



MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E  
DEI TRASPORTI



E.N.A.C.  
ENTE NAZIONALE per L'AVIAZIONE  
CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE - "AMERIGO VESPUCCI"

Opera

PROJECT REVIEW - PIANO DI SVILUPPO AEROPORTUALE AL 2035

Titolo Documento Completo

COMPENSAZIONI AMBIENTALI E PAESAGGISTICHE  
CAP2 - AREA DI COMPENSAZIONE "MOLLAIA" - Relazione  
Geologica La Mollaia

Livello di Progetto

SCHEDE DI APPROFONDIMENTO PROGETTUALE  
A LIVELLO MINIMO DI PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

LIV PSA	REV 02	DATA EMISSIONE MARZO 2024	SCALA .	CODICE FILE COMPLETO FLR-MPL-PSA-CAP2-018-GL-RT_Rel Geo Mollaia
				TITOLO RIDOTTO Rel Geo Mollaia

02	03/2024	EMISSIONE PER PROCEDURA VIA-VAS	M. SANI	F.BOSI	L. TENERANI
01	03/2023	EMISSIONE PER APPROVAZIONE IN LINEA TECNICA DI ENAC	M.SANI	F.BOSI	L. TENERANI
00	10/2022	EMISSIONE PER DIBATTITO PUBBLICO	M.SANI	F.BOSI	L. TENERANI
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>COMMITTENTE PRINCIPALE</p>  <p><b>ACCOUNTABLE MANAGER</b> Dott. Vittorio Fanti</p>	<p>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</p>  <p><b>DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara n°631</p>	<p>SUPPORTI SPECIALISTICI</p>  <p><b>TERRA &amp; OPERE S.R.L.</b> SOCIETÀ D'INGEGNERIA CONSULENZE GEOLOGICHE</p> <p><b>SUPPORTO SPECIALISTICO</b> Dott. Geol. Michele Sani Ordine dei Geologi della Toscana n°383</p>
<p><b>POST HOLDER PROGETTAZIONE</b> Ing. Lorenzo Tenerani</p>	<p><b>RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> Arch. Filippo Bosi Ordine degli Architetti di Firenze n. 9004</p>	
<p><b>POST HOLDER MANUTENZIONE</b> Ing. Nicola D'Ippolito</p>		
<p><b>POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO</b> Geom. Luca Ermini</p>		



**GRUPPO DI LAVORO**

responsabile di commessa e coordinamento  
dr. geol. Michele Sani

collaborazione  
testi: dr. geol. Fabio Picchi  
figure e tavole fuori testo: dr.geol. Paride Bigazzi

## INDICE

1. Premessa.....	5
1.1. Generalità.....	5
1.2. Descrizione delle opere e degli interventi.....	6
1.3. Individuazione dei vincoli presenti.....	8
2. Fasi di lavoro.....	8
3. Geologia.....	9
3.1. Evoluzione tettonica del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia.....	9
3.2. Geologia e stratigrafia della Piana di Firenze.....	11
3.2.1. <i>Substrato pre-lacustre</i> .....	11
3.2.2. <i>Depositi pre-lacustri</i> .....	11
3.2.3. <i>Depositi lacustri e fluviali del bacino villafranchiano</i> .....	12
3.2.4. <i>Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia</i> .....	12
3.2.4.1. Argille turchine AUCTT.....	12
3.2.4.2. Depositi clastici di delta e fan-delta dei paleo-torrenti.....	12
3.2.5. <i>Sintema di Firenze (Depositi alluvionali antichi)</i> .....	13
3.2.6. <i>Sintema del Fiume Arno (Depositi alluvionali recenti)</i> .....	13
3.3. Orizzonti "Firenze".....	14
3.3.1. <i>Orizzonte "Firenze 1"</i> .....	14
3.3.2. <i>Orizzonte "Firenze 2"</i> .....	14
3.3.3. <i>Orizzonte "Firenze 3"</i> .....	16
3.3.4. <i>Orizzonte "Firenze 4"</i> .....	16
3.3.5. <i>Considerazioni sull'andamento degli orizzonti "Firenze"</i> .....	17
3.4. Geologia dell'area di intervento.....	19
3.4.1. <i>Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)</i> .....	21
3.4.1.1. bna1 e bna2.....	21
3.4.2. <i>Depositi antropici, terreni di riporto, bonifica per colmata (h5)</i> .....	21
4. Idrogeologia.....	21
4.1. Aspetti idrogeologici generali.....	21
4.2. Permeabilità delle unità litostratigrafiche affioranti nell'area in esame.....	23
4.3. Superficie piezometrica.....	24
5. Geomorfologia e stabilità.....	25
5.1. Introduzione.....	25
5.1.1. <i>Forme di origine antropica</i> .....	25
5.1.2. <i>Forme dovute a processi fluviali</i> .....	25
6. Classi di pericolosità.....	27
6.1. Pericolosità geologica.....	27
6.2. Pericolosità idraulica.....	27
6.2.1. <i>L.R. 41/2018</i> .....	27
6.3. Pericolosità sismica.....	28
7. Classi di fattibilità.....	28
7.1. Fattibilità geologica.....	28
7.2. Fattibilità idraulica.....	30
7.3. Fattibilità sismica.....	30
8. Risultati delle indagini eseguite.....	30
8.1. Generalità.....	30
8.2. Pozzetti geognostici.....	31
8.3. Prova penetrometrica.....	33
8.4. Sondaggi a carotaggio continuo.....	33
8.5. Prove geotecniche di laboratorio.....	34

8.6. Indagini geofisiche.....	34
8.6.1. <i>Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)</i> .....	34
8.6.2. <i>Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSZ)</i> .....	35
9. Sismicità e definizione dei parametri sismici.....	35
9.1. Zona sismica.....	35
9.2. Parametri sismici.....	36
9.2.1. <i>Aspetti generali</i> .....	36
9.2.2. <i>Categoria di di sottosuolo (approccio semplificato)</i> .....	36
9.2.3. <i>Categoria topografica</i> .....	37
9.2.4. <i>Parametri dell'azione sismica locale</i> .....	37
10. Modellazione geologica e geotecnica.....	37
10.1. Modello geologico del sottosuolo.....	37
10.2. Modello geotecnico.....	38
10.2.1. <i>Aspetti generali</i> .....	38
10.2.2. <i>Valori caratteristici dei parametri geotecnici</i> .....	38
10.2.3. <i>Considerazioni sui terreni coesivi superficiali</i> .....	39
11. Liquefazione.....	40
12. Terre e rocce da scavo.....	41
13. Indicazioni relative alla realizzazione dei lavori.....	41
13.1. Indicazioni inerenti la gestione delle acque di aggrottamento.....	41
13.2. Indicazioni sulla necessità di opere provvisorie e loro tipologia.....	41
13.3. Indicazione sulla tutela dei suoli interessati dalle aree di cantiere.....	41
13.4. Indicazione degli interventi di ripristino delle aree a fine cantiere.....	42
14. Conclusioni.....	42
15. Bibliografia.....	43
16. Allegati.....	45

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Ubicazione dell'area di progetto in scala 1:10.000.</i> .....	7
<i>Figura 2 - Orizzonti stratigrafici presenti nel sottosuolo dell'area di Firenze (estratto da Capecci et al., 1976b).</i> .....	15
<i>Figura 3 - Carta geologica in scala 1:5.000.</i> .....	20
<i>Figura 4 - Carta idrogeologica in scala 1:5.000</i> .....	26
<i>Figura 5 - Carta geomorfologica in scala 1:5.000.</i> .....	29
<i>Figura 6 - Ubicazione delle indagini geognostiche realizzate in scala 1:5.000.</i> .....	32

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Classi di permeabilità. ....	23
Tabella 2 - Campioni indisturbati. ....	31
Tabella 3 - Elaborazione statistica CPT07. ....	33
Tabella 4 - Prove geotecniche "specifiche" eseguite sui campioni indisturbati. ....	34
Tabella 5 - Valori caratteristici per l'area di intervento. ....	39
Tabella 6 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione. ....	41

\* \* \*

## 1. Premessa

### 1.1. Generalità

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica dell'intervento relativo all'area di compensazione "Mollaia", ubicata nel Comune di Sesto Fiorentino (Provincia di Firenze - figura 1), parte integrante della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale (o Masterplan) al 2035 dell'aeroporto di Firenze, qui sviluppata e dettagliata ad un livello tecnico ritenuto congruo con le finalità della presente fase procedurale, comunque non inferiore a quello del progetto di fattibilità tecnica ed economica di cui all'art. 41 del D. Lgs. n. 36/2023.

Il citato approfondimento tecnico viene previsto ad integrazione della Sezione Generale della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale al 2035, predisposta in aderenza alle normative e/o regolamenti specifici del settore aeronautico, rispetto alla quale si pone l'obiettivo di elaborare ulteriori elementi tecnici di studio, dettaglio, analisi e progettazione, ritenuti necessari ai fini del compiuto espletamento dei procedimenti amministrativi (di compatibilità ambientale e di autorizzazione) ai quali risulta per legge assoggettato lo strumento del Piano di Sviluppo Aeroportuale, così integrato in modo da rafforzarne la valenza e la funzione progettuale, strettamente interconnessa con quella pianificatoria e programmatica di investimento. Le informazioni di seguito riportate vanno, pertanto, analizzate in stretta correlazione rispetto ai più ampi ed estesi aspetti tecnico-economici trattati all'interno dei documenti afferenti alla Sezione Generale del Masterplan, con i quali esse si relazionano secondo un processo capillare di progressivo approfondimento e dettaglio, ritenuto utile per una più completa, consapevole e piena visione dell'insieme delle previsioni di trasformazione dello scalo aeroportuale e delle aree circostanti, e per una più esauriente analisi e comprensione della Project Review del Piano di Sviluppo Aeroportuale. La citata Project Review costituisce la nuova formulazione tecnica delle previsioni progettuali e di investimento che ENAC prevede di attuare, nel medio-lungo periodo (orizzonte 2035, coerente con quello del Piano Nazionale degli Aeroporti in fase di aggiornamento), relativamente all'infrastruttura aeroportuale di Firenze, redatta dal Gestore aeroportuale di intesa con l'Ente regolatore in attuazione degli obblighi di miglioramento, ottimizzazione e sviluppo dell'aeroporto insiti nel contratto di concessione che lega lo stesso Gestore alle Istituzioni dello Stato (Ministero delle Infrastrutture e ENAC) per la gestione totale dell'infrastruttura

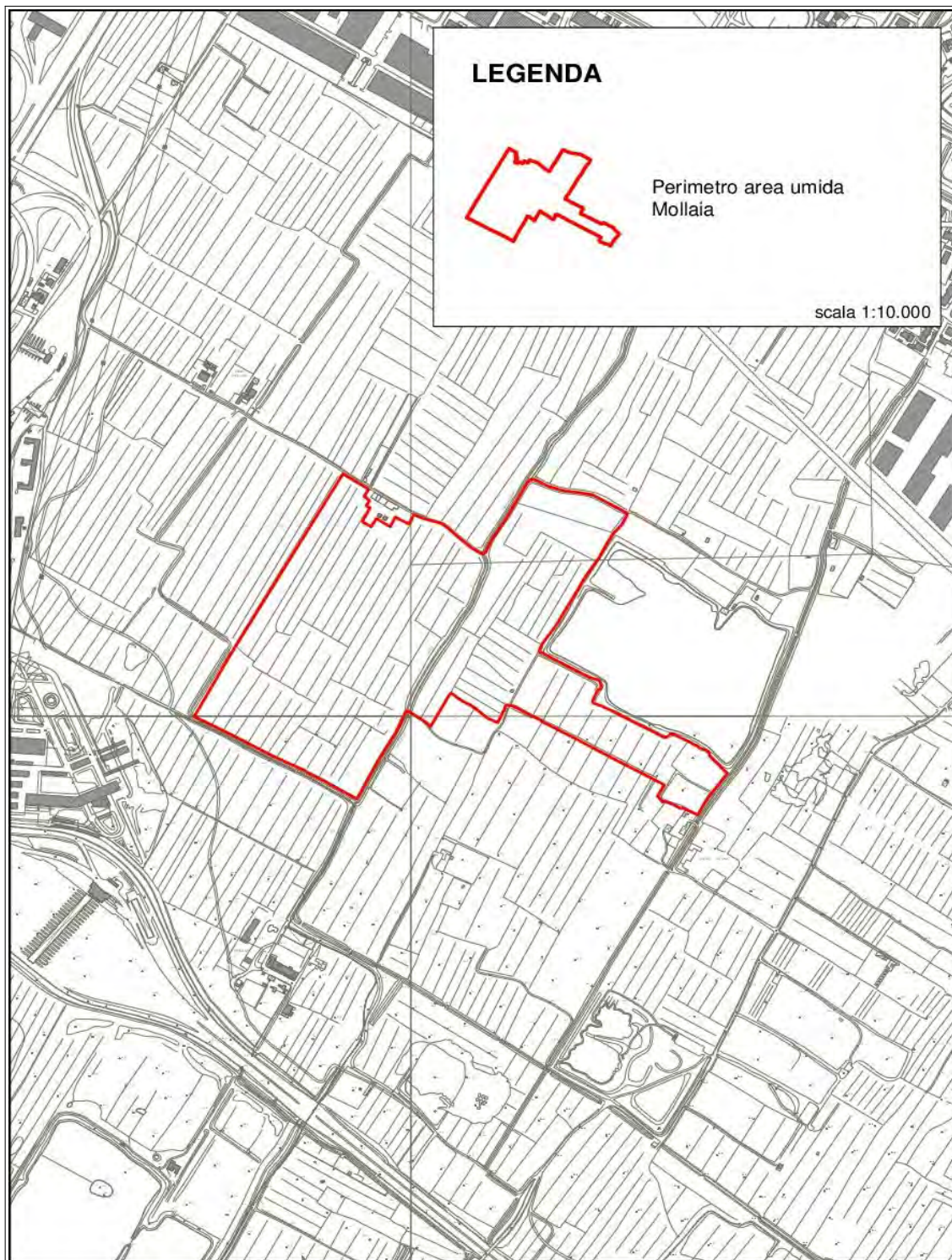
aeroportuale (bene dello Stato). Ne consegue che l'insieme documentale di cui la presente relazione costituisce parte integrante deve essere visto e analizzato nella propria autonomia e indipendenza sostanziale, per quanto inevitabilmente consequenziale rispetto al precedente Masterplan 2014-2029 col quale risultano ancora sussistenti più elementi di dialogo che, tuttavia, ci si pone l'obiettivo di non assurgere a valenza prodromica e a funzionalità necessaria per una completa illustrazione, definizione e comprensione del nuovo Piano di Sviluppo Aeroportuale 2035. Si auspica, infine, di aver esaurientemente e correttamente tradotto e trasferito, all'interno della documentazione di cui al nuovo Masterplan 2035, quel prezioso bagaglio di esperienza e quell'insieme di utili risultanze derivanti dal dialogo costruttivo e dialettico che, nell'ultimo decennio, ha visto in più momenti la partecipazione di ENAC, del Gestore aeroportuale, degli Enti/Amministrazioni interessati, delle Istituzioni nazionali e regionali, dei vari stakeholders e della cittadinanza attiva intorno ai temi relativi al trasporto aereo, alla multimodalità della mobilità, al ruolo della rete aeroportuale territoriale toscana e al futuro dello scalo aeroportuale di Firenze, che ENAC vede sempre più strategico, integrato e funzionale alla rete nazionale ed europea dei trasporti.

Il presente studio descrive le caratteristiche geologiche (litologiche e giaciture), idrogeologiche, idrauliche, geomorfologiche e di stabilità, di pericolosità (geologica, idraulica e sismica) dell'area in oggetto, riassume i risultati delle indagini geognostiche eseguite nel 2015 e nel 2017 per le due fasi della *Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie* dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci, determina le classi di fattibilità dell'intervento (geologica, idraulica e sismica), e contiene la modellazione geologica, geotecnica e sismica del terreno.

## 1.2. Descrizione delle opere e degli interventi

Come risulta dagli elaborati progettuali redatti dallo Studio di Architettura Montieri-Macchi di Milano, nell'area di compensazione "Mollaia" è prevista una semplice modellazione dei terreni con uno scavo di circa 14.000 mc interamente riutilizzati in situ. Ai fini della presente relazione geologica l'opera principale è rappresentata dal punto di presa dall'Acqualunga, ubicato nella porzione settentrionale del sito. Vista la tipologia dei lavori, il progetto non è identificabile dalle classi d'indagine di cui al D.P.G.R. 19 gennaio 2022 n. 1/R<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014 n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.*



*Figura 1 - Ubicazione dell'area di progetto in scala 1:10.000.*



### 1.3. Individuazione dei vincoli presenti

L'area di progetto dal punto di vista dei principali vincoli territoriali presenta la seguente situazione:

- a porzione orientale ricade all'interno del Sito di Interesse Regionale (SIR) "45 Stagni della Piana Fiorentina" e dell'Area Protette di interesse locale "A.N.P.I.L. di Focognano".
- non è interessata dal Vincolo Idrogeologico ai sensi del Regio Decreto Legge n. 3267 del 30 dicembre 1923<sup>2</sup>.

## 2. Fasi di lavoro

La presente relazione è stata articolata nelle seguenti fasi di lavoro:

- consultazione delle *Indagini geologico-tecniche* di supporto al Piano Strutturale intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino e al Secondo Regolamento Urbanistico del Comune di Sesto Fiorentino;
- presa visione del Piano di Bacino del Fiume Arno – Stralcio Assetto idrogeologico (PAI - Norme di attuazione ed allegati) redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- presa visione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- esecuzione di alcuni sopralluoghi sul posto e nelle aree immediatamente limitrofe, per prendere visione della situazione attuale e valutare gli aspetti e le caratteristiche geomorfologiche e di stabilità globale del sito;
- attribuzione della fattibilità agli interventi in progetto dal punto di vista geologico, idraulico e sismico (si veda il § 7);
- utilizzo delle indagini geognostiche che costituiscono la *Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie* dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci eseguite dalla società Ambiente sc di Carrara, su incarico di Toscana Aeroporti Engineering S.r.l., nel 2015 e nel 2017;
- analisi dei risultati delle indagini geognostiche disponibili per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni (si veda il § 8);
- definizione della categoria di sottosuolo secondo l'approccio semplificato ai sensi del §

<sup>2</sup> Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 (si veda il § 9.1);

- determinazione dei parametri sismici (si veda l'allegato C);
- elaborazione del modello geologico del sito e del modello geotecnico di sottosuolo (§ 10);
- indicazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici ricavati (§ 10.2.2);
- valutazioni in merito alla suscettibilità dei terreni nei confronti della liquefazione (§ 11).

### 3. Geologia

#### 3.1. Evoluzione tettonica del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia

Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia, posto ad una quota media di 45 m s.l.m., si sviluppa in direzione NW-SE per una lunghezza di 45 km ed una larghezza massima di circa 10 km. Esso è delimitato a nord-nord-est dai Monti della Calvana e dal Monte Morello, con altitudine di circa 900 m s.l.m. e a sud-sudovest dal Montalbano con altitudine di oltre 600 m s.l.m.. In questo contesto geografico è prevista la realizzazione della nuova pista, delle opere accessorie e di quelle di compensazione dell'Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci di Firenze. Il bacino di Firenze-Prato-Pistoia presenta una geometria a semi-graben fortemente asimmetrica, con un margine nord-orientale molto acclive, in corrispondenza della faglia principale di Fiesole e da una rampa di raccordo poco inclinata localmente interessata da faglie minori sul versante sud-occidentale. I depositi di riempimento del bacino si sono sviluppati con ampi delta e fan-delta clastici sviluppati alla base del sistema di faglie maggiori. In questo tipo di bacini il sollevamento tettonico dei margini, e il corrispondente allargamento del drenaggio fluviale, portano alla formazione di potenti sequenze sedimentarie clastiche grossolane in corrispondenza delle aree centrali. Nel dettaglio, dal punto di vista tettonico-geometrico, l'area di Firenze è caratterizzata dalla presenza di una fascia interessata da più faglie disposte a gradinata e in parte sepolte al di sotto dei depositi fluvio-lacustri villafranchiani, localizzata nell'area pedemontana a nord della pianura di Firenze, e dalla presenza delle faglie sepolte Castello-Scandicci e Maiano-Bagno a Ripoli che interessano il substrato pre-lacustre, trasversalmente al bacino. Le faglie controllano la morfologia dell'area fiorentina determinando, rispetto al basso morfologico-strutturale della pianura di Firenze, l'alto delle colline di Castello-Trespiano-Fiesole nel settore settentrionale, e delle colline di Bellosguardo-Arcetri-S.Miniato a Monte a sud della città. L'area fiorentina risulta quindi delimitata a nord da lineamenti tettonici paralleli con direzione NNO-SSE, che hanno giocato come faglie a

movimento verticale distensivo determinando lo sviluppo del bacino fluvio-lacustre con il ribassamento del blocco meridionale. La principale attività delle faglie è riferita a un periodo anteriore al Pliocene inferiore, periodo in cui si è determinato il maggiore movimento verticale; successivamente si è registrata una ripresa di movimenti al tetto del Pliocene inferiore, a cui è associato il movimento verticale responsabile dell'origine della depressione lacustre, e un'ultima pulsazione al termine del Villafranchiano, che ha determinato il sollevamento del blocco di Firenze rispetto al resto del lago e ha stabilito i rapporti tettonico-geometrici attuali. La master fault, a cui viene attribuito il principale movimento verticale, è manifestata da una scarpata tettonica che ha determinato lo sviluppo dei ripidi versanti meridionali delle colline di Castello-Monte Rinaldi-Fiesole; in realtà si tratta di una zona interessata da varie faglie disposte a gradinata, di cui solo la più orientale affiora con la scarpata degradata dei versanti di Fiesole, mentre le altre sono sepolte sotto i depositi villafranchiani di San Domenico, o addirittura sotto l'area delle Cure-Campo di Marte. Tali faglie sono dislocate da lineamenti tettonici trasversali che interessano il substrato con generali direzioni NNE-SSO, e il cui movimento risulta prevalentemente verticale distensivo. Le faglie a carattere prevalentemente distensivo, di Castello-Scandicci a ovest e di Maiano-Bagno a Ripoli a est, sono risultate attive a più riprese a partire dal Pliocene inferiore, giocando successivamente, verso la fine del Villafranchiano, un ruolo determinante per il sollevamento dell'area fiorentina rispetto al restante bacino lacustre. Questi elementi strutturali hanno sollevato la pianura di Firenze, ribassando il blocco a NO nel caso della faglia occidentale, e il blocco a SE per la faglia orientale con un rigetto globale stimabile in alcune centinaia di metri. Nel Villafranchiano sono state documentate due fasi tettoniche lungo tali lineamenti, probabilmente in regime compressivo, in accordo con evidenze regionali. Nella zona nord-orientale dell'area fiorentina lungo le colline di Fiesole-Monte Rinaldi, il motivo strutturale è dato da una piega anticlinale con asse orientato NO-SE, delimitato a SO dalla omonima zona di faglia che mette in contatto le arenarie torbiditiche del Macigno con i depositi recenti fluvio-lacustri; la struttura è interessata da faglie minori ad andamento NE-SO e prevalente movimento verticale. L'assetto tettonico delle Unità Liguri affioranti a NO di Firenze e nell'area meridionale è dato da una blanda monoclinale immergente in genere verso N-NE di valori medi ( $<40^\circ$ ). I depositi lacustri Villafranchiani risultano dislocati dalle faglie sinsedimentarie trasversali al bacino, ma mantengono una giacitura sub-orizzontale su entrambi i blocchi dislocati; i depositi alluvionali recenti e attuali

sono ancora in giacitura primaria. Per nessuna delle faglie presenti nella zona ci sono indizi geologici di attività tettonica più recente di circa 500.000 anni.

## **3.2. Geologia e stratigrafia della Piana di Firenze**

Il sottosuolo della piana di Firenze è costituito da sedimenti plio-quadernari di riempimento del bacino fluvio-lacustre formatosi a seguito della fase tettonica distensiva, depositi sulle rocce del paleoinvaso. Nei paragrafi seguenti si descrivono le unità litostratigrafiche presenti, a partire dai terreni più antichi.

### *3.2.1. Substrato pre-lacustre*

Il substrato pre-lacustre è costituito da rocce appartenenti alle Unità Liguri, ed è composto, in particolare, dai calcari marnosi, dalle calcareniti e dalle argilliti della Formazione di Sillano e dalle arenarie calcaree e dalle argilliti rosse della Formazione della Pietraforte. Il tetto del substrato pre-pliocenico risulta a profondità contenute in corrispondenza del centro storico di Firenze (profondità inferiori a 20 m dal piano di campagna). Il corso del Fiume Arno spostato verso il bordo meridionale del bacino ha portato il fiume a erodere le rocce liguri, creando un terrazzo di erosione lungo tutto il margine meridionale cittadino da est ad ovest. L'attività tettonica collegata alla faglia trasversale Castello-Scandicci ha ribassato di un centinaio di metri il tetto del substrato subito a ovest della linea di faglia, ma l'abbassamento si spinge fino alla profondità di 600 m in corrispondenza della piana di Campi Bisenzio-Sesto Fiorentino. Nelle zone nord-orientali della città il substrato è stato dislocato in modo differenziale dalle faglie trasversali e longitudinali, ed è possibile trovarlo a profondità superiori a 110 m, mentre nelle aree sudorientali l'abbassamento ha avuto minore intensità.

### *3.2.2. Depositi pre-lacustri*

Nel periodo compreso tra il Miocene superiore e il Pliocene inferiore si sono depositi:

- sedimenti pre-lacustri di ambiente fluviale (Depositi del paleo-Mugnone) quando la linea di costa era prossima all'attuale zona di San Casciano Val di Pesa;
- sedimenti residuali delle deposizioni limno-palustri in aree di limitata estensione.

### *3.2.3. Depositi lacustri e fluviali del bacino villafranchiano*

Nell'area interessata dal presente studio si hanno i seguenti complessi sedimentari andando dal più antico e seguendo la classificazione UBSU (*Unconformity-bounded Stratigraphic Units*):

- Sintema del bacino di Firenze-Prato-Pistoia;
- Sintema di Firenze (depositi antichi);
- Sintema dell'Arno (depositi alluvionali recenti).

Con il termine *sintema* si identifica un corpo sedimentario di origine comune definito alla base e al tetto da superfici di discontinuità o da superfici topografiche. Dal punto di vista sedimentologico il Sintema del bacino di Firenze-Prato-Pistoia è ascrivibile ad ambienti lacustri, lacustri-palustri e di fan-delta, il Sintema di Firenze ad ambienti lacustri e di fan-delta e il Sintema dell'Arno ad ambienti fluvio-alluvionale e limno-palustre.

### *3.2.4. Sintema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia*

E' costituito dai depositi lacustri villafranchiani, a sua volta composto dalle Argille turchine AUCTT. e dai Depositi clastici di delta e fan delta dei paleo-torrenti. Tali unità vengono di seguito descritte dalla più antica alla più recente.

#### *3.2.4.1. Argille turchine AUCTT.*

Questa unità è costituita da massicci corpi di argille e argille limose di colore grigio-azzurro, deposte in ambiente lacustre in condizioni climatiche fredde (periodi glaciali Biber e Donau). Sono presenti livelli e lenti di ghiaie e sabbie, in genere sporchi. Frequenti interdigitazioni avvengono con i depositi di delta e fan-delta dei paleo-corsi d'acqua provenienti dai rilievi posti più a nord, come il paleo-Mugnone, il paleo-Affrico e il paleo-Terzolle. Nella zona del centro cittadino le argille azzurre raggiungono spessori massimi di 90 m, mentre arrivano a 160 m nelle zone ubicate a nord-est della città.

#### *3.2.4.2. Depositi clastici di delta e fan-delta dei paleo-torrenti*

Si tratta di ciottolami e ghiaie prevalentemente sporchi, ghiaie sabbiose, sabbie limose e limi sabbiosi, in corpi più o meno massivi e/o canalizzati, formati a opera dei vari torrenti confluenti nel lago. A essi sono riconducibili i depositi del paleo-Affrico/Mensola, del paleo-Mugnone, del paleo-Terzolle e, con provenienze dal bordo meridionale, dal paleo-Ema/Greve.

Questi terreni costituiscono i depositi clastici più profondi del bacino di Firenze, riconducibili a periodi caratterizzati da un clima a forte piovosità. Al Sistema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, in particolare alle Argille turchine AUCTT., Capecchi *et al.* (1976b) hanno fatto corrispondere l'Orizzonte Firenze 4 (si veda il § 3.3.4).

### 3.2.5. *Sistema di Firenze (Depositati alluvionali antichi)*

E' costituito da ciottolami e ghiaie d'alveo del paleo-Arno e dei paleo-torrenti, con percentuale di matrice in modo variabile. Nella zona settentrionale urbana della città risultano frammenti a intervalli sabbioso-limosi di colore marrone scuro, mentre nella zona Cascine-Osmannoro-Legnaia risultano essere costituiti prevalentemente da ciottoli e ghiaie. In particolare, i depositi del paleo-Arno hanno costruito il conoide del fiume nel lago di Prato-Pistoia, ben sviluppato nella zona Cascine-Osmannoro con apice nella zona della Fortezza. A questi depositi, Capecchi *et al.* (1976b), hanno fatto corrispondere l'Orizzonte Firenze 3 (si veda il § 3.3.3). Il corpo sedimentario, che è stimato avere una potenza di una ventina di metri, è stato eroso dallo stesso Fiume Arno: di ciò si ha evidenza alle Cascine dove si trova a contatto direttamente tra il corpo sedimentario in questione e le ghiaie alluvionali recenti depositate dal fiume.

### 3.2.6. *Sistema del Fiume Arno (Depositati alluvionali recenti)*

Il Sistema del Fiume Arno è costituito dai depositi d'alveo e di esondazione recenti e attuali della coltre alluvionale deposta dal Fiume Arno e dei suoi affluenti nell'area fiorentina, in complessi rapporti di eteropie laterali erosive e sedimentarie. I primi metri superficiali (3÷5 m) sono composti da limi di esondazione sabbiosi. A questo intervallo è da far corrispondere l'Orizzonte Firenze 1 di Capecchi *et al.* (1976b) (si veda il § 3.3.1). I depositi d'alveo sono costituiti prevalentemente da ciottolami e ghiaie, con percentuale molto variabile della matrice fine, con intercalati livelli e lenti di sabbie. Le ghiaie compongono il corpo clastico principale, rilevato sull'intera superficie fiorentina, ed è l'intervallo corrispondente all'Orizzonte Firenze 2 di Capecchi *et al.* (1976b) (si veda il § 3.3.2), il cui spessore varia da pochi metri fino a 20÷30 m. La deposizione delle ghiaie è avvenuta su una superficie di erosione sui corpi sedimentari che possono essere sia i depositi alluvionali antichi che il substrato pre-pliocenico. L'ambiente di deposizione era tipicamente fluviale a caratterizzato da alta energia. Come detto, i Depositati alluvionali recenti sono da ricondurre all'azione sedimentaria sia del Fiume Arno che degli

affluenti principali (Torrente Mugnone, Torrente Terzolle, Torrente Affrico, Torrente Mensola). Nella piana fra Campi Bisenzio e Sesto Fiorentino-Castello i Depositi alluvionali recenti sono costituiti da sedimenti di ambiente limno-palustre, i quali raggiungono uno spessore che va da un paio di metri a nord della piana fino a qualche metro nella parte a sud, con presenza di livelli torbosi nella piana di Sesto Fiorentino. I Depositi alluvionali recenti costituiscono il principale acquifero dell'area fiorentina (ghiaie dell'Orizzonte Firenze 2, che si trovano spesso a contatto diretto con il corpo sedimentario costituito dall'Orizzonte Firenze 3), come esposto dettagliatamente nel prosieguo.

### 3.3. Orizzonti "Firenze"

In Capecchi, Guazzone, Pranzini, (1976b), sono stati identificati e definiti quattro livelli denominati "orizzonti Firenze" (figura 2), corrispondenti a successive fasi di deposizione. Tale suddivisione risulta fondamentale per approfondire e comprendere le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito in studio.

#### 3.3.1. Orizzonte "Firenze 1"

Si tratta dello strato superficiale indicato dai vecchi Autori col nome di "pancone" o "gentilone". E' costituito da sabbia fine con argilla con le ghiaie e i ciottoli frequentemente dispersi nel banco e più rare piccole lenti di argilla. In varie località l'orizzonte Firenze 1 è composto da sabbie anche grossolane e relativamente pulite come, a esempio, all'Anconella e in altri luoghi in prossimità del Fiume Arno. Da notare che nel centro della città alla composizione di questo strato contribuiscono in buona parte materiali di scarico derivanti dalle rovine di costruzione di varie epoche. Questo strato superficiale, costituito in massima parte da materiale depositato dal Fiume Arno durante le piene, è presente in tutta l'area studiata a eccezione dell'area dell'Osmannoro a nord della Via Pistoiese. Il suo spessore varia da 3 a 9 metri ma nel centro della città ha una media di 4÷5 m.

#### 3.3.2. Orizzonte "Firenze 2"

Si tratta di depositi fluviali incoerenti che presentano notevoli e rapide variazioni granulometriche sia in senso verticale che orizzontale composti da ciottolami, ghiaie e sabbie. La frazione argillosa è di solito assai scarsa tanto da permettere una buona permeabilità.

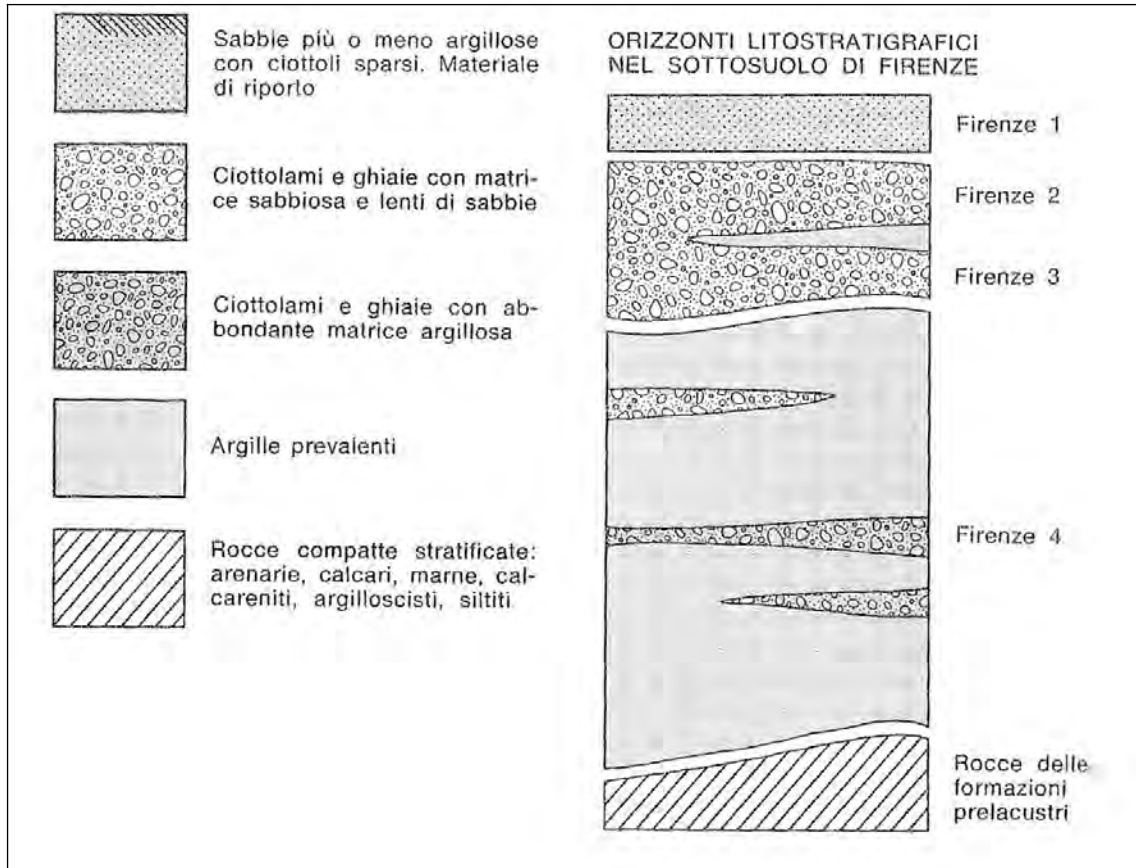


Figura 2 - Orizzonti stratigrafici presenti nel sottosuolo dell'area di Firenze (estratto da Capecci et al., 1976b).

E' in questo livello, infatti, che trovano alimentazione quasi tutti i pozzi per acqua scavati fin da epoche remote nell'area urbana. Sono presenti in questo intervallo sottili lenti di argilla plastica giallo-rossastra.

Le caratteristiche sedimentologiche di questi depositi sono osservabili nelle cave per ghiaia scavate nelle zone delle Piagge, di Mantignano e di Varlungo-Coverciano. Nel corpo sedimentario si possono osservare canali di erosione e stratificazione incrociata. Uno studio granulometrico (Gori, 1970) ha messo in luce una distribuzione bimodale per la maggior parte dei campioni prelevati, un sorting basso e, in generale, indici sedimentologici che confermano la deposizione fluviale. In particolare, il regime doveva essere torrentizio e con notevole capacità di trasporto. La natura litologica dei ciottoli di questo orizzonte non è uniforme su tutta l'area in cui affiorano. Nella zona orientale, dall'Anconella al centro città, i ciottoli sono quasi esclusivamente formati da arenarie quarzoso-micacee, probabilmente provenienti dalla formazione Macigno. Lo studio dei campioni prelevati in pozzi situati nelle zone delle Cascine,



di Mantignano e delle Piagge, ha messo in luce una maggiore eterogeneità litologica: insieme a quelli di arenaria Macigno, sono presenti ciottoli di calcareniti, spesso fossilifere, calcari di vario tipo e arenarie calcaree provenienti soprattutto dalle formazioni di Monte Morello, di Sillano e della Pietraforte. Lo spessore di questo orizzonte è molto variabile; diminuisce gradualmente verso i margini della pianura e verso ovest. In Capecchi *et al.* (1976b) sono riportate le isobate del tetto di questo orizzonte nell'area urbana che mettono in risalto, oltre ad una generale pendenza della superficie verso l'asse della valle e nel senso di scorrimento dell'Arno, alcune fasce di alto relativo piuttosto strette. Esse corrispondono probabilmente al percorso del Fiume Arno durante le ultime fasi di deposito dell'orizzonte macroclastico.

### 3.3.3. *Orizzonte "Firenze 3"*

L'Orizzonte Firenze 3 è composto da ciottolami, ghiaie e sabbie, con una matrice argillosa più abbondante che nei sedimenti macroclastici dell'orizzonte Firenze 2 soprastante, tanto da risultare meno permeabile. L'argilla è presente anche in lenti. Nella zona dell'Osmannoro una di queste lenti, dello spessore di 3÷4 m, divide l'orizzonte in due distinti livelli porosi. Dal punto di vista litologico i ciottoli sono molto eterogenei: prevalgono calcari e calcareniti provenienti dalle formazioni di Monte Morello e di Sillano, ma sono presenti anche ciottoli, in genere molto alterati, di arenaria Pietraforte e Macigno. L'impossibilità di osservare in affioramento i sedimenti di questo orizzonte non permette di definire con sicurezza l'ambiente di deposizione. La maggior percentuale della matrice argillosa nei sedimenti più grossolani fa pensare ad un deposito lacustre prossimale, in corrispondenza dello sbocco di un fiume, con fasi di avanzamento e retrocessione della linea di riva del lago. L'Orizzonte Firenze 3 è in genere separato dal Firenze 2 da uno strato di argilla turchina di probabile origine lacustre; nelle zone dove tale strato argilloso manca i due orizzonti ciottolosi non possono essere distinti con certezza.

### 3.3.4. *Orizzonte "Firenze 4"*

L'Orizzonte Firenze 4 è costituito da argille di origine lacustre, compatte, di colore turchino, più raramente giallastro, talora con lignite e torba. A vari livelli sono presenti lenti di ghiaie e ciottoli, più raramente di sabbie; in questi strati la matrice argillosa è quasi sempre abbondante, tanto da limitarne la permeabilità. La distribuzione areale di queste lenti a granulometria più grossolana è difficile da ricostruire con precisione, soprattutto perché sono

pochi i sondaggi che hanno raggiunto e attraversato questa unità. Si osserva comunque che esse divengono meno frequenti e di minor spessore a valle di Firenze oltre la zona delle Cascine, procedendo verso ovest e nord-ovest. A monte di Firenze, nella zona dell'Anconella-Bandino, queste lenti sono invece più numerose e potenti che altrove e molte contengono solo una bassa percentuale della frazione argillosa. Questo fatto è probabilmente da mettere in relazione con lo sbocco, al margine sud-est della conca lacustre, di uno o più torrenti immissari con notevole trasporto solido. Nella parte basale dell'Orizzonte Firenze 4, al contatto con le rocce del paleoinvaso, è talora presente un piccolo livello (1÷3 m) di ciottoli anche molto grossi, ossidati e poco arrotondati, che può essere considerato un deposito di pseudo-trasgressione. La maggioranza dei ciottoli è costituita da calcari marnosi bianchi tipo alberese e subordinatamente da arenarie calcaree tipo Pietraforte e calcareniti. Lo spessore dell'Orizzonte Firenze 4 è determinato dalla quota del fondo lago: all'Anconella è intorno a 70 m mentre nel centro città, nella zona della stazione di Santa Maria Novella, è circa 25 m; esso aumenta rapidamente spostandosi a ovest delle Cascine fino a superare i 300 m nella zona di San Donnino.

### *3.3.5. Considerazioni sull'andamento degli orizzonti "Firenze"*

Lo strato argilloso-sabbioso superficiale (Orizzonte Firenze 1), che raggiunge una potenza massima nel centro città, diminuisce di spessore verso la zona di Peretola; più a nord-ovest e nella zona dell'Osmannoro, il tipo litologico presente nel sottosuolo fin dai primi metri è costituito da argilla compatta. L'Orizzonte Firenze 2 è presente in tutte le sezioni idrogeologiche elaborate da Capecchi *et al.* (1976b) che mostrano come la terminazione occidentale di questo intervallo coincida in tutti questi profili con la terminazione dell'Orizzonte Firenze 1. Si può ritenere quindi che oltre Peretola, a nord della Via Pistoiese, il Fiume Arno non si sia mai spinto a depositare né le sue alluvioni grossolane (Orizzonte Firenze 2), né quelle più fini recenti (Orizzonte Firenze 1). In alcune sezioni verso le colline si osserva la terminazione laterale dell'Orizzonte Firenze 2. Questi sedimenti fluviali si appoggiano su superfici di erosione dei sedimenti lacustri. L'Orizzonte Firenze 2 presenta il massimo spessore in una zona corrispondente più o meno col centro della città (Piazza D'Azeglio - Piazza San Marco). La diminuzione di spessore a partire da questa zona è evidente sia in senso longitudinale sia in senso trasversale. Come detto, solo in una sezione l'Orizzonte Firenze 2 risulta separato

dall'Orizzonte Firenze 3 da una lente di argilla. In tutte le altre sezioni vi sono zone di contatto fra i due orizzonti, costituendo un unico intervallo poroso, interrotto solo localmente da lenti poco estese di argilla. In queste zone o c'è stata continuità nella sedimentazione grossolana, oppure episodi erosivi hanno distrutto la continuità dell'intervallo argilloso di separazione. Le sezioni documentano la maggior frequenza ed estensione dei ciottolami entro le argille lacustri (Orizzonte Firenze 4) nella zona orientale della conca di Firenze. Nella zona dell'Anconella questi ciottolami sono particolarmente abbondanti e relativamente puliti. La distinzione dai ciottolami fluviali sovrastanti si è basata non tanto sulla presenza del piccolo strato argilloso intorno ai 10 m di profondità, quanto sulle correlazioni granulometriche e litologiche di dettaglio. In particolare, in un pozzo il diagramma litologico presenta a 10 m un brusco aumento dei calcari e una corrispondente diminuzione delle arenarie; la stessa rapida variazione litologica è stata osservata in altri pozzi al passaggio fra i sedimenti fluviali e quelli sicuramente lacustri. Dalla zona delle Cascine procedendo verso ovest il substrato roccioso scende infatti molto rapidamente, fino a raggiungere la profondità di circa 300 m nella zona di Brozzi. Questa rapida discesa è determinata da una o più faglie trasversali al profilo che, in tempi relativamente recenti, hanno determinato il sollevamento della conca fiorentina rispetto al resto del bacino lacustre. Una sezione in particolare (Capecchi *et al.*, 1976b) mette bene in evidenza fra le Cascine e il Ponte San Niccolò l'alto relativo del substrato nel tratto urbano. In particolare, il tratto orizzontale del substrato rappresenta una superficie di erosione e testimonia quindi una fase erosiva esercitata dall'Arno. In altre sezioni si può osservare come nel centro città il fondo sia relativamente alto. Tale alto trova una corrispondenza in superficie negli affioramenti del Macigno di Fiesole a nord e della Pietraforte del Piazzale Michelangiolo e di Bellosguardo a sud. In base alle stratigrafie e alle correlazioni nella pubblicazione più volte citata sono state ricostruite le curve di ugual spessore degli Orizzonti Firenze 2 e Firenze 3. Questi orizzonti, costituiti in prevalenza da sedimenti grossolani, sono quelli, in tutta la serie fluvio-lacustre, dotati della migliore permeabilità e rappresentano quindi gli acquiferi più importanti. Per quanto riguarda l'Orizzonte Firenze 2 si osserva in particolare che:

- l'orizzonte si estende su tutta la zona pianeggiante, salvo che a nord della linea Rifredi-Novoli-Peretola-Brozzi;
- nelle zone di Badia a Ripoli e Scandicci, rispettivamente a sud-est e a sud-ovest del centro fiorentino, i dati a disposizione indicano che l'Arno ha deposto i suoi sedimenti grossolani

fino al margine della pianura;

- l'area di maggior spessore dell'orizzonte è fra piazza D'Azeglio e piazza del Duomo (circa 20 m). Quest'area costituisce il massimo assoluto entro una fascia che corrisponde all'asse centrale della valle;
- l'orizzonte continua ad ovest dell'area studiata, con spessori minori e, per quanto si può osservare nelle cave, con diminuzione delle dimensioni medie dei clasti.

Per l'Orizzonte Firenze 3 si osserva invece che:

- esso è limitato alla parte occidentale, ad ovest delle Cascine;
- gli spessori sono minori rispetto a quelli dell'Orizzonte Firenze 2;
- l'area di massimo spessore corrisponde ad una fascia presso l'attuale corso dell'Arno, più o meno sul proseguimento di quella dell'Orizzonte Firenze 2 (circa 12 m alle Piagge);
- anche questo orizzonte continua a ovest dell'area studiata, interessando una zona non occupata dai sedimenti dell'Orizzonte Firenze 2.

### **3.4. Geologia dell'area di intervento**

Nell'area in cui verrà realizzata l'area di compensazione affiorano i Depositi Olocenici, in particolare si tratta dei Depositi alluvionali recenti terrazzati (bna1 e bna2) e dei Depositi antropici, terreni di riporto, bonifica per colmata (h5), come mostrato nella carta geologica riportata nella figura 3, disegnata utilizzando i Fogli n. 275040 e 275080 della Carta Geologica Regionale della Regione Toscana – Servizio Geologico Regionale (*Progetto Carg*).

Nel capitolo 3.2, è stato descritto il sottosuolo della piana di Firenze, costituito da sedimenti plio-quadernari di riempimento del bacino fluvio-lacustre formatosi a seguito della fase tettonica distensiva appenninica, deposti sulle rocce del paleoinvaso. I Depositi alluvionali recenti terrazzati corrispondono ai depositi del Sintema del Fiume Arno (Depositi alluvionali recenti, § 3.2.6), secondo la classificazione UBSU (Unconformity-bounded Stratigraphic Units) e possono essere inoltre correlati all'Orizzonte Firenze 1 e all'Orizzonte Firenze 2 di Capecchi et al. (1976b) (si veda il § 3.3).

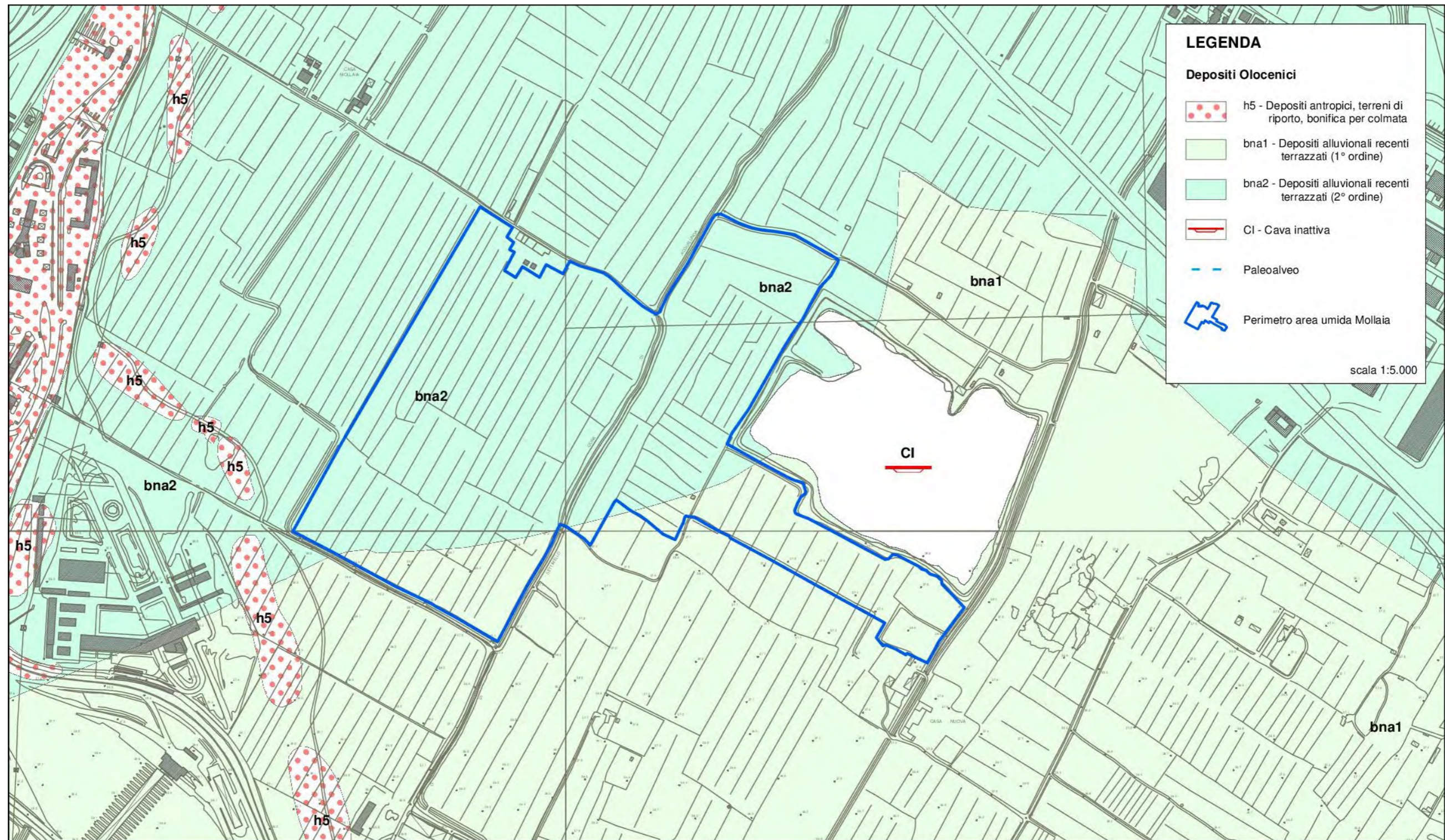


Figura 3 - Carta geologica in scala 1:5.000.

### *3.4.1. Depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati (bna)*

Si tratta di depositi di origine alluvionale costituiti da ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali di 1° ordine [bna1] i quali compongono la quasi totalità dei terreni affioranti nell'area della carta geologica. Gli interventi oggetto della presente relazione saranno realizzati interamente su questi depositi.

#### *3.4.1.1. bna1 e bna2*

Dall'esame della documentazione inerente le campagne di indagine si evince che, dal punto di vista meramente litologico, nell'area interessata dai lavori in progetto affiorano, al di sotto di alcuni decimetri di terreno vegetale (circa 0,30 m), limi, limi argillosi, argille limose e argille, a tratti debolmente sabbiosi. Il colore del terreno in posto nelle porzioni più superficiali è marrone.

### *3.4.2. Depositi antropici, terreni di riporto, bonifica per colmata (h5)*

L'unità raggruppa tutti quei depositi connessi con l'attività umana. Comprende quindi terreni di riporto, rilevati stradali, terreni di bonifica per colmata. In particolare, nell'area investigata, essi costituiscono i rilevati delle opere infrastrutturali come le autostrade e gli argini di fossi e di parte del reticolo idrografico minore della Piana.

## **4. Idrogeologia**

### **4.1. Aspetti idrogeologici generali**

Con riferimento agli orizzonti descritti al § 3.3, dal punto di vista idrogeologico, l'Orizzonte Firenze 1 può essere considerato un acquitardo con permeabilità nell'ordine di  $10^{-7}$  m/s. L'Orizzonte Firenze 2, invece, per le sue caratteristiche granulometriche e tessiturali, costituisce il corpo acquifero principale dell'area fiorentina, con permeabilità fortemente variabili, nell'ordine dei  $10^{-3} \div 10^{-7}$  m/s. L'Orizzonte Firenze 3 presenta permeabilità generalmente più basse dell'Orizzonte Firenze 2, ma può comunque ospitare una significativa circolazione idrica. L'Orizzonte Firenze 4, infine, può essere sede di limitati acquiferi (in pressione) ubicati nelle lenti di ghiaie e sabbie che si trovano disperse all'interno del corpo costituito dalle argille turchine; tali acquiferi non sono ovviamente di interesse ai fini dello sfruttamento idrico.

La falda nell'area fiorentina è posizionata in corrispondenza dei Depositi Alluvionali Recenti (Orizzonte Firenze 2); oppure, nella zona delle Cascine-Osmannoro, nei Depositi Alluvionali Antichi (Orizzonte Firenze 3). L'acquifero più superficiale (Orizzonte Firenze 2) può essere rinvenuto nella maggior parte della pianura. Solo a ovest della città, lungo una linea pressappoco coincidente con la Via Pistoiese, i ciottolami e le ghiaie alluvionali recenti lasciano spazio, verso nord, ai limi e alle argille di natura lacustre o palustre. Il Fiume Arno non ha infatti scavato ed eroso i sedimenti fluvio-lacustri precedenti (Capecchi *et al.* 1976b). Il primo acquifero riscontrabile nell'area dell'Osmannoro è ubicato nei Depositi Alluvionali Antichi. Gli acquiferi sopra elencati sono caratterizzati da porosità primaria e dal punto di vista granulometrico sono composti da ciottoli, ghiaia e sabbia, con una percentuale variabile di matrice limoso-argillosa. Quest'ultima componente influenza indubbiamente il valore della conducibilità idraulica (permeabilità). Tramite diverse tipologie di indagine, sono stati calcolati valori di permeabilità risultati variabili tra  $10^{-3}$ ÷ $10^{-7}$  m/s. La falda è di tipo libero nella maggior parte della piana di Firenze, quindi il livello freatico e quello piezometrico corrispondono. Invece, ai margini della piana, dove sono presenti maggiori spessori degli intervalli superficiali composti dai limi di esondazione, la falda è di tipo semi-confinato (o addirittura confinato) e la superficie freatica si attesta a quote prossime alla superficie topografica. A Nord della via Pistoiese la prima falda può essere considerata confinata, dato che le ghiaie dell'Orizzonte Firenze 3 sono coperte da almeno 16 m di terreno a bassa permeabilità (riconducibile all'Orizzonte Firenze 1 passante verso nord ai sedimenti limno-palustri dei Depositi alluvionali recenti della piana di Sesto Fiorentino). Ugualmente confinate sono le falde ubicate nei livelli permeabili della successione fluvio-lacustre presente al di sotto dell'Orizzonte Firenze 2 (Orizzonte Firenze 4 corrispondente al Sistema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia), costituiti da ghiaie e sabbie, spesso con matrice limosa abbondante. Come detto precedentemente, nelle lenti di ghiaie e sabbie che si rinvergono all'interno dei depositi lacustri delle argille azzurre, appartenenti al Sistema del Bacino di Firenze-Prato-Pistoia, sono ubicate falde confinate, peraltro alimentate con difficoltà dal fatto di essere disperse in potenti serie argillitiche.

Nella piana di Firenze le isofreatiche indicano, come andamento generale, un flusso di falda che dai rilievi collinari si dirige verso il Fiume Arno, con una componente verso ovest in modo concorde con la direzione di flusso dell'Arno. Il gradiente idraulico diminuisce dalle zone pedecollinari verso il centro della valle (da 1,0÷1,5 % a 0,2 %), dovuta all'aumento dei valori di

trasmissività dei sedimenti.

#### **4.2. Permeabilità delle unità litostratigrafiche affioranti nell'area in esame**

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche della principale unità geologica presente (bna), è possibile stimare la permeabilità su base qualitativa, in funzione degli elementi da cui dipende (caratteristiche litologiche dei terreni affioranti, presenza di pozzi, densità del reticolo idrografico) (figura 4). Nel dettaglio, i terreni di origine alluvionale presenti nelle aree di pianura sono dotati di permeabilità per porosità primaria legata alla presenza di pori tra le particelle del terreno, acquisita al momento della loro formazione. Tale permeabilità per i Depositi alluvionali recenti terrazzati (bna1 e bna2) è in genere bassa e diminuisce o aumenta in corrispondenza rispettivamente dei livelli fini o grossolani. Durante le perforazioni dei pozzetti geognostici eseguiti per il Piano di Utilizzo delle Terre (si veda il § 8) non è mai stata rinvenuta acqua. Il sottosuolo dell'area esaminata, costituito da terreni fini in massima parte rappresentati da argille e limi, rappresenta un acquicludo in cui si può comunque avere, nelle stagioni delle piogge, presenza di acqua di ritenzione a causa dell'alta porosità, ma questa acqua non circola in quanto la porosità efficace è bassissima, dell'ordine di pochi punti percentuali.

Per quanto concerne la permeabilità dell'altra formazione affiorante (Depositi antropici h5), è generalmente molto bassa.

Nella carta idrogeologica riportata nella figura 4, le formazioni geologiche presenti nell'area sono state suddivise in base alla permeabilità precedentemente indicata e riassunta nella tabella 1.

<b>Classe</b>	<b>Terreni permeabili per porosità primaria</b>	<b>Permeabilità</b>
1	Depositi antropici, terreni di riporto, bonifica per colmata (h5)	molto bassa
2	Depositi alluvionali recenti terrazzati (bna1 e bna2)	bassa
3	-	media
4	-	alta
5	-	molto alta

Tabella 1 - Classi di permeabilità.

Volendo fornire un valore indicativo del coefficiente di permeabilità K, si può far riferimento a quello ottenuto dalle prove edometriche dei sondaggi S88 e S89 (si veda il § 8.5)



che risulta compreso tra  $7,04E-12$  m/sec (campione S88-CI1, argilla con limo) e  $2,37E-11$  m/sec (campione S88-CI2, argilla con limo).

#### 4.3. Superficie piezometrica

Durante l'esecuzione dei pozzetti geognostici realizzati non è stata riscontrata la presenza di acqua; è comunque opportuno fare alcune precisazioni in merito alle interferenze eventualmente presenti e prevedibili tra gli interventi in progetto e le acque di sottosuolo.

Come detto nei capitoli precedenti, la zona in studio presenta schematicamente le seguenti caratteristiche idrogeologiche:

- superficialmente è presente un livello dello spessore di un paio di metri al di sotto del piano di campagna, che a seconda della stagione, può essere interessato da saturazione alla profondità compresa tra 0 e 1,5 m; questo livello non ha alcun valore e interesse dal punto di vista della risorsa idrica;
- al di sotto di due metri di profondità dal piano di campagna fino alla profondità di almeno 25 m non è mai stata registrata presenza di una falda;
- il livello in cui ha sede la falda principale della pianura fiorentina è identificato con l'Orizzonte Firenze 2 (parte inferiore del Sintema del Fiume Arno) e con l'Orizzonte Firenze 3 (Sintema di Firenze) che al di sotto dell'area di interesse per il presente studio non risultano essere presenti.

Le opere in progetto prevedono lavori di escavazione e di movimento terra di modesta entità che coinvolgono solo lo strato superficiale dell'Orizzonte Firenze 1 (porzione superiore del Sintema del Fiume Arno). Pertanto le uniche interferenze che si potranno avere tra le opere oggetto della presente relazione e le acque di sottosuolo saranno con quelle che stagionalmente vanno ad occupare i primi metri superficiali al di sotto del piano di campagna (e che quindi nel periodo estivo in cui si sono svolte le indagini del piano di caratterizzazione ambientale non sono state incontrate) e non interesseranno mai l'acquifero saturo principale in quanto assente nell'area strettamente di interesse e rilevato a sud nella zona dell'Osmannoro (§ 4.1).

Nella campagna di indagini geognostiche di riferimento per il presente studio, è stato realizzato un piezometro denominato S88 in adiacenza all'area di Mollaia (si veda il § 8.1e la figura 6).

La misura piezometrica effettuata indica una quota di 34,42 m s.l.m. (si veda l'allegato A) pari a circa 3,00 m dal p.c.. Vista la stratigrafia del sondaggio, caratterizzata completamente da terreni fini, appare del tutto evidente come la misura effettuata abbia letto semplicemente l'acqua di ritenzione che ha riempito il foro.

E' fondamentale sottolineare che, In caso di un acquifero libero la superficie piezometrica corrisponde alla reale quota della falda freatica, mentre nel caso di un acquifero confinato, o semiconfinato, come quello dell'area di progetto, la superficie piezometrica misurata nei pozzi corrisponde a una quota fittizia, non reale, della falda nel terreno: la quota dell'acqua raggiunta nel pozzo, in questo caso, è determinata infatti dalla pressione dovuta alla differenza di carico tra la zona di alimentazione e l'opera di captazione considerata.

## **5. Geomorfologia e stabilita'**

### **5.1. Introduzione**

L'area umida "Mollaia" sarà realizzata all'interno del Parco periurbano di Sesto Fiorentino ed è ubicata nella porzione occidentale del territorio comunale, al confine con Campi Bisenzio. La zona è pianeggiante ed è posta tra le quote di 36,7 e 38,8 m s.l.m..

La carta geomorfologica (figura 5) è stata elaborata a partire dai medesimo elaborato delle Indagini geologico-tecniche di supporto al Piano Strutturale e al Secondo Regolamento Urbanistico del Comune di Sesto Fiorentino e integrata con il lavoro di campagna. Le forme individuate sono state classificate in base all'origine e distinte in due gruppi che vengono di seguito descritti.

#### **5.1.1. Forme di origine antropica**

Tra le forme legate all'attività antropica è presente una cava inattiva in adiacenza al confine orientale dell'area in esame.

#### **5.1.2. Forme dovute a processi fluviali**

Il contatto tra le due unità geologiche affioranti (bna1 e bna2 – figura 3), coincide con il limite deposizionale della conoide alluvionale che è stata cartografata come forma.

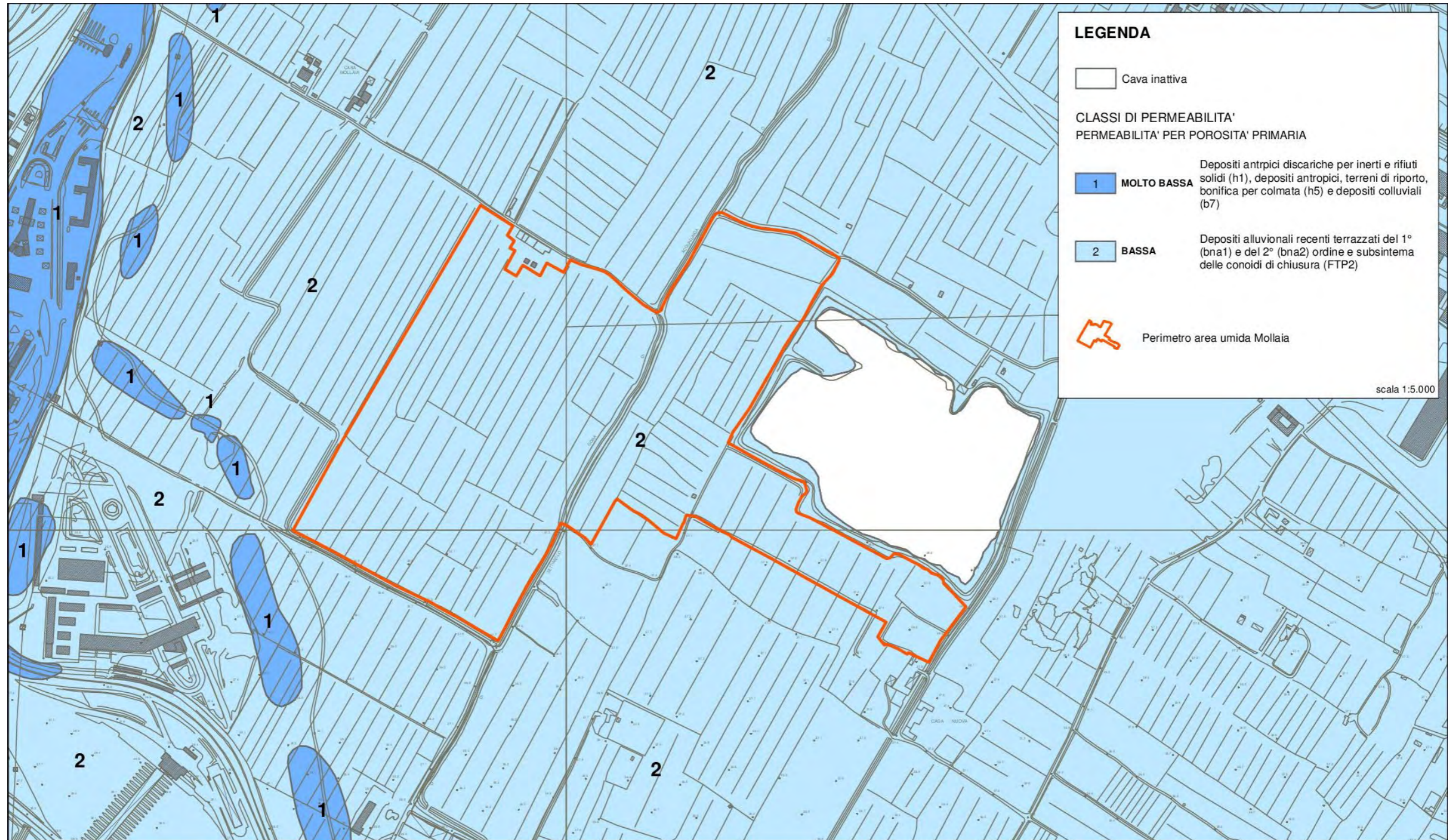


Figura 4 - Carta idrogeologica in scala 1:5.000

## 6. Classi di pericolosità

L'area umida "Mollaia" ricade interamente nel territorio del Comune di Sesto Fiorentino (Provincia di Firenze), dotato del *Piano Strutturale Intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino*, approvato con D.C.C. n. 35 del 11/04/2019, del *Secondo Regolamento Urbanistico*, approvato con D.C.C. n. 6 del 28/01/2014, e dunque delle Carte di pericolosità previste dalla legislazione vigente.

### 6.1. Pericolosità geologica

L'area di progetto è compresa in classe di pericolosità geologica media (G2) nella *Carta della pericolosità geologica* (Tavola IGT-PSI-3-Carta della Pericolosità Geologica-Sud - del *Piano Strutturale Intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino*).

Per quanto riguarda il Piano di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), la zona in oggetto non è classificata nella cartografia a livello di sintesi e di dettaglio.

### 6.2. Pericolosità idraulica

La *Carta della pericolosità idraulica ai sensi del 53/R* (Tavola IGT-PSI-9H-Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del 53R del *Piano Strutturale Intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino*) classifica l'intera area in classe di pericolosità idraulica I.3\* (Aree di potenziale ristagno e/o insufficienza di drenaggio della rete di acque basse).

In riferimento al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), è stato adottato nella seduta dalla Conferenza Istituzionale Permanente con la delibera n. 26 del 20 dicembre 2021 il "primo aggiornamento PGRA (2021-2027)", che rappresenta il riferimento in materia di pericolosità e rischio di alluvioni, l'intera area risulta caratterizzata dalla classe di pericolosità idraulica P2 (pericolosità da alluvione media). L'area inoltre è classificata in classe R2 per quanto riguarda il rischio di alluvione.

#### 6.2.1. L.R. 41/2018

In data 30 settembre 2018 è entrata in vigore la Legge Regionale 24 luglio 2018 n. 41 avente come oggetto *Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r.*

80/2015 e alla l.r. 65/2014 (pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 33 del 1 agosto scorso) che costituisce la nuova norma di riferimento per le aree a rischio alluvioni. Con tale legge "la Regione, al fine di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, nonché al fine di mitigare i fenomeni di esondazione e dissesto idrogeologico, disciplina la gestione del rischio di alluvioni in relazione alle trasformazioni del territorio e la tutela dei corsi d'acqua" (art. 1, comma 1 della legge suddetta). L'art. 18 della L.R. 41/2018 fornisce le disposizioni transitorie per la classificazione delle nuove classi di pericolosità: le aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti corrispondono alle aree classificate dai piani strutturali, dai piani regolatori, dai piani di assetto idrogeologico come aree a pericolosità molto elevata mentre le aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti corrispondono alle aree a pericolosità idraulica elevata.

### 6.3. Pericolosità sismica

La *Carta della pericolosità sismica* (Tavola IGT-PSI-4-Carta della Pericolosità Sismica – Sud del Piano Strutturale Intercomunale Calenzano e Sesto Fiorentino) classifica l'area di interesse in classe di pericolosità sismica media (S2).

## 7. Classi di fattibilità

Nella *Relazione geologica di fattibilità* (ai sensi del DPGR 53/R/2011) a supporto del Secondo Regolamento Urbanistico Indagini Geologico-Tecniche e Idrauliche, predisposta dal dr. geol. Luciano Lazzeri dello studio associato GEOTECNO), sono presenti tre abachi ognuno per la corrispondente pericolosità (geologica, idraulica e sismica). Con riferimento a questi è possibile assimilare gli interventi di progetto alla tipologia di intervento riportata nel paragrafo seguente, attribuendone le classi di fattibilità.

### 7.1. Fattibilità geologica

Per quanto riguarda gli interventi in progetto, vista la classe di pericolosità geologica media – G2 (§ 6.1) e secondo i criteri della tabella A contenuta nella *Relazione geologica di fattibilità* (ai sensi del DPGR 53/R/2011) a supporto del Secondo Regolamento Urbanistico Indagini Geologico-Tecniche e Idrauliche, si attribuisce all'intervento una fattibilità geologica con normali vincoli FG2. Si sottolinea che il presente studio geologico è basato su dati ottenuti da indagini geognostiche eseguite nell'area di intervento o nelle immediate vicinanze.

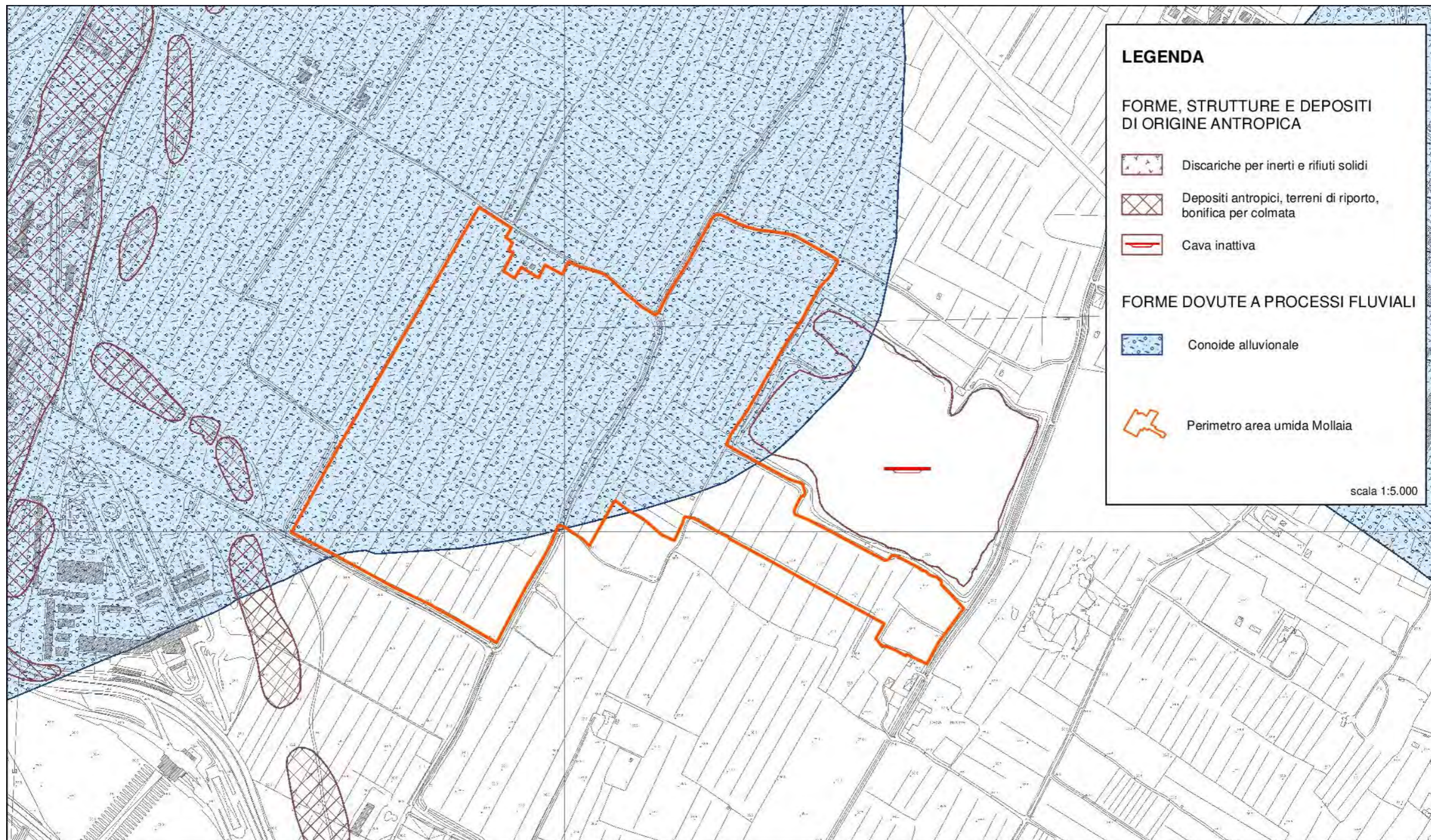


Figura 5 - Carta geomorfologica in scala 1:5.000.

## 7.2. Fattibilità idraulica

In base all'abaco B della relazione di fattibilità precedentemente citata, considerando le opere di progetto assimilabili in questo caso alla tipologia "coltivazioni specializzate con movimenti terra e sistemazioni idraulico- agrarie" e vista la classe di pericolosità idraulica I.3\* (§ 6.2), viene attribuita una fattibilità idraulica condizionata FI3. Per quanto riguarda la parte idraulica si rimanda comunque ai relativi elaborati progettuali specifici.

## 7.3. Fattibilità sismica

Viste le tipologie di intervento previste e vista la classe di pericolosità sismica media (S2) si ritiene di attribuire una classe di fattibilità FS2 con normali vincoli. Il comma 2 dell'articolo 47 delle Norme Generali del Secondo Regolamento Urbanistico, stabilisce che per questa classe di fattibilità *"non sussistono condizioni di fattibilità specifiche per la fase di predisposizione dei Piani Attuativi o dei Progetti Unitari, ovvero per la valida formazione dei titoli o atti abilitativi all'attività edilizia"*.

## 8. Risultati delle indagini eseguite

### 8.1. Generalità

Come detto in premessa, le indagini di riferimento per il presente studio sono quelle eseguite dalla società Ambiente sc di Carrara, su incarico di Toscana Aeroporto Engineering S.r.l., nel contesto della *Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie* dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci nel 2015 e nel 2017. In particolare, per lo studio delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e meccaniche dei terreni interessati dall'area di compensazione "Mollaia", sono state utilizzate le seguenti indagini geognostiche, ubicate all'interno dell'area stessa o nelle immediate vicinanze (si veda la figura 6):

- n. 26 (ventisei) pozzetti geognostici con escavatore meccanico denominati PG009÷PG034 aventi una profondità di 2,0 m dal p.c.;
- n. 1 (una) prova penetrometrica statica denominata CPT7, che ha raggiunto la profondità di 6,20 m dal p.c., eseguita dalla società Geosol S.n.c. di Sovicille (Provincia di Siena);
- n. 1 (uno) sondaggio a carotaggio continuo denominato S88, avente una profondità di 10,0 m dal p.c., attrezzato a piezometro;

- n. 1 (uno) sondaggio a carotaggio continuo denominato S89, avente una profondità di 4,0 m dal p.c.;
- prelievo di campioni indisturbati con fustella di tipo Shelby alle profondità indicate nella tabella 2;

sigla sondaggio	sigla campione	profondità [m da p.c.]	quota [m s.l.m.]
S88	CI1	1,50 ÷ 2,00	35,67 ÷ 35,17
	CI2	3,50 ÷ 4,00	33,67 ÷ 33,17
S89	CI1	1,50 ÷ 2,00	35,257 ÷ 34,757

Tabella 2 - Campioni indisturbati.

- sui campioni precedentemente elencati sono state eseguite alcune prove geotecniche da parte del laboratorio Igetecma S.n.c. di Montelupo Fiorentino (Provincia di Firenze) che sono descritte nel § 8.5;
- esecuzione di n. 1 (una) indagine geofisica di superficie mediante metodologia di tipo Multi-channel Analysis of Surface Waves ("MASW") denominata MASW4 e di n. 1 (una) misura di sismica passiva Horizontal to Vertical Spectral Ratio ("HVSr"), entrambe realizzate dalla società Geosol S.n.c. di Sovicille (Provincia di Siena);

L'allegato A raccoglie le stratigrafie dei pozzetti e dei sondaggi con le foto delle cassette catalogatrici, i certificati delle prove penetrometriche e i certificati delle analisi geotecniche di laboratorio. Nell'allegato B è invece riportato il rapporto finale delle indagini sismiche.

## 8.2. Pozzetti geognostici

I pozzetti geognostici (figura 6) sono stati eseguiti con escavatore meccanico cingolato a benna rovescia allo scopo di prelevare campioni da sottoporre ad analisi chimiche di supporto alla redazione del Piano di Utilizzo delle Terre (PUT). I saggi hanno indagato uno spessore di 2,0 m dal p.c. incontrando, al di sotto di 0,2÷0,4 m di terreno vegetale (argille limose rimaneggiate con resi di apparati radicali), argille limose o argille e limi omogenee e molto compatte, di colore marrone.



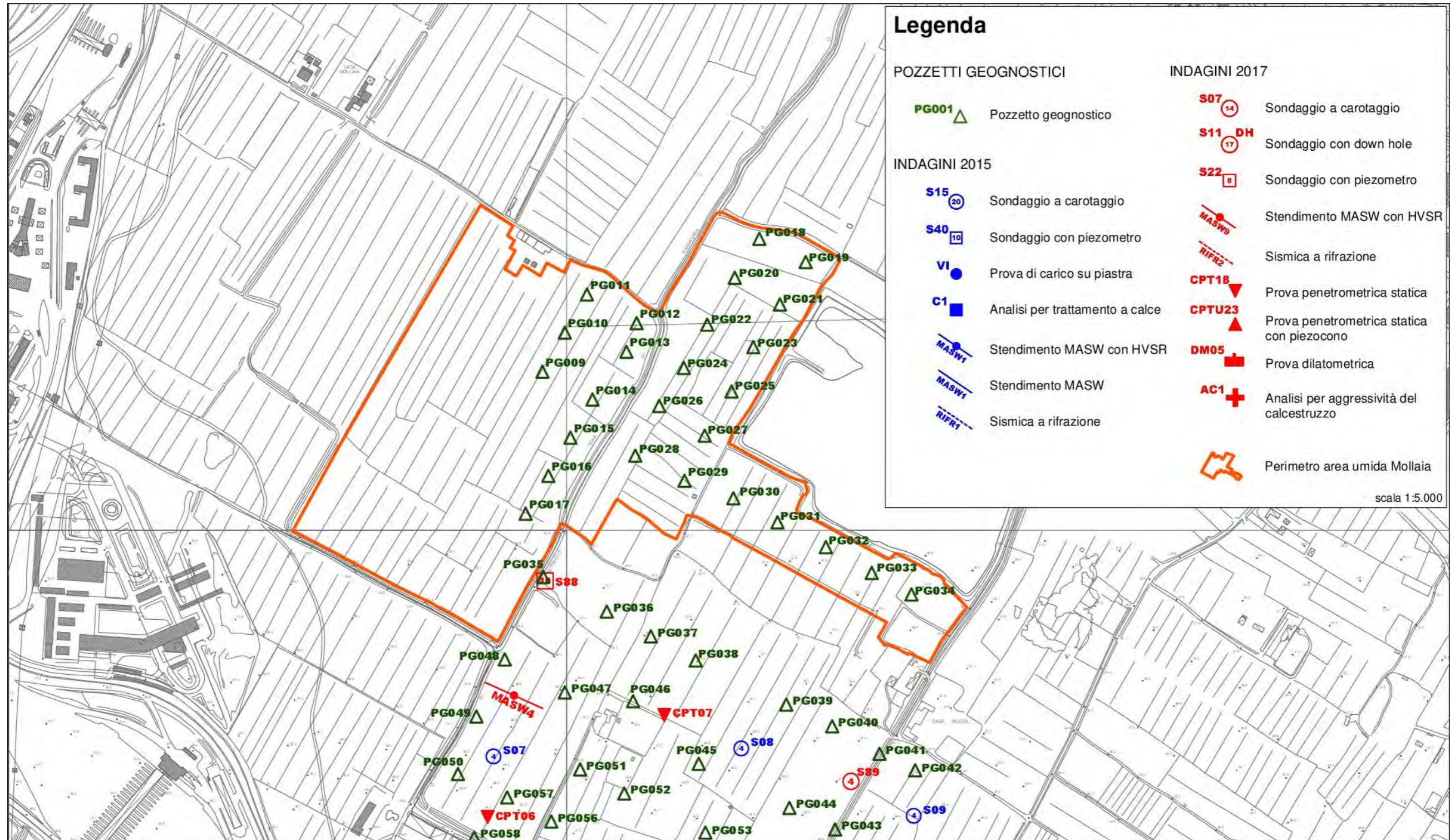


Figura 6 - Ubicazione delle indagini geognostiche realizzate in scala 1:5.000.

### 8.3. Prova penetrometrica

La prova penetrometrica statica è stata realizzata con un penetrometro cingolato gommato, modello TG 63-200 KN, capace di una spinta di 200 kN (20 tonnellate), progettato e prodotto dalla Pagani Geotechnical Equipment di Piacenza; la prova ha raggiunto il "rifiuto strumentale" a una profondità di 6,20 m dal p.c..

La prova CPT07 ha fornito le seguenti informazioni (si veda il relativo certificato nell'allegato A):

- seguendo l'interpretazione litologica di Begemann (rapporto tra resistenza laterale  $q_c$  e laterale  $f_s$ ), integrata con quella di Schmertmann ( $q_c-f_s/q_c$ ), la verticale di indagine ha attraversato un'alternanza di sabbia, limo e/o sabbia, argilla e/o limo con presenza di un intervallo di argille organiche tra 4,2 e 4,8 m da p.c;
- a partire dal p.c. si osserva un progressivo aumento della resistenza alla punta e laterale con la profondità, fino al rifiuto strumentale.

I parametri geotecnici forniti dalla ditta esecutrice sono stati elaborati statisticamente sulla base del 5° percentile della distribuzione dei dati per il calcolo del valore caratteristico (si veda il § 10.2.1) ottenendo i risultati riportati nella tabella 3.

Valore caratteristico k	Natura coesiva		Natura granulare	
	$c_u$ [kPa]	$M_o$ [kPa]	$\phi^*$ [°]	$M_o$ [kPa]
Piano di imposta 0,00 m da p.c.	50,99	9.708,58	27,08	9.708,58
Piano di imposta 1,00 m da p.c.	54,42	9.708,58	27,51	10.885,38
Piano di imposta 3,00 m da p.c.	74,75	10.885,38	28,8	11.620,88

Tabella 3 - Elaborazione statistica CPT07.

\*Secondo la correlazione di Meyerhof

### 8.4. Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti con una sonda perforatrice cingolata; la stratigrafia e le fotografie delle cassette contenenti le carote sono riportate nell'allegato A. Le teste dei sondaggi sono poste rispettivamente a 37,17 m s.l.m. (S88) e 36,76 m s.l.m. (S89). Come si osserva, al di sotto di 0,5÷0,9 m di limo sabbioso/debolmente sabbioso, si incontrano terreni coesivi quali limo, limo argilloso e argilla.

## 8.5. Prove geotecniche di laboratorio

Come detto al § 8.1 durante l'esecuzione dei due sondaggi a carotaggio continuo sono stati prelevati tre campioni indisturbati con fustella tipo Shelby per essere successivamente inviati al laboratorio Igetecma S.n.c. di Montelupo Fiorentino (Provincia di Firenze) per l'esecuzione delle prove geotecniche. Su tutti i campioni prelevati (tabella 2) sono state eseguite le seguenti prove:

- prove speditive di consistenza (ASTM 2488), comprensive della fotografia;
- determinazione del contenuto d'acqua (ASTM D 2216);
- analisi granulometrica per sedimentazione (Raccomandazione AGI 1994, ASTM D 422);
- analisi granulometrica per vagliatura per via umida (Raccomandazione AGI 1994, ASTM D 422);
- determinazione dei limiti di Atterberg (ASTM D 4318);
- determinazione del peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D);

Inoltre, come mostrato nel dettaglio nella tabella 4 su alcuni di essi sono state effettuate le seguenti prove:

- determinazione del peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854);
- prova di compressione semplice E.L.L.;
- prova triassiale non consolidata non drenata U.U. (ASTM D 2850);
- prova edometrica (ASTM D 2435);
- prova di taglio diretto .C.D. (ASTM D 3080).

Sigla	Compressione semplice ELL	Triassiale UU	Edometrica*	Taglio CD
S88-CI1		X	X	X
S88-CI2	X		X	
S89-CI1	X		X	

Tabella 4 - Prove geotecniche "specifiche" eseguite sui campioni indisturbati.

\* compresa la determinazione del peso specifico dei granuli.

## 8.6. Indagini geofisiche

### 8.6.1. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Per definire la categoria di sottosuolo, ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018, e

quindi per la definizione dell'azione sismica locale e di progetto risulta necessario determinare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio tra il bedrock sismico ed il piano di imposta delle fondazioni ( $V_{s,eq}$ ). Nel caso in esame per determinare tale parametro è stata eseguita una indagine sismica con metodologia MASW, denominata MASW4 (figura 6) elaborata congiuntamente con un'indagine HVSr. Per i dettagli operativi delle metodologie di acquisizione dei dati, si rimanda al rapporto finale nell'allegato B. L'analisi della dispersione delle onde superficiali, abbinata all'indagine HVSr, ha permesso di calcolare il parametro  $V_{s,eq}$ , che applicando la formula seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (3.2.1 \text{ NTC 2018})$$

è risultato pari a 227 m/s.

### *8.6.2. Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso: entrambi possono risultare passaggi litologici che generano fenomeni di possibile amplificazione della sollecitazione sismica. Nella prova HVSr 4 non sono stati rilevati picchi di entità significativa. Le amplificazioni presenti, di carattere direzionale, sono da correlarsi a rumore di fondo di origine antropica.

## **9. Sismicità e definizione dei parametri sismici**

### **9.1. Zona sismica**

La nuova classificazione sismica è stata approvata con Deliberazione della Giunta Regionale della Toscana n. 421 del 26 maggio 2014, che ha apportato modifiche (per accorpamento di alcuni Comuni) alla classificazione sismica regionale definita con la Delibera della Giunta Regionale della Toscana n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento introdotto con quest'ultima delibera, redatto ai sensi dell'O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519 si era reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle NTC e di rendere la

classificazione sismica maggiormente aderente all'approccio "sito-dipendente" introdotto da tali norme. Inoltre, contestualmente all'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, è stato approvato il regolamento 58/R del 22 ottobre 2012<sup>3</sup>, di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Il Comune di Sesto Fiorentino è inserito nella "zona sismica 3" (in fascia di pericolosità B, contraddistinta da  $0,125 < a_g \leq 0,15$  g, secondo il D.P.G.R. 19 gennaio 2022, n. 1/R, in vigore dal 20 febbraio 2022).

## 9.2. Parametri sismici

### 9.2.1. Aspetti generali

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita tramite un approccio sito-dipendente. Come riportato al § 3.2 del D.M. 18 gennaio 2018 e al § C3.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, è possibile fare riferimento all'*Allegato A* del D.M. 14 gennaio 2008 nel quale i parametri necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto vengono calcolati attraverso le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (nella *Tabella 1 - Allegato B* del medesimo decreto NTC2008 vengono forniti, per ciascuno dei 10.751 nodi della griglia che costituisce il reticolo, i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$ , per nove valori del periodo di ritorno: 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2.475 anni).

Nel presente studio si è utilizzato il software fornito dalla ditta GeoStru che permette di calcolare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per un generico sito del territorio nazionale. Mediante questo programma è possibile, inserendo le coordinate e le caratteristiche progettuali del sito, ottenere direttamente i parametri relativi al computo dell'azione sismica di progetto.

### 9.2.2. Categoria di di sottosuolo (approccio semplificato)

Visto il valore della velocità equivalente delle onde di taglio calcolato dall'indagine sismica (§ 8.6.1) al sito in oggetto si assegna la **categoria di sottosuolo C** ("*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con*

<sup>3</sup> Regolamento di attuazione dell'art. 117, comma 2, lettera g) della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica.

*profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s." - da Tab. 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018 e § C3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019).*

### **9.2.3. Categoria topografica**

In considerazione dell'ubicazione dell'area di progetto, ai sensi del § 3.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C.3.2.2 della Circolare C.S.LL.PP. n. 7/2019, al sito di intervento viene assegnata la **categoria topografica T1** (*superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* , Tab. 3.2.III del D.M. 17 gennaio 2018), alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1.0 (Tab. 3.2.V del decreto suddetto).

### **9.2.4. Parametri dell'azione sismica locale**

Come detto, per ricavare i valori dei parametri dell'azione sismica locale per l'area di progetto, si è utilizzato il programma fornito dalla ditta GeoStru assegnando al sito le coordinate geografiche (WGS84) pari a 43,814594 e 11,166684 long (relative alla collina, ritenuta l'opera più significativa). Per determinare gli spettri di risposta elastici del sito, tenuto conto degli effetti locali dovuti all'amplificazione sia stratigrafica che topografica, devono essere assegnati i seguenti parametri (ipotizzati):

- vita nominale della struttura ( $V_N$ ) 50 anni (Opere ordinarie);
- classe d'uso pari a classe II "costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti";
- coefficiente d'uso ( $C_U$ ) pari a 1,0;
- vita o periodo di riferimento per l'azione sismica ( $V_R = V_N * C_U$ ) pari a 50 anni.

Il report riassuntivo dei parametri sismici determinati con il software GeoStru costituisce l'allegato C.

## **10. Modellazione geologica e geotecnica**

### **10.1. Modello geologico del sottosuolo**

Il sottosuolo dell'area in oggetto può essere suddiviso, ai fini della modellazione geologica, in due strati individuati mediante l'analisi litologica e stratigrafica, integrando i dati dei pozzetti e dei sondaggi con le analisi granulometriche e le prove penetrometriche. Dall'alto verso il basso, al di sotto di circa 0,30÷0,40 m di suolo vegetale, è possibile schematizzare la seguente successione:

- Strato 1, da 0,30÷0,40 a 0,50÷0,90 m da p.c.): limo sabbioso/debolmente sabbioso;
- Strato 2, da 0,50÷0,90 m a (almeno) 10,00 m dal p.c.): argilla con limo.

## 10.2. Modello geotecnico

### 10.2.1. Aspetti generali

Secondo l'EuroCodice 7 (EC7), il valore caratteristico è il *valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento*, per una serie teoricamente illimitata di valori. Significa, quindi, che solo una percentuale di valori, pari alla probabilità prefissata, risulterà inferiore al valore caratteristico. Con riferimento all'EC7, il valore *soglia* di probabilità di non superamento è il 5% (5° percentile o frattile).

Nelle NTC 2018 per valore caratteristico di un parametro s'intende *una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato* (§ 6.2.2. del D.M. 17 gennaio 2018 e del § C6.2.2 della Circolare n. 7/2019). Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire a una scelta corretta dei valori caratteristici appare giustificato, secondo la Circolare, il riferimento a valori prossimi ai *valori medi* quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (come nel caso di fondazioni superficiali, fondazioni su pali relativamente alla resistenza laterale, verifiche di stabilità, opere di contenimento, di scatolari, di paramenti in terre rinforzate associati a rilevati stradali), mentre valori prossimi ai *valori minimi* dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (come nel caso di fondazioni su pali relativamente alla resistenza di punta).

Per il progetto in questione, per il quale si possono prevedere compensazioni sia stratigrafiche che strutturali, le NTC indicano l'assunzione, come già accennato, di valori caratteristici prossimi al *valore medio* dei parametri geotecnici (unica deroga a questa assunzione è data dall'adozione di valori caratteristici prossimi ai *minimi* (riferimento al valore del 5° percentile) dei parametri geotecnici per quelle condizioni di rottura localizzata).

### 10.2.2. Valori caratteristici dei parametri geotecnici

Con riferimento agli strati descritti al paragrafo § 10.1, in funzione delle opere in progetto e del limitato volume significativo, si riportano nella tabella 5 i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

da [m p.c.]	a [m p.c.]	Strato geotecnico	c' [kPa]	f [°]	c <sub>u</sub> [kPa]	g [kN/m <sup>3</sup> ]	Ed <sup>4</sup> [kPa]
0,30÷0,40	0,50÷0,90	1	<i>trascurabile in funzione del piano di imposta dell'opera</i>				
0,50÷0,90	-10,00	2	10,6	21,5	71,7	20,2	10.885

Tabella 5 - Valori caratteristici per l'area di intervento.

Nel dettaglio i valori caratteristici sono stati ottenuti nel seguente modo:

- peso di volume g dalla media tra le determinazioni eseguite in laboratorio sui campioni a disposizione;
- coesione drenata c' e angolo di attrito interno f dalla prova di taglio diretto eseguita sul campione S88/C1);
- coesione non drenata c<sub>u</sub> dalla prova triassiale non consolidata non drenata eseguita sul campione S88/C1);
- modulo edometrico Ed dall'elaborazione statistica dei dati della CPT07)<sup>5</sup>.

### 10.2.3. Considerazioni sui terreni coesivi superficiali

L'analisi delle prove di laboratorio (prove edometriche) e delle prove in sito (prove penetrometriche statiche CPT, prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU, prove dilatometriche DT) ha mostrato la presenza di terreni superficiali con un elevato grado di sovraconsolidazione (OCR), concentrata soprattutto nei primi due metri di profondità dal piano campagna e dovuta a processi di essiccamento per temporanea emersione di sedimenti in ambiente di deposizione lacustre-palustre. Tali processi sono annoverati in letteratura fra le cause di preconsolidazione di terreni, fenomeno diverso da quello meccanico dovuto a precarico, con successiva erosione.

Queste evidenze di sovraconsolidazione, che nell'area di progetto assume valori molto variabili sia in senso orizzontale che verticale, sono state registrate anche in corrispondenza di aree limitrofe a quella in oggetto in terreni coesivi del tutto analoghi (argille limose e limi argillosi) e sono documentate sia nelle zone interessate dalla realizzazione delle altre opere

<sup>4</sup> Questo valore caratteristico è rappresentativo del singolo strato individuato per il modello geologico e geotecnico. Sarà cura del progettista geotecnico attribuire eventuali ulteriori valori del modulo edometrico a strati di spessore inferiore per il calcolo dei cedimenti.

<sup>5</sup> Il modulo edometrico Ed dalla prova edometrica eseguita sul campione S88/C2 (per un gradino di pressione pari a 195,5 kPa) è pari a 19.157 kPa.



previste dal Masterplan Project Review 2025-2035 (in particolare nell'area di progetto della nuova pista, degli argini del nuovo tracciato del Fosso Reale, della duna antirumore a protezione del Polo Scientifico) che, ad esempio, presso l'area di Case Passerini per la progettazione del nuovo impianto di recupero energia da incenerimento rifiuti non pericolosi, presso l'area di Peretola-Castello (in G. Vannucchi "Analisi statistica e sperimentale della compressibilità dei terreni di fondazione nell'area di Peretola-Castello", Rivista Italiana di geotecnica, A.G.I., 1987), presso l'area del Polo Scientifico Universitario di Sesto Fiorentino.

## 11. Liquefazione

Ai sensi del § 7.11.3.4 del D.M. 17 gennaio 2018, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano di campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1a e b delle NTC 2018.

Nel caso in esame, come riassunto nella tabella 6 seguente, è possibile non effettuare la verifica a liquefazione.

§ 7.11.3.4.2 DM 17-01-18	Criteri di esclusione	Valore	Verifica Liquefazione	Note
1	Accelerazione max attesa al p.c. < 0.1 g	0,134 (SLV)	SI	Vedi allegato C
2	Prof. falda > 15 m	>10,00 m	SI	Informazioni da sondaggi
3	$(N_1)_{60} > 30$ $q_{c1N} > 180$	-	-	-

4	Distribuzione granulometrica	Allegato A	NO	Le distribuzioni ricadono al di fuori dei limiti
---	------------------------------	------------	----	--

Tabella 6 - Condizioni di esclusione della verifica a liquefazione.

## 12. Terre e rocce da scavo

Per la gestione delle terre e rocce da scavo si rimanda allo specifico Piano di Utilizzo delle Terre (PUT).

## 13. Indicazioni relative alla realizzazione dei lavori

### 13.1. Indicazioni inerenti la gestione delle acque di aggotamento

In base a quanto riportato nel § 4.3 i primi metri di terreno, interessati dagli scavi delle opere di progetto sono caratterizzati da totale assenza di falda o dalla presenza di sporadici orizzonti idrici, legati alla ritenzione idrica delle argille, non produttivi a carattere del tutto saltuario.

Si può prevedere quindi la necessità di aggotare acque soltanto se con lavori di scavo aperti nelle stagioni piovose e comunque per portate estremamente limitate.

A causa delle specifiche caratteristiche litologiche dei terreni affioranti nell'area, i quali risultano dotati di una permeabilità bassa o molto bassa che limita molto o addirittura impedisce l'infiltrazione nel sottosuolo, in occasione dei periodi di pioggia possono formarsi dei ristagni di acqua in superficie che possono perdurare anche per molti giorni.

### 13.2. Indicazioni sulla necessità di opere provvisorie e loro tipologia

Sia per i fronti di scavo che per le scarpate di rinterro che si genereranno in corso d'opera non si ravvede la necessità di ricorrere a opere provvisorie di sostegno modellando i fronti di scavo con pendenze 2/1 e le scarpate con pendenze 1/1.

### 13.3. Indicazione sulla tutela dei suoli interessati dalle aree di cantiere

La sostanziale bassa permeabilità dei suoli che si troveranno sul fondo degli scavi è una naturale garanzia di tutela per i suoli e per le acque sotterranee bel più profonde dei fondo scavi. Resta naturalmente doveroso assumere da parte della Direzione dei Lavori tutti gli accorgimenti tecnici necessari alla protezione del terreno di fondo scavo da possibili fenomeni di inquinamento causati dal passaggio dei mezzi d'opera.

### 13.4. Indicazione degli interventi di ripristino delle aree a fine cantiere

Non si ravvisano altri interventi di ripristino particolari ad eccezione delle normali attività di pulizia e smaltimento dei rifiuti prodotti dal cantiere.

## 14. Conclusioni

Lo studio geologico effettuato nell'area in cui è prevista la realizzazione di un'area di compensazione denominata "Mollia", facente parte delle opere di compensazione del Master Plan Project Review 2025-2035 per l'Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci di Firenze, ubicata nel Comune di Sesto Fiorentino, non ha evidenziato la presenza di aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici contrastanti o limitanti la fattibilità dell'intervento. Per quanto riguarda l'esame delle problematiche idrauliche si rimanda agli altri elaborati progettuali.

Viste le caratteristiche di progetto, quelle geologiche e geotecniche ed i risultati delle indagini eseguite nel sito di intervento e nelle immediate vicinanze (*Campagna di indagini geognostiche per la realizzazione della nuova pista e delle opere accessorie dell'Aeroporto Internazionale di Firenze Amerigo Vespucci, 2017*) è stato elaborato il modello geologico e geotecnico (§ 10) del sottosuolo indicando i valori caratteristici dei parametri geotecnici (§ 10.2.2) da adottare cautelativamente.

A partire dalla categoria di sottosuolo identificata attraverso un'indagine geofisica di tipo MASW e HVSR (Categoria di sottosuolo C) e in base a vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento ipotizzati, sono stati forniti i parametri dell'azione sismica locale (riportati nell'allegato C) per l'opera in progetto.

Firenze, marzo 2024

dr. geol. Fabio Picchi

dr. geol. Michele Sani

## 15. Bibliografia

Per redigere i capitoli 3 e 4 sono state consultate e utilizzate le seguenti pubblicazioni:

- AA.VV. (1982) – *Carta strutturale dell'Appennino Settentrionale in scala 1:250.000*. Note illustrative C.N.R., Prog. Fin. Geod., 429, 203 pp.
- Abbate E., Bortolotti V., Passerini P. & Sagri M. (1970) – *Introduction to the geology of the Northern Apennines*. *Sedimentary Geology* 4, 3-4, 207-249.
- Autorità di Bacino del Fiume Arno (2010) – *Piano di Bacino – Stralcio bilancio idrico*.
- Bartolini C. & Pranzini G. (1981) – *Plio-Quaternary evolution of the Arno Basin drainage*. *Zeit. Geomorph. N.F., Suuppl. Bdo* 40, 77-91.
- Boccaletti M., Corti G., Gargini A., Gasperini P., Piccardi L., Pranzini G., Vannucci G., Moratti G. (1998) – *Geologia urbana di Firenze*. *Geologia dell'ambiente*, anno VI, n.4/98, 9-20.
- Boccaletti M., Moratti G. & Pranzini G. (1997) – *Geologia del bacino di Firenze*, in *Geologia Urbana di Firenze*, Atti del convegno "Geologia delle grandi aree urbane", Bologna, 4/5 novembre 1997, vol. A, 2-9.
- Briganti R., Ciufegni S., Coli M., Polimeni S. & Pranzini G. (2003) – *Underground Florence: Plio-Quaternary evolution of the Florence area*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 122, 1-11.
- Canuti P., Pranzini G. & Sestini G. (1966) – *Provenienza ed ambiente di sedimentazione dei ciottoli del Pliocene di San Casciano (Firenze)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 5, 340-364.
- Capecchi F., Guazzone G. & Pranzini G. (1976a) – *Il bacino lacustre di Firenze - Prato - Pistoia. Geologia del sottosuolo e ricostruzione evolutiva*. *Boll. Soc. Geol. It.*, XCVI (4), 1975, 637-660.
- Capecchi F., Guazzone G. & Pranzini G. (1976b) – *Ricerche geologiche e idrogeologiche nel sottosuolo della pianura di Firenze*. *Boll. Soc. Geol. It.*, XCVI (4), 1975, 661-692.
- Capecchi F., Guazzone G. & Pranzini G. (1976c) – *Gli acquiferi profondi fra Firenze e Pistoia*. *Boll. Ingegn. Prov. Firenze*, 1975, (12), 1-3.
- Coli M., Pini G., Rubellini P. & Agostini A. (2006) – *Firenze - Carta litotecnica*. Ricerca cofinanziata dal Comune di Firenze e Università di Firenze Dip.to Scienze della Terra. SELCA Firenze.
- Coli M., Pranzini G. & Rubellini P. (2012) – *Idrogeologia dell'area fiorentina*. Comune di Firenze e Università di Firenze Dip.to Scienze della Terra.
- Coli M. & Rubellini P. (2007) – *Note di geologia fiorentina*. SELCA 2007.
- Gargini A. & Pranzini G. (1994) – *Map of protection against pollution of aquifers in the Middle Valdarno (Florence-Prato-Pistoia plain)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 48, 923-928.
- Gori P. (1970) – *Osservazioni idrogeologiche e sedimentologiche nell'area compresa fra Campi Bisenzio, Scandicci e Lastra a Signa*. Tesi di laurea inedita, Istituto di Geologia di Firenze.
- Grigioni A. (2012) – *Relazione geologica e idrogeologica. Impianto di recupero energia da incenerimento di rifiuti non pericolosi loc. Case Passerini, Sesto Fiorentino (Firenze)*, 1-158.
- Guazzone G. (1971) – *Ricerca sulle falde acquifere profonde fra Firenze e Pistoia. Parte I. Indagine geologica*. Quaderni dell'Istituto di ricerca sulle acque, 6, 42-53.

- Pandeli E. (2008) – *La pianura di Firenze-Prato-Pistoia nel quadro dell'evoluzione geologica dell'Appennino Settentrionale*. In: *Un piano per la Piana: idee e progetti per un parco*. Atti del convegno 9-10 maggio 2008 – Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino, Università di Firenze, 1-16.
- Pranzini G. (1994) – *Water resources of the Arno Basin*. Mem. Soc. Geol. It., 48, 785-794.
- Pranzini G. (2008) – *Idrogeologia della piana fiorentina*. In: *Un piano per la Piana: idee e progetti per un parco*. Atti del convegno 9-10 maggio 2008 – Polo Scientifico e Tecnologico di Sesto Fiorentino, Università di Firenze, 1-15.

\* \* \*

## 16. Allegati

## A - Indagini geognostiche

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG009</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<u>Coordinate sistema</u> <b>Roma 1940 – Gauss Boaga</b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674369,927</b>	<b>N 4855396,1</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

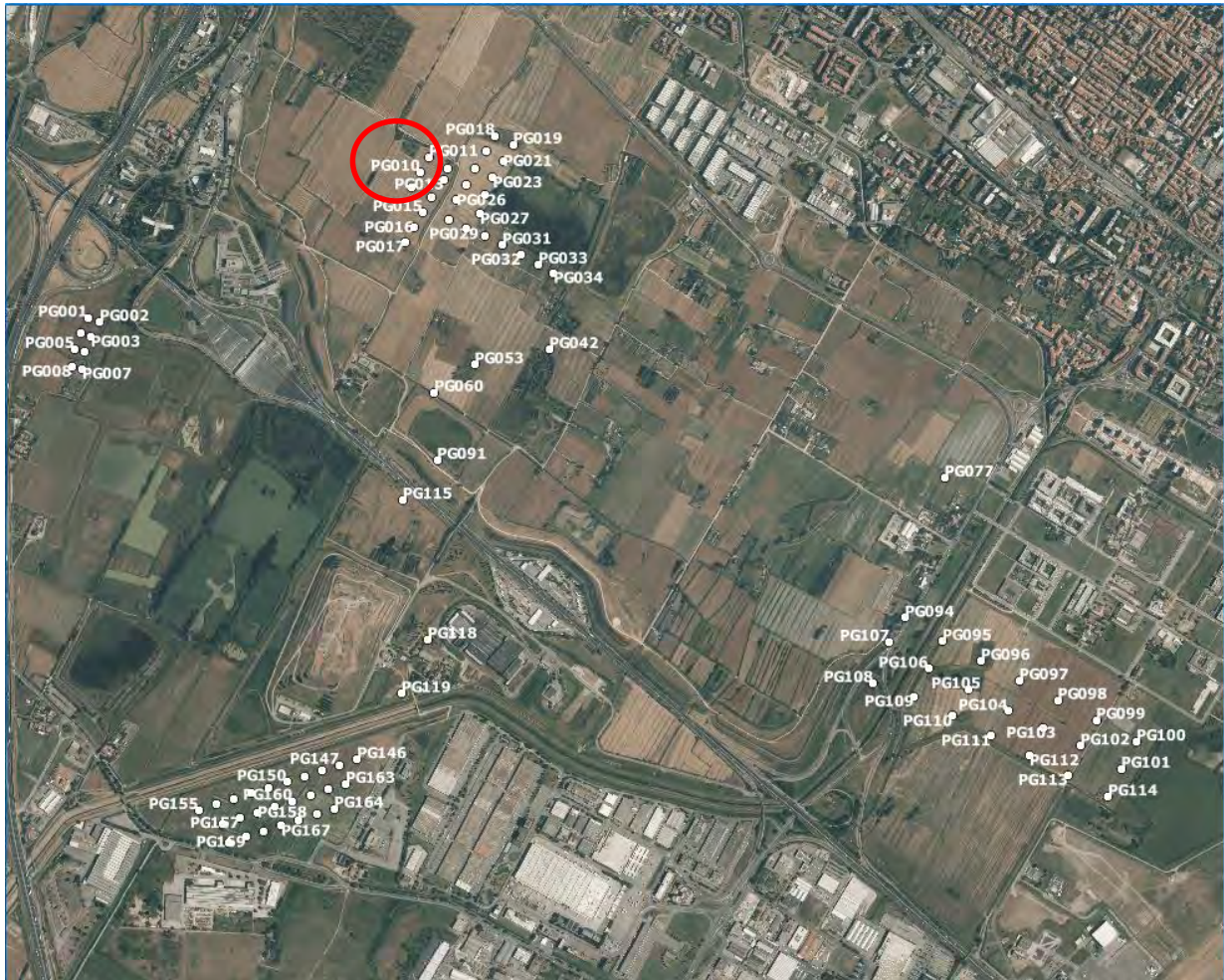


# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG010</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674397,971</b>	<b>N 4855444,692</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG011</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<u>Coordinate sistema</u> <b>Roma 1940 – Gauss Boaga</b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674425,571</b>	<b>N 4855492,399</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG012</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674487,255</b>	<b>N 4855456,492</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



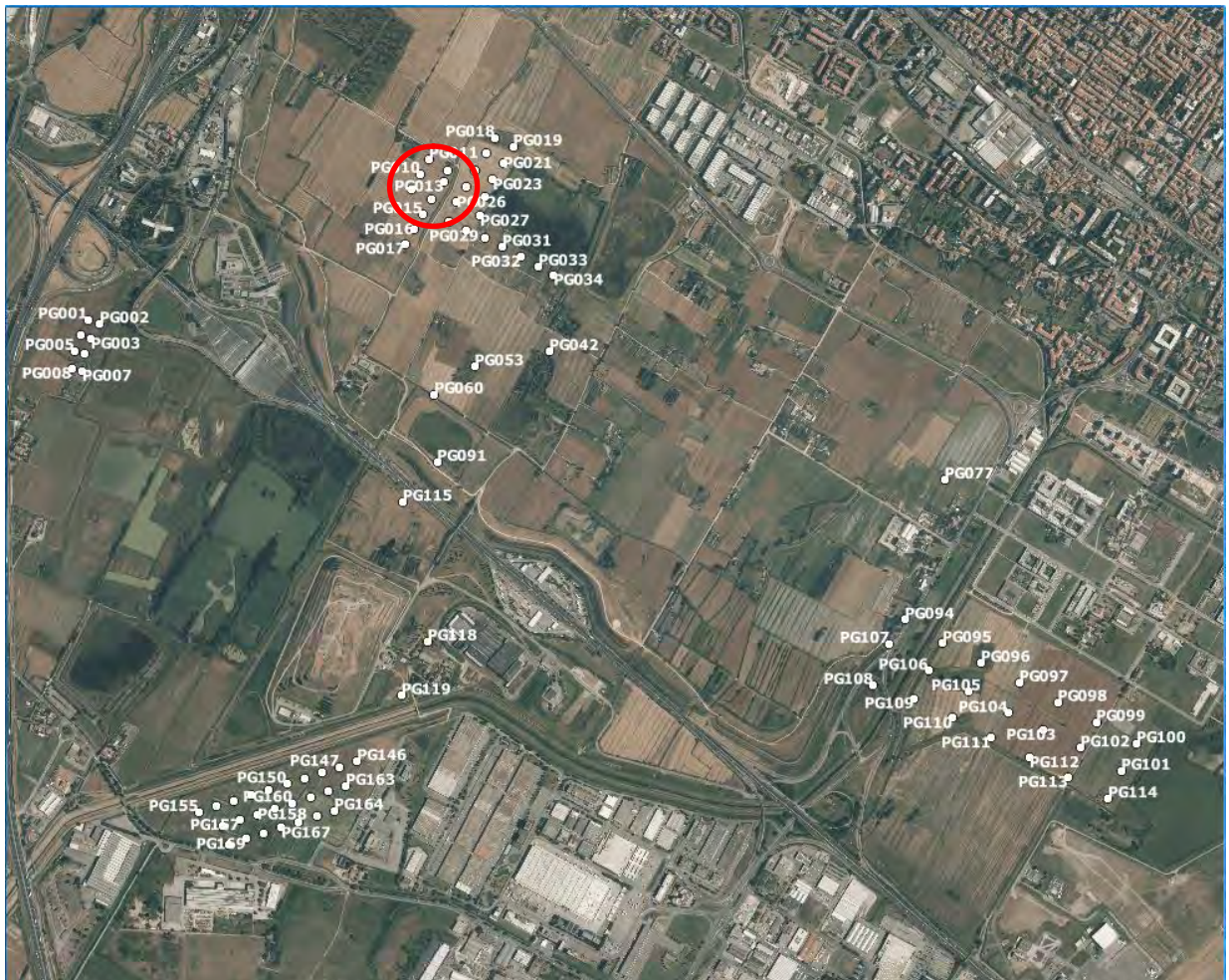
*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG013</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674474,876</b>	<b>N 4855420,922</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



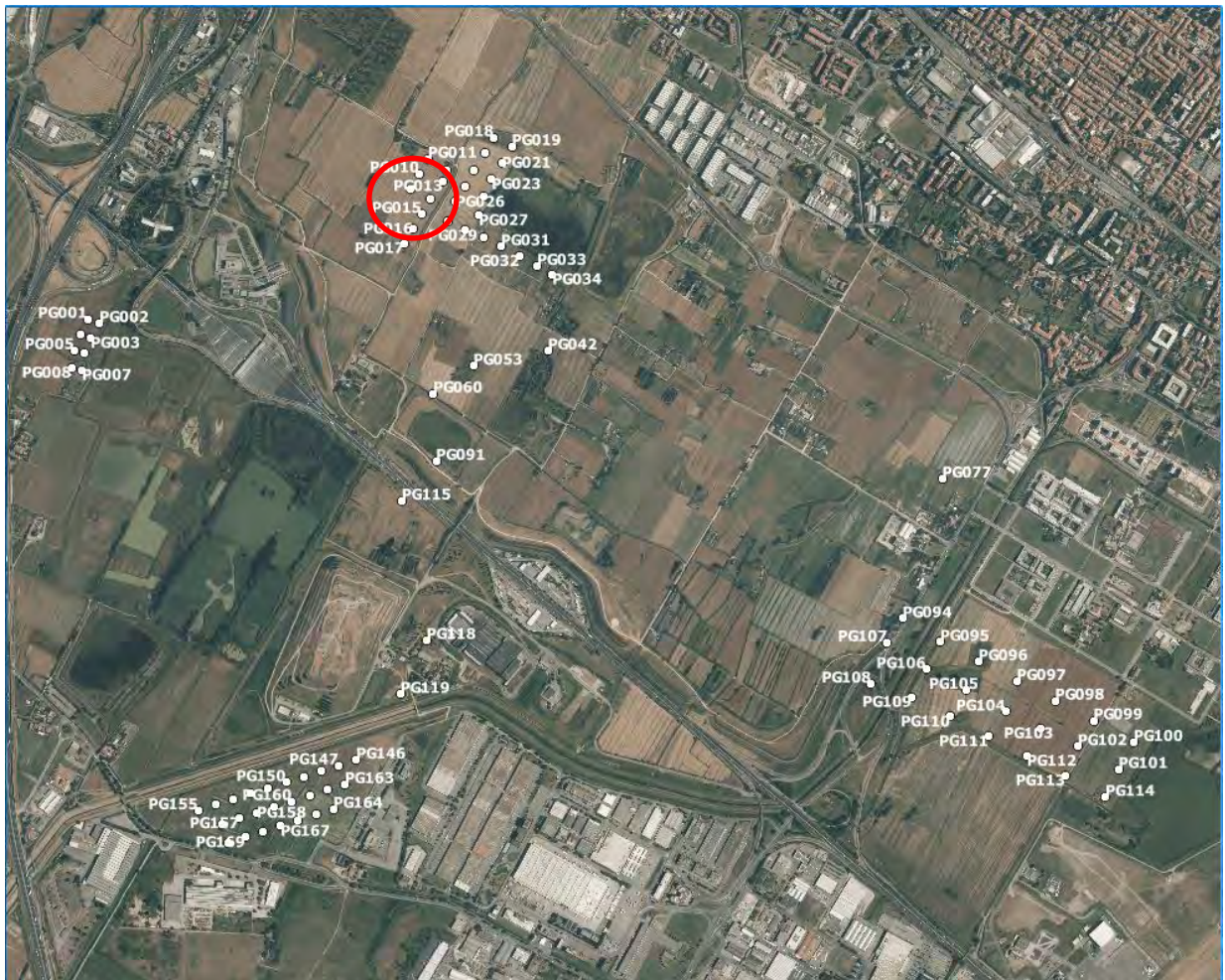
*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG014</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674432,497</b>	<b>N 4855361,239</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG015</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674404,736</b>	<b>N 4855313,612</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG016</b>	Data di esecuzione	<b>31/05/17</b>	<u>Coordinate sistema</u> <b>Roma 1940 – Gauss Boaga</b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674377,485</b>	<b>N 4855265,985</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG017</b>	Data di esecuzione	<b>01/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674348,705</b>	<b>N 4855219,122</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*



# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG018</b>	Data di esecuzione	<b>23/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
			<b>E 1674640,435</b>	<b>N 4855562,001</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille debolmente limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3 - 1,00	Argille debolmente limose di colore marrone nocciola, compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG019</b>	Data di esecuzione	<b>23/06/17</b>	<b>Coordinate sistema</b> <b>Roma 1940 – Gauss Boaga</b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674698,313</b>	<b>N 4855532,918</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille debolmente limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille debolmente limose di colore marrone nocciola, compatte.	



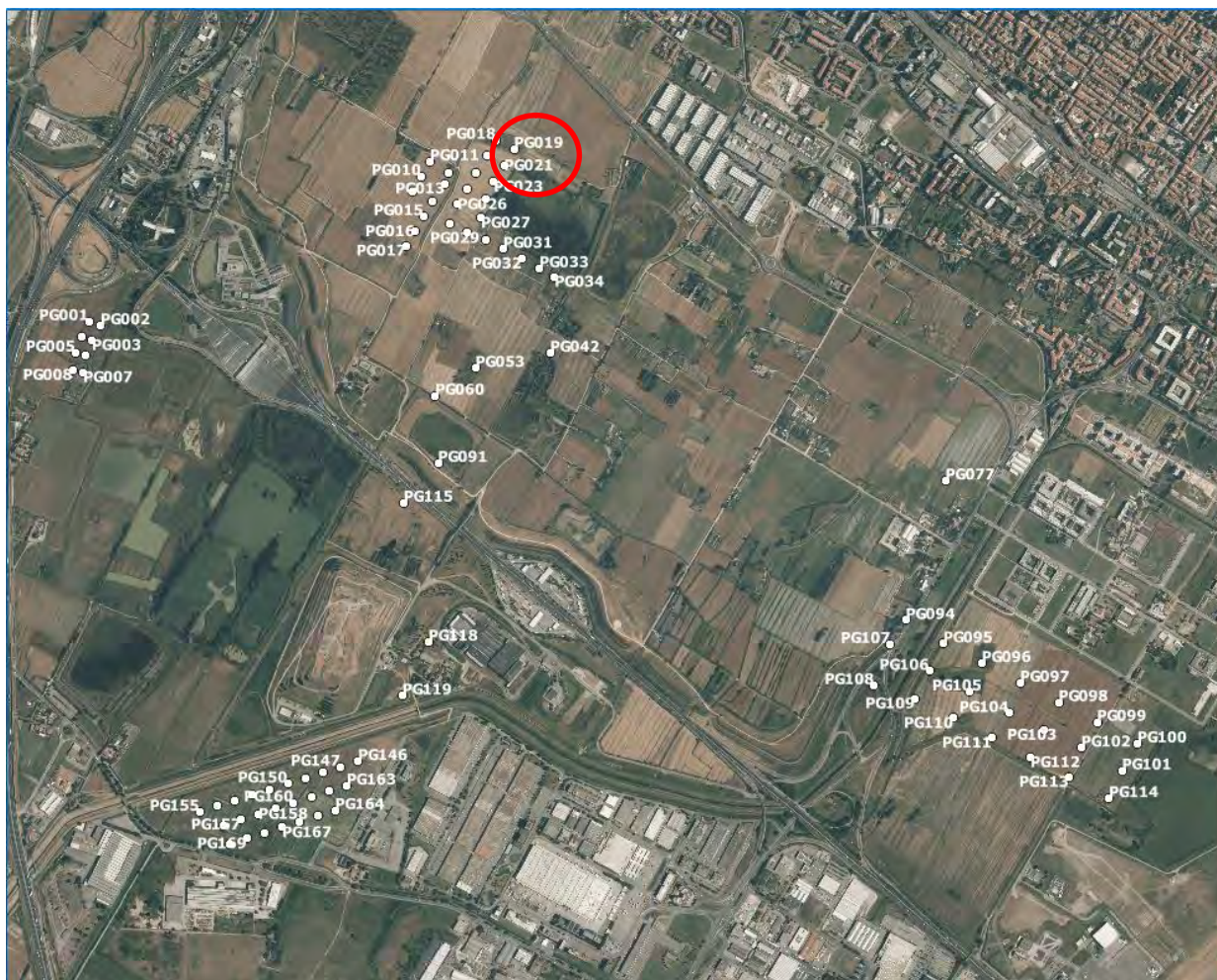
*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG020</b>	Data di esecuzione	<b>01/06/17</b>	<b>Coordinate sistema</b> <b>Roma 1940 – Gauss Boaga</b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674609,777</b>	<b>N 4855513,148</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, con presenza di qualche ghiaia.	



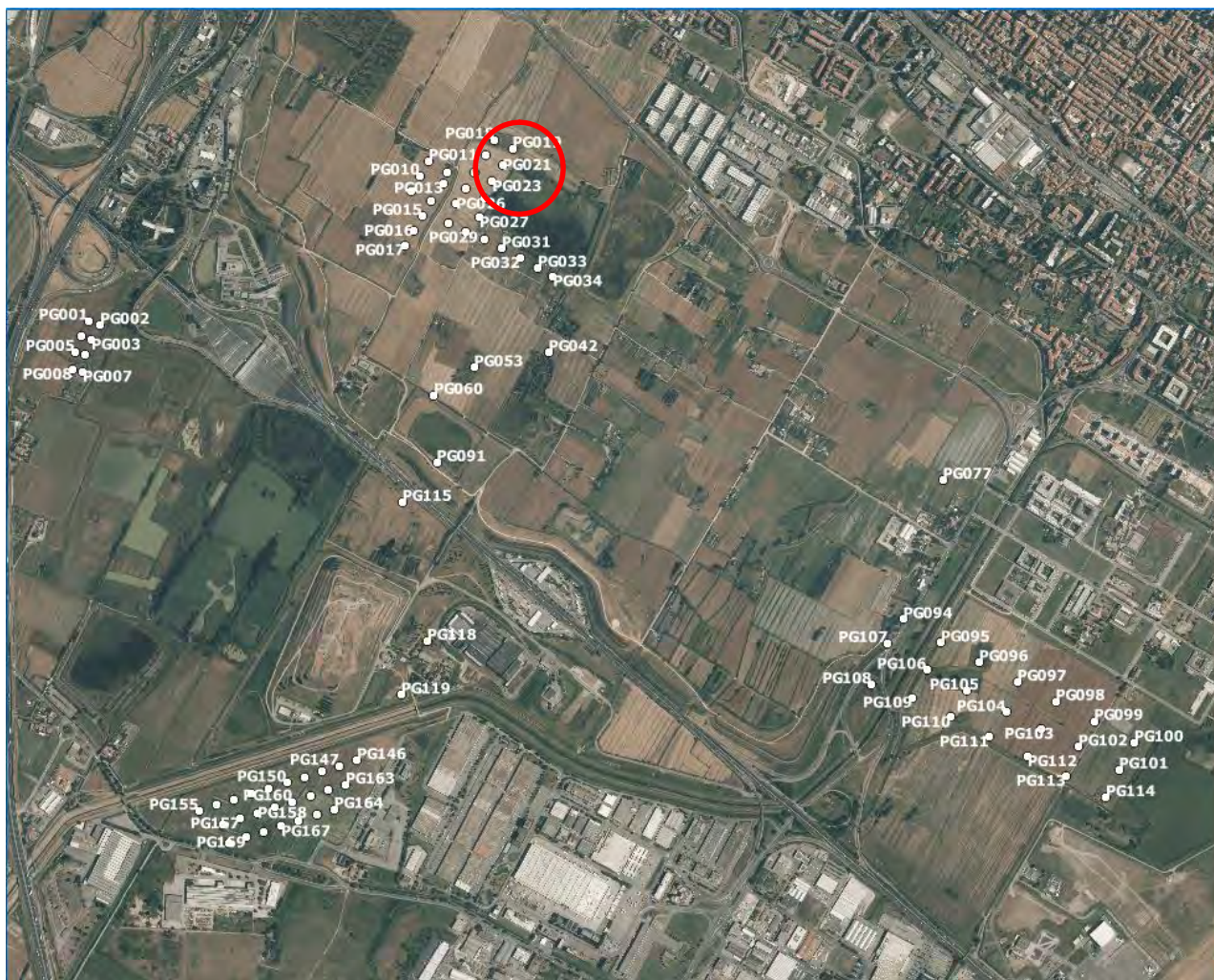
Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG021</b>	Data di esecuzione	<b>15/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
			<b>E 1674665,936</b>	<b>N 4855480,055</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose debolmente sabbiose, di colore marrone, con presenza di ciottoli.	



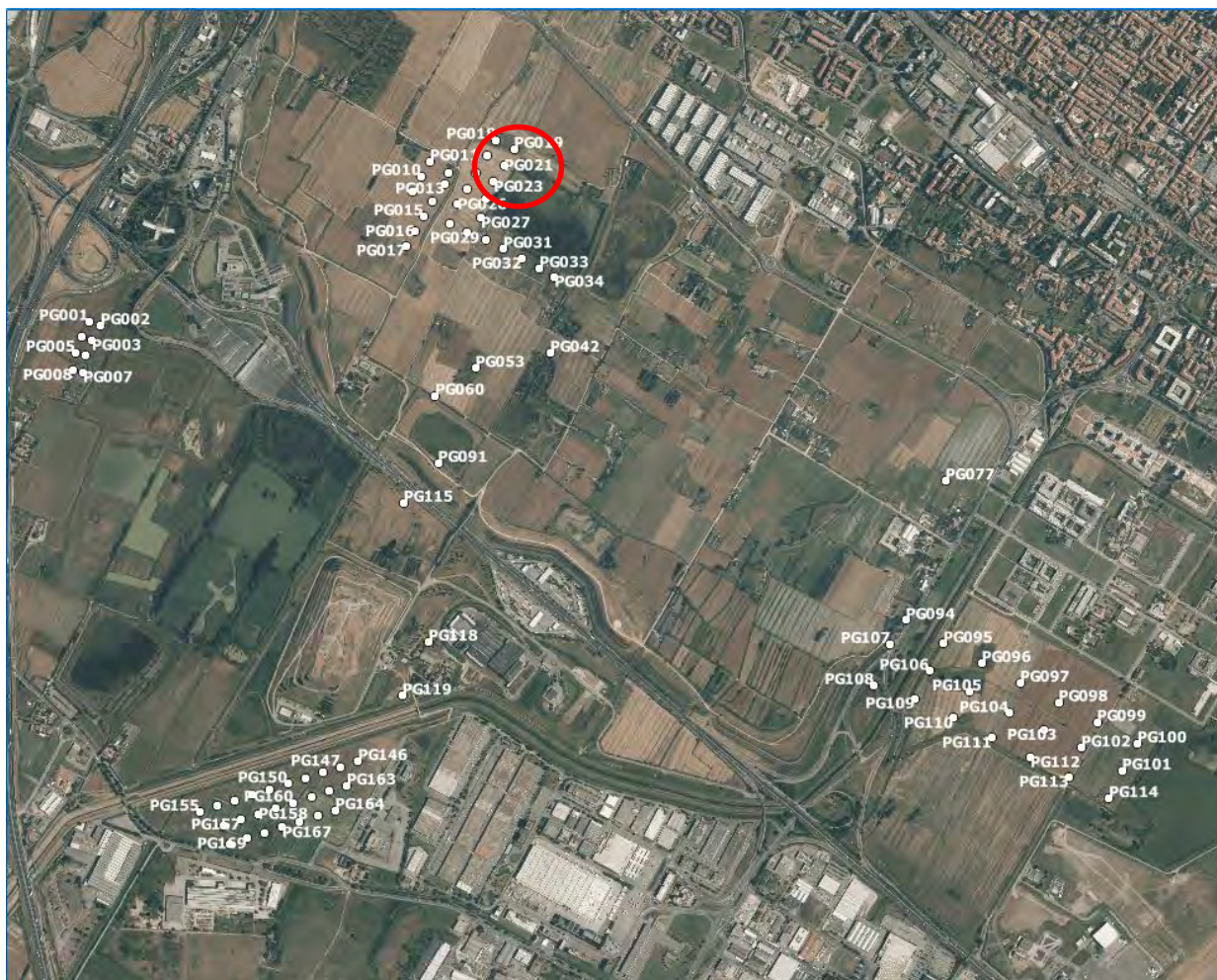
*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG022</b>	Data di esecuzione	<b>01/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674575,394</b>	<b>N 4855454,984</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose debolmente sabbiose di colore marrone, con presenza di qualche ghiaia.	



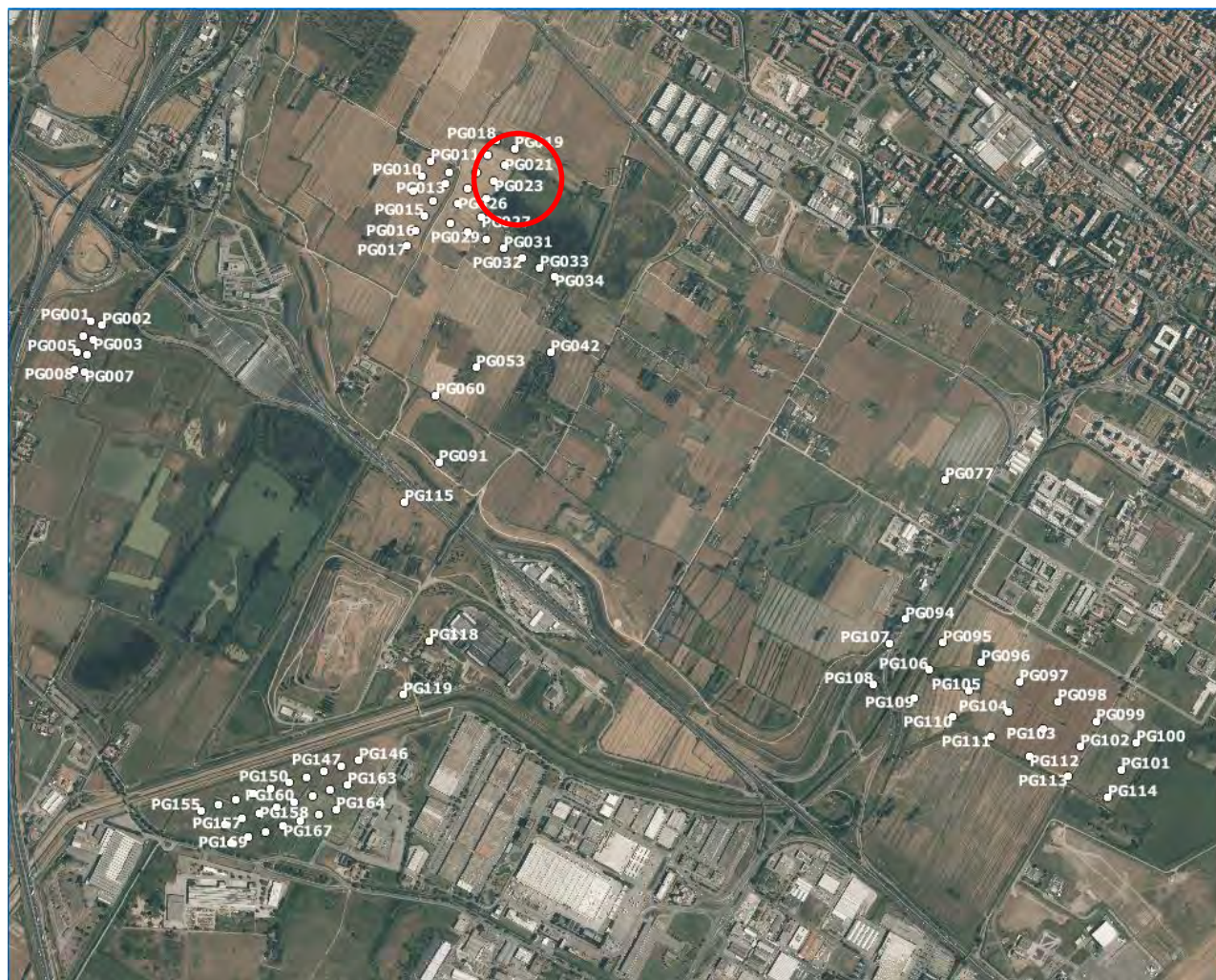
*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG023</b>	Data di esecuzione	<b>15/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674632,842</b>	<b>N 4855426,904</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4- 1,00	Argille limose debolmente sabbiose, di colore marrone, con presenza di ciottoli.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG024</b>	Data di esecuzione	<b>01/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 4855353,313</b>	<b>N 4855400,974</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone, con presenza di qualche ghiaia.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG025</b>	Data di esecuzione	<b>15/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674605,766</b>	<b>N 4855371,318</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3- 1,00	Argille limose debolmente sabbiose, di colore marrone, con presenza di ciottoli.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*



# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG026</b>	Data di esecuzione	<b>01/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674515,746</b>	<b>N 4855353,313</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,40	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,4 - 1,00	Argille limose di colore marrone chiaro, omogenee e compatte.	



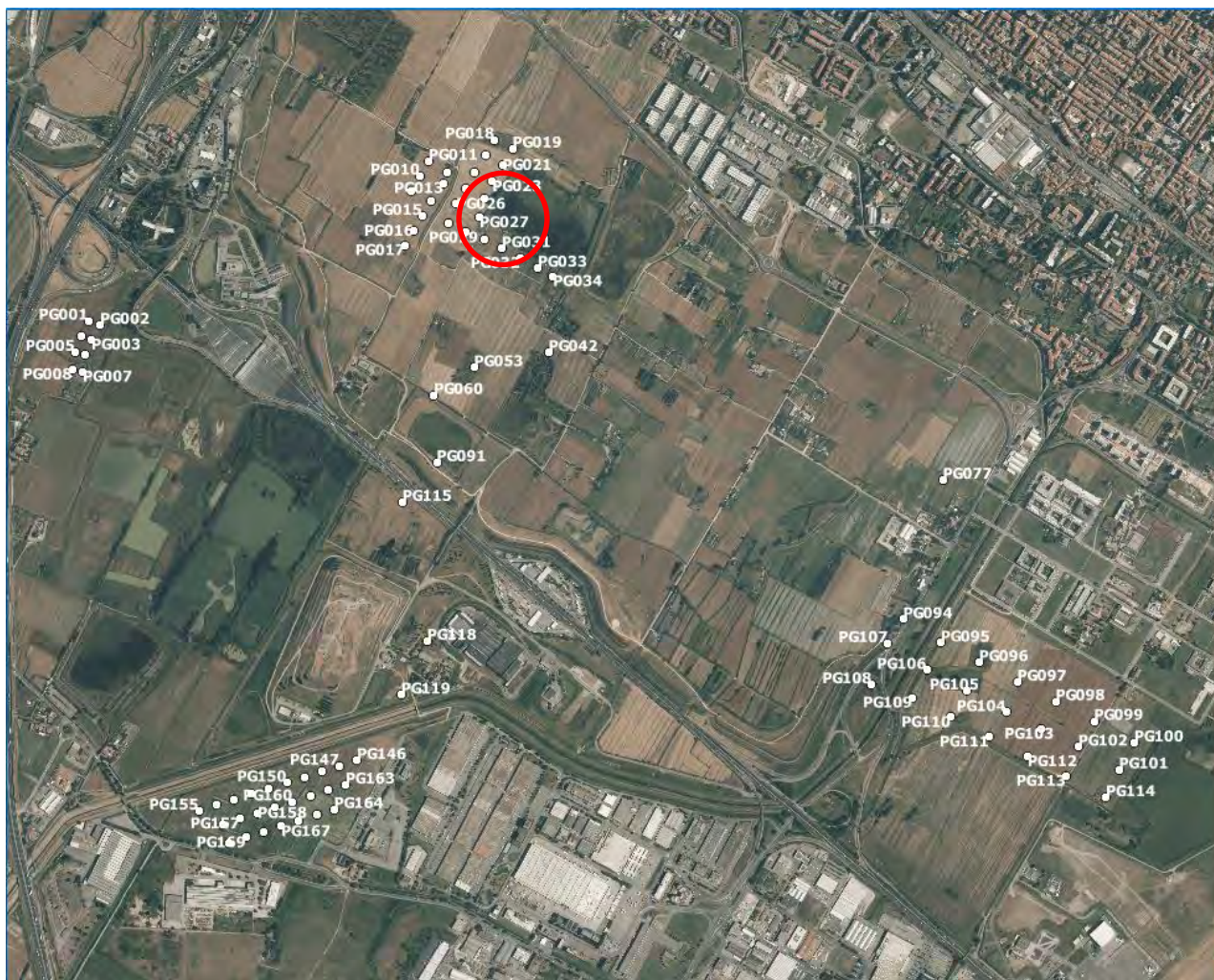
*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG027</b>	Data di esecuzione	<b>15/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
			<b>E 1674572,386</b>	<b>N 4855316,306</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3- 1,00	Argille limose di colore marrone, compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG028</b>	Data di esecuzione	<b>15/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
			<b>E 1674485,855</b>	<b>N 4855291,235</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3- 1,00	Argille limose di colore marrone intenso, compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG029</b>	Data di esecuzione	<b>15/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674547,171</b>	<b>N 4855260,004</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3- 1,00	Argille limose di colore marrone, compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG030</b>	Data di esecuzione	<b>15/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674608,249</b>	<b>N 4855238,204</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille e limi rimaneggiati con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3- 1,00	Argille e limi compatti di colore marrone intenso.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI  
 NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE  
 "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG031</b>	Data di esecuzione	<b>29/05/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674663,262</b>	<b>N 4855208,214</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte, presenza di qualche ciottolo arrotondato.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

## CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG032</b>	Data di esecuzione	<b>23/06/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
			<b>E 1674723,623</b>	<b>N 4855177,27</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille debolmente limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3 - 1,00	Argille debolmente limose di colore marrone nocciola, compatte.	



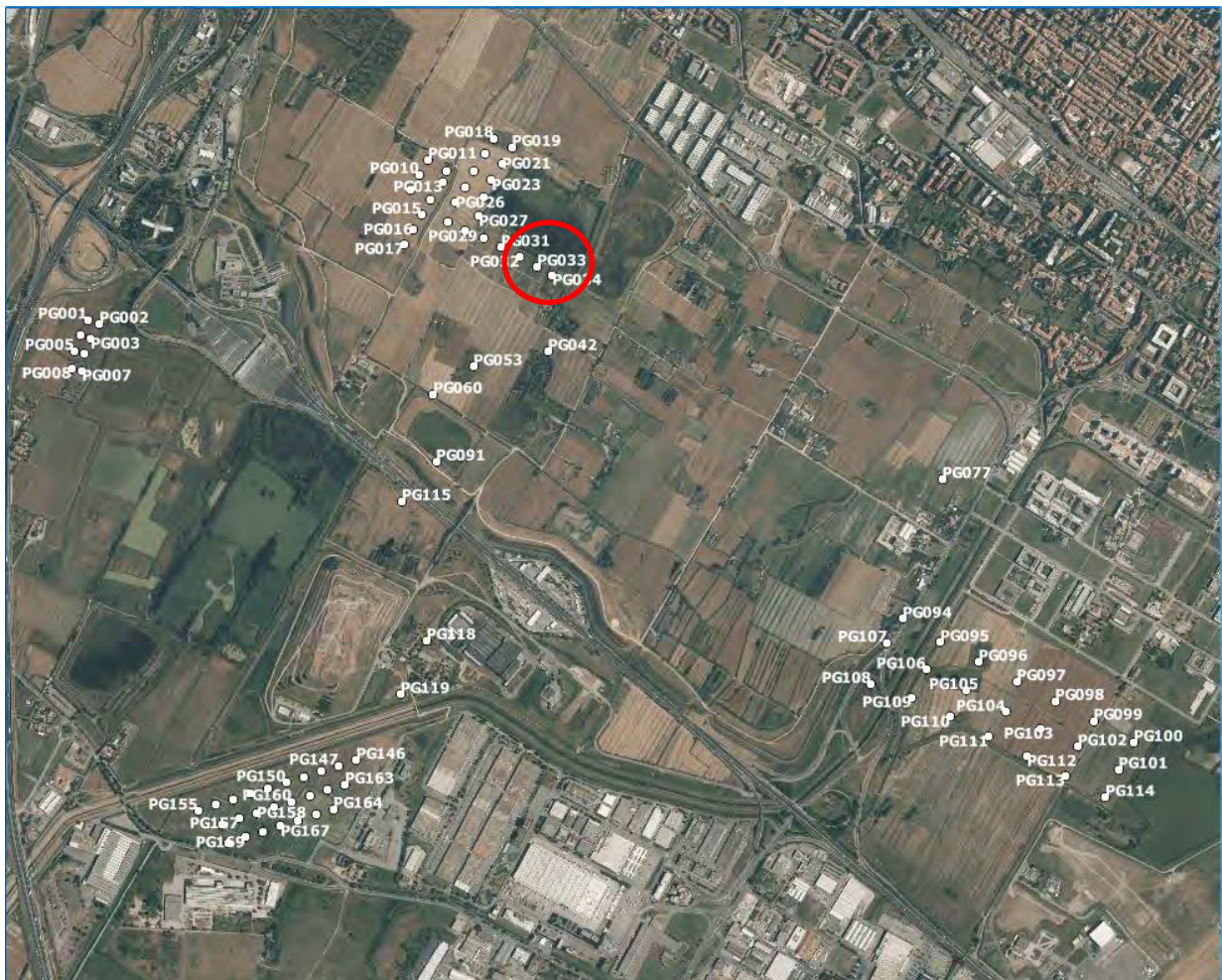
*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI  
 NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE  
 "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG033</b>	Data di esecuzione	<b>29/05/17</b>	<b><u>Coordinate sistema</u></b> <b><u>Roma 1940 – Gauss Boaga</u></b>	
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	<b>E 1674780,605</b>	<b>N 4855145,006</b>

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,30	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,3 - 1,00	Argille limose di colore marrone, omogenee e molto compatte, leggermente umide in profondità.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*



# TOSCANA AEROPORTI ENGINEERING S.R.L.

CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI  
 NUOVA PISTA E OPERE ACCESSORIE AREOPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE  
 "AMERIGO VESPUCCI"

<b>PG034</b>	Data di esecuzione	<b>29/05/17</b>	<b>Coordinate sistema</b> <b>Roma 1940 – Gauss Boaga</b> <b>E 1674830,138 N 4855118,252</b>
	Profondità fondo scavo	<b>1,00 m</b>	

Profondità (metri)	Descrizione stratigrafica	NOTE
0,0 - 0,20	Argille limose rimaneggiate con resti di apparati radicali.	<b>Località di prelievo:</b> Sesto Fiorentino  Area agricola Campioni prelevati: CA1 (0,0-1,0) CA2 (0,0-1,0)
0,2 - 1,00	Argille limose di colore marrone omogenee e molto compatte.	



*Planimetria dell'area d'indagine - Pozzetto Geognostico*

---

## PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA MECCANICA - CPT

Il dispositivo impiegato per l'esecuzione delle indagini penetrometriche è il penetrometro statico/dinamico cingolato gommato, modello TG 63-200 KN, capace di una spinta di 200 kN (20 ton), progettato e prodotto da Pagani Geotechnical Equipment di Piacenza, di cui di seguito si riportano le caratteristiche tecniche.

Max pressione operativa	240 bar Corsa		1250 mm
Forza di infissione	200 kN	Forza di estrazione	210 kN
Velocità infissione senza carico	0 ÷ 10 cm/sec	Velocità estrazione senza carico	0 ÷ 7.5 cm/sec
Motore	Benzina	Potenza [HP (kW) RPM]	18 (13.5) – 3600
Stabilizzatori n°/tipo	3 / Idraulico	Num pompe idrauliche	2

### DIMENSIONI E

H 1520 mm P

Peso 1080 Kg

### PESI

1120 mm L 2400 mm

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) è stata eseguita secondo le seguenti normative:

- *AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) - Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche;*
- *ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) - Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure;*
- *ASTM D 3441 - 94 - Standard Test Method for Deep, Quasi-Static, Cone and Friction-Cone Penetration Tests of Soil*

Consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm / sec} \pm 0,5 \text{ cm / sec}$ ).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di una cella di carico collegata alla testa idraulica che esercita la spinta sulle aste.

La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale (punta / manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta / manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono .....  $\varnothing$  = 35,7 mm
- area di punta conica .....  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo di apertura del cono .....  $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto .....  $A_m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'infissione.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture dei manometri, durante l'infissione dello strumento):

- **qc** (kg/cm<sup>2</sup>) = resistenza alla punta (conica)
- **fs** (kg/cm<sup>2</sup>) = resistenza laterale (manicotto)
- **Rt** (kg) = resistenza totale (aste esterne)

La resistenza alla punta qc e la resistenza laterale fs sono rilevate ad intervalli regolari di 20 cm. NB

La resistenza laterale viene rilevata 20cm al di sopra della punta

---

**PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE**  
**SCHEMA PENETROMETRO**

Committente:

Cantiere:

Località:

**TG63-200**

**Pagani - Piacenza**

<b>Sigla</b>	<b>TG63-200</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>	<b>1,12</b>	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>	<b>63 kg</b>	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>	<b>0,75 m</b>	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>1,00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>	<b>6,00 kg</b>	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>	<b>20,00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>	<b>90 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
<b>Prf.(1°asta)</b>	<b>0,80 m</b>	Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0,20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>	<b>Sì</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>		Spinta nominale strumento

**Il direttore laboratorio: Dr. Giuliano Moretti**

### COESIONE NON DRENATA Terreni COESIVI $C_u = R_p/\beta$

CORRELAZIONI STANDARD - Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et altri 1974 - Marsland et al. 1974/1979

- Argille normalmente consolidate N.C. ( $q_c \leq 10 \text{ kg/cm}^2$ )  $\beta = 25$  (valore standard: 20)
- Argille intermedie ( $10 < q_c < 30 \text{ kg/cm}^2$ )  $\beta =$  valore interpolato
- Argille sovra consolidate S.C. ( $q_c \geq 30 \text{ kg/cm}^2$ )  $\beta = 40$  (valore standard: 30)

### MODULO DI DEFORMAZIONE NON DRENATO $E_u$ ( $E_{u50}$ , $E_{u25}$ ) (terreni COESIVI)

$E_{u50}$ ,  $E_{u25}$  (moduli secanti) corrispondono a un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico  $f = 50\%$ - $25\%$  rispettivamente (Coefficiente di sicurezza  $F = 2-4$  approssimativamente).

Si noti che:  $E_{u25} / E_{u50} \div 1.5$   $E_u(f) \div 2 E_{u50} (1 - 0.01 f)$

Si fa riferimento a relazioni (Duncan-Buchigani 1976) fra il modulo non drenato  $E_{u50}$ , la coesione non drenata  $C_u$ , il grado di sovra consolidazione OCR e l'indice di plasticità  $I_p$  (cioè a correlazioni fra:  $E_{u50} - q_c - I_p$ ).

Vengono considerati i seguenti valori STANDARD di  $I_p$  (valori di base):

- 1-  $I_p = 30\%$  (terreni COESIVI inorganici / scarsamente organici) (valore standard: 30)
- 2-  $I_p = 100\%$  (terreni COESIVI ORGANICI altam.comprimibili -TAO\*) (valore standard: 100)

Valori di ( $E_{u50} / C_u$ ) in funzione di  $I_p$  e di OCR (Duncan-Buchigani 1976)

	OCR = 1	OCR = 2	OCR = 5	OCR = 10		OCR = 1	OCR = 2	OCR = 5	OCR = 10
$I_p = 10\%$	1200	1120	640	323	$I_p = 60\%$	266	240	136	56
$I_p = 20\%$	900	840	486	247	$I_p = 70\%$	232	210	118	52
$I_p = 30\%$	600	560	331	170	$I_p = 80\%$	198	180	99	48
$I_p = 40\%$	450	415	243	115	$I_p = 90\%$	164	150	81	44
$I_p = 50\%$	300	270	154	60	$I_p > 100\%$	130	120	62	40

### MODULO EDOMETRICO : correlazione; $M_o = \alpha \cdot q_c$ (terreni COESIVI/GRANULARI)

CORRELAZIONI STANDARD (opportunamente adattate) in base alla natura litologica :  
(Sanglerat '72 - Mitchell/Gardner '75 - Ricceri et altri '74 - Holden '73):

- TERRENI COESIVI - (A-AO / AS-AO/S-S/A)		- TORBOSI MOLTO COMPRIMIBILI- (TAO*) ( $q_c \leq 7 \text{ kg/cm}^2$ $q_c/f_s \leq 15$ )		- TERRENI GRANULARI - (S / S/A-S/AO)	
$q_c(\text{kg/cm}^2)$	$\alpha = M_o/q_c$	umidità W %	$\alpha = M_o/q_c$	$q_c(\text{kg/cm}^2)$	$\gamma = M_o/q_c$
$\leq 5$	<b>5,00</b>	$\leq 50\%$	3,00	$\leq 5$	<b>3,00</b>
$= 10$	<b>4,00</b>	$= 100\%$	<b>1,50</b>	$= 40$	<b>3,00</b>
$= 20$	<b>3,30</b>	$= 200\%$	1,00	$= 100$	<b>3,00</b>
$\geq 40$	<b>3,00</b>	$\geq 300\%$	0,40	$\geq 200$	<b>3,00</b>

### PESO UNITA' DI VOLUME $\gamma_{\text{sat}}$ (saturo-sotto falda) $\gamma$ (umido-sopra falda)

CORRELAZIONI STANDARD (opportunamente adattate) in base alla natura litologica (Terzaghi-Peck 1967, Bowles 1982)

- TERRENI COESIVI - (A-AO / AS-AO/S-S/A)		- TORBOSI MOLTO COMPRIMIBILI- (TAO*) ( $q_c \leq 7 \text{ kg/cm}^2$ $R_p/f_s \leq 15$ )		- TERRENI GRANULARI - (S / S/A-S/AO)	
$R_p(\text{kg/cm}^2)$	$\gamma_{\text{sat}}(\text{t/m}^3)$	umidità W %	$\gamma_{\text{sat}}(\text{t/m}^3)$	$q_c(\text{kg/cm}^2)$	$\gamma_{\text{sat}}(\text{t/m}^3)$
$\leq 0$	<b>1,70</b>	$\leq 50\%$	1,72	$\leq 0$	<b>1,80</b>
$= 10$	<b>1,90</b>	$= 100\%$	<b>1,46</b>	$= 40$	<b>1,90</b>
$= 20$	<b>2,00</b>	$= 200\%$	1,27	$= 100$	<b>2,00</b>
$\geq 40$	<b>2,10</b>	$\geq 300\%$	1,19	$\geq 200$	<b>2,15</b>

$\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$  (indipendente da natura, fisso per tutta la prova fuori falda)

### DETERMINAZIONE DI $V_s$ TRAMITE YOSHIDA MOTONORI (1988)

$$V_s = \beta * (N_{spt})^{0,25} * \delta'_{vo}^{0,14} \quad [m/sec]$$

Vengono attribuiti dei fattori correttivi per la formula, utilizzando un'interpretazione in classi granulometriche dei valori di  $q_c$  (Kg/cm<sup>2</sup>)

55 - Tutti tipi di terreno esclusi granulari	<b>30</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
49 - Sabbie fini / limose	<b>45</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
56 - Sabbie grosse	<b>120</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )
60 - Sabbie con ghiaie	<b>250</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )

Relazione tra  $q_c$  e  $N_{spt}$  secondo Eurocodice 8  $q_c = 4 \times N_{spt}$  (variabile tra 4 e 5)

# LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200 - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_1 ) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = [( L_2 ) - ( L_1 )] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_t ) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S$  ( Kg ) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$  .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta .

## CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$**

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \%$  :**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.





**PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE**  
**SCHEMA PENETROMETRO**

riferimento

n° verb. accett.

Committente:

Cantiere:

Località:


--	--

--

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>7</b>
	riferimento	<b>129-2017</b>

Committente: <b>AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>20/07/2017</b>
Cantiere: <b>Nuova pista, opere accessorie e di compensazione</b>	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Non rilevata</b>
Località: <b>Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI</b>	Elaborato:	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	20,0	25,0		20,0	0,33	61	1,7								
0,40	21,0	37,0		21,0	1,07	20	5,1								
0,60	22,0	31,0		22,0	0,60	37	2,7								
0,80	28,0	42,0		28,0	0,93	30	3,3								
<b>1,00</b>	33,0	47,0		33,0	0,93	35	2,8								
1,20	21,0	43,0		21,0	1,47	14	7,0								
1,40	20,0	31,0		20,0	0,73	27	3,7								
1,60	22,0	37,0		22,0	1,00	22	4,5								
1,80	18,0	39,0		18,0	1,40	13	7,8								
<b>2,00</b>	27,0	34,0		27,0	0,47	57	1,7								
2,20	19,0	31,0		19,0	0,80	24	4,2								
2,40	30,0	39,0		30,0	0,60	50	2,0								
2,60	33,0	47,0		33,0	0,93	35	2,8								
2,80	37,0	48,0		37,0	0,73	51	2,0								
<b>3,00</b>	31,0	49,0		31,0	1,20	26	3,9								
3,20	37,0	67,0		37,0	2,00	19	5,4								
3,40	38,0	72,0		38,0	2,27	17	6,0								
3,60	37,0	73,0		37,0	2,40	15	6,5								
3,80	41,0	57,0		41,0	1,07	38	2,6								
<b>4,00</b>	37,0	57,0		37,0	1,33	28	3,6								
4,20	33,0	67,0		33,0	2,27	15	6,9								
4,40	29,0	84,0		29,0	3,67	8	12,7								
4,60	37,0	89,0		37,0	3,47	11	9,4								
4,80	33,0	84,0		33,0	3,40	10	10,3								
<b>5,00</b>	44,0	89,0		44,0	3,00	15	6,8								
5,20	42,0	72,0		42,0	2,00	21	4,8								
5,40	58,0	82,0		58,0	1,60	36	2,8								
5,60	51,0	76,0		51,0	1,67	31	3,3								
5,80	58,0	87,0		58,0	1,93	30	3,3								
<b>6,00</b>	67,0	99,0		67,0	2,13	31	3,2								
6,20	68,0	102,0		68,0	2,27	30	3,3								

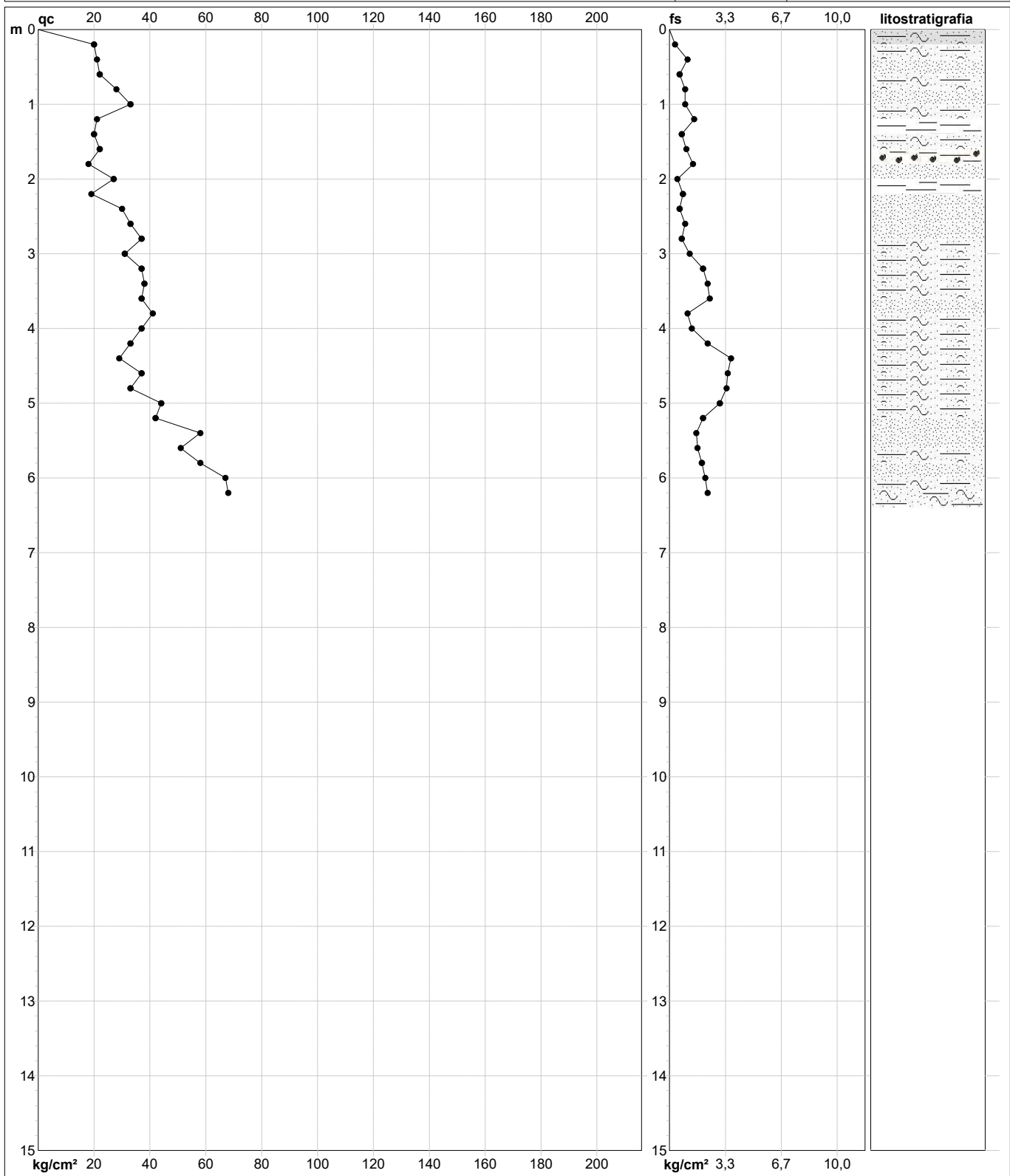
H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota: FON050

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>7</b>
riferimento	<b>129-2017</b>

Committente: <b>AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>20/07/2017</b>
Cantiere: <b>Nuova pista, opere accessorie e di compensazione</b>	Scala: <b>1:75</b>	Quota inizio: <b>Piano Campagna</b>
Località: <b>Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI</b>	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Non rilevata</b>
	Elaborato: <b> </b>	



<b>Coord. Relative</b>	<b>Coord. Geografiche</b>	Litologia: <b>Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone</b>	Preforo: <b>m</b>
Xr: <b>m</b>	Xg: <b> </b>	Penetrometro: <b>TG63-200</b>	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
Yr: <b>m</b>	Yg: <b> </b>	Responsabile: <b> </b>	Cod.ISTAT: <b>048043</b>
Zr: <b>m</b>	Zg: <b> </b>	Assistente: <b> </b>	

nota:

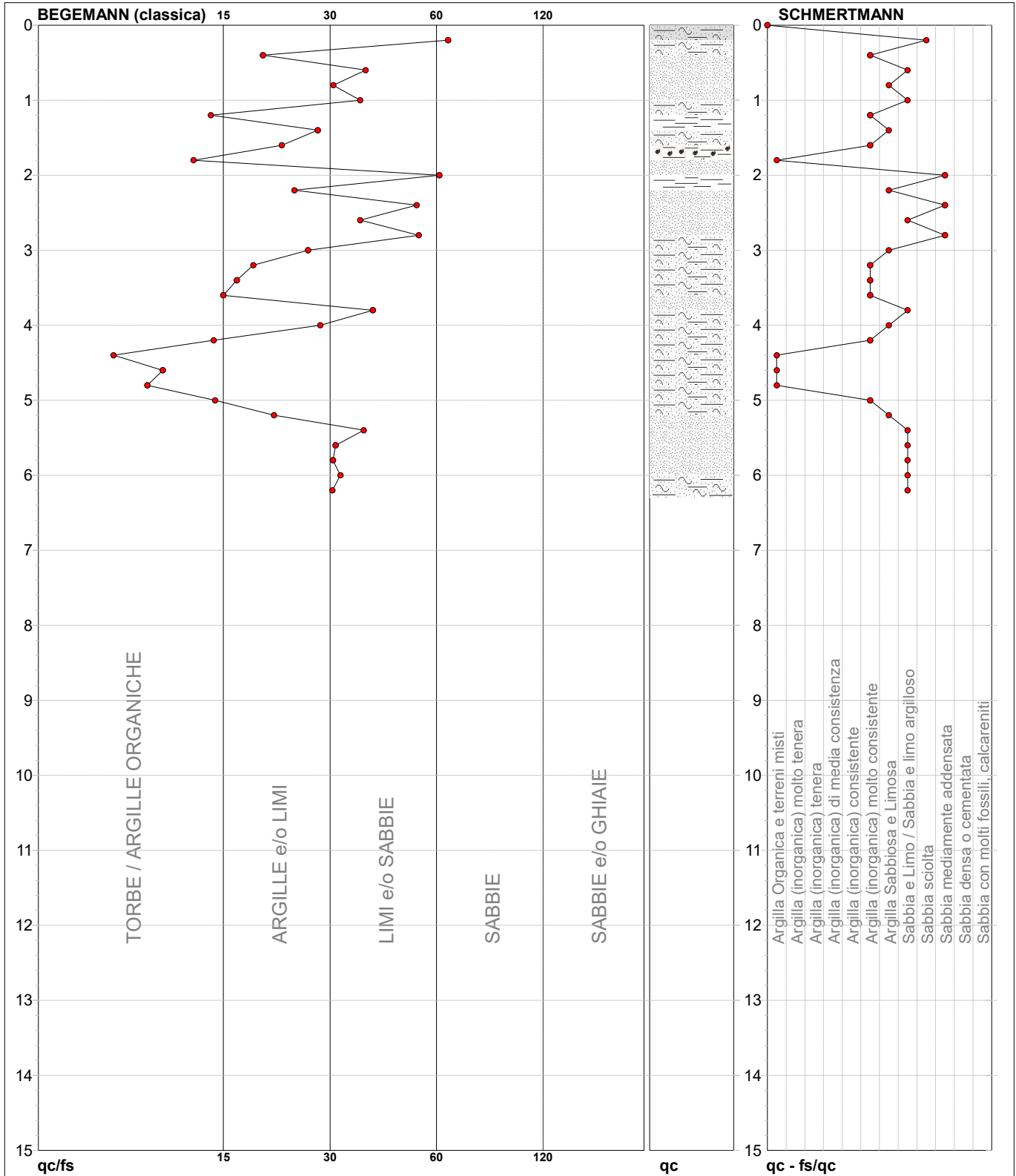
FON050

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>7</b>
riferimento	<b>129-2017</b>

Committente: **AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI**  
 Cantiere: **Nuova pista, opere accessorie e di compensazione**  
 Località: **Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec.: **20/07/2017**  
 Scala: **1:75**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:                      Falda: **Non rilevata**



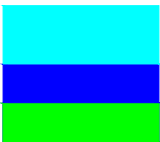
Torbe / Argille org. :	51 punti, 68,92%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 5,41%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 8,11%
Argille e/o Limi :	11 punti, 14,86%	Argilla (inorganica) molto consist.:	8 punti, 10,81%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 12,16%
Limi e/o Sabbie :	12 punti, 16,22%			Sabbia sciolta:	1 punti, 1,35%
Sabbie:	1 punti, 1,35%			Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 4,05%



nota: FON050

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	<b>CPT</b>	<b>7</b>
	riferimento	<b>129-2017</b>

Committente: <b>AMBIENTE S.C. - Aeroporto Internazionale AMERIGO VESPUCCI</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>20/07/2017</b>
Cantiere: <b>Nuova pista, opere accessorie e di compensazione</b>	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Non rilevata</b>
Località: <b>Comune di Firenze, Sesto Fiorentino e Signa - FI</b>	Elaborato:	

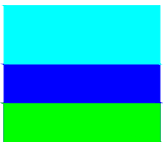
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\sigma_{Sc}$ (°)	$\sigma_{Ca}$ (°)	$\sigma_{Ko}$ (°)	$\sigma_{DB}$ (°)	$\sigma_{DM}$ (°)	$\sigma_{Me}$ (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0,20	20,0	60,6	4	1,85	0,04	171	0,8	99,9	136,0	204,0	60,0	97	43	41	39	36	44	27	--	33,3	50,0	60,0
0,40	21,0	19,6	4	1,85	0,07	174	0,8	99,9	140,0	210,0	63,0	82	41	38	35	33	42	27	--	35,0	52,5	63,0
0,60	22,0	36,7	3	1,85	0,11	177	--	--	--	--	--	74	40	36	33	31	40	28	--	36,7	55,0	66,0
0,80	28,0	30,1	3	1,85	0,15	194	--	--	--	--	--	75	40	36	33	31	40	28	--	46,7	70,0	84,0
1,00	33,0	35,5	3	1,85	0,19	207	--	--	--	--	--	75	40	36	33	31	40	29	--	55,0	82,5	99,0
1,20	21,0	14,3	4	1,85	0,22	174	0,8	32,3	140,0	210,0	63,0	55	38	32	29	28	37	27	--	35,0	52,5	63,0
1,40	20,0	27,4	4	1,85	0,26	171	0,8	25,7	136,0	204,0	60,0	50	37	31	28	27	36	27	--	33,3	50,0	60,0
1,60	22,0	22,0	4	1,85	0,30	177	0,8	23,3	143,8	215,8	66,0	50	37	31	28	26	35	28	--	36,7	55,0	66,0
1,80	18,0	12,9	2	1,85	0,33	164	0,8	17,3	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	27,0	57,4	3	1,85	0,37	192	--	--	--	--	--	51	37	31	28	26	35	28	--	45,0	67,5	81,0
2,20	19,0	23,8	2	1,85	0,41	168	0,8	14,1	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	30,0	50,0	3	1,85	0,44	199	--	--	--	--	--	50	37	31	28	26	35	29	--	50,0	75,0	90,0
2,60	33,0	35,5	3	1,85	0,48	207	--	--	--	--	--	52	37	31	28	26	35	29	--	55,0	82,5	99,0
2,80	37,0	50,7	3	1,85	0,52	216	--	--	--	--	--	54	38	31	28	26	35	30	--	61,7	92,5	111,0
3,00	31,0	25,8	4	1,85	0,56	202	1,0	13,7	175,7	263,5	93,0	46	37	30	27	25	34	29	--	51,7	77,5	93,0
3,20	37,0	18,5	4	1,85	0,59	216	1,2	15,7	209,7	314,5	111,0	51	37	30	27	26	34	30	--	61,7	92,5	111,0
3,40	38,0	16,7	4	1,85	0,63	218	1,3	15,1	215,3	323,0	114,0	50	37	30	27	25	34	30	--	63,3	95,0	114,0
3,60	37,0	15,4	4	1,85	0,67	216	1,2	13,6	209,7	314,5	111,0	48	37	30	27	25	34	30	--	61,7	92,5	111,0
3,80	41,0	38,3	3	1,85	0,70	224	--	--	--	--	--	50	37	30	27	25	34	30	--	68,3	102,5	123,0
4,00	37,0	27,8	4	1,85	0,74	216	1,2	11,9	209,7	314,5	111,0	45	37	29	26	25	33	30	--	61,7	92,5	111,0
4,20	33,0	14,5	4	1,85	0,78	207	1,1	9,7	188,2	282,3	99,0	40	36	28	25	24	32	29	--	55,0	82,5	99,0
4,40	29,0	7,9	4	1,85	0,81	197	1,0	7,9	195,8	293,6	87,0	34	35	28	24	23	31	29	--	48,3	72,5	87,0
4,60	37,0	10,7	4	1,85	0,85	216	1,2	10,0	209,7	314,6	111,0	42	36	29	25	24	32	30	--	61,7	92,5	111,0
4,80	33,0	9,7	4	1,85	0,89	207	1,1	8,2	212,0	317,9	99,0	37	36	28	25	23	31	29	--	55,0	82,5	99,0
5,00	44,0	14,7	4	1,85	0,93	230	1,5	11,2	249,3	374,0	132,0	46	37	29	26	24	33	31	--	73,3	110,0	132,0
5,20	42,0	21,0	4	1,85	0,96	226	1,4	10,0	238,0	357,0	126,0	43	36	29	25	24	32	30	--	70,0	105,0	126,0
5,40	58,0	36,3	3	1,85	1,00	256	--	--	--	--	--	53	38	30	27	25	34	31	--	96,7	145,0	174,0
5,60	51,0	30,5	3	1,85	1,04	243	--	--	--	--	--	48	37	29	26	24	33	31	--	85,0	127,5	153,0
5,80	58,0	30,1	3	1,85	1,07	256	--	--	--	--	--	52	37	30	27	25	34	31	--	96,7	145,0	174,0
6,00	67,0	31,5	3	1,85	1,11	270	--	--	--	--	--	56	38	30	27	25	34	32	--	111,7	167,5	201,0
6,20	68,0	30,0	4	1,85	1,15	271	2,3	14,7	385,3	578,0	204,0	55	38	30	27	25	34	32	--	113,3	170,0	204,0

	<b>AMBIENTE S.C.</b> Ingegneria ambientale e laboratori		Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624 e-mail: home@ambientesc.it - P.I. 00262540453		<b>SONDAGGIO S88</b>	
	Committente: TAE - Toscana Aeroporti Engineering srl			Prof. sondaggio: 10 m		Resp. Cantiere: Geol. Luigi Bignotti
	Località : Sesto F.no - area di laminazione idraulica A			Coord (Gauss Boaga) 1674373,3 4855137,0		Ditta di perforazione: MESA srl Sondatore: Geol. Luigi Venneri

p.c.	Piezometro a 40m	Campioni ambientali	Campioni geotecnici	Stratigrafia	NSPT	DOWN-HOLE	Descrizione dei Terreni	Foto
0,00	tratto cieco da 0 a 3m 						Limo debolmente sabbioso di colore beige, friabile 0,50	
1,00							Limo consistente di colore nocciola 2,00	
2,00								Limi ed argille di colore marrone grigiastro, con inclusi carbonatici biancsatri per lo più millimetrici, più abbondanti in alcuni livelli 10,00
3,00								
4,00								
5,00								
6,00								
7,00								
8,00								
9,00								
10,00								
11,00								
12,00								
13,00								
14,00								
15,00								
16,00								
17,00								
18,00								
19,00								
20,00								

NOTE:

Quota Bocca-pozzo: 37.44 m  
 Quota falda: 34.42 m

	<b>AMBIENTE S.C.</b> Ingegneria ambientale e laboratori		Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624 e-mail: home@ambientesc.it - P.I. 00262540453		<b>SONDAGGIO S89</b>	
	Committente: TAE - Toscana Aeroporti Engineering srl			Prof. sondaggio: 4 m		Resp. Cantiere: Geol. Luigi Bignotti
	Località : Sesto F.no - area di laminazione idraulica A			Coord (Gauss Boaga) 1674757,3 4854899,5		Ditta di perforazione: MESA Srl  Sondatore: Geol. Luigi Venneri

p.c.	Piezometro	Livello di falda	Campioni ambientali	Campioni geotecnici	Stratigrafia	NSPT	DOWN-HOLE	Descrizione dei Terreni	Foto
1,00								Limo sabbioso debolmente consistente di colore beige. 0,90	
2,00							Limo argilloso compatto di colore marrone giallastro 2,00		
3,00				CA1			Limo argilloso di colore marrone con screziature arancioni e nerastre, consistente, con inclusi carbonatici biancastri. Da 3.60m, il colore passa al bruno con aumento del contenuto limoso 4,00		
4,00									
5,00									
6,00									
7,00									
8,00									
9,00									
10,00									
11,00									
12,00									
13,00									
14,00									
15,00									
16,00									
17,00									
18,00									
19,00									
20,00									

NOTE:



**IGETECMA s.n.c.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

## Certificati di Prova n. 1039-1046/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 30/08/17 - 13/09/17

CAMPIONE:

S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

### Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 11 - Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)
- 12 - Prova triassiale non consolidata non drenata U.U. (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-8)

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 2

**CERTIFICATO DI PROVA N.1039/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 30/08/17

**Descrizione del campione**

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 50 cm: argilla limosa con sporadici noduli di ferro/manganese e concrezioni carbonatiche, duro colore marrone oliva

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometrico peso specifico, edometria, taglio e triassiale UU

P.P = > 392.3 kPa



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1039/2017**

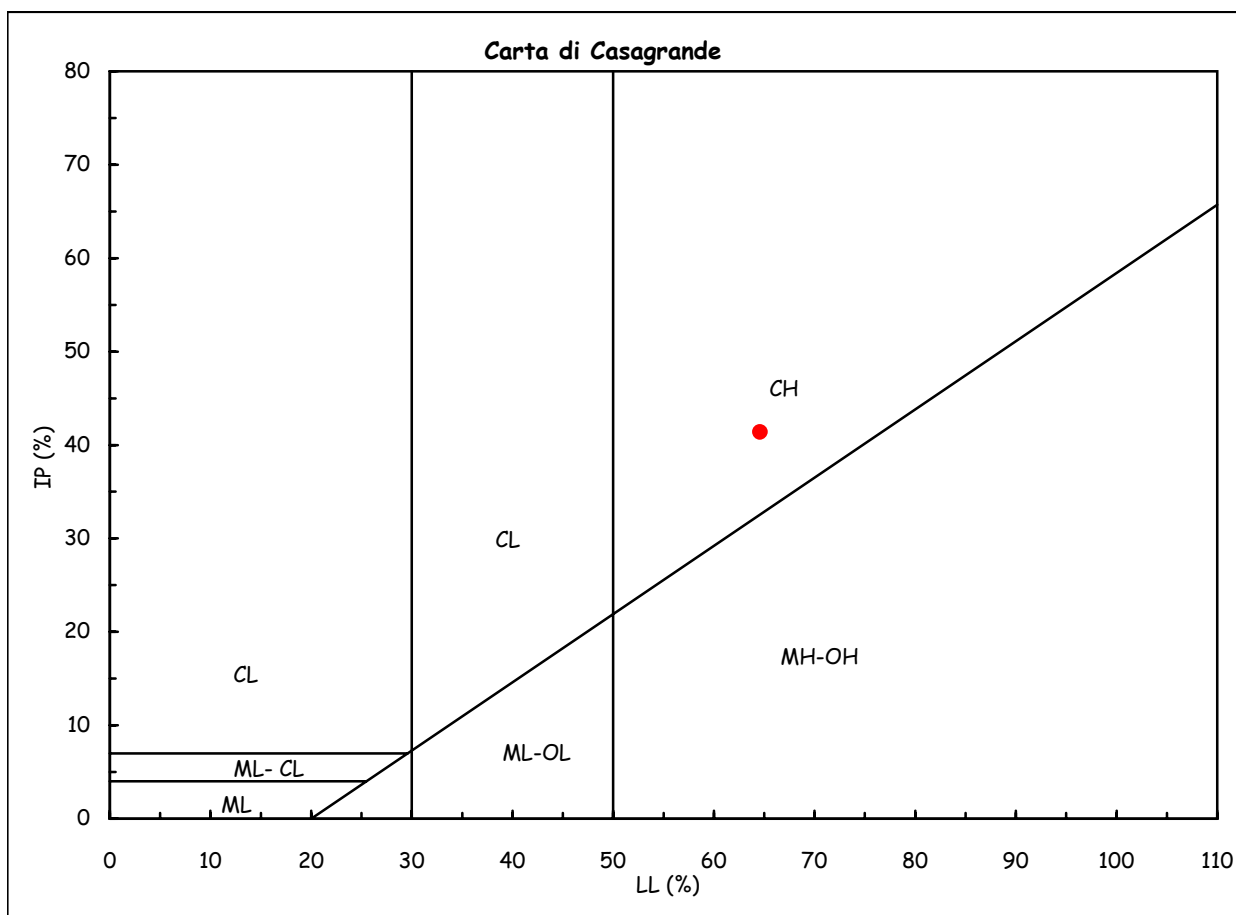
CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/08/17 - 05/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (W <sub>n</sub> ) =	18.75%	Limite di liquidità (LL) =	64.6%
Limite di plasticità (LP) =	23.2%	Indice di plasticità (IP) =	41.4%
Indice di consistenza (I <sub>c</sub> ) =	1.11	Indice di attività (I <sub>at</sub> ) =	0.73

CH = argille inorganiche di  
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 20

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi  
*Lorenzo Gambassi*



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni  
*Michele Caloni*



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1040/2017**

**CAMPIONE S88-CI1** profondità 1.50 - 2.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

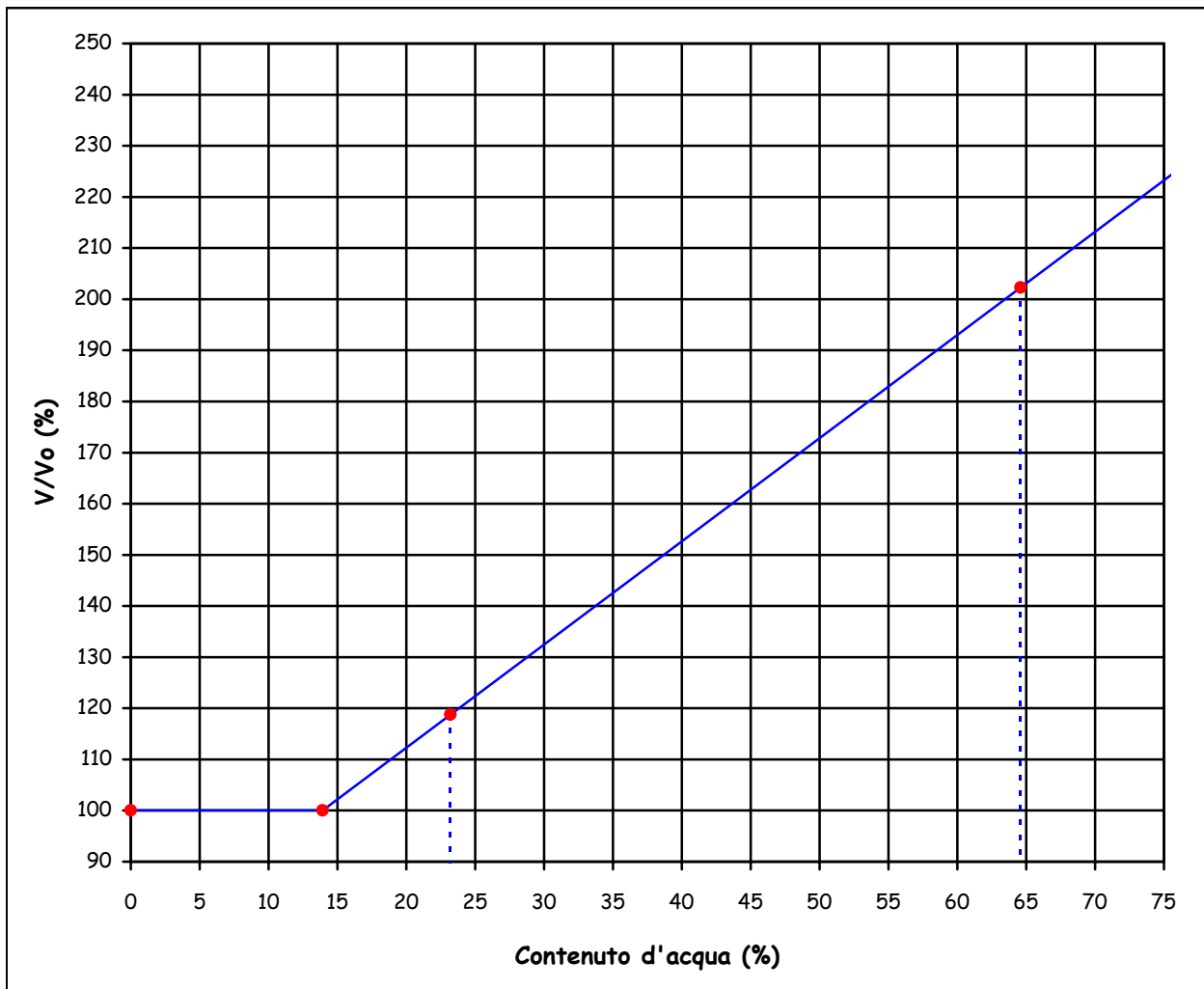
V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

Data prova: 30/08/17 - 05/09/17

**Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)**

Limite di ritiro (Ws) = 13.9%

Coefficiente di ritiro (Rs) = 2.02



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1041/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

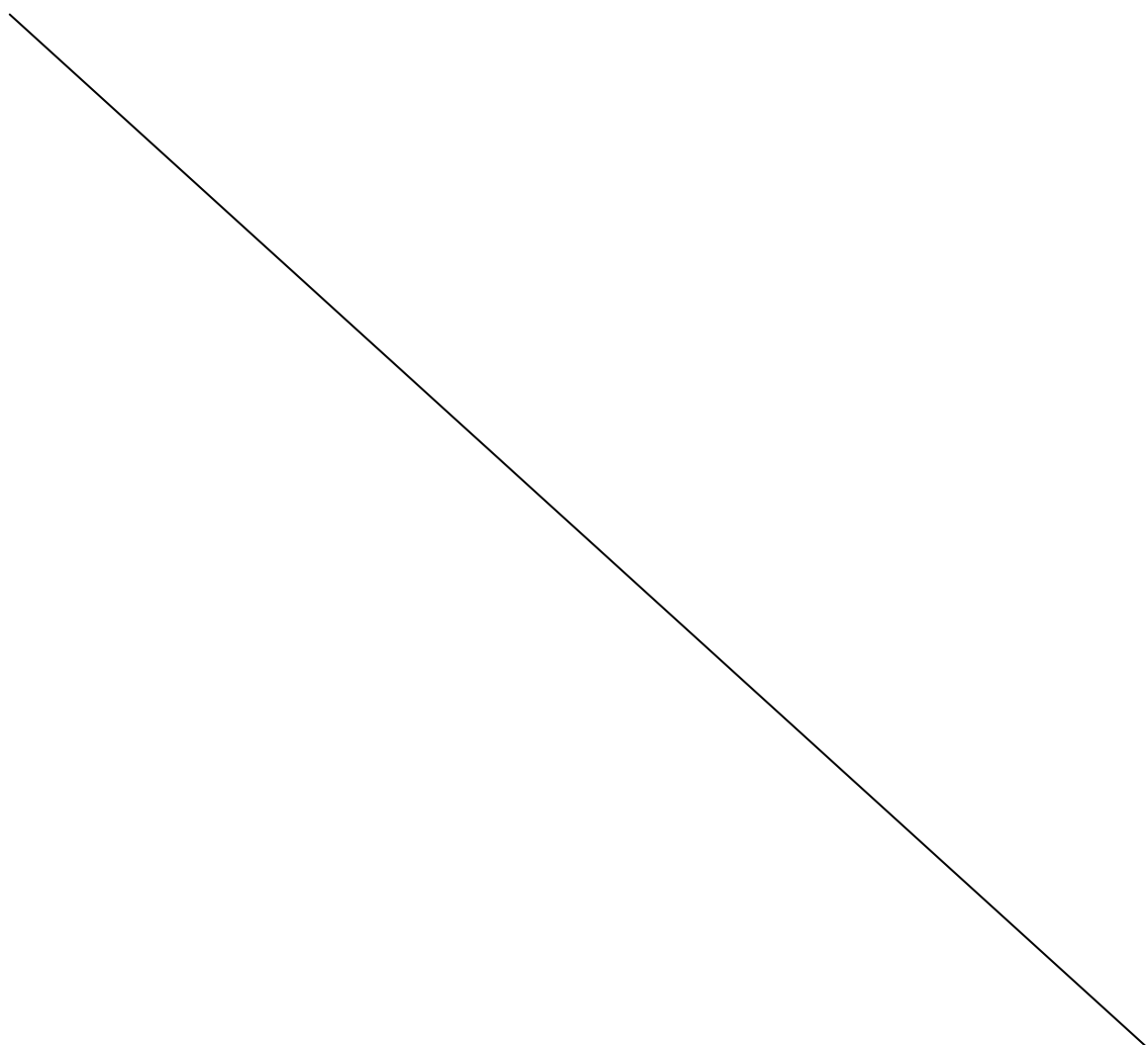
V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 30/08/17 - 05/09/17

**Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)**

Contenuto di sostanze organiche (%) = 4.1%



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Calogi

**CERTIFICATO DI PROVA N.1042/2017****CAMPIONE S88-CI1** profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

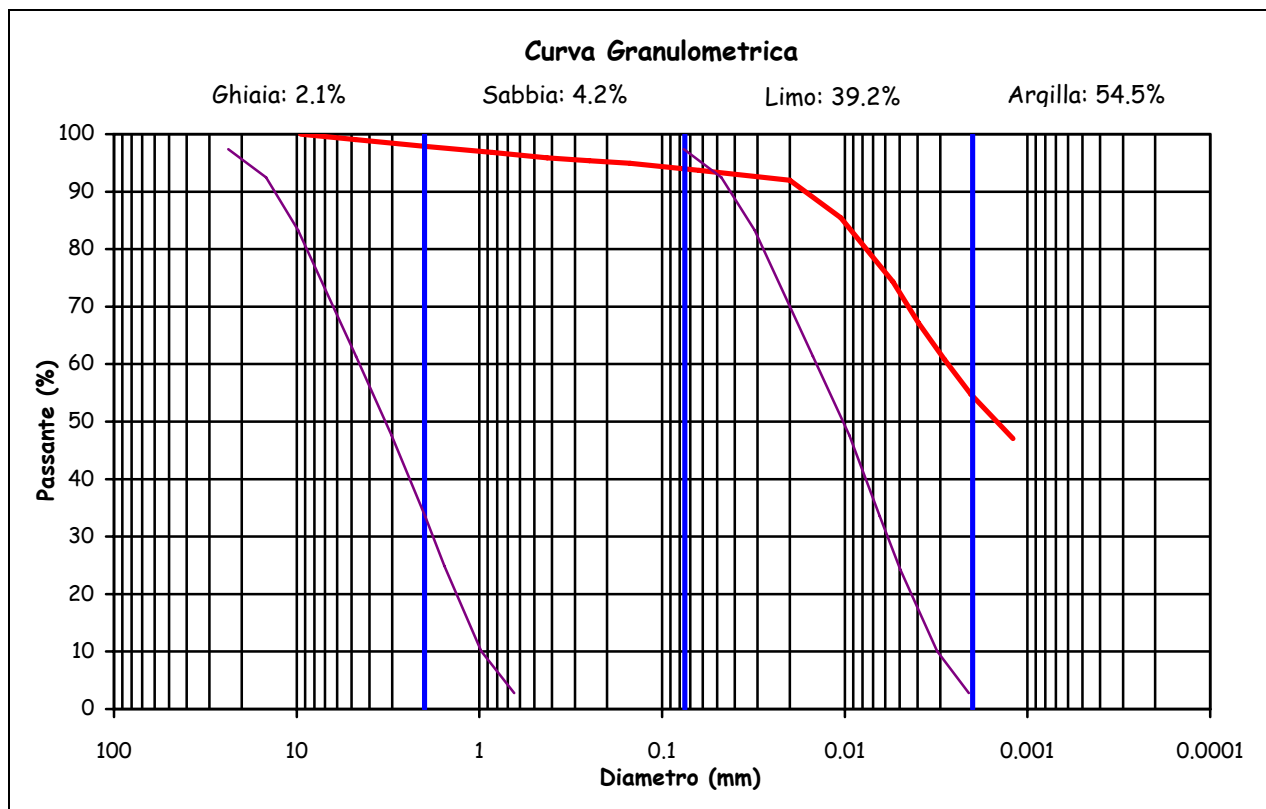
V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 30/08/17 - 07/09/17

**Analisi granulometrica****Setacciatura: per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)****Frazione fine: metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)**

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
9.5	100	0.0200	92.0
4.75	99.1	0.0105	85.5
2	97.9	0.0055	74.3
0.850	96.8	0.0039	67.1
0.425	95.9	0.0028	60.8
0.250	95.4	0.0020	54.8
0.150	94.9	0.0012	47.0
0.063	93.7		



Definizione secondo A.G.I.:

**Argilla con limo**

Fusi granulometrici critici nei confronti della liquefazione (Tsuchida, 1970)

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1042/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

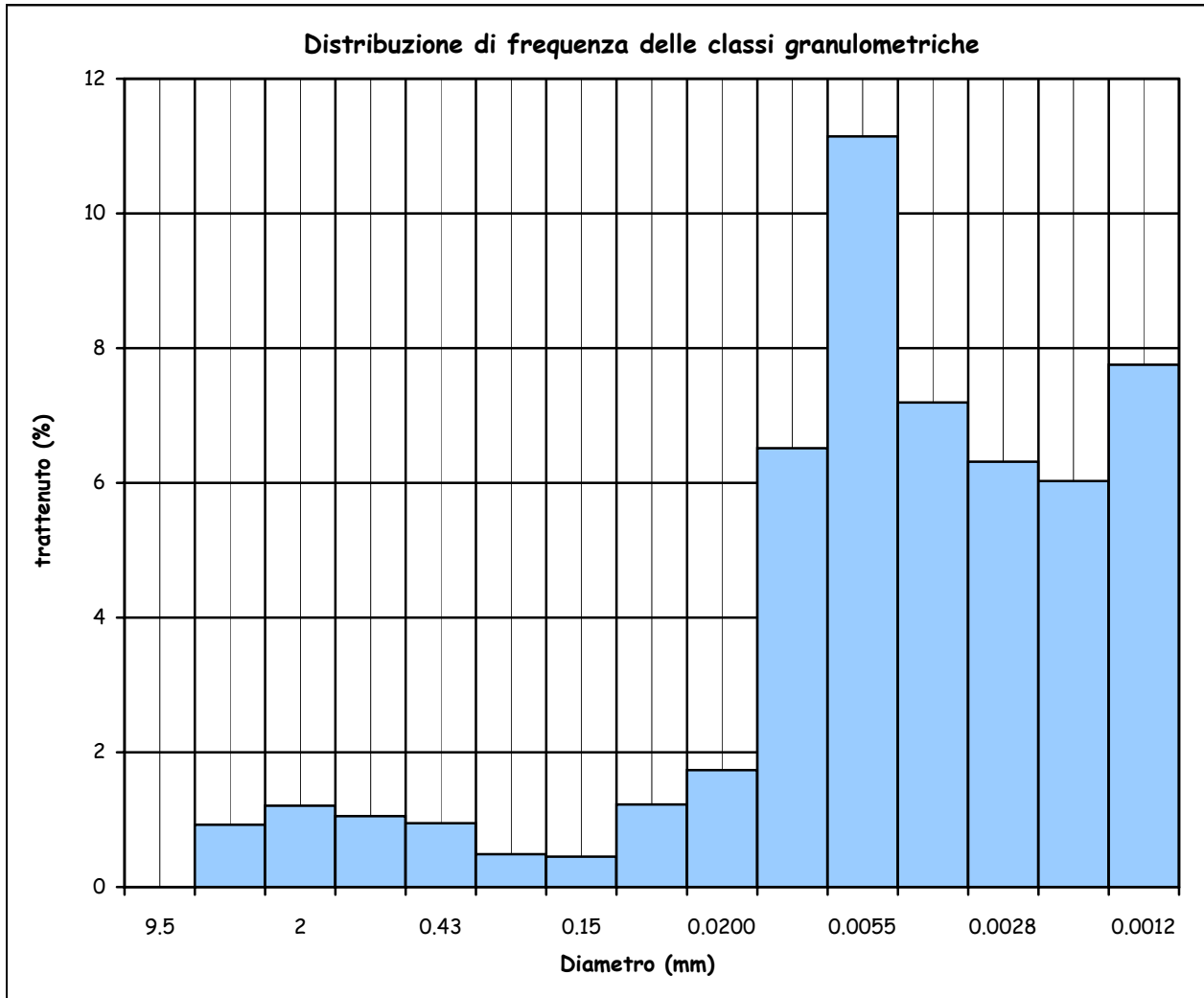
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 30/08/17 - 07/09/17

**Analisi granulometrica**



Coefficiente di uniformità (Cu) = -

Coefficiente di curvatura (Cc) = -

Mediana 0.0015

Moda 0.0055

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1043/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/08/17 - 07/09/17

**Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)**

Peso specifico dei grani (kN/m<sup>3</sup>)                      26.31

Peso di volume secco (kN/m<sup>3</sup>)                      17.4

Indice dei vuoti    0.515

Grado di saturazione (%)                              96.05

Contenuto d'acqua (%)                              18.41

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1044/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/08/17 - 13/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.928	19.725
Volume (cmc)	39.727	39.322
Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.6	21.1
Peso di volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.4	17.5
Contenuto d'acqua (%)	18.41	20.28
Indice dei vuoti	0.515	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m <sup>2</sup> /kN)	Av (m <sup>2</sup> /kN)
24.6	0.000	0.515	--	--
49.2	0.000	0.515	0.0000000	0.0000000
98.4	0.000	0.515	0.0000000	0.0000000
196.8	0.000	0.515	0.0000000	0.0000000
393.5	0.000	0.515	0.0000000	0.0000000
787.1	0.896	0.502	0.0000228	0.0000345
1574.2	2.647	0.475	0.0000223	0.0000337
3148.4	5.475	0.432	0.0000180	0.0000272
6296.7	8.955	0.379	0.0000111	0.0000167
1574.2	7.088	0.408	0.0000040	0.0000060
393.5	4.185	0.452	0.0000246	0.0000373
98.4	1.019	0.500	0.0001073	0.0001625

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni

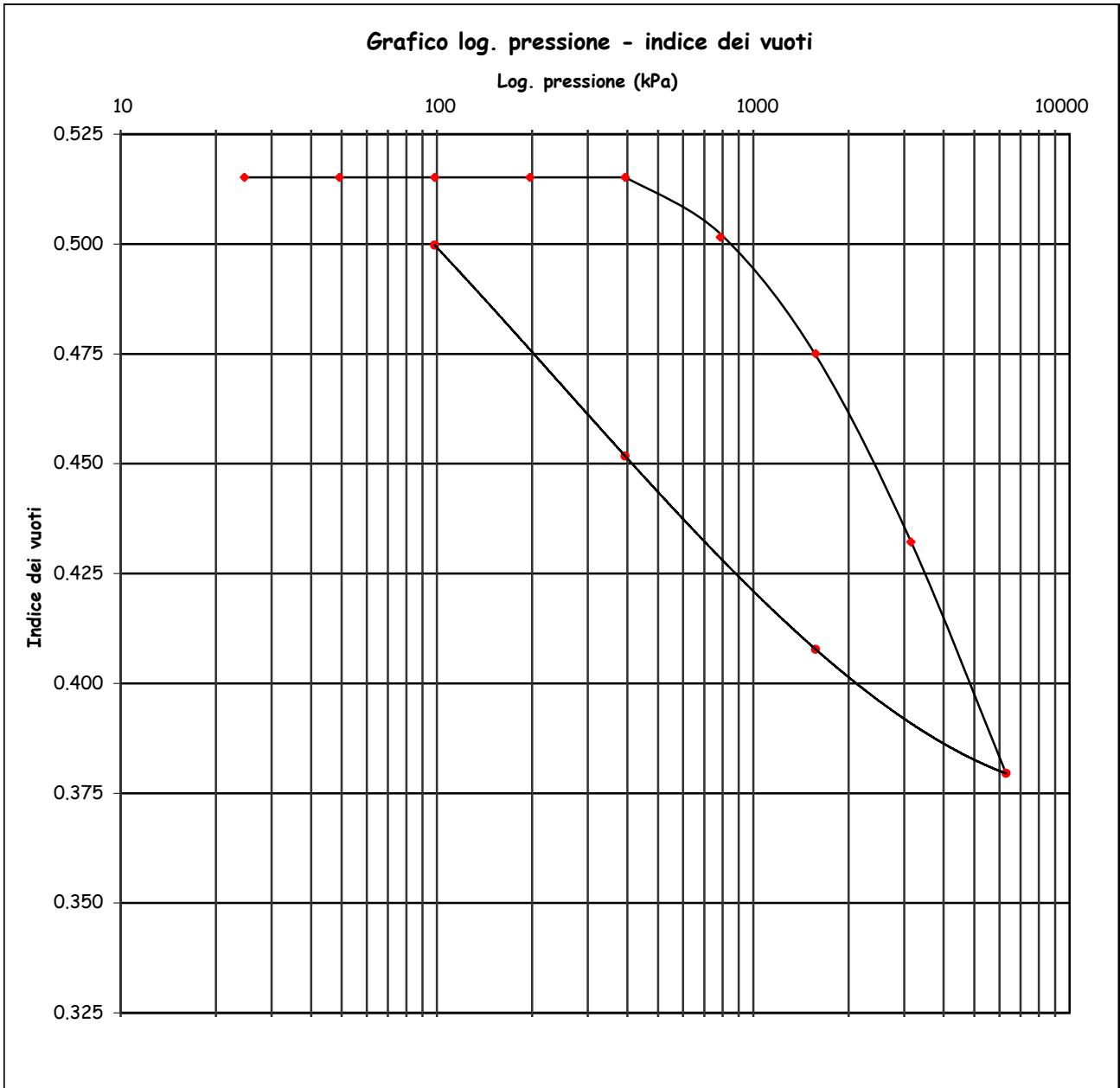




**CERTIFICATO DI PROVA N.1044/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/08/17 - 13/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1044/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/08/17 - 13/09/17

**Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)****Cedimento in funzione del tempo**

carico da 393.5 a 787.1 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 <sup>-3</sup> mm)
0.10	287.50
0.13	290.00
0.17	292.00
0.20	294.00
0.25	296.00
0.33	298.00
0.50	302.00
0.75	305.00
1.00	307.00
1.50	311.00
2.00	314.00
3.00	318.00
4.00	321.00
6.00	326.00
8.00	330.00
11.50	335.00
15.00	339.00
22.50	345.00
30.00	349.00
45.00	354.00
60.00	357.00
90.00	360.00
120.00	362.00
180.00	363.00
240.00	364.00
360.00	365.00
480.00	365.50
720.00	365.50
960.00	366.00
1200.00	366.00
1410.00	367.00

carico da 787.1 a 1574.2 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 <sup>-3</sup> mm)
0.10	474.00
0.13	480.00
0.17	485.00
0.20	488.00
0.25	494.00
0.33	500.00
0.50	509.00
0.75	519.00
1.00	527.00
1.50	539.00
2.00	548.00
3.00	562.00
4.00	574.00
6.00	591.00
8.00	604.00
11.50	620.00
15.00	633.00
22.50	655.00
30.00	671.00
45.00	692.00
60.00	706.00
90.00	723.00
120.00	732.00
180.00	743.00
240.00	748.00
360.00	754.00
480.00	757.00
720.00	762.00
960.00	768.00
1200.00	771.00
1410.00	774.00

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

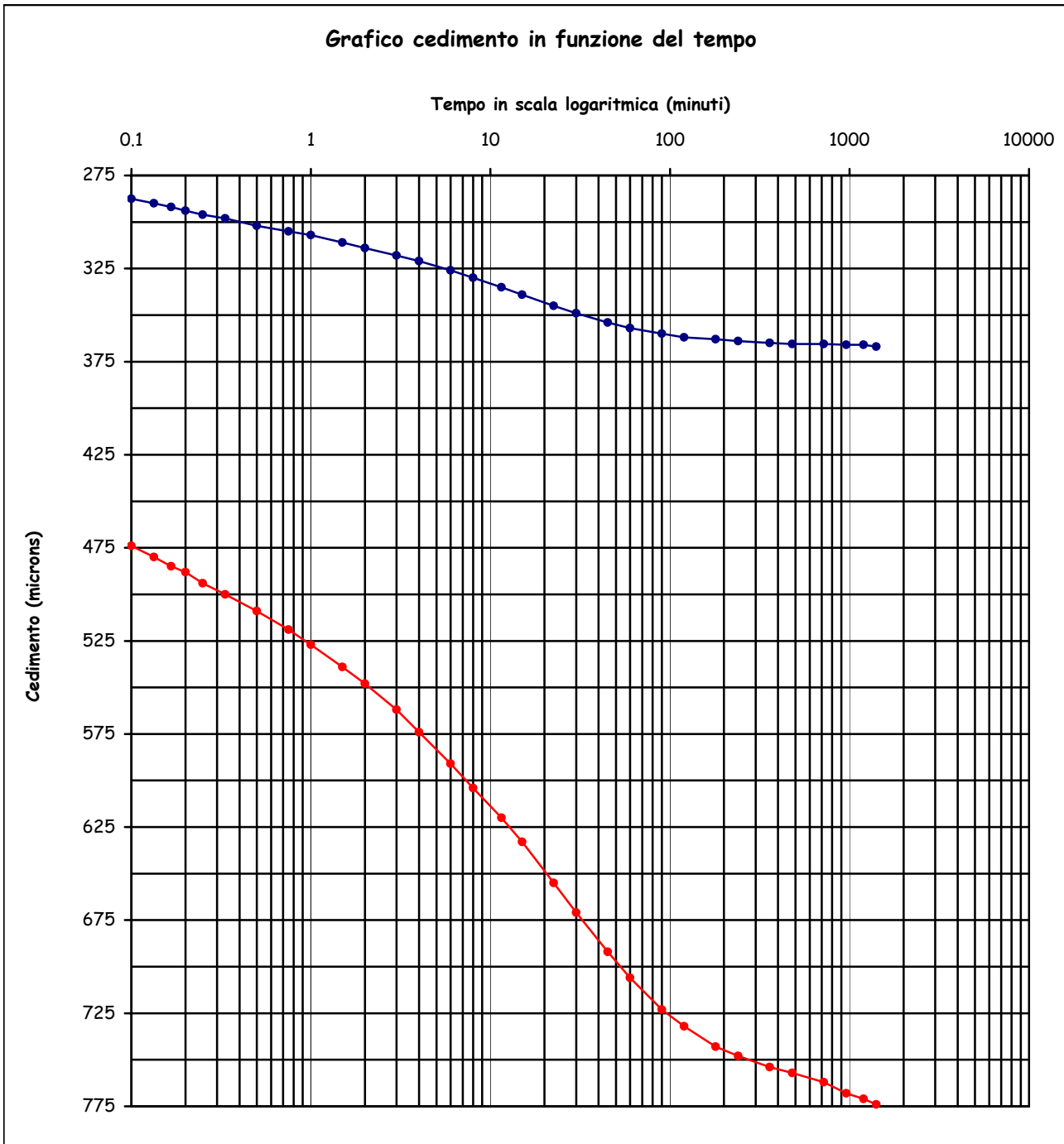
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1044/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 30/08/17 - 13/09/17

**Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1045/2017**

<b>CAMPIONE S88-CI1</b> profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/2017 - 13/09/17

**Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)****Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)****Prova triassiale non consolidata non drenata (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-8)  
con saturazione preliminare**

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Altezza iniziale (cm)	7.62	7.62	7.62
Diametro iniziale (cm)	3.82	3.82	3.82
Volume iniziale (cmc)	87.24	87.11	87.27
Vel. def. (mm/min)	0.5	0.5	0.5
<b>Condizioni prima della prova</b>			
Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.2	20.3	20.3
Peso di volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.2	17.2	17.3
Contenuto d'acqua naturale (%)	17.63	17.81	17.79
<b>Condizioni iniziali della prova</b>			
Pressione laterale effettiva (kPa)	50.0	100.0	150.1
Back pressure (kPa)	600	600	600
Coefficiente B di Skempton	0.97	0.98	0.98
<b>Condizioni a rottura</b>			
Tensione deviatorica (kPa)	133.6	153.6	142.7
Deformazione assiale unitaria (%)	17.50	19.97	17.71

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1045/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/2017 - 13/09/17

Prova triassiale non consolidata non drenata (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-8)

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
$\sigma_1 - \sigma_3$	$\varepsilon$	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\varepsilon$	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\varepsilon$
(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
29.5	0.43	60.7	0.42	69.7	0.64
77.4	1.33	97.8	1.31	90.6	1.55
91.0	2.24	107.9	2.22	101.6	2.47
101.1	3.16	116.1	3.15	109.9	3.40
107.5	4.08	122.4	4.06	114.6	4.32
110.5	5.00	126.9	4.98	118.4	5.22
114.3	5.92	131.3	5.88	122.9	6.14
117.1	6.87	134.8	6.81	126.5	7.08
119.9	7.78	138.2	7.75	128.3	7.99
122.6	8.69	140.7	8.66	131.0	8.91
124.4	9.62	142.3	9.57	133.5	9.85
126.1	10.55	144.7	10.50	135.1	10.78
128.2	11.72	146.9	11.43	137.5	11.70
129.5	12.85	148.4	12.34	138.3	12.60
130.6	14.02	149.0	13.26	139.0	13.52
131.7	15.19	150.3	14.18	139.7	14.45
132.7	16.34	151.1	15.35	141.0	15.38
133.6	17.50	151.7	16.49	141.2	16.54
133.5	18.43	152.5	17.66	142.7	17.71
132.5	19.36	153.0	18.83	142.0	18.88
132.3	20.29	153.6	19.97	141.3	20.02

$\varepsilon$  : deformazione assiale unitaria

$\sigma_1 - \sigma_3$  : tensione deviatorica

$u - u_0$  : sovrappressione neutra

A : Coefficiente di pressione neutra

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



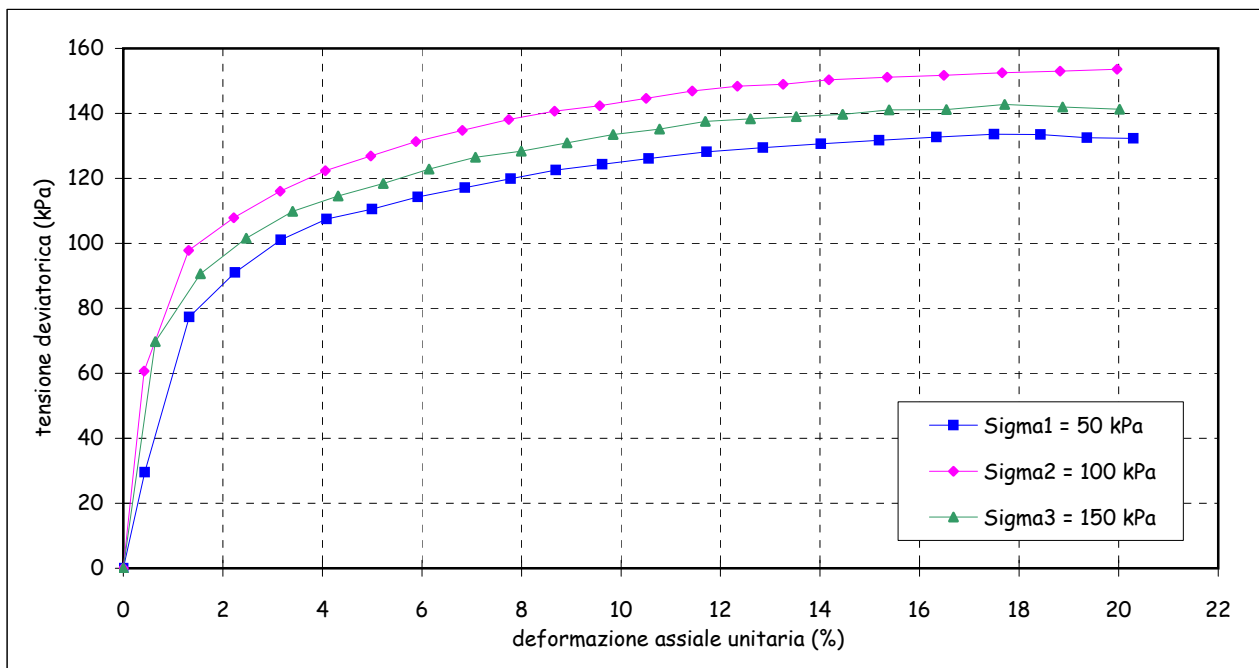
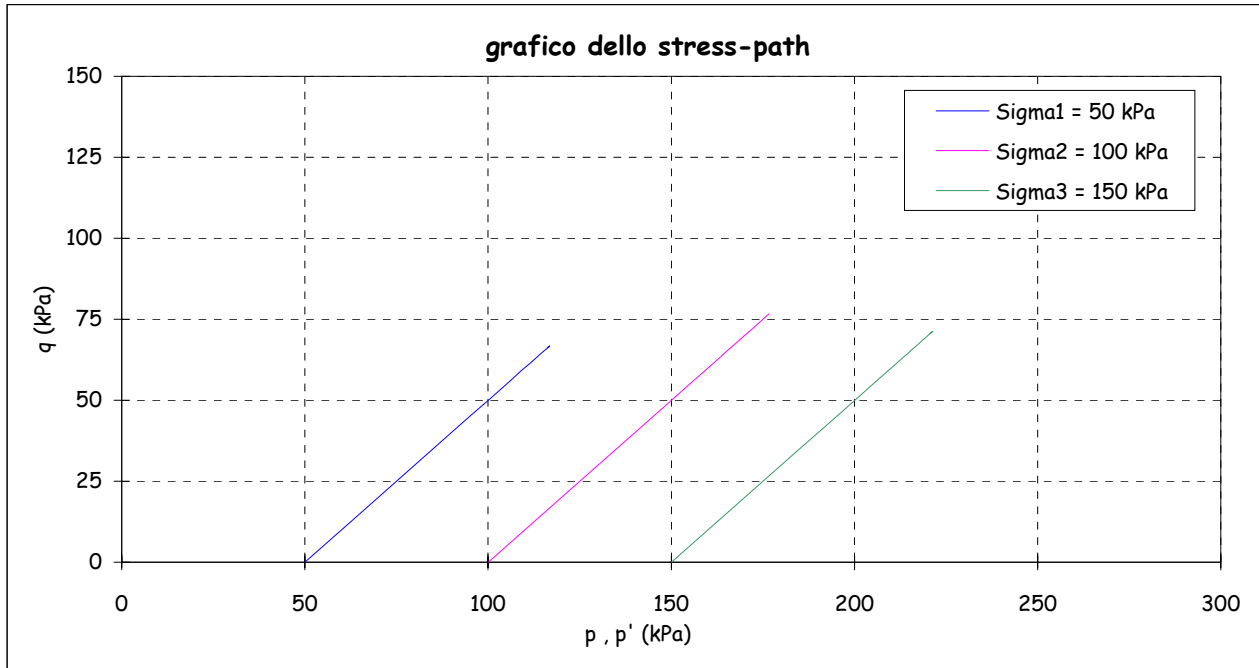
Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1045/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/2017 - 13/09/17

**Prova triassiale non consolidata non drenata (ASTM D 2850, UNI CEN ISO/TS 17892-8)**



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1046/2017****CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m**

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 30/08/17 - 11/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

	Provino 1	Provino 2	Provino 3
Peso di volume naturale iniziale (kN/m <sup>3</sup> )	20.2	20.0	19.8
Peso di volume umido finale (kN/m <sup>3</sup> )	21.8	21.1	21.1
Peso di volume secco iniziale (kN/m <sup>3</sup> )	16.9	16.8	16.7
Peso di volume secco finale (kN/m <sup>3</sup> )	17.4	17.0	16.9
Contenuto d'acqua iniziale (%)	18.90	18.74	18.67
Contenuto d'acqua finale (%)	25.19	24.41	24.71
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.0015	0.0015	0.0015
Sigma (kPa)	73.6	122.6	171.6
Tau a rottura (kPa)	39.7	58.4	78.3

Provino 1		Provino 2		Provino 3	
Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)	Scorrimento (mm)	Tau (kPa)
0.05	5.3	0.06	5.9	0.06	5.2
0.10	8.5	0.12	8.9	0.14	10.1
0.15	10.2	0.20	12.1	0.22	13.1
0.20	11.6	0.27	13.7	0.30	15.4
0.27	12.9	0.33	15.1	0.36	16.8
0.33	14.3	0.40	17.1	0.45	21.7
0.40	15.7	0.49	21.7	0.53	27.5
0.47	17.7	0.55	25.0	0.62	38.5
0.55	21.2	0.64	33.3	0.70	47.4
0.63	24.8	0.72	39.6	0.80	56.5
0.70	28.1	0.80	44.9	0.88	60.9
0.80	33.4	0.87	48.3	0.97	65.5
0.88	35.5	0.95	50.3	1.06	69.4
0.96	37.0	1.04	53.6	1.16	72.8
1.08	38.6	1.13	55.6	1.26	75.2
1.16	38.6	1.23	56.5	1.37	76.6
1.27	38.8	1.32	57.6	1.47	78.1
1.38	39.7	1.41	58.4	1.57	78.3
1.50	39.1	1.51	58.4	1.67	77.5
1.60	38.8	1.59	58.4	1.77	76.6
1.70	38.6	1.70	57.9	1.88	76.6

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1046/2017**

CAMPIONE S88-CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

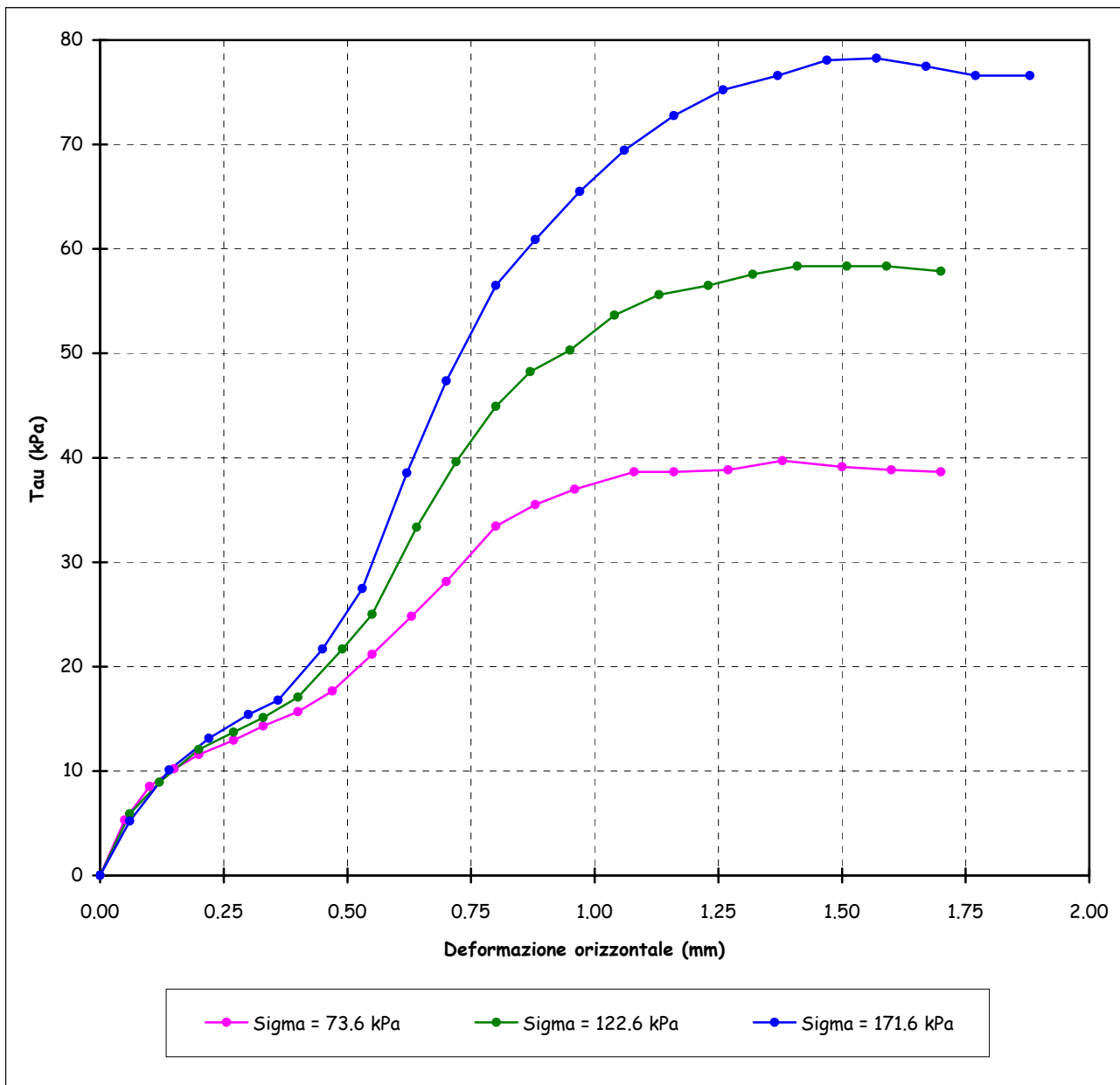
Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

Data prova: 30/08/17 - 11/09/17

Prova di taglio diretto (ASTM D 3080, UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Grafico deformazione orizzontale - Tau



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni





**IGETECMA s.n.c.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

**Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1039-1046/2017**

<b>CAMPIONE</b>	<b>S88-CI1</b>
Profondità metri	1.50 - 2.00
<b>Limiti di Atterberg</b>	
Umidità naturale (%)	18.75
Limite liquido (%)	64.6
Limite plastico (%)	23.2
Indice di plasticità (%)	41.4
Indice di consistenza	1.11
Indice di attività	0.73
Classificaz. Casagrande	CH
<b>Limite di Ritiro</b>	
Limite di ritiro (%)	13.9
Coefficiente di ritiro	2.02
<b>Granulometria</b>	
Ghiaia (%)	2.1
Sabbia (%)	4.2
Limo (%)	39.2
Argilla (%)	54.5
<b>Classificazione UNI 10006</b>	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	20
<b>Contenuto di sostanze organiche</b>	
Contenuto di sostanze organiche (%)	4.1%
<b>Parametri fisici</b>	
Peso volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.2
Peso volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.1
Peso specifico dei grani (kN/m <sup>3</sup> )	26.31
Indice dei vuoti	0.515
Grado di saturazione (%)	96.05
<b>Prova edometrica</b>	
Indice di ricompressione, Cr	0.04509
Indice di compressione, Cc	0.15875
Indice di rigonfiamento, Cs	0.07637
Pressione di preconsolidazione, $\sigma'_{vmax}$ (kPa)	955.6
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm <sup>2</sup> /sec)	7.09E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	7.04E-10
Coefficiente di consolidazione verticale, Cv (cm <sup>2</sup> /sec)	4.74E-04
Permeabilità, K (cm/sec)	8.24E-10
<b>Prova di taglio diretto</b>	
Coesione, C' (kPa)	10.6
Angolo di resistenza al taglio, $\phi'$ (°)	21.5
<b>Prova triassiale non consolidata non drenata (UU)</b>	
Coesione non drenata, Cu (kPa)	71.7

\*\* provini sottoposti a saturazione



**IGETECMA s.n.c.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

## Certificati di Prova n. 1047-1053/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 25/09/17 - 09/10/17

CAMPIONE:

S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m

### Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 11 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1047/2017**

<b>CAMPIONE S88-CI2</b> profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 25/09/17

**Descrizione del campione**

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 48 cm: argilla limosa con noduli di Fe / Mn e concrezioni carbonatiche, da consistente a molto consistente colore tra marrone oliva chiaro e marrone oliva, a tratti grigio bluastrc

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometric peso specifico, edometria e compressione ell

P.P = 294.2 kPa



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1047/2017**

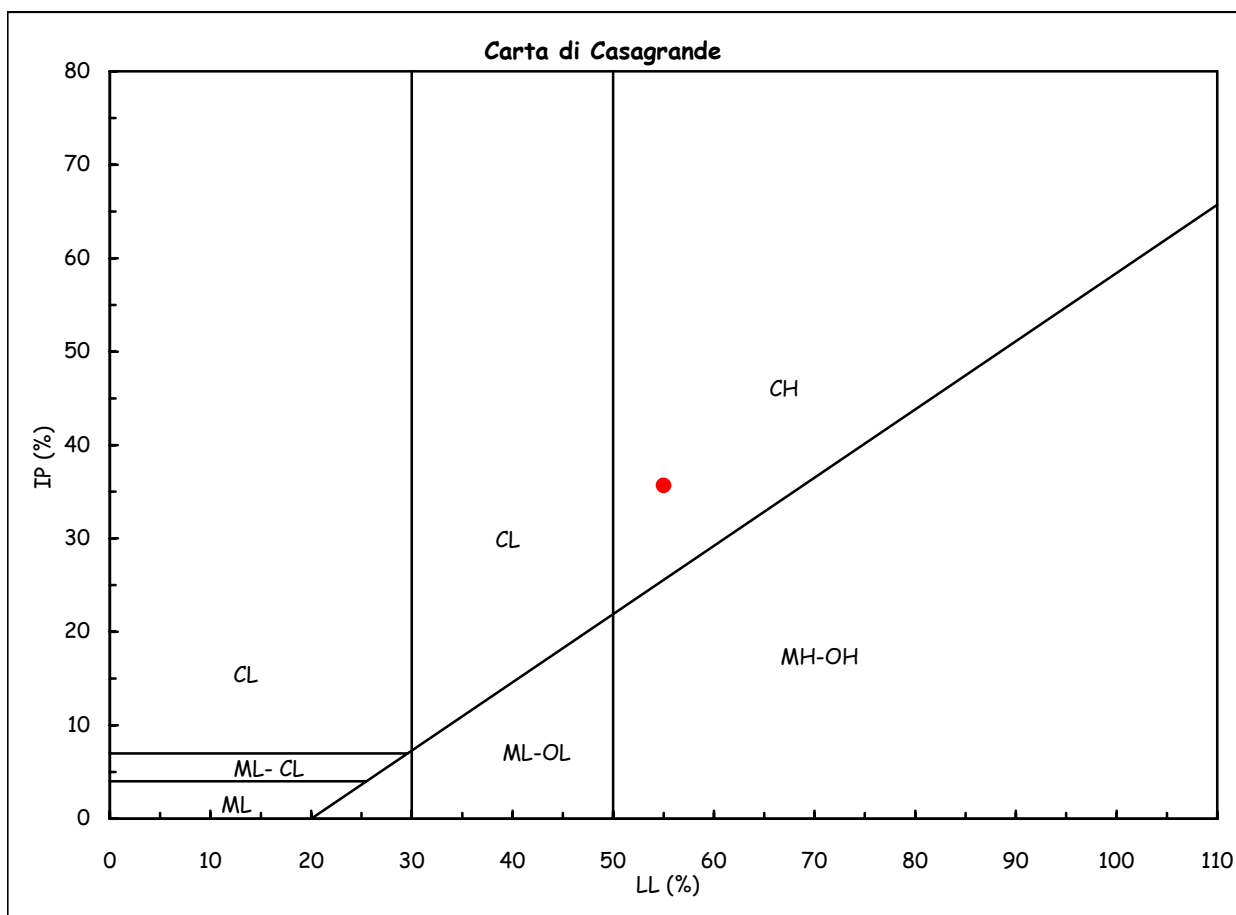
CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 04/10/17 - 05/10/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (W <sub>n</sub> ) =	22.92%	Limite di liquidità (LL) =	55.0%
Limite di plasticità (LP) =	19.3%	Indice di plasticità (IP) =	35.7%
Indice di consistenza (I <sub>c</sub> ) =	0.90	Indice di attività (I <sub>at</sub> ) =	0.71

CH = argille inorganiche di  
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 19

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi  
*Lorenzo Gambassi*



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni  
*Michele Caloni*



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1048/2017**

**CAMPIONE S88-CI2** profondità 3.50 - 4.00 m

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

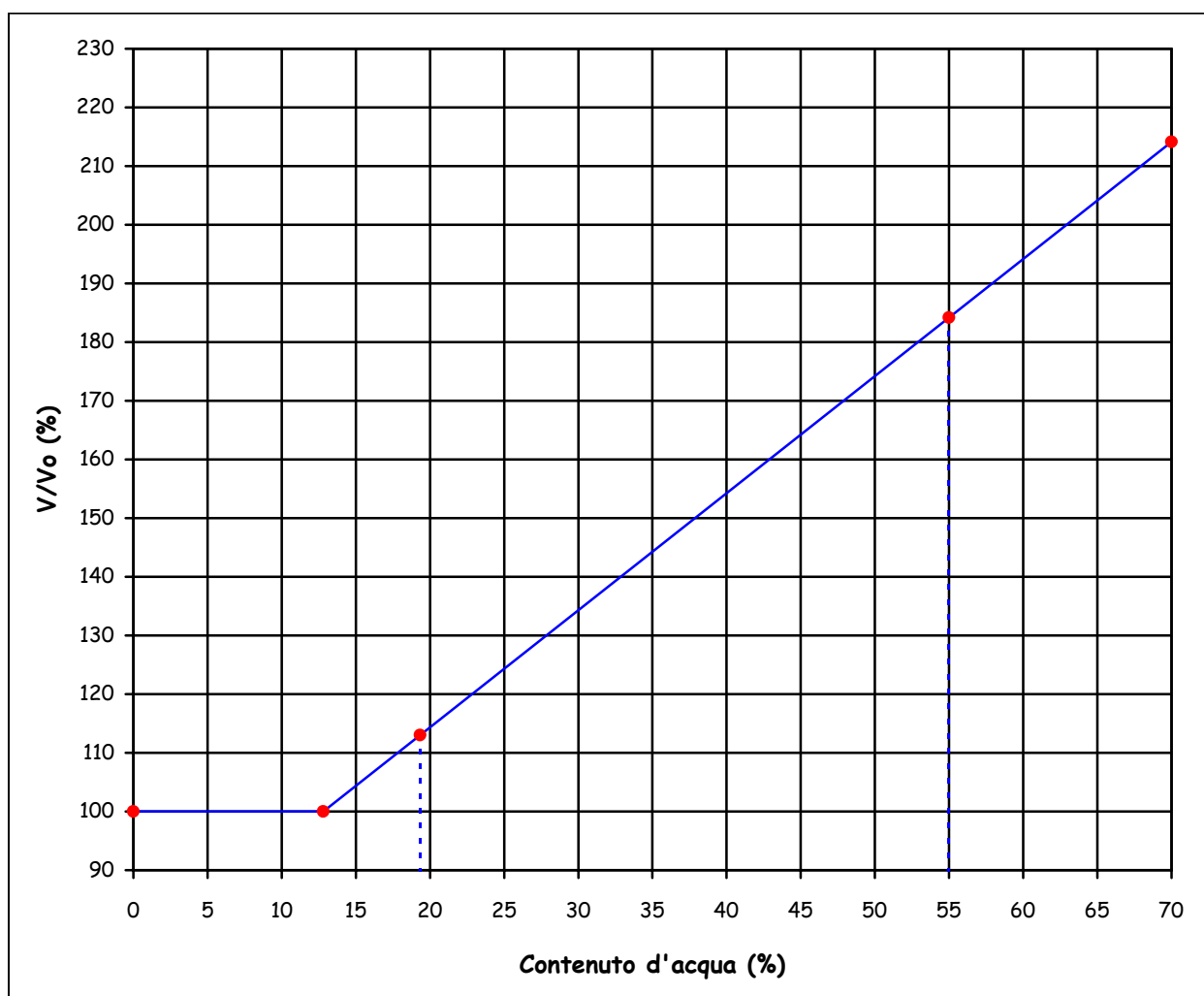
V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

Data prova: 04/10/17 - 05/10/17

**Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)**

Limite di ritiro ( $W_s$ ) = 12.8%

Coefficiente di ritiro ( $R_s$ ) = 2.00



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1049/2017**

CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

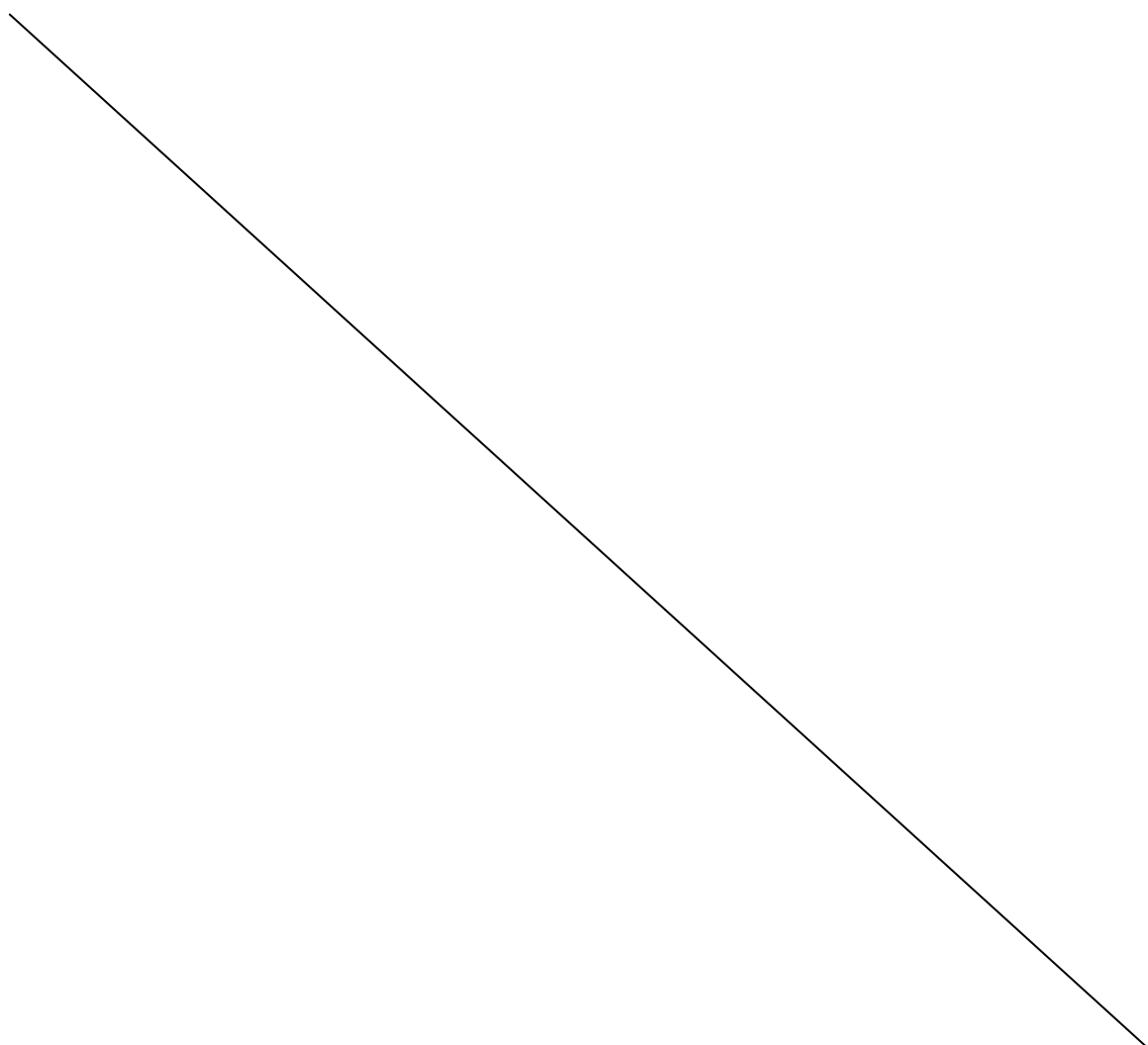
V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 04/10/17 - 06/10/17

**Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)**

Contenuto di sostanze organiche (%) = 4.5%



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Calogi



**CERTIFICATO DI PROVA N.1050/2017**

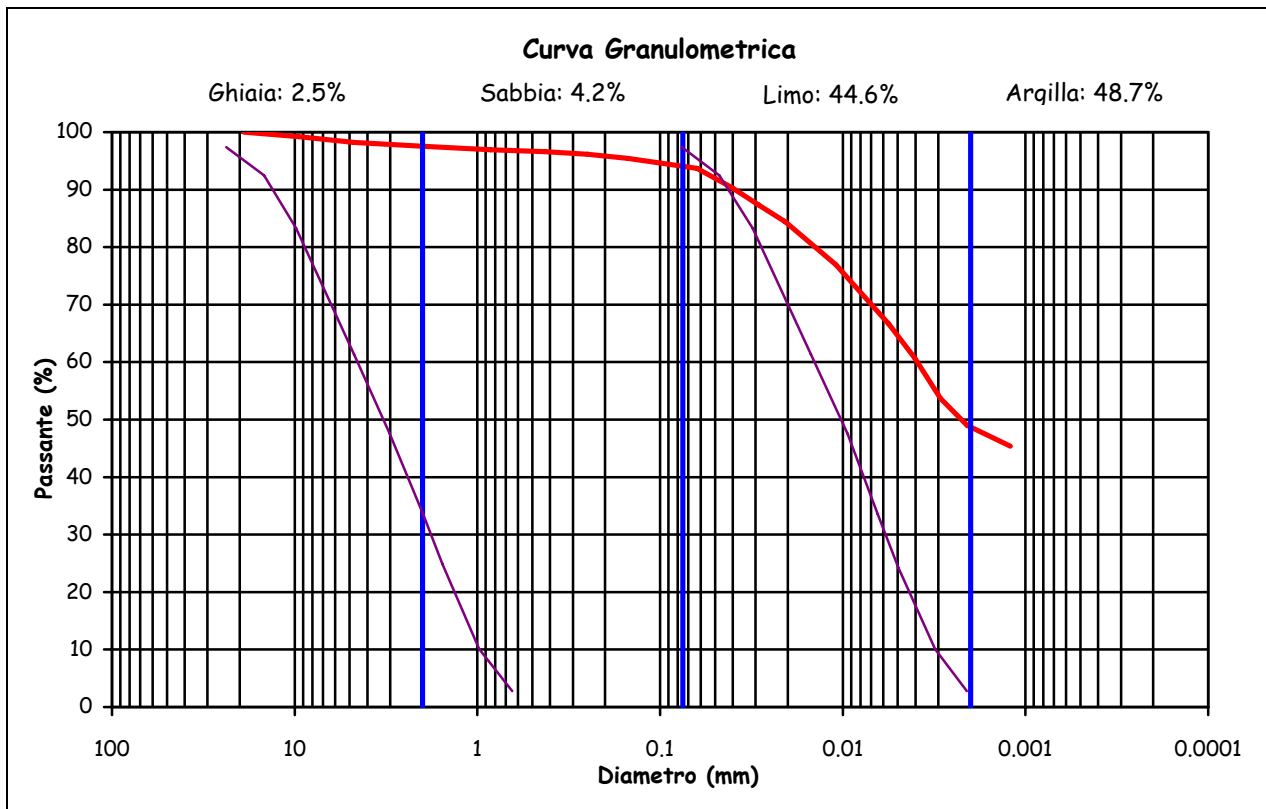
<b>CAMPIONE S88-CI2</b> profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 04/10/17 - 06/10/17

**Analisi granulometrica**

Setacciatura: per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Frazione fine: metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
19	100	0.0405	90.4
9.5	99.2	0.0289	87.4
4.75	98.2	0.0207	84.4
2	97.5	0.0109	76.9
0.850	96.9	0.0056	66.6
0.425	96.6	0.0040	60.7
0.250	96.2	0.0029	53.7
0.150	95.5	0.0021	49.0
0.063	93.7	0.0012	45.4



Definizione secondo A.G.I.:

Argilla con limo

Fusi granulometrici critici nei confronti della liquefazione (Tsuchida, 1970)

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1050/2017**

CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

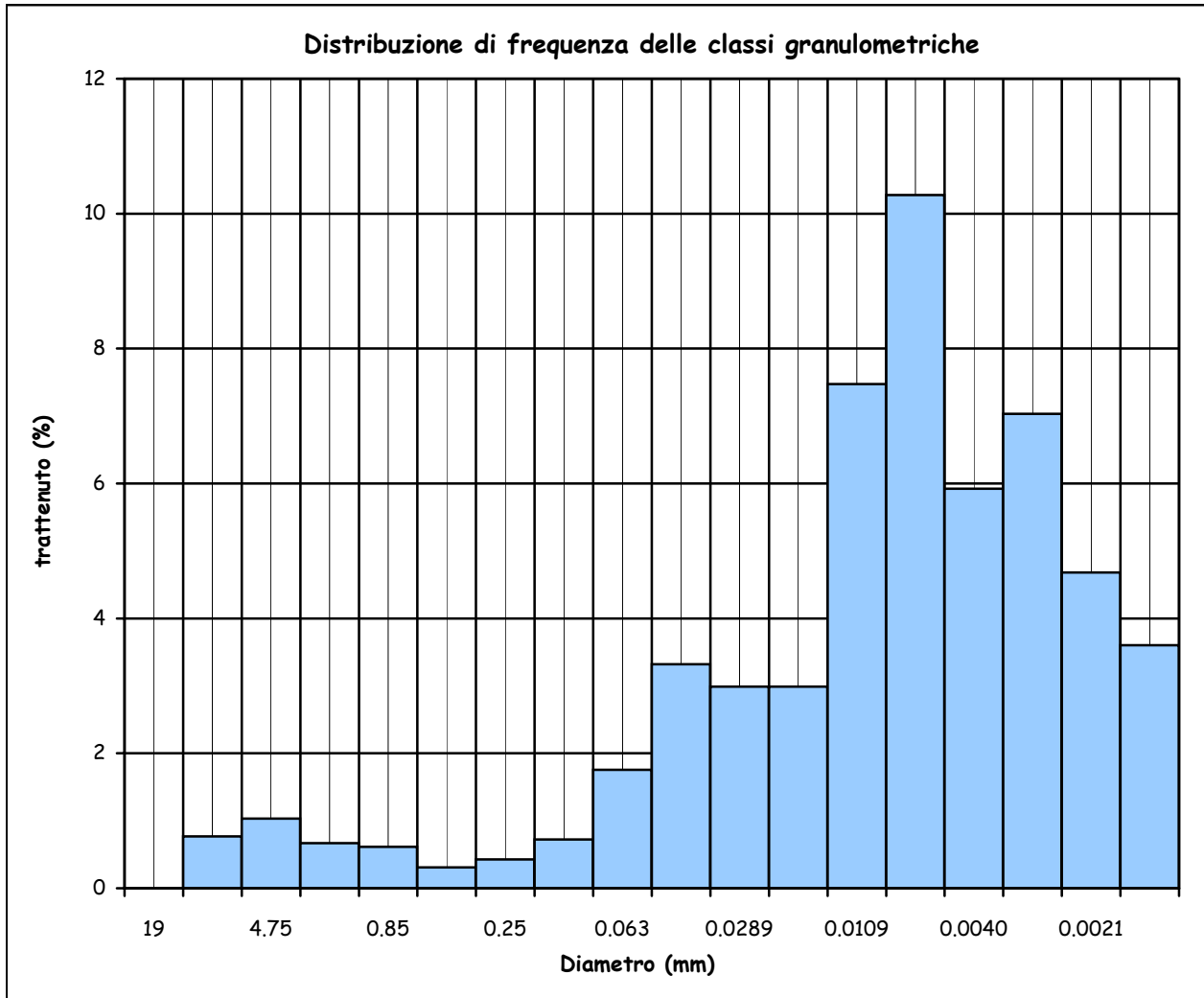
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 04/10/17 - 06/10/17

**Analisi granulometrica**



Coefficiente di uniformità (Cu) = -

Coefficiente di curvatura (Cc) = -

Mediana 0.0023

Moda 0.0056

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni





**IGETECMA s.n.c.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1051/2017**

<b>CAMPIONE S88-CI2</b> profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino l'11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 25/09/17 - 04/10/17

**Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854,**

Peso specifico dei grani (kN/m<sup>3</sup>)                      26.15

Peso di volume secco (kN/m<sup>3</sup>)                      16.3

Indice dei vuoti    0.602

Grado di saturazione (%)                              100.96

Contenuto d'acqua (%)                              22.76

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1052/2017**

CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 25/09/17 - 02/10/17

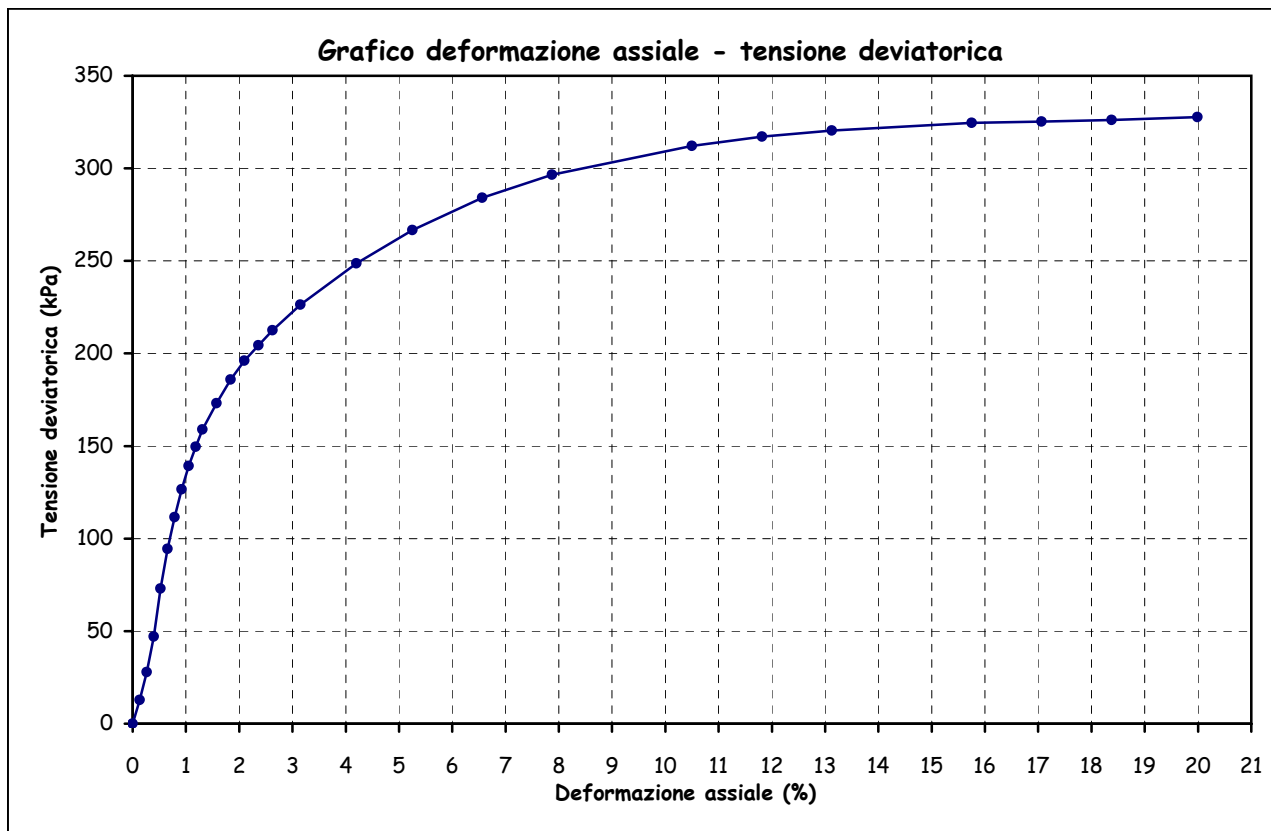
Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)

Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	Sigma a rottura (kPa)	327.6
Peso di volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	16.3	Coesione non drenata (kPa)	163.8
Contenuto d'acqua (%)	22.18	Modulo elastico	11786
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

$\varepsilon$ (%)	$\sigma$ (kPa)	$\varepsilon$ (%)	$\sigma$ (kPa)	$\varepsilon$ (%)	$\sigma$ (kPa)
0.13	12.8	1.31	158.9	6.56	284.1
0.26	27.8	1.58	173.2	7.88	296.5
0.39	47.0	1.84	185.9	10.50	312.1
0.53	72.9	2.10	196.1	11.81	317.2
0.66	94.4	2.36	204.4	13.13	320.4
0.79	111.6	2.63	212.6	15.75	324.6
0.92	126.5	3.15	226.3	17.06	325.3
1.05	139.1	4.20	248.6	18.38	326.2
1.18	149.6	5.25	266.6	19.99	327.6



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni

**CERTIFICATO DI PROVA N.1053/2017**

CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 25/09/17 - 09/10/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.895	19.073
Volume (cmc)	39.914	38.266
Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.0	20.8
Peso di volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	16.3	17.0
Contenuto d'acqua (%)	22.76	22.37
Indice dei vuoti	0.602	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m <sup>2</sup> /kN)	Av (m <sup>2</sup> /kN)
12.2	0.000	0.602	--	--
24.4	0.000	0.602	0.0000000	0.0000000
48.9	0.000	0.602	0.0000000	0.0000000
97.8	0.000	0.602	0.0000000	0.0000000
195.5	0.510	0.594	0.0000522	0.0000836
391.1	1.847	0.573	0.0000684	0.0001096
782.1	4.335	0.533	0.0000636	0.0001019
1564.2	7.562	0.481	0.0000413	0.0000661
3128.5	11.083	0.425	0.0000225	0.0000361
782.1	9.456	0.451	0.0000069	0.0000111
195.5	6.786	0.494	0.0000455	0.0000729
48.9	4.129	0.536	0.0001812	0.0002903

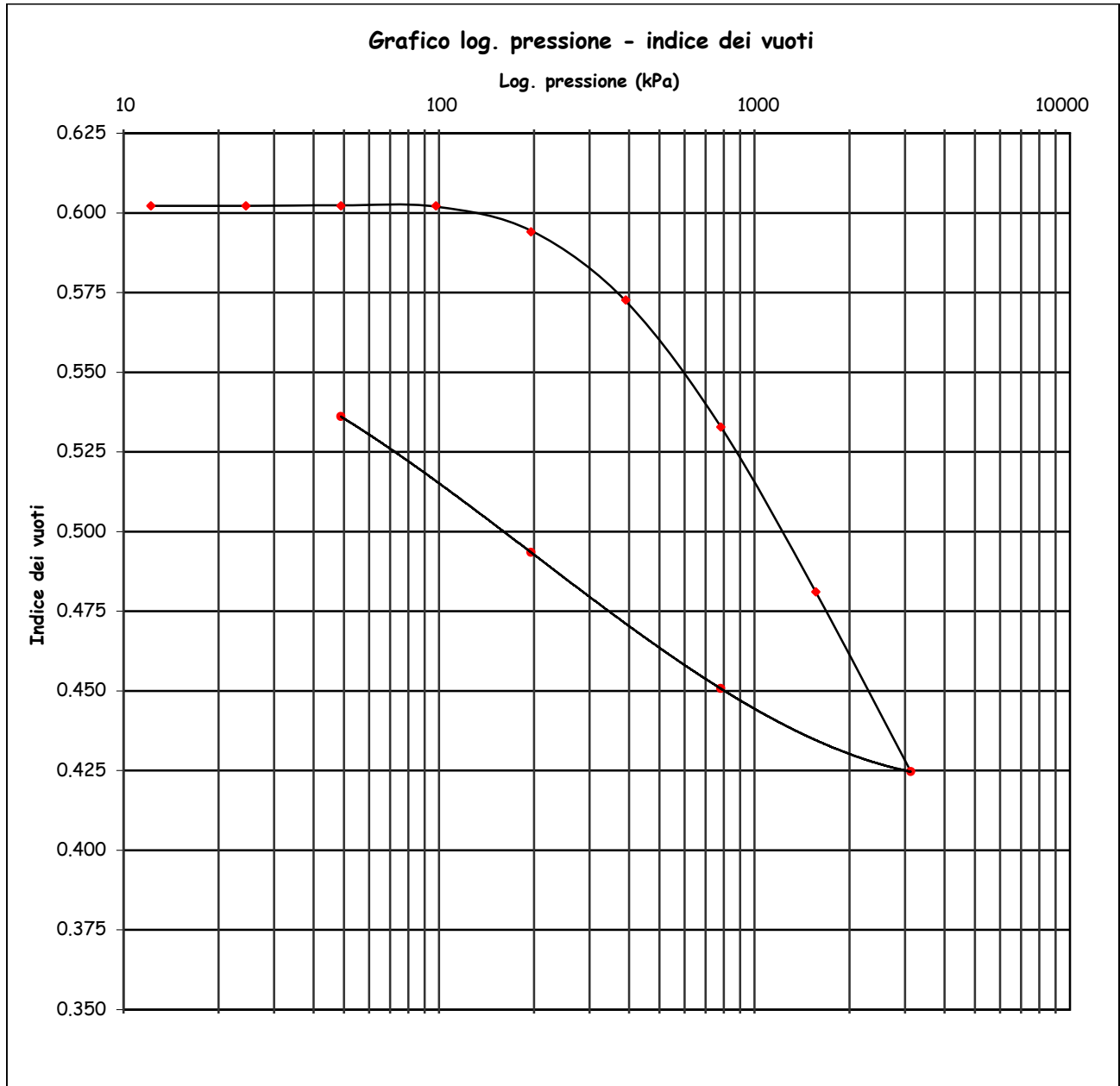
Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo GambassiIl direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1053/2017**

CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 25/09/17 - 09/10/17

**Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1053/2017**

CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 25/09/17 - 09/10/17

**Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**

**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 97.8 a 195.5 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 <sup>-3</sup> mm)
0.10	109.00
0.17	111.00
0.25	113.75
0.50	120.25
1.00	127.50
2.00	137.00
4.00	148.00
8.00	161.50
15.00	177.50
30.00	199.00
60.00	215.75
120.00	229.00
240.00	234.75
480.00	238.75
1440.00	245.00

carico da 195.5 a 391.1 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 <sup>-3</sup> mm)
0.10	275.00
0.17	278.00
0.25	282.00
0.50	289.50
1.00	300.50
2.00	315.00
4.00	339.75
8.00	375.00
15.00	415.25
30.00	456.75
60.00	495.25
120.00	524.50
240.00	545.00
480.00	553.50
1440.00	565.50

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



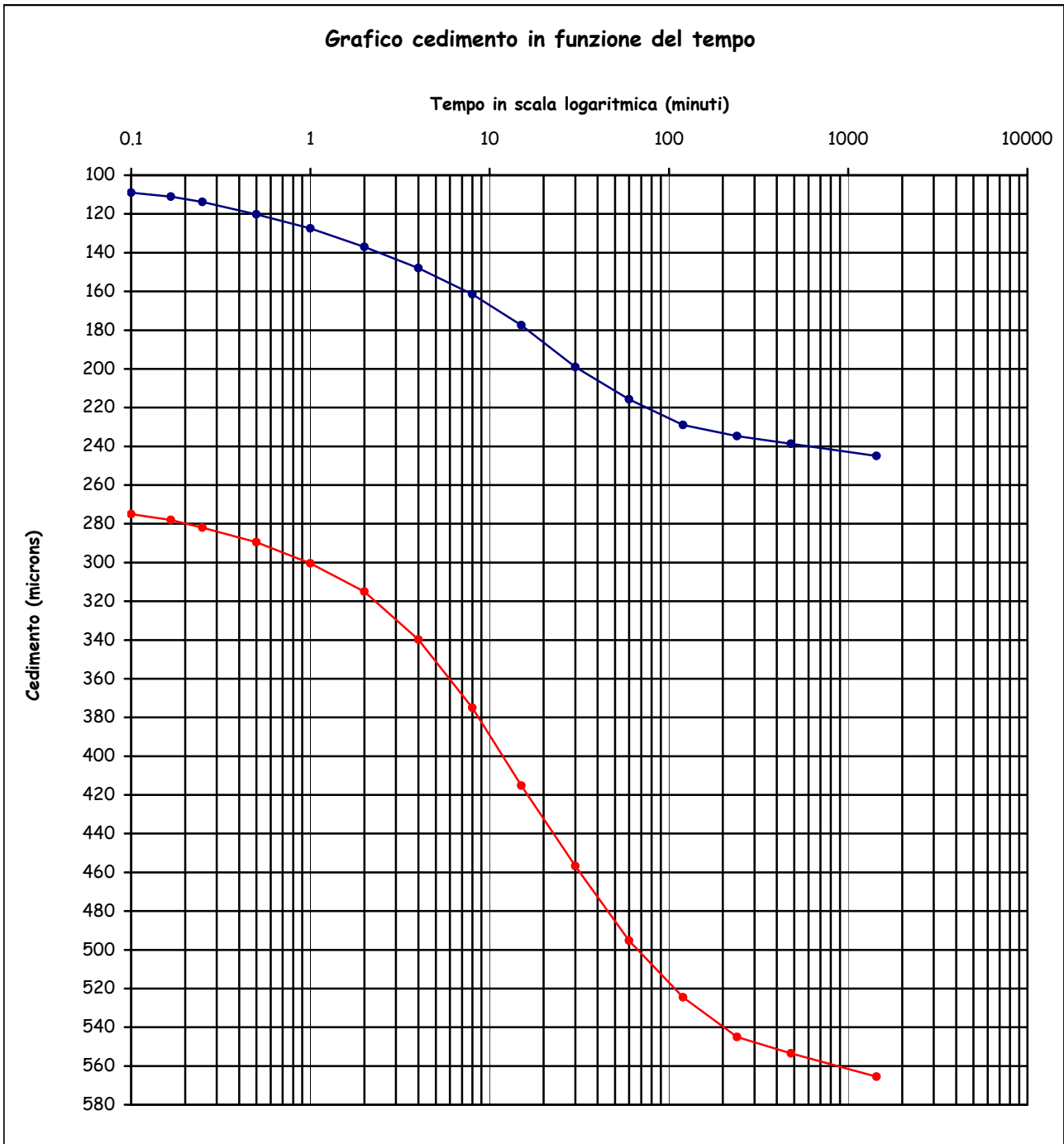
Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1053/2017**

CAMPIONE S88-CI2 profondità 3.50 - 4.00 m	Montelupo Fiorentino il 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 150/2017 del 02/08/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 25/09/17 - 09/10/17

**Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**IGETECMA s.n.c.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 150/2017 del 02/08/17

**Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1047-1053/2017**

<b>CAMPIONE</b>	<b>S88-CI2</b>
Profondità metri	3.50 - 4.00
<b>Limiti di Atterberg</b>	
Umidità naturale (%)	22.92
Limite liquido (%)	55.0
Limite plastico (%)	19.3
Indice di plasticità (%)	35.7
Indice di consistenza	0.90
Indice di attività	0.71
Classificaz. Casagrande	CH
<b>Limite di Ritiro</b>	
Limite di ritiro (%)	12.8
Coefficiente di ritiro	2.00
<b>Granulometria</b>	
Ghiaia (%)	2.5
Sabbia (%)	4.2
Limo (%)	44.6
Argilla (%)	48.7
<b>Classificazione UNI 10006</b>	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	19
<b>Contenuto di sostanze organiche</b>	
Contenuto di sostanze organiche (%)	4.5%
<b>Parametri fisici</b>	
Peso volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.0
Peso volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	16.3
Peso specifico dei grani (kN/m <sup>3</sup> )	26.15
Indice dei vuoti	0.602
Grado di saturazione (%)	100.96
<b>Prova di Compressione E.L.L.</b>	
Coesione non drenata, $C_u$ (kPa)	163.8
Modulo elastico tangente iniziale, $E_{ti}$ (kPa)	11786
<b>Prova edometrica</b>	
Indice di ricompressione, $C_r$	0.04916
Indice di compressione, $C_c$	0.17959
Indice di rigonfiamento, $C_s$	0.07088
Pressione di preconsolidazione, $\sigma'_{vm\max}$ (kPa)	371.1
Coefficiente di consolidazione verticale, $C_v$ (cm <sup>2</sup> /sec)	3.65E-04
Permeabilità, $K$ (cm/sec)	2.37E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, $C_v$ (cm <sup>2</sup> /sec)	2.66E-04
Permeabilità, $K$ (cm/sec)	1.83E-09

*Michela Calmo*



**IGETECMA s.n.c.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

## Certificati di Prova n. 1054-1060/2017

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

SETTORE: meccanica delle terre

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

DATA ESECUZIONE PROVE: 07/09/17 - 26/09/17

CAMPIONE:

S89CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

### Prove eseguite

- 1 - Prove speditive di consistenza (ASTM 2488)
- 2 - Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 3 - Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 4 - Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 5 - Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)
- 6 - Contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)
- 7 - Analisi granulometrica per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 8 - Analisi granulometrica per vagliatura per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 9 - Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)
- 10 - Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)
- 11 - Prova edometrica (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni





IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 2

**CERTIFICATO DI PROVA N.1054/2017**

CAMPIONE S89CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 145/2017 del 28/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data apertura campione: 07/09/17

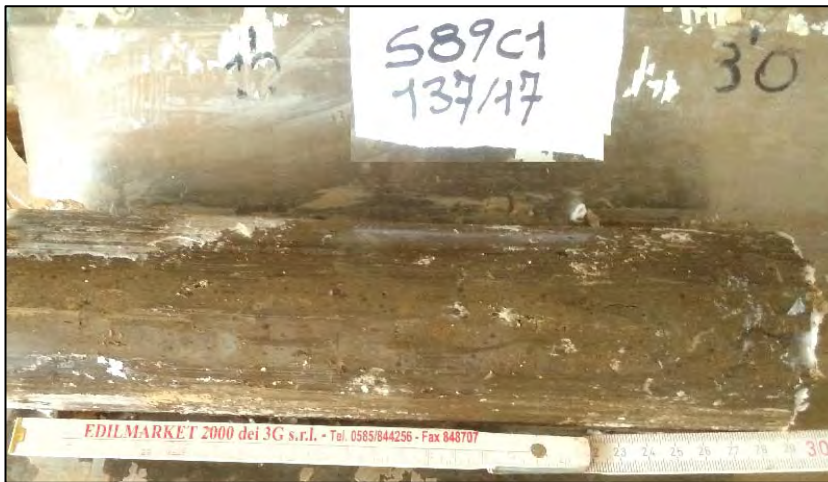
**Descrizione del campione**

Campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby di diametro di 88.9 mm da sondaggio eseguito a rotazione a carotaggio continuo

0 - 29 cm: argilla limosa con sporadici noduli di ferro/manganese e concrezioni carbonatiche, duro colore marrone oliva scuro

prove eseguite: umidità naturale, peso di volume, limiti, limite di ritiro, sostanze organiche, granulometrico peso specifico, edometria e compressione ell

P.P = > 392.3 kPa



Classe e grado di qualità (sec. A.G.I.)

Campione indisturbato Q-5

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1054/2017**

CAMPIONE S89CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

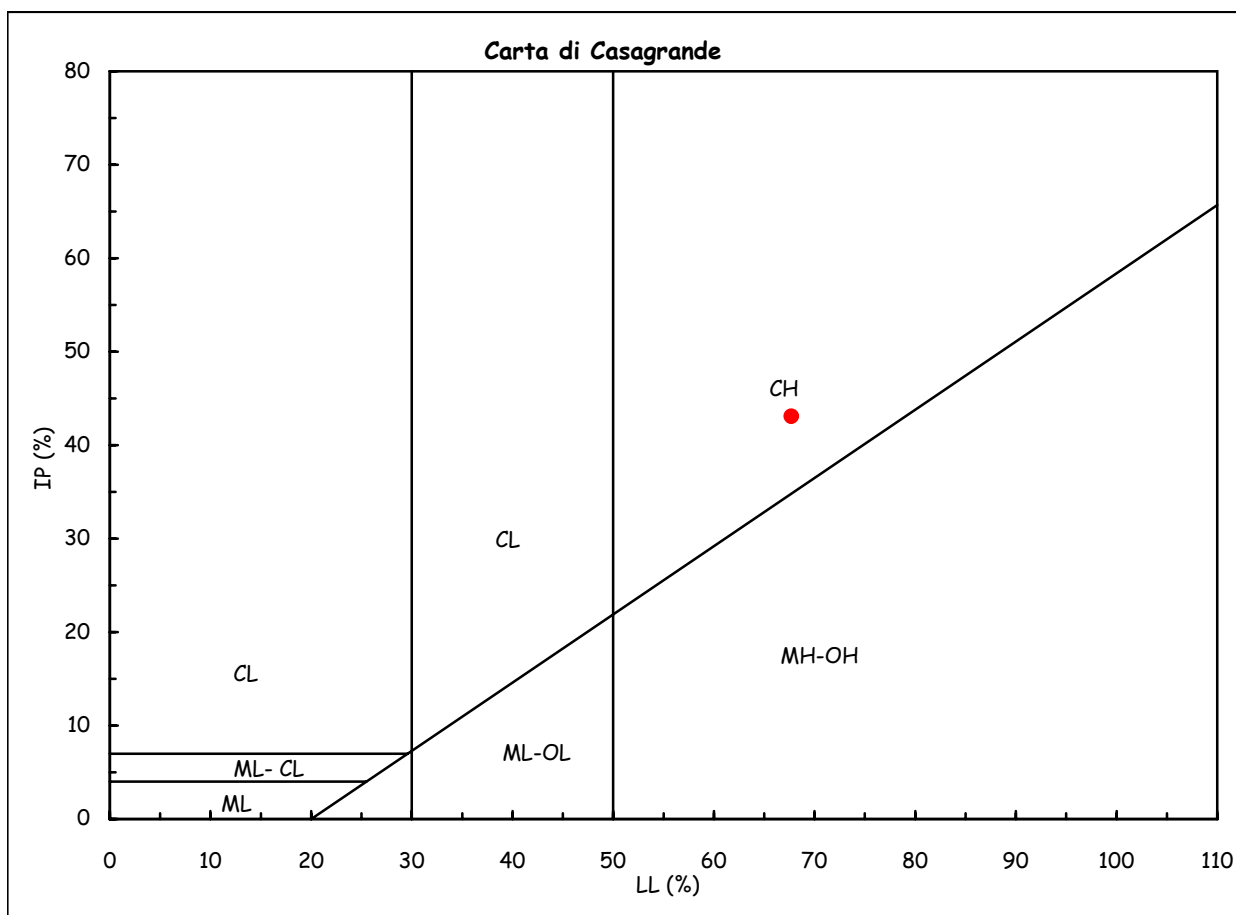
Data prova: 11/09/17 - 22/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Limiti di Atterberg (ASTM D 4318, UNI CEN ISO/TS 17892-12)

Contenuto d'acqua (W <sub>n</sub> ) =	19.32%	Limite di liquidità (LL) =	67.7%
Limite di plasticità (LP) =	24.6%	Indice di plasticità (IP) =	43.1%
Indice di consistenza (I <sub>c</sub> ) =	1.12	Indice di attività (I <sub>at</sub> ) =	0.72

CH = argille inorganiche di  
alta plasticità



Classificazione UNI 10006

Gruppo: A7-6

Indice di gruppo: 20

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi  
*Lorenzo Gambassi*



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni  
*Michele Caloni*



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1055/2017**

**CAMPIONE S89CI1** profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

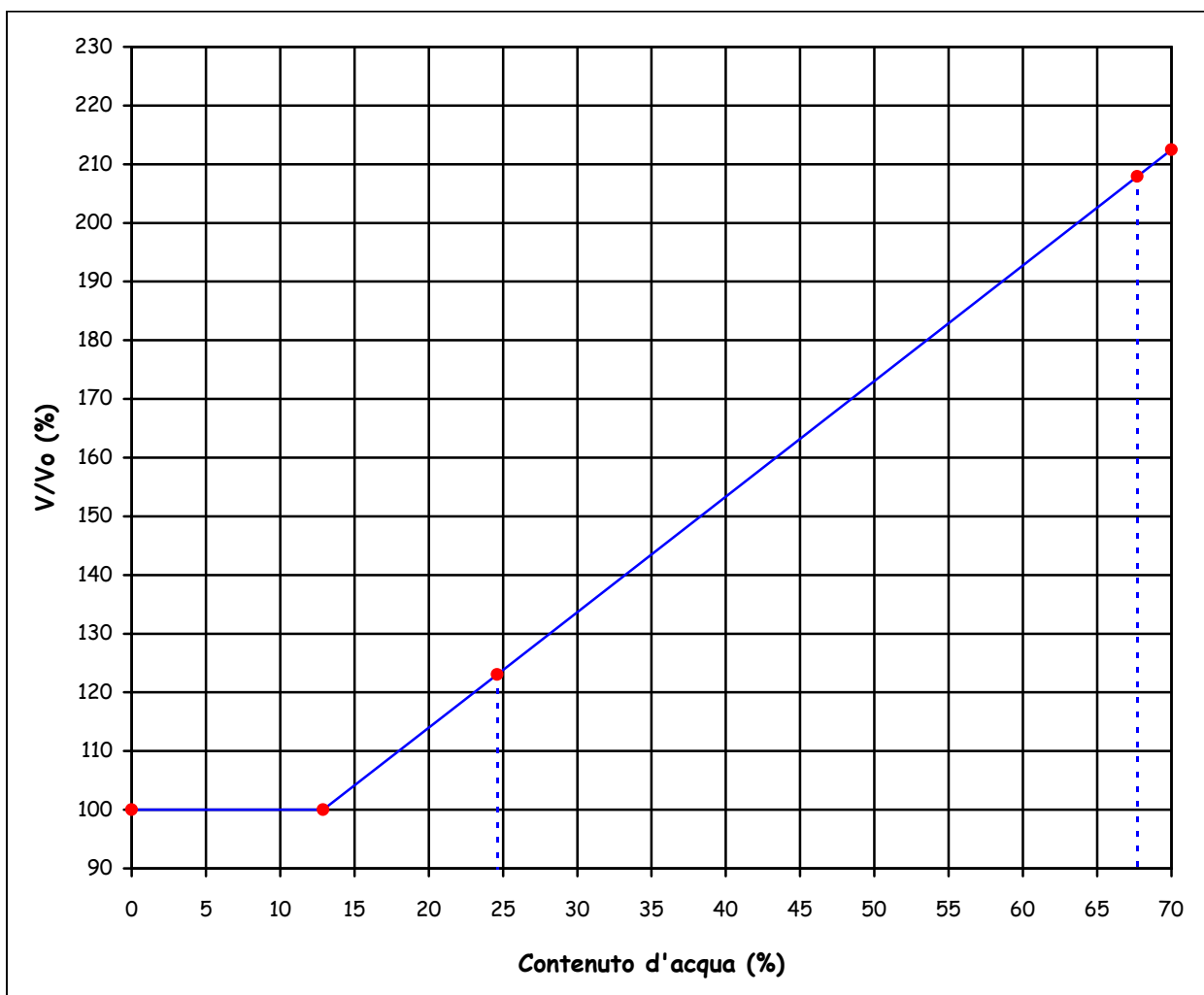
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 20/09/17

**Limite di ritiro (CNR-UNI 10014)**

Limite di ritiro (Ws) = 12.9%

Coefficiente di ritiro (Rs) = 1.97



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



IGETECMA s.n.c.

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

Pag. 1 di 1

**CERTIFICATO DI PROVA N.1056/2017**

CAMPIONE S89CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

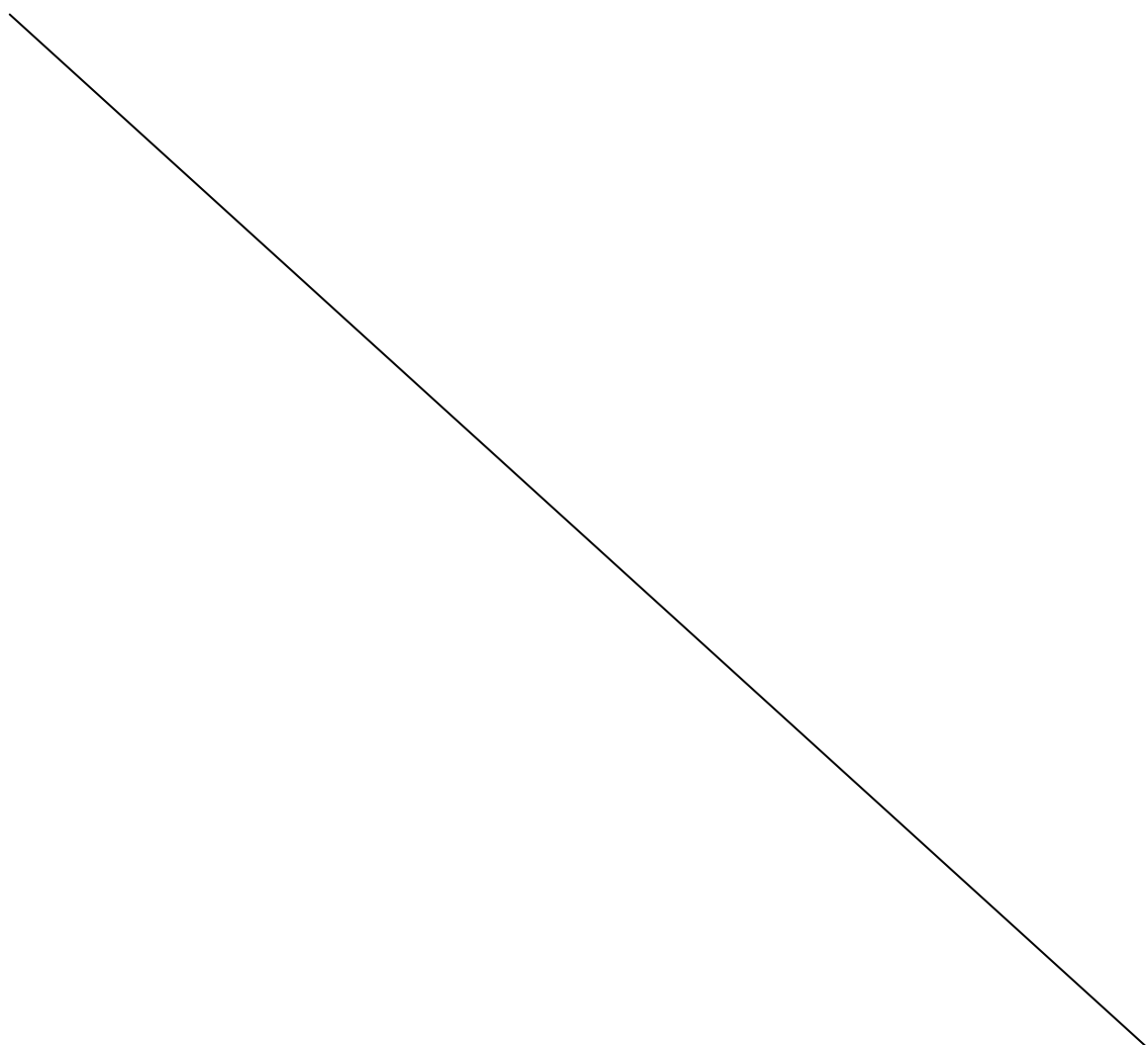
V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 20/09/17

**Determinazione del contenuto di sostanze organiche (ASTM 2974)**

Contenuto di sostanze organiche (%) = 5.9%



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Calogi



**CERTIFICATO DI PROVA N.1057/2017**

**CAMPIONE S89CI1** profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

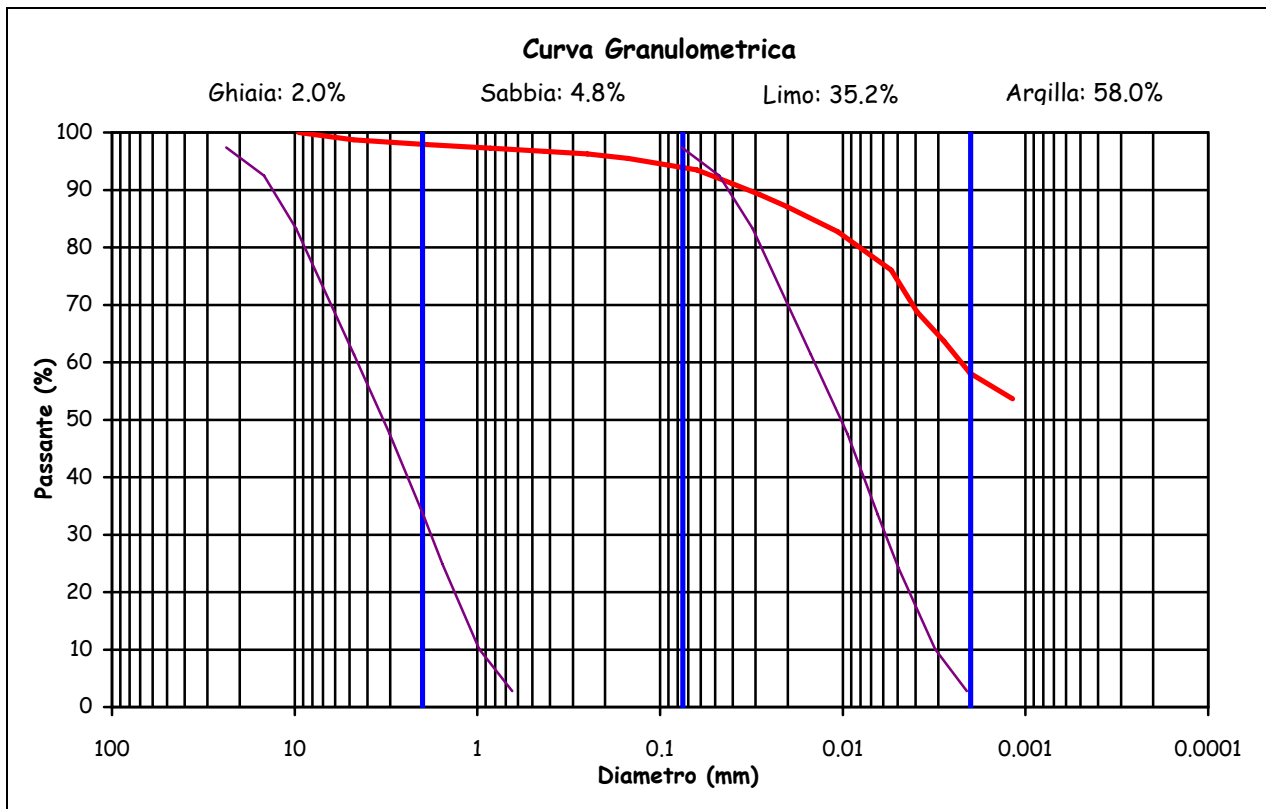
Data prova: 11/09/17 - 20/09/17

**Analisi granulometrica**

Setacciatura: per via umida (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Frazione fine: metodo del densimetro (AGI 1994, ASTM D 422, UNI CEN ISO/TS 17892-4)

Setacciatura		Sedimentazione	
Diametro (mm)	Passante (%)	Diametro (mm)	Passante (%)
9.5	100	0.0402	91.1
4.75	98.7	0.0286	89.2
2	98.0	0.0203	87.1
0.850	97.3	0.0106	82.7
0.425	96.7	0.0054	76.0
0.250	96.3	0.0039	68.7
0.150	95.5	0.0028	63.7
0.063	93.5	0.0020	58.1
		0.0012	53.6



Definizione secondo A.G.I.:  
**Argilla con limo**

Fusi granulometrici critici nei confronti della liquefazione (Tsuchida, 1970)

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1057/2017**

CAMPIONE S89CI1 profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

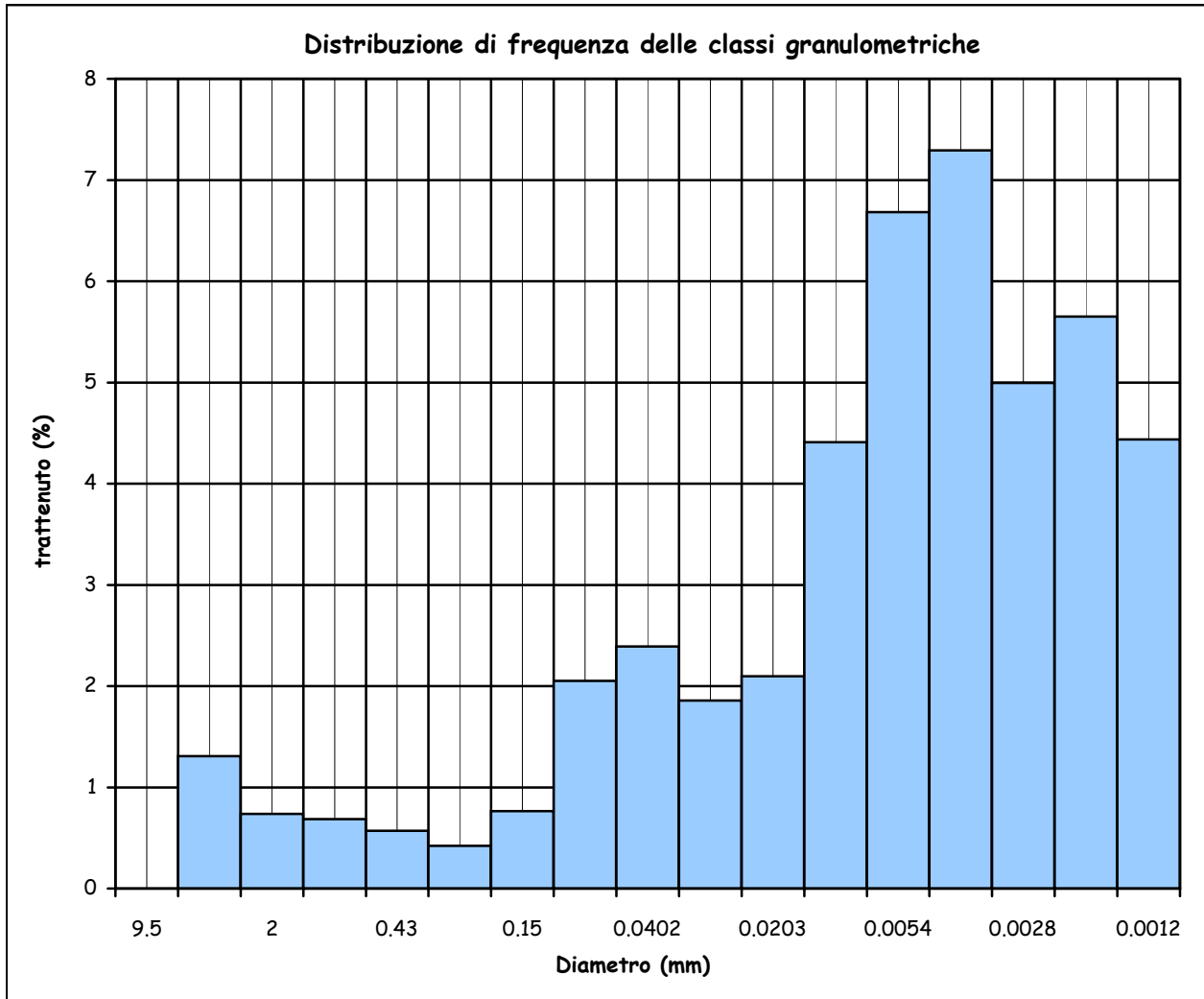
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 20/09/17

**Analisi granulometrica**



Coefficiente di uniformità (Cu) = -

Coefficiente di curvatura (Cc) = -

Mediana -

Moda 0.0039

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1058/2017**

CAMPIONE S89CI1 profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino lì 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 145/2017 del 28/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/17 - 20/09/17

**Peso specifico dei granuli (CNR-UNI 10013, ASTM D 854, UNI CEN ISO/TS 17892-3)**

Peso specifico dei grani (kN/m<sup>3</sup>)                      25.96

Peso di volume secco (kN/m<sup>3</sup>)                      17.0

Indice dei vuoti    0.528

Grado di saturazione (%)                              94.03

Contenuto d'acqua (%)                                18.73

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1059/2017**

**CAMPIONE S89CI1** profondità 1.50 - 2.00 m

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 07/09/17 - 12/09/17

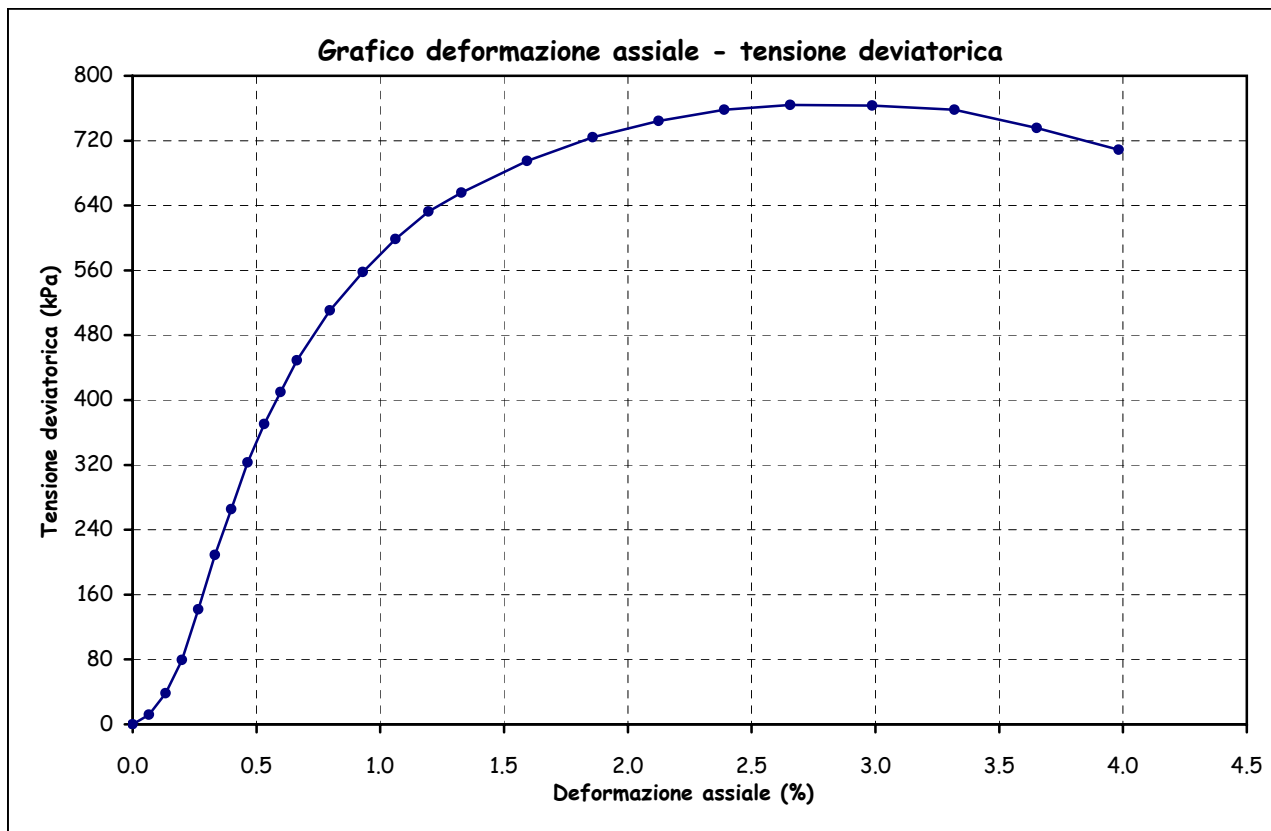
Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova di compressione con espansione laterale libera (ASTM D 2166, UNI CEN ISO/TS 17892-7)

Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.4	Sigma a rottura (kPa)	764.1
Peso di volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.1	Coesione non drenata (kPa)	382.0
Contenuto d'acqua (%)	19.32	Modulo elastico	80505
Vel. def. (mm/min)	1.27	tangente iniziale (kPa)	

$\epsilon$ (%)	$\sigma$ (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma$ (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma$ (kPa)
0.07	11.8	0.66	449.1	2.39	758.1
0.13	38.3	0.80	510.6	2.66	764.1
0.20	79.2	0.93	557.9	2.99	763.2
0.27	141.9	1.06	598.6	3.32	758.3
0.33	208.7	1.19	632.6	3.65	735.7
0.40	265.3	1.33	655.8	3.98	708.7
0.46	322.9	1.59	694.8		
0.53	370.2	1.86	724.1		
0.60	410.1	2.12	744.5		



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1060/2017**

<b>CAMPIONE S89CI1</b> profondità 1.50 - 2.00 m	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 145/2017 del 28/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/17 - 26/09/17

Contenuto d'acqua (ASTM D 2216, UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Peso dell'unità di volume (ASTM D 2937, BS 1377 T15/D, UNI CEN ISO/TS 17892-2)

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)

	Iniziale	Finale
Altezza (mm)	19.956	19.587
Volume (cmc)	39.800	39.063
Peso di volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.2	20.6
Peso di volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.0	17.3
Contenuto d'acqua (%)	18.73	19.07
Indice dei vuoti	0.528	

Pressione (kPa)	Cedimento (%)	Indice dei vuoti	Mv (m <sup>2</sup> /kN)	Av (m <sup>2</sup> /kN)
24.6	0.000	0.528	--	--
49.2	0.000	0.528	0.0000000	0.0000000
98.3	0.000	0.528	0.0000000	0.0000000
196.7	0.000	0.528	0.0000000	0.0000000
393.4	0.000	0.528	0.0000000	0.0000000
786.8	1.358	0.507	0.0000345	0.0000527
1573.6	4.068	0.466	0.0000344	0.0000526
3147.1	7.416	0.415	0.0000213	0.0000325
6294.3	10.965	0.361	0.0000113	0.0000172
1573.6	9.548	0.382	0.0000030	0.0000046
393.4	7.448	0.414	0.0000178	0.0000272
98.3	4.933	0.453	0.0000852	0.0001302
24.6	1.852	0.500	0.0004178	0.0006384

Lo sperimentatore

Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



argilla limosa con concrezioni carbonatiche e noduli di fe/mn

marrone oliva chiaro

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

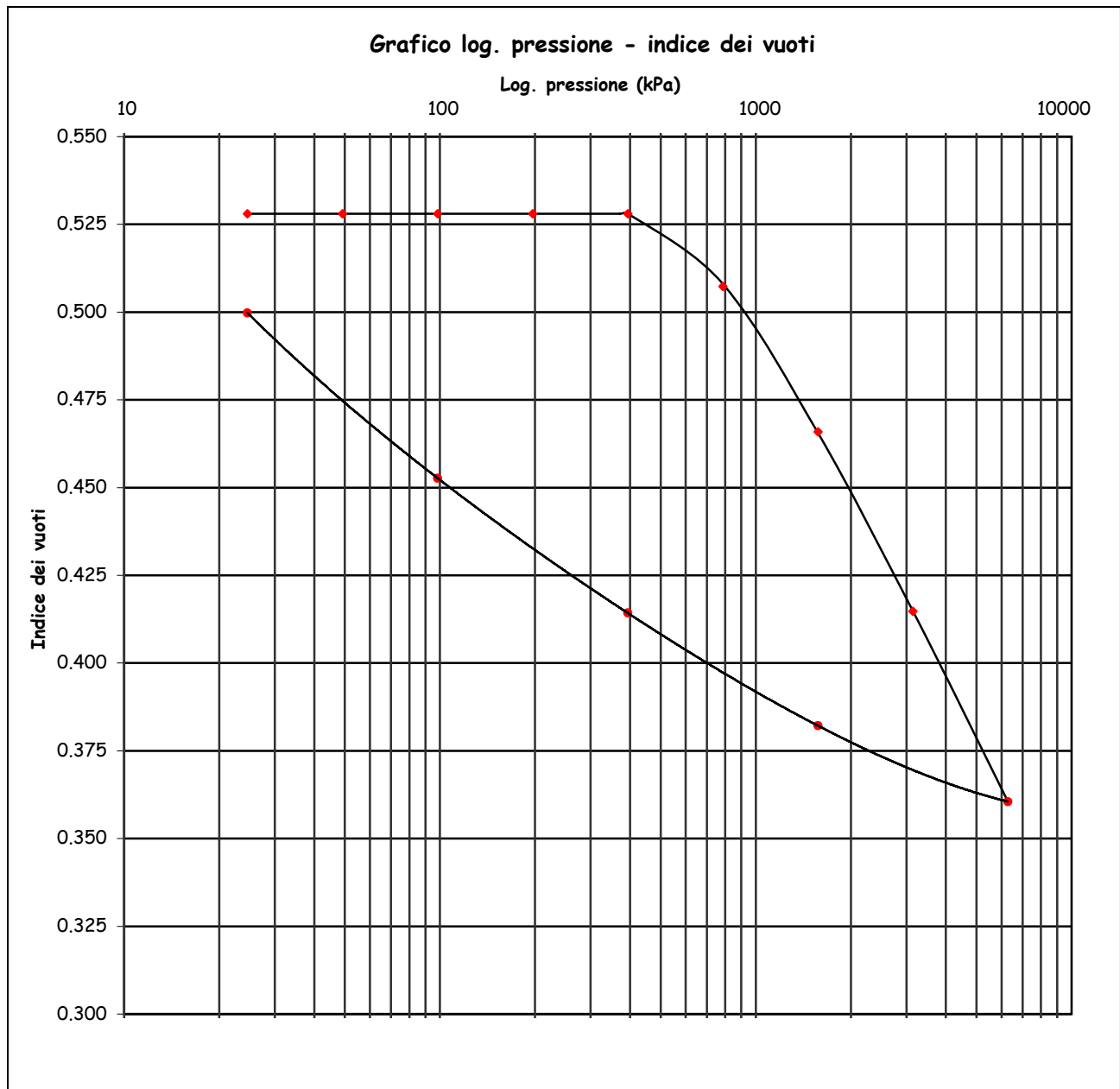
COMMITTENTE: Ambiente S.C.

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Data prova: 11/09/17 - 26/09/17

Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio

Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1060/2017**

marrone oliva chiaro	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 145/2017 del 28/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/17 - 26/09/17

**Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**

**Cedimento in funzione del tempo**

carico da 196.7 a 393.4 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 <sup>-3</sup> mm)
0.10	370.00
0.17	375.00
0.25	380.25
0.50	389.00
1.00	399.50
2.00	413.00
4.00	427.50
8.00	442.00
15.00	460.00
30.00	479.75
60.00	496.00
120.00	507.50
240.00	514.00
518.00	520.00
1405.00	525.00

carico da 393.4 a 786.8 kPa

tempo (minuti)	Cedimento (10 <sup>-3</sup> mm)
0.10	702.00
0.17	710.00
0.25	718.00
0.50	735.50
1.00	761.50
2.00	796.00
4.00	837.75
8.00	884.00
14.67	932.50
30.00	995.50
60.00	1040.00
120.00	1070.50
240.00	1090.50
510.00	1107.25
1431.00	1123.00

Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



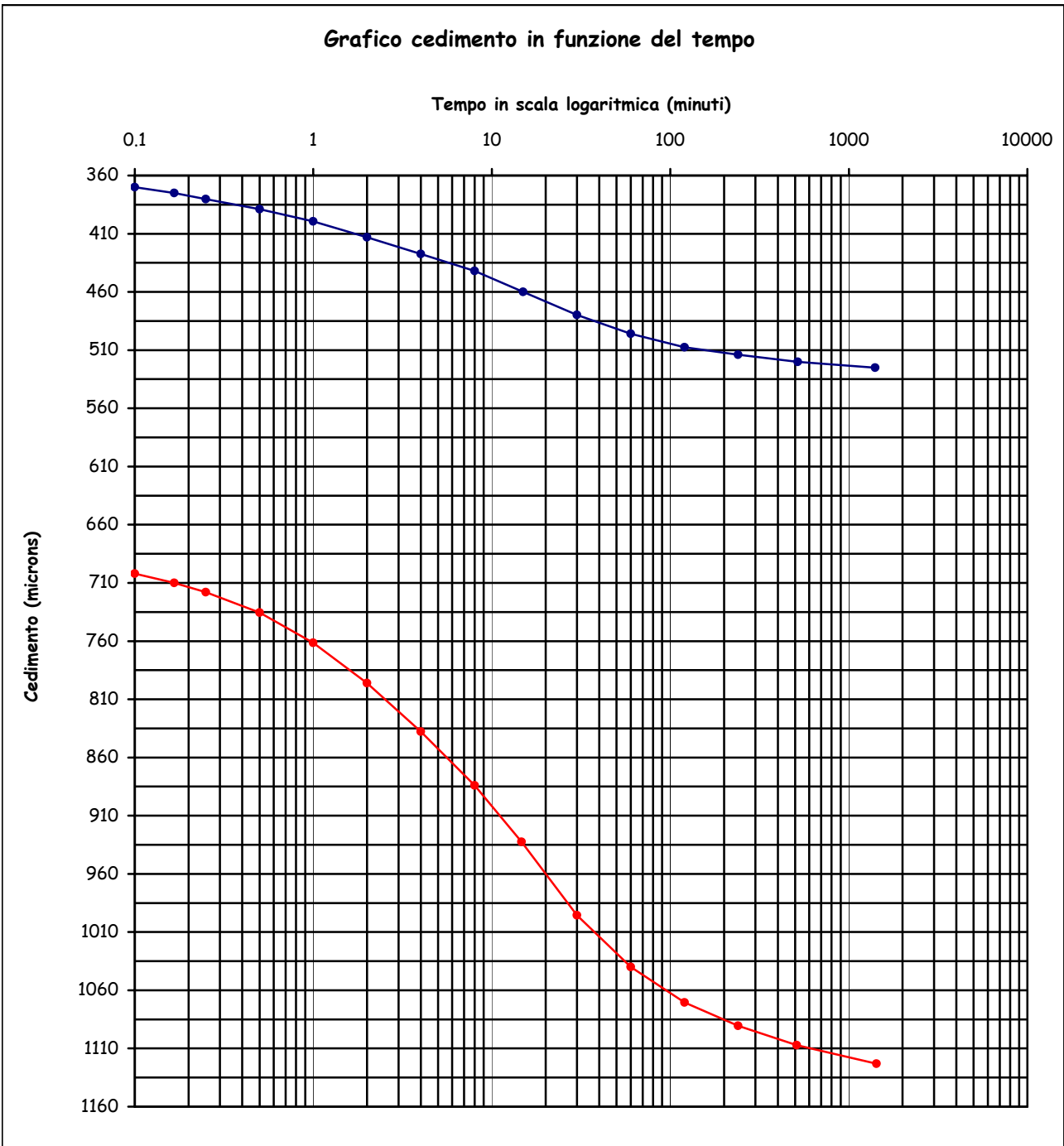
Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**CERTIFICATO DI PROVA N.1060/2017**

marrone oliva chiaro	Montelupo Fiorentino li 11/10/2017
COMMITTENTE: Ambiente S.C.	V.A. n. 145/2017 del 28/07/17
LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)	Data prova: 11/09/17 - 26/09/17

**Prova edometrica a gradini di carico costante (ASTM D 2435, UNI CEN ISO/TS 17892-5)**



Lo sperimentatore  
Geol. Lorenzo Gambassi



Il direttore del Laboratorio  
Geol. Michele Caloni



**IGETECMA s.n.c.**

Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali

Concessione ministeriale D.M. 54143 del 7/11/05

COMMITTENTE: Ambiente S.C.

LOCALITA': Aeroporto Internazionale Amerigo Vespucci (FI)

Montelupo Fiorentino li 11/10/2017

V.A. n. 145/2017 del 28/07/17

**Tabella riassuntiva Certificati di Prova n. 1054-1060/2017**

<b>CAMPIONE</b>	<b>S89CI1</b>
Profondità metri	1.50 - 2.00
<b>Limiti di Atterberg</b>	
Umidità naturale (%)	19.32
Limite liquido (%)	67.7
Limite plastico (%)	24.6
Indice di plasticità (%)	43.1
Indice di consistenza	1.12
Indice di attività	0.72
Classificaz. Casagrande	CH
<b>Limite di Ritiro</b>	
Limite di ritiro (%)	12.9
Coefficiente di ritiro	1.97
<b>Granulometria</b>	
Ghiaia (%)	2.0
Sabbia (%)	4.8
Limo (%)	35.2
Argilla (%)	58.0
<b>Classificazione UNI 10006</b>	
Gruppo	A7-6
Indice di gruppo	20
<b>Contenuto di sostanze organiche</b>	
Contenuto di sostanze organiche (%)	5.9%
<b>Parametri fisici</b>	
Peso volume naturale (kN/m <sup>3</sup> )	20.3
Peso volume secco (kN/m <sup>3</sup> )	17.1
Peso specifico dei grani (kN/m <sup>3</sup> )	25.96
Indice dei vuoti	0.528
Grado di saturazione (%)	94.03
<b>Prova di Compressione E.L.L.</b>	
Coesione non drenata, $C_u$ (kPa)	382.0
Modulo elastico tangente iniziale, $E_{ti}$ (kPa)	80505
<b>Prova edometrica</b>	
Indice di ricomprensione, $C_r$	0.03447
Indice di compressione, $C_c$	0.17505
Indice di rigonfiamento, $C_s$	0.06499
Pressione di preconsolidazione, $\sigma'_{vmax}$ (kPa)	731.8
Coefficiente di consolidazione verticale, $C_v$ (cm <sup>2</sup> /sec)	5.98E-04
Permeabilità, $K$ (cm/sec)	2.22E-09
Coefficiente di consolidazione verticale, $C_v$ (cm <sup>2</sup> /sec)	4.46E-04
Permeabilità, $K$ (cm/sec)	2.20E-09

*Michele Salvo*

## **B – Indagini sismiche**

## **CENNI TEORICI - ANALISI CON ONDE SUPERFICIALI: MASW**

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto; negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sulle analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su una energizzazione sismica artificiale del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999): la curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Pertanto, è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità"; l'analisi ed interpretazione delle tracce è ottenuta mediante software Winmasw 1.7 della Eliosoft.

### **STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

---

- Sismografo AMBROGEO ECHO 24-2010 a 24 canali
- Geofoni da 4,5 hz
- Geometria dei rilievi: distanza intergeofonica di 5 m per un totale di 60 m
- Tromino Micromed

### **SOFTWARE UTILIZZATO PER LA VISUALIZZAZIONE, L'ACQUISIZIONE, IL FILTRAGGIO E L'ELABORAZIONE DATI**

#### **Acquisizione dei dati**

SISMOPC 1.0 - PASI AMBROGEO

#### **Elaborazione e filtraggio**

<i>Visual Sunt 20</i>	<i>Wgeosoft-filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>Seismic Unix</i>	<i>Software libero-filtraggio dati (sismica a riflessione)</i>
<i>WinMasw Pro</i>	<i>Eliosoft-elaborazione Masw-Remi-H/V-Attenuazione</i>
<i>Grilla</i>	<i>Tromino-H/V</i>
<i>Geopsy</i>	<i>Software Libero-H/V</i>
<i>Winsism 11.2</i>	<i>Wgeosoft-sismica a rifrazione</i>
<i>Rayfract</i>	<i>Intelligent resource-sismica a rifrazione</i>

#### **Modelli 1 D e rischio sismico**

<i>Deep Soil</i>	<i>software libero-Risposta di sito modellazione 1D</i>
<i>Roxel</i>	<i>software libero-risposta di sito-terremoto di progetto</i>
<i>Shake 2000</i>	<i>Geo Motions-risposta di sito-modellazione 1D-liquefazione</i>
<i>Ciclic 1D</i>	<i>software libero-liquefazione</i>

#### **Sistemi di energizzazione**

Generazione di onde P ed energizzazione per rilievo MASW: massa battente (mazza da 8 kg)

### **GEOMETRIA DEI RILIEVI**

---

Sono stati eseguiti 10 indagini geofisiche MASW con lunghezza dello stendimento pari a 60 m. Al centro dello stendimento è stata eseguita una indagine HVSR, consultabile in nota separata.

## ***RISULTATI OTTENUTI – CONSIDERAZIONI GENERALI***

---

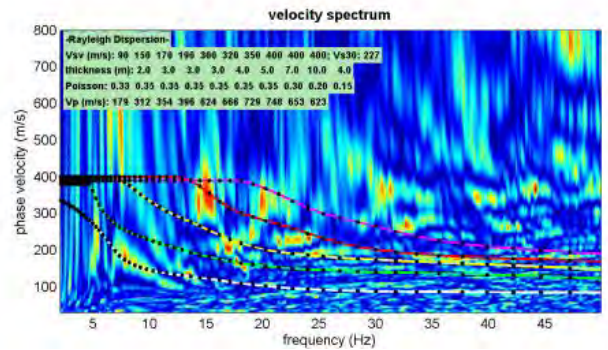
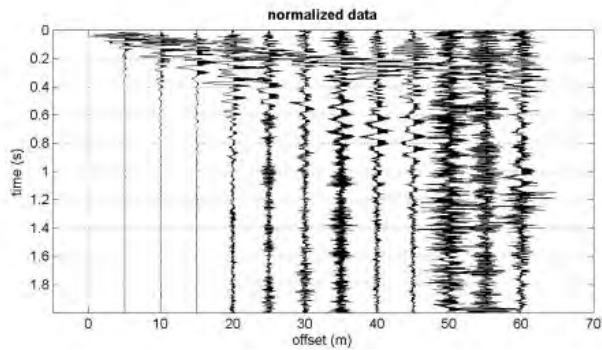
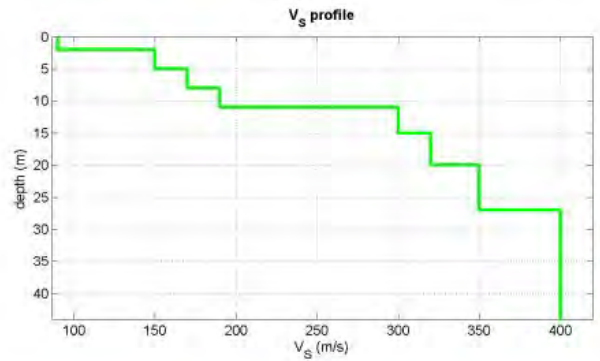
Analizzando nel complesso i risultati dei MASW eseguiti, si nota innanzitutto che questi confermano il modello di sottosuolo derivante dall'analisi della sismica a rifrazione in onde P ed Sh.

In particolare si rileva la presenza di uno spessore superficiale di sedimenti dotati di compattezza mediocre dello spessore compreso fra 5 e 10 m ai quali seguono livelli a compattazione maggiore con un graduale incremento delle velocità con la profondità.



## MASW 4 – MEAN MODEL

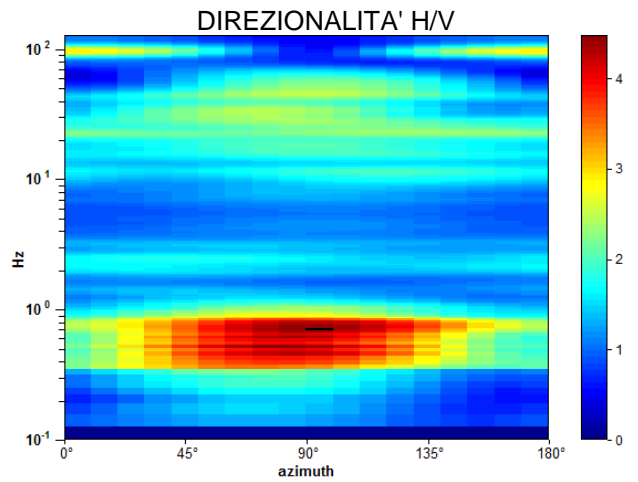
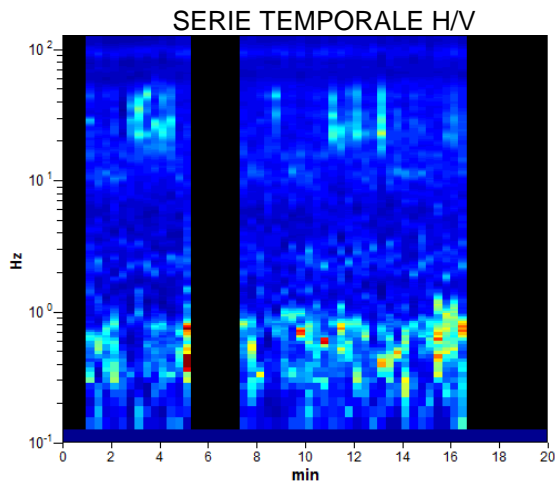
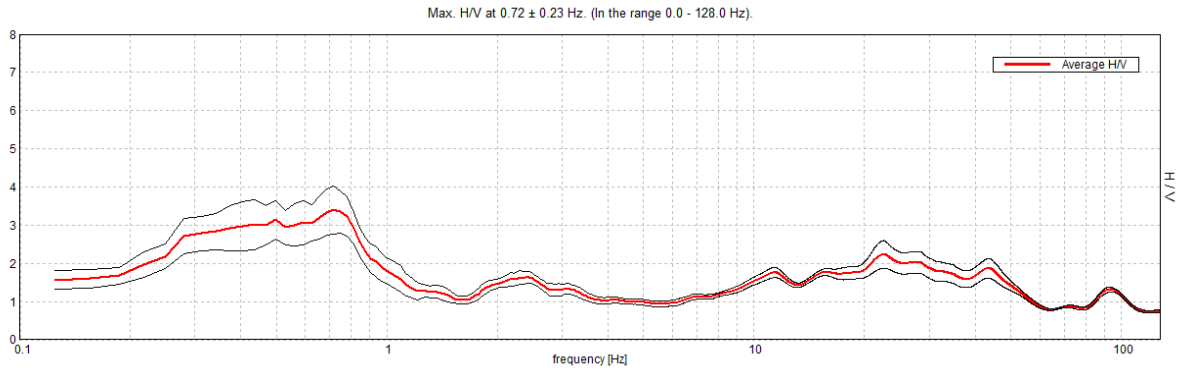
Vs (m/s)	90	150	170	190	300	320	350	400	400	400
Thickness (m)	2	3	3	3	4	5	7	10	4	
Density (gr/cm <sup>3</sup> )	1.64	1.77	1.80	1.83	1.94	1.96	1.98	1.98	1.95	1.94
Dynamic Shear Modulus (MPa)	13	40	52	66	175	200	242	317	312	310
<b>Vs<sub>30</sub> = 227 m/s</b>										



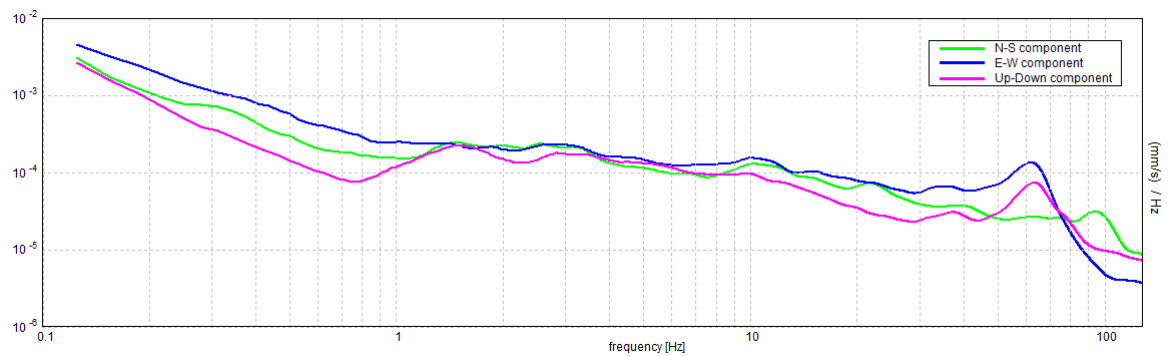
## HVSR 4

- Strumento: TRZ-0135/01-11
- Formato dati: 16 byte
- Fondo scala [mV]: n.a.
- Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
- Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 68% tracciato (selezione manuale)
- Freq. campionamento: 256 Hz
- Lunghezza finestre: 20 s
- Tipo di lisciamento: Triangular window
- Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $0.72 \pm 0.23$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 128.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.72 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$589.4 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 36	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.188 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.063 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$3.40 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.32614  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.23441 < 0.10781$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6373 < 2.0$	<b>OK</b>	

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

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

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

## **C - Azione sismica**

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 43,832504

longitudine: 11,17121

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19835	Lat: 43,8112	Lon: 11,1346	Distanza:
3768,067				

Sito 2	ID: 19836	Lat: 43,8126	Lon: 11,2039	Distanza:
3429,103				

Sito 3	ID: 19614	Lat: 43,8626	Lon: 11,2020	Distanza:
4156,017				

Sito 4	ID: 19613	Lat: 43,8612	Lon: 11,1327	Distanza:
4439,704				

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,048 g

Fo: 2,541

Tc\*: 0,252 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,058 g

Fo: 2,577

Tc\*: 0,267 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,134 g

Fo: 2,421

Tc\*: 0,302 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,171 g

GeostruPS\_report\_16-10-2017\_8-28 Mollaia

Fo: 2,390  
Tc\*: 0,311 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,660  
St: 1,000  
Kh: 0,014  
Kv: 0,007  
Amax: 0,706  
Beta: 0,200

SLD:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,620  
St: 1,000  
Kh: 0,017  
Kv: 0,009  
Amax: 0,848  
Beta: 0,200

SLV:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,560  
St: 1,000  
Kh: 0,048  
Kv: 0,024  
Amax: 1,974  
Beta: 0,240

SLC:  
Ss: 1,450  
Cc: 1,540  
St: 1,000  
Kh: 0,060  
Kv: 0,030  
Amax: 2,438  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 43.831547

longitudine: 11.170224