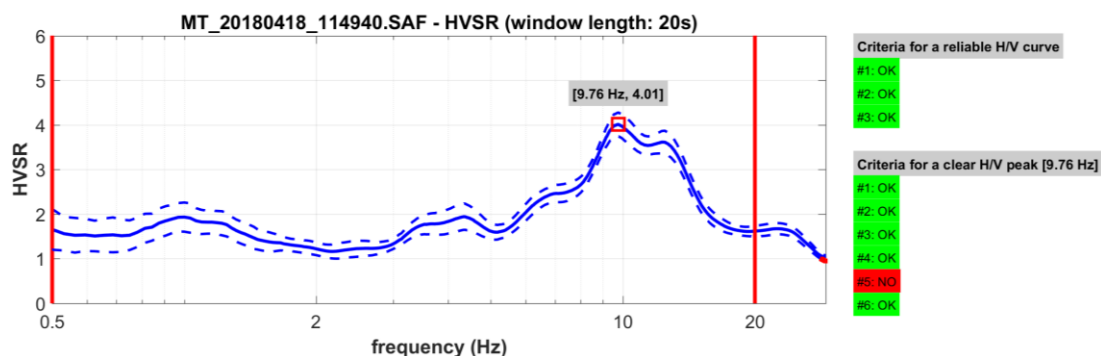
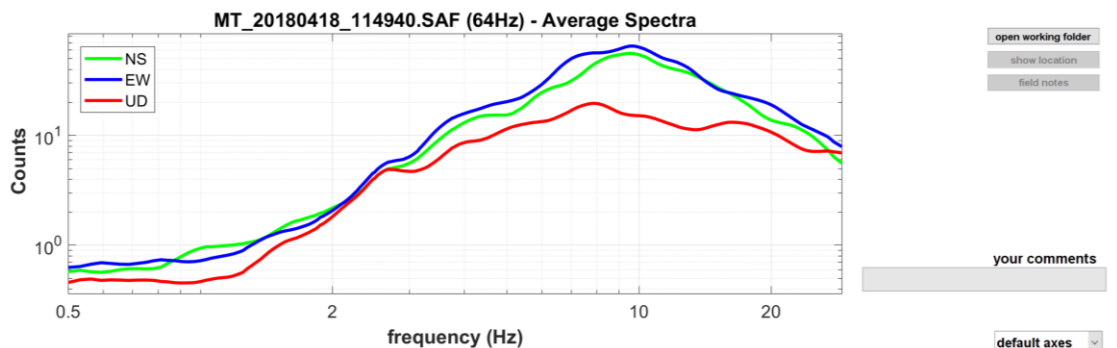
layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	126	1.3000	1.3000
2	468	1.6791	2.9791
3	240	2.1000	5.0791
4	501	1.4950	6.5741
5	290	0.7000	7.2741
6	713	0	0

Vs30 and VsE (m/s): 494 494

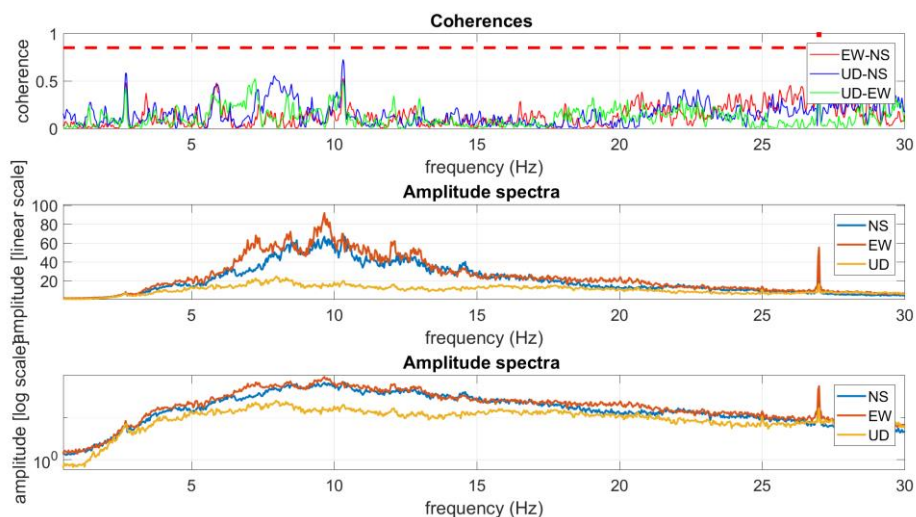
HVSR 6

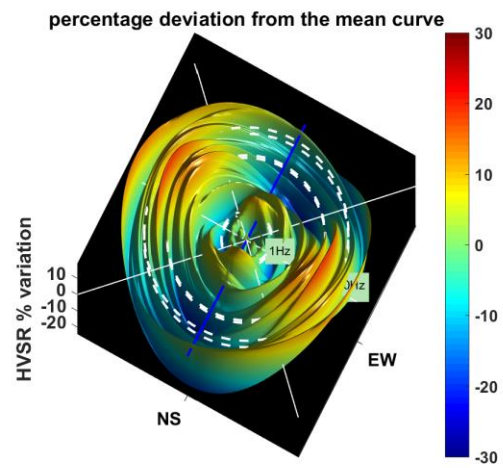
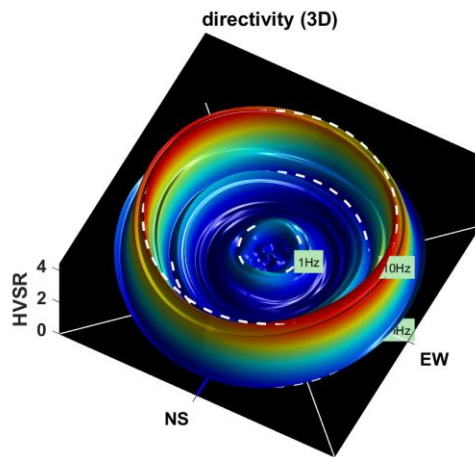
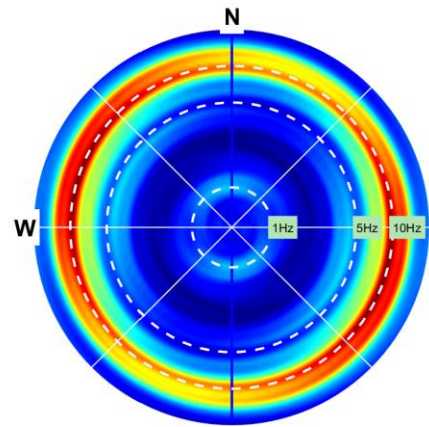
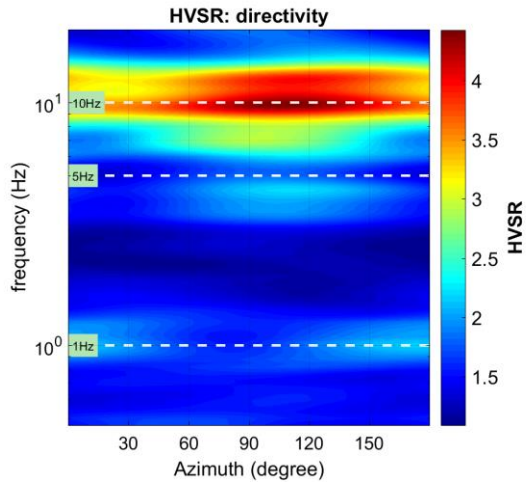
Peak: 9.76 Hz

Ampiezza: 4.01



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve



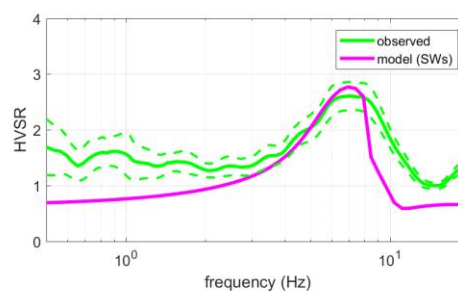
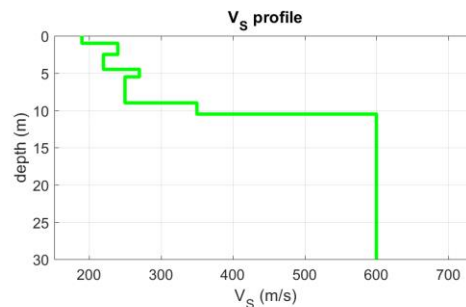
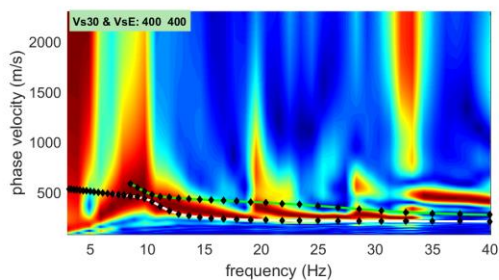


MASW – HVSR 7



Analisi Congiunta - Modellizzazione

www.winmasw.com

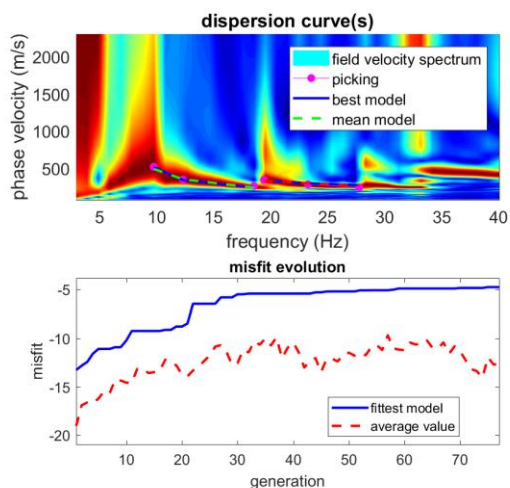


Vs model (Vs30 & VsE: 400 400 m/s)

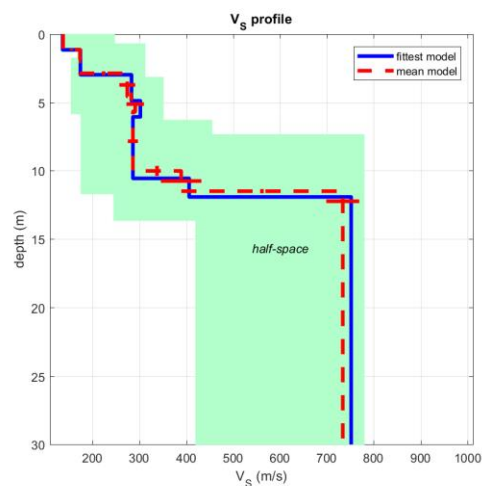
layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	190	1	1
2	240	1.5000	2.5000
3	220	2	4.5000
4	270	1	5.5000
5	250	3.5000	9
6	350	1.5000	10.5000
7	600	0	0

Vs30 and VsE (m/s): 400 400

Inversione



www.winmasw.com



dataset: 8442.dat
dispersion curve: 7.cdp
Vs30 & VsE (best model): 413 413 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 414 414 m/s

best model

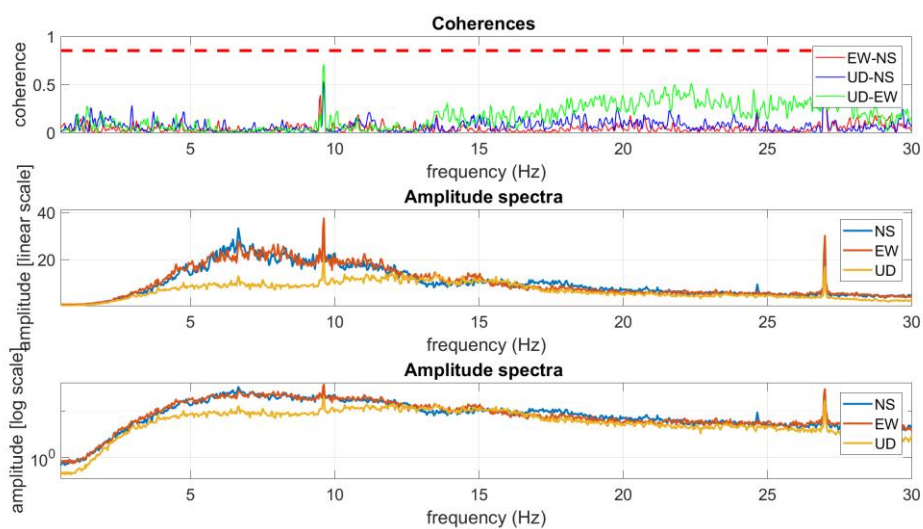
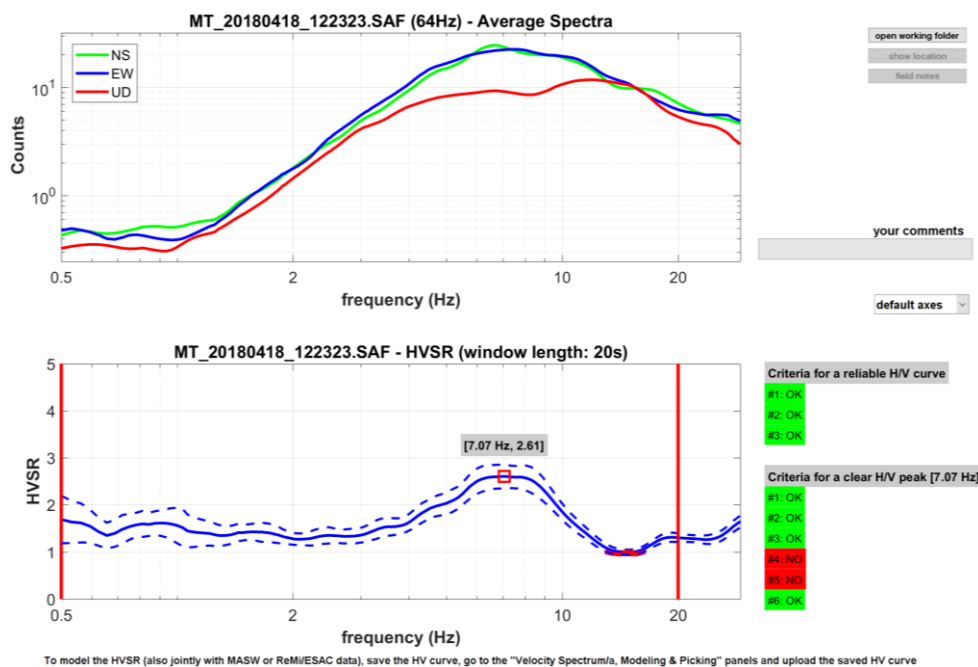
layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	136	1.1466	1.1466
2	174	1.8265	2.9731
3	283	1.9058	4.8789
4	302	1.1820	6.0609
5	286	4.4993	10.5603
6	406	1.3614	11.9216
7	752	0	0

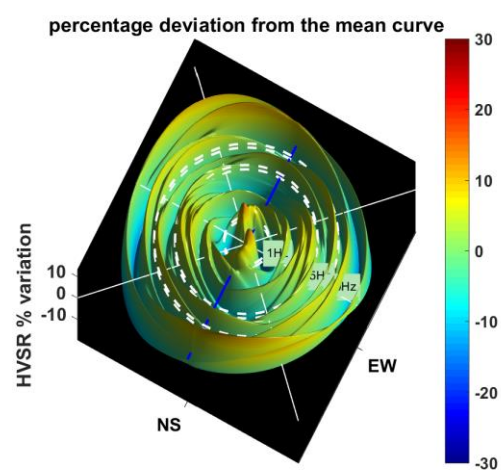
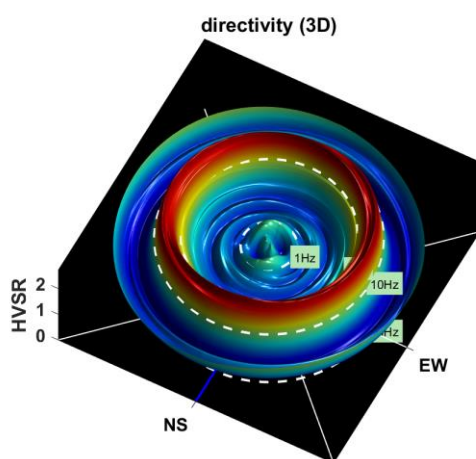
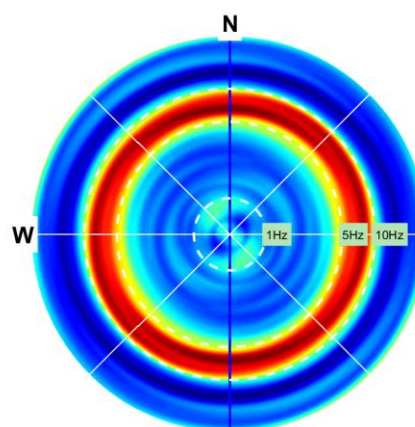
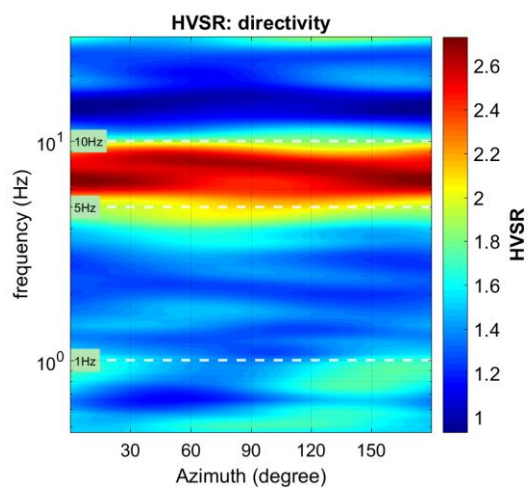
Vs30 and VsE (m/s): 414 414

HVSR 7

Peak: 7.07 Hz

Ampiezza: 2.61





4.0 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

L'indagine mediante MASW fornisce lo spettro delle velocità. La curva di dispersione ottenuta consente di estrapolare il modello di velocità (V_s) e fornisce i valori di velocità delle onde di taglio ai fini della classificazione del sottosuolo secondo la V_s equivalente così come richiesto dalle nuove NTC 2018 dm.17/01/2018.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per fondazioni superficiali la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali, è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta delle fondazioni.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Le “**Nuove Norme Tecniche per le costruzioni**” definiscono 5 tipologie di suoli principali:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

La $V_{s,eq}$ calcolata e riportata nel capitolo precedente rappresenta un'assunzione cautelativa, poiché calcolata dal piano campagna e non dal piano di posa delle fondazioni.

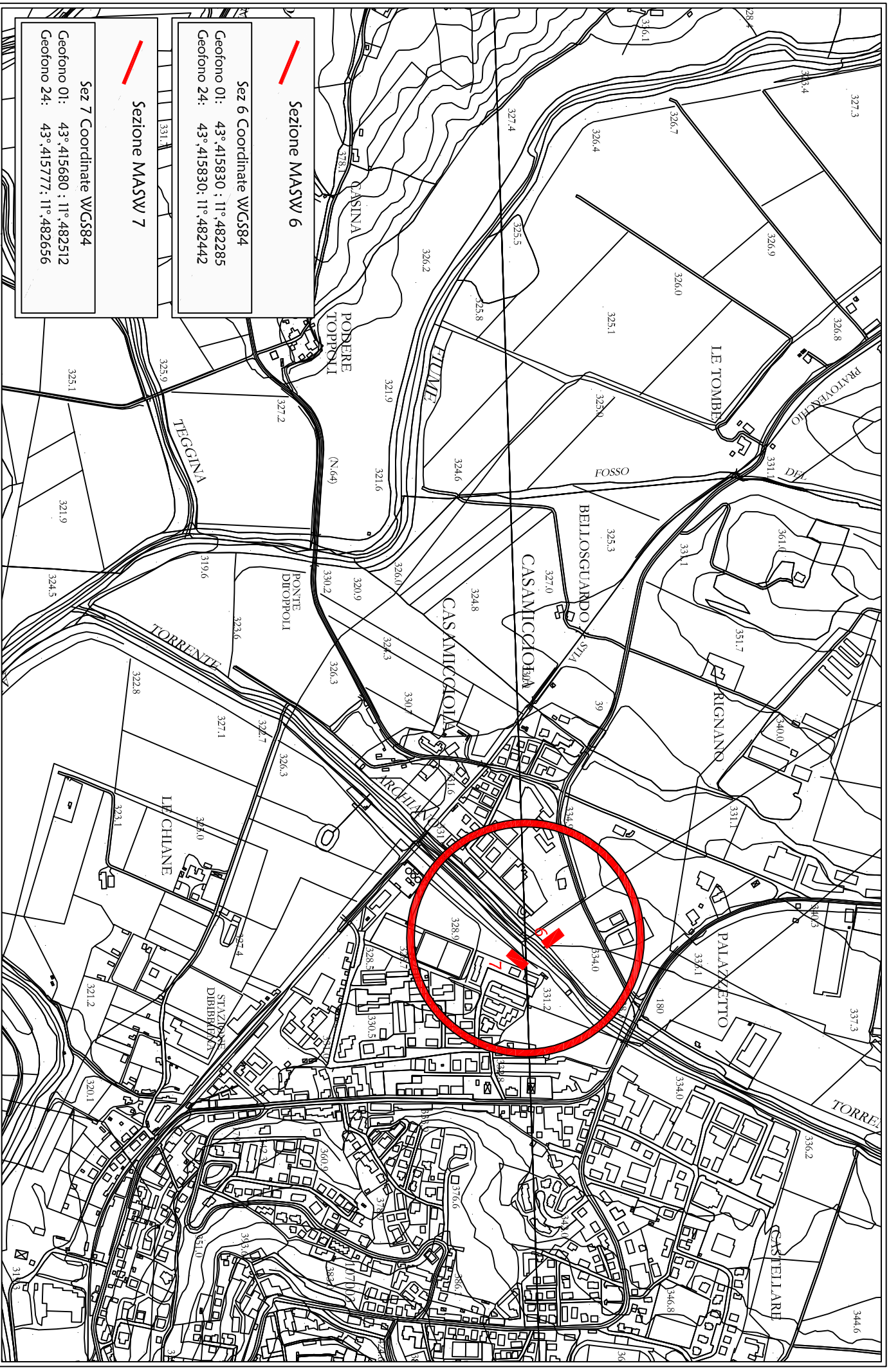
In funzione del valore qui calcolato, dell'ubicazione dell'intervento lungo lo stendimento e dell'effettivo piano di posa delle fondazioni previste, il tecnico incaricato potrà assegnare la corretta categoria di suolo di fondazione così come previsto dal D.M. 17/01/2018 NTC 2018, in funzione degli spessori e delle velocità sismiche (onde P) dei singoli strati riscontrati.

Arezzo, lì 31/07/2018

TRIGEO s.n.c.
 di Nencetti Andrea e Burchini Benedetto
 Via Mazzini n°18 - 52011 - SOC (AR)
 P.IVA 02024110518
 Tel/Fax: 0575 294500 - 055 9062212
 Cell: 339 2288117 - 328 7218928
 www.trigeo.it - info@trigeo.it

Trigeo snc

ALLEGATI



Sezione MASW 6

Sez 6 Coordinate WGS84

Geofono 01: 43°41'58.30" ; 11°48'22.85"
Geofono 24: 43°41'58.30" ; 11°48'22.442"

Sezione MASW 7

Sez 7 Coordinate WGS84

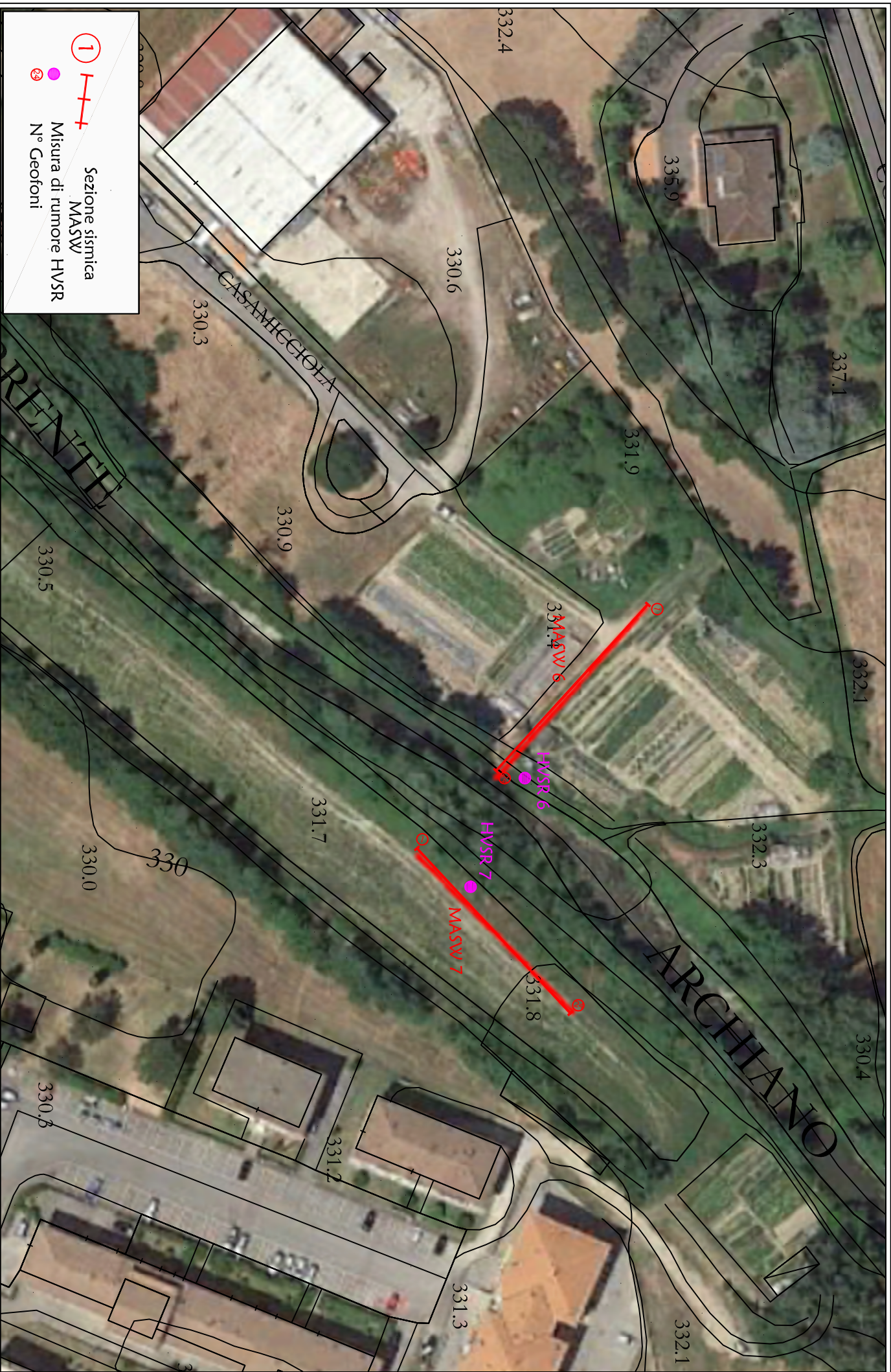
Geofono 01: 43°41'58.80" ; 11°48'25.12"
Geofono 24: 43°41'57.77" ; 11°48'26.56"

Scala 1: 10.000

Maggio 2018

Tavola 07 - Planimetria Generale - Pista Ciclabile Fiume Arno - MASW 6-7, Bibbiena (Ar)

TRI+GEO



- ① ——— Sezione sismica
MASW
- Misura di rumore HVSr
- N° Geofoni

Scala 1: 1.000

Maggio 2018

Tavola 08 - Planimetria di dettaglio - MASW e HVSr 6-7 - Bibbiena (Ar)

TRI+GEO

ANALISI LABORATORIO GEOTECNICO





Cliente 3217 UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

CERTIFICATO N.0092G/00163 DEL 09-08-2018

Riferimenti: V.A. del 19-06-18 n. 45/X

Nota del 19-06-18 n. C 1142/A

PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI **(GRANDEZZE FISICHE - ANALISI GRANULOMETRICA - LIMITI DI ATTERBERG - ESPANSIONE LATERALE LIBERA - TAGLIO DIRETTO - EDOMETRIA)**

Intestatario: **UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO**
VIA ROMA, 203 PONTE A POPPI - POPPI (AR)
Cantiere: **LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL "SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI
CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA - TRATTO FIUME
ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO - 2° LOTTO"**
Proprietà: **UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO**
Direttore dei Lavori...: **DOTT. GEOL. LUIGI FARINI**
Natura dei campioni ..: **Campione di terreno in fustella** **Siglato: "S7C1 Profondità: 6,50 ÷ 7,00 m"**
Data della prova: **09-08-2018 (fine prova)**

Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso GEOTEC 1972 ed è costituito da n. 18 pagine.

RELAZIONE

In data 19-06-2018 è stato consegnato al Laboratorio un campione di terreno in fustella, dichiarato prelevato dal Cantiere "Lavori di realizzazione del Sistema integrato dei percorsi ciclabili dell'Arno e del sentiero della bonifica - Tratto fiume Arno Casentino 2° stralcio - 2° lotto", per essere sottoposto alle seguenti prove di Laboratorio:

- Umidità naturale, *secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-1* ;
- Peso di volume naturale, *secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-2* ;
- Peso di volume secco, *secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-2*;
- Analisi granulometrica, *secondo la norma CNR 23/1971 e la norma ASTM D422/63*;
- Determinazione dei Limiti di Atterberg, *secondo la norma CNR UNI 10014*;
- Prova di compressione ad espansione laterale libera, secondo le Raccomandazioni AGI 1994.
- Prova di taglio diretto CD, *secondo le Raccomandazioni AGI 1994*;
- Prova edometrica, *secondo le Raccomandazioni AGI 1994*.

RISULTATI DELLE PROVE

Sondaggio: 7

Campione: 1

Profondità: 6,50 ÷ 7,00 m

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE:
(Raccomandazioni AGI 1977)

All'apertura del campione di terreno, avente lunghezza di 45 cm, quest'ultimo si presentava in condizioni mediocri (molto umido, deformato e fratturato). Da una prima osservazione il campione risulta essere sabbia limosa e limo sabbioso di colore grigio (Munsell Soil Color Charts 1 For Gley 4/1 5GY Dark Greenish Gray), privo di consistenza (la prova di resistenza a penetrazione mediante pocket penetrometer ha dato il seguente valore IP < 25 kPa)

Lo Sperimentatore
(Gent. Fabio Salvi)

./.

(v. foto pagina II - Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

UMIDITA' NATURALE: **22 %** (ventiduepercento)

PESO DI VOLUME NATURALE (γ_n): **21,02 kN/m³** (ventunovirgolazero duechilonewtonalmetrocubo)

PESO DI VOLUME SECCO (γ_d): **17,09 kN/m³** (diciassettevirgolazeronovechilonewtonalmetrocubo)

ANALISI GRANULOMETRICA

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA PER VIA UMIDA: La prova eseguita secondo la norma CNR 23/1971, ha fornito i dati riportati nella pagina 4 unitamente alla curva granulometrica riportata a pag. 5.

ANALISI GRANULOMETRICA DELLA FRAZIONE FINE PER SEDIMENTAZIONE ...: La prova eseguita secondo la norma ASTM D422/63 ha fornito i dati riportati nella pagina 4 unitamente alla curva granulometrica riportata nella pag. 5

LIMITI DI ATTERBERG: La prova, eseguita secondo CNR-UNI 10014, ha fornito i seguenti dati :

- Limite di liquidità: **LL = N.D** (Non Determinabile)

- Limite di plasticità: **LP = N.P** (Non Plastico)

da cui deriva

- Indice di plasticità: **IP = 0** (zero)

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA: La prova è stata eseguita secondo le raccomandazioni AGI 1994, ha fornito la curva $\sigma - \epsilon$ riportata nella pagina 6 unitamente ai dati, e tabulati, lo schema di rottura e la foto del provino riportati a pagina 7.

- Sezione iniziale del provino: **11,22 cm²** (undicivirgolaventiduecentimetriquadrati)

- Altezza iniziale del provino: **80 mm** (ottantamillimetri)

- Velocità di prova: **0,5 mm/min** (zerovirgolacinquemillimetriperminuto)

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

PROVA DI TAGLIO DIRETTO: Eseguita secondo le Raccomandazioni AGI 1994 su tre provini (consolidata e drenata CD) con apparecchio di Casagrande ha fornito le curve $\tau - S_h$, le curve $S_h - \Delta H$ e il grafico $\sigma - \tau$, come riportato nelle pagine 8 e 9 e i relativi tabulati riportati nella pagina 10.

PROVA EDOMETRICA: La prova, eseguita secondo le Raccomandazioni AGI 1994 fino ad una pressione di 1600 kPa, ha fornito i grafici riportati da pagina 11 a pagina 18, unitamente ai dati del provino.

-----0000000000-----

OSSERVAZIONI: Campione e dati forniti dal Direttore dei Lavori
Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dot. Geol. Biancamaria Chiantini)

Committente: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTI DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

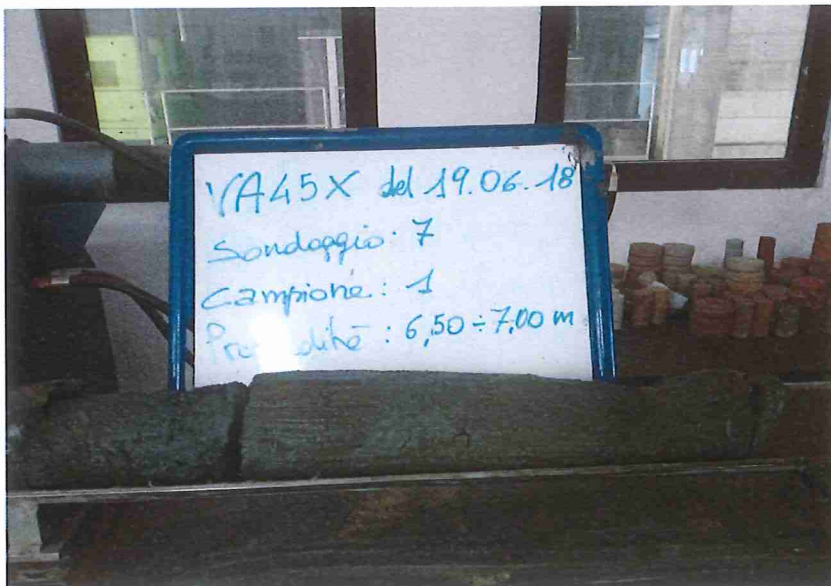
CARATTERISTICHE FISICHE - TERRENI

VA 0045 X del 19/06/2018

Sondaggio:	7	Campione:	1	Profondità:	6,50 ÷ 7,00 m
------------	---	-----------	---	-------------	---------------

Peso Volume Naturale e Secco				
Numero Tara		A	B	
Altezza tara	mm	20	20	
Sezione Tara	cm ²	40,00	40,00	
Massa Tara	g	91,32	93,09	
Massa Umida + Tara	g	262,63	264,56	
Massa Umida	g	171,31	171,47	
Massa Secca + tara	g	231,35	233,40	
Massa Secca	g	140,03	140,31	
γ_n	kN/m ³	21,01	21,03	MEDIA: 21,02
γ_d	kN/m ³	17,17	17,21	MEDIA: 17,19

Contenuto d'acqua				
Numero tara		C	D	
Massa umida + tara	g	803,97	790,57	
Massa secca + tara	g	659,04	646,93	
Massa tara	g	12,38	8,24	
Massa umida	g	791,59	782,33	
Massa secca	g	646,66	638,69	
Umidità naturale	%	22,41	22,49	MEDIA: 22

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

Lo Sperimentatore
 (Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Committente **UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO**Cantiere **SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO****ANALISI GRANULOMETRICA**Riferimento **VA 0045 X del 19/06/2018**Sondaggio: **7**Campione: **1**Profondità: **6,50 ÷ 7,00 m****Analisi con vagli**

Setaccio	Apertura (mm)	Massa grani (g)	Tratt. progr. (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
Setaccio	100,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	71,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	60,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	40,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	25,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	15,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	10,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	5,0	0,0	0,00	0,0	100,0
Setaccio	2,0	0,2	0,15	0,1	99,9
Setaccio	1,0	2,1	2,20	0,7	99,3
Setaccio	0,425	71,5	73,66	24,6	75,4
Setaccio	0,180	129,6	203,29	67,9	32,1
Setaccio	0,075	40,4	243,67	81,3	18,7
	< 0,075	55,9	307,37	18,7	passante al 200
Somma (g)		299,54	299,5		
Massa iniziale (g)		299,54			
Perdita (g)		0,0			

Analisi con densimetro**correzioni**

Dispersivo	Cd	-2,00
Menisco	Cm	0,00
Temperatura	intercetta	-5,00
Temperatura	pendenza	0,25

caratteristiche fisiche

Massa campione secco g	42,13
Peso specifico kN/m ³	25,67

taratura densimetro

Intercetta	19,57
Pendenza	-0,35396

Analisi con densimetro

	Data	Ora	Tempo	Tempe- ratura	Lettura	Lettura	Correzione temperatura	Diametro grani	Percentuale parziale	Somma
			min	°C	R	R'		mm	%	%
								0,075	100,00	18,7
			0,5	26,3	25,2	25,2	1,58	0,05913	95,18	17,8
			1,0	26,3	22,2	22,2	1,58	0,04384	83,65	15,6
			2,0	26,3	19,0	19,0	1,58	0,03247	71,36	13,3
			4,0	26,3	15,2	15,2	1,58	0,02413	56,76	10,6
			8,0	26,3	12,7	12,7	1,58	0,01759	47,16	8,8
			15,0	26,3	11,0	11,0	1,58	0,01310	40,63	7,6
			32,0	26,3	9,0	9,0	1,58	0,00917	32,94	6,1
			62,0	26,3	7,7	7,7	1,58	0,00668	27,95	5,2
			130,0	26,3	7,0	7,0	1,58	0,00465	25,26	4,7
			240,0	26,3	6,2	6,2	1,58	0,00345	22,19	4,1
			497,0	26,3	4,7	4,7	1,58	0,00243	16,42	3,1
			1397,0	26,3	4,5	4,5	1,58	0,00145	15,66	2,9

Lo Sperimentatore

(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Committente UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
 Campione: DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO, 2° STRALCIO

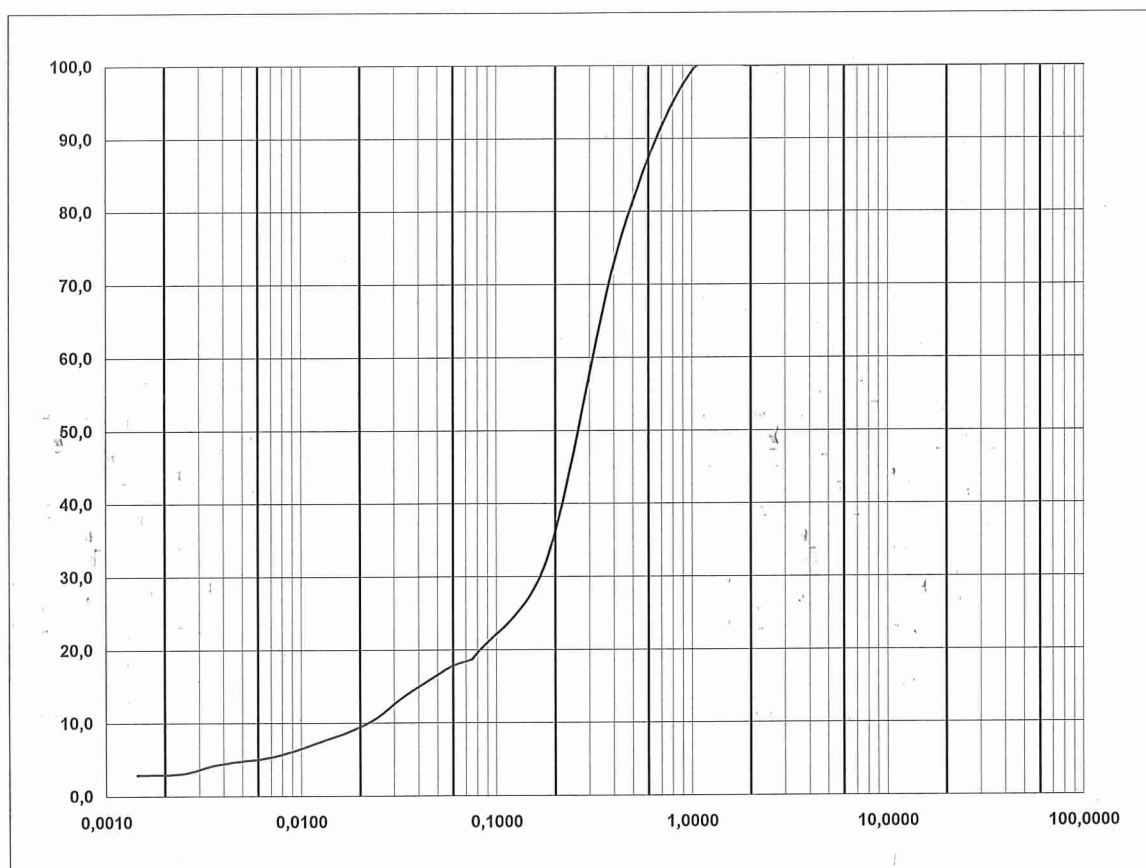
ANALISI GRANULOMETRICA

Diagramma

Riferimento VA 0045 X del 19/06/2018

Sondaggio: 7 Campione 1 Profondità: 6,50 ÷ 7,00 m

argilla	limo			sabbia			ghiaia			ciottoli
	F	M	G	F	M	G	F	M	G	
	0,002	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6	2	6	20	60



	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
%	-	0	82	15	3

Lo Sperimentatore
 (Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dot. Geol. Biancamaria Chianini)

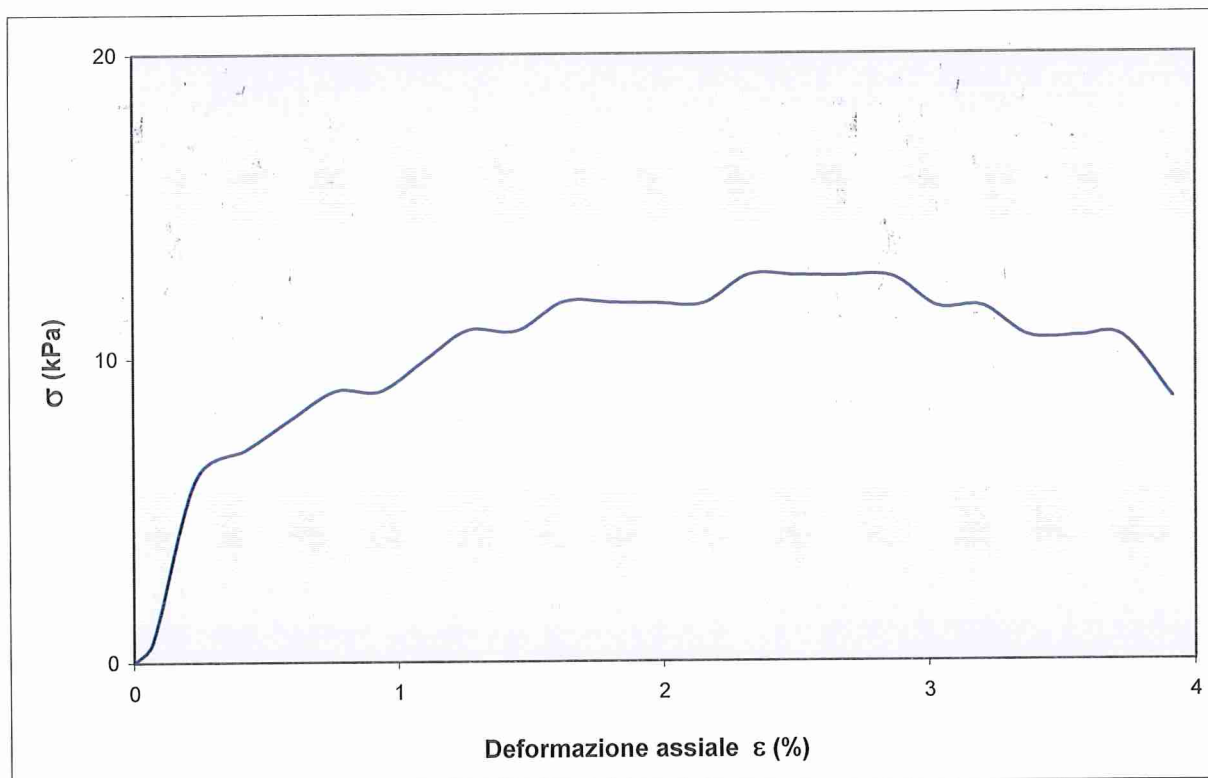
Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Committente: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

PROVA DI COMPRESSINE NON CONFINATA**Caratteristiche del provino**

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n kN/m ³	γ _d kN/m ³	W ₀ %	W _f %
1	80,00	11,22	20,25	16,55	18,29	18,17

Caratteristiche della fase di rottura

Provino	v mm/min
1	0,5

CURVA SFORZI - DEFORMAZIONI

Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Committente : UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere : SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Spont. Vert. mm	Deformaz. ϵ %	Sezione A cm ²	Pressione s kPa
0,000	0,00	11,220	0,00
0,058	0,073	11,228	0,694
0,189	0,236	11,247	6,046
0,342	0,428	11,268	7,011
0,474	0,593	11,287	7,974
0,611	0,764	11,306	8,933
0,747	0,934	11,326	8,918
0,884	1,105	11,345	9,960
1,011	1,264	11,364	10,912
1,158	1,448	11,385	10,892
1,300	1,625	11,405	11,837
1,453	1,816	11,428	11,814
1,584	1,980	11,447	11,794
1,721	2,151	11,467	11,773
1,858	2,323	11,487	12,710
2,000	2,500	11,508	12,687
2,126	2,658	11,526	12,667
2,289	2,861	11,550	12,640
2,426	3,033	11,571	11,667
2,563	3,204	11,591	11,647
2,700	3,375	11,612	10,679
2,853	3,566	11,635	10,658
2,984	3,730	11,655	10,639
3,132	3,915	11,677	8,649

SCHEMA DI ROTTURA DEL PROVINO

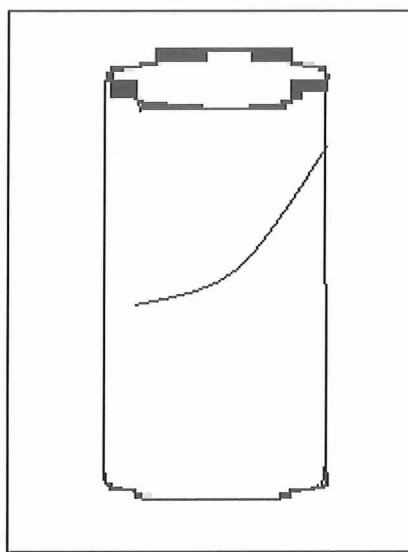
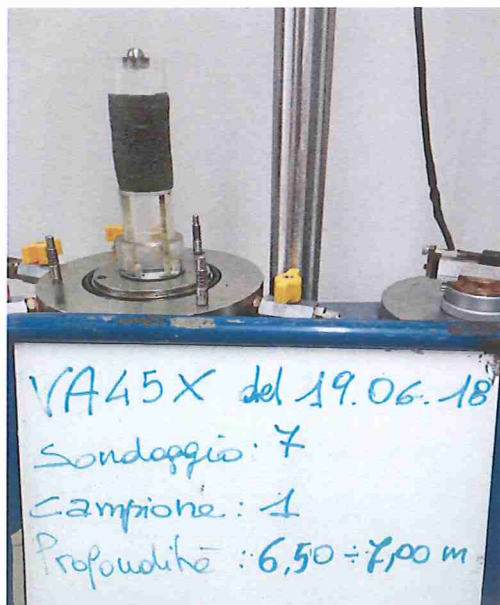


FOTO DEL PROVINO DOPO LA ROTTURA



Lo Sperimentatore
 (Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA - DRENATA

Caratteristiche dei provini

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	W ₀ %	W _f %	γ _n kN/m ³	γ _d kN/m ³
1	22,00	40,00	29,15	22,65	20,24	15,67
2	22,00	40,00	29,41	21,10	20,58	15,91
3	22,00	40,00	29,07	20,92	20,68	16,02

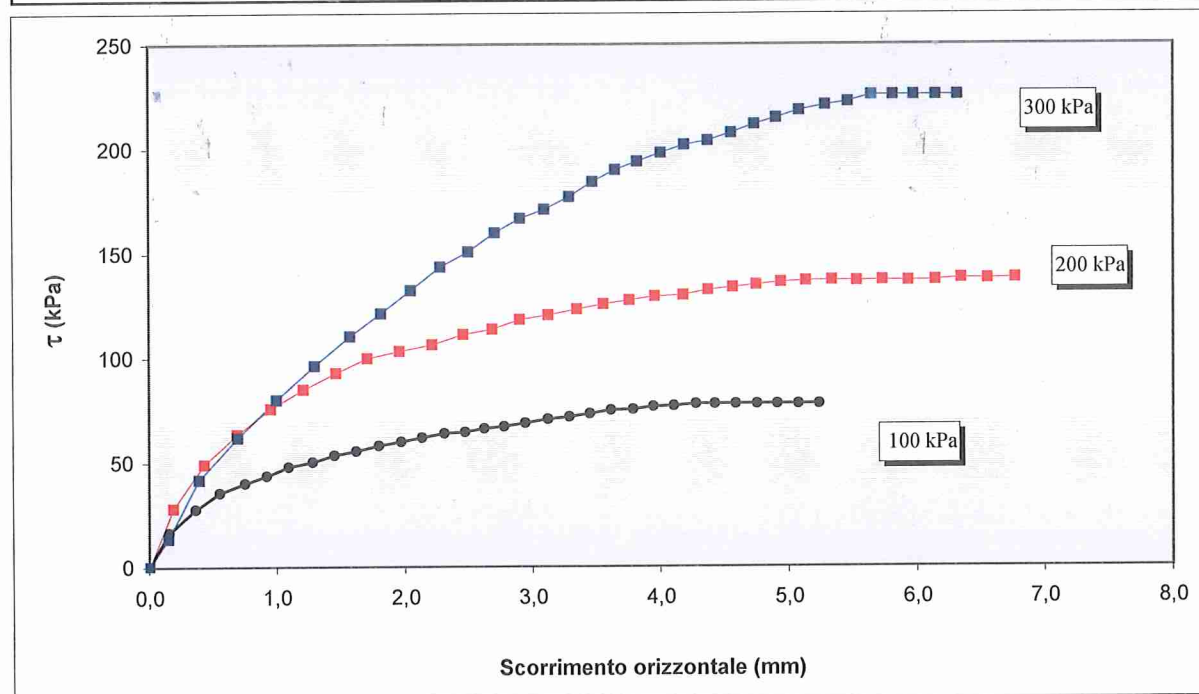
Caratteristiche fasi di consolidazione

Provino	σ kPa	H _c mm	Δt ore
1	100	20,83	24
2	200	19,97	24
3	300	20,79	24

Caratteristiche fasi di rottura

Provino	σ kPa	v mm/min
1	100	0,010
2	200	0,010
3	300	0,010

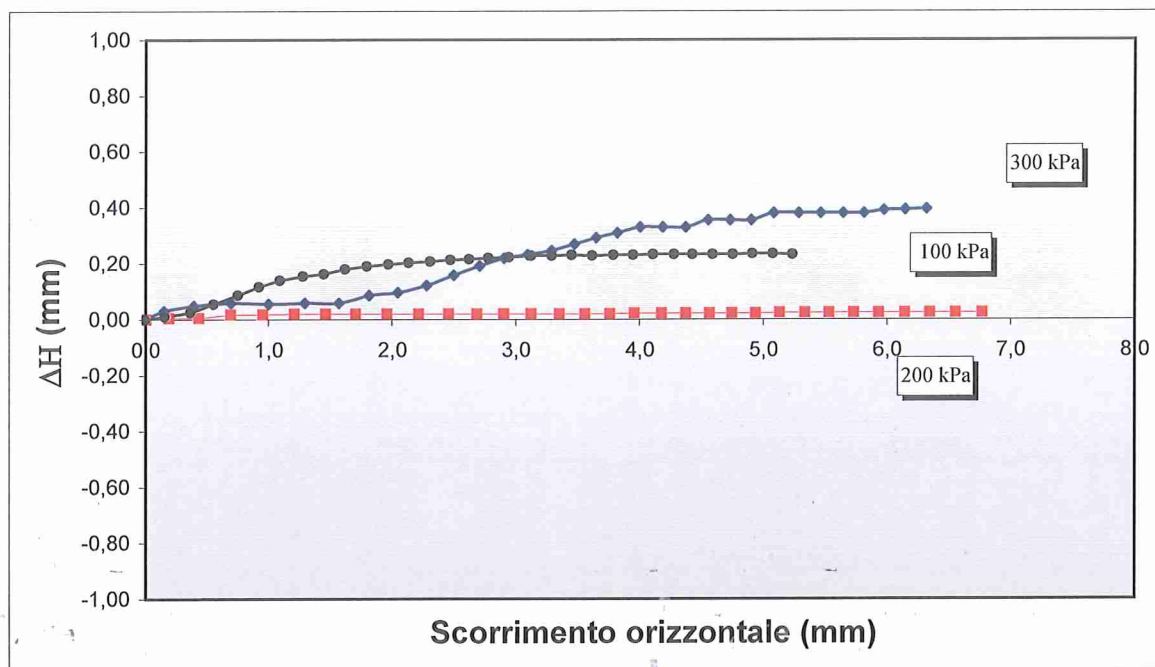
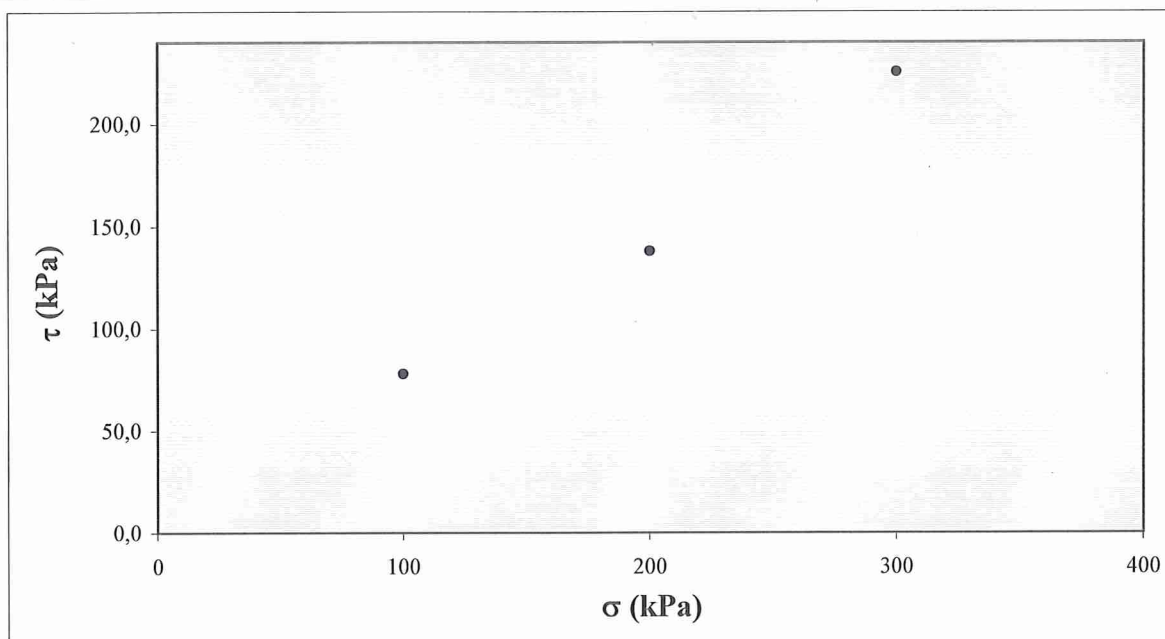
CURVE SFORZI - DEFORMAZIONI



Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Intestatorio: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

CURVE SPOSTAMENTO ORIZZONTALE - SPOSTAMENTO VERTICALE**DIAGRAMMA $\sigma - \tau$** 

Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dot. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
 Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
 Sondaggio: S7
 Campione: C1
 Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
PRESSIONE VERTICALE		100	kPa	PRESSIONE VERTICALE		200	kPa	PRESSIONE VERTICALE		300	kPa
Spostamento		Carico N	Pressione kPa	Spostamento		Carico N	Pressione kPa	Spostamento		Carico N	Pressione kPa
Verticale mm	Orizzontale mm			Verticale mm	Orizzontale mm			Verticale mm	Orizzontale mm		
0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00
0,010	0,159	66,58	16,64	0,004	0,186	112,51	28,13	0,030	0,150	54,00	13,50
0,025	0,367	110,96	27,74	0,004	0,428	196,25	49,06	0,048	0,392	166,73	41,68
0,055	0,556	142,29	35,57	0,017	0,686	254,13	63,53	0,058	0,693	247,69	61,92
0,087	0,752	160,57	40,14	0,017	0,947	303,39	75,85	0,055	0,997	319,84	79,96
0,117	0,923	174,93	43,73	0,019	1,202	340,34	85,09	0,058	1,292	384,77	96,19
0,140	1,094	191,90	47,98	0,019	1,457	371,13	92,78	0,058	1,569	441,68	110,42
0,155	1,280	201,04	50,26	0,019	1,700	399,45	99,86	0,086	1,811	484,97	121,24
0,163	1,449	214,09	53,52	0,019	1,952	413,00	103,25	0,096	2,045	529,06	132,26
0,180	1,620	221,92	55,48	0,019	2,209	425,32	106,33	0,121	2,277	573,95	143,49
0,190	1,796	232,37	58,09	0,019	2,452	445,02	111,26	0,159	2,498	602,80	150,70
0,198	1,972	240,20	60,05	0,019	2,680	454,87	113,72	0,191	2,704	638,87	159,72
0,203	2,136	248,03	62,01	0,019	2,894	473,34	118,34	0,219	2,902	666,93	166,73
0,208	2,309	255,87	63,97	0,019	3,118	481,97	120,49	0,232	3,093	683,76	170,94
0,213	2,473	258,48	64,62	0,019	3,344	493,05	123,26	0,247	3,287	707,81	176,95
0,215	2,624	265,01	66,25	0,019	3,551	502,90	125,73	0,270	3,469	736,67	184,17
0,220	2,778	268,92	67,23	0,019	3,754	510,29	127,57	0,292	3,646	759,12	189,78
0,223	2,944	275,45	68,86	0,022	3,951	517,68	129,42	0,310	3,818	775,15	193,79
0,228	3,123	283,28	70,82	0,022	4,173	520,14	130,04	0,330	4,002	791,98	197,99
0,228	3,289	287,20	71,80	0,022	4,366	530,00	132,50	0,330	4,184	807,21	201,80
0,230	3,450	293,73	73,43	0,022	4,558	534,92	133,73	0,330	4,368	815,23	203,81
0,228	3,616	300,25	75,06	0,022	4,739	539,85	134,96	0,355	4,550	829,66	207,41
0,230	3,787	301,56	75,39	0,022	4,932	544,77	136,19	0,355	4,730	846,49	211,62
0,230	3,946	306,78	76,70	0,024	5,127	547,24	136,81	0,355	4,900	858,51	214,63
0,233	4,107	308,09	77,02	0,024	5,330	548,47	137,12	0,380	5,082	872,94	218,23
0,233	4,276	312,00	78,00	0,024	5,525	547,24	136,81	0,380	5,284	883,36	220,84
0,233	4,425	312,00	78,00	0,024	5,725	548,47	137,12	0,380	5,461	889,78	222,44
0,233	4,588	312,00	78,00	0,024	5,927	547,24	136,81	0,380	5,643	902,60	225,65
0,233	4,752	312,00	78,00	0,024	6,139	548,47	137,12	0,380	5,811	902,60	225,65
0,235	4,911	312,00	78,00	0,024	6,341	552,16	138,04	0,390	5,974	902,60	225,65
0,235	5,077	312,00	78,00	0,024	6,548	550,93	137,73	0,393	6,146	902,60	225,65
0,233	5,236	312,00	78,00	0,024	6,765	552,16	138,04	0,395	6,318	902,60	225,65

Lo Sperimentatore
 (Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Sezione	A	40,00	cm ²
Altezza iniziale		20,00	mm
Altezza finale		18,10	mm
Peso specifico grani	γ_r	25,67	kN/m ³
Peso di volume iniziale	γ_n	19,70	kN/m ³
Peso di volume finale	γ_f	20,66	kN/m ³
Peso di volume secco	γ_d	15,96	kN/m ³

Contenuto d'acqua iniziale	W_o	23,42	%
Contenuto d'acqua finale	W_f	17,15	%
Saturazione iniziale	S_o	100,73	%
Saturazione finale	S_f	98,56	%
Indice dei vuoti iniziale	e_o	0,608	
Indice dei vuoti finale	e_f	0,455	
Peso di volume secco finale	γ_{df}	17,639	kN/m ³

Passo 1	
25 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,0000
0,085	0,1655
0,128	0,2237
0,192	0,2419
0,288	0,2510
0,432	0,2565
0,649	0,2619
0,973	0,2637
1,460	0,2656
2,191	0,2674
3,29	0,2692
4,93	0,2728
7,40	0,2728
11,09	0,2761
16,64	0,2765
24,96	0,2783
37,44	0,2819
56,16	0,2869
84,24	0,3019
126,35	0,3060
189,5	0,3122
284,3	0,3116
426,5	0,3110
639,7	0,3128
959,5	0,3128
1439,3	0,3138

Passo 2	
50 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,3140
0,085	0,3352
0,128	0,3684
0,192	0,3947
0,288	0,4111
0,432	0,4165
0,649	0,4184
0,973	0,4220
1,460	0,4238
2,191	0,4256
3,29	0,4275
4,93	0,4311
7,40	0,4329
11,09	0,4347
16,64	0,4384
24,96	0,4402
37,44	0,4420
56,16	0,4438
84,24	0,4475
126,35	0,4493
189,5	0,4529
284,3	0,4584
426,5	0,4584
639,7	0,4620
959,5	0,4638
1548,8	0,4642

Passo 3	
100 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,4675
0,085	0,5457
0,128	0,5766
0,192	0,5894
0,288	0,5948
0,432	0,5985
0,649	0,6003
0,973	0,6039
1,460	0,6094
2,191	0,6094
3,29	0,6185
4,93	0,6203
7,40	0,6203
11,09	0,6239
16,64	0,6276
24,96	0,6312
37,44	0,6348
56,16	0,6348
84,24	0,6367
126,35	0,6385
189,5	0,6421
284,3	0,6458
426,5	0,6530
639,7	0,6603
959,5	0,6621
1439,3	0,6632

Passo 4	
200 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,6694
0,085	0,7600
0,128	0,8222
0,192	0,8331
0,288	0,8368
0,432	0,8459
0,649	0,8495
0,973	0,8568
1,460	0,8586
2,191	0,8622
3,29	0,8659
4,93	0,8713
7,40	0,8750
11,09	0,8786
16,64	0,8841
24,96	0,8877
37,44	0,8932
56,16	0,8968
84,24	0,9004
126,35	0,9041
189,5	0,9077
284,3	0,9095
426,5	0,9114
639,7	0,9179
959,5	0,9205
1439,3	0,9255

 $\sigma_v = 25$ kPa $\sigma_v = 50$ kPa $\sigma_v = 100$ kPa $\sigma_v = 200$ kPa

Lo Sperimentatore
 (Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

Sondaggio: S7

Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Sezione	A	40,00	cm ²
Altezza iniziale		20,00	mm
Altezza finale		18,10	mm
Peso specifico grani	γ_r	25,67	kN/m ³
Peso di volume iniziale	γ_n	19,70	kN/m ³
Peso di volume finale	γ_f	20,66	kN/m ³
Peso di volume secco	γ_d	15,96	kN/m ³

Contenuto d'acqua iniziale	W_o	23,42	%
Contenuto d'acqua finale	W_f	17,15	%
Saturazione iniziale	S_o	100,73	%
Saturazione finale	S_f	98,56	%
Indice dei vuoti iniziale	e_o	0,61	
Indice dei vuoti finale	e_f	0,46	
Peso di volume secco finale	γ_{df}	17,64	kN/m ³

Passo 5	
400 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,9350
0,085	1,0200
0,128	1,1242
0,192	1,1460
0,288	1,1569
0,432	1,1660
0,649	1,1697
0,973	1,1751
1,460	1,1824
2,191	1,1879
3,29	1,1933
4,93	1,1970
7,40	1,2006
11,09	1,2079
16,64	1,2152
24,96	1,2224
37,44	1,2315
56,16	1,2370
84,24	1,2406
126,35	1,2479
189,5	1,2515
284,3	1,2606
426,5	1,2643
639,7	1,2697
959,5	1,2770
1479,1	1,2843

Passo 6	
800 kPa	
dt min	dH mm
0,057	1,2825
0,085	1,3530
0,128	1,4990
0,191	1,5335
0,288	1,5481
0,432	1,5590
0,649	1,5644
0,973	1,5735
1,460	1,5826
2,191	1,5917
3,29	1,6008
4,93	1,6063
7,40	1,6117
11,09	1,6154
16,64	1,6245
24,96	1,6318
37,44	1,6390
56,16	1,6481
84,24	1,6554
126,35	1,6627
189,5	1,6681
284,3	1,6736
426,5	1,6830
639,7	1,6900
959,5	1,6960
1439,3	1,7040

Passo 7	
1600 kPa	
dt min	dH mm
0,057	1,7499
0,085	1,8730
0,132	1,9600
0,191	2,0170
0,288	2,0400
0,432	2,0580
0,649	2,0680
0,973	2,0740
1,460	2,0780
2,191	2,0930
3,29	2,1000
4,93	2,1110
7,40	2,1130
11,09	2,1250
16,64	2,1300
24,96	2,1450
37,44	2,1520
56,16	2,1640
84,24	2,1680
126,35	2,1780
189,5	2,1800
284,3	2,1920
426,5	2,2020
639,7	2,2048
959,5	2,2212
1439,3	2,2270

Passo 8	
400 kPa	
dt min	dH mm
0,057	2,2193
0,085	2,2084
0,128	2,2084
0,192	2,1848
0,288	2,1393
0,432	2,1375
0,649	2,1375
0,973	2,1357
1,460	2,1357
2,191	2,1375
3,29	2,1338
4,93	2,1320
7,40	2,1375
11,09	2,1320
16,64	2,1357
24,96	2,1357
37,44	2,1338
56,16	2,1338
84,24	2,1338
126,35	2,1338
189,5	2,1338
284,3	2,1357
426,5	2,1338
639,7	2,1338
959,5	2,1320
1439,3	2,1320

$\sigma_v = 400$ kPa

$\sigma_v = 800$ kPa

$\sigma_v = 1600$ kPa

$\sigma_v = 400$ kPa

Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Sezione	A	40,00	cm ²
Altezza iniziale		20,00	mm
Altezza finale		18,10	mm
Peso specifico grani	γ_r	25,67	kN/m ³
Peso di volume iniziale	γ_n	19,70	kN/m ³
Peso di volume finale	γ_f	20,66	kN/m ³
Peso di volume secco	γ_d	15,96	kN/m ³

Contenuto d'acqua iniziale	W_o	23,42	%
Contenuto d'acqua finale	W_f	17,15	%
Saturazione iniziale	S_o	100,73	%
Saturazione finale	S_f	98,56	%
Indice dei vuoti iniziale	e_o	0,61	
Indice dei vuoti finale	e_f	0,46	
Peso di volume secco finale	γ_{df}	17,64	kN/m ³

Passo 9		Passo 10	
100 kPa		25 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,057	2,1320	0,057	2,0192
0,085	2,0920	0,085	1,9956
0,128	2,0884	0,128	1,9353
0,192	2,0465	0,192	1,9181
0,288	2,0447	0,288	1,9112
0,432	2,0429	0,432	1,9101
0,649	2,0411	0,649	1,9101
0,973	2,0392	0,973	1,9101
1,460	2,0374	1,460	1,9101
2,191	2,0374	2,191	1,9101
3,29	2,0356	3,29	1,9083
4,93	2,0338	4,93	1,9119
7,40	2,0338	7,40	1,9101
11,09	2,0302	11,09	1,9064
16,64	2,0320	16,64	1,9077
24,96	2,0302	24,96	1,9064
37,44	2,0302	37,44	1,9054
56,16	2,0302	56,16	1,9044
84,24	2,0302	84,24	1,9046
126,35	2,0283	126,35	1,9046
189,5	2,0265	189,5	1,9028
284,3	2,0247	284,3	1,9046
426,5	2,0247	426,5	1,9046
639,7	2,0247	639,7	1,9028
959,5	2,0247	959,5	1,9028
1439,3	2,0247	1439,3	1,9028

σ_v = (pressione totale applicata)

σ_v = 100 kPa σ_v = 25 kPa

Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

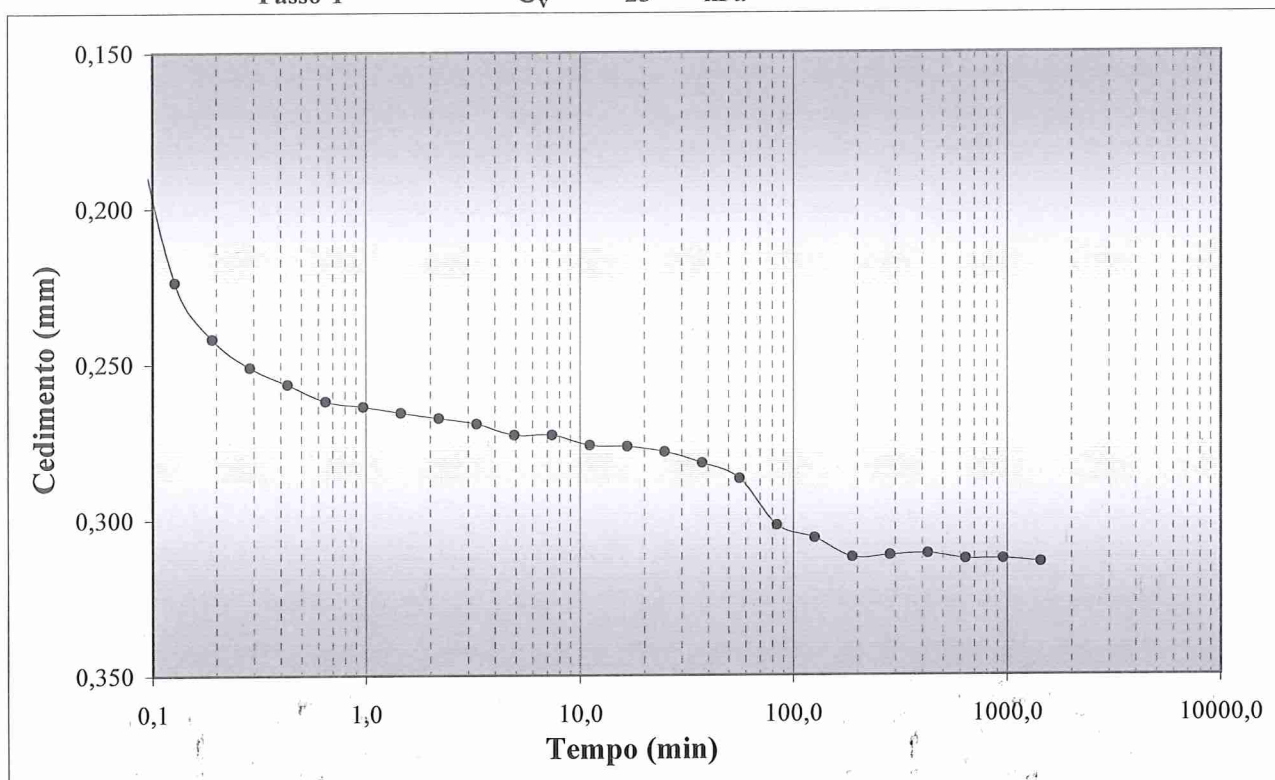
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

Sondaggio: S7

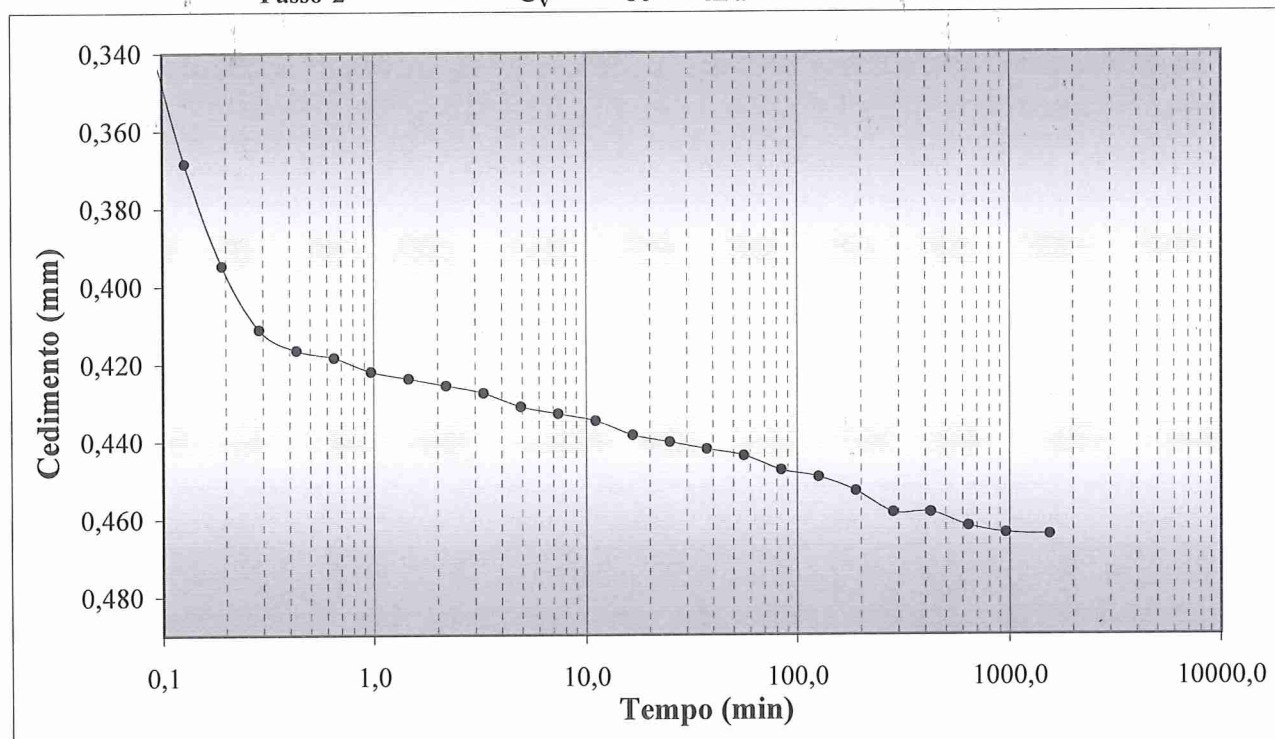
Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Passo 1

 $\sigma_v = 25$ kPa

Passo 2

 $\sigma_v = 50$ kPa

Lo Sperimentatore

(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio

(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

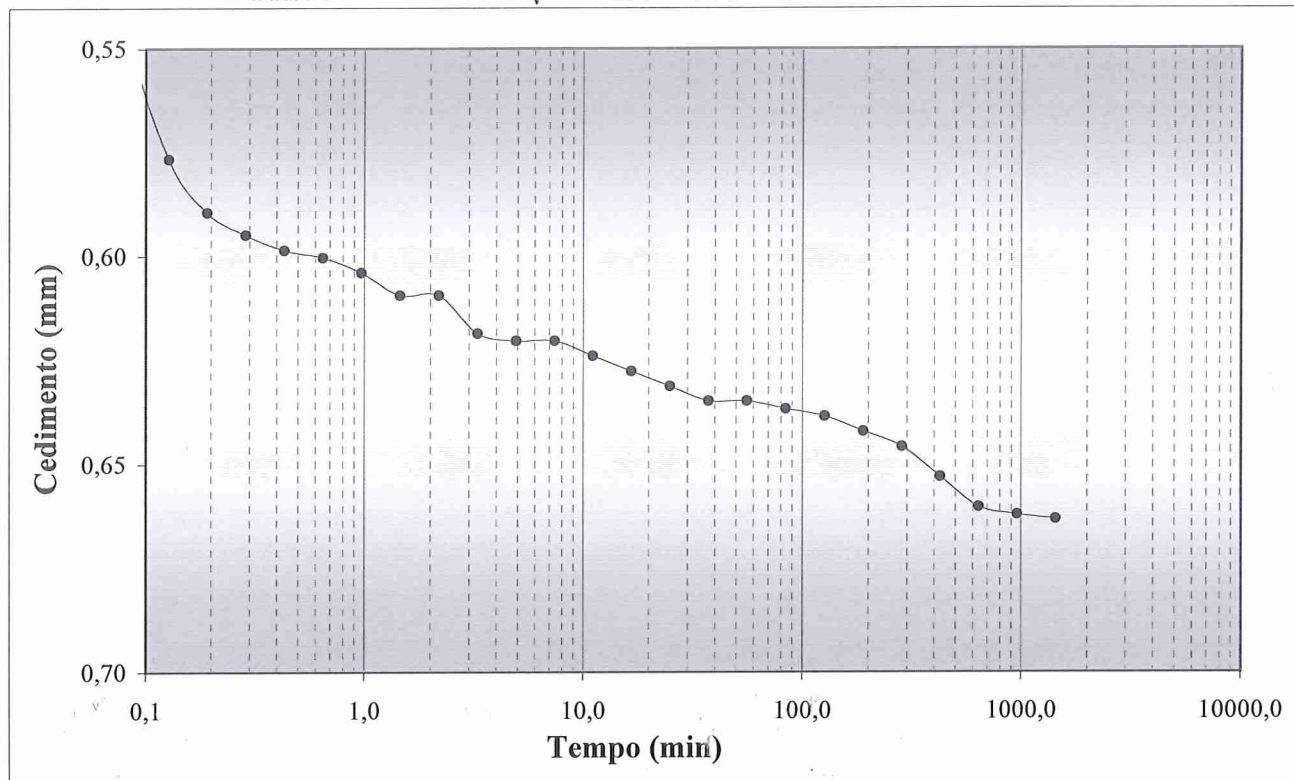
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

Sondaggio: S7

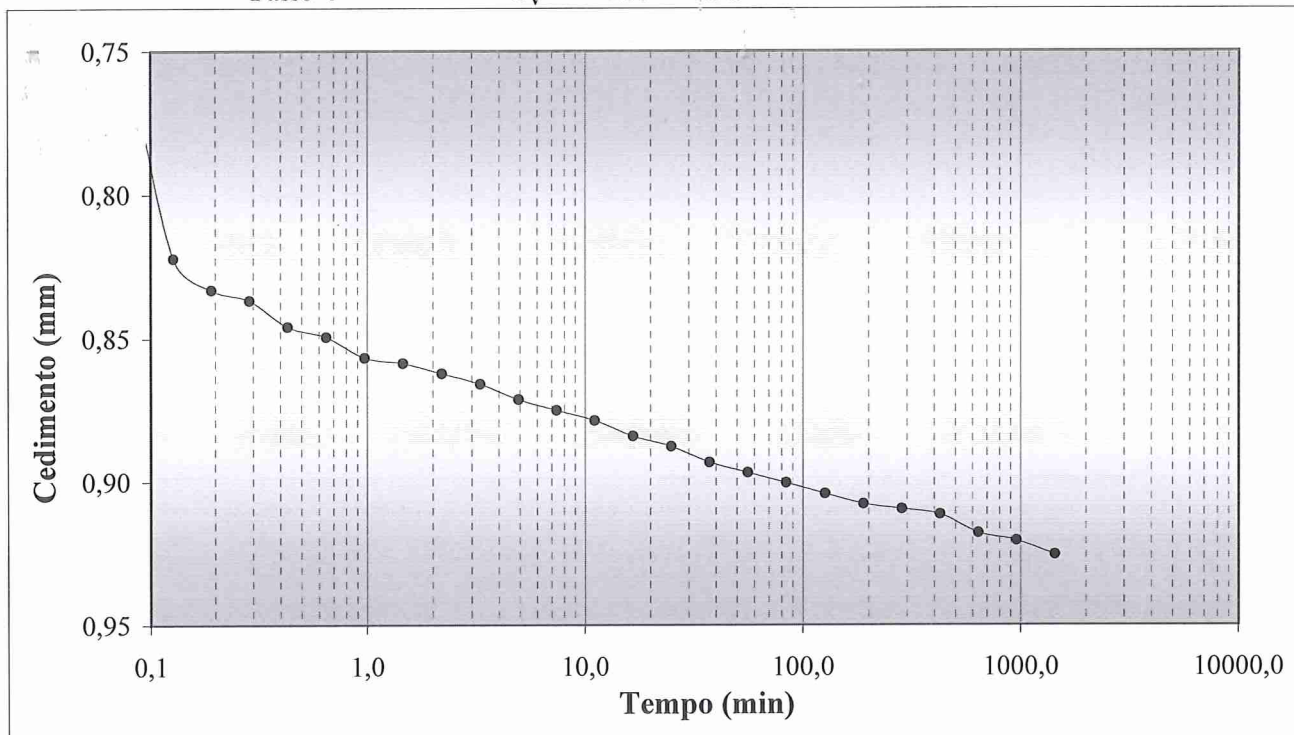
Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Passo 3

 $\sigma_v = 100$ kPa

Passo 4

 $\sigma_v = 200$ kPaLo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

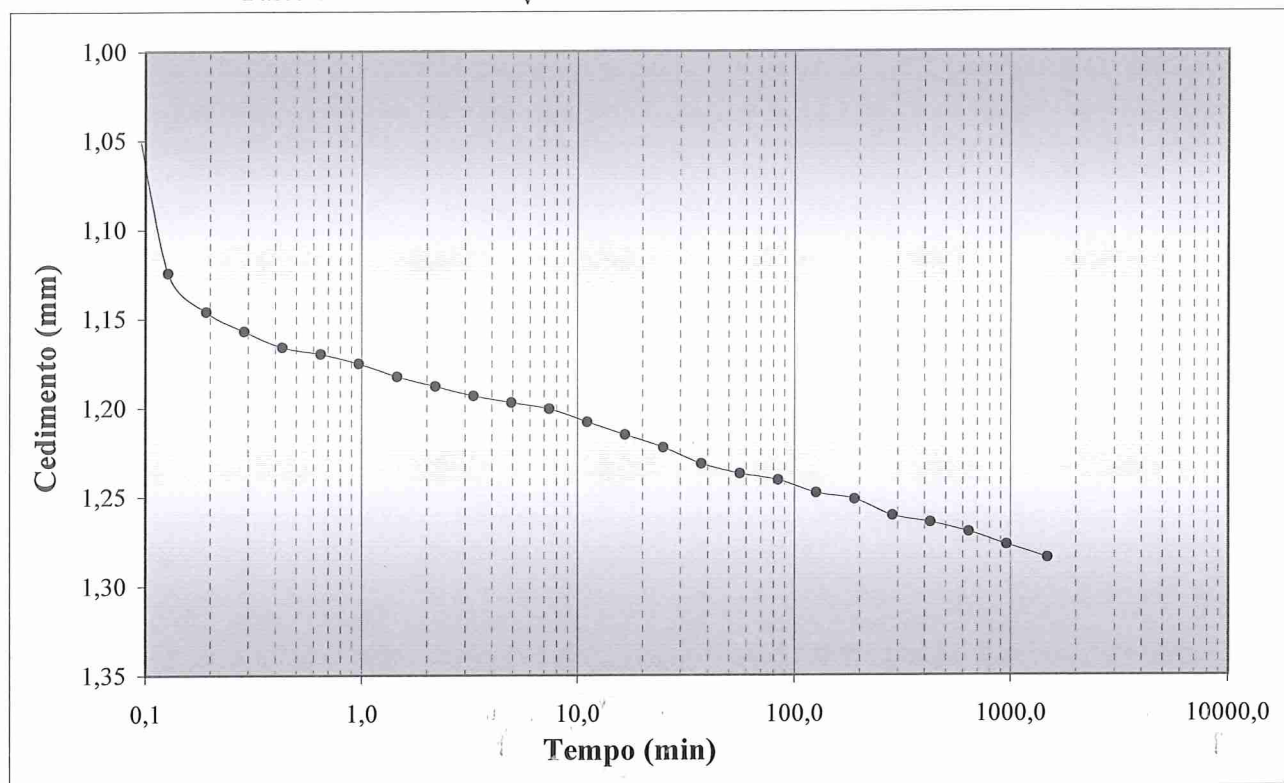
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

Sondaggio: S7

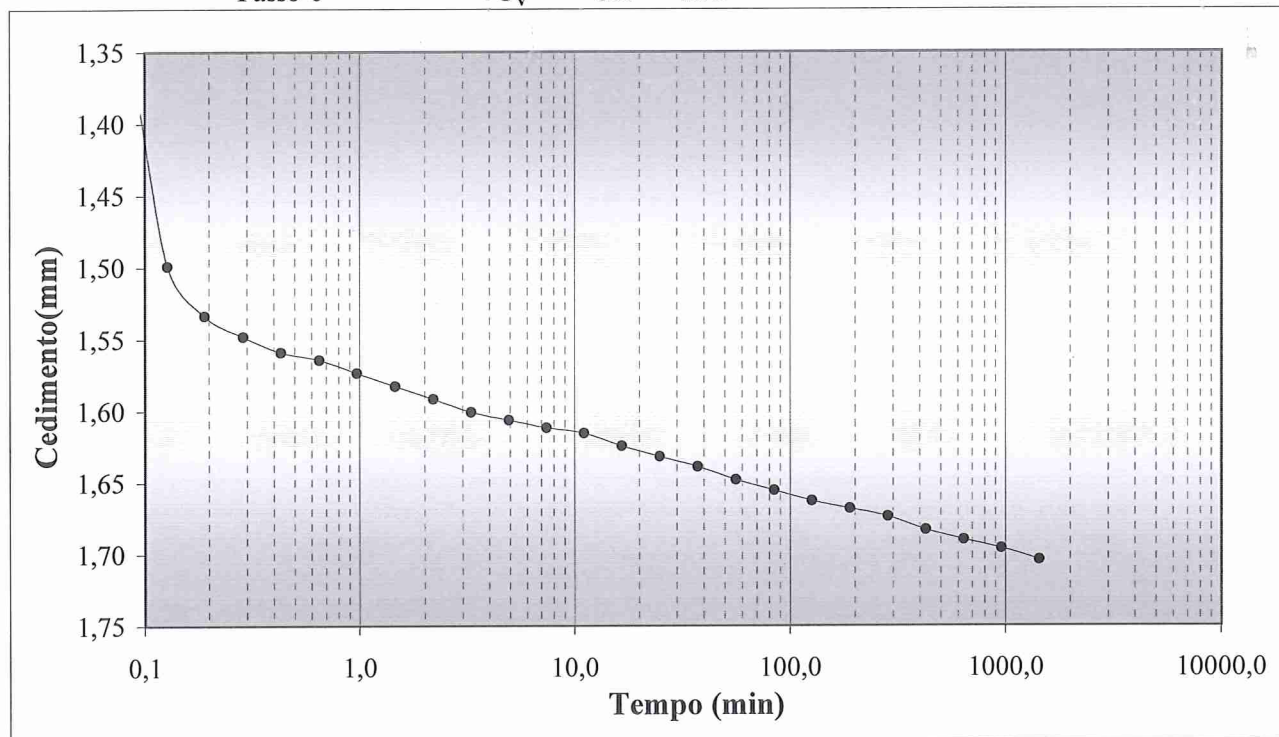
Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Passo 5

 $\sigma_v = 400$ kPa

Passo 6

 $\sigma_v = 800$ kPaLo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

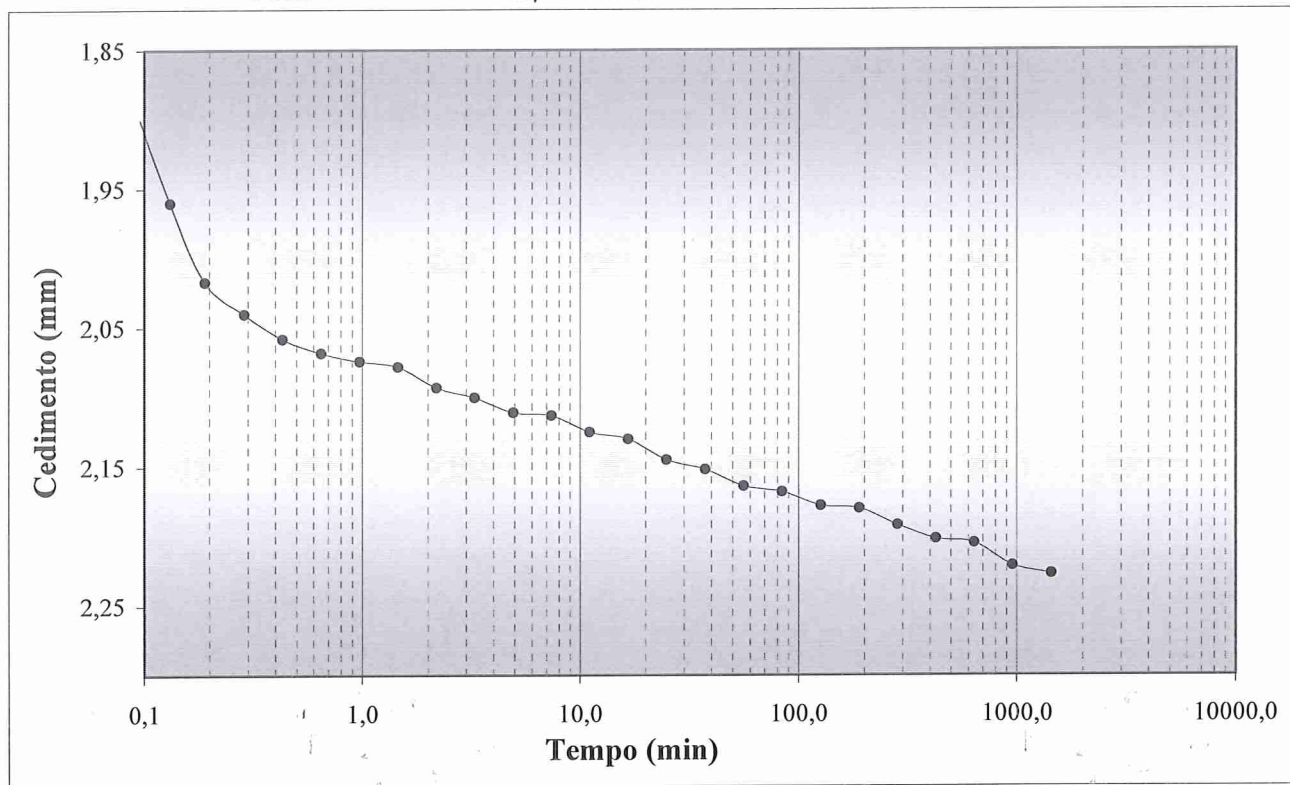
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

Sondaggio: S7

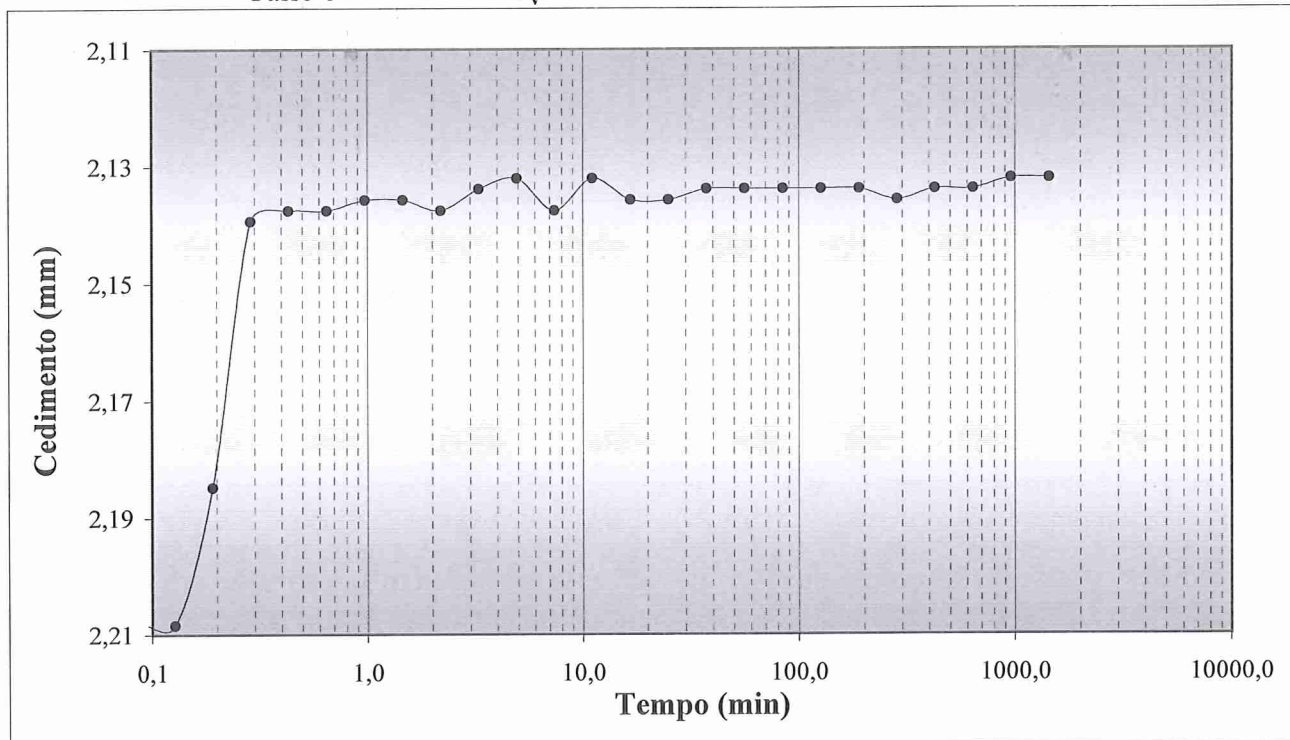
Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Passo 7

 $\sigma_v = 1600$ kPa

Passo 8

 $\sigma_v = 400$ kPaLo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

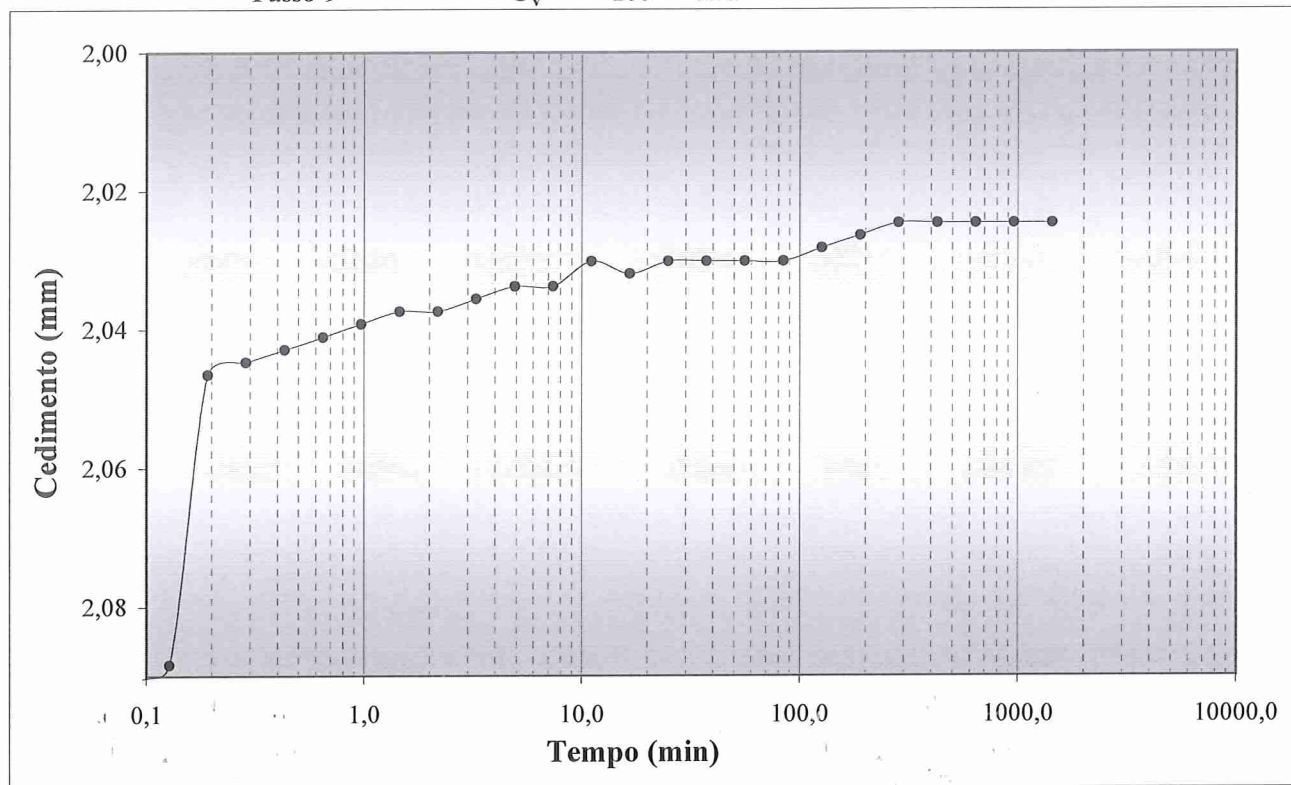
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

Sondaggio: S7

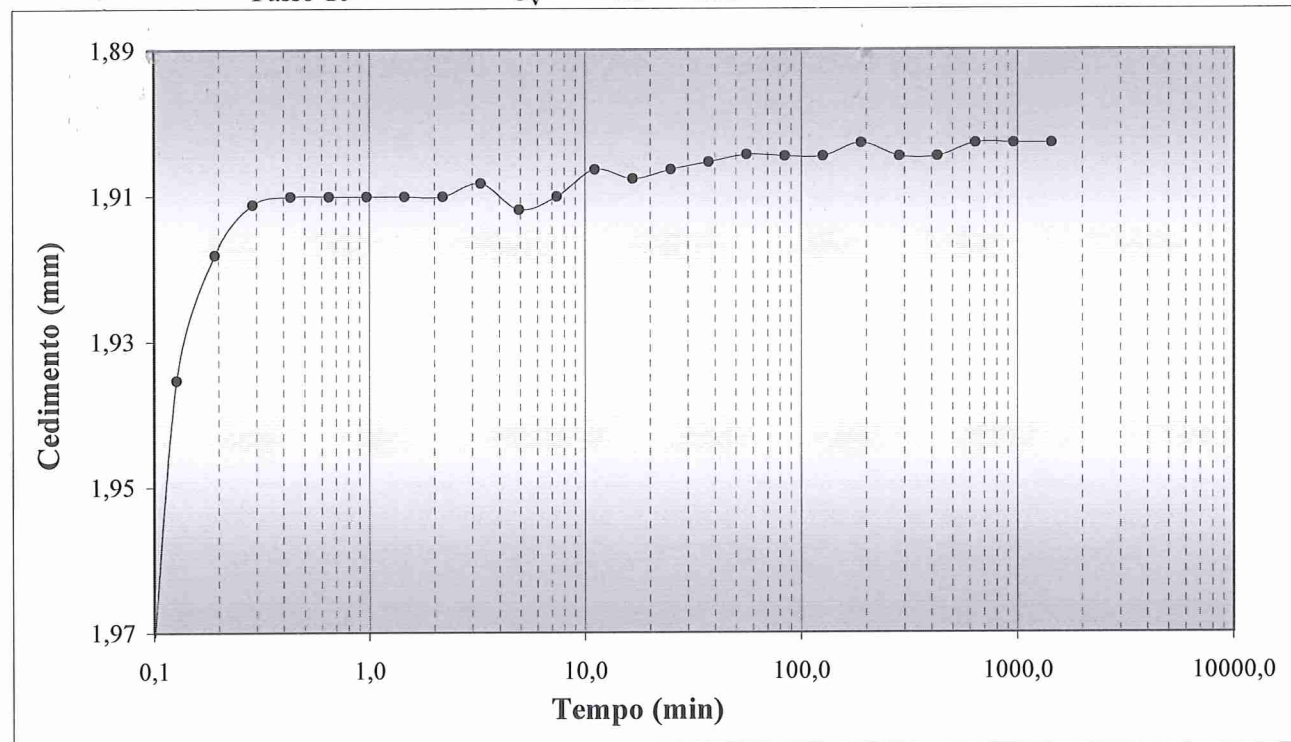
Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Passo 9

 $\sigma_v = 100$ kPa

Passo 10

 $\sigma_v = 25$ kPaLo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)Il Direttore del Laboratorio
(Dot. Geol. Biancamaria Chiantini)

Sede legale e amministrativa:

Via Sicilia 29 - Belverde - 53035 MONTERIGGIONI - SI (I)

Tel. 0577 • 5841 - Fax 0577 • 52610 - E-mail: info@labgeotec.it - www.labgeotec.it

AG T.01.c Rev.02 01.12

Spett.le **UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO**
Via Roma, 203 – Ponte a Poppi
52014 POPPI (AR)

Prot. n° 3217/0092G-a

Siena,

Allegati: n°3 elaborati

OGGETTO: Prove di Laboratorio sui terreni: Campione di terreno in fustella

Siglato "S7C1 - Profondità da ml 6,50 a ml 7,00.

Cantiere: "Lavori di realizzazione del Sistema integrato dei percorsi ciclabili dell'Arno e del sentiero della bonifica – Tratto fiume Arno Casentino 2° stralcio – 2° lotto"

RELAZIONE INTEGRATIVA

Con riferimento al Verbale di Accettazione n° 0045/X del 19-06-2018 e a seguito delle prove di Laboratorio eseguite sul campione di terreno in oggetto, è stato emesso il Certificato n° 0092G/00163 del 09-08-2018 con l'esposizione dei soli risultati ottenuti e senza la loro interpretazione, a norma della Circolare Ministeriale del 08-09-2010 n° 7618/STC.

Si ritiene utile trasmettere l'allegato elaborato relativo alla prova certificata eseguita sul campione in oggetto, da cui risultano i sottoriportati parametri per le prove di Espansione Laterale Libera, Taglio diretto CD e Taglio Residuo:

Allegato: elaborato di n° 1 pagina – Prova di compressione ad Espansione Laterale Libera :

- $\sigma = 12,7 \text{ kPa}$
- $\varepsilon = 2,50 \%$
- $C_u = 6.4 \text{ kPa}$

Allegato: elaborato di n° 1 pagina – Prova di Taglio CD:

- $C' = 3 \text{ kPa}$
- $\phi' = 36 \text{ Gradi}$

Allegato: elaborato di n° 12 pagine – Prova Edometrica

Passo	σ kPa	ε %	e %	M MPa	K m/s	C_v cm ² /s	C_α %
1	25	1,569	0,583			8,47E-03	0,0032
2	50	2,321	0,571	3,324	3,265E-09	1,11E-02	0,004
3	100	3,316	0,555	5,025	2,325E-09	1,19E-02	0,009
4	200	4,628	0,534	7,625	1,974E-09	1,54E-02	0,0200
5	400	6,422	0,505	11,148	1,267E-09	1,44E-02	0,0328
6	800	8,520	0,471	19,061	6,728E-10	1,31E-02	0,0386
7	1600	11,135	0,429	30,593	4,069E-10	1,27E-02	0,0485
8	400	10,660	0,437				
9	100	10,124	0,445				
10	25	9,514	0,455				

Nella fiducia di aver fornito utili indicazioni interpretative, non vincolanti per il Laboratorio, ci è gradito porgere cordiali saluti.

BC/bmc

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Committente : UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere : SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

PROVA DI COMPRESSINE NON CONFINATA

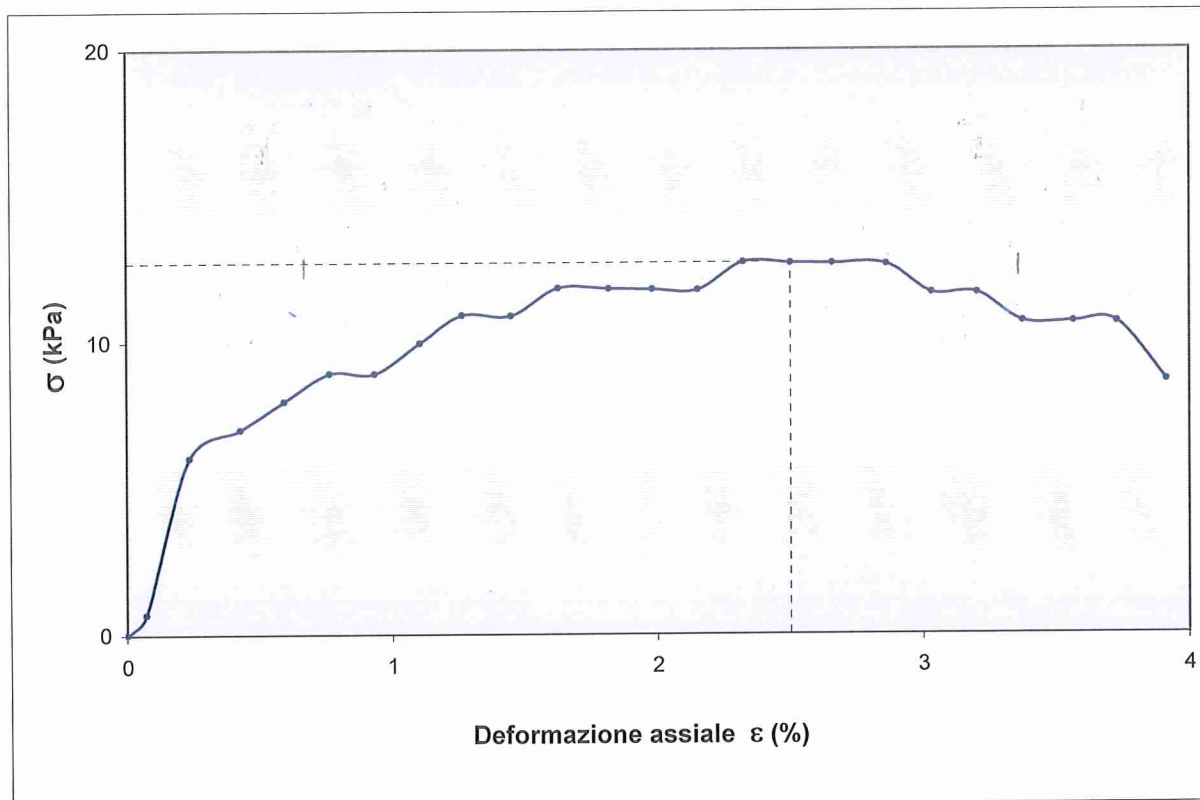
Caratteristiche del provino

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	γ _n kN/m ³	γ _d kN/m ³	W ₀ %	W _f %
1	80,00	11,22	20,25	16,55	18,29	18,17

Caratteristiche della fase di rottura

Provino	σ kPa	ε %	v mm/min	c _u kPa
1	12,7	2,50	0,5	6,4

CURVA SFORZI - DEFORMAZIONI



Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
Intestatorio: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
Sondaggio: S7
Campione: C1
Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

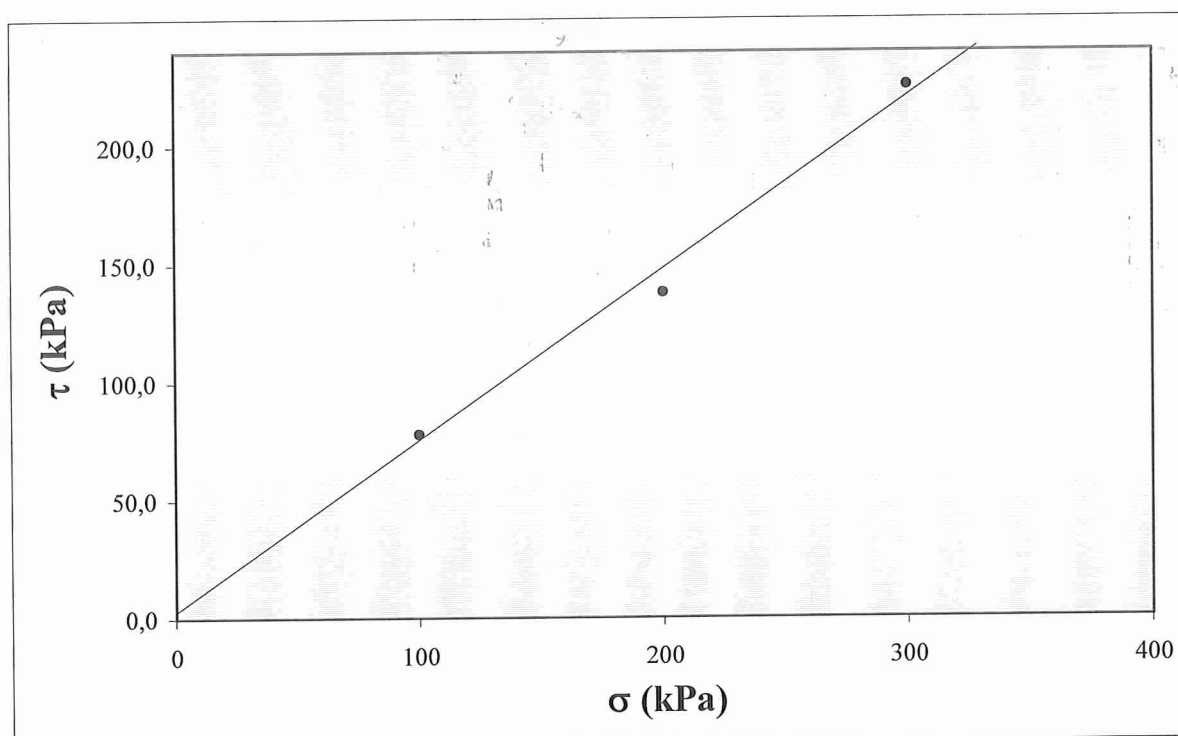
PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA

Caratteristiche dei provini

Provino	H ₀ mm	A ₀ cm ²	W ₀ %	W _f %	γ _n kN/m ³	γ _d kN/m ³
1	22,00	40,00	29,15	22,65	20,24	15,67
2	22,00	40,00	29,41	21,10	20,58	15,91
3	22,00	40,00	29,07	20,92	20,68	16,02

Caratteristiche fasi di consolidazione e rottura

Provino	σ kPa	H mm	Δt ore	τ kPa	S _h mm	v mm/min
1	100	20,83	24	78,0	4,3	0,010
2	200	19,97	24	138,0	5,1	0,010
3	300	20,79	24	225,6	5,6	0,010



Risultati:

Φ' : 36 Gradi
C' : 3 kPa

V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 19/07/2018

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SI)

Lo sperimentatore
(*[Signature]*)

Il Direttore del Laboratorio
(*[Signature]*)

Pag.1

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
 Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
 Sondaggio: S7
 Campione: C1
 Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Sezione	A	40,00	cm ²
Altezza iniziale		20,00	mm
Altezza finale		18,10	mm
Peso specifico grani	γ_r	25,67	kN/m ³
Peso di volume iniziale	γ_n	19,70	kN/m ³
Peso di volume finale	γ_f	20,66	kN/m ³
Peso di volume secco	γ_d	15,96	kN/m ³

Contenuto d'acqua iniziale	W_o	23,42	%
Contenuto d'acqua finale	W_f	17,15	%
Saturazione iniziale	S_o	100,73	%
Saturazione finale	S_f	98,56	%
Indice dei vuoti iniziale	e_o	0,608	
Indice dei vuoti finale	e_f	0,455	
Peso di volume secco finale	γ_{df}	17,639	kN/m ³

Passo 1	
25 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,0000
0,085	0,1655
0,128	0,2237
0,192	0,2419
0,288	0,2510
0,432	0,2565
0,649	0,2619
0,973	0,2637
1,460	0,2656
2,191	0,2674
3,286	0,2692
4,93	0,2728
7,40	0,2728
11,09	0,2761
16,64	0,2765
24,96	0,2783
37,44	0,2819
56,16	0,2869
84,24	0,3019
126,35	0,3060
189,5	0,3122
284,3	0,3116
426,5	0,3110
639,7	0,3128
959,5	0,3128
1439,3	0,3138

Passo 2	
50 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,3140
0,085	0,3352
0,128	0,3684
0,192	0,3947
0,288	0,4111
0,432	0,4165
0,649	0,4184
0,973	0,4220
1,460	0,4238
2,191	0,4256
3,29	0,4275
4,93	0,4311
7,40	0,4329
11,09	0,4347
16,64	0,4384
24,96	0,4402
37,44	0,4420
56,16	0,4438
84,24	0,4475
126,35	0,4493
189,5	0,4529
284,3	0,4584
426,5	0,4584
639,7	0,4620
959,5	0,4638
1548,8	0,4642

Passo 3	
100 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,4675
0,085	0,5457
0,128	0,5766
0,192	0,5894
0,288	0,5948
0,432	0,5985
0,649	0,6003
0,973	0,6039
1,460	0,6094
2,191	0,6094
3,29	0,6185
4,93	0,6203
7,40	0,6203
11,09	0,6239
16,64	0,6276
24,96	0,6312
37,44	0,6348
56,16	0,6348
84,24	0,6367
126,35	0,6385
189,5	0,6421
284,3	0,6458
426,5	0,6530
639,7	0,6603
959,5	0,6621
1439,3	0,6632

Passo 4	
200 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,6694
0,085	0,7600
0,128	0,8222
0,192	0,8331
0,288	0,8368
0,432	0,8459
0,649	0,8495
0,973	0,8568
1,460	0,8586
2,191	0,8622
3,29	0,8659
4,93	0,8713
7,40	0,8750
11,09	0,8786
16,64	0,8841
24,96	0,8877
37,44	0,8932
56,16	0,8968
84,24	0,9004
126,35	0,9041
189,5	0,9077
284,3	0,9095
426,5	0,9114
639,7	0,9179
959,5	0,9205
1439,3	0,9255

$\sigma_v = 25$ kPa
 $\varepsilon = 1,569$ %
 $e = 0,583$
 $C_v = 8,47E-03$ cm²/s
 $Ca = 3,19E-03$ %

$\sigma_v = 50$ kPa
 $\varepsilon = 2,321$ %
 $e = 0,571$
 $C_v = 1,11E-02$ cm²/s
 $Ca = 3,90E-03$ %
 $M = 3,324$ MPa
 $K = 3,27E-09$ m/s

$\sigma_v = 100$ kPa
 $\varepsilon = 3,316$ %
 $e = 0,555$
 $C_v = 1,19E-02$ cm²/s
 $Ca = 8,75E-03$ %
 $M = 5,025$ MPa
 $K = 2,33E-09$ m/s

$\sigma_v = 200$ kPa
 $\varepsilon = 4,628$ %
 $e = 0,534$
 $C_v = 1,54E-02$ cm²/s
 $Ca = 2,00E-02$ %
 $M = 7,625$ MPa
 $K = 1,97E-09$ m/s

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
 Intestatorio: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
 Sondaggio: S7
 Campione: C1
 Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Sezione	A	40,00	cm ²
Altezza iniziale		20,00	mm
Altezza finale		18,10	mm
Peso specifico grani	γ_r	25,67	kN/m ³
Peso di volume iniziale	γ_n	19,70	kN/m ³
Peso di volume finale	γ_f	20,66	kN/m ³
Peso di volume secco	γ_d	15,96	kN/m ³

Contenuto d'acqua iniziale	W_o	23,42	%
Contenuto d'acqua finale	W_f	17,15	%
Saturazione iniziale	S_o	100,73	%
Saturazione finale	S_f	98,56	%
Indice dei vuoti iniziale	e_o	0,61	
Indice dei vuoti finale	e_f	0,46	
Peso di volume secco finale	γ_{df}	17,64	kN/m ³

Passo 5	
400 kPa	
dt min	dH mm
0,057	0,9350
0,085	1,0200
0,128	1,1242
0,192	1,1460
0,288	1,1569
0,432	1,1660
0,649	1,1697
0,973	1,1751
1,460	1,1824
2,191	1,1879
3,29	1,1933
4,93	1,1970
7,40	1,2006
11,09	1,2079
16,64	1,2152
24,96	1,2224
37,44	1,2315
56,16	1,2370
84,24	1,2406
126,35	1,2479
189,5	1,2515
284,3	1,2606
426,5	1,2643
639,7	1,2697
959,5	1,2770
1479,1	1,2843

Passo 6	
800 kPa	
dt min	dH mm
0,057	1,2825
0,085	1,3530
0,128	1,4990
0,191	1,5335
0,288	1,5481
0,432	1,5590
0,649	1,5644
0,973	1,5735
1,460	1,5826
2,191	1,5917
3,29	1,6008
4,93	1,6063
7,40	1,6117
11,09	1,6154
16,64	1,6245
24,96	1,6318
37,44	1,6390
56,16	1,6481
84,24	1,6554
126,35	1,6627
189,5	1,6681
284,3	1,6736
426,5	1,6830
639,7	1,6900
959,5	1,6960
1439,3	1,7040

Passo 7	
1600 kPa	
dt min	dH mm
0,057	1,7499
0,085	1,8730
0,132	1,9600
0,191	2,0170
0,288	2,0400
0,432	2,0580
0,649	2,0680
0,973	2,0740
1,460	2,0780
2,191	2,0930
3,29	2,1000
4,93	2,1110
7,40	2,1130
11,09	2,1250
16,64	2,1300
24,96	2,1450
37,44	2,1520
56,16	2,1640
84,24	2,1680
126,35	2,1780
189,5	2,1800
284,3	2,1920
426,5	2,2020
639,7	2,2048
959,5	2,2212
1439,3	2,2270

Passo 8	
400 kPa	
dt min	dH mm
0,057	2,2193
0,085	2,2084
0,128	2,2084
0,192	2,1848
0,288	2,1393
0,432	2,1375
0,649	2,1375
0,973	2,1357
1,460	2,1357
2,191	2,1375
3,29	2,1338
4,93	2,1320
7,40	2,1375
11,09	2,1320
16,64	2,1357
24,96	2,1357
37,44	2,1338
56,16	2,1338
84,24	2,1338
126,35	2,1338
189,5	2,1338
284,3	2,1357
426,5	2,1338
639,7	2,1338
959,5	2,1320
1439,3	2,1320

$\sigma_v = 400$ kPa
 $\epsilon = 6,422$ %
 $e = 0,505$

$C_v = 1,44E-02$ cm²/s
 $Ca = 3,28E-02$ %
 $M = 11,148$ MPa
 $K = 1,27E-09$ m/s

$\sigma_v = 800$ kPa
 $\epsilon = 8,520$ %
 $e = 0,471$

$C_v = 1,31E-02$ cm²/s
 $Ca = 3,86E-02$ %
 $M = 19,061$ MPa
 $K = 6,73E-10$ m/s

$\sigma_v = 1600$ kPa
 $\epsilon = 11,135$ %
 $e = 0,429$

$C_v = 1,27E-02$ cm²/s
 $Ca = 4,85E-02$ %
 $M = 30,593$ MPa
 $K = 4,07E-10$ m/s

$\sigma_v = 400$ kPa
 $\epsilon = 10,660$ %
 $e = 0,437$

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
 Intestatorio: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
 Sondaggio: S7
 Campione: C1
 Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Sezione	A	40,00	cm ²
Altezza iniziale		20,00	mm
Altezza finale		18,10	mm
Peso specifico grani	γ_r	25,67	kN/m ³
Peso di volume iniziale	γ_n	19,70	kN/m ³
Peso di volume finale	γ_f	20,66	kN/m ³
Peso di volume secco	γ_d	15,96	kN/m ³

Contenuto d'acqua iniziale	W_o	23,42	%
Contenuto d'acqua finale	W_f	17,15	%
Saturazione iniziale	S_o	100,73	%
Saturazione finale	S_f	98,56	%
Indice dei vuoti iniziale	e_o	0,61	
Indice dei vuoti finale	e_f	0,46	
Peso di volume secco finale	γ_{df}	17,64	kN/m ³

Passo 9		Passo 10	
100 kPa		25 kPa	
dt min	dH mm	dt min	dH mm
0,057	2,1320	0,057	2,0192
0,085	2,0920	0,085	1,9956
0,128	2,0884	0,128	1,9353
0,192	2,0465	0,192	1,9181
0,288	2,0447	0,288	1,9112
0,432	2,0429	0,432	1,9101
0,649	2,0411	0,649	1,9101
0,973	2,0392	0,973	1,9101
1,460	2,0374	1,460	1,9101
2,191	2,0374	2,191	1,9101
3,29	2,0356	3,29	1,9083
4,93	2,0338	4,93	1,9119
7,40	2,0338	7,40	1,9101
11,09	2,0302	11,09	1,9064
16,64	2,0320	16,64	1,9077
24,96	2,0302	24,96	1,9064
37,44	2,0302	37,44	1,9054
56,16	2,0302	56,16	1,9044
84,24	2,0302	84,24	1,9046
126,35	2,0283	126,35	1,9046
189,5	2,0265	189,5	1,9028
284,3	2,0247	284,3	1,9046
426,5	2,0247	426,5	1,9046
639,7	2,0247	639,7	1,9028
959,5	2,0247	959,5	1,9028
1439,3	2,0247	1439,3	1,9028

σ_v = (pressione totale applicata)

ε = (deformazione verticale)

e = (indice dei vuoti)

C_v = (coefficiente di consolidazione primaria)

C_α = (coefficiente di consolidazione secondaria)

M = (modulo edometrico)

K = (permeabilità)

σ_v = 100 kPa
 ε = 10,124 %
 e = 0,445

σ_v = 25 kPa
 ε = 9,514 %
 e = 0,455

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

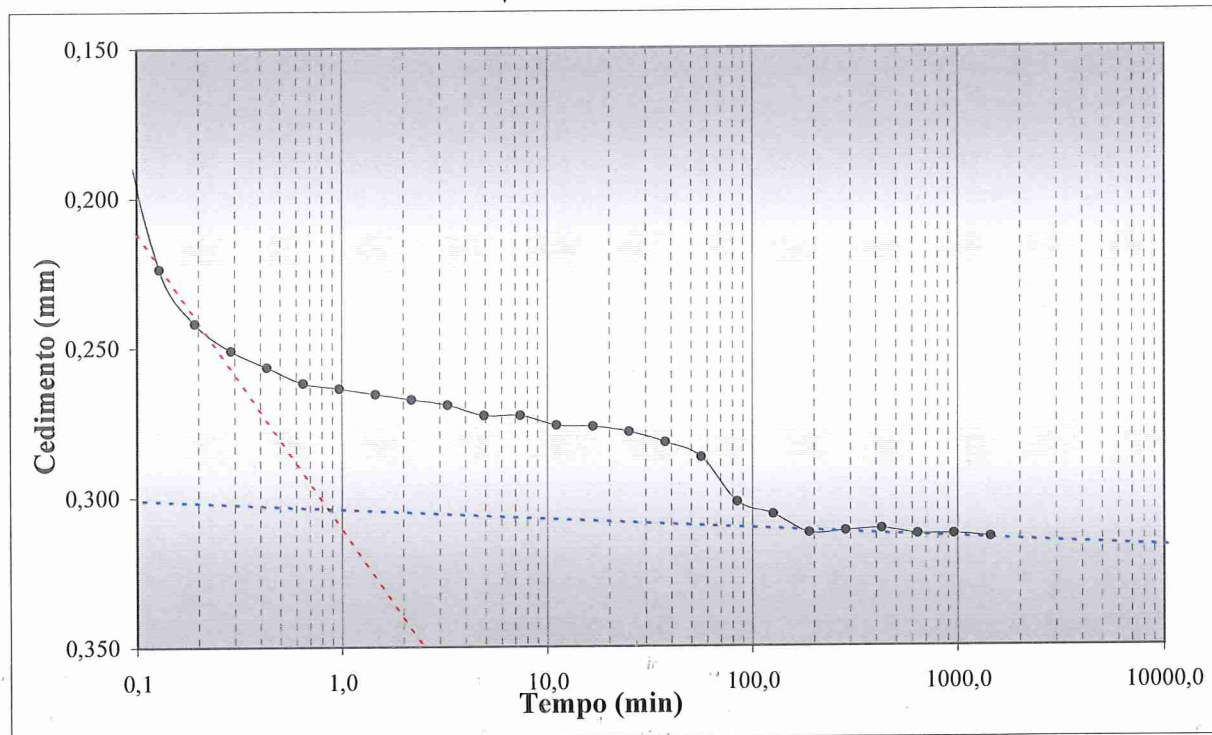
Sondaggio: S7

Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

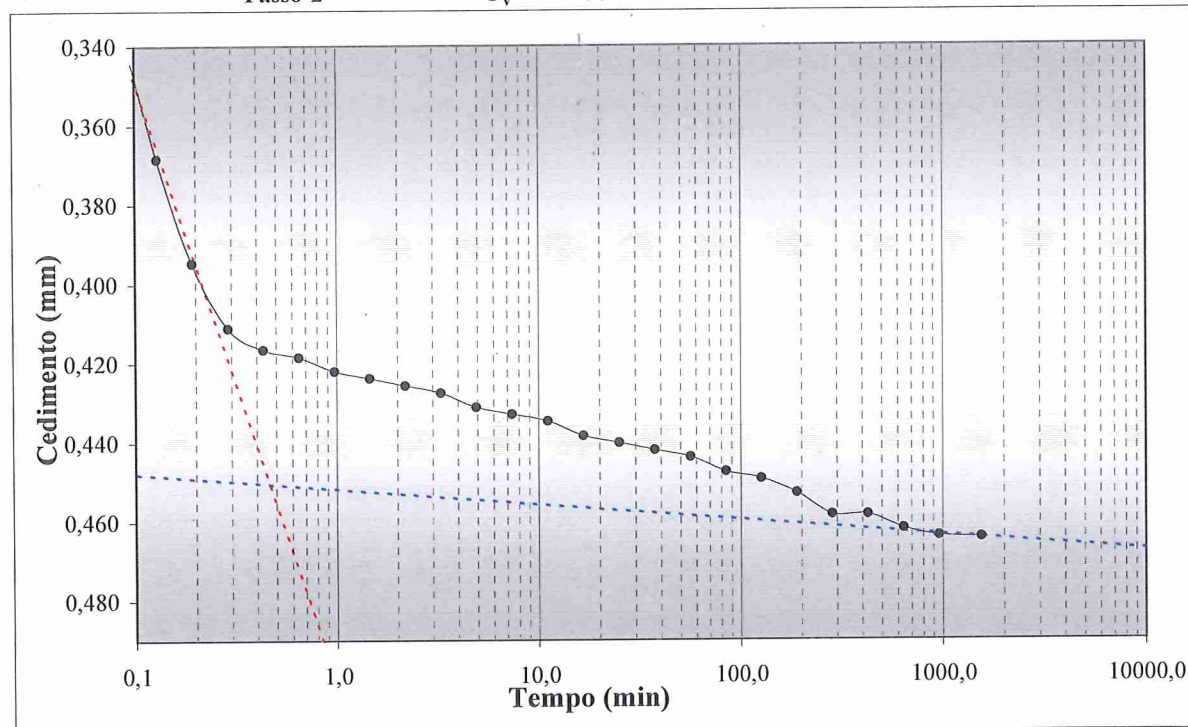
Passo 1

$\sigma_v = 25$ kPa



Passo 2

$\sigma_v = 50$ kPa



V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 27/07/2018

Pag.4

GEOTEC s.r.l. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SIENA)

Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

(*[Signature]*)

(*[Signature]*)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

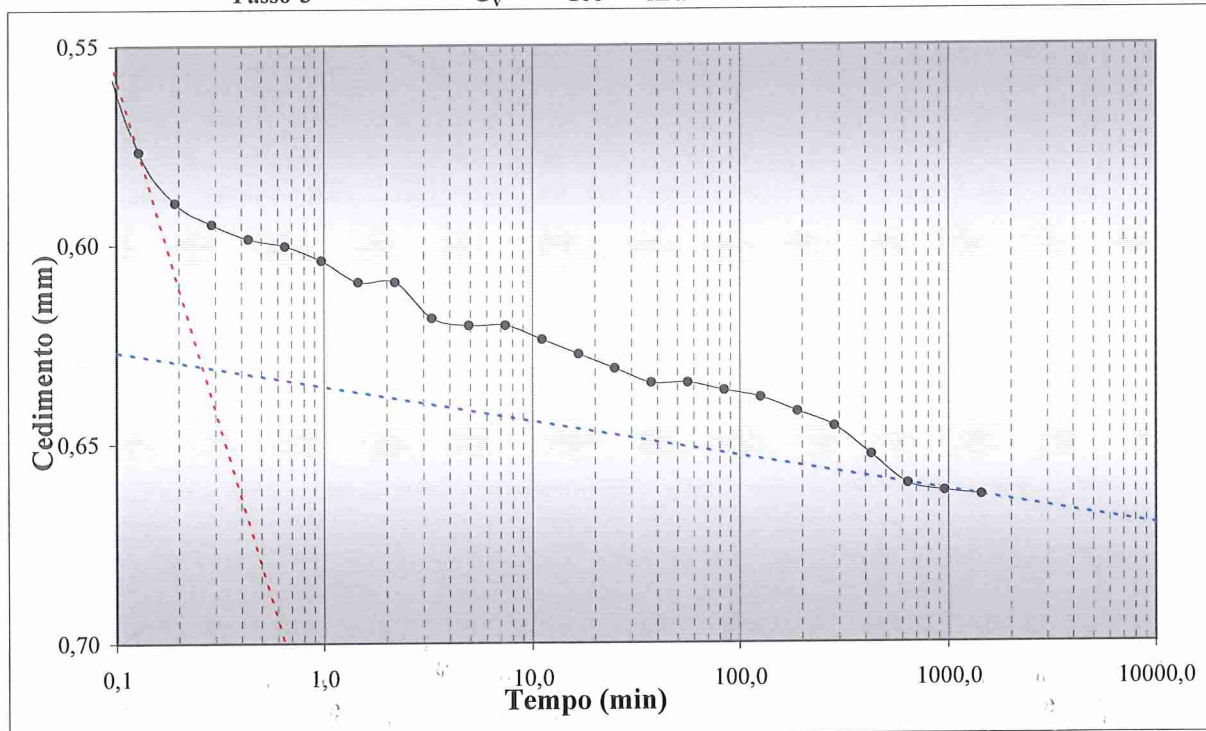
Sondaggio: S7

Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

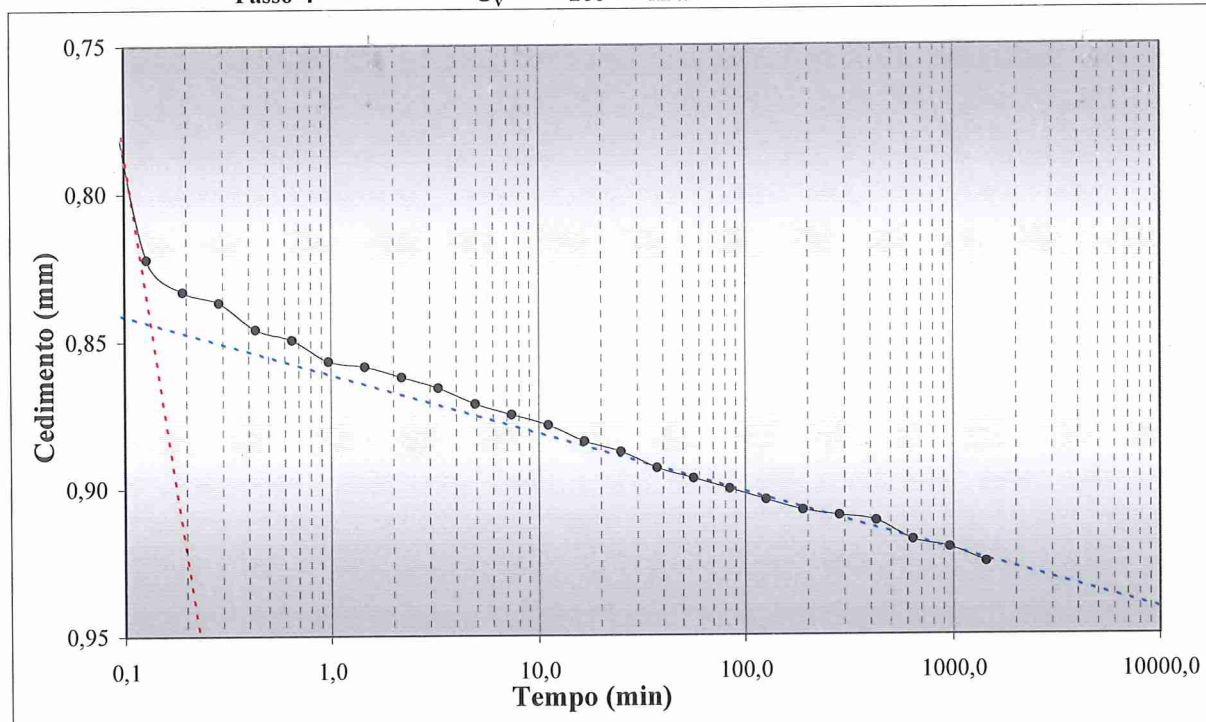
Passo 3

$\sigma_v = 100$ kPa



Passo 4

$\sigma_v = 200$ kPa



V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 27/07/2018

Pag.5

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SIENA)

Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

(*[Signature]*)

(*[Signature]*)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatorio: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

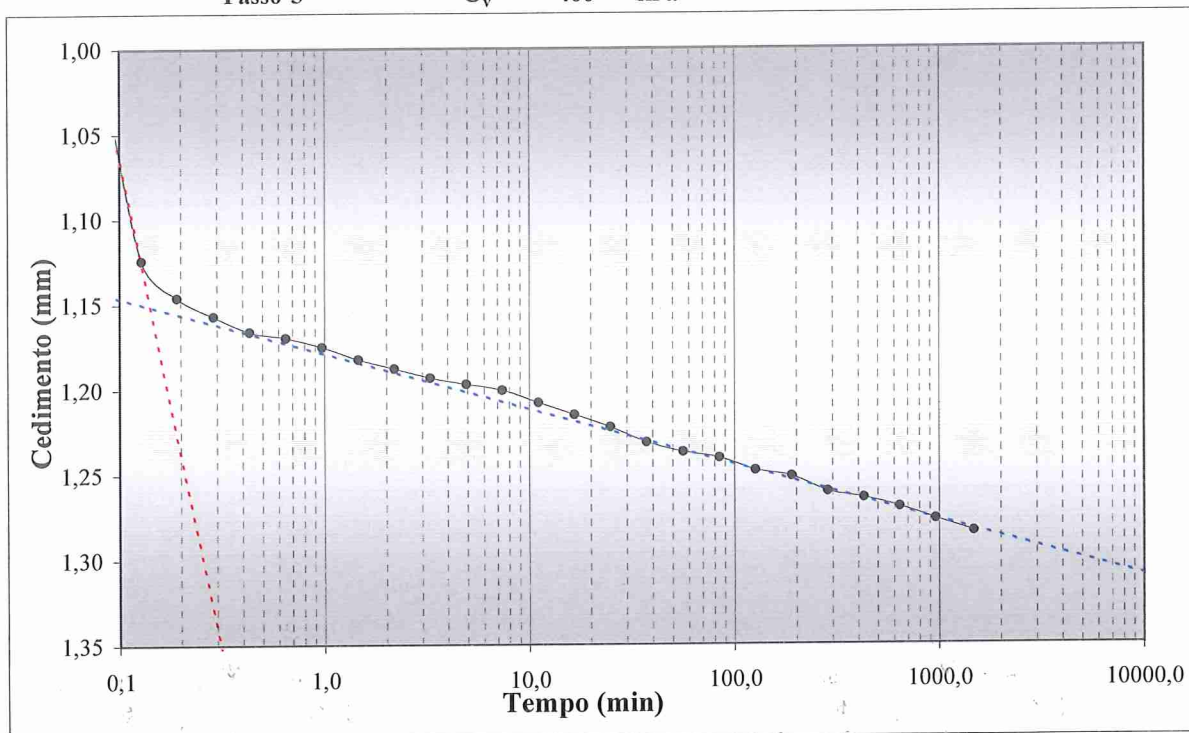
Sondaggio: S7

Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

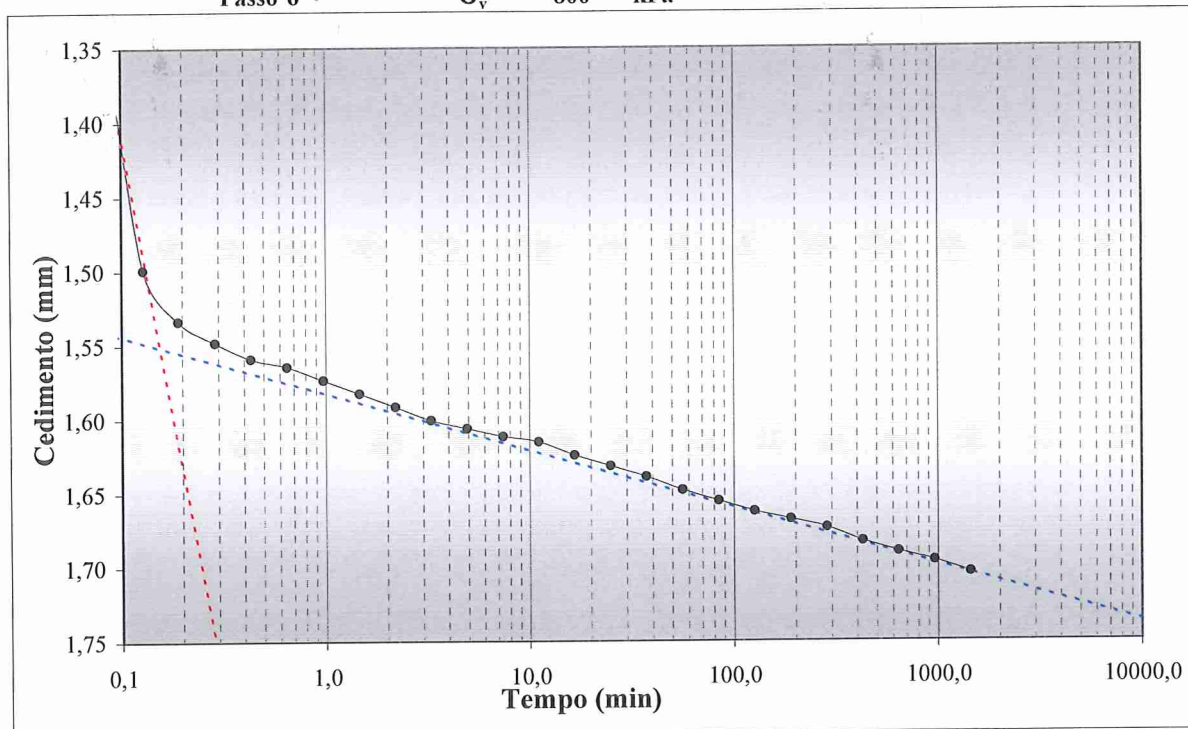
Passo 5

$\sigma_v = 400$ kPa



Passo 6

$\sigma_v = 800$ kPa



V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 27/07/2018

Pag.6

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SIENA)

Lo sperimentatore

(*[Signature]*)

Il Direttore del Laboratorio

(*[Signature]*)

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

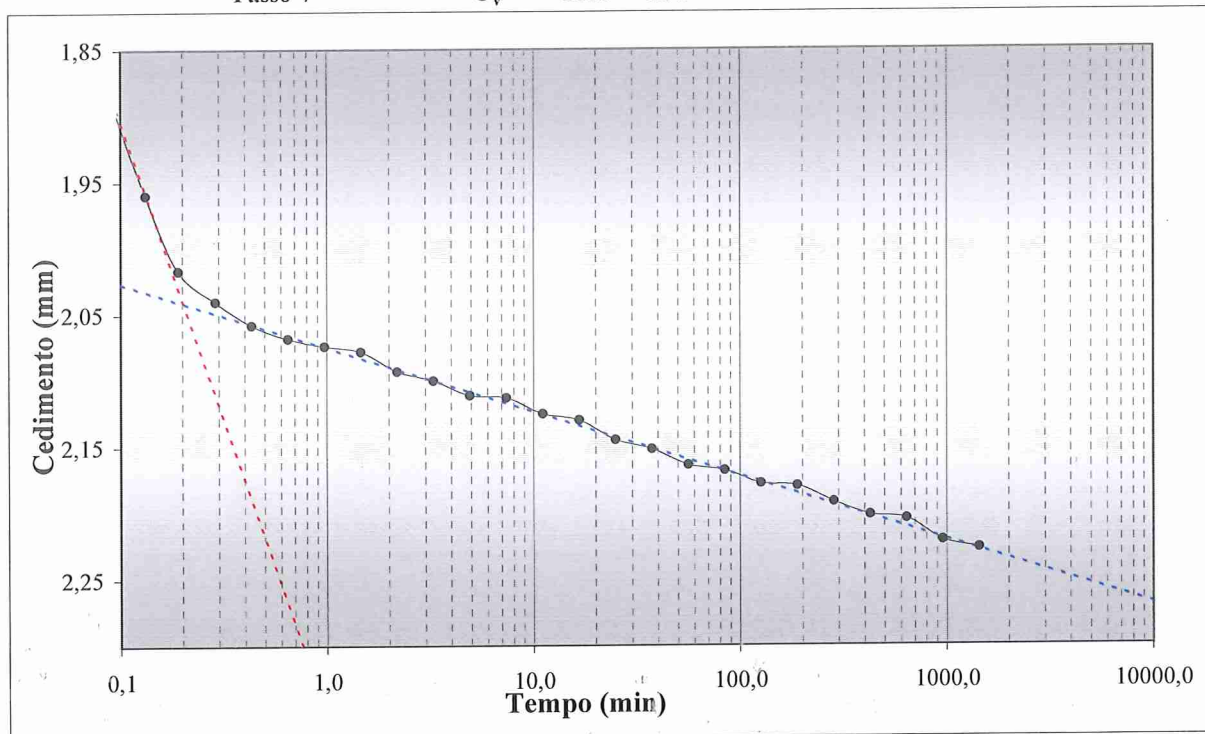
Sondaggio: S7

Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

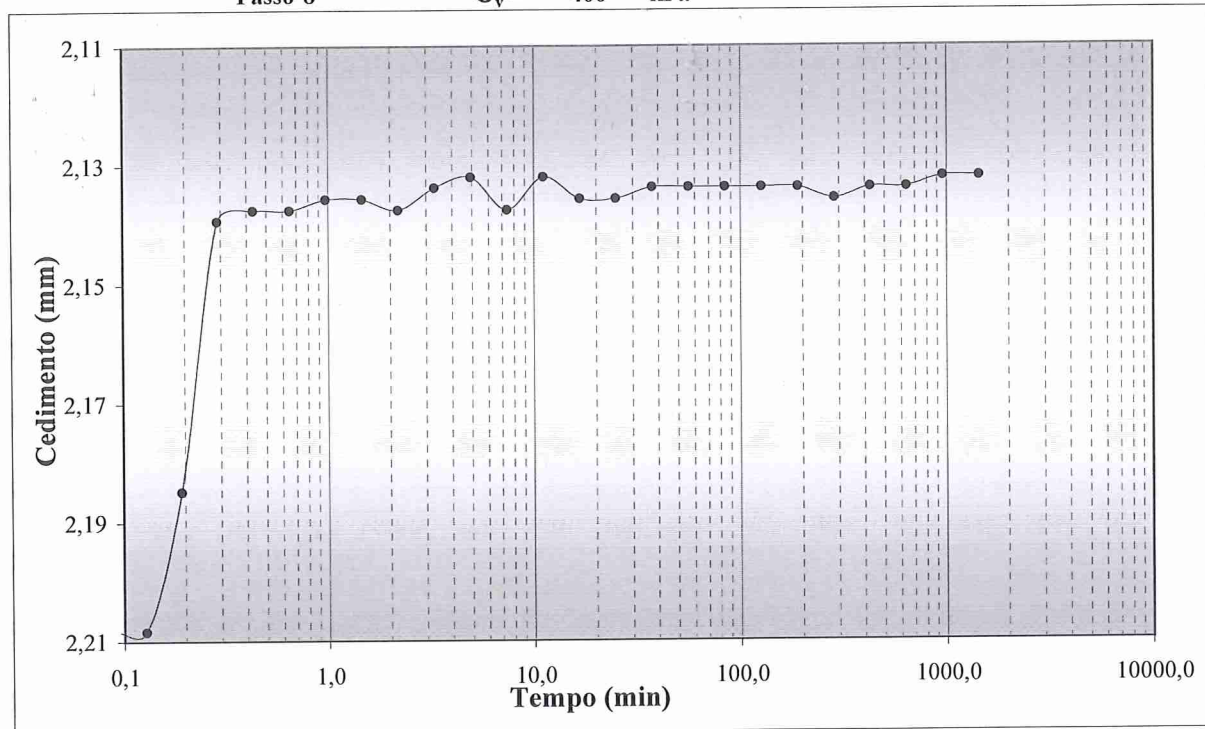
Passo 7

$\sigma_v = 1600$ kPa



Passo 8

$\sigma_v = 400$ kPa



V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 27/07/2018

Pag.7

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Bellerive di Monteriggioni (SIENA)

Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

()

()

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

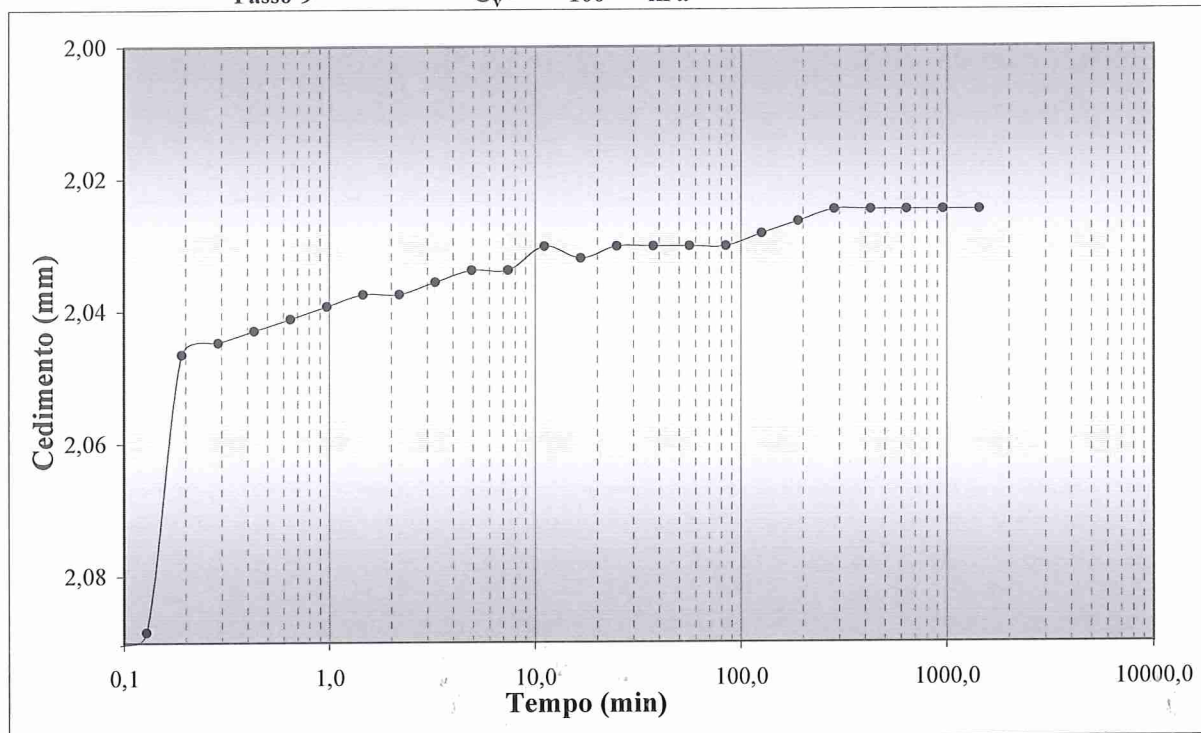
Sondaggio: S7

Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

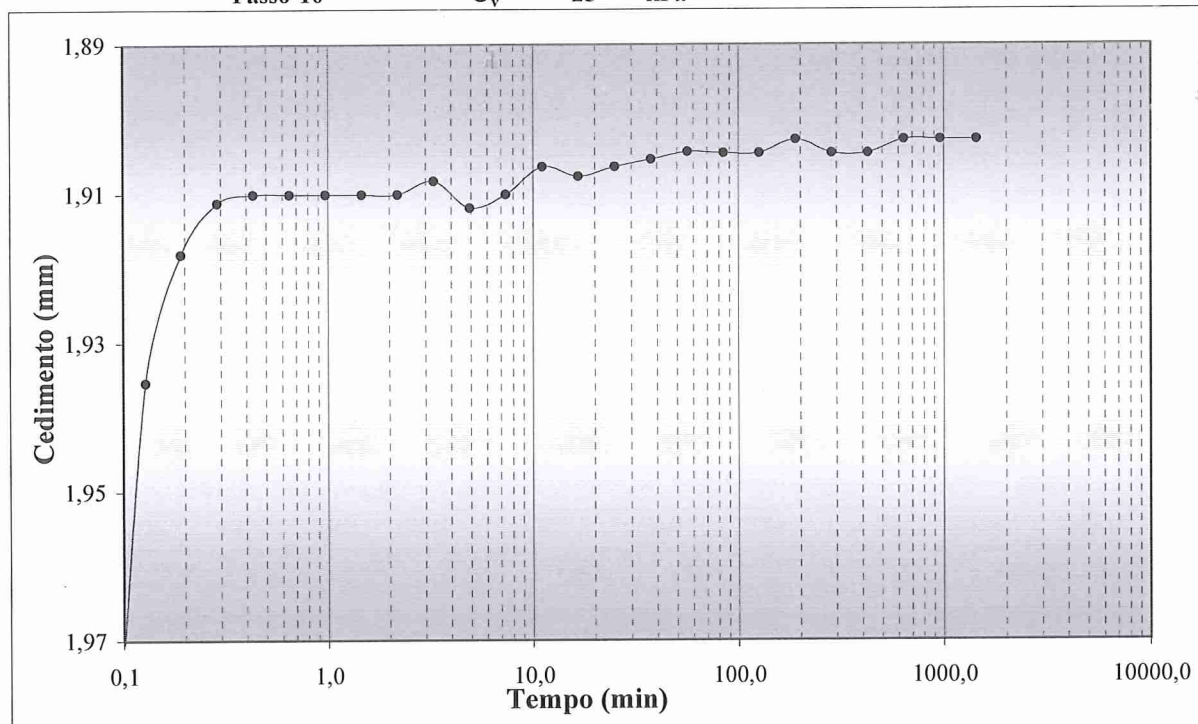
Passo 9

$\sigma_v = 100$ kPa



Passo 10

$\sigma_v = 25$ kPa



V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 27/07/2018

Pag.8

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SIENA)

Lo sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

(*[Signature]*)

(*[Signature]*)

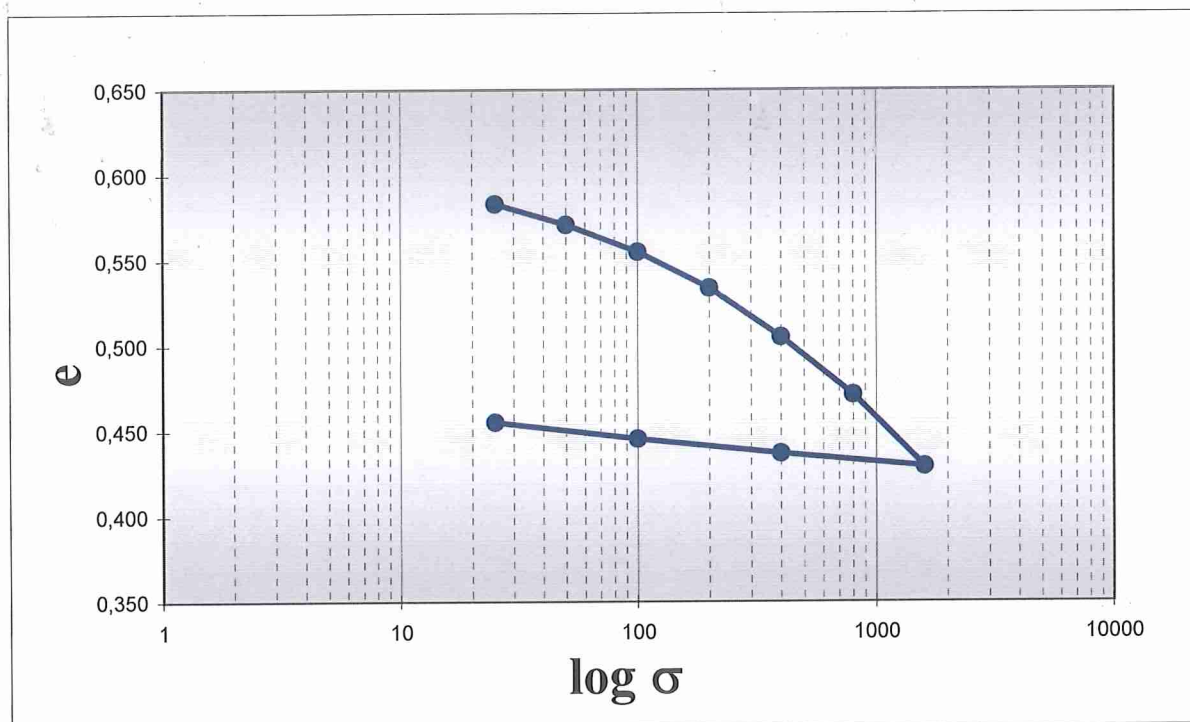
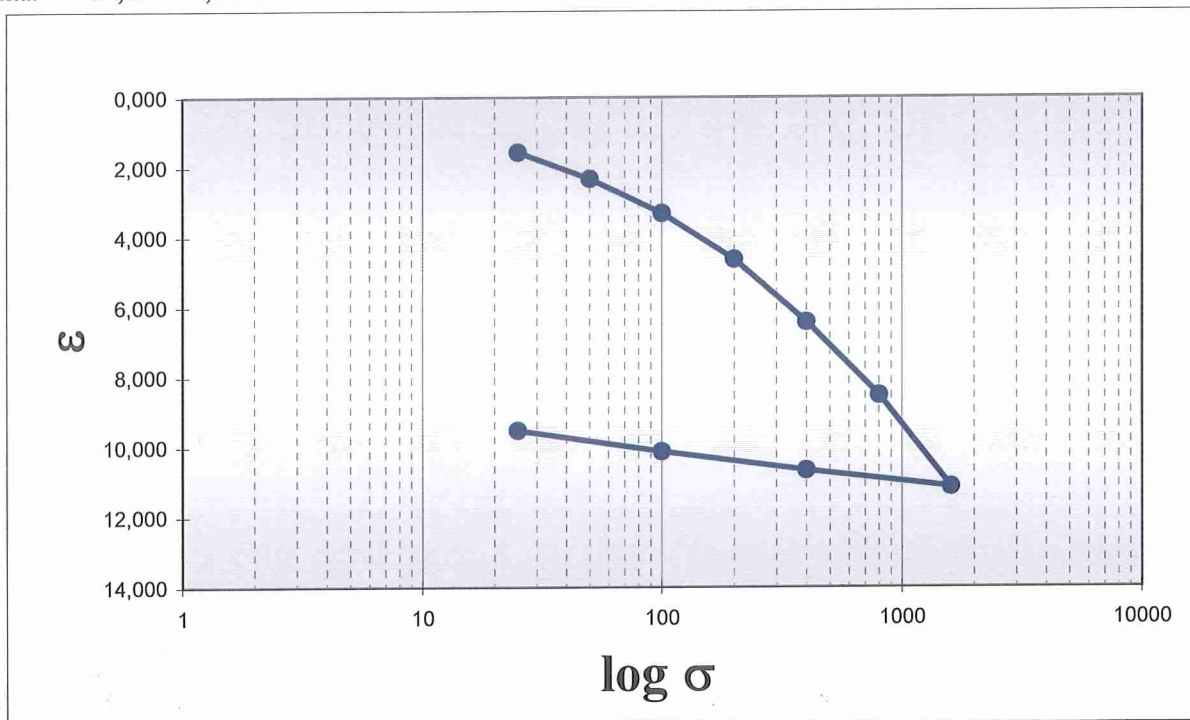
Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
 Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
 Sondaggio: S7
 Campione: C1
 Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m

Passo	σ kPa	ε %	e %	M MPa	K m/s	C_v cm ² /s	C_α %
1	25	1,569	0,583			8,47E-03	0,0032
2	50	2,321	0,571	3,324	3,265E-09	1,11E-02	0,004
3	100	3,316	0,555	5,025	2,325E-09	1,19E-02	0,009
4	200	4,628	0,534	7,625	1,974E-09	1,54E-02	0,0200
5	400	6,422	0,505	11,148	1,267E-09	1,44E-02	0,0328
6	800	8,520	0,471	19,061	6,728E-10	1,31E-02	0,0386
7	1600	11,135	0,429	30,593	4,069E-10	1,27E-02	0,0485
8	400	10,660	0,437				
9	100	10,124	0,445				
10	25	9,514	0,455				

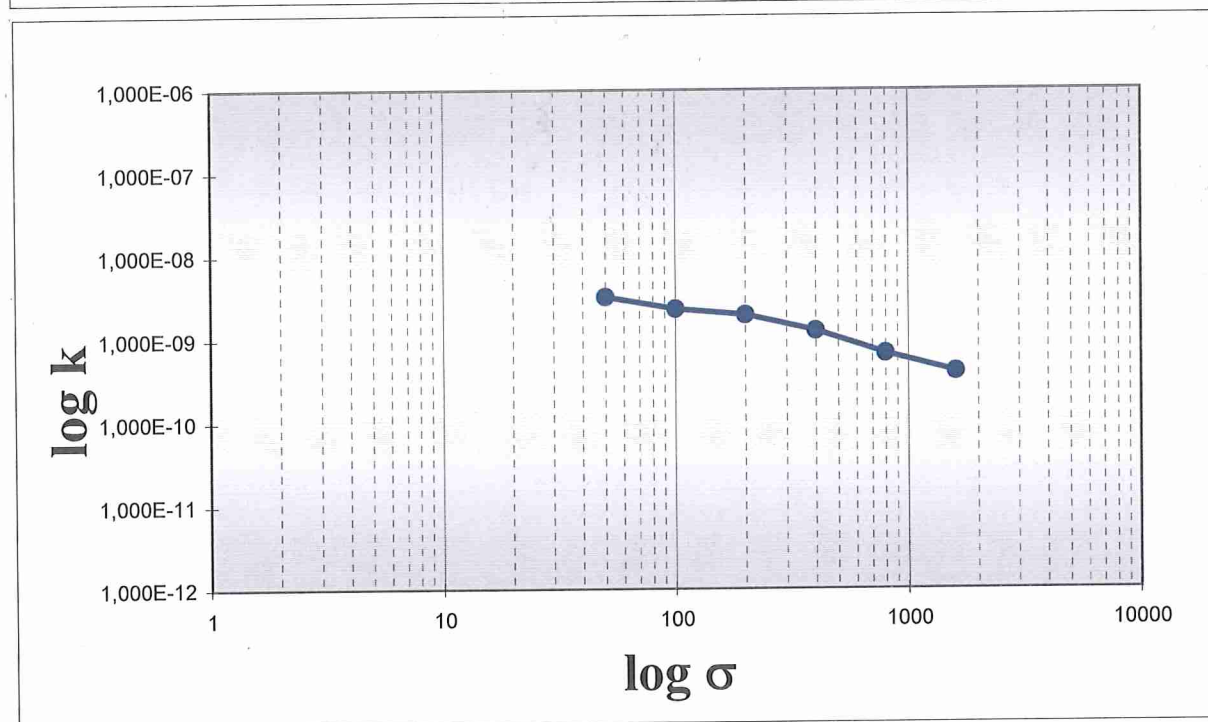
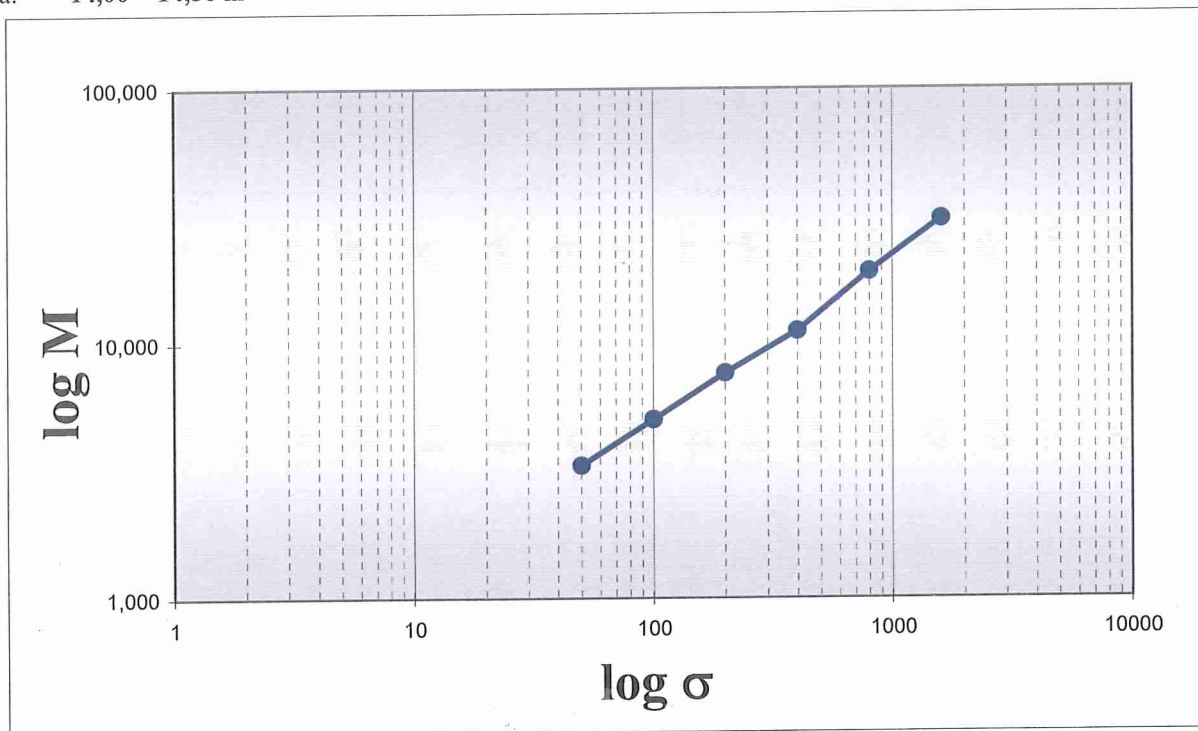
Calcolo di altri parametri:

Indice di ricomprensione $C_r = 0,04$
 Indice di compressione $C_c = 0,13$
 Indice di rigonfiamento $C_s = 0,01$

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
 Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
 Sondaggio: S7
 Campione: C1
 Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m



Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018
 Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
 Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO
 Sondaggio: S7
 Campione: C1
 Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m



V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 27/07/2018

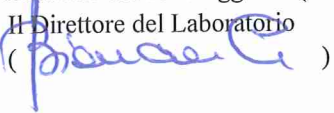
Pag.11

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SIENA)

Lo sperimentatore

()

Il Direttore del Laboratorio

()

Riferimento: VA 0045 X del 19/06/2018

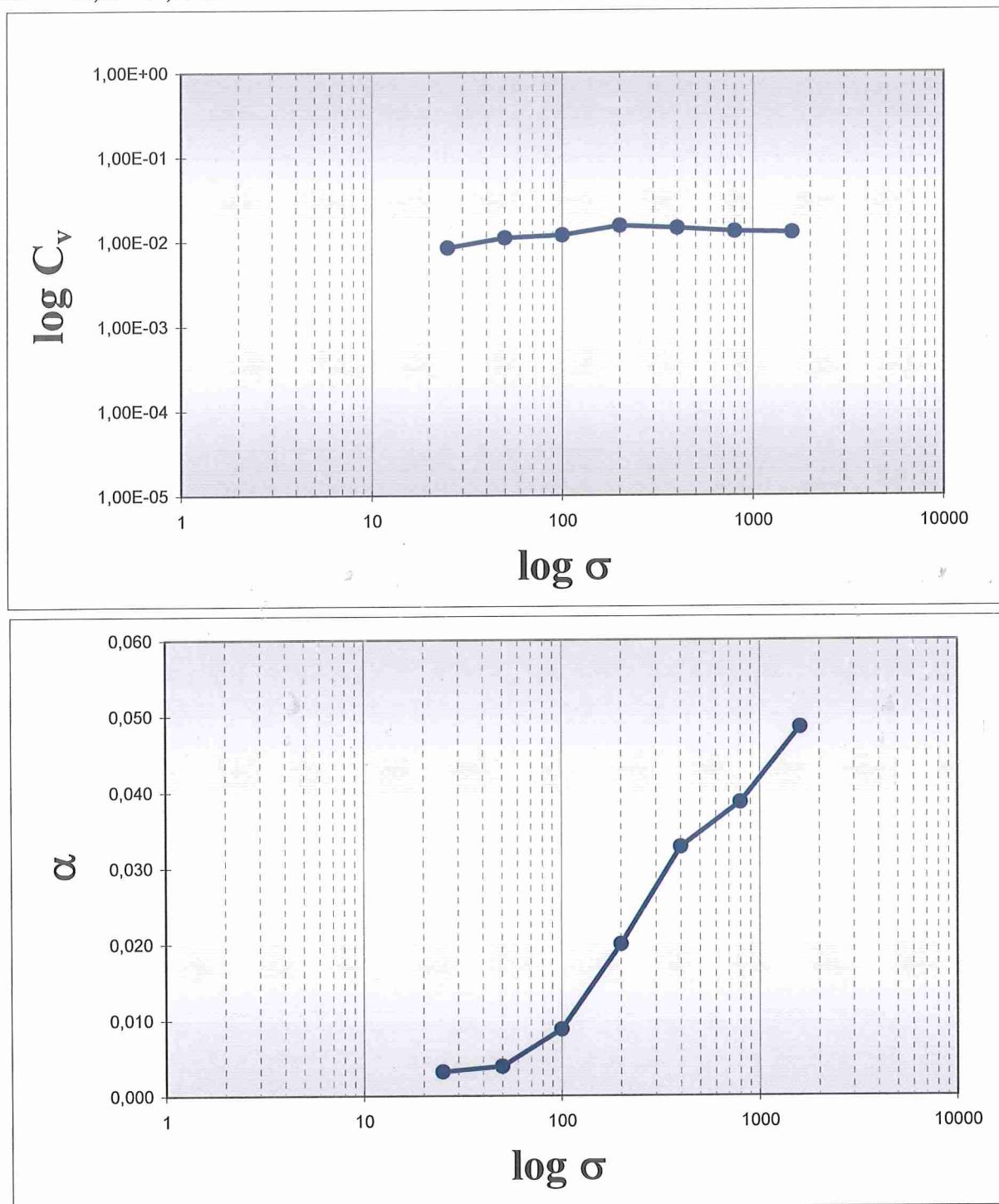
Intestatario: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENTIERO
DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

Sondaggio: S7

Campione: C1

Profondità: 14,00 ÷ 14,50 m



V.A. 0045/X del 19/06/2018 PROVA N° 00092G del 27/07/2018

Pag.12

GEOTEC s.a.s. LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE - Via Sicilia, 25/2 - Belverde di Monteriggioni (SIENA)

Lo sperimentatore

(*[Signature]*)

Il Direttore del Laboratorio

(*[Signature]*)



Cliente 3217 UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO

ALIG Associazione Laboratori di Ingegneria e Geotecnica

CERTIFICATO N.0093G/00164 DEL 09-08-2018

Riferimenti: V.A. del 19-06-18 n. 45/X

Nota del 19-06-18 n. C 1142/A

PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI **(GRANDEZZE FISICHE)**

Intestatario: **UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO**
VIA ROMA, 203 PONTE A POPPI – POPPI (AR)
Cantiere: **LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL “SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI**
CICLABILI DELL’ARNO E DEL SENTIERO DELLA BONIFICA – TRATTO FIUME
ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO – 2° LOTTO”
Proprietà: **UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO**
Direttore dei Lavori...: **DOTT. GEOL. LUIGI FARINI**
Natura dei campioni ...: **Campione di terreno in fustella** **Siglato: “S7C2 Profondità: 15,00 ÷ 15,50 m ”**
Data della prova: **09-08-2018 (fine prova)**

Questo documento viene rilasciato con timbro a secco e con bollino rosso GEOTEC 1972 ed è costituito da n. 3 pagine.

RELAZIONE

In data 19-06-2018 è stato consegnato al Laboratorio un campione di terreno in fustella, dichiarato prelevato dal Cantiere “Lavori di realizzazione del Sistema integrato dei percorsi ciclabili dell’Arno e del sentiero della bonifica – Tratto fiume Arno Casentino 2° stralcio – 2° lotto”, per essere sottoposto alle seguenti prove di Laboratorio:

- Umidità naturale, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-1 ;

RISULTATI DELLE PROVE

Sondaggio: 7

Campione: 2

Profondità: 15,00 ÷ 15,50 m

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: **All'apertura del campione di terreno, avente lunghezza di 50 cm, quest'ultimo si presentava in condizioni mediocri. Da una prima osservazione il campione risulta essere costituito da una matrice di argilla limosa e limo argilloso di colore grigio (Munsell Soil Color Charts 1 For Gley 3/1 10Y Very dark Greenish Gray), contenente numerosi elementi litoidi di dimensioni pluricentriche, che non hanno permesso la realizzazione dei provini per la determinazione del Peso di Volume, la Prova di Taglio CD, la Prova di Espansione Laterale Libera e la Prova Edometrica**

(Raccomandazioni AGI 1977)

(v. foto pagina “ 3 ”).

./.

Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Settori: a) Prove di laboratorio sui terreni b) Prove di laboratorio sulle rocce c) Prove in sito

UMIDITA' NATURALE

9 % (noveper cento)

Nota: Data la presenza di numerosi elementi litoidi di dimensioni pluricentriche, non è stato possibile realizzare i provini da sottoporre alle seguenti prove:

- Determinazione del Peso di Volume naturale e secco
- Prova di Taglio CD;
- Prova di Espansione Laterale Libera;
- Prova Edometrica.

-----0000000000-----

OSSERVAZIONI: Campione e dati forniti dal Direttore dei Lavori

Lo Sperimentatore
(Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
(Dot. Geol. Biancamaria Chiantini)

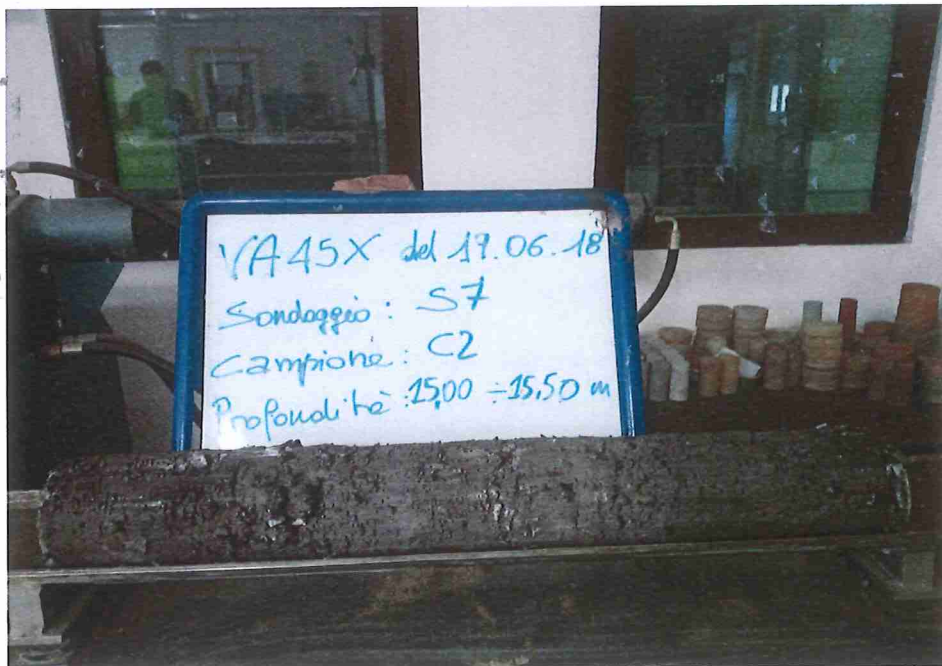
Committente: UNIONE COMUNI MONTANI DEL CASENTINO
Cantiere: SISTEMA INTEGRATO DEI PERCORSI CICLABILI DELL'ARNO E DEL SENT
 DELLA BONIFICA TRATTO FIUME ARNO CASENTINO. 2° STRALCIO

CARATTERISTICHE FISICHE - TERRENI

VA 0045 X del 19/06/2018

Sondaggio: 7 Campione: 2 Profondità: 15,00 ÷ 15,50 m

Contenuto d'acqua			
Numero tara		A	B
Massa umida + tara	g	1137,58	910,19
Massa secca + tara	g	1038,03	835,43
Massa tara	g	8,08	8,49
Massa umida	g	1129,50	901,70
Massa secca	g	1029,95	826,94
Umidità naturale	%	9,67	9,04
		MEDIA:	
		9	

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

Lo Sperimentatore
 (Geol. Fabio Salvi)

Il Direttore del Laboratorio
 (Dott. Geol. Biancamaria Chiantini)

Rev	data emiss.	eseguito da	elaborato da
0		Pezzotta	Angeloni

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prelievo [m]:	16.79 – 17.00
Data prova:	19/10/2006



Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

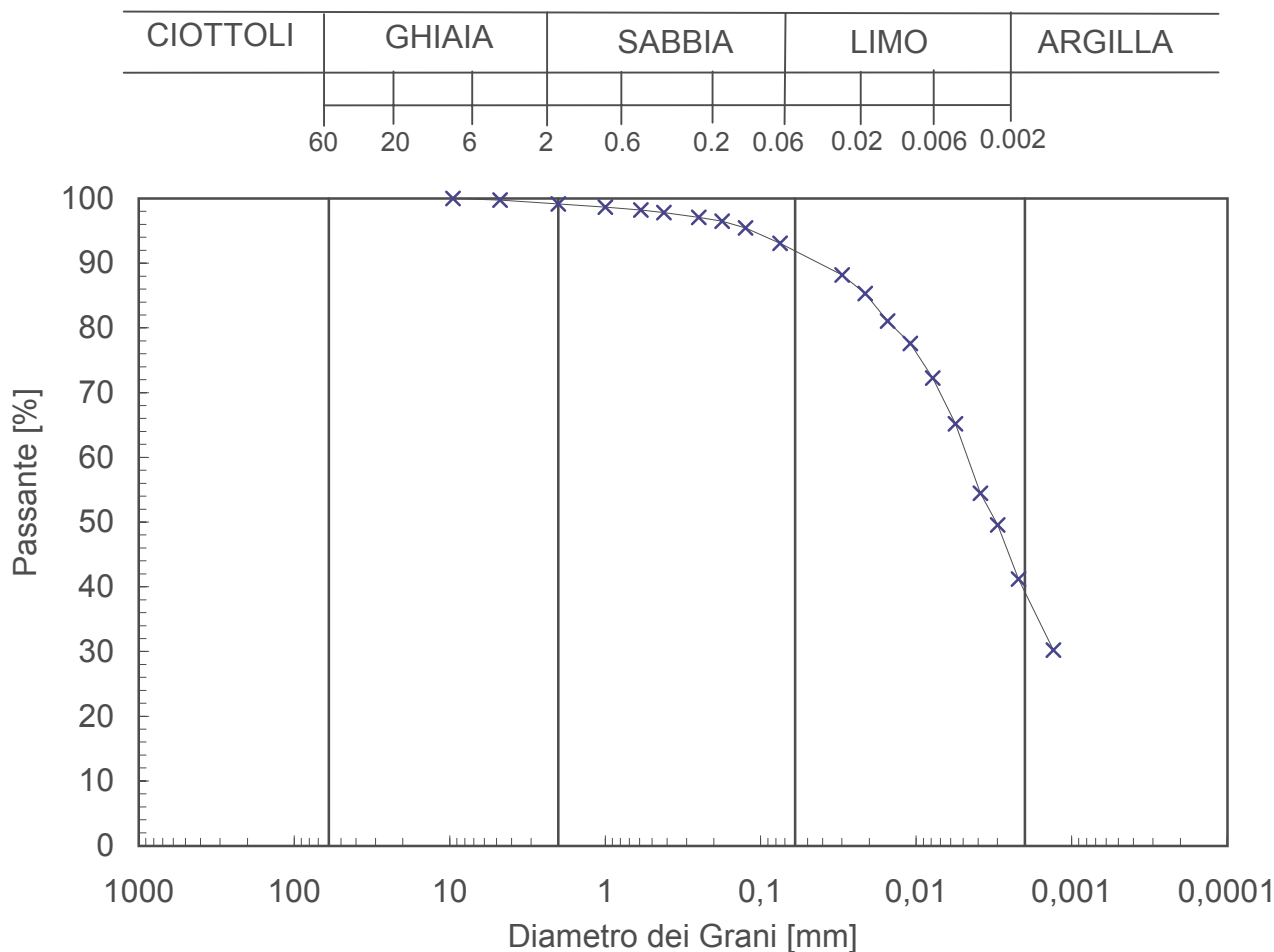
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	20/10/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D422/90

N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 95/2006

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prelievo [m]:	16.9 - 17
Prova:	Gr 1
Data prova:	19/10/06



Prova	Simbolo	Profondità		Peso Secco Materiale [g]	Metodo Preparazione	% < 0.075mm	% CIOTTOLI	% GHIAIA	% SABBIA	% LIMO	% ARGILLA	D ₆₀	D ₅₀	D ₁₀
		da m	a m									[mm]	[mm]	[mm]
Gr 1	x	16,90	17,00	484,27	VIA UMIDA	93	-	1	7	53	39	4,7,E-03	3,1,E-03	5,1,E-04

NOTE:

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/11/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

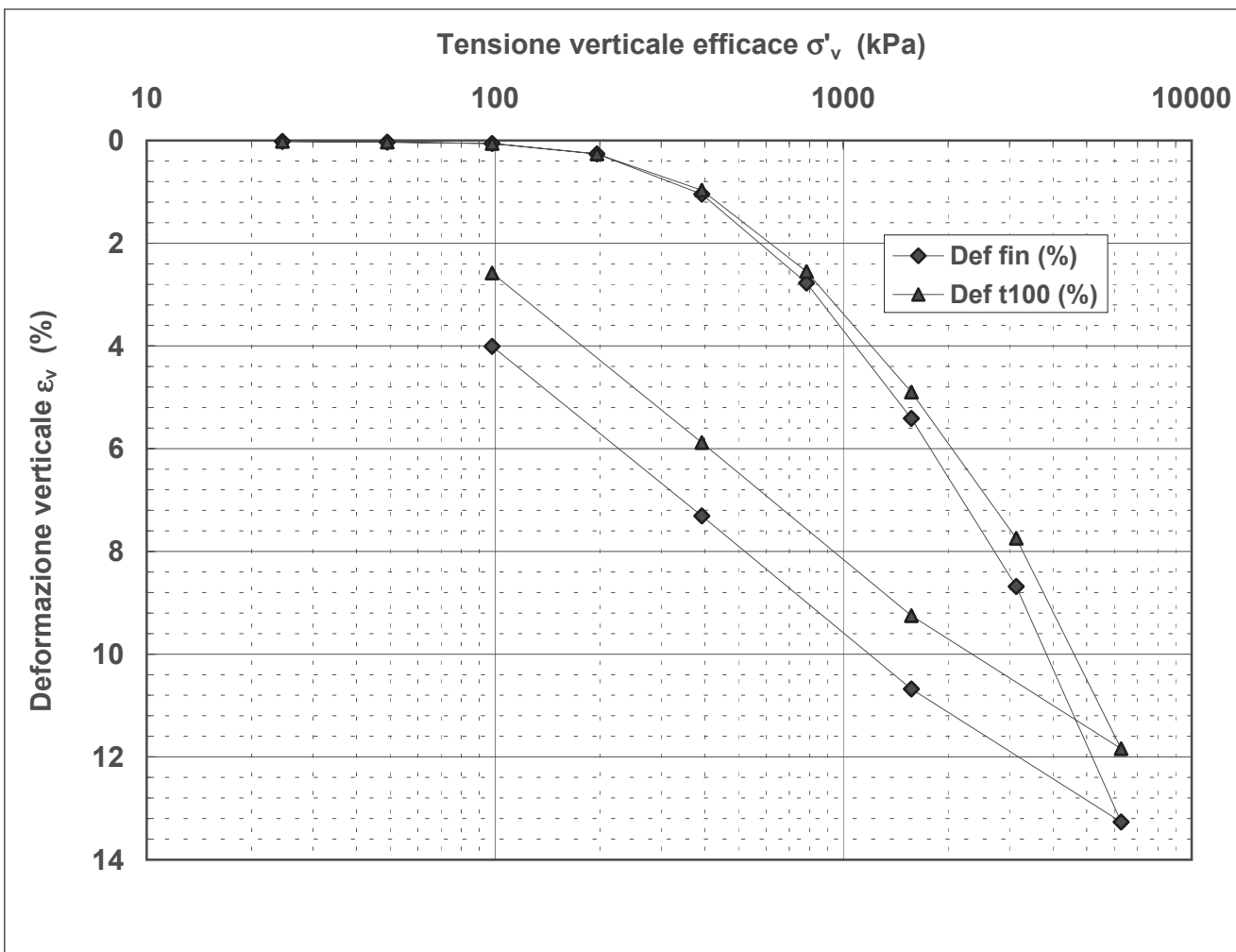
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 103/2006

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.96 - 16.99
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	19/10/06

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali							Dati a fine prova					Metodo di preparazione	
		D	H	γ_u	w_i	γ_s	e	GS	H	γ_u	w_f	γ_s	e		
-	m	mm	mm	kN/m ³	%	kN/m ³	-	-	mm	kN/m ³	%	kN/m ³	-		
1	16,98	50,4	20,0	20,00	20,1	16,65	0,590	2,70	19,2	20,83	20,0	17,36	0,527		fustellazione



Legenda:

D = diametro del provino

H = altezza del provino

γ = peso di volume

w = contenuto d'acqua

e = indice dei vuoti

GS = Peso specifico dei grani

Subscritto 'u' = umido

Subscritto 's' = secco

Subscritto 'i' = iniziale

Subscritto 'f' = finale

Note:	Il campione rigonfia sino ad un carico di 100 kPa
--------------	---

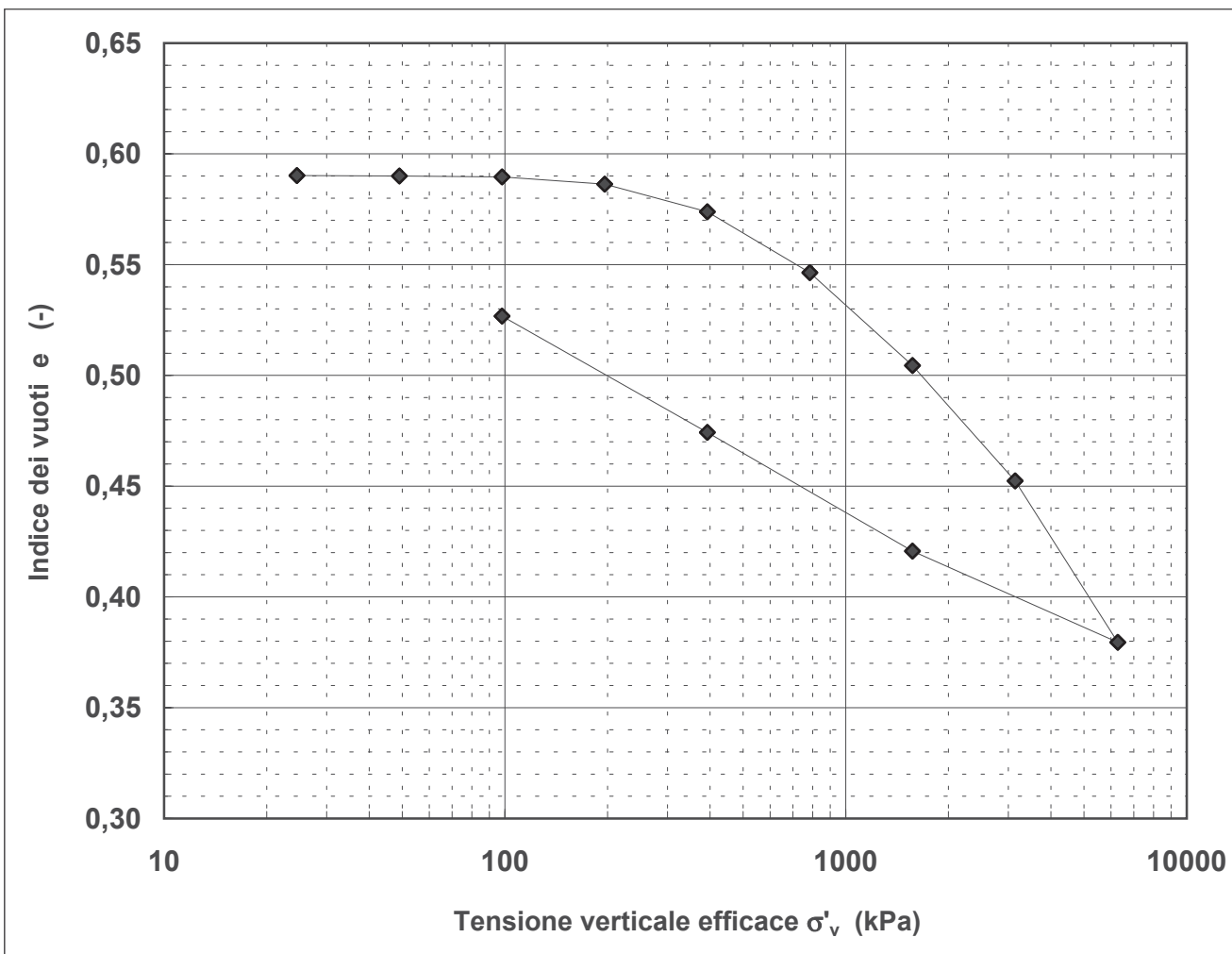
rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/11/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.96 - 16.99
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	19/10/06

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali							Dati a fine prova							Metodo di preparazione
		D	H	γ_u	w_i	γ_s	e	GS	H	γ_u	w_f	γ_s	e			
-	m	mm	mm	kN/m ³	%	kN/m ³	-	-	mm	kN/m ³	%	kN/m ³	-			
1	16,98	50,4	20,0	20,00	20,1	16,65	0,590	2,70	19,2	20,83	20,0	17,36	0,527			fustellazione



Legenda:

D = diametro del provino
H = altezza del provino
 γ = peso di volume

w = contenuto d'acqua
e = indice dei vuoti

GS = Peso specifico dei grani
Subscritto 'u' = umido
Subscritto 's' = secco

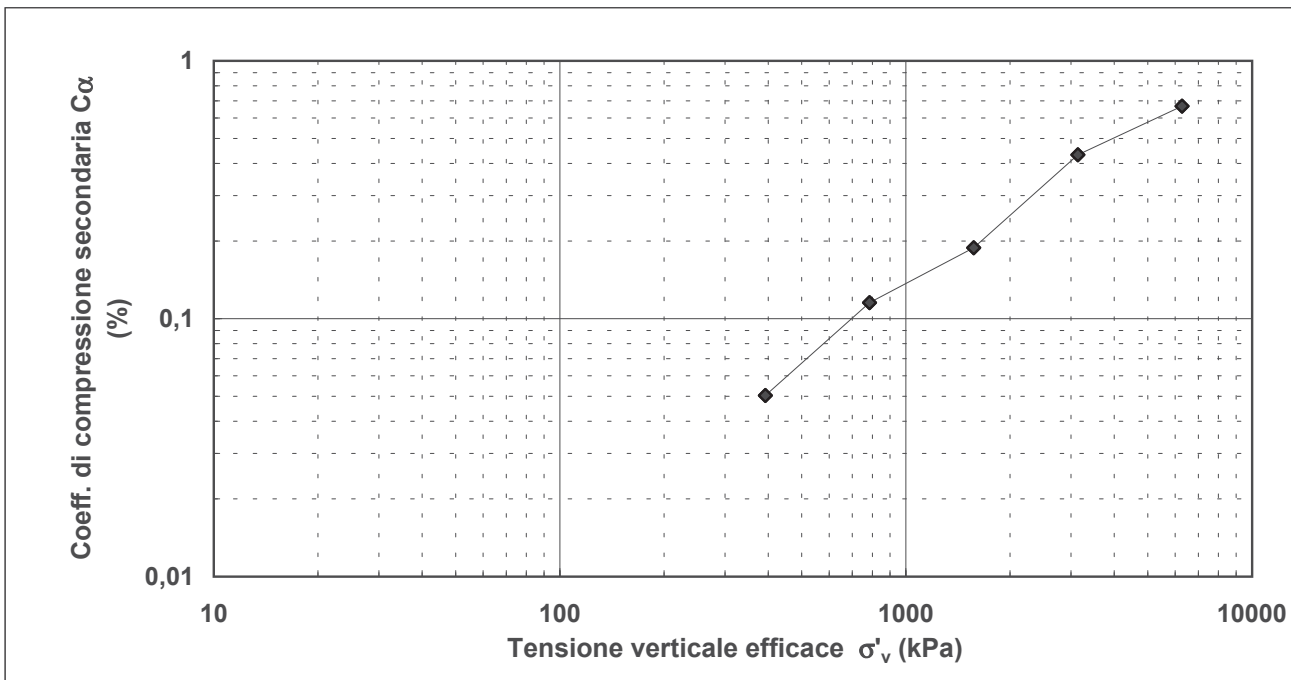
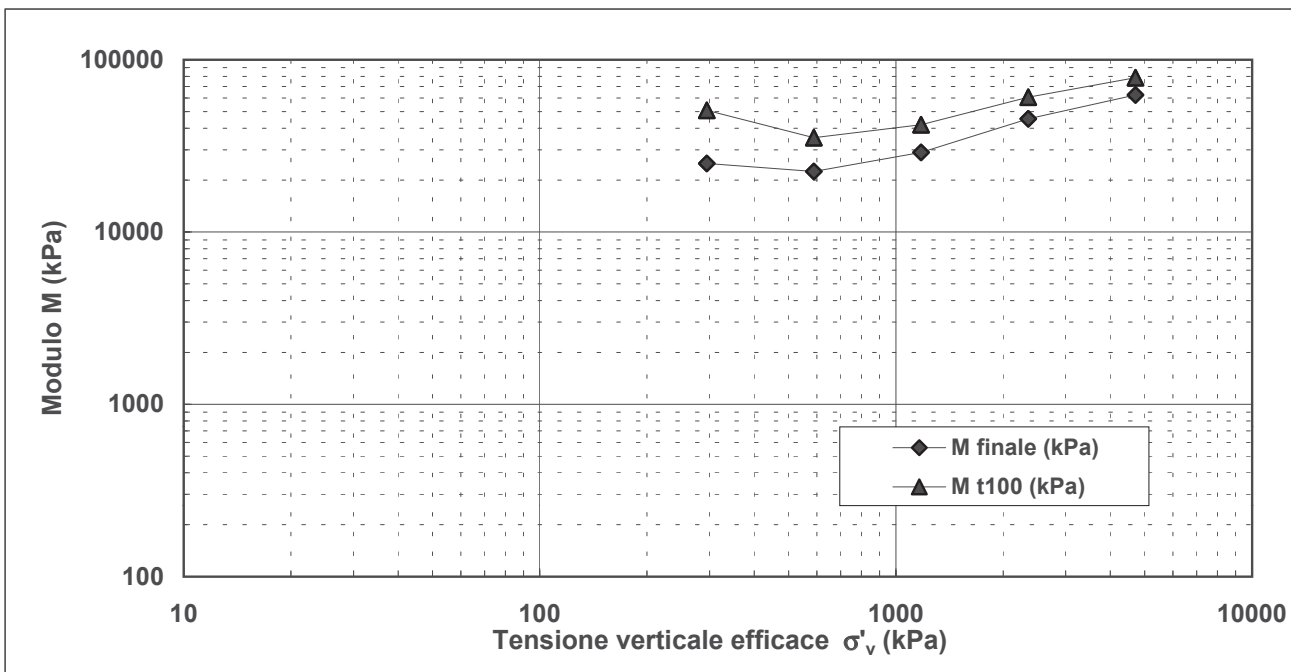
Subscritto 'i' = iniziale
Subscritto 'f' = finale

Note:	
-------	--

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/11/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.96 - 16.99
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	19/10/06

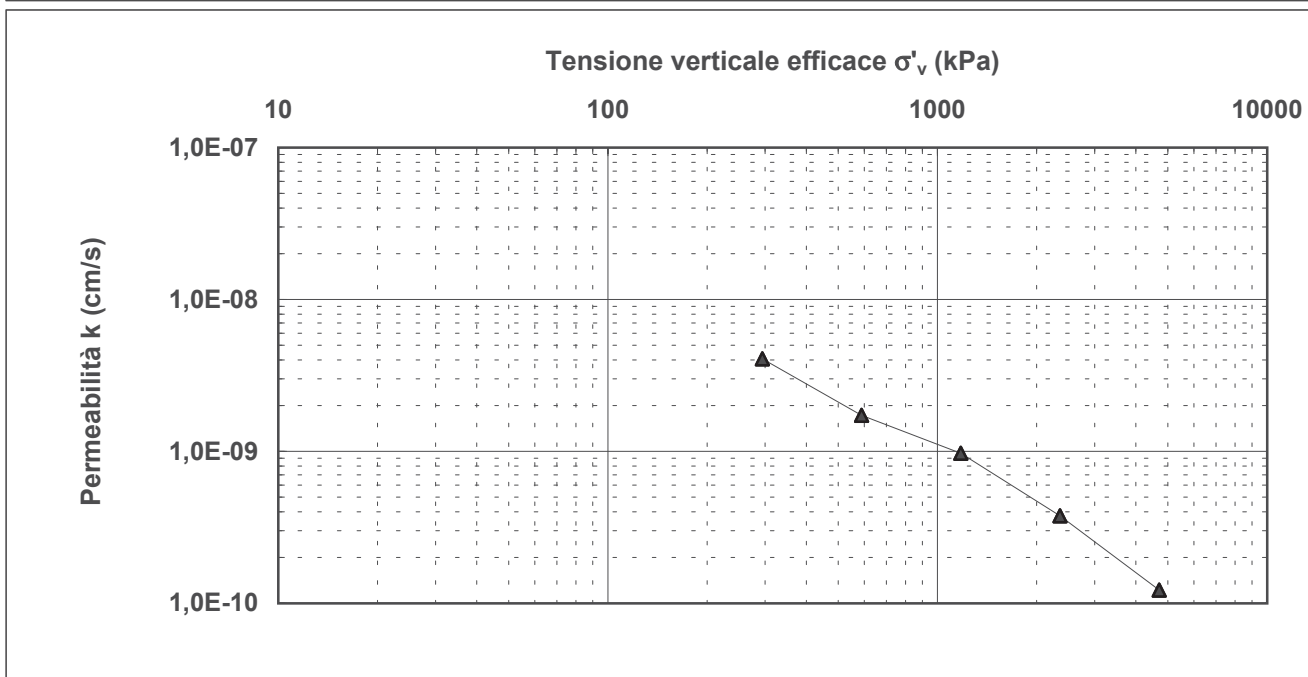
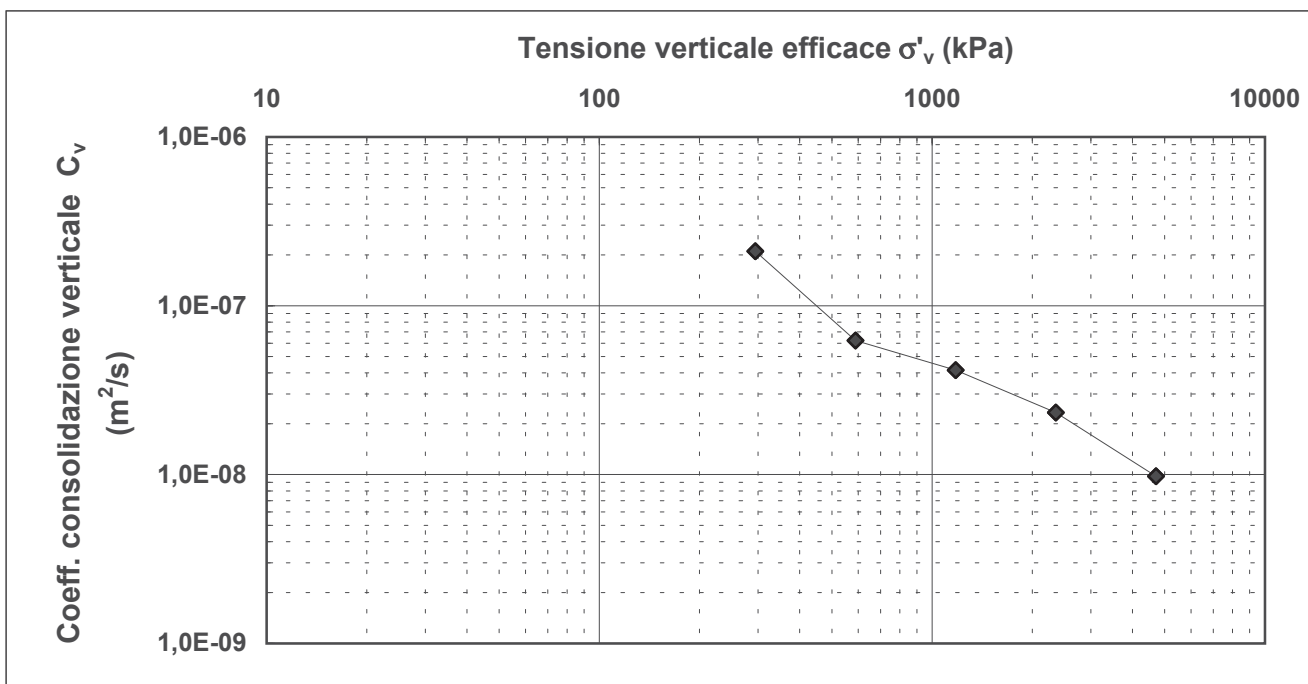


Note:	
--------------	--

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/11/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.96 - 16.99
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	19/10/06

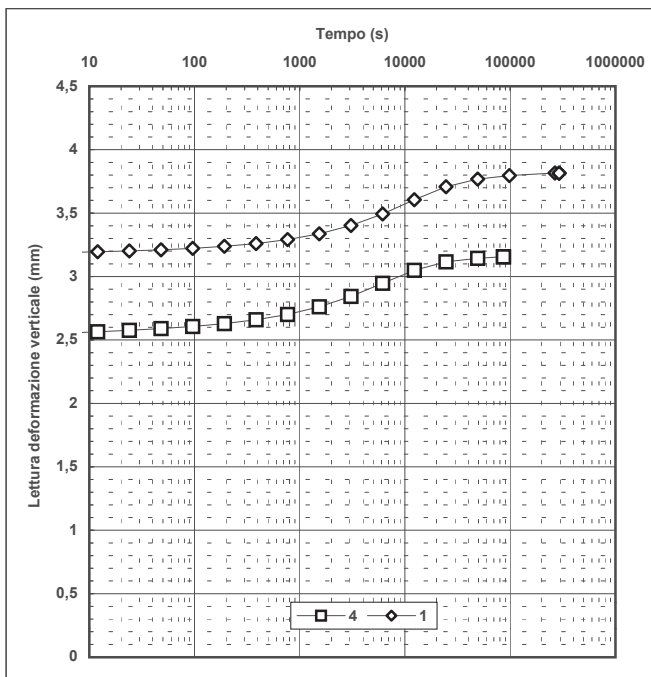
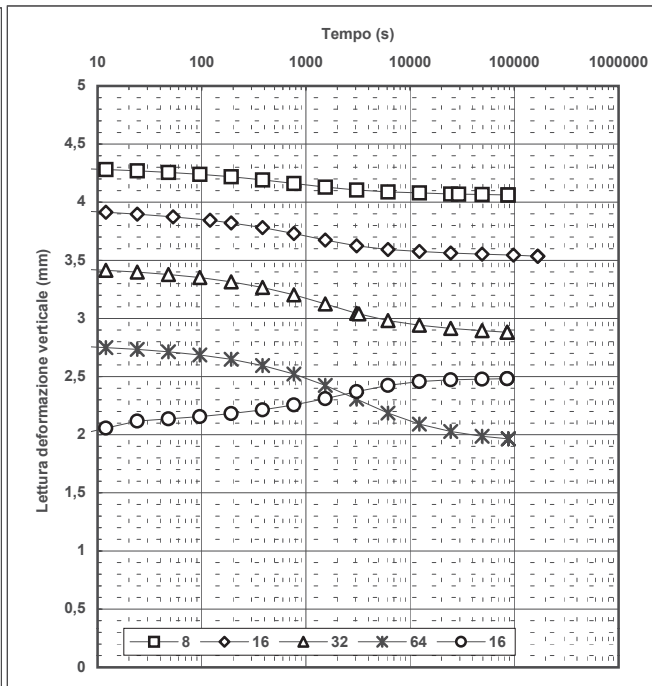
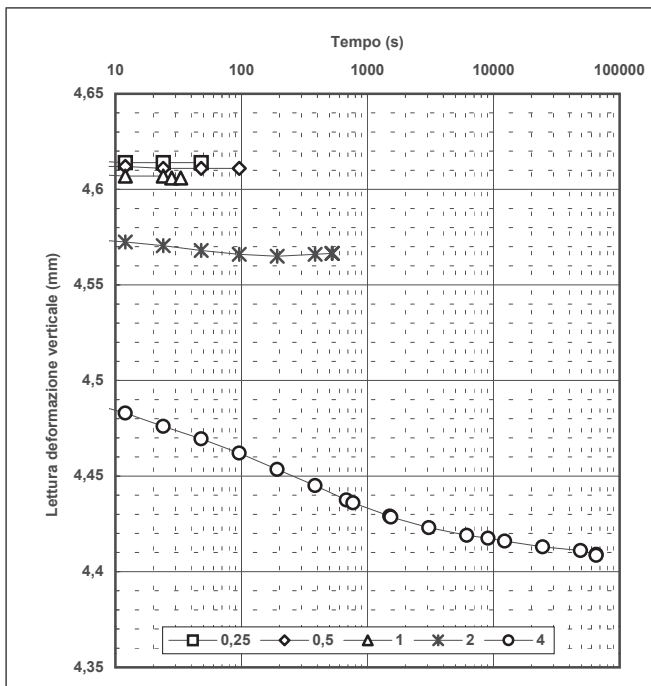


Note:	
--------------	--

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/11/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.96 - 16.99
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	19/10/06



Note:

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A, B e C

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	06/11/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D2435/96

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.96 - 16.99
Prova:	Edo IL
Provino:	1
Data prova:	19/10/06

Tensione di prova (kPa)	24,5	49,1	98,1	196,2	392,4	784,8	1569,6	3139,2	6278,4
Tensione media (kPa)	12,3	36,8	73,6	147,2	294,3	588,6	1177,2	2354,4	4708,8
Deform. finale (mm)	0,003	0,006	0,011	0,052	0,209	0,555	1,082	1,737	2,654
Deform. finale (%)	0,02	0,03	0,06	0,26	1,05	2,78	5,41	8,68	13,27
Altezza finale (mm)	19,997	19,994	19,989	19,948	19,791	19,445	18,918	18,264	17,347
Indice vuoti (-)	0,590	0,590	0,590	0,586	0,574	0,546	0,504	0,452	0,379
Deform. t100 (%)	0,02	0,03	0,06	0,26	0,97	2,55	4,90	7,75	11,84
Cv (m ² /s)					2,1E-07	6,217E-08	4,157E-08	2,329E-08	9,777E-09
M t100 (kPa)					50827	35299,947	41972,474	60671,195	78616,629
k (cm/s)					4,1E-09	1,728E-09	9,716E-10	3,766E-10	1,22E-10
M finale (kPa)					25007,7	22445,1	28957,2	45368,5	62522,1
C _α (%)					0,05	0,12	0,19	0,43	0,67

Tensione di prova (kPa)	1569,6	392,4	98,1						
Tensione media (kPa)	3924,0	981,0	245,3						
Deform. finale (mm)	2,136	1,462	0,802						
Deform. finale (%)	10,68	7,31	4,01						
Altezza finale (mm)	17,865	18,539	19,199						
Indice vuoti (-)	0,421	0,474	0,527						
Deform. t100 (%)	9,25	5,88	2,58						
Cv (m ² /s)									
M t100 (kPa)									
k (cm/s)									
M finale (kPa)									
C _α (%)									

Note:	
--------------	--

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	30/10/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

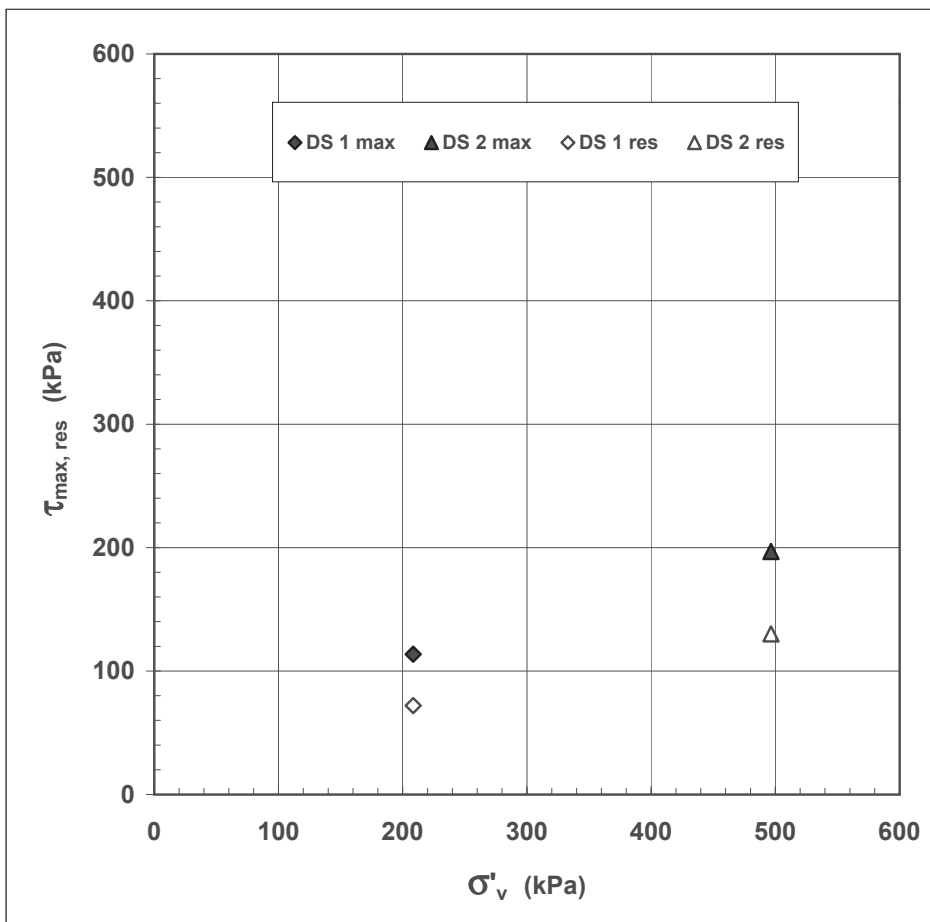
N° certificato di prova:

N° verbale di accettazione: 103/2006

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.90 - 16.96
Prova:	DS CK0D
Provino:	1 2
Data prova:	24/10/06

Dati generali dei provini

Provino	Profondità	Dati iniziali					Dati a fine consolidazione					Valori di picco			Valori residui			Rottura		Metodo di preparazione - tipo di materiale
		A	H	γ	w	γ_d	σ'_v	H	ε_v	γ_d	dfc	τ_{max}	δ_h	ε_v	τ	δ_h		v	dfr	
-	m	cm ²	mm	kN/m ³	%	kN/m ³	kPa	mm	%	kN/m ³	h	kPa	mm	%	kPa	mm		mm/m	ore	-
1	16,92	36,0	20,0	19,19	20,1	15,98	208	19,6	2,12	16,33	8	114	4,343	0,69	72	39,5		0,003	40	fustellazione - provino indisturbato non pretagliato
2	16,95	36,0	20,0	18,38	20,1	15,3	497	18,6	7,11	16,47	8	197	2,82	1,40	130	41,34		0,003	40	



Legenda:

A = area del provino
H = altezza del provino
 γ = peso di volume umido
w = contenuto d'acqua
 γ_d = peso di volume secco
 σ' = tensione efficace
 ε = deformazioni
 τ = sforzo di taglio
 δ = spostamento
v = velocità di rottura
dfc = durata consolidazione

Subscritto 'h' = orizzontale
Subscritto 'v' = verticale
Subscritto 'max' = MASSIMO
Subscritto 'res' = RESIDUO

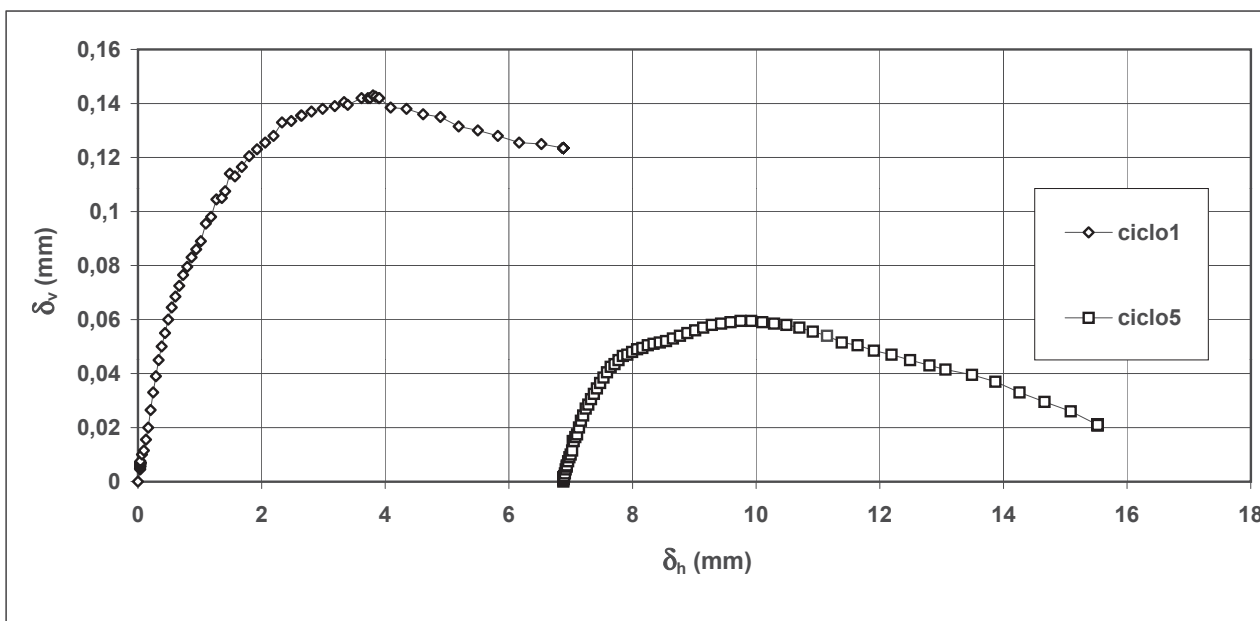
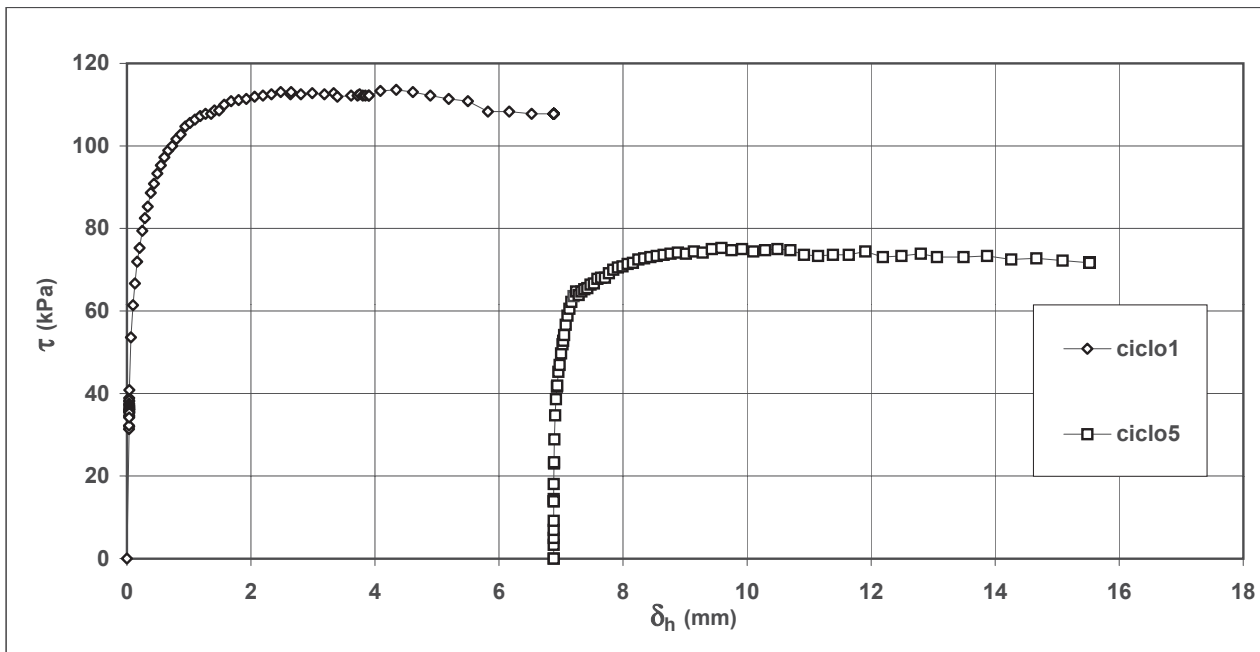
Note:

Tra il ciclo 1 ed il ciclo 5 sono stati eseguiti 3 cicli di taglio / ritorno per una deformazione totale di 24 mm

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	30/10/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.90 - 16.96
Prova:	DS CK0D
Provino:	1
Data prova:	24/10/06

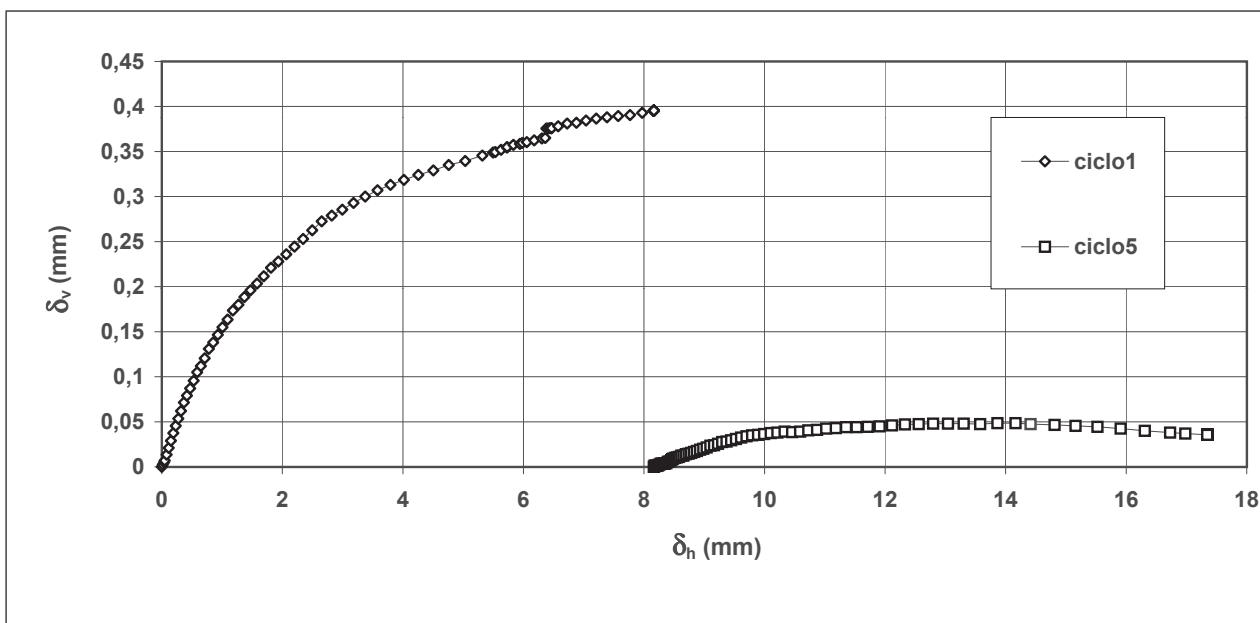
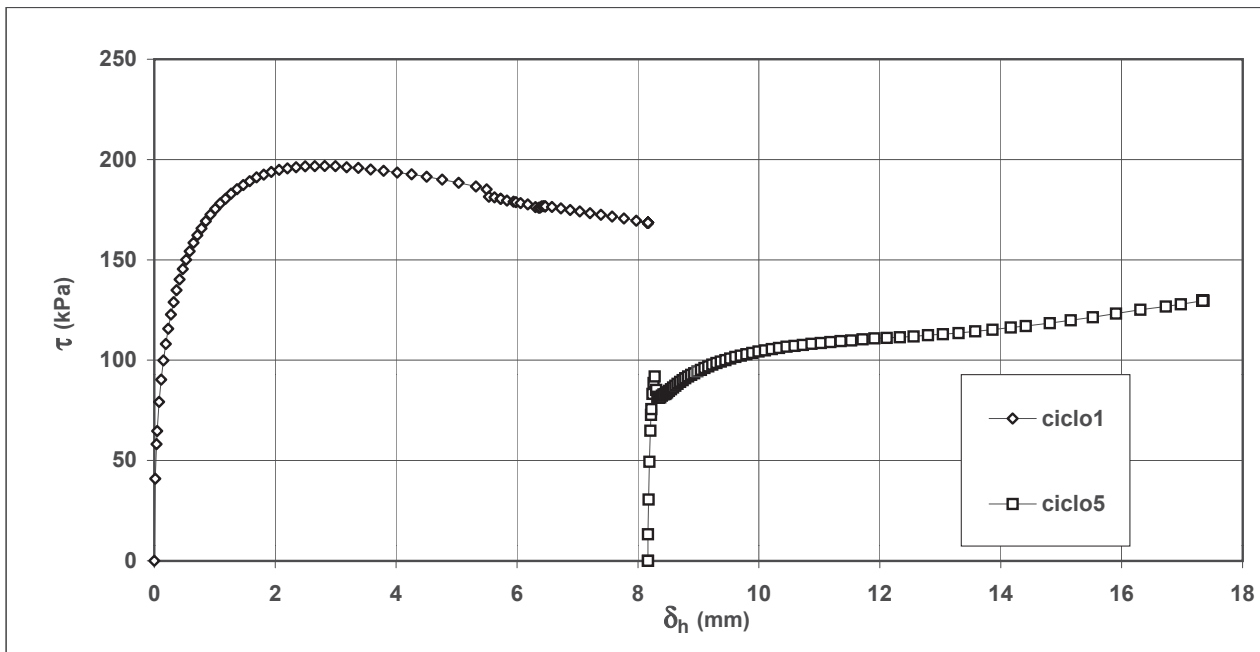


Note:	
--------------	--

rev.	data emiss.	sperimentatore	direttore
0	30/10/06	Pezzotta	Fioravante

Normativa di riferimento: ASTM D3080/90

Committente:	REGIONE TOSCANA
Cantiere:	BIBBIENA
Sondaggio:	S16
Campione:	MZ2
Profondità prova [m]:	16.90 - 16.96
Prova:	DS CK0D
Provino:	2
Data prova:	24/10/06



Note:	
--------------	--