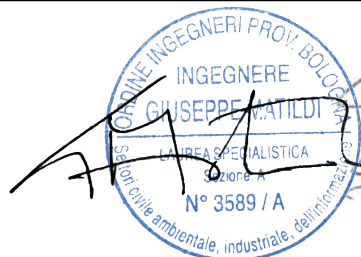


REGIONE TOSCANA

Comune di Sansepolcro

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA INDUSTRIALE "ALTO TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"



PROGETTO DEFINITIVO

ATI DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MATILDI+PARTNERS

Vicolo Sant'Arcangelo n. 2
40123 Bologna

T +39 051 229107
T +39 051 222249 r.a.

F +39 051 223242

areatecnica@matildi.com
www.matildi.com

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
PROF. ING. GIUSEPPE MATILDI

MANDANTE

EUTECNE s.r.l.
architettura | ingegneria

Via Romana, 30
06126 Perugia
T +39 075 32 761
F +39 075 34 470

Via Roma, 20/a
57034 Campo nell'Elba (LI)
Isola d'Elba
T/F +39 0565 977 589

office@eutecne.it
www.eutecne.it

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
ING. FEDERICO FRAPPI

COMMITTENTE:



COMUNE DI SANSEPOLCRO

R.U.P.
Dott. Ing. Remo Veneziani

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Prof. Ing. Giuseppe MATILDI
Dott. Ing. Stefano ISANI
Dott. Ing. Paolo BARRASSO
Dott. Ing. Guido CAMMAROTA

Dott. Ing. Federico FRAPPI
Dott. Ing. Francesco ARDINO
Dott. Arch. Olimpia LORENZINI
Dott. Arch. Vania MARGUTTI
Dott. Geol. Armando GRAZI

Dott. Ing. Noemi BRIGANTI
Dott. Ing. Luca DELL'AVERSANO
Dott. Ing. Fabio PENNAZZI
Dott. Ing. Paola GONFIA
Dott.ssa Paola SFAMENI

TITOLO **RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA**

CODICE PROGETTISTA

ELAB.

OR1A

CODICE COMMESSA **B93DA_OR2A**

REV. **- A**

SCALA

--

REV.N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	GEN 2016	PROGETTO DEFINITIVO	A.Grazi	F.Ardino	F.Frappi



REGIONE TOSCANA
COMUNE DI SANSEPOLCRO

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE
E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA
INDUSTRIALE "ALTO TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA
SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"

RELAZIONE GEOLOGICA -GEOTECNICA

Indice generale

Premessa.....	3
Normativa di riferimento	7
1. Caratteristiche geologiche di area vasta.....	8
2. Studio e modellazione geomorfologica e geologica.....	12
2.1 Terreni e rocce da scavo	16
3. Studio di valutazione idrogeologica ed idraulica	17
4. Valutazione sul modello geotecnico.....	22
Dal sondaggio S1	23
DATI DI LABORATORIO	30
Dal sondaggio S2	47
PROVE DI LABORATORIO	52
5. Modellazione sismica.....	84
5.1 Inquadramento sismogenetico e sismicità storica dell'area (da relazione preliminare)	84
5.2 Caratterizzazione sismica del sito	87
5.3 Verifica alla liquefazione	91
6. Allegati: Indagine Sismica su Suolo di Fondazione	97
Introduzione	98
<i>Definizioni</i>	99
Campagna di misura	101
<i>Strumentazione impiegata</i>	101
MASW, ReMi ed ESAC	103
Misure in campo libero a stazione singola.....	105
<i>Procedura di analisi dati per stazioni singole H/V</i>	105
Conclusioni	109
Documentazione fotografica.....	110

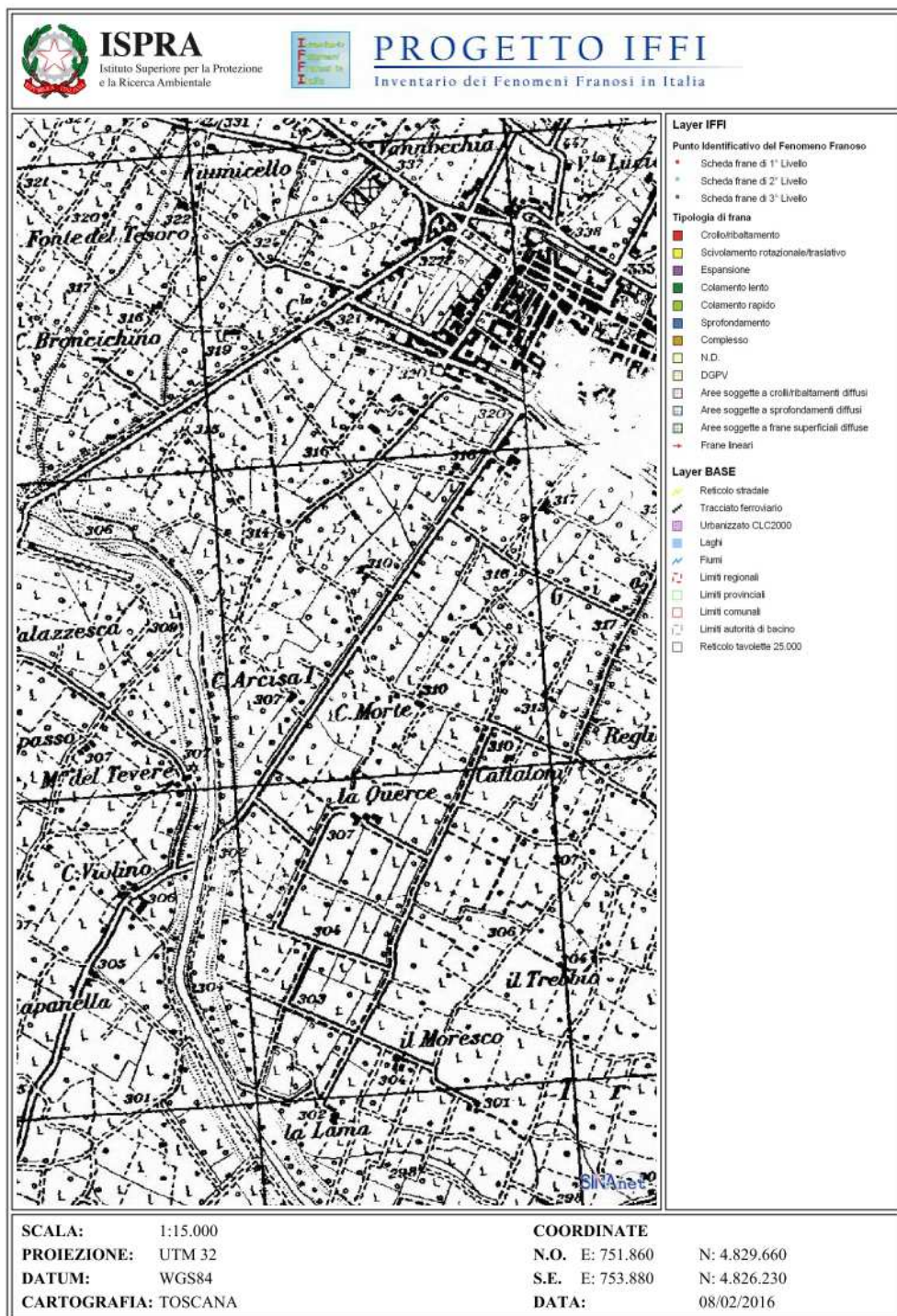
Premessa

Su incarico del Comune di Sansepolcro è stato condotto uno studio finalizzato alla caratterizzazione geologica e sismica e una modellazione geotecnica nell'ambito della progettazione definitiva per la “Realizzazione del secondo ponte sul Tevere e raccordi stradali di collegamento fra la zona industriale “ALTO TEVERE” e via BATOLOMEO DELLA GATTA sul tracciato della via comunale dei “BANCHETTI””.

Il presente elaborato è stato redatto sintetizzando i dati di letteratura derivanti da rilievi, indagini, dirette ed indirette, riguardanti studi pregressi della medesima area e quelli emersi durante la campagna di indagini svolta in fase di progettazione preliminare e definitiva.

Tali informazioni sono state ricavate dai seguenti studi:

- Progetto di ricerca finalizzato alla valutazione degli effetti nell’Alta Valle del Tevere conseguenti all’esercizio dell’invaso di Montedoglio
- Progetto VEL (valutazione degli effetti locali dei centri urbani Regione Toscana)
- “PRG del comune di Sansepolcro” con lo studio geologico-tecnico che costituisce l’adeguamento dell’attuale quadro conoscitivo del Piano Strutturale alle normative specifiche secondo quanto previsto dal nuovo Regolamento d’Attuazione dell’art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche, approvato con DPGR del 27 aprile 2007 n.26/R.
- Cartografie tematiche Regione Toscana – Territorio e Paesaggio carte Geologiche - Consorzio LAMMA
- Rilevamento geologico e geomorfologico di superficie
- Relazione geologica, sismica ed indicazioni geotecniche di massima del progetto preliminare. In tale sede sono state svolte due MASW, lungo le sponde del Tevere, nel tratto interessato all’attraversamento, e due test penetrometrici dinamici DPSH, posti in riva sinistra, uno nei pressi dell’argine e l’altro lungo la direttrice in progetto, a circa 50 mt dall’argine.



- Programma indagini per il progetto definitivo. In questa sede sono stati effettuati due sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 25 mt dal p.c..

Il primo è stato eseguito in riva sinistra, a circa 50 mt dall'argine superiore, l'altro in riva destra a 60 mt dall'argine superiore, lungo il tragitto della strada di progetto. I sondaggi a carotaggio continuo sono stati coadiuvati da indagini sismiche.

Dai sondaggi sono stati prelevati 3 campioni indisturbati, poi spediti al laboratorio analisi delle terre per la ricerca di relativi parametri. Sono state eseguite anche 8 SPT durante le fasi di avanzamento della perforazione, sui vari strati caratteristici, compresi in una porzione significativa all'intervento previsto.

Dalle informazioni ottenute sono state dedotte le seguenti informazioni:

- 1) I terreni sono costituiti da un'alternanza di limi sabbiosi, con aumento della frazione grossolana con la profondità, intervallati da sedimenti a limo sabbiosi e limo argillosi di forma lenticolare tipici di depositi alluvionali sovrastanti a sedimenti fluvio lacustri Villafranchiani.
- 2) L'analisi dei lineamenti morfologici e delle caratteristiche geologiche non evidenzia, nella zona di progetto, fenomeni d'instabilità o erosione in atto o latenti.

Solo lungo il Fiume Tevere si registrano modesti effetti di erosione laterale e di fondo dell'alveo, dovuti alla ridefinizione del naturale profilo di equilibrio avvenuta dopo la realizzazione dell'invaso di Montedoglio.

- 3) L'analisi idraulica, ha messo in evidenza che gli interventi non produrranno rilevanti cambiamenti morfologici, ambientali e/o paesaggistici.

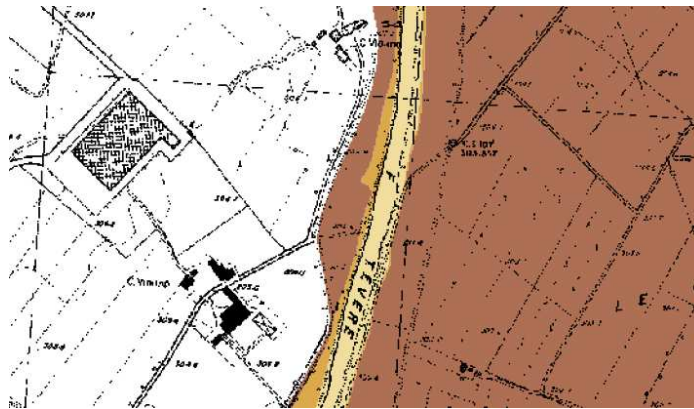
Dall'analisi delle cartografie tematiche del PRG – PAI - IFFI - carta geomorfologica (APAT) non si evidenziano particolari situazioni di instabilità o pericolo, relativamente alle situazioni idrauliche idrogeologiche e geologiche,

Nella cartografia del progetto PAI dell'AdB Tevere -Valutazione della pericolosità e del rischio idraulico redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, la zona è inserita prevalentemente nella fascia C e comprende le porzioni di territorio inondabili comprese tra le piene con Tr 200 e Tr 500.

In tale fascia il PAI dà alle amministrazioni locali le linee guida per assicurare un sufficiente livello di sicurezza alle popolazioni insediate, ai beni ed ai luoghi attraverso la predisposizione dei relativi Piani di emergenza di cui alla L. 225/92. In prossimità del Fiume l'area di intervento ricade in Fascia B.

Quanto evidenziato è ripreso anche nella cartografia del **Piano Strutturale del Comune di Sansepolcro** che include la zona nelle “aree a potenziale pericolosità idraulica”.

Le indagini ed i relativi approfondimenti, sono stati proporzionati all'importanza dell'opera in progetto ed alla complessità della situazione geologica locale e tali da coprire l'intera zona di



possibile influenza degli interventi previsti.

Lo studio ha permesso di escludere per la zona di interesse una pericolosità geologica intrinseca sia per processi geodinamici interni che esterni e di accertare la compatibilità dell'intervento con il territorio in esame.

In base alle conoscenze acquisite, in considerazione del fatto che il modello geologico risulta omogeneo con assenza di discontinuità, stati di alterazione e fattori che possano indurre anisotropia delle proprietà fisiche dei materiali, in relazione all'importanza dell'opera, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, lo studio è stato affrontato tramite l'approccio semplificato.

Si è determinata la risposta sismica di base, poi corretta con l'amplificazione topografica, geomorfologica, litostratigrafica e di dettaglio.

La procedura di calcolo per la determinazione delle azioni di progetto, dei parametri e dei punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV è stata eseguita con il programma sperimentale adottato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "azioni Sismiche – spettri di risposta versione 1.03".

In merito alle condizioni di liquefazione dei terreni sia il criterio storico, sia la verifica sulla valutazione del potenziale di liquefazione (Youd e Idriss 2001), con fattori di sicurezza superiori a quelli richiesti dalla normativa attuale, garantiscono la stabilità della zona.

Normativa di riferimento

La stesura della presente relazione è eseguita in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento elencate di seguito:

- Legge n. 64 del 02/02/1974 *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*. (G.U. 21/03/74 n. 76)
- Decreto Ministeriale 11/03/1988 *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*.(G.U. 01/06/1988 n. 127 Up. Od.);
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL.PP. n° 30483, 24 Settembre 1988;

- *“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*. D.M. 16 gennaio 1996, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale il 5 febbraio 1996, N. 29. - *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (O.P.C.M.) n° 3274 del 20/03/2003.
- *“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”*. D.M. 14 gennaio 2008 (pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento ordinario n. 30).
- Circolare n. 617 del 02L02L2009 *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"* di cui al D.M . 14 gennaio 2008.
- DPGR Toscana 36/R/2009;
- L.R 02/08/2004 (legge Forestale della Toscana), ;
- Legge Regione Toscana n° 1 del 2005 e L. R. n° 65/2014 – Norme per il governo del territorio;
- D.P.G.R. toscana 53r 2011 inerenti le indagini geologiche
- D.P.G.R. toscana n° 48R / 2003 e successive modifiche ed integrazioni.
- L.R. 21/2012 disposizioni in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua

1. Caratteristiche geologiche di area vasta

In base alle conoscenze dedotte dalla letteratura, dallo studio delle carte geologiche, e a quelle acquisite dalle indagini su zone limitrofe è stato possibile elaborare le seguenti informazioni per la caratterizzazione geologico stratigrafica dell'area vasta.

Le caratteristiche morfologiche sono decisamente legate all'assetto litologico-strutturale che caratterizza le forme dei rilievi e delle valli.

La distinzione più netta si riscontra in queste tre diverse situazioni, legate al tipo di sedimenti presente:

- a) depositi fliscioidi miocenici
- b) depositi fluvio-lacustri villafranchiani
- c) depositi fluviali pleistocenici e recenti

a) I depositi flyschoidi miocenici contornano la zona presa in considerazione e sono formati da un'alternanza di arenarie, marne, peliti, ruditi argilliti. Esse, per l'elevata resistenza meccanica riescono a raggiungere delle altitudini che possono variare dai 500m. ai 700 m.; inoltre essendo dei sedimenti impermeabili, impediscono all'acqua di infiltrarsi, costringendola a defluire superficialmente.

Questo ruscellamento, che a causa dell'abbondanza della pioggia, può essere di notevole entità, modella la superficie creando dei reticoli idrografici molto sviluppati e gerarchizzati. La conseguenza di ciò è, quindi, la formazione di torrenti che, specie in inverno ed a primavera, hanno delle portate consistenti, con una energia cinetica a volte tanto elevata da essere capace di trasportare notevoli quantità di detrito di varia granulometria.

b) depositi lacustri villafranchiani bordano gran parte della piana alluvionale e, con un aspetto collinare, raggiungono i 400m. sul livello del mare.

Essi, grazie alla loro dolce pendenza e alla presenza di conoidi, risultano coalescenti con le pianure vallive. Pur essendo estremamente soggetti a dissesti poche volte si riconoscono dalle paleofrane, poiché, soprattutto il modellamento antropico, ne ha alienato molte delle caratteristiche principali.

Infatti queste sono ben riconoscibili da carte aereofotogrammetriche antecedenti l'urbanizzazione e lo sviluppo intensivo dell'agricoltura.

c) depositi fluviali pleistocenici e recenti, sono stati caratterizzati da una deposizione fluviale, che ha creato zone uniformi e pianeggianti (pianure alluvionali), sfalsate, solamente da una serie di terrazzi alluvionali posti a varie quote che si raccordano con i rilievi di bordo.

La continuità della pianura alluvionale è interrotta solamente da conoidi di deiezioni, che hanno interessato ed interessano entrambi i versanti della Valle del Tevere.

Esse vengono alimentate dal continuo trasporto solido verso valle dei vari affluenti del Tevere che, arrivano in pianura, perdendo l'energia necessaria per il trasporto depositando così le particelle in sospensione.

Attraverso ciò si accumulano grossi quantitativi di materiale proveniente dalle colline sovrastanti ed ovviamente, in base alla capacità di trasporto ed erosione del torrente ed alle caratteristiche strutturali del terreno, si avranno vari quantitativi di roccia sedimentata.

Come già detto in precedenza, il modellamento attuale della zona è anche da imputarsi alla situazione idrografica esistente.

Quest'ultima è composta da vari corsi d'acqua, e ne comprende uno principale che scorre lungo tutta la valle (Fiume Tevere), ed altri secondari che vanno ad immettersi nel principale. Per poter capire meglio l'attuale situazione geografica geomorfologica litologica e strutturale delle zone si ricostruisce in sintesi il quadro evolutivo dell'intera regione, ponendo principalmente in evidenza gli eventi che hanno caratterizzato la nostra area

Nel Trias inferiore, si manifestano i primi segni di distensione continentale (*rift*), con la creazione della crosta oceanica. La fase distensiva continua fino all'inizio del cretaceo, periodo in cui si innesca un processo di subduzione, con la conseguente chiusura del bacino oceanico e l'inizio dei fenomeni di compressione. Parallelamente a ciò, si ha una deposizione di sedimenti, che rispecchia fedelmente l'evoluzione avuta dal bacino, sia temporalmente sia spazialmente.

La successione inizia passando, da una sedimentazione evaporitica (ambiente di transizione), a carbonatica (piattaforma carbonatica), ad una pelagica ed emipelagica fino a terrigena e/o evaporitica, in cui si ha il passaggio da condizioni marine a continentali. E' proprio in questo ultimo intervallo di tempo, che si depositano i litotipi, che tutt'oggi affiorano nell'area presa in considerazione, composti essenzialmente da depositi flyschoidi e successivamente di origine fluvio - lacustre e fluviale.

Per quanto riguarda le fasi tettoniche, se ne possono riconoscere diverse: dalla già citata fase distensiva, che porta alla formazione di un oceano, si passa ad una fase compressiva, che procedendo da ovest verso est porta come già detto prima alla scomparsa della crosta oceanica e quindi all'impilamento di falde di copertura, che formano una serie di cunei listrici embriciati con vergenza orientale.

È proprio questo evento che, provocando l'innalzamento della crosta continentale, crea la catena appenninica. Terminata la fase compressiva, comincia ad instaurarsi un regime distensivo (pleistocene), che procedendo sempre da ovest verso est, porta alla formazione di strette e lunghe valli sempre con vergenza appenninica (horst e graben).

Soffermandoci in particolare sull'evoluzione della zona presa in esame, si può affermare che essa rispecchia fedelmente i motivi che hanno caratterizzato l'andamento regionale.

Infatti la sedimentazione flyschoidale del miocene medio inferiore, testimonia, l'avvenuto corrugamento della zona. dovuto ad una fase compressiva che, spostandosi progressivamente, da ovest verso est, produce sia sedimenti di età diversa (vedi sponda sinistra e destra del Tevere), sia la formazione di *trust*, anticlinali e sinclinali (pliocene).

E' proprio in questo momento che si ha la definitiva scomparsa del mare e l'instaurarsi di un ambiente continentale. Ciò si sviluppa prevalentemente attraverso un ambiente palustre e fluviale, che va ad occupare in maggior modo le valli sinclinali, prodotte dallo evento compressivo.

Si ha, quindi, la formazione del grosso bacino Tiberino impostato sul graben del Tevere che si è formato grazie al propagarsi della tettonica distensiva. Questo lago si estende in una vasta porzione dell'Italia centrale, partendo da Sansepolcro a nord e proseguendo verso sud, fino a Perugia, punto in cui si scinde in due rami divisi dai Monti Martani.

Quello verso est prosegue fino a Spoleto, mentre l'altro giunge alla città di Terni. La lunghezza di tale lago è di circa 130 km., mentre la larghezza massima raggiunge i 30 km e fa risentire la propria influenza per tutto il Villafranchiano.

La fine di questo lago è, quasi sicuramente, da imputarsi all'approfondirsi del solco degli emissari (Tevere), con il conseguente aumento di portata, e al grosso trasporto solido degli emissari che piano piano colmano il grande bacino lacustre.

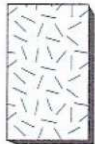
Quest'ultima conclusione è dimostrata dal consistente spessore di sedimenti prodotti dal lago, rinvenuti lungo la valle del Tevere.

Nel pleistocene superiore, con la fine del lago tiberino, si ha l'instaurarsi di un regime prettamente fluviale, in cui un Fiume principale (Tevere), che scorre tutt'oggi lungo la depressione del lago Tiberino, è alimentato da tanti immissari che raccolgono le acque dai monti circostanti.

Il perdurare di questa situazione, ovviamente, produce l'impilamento di facies fluviali sopra i sedimenti lacustri che, a causa delle variazioni del livello di base, vengono lentamente incisi con la creazione di terrazzi fluviali a varie quote tutt'oggi ben evidenti..



Estratto Carta Geologica d'Italia Foglio 289 della Carta IGM 1:50000



b₂

Coltre eluvio colluviale

Depositi caratterizzati da clasti centimetrici o decimetrici a spigoli vivi o subangolosi immersi in abbondante matrice limo-argillosa, raramente detritici, massivi o mal stratificati in accumuli di modesti spessori. I depositi colluviali ed i depositi eluviali, quasi ovunque associati, sono difficilmente distinguibili.

PLEISTOCENE SUPERIORE[?] - OLOCENE



b

Depositi alluvionali attuali e recenti di fondovalle

Limi argillosi bruni prevalenti in strati di alcuni decimetri di spessore, sabbie sciolte grigio-brune a stratificazione incrociata e ghiaie sabbiose poligeniche; gli spessori sono in genere compresi fra i 10 e i 15 m, ma con forti variazioni locali.

OLOCENE



bn

Depositi alluvionali terrazzati

Depositi costituiti da prevalenti silt e sabbie siltose con intercalazioni di ghiaie sabbiose generalmente non differenziati, sopraelevati rispetto agli alvei attuali.

PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE

2. Studio e modellazione geomorfologica e geologica

L'area oggetto di studio si trova lungo una lineazione primaria di scorrimento superficiale (Fiume Tevere) alla quota topografica di circa 304.7 m s.l.m..

La morfologia dell'area è caratterizzata da pendenze pressoché nulle e l'analisi dei lineamenti non ha evidenziato fenomeni d'instabilità o erosione in atto o latenti.

La pendenza e le caratteristiche della superficie topografica determinano una categoria topografica T1.

Il rilevamento condotto in campagna, la relazione geologica preliminare, i sondaggi geognostici a carotaggio continuo, eseguiti sulla zona di progetto, e la correlazione con stratigrafie dedotte dall'escavazione di pozzi in zone limitrofe ha permesso di osservare che i litotipi affioranti appartengono ai sedimenti alluvionali del Fiume Tevere e sono costituiti da limi sabbiosi superficiali in eteropia a lenti sabbio ghiaiose addensate sovrastanti a sedimenti fluvio lacustri villfranchiani composti da argille grigio azzurre.

Le sponde sono contraddistinte dalla presenza di depositi alluvionali rappresentati prevalentemente da ghiaie, sabbie medio fini sovrimposte su argille, sempre riconducibili alle alluvioni attuali e recenti del Fiume Tevere. L'età dei depositi fluviali è Olocenica.

I depositi di conoide presenti al margine vallivo orientale sono costituiti da prevalenti ghiaie, con clasti, anche appiattiti, di dimensioni da centimetriche a pluridecimetriche.

I rapporti fra i corpi di conoide e i vari ordini di depositi terrazzati sono complessi, a volte sfumati, erosivi e spesso livellati. Il Sintema di Fighille (FHL), è costituito da argille più o meno limose, di colore grigio azzurro, in strati plurimetrici; Subordinatamente vi si rinvengono intercalazioni di sabbie da molto fini a grossolane, di colore giallo ocra, talora con sub-centimetrici mud balls, resti carboniosi e sottili livelletti di ghiaietto fine, più frequenti verso la sommità dell'unità. Il contatto basale di questo sintema non affiora mai né è stato raggiunto da perforazioni; L'interpretazione di una linea sismica indicherebbe questo contatto a quasi 100 m dal piano campagna (Barchi et alii, 1999).

Il contatto basale del Sintema di Fighille è discontinuo, lacunoso ed in discordanza angolare, poggiando su un substrato già strutturato, costituito prevalentemente da unità mioceniche. Sulla base dei risultati delle indagini si ritiene che la stratigrafia ricostruita sia valida per tutta l'area di progetto dove insisterà il nuovo ponte.

TAVOLA G7b - Carta delle aree a pericolosità geomorfologica

Luglio 2013

Scala 1:10000



Legenda

AREE A PERICOLOSITA' GEOLOGICA

G.4 - Pericolosità geologica molto elevata

■ Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi

G.3 - Pericolosità geologica elevata

■ Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza, aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%

G.2 - Pericolosità geologica media

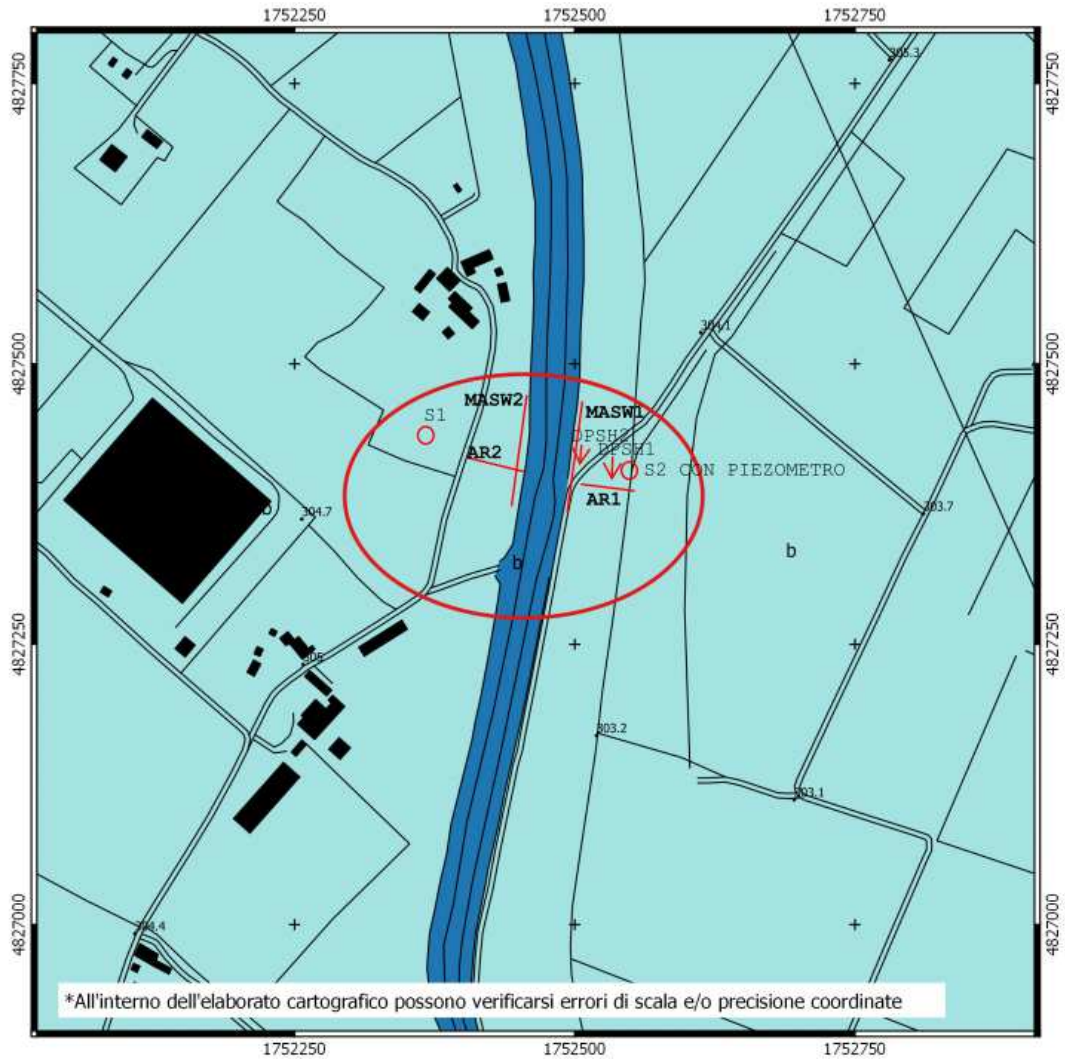
■ Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%

G.1 - Pericolosità geologica bassa

■ Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi

TAVOLA 5

STRALCIO CARTOGRAFICO GEOLOGIA E DELLE INDAGINI



Legenda

Base cartografica:
Geologia Geoscopio Regione Toscana
Scala di elaborazione stralcio cartografico:
1:5000 - SR EPSG 3003
Coord. centroide GB: E 1752472.5 N 4827369.3
Coord. centroide Wgs84: Lat. 12.12539 Long. 43.55642
○ Ingombro area intervento

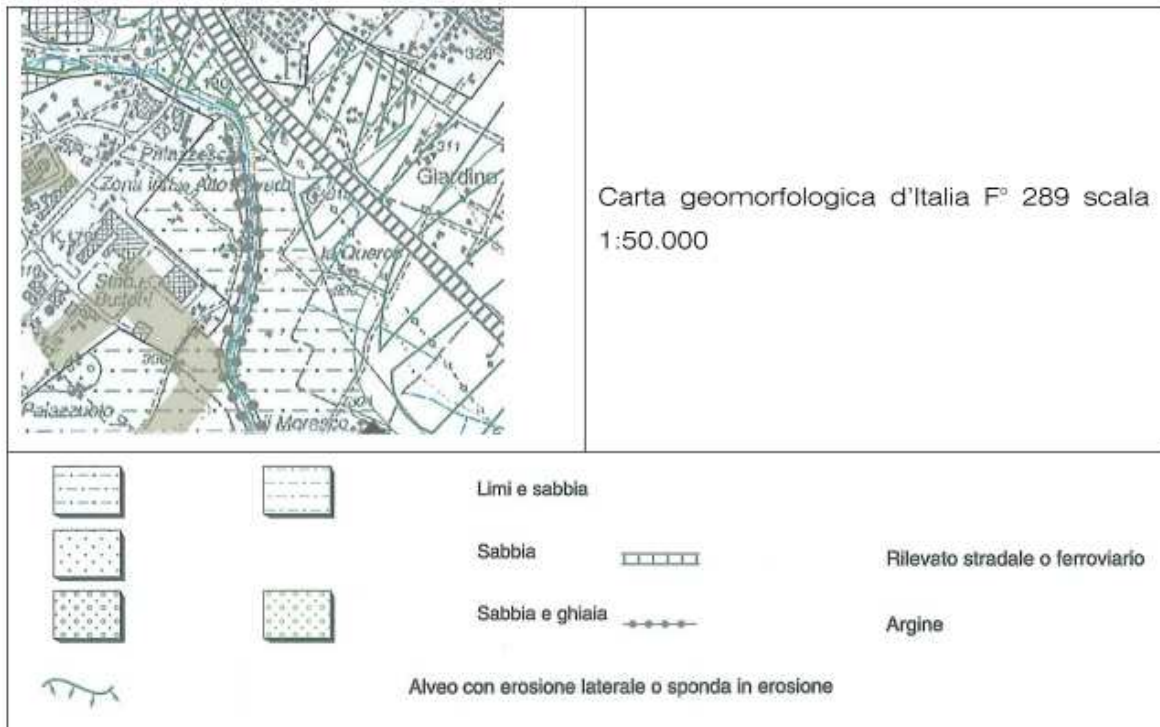
Geologia

Depositi Quaternari

b

Idrografia

— Fiume Tevere



2.1 Terreni e rocce da scavo

La qualità di terreni movimentati è stata individuata in base al D.P.G.R. Toscana 14r/2004 ed è riconducibile ai materiali naturali. Tali materiali non presentano concentrazioni di inquinanti e saranno destinati al normale ciclo di utilizzo della terra (sottofondi ecc.).

Tutta la terra e il terreno vegetale superficiale sarà usato per la risistemazione e il rinverdimento dell'area interessata.

Per qualità, tali sedimenti, sono riconducibili a terre e rocce da scavo provenienti da terreni naturali "in situ" (costituiti da suolo o terreno vegetale e rocce coerenti o incoerenti nella loro disposizione geologica naturale o originaria) ascrivibile alla tipologia ghiaie e sabbie e argille. Quindi poiché il materiale scavato nel corso di attività di costruzione verrà riutilizzato nello stesso sito, come disposto dall'art. 185 del D.L. n° 152 del 03/04/2006, non si rientra nel campo di applicazione del D.M. 161 del 10/08/2012.

Eventuali materiali di riporto dovranno essere presi da cave autorizzate e non contaminate in base al D.M. 161 del 10/08/2012 e D.L. 12/09/2014 n. 133 e alla L. del 28/12/2015 n°221,

producendo la relativa certificazione, nel rispetto delle disposizioni di cui alla L. N° 98 del 9 agosto 2013, art. 41 bis, per verificare le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui al decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica del sito.

3. Studio di valutazione idrogeologica ed idraulica

Dal punto di vista idraulico la zona si trova in classe di pericolosità elevata a ridosso del Fiume Tevere mentre nelle zone limitrofe al Fiume risulta una pericolosità media come è possibile vedere nella carta della pericolosità idraulica del Piano Strutturale del Comune di Sansepolcro, inoltre l'area ricade quasi totalmente nella Fascia C che comprende le porzioni di territorio inondabili comprese tra le piene con Tr 200 e Tr 500 ai sensi del piano stralcio di assetto idrogeologico dell'AdB del Fiume Tevere.

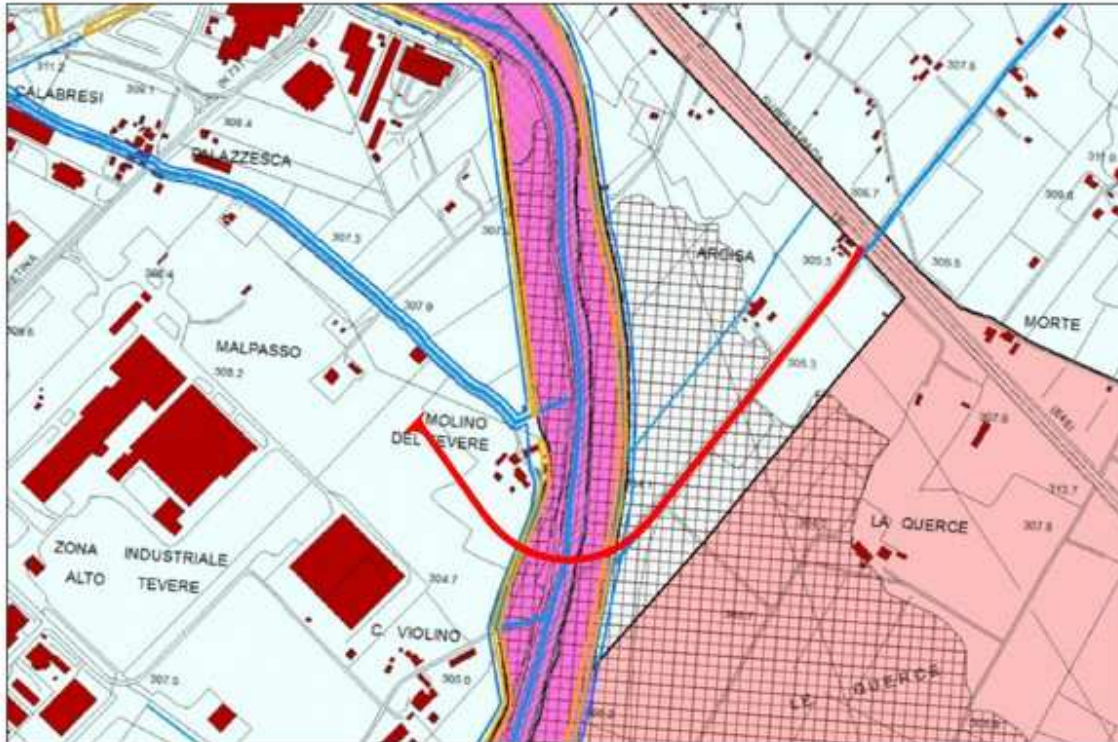
Il PAI in tali fasce dà come obiettivi le linee guida per amministrazioni locali per assicurare un sufficiente livello di sicurezza alle popolazioni insediate, ai beni ed ai luoghi attraverso la predisposizione dei relativi Piani di emergenza di cui alla L. 225/92

Dall'analisi della stratigrafia e della carta idrogeologica risulta probabile la presenza di un acquifero freatico all'interno del banco ghiaioso che può subire notevoli oscillazioni stagionali del livello piezometrico in quanto connesso al sistema idraulico del Fiume Tevere. Sono inoltre presenti alcuni pozzi ad uso potabile con le relative aree di rispetto evidenziate in cartografia.

Analizzando lo schema idrografico della zona in esame risulta in evidenza la presenza di alcuni fossi o canali torrentizi che scorrono in direzione prevalente NO e SE andando a confluire nel Fiume Tevere. In particolare in sinistra idrografica è presente il fosso Reglia dei Mulini lungo la strada dei Banchetti all'interno del quale confluiscono le canalizzazioni dei terreni agricoli della zona con direzione perpendicolare al Fiume Tevere mentre in destra idrografica troviamo un altro fosso nel quale confluiscono le acque della zona industriale periferica a Sansepolcro con andamento parallelo al Fiume Tevere. Questa situazione idrografica superficiale è riconducibile alla natura giacitura e litologia dei terreni affioranti.

TAVOLA G9b - Carta delle aree a pericolosità idraulica (dati storici inventariali) - Febbraio 2015

Scala 1:10000



Legenda

Pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n. 53/R

I.4 - PERICOLOSITA' IDRAULICA MOLTO ELEVATA

Area di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contemporaneamente le seguenti condizioni:
a) vi sono notizie storiche di inondazioni
b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine e, in mancanza, sopra il ciglio di sponda

I.3 - PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA

Area di fondovalle per le quali ricorre almeno una delle seguenti condizioni:
a) vi sono notizie storiche di inondazioni
b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine e, in mancanza, sopra il ciglio di sponda

I.2 - PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA

Area di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

I.1 - PERICOLOSITA' IDRAULICA BASSA

Area collinari e montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
b) sono le situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

Area le cui pericolosità è definita in base ai risultati di modellazioni idrauliche eseguite per tempi di ritorno T₅₀, T₁₀₀₀, T₁₀₀₀₀ anni

Limiti delle fasce fluviali ai sensi del Piano Stralcio di assetto morfologico dell'AsS del Fiume Tevere

FASCIA A

FASCIA B

FASCIA C

Sistema idraulico

Laghi e specchi d'acqua

L.R. 21/2012 Tutela del 10 ml dai corsi d'acqua (L.R. 60 del 28/10/2013, art. 11)

Tubo di reticoli idraulici a geometria sferica (D.C.R.T. 09/2015 del 10.02.2015)

Dal punto di vista idrogeologico l'area ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Tevere che rappresenta il collettore principale, quest'ultimo ha un asse di drenaggio superficiale con andamento NO-SE.

L'assetto geomorfologico, caratterizzato da pendenze ridotte in prossimità del locale fondovalle e l'assetto stratigrafico conferiscono all'area una densità di drenaggio media con capacità di infiltrazione delle acque meteoriche più alta ove i terreni presentano concentrazioni dei termini argillosi più basse.

Le acque quindi scendendo in profondità si vanno ad accumulare al tetto degli strati sedimentari poco permeabili presenti a vari livelli della successione litologica locale formando falde libere.

La canalizzazione della zona risulta essere in buono stato di conservazione, comunque è consigliato un controllo periodico in modo che la circolazione superficiale delle acque risulti sempre efficace.

Le portate sono esigue con basse velocità di deflusso che potrebbero variare in seguito ad eventi piovosi repentini e copiosi.

Dall'indagine condotta sul luogo di interesse, dal rilievo plano altimetrico, dai sondaggi eseguiti sui punti di realizzazione delle spalle del ponte con l'installazione di un piezometro nel sondaggio S2 e del relativo monitoraggio, **la presenza di acque di circolazione sotterranea è individuabile a profondità compresa tra 6.20 e i 6.00 mt dal p.c.** determinando un gradiente idraulico molto basso (vedi carta idrogeologica) che comunque può subire variazione in relazione all'andamento pluviometrico stagionale e annuale con la formazione di linee di drenaggio superficiali o sotterranee e alimentazione della falda da parte dei vari fiumi fossi o torrenti e viceversa.

Infatti dall'analisi dei livelli idrici presenti nell'intorno della zona di progetto il pelo libero dell'acqua del Tevere risulta a quota superiore rispetto al livello statico della falda acquifera misurata dal piezometro S2 posto in riva sinistra e, vista la presenza di sedimenti a media permeabilità (sabbie e ghiaie affioranti nel letto del Fiume e presente nei primi metri del sondaggio) che garantiscono una continuità del regime idrico, si può considerare che la linea

di flusso abbia una direzione di scorrimento tale da determinare un'alimentazione da parte della risorsa idrica superficiale verso la falda sia in riva sinistra che in destra del Tevere.



Fiume Tevere nella sezione di progetto del ponte

Questo è confermato dalla carta idrogeologica del PRG del comune che determina un andamento delle isofreatiche tale da definire una linea ad alto potenziale piezometrico proprio lungo lo sviluppo del Fiume Tevere nel luogo di progetto.

Visto inoltre il periodo di prolungata assenza della precipitazioni, (monitoraggio fino metà di febbraio 2016) tale fenomeno può risultare amplificato visto che il regime idrico del Fiume Tevere risulta comunque garantito dall'invaso di Montedoglio, mentre la ricarica sotterranea della falda dai versanti risulta attualmente meno importante rispetto alla media stagionale.

Si fa presente che il monitoraggio del flusso idrico superficiale e sotterraneo proseguirà in modo da avere più completi e rispondenti alla variabilità intrinseca della risorsa.

TAVOLA G5 del Piano Strutturale - Carta idrogeologica

Scala 1:10000



LEGENDA

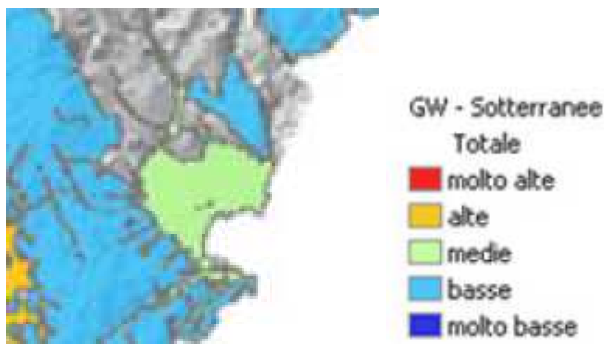
CLASSE DI PERMEABILITA'

primaria	secondaria	
		Elevata
		Media
		Medio - bassa
		Bassa
		Molto bassa

- Isofreatiche con quote assolute s.l.m.
- Linee di flusso
- Pozzi presenti sul territorio comunale sui quali sono state effettuate misure del livello freatico espresse in quote assolute s.l.m. (campagna pozzi anno 2004)
- Pozzi ad uso potabile (database Provincia di Arezzo) e relativa area di rispetto pari a 200 m

In relazione al fatto che il luogo di perforazione si trova in un area contraddistinta dal litotipo alluvioni con classe di permeabilità elevata e quindi con una certa vulnerabilità della falda, anche per la presenza di pozzi ad uso idropotabile e delle relative aree di rispetto, si precisa che tale opera non dovrà pregiudicare la risorsa idrica sotterranea in accordo agli indirizzi di pianificazione stabiliti garantendo situazioni di salvaguardia della falda, e la protezione dall'afflusso di agenti inquinanti e comunque non si evince nessuna attività esterna che possa recare pregiudizio alle risorse acquifere sotterranee così come previsto dall'art. 21 comma 5 del D. Lgs 152/99.

Tali dati derivano dall'aggiornamento delle analisi delle pressioni e degli impatti eseguita nell'anno 2009 con rispettivi indicatori in attuazione al DM 113/2008 per le acque superficiali ed alla 2006/118/CE per le acque sotterranee, rispondenti alle richieste informative della CE nel sistema WISE, relativamente ai corpi idrici individuati dalla regione con la DGR 937/2012”



Carta Corpi idrici superficiali e profondi



misura livello statico su S2
con Piezometro

4. Valutazione sul modello geotecnico

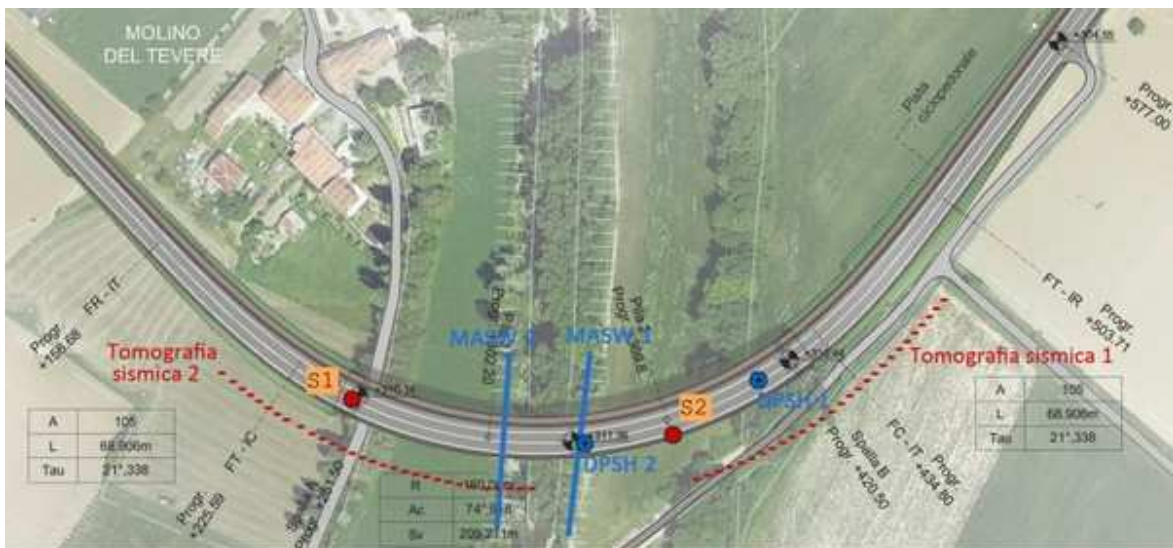
La valutazione dei parametri meccanici e sismici delle terre di fondazione è il risultato del rilevamento geologico di campagna e della indagini geognostiche.

I dati ricavati in fase preliminare da:

- due indagini geofisiche tipo MASW

- due test penetrometrici DPSHe in fase definitiva da:
 - 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo,
 - 8 prove SPT,
 - prove di laboratorio derivanti da tre campioni indisturbati prelevati durante le fasi di avanzamento della perforazione sui vari strati caratteristici e compresi in una porzione significativa all'intervento previsto;
 - Indagine sismica passiva e attiva, a stazione singola e in array, consistente in due prove attive MASW, due prove passive ReMi e 5 acquisizioni del microtremore ambientale a stazione singola in campo libero
- hanno permesso di determinare i seguenti valori:

CARTA DELLE INDAGINI



Dal sondaggio S1

Il sondaggio 1 è stato eseguito a circa 80 mt dalla sponda destra del Fiume Tevere oltre l'arginatura artificiale che risulta parallela allo stesso, in corrispondenza della spalla A in progetto del nuovo ponte sul Tevere fino alla profondità di 25 mt dal p.c..

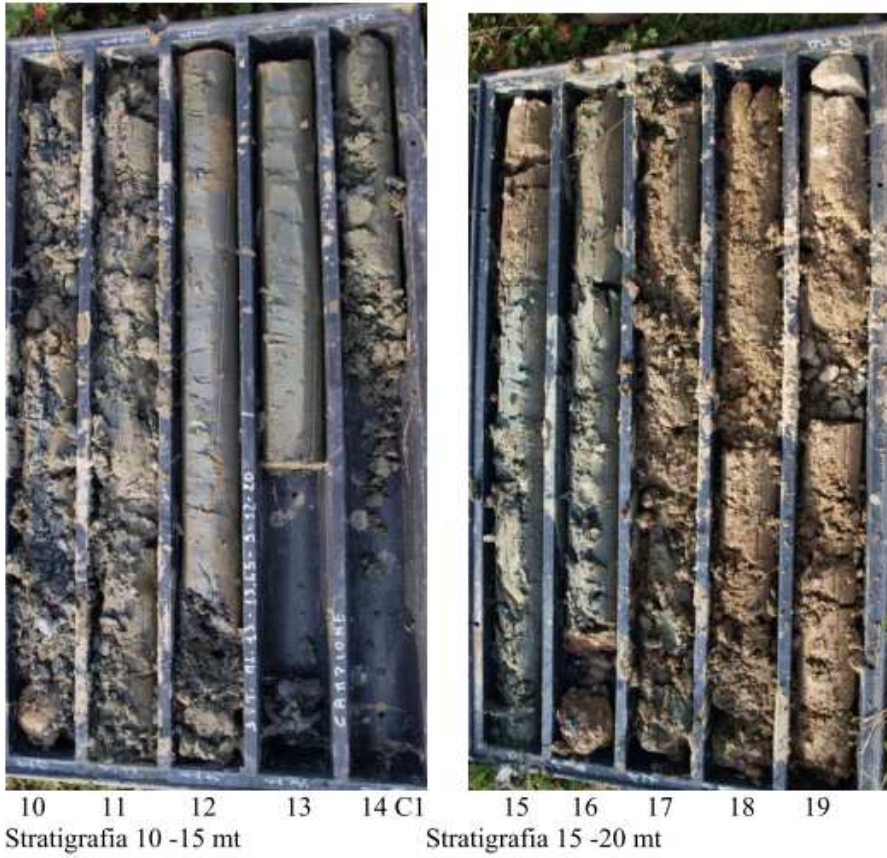


Foto sondaggio 1 1-2-3 febbraio 2016



0 1 2 3 4
stratigrafia 0 - 5 mt

5 6 7 8 9
stratigrafia 5 - 10



Profondità		Spessore		Ø		Litologia	Descrizione litologica	% carotaggio	rqd	livello falda	Campioni	S.P.T.	Pocker p.	Fanelect
ml.	ml.	ml.	ml.	Ø	Ø									
1,00	0,50	0,50					Terrano Vegetale							
2,00														
3,00			4,50				limi sabbiosi poco consistenti color marrone					2,5 mt 3-5-6		
4,00														
5,00	5,00													
6,00														
7,00			3,50				limi sabbiosi debolmente argillosi piu consistenti con la profondità color marrone			7,0				
8,00														
9,00	8,50													
10,00			2,00				limi argillosi con rare intercalazioni sabbio e ghiaiose color marrone sfumate verso il grigio azzurro							
11,00	10,50													
12,00	12,00		1,50				limi argillosi con sabbie e ghiaie color grigio azzurro							
13,00														
14,00			3,00				argilla debolmente sabbiosa compatta color grigio azzurra				14,00 mt S1C1			
15,00	15,00													
16,00			2,00				argilla debolmente sabbiosa compatta color grigio azzurra							
17,00	17,00													
18,00			2,50				limi sabbiosi con ghiaia color marrone							
19,00														
20,00	19,50													
21,00	20,50		1,00				limi sabbiosi con aumento percentuale ghiaiosa compatti color marrone							
22,00	21,50		1,00				limi sabbiosi compatti con poca ghiaia color marrone							
23,00														
24,00			3,50				sabbie ghiaiose							
25,00	25,00													
26,00														
27,00														
28,00														
29,00														
30,00														
31,00														
32,00														
33,00														
34,00														
35,00														
36,00														
37,00														
38,00														
39,00														
40,00														

NSPT 1 S1 - ASCRIVIBILE ALL' UNITA' GEOTECNICA 2



Alla profondità di 2.50 mt dal p.c. all'interno di uno strato formato da limi sabbiosi poco addensati la prova SPT ha dato un numero di colpi pari a 3-5-6, per cui per i parametri geotecnici, si è ottenuto il seguente dato medio caratteristico:

$$\phi = 15 + (15 N_{spt})^{0.5} = 27,8 \text{ }^\circ$$

in base a **Road Bridge Specification**

Sansepolcro
Sondaggio 1
2,50 mt
limi sabbiosi

PARAMETRI CARATTERISTICI
UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI

Valore caratteristico dati da SPT

UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto	11	
Esecuzione	b	b per buona, d per discreta, s per scadente
COV %	20	
SPT caratteristico		7
Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)		31

Φ ridotto al 5° percentile	25,25	Arrotondato 25
---------------------------------	-------	-------------------

Indice di consistenza	Stato di consistenza Plastico	IC 0,25-0,5
-----------------------	----------------------------------	----------------

Valori di Cu in kPa	Correlazione da Cestelli Guidi	25 - 50
---------------------	-----------------------------------	---------

Valori di c' in kPa	Correlazione da Cherubini	massima >	11,6	cautelativa
		media >	10,9	
		bassa >	10,7	

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

NSPT 2 S1 - ASCRIVIBILE ALL' UNITA' GEOTECNICA 2



Alla profondità di 8.50 mt dal p.c. all'interno di uno strato formato da limi sabbiosi mediamente addensati la prova SPT ha dato 7-13-23 per cui per i parametri geotecnici, dalla bibliografie, si è estrapolato il seguente dato medio caratteristico:

$$\phi = 15 + (15 N_{spt})^{0.5} = 38,2^\circ$$

in base a **Road Bridge Specification**

Sansepolcro
Sondaggio 1
8,50 mt
limi sabbiosi

PARAMETRI CARATTERISTICI
UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI

Valore caratteristico dati da SPT

UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto **36**

Esecuzione **b**

b per buona, **d** per discreta, **s** per scadente

COV % **20**

SPT caratteristico **24**

Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996) **39**

Φ ridotto al 5° percentile **32,97** Arrotondato **33**

Indice di consistenza **Molto compatto** Stato di consistenza **IC**
0,75-1,0

Valori di C_u in kPa **Correlazione da Cestelli Guidi** **75 - 100**

Valori di c' in kPa **Correlazione da Cherubini**

- massima** > **4,3**
- media** > **7,7**
- bassa** > **9,3** cautelativa

Nspt	Stato di consistenza	C_u (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

NSPT 3 S1 - ASCRIVIBILE ALL' UNITA' GEOTECNICA 2



Alla profondità di 13.00 mt dal p.c. all'interno di uno strato formato di argilla debolmente sabbiosa compatta la prova SPT ha dato 9-12-20 per cui per i parametri geotecnici. Si è pertanto ottenuto il seguente dato medio caratteristico:

$$\phi = 15 + (15 N_{spt})^{0.5} = 36,9^\circ$$

in base a **Road Bridge Specification**

Sansepolcro
Sondaggio 1
13,00 mt
argilla d. sabbiosa

PARAMETRI CARATTERISTICI
UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI

Valore caratteristico dati da SPT

UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto	32	
Esecuzione	b	b per buona, d per discreta, s per scadente
COV %	20	

SPT caratteristico	21
--------------------	----

Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)	38
--	----

Φ ridotto al 5° percentile	31,96	Arrotondato 32
---------------------------------	-------	-------------------

Indice di consistenza	Stato di consistenza Molto compatto	IC 0,75-1,0
-----------------------	--	----------------

Valori di Cu in kPa	Correlazione da Cestelli Guidi	75 - 100
---------------------	-----------------------------------	----------

Valori di c' in kPa	Correlazione da Cherubini	massima > 5,2 media > 8,1 bassa > 9,5	cautelativa
---------------------	------------------------------	---	-------------

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

NSPT 4 S1 - ASCRIVIBILE ALL' UNITA' GEOTECNICA 1



Alla profondità di 20.00 mt dal p.c. all'interno di uno strato formato da limi sabbiosi compatti con poca ghiaia la prova SPT ha dato 21- rifiuto per cui per i parametri geotecnici. Si è pertanto ottenuto il seguente dato medio caratteristico:

$$\phi = 15 + (15 N_{spt})^{0.5} = 53,7 \text{ } ^\circ$$

in base a **Road Bridge Specification**

tale dato può essere confermato anche con altri metodi

Marcuson e Bieganski (1977)

ϕ picco = 46.7

ϕ residuo = 42.4

DATI DI LABORATORIO

I dati derivanti dal laboratorio terre hanno prodotti i seguenti risultati

Certificati S1C1 - ASCRIVIBILE ALL' UNITA' GEOTECNICA 3

1. Modulo riassuntivo
2. Determinazione del contenuto d'acqua
3. Determinazione del peso specifico apparente e assoluto
4. Analisi granulometrica mediante vagliatura e sedim.
5. Determinazione dei limiti di Atterberg di Liquidità e Plasticità
6. Prova di compressione edometrica
7. Prova di compressione a espansione laterale libera
8. Prova di taglio diretto consolidata drenata

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50	

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	23,2	kN/m ³
Peso di volume	20,4	kN/m ³
Peso di volume secco	16,6	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,3	kN/m ³
Peso specifico	26,7	
Indice dei vuoti	0,616	
Porosità	38,1	%
Grado di saturazione	100,0	%

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm ² /sec	k cm/sec
12,5 + 25,0	2906	---	---
25,0 + 50,0	3873	0,000206	5,22E-09
50,0 + 100,0	4307	0,000199	4,52E-09
100,0 + 200,0	5863	0,000164	2,74E-09
200,0 + 400,0	7180	0,000130	1,78E-09
400,0 + 800,0	11424	0,000121	1,04E-09
800,0 + 1600,0	21246	0,000147	6,80E-10

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	50,5	%
Limite di plasticità	23,4	%
Indice di plasticità	27,1	%
Indice di consistenza	1,01	
Passante al set. n° 42	NO	

FOTOGRAFIA



ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	19,6	%
Limo	33,7	%
Argilla	46,7	%

COMPRESSIONE

Resistenza a compressione	155	kPa
Coazione non drenata	78	kPa

OSSERVAZIONI

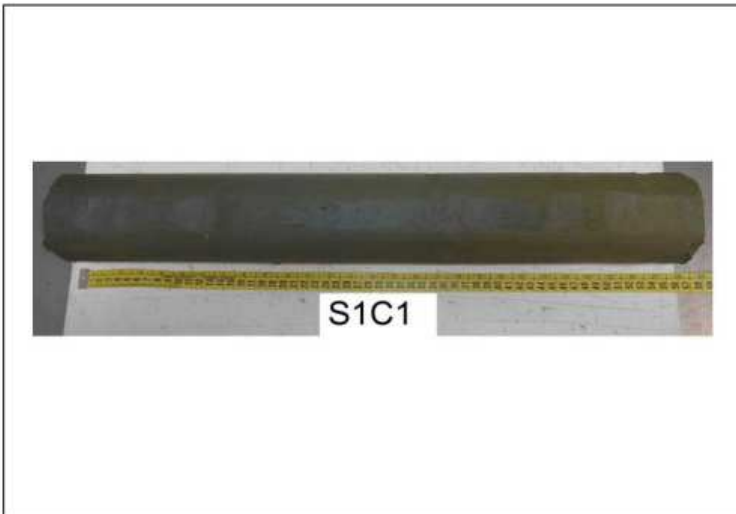
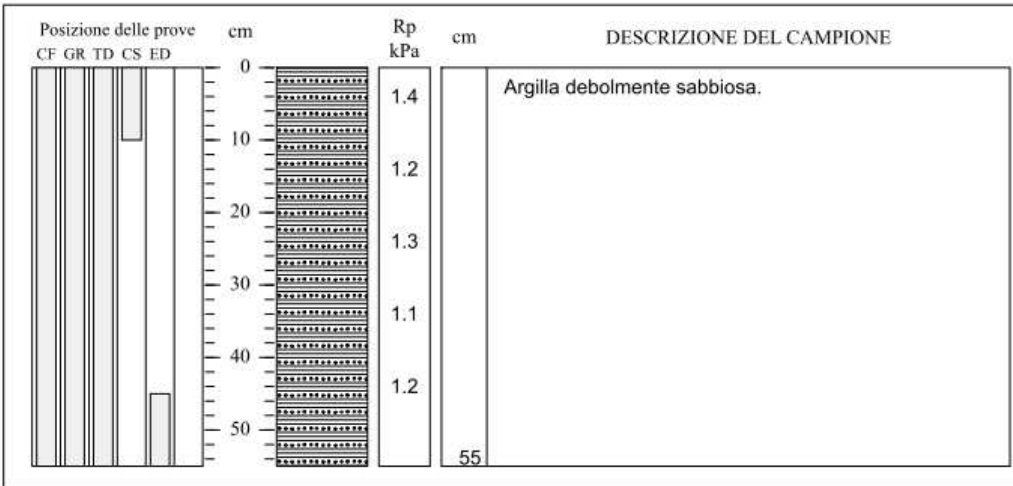


TAGLIO DIRETTO

Coazione:	8,4	kPa
Angolo di attrito interno:	23,6	°

Posizione delle prove CF GR TD CS ED	cm	Rp kPa	VT kPa	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0	1.4		Argilla debolmente sabbiosa.
	10	1.2		
	20	1.3		
	30	1.1		
	40	1.2		
	50			
	55			

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

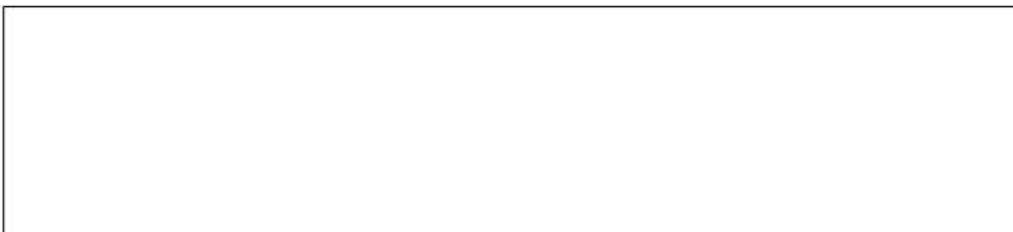


TIPO DI CAMPIONE

Cilindrico
 Cubico
 Massivo

QUALITÀ DEL CAMPIONE

Q5 (Ottima)
 Q4 (Buona)
 Q3 (Sufficiente)
 Q2 (Insufficiente)
 Q1 (Pessima)





TERRA S.n.c.
 via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)
 tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
 info@laboratoriogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
 UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

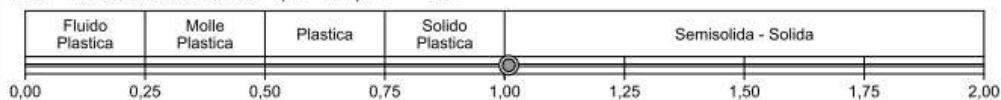
CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

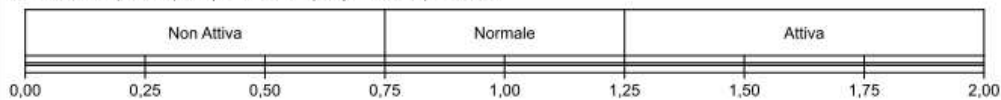
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

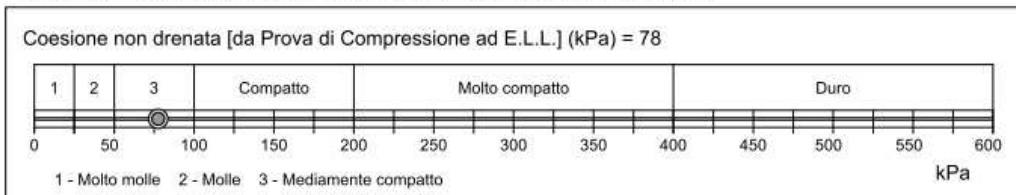
I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 1,01$



A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



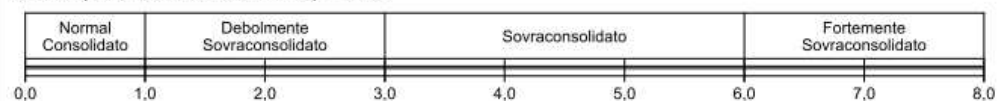
CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito (kPa) = 0,0
 Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] (kPa) = 119,9

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00





TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriofidecnicco.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 09/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50	

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 23,2 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi:
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi:
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50	
PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 20,4 kN/m³



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Barocci



TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 06055 Poplano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
Info@laboratoriorgeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi:
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi:
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50	
<u>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 854			

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,7

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,7

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 25,0 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

--

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

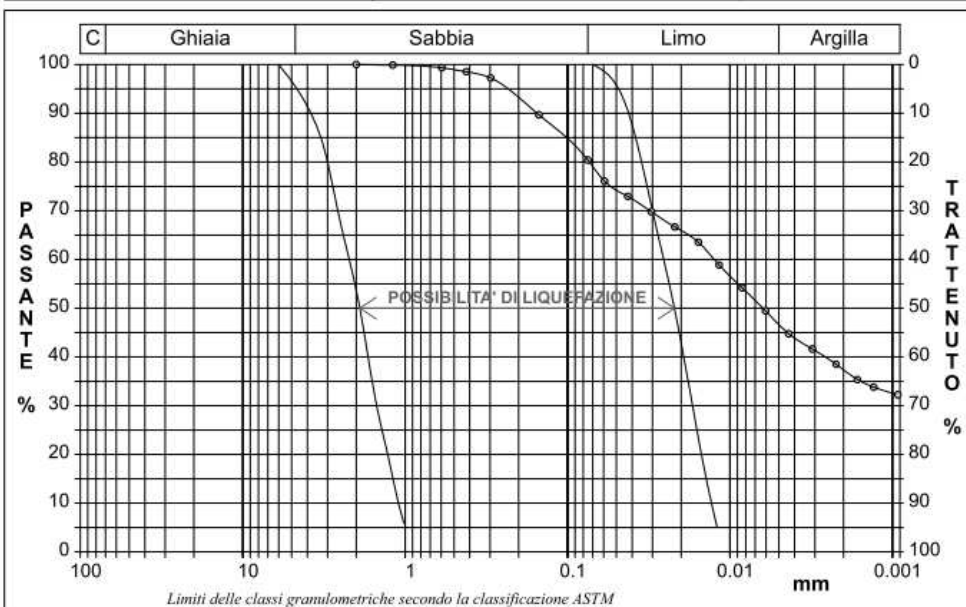
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00031	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 09/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 12/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	19,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,3 %	D30	---	mm
Limo	33,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	80,4 %	D50	0,00628	mm
Argilla	46,7 %			D60	0,01253	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	
					D90	0,15457



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,1500	89,67	0,0218	66,67	0,0043	44,76	0,0009	32,24
1,1900	99,88	0,0750	80,40	0,0157	63,54	0,0031	41,63		
0,5950	99,33	0,0592	76,06	0,0117	58,85	0,0022	38,50		
0,4200	98,52	0,0425	72,93	0,0084	54,15	0,0016	35,37		
0,2970	97,24	0,0305	69,80	0,0060	49,46	0,0013	33,81		

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Spesimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00030	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 09/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 10/02/16

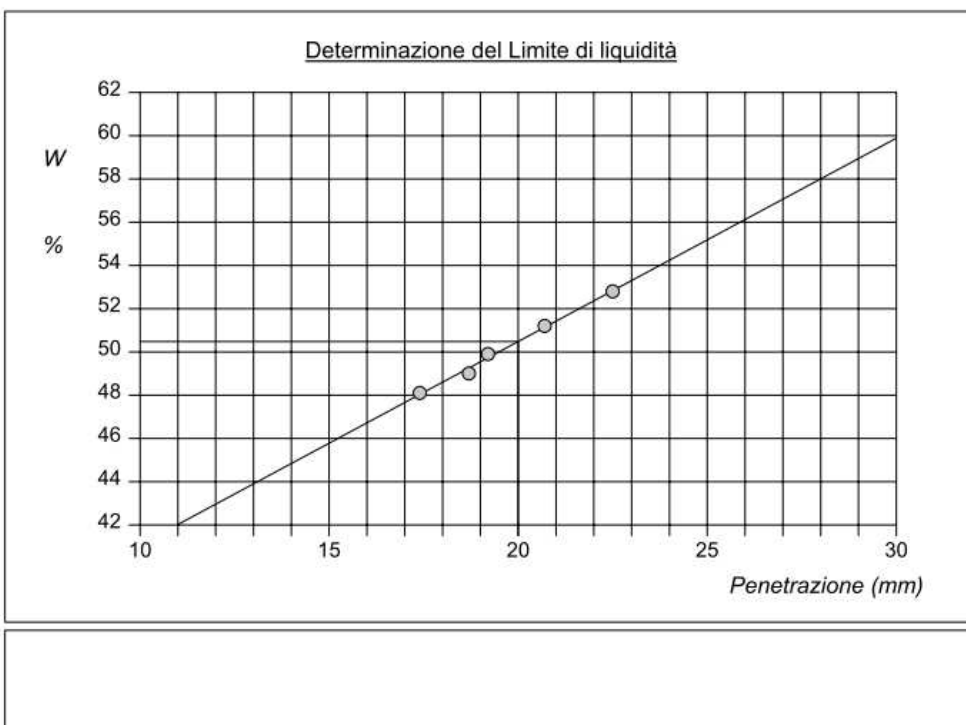
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	50,5 %
Limite di plasticità	23,4 %
Indice di plasticità	27,1 %

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'			
Penetrazione (mm)	17,4	18,7	19,2	20,7	22,5	Umidità (%)	23,3	23,5
Umidità (%)	48,1	49,0	49,9	51,2	52,8	Umidità media	23,4	



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Barocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

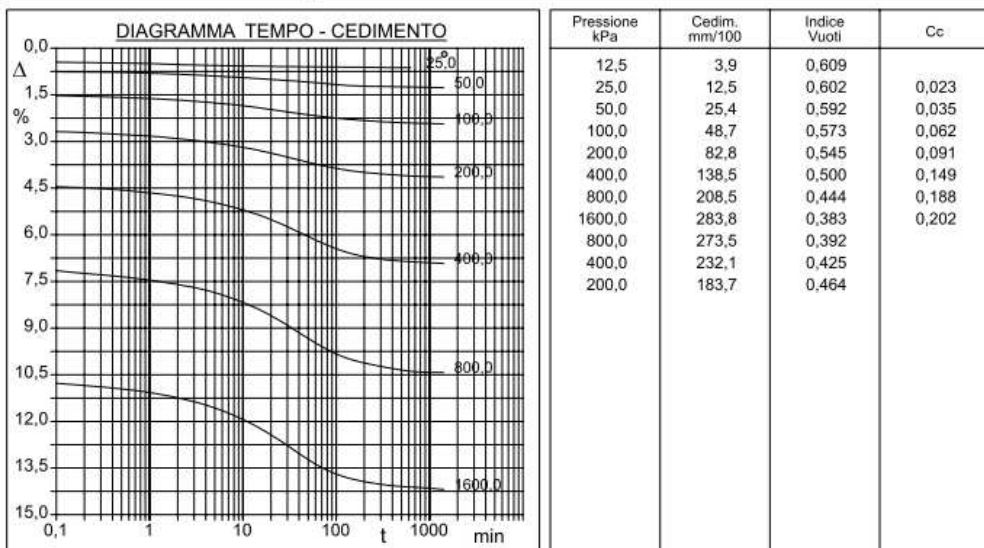
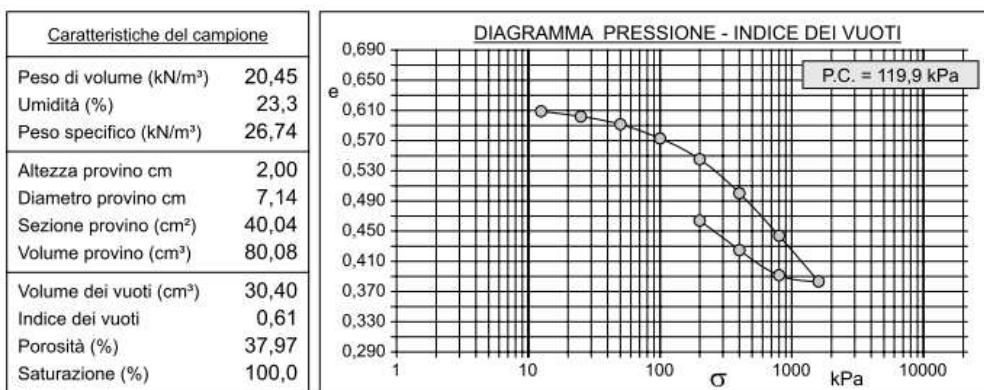
Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00034	Pagina 1/3	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 19/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00034	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 19/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.

RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25,0 kPa		Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	3,9	0,00	12,5	0,00	25,4	0,00	48,7
0,10	9,0	0,10	15,2	0,10	30,5	0,10	53,6
0,25	9,3	0,25	15,3	0,25	31,1	0,25	54,5
0,50	9,6	0,50	15,5	0,50	31,7	0,50	55,5
1,00	9,9	1,00	16,1	1,00	32,4	1,00	56,5
2,00	10,5	2,00	16,8	2,00	33,3	2,00	58,1
4,00	11,0	4,00	17,6	4,00	34,7	4,00	60,2
8,00	11,4	8,00	18,6	8,00	36,3	8,00	62,8
15,00	11,6	15,00	19,6	15,00	38,4	15,00	65,8
30,00	11,8	30,00	20,8	30,00	41,0	30,00	70,0
60,00	12,0	60,00	22,2	60,00	43,4	60,00	74,5
120,00	12,1	120,00	23,8	120,00	45,4	120,00	78,1
240,00	12,3	240,00	24,5	240,00	46,8	240,00	80,3
480,00	12,5	480,00	24,8	480,00	47,8	480,00	81,8
720,00	12,5	720,00	25,0	720,00	48,2	720,00	82,4
		1440,00	25,4	1440,00	48,7	1440,00	82,8

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	82,8	0,00	138,5	0,00	208,5		
0,10	89,1	0,10	143,1	0,10	215,5		
0,25	90,0	0,25	145,3	0,25	217,4		
0,50	91,2	0,50	147,0	0,50	219,1		
1,00	93,1	1,00	149,2	1,00	221,4		
2,00	95,1	2,00	152,0	2,00	224,9		
4,00	98,1	4,00	155,6	4,00	229,5		
8,00	102,3	8,00	161,3	8,00	236,2		
15,00	107,4	15,00	168,1	15,00	244,2		
30,00	114,9	30,00	178,2	30,00	255,6		
60,00	123,3	60,00	189,5	60,00	267,5		
120,00	130,6	120,00	198,6	120,00	275,5		
240,00	134,8	240,00	203,5	240,00	279,6		
480,00	136,9	480,00	206,8	480,00	281,8		
720,00	137,5	720,00	208,1	720,00	282,4		
1440,00	138,5	1440,00	208,5	1440,00	283,8		



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

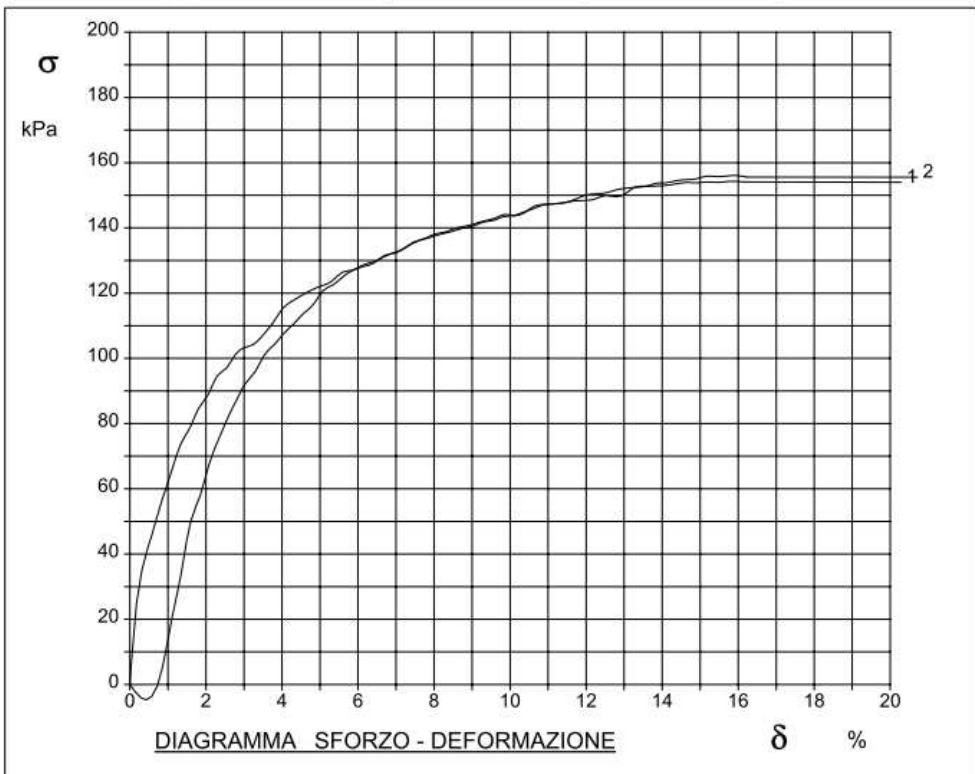
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00032	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 09/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50	

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	----
Velocità di deformazione (mm/min):	0,600	0,600	----
Peso di volume (kN/m³):	20,6	20,8	----
Umidità naturale (%):	23,0	22,5	----



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00032	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 09/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,04	6,4	9,81	143,4	0,86	5,3	10,67	146,8				
0,32	35,0	10,09	143,8	1,10	20,2	10,95	147,2				
0,58	45,9	10,37	144,9	1,35	34,2	11,23	147,5				
0,84	56,4	10,65	146,1	1,59	49,8	11,47	147,9				
1,09	65,0	10,93	147,2	1,84	57,6	11,75	149,0				
1,33	73,6	11,19	147,4	2,07	67,0	12,00	150,1				
1,58	78,7	11,46	147,8	2,31	74,6	12,28	150,4				
1,80	84,6	11,70	148,3	2,56	81,4	12,53	150,8				
2,07	89,1	12,25	148,9	2,80	87,2	12,82	151,8				
2,29	94,6	12,53	150,0	3,03	92,2	13,05	152,2				
2,54	97,0	12,79	149,5	3,31	96,2	13,33	152,5				
2,77	101,1	13,05	150,6	3,54	101,1	13,58	152,8				
3,03	103,4	13,30	152,5	3,80	104,3	13,86	153,7				
3,28	104,5	13,54	152,7	4,03	107,4	14,10	153,8				
3,54	107,7	13,80	152,8	4,31	110,6	14,36	154,4				
3,77	110,9	14,08	153,0	4,55	113,6	14,63	154,8				
4,03	115,5	14,35	153,4	4,84	116,7	14,89	155,0				
4,27	117,6	14,65	153,9	5,08	120,7	15,15	155,8				
4,55	119,6	14,89	153,8	5,34	122,5	15,42	155,7				
4,78	121,0	15,19	154,1	5,61	125,1	15,66	155,8				
5,06	122,3	15,47	154,0	5,89	127,1	15,94	156,1				
5,31	123,7	15,73	154,2	6,17	128,2	16,24	155,5				
5,59	126,4	16,24	154,0	6,43	129,3						
5,87	127,1			6,71	131,6						
6,11	128,5			6,97	132,2						
6,38	129,5			7,25	134,0						
6,64	130,9			7,52	135,7						
6,92	132,3			7,78	136,9						
7,20	133,6			8,02	138,1						
7,46	135,6			8,30	138,8						
7,71	136,4			8,53	139,8						
7,97	137,4			8,81	140,5						
8,23	138,2			9,06	141,2						
8,51	139,1			9,35	142,2						
8,76	139,9			9,60	143,0						
9,04	140,6			9,86	144,1						
9,30	141,8			10,13	143,7						
9,56	142,3			10,41	144,9						

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci





Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

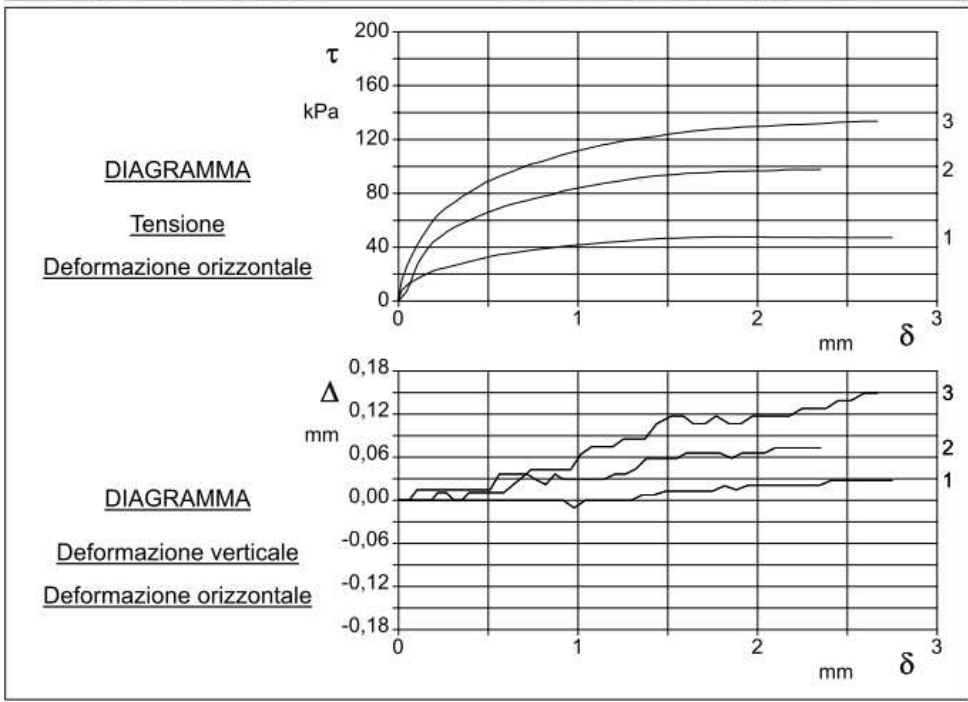
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00033	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 15/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

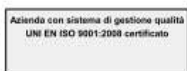
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	98,1	196,1	294,2
Umidità iniziale e umidità finale (%):	23,1 26,9	22,7 24,0	24,1 22,7
Peso di volume (kN/m³):	19,6	19,9	20,4
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,002 mm / min	



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00033	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 15/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,015	7,5	0,00	0,044	7,1	0,00	0,005	6,3	0,00
0,112	17,1	0,00	0,081	19,1	0,01	0,036	21,4	0,00
0,209	23,2	0,00	0,133	33,3	0,01	0,061	30,2	0,00
0,331	27,1	0,00	0,192	43,8	0,01	0,092	38,3	0,00
0,444	30,8	0,00	0,273	51,9	0,01	0,133	48,1	0,00
0,556	34,4	0,00	0,370	58,4	0,01	0,184	58,1	0,00
0,678	36,5	0,00	0,458	63,7	0,01	0,265	69,1	0,01
0,796	38,7	0,00	0,562	68,9	0,04	0,352	77,4	0,00
0,918	40,7	0,00	0,658	72,9	0,04	0,439	84,2	0,01
1,040	42,0	0,00	0,761	76,3	0,03	0,535	90,9	0,01
1,163	43,6	0,00	0,872	79,7	0,04	0,637	96,4	0,02
1,295	44,8	0,00	0,976	83,3	0,03	0,739	101,7	0,04
1,423	46,2	0,01	1,094	86,2	0,03	0,847	105,7	0,04
1,555	46,7	0,01	1,205	88,6	0,04	0,959	110,2	0,04
1,688	47,3	0,01	1,323	91,2	0,04	1,076	114,1	0,07
1,815	47,7	0,02	1,434	93,0	0,06	1,193	117,2	0,07
1,948	47,5	0,02	1,552	94,1	0,06	1,311	120,2	0,09
2,075	47,3	0,02	1,670	95,1	0,07	1,438	122,3	0,11
2,208	47,3	0,02	1,789	96,2	0,07	1,586	125,3	0,12
2,346	47,1	0,02	1,914	96,4	0,07	1,708	127,1	0,11
2,478	47,1	0,03	2,040	96,7	0,07	1,841	128,2	0,11
2,616	47,1	0,03	2,158	97,5	0,07	1,973	129,6	0,12
2,749	47,1	0,03	2,291	97,5	0,07	2,106	130,4	0,12
						2,249	131,2	0,13
						2,381	132,0	0,13
						2,519	133,2	0,14
						2,667	133,5	0,15

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00033	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 08/02/16	Fine analisi: 15/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro
SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,015	7,5	0,00	0,044	7,1	0,00	0,005	6,3	0,00
0,112	17,1	0,00	0,081	19,1	0,01	0,036	21,4	0,00
0,209	23,2	0,00	0,133	33,3	0,01	0,061	30,2	0,00
0,331	27,1	0,00	0,192	43,8	0,01	0,092	38,3	0,00
0,444	30,8	0,00	0,273	51,9	0,01	0,133	48,1	0,00
0,556	34,4	0,00	0,370	58,4	0,01	0,184	58,1	0,00
0,678	36,5	0,00	0,458	63,7	0,01	0,265	69,1	0,01
0,796	38,7	0,00	0,562	68,9	0,04	0,352	77,4	0,00
0,918	40,7	0,00	0,658	72,9	0,04	0,439	84,2	0,01
1,040	42,0	0,00	0,761	76,3	0,03	0,535	90,9	0,01
1,163	43,6	0,00	0,872	79,7	0,04	0,637	96,4	0,02
1,295	44,8	0,00	0,976	83,3	0,03	0,739	101,7	0,04
1,423	46,2	0,01	1,094	86,2	0,03	0,847	105,7	0,04
1,555	46,7	0,01	1,205	88,6	0,04	0,959	110,2	0,04
1,688	47,3	0,01	1,323	91,2	0,04	1,076	114,1	0,07
1,815	47,7	0,02	1,434	93,0	0,06	1,193	117,2	0,07
1,948	47,5	0,02	1,552	94,1	0,06	1,311	120,2	0,09
2,075	47,3	0,02	1,670	95,1	0,07	1,438	122,3	0,11
2,208	47,3	0,02	1,789	96,2	0,07	1,586	125,3	0,12
2,346	47,1	0,02	1,914	96,4	0,07	1,708	127,1	0,11
2,478	47,1	0,03	2,040	96,7	0,07	1,841	128,2	0,11
2,616	47,1	0,03	2,158	97,5	0,07	1,973	129,6	0,12
2,749	47,1	0,03	2,291	97,5	0,07	2,106	130,4	0,12
						2,249	131,2	0,13
						2,381	132,0	0,13
						2,519	133,2	0,14
						2,667	133,5	0,15

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro		
SONDAGGIO: S1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	98	196	294
Tensione a rottura (kPa):	48	98	134
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,78	2,22	2,60
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,00	0,07	0,15
Umidità iniziale e umidità finale (%):	23,1 26,9	22,7 24,0	24,1 22,7
Peso di volume (kN/m³):	19,6	19,9	20,4

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione:	8,4 kPa
Angolo di attrito interno:	23,6 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0,002 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24

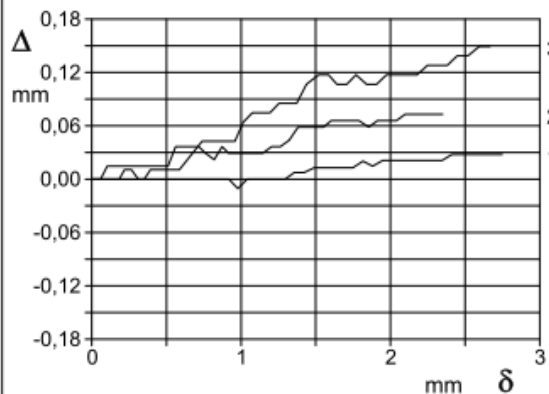
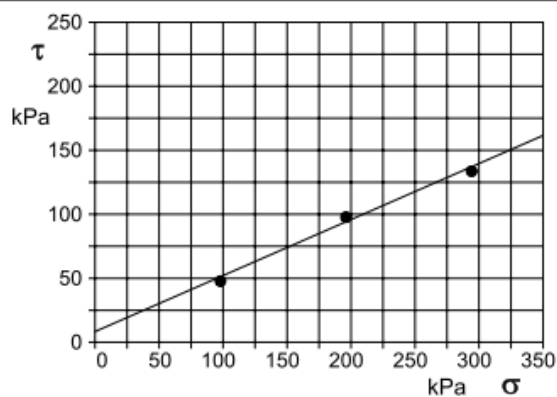


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

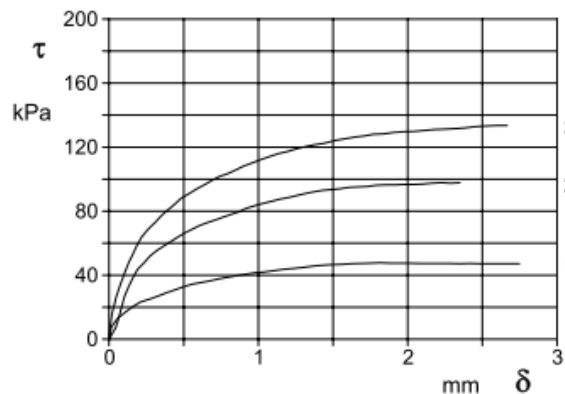


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Dal sondaggio S2



Sondaggio S2 26-27-28-29 gennaio 2016



1 2 3 4 5
stratigrafia 0- 5 mt



5 6 7 8 9
stratigrafia 5 10 mt



10 11 12 13 14 C1
stratigrafia 10-15

15 16 17 18 19 C2
stratigrafia 15-20



stratigrafia 20 -25

COMMITTENTE :		A.C. Sansepolcro		SONDAGGIO N° :		2					
LOCALITA' :		SANSEPOLCRO		TIPO SONDA:		0					
IMPRESA ESECUTRICE :		TECNODRILL		PERFORAZ. :		A CAROTAGGIO CONTIN					
DATA :		gennaio-16		QUOTA p. c. :		304,4					
Profondità	Spessore	Carotiere	Rivestimento	Litologia	Descrizione litologica	% carotaggio	mqd	livello falda	Campione	S.P.T.	Pocker p.
1,00	0,60	0,60			Terrano Vegetale						
2,00		1,90			limi argillosi mediamente consistenti						
3,00	2,50										
4,00					sabbie ghiaiose con ciottoli alternate a piccoli livelli limo sabbiosi marroni mediamente consistenti					2,5 mt 16-30-35	
5,00	3,50										
6,00	6,00				sabbie limose con ghiaie e ciottoli color marrone			6,0			
7,00	7,00	1,00									
8,00					sabbie ghiaiose con ciottoli alternate a rari livelli limo sabbiosi marroni mediamente consistenti					8,00 mt 18-35-38	
9,00	2,50										
10,00	9,50										
11,00					limi argillosi con sabbie color marrone passanti ; grigio in profondità poco consistenti						
12,00	4,00										
13,00										13,00 mt 6-7-10	
14,00	13,50										
15,00									14,00 mt S2C1		
16,00	4,50				argille debolmente limose compatte color grigio azzurro						
17,00											
18,00	18,00										
19,00	19,00	1,00			argille limose marroni						
20,00											
21,00	20,50	1,50			argille limose mediamente compatte color marrone				19,60 mt S2C2		
22,00											
23,00	4,50				sabbie limose passanti a sabbie ghiaiose con ciottoli					22 mt 15-26-32	
24,00											
25,00	25,00		25,00								
26,00											
27,00											
28,00											
29,00											
30,00											
31,00											
32,00											
33,00											
34,00											
35,00											
36,00											
37,00											
38,00											
39,00											
40,00											

Il sondaggio S2 è stato eseguito a circa 80 mt dalla sponda sinistra del Tevere, appena prima dell'arginatura artificiale che risulta circa parallela al fiume, quasi in corrispondenza della spalla B del nuovo ponte sul Tevere in progetto fino alla profondità di 25 mt dal p.c..

SONDAGGIO S2 26/27/28/29 GENNAIO 2016

NSPT 1 S2 – UNITA' GEOTECNICA 1

Alla profondità di 2.50 mt dal p.c. all'interno di ghiaie poco sabbiose la prova SPT ha dato 16-30-35 per cui per i parametri geotecnici si è estrapolato il seguente dato medio caratteristico:



$$\emptyset = 03 * NSPT + 27 = 46.5$$

da Japanese National Railway tale dato può essere confermato anche con altri metodi

Marcuson e Bieganouski (1977)

$$\emptyset \text{ picco} = 45.9$$

$$\emptyset \text{ residuo} = 42.4$$

NSPT 2 S2 - UNITA' GEOTECNICA 1

Alla profondità di 8.00 mt dal p.c. all'interno di sabbie ghiaiose con ciottoli la prova SPT ha dato 18-35-38 per cui per i parametri geotecnici si è estrapolato il seguente dato medio caratteristico:



$$\emptyset = 03 * NSPT + 27 = 46.5$$

da Japanese National Railway

$$\emptyset = 28 + 0,28 NSPT = 48.44$$

tale dato può essere confermato anche con altri metodi Marcuson e Bieganouski (1977)

$$\emptyset \text{ picco} = 46.3$$

$$\emptyset \text{ residuo} = 42.7$$

NSPT 3 S2 - UNITA' GEOTECNICA 3



Alla profondità di 13.00 mt dal p.c. all'interno di un livello di limi sabbiosi poco addensati di modesto spessore la prova SPT ha dato 6-7-10 per cui per i parametri geotecnici si è estrapolato il seguente dato medio caratteristico:

$$\phi = 15 + (15 N_{spt})^{0.5} = 31,0^\circ$$

in base a **Road Bridge Specification**

Sansepolcro
Sondaggio 1
13,00 mt
argilla d. sabbiosa

PARAMETRI CARATTERISTICI
<i>UN SOLO DATO - TERRENI COESIVI</i>

Valore caratteristico dati da SPT

UN SINGOLO DATO

Per penetrometri di 30 kg dividere per 1.32 la media dei dati della zona di interesse.

Nspt corretto	<input type="text" value="32"/>							
Esecuzione	<input type="text" value="b"/>	b per buona, d per discreta, s per scadente						
COV %	<input type="text" value="20"/>							
SPT caratteristico	<input type="text" value="21"/>							
Φ caratteristico secondo Hatanaka e Uchida (1996)	<input type="text" value="38"/>							
Φ ridotto al 5° percentile	<input type="text" value="31,96"/>	Arrotondato <input type="text" value="32"/>						
Indice di consistenza	Stato di consistenza <input type="text" value="Molto compatto"/>	IC <input type="text" value="0,75-1,0"/>						
Valori di Cu in kPa	Correlazione da Cestelli Guidi	<input type="text" value="75 - 100"/>						
Valori di c' in kPa	Correlazione da Cherubini	<table border="0"> <tr><td>massima ></td><td><input type="text" value="5,2"/></td></tr> <tr><td>media ></td><td><input type="text" value="8,1"/></td></tr> <tr><td>bassa ></td><td><input type="text" value="9,5"/></td></tr> </table> cautelativa	massima >	<input type="text" value="5,2"/>	media >	<input type="text" value="8,1"/>	bassa >	<input type="text" value="9,5"/>
massima >	<input type="text" value="5,2"/>							
media >	<input type="text" value="8,1"/>							
bassa >	<input type="text" value="9,5"/>							

Nspt	Stato di consistenza	Cu (kPa)
< 2	Molto soffice	< 10
2 - 4	Soffice	10 - 25
4 - 8	Plastico	25 - 50
8 - 15	Compatto	50 - 100
15 - 30	Molto compatto	100 - 200
> 30	Estrem. compatto	> 200

NSPT 4 S2 - UNITA' GEOTECNICA 1

Alla profondità di 22.00 mt dal p.c. all'interno di sabbie ghiaiose con ciottoli la prova SPT ha dato 15-26-32 per cui per i parametri geotecnici si è estrapolato il seguente dato medio caratteristico:



In base a **Japanese National Railway**

$$03 * NSPT + 27 = 44.4$$

tale dato può essere confermato anche con altri metodi

Marcuson e Bieganouski (1977)

$$\emptyset \text{ picco} = 45.4$$

$$\emptyset \text{ residuo} = 42.1$$

PROVE DI LABORATORIO

I dati derivanti dalle prove di laboratorio hanno prodotti i seguenti risultati
certificati S2C1 ASCRIVIBILE ALL' UNITA' GEOTECNICA 3

- 1. Modulo riassuntivo
- 2. Determinazione del contenuto d'acqua
- 3. Determinazione del peso specifico apparente e assoluto
- 4. Analisi granulometrica mediante vagliatura e sedimentazione
- 5. Determinazione dei limiti di Atterberg di Liquidità e Plasticità
- 6. Prova di compressione a espansione laterale libera
- 7. Prova di taglio diretto consolidata drenata

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	28,2	kN/m ³
Peso di volume	19,7	kN/m ³
Peso di volume secco	15,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,4	kN/m ³
Peso specifico	26,3	
Indice dei vuoti	0,713	
Porosità	41,6	%
Grado di saturazione	100,0	%

FOTOGRAFIA



LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	59,1	%
Limite di plasticità	23,4	%
Indice di plasticità	35,7	%
Indice di consistenza	0,86	
Passante al set. n° 42	NO	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	8,8	%
Limo	39,1	%
Argilla	52,1	%

COMPRESSIONE

Resistenza a compressione	102	kPa
Coesione non drenata	51	kPa

TAGLIO DIRETTO

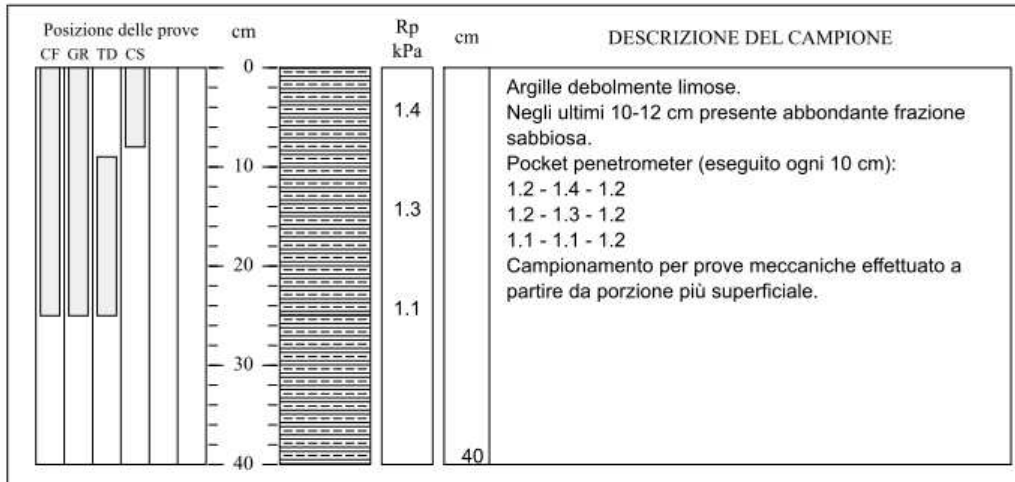
Coesione:	36,4	kPa
Angolo di attrito interno:	19,2	°



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50



TIPO DI CAMPIONE

- Cilindrico
- Cubico
- Massivo

QUALITÀ DEL CAMPIONE

- Q5 (Ottima)
- Q4 (Buona)
- Q3 (Sufficiente)
- Q2 (Insufficiente)
- Q1 (Pessima)



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

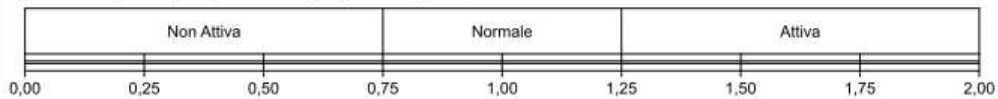
CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

Abaco di plasticità di Casagrande

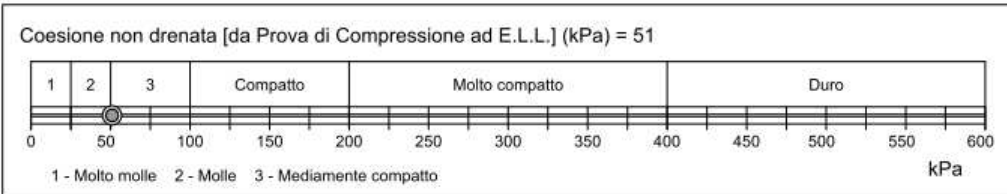
I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,86$



A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,00



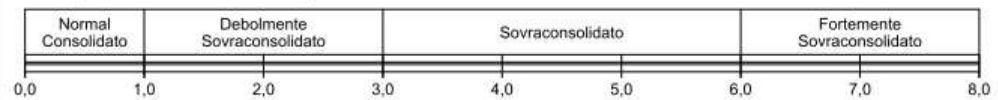
CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA



CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito (kPa) = 0,0
Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] (kPa) = 0,0

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,00





TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Paganico (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratorlogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16	Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 02/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 28,2 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



TERRA S.n.c.
 via Vittorio Veneto 4 - 04055 Papiano (PG)
 tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
 info@laboratoriogetecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
 UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi:
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16	Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi:
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m 14.00 - 14.50
<u>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</u>		
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E		

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,7 kN/m³



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
 Paolo Bartocci



TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriofogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 02/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 02/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	14.00 - 14.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

γ_s = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,3**

γ_{sc} = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,3**

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 26,3 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Papiano (PG)
tel. 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriologeo-tecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

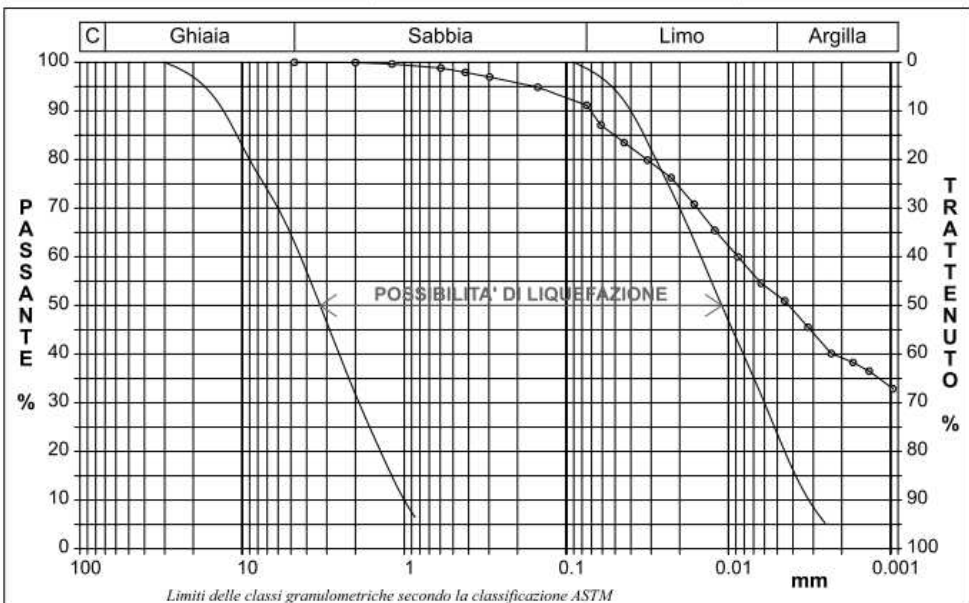
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00022	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 02/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 05/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,9 %	D ₁₀	0,00011 mm	
Sabbia	8,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	97,8 %	D ₃₀	---	
Limo	39,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	91,2 %	D ₅₀	0,00424 mm	
Argilla	52,1 %			D ₆₀	0,00873 mm	
Coefficiente di uniformità		75,99	Coefficiente di curvatura		---	
					D ₉₀	0,07081 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,2970	96,96	0,0315	79,88	0,0063	54,58	0,0014	36,51
2,0000	99,95	0,1500	94,86	0,0226	76,27	0,0045	50,96	0,0010	32,89
1,1900	99,65	0,0750	91,16	0,0163	70,84	0,0032	45,54		
0,5950	98,80	0,0613	87,11	0,0121	65,42	0,0023	40,12		
0,4200	97,92	0,0440	83,49	0,0087	60,00	0,0017	38,31		

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Spesimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00021	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 09/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 10/02/16

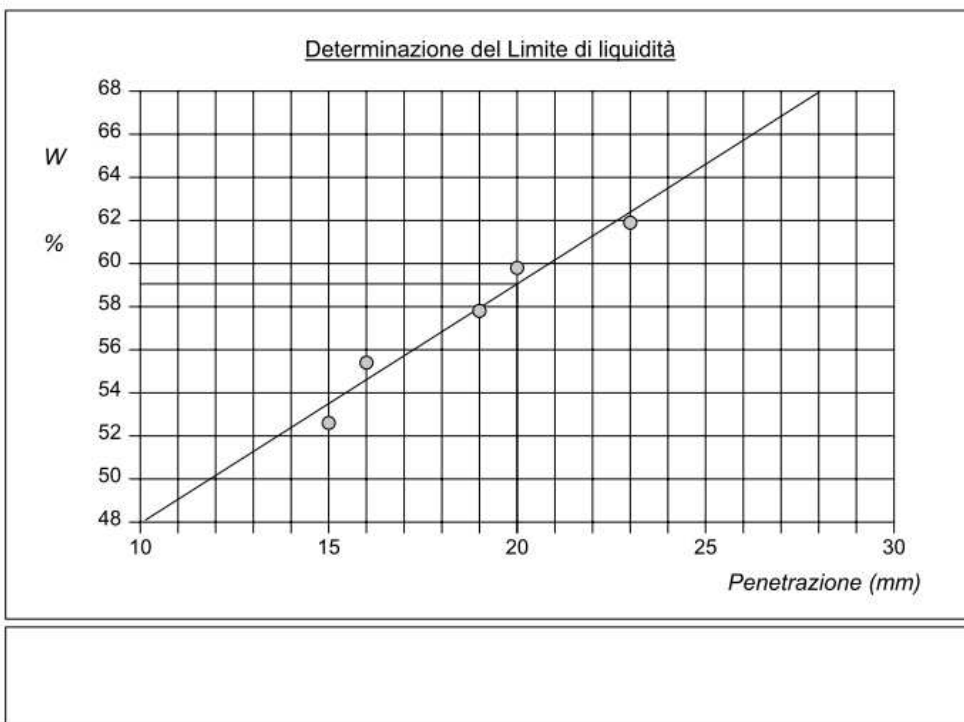
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma BS 1377-90

Limite di liquidità	59,1 %
Limite di plasticità	23,4 %
Indice di plasticità	35,7 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Penetrazione (mm)	15,0	16,0	19,0	20,0	23,0	Umidità (%)	23,3	23,5
Umidità (%)	52,6	55,4	57,8	59,8	61,9	Umidità media	23,4	



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Spesimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

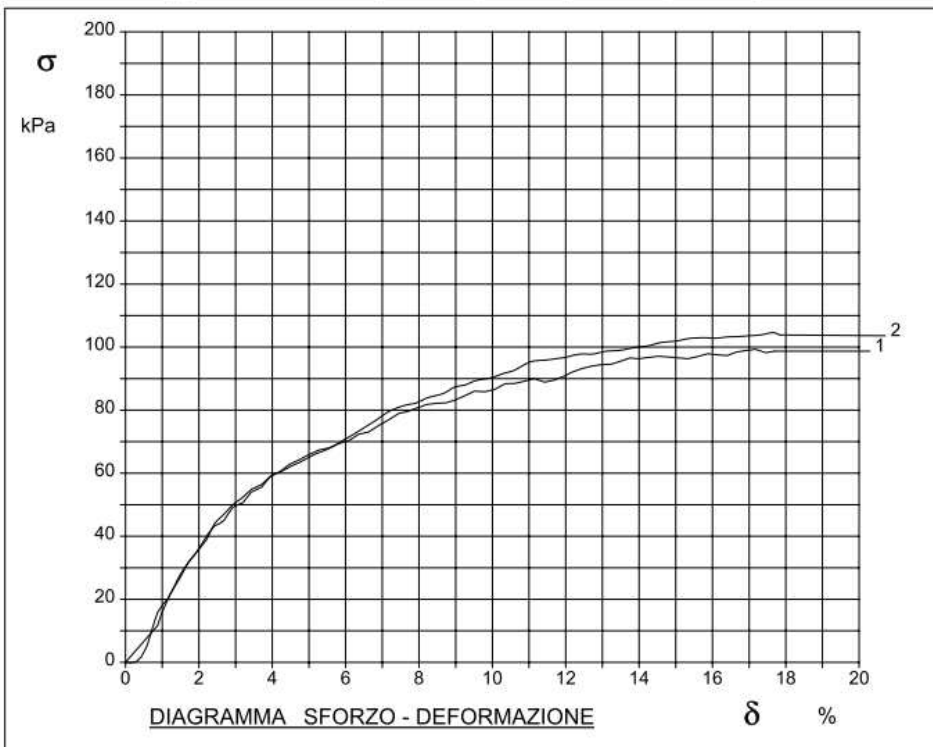
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00023	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 02/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

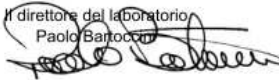
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	0,600	0,600	-----
Peso di volume (kN/m³):	20,0	20,0	-----
Umidità naturale (%):	27,3	27,4	-----



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci





TERRA S.n.c.
via Villafio Veneto 4 - 06055 Paganò (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratorioelettrico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00023	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 02/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14,00 - 14,50

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,88	11,7	10,62	88,5	0,61	6,2	10,58	92,5				
0,96	15,0	10,90	89,2	0,88	15,9	10,88	94,5				
1,23	21,9	11,14	90,0	1,16	20,2	11,14	95,7				
1,49	26,9	11,42	88,9	1,42	26,3	11,42	95,8				
1,72	31,8	11,67	89,5	1,70	31,4	11,70	96,3				
1,96	35,3	11,95	90,7	1,93	34,9	11,95	96,6				
2,21	38,9	12,18	92,1	2,21	40,0	12,21	97,4				
2,44	44,2	12,46	93,2	2,44	43,3	12,47	97,8				
2,70	47,2	12,70	93,9	2,68	45,0	12,75	97,8				
2,93	50,0	12,96	94,4	2,93	49,2	13,00	98,5				
3,21	52,5	13,24	94,6	3,21	50,7	13,28	98,8				
3,43	54,9	13,47	95,4	3,43	54,0	13,51	99,0				
3,71	56,5	13,75	96,5	3,71	55,6	13,79	99,7				
3,94	58,9	13,98	96,3	3,94	58,9	14,01	100,1				
4,20	60,4	14,26	96,7	4,22	60,4	14,29	100,5				
4,47	62,8	14,52	97,1	4,47	62,0	14,56	101,4				
4,75	64,3	14,80	96,9	4,75	63,5	14,84	101,7				
4,99	65,9	15,07	96,6	4,99	65,0	15,08	102,1				
5,27	67,3	15,33	96,3	5,26	66,5	15,35	102,7				
5,54	68,0	15,57	96,9	5,50	67,5	15,59	102,9				
5,82	69,4	15,87	97,9	5,80	69,5	15,87	102,9				
6,10	70,4	16,12	97,6	6,04	71,2	16,12	102,8				
6,36	72,4	16,40	97,3	6,32	73,1	16,40	103,2				
6,62	73,0	16,66	98,5	6,60	75,2	16,66	103,3				
6,92	75,3	16,92	98,9	6,87	77,1	16,92	103,5				
7,15	76,7	17,17	99,3	7,15	79,4	17,19	103,7				
7,45	78,9	17,45	98,3	7,41	80,7	17,45	104,1				
7,69	79,5	17,69	98,7	7,67	81,7	17,69	104,6				
7,94	80,7			7,92	82,2	17,87	103,6				
8,22	81,8			8,20	83,8						
8,46	82,1			8,44	84,6						
8,74	82,3			8,72	85,6						
8,99	83,2			8,97	87,3						
9,27	84,6			9,25	88,0						
9,51	86,0			9,49	89,2						
9,79	85,8			9,78	89,8						
10,06	86,5			10,06	90,6						
10,35	88,4			10,34	91,8						

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Barocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

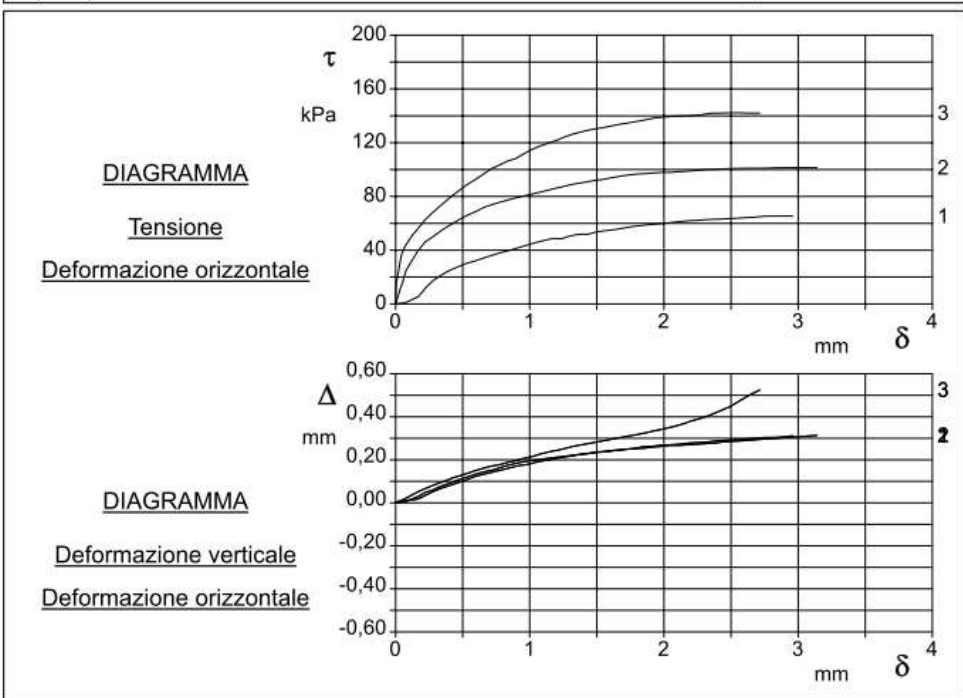
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00024	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 12/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	73,6	196,1	294,2
Umidità iniziale e umidità finale (%):	28,4 28,0	28,6 26,7	29,0 25,8
Peso di volume (kN/m³):	19,4	19,5	19,3
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Velocità di deformazione: 0,002 mm / min	



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Pappano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriogetechnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00024	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 12/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.

RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)

SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,068	0,8	0,01	0,034	10,9	0,00	0,005	15,0	0,00
0,170	5,4	0,02	0,076	24,5	0,01	0,027	27,7	0,01
0,225	12,0	0,04	0,167	39,6	0,03	0,050	38,4	0,01
0,277	17,0	0,05	0,277	49,9	0,06	0,120	50,3	0,04
0,334	21,1	0,07	0,405	58,7	0,09	0,212	61,7	0,06
0,397	24,6	0,08	0,530	65,8	0,12	0,313	71,3	0,09
0,460	27,5	0,09	0,661	72,0	0,14	0,423	80,7	0,12
0,522	30,0	0,11	0,818	76,8	0,17	0,533	88,9	0,14
0,585	31,7	0,12	0,991	81,2	0,20	0,645	96,0	0,16
0,645	33,8	0,13	1,164	85,4	0,21	0,776	103,4	0,18
0,713	36,0	0,14	1,337	89,4	0,22	0,893	108,1	0,20
0,783	38,2	0,15	1,481	91,9	0,23	1,011	114,7	0,21
0,846	39,8	0,16	1,609	93,9	0,24	1,139	119,6	0,24
0,909	41,7	0,17	1,729	95,8	0,25	1,259	124,2	0,25
0,972	43,6	0,18	1,854	96,9	0,25	1,387	128,2	0,27
1,039	45,5	0,19	1,985	97,9	0,26	1,525	130,8	0,29
1,102	47,2	0,20	2,113	98,3	0,27	1,653	133,4	0,30
1,175	48,8	0,20	2,243	99,4	0,27	1,789	135,6	0,32
1,235	48,5	0,21	2,374	100,1	0,28	1,925	138,3	0,33
1,293	50,3	0,22	2,507	100,7	0,29	2,058	139,5	0,35
1,363	51,8	0,22	2,666	100,9	0,29	2,204	140,2	0,38
1,436	51,9	0,23	2,824	101,3	0,30	2,348	141,9	0,41
1,502	53,7	0,24	2,983	101,5	0,31	2,494	142,2	0,45
1,572	54,6	0,24	3,142	101,3	0,31	2,633	142,0	0,50
1,638	55,4	0,24						
1,703	56,5	0,25						
1,771	57,6	0,25						
1,836	58,4	0,26						
1,909	59,2	0,26						
1,972	59,7	0,27						
2,042	60,4	0,27						
2,113	61,2	0,27						
2,186	61,9	0,28						
2,256	62,2	0,28						
2,327	62,8	0,28						
2,403	63,0	0,29						
2,468	63,4	0,29						
2,536	63,6	0,29						
2,601	64,2	0,30						
2,672	64,6	0,30						
2,747	65,2	0,30						
2,821	65,4	0,30						
2,891	65,3	0,31						
2,959	65,3	0,31						

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Spesimentatore
Simone Zucconi

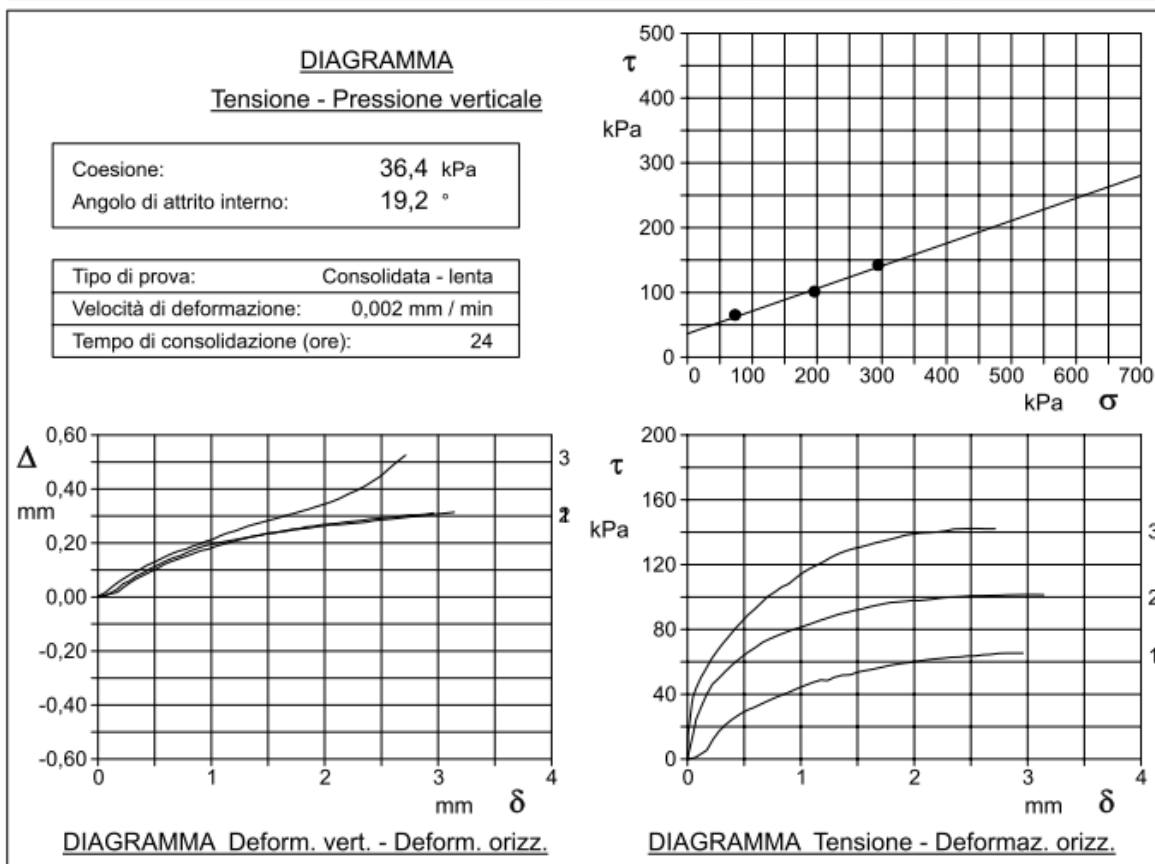
Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 14.00 - 14.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	74	196	294
Tensione a rottura (kPa):	65	101	142
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,82 0,30	2,98 0,31	2,49 0,45
Umidità iniziale e umidità finale (%):	28,4 28,0	28,6 26,7	29,0 25,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,4 19,4	19,5 19,2	19,3 18,9
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	100,0 100,0	100,0 97,5	100,0 91,5



Certificati S2C2 ASCRIVIBILE ALL' UNITA' GEOTECNICA 3

- 1. Modulo riassuntivo**
- 2. Determinazione del contenuto d'acqua**
- 3. Determinazione del peso specifico apparente e assoluto**
- 4. Analisi granulometrica mediante vagliatura e sedim.**
- 5. Determinazione dei limiti di Atterberg di Liquidità e Plasticità**
- 6. Prova di compressione edometrica**
- 7. Prova di taglio diretto consolidata drenata**
- 8. Prova di compressione a espansione laterale libera**



TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Papiano (PG)
tel. 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriogetechnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	28,3	%
Peso di volume	19,7	kN/m ³
Peso di volume secco	15,3	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,6	kN/m ³
Peso specifico	27,3	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,778	
Porosità	43,8	%
Grado di saturazione	100,0	%
Limite di liquidità	58,2	%
Limite di plasticità	23,7	%
Indice di plasticità	34,5	%
Indice di consistenza	0,87	
Passante al set. n° 42	NO	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	6,7	%
Limo	40,5	%
Argilla	52,8	%
D 10	0,000543	mm
D 50	0,004136	mm
D 60	0,007770	mm
D 90	0,064221	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	99,3	%
Passante set. 200	93,3	%

PERMEABILITA'

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

COMPRESSIONE

σ	101	kPa	σ Rim	kPa
c_u	51	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta					
c	11,4	kPa	ϕ	24,7	°
c Res		kPa	ϕ Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

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

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	C_v cm ² /sec	k cm/sec
6,3 + 12,5	--	---	---
12,5 + 25,0	--	---	---
25,0 + 50,0	3025	0,000369	1,19E-08
50,0 + 100,0	3657	0,000284	7,62E-09
100,0 + 200,0	4558	0,000147	3,17E-09
200,0 + 400,0	6440	0,000176	2,68E-09
400,0 + 800,0	9683	0,000148	1,50E-09
800,0 + 1600,0	18233	0,000156	8,41E-10

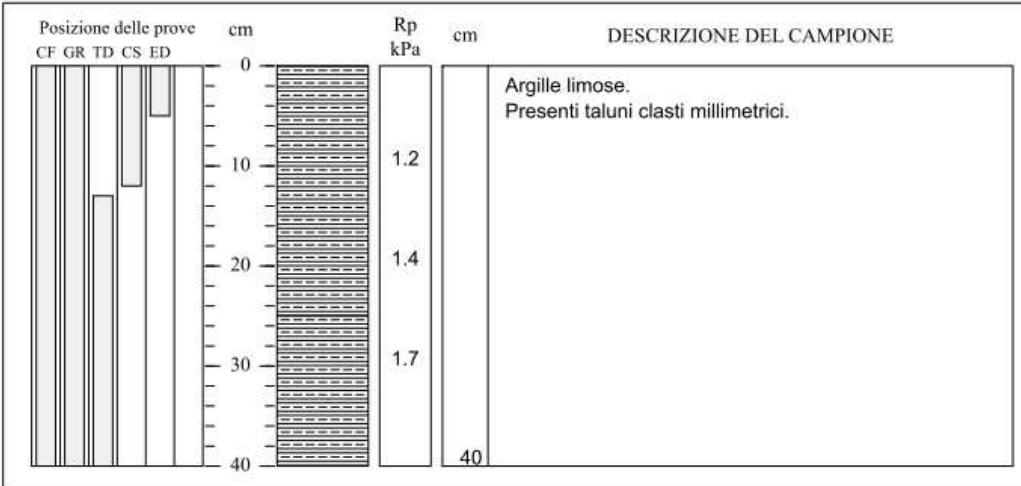


TERRA S.n.c.
 via Vittorio Veneto 4 - 06055 Paganò (PG)
 tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
 info@laboratorlogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
 UNI EN ISO 9001:2009 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

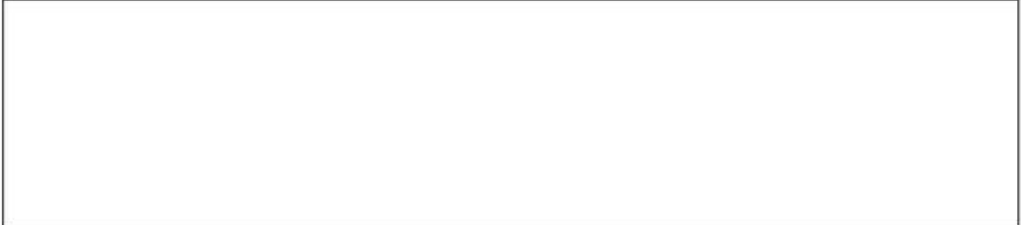


TIPO DI CAMPIONE

Cilindrico
 Cubico
 Massivo

QUALITÀ DEL CAMPIONE

Q5 (Ottima)
 Q4 (Buona)
 Q3 (Sufficiente)
 Q2 (Insufficiente)
 Q1 (Pessima)





TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriorisultati.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 08/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16	Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 09/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.92

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 28,3 %

Struttura del materiale:

Omogeneo
 Stratificato
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



TERRA S.n.c.
 via Vittorio Veneto 4 - 04055 Papiano (PG)
 tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
 info@laboratoriogetecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
 UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi:
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010	del 29/01/16	Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi:

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m	19.60 - 19.92

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,7 kN/m³
--

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
 Paolo Barocci



TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
Info@laboratoriogetecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi:
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi:
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.92	
<u>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</u>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 854			

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 27,3

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 27,2

Metodo: A B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 26,8 °C

Disaerazione eseguita per bollitura

--

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

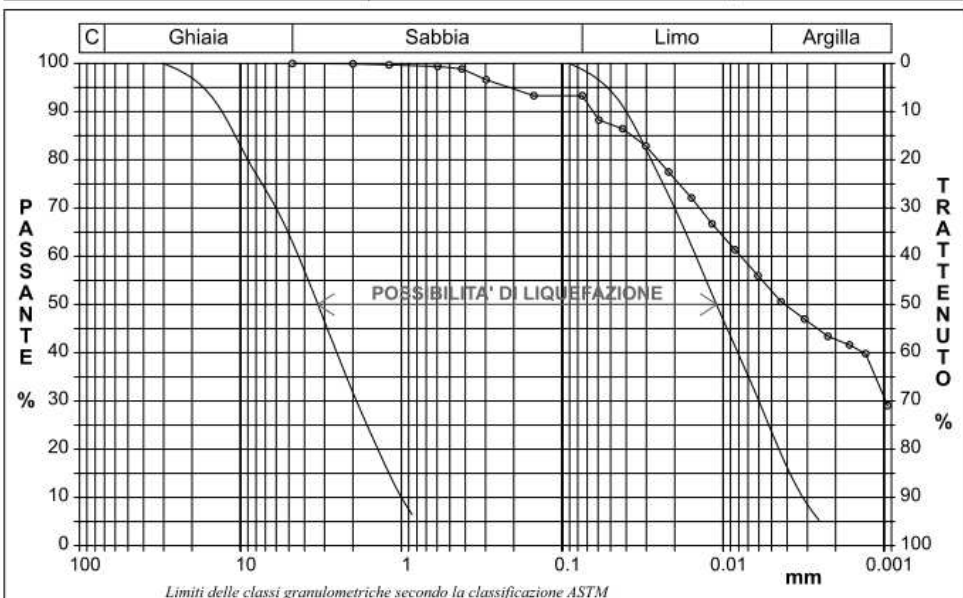
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00026	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 02/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 05/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00054 mm
Sabbia	6,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,3 %	D30	0,00098 mm
Limo	40,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	93,3 %	D50	0,00414 mm
Argilla	52,8 %			D60	0,00777 mm
Coefficiente di uniformità 14,32		Coefficiente di curvatura 0,23		D90	0,06422 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione ASTM

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	99,99	0,2970	96,61	0,0302	82,87	0,0061	55,96	0,0013	39,82
2,0000	99,91	0,1500	93,31	0,0218	77,49	0,0044	50,58	0,0009	29,06
1,1900	99,69	0,0750	93,31	0,0157	72,11	0,0031	47,00		
0,5950	99,37	0,0592	88,25	0,0117	66,73	0,0022	43,41		
0,4200	98,87	0,0421	86,46	0,0084	61,35	0,0016	41,61		

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00025	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 09/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 10/02/16

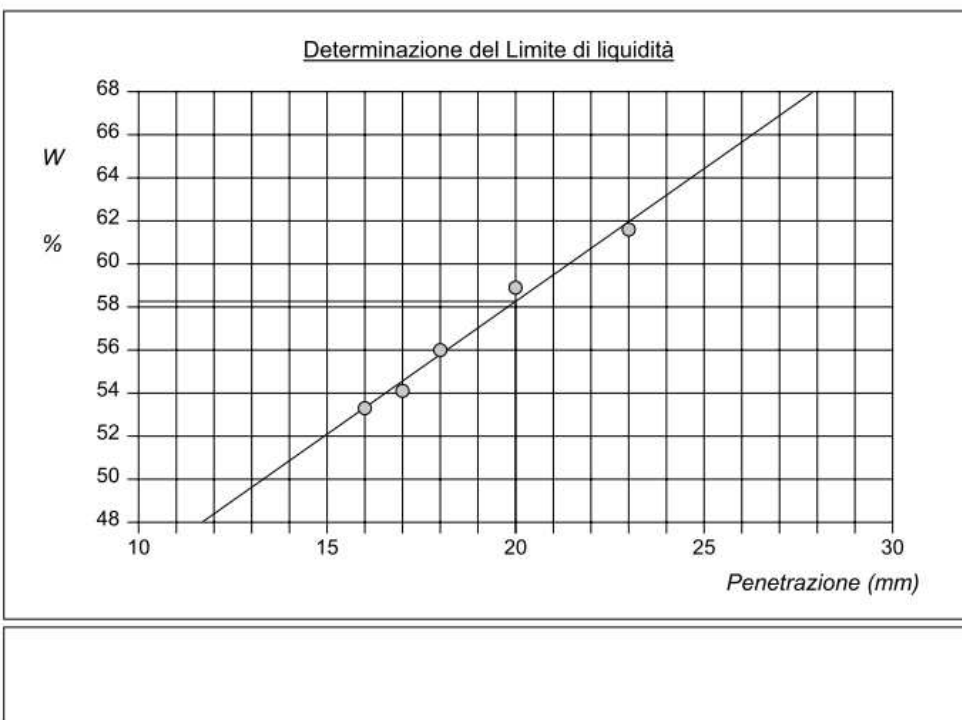
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma BS 1377-90

Limite di liquidità	58,2 %
Limite di plasticità	23,7 %
Indice di plasticità	34,5 %

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'			
Penetrazione (mm)	16,0	17,0	18,0	20,0	23,0	Umidità (%)	23,6	23,7
Umidità (%)	53,3	54,1	56,0	58,9	61,6	Umidità media	23,7	



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Spesimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

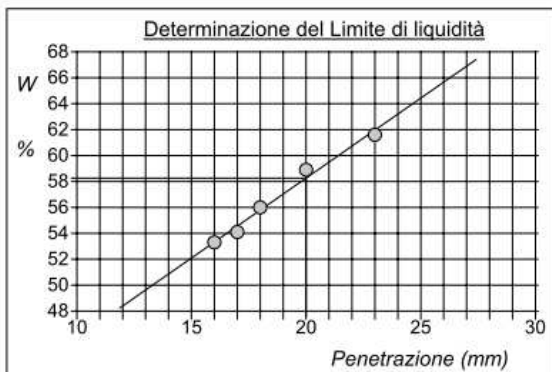
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00025	Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 09/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 10/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

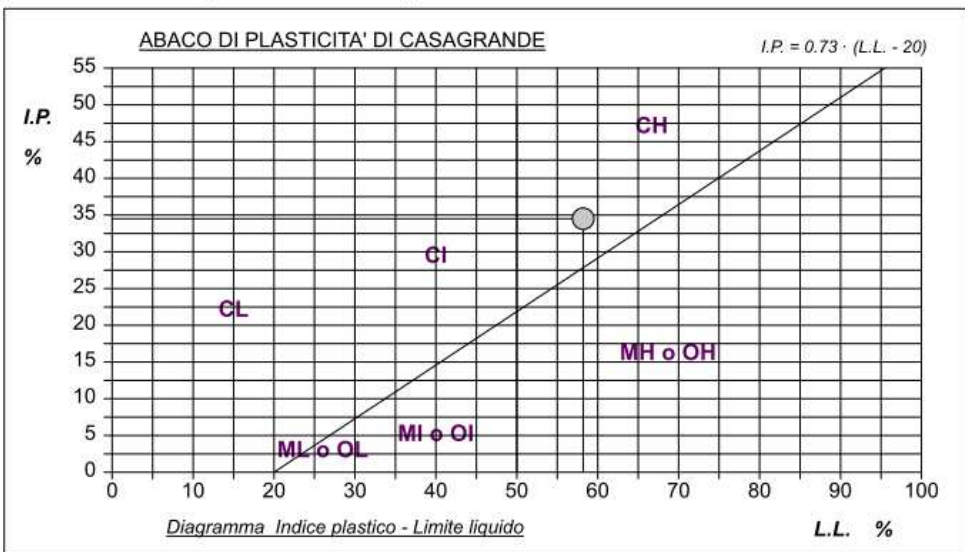
ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma BS 1377-90

Limite di liquidità	58,2	%
Limite di plasticità	23,7	%
Indice di plasticità	34,5	%
Indice di consistenza	0,87	
Passante al set. n° 42	NO	



C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00027	Pagina 1/3	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 12/02/16

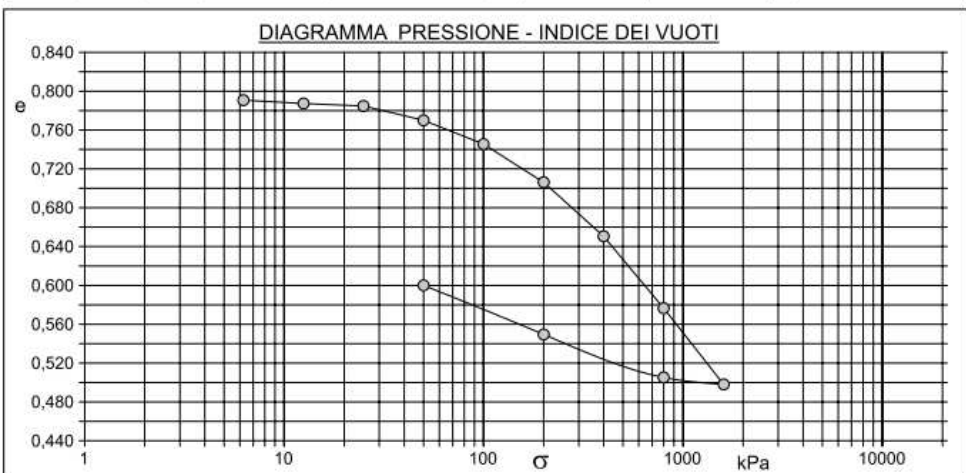
COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

PROVA EDOMETRICA

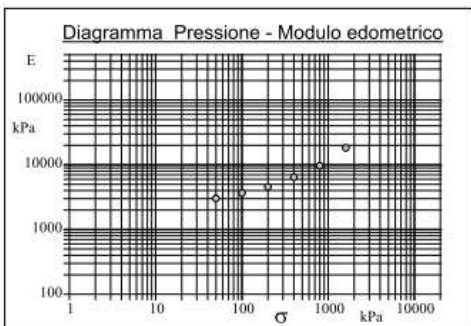
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,54	Altezza provino cm	1,93	Indice dei vuoti	0,79
Umidità (%)	28,3	Volume provino (cm³)	77,28	Porosità (%)	44,16
Peso specifico (kN/m³)	27,27	Volume dei vuoti (cm³)	34,13	Saturazione (%)	99,6



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa
6,3	0,1	0,791		
12,5	3,9	0,787	0,012	
25,0	6,6	0,785	0,008	
50,0	22,5	0,770	0,049	3025
100,0	48,9	0,745	0,081	3657
200,0	91,3	0,706	0,131	4558
400,0	151,2	0,651	0,185	6440
800,0	231,0	0,577	0,246	9683
1600,0	315,6	0,498	0,261	18233
800,0	307,9	0,505		
200,0	260,1	0,550		
50,0	205,7	0,600		



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



TERRA S.n.c.
 via Vittorio Veneto 4 - 04055 Pappano (PG)
 tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
 info@laboratorlogeotecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
 UNI EN ISO 9001:2008 certificato

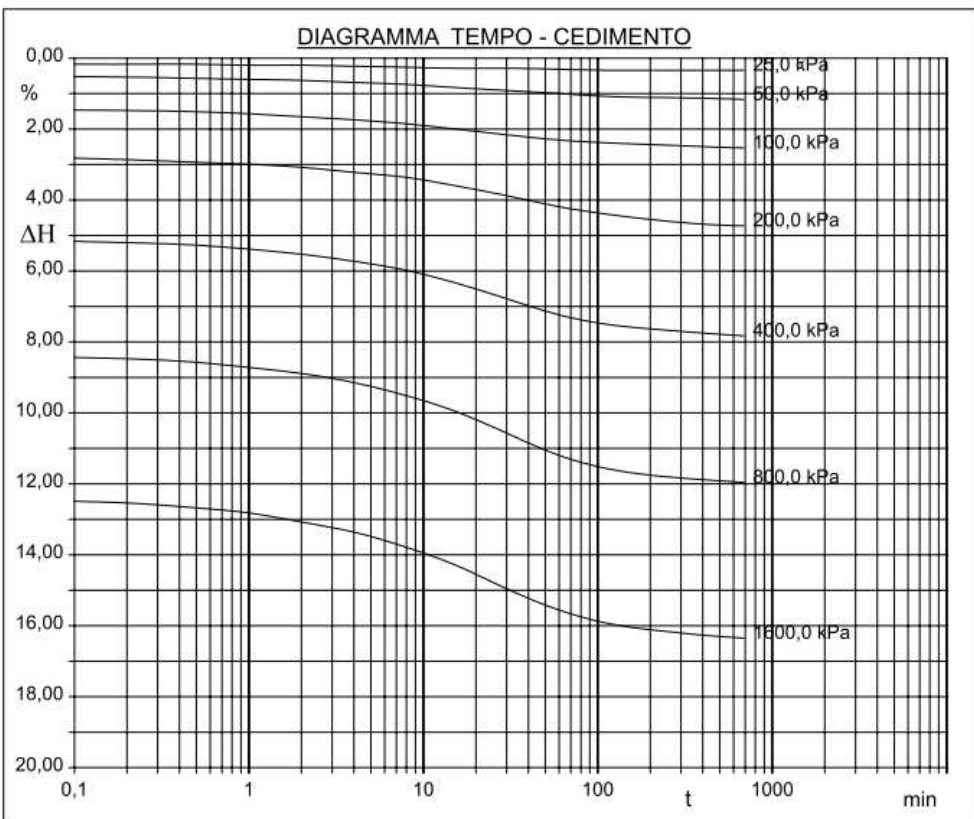
Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00027	Pagina 2/3	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 12/02/16


COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.		
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)		
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435



 Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
 Paolo Bartocci




TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 06055 Passignano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriogetecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00027	Pagina 3/3	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 12/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 25,0 kPa		Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	3,9	0,00	6,6	0,00	22,5	0,00	48,9
0,10	3,3	0,10	10,0	0,10	28,2	0,10	54,4
0,25	3,3	0,25	10,4	0,25	28,6	0,25	55,5
0,50	3,3	0,50	11,0	0,50	29,1	0,50	56,6
1,00	3,8	1,00	11,5	1,00	30,2	1,00	57,7
2,00	3,8	2,00	12,1	2,00	31,9	2,00	59,4
4,00	4,4	4,00	13,2	4,00	33,5	4,00	62,1
8,00	4,9	8,00	14,3	8,00	35,7	8,00	64,9
15,00	5,5	15,00	15,9	15,00	38,5	15,00	69,3
30,00	5,5	30,00	17,6	30,00	41,7	30,00	74,8
60,00	6,0	60,00	19,2	60,00	44,5	60,00	80,8
120,00	6,6	120,00	20,9	120,00	46,2	120,00	85,2
240,00	6,6	240,00	21,4	240,00	47,3	240,00	88,5
480,00	6,6	480,00	22,0	480,00	48,4	480,00	90,7
720,00	6,6	720,00	22,5	720,00	48,9	720,00	91,3

Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	91,3	0,00	151,2	0,00	231,0		
0,10	99,7	0,10	162,9	0,10	241,1		
0,25	100,6	0,25	163,9	0,25	242,5		
0,50	101,7	0,50	165,5	0,50	244,7		
1,00	103,9	1,00	168,3	1,00	247,4		
2,00	106,7	2,00	171,6	2,00	252,4		
4,00	110,5	4,00	176,5	4,00	257,9		
8,00	115,5	8,00	183,7	8,00	266,1		
15,00	122,1	15,00	191,9	15,00	275,5		
30,00	130,9	30,00	204,0	30,00	288,7		
60,00	139,7	60,00	216,1	60,00	300,2		
120,00	145,2	120,00	223,8	120,00	307,9		
240,00	147,9	240,00	227,7	240,00	311,8		
480,00	150,1	480,00	229,9	480,00	314,5		
720,00	151,2	720,00	231,0	720,00	315,6		

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci

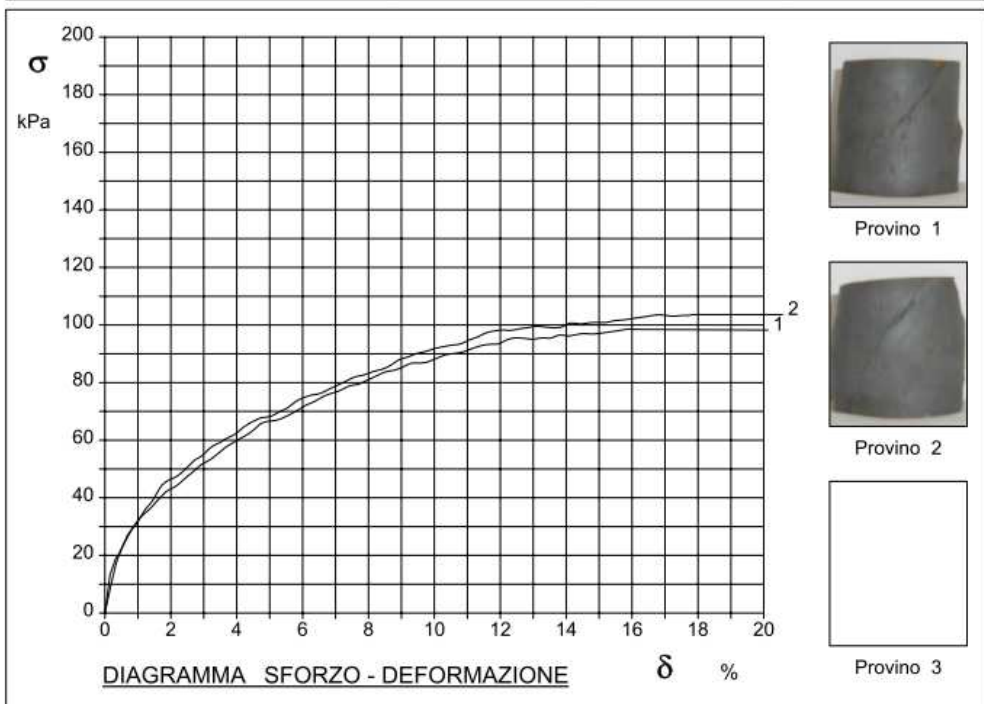
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00028	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 02/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.			
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)			
SONDAGGIO: S2	CAMPIONE: C2	PROFONDITA': m 19.60 - 19.90	

PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	0,600	0,600	-----
Altezza (cm):	5,71	5,71	-----
Sezione (cm ²):	11,03	11,03	-----
Peso di volume (kN/m ³):	20,0	20,0	-----
Umidità naturale (%):	28,1	28,2	-----
Deformazione a rottura (%):	15,91	17,87	-----
Sforzo a rottura (kPa):	98,6	103,6	-----





TERRA S.n.c.
via Vittorio Veneto 4 - 04055 Pappano (PG)
tel: 075 8089539 fax: 075 7823018
info@laboratoriogetecnico.it

Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00028	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 02/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 **CAMPIONE:** C2 **PROFONDITA':** m 19.60 - 19.90

PROVA DI COMPRESIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,39	18,8	10,39	89,8	0,16	13,3	10,00	91,8				
0,65	25,6	10,65	90,1	0,42	20,3	10,27	92,5				
0,91	30,8	10,93	90,9	0,70	27,3	10,55	93,1				
1,17	34,2	11,19	92,0	0,95	30,8	10,81	93,5				
1,42	36,8	11,46	92,9	1,23	36,0	11,07	94,9				
1,68	40,2	11,72	93,3	1,47	39,4	11,32	95,9				
1,93	42,7	11,96	93,5	1,73	44,5	11,60	97,4				
2,19	44,3	12,23	95,0	1,94	46,2	11,82	97,9				
2,44	46,8	12,47	95,5	2,22	47,8	12,11	98,3				
2,70	49,3	12,75	95,3	2,47	50,3	12,32	98,1				
2,93	51,5	13,02	95,1	2,73	53,1	12,60	98,7				
3,21	53,3	13,28	95,5	2,96	54,8	12,84	99,1				
3,47	55,7	13,54	95,5	3,22	57,6	13,10	99,6				
3,71	57,9	13,79	96,5	3,49	59,2	13,37	99,3				
3,98	59,7	14,07	96,2	3,71	60,7	13,61	99,0				
4,22	61,3	14,31	96,7	3,98	62,3	13,89	99,4				
4,52	63,6	14,59	97,0	4,22	64,7	14,14	100,7				
4,76	66,0	14,84	96,8	4,52	66,6	14,44	100,3				
5,05	66,6	15,12	97,3	4,76	67,8	14,70	100,8				
5,31	67,3	15,36	97,7	5,05	68,3	14,98	100,9				
5,59	68,8	15,64	98,2	5,29	69,8	15,22	100,9				
5,83	70,3	15,91	98,6	5,55	71,3	15,49	101,5				
6,11	72,2	16,22	98,2	5,82	73,6	15,75	101,8				
6,36	73,4			6,08	75,0	16,01	102,2				
6,64	75,3			6,31	75,7	16,26	102,7				
6,90	76,4			6,57	76,4	16,52	103,1				
7,18	77,5			6,81	77,8	16,76	103,5				
7,45	78,9			7,09	79,2	17,03	103,3				
7,73	79,5			7,34	80,7	17,27	103,0				
7,97	80,9			7,62	82,1	17,52	103,3				
8,25	82,3			7,87	82,7	17,69	103,3				
8,53	83,8			8,13	83,8	17,87	103,6				
8,78	84,3			8,41	84,6						
9,06	85,5			8,67	86,0						
9,32	86,8			8,93	88,0						
9,58	86,8			9,20	88,9						
9,83	87,3			9,46	90,1						
10,11	88,6			9,71	90,7						

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore

Il direttore del laboratorio
Paolo Barocci



Azienda con sistema di gestione qualità
UNI EN ISO 9001:2008 certificato

Laboratorio aut. con D.M. n° 2612 del 26/03/2010
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

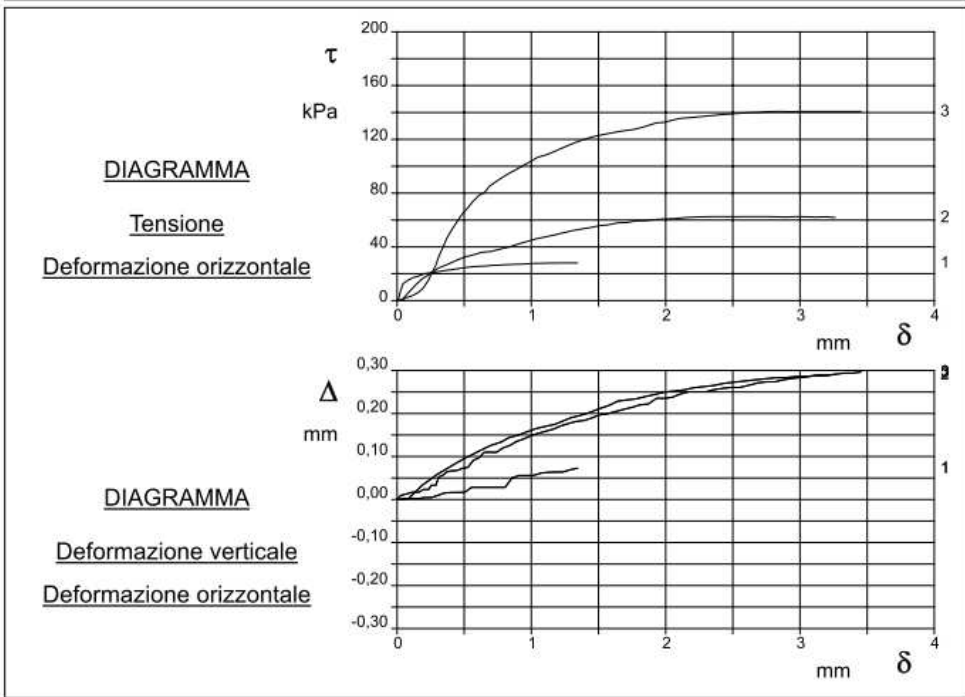
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00029	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 12/02/16	Inizio analisi: 01/02/16
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 16/010 del 29/01/16		Apertura campione: 01/02/16	Fine analisi: 11/02/16

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	49		98		294	
Tensione a rottura (kPa):	28		63		141	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,24	0,06	2,36	0,27	3,07	0,29
Umidità iniziale e umidità finale (%):	28,6	29,8	27,9	28,3	28,4	27,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,4	19,6	19,5	19,6	19,5	19,3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	99,0	103,0	98,8	100,1	99,1	94,3
Tipo di prova: Consolidata - lenta		Tempo di consolidazione (ore): 24		Velocità di deformazione: 0,002 mm / min		



SGEO - Laboratorio 4.5 - 2016

Sperimentatore
Simone Zucconi

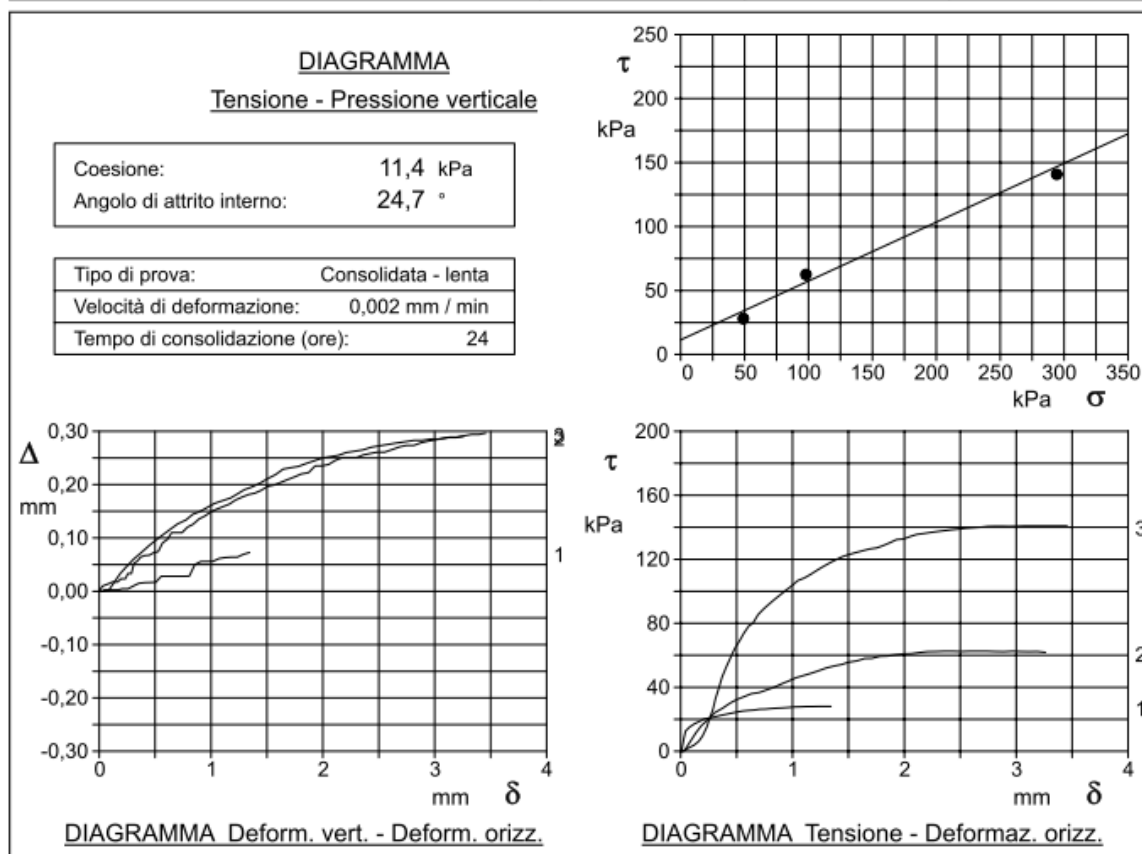
Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci

COMMITTENTE: Tecnodrill s.a.s.
RIFERIMENTO: Sansepolcro (AR)
SONDAGGIO: S2 CAMPIONE: C2 PROFONDITA': m 19.60 - 19.90

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	98	294
Tensione a rottura (kPa):	28	63	141
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	1,24 0,06	2,36 0,27	3,07 0,29
Umidità iniziale e umidità finale (%):	28,6 29,8	27,9 28,3	28,4 27,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,4 19,6	19,5 19,6	19,5 19,3
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	99,0 100,0	98,8 100,0	99,1 94,3



Correlazioni con unità geotecniche

In base alle caratteristiche litologiche stratigrafiche di evoluzione morfodinamica nei periodi di deposizione dei litotipi e soprattutto alle indagini in situ e alle prove di laboratorio si possono correlare 3 unità geotecniche di base in cui i valori medi e ponderati possono ciascuno essere rappresentativi dell'intera porzione di terreno presa come riferimento per i calcoli geotecnici e di correlazione terreno - fondazione.

Tali 3 categorie possono così essere sintetizzate:

- UNITA' GEOTECNICA 1 : SABBIE E GHIAIE

$$\begin{aligned}\gamma_k &= 19,0 \text{ KN/mc} \\ \gamma_{\text{sat}} &= 22,0 \text{ KN/mc} \\ C_k &= 0 \text{ KPa} \\ \varphi_k &= 42^\circ\end{aligned}$$

- UNITA' GEOTECNICA 2 : LIMI SABBIOSI DEBOLMENTE ARGILLOSI

$$\begin{aligned}\gamma_k &= 17,5 \text{ KN/mc} \\ \gamma_{\text{sat}} &= 20,5 \text{ KN/mc} \\ C_k &= 0 \text{ KPa} \\ \varphi_k &= 28^\circ\end{aligned}$$

- UNITA' GEOTECNICA 3 : ARGILLE LIMOSE

$$\begin{aligned}\gamma_k &= 0,0 \text{ KN/mc} \\ \gamma_{\text{sat}} &= 20,4 \text{ KN/mc} \\ C_k &= 30 \text{ KPa} \\ C_{uk} &= 50,00 \text{ Kpa} \\ \varphi_k &= 23^\circ\end{aligned}$$

5. Modellazione sismica

5.1 Inquadramento sismogenetico e sismicità storica dell'area (da relazione preliminare)

Nella zonazione sismogenetica d'Italia ZS9 l'area ricade all'interno della zona 915, zona Garfagnana-Mugello, Zona legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale, con meccanismi attesi misti con prevalente strike-slip destro lungo faglie NNE-SSW e subordinato dip-slip (strutture crostali più profonde) lungo faglie di strappo, corrispondente con la parte più settentrionale del distretto sismogenetico composito Mugello-Città di Castello-Leonessa (ITCS 037); storicamente alla zona 915 è associato un terremoto di $M=6.5$ del 1920.

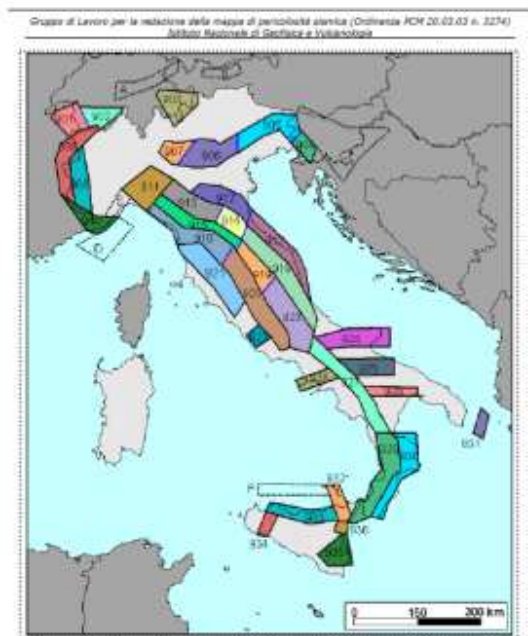
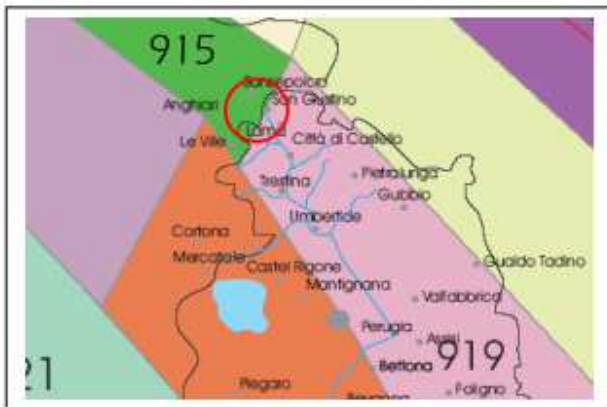
Le caratteristiche sismotettoniche ed il fatto che i terremoti forti con epicentro in Umbria possono avere conseguenze importanti in Toscana portano ad includere nella zona sismica adottata anche la prosecuzione di questa fossa nell'adiacente Regione Umbra.

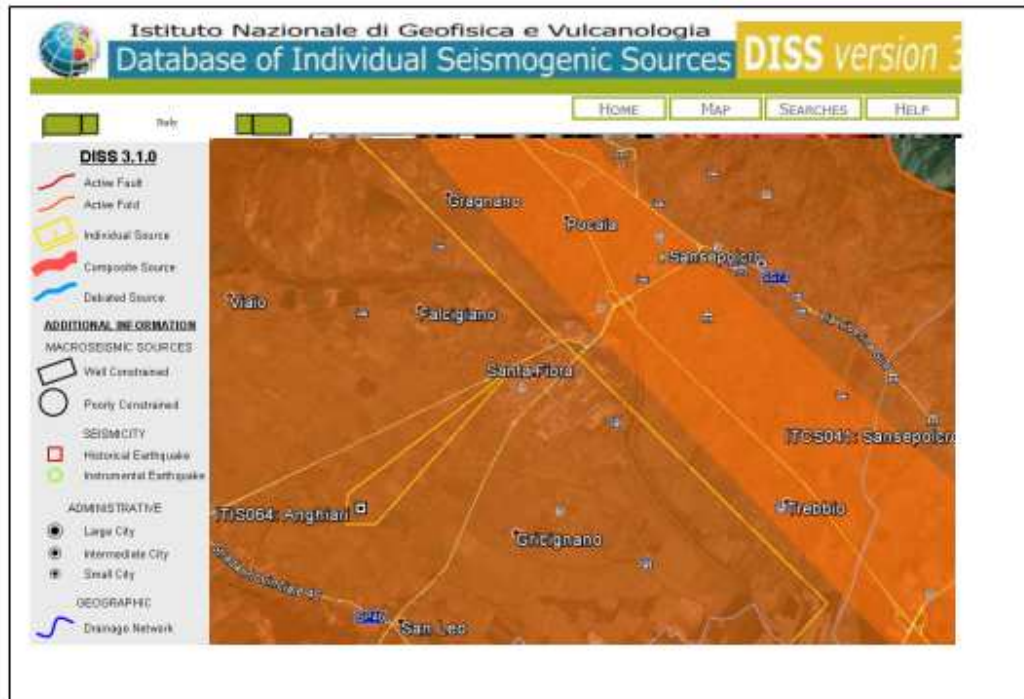
La geometria assunta per questa zona è basata sulla distribuzione spaziale dei terremoti storici e strumentali, la posizione dei principali sistemi di faglie attive e le caratteristiche del meccanismo tettonico.

L'ITCS037 è costituito da un insieme di faglie diretta a basso angolo che si sviluppano in direzione NW-SE lungo il margine dell'Appennino da Prato alla Val Nerina, chiamato Etrurian fault system e noto in letteratura come Altotiberina fault, contraddistinto da frequenti sciami sismici a media-bassa magnitudo (max 6.6 Mw), e segna il confine occidentale estensionale dell'Appennino Settentrionale. Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una densa sismicità ($4.5 < 5.0$ Mw), in particolare nei settori nord-occidentale e sud-orientale; inoltre, terremoti distruttivi si sono verificati (da nord-ovest a sud-est): 13 giugno 1542 (Mw 5.9, Mugello), 29 giugno 1919 (Mw 6.2, Mugello), 26 aprile 1917 (Mw 5.8 Monterchi-Citerna, il dettagliato rapporto storico (Oddone 1919) descrive una rottura co-sismica lunga 1 km e liquefazioni allineate con una faglia trascorrente direzione N150 e faglia diretta direzione ENE), 25 dicembre 1352 (Mw 6.0, Monterchi), 26 aprile 1458 (Mw 5.9 Città di

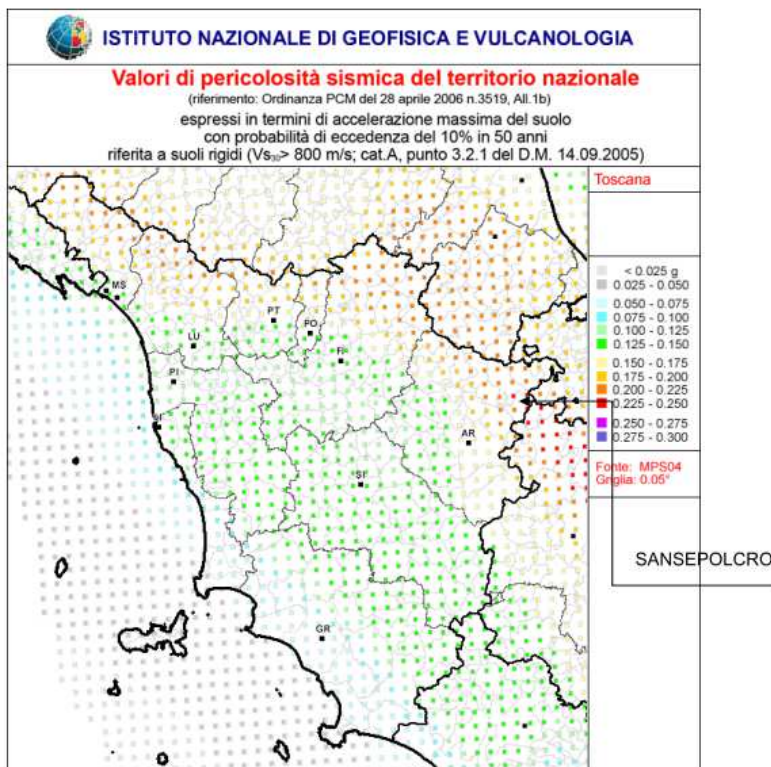
Castello), 1270 D.C. (Mw 5.4 Sansepolcro), 18 Ott. 1389 (Mw 6.0, Bocca Seriola), 13 gennaio 1832 (Mw 5.8 Foligno), 15 settembre 1878 (Mw 5.5 Montefalco), e 5/06/1767 (Mw 5.4 Spoletino).

Nell'area sono individuabili altre due sorgenti sismogenetiche, Sorgente Sismogenetica individuale di Anghiari (ITIS064) e Sorgente sismogenetica composta di Sansepolcro (ITCS041); un segmento di questa sorgente sismogenetica è stato associato al terremoto del 30 settembre 1789 (Mw 5.9, Val Tiberina).





Classificazione sismica comune di Sansepolcro



5.2 Caratterizzazione sismica del sito

In fase preliminare sono state eseguite due Masw lungo le sponde del fiume.

In fase definitiva è stato quindi eseguito un approfondimento dell'indagine stessa, in entrambe le sponde con stendimento lungo lo sviluppo del ponte, mettendo a confronto i dati stratigrafici diretti con un'indagine sismica passiva e attiva, a stazione singola e in array, consistenti in:

- 4) due prove attive MASW,
- 5) due prove passive ReMi,
- 6) 5 acquisizioni del microtremore ambientale a stazione singola in campo libero.

La zona sismica individuata in base alla DGRT n. 878 dell'8 ottobre 2012 è **la classe 2**.

Le coordinate di riferimento per il calcolo delle azioni sismiche di progetto sono le seguenti: (WGS 84) **LN= 12. 12539 LT= 43.55642** e (ED 50 utilizzate per calcolo) **LN= 12.12673 LT= 43.55841**.

In considerazione del fatto che il modello geologico risulta omogeneo con assenza di discontinuità rilevanti in relazione all'importanza dell'opera, per quanto riguarda l'attuazione dell'ordinanza 3274 del 20/03/2003 ed in ottemperanza alla al D.M. del 14/09/2005 (norme tecniche per le costruzioni) e al D.M. delle infrastrutture del 14/01/2008, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, lo studio è affrontato tramite l'approccio semplificato.

Anche la modesta inversione di velocità, riscontrabile localmente nella sponda sinistra e nei primi metri, risulta trascurabile e comunque con impatto nullo, vista la tipologia fondale prevista con pali fino al raggiungimento delle ghiaie consistenti profonde (circa 20 mt).

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,284 g
F_0	2,399
T_C	0,309 s
S_s	1,291
C_C	1,547
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,291
η	0,417
T_B	0,159 s
T_C	0,478 s
T_D	2,736 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

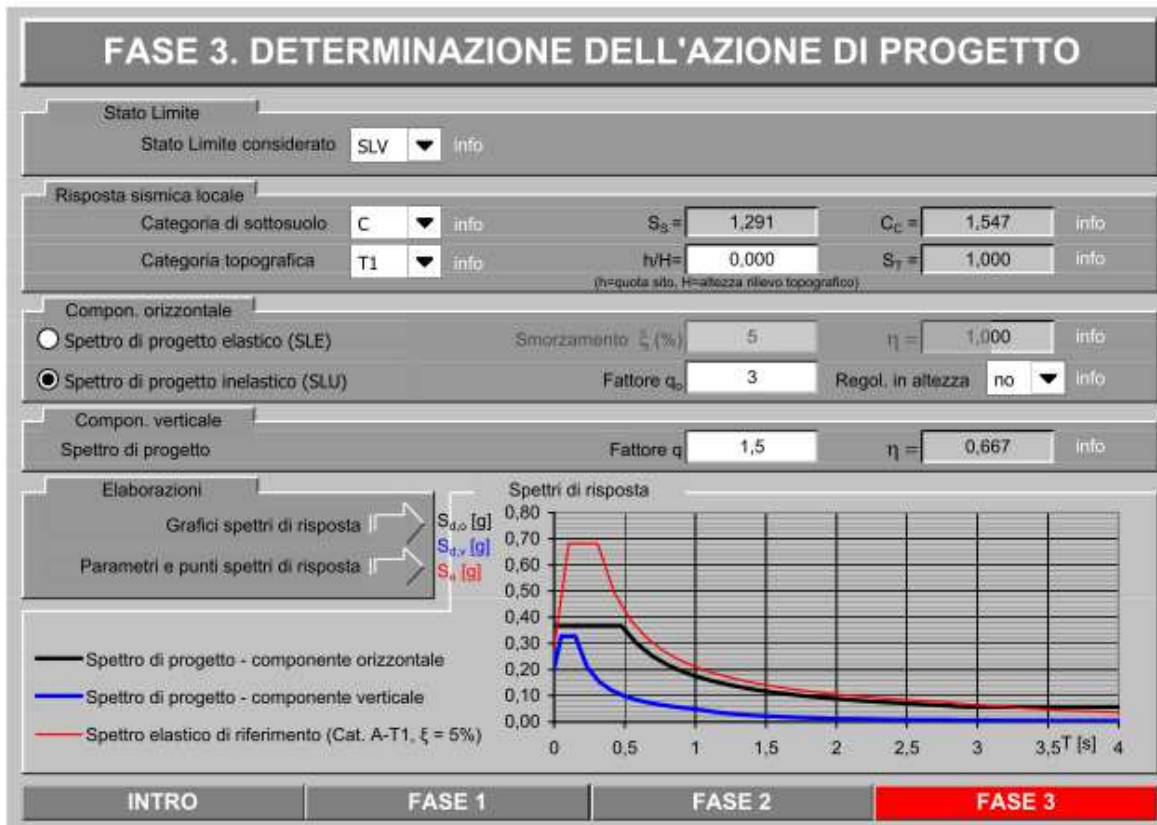
Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,367
	0,159	0,366
T_B	0,478	0,366
T_C	0,586	0,299
	0,693	0,253
	0,801	0,219
	0,908	0,193
	1,016	0,173
	1,123	0,156
	1,231	0,142
	1,338	0,131
	1,446	0,121
	1,553	0,113
	1,661	0,106
	1,768	0,099
	1,876	0,093
	1,983	0,088
	2,091	0,084
	2,198	0,080
	2,306	0,076
	2,413	0,073
	2,521	0,070
	2,628	0,067
T_D	2,736	0,064
	2,796	0,061
	2,856	0,059
	2,916	0,057
	2,976	0,057
	3,037	0,057
	3,097	0,057
	3,157	0,057
	3,217	0,057
	3,278	0,057
	3,338	0,057
	3,398	125,000
	3,458	0,057
	3,518	0,057
	3,579	0,057
	3,639	0,057
	3,699	0,057
	3,759	0,057
	3,819	0,057
	3,880	0,057
	3,940	0,057
	4,000	0,057

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	$a_g/g[-]$	$F_0[-]$	$T^*_c[s]$
Operatività	30	0.068	2.409	0.263
Danno	50	0.089	2.356	0.270
Salvaguardia Vita	475	0.225	2.377	0.292
Prevenzione Collasso	975	0.287	2.400	0.310

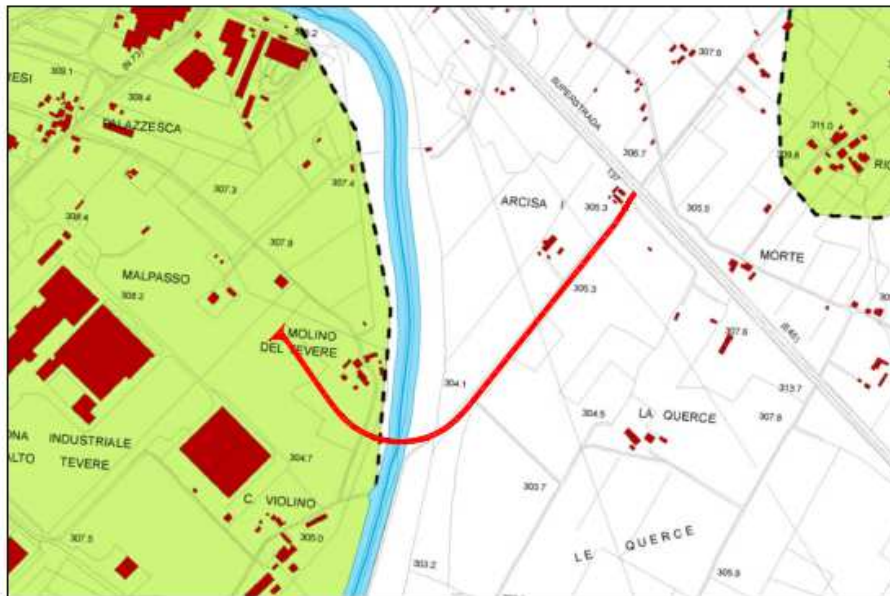


La procedura di calcolo per la determinazione delle azioni di progetto e dei parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV è stata eseguita con il programma sperimentale adottato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici “azioni Sismiche – spettri di risposta versione 1.03”. In entrambe gli stendimenti le velocità delle onde di taglio, ricavate dalle varie elaborazioni, associate alle caratteristiche stratigrafiche geologiche e litologiche ricavate dai sondaggi e test, hanno prodotto risultati simili. Infatti, nella riva sinistra, per l’array 1, la VS30 è risultata pari a 255 ± 50 m/s, mentre in riva destra con l’array 2, la VS30 è risultata pari a 280 ± 50 m/s con un velocità delle onde pressoché uniforme fino ai 100 mt di profondità. (Vedi fig 8 relazione sismica allegata). In base a tali elaborazioni e all’uniformità delle caratteristiche è stata determinata una **categoria di sottosuolo di riferimento C** – “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 342 m/s

(ovvero $15 < NSPT, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu, 30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina), valida per entrambe le spalle.

TAVOLA G8b - Carta delle aree a pericolosità sismica locale
Luglio 2013

Scala 1:10000



Legenda

Pericolosità Sismica Locale ai sensi del DPGR n. 53/R

S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata

zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici (corpi di frana attivi)

S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici (corpi di frana quiescenti); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

S.2 - Pericolosità sismica locale media

zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra i criteri previsti per la Classe "Pericolosità sismica locale elevata" (S.3)

5.3 Verifica alla liquefazione

Il rilevamento geologico di campagna, l'osservazione diretta dei sedimenti affioranti, le 8 SPT a varie profondità, in concomitanza con l'avanzamento dei due sondaggi eseguiti e i dati derivanti dall'analisi di laboratorio di 3 campioni indisturbati hanno permesso di giungere alle seguenti conclusioni in merito alle condizioni di liquefazione di terreni:

Il criterio storico per la valutazione della liquefazione indica come il fenomeno non si sia verificato nell'area di progetto.

I terreni non sono formati da sabbie pulite (condizione aggravanti affinché si verifichi il fenomeno) ma è sempre presente una frazione, anche importante, di materiale a granulometria fine e lo strato ghiaioso risulta addensato. La letteratura inerente gli eventi di liquefazione per il territorio nazionale, mette in evidenza come nell'area in oggetto non siano stati registrati eventi di liquefazione. In base alle caratteristiche idrodinamiche e geotecniche rilevate è stata eseguita una verifica sulla valutazione del potenziale di liquefazione (Youd e Idriss 2001) che ha prodotto un fattore di sicurezza (1.65) che garantisce la stabilità della zona. La determinazione dei parametri in riferimento al campione S2C1 e l'individuazione della relativa zona di verifica (sondaggio S1, 13.00 mt dal p.c.) è stata effettuata considerando le peggiori caratteristiche dei terreni oggetto di intervento, in cui la prova NSPT ha dato i valori più bassi, per cui la situazione di seguito calcolata risulta essere cautelativa sotto tutti i punti di vista per entrambe le sponde.

Dott. Geol. Armando Grazi.

Collaboratori:

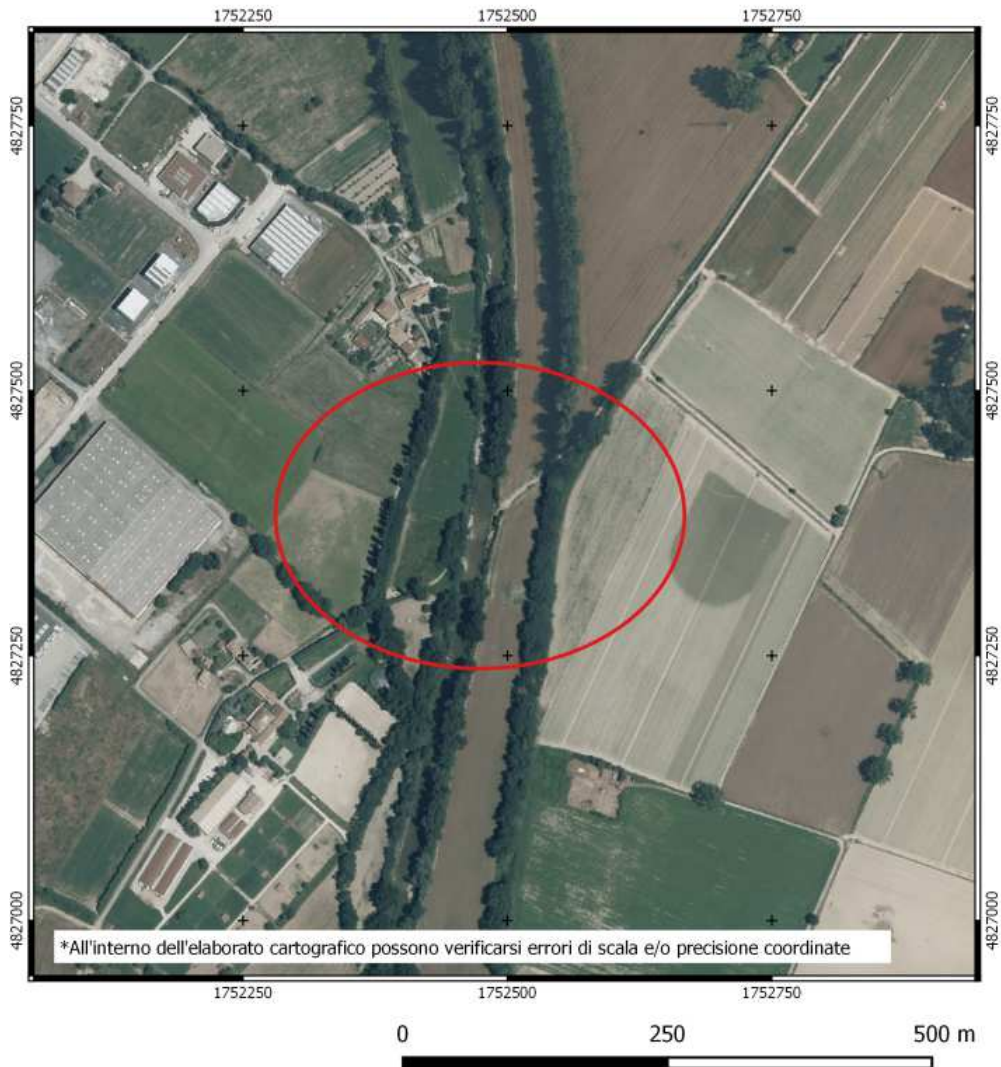
per le caratteristiche geologiche e geomorfologiche Dott. Geol. Stefano Farinelli

per le caratteristiche idrogeologiche ed idrauliche Dott. Geol. Giampiero Cheli

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE					
(da prove dinamiche SPT)					
Metodo semplificato					
Metodo di Youd e Idris (2001)					
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> </table>		R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
R=	Resistenza al taglio mobilitata				
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma				
PARAMETRI:					
γ	= 1,8 g/cm ³				
σ_{vo}	= 2,34 kg/cm ²				
σ_{vo}'	= 1,66 kg/cm ²				
profondità della prova	= 1300 cm				
N_{SPT}	= 17				
profondità falda	= 620 cm				
γ_{H_2O}	= 1,0 g/cm ³				
Pressione neutra	= 0,7 kg/cm ²				
z	= 13 m				
FORMULE:					
Na	= $N_{SPT} * (1,7 / ((\sigma_{vo}' + 0,7))) + N_f$	RISULTATI:			
		= 21,24576271	Na		
N_r	= 9				
R	= $0,2565 * [0,16 * RadQNa + (0,2133 * RadQNa)^{0,4}]$	= 0,35174494	R		
T	= $0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}' / \sigma_{vo})) * r_d$	= 0,212403985	T		
a_{max}/g	= 0,284				
r_d	= 0,81625				
Fs=R/T	> 1,3 Sabbie sciolte	= 1,656018555	Verificato Fs		
	> 1,5 Sabbie mediamente addensate		Verificato Fs		

TAVOLA 1

STRALCIO CARTOGRAFICO ORTOFOTO



Legenda

Base cartografica: Ortofoto color 2013 - Regione Toscana, Geoscopio WMS

Scala di elaborazione stralcio cartografico - 1:5000 - SR EPSG 3003

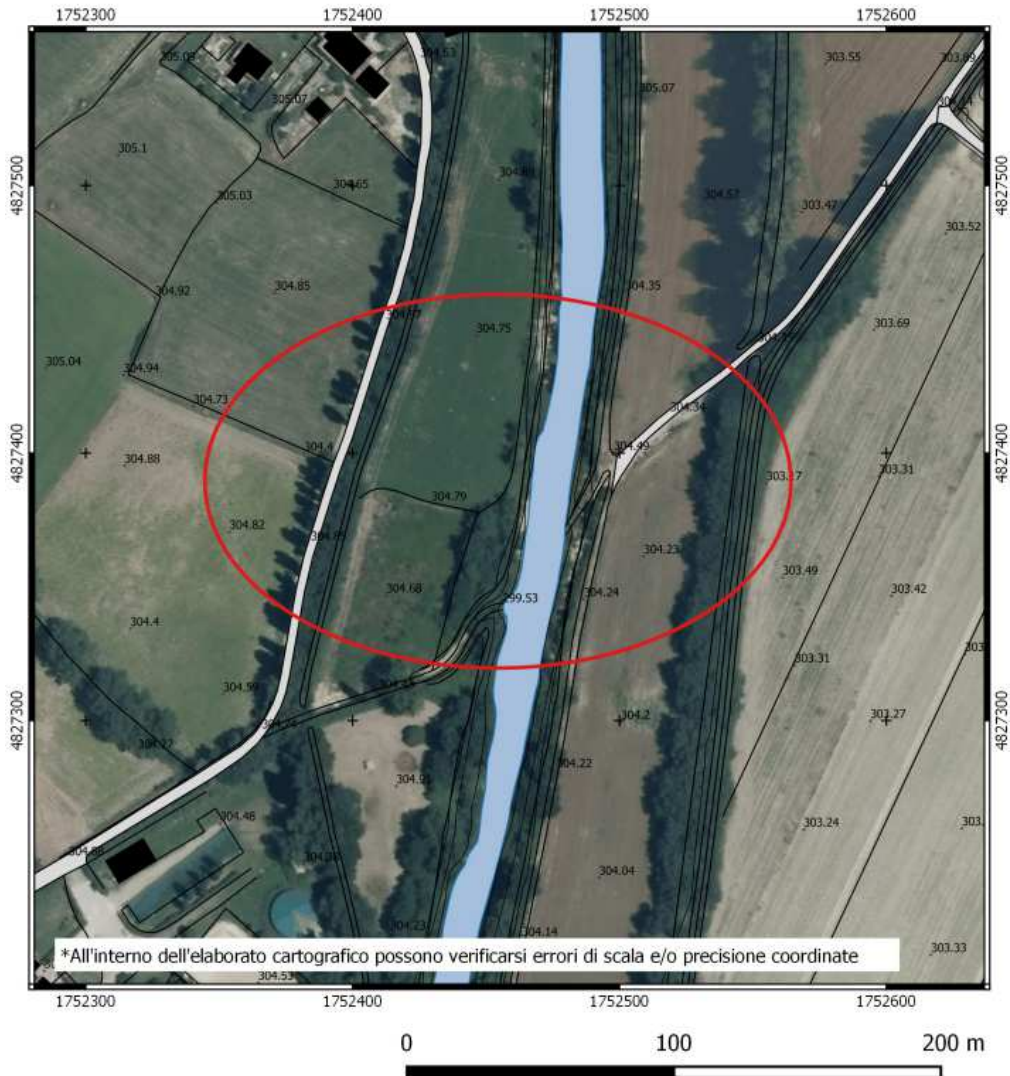
Coord. centroide GB: E 1752472.5 N 4827369.3

Coord. centroide Wgs84: Lat. 12.12539 Long. 43.55642

○ Ingombro area intervento

TAVOLA 1.1

STRALCIO CARTOGRAFICO CTR SU ORTOFOTO SCALA 1:2000



Legenda

Base cartografica: Ortofoto color 2013/ctr 1:2000 - Regione Toscana, Geoscopio WMS

Scala di elaborazione stralcio cartografico - 1:2000 - SR EPSG 3003

Coord. centroide GB: E 1752472.5 N 4827369.3

Coord. centroide Wgs84: Lat. 12.12539 Long. 43.55642



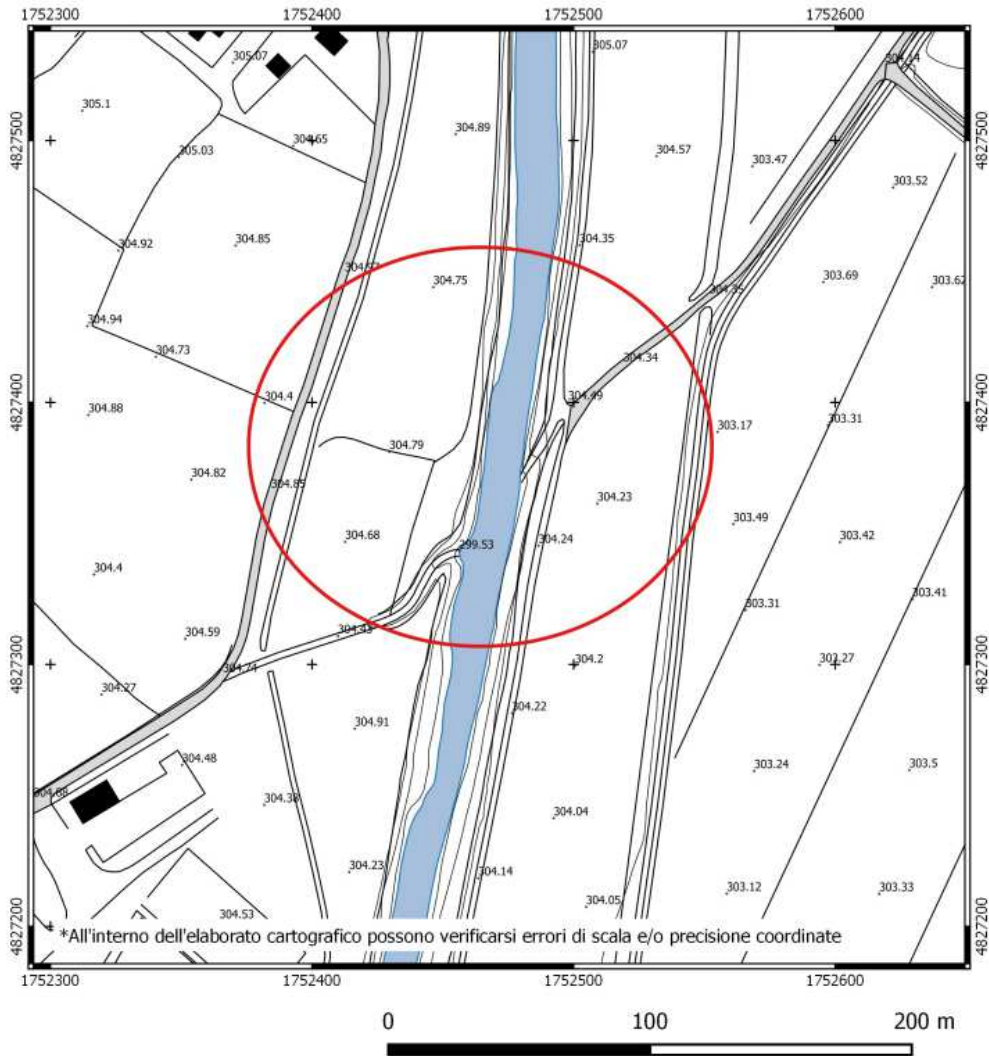
Ingombro area intervento



Idrografia Fiume Tevere

TAVOLA 4

STRALCIO CARTOGRAFICO CTR IDROGRAFIA SCALA 1:2000



Legenda

Base cartografica: CTR 2000 - Geoscopio WMS

Scala di elaborazione stralcio cartografico - 1:2000 - SR EPSG 3003

Coord. centroide GB: E 1752472.5 N 4827369.3

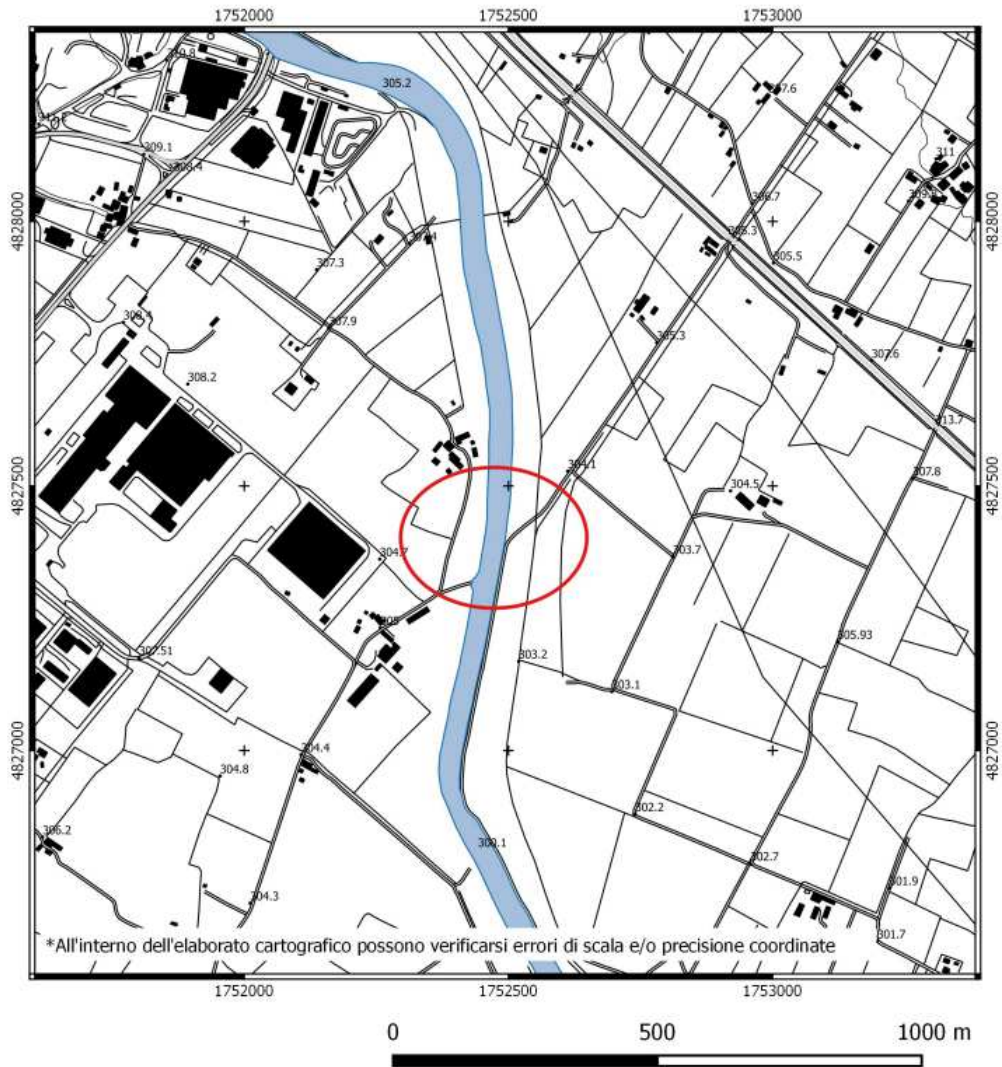
Coord. centroide Wgs84: Lat. 12.12539 Long. 43.55642

○ Ingombro area intervento

— Idrografia Fiume Tevere

TAVOLA 3

STRALCIO CARTOGRAFICO CTR IDROGRAFIA SCALA 1:10000



Legenda

Base cartografica: CTR 10000 - Geoscopio WMS

Scala di elaborazione stralcio cartografico - 1:10000 - SR EPSG 3003

Coord. centroide GB: E 1752472.5 N 4827369.3

Coord. centroide Wgs84: Lat. 12.12539 Long. 43.55642

○ Ingombro area intervento

— Idrografia Fiume Tevere

6. Allegati: Indagine Sismica su Suolo di Fondazione

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE
E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA
INDUSTRIALE "ALTO TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA
SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"



Data esecuzione indagini:
3 febbraio 2016

Indagini e analisi dati a cura di:
dr. Geol. Silvia Castellaro
Dipartimento di Fisica e Astronomia
Università di Bologna
Viale C. B. Pichat 8 – 40127 Bologna
silvia.castellaro@unibo.it

Introduzione

Sul terreno destinato all'edificazione del secondo ponte sul Tevere in località Sansepolcro (Arezzo) è stata condotta un'indagine sismica passiva e attiva, a stazione singola e in array, consistente in:

- 1) due prove attive MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves, Park et al., 1999, Geophys., 64, 800-808),
- 2) due prove passive ReMi (Refraction Microtremor, Louie, 2001, Bull. Seism. Soc. Am., 91, 347-364),
- 3) 5 acquisizioni del microtremore ambientale a stazione singola in campo libero.

Le indagini effettuate permettono:

a. di stimare la velocità delle onde di taglio (V_s) dei terreni a partire dalla velocità delle onde di superficie (Rayleigh nel caso del presente studio). La velocità delle onde di taglio è legata alla rigidità μ dei terreni tramite la formula: $\mu = \rho V_s^2$, dove ρ è la densità.

Poiché la densità dei suoli varia relativamente poco con la profondità (almeno nelle prime decine di metri), dalla formula si evince che i valori di V_s sono i primi indicatori della rigidità di un terreno,

b. di misurare le frequenze di risonanza dei terreni e, tramite opportuna modellazione vincolata, di ricostruire una stratigrafia sismica.

Le prove di tipo 1), 2) nell'elenco sovrastante permettono la ricostruzione di una stratigrafia sismica unica al di sotto della sezione indagata, assumendo necessariamente che essa sia a strati piani e paralleli. Le prove di tipo 3) danno invece una risposta maggiormente puntuale rispetto alla verticale di misura. L'esecuzione di più prove di tipo 3) lungo una sezione permette quindi di ricostruire anche variazioni stratigrafiche lungo la sezione, in presenza di opportuni vincoli.

Le indagini sono state condotte in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (2008).

Definizioni

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

Principi dell'indagine sismica passiva e attiva

La superficie terrestre è costantemente sottoposta a vibrazioni di origine ambientale (dette microtremore) in una larghissima banda di frequenze. Le strutture fondate su di essa sono assoggettate allo stesso tipo di vibrazione, a cui rispondono naturalmente secondo la propria dinamica. Trattandosi di vibrazioni non generate intenzionalmente, esse vengono dette passive. L'origine del microtremore ambientale è nota sin dagli anni '50, grazie agli studi del sismologo Beno Gutenberg. A frequenze mediamente inferiori a 1 Hz la sorgente principale del microtremore sono le attività naturali (perturbazioni meteorologiche, vento, onde oceaniche, attività vulcanica) mentre a frequenze mediamente superiori a 1 Hz la sorgente principale del microtremore è l'attività antropica. Gli spettri assoluti del tremore ambientale registrabili in un sito variano dunque sia in funzione delle condizioni meteorologiche che in funzione del livello di attività antropica, tipicamente inferiore durante la notte che durante il giorno. Nei siti meno rumorosi del pianeta, il livello minimo di tremore sismico ambientale si aggira intorno a 10^{-5} - 10^{-7} m/s² nel campo di frequenze intorno a 1 Hz (Figura 1).

Pertanto, se da un lato è vero che il microtremore ambientale costituisce una sorgente ubiquitaria e di facile impiego per la caratterizzazione dinamica di un sottosuolo, dall'altro lato essa è una sorgente variabile nel tempo e nello spazio.

È stato mostrato ripetutamente negli ultimi 15 anni che il rapporto tra spettri orizzontali e verticali del moto (detto H/V) è efficace nella rimozione dell'effetto della sorgente ed enfatizza invece l'effetto legato al percorso, ossia al sottosuolo (Nakamura, 1989; SESAME, 2004 per le linee guida sull'utilizzo della tecnica). In un semplice mezzo costituito da uno

strato sedimentario tenero sovrastante un ammasso roccioso rigido, la frequenza principale di risonanza dello strato sedimentario sarebbe $f = \frac{V_s}{4H}$.

L'assetto dei suoli è però sempre assai più complesso e le frequenze di risonanza si misurano sperimentalmente. Negli ultimi decenni il mondo sismologico ha imparato a sfruttare questa sorgente naturale e ubiquitaria di onde sismiche per esplorare il sottosuolo sia con tecniche a singola stazione, che permettono di misurare le frequenze di risonanza dei sottosuoli, che con tecniche multicanale che, sulla base della correlazione del segnale tra vari ricevitori posti a distanze note, permettono di misurare le velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, dalle quali si possono ricavare i moduli elastici dello stesso.

Analoghi principi di correlazione del segnale delle onde di superficie tra più ricevitori per stimare la velocità di propagazione delle onde nel sottosuolo si impiegano anche nei casi attivi, ossia con sorgente nota, come nella tecnica MASW applicata in questo studio.

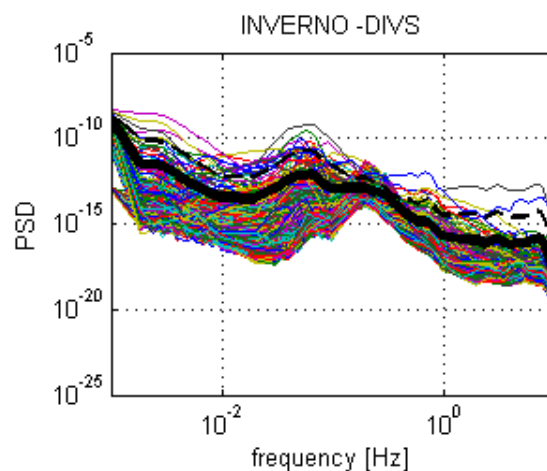


Figura 1. Spettri di potenza in accelerazione (unità di misura delle ordinate $[m/s^2]$) registrati in 6 mesi in una stazione sismica posta su roccia del bacino Mediterraneo (rete MedNet). Le linee colorate sono gli spettri giornalieri, il valore spettrale medio è indicato dalla linea nera a tratto spesso.

Campagna di misura

Strumentazione impiegata

Per la *sismica in array (approccio multicanale)*: si è impiegato un array digitale (SoilSpy, MoHo srl), collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5 Hz (Geospace Technology Corp.). La digitalizzazione del segnale avviene in prossimità dei geofoni, il che elimina la possibilità di fenomeni di cross-talk lungo il cavo, migliorando il rapporto segnale-rumore.

Le acquisizioni sono state condotte a frequenza di campionamento di 512 Hz.

Per la *sismica passiva a stazione singola*: le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di due tromografi digitali portatili progettati specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Gli strumenti (*Tromino*®, MoHo srl) sono dotati di tre canali velocimetrici a guadagno variabile e di tre canali accelerometrici.

I dati di microtremore ambientale, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti per 10 min in ciascun sito alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Ubicazione delle misure

Sul tratto che sarà interessato dalla costruzione del secondo ponte sul Tevere in località Sansepolcro (AR) sono state effettuate misure di vibrazione ambientale a stazione singola e in array nei punti indicati in Figura 2, in sinistra (A, B, C, array 1) e destra idrografica (D, E, F, array 2). Tutte le misure sono state effettuate su terreno naturale.

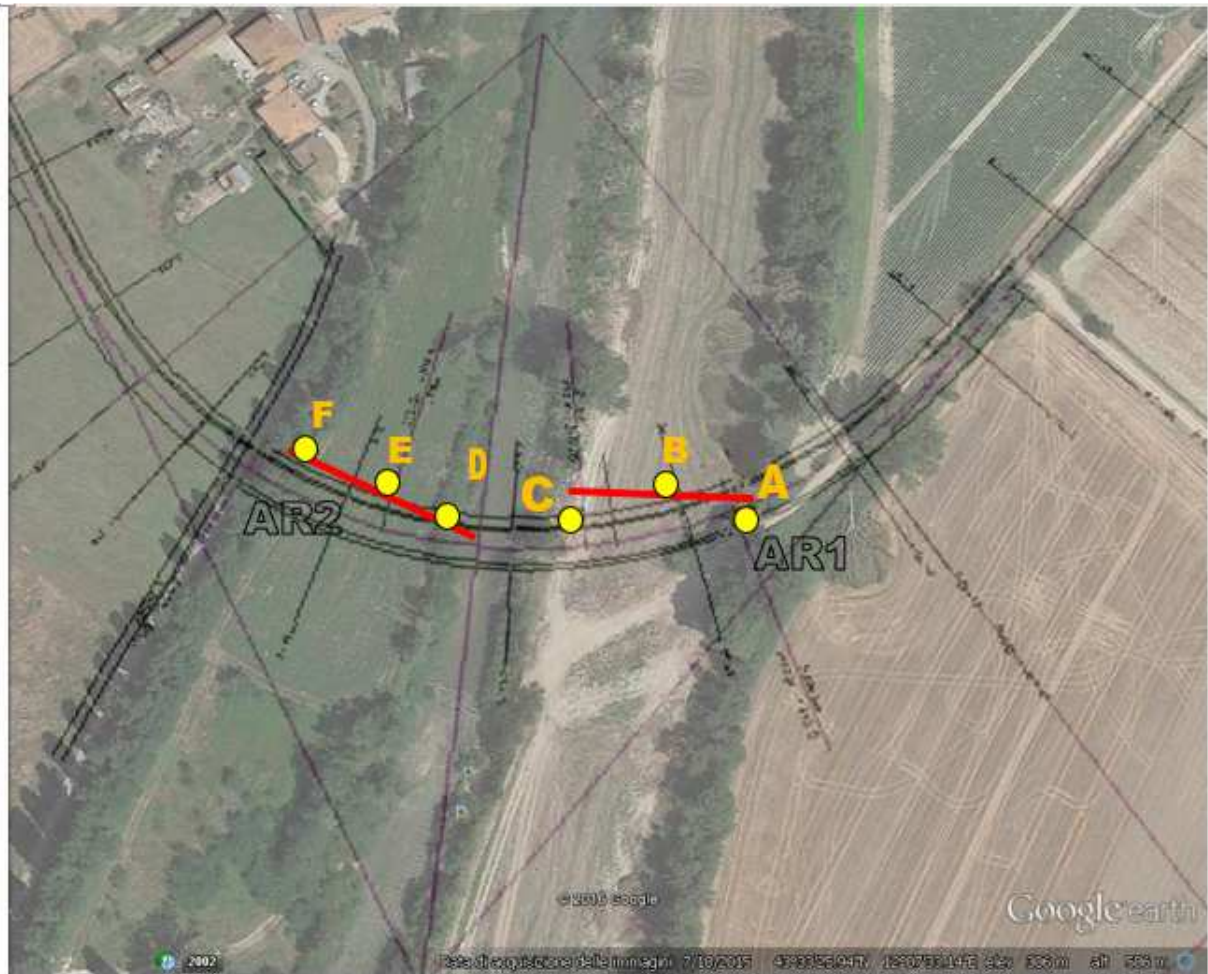


Figura 2. Ubicazione delle prove a stazione singola (giallo) e in array (rosso).

MASW, ReMi ed ESAC

Le tre tecniche vengono presentate insieme, stanti le similitudini di processing dei dati e dei risultati che possono fornire.

Nel sito è stato possibile dispiegare due stendimenti di 9 geofoni verticali a distanze regolari di 5 m.

Per la prova MASW si è energizzato in testa allo stendimento, alla distanza di 5 m dai geofoni di testa e di coda. La sorgente sismica utilizzata è consistita nella caduta di un grave (salto dell'operatore) ed è stata ripetuta diverse su entrambe le estremità dello stendimento.

La durata della registrazione è stata di 2 s a partire dal superamento del valore di soglia.

Per la prova ReMi il microtremore sismico ambientale è stato acquisito per 6 min consecutivi su entrambi gli stendimenti. L'analisi è stata poi condotta su segmenti di 10 s di durata.

Le serie temporali multicanale attive e passive sono state elaborate secondo l'approccio *slant-stack-FFT* al fine di ottenere gli spettri di velocità di fase sui quali leggere le curve di dispersione delle onde di Rayleigh (Figura 3, Figura 4). Le onde di Rayleigh hanno una velocità di propagazione prossima a quella delle onde S (10-15% inferiore) e tramite opportuna modellazione matematica delle curve di dispersione è possibile ricostruire, dalla dispersione delle prime, l'andamento delle velocità nel sottosuolo delle seconde e dunque anche un profilo di rigidezza.

Le curve di dispersione ottenute sono rappresentate in Figura 3 (array 1) e Figura 4 (array 2) dai massimi locali (toni di rosso) nei grafici a contour. Le curve di dispersione teoriche che meglio approssimano le curve sperimentali sono rappresentate dai cerchietti azzurri e sono state ottenute a partire dai modelli di sottosuolo illustrati Figura 8. A partire dalla legge fisica $\lambda f = V$ (ove λ è la lunghezza d'onda, f la frequenza e V la velocità) e considerato che la capacità di penetrazione nel sottosuolo di questi metodi in array è all'incirca $\lambda / 2$, si ottiene che in entrambi i casi acquisiti l'array può dare informazioni fino a circa $300 \text{ m/s} / 5 \text{ Hz} / 2 \sim 30 \text{ m}$.

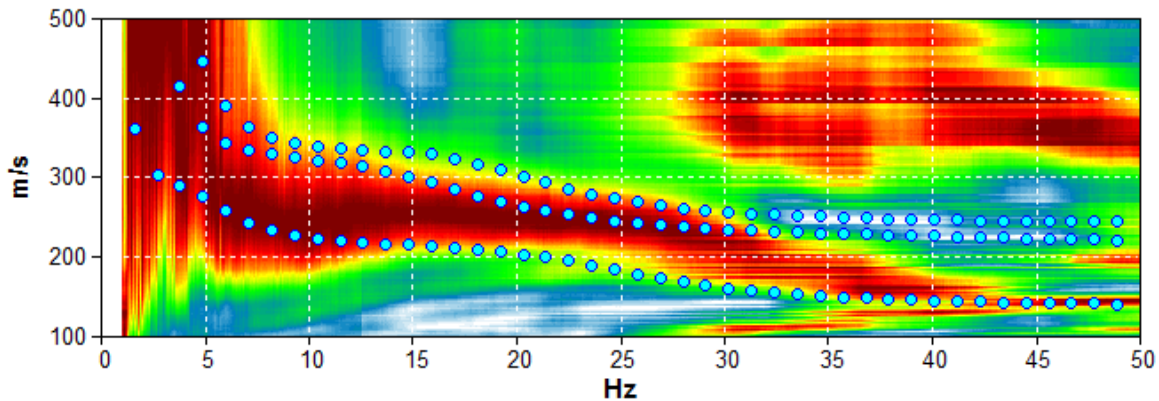


Figura 3. ARRAY 1 (sinistra Tevere, spalla B). Grafico a contour: spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per lo stendimento MASW-ReMi. Cerchi azzurri: primi 3 modi della curva di dispersione teorica per il modello di sottosuolo proposto per il sito. Il limite inferiore della leggibilità di questa prova è 5 Hz, a cui corrisponde una profondità di circa 30 m. Un modello di sottosuolo a frequenze minori (maggiori profondità) sarà derivato dal fit congiunto delle prove in array e delle prove H/V.

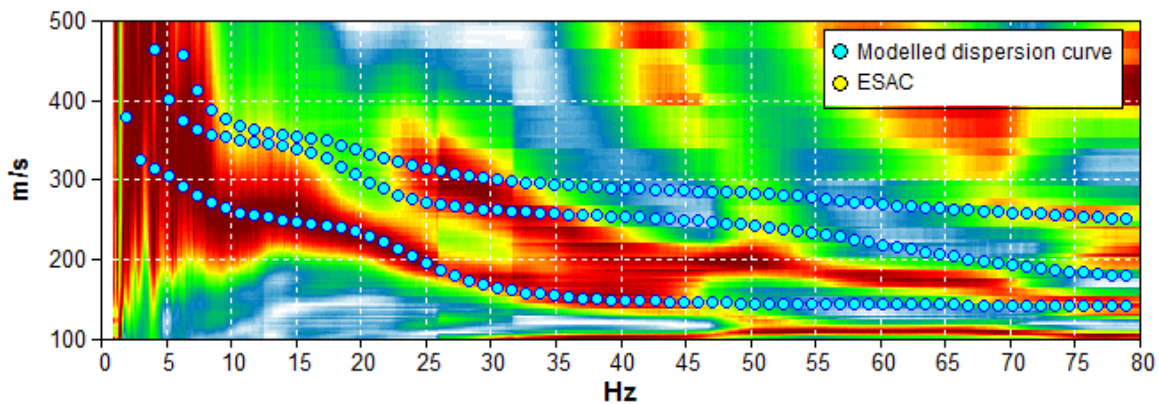


Figura 4. ARRAY 2 (destra Tevere, spalla A). Grafico a contour: spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per lo stendimento MASW-ReMi. Cerchi azzurri: primi 3 modi della curva di dispersione teorica per il modello di sottosuolo proposto per il sito. Il limite inferiore della leggibilità di questa prova è 5 Hz a cui corrisponde una profondità di circa 30 m. Un modello di sottosuolo a frequenze minori (maggiori profondità) sarà derivato dal fit congiunto delle prove in array e delle prove H/V.

Misure in campo libero a stazione singola

Procedura di analisi dati per stazioni singole H/V

La tecnica H/V è la tecnica dedicata quando si vogliono mettere in luce le frequenze di risonanza dei terreni. Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale su terreno sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura classica, descritta per esempio in SESAME (2004), con parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.
-

In Figura 5 sono riportate le curve H/V registrate nei punti indicati in *Figura 2*. Si nota immediatamente la somiglianza tra le curve, indicatrice di una situazione sismo-stratigrafica sostanzialmente omogenea al di sotto di tutta la sezione indagata. Le curve mostrano una amplificazione in alta frequenza (> 10 Hz) legata ad un riflettore superficiale (2-2.5 m di profondità). Il bedrock sismico si colloca ad oltre 100 m di profondità ed è responsabile delle amplificazioni per risonanza a 0.5-0.7 Hz. Si osserva amplificazione stratigrafica anche a 0.2 Hz.

Le misure effettuate sulla spalla B, in sponda sinistra (A, B, C) mostrano i caratteri di una debole inversione di velocità tra 1 e 6 Hz, imputabile a frazioni maggiormente argillose al di sotto dei primi 2.5 m, che risultano invece più sabbiosi (cfr. sondaggi). Diversamente, le misure effettuate sulla spalla A, sponda destra (D, E, F) non mostrano inversione di velocità e risultano avere rigidità mediamente maggiore rispetto ai terreni indagati sulla spalla sinistra.

Abbiamo unito le 6 curve H/V in un grafico di sintesi (*Figura 7*) tradotto dal dominio H/V-frequenza al dominio H/V-profondità. Questa operazione è possibile una volta che sia stato creato il modello di Vs del sottosuolo, come descriveremo tra poco. In questo tipo di rappresentazione i toni di rosso indicano il tetto dei riflettori rigidi: si nota un riflettore

superficiale rigido entro i primi 2.5 m di profondità ed il bedrock sismico, collocato a oltre 100 m di profondità.

I toni di azzurro ($\log(H/V) < 0$) indicano invece le zone con velocità delle onde di taglio minori. Si osserva che l'area della spalla sinistra presenta terreni con rigidità minori rispetto a quelli superficiali nei primi 10-30 m, cosa che non accade nella spalla destra, dove invece c'è un aumento monotono delle rigidità.

I modelli di sottosuolo, ricavato dal fit congiunto delle prove in array e H/V in sinistra e destra idrografiche sono dati in Figura 8 e Tabella 1 e la curva H/V teorica media per gli stessi modello è riportata in Figura 6, sovrapposta a quella sperimentale.

Il valore di velocità delle onde di taglio nello strato omogeneo equivalente ai primi 30 m di profondità (V_{s30} , Norme Tecniche per le Costruzioni, 2008):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati, risulta $V_{s30[0-30m]} = 255 \pm 50$ m/s per l'array 1 [SpallaA] e $V_{s30[0-30m]} = 280 \pm 50$ m/s per array2 [SpallaB] (incertezza 2σ dell'ordine del 20%, cfr. Mulargia e Castellaro, 2009, *Seism. Res. Lett.*, 80, 985-989) a partire dall'attuale piano campagna.

Secondo l'approccio semplificato di normativa, entrambi i siti si collocano nella categoria di suolo di fondazione C.

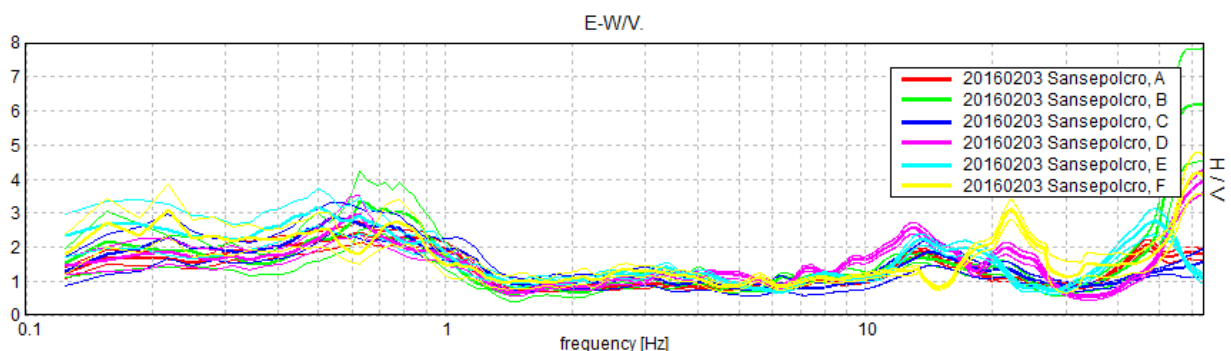


Figura 5. Confronto tra le curve H/V registrate nel sito.

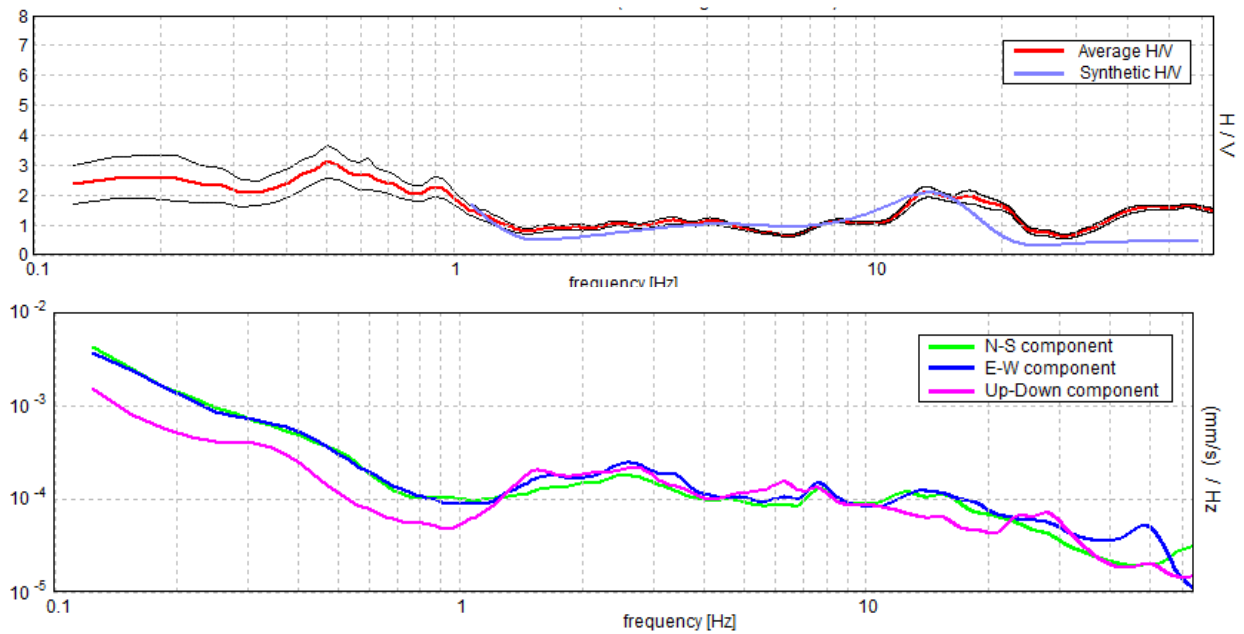


Figura 6. Alto: Curva H/V sperimentale (rossa) e teorica (blu) per il modello di sottosuolo proposto per il sito E. Basso: spettri di risposta delle singole componenti del moto relativi alla curva H/V presentata sopra.

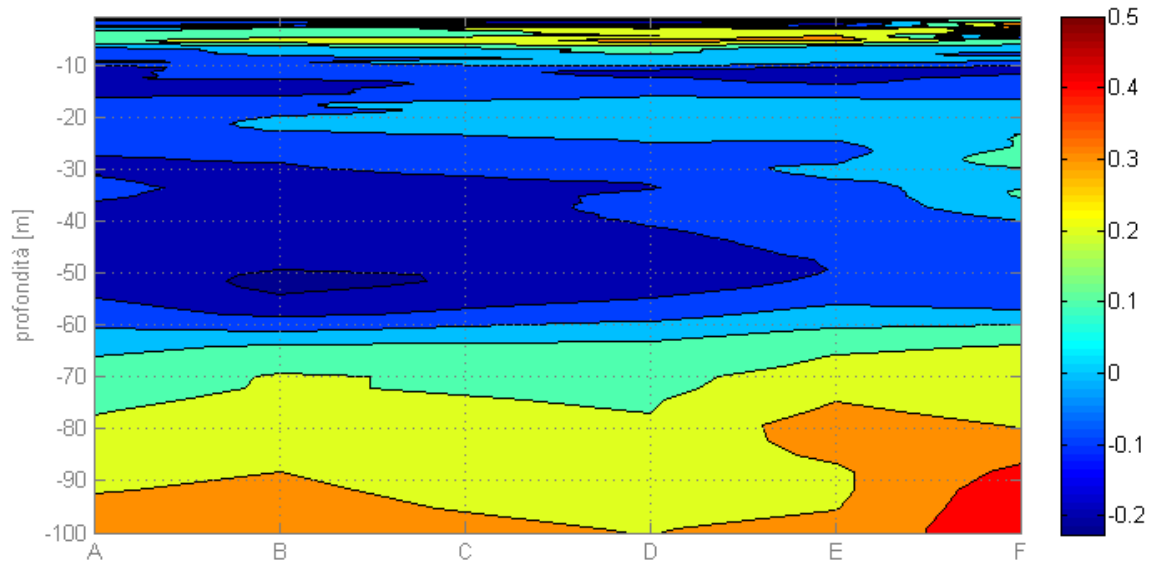


Figura 7. Visualizzazione schematica degli H/V acquisiti lungo il transetto A-F di Figura 2. La scala cromatica indica il $\log(H/V)$. I toni di rosso indicano la posizione dei riflettori sismici (tetto degli strati rigidi). I toni di blu ($\log(H/V) < 1$) indicano gli strati meno rigidi (inversione di velocità rispetto agli strati sovrastanti). Si può notare che in corrispondenza della spalla destra del ponte in progetto (D, E, F) i terreni sono mediamente più rigidi che in corrispondenza della spalla sinistra.

ARRAY 1			
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.50	2.50	145	0.48
17.50	15.00	240	0.48
107.50	90.00	330	0.46
inf.	inf.	600	0.45

$$Vs30_{[0-30m]} = 255 \text{ m/s} \pm 50 \text{ m/s}$$

ARRAY 2			
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.70	2.70	150	0.48
17.70	15.00	280	0.48
112.70	95.00	350	0.47
inf.	inf.	600	0.46

$$Vs30_{[0-30m]} = 280 \text{ m/s} \pm 50 \text{ m/s}$$

Tabella 1. Modello di sottosuolo medio sotto l'area indagata ottenuto dal fit congiunto delle prove in array e H/V. Si noti che le prove effettuate forniscono una stima delle sole Vs. Il rapporto di Poisson indicato è quello adottato nella modellazione ma le prove geofisiche basate su onde di superficie non possono fornire misure affidabili di questo parametro.

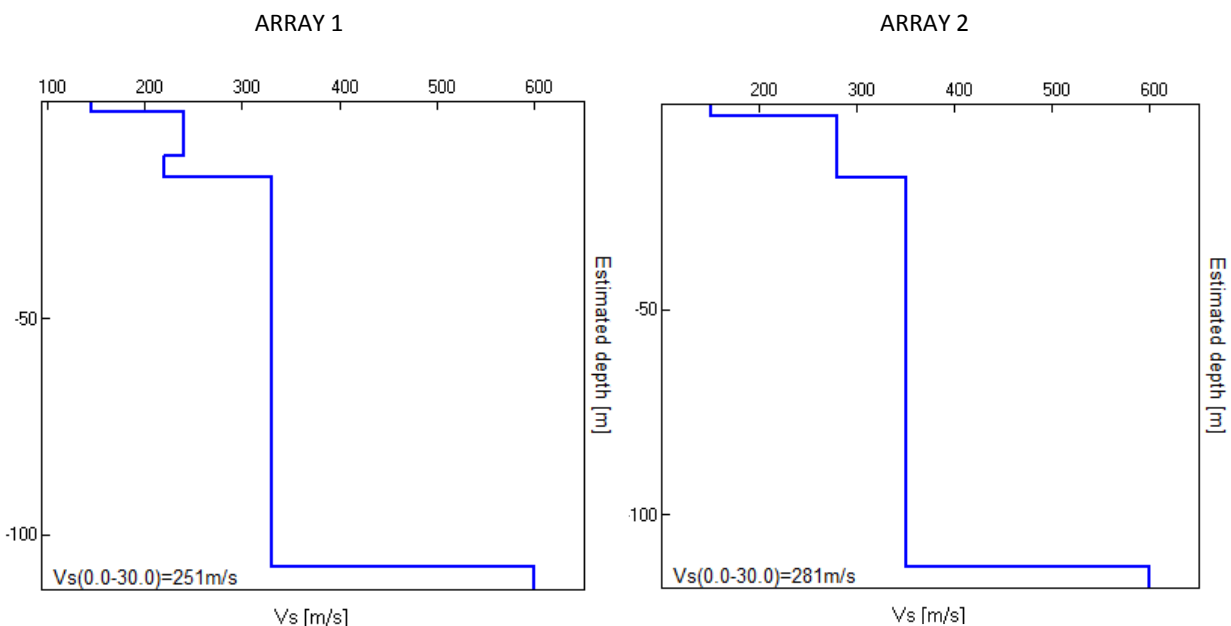


Figura 8. Modelli di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dal fit congiunto di prove in array e H/V rispettivamente in sinistra (array 1) e destra (array 2) idrografica.

Conclusioni

Sul terreno di fondazione del secondo ponte sul Tevere in progetto in località Sansepolcro (Arezzo) abbiamo effettuato 6 prove sismiche a stazione singola e due prove multicanale a onde di superficie, analizzate secondo i due principali approcci attivi e passivi.

La frequenza principale di risonanza del sito è stata misurata a 0.5-0.7 Hz. Si rileva comunque amplificazione sismica stratigrafica anche a 0.2 Hz. L'amplificazione misurata sopra i 10 Hz non ha rilevanza per il ponte in progetto.

Le misure sulla sponda sinistra hanno evidenziato valori di velocità delle onde di taglio leggermente inferiori rispetto a quelli della sponda destra. In particolare, sulla sponda sinistra si evidenzia una leggera inversione di velocità nei primi 20 m, assente nella sponda destra. Entrambe le sponde sono comunque riconducibili ad una categoria di suolo di fondazione C secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni (2008), poiché presentano valori di V_{s30} tra 250 e 280 m/s \pm 50 m/s.

Documentazione fotografica

Le immagini documentano alcuni istanti di misura in prossimità delle spalle del previsto ponte, in sinistra e destra Tevere.



Misure a stazione singola sulla spalla B in sinistra Tevere



Misure a stazione singola sulla spalla B in sinistra Tevere



Misure in array sulla spalla B in sinistra Tevere



Misure in array sulla spalla A in destra Tevere