



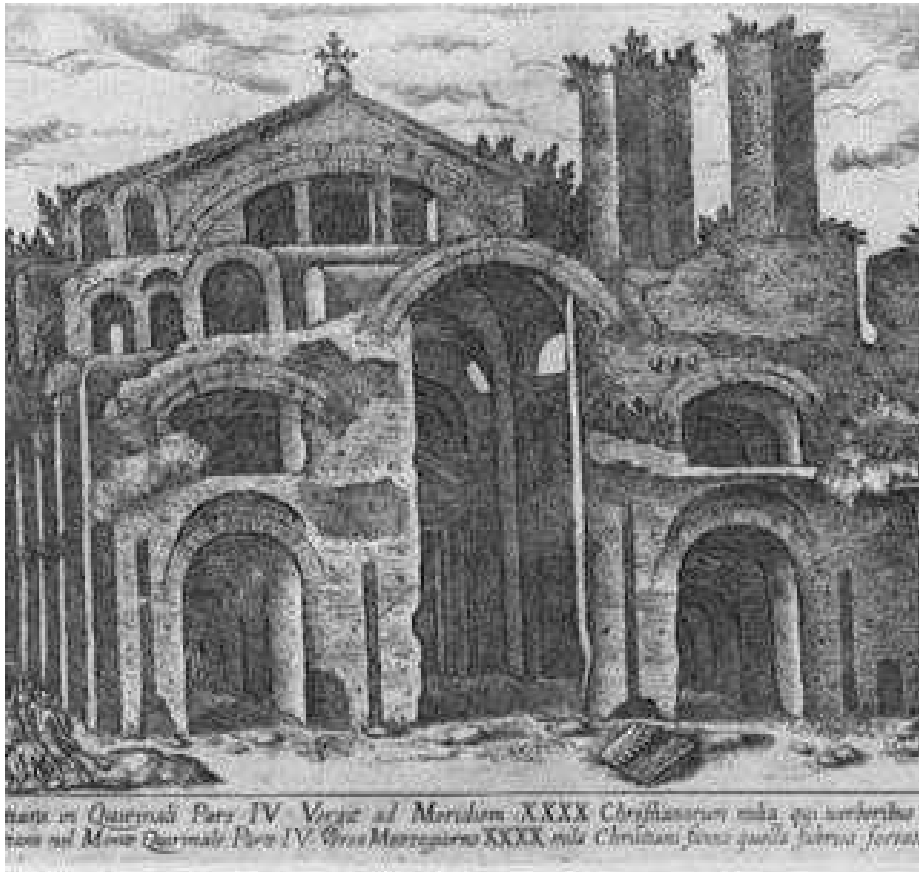
*Ministero della cultura*  
museo nazionale romano

**Piano nazionale per gli investimenti complementari  
al Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR)  
Decreto-legge 6 maggio 2021, n. 59,  
convertito, con modificazioni, dalla legge 1° luglio 2021, n. 101**

**Intervento n. 8 - URBS. Dalla città alla campagna romana  
Museo Nazionale Romano  
Sotto-Intervento n. 2 - “Terme di Diocleziano - Grandi Aule”  
CUP F89D21000020001**

**DOCUMENTO DI INDIRIZZO DELLA PROGETTAZIONE**

(art. 23, comma 4, D.lgs. 50/16 e ss. mm. e ii.)



Direttore del MNR  
Prof. *Stéphane Verger*

Il Responsabile Unico  
del Procedimento  
(art. 31 D.lgs. 50/2016 e ss. mm. e ii.)  
Arch. *Brunella Imparato*

Collaborazione tecnico-  
progettuale  
Arch. *Mauro Marzullo*

UFFICIO TECNICO  
n.°22/2023

visto il 29/06/2023

Responsabile dell'UT  
e Supporto al RUP  
Arch. *Saveria Petillo*

**Allegato 7 – Relazione geologica**

**Dott. Geol. Carlo Rosa**

Via Alfredo Fusco 21

00136 - Roma

C.F.: RSOCRL62E13H5011

P.IVA: 08955691004

N. rif. albo professionale: 716

(Ordine dei Geologi del Lazio)

Telefono: 349 6639655

## **Piano Strategico “Grandi Progetti Beni Culturali” Annualità 2019**

### **Intervento “REALIZZAZIONE DEL COLLEGAMENTO SOTTERRANEO PLANETARIO – TERME DI DIOCLEZIANO”**

## **Relazione Geologica Finale**



**Ministero per i Beni e le Attività Culturali e per il Turismo  
Museo Nazionale Romano**

**Ottobre 2022**

*Carlo Rosa*



## Sommario

<b>Introduzione</b> .....	3
<b>La Morfologia</b> .....	4
<b>La Geologia</b> .....	5
<b>Carta Geologica di Dettaglio in scala 1:4.000</b> .....	11
<b>Sezioni Geologiche</b> .....	12
<b>Idrogeologia</b> .....	14
<b>Il carotaggio profondo S1G alle Terme di Diocleziano</b> .....	18
STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1 .....	20
PROVE DI LABORATORIO - .....	31
<b>Indagini MASW e HVSR</b> .....	60
<b>I carotaggi geoarcheologici e strutturali SG2 ed SG3 alle Terme di Diocleziano</b> ....	61
STRATIGRAFIE DEI CAROTAGGI SG2 - SG3 .....	64
STRATIGRAFIE GEOARCHEOLOGICHE DEI CAROTAGGI SG2 - SG3 .....	68
<b>I carotaggio profondo SG4 alle Terme di Diocleziano</b> .....	80
STRATIGRAFIA DEL CAROTAGGIO SG4 .....	82
PROVE DI LABORATORIO - .....	93
<b>Fognature</b> .....	136
<b>Sismica</b> .....	137
<b>Microzonazione Sismica di I Livello</b> .....	147
<b>Cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico-PAI</b> .....	150
<b>Conclusioni</b> .....	155
<b>Riferimenti Bibliografici</b> .....	158
<b>ALLEGATO 1 - Relazione MASW e HVSR</b> .....	160

## Introduzione

La presente Relazione Geologica, propedeutica alla progettazione della Realizzazione del collegamento sotterraneo Planetario-Terme di Diocleziano, viene redatta su incarico del Museo Nazionale Romano, in particolare del RUP Arch. Mauro Marzullo, con validità per tutto il territorio delle Terme.

Lo scrivente ha effettuato tra il 2010 ed il 2015 alle Terme di Diocleziano, per l'allora Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma, una serie di indagini geognostiche (Fig. 1) tra le quali la esecuzione di 2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo a 50 e 45 metri di profondità, con il prelievo nel primo di due campioni indisturbati e nel secondo di 3 campioni indisturbati con campionatore Shelby per analisi di laboratorio (5 in tutto), e due sondaggi meccanici a carotaggio continuo, rispettivamente a 20 e 10 metri di profondità, per verificare la profondità e la natura delle fondazioni delle strutture murarie, nonché una linea MASW (essendo la stratificazione geologica isotropa nelle due direzioni perpendicolari) ed una misura HVSR per la caratterizzazione sismica dei terreni in termini di Vs30 e per individuare la frequenza di sito.

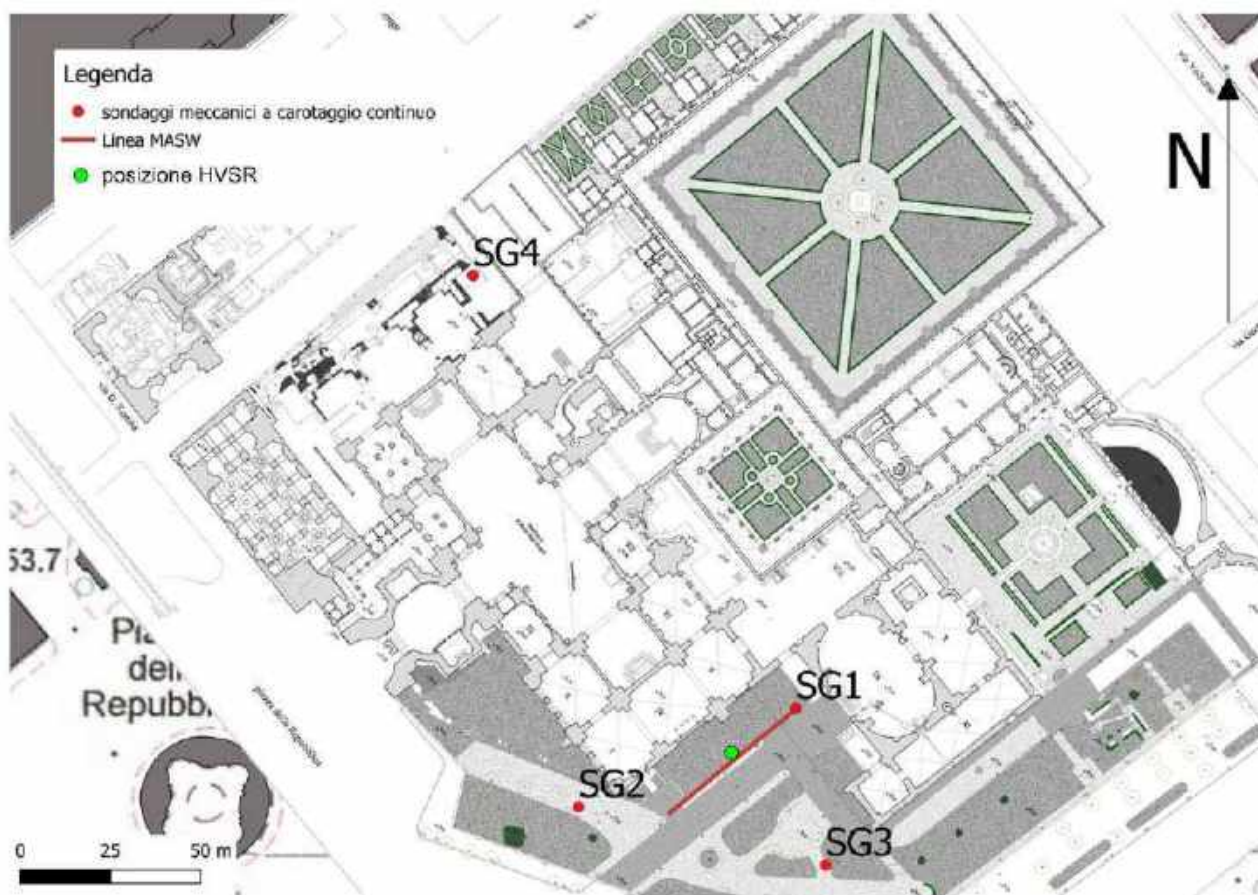


Fig.1 – Ubicazione delle indagini geognostiche effettuate tra il 2010 ed il 2015, base cartografica del Museo delle Terme.

## Dott. Geol. Carlo Rosa

Infine, nel 2010 ha redatto, sempre per l'allora Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma, una relazione Geologica e Geoarcheologica, con l'ausilio di tutti i dati geologici allora a disposizione della Soprintendenza e dello scrivente per l'area circostante le Terme, fino ad arrivare alla Stazione Temini a Sud-Est, a Porta Pia a Nord-Est, a via delle Quattro Fontane a Sud-Ovest e Via XX Settembre a Nord-Ovest, con lo scopo di ricostruire il modello Geologico del substrato e le variazioni subite dalla superficie topografica del settore nel corso dei secoli.

La presente Relazione Geologica Finale aggiorna la carta geologica allora prodotta in base ai nuovi dati di sondaggio nelle aree adiacenti alle Terme di Diocleziano acquisiti dallo scrivente e fa inoltre doverosamente riferimento alle nuove NTC del 17 gennaio 2018 ed al nuovo Regolamento Regionale della Regione Lazio per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico (RR n. 26 del 26 Ottobre 2020 e aggiornamento RR n.7 del 2021).

### La Morfologia

Dal punto di vista geomorfologico l'area delle Terme di Diocleziano è caratterizzata da quote variabili dai 60 metri s.l.m. nel bordo nord-orientale presso l'incrocio tra Via Cernaia e Via Volturno, ai 53,4 e 54,2 metri dei settori scavati fino al piano di calpestio delle antiche Terme a NO e SE di Via Cernaia (Fig. 2).

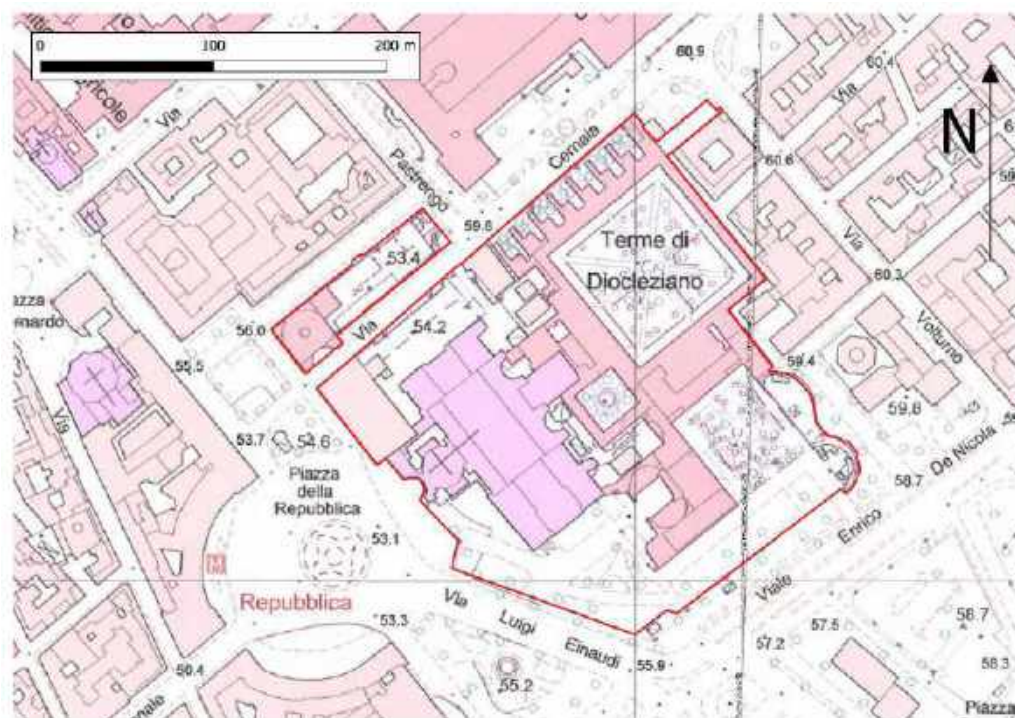


Fig. 2 – Carta Tecnica Regionale in scala 1 al 5000 della Regione Lazio, elementi 374062 e 374073, particolare.

## Dott. Geol. Carlo Rosa

Il Museo delle Terme si trova su un alto morfologico della città di Roma tra i quartieri Castro Pretorio ed Esquilino, dove le quote si trovano al di sopra dei 50 metri s.l.m. con le minime a SO verso piazza della Repubblica - via Nazionale e le massime intorno ai 59-60 metri s.l.m. a NO, NE e SE (Fig. 3).

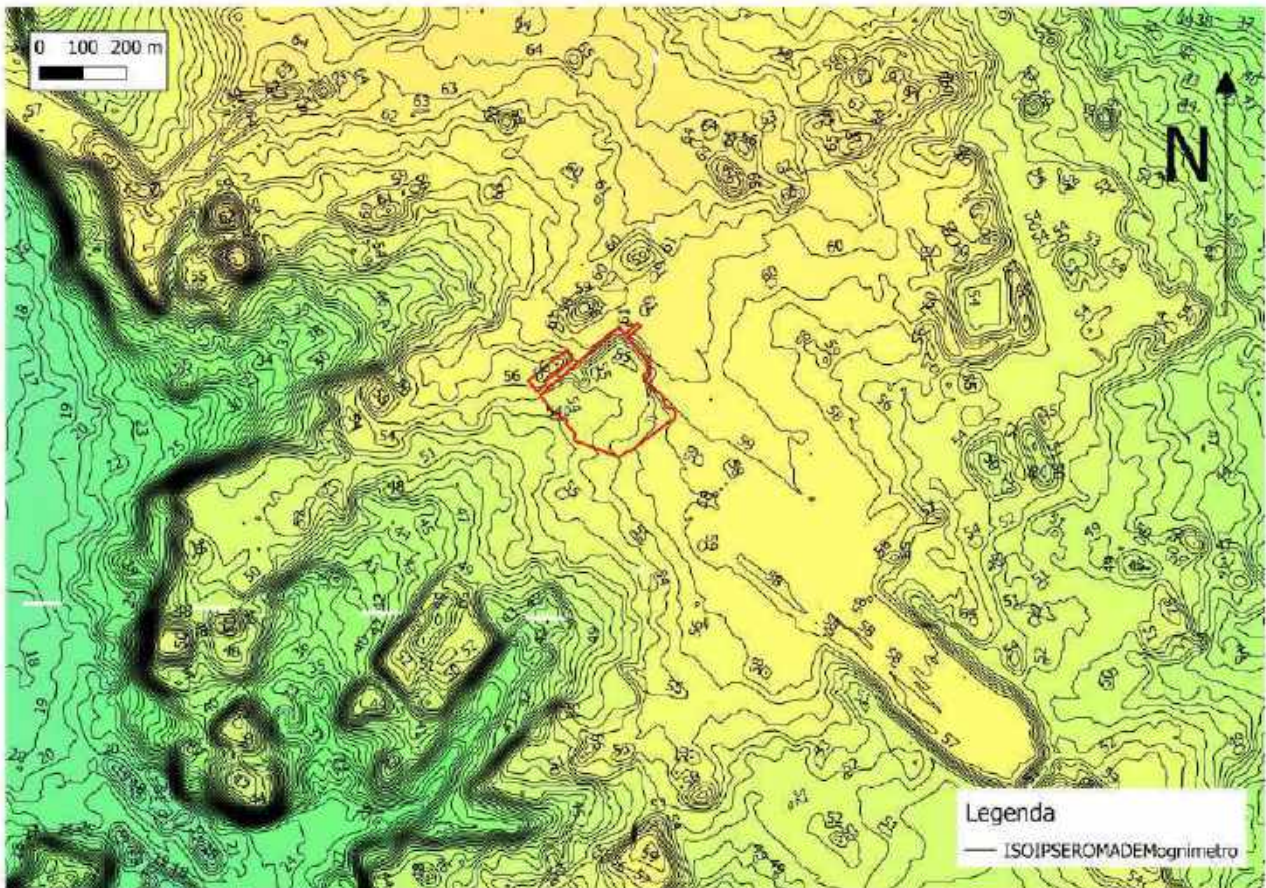


Fig. 3 – Modello Digitale del Terreno (DTM) tratto dai dati 5x5metri della Regione Lazio, quote in metri s.l.m. In rosso l'area del Museo delle Terme.

## La geologia

La cartografia geologica dell'area delle Terme di Diocleziano ha subito numerose variazioni a causa delle differenti suddivisioni stratigrafiche proposte dai vari Autori e dai differenti dati disponibili al momento del "rilevamento" della carta. La prima cartografia di dettaglio che comprende l'area delle Terme risale al 1820 ed è la "Carta fisica del suolo di Roma nei primi tempi della fondazione di questa città" in scala 1:10.000 di Giovanni Battista Brocchi (Figg. 4, 5), in cui l'Autore, intuendo che la coltre dei riporti antropici maschera la reale morfologia della città, utilizza una base cartografica priva di questi ultimi, con ben evidenziati i fossi esistenti in età romana. In figura 36 è visibile il particolare dell'area delle Terme di Diocleziano con il colore che indica "tufo vulcanico".

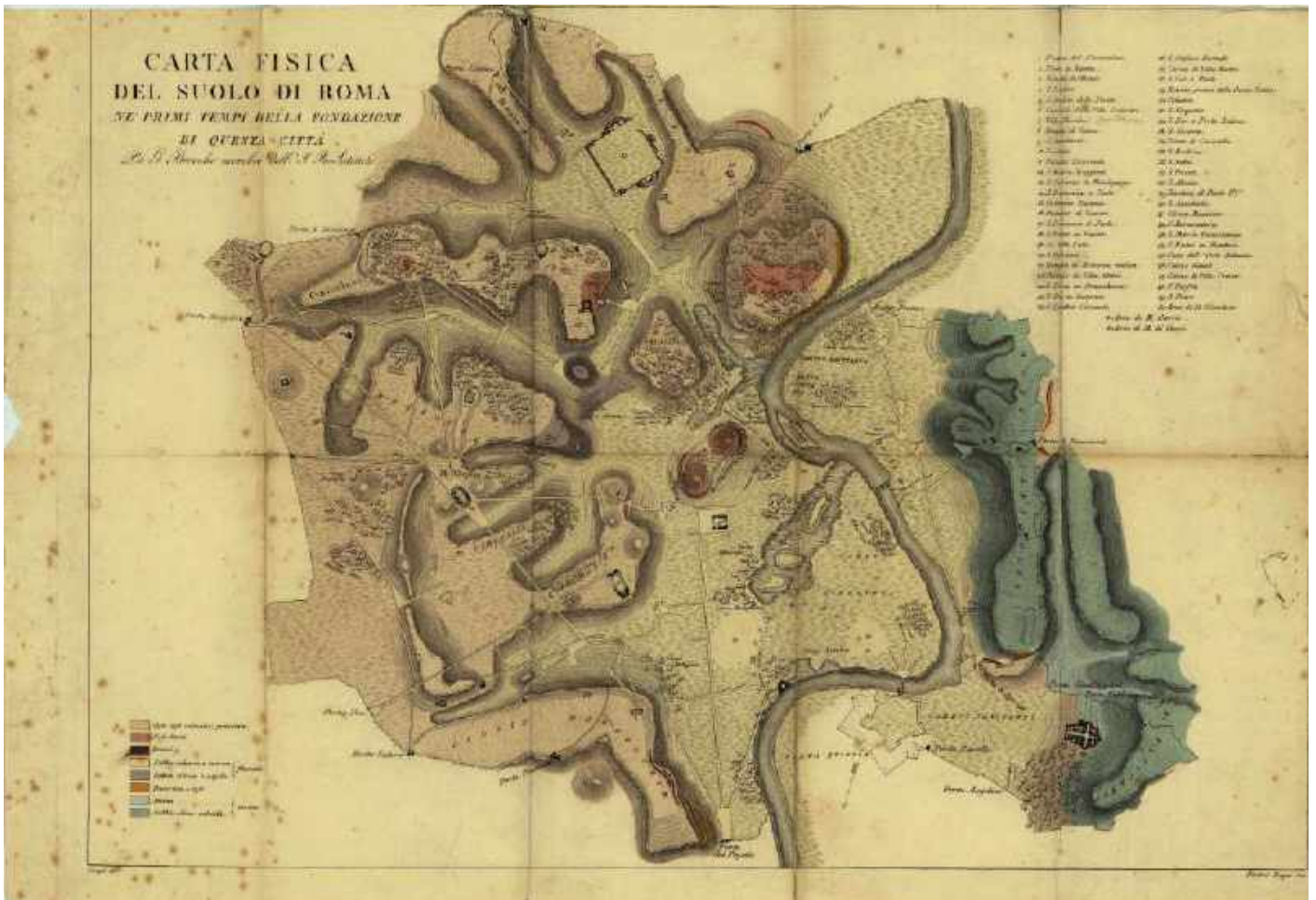


Fig. 4 – Carta Fisica del Suolo di Roma (G.B. Brocchi 1820, il nord è orientato verso il basso)

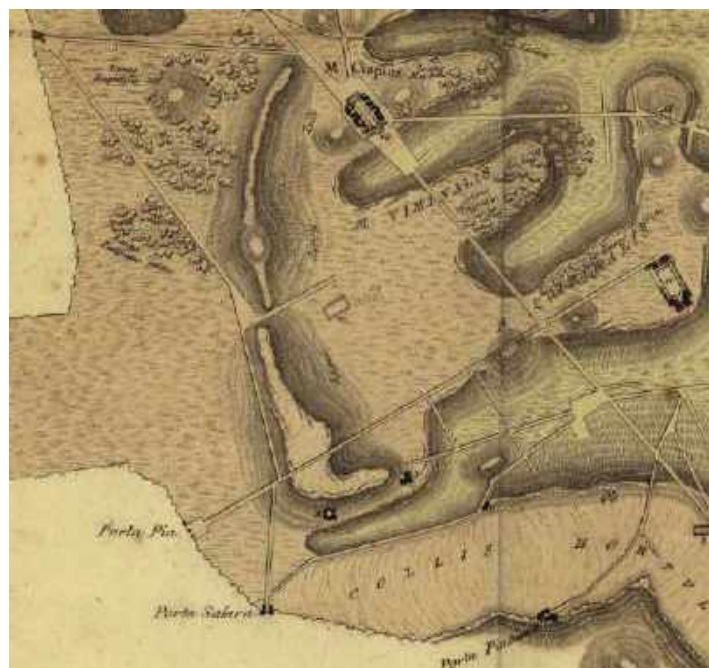


Fig. 5 – Carta Fisica del Suolo di Roma (G.B. Brocchi 1820, particolare, il nord è orientato verso il basso)

La successiva carta, questa una vera e propria Carta Geologica, è realizzata da Antonio Verri nel 1915 (Carta Geologica della Città di Roma in scala 1: 15.000) (Fig. 6).



*Fig. 6 - Carta Geologica della Città di Roma in scala 1: 15.000 (Verri, 1915, particolare)*

Nell'area delle Terme di Diocleziano, visibile in figura 6, sono presenti (dal più recente al più antico):

- con il colore rosato, le Pozzolane eruttate dal Vulcano Laziale
- con il colore grigio, tufi di ceneri e lapilli eruttati dai Crateri Sabatini e dal Vulcano Laziale
- con il colore giallo, depositi sedimentari di acque dolci, per la maggior parte calcarifere.

Il successivo aggiornamento della Carta Geologica della città di Roma viene realizzata dal Prof. Ugo Ventriglia e dall'allora suo assistente Maurizio Sciotti nel 1971 (Fig. 7).

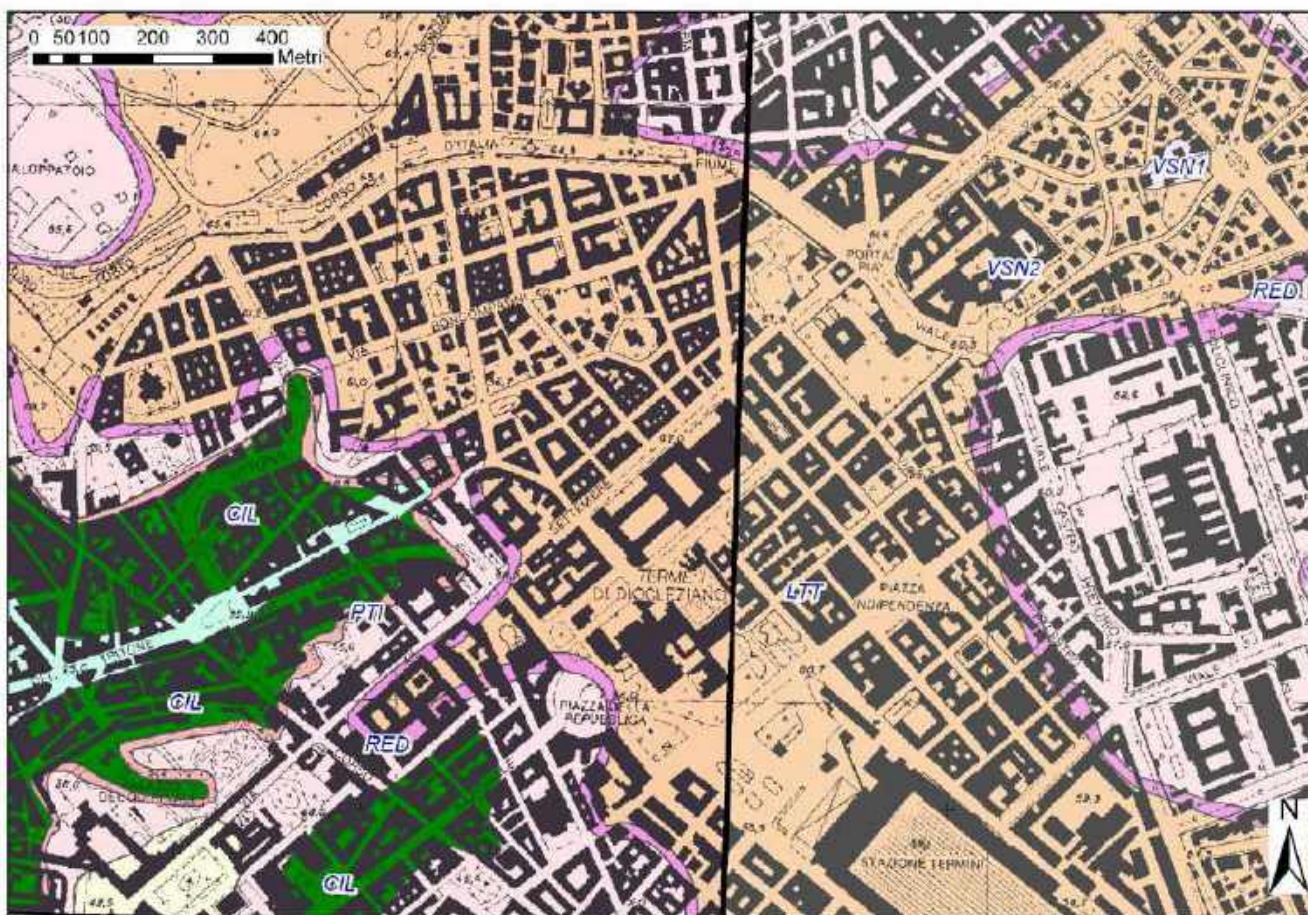


*Fig. 7 – Carta Geologica della Città di Roma (Ventriglia 1971, particolare)*

Nella area delle Terme, visibile in figura 7, compaiono (dal più recente al più antico):

- con il colore arancione, il tufo lionato litoide
- con il colore viola, le pozzolane inferiori
- con il colore marrone, i tufi antichi
- con il colore giallo scuro, sabbie fluviali in parte travertinizzate
- con il colore giallo chiaro, depositi fluvio-palustri sabbioso-limosi-argillosi

Infine, nel 2008, viene pubblicata la nuova Carta Geologica del Comune di Roma (fig. 8), a cura del Prof. Renato Funiello e del Dott. Guido Giordano, alla stesura della quale ha partecipato lo scrivente come rilevatore dell'area centrale di Roma.



*Fig. 8 - Carta Geologica del Comune di Roma (Funiello & Giordano, 2008, particolare)*

Nella area delle Terme di Diocleziano, visibile in figura 8, compaiono, dalla più recente alla più antica unità:

- depositi alluvionali (SFTba)

## **Dott. Geol. Carlo Rosa**

- Formazione Aurelia (AEL)
- Pozzolanelle (Formazione di Villa Senni - VSN2)
- Tufo lionato (Formazione di Villa Senni - VSN1)
- Tufi stratificati varicolori di La Storta (LTT)
- Pozzolane Rosse (RED)
- Tufi stratificati varicolori di Sacrofano (SKF)
- Unità del Palatino (PTI)
- Formazione di S. Cecilia (CIL)

L'unità più antica che compare nella figura 8 è la **Formazione di Santa Cecilia (CIL)**.

E' costituita da alternanze di conglomerati, sabbie e limi di ambiente fluviale e palustre, ad elementi vulcanici e con paleosuoli.

### ***PLEISTOCENE MEDIO p.p.***

Al di sopra si trova l' **Unità del Palatino (PTI)**, un deposito da colata piroclastica, massivo, da litoide a semilitoide, scorie grigie o nere con clasti lavici e abbondanti cristalli analcimizzati di leucite.

L'unità, proveniente dal Distretto Vulcanico dei Colli Albani, è datata da Karner et al. (2001) a 533±5 ka.

### ***PLEISTOCENE MEDIO p.p.***

Successivamente si incontrano i **Tufi Stratificati Varicolori di Sacrofano (SKF)**, successione di depositi piroclastici lapillosi e cineritici in strati contenenti scorie e litici lavici di dimensioni centimetriche da ricaduta, intercalati a livelli vulcanoclastici rimaneggiati, orizzonti pedogenizzati e depositi limno-palustri. Nella parte intermedia della successione i livelli primari sono costituiti da pomici di ricaduta bianco-giallastre a sanidino e clinopirosseno in tre banchi con areali di affioramento differenziati (Granturchi *Auctt.*). La provenienza prevalente dei depositi di questa successione è dai Vulcani Sabatini. Spessori fino a 14 m. L'età radiometrica di uno dei livelli di pomici da ricaduta è stimata 488±2 ka.

### ***PLEISTOCENE MEDIO p.p.***

Al di sopra si trovano le **Pozzolane Rosse (RED)**, un deposito da colata piroclastica, massivo e caotico, di colore variabile dal rosso al viola vinaccia al grigio scuro, costituito da scorie

## **Dott. Geol. Carlo Rosa**

rosse o grigie, con litici lavici, olocristallini e termometamorfosati. Le datazioni  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  indicano una età di  $457\pm 4$  ka (Karner et al. 2001).

### ***PLEISTOCENE MEDIO p.p.***

Superiormente sono presenti i **Tufi Stratificati Varicolori di La Storta (LTT)**, una successione complessa di livelli pomicei e scoriacei con intercalati spessi livelli cineritici pedogenizzati. Rappresentano depositi di ricaduta provenienti principalmente dai Vulcani Sabatini.

### ***PLEISTOCENE MEDIO p.p.***

Al di sopra è presente la Formazione di Villa Senni (VSN), caratterizzata da due depositi derivanti da due successive unità di flusso piroclastico, facenti parte di una unica grande eruzione. Il **Tufo lionato (VSN1)**, l'unità inferiore, è litoide, massivo e caotico. Di colore rosso fulvo, contiene scorie da marroni a grigiastre, litici lavici ed olocristallini. L'unità è datata tra  $338\pm 8$  e  $357\pm 2$  ka.

La unità superiore, le **Pozzolanelle (VSN2)**, è un deposito massivo e caotico prevalentemente pozzolanaceo, con scorie grigie o nerastre, litici lavici ed olocristallini, ed abbondanti cristalli di leucite, spesso analcimizzata.

### ***PLEISTOCENE MEDIO p.p.***

Dopo il sollevamento tettonico regionale di diversi metri e la forte erosione seguita, accentuata dalle oscillazioni del livello del mare connesse con le ultime fasi glaciali<sup>1</sup>, a partire da circa 19.000 anni fa iniziano a deporsi, all'interno delle valli profondamente incise nelle sequenze sedimentarie e vulcaniche che abbiamo elencato, sedimenti alluvionali, connessi con la risalita del mare in seguito allo scioglimento dell'ultima calotta glaciale. Per questo motivo troviamo i **depositi alluvionali olocenici (STFb<sub>a</sub>)**, di origine fluvo-lacustre, a quote molto più basse, in tutte le aree di pianura alluvionale.

### ***OLOCENE***

---

<sup>1</sup> Per la ultima delle quali, relativa alla fase glaciale würm, sembra accertato un abbassamento di circa 120 metri rispetto all'attuale.

## Carta Geologica di Dettaglio in scala 1:4.000

La cartografia geologica è stata aggiornata attraverso la numerosa mole di dati in possesso della ex Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma, accumulata specialmente negli ultimi anni, in cui gli studi di archeologia preventiva con carotaggi e saggi di scavo sono passati come prioritari per la Soprintendenza, a questi dati si sono aggiunti quelli disponibili nella banca dati dello scrivente.

Per la ricostruzione della geologia locale (Fig. 9)<sup>2</sup> si è quindi utilizzata una dettagliata analisi multidisciplinare, che punto per punto ha considerato tutti i dati disponibili, anche sullo spessore presunto dei riporti.

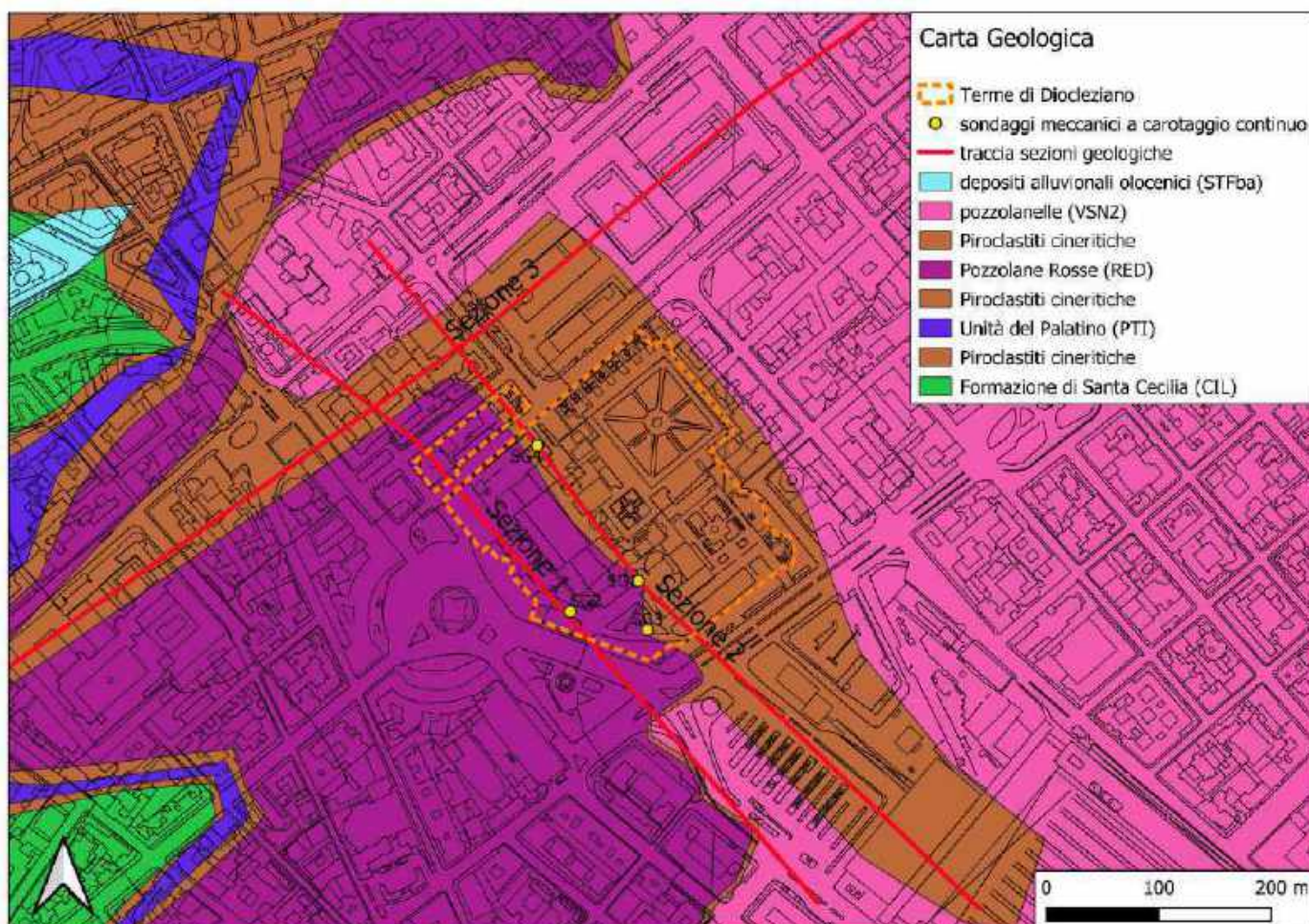


Fig. 9 – Carta Geologica dell'area circostante le Terme di Diocleziano (elaborazione Carlo Rosa)

<sup>2</sup> La Formazione di Fosso del Torrino, che non compariva nella Carta Geologica del Comune di Roma nel settore in esame, è stata introdotta dallo scrivente che ha acquisito nuovi dati lavorando nella zona dei Fori imperiali e del Foro Romano.

## Sezioni Geologiche

Nelle figure 10, 11 e 12 sono presentate rispettivamente la sezione geologica 1, la sezione geologica 2 e la sezione geologica 3.

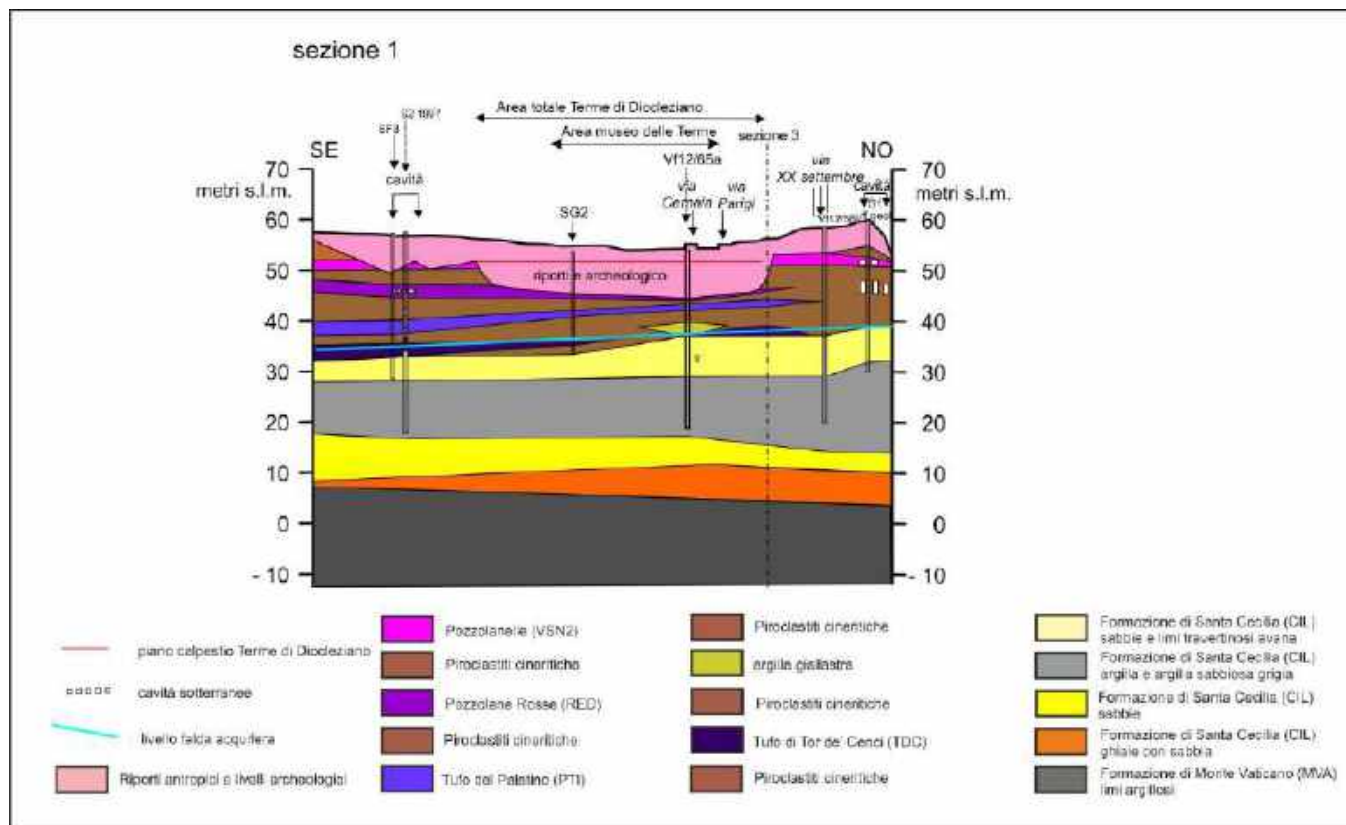


Fig. 10 – Sezione Geologica 1, da via Giolitti a Largo di S. Susanna.

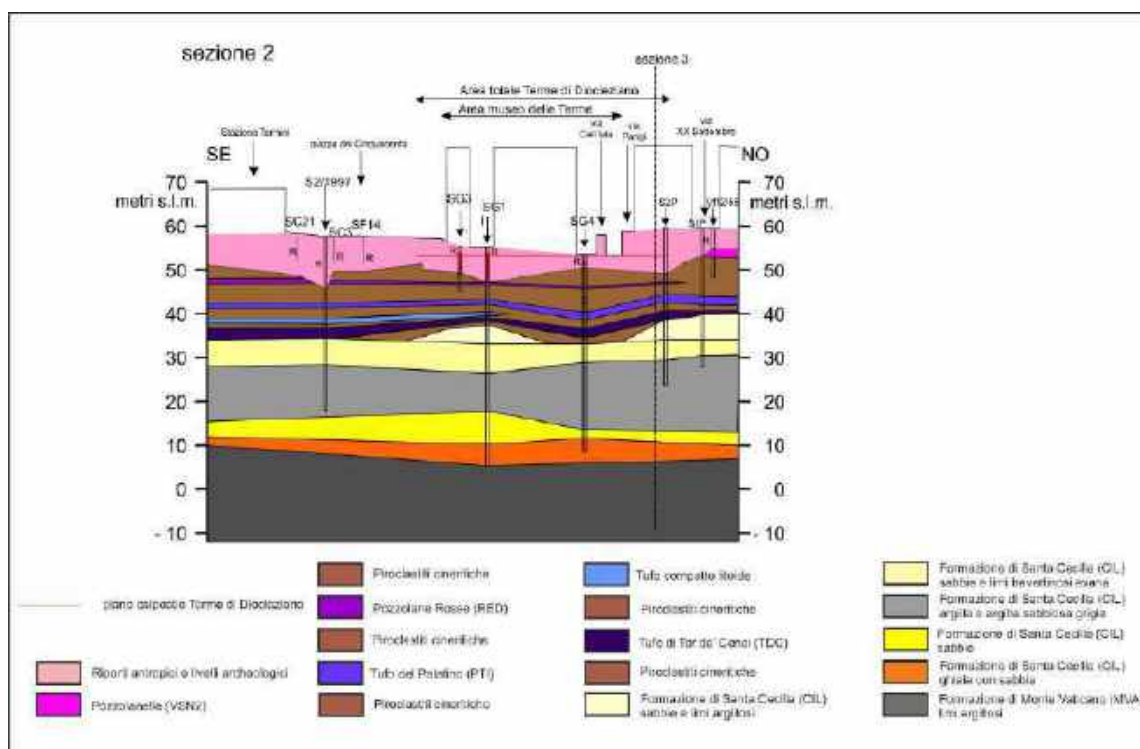


Fig. 11 – Sezione Geologica 2, dalla Stazione Termini a via XX Settembre.

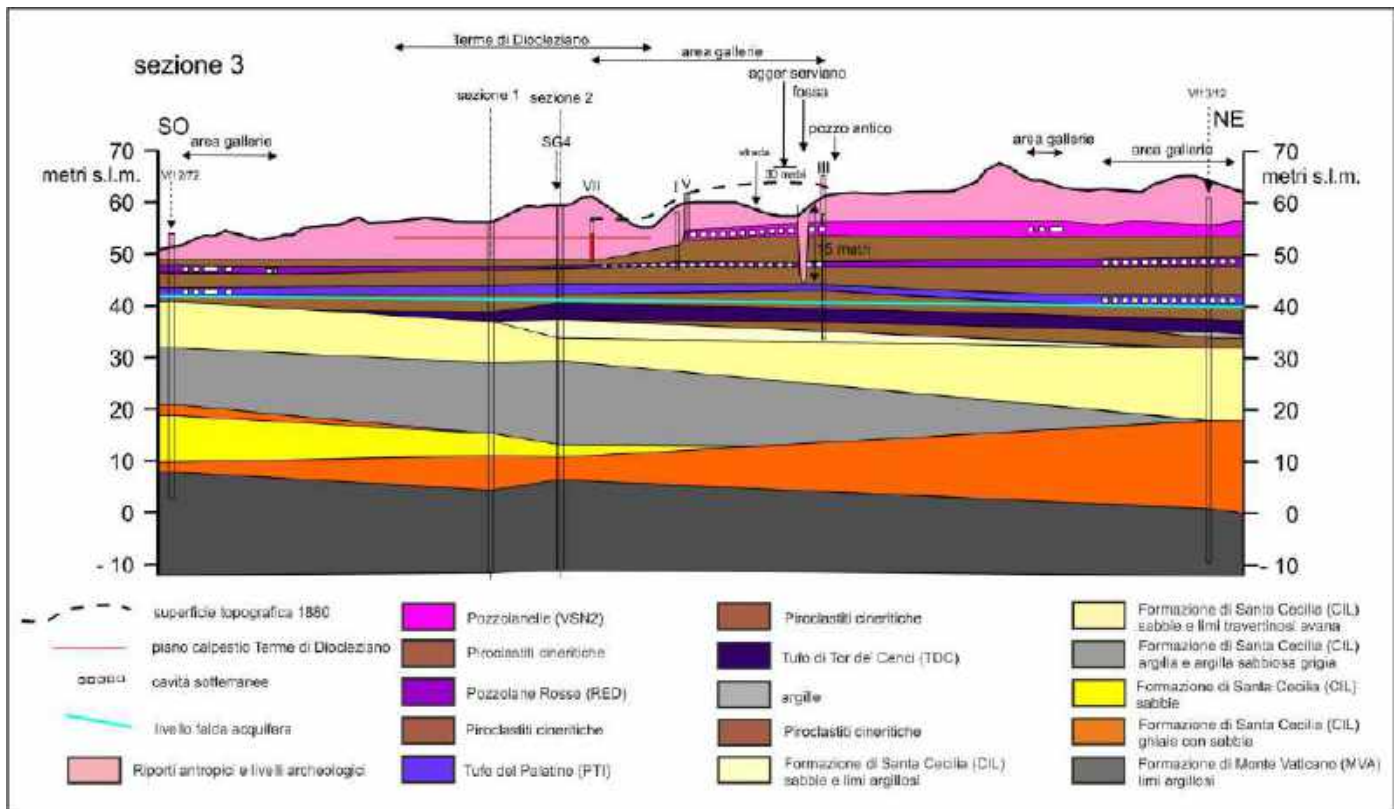


Fig. 12 – Sezione Geologica 3, parallela a via Cernaia, da via delle Quattro Fontane a via di Villa Patrizi.

## **Idrogeologia**

Dal punto di vista idrogeologico il settore delle terme di Diocleziano presenta una “Falda acquifera regionale” il cui livello piezometrico si trova tra i 15 ed i 20 metri s.l.m. ed una falda più superficiale contenuta nei depositi vulcanici chiamata “Falda superiore del settore albano” il cui livello piezometrico si “troverebbe” alle Terme intorno ai 25 metri s.l.m. (vedi Carta Idrogeologica di Roma, Fig. 13); In realtà, smentendo la Carta ufficiale, nella *Carta Idrogeologica del Centro Storico di Roma* (Corazza e Lombardi, 1995; figg. 14 e 15) il settore delle terme di Diocleziano presenta un livello piezometrico della circolazione idrica libera, contenuta nelle piroclastiti e localmente nei terreni permeabili non piroclastici, che si trova al di sopra dei 40 metri s.l.m. (linee in marrone nella carta idrogeologica delle figg. 14 e 15) ed un livello piezometrico della circolazione idrica in pressione contenuta nelle ghiaie di base della Formazione di Santa Cecilia (linee in blu nella carta idrogeologica delle figg. 14 e 15), che si trova alle Terme tra i 15 ed i 20 metri s.l.m. A testimoniare il livello della falda acquifera nell’area delle Terme di Diocleziano è un pozzo per acqua realizzato alle Terme a quota p.c. di 58 metri s.l.m. di cui si riporta la stratigrafia e i dati pubblicati su internet da ISPRA (vedi figura 16; Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo - Legge 464/1984), trova la superficie della falda acquifera superiore, da cui attinge l’acqua, a 16,30 metri di profondità, cioè a 41,70 metri s.l.m. e l’acquifero, contenuto nei terreni vulcanici e nelle sabbie sottostanti, ha uno spessore di 12,70 metri (vedi anche sezioni geologiche nelle figure 10, 11 e 12). I dati di letteratura confermano la presenza della superficie superiore della falda intorno ai 40-41 metri s.l.m. nel settore delle Terme, ribassata, nel settore della Stazione Termini dalle pompe di servizio alle Metropolitane A e B sottostanti, fino a 35 metri s.l.m. Considerando che le quote assolute di Via Cernaia si trovano tra i 55 ed i 60 metri s.l.m. da Piazza della Repubblica all’incrocio con via Pastrengo, la falda libera superiore si trova a profondità tra i 15 metri ed i 20 metri lungo via Cernaia nel tratto che separa le Terme dall’area del Planetario.

Per quanto riguarda la interazione delle opere da eseguirsi con la falda idrica, essendo la quota prevista di fondo galleria per il sottopassaggio a SO nella zona olearie a 48,32 metri s.l.m., siamo in sicurezza, cioè **6,62 metri al di sopra della falda acquifera.**



Fig. 13 - Carta Idrogeologica di Roma (La Vigna, Mazza, 2015 – particolare), il cerchio rosso indica l'area indagata.

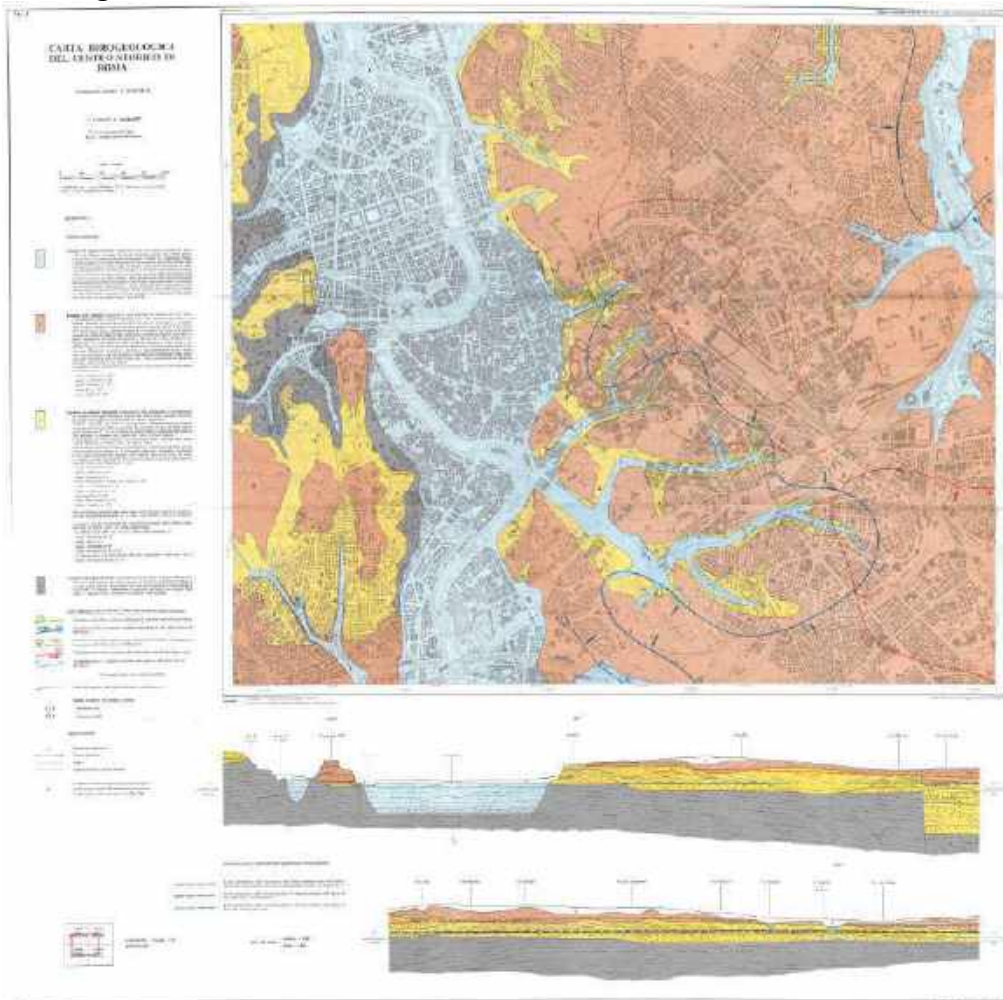
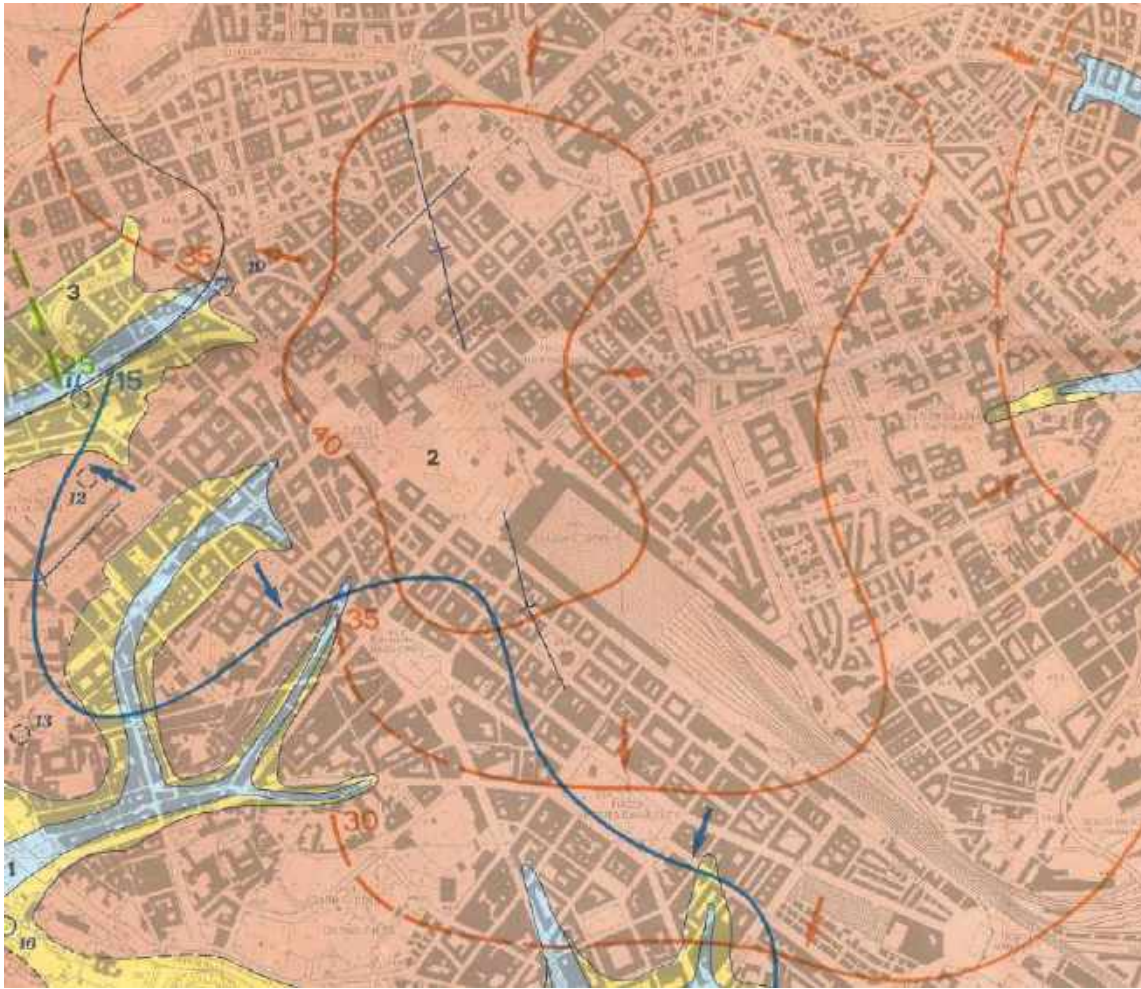


Fig. 14 – Carta Idrogeologica del Centro Storico di Roma (Corazza, Lombardi, 1995)



*Fig. 15 - Carta Idrogeologica del Centro Storico di Roma (Corazza, Lombardi, 1995– particolare)*

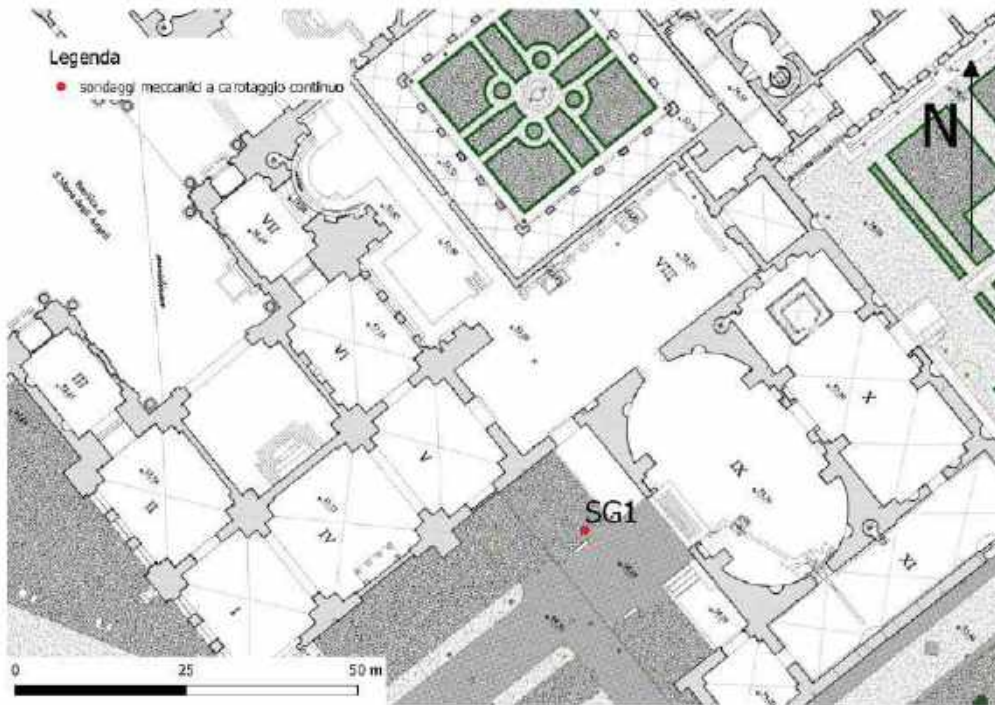
 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale			
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)					
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
Codice: 161030 Regione: LAZIO Provincia: ROMA Comune: ROMA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 30,00 Quota pc slm (m): 58,00 Anno realizzazione: ND Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 2.000 Portata esercizio (l/s): 1.000 Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 4 Longitudine WGS84 (dd): 12,499369 Latitudine WGS84 (dd): 41,903431 Longitudine WGS84 (dms): 12° 29' 57.73" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 54' 12.35" N  (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia					
DIAMETRI PERFORAZIONE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	30,00	30,00	300	
FALDE ACQUIFERE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
1	16,30	29,00	12,70		
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
apr/1995	16,30	18,00	1,70	1,000	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	8,00	8,00	OLOCENE	TERRENO DI RIPORTO
2	8,00	25,00	17,00	PLEISTOCENE	TUFI POZZOLANACEI DA SEMILITOIDI A TERROSI
3	25,00	29,00	4,00	PLEISTOCENE	SABBIA FINE A LUOGHI ARGILLOSA
4	29,00	30,00	1,00	PLEISTOCENE	ARGILLE COMPATTE

ISPRA - Copyright 2018

Fig. 16 – Pozzo per acqua all'interno dell'area della Terme di Diocleziano.

## Il carotaggio profondo S1 alle Terme di Diocleziano

Nel giugno del 2010 su incarico della allora Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma, la Lerici Prospezioni Archeologiche eseguiva un Sondaggio meccanico a carotaggio continuo profondo 50 metri a circa 12 metri dall'ingresso dell'aula IX delle Terme (Figg. 17, 18).



*Fig. 17 – Ubicazione del Sondaggio meccanico a carotaggio continuo S1 profondo 50 metri*



*Fig. 18 – posizionamento Sonda per la esecuzione del Sondaggio meccanico a carotaggio continuo SI.*

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1

**LEGENDA STRATIGRAFIA**

$\phi$ mm	R v	A r	Pz s	metri m	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Preli. % 0-100	SPT S.P.T.	N	R.Q.D. % 0-100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)
- 9) Vane test (kg/cm<sup>2</sup>)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di Nsp<sub>t</sub>
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



*She* = Shelby  
*Den* = Denison  
*Ost* = Osterberg  
*Maz* = Mazier  
*Crp* = Craps  
*nk3* = NK3  
*Ind* = Indisturbato  
*Dts* = Disturbato  
*SDi* = Semi disturbato  
*SPT* = SPT

**STRATIGRAFIA**

SCALA 1:50 Pagina 1/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA										Sondaggio: S1					
Località: TERME DI DIOCLEZIANO										Quota:					
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP: SRL										Data: GIUGNO 2010					
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E										Redattore: GEOL. CARLO ROSA					
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE															
P m 101	R m 5	A r s	Pz	metri m	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	S.P.T.		RQD % 0-100	goc. m	DESCRIZIONE	
										S.P.T.	M				
														0,2	Pavimentazione stradale in sanpietrini ;
				1										1,3	Materiale di riporto costituito da sabbie e ghiaia con frammenti di laterizi e lava leucitica, sciolta e asciutta,
				2										1,7	Materiale di riporto costituito da limo sabbioso marrone con frammenti di laterizio, mediamente addensato .
				2										2,2	Materiale di riporto costituito da frammenti di laterizio e lava leucitica, sciolto e dilavato.
				3											Muratura costituita da scapoli di natura tufacea ( tufo lionato) in malta pozzolanacea, a luoghi con presenza di laterizi.
				4											
				5											
				6											
				6										6,8	
				7											Materiale di riporto costituito da frammenti di laterizi , tufi, marmi e calcari. Sciolto .
				7										7,7	
				8										8,0	Materiale di riporto costituito da piroclastite rossastra mediamente addensata.
				8										8,4	Materiale di riporto costituito da frammenti di natura tufacea e ceramici .
				9											Piroclastite marrone grigiastra con abbondanti cristalli di leucite analcimizzata dispersi nella matrice sabbiosa. Più scoriacea al letto ( da 8,40 a 9,50) dove il colore diventa grigio.
				9										9,5	
				10						9-11-12	23				Piroclastite marrone rossiccia da sabbiosa a almoso argillosa.
				11											
				12											

**STRATIGRAFIA**

SCALA 1 : 50 Pagina 2/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA										Sondaggio: S1			
Località: TERME DI DIOCLEZIANO										Quota:			
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL										Data: GIUGNO 2010			
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E										Redattore: GEOL. CARLO ROSA			
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE													
U m	R m	A r	Pz	metri m	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 - 100	S.P.T. S.F.T.	RQD % 0 - 100	prnt m	DESCRIZIONE
				12,4									Piroclastite marrone rossiccia da sabbiosa a almoso argillosa.
				13									Pozzolane grigie con scorie grigiastre e cristalli di leucite analcimizzata dispersi nella matrice.
				13,1									
				13,4									Piroclastite sabbiosa cineritica con cristalli di leucite analcimizzata.
				13,6									
				13,8									Piroclastite grigiastra da semilitoide a litoide (cappellaccio)
				14									Piroclastite cineritica rossiccia.
				14,0									Piroclastite grigia da semilitoide a litoide.
				15									Piroclastite cineritica rossiccia.
				15,3									
				15,8									Livello di pomice giallastre passante verso il basso a piroclastite grigia da semilitoide a litoide e poi a piroclastite ferrosa.
				16									Piroclastite grigia da semilitoide a litoide.
				16,0									Piroclastite limoso sabbiosa marrone.
				16,5									
				17									Tufo grigio granulare da semilitoide a litoide.
				17,3									
				18									Piroclastite limoso argillosa marrone, plastica.
				18,2									
				19									Limo sabbioso travertinoso biancastro passante verso il basso a sabbione travertinoso.
				20									
				21									
				22									
				23					5-6-7	12		22,5	Sabbione travertinoso con clasti grossolani alla base ( da mt 24,5 a m 25,0) . Orizzonte ossidato a mt 24,10.
				24									

**STRATIGRAFIA**

SCALA 1 : 50 Pagina 3/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA										Sondaggio: S1				
Località: TERME DI DIOCLEZIANO										Quota:				
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL										Data: GIUGNO 2010				
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E										Redattore: GEOL. CARLO ROSA				
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE														
Ø mm	R T	A S	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
				25									25.0	Sabbione travertinoso con clasti grossolani alla base ( da mt 24.5 a m 25.0) . Orizzonte ossidato a mt 24,10.
				26									26.2	Sabbione travertinoso con blocchi di travertino di dimensioni max 3-4 cm.
				27				2.2					26.8	Limo argilloso sabbioso giallo con screziature grigie.
				28				2.70					26.8	Limo argilloso grigio plastico.
				29				2.2					26.8	Limo argilloso grigio plastico.
				30				3.2					26.6	Limo argilloso leggermente sabbioso grigiastro.
				31				2.6		5-7-10	17		29.0	Limo argilloso plastico.
				32				2.6					29.6	Limo argilloso plastico.
				33				2.3					31.0	Limo argilloso leggermente sabbioso.
				34				2.3					32.0	Limo argilloso grigio, plastico.
				35				2					32.0	Limo argilloso grigio, plastico.
				36				1.8					34.0	Limo argilloso grigiastro plastico.
								2						
								1.8						
								2						
								2.6						
								2.8						
								3						

**STRATIGRAFIA**

SCALA 1 : 50 Pagina 4/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA										Sondaggio: S1			
Località: TERME DI DIOCLEZIANO										Quota:			
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP: SRL										Data: GIUGNO 2010			
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E										Redattore: GEOL. CARLO ROSA			
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE													
Ø mm	R V	A I	Pz	metri bar	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prof. % 0 --- 100	RES. S.P.T. N	RQD % 0 --- 100	prof m	DESCRIZIONE
													Limo argilloso grigiastro plastico.
												2.8	
												2.6	
				37								3.	
												3.	
				38								3.2	
						3) Sieve < 0,25 36,74							
												35.7	
				39									Limo argilloso molto plastico e poco consolidato.
												1.2	
				40									
												1.3	
				41								2.	
												2.2	
												2	
				42								41.5	Sabbia giallastra passante a limo argilloso grigio.
												41.6	Sabbie giallastre fini, debolmente limose al tetto.
				43									
				44									
				45								45.0	Sabbia e ghiaietto grigiastri.
				46								46.0	Ghiaia con ciottoli max 2-3 cm in matrice sabbiosa grigiasta.
				47								47.1	Ghiaie con ciottoli di calcare e selce di dimensioni max 3-4 cm in matrice sabbiosa biancastra.
				48									

**STRATIGRAFIA**

SCALA 1 : 50      Pagina 5/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA										Sondaggio: S1		
Località: TERME DI DIOCLEZIANO										Quota:		
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL										Data: GIUGNO 2010		
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E										Redattore: GEOL. CARLO ROSA		
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE												
Ø mm	R V	A r-s	Pz	metri m	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.L. s.p.l.	RQD % 0 --- 100	prof. m
				49  50								50,0
DESCRIZIONE												
Ghiaie con ciottoli di calcare e selce di dimensioni max 3-4 cm in matrice sabbiosa biancastra.												

## STRATIGRAFIA

Fotografie - Pagina 1/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA	Sondaggio: 51
Località: TERME DI DIOCLEZIANO	Quota:
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL	Data: GIUGNO 2010
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E	Redattore: GEOL. CARLO ROSA
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE	



Sondaggio 1 - cassa 1 - da m 0.0 a m 5.0



Sondaggio 1 - cassa 2 - da m 5.0 a m 10.0

## STRATIGRAFIA

Fotografie - Pagina 2/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA	Sondaggio: S1
Località: TERME DI DIOCLEZIANO	Quota:
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL	Data: GIUGNO 2010
Coordinate: 41°54'10.72N 12°29'53.51E	Redattore: GEOL. CARLO ROSA
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE	



Sondaggio 1 - cassa 3 - da m 10.0 a m 15.0



Sondaggio 1 - cassa 4 - da m 15.0 a m 20.0

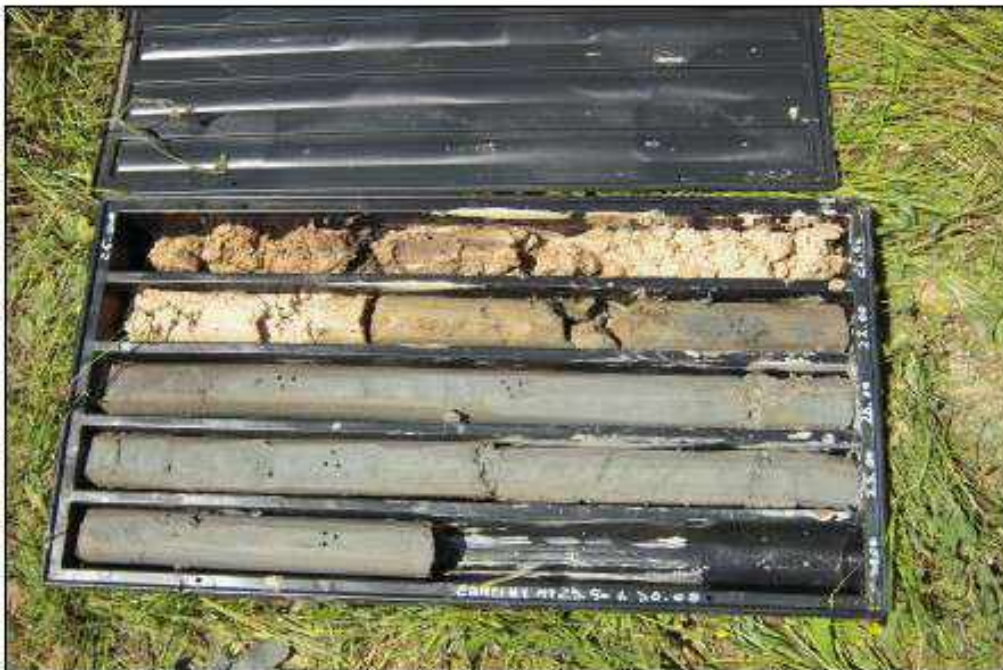
## STRATIGRAFIA

Fotografie - Pagina 3/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA	Sondaggio: S1
Località: TERME DI DIOCLEZIANO	Quota:
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL	Data: GIUGNO 2010
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E	Redattore: GEOL. CARLO ROSA
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE	



Sondaggio 1 - cassa 5 - da m 20.0 a m 25.0



Sondaggio 1 - cassa 6 - da m 25.0 a m 30.0

## STRATIGRAFIA

Fotografie - Pagina 4/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA	Sondaggio: S1.
Località: TERME DI DIOCLEZIANO	Quota:
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL	Data: GIUGNO 2010
Coordinate: 41°54'10,72N 12°29'53,51E	Redattore: GEOL. CARLO ROSA
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE	



Sondaggio 1 - cassa 7 - da m 30.0 a m 35.0



Sondaggio 1 - cassa 8 - da m 35.0 a m 40.0

## STRATIGRAFIA

Fotografie - Pagina 5/5

Riferimento: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA	Sondaggio: S1
Località: TERME DI DIOCLEZIANO	Quota:
Impresa esecutrice: LERICI PROSPEZIONI ARCHEOLOGICHE SOC. COOP. SRL	Data: GIUGNO 2010
Coordinate: 41°54'10,72N 12°28'53,51E	Redattore: GEOL. CARLO ROSA
Perforazione: CAROTIERE SEMPLICE	



Sondaggio 1 - cassa 9 - da m 40.0 a m 45.0



Sondaggio 1 - cassa 10 - da m 45.0 a m 50.0

Prove di Laboratorio -  
Relative a due campioni indisturbati C2 e C3 nel Sondaggio S1<sup>3</sup>

Su due dei campioni indisturbati C2 e C3, prelevati con campionatore Shelby nella perforazione a carotaggio continuo S1<sup>4</sup> nel limo argilloso grigio plastico rispettivamente a 34-34,5 e 38,2-38,7 metri di profondità, sono state eseguite le seguenti Prove di Laboratorio a cura della Sogea S.r.l.:

- Contenuto d'acqua allo stato naturale
- Peso di volume allo stato naturale
- Peso specifico dei granuli
- Limite Liquido
- Limite Plastico
- Analisi granulometrica
- Prova edometrica
- Prova triassiale C.D.
- Prova triassiale U.U.
- Prova di Taglio Diretto

---

<sup>3</sup> Ovvero SG1, come sarà identificato in seguito.

<sup>4</sup> Vedi nota 12

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 34.0-34.5

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	28,2	%
Peso di volume	18,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	14,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	18,6	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,60	
Indice dei vuoti	0,785	
Porosità	44,0	%
Grado di saturazione	93,4	%
Limite di liquidità	45,9	%
Limite di plasticità	32,3	%
Indice di plasticità	13,6	%
Indice di consistenza	1,30	
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	0,5	%
Lino	30,4	%
Argilla	69,1	%
D 10		mm
D 50	0,001840	mm
D 60	0,003153	mm
D 90	0,015886	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 40	99,9	%
Passante set. 200	99,5	%

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
----------	-----	----------------	-----

**SCISSOMETRO**

$\tau$	kPa	$\tau_{Res}$	kPa
--------	-----	--------------	-----

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-rapida			
c	13,8	kPa	$\phi$ 20,1 °
c Res		kPa	$\phi_{Res}$ °

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$c_d$	63	kPa	$\phi_d$	7,6	°
C.U.	$c'_{cu}$		kPa	$\phi'_{cu}$		°
	$c_{cu}$		kPa	$\phi_{cu}$		°
U.U.	$c_u$	48	kPa	$\phi_u$		°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
3,1 + 6,3			
6,3 + 12,5	1740	0,000468	
12,5 + 25,0	1480	0,000439	
25,0 + 50,0	2026	0,000434	
50,0 + 100,0	2688		
100,0 + 200,0	3935		
200,0 + 400,0	5993		
400,0 + 800,0	10448		
800,0 + 1600,0	20540		
1600,0 + 3200,0	40086		

Argilla limosa di colore grigio azzurro ( $R_p = 60-80$  kPa).



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-II-2007 - DPR 246/1995 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04950	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 09/07/10      Fine analisi: 10/07/10
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 34.0-34.5
<b>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</b>		
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216		

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Struttura del materiale:       Omogeneo       Stratificato       Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 28,2 %**

Argilla limosa di colore grigio azzurro (R<sub>p</sub> = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SGEG

Lo Sperimentatore  
Dott. Scarpanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Rabottino



**SOGEA srl**  
Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 067016809 - fax 067011625  
**Laboratorio geotecnico**

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04949	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 09/07/10      Fine analisi: 09/07/10
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 34.0-34.5
<b>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</b>		
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E		

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

<b>Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 18,3 kN/m<sup>3</sup></b>
--

Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 60-80 kPa).
---

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Serrepani

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



**SOGEA srl**  
Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 067016899 - fax 067011625  
**Laboratorio geotecnico**

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1995 - Circolare 349/STG/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04948	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 22/07/10      Fine analisi: 22/07/10
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 34.0-34.5
<b>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</b>		
Modalità di prova: Norma ASTM D 854		

Metodo:  A     B

Capacità del pichometro: 100 ml

Temperatura di prova: 28,6 °C

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m<sup>3</sup>) = 25,48

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m<sup>3</sup>) = 25,48

Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Scarpanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabbino



**SOGEA srl**  
Via Casalmenferrato 2E - ROMA  
tel. 067016809 - fax 067011623

Laboratorio geotecnico

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04947	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 14/07/10      Fine analisi: 15/07/10

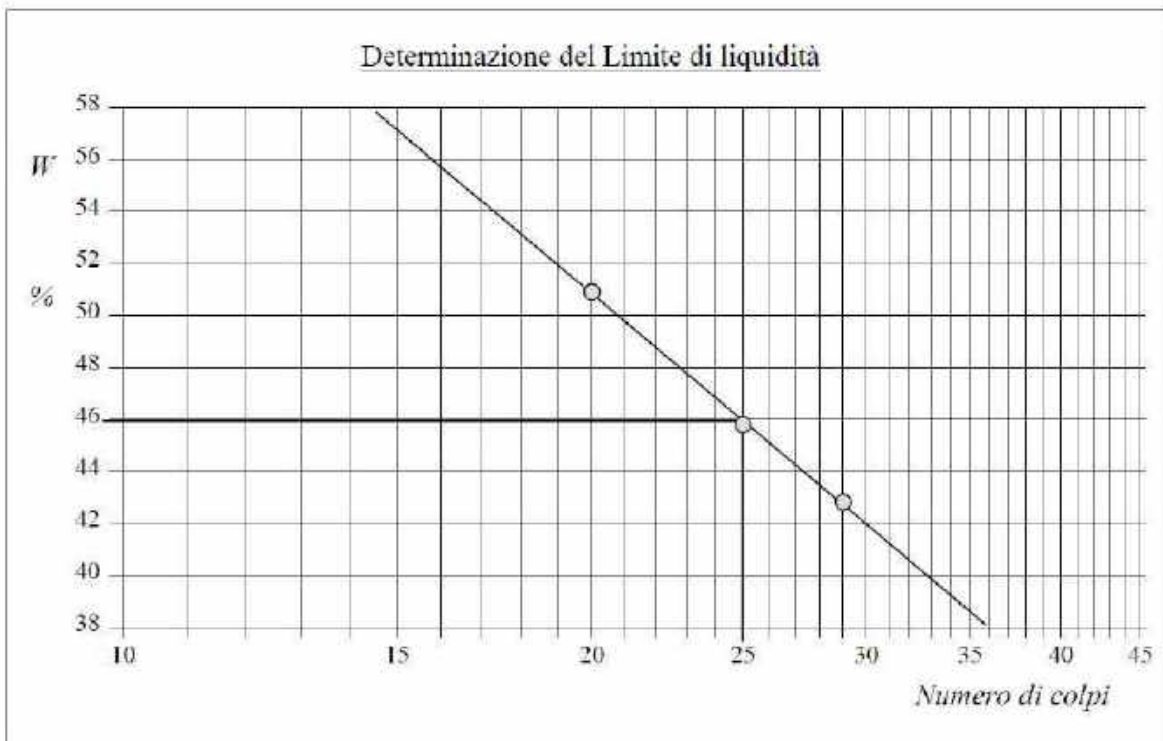
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 1                      CAMPIONE: 2                      PROFONDITA': m 34.0-34.5

**LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	45,9 %
Limite di plasticità	32,3 %
Indice di plasticità	13,6 %

LIMITE DI LIQUIDITA'				LIMITE DI PLASTICITA'	
Numero di colpi	20	25	29	Umidità (%)	32,4    32,2
Umidità (%)	50,9	45,8	42,8	Umidità media (%)	32,3



Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabottino

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

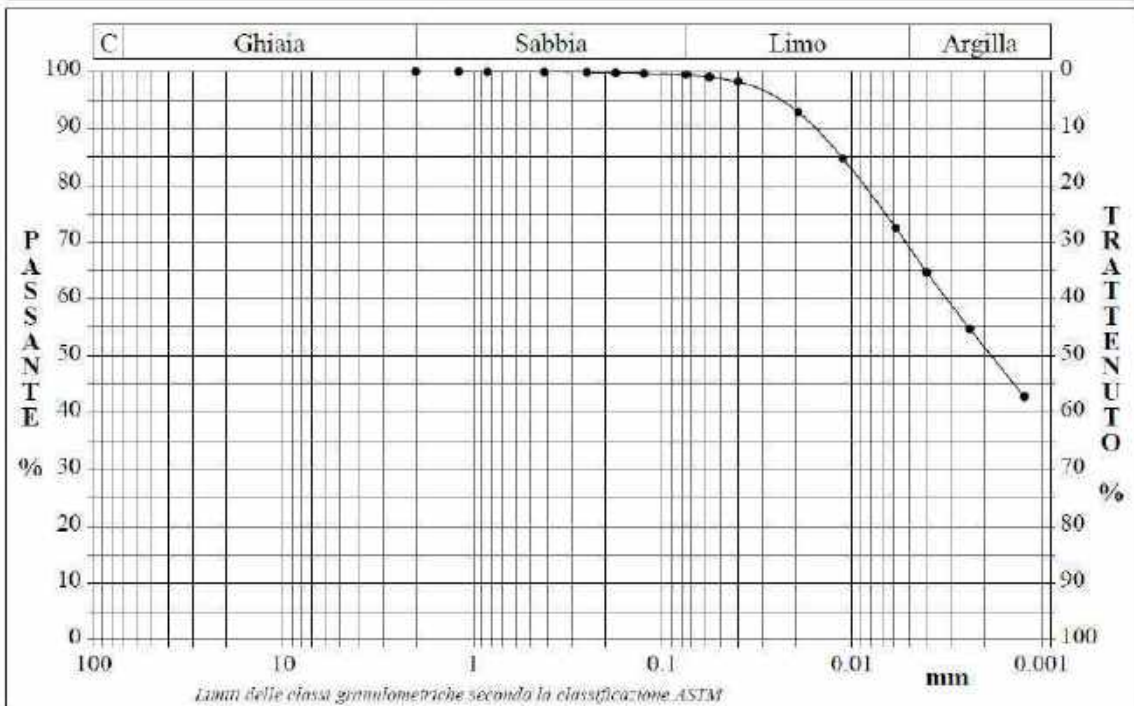
CERTIFICATO DI PROVA N°: 04946	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 15/07/10 Fine analisi: 20/07/10

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 1                      CAMPIONE: 2                      PROFONDITA': m 34.0-34.5

### ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm		
Sabbia	0,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,9 %	D30	---	mm		
Limo	30,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,5 %	D50	0,00184	mm		
Argilla	69,1 %			D60	0,00315	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0,01589	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2.0000	100,00	0,1770	99,76	0,0192	92,86	0,0012	42,81		
1.1900	99,98	0,1250	99,65	0,0112	84,67				
0,8410	99,93	0,0750	99,47	0,0059	72,48				
0,4200	99,89	0,0564	99,06	0,0040	64,73				
0,2500	99,85	0,0400	98,18	0,0024	54,77				

Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Scerpani

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



**SOGEA srl**

Via Casalini/Jerolimio 2E - ROMA  
tel. 067016809 - fax 067011625

Laboratorio geotecnico

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

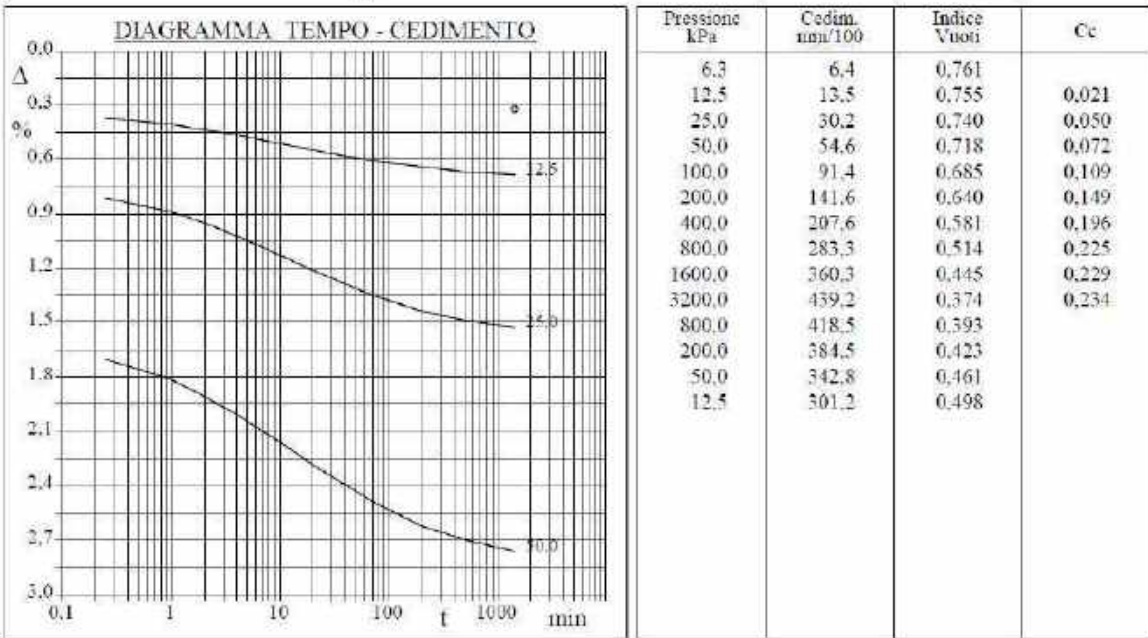
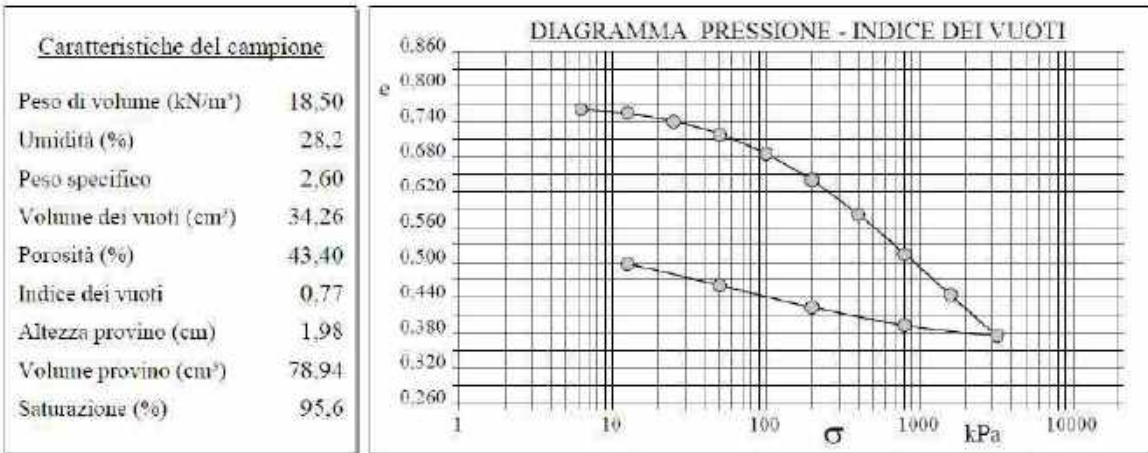
Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04945	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 09/07/10 Fine analisi: 21/07/10

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITÀ: m 34.0-34.5

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435



Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Serepanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino





AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore «A» - Prove di laboratorio sui terreni AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04944	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 13/07/10 Fine analisi: 17/07/10

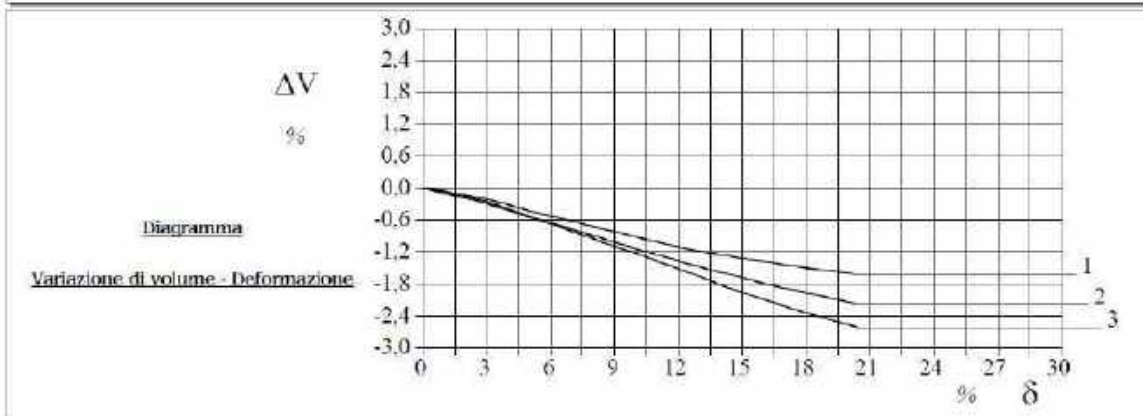
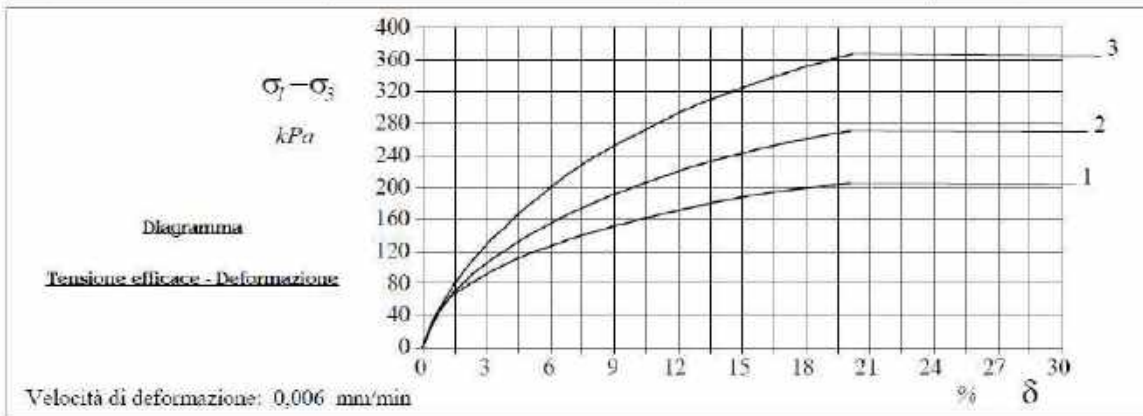
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 34.0-34.5

**PROVA TRIASSIALE C.I.D.**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 -Cap. 4

Provino n	Dimensioni		Caratteristiche fisiche					Consolidazione				
	H <sub>0</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w <sub>0</sub> %	w <sub>f</sub> %	S <sub>0</sub> %	σ <sub>j</sub> kPa	u <sub>0</sub> kPa	σ <sub>j</sub> kPa	ΔV/V %	ΔH/H %
1	7,63	3,79	18,6	2,60	29,4	26,2	98,4	400	200	200	4,1	1,6
2	7,63	3,79	18,2	2,60	27,5	24,8	91,1	650	200	450	7,1	1,3
3	7,63	3,79	18,2	2,60	29,5	25,9	94,5	900	200	700	10,2	0,9

H<sub>0</sub> φ - Altezza e diametro provini  
w<sub>0</sub> w<sub>f</sub> - Umidità iniziale e finale  
γ<sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico  
S<sub>0</sub> - Grado di saturazione iniziale  
ΔH - Variazione di altezza  
ΔV - Variazione di volume  
σ<sub>j</sub> - Pressione di cella  
u<sub>0</sub> - Back pressure



Argilla limosa di colore grigio azzurto (Rp = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Scarpanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04944	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 13/07/10      Fine analisi: 17/07/10
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 34.0-34.5
<b>PROVA TRIASSIALE C.I.D.</b>		
Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 -Cap. 4		

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %
0.54	0.44	31.5	-0.02	0.36	0.47	29.3	-0.04	0.38	0.50	31.8	-0.04
0.71	0.94	53.7	-0.05	0.75	0.98	51.8	-0.08	0.78	1.02	59.2	-0.08
1.10	1.44	65.5	-0.09	1.13	1.47	69.1	-0.13	1.15	1.51	79.2	-0.13
1.47	1.93	74.8	-0.13	1.50	1.96	82.2	-0.18	1.52	1.99	97.6	-0.16
1.86	2.44	83.1	-0.16	1.88	2.46	94.6	-0.23	1.90	2.49	113.3	-0.20
2.24	2.93	90.9	-0.20	2.27	2.97	104.7	-0.29	2.29	3.00	129.0	-0.26
2.64	3.46	98.5	-0.25	2.66	3.49	114.5	-0.35	2.69	3.52	142.2	-0.32
3.03	3.97	105.1	-0.31	3.05	4.00	123.7	-0.41	3.07	4.03	155.1	-0.39
3.43	4.49	111.6	-0.36	3.42	4.48	132.0	-0.48	3.40	4.46	166.0	-0.45
3.82	5.01	117.2	-0.42	3.78	4.96	139.7	-0.54	3.74	4.91	176.7	-0.52
4.21	5.51	122.4	-0.48	4.15	5.44	147.0	-0.59	4.09	5.36	185.8	-0.58
4.60	6.03	127.0	-0.53	4.53	5.94	154.2	-0.65	4.47	5.85	196.6	-0.65
4.99	6.53	131.8	-0.57	4.91	6.43	161.3	-0.70	4.83	6.33	206.8	-0.71
5.36	7.03	136.2	-0.62	5.28	6.92	167.6	-0.76	5.20	6.82	216.9	-0.78
5.74	7.53	140.4	-0.68	5.66	7.42	173.8	-0.83	5.58	7.32	225.9	-0.86
6.10	8.00	143.9	-0.72	6.04	7.91	179.6	-0.88	5.97	7.82	234.7	-0.92
6.48	8.49	147.9	-0.77	6.41	8.40	185.0	-0.94	6.34	8.31	242.2	-1.00
6.85	8.98	151.9	-0.81	6.78	8.89	190.3	-1.00	6.71	8.80	249.3	-1.06
7.22	9.46	154.8	-0.86	7.16	9.39	195.2	-1.06	7.11	9.32	256.9	-1.13
7.57	9.93	158.2	-0.91	7.53	9.87	200.1	-1.12	7.49	9.82	263.9	-1.20
7.94	10.40	161.5	-0.95	7.90	10.36	204.8	-1.18	7.87	10.31	270.5	-1.26
8.31	10.89	164.5	-1.00	8.28	10.86	209.7	-1.23	8.26	10.82	277.8	-1.34
8.68	11.38	167.7	-1.04	8.66	11.35	214.2	-1.29	8.64	11.32	284.2	-1.42
9.06	11.87	170.6	-1.09	9.05	11.86	218.9	-1.35	9.03	11.84	291.3	-1.49
9.43	12.36	174.0	-1.13	9.42	12.35	223.5	-1.41	9.41	12.33	297.5	-1.56
9.80	12.84	176.8	-1.17	9.79	12.84	227.3	-1.45	9.79	12.83	303.1	-1.63
10.17	13.33	179.3	-1.21	10.18	13.34	231.3	-1.51	10.18	13.34	308.8	-1.72
10.55	13.82	182.2	-1.24	10.56	13.83	235.1	-1.56	10.57	13.85	313.8	-1.80
10.91	14.30	184.4	-1.27	10.93	14.33	238.4	-1.61	10.96	14.36	318.8	-1.87
11.29	14.80	187.0	-1.30	11.32	14.84	242.0	-1.67	11.35	14.88	323.6	-1.94
11.66	15.28	189.1	-1.33	11.69	15.32	245.2	-1.72	11.72	15.36	328.2	-2.01
12.04	15.78	191.4	-1.36	12.08	15.83	248.6	-1.77	12.11	15.87	333.2	-2.07
12.42	16.28	193.4	-1.39	12.46	16.33	251.6	-1.81	12.50	16.38	337.6	-2.14
12.80	16.77	195.3	-1.43	12.84	16.82	254.4	-1.86	12.87	16.87	341.7	-2.20
13.18	17.27	197.0	-1.45	13.21	17.31	257.1	-1.90	13.24	17.35	345.8	-2.26
13.56	17.77	198.6	-1.48	13.60	17.82	260.1	-1.95	13.64	17.87	350.4	-2.33
13.94	18.26	199.9	-1.51	13.98	18.32	262.5	-1.99	14.02	18.37	354.2	-2.38
14.32	18.76	201.7	-1.53	14.36	18.82	265.2	-2.04	14.41	18.89	358.2	-2.44
14.69	19.25	203.0	-1.55	14.73	19.31	267.5	-2.08	14.78	19.37	361.9	-2.50
15.07	19.75	204.5	-1.58	15.12	19.81	269.8	-2.12	15.16	19.87	365.3	-2.55
15.43	20.22	205.7	-1.60	15.50	20.31	271.9	-2.17	15.56	20.39	368.4	-2.60

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Serepanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabbino



**SOGEA srl**

Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 067016809 - fax 067011625

Laboratorio geotecnico

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04943

Pagina 1/2

DATA DI EMISSIONE: 23/07/10

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10

Inizio analisi: 12/07/10

Fine analisi: 14/07/10

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA

RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

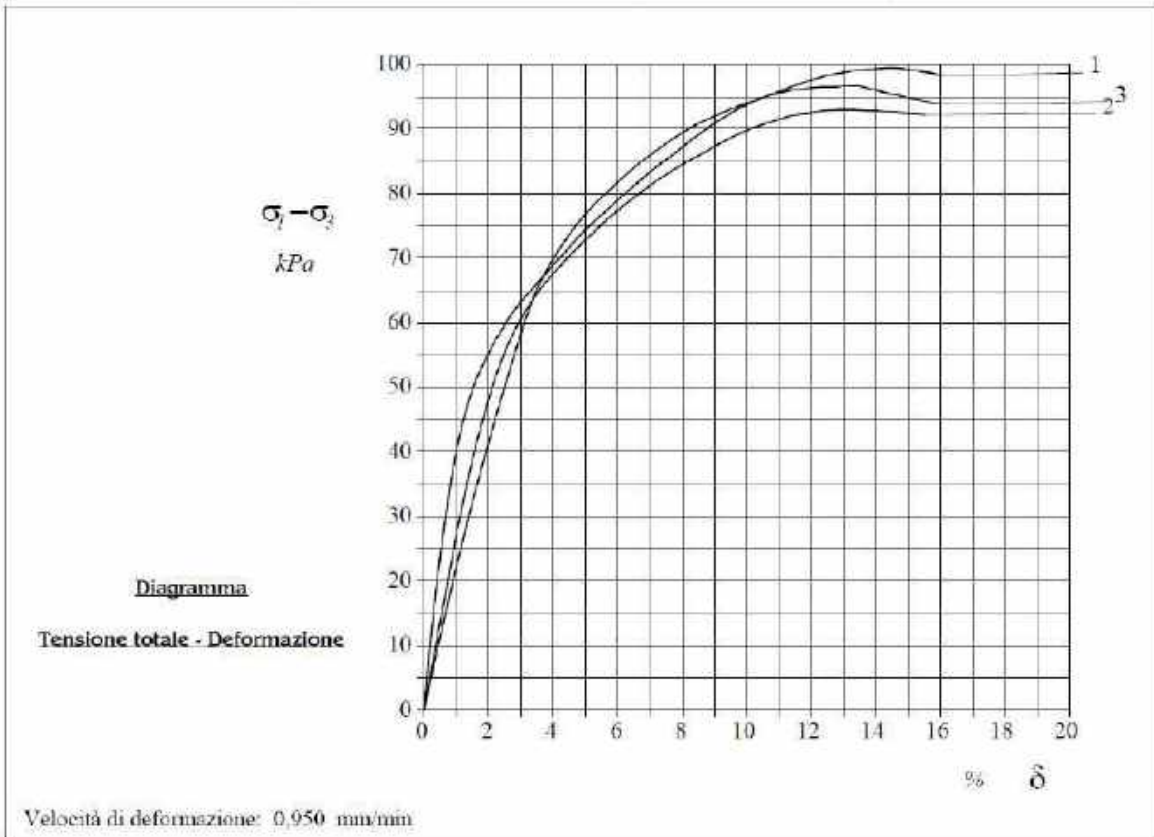
PROFONDITA': m 34.0-34.5

**PROVA TRIASSIALE U.U.**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850

Provino	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Pressioni		
	H <sub>0</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w <sub>0</sub> %	S <sub>0</sub> %	σ <sub>3</sub> kPa	u <sub>0</sub> kPa	σ <sub>1</sub> kPa
1	7,63	3,79	18,6	2,60	30,5	100,0	400	200	200
2	7,63	3,79	18,6	2,60	30,4	100,0	650	200	450
3	7,63	3,79	18,5	2,60	29,9	98,5	900	200	700

H<sub>0</sub> - Altezza dei provini  
φ - Diametro dei provini  
w<sub>0</sub> - Umidità iniziale  
S<sub>0</sub> - Grado di saturazione iniziale  
γ - Peso di volume  
γ<sub>s</sub> - Peso specifico  
σ<sub>3</sub> - Pressione di cella  
u<sub>0</sub> - Back pressure



Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SCEO

Lo Sperimentatore  
Dott. *Andrea Scarpanti*

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. *Stefano Rabottino*



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIMALITY

Certificazione Ufficiale - Settore «A» - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04943	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 12/07/10 Fine analisi: 14/07/10

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 34,0-34,5

**PROVA TRIASSIALE U.U.**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_j - \sigma_3$ kPa	$\Delta u$ kPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_j - \sigma_3$ kPa	$\Delta u$ kPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_j - \sigma_3$ kPa	$\Delta u$ kPa
0.10	0.13	7.0	0.0	0.33	0.44	11.7	-4.9	0.57	0.74	16.6	0.0
0.50	0.65	29.4	0.0	0.92	1.20	32.0	0.0	1.33	1.75	36.9	0.0
0.89	1.17	44.0	0.0	1.48	1.94	47.2	0.0	2.06	2.70	53.6	0.0
1.31	1.71	52.3	0.0	1.94	2.55	56.1	0.0	2.58	3.38	63.6	0.0
1.73	2.27	57.8	0.0	2.37	3.10	61.4	0.0	3.00	3.93	69.3	0.0
2.15	2.81	62.0	0.0	2.79	3.65	65.5	0.0	3.43	4.49	73.6	0.0
2.55	3.35	65.1	0.0	3.20	4.19	68.6	0.0	3.84	5.04	77.0	0.0
2.97	3.90	68.3	0.0	3.62	4.75	71.6	0.0	4.27	5.60	79.9	0.0
3.38	4.44	71.3	0.0	4.04	5.29	74.2	0.0	4.69	6.15	82.5	0.0
3.80	4.98	74.3	0.0	4.46	5.85	76.8	0.0	5.12	6.71	84.9	0.0
4.22	5.53	76.8	0.0	4.88	6.40	79.0	0.0	5.54	7.27	86.9	0.0
4.62	6.05	79.2	0.0	5.29	6.93	81.0	0.0	5.96	7.81	88.8	0.0
5.03	6.59	81.6	0.0	5.71	7.48	82.9	0.0	6.39	8.37	90.5	0.0
5.42	7.10	83.8	0.0	6.11	8.01	84.5	0.0	6.80	8.92	91.8	0.0
5.87	7.70	86.0	0.0	6.55	8.59	86.2	0.0	7.23	9.48	93.0	0.0
6.37	8.35	88.6	0.0	7.00	9.18	87.8	0.0	7.64	10.01	94.0	0.0
6.76	8.86	90.4	0.0	7.42	9.72	89.2	0.0	8.08	10.58	95.0	0.0
7.16	9.38	92.1	0.0	7.83	10.26	90.3	0.0	8.50	11.14	95.8	0.0
7.55	9.90	93.5	0.0	8.23	10.78	91.1	0.0	8.90	11.67	96.2	0.0
7.96	10.43	94.8	0.0	8.65	11.34	92.0	0.0	9.35	12.25	96.5	0.0
8.36	10.95	95.7	0.0	9.06	11.87	92.4	0.0	9.76	12.79	96.5	0.0
8.76	11.48	96.7	0.0	9.47	12.41	92.8	0.0	10.18	13.35	96.7	0.0
9.16	12.00	97.6	0.0	9.89	12.96	92.9	0.0	10.62	13.92	96.1	0.0
9.55	12.52	98.3	0.0	10.30	13.50	92.9	0.0	11.05	14.48	95.5	0.0
9.95	13.05	98.8	0.0	10.71	14.04	92.8	0.0	11.47	15.04	94.8	0.0
10.36	13.57	99.2	0.0	11.13	14.59	92.6	0.0	11.91	15.61	94.2	0.0
10.75	14.09	99.3	0.0	11.54	15.12	92.4	0.0	12.32	16.15	93.6	0.0
11.15	14.62	99.4	0.0	11.95	15.66	92.2	0.0				
11.56	15.15	99.1	0.0								
11.95	15.67	98.7	0.0								
12.36	16.19	98.2	0.0								

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Scarpanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabbittino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2000  
CERTIFICATO DA CERQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-II-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

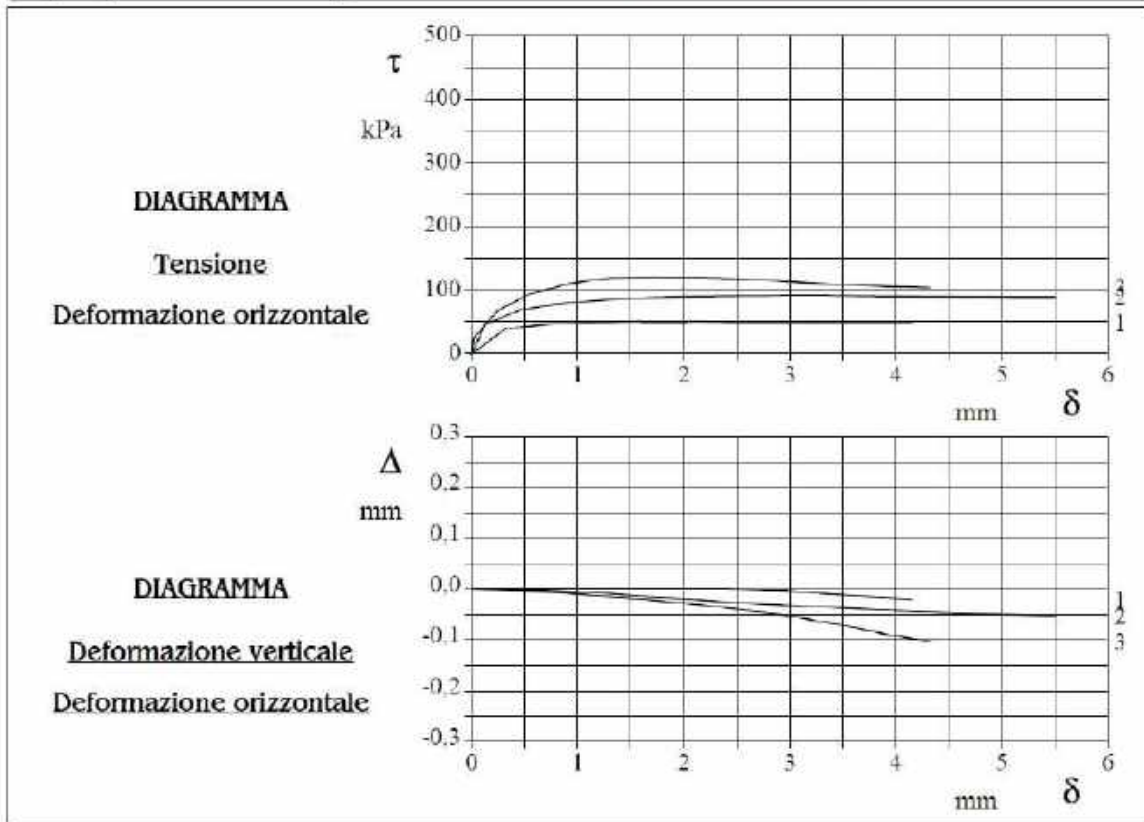
CERTIFICATO DI PROVA N°: 04942	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 16/07/10      Fine analisi: 20/07/10

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 1                      CAMPIONE: 2                      PROFONDITA': m 34.0-34.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	28,8      30,0	29,8      30,5	29,8      29,8
Peso di volume (kN/m³):	17,5	17,5	17,4
Tipo di prova: Consolidata - rapida	Velocità di deformazione: 0,950 mm / min		



Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 60-80 kPa).

1  
23243

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. *Andrea Serapanti*

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. *Stefano Rabottino*



COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA			
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m	38.2-38.7

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	32,2	%
Peso di volume	18,1	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	13,7	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	18,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,61	
Indice dei vuoti	0,864	
Porosità	46,4	%
Grado di saturazione	97,2	%
Limite di liquidità	50,7	%
Limite di plasticità	35,1	%
Indice di plasticità	15,6	%
Indice di consistenza	1,19	
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	0,4	%
Limo	24,1	%
Argilla	75,5	%
D 10		mm
D 50	0,001300	mm
D 60	0,002242	mm
D 90	0,012920	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 40	99,9	%
Passante set. 200	99,6	%

**PERMEABILITA'**

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

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
----------	-----	----------------	-----

**SCISSOMETRO**

$\tau$	kPa	$\tau_{Res}$	kPa
--------	-----	--------------	-----

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-rapida			
c	24,8	kPa	$\phi$ 24,8 °
c Res.		kPa	$\phi_{Res}$ °

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$c_d$	46	kPa	$\phi_d$	10,1	°
C.U.	$e'_{cu}$		kPa	$\phi'_{cu}$		°
	$e_{cu}$		kPa	$\phi_{cu}$		°
U.U.	$e_u$	70	kPa	$\phi_u$		°

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
12,5 ÷ 25,0			
25,0 ÷ 50,0	5532	0,000634	
50,0 ÷ 100,0	4263	0,000785	
100,0 ÷ 200,0	5841	0,000461	
200,0 ÷ 400,0	7347		
400,0 ÷ 800,0	10259		
800,0 ÷ 1600,0	16804		
1600,0 ÷ 3200,0	31717		
3200,0 ÷ 6400,0			

Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).



**SOGEA srl**

Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 067016809 - fax 067017625

**Laboratorio geotecnico**

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 04941	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 23/07/10
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 239/2010 del 06/07/10		<b>Inizio analisi:</b> 12/07/10 <b>Fine analisi:</b> 13/07/10
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 38,2-38,7
<b>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</b>		
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216		

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Struttura del materiale:       Omogeneo       Stratificato       Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

**$W_n$  = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 32,2 %**

Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica ( $R_p = 110-150$  kPa).

2  
23244

Software SGEQ

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Serrepani

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



**SOGEA srl**  
Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 067015809 - fax 067011625

**Laboratorio geotecnico**

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04940	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 12/07/10      Fine analisi: 12/07/10
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITÀ: m 38.2-38.7
<b>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</b>		
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E		

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 18,1 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).

2  
23244

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Serrepanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1995 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04939	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 22/07/10      Fine analisi: 22/07/10
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITÀ: m 38,2-38,7
<b>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</b>		
Modalità di prova: Norma ASTM D 854		

Metodo:  A     B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 27,8 °C

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m<sup>3</sup>) = 25,56

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m<sup>3</sup>) = 25,56

Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).

2  
23244

Software SGE0

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Scerpani

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



**SOGEA srl**

Via Casalmonferrato 2E - ROMA  
tel. 067016809 - fax 067011625

Laboratorio geotecnico

AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04938	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 14/07/10      Fine analisi: 15/07/10

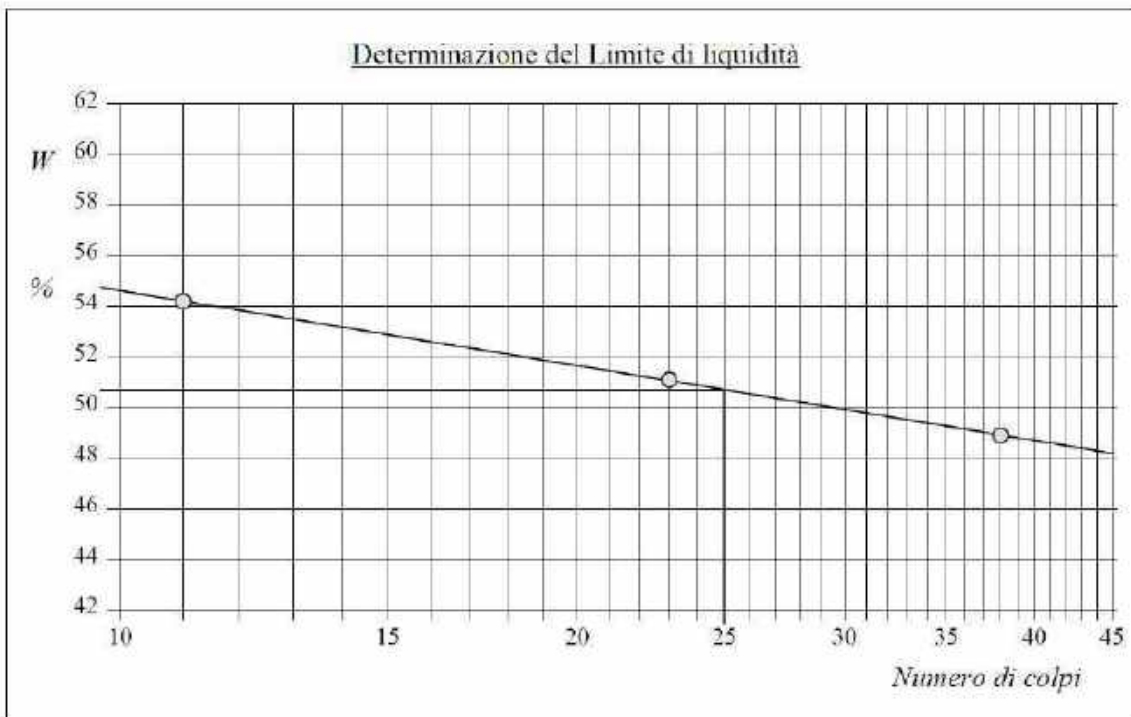
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 1                      CAMPIONE: 3                      PROFONDITA': m 38.2-38.7

**LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	50,7 %
Limite di plasticità	35,1 %
Indice di plasticità	15,6 %

LIMITE DI LIQUIDITA'				LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	11	23	38	Umidità (%)	34,8	35,3
Umidità (%)	54,2	51,1	48,9	Umidità media (%)	35,1	



Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).

2  
23244

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabotino

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabotino

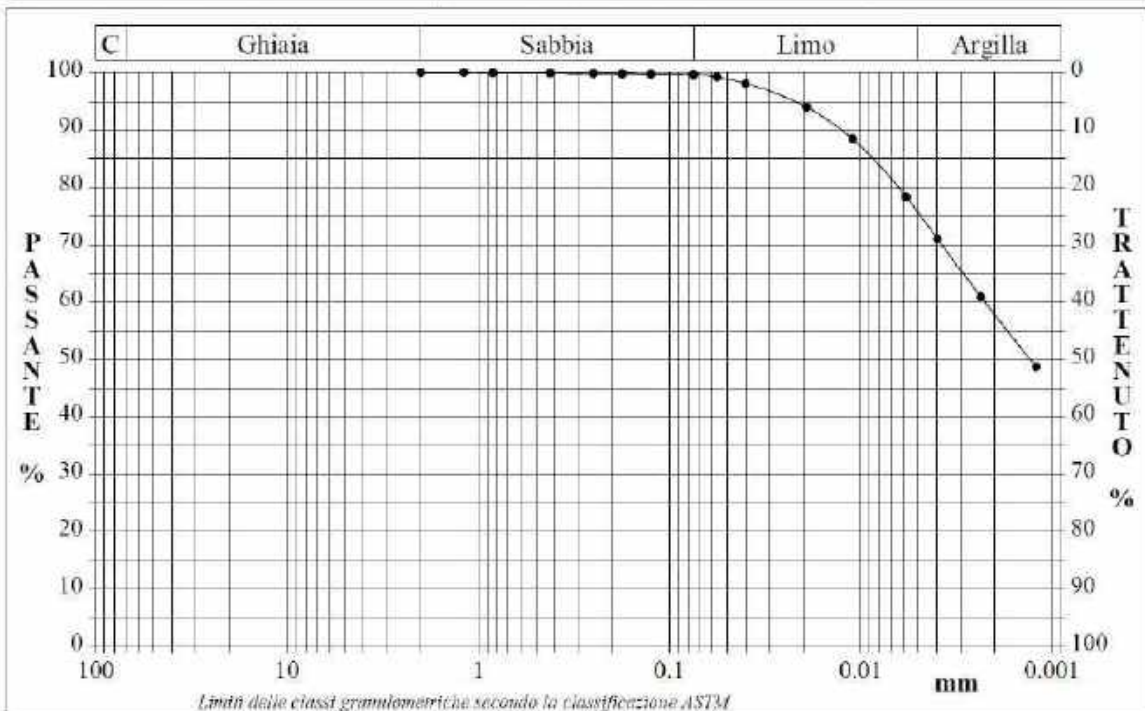
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 04937	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 23/07/10
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 16/07/10      Fine analisi: 21/07/10

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 3 <b>PROFONDITA':</b> m 38.2-38.7

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm
Sabbia	0,4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,9 %	D30	---	mm
Limo	24,1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,6 %	D50	0,00130	mm
Argilla	75,5 %			D60	0,00224	mm
<b>Coefficiente di uniformità</b>	---	<b>Coefficiente di curvatura</b>	---	D90	0,01292	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,1770	99,77	0,0192	93,94	0,0012	48,72		
1,1900	99,98	0,1250	99,70	0,0110	88,43				
0,8410	99,95	0,0750	99,59	0,0058	78,33				
0,4200	99,91	0,0565	99,22	0,0040	70,99				
0,2500	99,82	0,0401	98,07	0,0024	60,88				

Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).

2  
23244

Software SOGEA

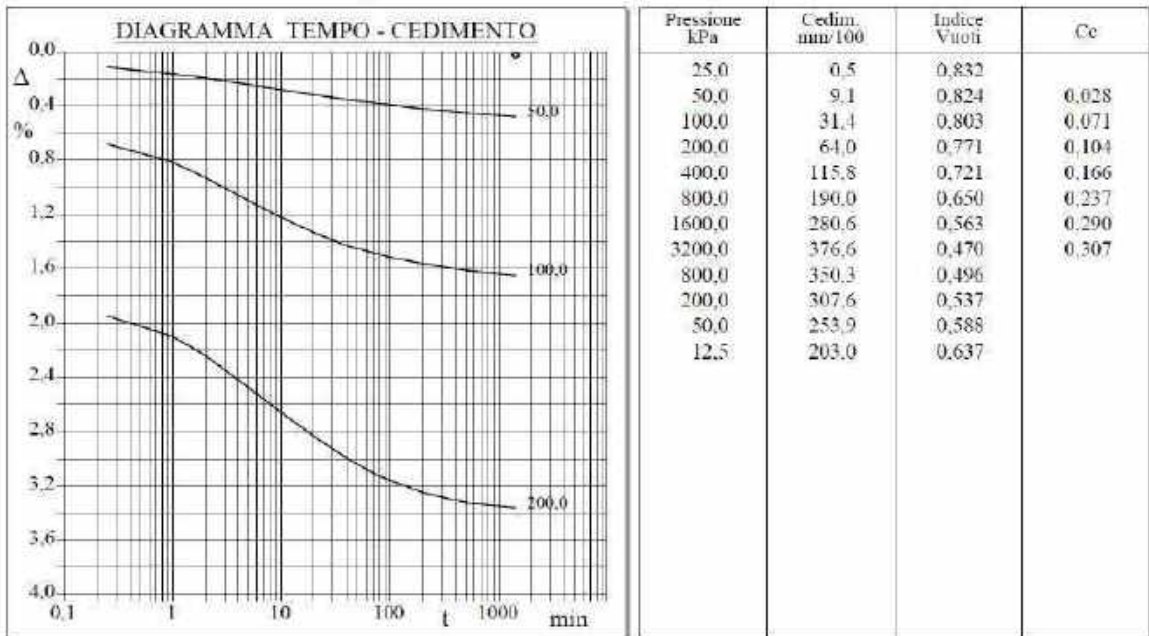
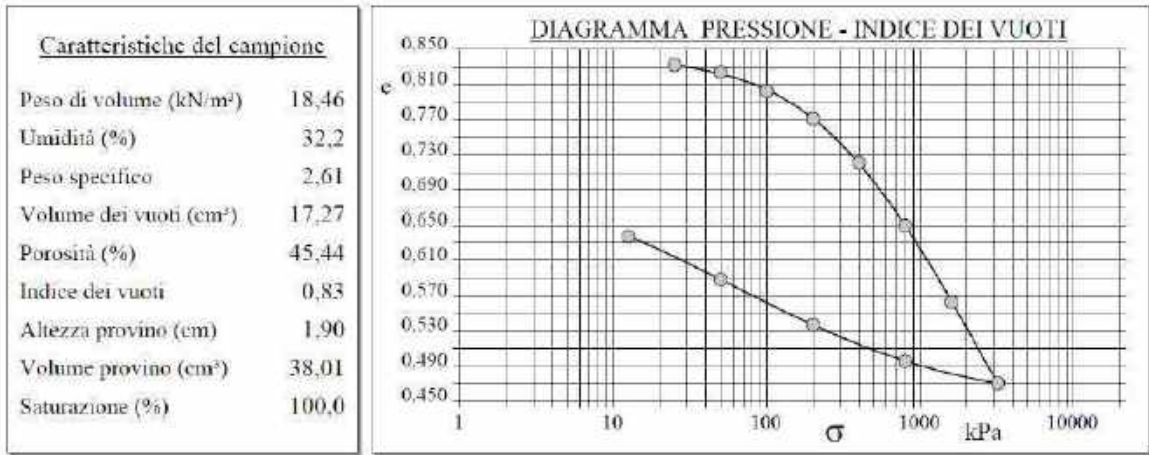
Lo Sperimentatore  
 Dott. Andrea Scerpani

Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Sergio Rabottino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 04936	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 23/07/10
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 12/07/10      Fine analisi: 22/07/10
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 38,2-38,7

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435



Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).

2  
23244

Software SGEI

Lo Sperimentatore  
Dott. *Andrea Scarpanti*

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. *Sergio Rabottino*





AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04935	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 15/07/10 Fine analisi: 19/07/10

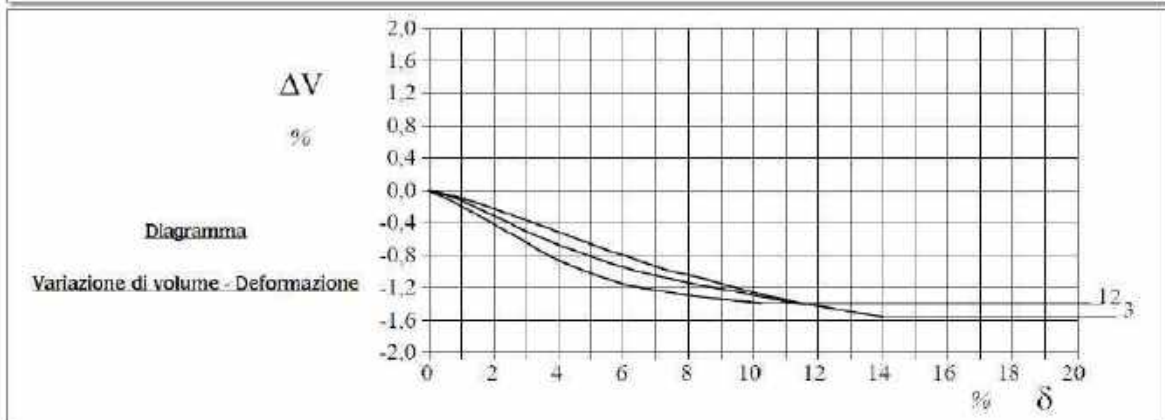
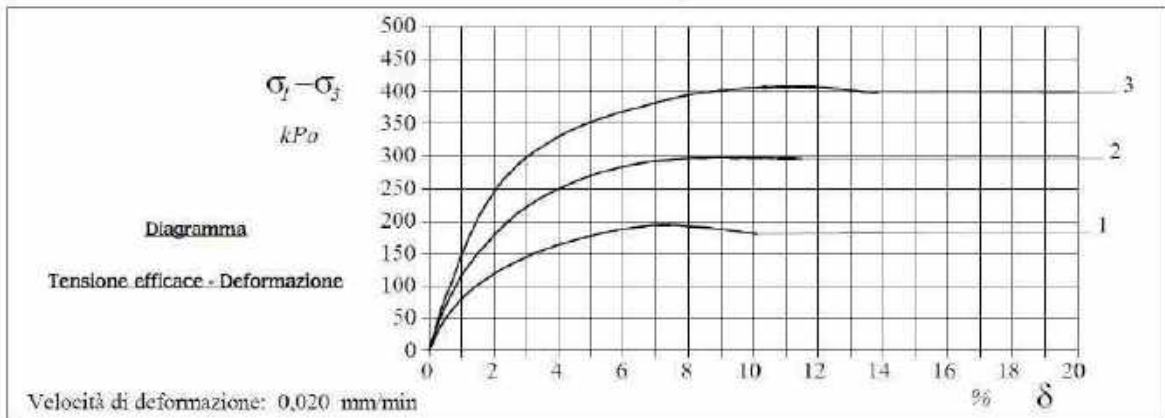
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 1                                      CAMPIONE: 3                                      PROFONDITA': m 38.2-38.7

**PROVA TRIASSIALE C.I.D.**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 -Cap. 4

Provino n	Dimensioni		Caratteristiche fisiche					Consolidazione				
	H <sub>0</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w <sub>0</sub> %	w <sub>f</sub> %	S <sub>0</sub> %	σ <sub>3</sub> kPa	u <sub>0</sub> kPa	σ <sub>1</sub> kPa	ΔV/V %	ΔH/H %
1	7,63	3,79	17,9	2,61	34,1	33,1	96,6	400	200	200	5,2	1,6
2	7,63	3,79	17,5	2,61	33,9	30,2	92,4	650	200	450	7,2	2,4
3	7,63	3,79	17,8	2,61	34,8	29,7	96,4	900	200	700	9,1	2,8

H<sub>0</sub> φ - Altezza e diametro provini  
w<sub>0</sub> w<sub>f</sub> - Umidità iniziale e finale  
γ γ<sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico  
S<sub>0</sub> - Grado di saturazione iniziale  
ΔH - Variazione di altezza  
ΔV - Variazione di volume  
σ<sub>3</sub> - Pressione di cella  
u<sub>0</sub> - Back pressure



Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).

2  
23244

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Strepanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2000  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04935	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 15/07/10 Fine analisi: 19/07/10
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 38.2-38.7
<b>PROVA TRIASSIALE C.I.D.</b>		
Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 -Cap. 4		

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta V$ %
0.33	0.43	43.7	-0.08	0.35	0.46	63.9	-0.05	0.38	0.49	80.3	-0.04
0.66	0.87	72.3	-0.16	0.66	0.87	103.7	-0.10	0.67	0.87	129.0	-0.07
1.02	1.34	95.2	-0.26	0.92	1.21	131.0	-0.16	0.82	1.08	156.4	-0.11
1.37	1.80	111.6	-0.37	1.19	1.55	152.6	-0.22	1.00	1.31	183.5	-0.13
1.74	2.28	126.7	-0.48	1.48	1.94	174.4	-0.30	1.22	1.60	212.1	-0.17
2.10	2.75	138.6	-0.58	1.79	2.35	195.0	-0.37	1.48	1.94	240.3	-0.21
2.46	3.23	149.4	-0.69	2.12	2.77	213.6	-0.46	1.77	2.32	265.7	-0.27
2.82	3.70	158.2	-0.80	2.44	3.19	227.5	-0.54	2.05	2.68	284.0	-0.32
3.18	4.17	166.0	-0.89	2.78	3.64	240.8	-0.61	2.38	3.12	302.3	-0.38
3.54	4.63	172.4	-0.96	3.13	4.11	252.0	-0.69	2.73	3.58	317.6	-0.45
3.87	5.08	178.0	-1.03	3.49	4.57	262.2	-0.75	3.10	4.06	331.8	-0.52
4.25	5.57	183.7	-1.10	3.86	5.06	271.3	-0.82	3.47	4.54	343.9	-0.59
4.62	6.05	188.2	-1.16	4.21	5.52	278.3	-0.89	3.81	4.99	352.9	-0.66
5.00	6.55	191.5	-1.20	4.60	6.03	284.3	-0.95	4.20	5.51	361.4	-0.73
5.38	7.06	193.9	-1.23	4.98	6.52	289.4	-1.00	4.57	5.99	369.0	-0.80
5.80	7.60	193.6	-1.27	5.37	7.04	292.6	-1.05	4.95	6.48	375.6	-0.87
6.18	8.10	191.7	-1.30	5.75	7.53	294.9	-1.10	5.31	6.96	382.2	-0.93
6.60	8.65	189.7	-1.32	6.14	8.05	296.8	-1.14	5.68	7.44	388.0	-0.99
7.02	9.20	185.9	-1.35	6.53	8.56	297.6	-1.18	6.04	7.92	393.4	-1.03
7.42	9.73	182.5	-1.37	6.93	9.08	298.0	-1.22	6.43	8.43	397.8	-1.08
7.83	10.26	179.0	-1.39	7.31	9.58	297.6	-1.25	6.79	8.90	400.7	-1.14
				7.70	10.09	297.2	-1.30	7.17	9.40	403.5	-1.19
				8.08	10.59	296.8	-1.33	7.55	9.89	405.6	-1.24
				8.46	11.09	296.4	-1.37	7.94	10.40	406.6	-1.29
				8.84	11.59	296.0	-1.40	8.31	10.90	407.6	-1.34
								8.70	11.40	406.9	-1.38
								9.09	11.91	407.0	-1.42
								9.49	12.43	405.4	-1.45
								9.88	12.94	402.2	-1.49
								10.28	13.47	399.1	-1.52
								10.67	13.98	395.9	-1.56

2  
23244

Software SGE0

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Serrepanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore «A» - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/S/TC/1999

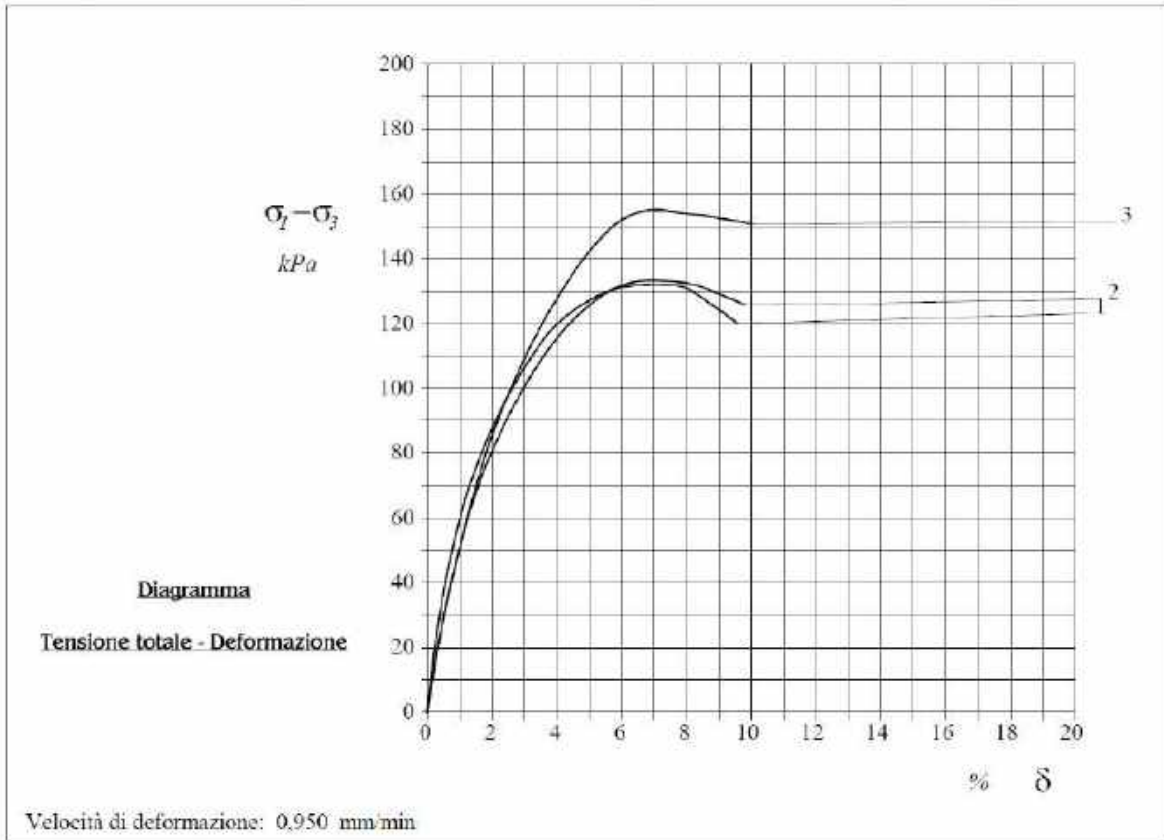
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 04934	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 23/07/10
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 14/07/10      Fine analisi: 16/07/10
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 38.2-38.7

**PROVA TRIASSIALE U.U.**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850

Provino	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Pressioni		
	$H_0$ cm	$\phi$ cm	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_s$	$w_0$ %	$S_0$ %	$\sigma_1$ kPa	$u_0$ kPa	$\sigma_3$ kPa
1	7,63	3,79	18,1	2,61	32,4	96,7	400	200	200
2	7,63	3,79	18,3	2,61	30,7	96,2	650	200	450
3	7,63	3,79	18,0	2,61	32,5	96,4	900	200	700

$H_0$  - Altezza dei provini  
 $\phi$  - Diametro dei provini  
 $w_0$  - Umidità iniziale  
 $S_0$  - Grado di saturazione iniziale  
 $\gamma$  - Peso di volume  
 $\gamma_s$  - Peso specifico  
 $\sigma_1$  - Pressione di cella  
 $u_0$  - Back pressure



Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica ( $R_p = 110-150$  kPa).

2  
23244

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Scarpanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

CERTIFICATO DI PROVA N°: 04934	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 23/07/10
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 14/07/10 Fine analisi: 16/07/10

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 1                      CAMPIONE: 3                      PROFONDITA': m 38.2-38.7

**PROVA TRIASSIALE U.U.**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ MPa	$\Delta u$ MPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ MPa	$\Delta u$ MPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ MPa	$\Delta u$ MPa
0.18	0.24	21.0	0.0	0.22	0.28	17.9	-3.1	0.25	0.33	20.4	0.0
0.50	0.65	44.8	0.0	0.59	0.78	41.5	0.0	0.69	0.90	46.9	0.0
0.91	1.19	66.4	0.0	0.98	1.28	61.2	0.0	1.05	1.37	65.2	0.0
1.29	1.69	80.4	0.0	1.38	1.81	76.3	0.0	1.47	1.93	83.6	0.0
1.68	2.20	92.0	0.0	1.78	2.34	88.1	0.0	1.89	2.47	97.5	0.0
2.08	2.73	102.0	0.0	2.19	2.86	98.2	0.0	2.29	3.00	109.4	0.0
2.47	3.24	110.2	0.0	2.60	3.41	107.2	0.0	2.73	3.57	120.5	0.0
2.87	3.76	117.3	0.0	3.00	3.93	114.7	0.0	3.13	4.10	129.4	0.0
3.29	4.31	122.5	0.0	3.42	4.48	120.9	0.0	3.54	4.64	137.6	0.0
3.70	4.85	126.3	0.0	3.83	5.02	125.8	0.0	3.96	5.19	144.4	0.0
4.11	5.38	129.0	0.0	4.24	5.55	129.6	0.0	4.37	5.73	150.0	0.0
4.51	5.92	130.9	0.0	4.65	6.10	132.1	0.0	4.79	6.28	153.4	0.0
4.94	6.47	131.9	0.0	5.07	6.64	133.2	0.0	5.20	6.82	154.9	0.0
5.34	7.00	132.0	0.0	5.49	7.20	133.2	0.0	5.64	7.39	154.8	0.0
5.76	7.55	132.1	0.0	5.92	7.75	132.9	0.0	6.07	7.96	153.9	0.0
6.16	8.07	130.5	0.0	6.31	8.28	131.9	0.0	6.47	8.48	153.4	0.0
6.59	8.64	126.8	0.0	6.75	8.84	129.7	0.0	6.90	9.05	152.4	0.0
7.01	9.18	123.0	0.0	7.17	9.40	127.5	0.0	7.34	9.62	151.6	0.0
7.44	9.75	118.9	0.0	7.59	9.95	125.1	0.0	7.75	10.16	150.4	0.0

2  
23244

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Serrepanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabotino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore « A » - Prove di laboratorio sui terreni  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57827/5-11-2007 - DPR 246/1993 - Circolare 349/STC/1999

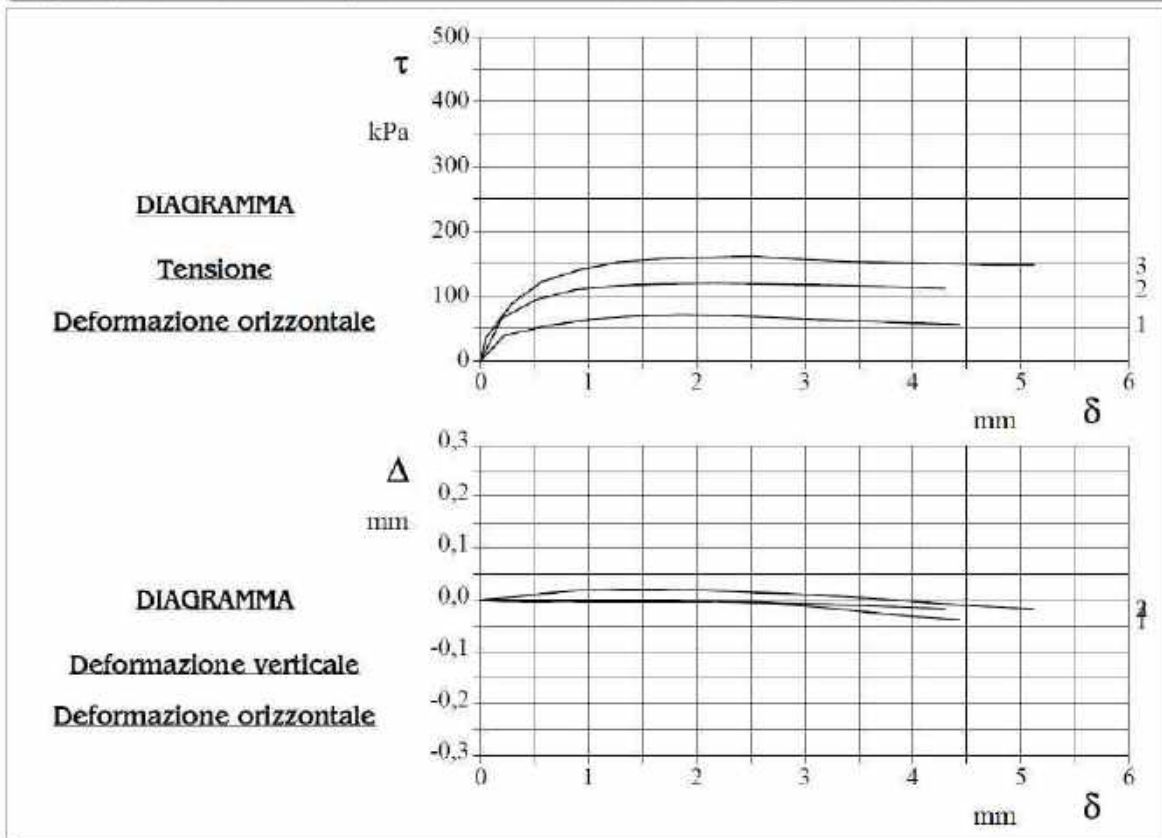
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 04933	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 23/07/10
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 239/2010 del 06/07/10		Inizio analisi: 19/07/10      Fine analisi: 21/07/10

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I B.A. DI ROMA
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 3 <b>PROFONDITA':</b> m 38.2-38.7

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	31,9    22,4	30,0    24,9	30,1    25,8
Peso di volume (kN/m³):	17,4	17,8	17,8
Tipo di prova: Consolidata - rapida	Velocità di deformazione: 0,950 mm / min		



Argilla limosa di colore grigio azzurro con tracce di sostanza organica (Rp = 110-150 kPa).

2  
23244

Software SGEO

Lo Sperimentatore  
Dott. Andrea Screpanti

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



## **Indagini MASW e HVSr**

Nel 2013, nell'ambito dei "Lavori di consolidamento, restauro e adeguamento delle Aule IX-VIII e del prospetto della Natatio" presso le Terme di Diocleziano sono state eseguite, su incarico della ex Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma, delle indagini geofisiche per la caratterizzazione sismica dei terreni in termini di  $V_s30$  e per individuare la frequenza di sito. Le indagini sono state eseguite nei giardini delle Terme lungo una linea ad andamento circa NE-SO che partiva dal punto di esecuzione del Sondaggio profondo 50 metri SG1 in direzione del cancello di Viale Einaudi (Fig. 19).

La relazione riguardante queste indagini è allegata in fondo alla presente relazione come Allegato 1.



*Fig. 19 – Ubicazione delle indagini MASW e HVSr.*

## I carotaggi geoarcheologici e strutturali SG2<sup>5</sup> ed SG3 alle Terme di Diocleziano

Nei giorni 26 e 27 del mese di gennaio 2015 sono state eseguite, su incarico dell'ex Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma, nei giardini delle Terme di Diocleziano prospicienti viale Einaudi, 2 perforazioni meccaniche a carotaggio continuo, rispettivamente a 20 (SG2) e 10 metri (SG3) di profondità. Scopo dei due sondaggi meccanici era, per il primo dei due (SG2) verificare la stratigrafia del precedente sondaggio profondo SG1 (vedi nota a pie di pagina) in direzione della MASW effettuata nel 2013 a partire da SG1 in direzione circa NE-SO, mentre nel caso di SG3 si volevano studiare le fondazioni e le profondità raggiunte dalle strutture murarie di età romana diocleziana, e per questo scopo è stato ubicato il sondaggio lungo la prosecuzione ideale della muratura esterna delle strutture interne delle Terme in vicinanza dell'aula XI (vedi ubicazione di entrambi nelle figure 20 e 21).

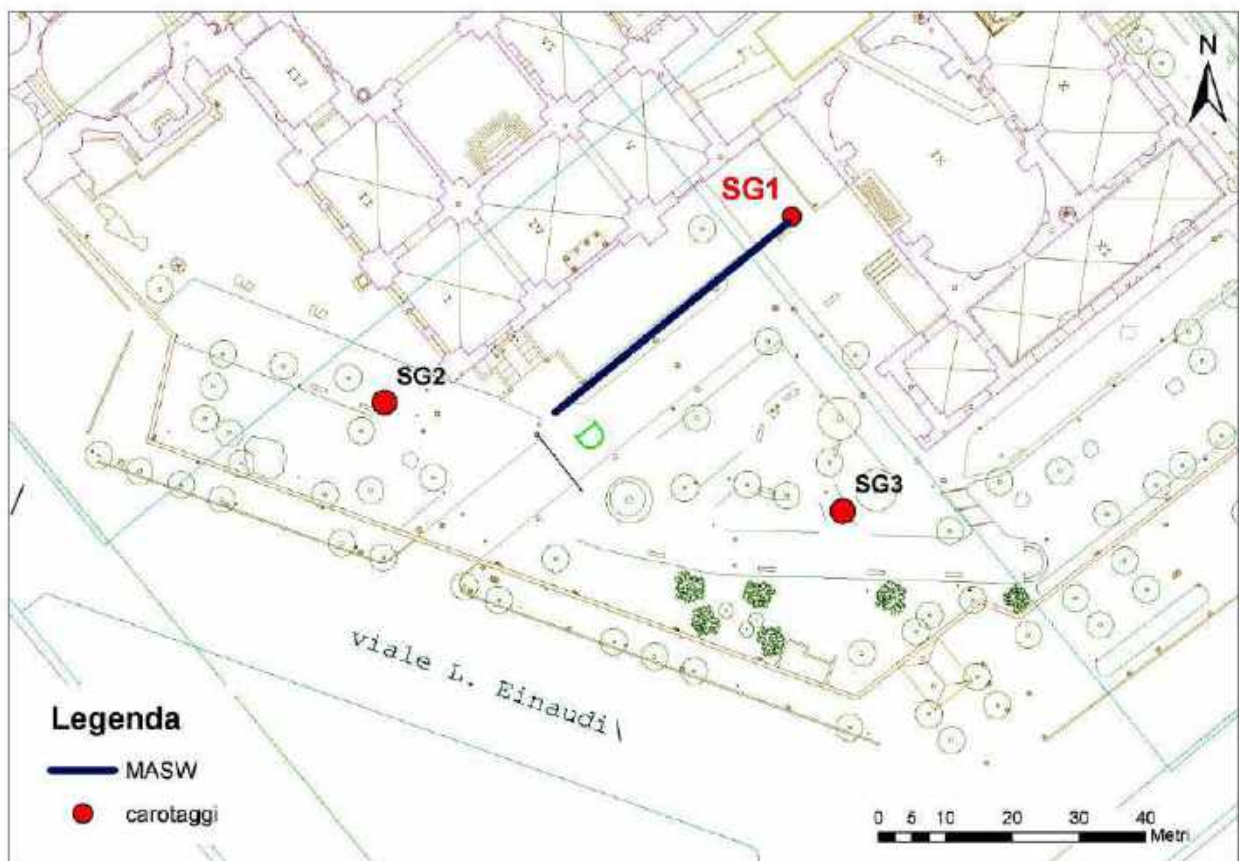


Fig. 20 – Ubicazione dei sondaggi meccanici a carotaggio continuo effettuati.

<sup>5</sup> In seguito alla esecuzione, nel mese di ottobre 2010, di una serie di carotaggi geoarcheologici all'interno del Chiostro Ludovisi denominati da S1 a S8, si è deciso di rinominare i sondaggi meccanici a carotaggio continuo a fini geologici e strutturali come SG seguito dal numero progressivo. Il sondaggio profondo S1 è stato quindi rinominato SG1.

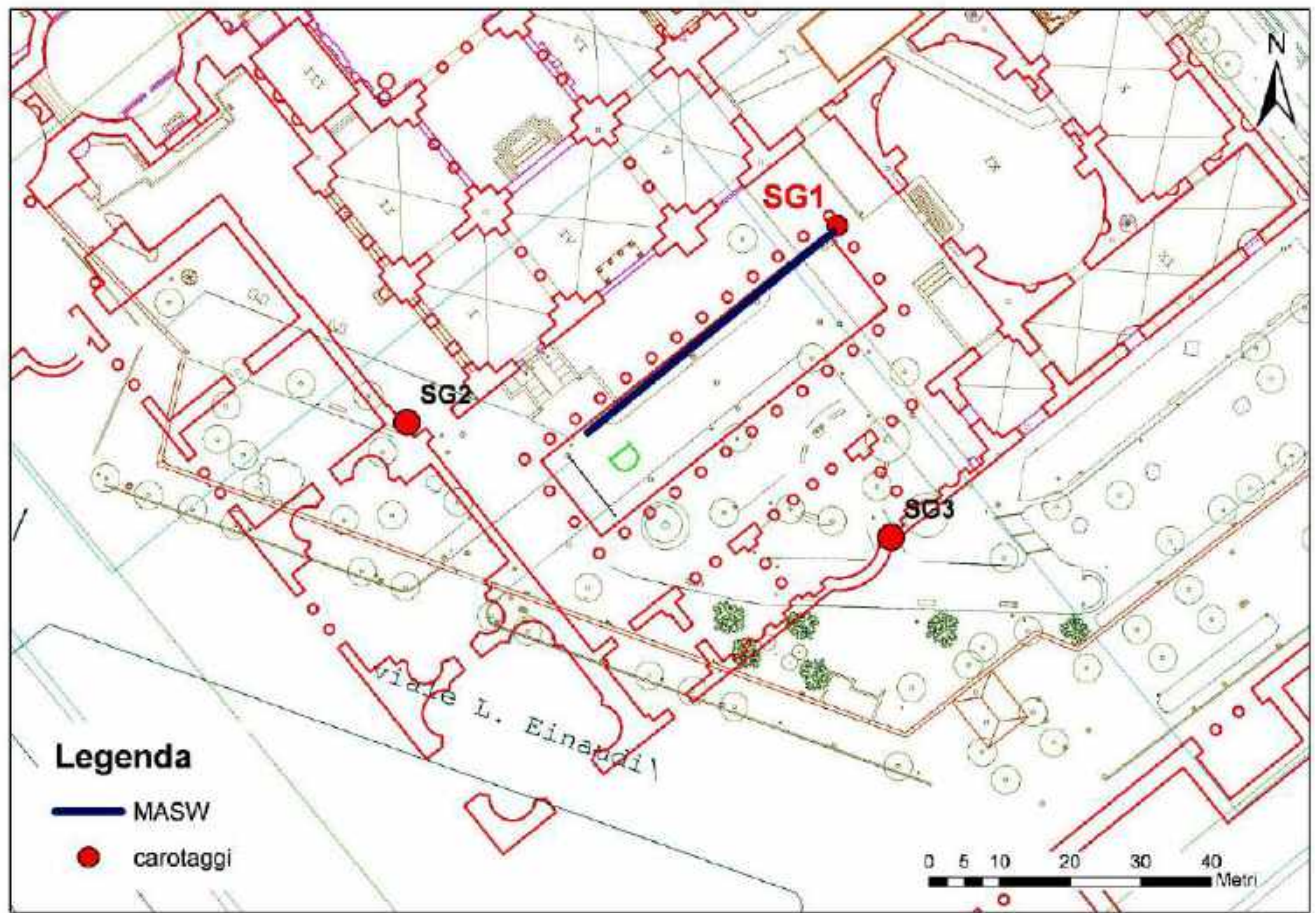


Fig. 21 – Ubicazione dei sondaggi meccanici a carotaggio continuo effettuati con, in rosso, la visualizzazione della ricostruzione della pianta delle Terme effettuata dalla Soprintendenza

### Descrizione delle caratteristiche geoarcheologiche e geologiche emerse dalle due perforazioni

Nella perforazione meccanica SG2 sono stati rinvenuti, al di sotto di un sottile strato di ghiaietto, 4 metri di riporti antropici costituiti da malta e laterizi in frammenti di varie dimensioni, tali materiali sono probabilmente il risultato combinato dei crolli delle strutture delle terme presenti nel settore e dei successivi spianamenti, scavi e sistemazioni succedutesi nel tempo. Al di sotto è stato intercettato un riporto antropico, di 4 metri e cinquanta di spessore, costituito essenzialmente da malta pozzolanacea e frammenti di laterizi, che potrebbe corrispondere ai livelli urbanizzati pre-diocleziani successivamente distrutti e rasati per la costruzione delle Terme. Questi ultimi poggiano su di un conglomerato cementizio durissimo, dello spessore di 4,5 metri, costituito da blocchi decimetrici di lava leucitica e in misura minore da blocchi di travertino legati tra loro da malta pozzolanica rossa. Al di sotto del conglomerato cementizio sono stati incontrati per 7 metri depositi piroclastici a granulometria variabile da sabbioso-limosa a sabbioso-ghiaiosa.

## **Dott. Geol. Carlo Rosa**

Nella perforazione meccanica SG3, progettata per conoscere la natura e la profondità delle fondazioni delle strutture murarie termali, ed ubicata in prosecuzione del muro esterno dell'aula XI, sono stati incontrati 80 centimetri di terreno marrone di riporto con frammenti di laterizi e malta, corrispondenti alla sistemazione moderna a giardino dell'area termale. Un ghiaietto di circa 10 centimetri di spessore, costituito da frammenti centimetrici a spigoli vivi di lava leucititica, potrebbe indicare la quota campagna precedente tale sistemazione. Al di sotto, 50 centimetri di spessore di un riporto antropico costituito da malta pozzolanacea e frammenti di laterizi in matrice a granulometria sabbioso-limosa segnalano una precedente sistemazione dell'area. Al di sotto inizia quel che resta della struttura muraria termale, costituita da un muro a sacco con frammenti di tufelli e più raramente di laterizi in una matrice di malta cementizia pozzolanacea.

La struttura muraria in questione, uguale a parti simili visibili in superficie a causa di crolli o di spoliamenti della cortina esterna, si segue per 3 - 4 metri di spessore ed appare localmente poggiata su di un conglomerato cementizio di poco più di un metro di spessore, costituito da blocchi di lava leucititica e più raramente di tufo e marmo saccaroide cementati da malta rossa pozzolanacea.

Al di sotto di questo conglomerato cementizio è stata incontrata la solita sequenza piroclastica per 4 metri di spessore.

STRATIGRAFIE DEI CAROTAGGI SG2 - SG3

STRATIGRAFIA

<b>COMMITTENTE:</b> Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma		<b>N. PERFORAZIONE:</b> <b>SG2</b>
<b>LOCALITA':</b> Terme di Diocleziano		<b>QUOTA:</b> 53,80
<b>SONDA:</b> CMV 400		<b>DATA PERFORAZIONE:</b> 26/01/2015
<b>COORDINATE:</b> 41° 54' 7,439"N 0° 2' 43,27" E		<b>REDATTORE:</b> Dott. Geol. Carlo Rosa

Ø mm	R v	A rs	Pz	Prof m	Litologia	Campioni	RP	VT	Prel % 0-100	S.P.T.		Descrizione	Quota (m s.l.m.)
										S.P.T.	N.		
101				0.00									53,80
				-0.20									53,40
				-0.40									53,20
				-0.60									53,00
				-0.80									52,80
				-1.00									52,60
				-1.20									52,40
				-1.40									52,20
				-1.60									52,00
				-1.80									51,80
				-2.00									51,60
				-2.20									51,40
				-2.40									51,20
				-2.60									51,00
				-2.80									50,80
				-3.00									50,60
				-3.20									50,40
				-3.40									50,20
				-3.60									50,00
				-3.80									49,80
				-4.00									49,60
				-4.20									49,40
				-4.40									49,20
				-4.60									49,00
				-4.80									48,80
				-5.00									48,60
				-5.20									48,40
				-5.40									48,20
				-5.60									48,00
				-5.80									47,80
				-6.00									47,60
				-6.20									47,40
				-6.40									47,20
				-6.60									47,00
				-6.80									46,80
				-7.00									46,60
				-7.20									46,40
				-7.40									46,20
				-7.60									46,00
				-7.80									45,80
				-8.00									45,60
				-8.20									45,40
				-8.40									45,20
				-8.60									45,00
				-8.80									44,80
				-9.00									44,60
				-9.20									44,40
				-9.40									44,20
				-9.60									44,00
				-9.80									43,80

STRATIGRAFIA

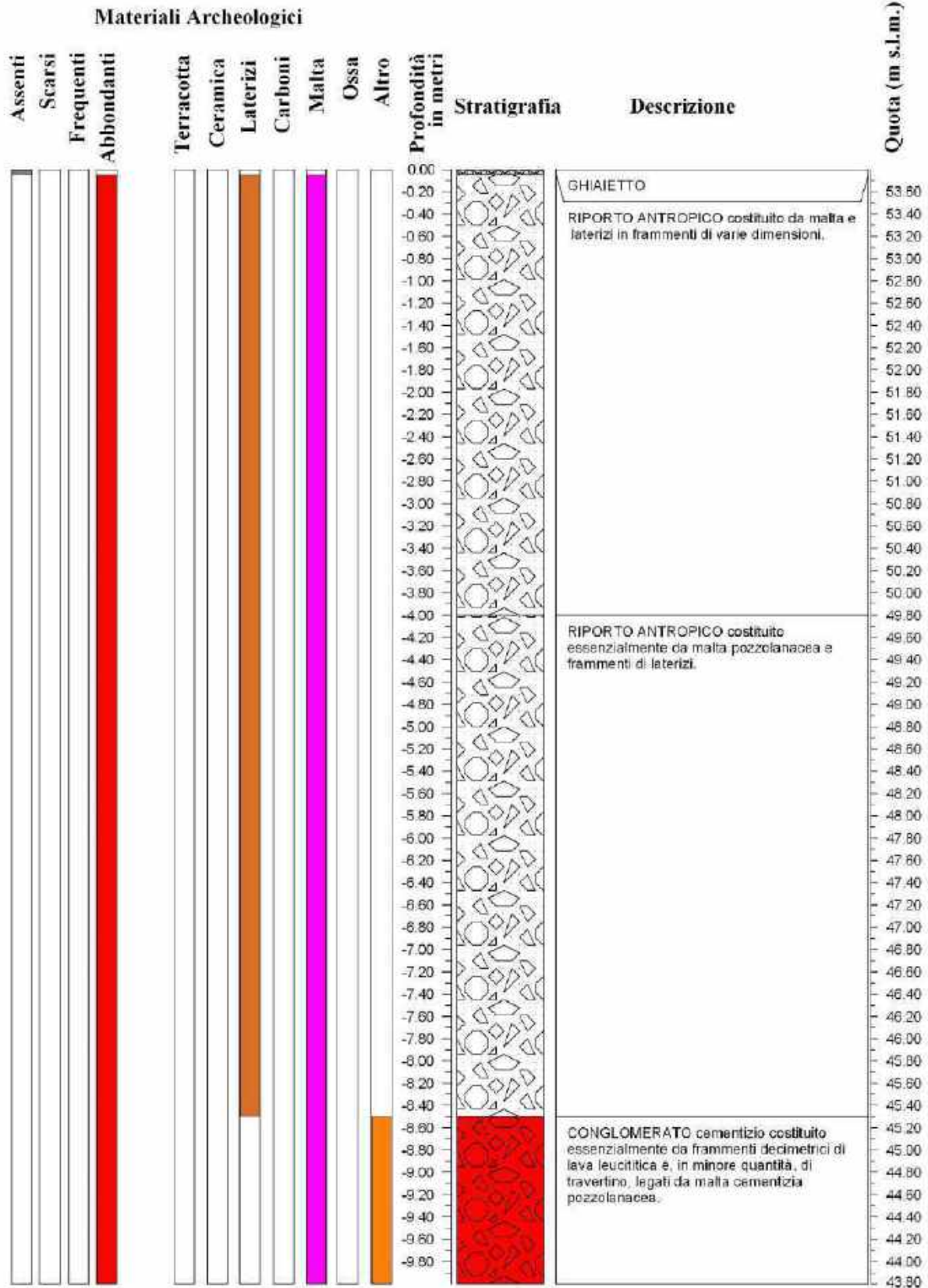
COMMITTENTE: Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma						N. PERFORAZIONE: <b>SG2</b>						
LOCALITA': Terme di Diocleziano						QUOTA: 53,80						
SONDA: CMV 400						DATA PERFORAZIONE: 26/01/2015						
COORDINATE: 41° 54' 7,439"N 0° 2' 43,27" E						REDATTORE: Dott. Geol. Carlo Rosa						
Ø mm	R v	A rs	Pz	Prof m	Litologia	Campioni	RP	VT	S.P.T.		Descrizione	Quota (m s.l.m.)
									0-100	S.P.T. N.		
				-10.00	[Red pattern]						CONGLOMERATO cementizio costituito essenzialmente da frammenti decimetrici di lava leucitica e; in minore quantità, di travertino, legati da malta cementizia pozzolanacea.	43.60
			-10.20	43.40								
			-10.40	43.20								
			-10.60	43.00								
			-10.80	42.80								
			-11.00	42.60								
			-11.20	42.40								
			-11.40	42.20								
			-11.60	42.00								
			-11.80	41.80								
			-12.00	41.60	[Brown pattern]	PIROCLASTITE marrone a granulometria sabbioso limosa, omogenea.	41.60					
			-12.20	41.40								
			-12.40	41.20								
			-12.60	41.00								
			-12.80	40.80								
			-13.00	40.60								
			-13.20	40.40								
			-13.40	40.20								
			-13.60	40.00								
			-13.80	39.80								
			-14.00	39.60	[White pattern]	PIROCLASTITE marrone scuro, probabile paleosuolo.	39.60					
			-14.20	39.40								
			-14.40	39.20								
			-14.60	39.00								
			-14.80	38.80								
			-15.00	38.60								
			-15.20	38.40								
			-15.40	38.20								
			-15.60	38.00								
			-15.80	37.80			[Brown pattern]	recupero nullo	37.80			
			-16.00	37.60								
			-16.20	37.40								
			-16.40	37.20								
			-16.60	37.00								
			-16.80	36.80								
			-17.00	36.60								
			-17.20	36.40								
			-17.40	36.20								
			-17.60	36.00	[Grey pattern]	PIROCLASTITE GRIGIASTRA scoriaea con matrice sabbioso limosa.			36.00			
			-17.80	35.80								
			-18.00	35.60								
			-18.20	35.40								
			-18.40	35.20								
			-18.60	35.00								
			-18.80	34.80								
			-19.00	34.60								
			-19.20	34.40								
			-19.40	34.20			[Brown pattern]	PIROCLASTITE marrone a granulometria limoso-sabbiosa.	34.20			
			-19.60	34.00								
			-19.80	33.80								
			-19.80	33.80								

STRATIGRAFIA

<b>COMMITTENTE:</b> Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma						<b>N. PERFORAZIONE:</b> <b>SG3</b>							
<b>LOCALITA':</b> Terme di Diocleziano						<b>QUOTA:</b> 55,20							
<b>SONDA:</b> CMV 400						<b>DATA PERFORAZIONE:</b> 27/01/2015							
<b>COORDINATE:</b> 41° 54' 6,974"N 0° 2' 46,267"E						<b>REDATTORE:</b> Dott. Geol. Carlo Rosa							
Ø mm	R v	A rs	Pz	Prof m	Litologia	Campioni	RP	VT	Prel % 0-100	S.P.T.		Descrizione	Quota (m s.l.m.)
										S.P.T.	N.		
101				0.00								SUOLO con frammenti di laterizi e malta	0.00
				-0.20									-0.20
				-0.40									-0.40
				-0.60									-0.60
				-0.80									-0.80
				-1.00									-1.00
				-1.20									-1.20
				-1.40									-1.40
				-1.60									-1.60
				-1.80									-1.80
				-2.00									-2.00
				-2.20									-2.20
				-2.40									-2.40
				-2.60									-2.60
				-2.80									-2.80
				-3.00									-3.00
				-3.20									-3.20
				-3.40									-3.40
				-3.60									-3.60
				-3.80									-3.80
				-4.00									-4.00
				-4.20									-4.20
				-4.40									-4.40
				-4.60									-4.60
				-4.80									-4.80
				-5.00									-5.00
				-5.20									-5.20
				-5.40									-5.40
				-5.60									-5.60
				-5.80									-5.80
				-6.00									-6.00
				-6.20									-6.20
				-6.40									-6.40
				-6.60									-6.60
				-6.80									-6.80
				-7.00									-7.00
				-7.20									-7.20
				-7.40									-7.40
				-7.60									-7.60
				-7.80									-7.80
				-8.00									-8.00
				-8.20									-8.20
				-8.40									-8.40
				-8.60									-8.60
				-8.80									-8.80
				-9.00									-9.00
				-9.20									-9.20
				-9.40									-9.40
				-9.60									-9.60
				-9.80									-9.80

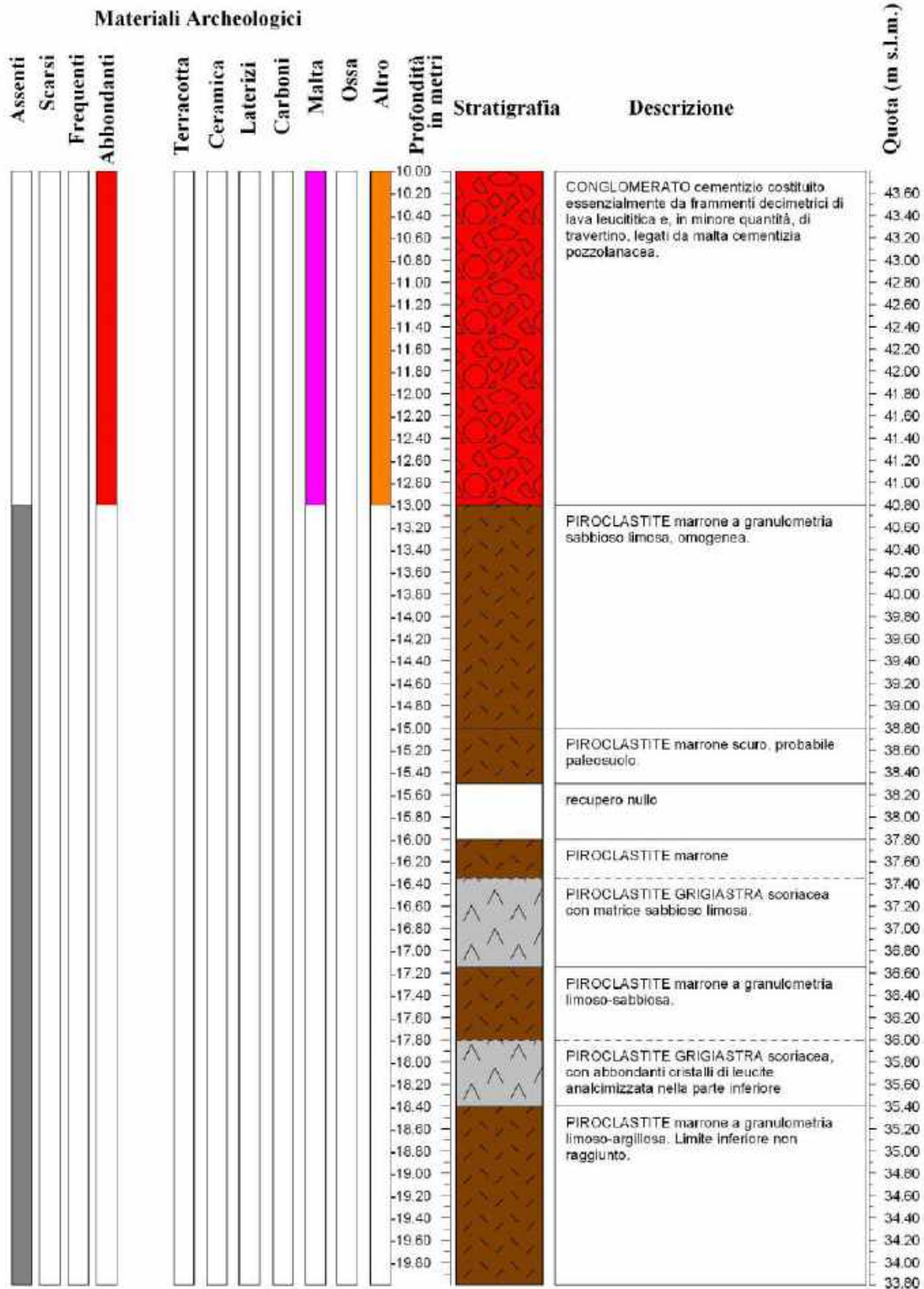
STRATIGRAFIE GEOARCHEOLOGICHE DEI CAROTAGGI SG2 - SG3

N. PERFORAZIONE: **SG2** LOCALITA': Terme di Diocleziano DATA PERFORAZIONE: 26/01/2015  
 QUOTA: 53,80 COMMITTENTE: Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma SONDA: CMV 400

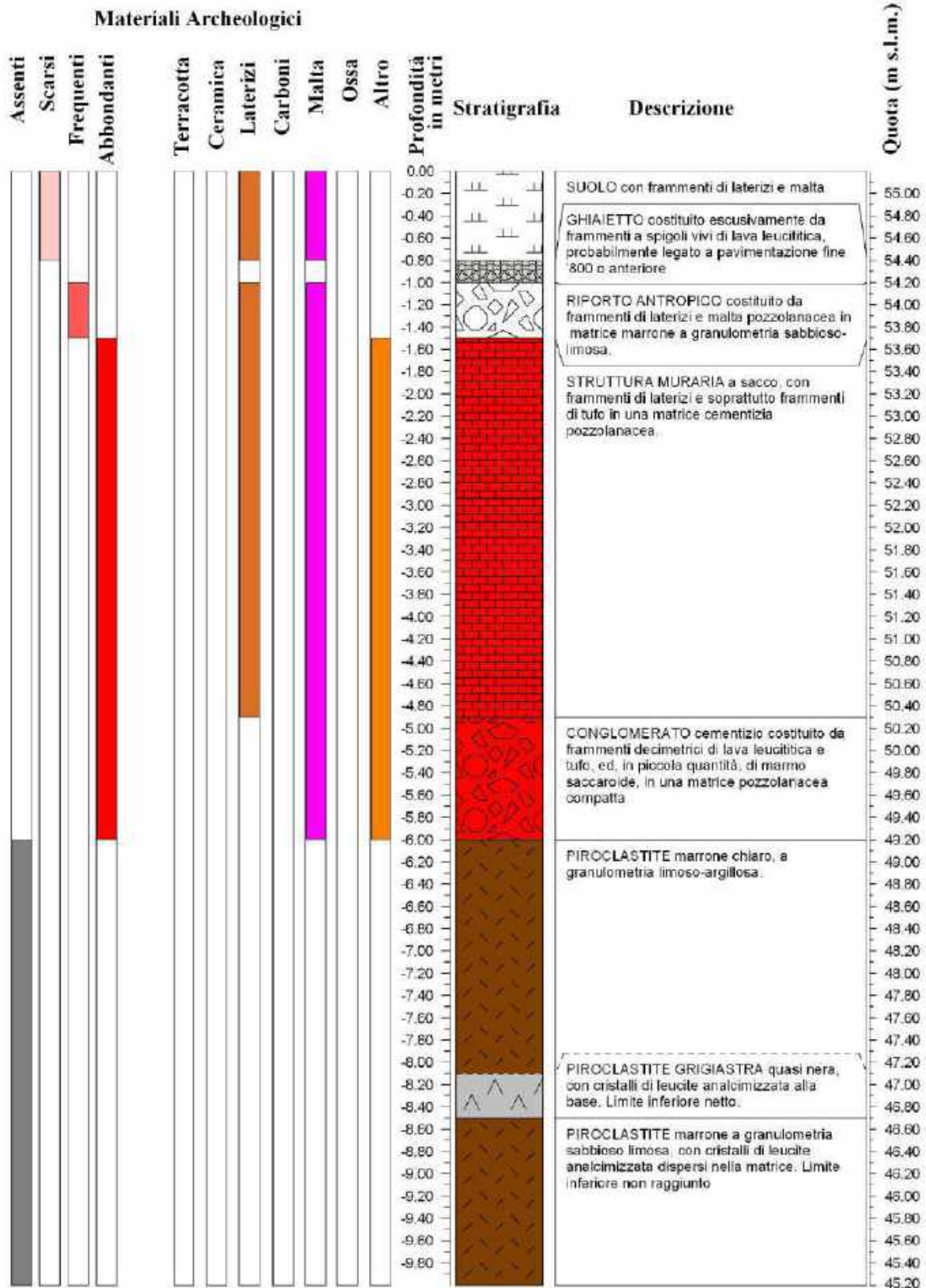




N. PERFORAZIONE: **SG2** LOCALITA': Terme di Diocleziano DATA PERFORAZIONE: 26/01/2015  
 QUOTA: 53,80 COMMITTENTE: Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma SONDA: CMV 400



N. PERFORAZIONE: **SG3** LOCALITA': Terme di Diocleziano DATA PERFORAZIONE: 27/01/2015  
 QUOTA: 55,20 COMMITTENTE: Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma SONDA: CMV 400



**FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE  
CATALOGATRICI**

**(SG2 – SG3)**



SG2 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri



SG2 – Cassetta 2 da 5,00 a 10,00 metri



SG2 – Cassetta 2 da 5,00 a 10,00 metri (particolare 1)



SG2 – Cassetta 2 da 5,00 a 10,00 metri (particolare 2)



SG2 – Cassetta 3 da 10,00 a 15,00 metri



SG2 – Cassetta 3 da 10,00 a 15,00 metri (particolare 1)



SG2 – Cassetta 3 da 10,00 a 15,00 metri (particolare 2)



SG2 – Cassetta 4 da 15,00 a 20,00 metri



**SG3 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri**



**SG3 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri (particolare1)**



SG3 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri (particolare2)



SG3 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri (particolare3)



**SG3 – Cassetta 2 da 5,00 a 10,00 metri**

## **I carotaggio profondo SG4 alle Terme di Diocleziano**

Nei giorni 4 e 5 marzo 2015 veniva eseguito, alle Terme di Diocleziano, su richiesta dell'ex Soprintendenza speciale per i Beni Archeologici di Roma, all'interno dell'area un tempo occupata dall'Aula VIII A delle Terme, presso Via Cernaia, il sondaggio meccanico a carotaggio continuo SG4, spinto sino ad una profondità di 45 metri (Figg. 22, 23).



Fig. 22 – Esecuzione del sondaggio meccanico a carotaggio continuo SG4 profondo 45 metri.

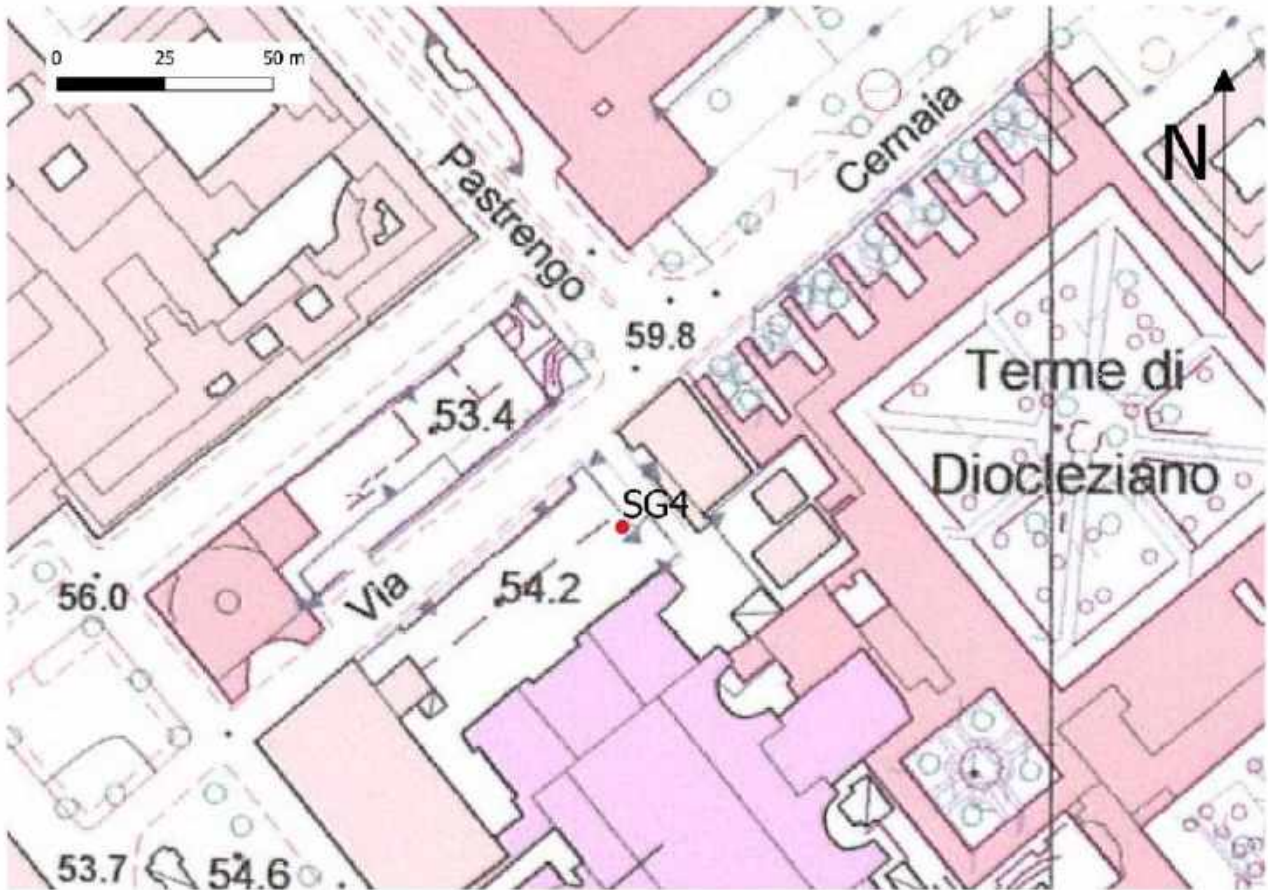


Fig. 23 – Ubicazione del sondaggio meccanico a carotaggio continuo SG4 profondo 45 metri.

STRATIGRAFIA DEL CAROTAGGIO SG4

STRATIGRAFIA

COMMITTENTE: Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma						N. PERFORAZIONE: <b>SG4</b>							
LOCALITA': Terme di Diocleziano - Aula VIII A						QUOTA: 53.40							
PERFORAZIONE: CAROTIERE SEMPLICE						DATA PERFORAZIONE: 4-5/03/2015							
COORDINATE: 41° 54' 14,46" 12° 29' 49,62"						REDATTORE: Dott. Geol. Carlo Rosa							
Ø mm	R v	A rs	Pz	Prof m	Litologia	Campioni	RP	VT	Prel % 0-100	S.P.T.		Descrizione	Quota (m s.l.m.)
										S.P.T.	N.		
101				0.00								RIPORTO ANTROPICO costituito da frammenti di laterizi, malta e rari tufelli in matrice sabbioso-limosa.	53.00
				-0.50									52.50
				-1.00									52.00
				-1.50									51.50
				-2.00									51.00
				-2.50									50.50
				-3.00									50.00
				-3.50									49.50
				-4.00									49.00
				-4.50									48.50
				-5.00									48.00
				-5.50									47.50
				-6.00									47.00
				-6.50									46.50
				-7.00									46.00
				-7.50									45.50
				-8.00									45.00
				-8.50									44.50
				-9.00									44.00
				-9.50									44.00
			-10.00									43.50	
			-10.50									43.00	
			-11.00									42.50	
			-11.50									42.00	
			-12.00									41.50	
			-12.50									41.00	
			-13.00									40.50	
			-13.50									40.00	
			-14.00									39.50	
			-14.50									39.00	
			-15.00									38.50	
			-15.50									38.00	
			-16.00									37.50	
			-16.50									37.00	
			-17.00									36.50	
			-17.50									36.00	
			-18.00									35.50	
			-18.50									35.00	
			-19.00									34.50	
			-19.50									34.00	
			-20.00									33.50	

STRATIGRAFIA

COMMITTENTE: Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma						N. PERFORAZIONE: <b>SG4</b>						
LOCALITA': Terme di Diocleziano - Aula VIII A						QUOTA: 53.40						
PERFORAZIONE: CAROTIERE SEMPLICE						DATA PERFORAZIONE: 4-5/03/2015						
COORDINATE: 41° 54' 14,46" 12° 29' 49,62"						REDATTORE: Dott. Geol. Carlo Rosa						
O mm	R v	A rs	Pz	Prof m	Litologia	Campioni	RPVT	Prel % 0--100	S.P.T.		Descrizione	Quota (m s.l.m.)
									S.P.T.	N.		
101				-20.00								33.00
				-20.50			0,5				PIROCLASTITE cineritica leggermente sabbiosa di colore avana. Tra 19.50 e 20.25 mt di profondità sono presenti ciottoli centimetrici dispersi in una matrice limoso-sabbiosa.	32.50
				-21.00			1				PIROCLASTITE da cineritica a sabbiosa di colore nerastro.	32.00
				-21.50							LIMO ARGILLOSO plastico di colore avana biancastro, ricco in carbonato di calcio con screziature nerastre di origine vegetale.	31.50
				-22.00							SABBIONE travertinoso di colore da bianco ad avana, parzialmente cementato dal carbonato di calcio.	31.00
				-22.50							GHIAIA travertinosa con ciottoli calcarei centimetrici e decimetrici ricca in minerali ferromagnesiaci nerastri.	30.50
				-23.00							SABBIE TRAVERTINOSE biancastre, con grumi centimetrici e decimetrici cementati.	30.00
				-23.50			1,2				LIMO ARGILLOSO GRIGIO verdastro con screziature marroni rossastre.	29.50
				-24.00			L,8				LIMO ARGILLOSO GRIGIO più o meno argilloso.	29.00
				-24.50							LIMO ARGILLOSO GRIGIO plastico, con rare screziature nerastre.	28.50
				-25.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	28.00
				-25.50							LIMO ARGILLOSO GRIGIO omogeneo con rare screziature più scure.	27.50
				-26.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO plastico.	27.00
				-26.50							LIMO ARGILLOSO GRIGIO plastico.	26.50
				-27.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO plastico.	26.00
				-27.50			L,7				LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	25.50
				-28.00			L,5				LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	25.00
				-28.50							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	24.50
				-29.00		1) Sbc=28,50 29,00					LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	24.00
				-29.50							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	23.50
				-30.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	23.00
				-30.50			L,7				LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	22.50
				-31.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	22.00
				-31.50							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	21.50
				-32.00			L,7				LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	21.00
				-32.50		2) Sbc=32,00 33,20					LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	20.50
				-33.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	20.00
				-33.50			L,9				LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	19.50
				-34.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	19.00
				-34.50			2,4				LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	18.50
				-35.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	18.00
				-35.50			2,3				LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	17.50
				-36.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	17.00
				-36.50		3) Sbc=36,40 37,00					LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	16.50
				-37.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	16.00
				-37.50							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	15.50
				-38.00							LIMO ARGILLOSO GRIGIO con rare screziature nerastre legate probabilmente a sostanza organica disperse nella matrice.	15.00
				-38.50							LIMO ARGILLOSO GIALLASTRO rossastro (ossidato).	14.50
				-39.00							SABBIE LIMOSE GIALLASTRE leggermente argillose.	14.00
				-39.50							SABBIE LIMOSE GIALLASTRE leggermente argillose.	13.50
				-40.00							SABBIE LIMOSE GIALLASTRE leggermente argillose.	13.50

STRATIGRAFIA

<b>COMMITTENTE:</b> Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma						<b>N. PERFORAZIONE:</b> SG4							
<b>LOCALITA':</b> Terme di Diocleziano - Aula VIII A						<b>QUOTA:</b> 53.40							
<b>PERFORAZIONE:</b> CAROTIERE SEMPLICE						<b>DATA PERFORAZIONE:</b> 4-5/03/2015							
<b>COORDINATE:</b> 41° 54' 14,46" 12° 29' 49,62"						<b>REDATTORE:</b> Dott. Geol. Carlo Rosa							
Ø mm	R v	A rs	Pz	Prof m	Litologia	Campioni	RP	VT	Prel % 0-100	S.P.T.		Descrizione	Quota (m s.l.m.)
										S.P.T.	N		
101				-40.00								SABBIE LIMOSE GIALLASTRE leggermente argilose.	13.00
				-40.50									12.50
				-41.00									12.00
				-41.50								GHIAIA con ciottoli calcarei e silicei pluricentrici in matrice sabbiosa giallastra.	11.50
				-42.00									11.00
				-42.50									10.50
				-43.00									10.00
				-43.50								SABBIE GIALLASTRE avana leggermente limose.	10.00
				-44.00									9.50
				-44.50								GHIAIA in matrice sabbiosa biancastra con ciottoli calcarei e silicei centimetrici leggermente cementati in cemento carbonatico. Limite inferiore non raggiunto. Fondo Foro.	9.00
				-45.00									8.50

**FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE  
CATALOGATRICI**

**(SG4)**



SG4 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri



SG4 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri (particolare 1)



SG4 – Cassetta 1 da 0,00 a 5,00 metri (particolare 2)



SG4 – Cassetta 2 da 5,00 a 10,00 metri



SG4 – Cassetta 3 da 10,00 a 15,00 metri



SG4 – Cassetta 4 da 15,00 a 20,00 metri



SG4 – Cassetta 4 da 15,00 a 20,00 metri (particolare 1)



SG4 – Cassetta 5 da 20,00 a 25,00 metri



SG4 – Cassetta 6 da 25,00 a 30,00 metri



SG4 – Cassetta 7 da 30,00 a 35,00 metri



SG4 – Cassetta 8 da 35,00 a 40,00 metri



SG4 – Cassetta 9 da 40,00 a 45,00 metri

Prove di Laboratorio -  
Relative a tre campioni indisturbati C1, C2 e C3 nel Sondaggio SG4

Sui campioni indisturbati C1, C2 e C3, prelevati con campionatore Shelby nella perforazione a carotaggio continuo SG4 nel limo argilloso grigio plastico rispettivamente a 28,40-29,00 metri, 32,60–33,20 metri e 36,4-37,00 metri di profondità, sono state eseguite le seguenti Prove di Laboratorio a cura della Sogea S.r.l.:

- Contenuto d'acqua allo stato naturale
- Peso di volume allo stato naturale
- Peso specifico dei granuli
- Limite Liquido
- Limite Plastico
- Analisi granulometrica
- Prova edometrica
- Prova triassiale C.D.
- Prova triassiale U.U.
- Prova di Taglio Diretto

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 28.4-29.0

**MODULO RIASSUNTIVO**

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	26,3	%
Peso di volume	19,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,3	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,65	
Indice dei vuoti	0,700	
Porosità	41,2	%
Grado di saturazione	99,5	%
Limite di liquidità	46,0	%
Limite di plasticità	31,1	%
Indice di plasticità	14,9	%
Indice di consistenza	1,32	
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI	A7-5	I.G. = II

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
----------	-----	----------------	-----

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-rapida			
c	43,9	kPa	$\phi$ 23,2 °
c <sub>Res</sub>		kPa	$\phi_{Res}$ °

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$e_d$	143	kPa	$\phi_d$	15,8 °
C.U.	$e'_{cu}$		kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$e_{cu}$		kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$e_u$	201	kPa	$\phi_u$	0,0 °

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	0,2	%
Limo	50,6	%
Argilla	49,2	%
D 10		mm
D 50	0,005191	mm
D 60	0,008040	mm
D 90	0,032643	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 40	100,0	%
Passante set. 200	99,8	%

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	14542	0,000265	1,79E-09
50,0 ÷ 100,0	11022	0,000280	2,49E-09
100,0 ÷ 200,0	12174	0,000321	2,59E-09
200,0 ÷ 400,0	14442	---	---
400,0 ÷ 800,0	16615	---	---
800,0 ÷ 1600,0	24353	---	---
1600,0 ÷ 3200,0	35706	---	---

**PERMEABILITA'**

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

Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00840	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	Fine analisi: 13/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m 28,4-29,0

**CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 26,3 %**

Struttura del materiale:  Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,25 mm

Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (R<sub>p</sub> = 270-300 kPa).

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4,3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Anicea Serapanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00839	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 12/03/15
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano			
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 28.4-29.0	
<b>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</b>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,3 kN/m<sup>3</sup>**

Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Rabottino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00838	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 27/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 27/03/15
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m 28.4-29.0	
<b>PESO SPECIFICO DEI GRANULI</b>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 854			

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,65

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,65

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 19,9 °C

Dimensione massima delle particelle: 0,25 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro ( $R_p = 270-300$  kPa).

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Ankeca Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00837	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 23/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 24/03/15

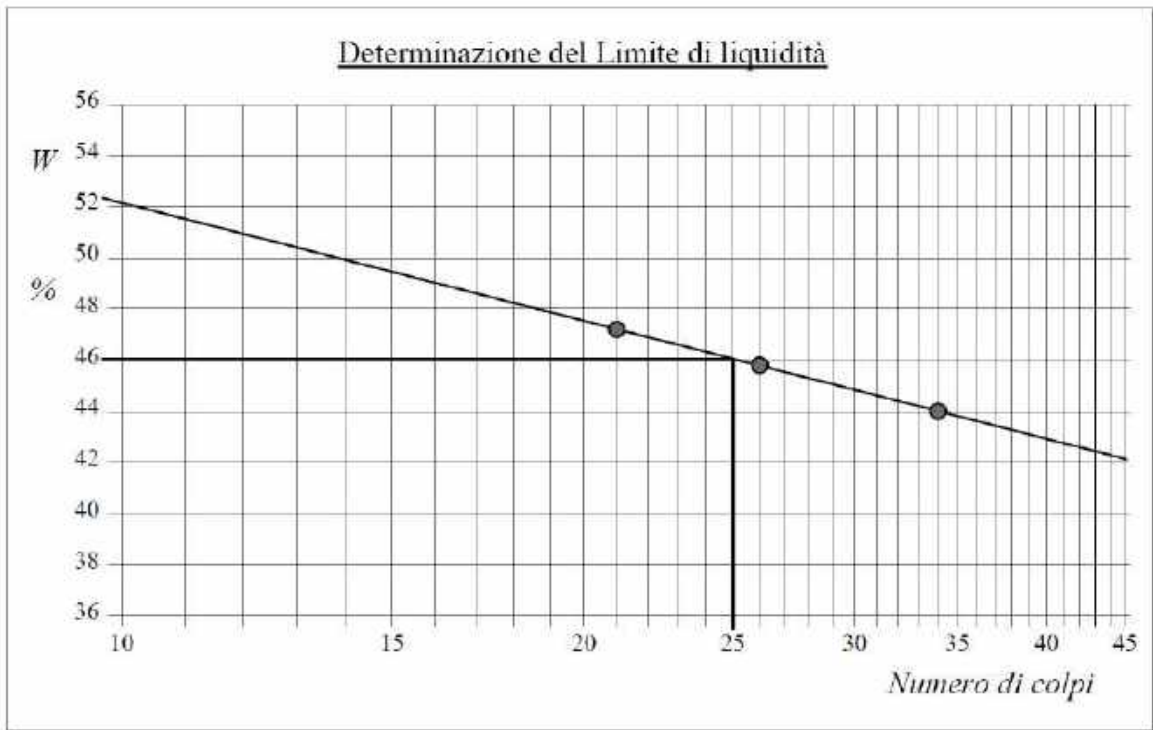
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 4                                  CAMPIONE: 1                                  PROFONDITÀ: m 28.4-29.0

**LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	46,0 %
Limite di plasticità	31,1 %
Indice di plasticità	14,9 %

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	21	26	34		Umidità (%)	30,8	31,3
Umidità (%)	47,2	45,8	44,0		Umidità media	31,1	



Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

1  
28765

Lo sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabottino

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

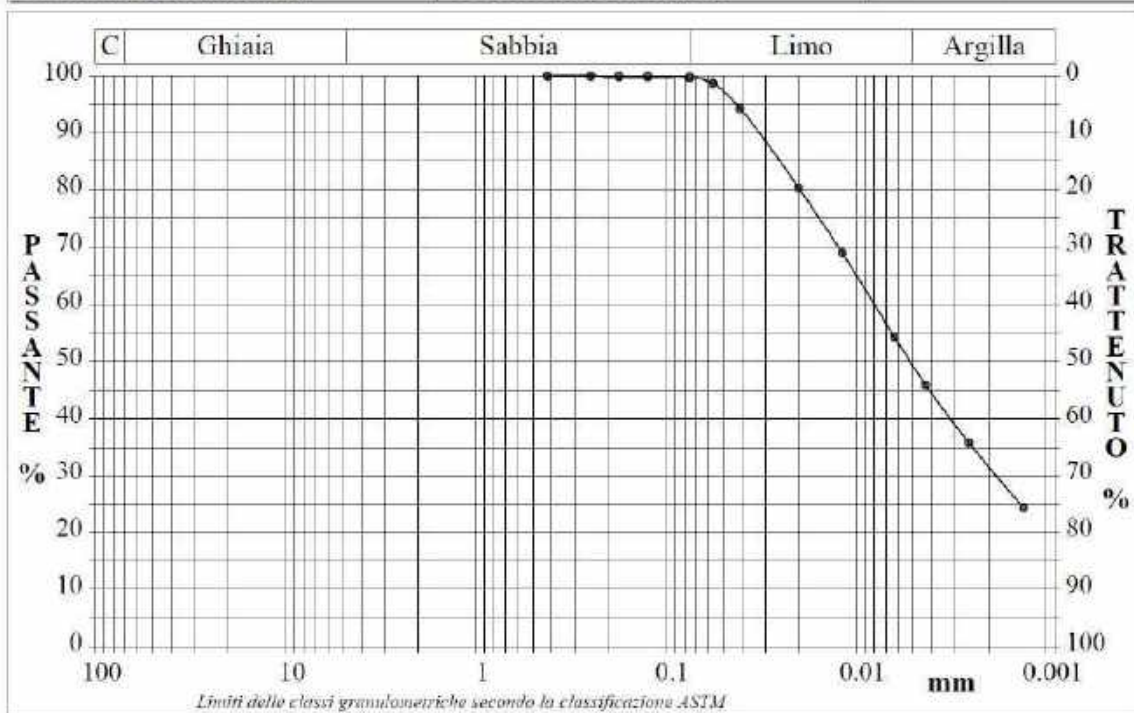
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00836	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	<b>Inizio analisi:</b> 23/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	<b>Fine analisi:</b> 25/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano
<b>SONDAGGIO:</b> 4 <b>CAMPIONE:</b> 1 <b>PROFONDITA':</b> m 28.4-29.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0.0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100.0 %	D10	---	mm
Sabbia	0.2 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	100.0 %	D30	0.00183	mm
Limo	50.6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99.8 %	D50	0.00519	mm
Argilla	49.2 %			D60	0.00804	mm
<b>Coefficiente di uniformità</b> ---		<b>Coefficiente di curvatura</b> ---		D90	0.03264	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
0.4200	100.00	0.0566	98.75	0.0043	45.91				
0.2500	99.98	0.0407	94.35	0.0026	35.79				
0.1770	99.96	0.0201	80.48	0.0013	24.34				
0.1250	99.93	0.0118	69.03						
0.0750	99.80	0.0063	54.28						

Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
 Dott. Andrea Serrepanti

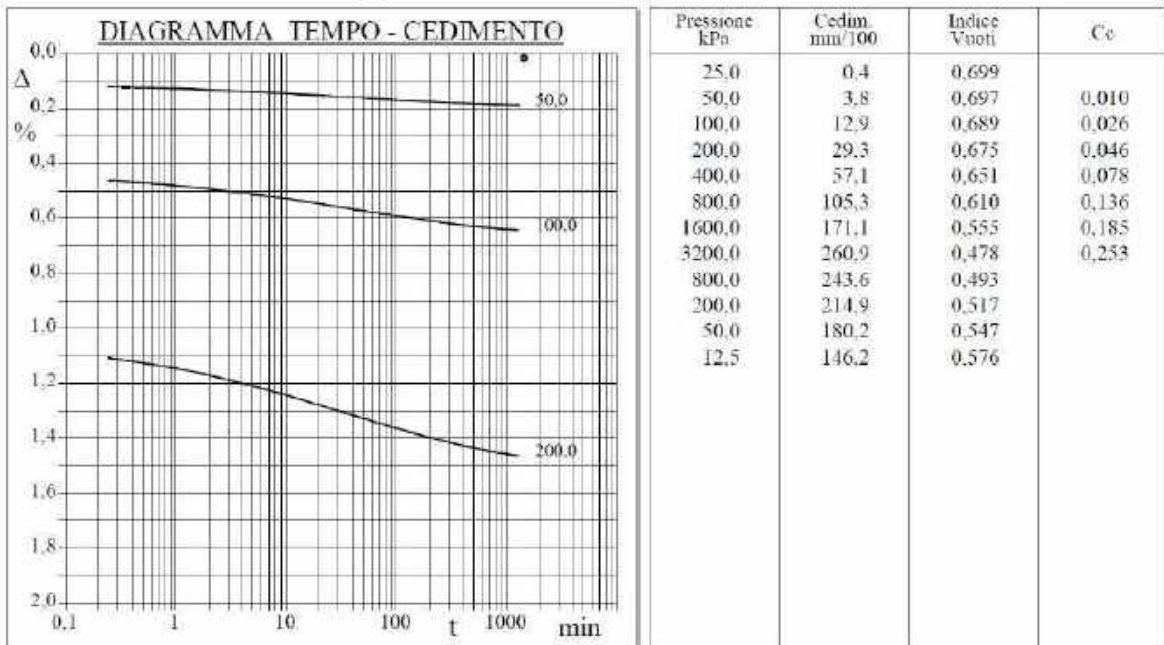
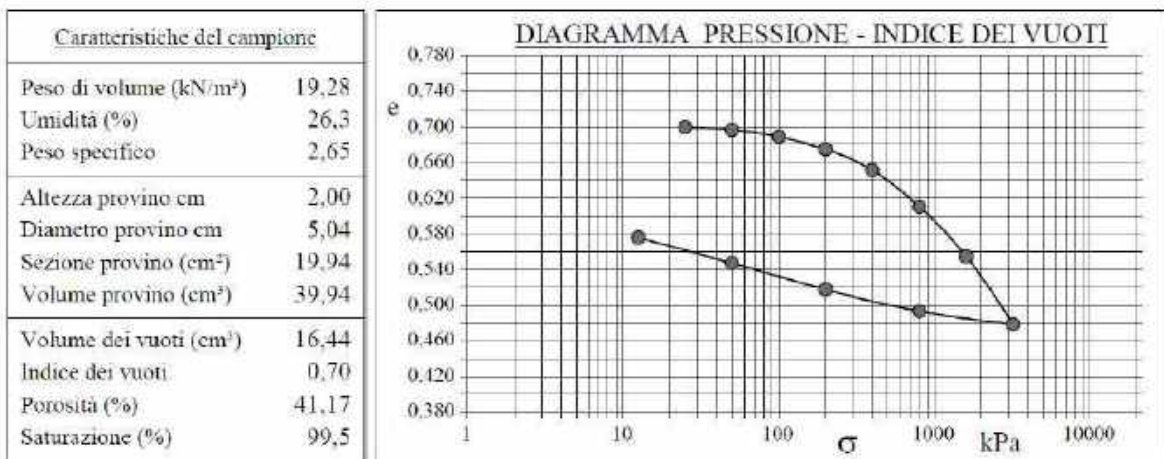
Il direttore del laboratorio  
 Dott. Sergio Rabottino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00835	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	Fine analisi: 22/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m 28.4-29.0

### PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435



Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Ankeia Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino





AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTICALITY

Certificazione Ufficiale - Settore «A» - Prove di laboratorio sulle terre  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7648/STC/2010

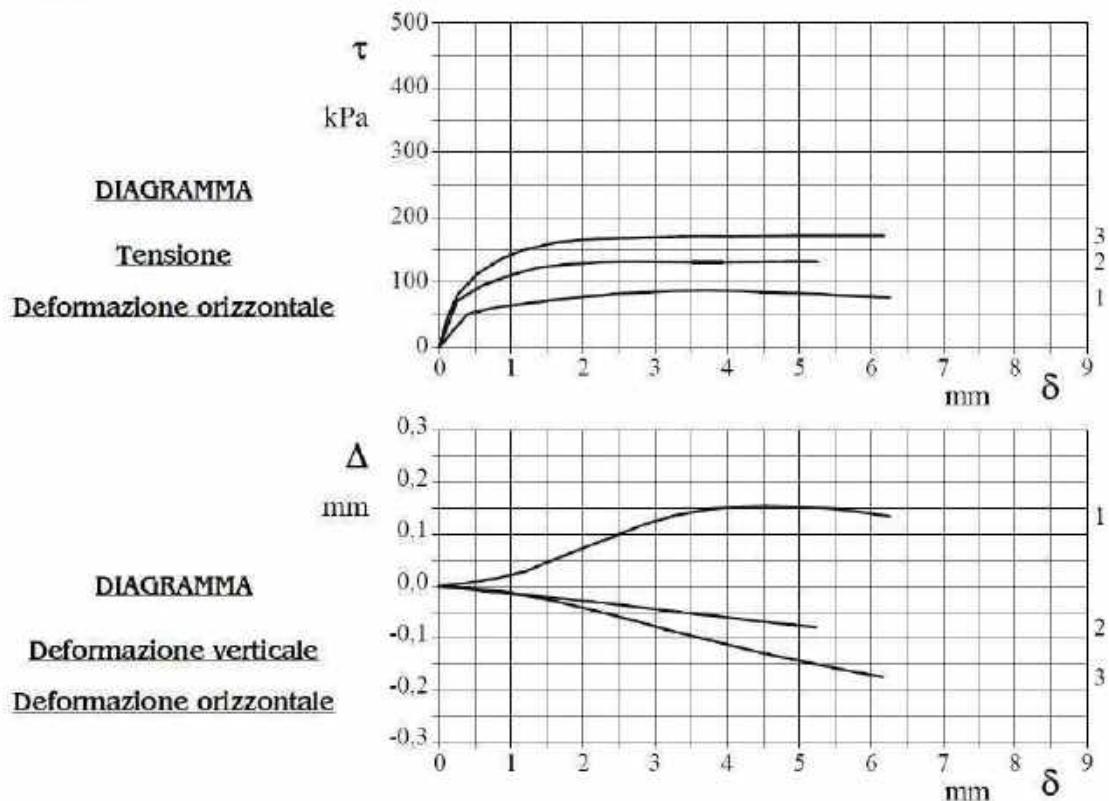
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00834	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 27/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	Fine analisi: 31/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITÀ:</b> m 28.4-29.0	

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Tempo di consolidazione (ore):	24		24		24	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Umidità iniziale e umidità finale (%):	27,0	28,6	27,3	28,0	27,3	26,7
Peso di volume (kN/m³):	19,4		19,3		19,3	
Tipo di prova: Consolidata - rapida				Velocità di deformazione: 0,950 mm / min		



Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00833	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 23/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 26/03/15

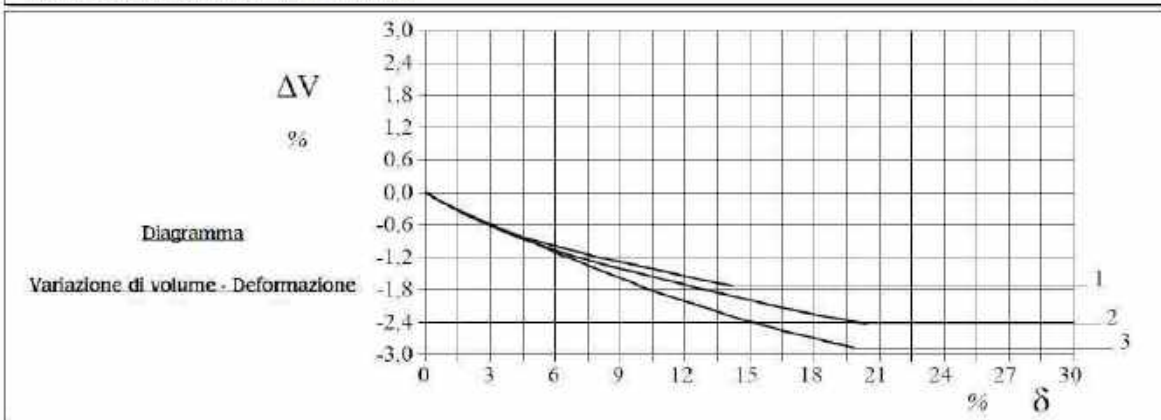
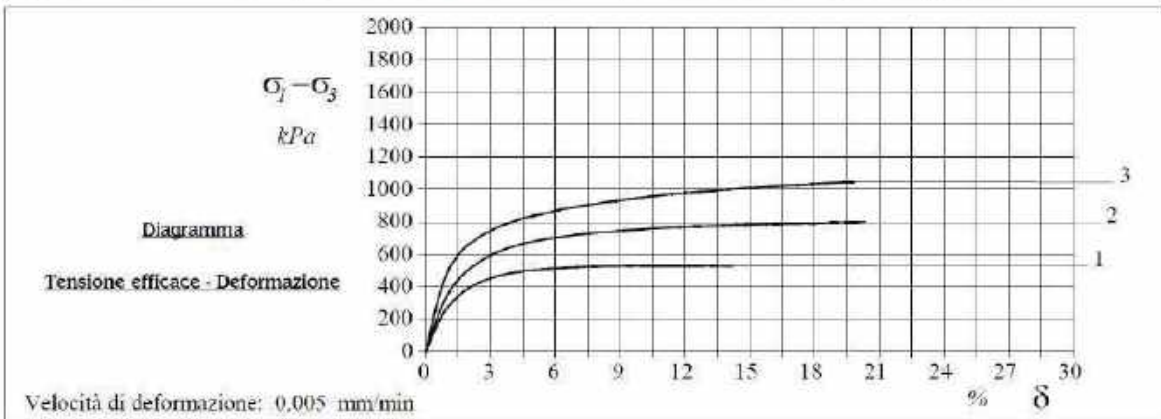
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 28.4-29.0

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
	H <sub>0</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w <sub>0</sub> %	S <sub>0</sub> %	σ <sub>3</sub> kPa	u <sub>0</sub> kPa	σ <sub>3</sub> kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w <sub>γ</sub> %	δ <sub>γ</sub> %	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,63	3,79	19,0	2,65	24,6	92,3	400	200	200	5,8	0,8	25,0	11,5	529	464	264
2	7,63	3,79	19,0	2,65	23,5	90,7	750	200	550	6,5	0,9	24,9	20,4	798	949	399
3	7,63	3,79	19,0	2,65	24,0	92,0	1100	200	900	7,1	1,2	21,6	19,8	1046	1423	523

H<sub>0</sub> φ - Altezza e diametro provini  
w<sub>0</sub> w<sub>γ</sub> - Umidità iniziale e finale  
γ γ<sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico  
S<sub>0</sub> - Grado di saturazione iniziale  
ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume  
σ<sub>3</sub>/u<sub>0</sub> - Press. di cella/Back pressure  
δ<sub>γ</sub> - Deformazione a rottura  
σ<sub>1</sub> σ<sub>3</sub> - Tensioni totali



Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. *Angela Serpanti*

Il direttore del laboratorio  
Dott. *Sergio Rabottino*

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00833	Pagina 2/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 23/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 26/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano
<b>SONDAGGIO:</b> 4 <b>CAMPIONE:</b> 1 <b>PROFONDITA':</b> m 28.4-29.0

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_2$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_2$ kPa	$\Delta V$ %	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_2$ kPa	$\Delta V$ %
0,41	0,53	169,5	-0,12	0,40	0,53	211,7	-0,13	0,40	0,53	306,2	-0,12
0,84	1,09	289,2	-0,25	0,85	1,12	377,3	-0,26	0,87	1,14	528,1	-0,26
1,32	1,72	366,2	-0,37	1,24	1,63	463,0	-0,36	1,17	1,53	602,5	-0,33
1,82	2,39	418,9	-0,49	1,68	2,20	527,5	-0,47	1,53	2,00	663,0	-0,41
2,33	3,05	454,4	-0,60	2,12	2,78	577,8	-0,58	1,92	2,51	709,4	-0,51
2,86	3,75	477,4	-0,72	2,61	3,42	617,7	-0,69	2,37	3,10	752,8	-0,61
3,36	4,40	491,1	-0,81	3,09	4,06	647,8	-0,79	2,83	3,71	786,6	-0,72
3,86	5,05	501,8	-0,89	3,58	4,69	670,4	-0,89	3,30	4,33	813,1	-0,82
4,37	5,72	509,1	-0,96	4,08	5,34	687,9	-0,98	3,79	4,96	835,8	-0,92
4,85	6,36	514,6	-1,02	4,57	5,99	701,5	-1,07	4,28	5,61	854,6	-1,04
5,34	7,00	519,1	-1,09	5,05	6,61	713,6	-1,15	4,75	6,23	873,9	-1,15
5,85	7,67	522,9	-1,16	5,55	7,28	723,1	-1,22	5,26	6,89	888,8	-1,24
6,32	8,29	524,8	-1,22	6,03	7,91	731,5	-1,30	5,75	7,53	903,6	-1,36
6,83	8,95	526,1	-1,28	6,53	8,55	739,1	-1,36	6,22	8,15	917,3	-1,45
7,32	9,59	527,4	-1,33	7,02	9,20	745,5	-1,43	6,72	8,80	928,7	-1,55
7,82	10,25	528,6	-1,39	7,51	9,85	751,8	-1,49	7,21	9,45	940,0	-1,65
8,32	10,90	528,7	-1,45	8,00	10,49	757,4	-1,55	7,69	10,08	951,1	-1,76
8,80	11,54	528,9	-1,50	8,50	11,14	761,9	-1,62	8,19	10,74	959,9	-1,85
9,31	12,21	528,5	-1,57	8,99	11,78	766,7	-1,69	8,67	11,36	969,7	-1,93
9,81	12,85	528,1	-1,62	9,50	12,45	770,5	-1,76	9,20	12,05	977,7	-2,02
10,33	13,53	526,8	-1,68	10,01	13,11	773,1	-1,81	9,69	12,69	984,3	-2,10
10,83	14,19	525,7	-1,73	10,51	13,78	776,4	-1,87	10,20	13,36	992,0	-2,18
				11,02	14,44	779,2	-1,94	10,69	14,01	999,0	-2,27
				11,52	15,10	781,8	-2,00	11,17	14,64	1007,6	-2,36
				12,03	15,76	784,4	-2,06	11,67	15,30	1013,1	-2,42
				12,53	16,42	786,7	-2,12	12,16	15,94	1018,7	-2,49
				13,04	17,09	789,0	-2,18	12,66	16,59	1023,9	-2,57
				13,54	17,75	791,1	-2,23	13,17	17,25	1028,8	-2,63
				14,05	18,41	793,0	-2,29	13,66	17,90	1032,9	-2,69
				14,55	19,07	794,9	-2,34	14,15	18,54	1038,4	-2,75
				15,06	19,73	796,6	-2,39	14,64	19,18	1042,9	-2,81
				15,56	20,40	798,1	-2,44	15,13	19,83	1046,3	-2,88

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Serpanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00832	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	<b>Inizio analisi:</b> 19/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	<b>Fine analisi:</b> 20/03/15

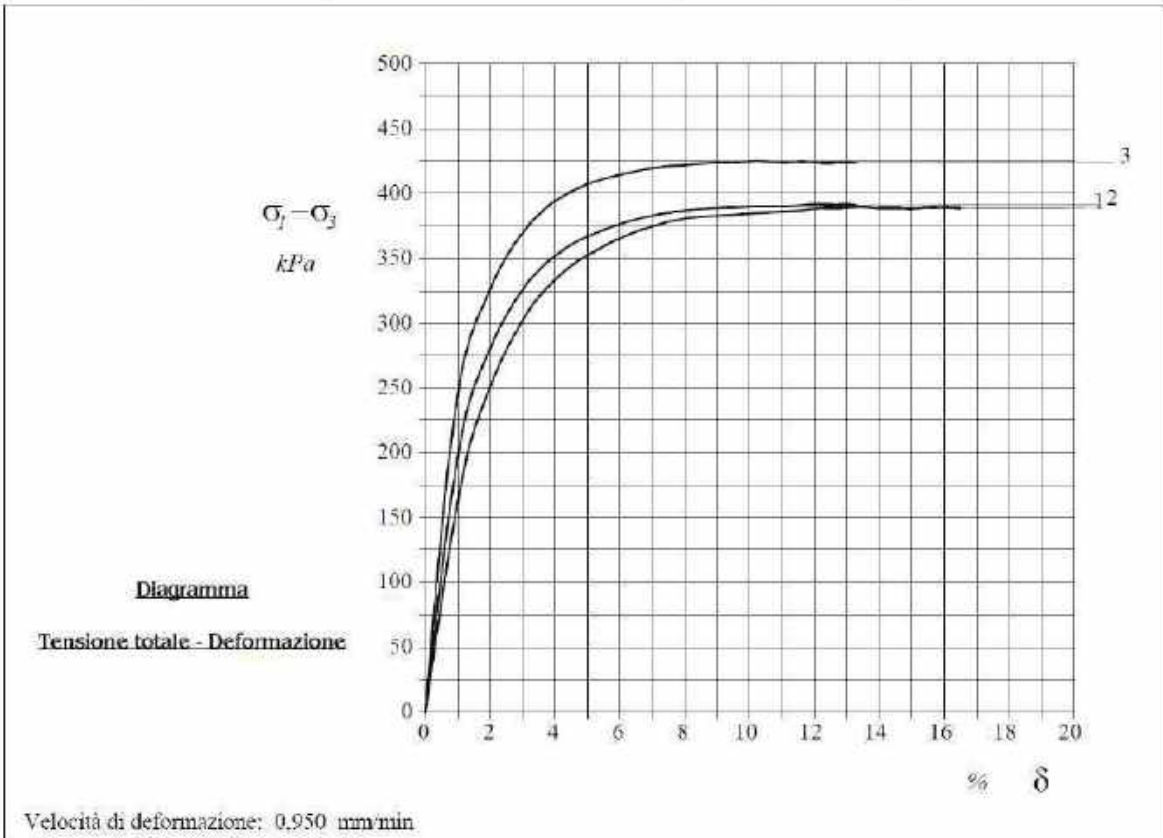
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m 28,4-29,0

**PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE U.U.**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Pressione			Valori finali o a rottura			
	H <sub>o</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w %	S <sub>o</sub> %	σ <sub>3</sub> kPa	u <sub>o</sub> kPa	σ <sub>3</sub> ' kPa	δ <sub>γ</sub> %	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7,63	3,79	18,9	2,65	27,0	96,1	400	200	200	13,4	390	395	195
2	7,63	3,79	18,7	2,65	27,0	94,1	750	200	550	12,9	391	746	196
3	7,63	3,79	18,9	2,65	27,1	96,2	1100	200	900	10,2	425	1113	213

H<sub>o</sub> φ - Altezza e diametro provini  
 w - Umidità dei provini  
 γ γ<sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico  
 S<sub>o</sub> - Grado di saturazione iniziale  
 σ<sub>3</sub> - Pressione di cella  
 u<sub>o</sub> - Back pressure  
 δ<sub>γ</sub> - Deformazione a rottura  
 σ<sub>1</sub> σ<sub>3</sub> - Tensioni totali



Limo con argilla, localmente debolmente sabbioso, di colore grigio azzurro (Rp = 270-300 kPa).

1  
28765

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00832	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 19/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 20/03/15

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m 28.4-29.0

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE U.U.**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta U$ kPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta U$ kPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta U$ kPa
0.64	0.84	140.7		0.58	0.77	159.9		0.53	0.69	187.6	
1.01	1.33	202.1		0.95	1.26	231.1		0.91	1.20	272.1	
1.40	1.83	240.7		1.34	1.76	267.3		1.29	1.70	309.2	
1.79	2.34	271.6		1.74	2.28	296.2		1.70	2.22	338.9	
2.17	2.85	295.7		2.13	2.79	318.1		2.08	2.73	360.6	
2.53	3.32	314.7		2.51	3.28	335.2		2.48	3.25	377.5	
2.93	3.84	329.4		2.91	3.81	348.0		2.88	3.77	389.8	
3.30	4.33	340.9		3.28	4.30	357.5		3.26	4.27	398.5	
3.69	4.84	349.9		3.69	4.84	365.0		3.69	4.84	405.5	
4.08	5.34	357.2		4.10	5.37	370.7		4.12	5.39	410.4	
4.49	5.89	364.0		4.49	5.89	375.4		4.50	5.89	413.8	
4.89	6.41	369.7		4.92	6.44	379.6		4.94	6.48	417.0	
5.30	6.95	374.1		5.31	6.96	382.6		5.32	6.97	419.3	
5.69	7.46	377.8		5.73	7.51	385.1		5.76	7.55	420.9	
6.11	8.01	380.6		6.13	8.04	386.8		6.15	8.07	421.9	
6.51	8.54	382.1		6.54	8.57	388.0		6.56	8.60	423.1	
6.92	9.07	383.0		6.95	9.11	388.8		6.99	9.16	423.7	
7.34	9.62	383.8		7.36	9.64	389.3		7.38	9.67	424.0	
7.73	10.13	384.7		7.76	10.17	390.2		7.79	10.21	425.0	
8.13	10.69	385.4		8.18	10.73	390.9		8.22	10.77	424.1	
8.57	11.24	386.1		8.60	11.27	390.3		8.63	11.31	424.2	
8.97	11.76	387.4		9.01	11.81	390.9		9.04	11.85	424.2	
9.39	12.30	388.7		9.42	12.35	390.9		9.45	12.39	423.3	
9.79	12.84	388.7		9.82	12.87	391.2		9.84	12.90	423.7	
10.22	13.40	389.7		10.25	13.43	390.7		10.27	13.46	423.2	
10.64	13.94	388.5									
11.04	14.47	388.4									
11.46	15.02	388.3									
11.88	15.57	389.2									
12.30	16.12	389.0									
12.70	16.64	388.9									

1  
28765

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Serapani

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Rabottino

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano			
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 32.6-33.2	

**MODULO RIASSUNTIVO**

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	34,9	%
Peso di volume	17,8	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	13,2	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	18,0	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,65	
Indice dei vuoti	0,968	
Porosità	49,2	%
Grado di saturazione	95,4	%
Limite di liquidità	46,3	%
Limite di plasticità	35,8	%
Indice di plasticità	10,5	%
Indice di consistenza	1,09	
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI	A7-5	I.G. = 9

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
----------	-----	----------------	-----

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-rapida			
c	22,4	kPa	$\phi$ 22,2 °
c Res		kPa	$\phi_{Res}$ °

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$c_d$	103	kPa	$\phi_d$	17,3	°
C.U.	$c'_{cu}$		kPa	$\phi'_{cu}$		°
	$c_{cu}$		kPa	$\phi_{cu}$		°
U.U.	$c_u$	105	kPa	$\phi_u$	0,0	°

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiata		%
Sabbia	1,6	%
Limo	44,7	%
Argilla	53,7	%
D 10		mm
D 50	0,004243	mm
D 60	0,006563	mm
D 90	0,028295	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 40	99,4	%
Passante set. 200	98,4	%

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
6,3 ÷ 12,5	3983	0,000060	1,48E-09
12,5 ÷ 25,0	2646	0,000079	2,93E-09
25,0 ÷ 50,0	2615	0,000073	2,74E-09
50,0 ÷ 100,0	2368	---	---
100,0 ÷ 200,0	3257	---	---
200,0 ÷ 400,0	4848	---	---
400,0 ÷ 800,0	8346	---	---
800,0 ÷ 1600,0	15510	---	---
1600,0 ÷ 3200,0	30815	---	---

**PERMEABILITA'**

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

Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00831	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 13/03/15

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano			
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	32,6-33,2
<b>CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE</b>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 2216			

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 34,9 %**

Struttura del materiale:  Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico


Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (R<sub>p</sub> = 60-90 kPa).

2  
28766

SGEOA - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Alessandra Scarpanti

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Sergio Rabottino

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00830	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 12/03/15

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 32,6-33,2

**PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

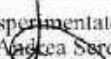
Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 17,8 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Anasta Serpanti

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Sergio Rabottino

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00829	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 27/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 27/03/15

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano			
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	32.6-33.2

### PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,65

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,65

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 22,3 °C

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Disaerazione eseguita per bollitura.

Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro ( $R_p = 60-90$  kPa).

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4,3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Rabottino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore e A n - Prove di laboratorio sulle terre  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/S-11-2007 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00828	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 24/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 4                                      CAMPIONE: 2                                      PROFONDITA': m 32.6-33.2

**LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	46,3 %
Limite di plasticità	35,8 %
Indice di plasticità	10,5 %

LIMITE DI LIQUIDITA'				LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	19	24	29	Umidità (%)	35,8	35,8
Umidità (%)	49,0	46,7	44,8	Umidità media	35,8	



Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Fabrizio Rabottino

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

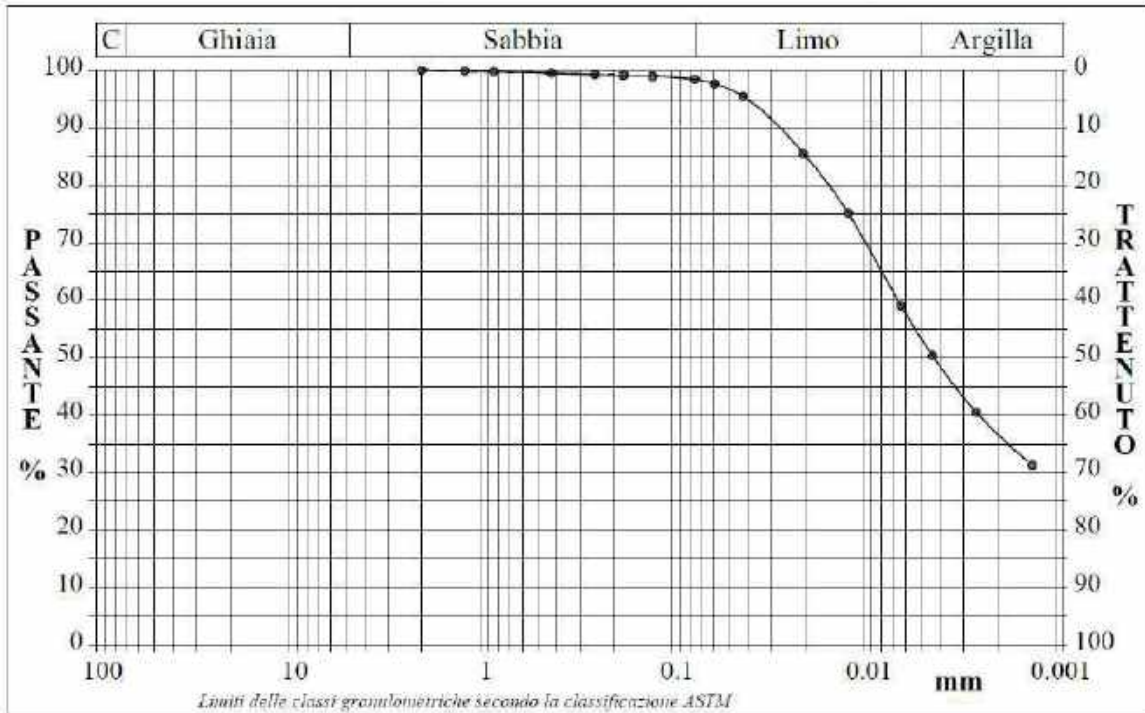
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00827	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 23/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 25/03/15

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano
SONDAGGIO: 4                      CAMPIONE: 2                      PROFONDITA': m 32.6-33.2

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	---	mm		
Sabbia	1,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,4 %	D30	---	mm		
Limo	44,7 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	98,4 %	D50	0,00424	mm		
Argilla	53,7 %			D60	0,00656	mm		
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura		---	D90	0,02830	mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,1770	99,08	0,0204	85,53	0,0013	31,32		
1,1900	99,85	0,1250	98,88	0,0119	75,13				
0,8410	99,73	0,0750	98,38	0,0063	59,04				
0,4200	99,45	0,0591	97,65	0,0043	50,38				
0,2500	99,23	0,0421	95,43	0,0026	40,48				

Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. *Andrea Serapani*

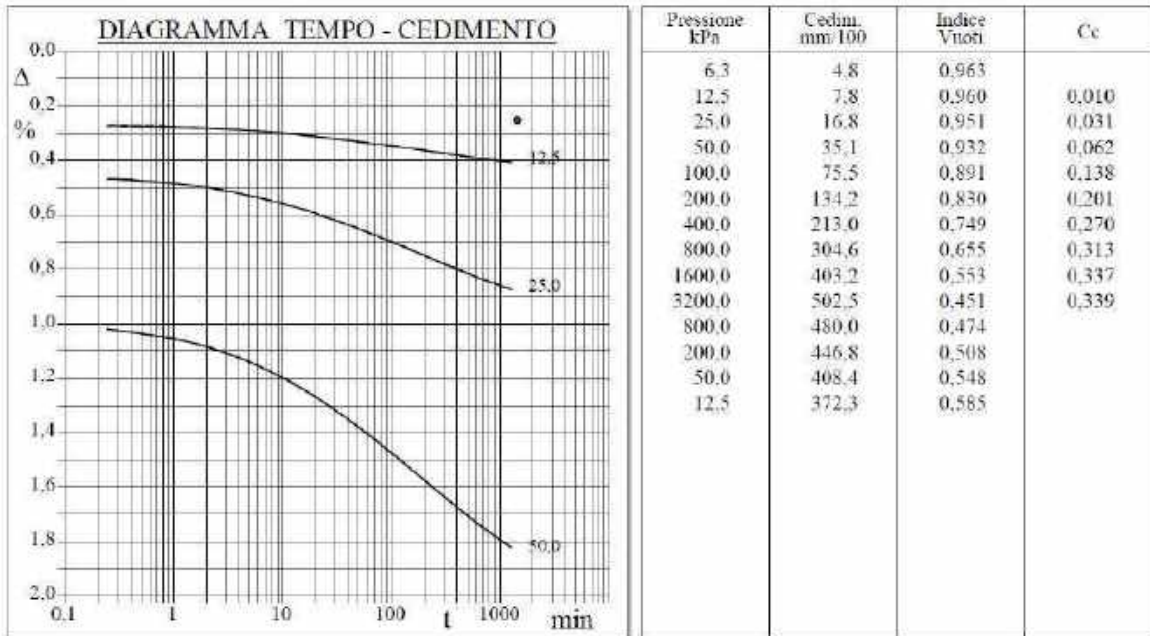
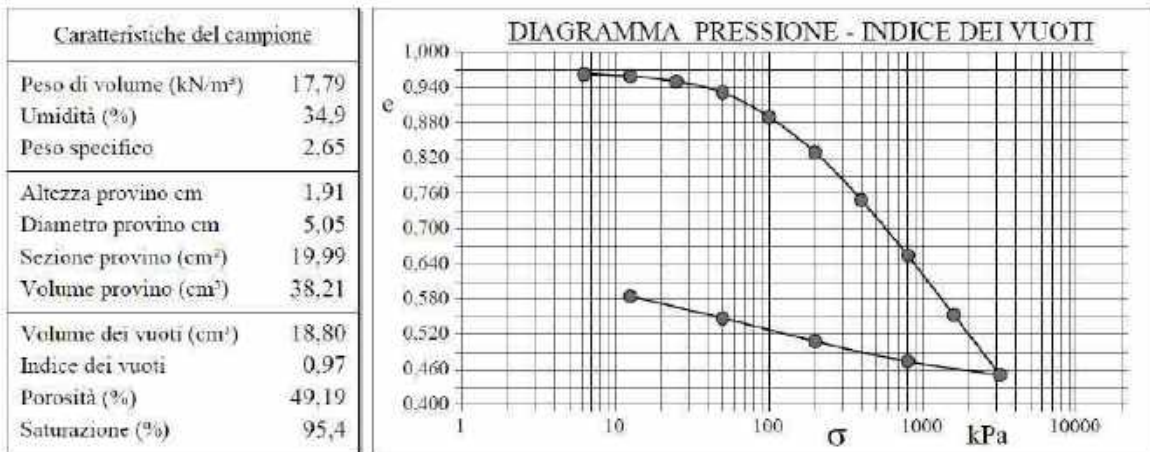
Il direttore del laboratorio  
Dott. *Sergio Rabottino*

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00826	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	Fine analisi: 24/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 2	<b>PROFONDITA':</b> m 32.6-33.2	

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435



Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Sirepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



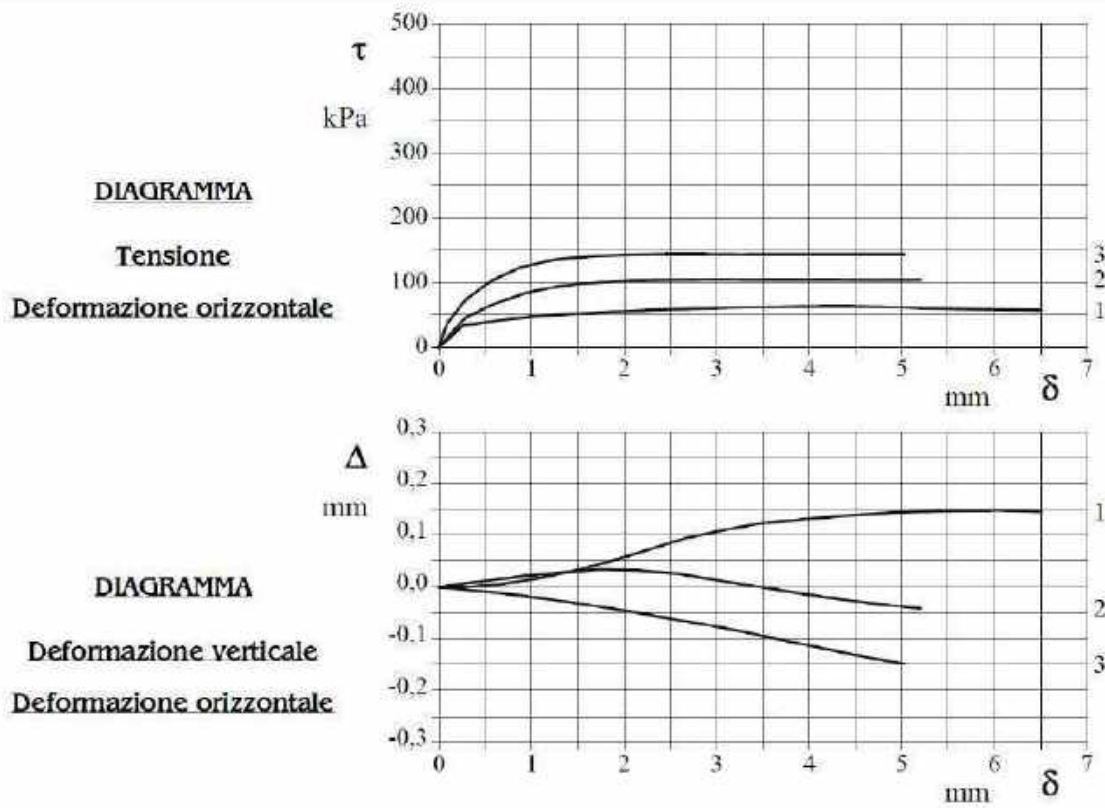
CERTIFICATO DI PROVA N°: 00825	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 27/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 31/03/15

COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 32,6-33,2

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	24,0 24,8	24,1 24,0	24,1 24,0
Peso di volume (kN/m³):	19,8	19,8	19,8
Tipo di prova: Consolidata - rapida	Velocità di deformazione: 0,950 mm / min		



Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).

2  
28766

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Serepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 00824</b> Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 30/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15	Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 02/04/15

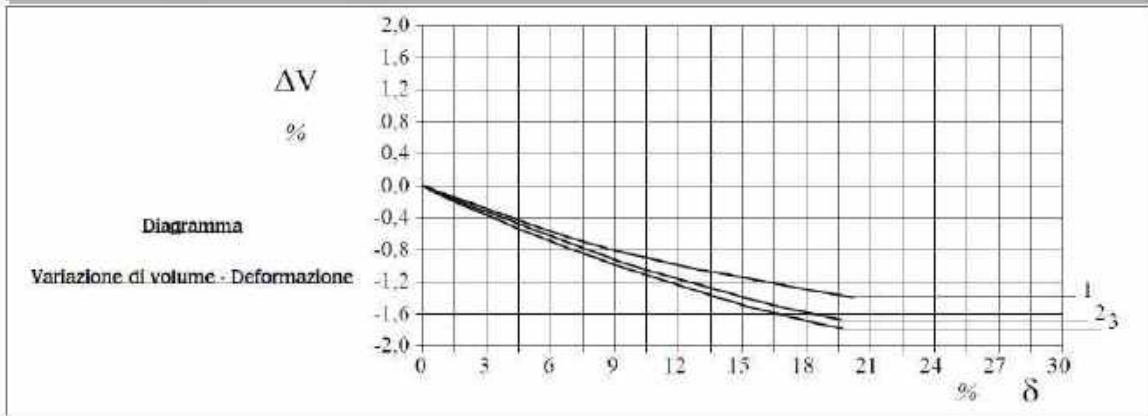
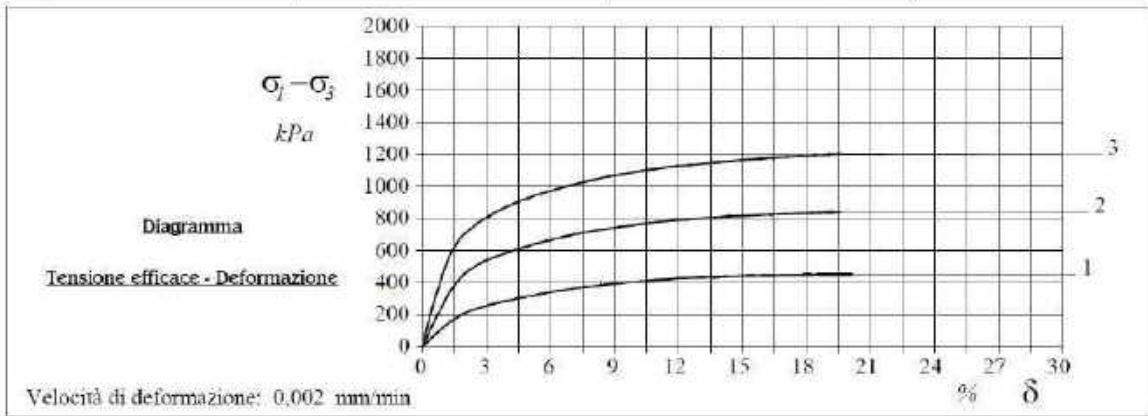
<b>COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA</b>		
<b>RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano</b>		
<b>SONDAGGIO: 4</b>	<b>CAMPIONE: 2</b>	<b>PROFONDITA': m 32.6-33.2</b>

**PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE C.I.D.**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
n	H <sub>o</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w <sub>o</sub> %	S <sub>o</sub> %	σ <sub>z</sub> kPa	u <sub>o</sub> kPa	σ <sub>z</sub> ' kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w <sub>f</sub> %	δ <sub>f</sub> %	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7,63	3,79	19,4	2,65	22,6	93,4	400	200	200	6,2	1,0	22,2	19,5	449	424	224
2	7,63	3,79	19,4	2,65	23,8	95,5	850	200	650	7,7	1,8	22,1	19,6	841	1070	420
3	7,63	3,79	19,4	2,65	22,5	93,1	1300	200	1100	8,9	2,6	18,6	19,7	1203	1702	602

H <sub>o</sub> φ - Altezza e diametro provini w <sub>o</sub> w <sub>f</sub> - Umidità iniziale e finale	γ γ <sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico S <sub>o</sub> - Grado di saturazione iniziale	ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume σ <sub>z</sub> /u <sub>o</sub> - Press. di cella/Back pressure	δ <sub>f</sub> - Deformazione a rottura σ <sub>1</sub> σ <sub>3</sub> - Tensioni totali
--	--	---	--



Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. *[firma]* Sorcapanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. *[firma]* Rabottino



AZIENDA CON  
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ  
UNI EN ISO 9001:2008  
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Certificazione Ufficiale - Settore «A» - Prove di laboratorio sulle terre  
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI  
Decreto 57027/5-11-2007 - Art. 59 DPR 360/2001 - Circolare 7618/STC/2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00824	Pagina 2/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 30/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	Fine analisi: 02/04/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano
<b>SONDAGGIO:</b> 4 <b>CAMPIONE:</b> 2 <b>PROFONDITA':</b> m 32.6-33.2

**PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
δ mm	δ %	σ <sub>2</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	ΔV %	δ mm	δ %	σ <sub>2</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	ΔV %	δ mm	δ %	σ <sub>2</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	ΔV %
0,71	0,93	115,6	-0,09	0,56	0,73	206,0	-0,09	0,40	0,53	277,2	-0,08
1,06	1,38	163,3	-0,14	0,89	1,17	316,8	-0,13	0,73	0,96	458,9	-0,13
1,50	1,96	207,0	-0,19	1,29	1,69	416,4	-0,19	1,08	1,41	607,1	-0,19
1,98	2,59	239,0	-0,25	1,73	2,26	484,5	-0,25	1,48	1,94	699,2	-0,25
2,45	3,21	263,8	-0,31	2,18	2,86	530,2	-0,31	1,92	2,51	764,0	-0,31
2,95	3,86	283,8	-0,37	2,66	3,49	564,3	-0,37	2,38	3,11	815,4	-0,38
3,43	4,50	301,6	-0,43	3,13	4,10	593,0	-0,44	2,83	3,71	858,6	-0,45
3,92	5,14	317,9	-0,50	3,61	4,74	620,0	-0,50	3,30	4,33	895,4	-0,52
4,42	5,79	333,5	-0,55	4,10	5,37	644,4	-0,57	3,78	4,95	927,8	-0,59
4,91	6,44	347,9	-0,61	4,59	6,02	666,5	-0,63	4,27	5,60	956,8	-0,65
5,39	7,07	361,3	-0,66	5,06	6,64	686,0	-0,69	4,74	6,21	981,9	-0,72
5,89	7,72	373,2	-0,72	5,55	7,28	703,6	-0,75	5,21	6,83	1004,6	-0,78
6,37	8,35	383,5	-0,76	6,04	7,92	719,2	-0,82	5,71	7,48	1024,9	-0,84
6,87	9,00	393,3	-0,81	6,53	8,56	733,9	-0,88	6,20	8,12	1043,9	-0,90
7,36	9,65	401,3	-0,85	7,01	9,19	746,7	-0,94	6,66	8,73	1061,3	-0,96
7,85	10,29	409,1	-0,89	7,50	9,83	758,1	-1,00	7,15	9,37	1076,1	-1,02
8,36	10,96	416,9	-0,93	8,00	10,48	770,3	-1,06	7,64	10,01	1092,3	-1,08
8,84	11,59	422,5	-0,97	8,48	11,12	779,5	-1,10	8,12	10,64	1104,8	-1,13
9,35	12,25	427,5	-1,01	8,98	11,77	787,7	-1,15	8,61	11,29	1116,0	-1,19
9,85	12,91	431,3	-1,05	9,47	12,42	794,8	-1,20	9,09	11,92	1126,2	-1,24
10,36	13,58	435,1	-1,08	9,98	13,09	801,1	-1,25	9,61	12,59	1134,8	-1,29
10,86	14,24	437,8	-1,11	10,48	13,73	807,0	-1,30	10,09	13,22	1143,7	-1,35
11,38	14,92	440,7	-1,14	10,98	14,39	812,7	-1,35	10,58	13,86	1152,1	-1,40
11,88	15,57	442,7	-1,18	11,48	15,04	817,4	-1,40	11,08	14,52	1159,4	-1,45
12,39	16,24	444,1	-1,21	11,98	15,70	821,2	-1,44	11,56	15,16	1165,7	-1,50
12,90	16,90	445,4	-1,24	12,49	16,36	825,2	-1,49	12,08	15,83	1172,2	-1,55
13,39	17,55	446,5	-1,28	12,97	17,00	828,8	-1,53	12,56	16,46	1178,1	-1,59
13,89	18,21	447,8	-1,31	13,47	17,65	832,3	-1,57	13,05	17,10	1183,7	-1,64
14,40	18,88	448,3	-1,34	13,98	18,32	835,1	-1,60	13,55	17,76	1188,8	-1,67
14,90	19,53	448,8	-1,37	14,48	18,97	837,9	-1,64	14,05	18,41	1193,8	-1,71
15,40	20,18	448,8	-1,40	14,97	19,62	840,7	-1,68	14,55	19,07	1199,4	-1,75
								15,03	19,70	1203,4	-1,79

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4.5 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Sorepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00823	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 20/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 23/03/15

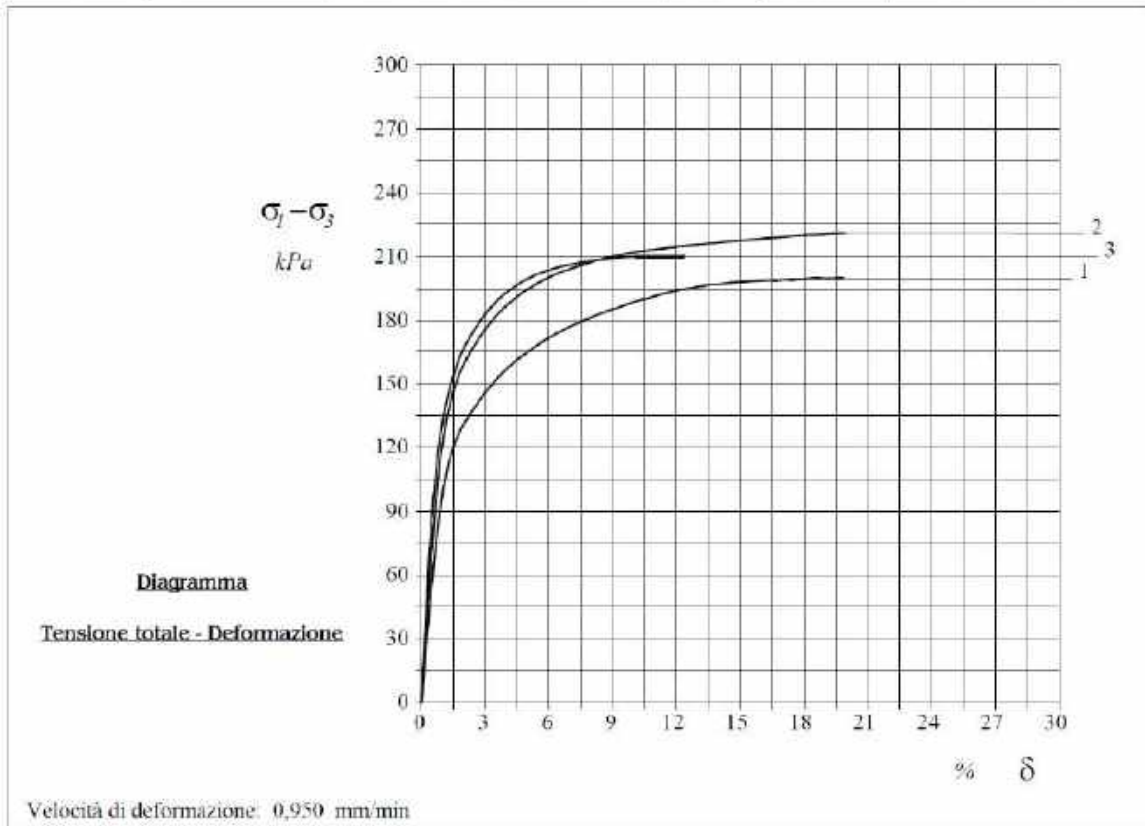
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano
<b>SONDAGGIO:</b> 4 <b>CAMPIONE:</b> 2 <b>PROFONDITA':</b> m 32.6-33.2

**PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE U.U.**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2850

P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Pressione			Valori finali o a rottura			
	H <sub>0</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w %	S <sub>0</sub> %	σ <sub>3</sub> kPa	u <sub>0</sub> kPa	σ' <sub>3</sub> kPa	δ <sub>f</sub> %	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7,63	3,79	19,1	2,65	26,0	96,4	400	200	200	18,4	200	300	100
2	7,63	3,79	18,2	2,65	26,9	88,4	850	200	650	20,2	221	761	111
3	7,63	3,79	17,3	2,65	26,9	79,2	1300	200	1100	10,9	210	1205	105

H<sub>0</sub> φ - Altezza e diametro provini  
w - Umidità dei provini      γ γ<sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico  
S<sub>0</sub> - Grado di saturazione iniziale      σ<sub>3</sub> - Pressione di cella  
u<sub>0</sub> - Back pressure      δ<sub>f</sub> - Deformazione a rottura  
σ<sub>1</sub> σ<sub>3</sub> - Tensioni totali



Argilla limosa, con tracce di sostanza organica, di colore grigio bruno azzurro (Rp = 60-90 kPa).


2  
28766


CERTIFICATO DI PROVA N°: 00923	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 20/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 23/03/15
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano			
SONDAGGIO: 4		CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m 32.6-33.2
<b>PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE U.U.</b>			
Modalità di prova: Norma ASTM D 2850			

PROVINO 1				PROVINO 2				PROVINO 3			
$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta v$ kPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta v$ kPa	$\delta$ mm	$\delta$ %	$\sigma_1 - \sigma_3$ kPa	$\Delta v$ kPa
0.56	0.73	80.5		0.45	0.59	87.1	4.3	0.35	0.45	83.7	
0.98	1.29	113.2		0.91	1.19	134.0	4.3	0.83	1.09	137.9	
1.40	1.83	128.4		1.37	1.80	155.1	4.3	1.34	1.76	161.8	
1.84	2.41	137.7		1.85	2.43	167.3	4.3	1.87	2.46	175.2	
2.27	2.98	145.7		2.29	3.00	175.8	4.3	2.31	3.03	183.2	
2.69	3.52	152.1		2.72	3.56	182.6	4.3	2.74	3.59	189.5	
3.12	4.09	158.0		3.15	4.12	188.1	4.3	3.17	4.16	194.2	
3.57	4.68	162.7		3.59	4.71	192.7	4.3	3.62	4.74	198.2	
4.00	5.24	166.9		4.02	5.26	196.3	4.3	4.05	5.28	201.0	
4.41	5.78	170.5		4.43	5.80	199.3	4.3	4.45	5.83	203.1	
4.84	6.34	173.7		4.86	6.37	201.9	4.3	4.88	6.39	204.9	
5.27	6.91	176.7		5.28	6.93	204.0	4.3	5.30	6.95	206.1	
5.68	7.45	179.1		5.71	7.48	205.8	4.3	5.73	7.51	207.1	
6.11	8.00	181.4		6.13	8.03	207.5	4.3	6.14	8.05	208.2	
6.51	8.54	183.6		6.54	8.57	209.0	4.3	6.57	8.61	208.8	
6.93	9.08	185.4		6.97	9.13	210.3	4.3	7.00	9.18	209.5	
7.36	9.64	187.5		7.41	9.71	211.5	4.3	7.46	9.77	209.8	
7.74	10.15	189.1		7.81	10.23	212.3	4.3	7.87	10.32	209.9	
8.18	10.72	190.6		8.24	10.80	213.1	4.3	8.29	10.87	210.0	
8.60	11.27	192.1		8.67	11.36	213.8	4.3	8.74	11.46	210.0	
9.02	11.82	193.5		9.09	11.92	214.5	4.3	9.17	12.02	210.0	
9.43	12.36	194.6		9.52	12.47	215.1	4.3	9.60	12.58	210.0	
9.86	12.92	195.6		9.94	13.03	215.6	2.1				
10.28	13.47	196.5		10.36	13.58	216.2					
10.69	14.01	197.1		10.78	14.13	216.7					
11.12	14.58	197.7		11.21	14.69	217.2					
11.53	15.11	198.2		11.63	15.24	217.7					
11.94	15.65	198.4		12.05	15.79	218.2					
12.37	16.21	198.6		12.47	16.35	218.6					
12.79	16.76	198.8		12.90	16.90	219.1					
13.19	17.28	199.1		13.31	17.44	219.5					
13.62	17.85	199.3		13.71	17.97	219.9					
14.06	18.42	199.8		14.14	18.53	220.3					
14.45	18.94	199.6		14.56	19.08	220.6					
14.88	19.51	199.7		14.98	19.63	220.9					
15.32	20.08	199.8		15.40	20.19	221.1					

2  
28766

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Daniela Sorrepani

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Sergio Rabottino

COMMITTENTE:	SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
RIFERIMENTO:	Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO:	4	CAMPIONE:	3
		PROFONDITA':	m 36.4-37.0

**MODULO RIASSUNTIVO**

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	24,3	%
Peso di volume	19,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume secco	15,7	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume saturo	19,5	kN/m <sup>3</sup>
Peso specifico	2,64	
Indice dei vuoti	0,651	
Porosità	39,4	%
Grado di saturazione	98,5	%
Limite di liquidità	41,0	%
Limite di plasticità	28,7	%
Indice di plasticità	12,3	%
Indice di consistenza	1,36	
Passante al set. n° 40	NO	
Limite di ritiro		%
Classif. CNR-UNI	A7-6	I.G. = 9

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa	$\sigma_{Rim}$	kPa
----------	-----	----------------	-----

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-rapida			
$c$	49,6	kPa	$\phi$ 21,0 °
$c_{Res}$		kPa	$\phi_{Res}$ °

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$c_d$	183	kPa	$\phi_d$	9,3 °
C.U.	$c'_{cu}$		kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$c_{cu}$		kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$c_u$	244	kPa	$\phi_u$	0,0 °

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	0,5	%
Limo	47,5	%
Argilla	52,0	%
D 10		mm
D 50	0,004557	mm
D 60	0,007140	mm
D 90	0,030863	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 40	99,9	%
Passante set. 200	99,5	%

**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	5241	0,000624	1,17E-08
50,0 ÷ 100,0	5736	0,000578	9,89E-09
100,0 ÷ 200,0	8264	0,000543	6,44E-09
200,0 ÷ 400,0	11791	---	---
400,0 ÷ 800,0	16938	---	---
800,0 ÷ 1600,0	23871	---	---
1600,0 ÷ 3200,0	40529	---	---

**PERMEABILITA'**

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

Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 280-310 kPa).

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00822	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 13/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 36.4-37.0	

**CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**W<sub>n</sub> = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 24,3 %**

Struttura del materiale:  Omogeneo  
 Stratificato  
 Caotico

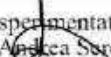
Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Argilla limosa di colore grigio azzurro (R<sub>p</sub> = 280-310 kPa).

3  
28767

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Scarpanti

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Rabottino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00821	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 12/03/15
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 36.4-37.0	
<b>PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE</b>			
Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E			

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 19,5 kN/m<sup>3</sup>**

Argilla limosa di colore grigio azzurro ( $R_p = 280-310$  kPa).

3  
28767

SGEU - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Ankeia Soropanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00820	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 27/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 27/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 36,4-37,0	

**PESO SPECIFICO DEI GRANULI**

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,64

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,64

Metodo:  A  B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,7 °C

Dimensione massima delle particelle: 1,19 mm

Disaerazione eseguita per bollitura

Argilla limosa di colore grigio azzurro ( $R_p = 280-310$  kPa).

3  
28767

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott.  Serenanti

Il direttore del laboratorio  
Dott.  Rabotino

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00819	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 24/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 25/03/15

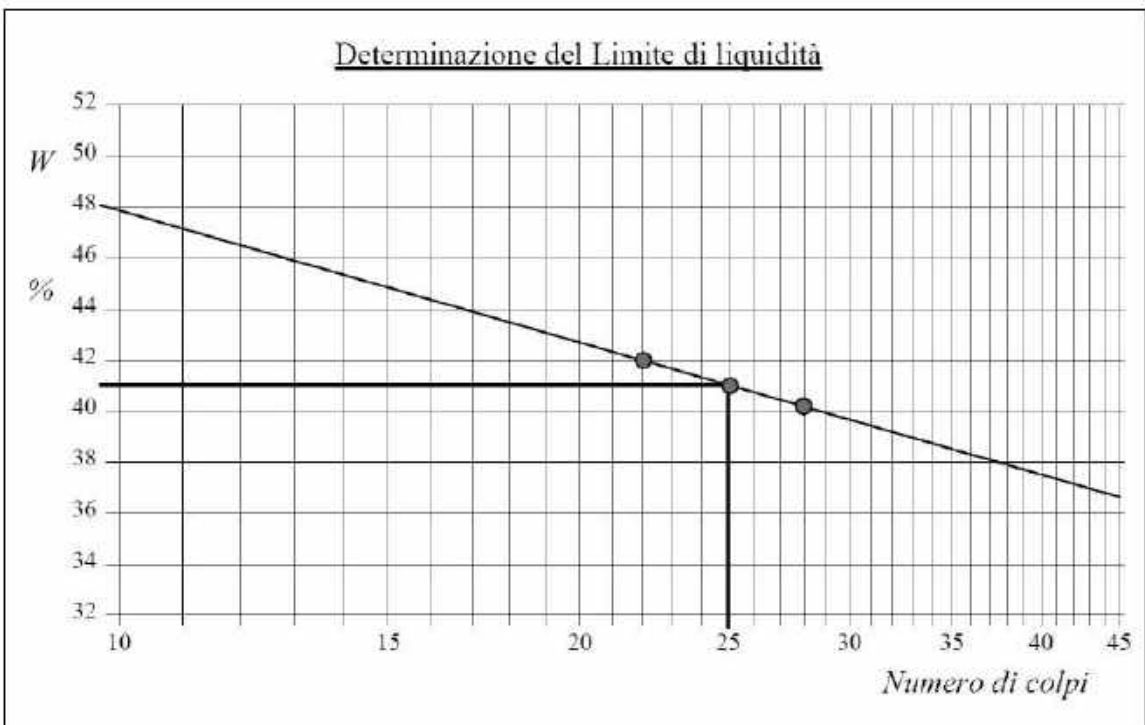
<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 36.4-37.0	

**LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	41,0 %
Limite di plasticità	28,7 %
Indice di plasticità	12,3 %

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	22	25	28		Umidità (%)	28,4	28,9
Umidità (%)	42,0	41,0	40,2		Umidità media	28,7	



Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 280-310 kPa).

3  
28767

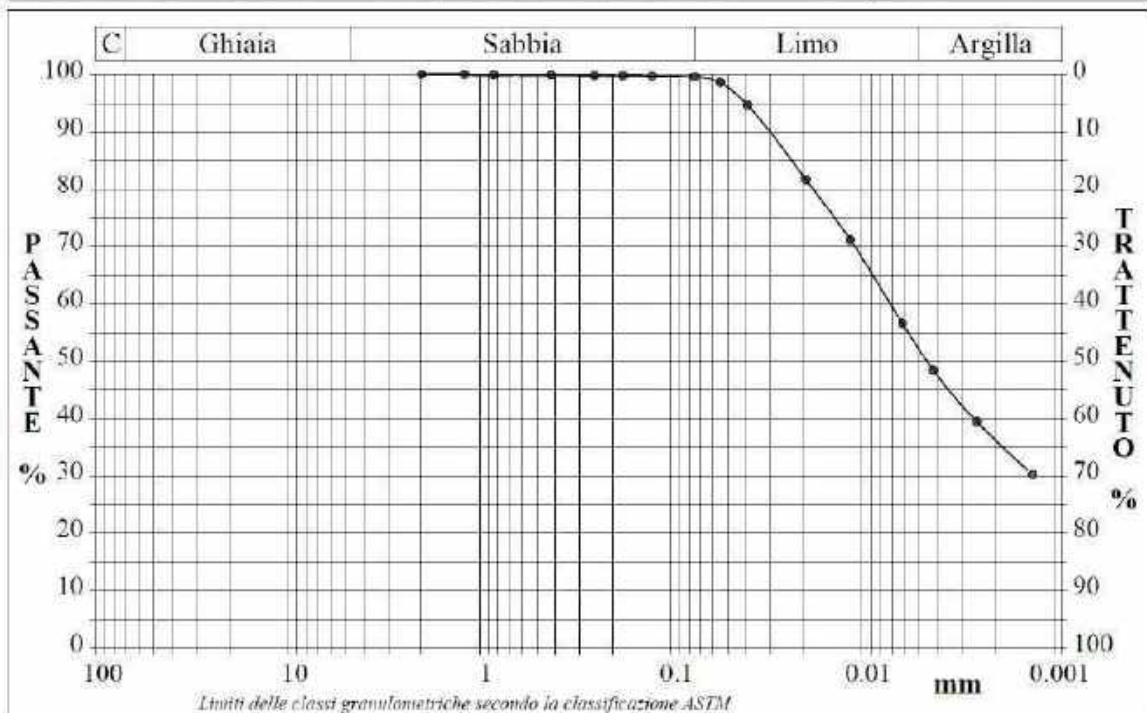
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00818	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 24/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 26/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 36,4-37,0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	-- mm
Sabbia	0,5 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,9 %	D30	-- mm
Limo	47,5 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	99,5 %	D50	0,00456 mm
Argilla	52,0 %			D60	0,00714 mm
Coefficiente di uniformità ---		Coefficiente di curvatura ---		D90	0,03086 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,0000	100,00	0,1770	99,73	0,0196	81,62	0,0013	30,22		
1,1900	99,98	0,1250	99,66	0,0115	71,18				
0,8410	99,94	0,0750	99,54	0,0062	56,55				
0,4200	99,87	0,0530	98,55	0,0042	48,40				
0,2500	99,79	0,0396	94,58	0,0025	39,42				

Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 280-310 kPa).

3  
28767

SOGEA - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
 Dott. Angela Scarpanti

Il direttore del laboratorio  
 Dott. Sergio Rabottino

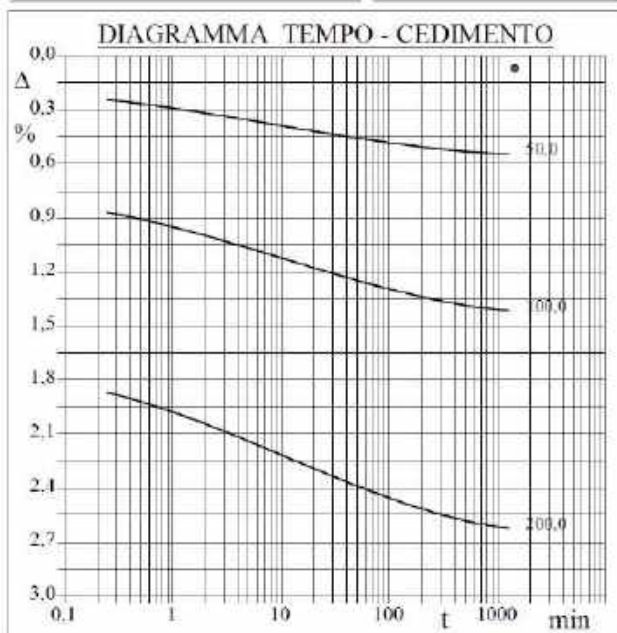
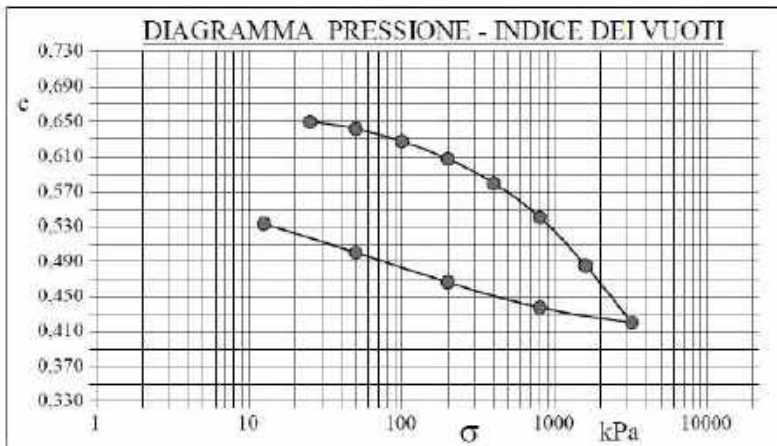
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00817	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 12/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 22/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA			
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano			
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 36.4-37.0	

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	19,49
Umidità (%)	24,3
Peso specifico	2,64
Altezza provino cm	1,98
Diametro provino cm	7,14
Sezione provino (cm <sup>2</sup> )	40,02
Volume provino (cm <sup>3</sup> )	79,04
Volume dei vuoti (cm <sup>3</sup> )	31,17
Indice dei vuoti	0,65
Porosità (%)	39,44
Saturazione (%)	98,5



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
25,0	1,4	0,650	
50,0	10,8	0,642	0,026
100,0	28,0	0,628	0,048
200,0	51,9	0,608	0,066
400,0	85,4	0,580	0,093
800,0	132,0	0,541	0,130
1600,0	198,2	0,485	0,184
3200,0	276,2	0,420	0,217
800,0	255,4	0,438	
200,0	221,0	0,466	
50,0	180,3	0,500	
12,5	140,9	0,533	

Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 280-310 kPa).

3  
28767

SGED - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
Dott. Andrea Serrepanti

Il direttore del laboratorio  
Dott. Sergio Rabottino



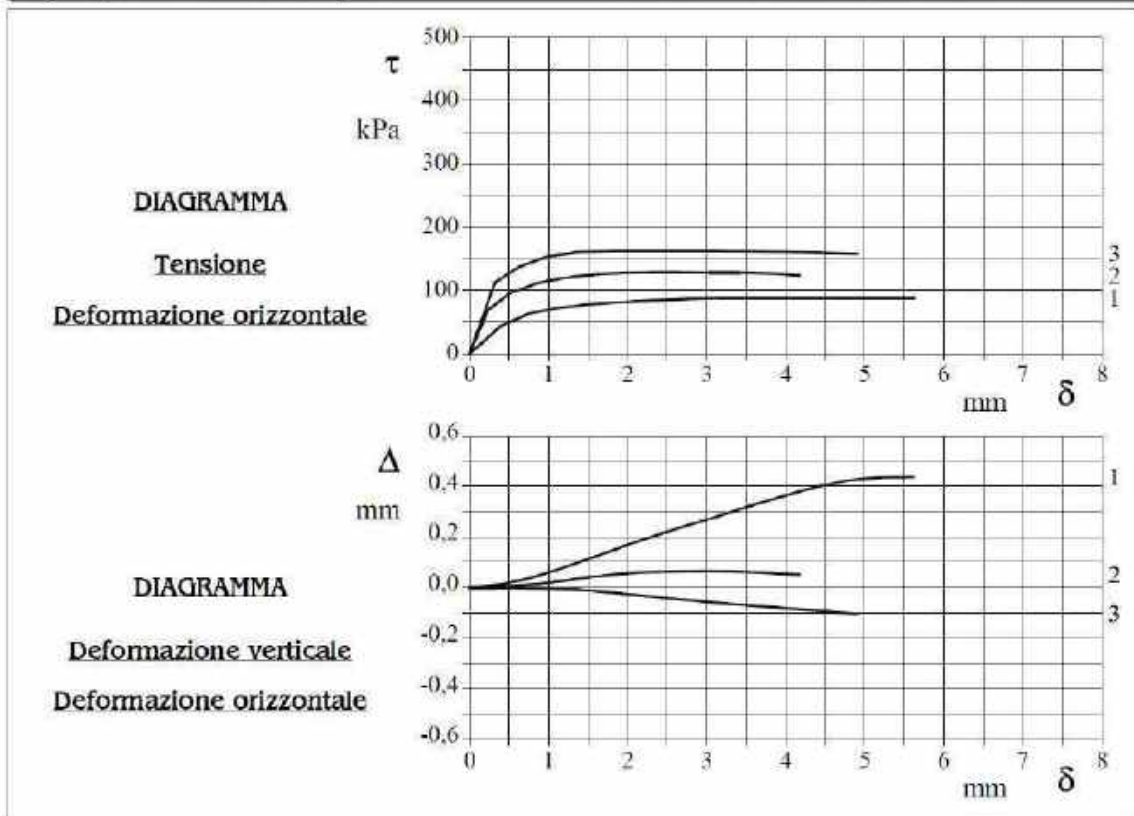
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°:</b> 00816	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 02/04/15	Inizio analisi: 27/03/15
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°:</b> 39 del 11/03/15		<b>Apertura campione:</b> 12/03/15	Fine analisi: 31/03/15

<b>COMMITTENTE:</b> SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
<b>RIFERIMENTO:</b> Terme di Diocleziano		
<b>SONDAGGIO:</b> 4	<b>CAMPIONE:</b> 3	<b>PROFONDITA':</b> m 36.4-37.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100	200	300
Umidità iniziale e umidità finale (%):	25,4    27,0	26,0    26,3	26,2    26,2
Peso di volume (kN/m³):	19,5	19,4	19,5
Tipo di prova: Consolidata - rapida		Velocità di deformazione: 0,950 mm / min	



Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 280-310 kPa).

3  
28787

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
 Dott. Anselma Serepanti

Il direttore del laboratorio  
 Dott. Sergio Rabottino



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00815	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 02/04/15	Inizio analisi: 25/03/15
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 39 del 11/03/15		Apertura campione: 12/03/15	Fine analisi: 28/03/15

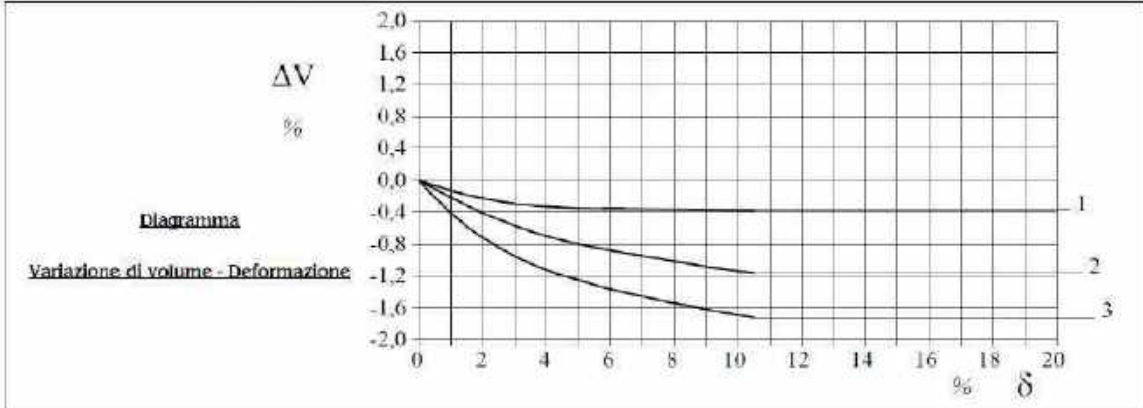
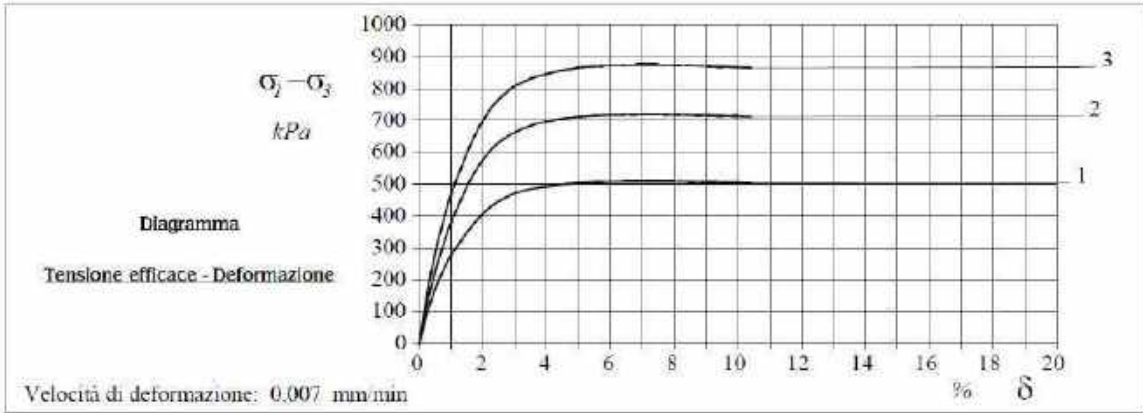
COMMITTENTE: SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA		
RIFERIMENTO: Terme di Diocleziano		
SONDAGGIO: 4	CAMPIONE: 3	PROFONDITA': m 36.4-37.0

**PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE C.I.D.**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1994 - Cap. 4

P n	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
	H <sub>0</sub> cm	φ cm	γ kN/m <sup>3</sup>	γ <sub>s</sub>	w <sub>0</sub> %	S <sub>0</sub> %	σ <sub>j</sub> kPa	u <sub>0</sub> kPa	σ' <sub>j</sub> kPa	ΔV/V %	ΔH/H %	w <sub>f</sub> %	δ <sub>f</sub> %	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub> kPa	$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ kPa
1	7.63	3.79	19.6	2.64	21.4	93.5	400	200	200	2.3	0.9	22.6	7.1	508	454	254
2	7.63	3.79	19.4	2.64	22.2	93.4	900	200	700	3.7	1.6	21.0	7.1	720	1060	360
3	7.63	3.79	19.4	2.64	22.2	92.4	1400	200	1200	5.0	2.6	16.0	7.1	874	1637	437

H<sub>0</sub> φ - Altezza e diametro provini  
 w<sub>0</sub> w<sub>f</sub> - Umidità iniziale e finale  
 γ γ<sub>s</sub> - Peso di volume e peso specifico  
 S<sub>0</sub> - Grado di saturazione iniziale  
 ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume  
 σ<sub>1</sub>/u<sub>0</sub> - Press. di cella/Back pressure  
 δ<sub>f</sub> - Deformazione a rottura  
 σ<sub>1</sub> σ<sub>3</sub> - Tensioni totali



Argilla limosa di colore grigio azzurro (Rp = 280-310 kPa).

3  
 28767

SGEO - Laboratorio 4.3 - 2015

Lo sperimentatore  
 Dott. *Anna Serepanti*

Il direttore del laboratorio  
 Dott. *Sergio Rabottino*









## **Sismica**

### ***Storia del quadro normativo recente in materia antisismica***

#### ***- O.P.C.M. n.3274 del 2003***

Il recente riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base al parametro Vs30.

#### ***- NTC 23 settembre 2005***

Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici. È previsto che le nuove NTC entrino in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile far riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).

#### ***- DM 14 gennaio 2008***

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la cui entrata in vigore era prevista per il 5 marzo 2008. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC.

## **Dott. Geol. Carlo Rosa**

La proroga assegnate al decreto non si applica alle verifiche tecniche e alle nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile. Lo stesso vale per gli edifici e le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresenta – ha spiegato il Ministero – “la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni”.

L'8 aprile del 2009 la Commissione Ambiente della Camera ha impegnato il Governo a rendere nel più breve tempo possibile obbligatoria l'applicazione del DM 14 gennaio 2008, abrogando la proroga al 30 giugno 2010.

Per ciò che riguarda la normativa della regione Lazio è di recente pubblicazione la “DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE n. 387 del 22 Maggio 2009 che ha per oggetto la Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03.

Con la DGR del 5 luglio 2016 N. 375 la Regione Lazio adotta un Nuovo regolamento regionale per lo snellimento e la semplificazione delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico e di repressione delle violazioni della normativa sismica. In particolare, nell'Allegato C si stabiliscono 3 Livelli di Vulnerabilità dell'Opera (Basso, Medio, Alto), e le indagini e prove minime di tipo geologico, e geomeccanico da eseguirsi in funzione della zona sismica e della classificazione del progetto, nonché i contenuti minimi della Relazione Geologica.

Il 17 gennaio 2018 con Decreto Ministeriale, il Ministero delle Infrastrutture e trasporti rilascia le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018): "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" che sono entrate in vigore dal 22 marzo 2018 e a cui è seguita la relativa circolare esplicativa n.7 C.S. LL PP. del 21 gennaio 2019.

Con la DGR n. 724 del 20 ottobre 2020 è in vigore un Nuovo RR per la semplificazione e l'aggiornamento delle procedure per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di prevenzione del rischio sismico che sostituisce quello del 2016 (RR n. 26 del 26 Ottobre 2020).

PERICOLOSITA'					
Zona Sismica					
PROGETTI	1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Fig. 25 – Nuova tabella del Rischio Sismico in base al RR n. 26 del 26 ottobre 2020.

Nel nuovo allegato C che stabilisce le indagini geologiche geotecniche e sismiche minime da effettuarsi per i vari livelli di vulnerabilità dell'opera è presente la nuova tabella del Rischio Sismico (Fig. 25).

### ***Sismicità dell'area Romana***

Il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ha adottato, con ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3274 del 20/03/2003, la nuova riclassificazione sismica nazionale con le nuove normative tecniche per gli edifici, i ponti e le opere di fondazione e sostegno dei terreni.

Il Comune di Roma è passato dalla categoria N.C. (non classificato) alla 3a categoria di rischio della Ordinanza OPCM 3274/03 che ha sostituito la vecchia “zona ad alto rischio sismico” di III categoria (D.M. 24/01/86 e succ agg.) per le quali si assumeva un grado di sismicità  $S = 6$ .

Il terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale o dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti, liquefazione e frane. Pertanto in fase di progettazione di opere in zone sismiche, è necessario partire dall'ipotesi di un “terremoto di progetto”, basato sulla conoscenza della sismicità della zona.

Le caratteristiche geologiche e tettoniche sono in stretto contatto con quella che è l'attività sismica di un'area, sia in termini di intensità sia in termine di frequenza dei terremoti.

Le prime indicazioni di eventi sismici risalgono all'epoca romana, più tardi in pieno medioevo, si hanno notizie più precise, ma soltanto nell'ultimo secolo sono stati registrati in maniera scientifica.

Dall'analisi di tali informazioni risulta che la maggior parte degli eventi è compresa tra il secondo e il terzo grado della scala Mercalli-Sieberg, mentre soltanto raramente le scosse hanno raggiunto il sesto grado. L'elenco aggiornato al 1984 indica un numero di scosse pari a 42.

Tale attività sismica ha sede essenzialmente nella struttura profonda di questo settore dell'Italia Centrale ed è dovuta, presumibilmente, all'intensa fratturazione presente nel basamento

## Dott. Geol. Carlo Rosa

carbonatico, causata dai movimenti compressivi e distensivi che hanno favorito l'instaurarsi dei fenomeni vulcanici.

L'attività sismica è concentrata nei territori di comuni dei Colli Albani e si presenta con un caratteristico sciame sismico del I° tipo di UTSU, distribuito uniformemente in sequenza ed intervallato da periodi di maggiore attività, con epicentri molto superficiali da poche centinaia di metri a qualche chilometro di profondità. La modesta profondità ipocentrale ha fatto sì che eventi di bassa e/o media magnitudo, compresa tra i 3 e i 5,2, abbiano causato sismi di intensità elevata fino al VII° della scala MS.

La frequenza degli eventi sismici e la modesta variazione della magnitudo all'aumentare del tempo di ritorno, fanno ritenere che la massima intensità registrata storicamente (VIII°MS), sia la massima compatibile in relazione alla struttura tettonica della regione.

Nella classificazione definita dai Decreti emessi fino al 1984 la sismicità è espressa il "grado di sismicità" S.

Nella proposta di riclassificazione del GDI del 1988 la sismicità è definita in termini di tre categorie più una categoria di Comuni Non Classificati (NC).

Nella classificazione 2003 la sismicità è definita mediante 4 zone, numerate da 1 a 4.

La corrispondenza tra queste diverse definizioni è riportata qui di seguito:

<b>1</b>	Prima categoria	S=12	Zona 1
<b>2</b>	Seconda categoria	S=9	Zona 2
<b>3</b>	Terza categoria	S=6	Zona 3
<b>4</b>	Quarta categoria	-----	Zona 4

Ai fini dell'applicazione queste norme, il territorio nazionale viene suddiviso, quindi, in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima su un suolo di categoria A). I valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono riportate di seguito:

<b>Zona</b>	<b>Valori di <math>a_g</math></b>
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Nel 2006 la OPCM 3519 ha emanato i "criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone". In attuazione alla suddetta OPCM 3519 la regione Lazio ha approvato il 22 maggio 2009 la DGR 387 con cui è stato riclassificato il territorio laziale.

Il Comune di Roma è stato suddiviso in 19 Unità amministrative Sismiche (UAS) corrispondenti alle 19 municipalità in essere alla data del 2009 e definite con una zona ed una sottozona sismica. Nel 2013 il comune di Roma con Delibera n. 11 ha ridelimitato i Municipi modificandone le numerazioni.

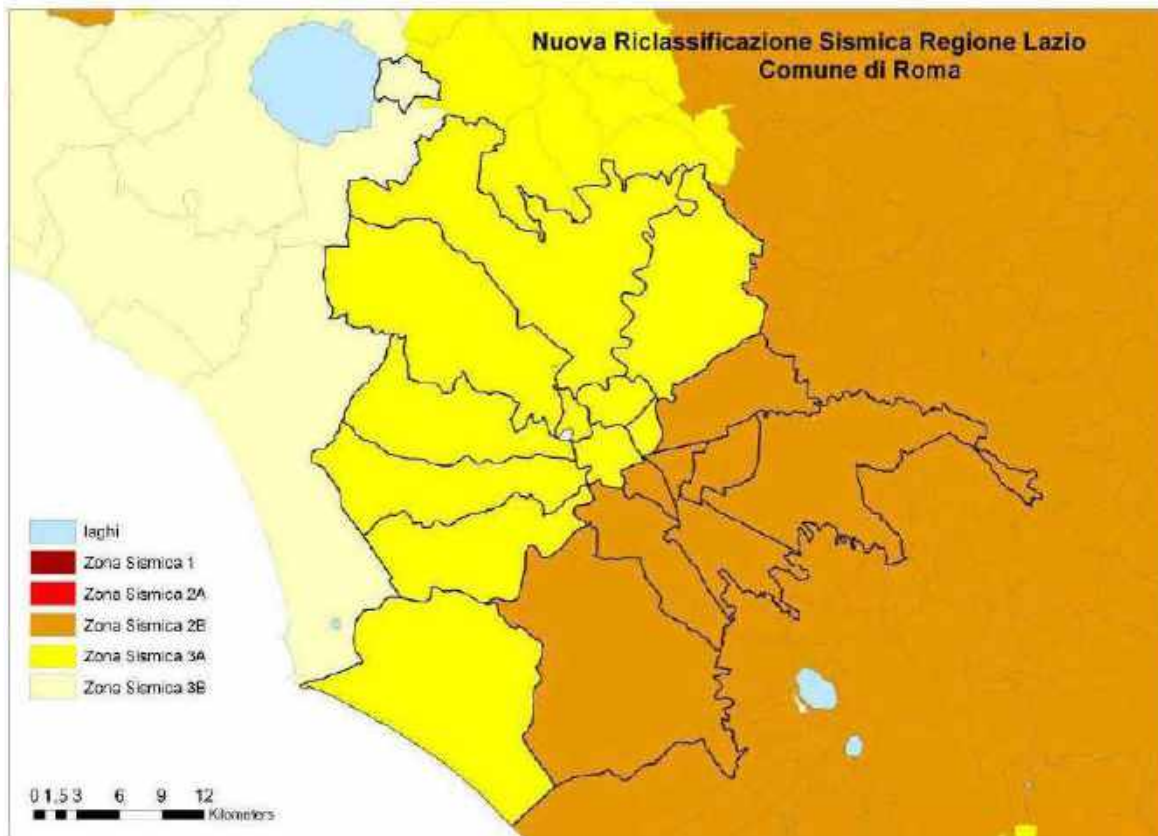


Fig. 26 – Nuova Riclassificazione sismica della Regione Lazio per il Comune di Roma

<u>UAS</u> <u>MUNICIPIO</u> <u>FINO AI 2013</u>	<u>UAS</u> <u>MUNICIPIO</u> <u>DOPO IL 2013</u>	<u>NUOVA ZONA</u> <u>SISMICA</u>	<u>SOTTOZONA</u>	<u>ZONA</u> <u>SISMICA DGR</u> <u>766/2003</u>	<u>VARIAZIONE</u> <u>ZONA</u> <u>SISMICA</u>
ROMA I	ROMA I	3	A	3	0
ROMA II	ROMA II	3	A	3	0
ROMA III	ROMA II	3	A	3	0
ROMA IV	ROMA III	3	A	3	0
ROMA V	ROMA IV	2	B	3	+1
ROMA VI	ROMA V	2	B	3	+1
ROMA VII	ROMA V	2	B	3	+1
ROMA VIII	ROMA VI	2	B	3	+1
ROMA IX	ROMA VII	2	B	3	+1
ROMA X	ROMA VII	2	B	3	+1
ROMA XI	ROMA VIII	2	B	3	+1
ROMA XII	ROMA IX	2	B	3	+1
ROMA XIII	ROMA X	3	A	3	0
ROMA XV	ROMA XI	3	A	3	0
ROMA XVI	ROMA XII	3	A	3	0
ROMA XVII	ROMA I	3	A	3	0
ROMA XVIII	ROMA XIII	3	A	3	0
ROMA XIX	ROMA XIV	3	A	3	0
ROMA XX	ROMA XV	3	A	3	0
ROMA XX Isola Anm.	ROMA XV	3	B	3	0

**Unità amministrative sismiche Comune di Roma ( DGR 387/2009 ) con ridelimitazione dei municipi (DELIBERA COMUNALE 11/2013)**

**Dott. Geol. Carlo Rosa**

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale viene suddiviso, quindi, in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima su un suolo di categoria A). I valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono riportate di seguito:

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI ( $a_g$ )
<b>1</b>		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
	<b>A</b>	$0.20 \leq a_g < 0.25$
<b>2</b>	<b>B</b>	$0.15 \leq a_g < 0.20$
	<b>A</b>	$0.10 \leq a_g < 0.15$
<b>3</b>	<b>B</b>	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

In conclusione, l'area in esame rientra nella zona sismica 3 sottozona A per cui si valuta una accelerazione  $a_g$  compresa fra 0,10 e 0,15.

Per quanto riguarda la DGR n. 724 del 20 ottobre 2020, essendo Le Terme di Diocleziano in qualità di Museo pubblico in **Classe d'Uso III**, il livello di vulnerabilità dell'opera deve considerarsi **Medio** trovandoci in zona sismica **3a**.

		PERICOLOSITA'				
		Zona Sismica				
PROGETTI		1	2a	2b	3a	3b
classi d'uso I e II		MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
classe d'uso III		ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
classe d'uso IV		ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

Fig. 27 – Livelli di vulnerabilità dell'Opera in relazione a Classe d'Uso e Zona Sismica

<p><b>Livello di Rischio Sismico</b> <b>MEDIO</b></p>	<p><b>TERRENI</b></p> <p>a) Almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU) , dinamica, (DPSH) o dilatometriche DMT, oppure, almeno 2 Prove Penetrometriche statiche (CPT, CPTE, CPTU) o dinamiche (DPSH), che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.</p> <p>b) <b>In sostituzione delle prove di cui alla lett. a) che precede, solo per le classi III e IV:</b> almeno 1 Sondaggio Geognostico con Prove SPT in foro più 1 Prova Penetrometrica statica (CPT, CPTE, CPTU), <b>dinamica (DPSH) o dilatometriche DMT</b>, che consentano di definire le caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche dei terreni coesivi e granulari costituenti il volume significativo fondazionale.</p> <p>c) Nel caso di esecuzione del Sondaggio Geognostico: <b>prelievo di campioni quando la litologia consente un campionamento indisturbato o almeno significativo</b>, del terreno fondazionale da sottoporre a <b>Prove Geotecniche</b> di laboratorio, certificate ai sensi dell'articolo 59 del DPR 380/2001, per la definizione delle <b>caratteristiche fisico-meccaniche e dinamiche</b> (Prova di Taglio Diretta, Prova Edometrica, <b>Prova Triassiale</b>, Prova di Taglio Ciclico, Colonna Risonante, ecc.);</p> <p>d) Almeno <b>2 Prova Sismiche in sito attive</b> (MASW, SASW, MFT, FTAN, ecc.) o <b>passive</b> (REMI, SPAC, ESAC, f-k, MAAM, ecc.), possibilmente perpendicolari tra di loro per la definizione del profilo di velocità dell'onda S.</p> <p>e) Almeno <b>1 Acquisizione di Microtremore Sismico</b> a stazione singola (HVSR), per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;</p> <p>f) Almeno una prova sismica diretta in foro (DH, CH, SDMT) eseguita fino alla profondità pari al raggiungimento del bedrock sismico o comunque fino alla profondità di almeno 30 metri i, in tutti i casi in cui dovrà essere eseguito uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL) per le classi d'uso III e IV.</p> <p>g) Analisi della <b>Risposta Sismica Locale</b>, per tutte le classi d'uso III e IV come previsto dalla DGR 493/19 ed in tutti i casi in cui (es. inversioni di velocità, bruschi passaggi di rigidità, ecc.) il sottosuolo non è classificabile nelle categorie di cui alla Tabella 3.2.11 delle NTC'18, eseguita tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• codice di calcolo <b>1D</b> unicamente per sottosuoli costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica piana;</li> <li>• codice di calcolo <b>2D</b> da eseguire per sottosuoli non costituiti da strati orizzontali continui e superficie topografica non pianeggiante.</li> </ul>
---	---

Fig. 28 – Prove minime da effettuarsi per livello di Vulnerabilità Basso in base alla DGR n. 724 del 20 ottobre 2020.

***Classificazione dei suoli in base alla VS30***

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  è possibile determinare una velocità equivalente rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo della  $V_s$  equivalente viene eseguito utilizzando la seguente formula:

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

dove:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato

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

- $N$  numero di strati

- $H$  profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiori a 800 m/sec.

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente  $V_s$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità o entro profondità inferiori nel caso si sia in presenza di un substrato sismico ( $v_s > 800$  m/sec) a profondità inferiori di 30 m. Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie A,B,C,D ed E eliminando le categorie S1 ed S2 prevedendo che nei casi in cui le condizioni di sottosuolo non siano classificabili nelle categorie A, B, C, D ed E è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Classificazione del tipo di suolo secondo le Nuove NORME tecniche sulle costruzioni NTC 17/01/2018		
Suolo	Descrizione geotecnica	V <sub>s30</sub> (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori ad 800 m/sec eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessori massimo pari a 3 m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 e 800 m/sec.	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/sec	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 100 e 180 m/sec	100÷180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

La elaborazione dei risultati della prospezione sismica Masw, eseguita nel giardino delle Terme di Diocleziano, ha consentito di ricostruire l'andamento in profondità delle Vs e di valutare il valore di Vs30 = 299 m/s che fa ricadere l'area nella categoria di suolo "C" ai sensi delle NTC 2008 ed anche delle NTC del 2018 (vedi allegati MASW). Si escludono inoltre, in base ai dati acquisiti, fenomeni di liquefazione del terreno ai sensi del paragrafo 8.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

### Coefficiente topografico

La normativa prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

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

Le su descritte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste e dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza superiore a 30 m.

**Dott. Geol. Carlo Rosa**

Per l'area in esame si riconosce una categoria topografica T1 tipica di un ambiente a morfologia sub pianeggiante come quello in esame.

In funzione di una categoria topografica T1 ed utilizzando le tabelle del NTC si valuta un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  uguale ad 1.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

### *Microzonazione sismica di I Livello*

Il territorio dell'ex I Municipio è stato sottoposto ad uno studio di microzonazione sismica di I livello eseguito dal CNR- IGAG e validato dalla Regione Lazio.

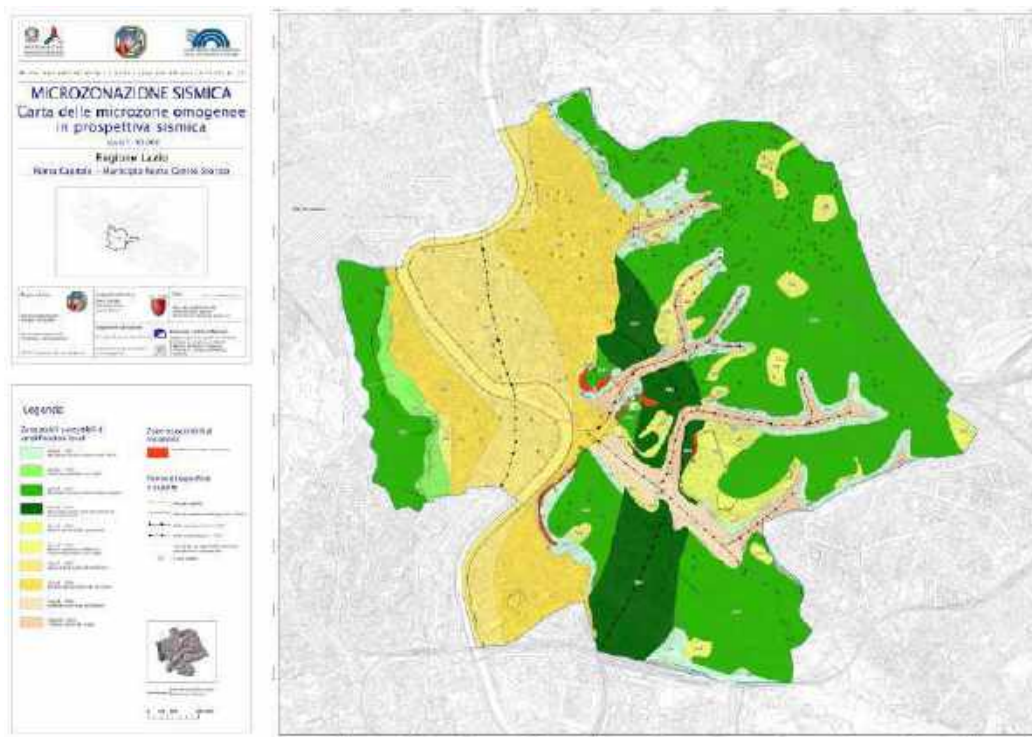
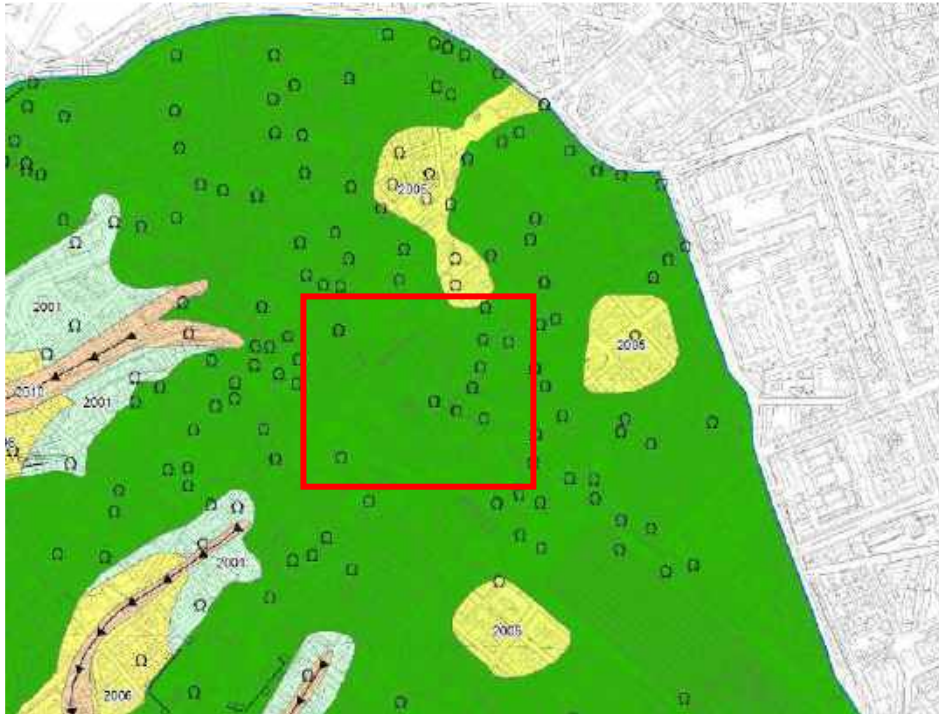


Fig. 29 – Carta di Microzonazione sismica di I livello per il I Municipio di Roma

**Dott. Geol. Carlo Rosa**

Tale studio classifica l'area in esame come area stabile ma suscettibile di amplificazione sismica locale (Zona 3 – 2003 Multilayer vulcano-sedimentario completo, in verde medio nella carta di fig 29 e 30).

Di seguito si allega uno stralcio della carta di amplificazione sismica con un estratto della legenda originaria.



*Fig. 30 – Carta di Microzonazione sismica di I livello per il I Municipio (particolare)*



Fig. 31 - Legenda della Carta di Microzonazione sismica di I Livello del I Municipio

### Riepilogo caratterizzazione sismica del sito e dei suoli

- Regione Lazio
- Comune di riferimento: Roma – Municipio I
- Classe sismica 3 sottozona A
- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Coefficiente di amplificazione topografica: 1
- Rischio Sismico: medio (in base alla classe d'uso e della zona sismica)
- Microzonazione sismica di I livello: Area stabile ma suscettibile di amplificazione sismica locale.

Nell' Allegato C del R.R. n.7/21 si stabilisce che per le opere in classe d'uso III e IV, così come definite dalla **DGR n. 493 del 23/07/2019** e successive modifiche, è

## **Dott. Geol. Carlo Rosa**

obbligatoria l'analisi di Risposta Sismica Locale, fatte salve le deroghe previste dalla medesima DGR.

La DGR Lazio n.493 del 23/07/2019 delibera al punto 3. “di prevedere la possibilità di ovviare allo studio di RSL per le opere di Classe d'uso III, eccetto le Strutture per l'Istruzione, laddove dalle indagini di cui all'Allegato C del regolamento regionale n.14/2016 scaturiscano indicazioni tecniche **evidenti e inconfutabili** dell'appartenenza del sottosuolo a una delle Categorie di sottosuolo di fondazione indicate nella Tabella 3.2.II del DM. 17.01.2018, utilizzando in questi casi l'approccio semplificato previsto dallo stesso DM.”

Per il motivo sopraelencato, avendo appurato in modo evidente dalle indagini sismiche (MASW e HVSR) che la Categoria del sottosuolo di fondazione appartenga alla classe C, per la progettazione delle opere si utilizzerà il previsto approccio semplificato.

### **Cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – P.A.I. di cui alla Legge 183/89 e D. L. 180/98**

Il piano di assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Tevere ha evidenziato che l'area in esame non ricade fra quelle censite a rischio geomorfologico e neanche fra quelle interessate da rischio idrogeologico.

Di seguito si riportano due stralci del suddetto PAI.

In figura 32 è presentata la Tav. 42 del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico – P.A.I. di cui alla Legge 183/89 e D.L. 180/98. In figura 33 è presentato il particolare della Tav. 42 relativo al settore delle Terme di Diocleziano.

In figura 34 è presentata la Tav 22 del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico con l'Inventario dei fenomeni franosi e le situazioni di Rischio da Frana per il settore del Colosseo ed in figura 35 il particolare della Tav. 22 per il settore delle Terme di Diocleziano.

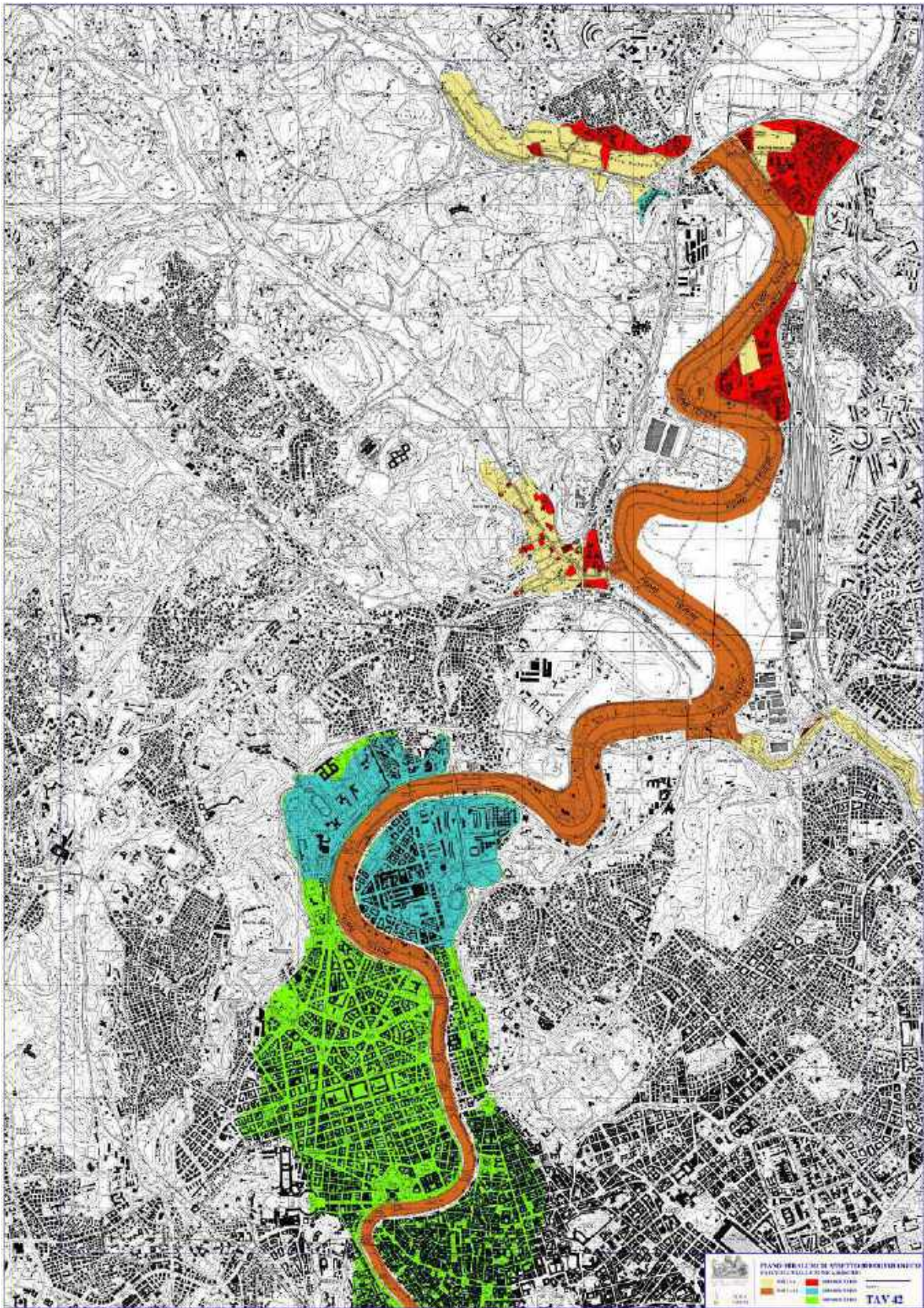


Fig. 32 – Tav 42 del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico con le Fasce Fluviali e Zone a Rischio per il settore delle Terme di Diocleziano. Da Autorità di Bacino del

*Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale (ex Autorità di Bacino Fiume Tevere).*

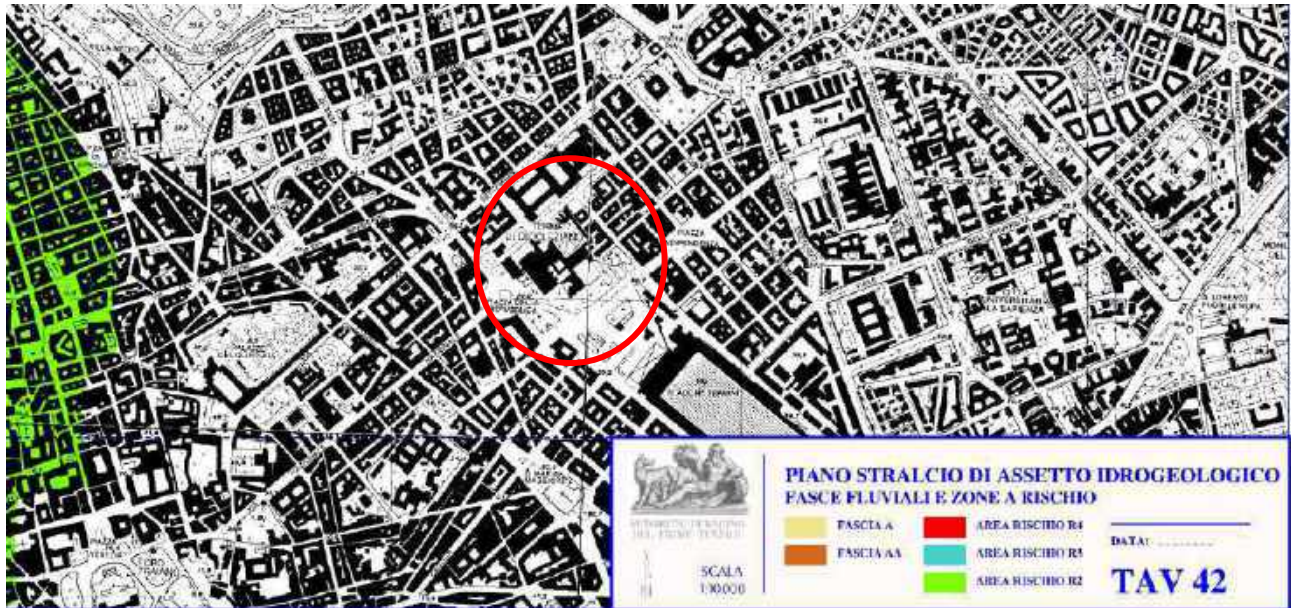


Fig. 33 – Particolare della Tav. 42 del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico con le Fasce Fluviali e Zone a Rischio per il settore delle Terme di Diocleziano. Da Autorità di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale (ex Autorità di Bacino Fiume Tevere). Il cerchio rosso indica l'area in esame.

Il piano di assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Tevere ha evidenziato che l'area in esame non ricade fra quelle censite a rischio idrogeologico esondativo.

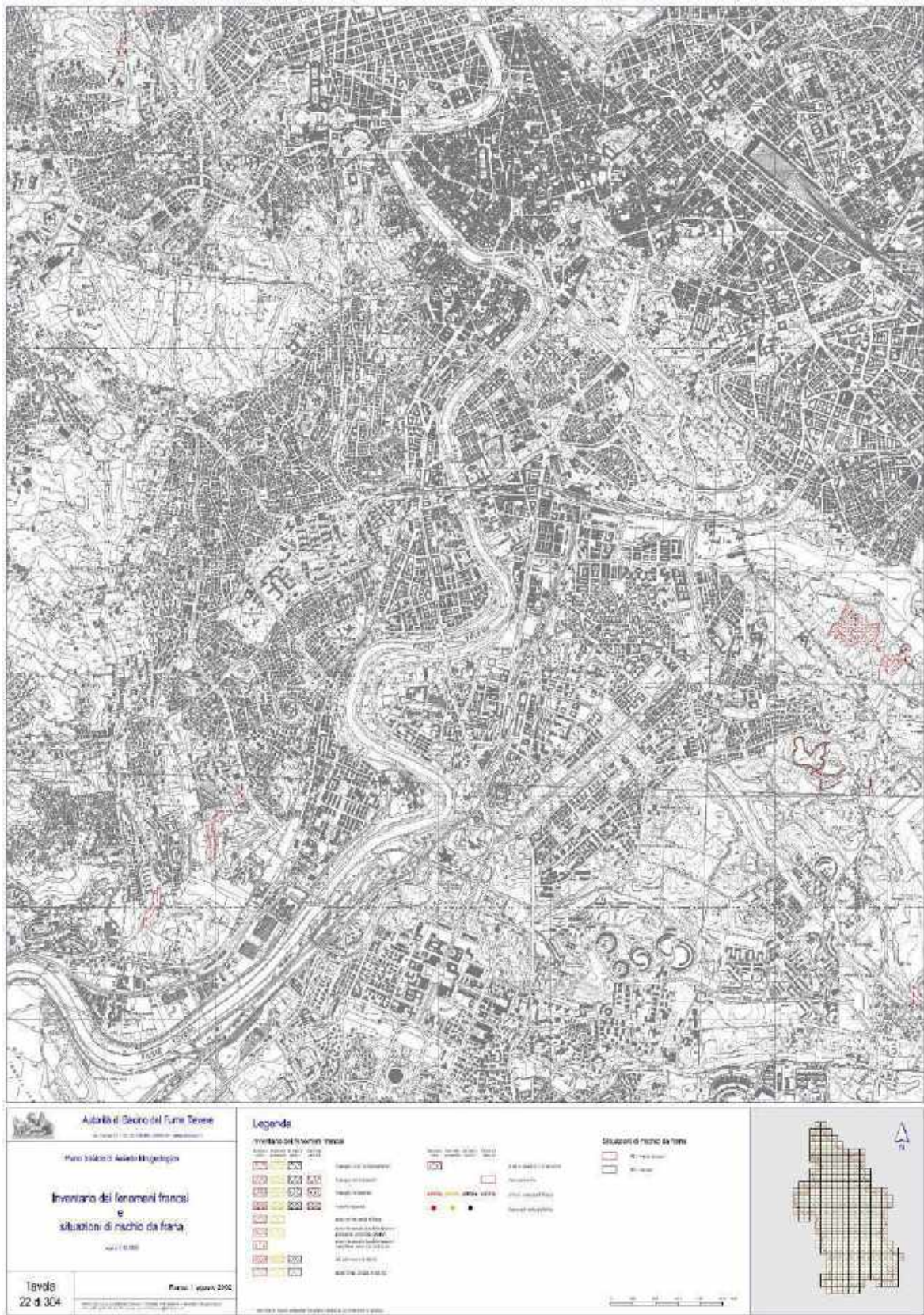
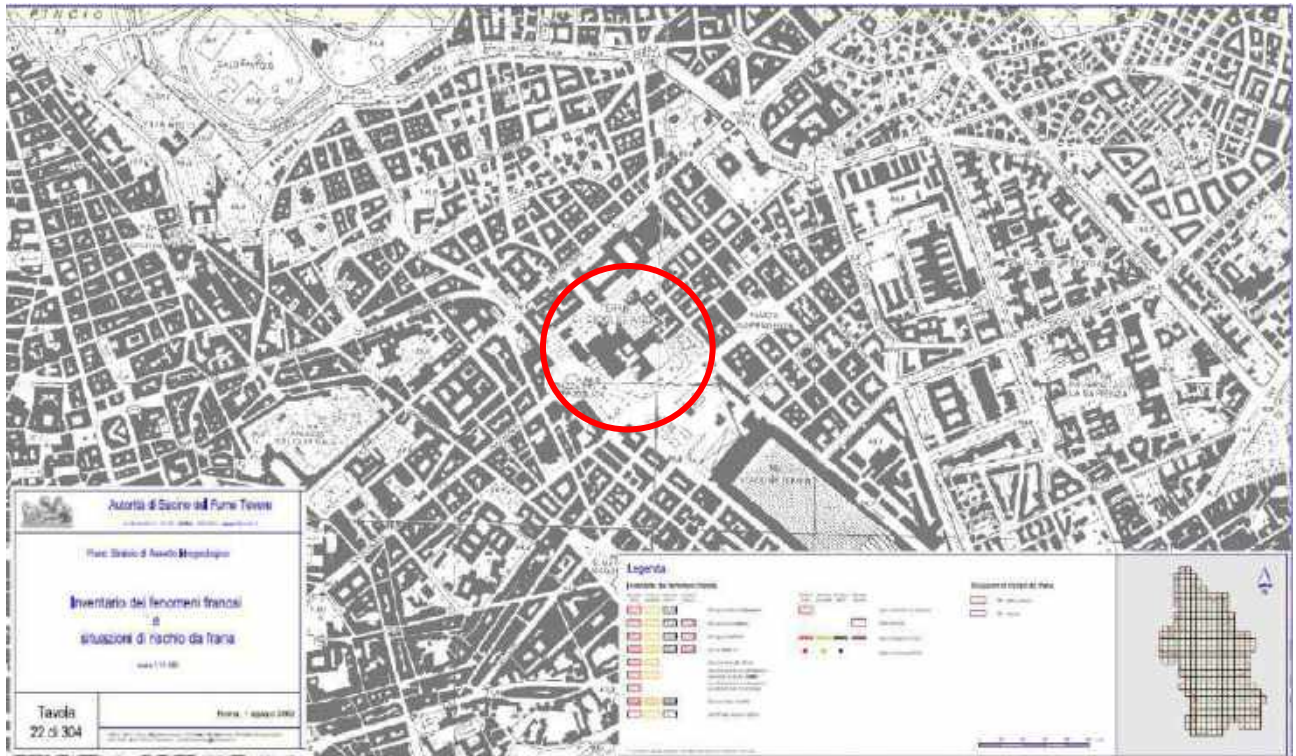


Fig. 34 – Tav 22 del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico con l'Inventario dei fenomeni franosi e le situazioni di Rischio da Frana. Da Autorità di Bacino del Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale (ex Autorità di Bacino Fiume Tevere).



*Fig. 35 – Particolare della Tav 22 del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico con l’Inventario dei fenomeni franosi e le situazioni di Rischio da Frana per il settore delle Terme di Diocleziano. Da Autorità di Bacino del Distretto Idrografico dell’Appennino Centrale (ex Autorità di Bacino Fiume Tevere). Il cerchio rosso indica l’area in esame.*

Per l’area in esame la tavola del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico con l’inventario dei fenomeni franosi e situazioni a rischio di frana non prevede rischio di frana nè fenomeni franosi in atto.

## **Conclusioni**

Questa relazione è stata redatta su incarico del Museo Nazionale Romano.

Il presente studio tiene conto dei dettami delle DGR Lazio n.26/2020 e 07/2021 e del relativo allegato C. Considerando che il territorio del I Municipio ricade nella categoria sismica 3A, che l'opera da realizzare appartiene alla classe d'uso III (NTC 2018 e DGRL n. 489/2012), con **rischio sismico medio** in base alla tabella del rischio sismico presente nell'Allegato C del DGR Lazio n.26/2020 e 07/2021, si è fatto riferimento alle seguenti indagini effettuate negli anni 2010-2013-2015, allegate fuori testo alla presente relazione:

- **n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (SG1, SG4)** con prelievo di 2 + 3 campioni indisturbati, spinti fino a profondità rispettivamente di 50 metri (SG1) e 45 metri (SG4) dal piano campagna;
- **n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (SG2, SG3)**, spinti fino ad una profondità dal piano campagna rispettivamente di 20 metri (SG2) e 10 metri (SG3);
- **n. 1 Profilo MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), finalizzato alla verifica locale delle Vs30 e relativa Categoria di Suolo di Fondazione del sottosuolo investigato; essendo la geologia del settore non variabile nelle 4 direzioni si è ritenuto sufficiente 1 solo profilo MASW;
- **n. 1 acquisizione di microtremore sismico** a stazione singola (**HVSR**) per la definizione della frequenza di risonanza del terreno;
- **Prove Geotecniche di Laboratorio su 5 campioni indisturbati**, prelevati durante la esecuzione dei sondaggi geognostici SG1 (2 campioni) ed SG4 (3 campioni) mediante un campionatore di tipo Shelby;

**Dal punto di vista morfologico** l'area in esame è situata sulla cima subpianeggiante di una zona collinare di quote variabili tra 50 e 60 metri s.l.m. a parte il settore delle Terme di Diocleziano il cui piano di calpestio originario, ripristinato dopo gli scavi si trova intorno ai 53 metri s.l.m.

**Il piano di assetto idrogeologico (PAI)** del bacino del fiume Tevere ha evidenziato che l'area in esame non ricade fra quelle censite a rischio geomorfologico e non ricade fra quelle interessate da rischio idrogeologico esondativo.

**Dal punto di vista idrogeologico** le Terme di Diocleziano si trovano in presenza di un livello piezometrico della circolazione idrica libera, contenuta nelle piroclastiti e localmente nei terreni permeabili non piroclastici, che si trova al di sopra dei 40 metri s.l.m. ed un livello piezometrico della circolazione idrica in pressione contenuta nelle ghiaie di base della Formazione di Santa Cecilia che si trova alle Terme tra i 15 ed i 20 metri s.l.m.. A testimoniare il livello della falda acquifera nell'area delle Terme di Diocleziano è un Pozzo per acqua ubicato all'interno dell'area delle Terme con quota statica della falda a 41,70 metri s.l.m.

Per quanto riguarda la interazione delle opere da eseguirsi con la falda idrica, essendo la quota prevista di fondo galleria per il sottopassaggio a SO nella zona olearie a 48,32 metri s.l.m., siamo in sicurezza, cioè **6,62 metri al di sopra della falda acquifera.**

**Dal punto di vista sismico** si riepilogano i seguenti parametri di riferimento per l'area in esame:

- Regione Lazio
- Comune di riferimento: Roma – Municipio I
- Classe sismica 3 sottozona A
- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Coefficiente di amplificazione topografica: 1
- Rischio Sismico: medio (in base alla classe d'uso e della zona sismica)

## Dott. Geol. Carlo Rosa

- Microzonazione sismica di I livello: Area stabile ma suscettibile di amplificazione sismica locale.

Si escludono inoltre, in base ai dati acquisiti, fenomeni di liquefazione del terreno ai sensi del paragrafo 8.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

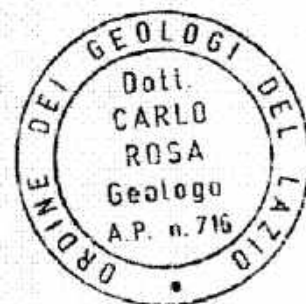
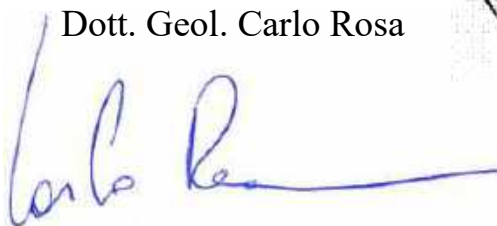
Nell' Allegato C del R.R. n.7/21 si stabilisce che per le opere in classe d'uso III e IV, così come definite dalla **DGR n. 493 del 23/07/2019 e successive modifiche**, è obbligatoria l'analisi di Risposta Sismica Locale, fatte salve le deroghe previste dalla medesima DGR.

La DGR Lazio n.493 del 23/07/2019 delibera al punto 3. "di prevedere la possibilità di ovviare allo studio di RSL per le opere di Classe d'uso III, eccetto le Strutture per l'Istruzione, laddove dalle indagini di cui all'Allegato C del regolamento regionale n.14/2016 scaturiscano indicazioni tecniche **evidenti e inconfutabili** dell'appartenenza del sottosuolo a una delle Categorie di sottosuolo di fondazione indicate nella Tabella 3.2.II del DM. 17.01.2018, utilizzando in questi casi l'approccio semplificato previsto dallo stesso DM."

Per il motivo sopraelencato, avendo appurato in modo evidente dalle indagini sismiche (MASW e HVSR) che la Categoria del sottosuolo di fondazione appartenga alla classe C, per la progettazione delle opere si utilizzerà il previsto approccio semplificato.

Settembre 2022

Dott. Geol. Carlo Rosa



**Riferimenti Bibliografici**

- Barbera Mariarosaria e Paris Rita (catalogo a cura di) (1996) – *Antiche Stanze. Un quartiere della Roma imperiale nella zona di Termini*. Mostra tenutasi al Museo Nazionale Romano, Terme di Diocleziano, dal Dicembre 1996 al Giugno 1997, Soprintendenza Archeologica di Roma. Editoriale Giorgio Mondadori, Milano.
- Barbera Mariarosaria e Magnani Cianetti Marina (a cura di) (2008) – *Archeologia a Roma Termini. Le Mura Serviane e l'area della Stazione: scoperte, distruzioni e restauri*. Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Roma. Electa, Milano.
- Canevari, R., 1875. *Notizie sulle fondazioni dell'edificio per il Ministero delle Finanze in Roma*. Atti R. Acc. Lincei, 2, Roma.
- Cattalini Doriana (1986) – *Acqua Marcia. In: Il Trionfo dell'Acqua. Acque e Acquedotti a Roma. IV sec. a. C. – XX sec.* . Comune di Roma, Assessorato alla Cultura - I.S.W.A. – A.C.E.A. Catalogo della Mostra tenutasi al Museo della Civiltà Romana, Roma dal 31 ottobre 1986 al 15 gennaio 1997. Paleani Editrice, Roma, pp 42-52.
- Corazza Angelo & Lombardi Leonardo (1995) – *Idrogeologia dell'area del Centro storico di Roma*. In (Funicello ed.): *La Geologia di Roma. Il Centro Storico. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, L*, pp. 179-211.
- De Filippis, M. (1996) – *Scavi nella Villa Montalto Negroni Massimo*. In: “*Antiche Stanze. Un quartiere della Roma imperiale nella zona di Termini*”. Mostra tenutasi al Museo Nazionale Romano, Terme di Diocleziano, dal Dicembre 1996 al Giugno 1997, Soprintendenza Archeologica di Roma. Editoriale Giorgio Mondadori, Milano, pp. 14-28.
- Funicello, R., Giordano G. e Mattei, M. (2008) - *Carta Geologica del Comune di Roma*. S.E.L.C.A., Firenze.
- Funicello, R. e Giordano, G. (2008) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 374 Roma*, APAT- Servizio Geologico d'Italia.
- Funicello, R. e Giordano, G. (2008) - *La nuova carta geologica di Roma: litostratigrafia e organizzazione stratigrafica*. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, LXXX, 39-85.

## **Dott. Geol. Carlo Rosa**

- Karner, D.B., Marra, F. and Renne, P.R., 2001. The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome. *J.Volcanol. Geotherm. Res.*, 107: 185-219.
- Lanciani Rodolfo (1881) – Topografia di Roma antica. I comentarii di Frontino intorno le acque e gli acquedotti. Silloge epigrafica acquaria. Memorie della Regia Accademia dei Lincei, Serie III, volume IV, Classe di scienze Morali. Nuova edizione in ristampa anastatica, “Le Acque e gli Acquedotti di Roma Antica” del 1975, Edizioni Quasar, Roma
- La Vigna F., Mazza R. (2015) - Carta Idrogeologica di Roma.
- Ligorio Pirro – Le antichità di Roma
- Ventriglia, Ugo (1971) - La geologia della città di Roma. Amministrazione Provinciale Roma. Roma.
- Ventriglia, Ugo (2002) - Geologia del territorio del Comune di Roma. Provincia di Roma. Roma.
- Verri, Antonio (1915) - Carta Geologica di Roma alla scala 1:15.000. Novara.

**ALLEGATO 1 - Relazione MASW e HVSR**

# COMUNE DI ROMA

SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA

Museo Nazionale Romano

Terme di Diocleziano

LAVORI DI CONSOLIDAMENTO RESTAURO E ADEGUAMENTO  
DELLE AULE IX-VIII E DEL PROSPETTO DELLA NATATIO



**RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOFISICHE**  
Maggio 2013

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. INDAGINE GEOFISICA DEL TIPO MASW.....</b>	<b>4</b>
<u>2.1 Modalità operative</u> .....	4
<u>2.2 Strumentazione utilizzata</u> .....	4
<b>3. SISMICA PASSIVA TIPO HVSR.....</b>	<b>6</b>
<b>4. CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI IN TERMINI DI VS30 .....</b>	<b>7</b>
<b>5. RISULTATI E ANALISI .....</b>	<b>8</b>
<u>MASW</u> .....	8
<u>HVSR</u> .....	9
<b>APPENDICE A – METODOLOGIA MASW.....</b>	<b>10</b>
– <u>Principi generali</u> .....	10
– <u>Elaborazione per confronto tra modellazione diretta e misure HVSR</u> .....	12
<b>APPENDICE B – IL RUMORE SISMICO AMBIENTALE.....</b>	<b>14</b>
<b>APPENDICE C – DESCRIZIONE DEL METODO HVSR .....</b>	<b>15</b>

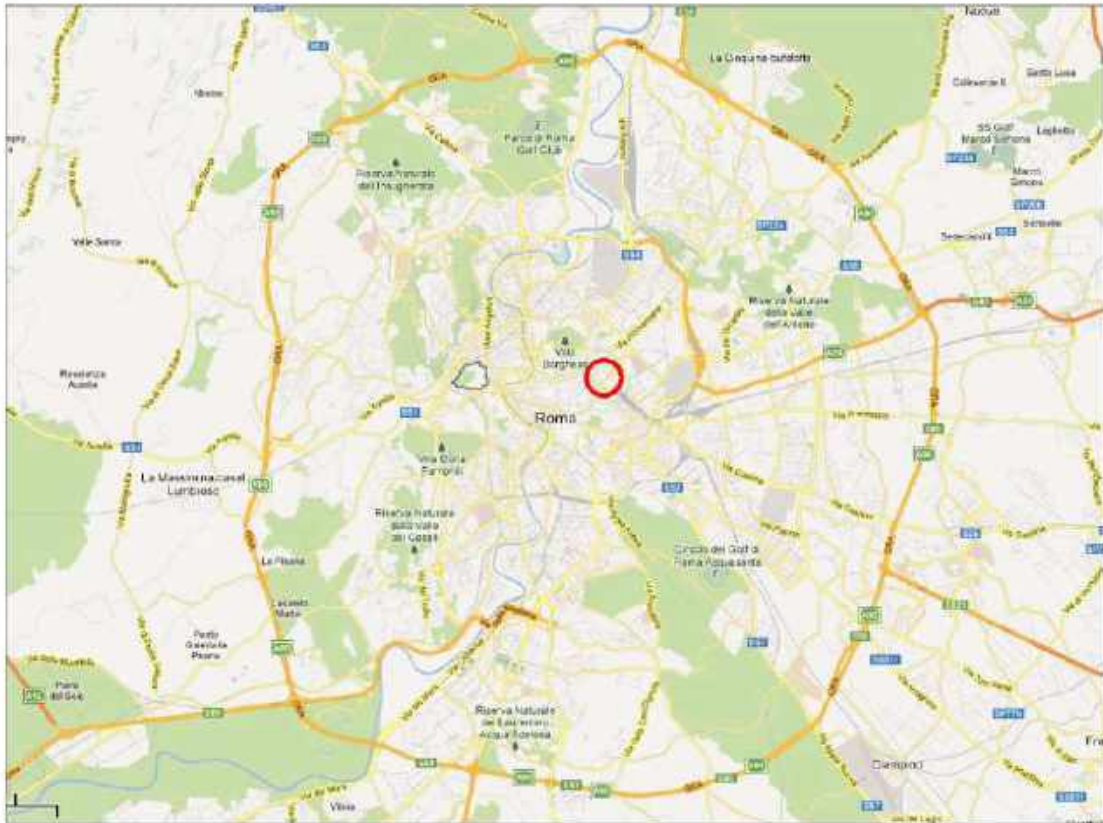
## ALLEGATI IN TESTO

- Allegato 1:** Ubicazione generale area d'indagine ed indagine geofisica  
**Allegato 2:** Elaborato della prova sismica MASW  
**Allegato 3:** Elaborato della prova HVSR

## 1. PREMESSA

Nell'ambito dei "Lavori di consolidamento, restauro e adeguamento delle Aule IX-VIII e del prospetto della Natatio" presso le Terme di Diocleziano sono state eseguite delle indagini geofisiche per la caratterizzazione sismica dei terreni in termini di Vs30 e per individuare la frequenza di sito.

Le indagini geofisiche eseguite per rispondere alla normativa nazionale per le costruzioni (NTC 08 del 14 gennaio 2008) e a quella regionale in materia di autorizzazione antisismica consistono in una prova MASW e una misura HVSR.



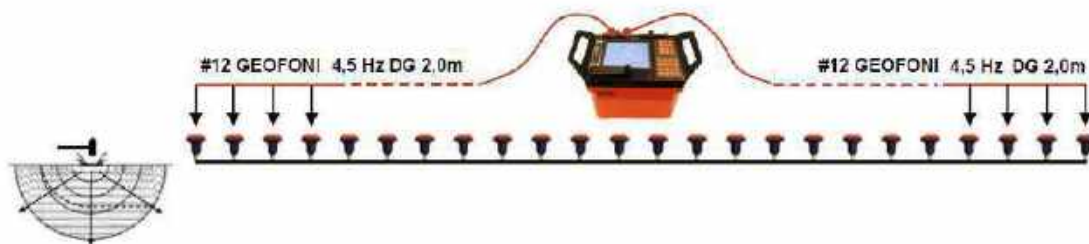
Ubicazione generale dell'area

## 2. INDAGINE GEOFISICA DEL TIPO MASW

La metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) si basa sull'analisi delle onde superficiali generate da una sorgente sismica artificiale di tipo meccanico. L'utilità di queste onde (Rayleigh e Love) nella geofisica applicata sta nella correlazione diretta con le onde S attraverso il seguente rapporto:  $V_{\text{onde di taglio}} = 1,1 * V_{\text{onde superficiali}}$ .

### 2.1 Modalità operative

Per l'esecuzione della prova MASW è stato realizzato un allineamento sismico formato da una successione rettilinea di 24 geofoni verticali a 4,5 Hz, interdistanziati di 2 metri con un offset minimo di 10 metri. L'intervallo di campionamento utilizzato è stato di 1ms, con numero di campioni (number of samples) di 1024 e 2048.



### 2.2 Strumentazione utilizzata

- Sismografo digitale "ABEM Instrument AB" modello Terraloc MK8 a 24 canali dotato di:

- visualizzazione delle tracce su display 8,4" TFT LCD attivo;
- registrazione ad incremento di segnale (stacking);
- funzione di monitoring dei disturbi;
- dispositivi di filtraggio selettivo;
- ritardo di acquisizione preselezionabile;
- zoom delle tracce video;
- computer interno Low power AMD LX800 500 MHz/1 GB RAM (OS Windows XP) con software di acquisizione SeisTW;
- interfaccia USB 2.0 per lo scaricamento dei dati;
- convertitore A/D 21Bits;
- Intervallo minimo di campionamento 25 $\mu$ s
- massimo numero di campioni 16392.



➤ 24 Geofoni verticali a 4,5 Hertz **"SUNFULL"**

I geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile consentono di convertire in segnali elettrici gli spostamenti che si verificano nel terreno.

Quelli con frequenza caratteristica di 4,5 Hz sono particolarmente adatti per i metodi che si basano sulle onde superficiali (MASW – REMI) perché ampliano lo spettro di frequenza verso il basso e consentono quindi profondità di indagine maggiori



➤ 2 Cavi sismici

Cavi multipolari schermati ed armati in Kevlar aventi una lunghezza di 137,5 m ciascuno.

➤ Sorgenti sismiche

Massa battente da 6Kg e piastra di alluminio

➤ Funzione time-break

Questa funzione è assolta da un circuito a chiusura di contatto.

➤ Software per l'elaborazione

L'elaborazione dei dati sismici è stata eseguita con software dedicato "WinMasw Ver 5.1 Pro" della Eliosoft.

### 3. SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

Le onde superficiali contenute nei microtremori ambientali sono costituite da onde di Love e di Rayleigh, le cui velocità dipendono esclusivamente dalle proprietà sismiche del sottosuolo. La metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), detta anche Metodo di Nakamura si basa sulla misura dei rapporti fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale dei microtremori ambientali e sull'individuazione di massimi in frequenza della funzione H/V così ottenuta.

Le misure sono eseguite con una terna di sensori velocimetrici ad alta sensibilità, con frequenza naturale pari a 2 Hz, alloggiati in un box di alluminio dotato di 3 piedini regolabili per la livellazione in bolla del geofono.

Per l'indagine è stata utilizzata la strumentazione, di seguito raffigurata, prodotta dalla azienda SARA Electronics Instruments S.r.l. di Perugia ([www.sara.pg.it](http://www.sara.pg.it)).



Di seguito si riporta la scheda tecnica con le specifiche del sensore:

- ⚡ Numero canali: 3
- ⚡ Configurazione: Z,X,Y (Z verticale, X nord-sud, Y est-ovest)
- ⚡ Non ortogonalità: < 0.01%
- ⚡ Livellamento: manuale tramite manopole con serraggio
- ⚡ Frequenza naturale: 2.0Hz (+/-5%)
- ⚡ Banda utilizzabile: 0.1-250Hz
- ⚡ Damping: 0.65
- ⚡ Massa inerziale: 25 g
- ⚡ Sensibilità nominale: 60 V/m/s
- ⚡ Tilt massimo: Verticale:7°
- ⚡ Orizzontale: 0.5°
- ⚡ Movimento massa: 0.5mm
- ⚡ Dimensioni: 190x180x90mm
- ⚡ Peso: 2500g
- ⚡ Lunghezza cavo: standard 3 metri
- ⚡ Connettore: Cannon JC series 10 poli
- ⚡ Certificazioni: CE (EN55022, EN55011)

Per l'acquisizione e il trattamento dei dati vengono utilizzati i software Seismo-log e Seismo-Survey, del pacchetto Seismowin prodotto dalla SARA Electronics, la successiva interpretazione è condotta con il programma WinMASW ver. 5.1 Academy della Eliosoft ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

La registrazione è durata 30 minuti nei quali il disturbo di tipo antropico (transienti) è apparso trascurabile e comunque in fase di elaborazione è stato completamente rimosso.

Sulla curva HVSR è stata agevolmente individuata la frequenza principale del sito che è evidenziata nell'elaborato allegato.

#### **4. CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI IN TERMINI DI Vs30**

La nuova normativa sismica italiana e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità è possibile determinare una velocità equivalente Vs30 rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito come suolo di tipo A, B, C, D, E, S1, S2 secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo viene sviluppato utilizzando la stratigrafia Vs e la seguente formula:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Si riporta la tabella contenuta nelle NTC2008 relativa allo schema di classificazione dei siti.

Classificazione del tipo di suolo secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC 14/01/2008		
Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30 (m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360+800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180-360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180
E	Terreni dei sottosuoli tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs>800 m/s)	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	<100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, <b>o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti</b>	

## 5.RISULTATI E ANALISI

### MASW

E' stata condotta una elaborazione delle onde di fase ottimizzandola con l'interpretazione congiunta della prova HVSR.

Gli elaborati della prova MASW sono assemblati in 2 pagine; la prima mostra 6 immagini, ordinate secondo il processo di elaborazione, che rappresentano il sismogramma acquisito sperimentalmente, lo spettro di dispersione  $f_v$  estratto dal sismogramma, la modellazione diretta, il modello interpretativo rappresentato dal grafico profondità-velocità  $V_s$ , lo spettro ed il sismogramma sintetico; nella seconda pagina, oltre alla versione sismostratigrafica del modello interpretativo del sottosuolo, viene riproposto il grafico velocità-profondità elaborato con l'analisi congiunta MASW-HVSR e le relative curve H/V-frequenza nonché una foto della fase di cantiere.

La tabella in basso riporta lo schema di misura della MASW.

PARAMETRI TECNICI					
Prova	Lunghezza	Geofoni 4,5 Hz	Interdistanza geofoni	Energizzazione meccanica	Data esecuzione
MASW TDI-M	46m	24	2,0m	Massa battente	Maggio 2013

Il modello sismostratigrafico ottenuto dall'elaborazione delle onde di fase è schematizzato nella seguente tabella:

MASW TDI-M TABELLA DEL MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO				
Prof. (m)			$\Delta H$ (m)	$V_s$ (m/s)
da	÷	a		
0,0	+	8,4	8,4	200,0
8,4	+	44,4	36,0	370,0
44,4	+	---	---	800,0

L'elaborazione mostra un modello sismostratigrafico a 3 strati sismici con il terzo oltre i 30 metri dal piano campagna.

Per le finalità della prova che è la determinazione della  $V_{s30}$  gli strati interessati sono i primi due con  $V_s$  rispettivamente di 200 m/s e 370 m/s.

Applicando la formula della  $V_{s30}$ , indicata al paragrafo 4, si ottiene un valore di 299 m/s. Posto che le  $V_s$  aumentano con la profondità e quindi migliorano le proprietà meccaniche, si può attribuire al sottosuolo di fondazione la categoria C.

Di seguito vengono riassunte la Categoria di sottosuolo e la  $V_{s30}$  riferite al piano campagna.

Vs30 E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO		
MASW	$V_{s30}$ m/s	Categoria di sottosuolo
TDI-M	299	C

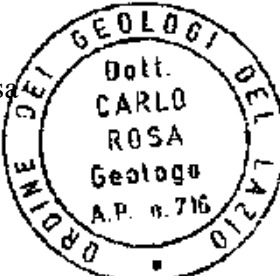
### HVSR

La curva **HVSR** ha evidenziato la presenza di un **picco a 51,1 Hz**, con un rapporto spettrale H/V pari a 3,4. A questa frequenza si osserva sul relativo diagramma una buona persistenza e simmetria.

30 maggio 2013

9

Dott. Geol. Carlo Rosa



## APPENDICE A – metodologia MASW

### – Principi generali

La metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves - Analisi multicanale delle onde superficiali) si basa sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh e Love che vengono generate da una sorgente sismica applicata ortogonalmente o trasversalmente alla superficie del terreno; queste onde vengono rilevate da geofoni verticali od orizzontali, distribuiti su di un allineamento della lunghezza di qualche decina di metri in modo da mantenere costante a loro interdistanza.

La strumentazione di acquisizione consiste in un sismografo multicanale configurato per registrare un sismogramma con campionamento a un 1 ms, per un tempo che normalmente varia da 0,5 a 2 secondi.

Le onde di Rayleigh si muovono secondo un moto ellittico retrogrado, avente una componente sia verticale che orizzontale.

Le onde di Love si muovono solo sul piano orizzontale con un'oscillazione la cui direzione è perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.

Per generare queste onde nelle prospezioni MASW si usano sorgenti sismiche ad impatto verticale sul terreno (Rayleigh con geofoni verticali per la componente verticale e geofoni orizzontali per la componente orizzontale) e sorgenti con direzione d'impatto parallela al terreno, mediante apparati che creano sollecitazioni orizzontali (Love con geofoni orizzontali orientati secondo la direzione d'oscillazione dell'onda). Ovviamente energizzando nei due suddetti metodi si generano anche onde di corpo (utilizzate generalmente nelle analisi sismiche a rifrazione o riflessione), ma gran parte dell'energia trasmessa genera onde di superficie di tipo Rayleigh.

L'interesse verso le onde superficiali è legato alla loro proprietà dispersiva attraverso la quale si può risalire alle proprietà elastiche dei terreni superficiali e quindi alla velocità delle onde di taglio, con le quali, al livello di grandezza, sono in stretta relazione secondo il rapporto  $V_s = 1,1 * V_{Rayleigh}$  o  $V_{Love}$ .

La propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo è legata alla lunghezza d'onda ed alla frequenza, e queste due proprietà fisiche sono in relazione con la velocità secondo il rapporto:

$$\text{lunghezza d'onda} = \text{velocità/frequenza}; \quad \lambda = v/f$$

In un mezzo perfettamente isotropo le onde superficiali non subirebbero il fenomeno della dispersione ma in natura tale condizione è difficilmente realizzabile in quanto le caratteristiche elastiche del mezzo tendono a cambiare con la profondità

La dispersione delle onde piane è rappresentata nello spettro elastico  $F/V$  o  $F/K$  dove  $F$  è la frequenza dell'onda,  $V$  è la velocità di fase,  $K$  è il numero d'onda cioè il numero di oscillazioni di un'onda nell'unità di lunghezza.

Per un'onda non-dispersiva il numero d'onda è proporzionale alla frequenza.

Entrambi gli spettri rappresentano nel campo delle frequenze le condizioni più energetiche di una perturbazione sismica che è dovuta soprattutto alle onde superficiali.

Su questi spettri elastici la porzione più energetica comprende un ampio intervallo di frequenze che è funzione della profondità: in superficie prevalgono le alte frequenze, mentre le basse sono rappresentative degli strati più profondi.

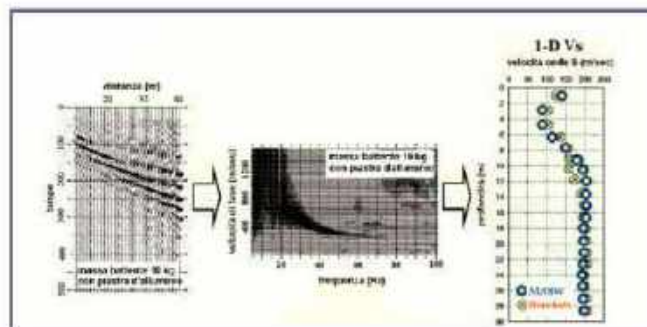
Un situazione non infrequente è quella di trovare nello spettro elastico più campi energetici che rappresentano i modi superiori delle onde in esame, mentre quello considerato rappresentativo per la correlazione delle  $V_s$  è quello fondamentale che si

posiziona più in basso nello spettro.

L'affidabilità dei risultati dall'analisi delle onde Rayleigh e di Love, e la possibilità di rilevarle mediante le prospezioni speditive ed economiche della MASW e del REMI, ha indotto le istituzioni sia a livello di Stato che di Regioni a considerarle un valido strumento per la determinazione delle velocità di Vs nel sottosuolo.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

1. L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
2. la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.



- **Acquisizione delle onde superficiali (ground roll)**

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarli minimizzando il rumore. In alcuni casi è possibile utilizzare anche la tecnica delle acquisizioni in sommatoria, per minimizzare i disturbi.

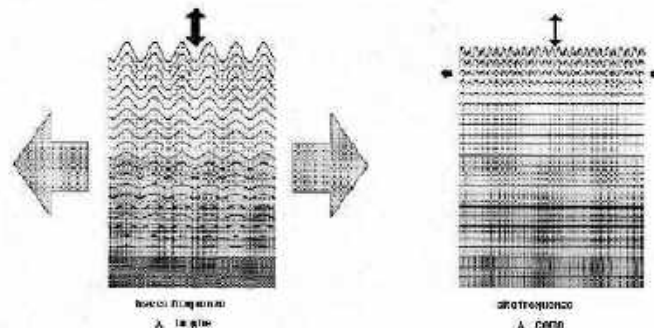
- **Costruzione di una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza)**

Quando si generano le onde superficiali vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde come quelle di volume, quelle superficiali non piane e le riverberate (back scattered) che in questo tipo di analisi rappresentano elementi di disturbo. Inoltre durante una registrazione intervengono altri fattori che rendono difficoltosa l'interpretazione dei dati come il rumore ambientale e quello imputabile all'attività antropica.

Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore analizzando la fase e la frequenza in funzione della distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore presente durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso la tecnica MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo  $V_s$  di inversione.



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

- **Inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$**

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente utilizzando la curva di dispersione ottenuta dai dati sperimentali come riferimento. Due sono le metodologie utilizzate per l'inversione i metodi deterministici che usano la teoria dei minimi quadrati e i metodi euristici che invece si basano sugli algoritmi genetici. Quest'ultimi non richiedono la definizione di un modello di partenza, ma è sufficiente definire un intervallo di valori per ogni parametro all'interno del quale vengono valutate le possibili soluzioni. Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati. Tale modello sarà evidentemente caratterizzato dal minor errore di adattamento che in questo caso è rappresentato dalla deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate.

Valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

- Elaborazione per confronto tra modellazione diretta e misure HVSR

Un metodo di interpretazione relativamente semplice ma "robusto" è costituito dalla modellazione diretta confrontata con i risultati di un rilievo HVSR eseguito in corrispondenza del centro dello stendimento MASW o almeno nelle sue immediate vicinanze (CFR Dal Moro G. "Manuale WinMASW").

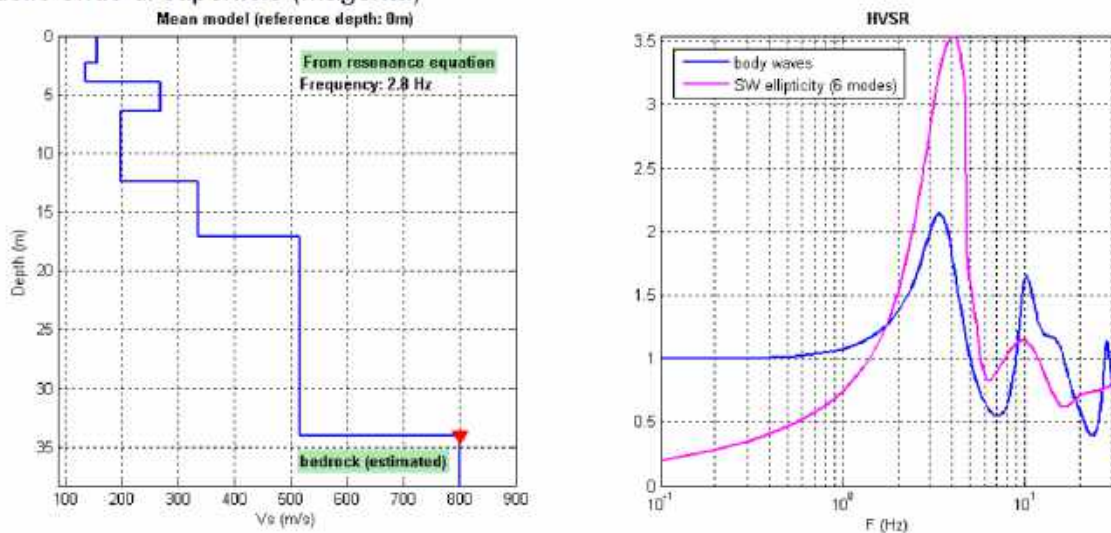
Con la "modellazione diretta" è possibile calcolare le curve di dispersione di un modello fino a un certo numero di strati i cui parametri (Spessore e  $V_s$ ) sono fissati dall'utente.

Lo scopo è ottenere una valutazione di un possibile modello rispetto allo spettro osservato. Nel caso di situazioni geologiche particolari o complesse (cioè dati sismici di ardua interpretazione) questo è un modo di procedere utilissimo e spesso il risultato interpretativo è sufficiente (non essendo poi necessario effettuare l'inversione).

Chiaramente se l'accordo tra il modello identificato in fase di modellazione diretta e lo spettro è già ottimale (nella nostra interpretazione) NON servirà fare alcuna inversione e ci fermeremo al modello identificato.

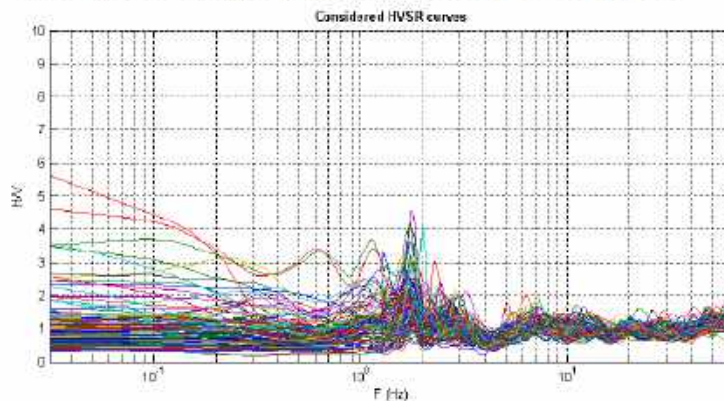
L'approccio suggerito è quindi di analisi congiunta curve di dispersione derivanti da misure MASW (meglio in Rayleigh e Love) + curve H/V, avendo cura di far coincidere il più fedelmente possibile le curve di dispersione del modello con i segnali dello spettro di velocità e fare contestualmente coincidere la frequenza (trattando con non troppa pignoleria e rigore l'ampiezza) del principale picco della curva H/V (quello che tipicamente è legato al più profondo contatto litologico "significativo").

Qui di seguito un esempio di modellazione del rapporto spettrale H/V a partire da un modello di VS (sulla sinistra) secondo la formulazione basata sulle onde di corpo (in blu) e delle onde di superficie (Magenta)



Vi è un'ulteriore ragione (di tutt'altro ordine) per prendere sempre con relativa accuratezza il peso dell'ampiezza.

Le curve H/V che si analizzano sono un valore medio e tipicamente smussato in quanto la serie temporale registrata viene suddivisa in tante finestre di lunghezza stabilita dall'utente; all'interno di ciascuna di queste finestre vengono poi calcolati gli spettri con il relativo rapporto spettrale H/V dai quali infine si ricava il valore medio.



La possibilità di utilizzare questo metodo di elaborazione permette inoltre di superare tutte le incertezze dovute al picking della curva di dispersione, notoriamente fortemente dipendente dall'occhio dell'interprete e da tutte le indeterminazioni connesse ai metodi di inversione per quanto sofisticati essi siano.

#### **APPENDICE B – Il rumore sismico ambientale**

Il rumore sismico ambientale viene prodotto da cause naturali come onde oceaniche, perturbazioni atmosferiche, venti, o da vibrazioni di origine antropica che possono essere rappresentate principalmente da traffico veicolare o da attività industriale.

I microtremori che sono prodotti da fenomeni naturali a grande distanza, sono in genere caratterizzati da frequenze molto basse (<0,5 Hz) e stabili che si compongono principalmente in onde superficiali.

Alle frequenze comprese tra 0,5 e 1 Hz appartengono le vibrazioni indotte da cause naturali a più breve distanza o da alcuni tipi di attività umane; la stabilità è molto minore rispetto alle precedenti ed il contenuto in onde superficiali estremamente variabile.

Le vibrazioni generate localmente a frequenza maggiore di 1 Hz, sono prodotte localmente e sono fortemente instabili in ampiezza e in termini di rapporto di energia tra onde di volume e onde superficiali.

Il rumore ha in generale una struttura complessa, con valori di ampiezza costanti nell'ambito delle decine di minuti, che possono però cambiare sensibilmente al passare delle ore.

Ai periodi più bassi gli spettri di ampiezza mostrano una certa variabilità giorno-notte mentre per i periodi superiori, cui appartengono i microsismi, si mantengono piuttosto costanti mostrando una certa variabilità in funzione della geometria e struttura locale del substrato.

Il rumore sismico ambientale possiede una struttura composta da molteplici fasi sismiche, in cui però il contributo relativo alle onde superficiali possiede statisticamente maggiore coerenza e persistenza e viene perciò utilizzato nelle principali metodologie sperimentali.

Le onde superficiali contenute nei microtremori ambientali sono costituite da onde di Love e di Rayleigh, le cui velocità dipendono esclusivamente dalle proprietà sismiche del sottosuolo, al contrario della proporzione tra i due diversi modi di vibrazione che sono invece legate alla struttura del sottosuolo ed alla tipologia della sorgente.

Nel caso in cui non sussistano sorgenti di rumore controllate, il rumore sismico può essere ragionevolmente considerato casuale e richiede perciò opportune procedure di analisi sia teoriche che sperimentali.

Il primo elemento importante durante l'acquisizione dei dati è dato certamente dalla durata, che necessariamente deve essere abbastanza lunga per poter trattare statisticamente il fenomeno indagato, che, come abbiamo già visto, può comprendere anche frequenze inferiori ad 1 Hz.

La natura essenzialmente stocastica dei microtremori, permette d'altra parte di assumere che essi siano generati da una distribuzione di sorgenti casuali e non coordinate tra loro, consentendo quindi di ipotizzarne la dipendenza prevalentemente dalla struttura del sottosuolo.

*(D. Albarello – “Metodi sismici per la determinazione del profilo di velocità delle Onde S” in “La risposta sismica locale per la progettazione strutturale” - A cura di Roberto W. Romeo – CISM 2007)*

## APPENDICE C – Descrizione del metodo HVSR

La metodologia HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), detta anche Metodo di Nakamura si basa sulla misura dei rapporti fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale dei microtremori ambientali e sull'individuazione di massimi in frequenza della funzione H/V così ottenuta.

Il principio teorico alla base del metodo prevede che il rapporto H/V consente di eliminare il contributo della sorgente locale, che dovrebbe essere confrontabile nelle sue componenti orizzontali e verticale.

L'ampiezza dei massimi della funzione H/V è proporzionale, anche se non linearmente, all'entità del contrasto di impedenza sismica tra lo strato di base, ad elevata velocità sismica (generalmente con  $V_s > 800$  m/s) e la sovrastante copertura a velocità sismica più bassa.

L'esistenza di tale contrasto infatti può generare l'instaurarsi di frequenze proprie negli strati geologici sedimentari, che giocano un ruolo assai importante negli studi di microzonazione sismica, in particolar modo per i problemi di interazione terreno/struttura.

La tecnica si basa su misure del rumore sismico, eseguite in superficie, in un intervallo di tempo opportunamente lungo (dell'ordine di circa 20 minuti), in modo da registrare le proprietà medie di un campo di onde sismiche generato da una molteplicità di sorgenti differenti, sia naturali che superficiali, distribuite casualmente attorno a un punto di misura. In tal modo il campo d'onda generato, generalmente composto dalla combinazione delle diverse tipologie di onde sismiche di volume, P ed S, e di superficie, Rayleigh e Love, tende ad avere un andamento che non dipende dalle singole sorgenti ma dalle caratteristiche fisiche del mezzo attraversato.

L'esistenza di un forte contrasto di impedenza sismica tra due mezzi fa sì che il rapporto tra le componenti spettrali delle onde orizzontali e di quelle verticali, delle onde di volume e di quelle superficiali, abbia dei massimi in funzione delle frequenze di risonanza delle onde S, dato che le componenti verticali tendono ad annullarsi.

Al contrario, in assenza di contrasti di impedenza sismica alla base della copertura sedimentaria, la curva H/V non presenta dei massimi evidenti.

Se il rapporto spettrale presenta invece dei massimi, si può dimostrare teoricamente che, in caso di basamento sismico orizzontale, la frequenza di risonanza individuata è pari al rapporto tra la media delle  $V_s$  nella copertura e il quadruplo dello spessore della stessa.

Il segnale registrato nelle tre componenti viene processato dividendolo in finestre temporali di uguale grandezza. Su tali finestre temporali vengono calcolati gli spettri di risposta e successivamente la componente H viene ricavata dalla media tra le due componenti NS ed EW.

Vengono ricavati i rapporti spettrali H/V per ciascuna finestra ed infine, dopo un confronto tra le varie finestre per verificare la continuità nel tempo del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e la verticale, si ottiene per media la curva H/V del sito.

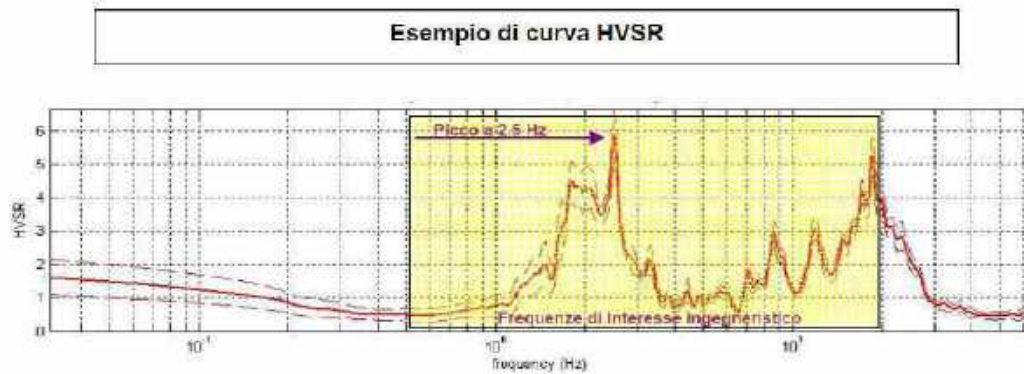
Attraverso un confronto tra i singoli spettri di risposta, sia tra quelli delle componenti orizzontali che tra questi e quello della componente verticale, e attraverso il confronto tra il rapporto spettrale H/V e quello della componente verticale, vengono escluse quelle frequenze dipendenti da cause non correlabili alle caratteristiche fisiche del mezzo, come ad esempio quelle provenienti da cause artificiali attive, vicine e monodirezionali o passive (trasmissione dinamica delle frequenze modali di un edificio), oppure quelle causate da rumore elettromagnetico.

Per verificare l'attendibilità delle frequenze rilevate viene infine ricavata la funzione di coerenza della cross-correlazione tra i segnali provenienti dalle due componenti orizzontali.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati avviene secondo quanto previsto dal protocollo del progetto **SESAME** (SESAME European project, 2005), secondo il quale si ricavano i valori del rapporto H/V in funzione della frequenza, la stazionarietà del segnale, cioè la valutazione della stabilità nel tempo della curva H/V, e la sua variazione in funzione della frequenza e della direzione di provenienza.

Le frequenze di interesse ingegneristico sono ampiamente contenute nell'intervallo 0.5÷20 Hz.

Di seguito si riporta a titolo d'esempio l'elaborazione di una curva HVSR.



# **ALLEGATI**

**Dott. Geol. Carlo Rosa**  
C.F.: RSOCL62E13H501I  
P.IVA: 08955691004  
N. rif. albo professionale: 716  
(Ordine dei Geologi del Lazio)  
Telefono: 349 6639655

**SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I  
BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA  
MUSEO NAZIONALE ROMANO –  
TERME DI DIOCLEZIANO**

**UBICAZIONE  
INDAGINI  
GEOFISICHE**

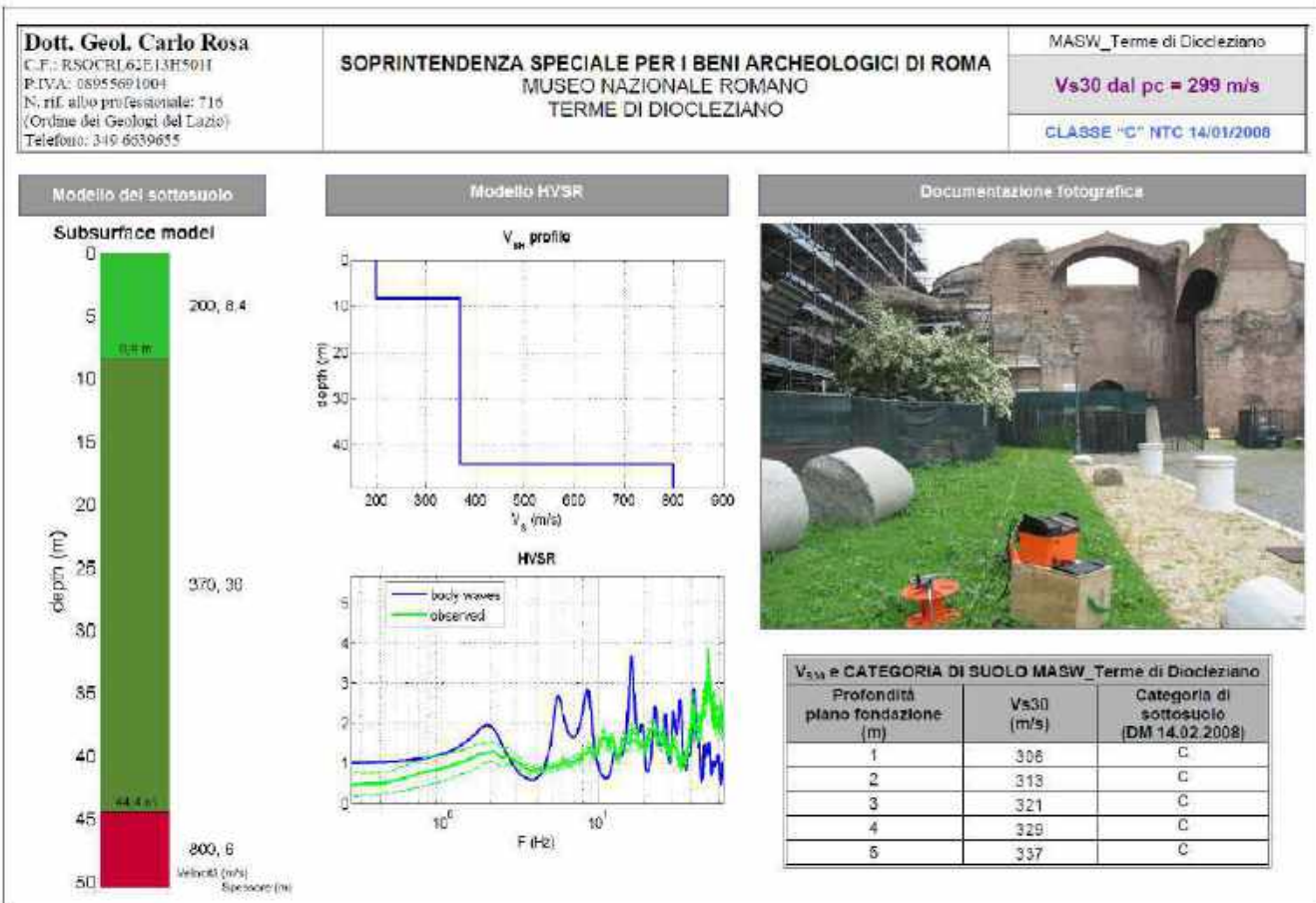
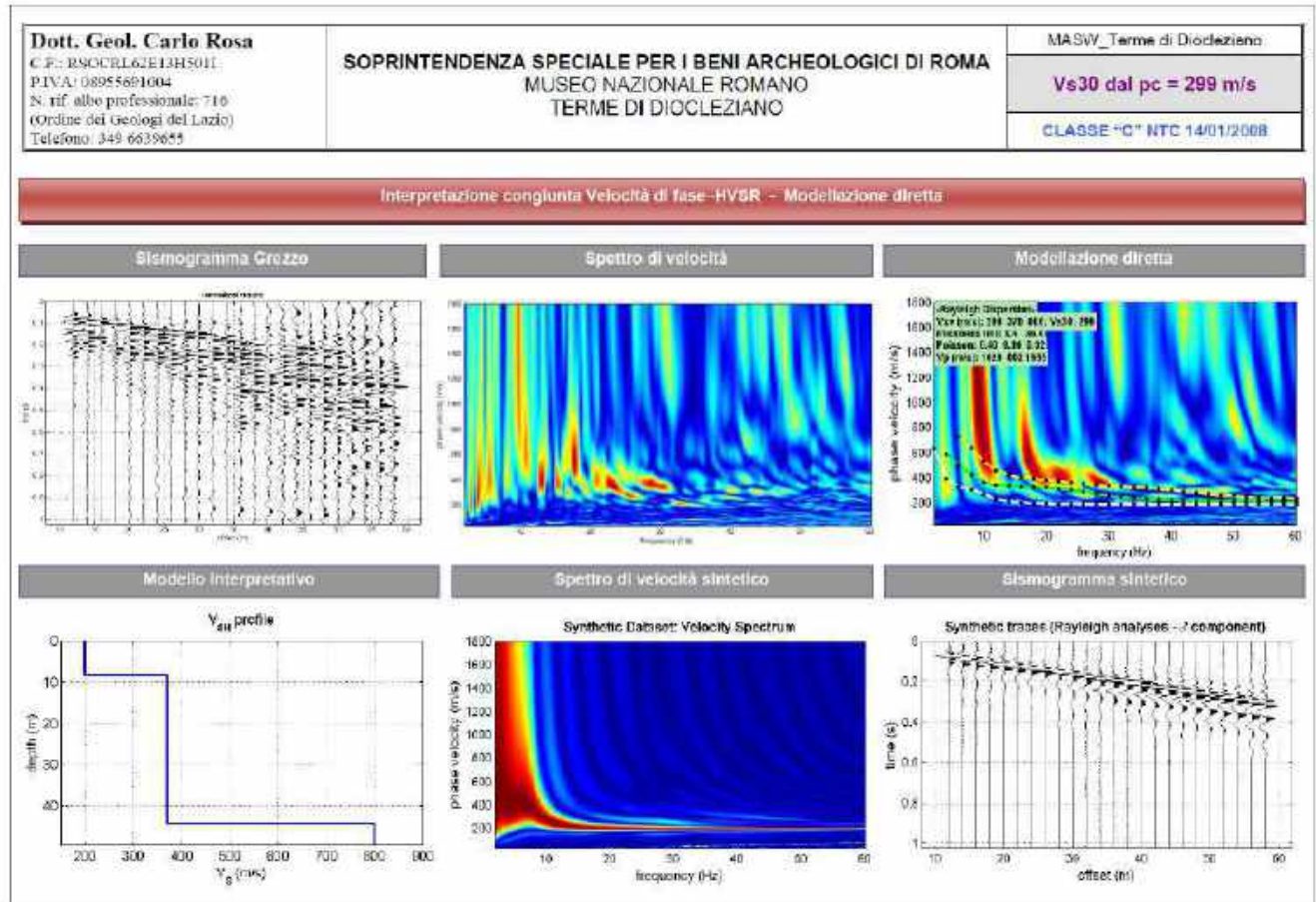


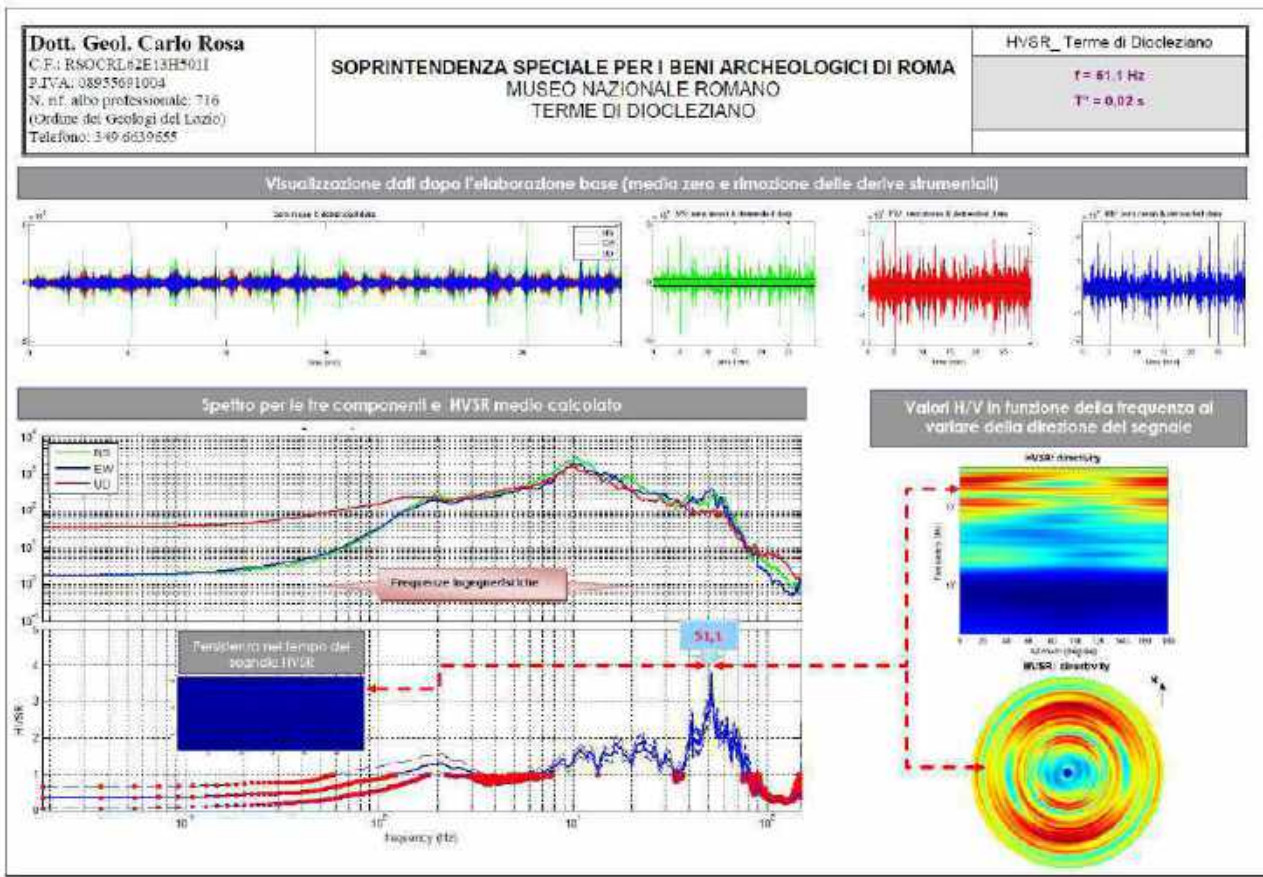
**Dott. Geol. Carlo Rosa**  
C.F.: RSOCL62E13H501I  
P.IVA: 08955691004  
N. rif. albo professionale: 716  
(Ordine dei Geologi del Lazio)  
Telefono: 349 6639655

**SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I  
BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA  
MUSEO NAZIONALE ROMANO –  
TERME DI DIOCLEZIANO**

**UBICAZIONE  
INDAGINI  
GEOFISICHE**







<b>Dott. Geol. Carlo Rosa</b> C.F.: RSOORL62E13H5011 P.IVA: 08955691004 N. nr. albo professionale: 716 (Ordine dei Geologi del Lazio) Telefono: 349 6639655	<b>SOPRINTENDENZA SPECIALE PER I BENI ARCHEOLOGICI DI ROMA</b> MUSEO NAZIONALE ROMANO TERME DI DIOCLEZIANO	HVSR_Terme di Diocleziano <b>f = 51.1 Hz</b> <b>T* = 0.02 s</b>
--	--	---

**Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio**

Dataset: MT\_2013/05/10\_12:35:06.SAF  
 Sampling frequency (Hz): 300  
 Window length (sec): 30  
 Length of analysed temporal sequence (min): 30.0  
 Tapering (%): 10

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 51.1 (±6.1)  
 Peak HVSR value: 3.4 (±0.5)

==== Criteria for a reliable HV curve =====

1. [f0 > 10/Lw]: 51.1 > 0.333333 (OK)
2. [nc > 200]: 180868 > 200 (OK)
3. [f0 > 0.5Hz: sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: yes, at frequency 41.9Hz (OK)
2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 64.4Hz (OK)
3. [A0 > 2]: 3.4 > 2 (OK)
4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 6.127 > 2.555 (NO)
6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.522 < 1.58 (OK)



Documentazione fotografica

