

CITTA' DI BARLETTA
DOCUMENTO PERVENUTO IL
02 DIC. 2020
SETT. LAVORI PUBBLICI

COMUNE DI BARLETTA

li 30.11.2020



RELAZIONE GEOLOGICA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Indagini geologiche, geomorfologiche e caratterizzazione geotecnica di un suolo sito nel Cimitero Monumentale del comune di Barletta per la realizzazione di n.420 ossari.

COMMITTENTE:

Comune di Barletta

IL DIRIGENTE

Arch. Donato LAMACCHIA

IL GEOLOGO

dott.sa Maddalena A. Corvasce



Maddalena Corvasce

INDICE

1. PREMESSA	1
2. PIANO DELLE INDAGINI	1
3. MODELLO GEOLOGICO GENERALE	2
3.1 <i>Geomorfologia</i>	2
3.2 <i>Geologia</i>	3
3.3 <i>Idrogeologia</i>	4
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	6
4.1 <i>Indagini dirette: rilievi sezioni di scarpata</i>	6
4.2 <i>Indagini dirette: perforazioni a carotaggio continuo</i>	7
5. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	11
6. MODELLO GEOLOGICO LOCALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO	13
6.1 <i>Carta geolitologica e stratigrafia</i>	13
6.2 <i>Idrogeologia</i>	14
6.3 <i>Geomorfologia e idrologia</i>	15
7. CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA DELLE UNITÀ LITOTECNICHE (MODELLO GEOTECNICO)	16
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	19

BIBLIOGRAFIA

Allegato I

Tavole

Allegato II

Schede

Allegato III

Foto

Allegato IV

Certificati prove geotecniche di laboratorio

1. PREMESSA

A seguito di un incarico professionale conferito alla scrivente dal Comune di Barletta (Convenzione Prot. n.73182 del 29/10/2020 del Settore Lavori Pubblici e Manutenzione del Comune di Barletta), si è proceduto ad eseguire un'indagine conoscitiva al fine di accertare l'assetto geomorfologico, geologico e geotecnico di un'area ubicata nel settore orientale del Cimitero comunale della città di Barletta (Tavola I).

Lo studio si prefigge di verificare l'idoneità del sito alla realizzazione di opere accessorie al cimitero, nello specifico n.420 ossari, sulla base degli aspetti geomorfologici, idrogeologici e sismici (modellazione geologica) nonché in riferimento alle caratteristiche fisico meccaniche degli orizzonti litotecnici presenti nel sottosuolo (modellazione geotecnica).

Il lavoro è stato eseguito in ottemperanza alla normativa vigente per le costruzioni in area sismica ("Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, "CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.").

2. PIANO DELLE INDAGINI

Le principali fasi del lavoro sono di seguito sintetizzate:

1. indagini bibliografiche e di archivio;
2. rilevamento geologico di dettaglio di superficie;
3. perforazioni a carotaggio continuo;
4. misure piezometriche;
5. indagini sismiche MASW per la definizione della categoria del suolo di fondazione tramite misura del parametro $V_{s,eq}$;
6. prove di laboratorio per la valutazione del comportamento meccanico dei litotipi caratterizzanti il sottosuolo.

In particolare, sono state utilizzate le risultanze di indagini riguardanti l'area di interesse eseguite dalla scrivente, nonché da altri Colleghi geologi, per conto del comune di Barletta.

Si farà riferimento, pertanto, ai seguenti elaborati tecnici:

- i. “Indagine geologica, geotecnica ed idrogeologica nell'ambito della progettazione preliminare finalizzate all'utilizzo delle aree da destinare ad espansione del cimitero - zona Nord-ovest (*Indagine 2011 - geol. Raffaele LOPEZ*);
- ii. “Indagini geologiche, geomorfologiche e caratterizzazione geotecnica di un suolo sito nel Cimitero Comunale di Barletta in zona di espansione Nord – Ovest per la realizzazione di n. 1.160 nicchie funerarie – settimo stralcio (*Indagini del 2014 – geol. Maddalena A. Corvasce*)”.

3. MODELLO GEOLOGICO GENERALE

3.1 Geomorfologia

L'area è ubicata su di un terrazzo naturale, rilevato di circa 8 metri rispetto alla sottostante piana costiera, che costituisce una evidenza morfologica di stasi del livello del mare nell'ambito della più generale regressione avvenuta durante il Quaternario. Per quanto riguarda il territorio compreso nella tavoletta I.G.M. F°176 I N.O. “Barletta”, Salvemini (1984) ha distinto 5 ordini di terrazzi marini, con relativi depositi, collegati ad oscillazioni positive del livello del mare. Caldara et al. (1996) individuano almeno 6 cadute di pendio (Tavola II); di queste, le ultime 3 delimitano spianate di abrasione marina sormontate da sedimenti di ambiente prevalentemente marino.

Successivamente alla loro deposizione, i terrazzi marini sono stati interessati da attività erosiva di tipo lineare ad opera di corsi d'acqua effimeri provenienti dalle aree interne.

Questi impluvi naturali, cui si deve la morfologia blandamente ondulata di alcune aree, trovano recapito nel fiume Ofanto o direttamente nel mare Adriatico.

3.2 Geologia

Il substrato geologico regionale, non affiorante nel sito, è costituito dalla successione di rocce calcareo-dolomitiche (Boenzi et al., 1971; Ciaranfi et al., 1988) riferibile alla formazione del Calcarea di Bari (Cc⁷⁻³) del Cretaceo medio-superiore.

Sul calcarea di Bari poggiano i depositi ingressivi del Ciclo sedimentario della Fossa bradanica, quali la “Calcarenite di Gravina” (Q^{tc}) e le “Argille subappennine” (Q^{ca}), anch’essi non affioranti nel sito di interesse.

La “Calcarenite di Gravina”, localmente detta tufo, è rappresentata da una roccia a granulometria variabile; si va da micro-ruditi calcaree clinostratificate a calcareniti bianco giallastre, a tratti arrossate, più o meno cementate senza un’evidente stratificazione, in banchi di spessore variabile. La sedimentazione delle calcareniti nell’area di Barletta risale al Pleistocene inferiore.

Sui depositi calcarenitici poggia, in continuità di sedimentazione, la formazione delle “Argille subappennine”.

Le “Argille subappennine” (Pleistocene inferiore-medio), che si rinvencono in zona a circa 35 m dal piano campagna, rappresentano il termine distale e batimetricamente più profondo del Ciclo della Fossa bradanica. Si tratta di argille plastiche di colore dal grigio chiaro al grigio scuro, a luoghi sabbiose dal contenuto fossilifero ricco.

Affiorano, nell’area di studio, le unità riferibili alle *sabbie quarzose fini e calcareniti, a luoghi in terrazzi* (Q_m) riportate in letteratura (Boenzi et al., 1971), qui indicate con il termine informale di “depositi marini terrazzati” (Tavola III).

Questi sono costituiti da litologie sabbiose e arenacee, calcarenitico-siltose, subordinatamente argillose e siltose. L'ambiente di sedimentazione, deducibile dai resti organogeni presenti, è quello di spiaggia o di mare poco profondo, o, per alcuni termini argilloso-siltosi, di ambiente palustre e lagunare talvolta associati a paleosuoli. Tali depositi, spesso eteropici, sono riconducibili al Pleistocene medio-superiore.

Le variazioni del livello di base dell'erosione conseguente alle oscillazioni del livello del mare del Quaternario, hanno favorito l'alternarsi di fasi di alluvionamento e di erosione lungo le principali linee di deflusso delle acque, come lungo il fiume Ofanto e il torrente Camaggi, con la formazione dei depositi alluvionali di natura argilloso-sabbiosa-ghiaiosa, spesso terrazzati, che in letteratura sono indicati con il termine informale di "depositi alluvionali" (**at**, **a**). Questi passano lateralmente e verticalmente ai "depositi marini terrazzati".

Le sabbie delle spiagge attuali rappresentano, infine, i depositi più recenti e caratterizzano gli ampi ed estesi arenili che si osservano al piede della falesia. Dalla cartografia storica si evince che le spiagge antistanti la città di Barletta sono state prodotte da una regressione della linea di riva quantificabile in circa 300-400 m in poco meno di quarant'anni. La falesia di cui sopra è incisa nei depositi del terrazzo marino altimetricamente più basso, sul quale sorge l'area cimiteriale.

3.3 Idrogeologia

In base alle caratteristiche litostratigrafiche dell'area è possibile individuare due falde idriche: la "falda profonda" e la "falda superficiale".

La falda profonda ha sede nel substrato calcareo-dolomitico affiorante nell'area delle Murge. Esso costituisce un vasto acquifero permeabile per fessurazione e/o carsismo. Il grado di permeabilità dell'acquifero profondo è molto variabile in funzione dello stato di fratturazione e della natura delle rocce calcaree e dolomitiche, la cui litologia può favorire o inibire il verificarsi del fenomeno carsico. Rilevante è l'esistenza di livelli di calcari poco fratturati e poco carsificati, praticamente impermeabili, che hanno un ruolo importante nel condizionare la circolazione idrica sotterranea. Per la presenza di questi livelli impermeabili, infatti, la falda circola in pressione, generalmente a notevole profondità al di sotto del livello del mare, frazionata in più livelli idrici sovrapposti.

La zona di principale alimentazione della falda si trova in corrispondenza delle parti più interne ed elevate delle Murge, dove sono presenti ampie aree caratterizzate da forme carsiche superficiali (inghiottitoi, doline, ecc.) che favoriscono una rapida infiltrazione delle acque di pioggia.

Il trasferimento in profondità delle acque meteoriche avviene sia in forma diffusa che concentrata; il prevalere dell'una o dell'altra modalità di infiltrazione dipende dalla frequenza delle fessure e dall'intensità dei fenomeni di dissoluzione carsica. I livelli piezometrici all'interno dei pozzi che intercettano tale falda ad oltre 70 m di profondità si attestano tra i 5 e i 10 m s.l.m.

La falda superficiale si colloca, nel territorio di Barletta, a profondità variabili e comunque comprese fra i 4 e i 15 m dal piano campagna. Essa ha sede negli strati sabbiosi dei depositi marini terrazzati e dei depositi alluvionali. La circolazione di questa falda si esplica prevalentemente a pelo libero o lievemente in pressione, se gli strati acquiferi risultano confinati superiormente da livelli argillosi.

Tale falda è alimentata dalle acque meteoriche, pertanto le oscillazioni della piezometrica risente fortemente della variabilità delle precipitazioni. Le zone di alimentazione sono le aree più interne del territorio di Barletta e il deflusso è orientato verso il mare, che rappresenta il recapito finale delle acque di falda.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini per la caratterizzazione dei terreni che ospiteranno i 420 ossari, provengono dalla correlazione di dati stratigrafici significativi provenienti dalle campagne di indagini citate al Paragrafo 2 (Tavola IV) e in particolare:

- n°1 sondaggio geomeccanico (P3) a carotaggio continuo da Indagine 2011;
- n°3 sondaggi geomeccanici (S1, S2, S3) a carotaggio continuo da Indagine 2014;
- n.4 prove Standard Penetration Test (SPT) da Indagine 2014;
- esiti prove geotecniche di n°3 campioni indisturbati da Indagini 2011 e 2014;
- livelli idrici della falda superficiale misurata nel foro di sondaggio da Indagine 2011;
- indagini sismiche MASW da Indagine 2014.

Per la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo è stato condotto il rilevamento stratigrafico sulle sezioni di scarpata affioranti e reperita la stratigrafia di un pozzo per acqua dall'Archivio nazionale ISPRA delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984).

4.1 Indagini dirette: rilievi sezioni di scarpata

Il rilevamento geologico di superficie si è concentrato prevalentemente lungo la falesia che raccorda l'area del cimitero comunale con gli arenili della litoranea di Ponente.

Sono stati quindi visionati alcuni fronti di scarpata dopo un'accurata pulizia dai materiali detritici di caduta e dalle alterazioni che ne mascheravano i caratteri sedimentologici e stratigrafici.

Come mostrato in Tavola IV, le sezioni, di cui si riporta una stratigrafia media, sono ubicate lungo il fronte di scarpata a N del nucleo cimiteriale più antico (Sezioni 1 - 6). Vengono di seguito fornite le descrizioni delle sigle utilizzate per i litotipi più comunemente incontrati:

TR = terreno di riporto	TV = terreno vegetale
CS = sabbia calcarea siltosa con crosta	S = sabbia
SL = sabbia limosa	LS = limo sabbioso
AL_S = argilla limosa con livelli sabbiosi	S_LA = sabbia con livelli limoso argillosi
LA_S = limo argilloso con livelli sabbiosi	AL = argilla limosa
A = argilla	G = ghiaia

Sezioni 1- 6 (Scheda I, tabella I, foto 1 - 2)

quota s.l.m.= 12,0 m

1 - coord. UTM33N WGS84 (m) = E 605043,02; N 4575853,06

6 - coord. UTM33N WGS84 (m) = E 605229,84; N 4575766,10

Spessore medio delle sezioni circa 4,00 m

Tabella I - Sezioni 1-6		
Profondità (m)	Descrizione litotipi	Sigla
0,0 – 1,5	Terreno di riporto e terreno vegetale	TV
1,5 – 2,1	Sabbia calcarea a tratti molto cementata (crosta calcarea)	Cr
2,1 – 3,0	Sabbia calcarea sciolta	CS
3,0 – 4,0	Limo argilloso grigio-oliva con livelli di sabbia laminata e noduli carbonatici cementati	LA

4.2 Indagini dirette: perforazioni a carotaggio continuo

Si riportano di seguito le risultanze delle indagini dirette, richiamate al paragrafo 2.

Come riportato in Tavola IV si tratta del sondaggio “P3”, eseguito dalla Ditta Piazzola & Figli di Barletta, sondaggi “S1”, “S2”, “S3” eseguiti dalla ditta Trivelpali di Miscioscia Alessandro di Corato e della perforazione del pozzo per acqua indicizzato nell’Archivio ISPRA con la sigla “ISPRA 152241”.

Dai sondaggi geognostici, realizzati con il metodo a rotazione con carotaggio continuo di piccolo diametro (10 cm), sono stati prelevati campioni indisturbati per prove di laboratorio.

Il sondaggio “P3” è stato attrezzato con tubo piezometrico per misurare il livello della falda superficiale.

Sondaggio P3 (Scheda II, tabella II, foto 3, 4, 5, 6)

quota s.l.m.= 10,0 m

coord. UTM33N WGS84 (m) = E 604801,92; N 4575881,04

Profondità del sondaggio 10,0 m

Campione n.1 = 2,00-2,50m (foto 6)

(Allegato IV - Certificati 58/11-XI-P.F., 58/11-XI-A.G., 58/11-XI-T.D., 58/11-XI-C.E., 58/11-XI-P.C.V.)

Rinvenimento della falda dal p.c. = 6,9 m

Livello statico dal p.c. (primavera 2011) = 6,3 m

Tabella II - Sondaggio P3		
Profondità (m)	Descrizione litotipi	Sigla
0,0 – 1,0	Terreno vegetale grigio chiaro con inclusi clasti calcarenitici	TV
1,0 – 2,5	Sabbia limosa debolmente argillosa bruno chiaro	SL_A
2,5 – 4,0	Sabbia fina color avana	S
4,0 – 5,0	Argilla con noduli carbonatici cementati	A
5,0 – 6,5	Argilla limosa colore bruno-verdastro con livelli carboniosi e rari livelletti sabbiosi	AL
6,5 – 8,0	Sabbia limosa satura	SL
8,0 – 9,2	Argilla limosa	AL
9,2 – 10,0	Sabbia fina calcarea addensata	S

Sondaggio S1 (Scheda III, tabella III, foto 7, 8, 9, 10, 18)

quota s.l.m.= 11,0 m

coord. UTM33N WGS84 (m) = E 604920,95; N 4575797,07;

Esecuzione di una prova SPT (Standard Penetration Test) alla profondità di 1,50 m dal piano campagna ($N_2+N_3 = 24$).

Profondità del campione indisturbato:

Campione S1 = 1,95 – 2,45 m (foto 18)

(Allegato IV - Certificati in allegato dal N. 5631 al N. 5636)

Profondità del sondaggio 10,0 m circa

Rinvenimento della falda dal p.c. = non rinvenuta

Profondità (m)	Descrizione litotipi	Sigla	SPT	N _{SPT}
0,0 – 1,50	Terreno di riporto	TR		
1,50 – 3,95	Limo sabbioso di colore verde – nocciola, a medio-alta plasticità	LS	1,50	4
			1,65	10
			1,80	14
3,95– 6,5	Argilla sabbiosa / sabbia argillosa ricca di minerali femici e noduli carbonatici. Presenti livelli carboniosi e patine di ossidazione	AS-SA		
6,5 - 10	Argilla verdastra con tracce carboniose	A		

Sondaggio S2 (Scheda IV, tabella IV, foto 11, 12, 13, 14)

quota s.l.m.= 11,0 m

coord. UTM33N WGS84 (m) = E 604884,91; N 4575792,49;

Esecuzione di due prove SPT (Standard Penetration Test) alla profondità di 1,0 m dal piano campagna ($N_2+N_3 = 10$) e di 4,5 dal piano campagna ($N_2+N_3 = 27$).

Profondità del sondaggio 5,0 m circa

Profondità (m)	Descrizione litotipi	Sigla	SPT	N _{SPT}
0,0 – 1,45	Terreno di riporto	TR	1,0	4
			1,15	4
			1,3	6
1,45 – 2,5	Terreno sabbioso grigio scuro	TS		
2,5–3,3	Sabbia avana ricca di minerali femici	S		
3,3 –5	Argilla sabbiosa con noduli carbonatici, patine di ossidazione e minerali femici	A	4,5	8
			4,65	11
			4,80	16

Sondaggio S3 (Scheda V, tabella V, foto 15,16, 17, 19)

quota s.l.m.= 11,0 m

coord. UTM33N WGS84 (m) = E 604892,41; N 4575816,03;

Esecuzione di una prova SPT (Standard Penetration Test) alla profondità di 2,50 m dal piano campagna ($N_2 + N_3 = 38$).

Profondità del campione indisturbato:

Campione S3 = 4,5 – 5,0 m (foto 19)

(Allegato IV - Certificati in allegato dal N. 5637 al N. 5642)

Profondità del sondaggio 5,0 m circa

Profondità (m)	Descrizione litotipi	Sigla	SPT	NSPT
0,0 – 1,5	Terreno di riporto	TR		
1,5 – 2,95	Sabbia avana ricca di minerali femici	S	2,5 2,65 2,80	13 20 18
2,95–4,5	Argilla sabbiosa con piccoli noduli carbonatici e patine carboniose intercalata da livelletti sabbiosi e patine di ossidazione	AS		
4,5 – 5,0	Argilla leggermente scagliettata di colore avana nocciola, campione indisturbato	A		

Pozzo per acqua “ISPRA 152241”(tabella VI)

Si riporta di seguito la stratigrafia di un pozzo per acqua acquisita dall'Archivio ISPRA disponibile al link www.sgi2.isprambiente.it/mapviewer coerente con il quadro geologico ricostruito per il sito di interesse.

quota s.l.m.= 13,0 m

coord. UTM33N WGS84 (m) = E 605511,00; N 4575611,01.

Profondità (m)	Descrizione litotipi	Sigla	SPT	NSPT
0,0 – 1,00	Terreno vegetale	TV		
1,0 – 2,00	Cappello	Cr		
2,00 – 6,00	Sabbia gialla	S		
6,00 – 11,00	Argilla gialla	AS		
11,00 – 22,00	Sabbia gialla	S		
22,00 – 23,00	Sabbia gialla con falda	S		
23,00 – 24,00	Ghiaia di fiume	G		
24,00 – 28,00	Ghiaia di fiume con falda	G		
28,00 – 30,00	Argilla Bleu	A sub.		

5. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Nelle verifiche in condizioni sismiche, è necessario valutare il rischio di liquefazione dei terreni di fondazione. Il fenomeno si verifica quando un terreno saturo non coesivo durante un sisma subisce una riduzione di resistenza al taglio e/o di rigidità per l'aumento della pressione interstiziale.

Il sito di interesse è fra quelli in cui è possibile che si verifichino terremoti con magnitudo maggiore di 5, anche se con bassa probabilità di accadimento. Le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti sono superiori a 0,1 g.

Tuttavia, la composizione granulometrica del terreno di fondazione, costituito da terreni coesivi non saturi (argilla sabbiosa e limo sabbioso), sabbie addensate, sature a partire dai 6,50 m dal piano campagna, fanno escludere che i terreni presenti nel volume di fondazione possano andare incontro a fenomeni di liquefazione.

A tal fine si riportano di seguito alcune verifiche condotte con i metodi Seed e Idriss e Tokimatsu e Yoshimi, ipotizzando la presenza di terreni sabbiosi incoerenti (sabbia satura) a profondità di 6,50 m e 9,20 m, potenzialmente suscettibili alla liquefazione e caratterizzati da valori di SPT=10/11/13.

Tabella VII. Metodo di calcolo di Seed e Idriss	
Immissione dati	
Profondità di calcolo (m)	6,5
Profondità della falda dal p. c. (m)	6,5
Peso di volume del terreno (t/mc)	1,43
Numero di colpi SPT o SCPT	24
Frazione argillosa (%)	10
Accelerazione sismica massima (g)	0,150
Risultati	
Pressione totale del terreno (kg/cmq)	0,8294
Pressione efficace del terreno (kg/cmq)	0,8294
Fattore correttivo per la frazione argillosa (%)	5,00
Numero di colpi standard corretto Na	31,6771
Resistenza alla liquefazione (R)	2,9335
Sforzo di taglio normalizzato (T)	0,089
Coefficiente di sicurezza (Fs = R / T)	32,9544
Il deposito non è liquefacibile	

Tabella VIII. Metodo di calcolo di Tokimatsu e Yoshimi	
Immissione dati	
Profondità di calcolo (m)	6,5
Profondità della falda dal p. c. (m)	6,5
Peso di volume del terreno (t/mc)	1,43
Numero di colpi SPT o SCPT	24
Frazione argillosa (%)	10
Accelerazione sismica massima (g)	0,150
Tipo di deposito	Sabbie limose
Consistenza del deposito	Sabbie medio-dense
Risultati	
Pressione totale del terreno (kg/cmq)	0,8294
Pressione efficace del terreno (kg/cmq)	0,8294
Fattore correttivo per la frazione argillosa (%)	5,00
Numero di colpi standard corretto Na	26,6771
Resistenza alla liquefazione (R)	3,5437
Sforzo di taglio normalizzato (T)	0,0801
Coefficiente di sicurezza ($F_s = R / T$)	44,2318
Il deposito non è liquefacibile	

Tabella IX. Metodo di calcolo di Seed e Idriss	
Immissione dati	
Profondità di calcolo (m)	9,20
Profondità della falda dal p. c. (m)	9,20
Peso di volume del terreno (t/mc)	1,43
Numero di colpi SPT o SCPT	24
Frazione argillosa (%)	10
Accelerazione sismica massima (g)	0,150
Risultati	
Pressione totale del terreno (kg/cmq)	1,1297
Pressione efficace del terreno (kg/cmq)	1,1297
Fattore correttivo per la frazione argillosa (%)	5,00
Numero di colpi standard corretto Na	27,2987
Resistenza alla liquefazione (R)	1,1702
Sforzo di taglio normalizzato (T)	0,0859
Coefficiente di sicurezza ($F_s = R / T$)	13,6159
Il deposito non è liquefacibile	

Tabella X. Metodo di calcolo di Tokimatsu e Yoshimi	
Immissione dati	
Profondità di calcolo (m)	9,20
Profondità della falda dal p. c. (m)	9,20
Peso di volume del terreno (t/mc)	1,43
Numero di colpi SPT o SCPT	24
Frazione argillosa (%)	10
Accelerazione sismica massima (g)	0,150
Tipo di deposito	Sabbie limose
Consistenza del deposito	Sabbie medio-dense
Risultati	
Pressione totale del terreno (kg/cmq)	1,1297
Pressione efficace del terreno (kg/cmq)	1,1297
Fattore correttivo per la frazione argillosa	5,00

(%)	
Numero di colpi standard corretto Na	22,2987
Resistenza alla liquefazione (R)	1,3838
Sforzo di taglio normalizzato (T)	0,0774
Coefficiente di sicurezza (Fs = R / T)	17,8899
Il deposito non è liquefacibile	

6. MODELLO GEOLOGICO LOCALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO

6.1 Carta geolitologica e stratigrafia

Le indagini e i rilievi in sito, unitamente ai dati bibliografici disponibili, hanno consentito di ricostruire in dettaglio la locale successione lito-stratigrafica fino ad una profondità di 15 m dal piano campagna (Tavola V).

Al di sotto di una coltre di circa 1,5-1,8 m di terreno vegetale da franco-sabbioso a limo-argilloso (TV) e talvolta di riporto (TR), è presente sabbia calcarea in alternanza a sabbie limose (CS) fino a circa 6,50 dal p.c. con uno spessore di circa 70 cm di crosta evaporitica (Cr) nella porzione superiore (1,80-2,50 m). Tale unità costituisce il tetto del terrazzo marino qui presente e che affiora diffusamente nell'area del vecchio cimitero con termini calcarenitici e sabbiosi di spessore non inferiore a 1,5 m e che costituiscono il litotipo che caratterizza il piano di posa delle fondazioni delle opere a realizzarsi

Seguono sabbie limose e limi argillosi (AL) fino a circa 9,80 m passanti a sabbie sature (SL) fino a circa 11,80 m. La ricostruzione stratigrafica vede la presenza nuovamente di litotipi argilloso limosi (AL) fino 13,20 passante a sabbia fine addensata (S) fino a 15,00 metri dal p.c..

I “depositi marini terrazzati” proseguono con alternanze di litologie sabbiose e arenacee, calcarenitico-siltose, subordinatamente argillose e siltose ed episodici livelli ghiaiosi con falda fino alla profondità di 28 m dal piano campagna dove si rinvencono le “Argille subappennine”.

6.2 Idrogeologia

La presenza di una falda idrica superficiale sotto la città di Barletta è documentata dalla presenza di antichi pozzi scavati a mano, maggiormente concentrati in prossimità del centro storico e degli arenili della litoranea, da alcuni rigagnoli che attraversano gli stessi arenili, nonché dai riferimenti riportati in alcuni lavori tecnico scientifici.

Poiché la falda influenza i valori della capacità portante del terreno di fondazione, durante l'esecuzione dei sondaggi geomeccanici si è avuta cura di annotare quali fossero i terreni ospitanti falde idriche superficiali, anche di modesta entità, Tuttavia durante le perforazioni a carotaggio continuo (S1, S2, S3) eseguite il 6 novembre 2014 non si è rilevato nessun livello di sabbia satura. Tuttavia non si può escludere la presenza di livelli idrici sub-superficiali vista la presenza in zona di antichi pozzi scavati a mano nonché il ritrovamento della falda a modesta profondità nel corso della terebrazione del sondaggio "P3" e di altre indagini pregresse, che sono state consultate, ma non riportate nel presente elaborato.

Di seguito si riportano in tabella XI le misure della superficie piezometrica riferite al livello del mare e al piano campagna effettuate nel 2011 nel sondaggio attrezzato a piezometro "P3".

Tabella XI -Misure piezometriche riferite al piano campagna e al livello del mare effettuate nel piezometro P3 nel periodo febbraio-marzo 2011		
Data misura	P3 (10.00 m s.l.m.)	P3 (m dal p.c.)
05.02.11	3,7	6,4
10.03.11	3,1	6,9

Pertanto, si ritiene che i primi livelli idrici della falda superficiale si possano incontrare a partire dai 6 metri dal piano campagna pertanto a profondità tali da non interferire con le comuni quote di imposta di fondazioni superficiali.

Poiché le misure effettuate si posizionano tutte poco al di sopra del livello medio marino, si può concludere che si tratta della stessa falda superficiale, impostata nei litotipi sabbiosi e sabbioso-limosi dei “depositi marini terrazzati”, a luoghi confinata da terreni più argillosi sovrastanti. Il deflusso della falda è orientato prevalentemente da sud verso nord. Essendo alimentata dalle acque meteoriche che si infiltrano nell'immediato entroterra di Barletta, la posizione della superficie piezometrica risente fortemente della variabilità stagionale delle precipitazioni.

6.3 Geomorfologia e idrologia

L'area che sarà interessata dalla realizzazione degli ossari è parte di un'estesa piattaforma di abrasione, associata a depositi di ambiente litorale, corrispondente al terrazzo marino più recente tra quelli cartografati nel territorio di Barletta (Salvemini, 1984; Caldara et al., 1996).

Tale piattaforma è delimitata verso N da una scarpata-falesia alta circa 6m che funge da raccordo con la sottostante piattaforma di abrasione degli arenili depositatisi in tempi relativamente recenti (Olocene–Attuale).

Il terrazzo marino in questione è attraversato da una modesta incisione, in parte colmata da depositi eluvio-colluviali, ad Est del Cimitero, in cui vengono convogliate le acque di ruscellamento provenienti dalle zone topograficamente più elevate del cimitero e dalla strada vicinale “vecchio camposanto”, secondo un reticolo di deflusso orientato SE-NO.

Malgrado la situazione appena descritta, dalla consultazione degli strati informativi del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, l'area non è inserita fra quelle a rischio idraulico e a rischio geomorfologico (Tavola VI).

7. CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA DELLE UNITÀ LITOTECNICHE (MODELLO GEOTECNICO)

In questo paragrafo verranno considerate le caratteristiche fisiche, meccaniche e deformative dei litotipi rappresentativi delle unità litotecniche evidenziate nel modello geologico.

Tali parametri provengono sia da prove geotecniche di laboratorio eseguite presso laboratori specializzati i cui certificati sono riportati integralmente nell'Allegato IV, che da indagini in situ (SPT), eseguite durante le perforazioni a carotaggio continuo. In particolare, si riportano gli esiti di n. 4 prove penetrometriche in foro del tipo SPT (Standard Penetration Test).

La prova consiste nel far cadere, con un ritmo di 20/25 colpi al minuto una mazza da 63,5 kg da un'altezza di 76,2 cm (standard europeo) su una batteria di aste che possiedono nella parte terminale un campionatore cilindrico standard.

Il campionatore viene infisso per tre avanzamenti successivi di 15 cm ciascuno. Il primo tratto, detto di avviamento, comprende l'eventuale penetrazione iniziale per peso proprio e quindi viene escluso. La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dalla somma del numero di colpi necessari all'avanzamento del secondo e terzo tratto (N_{SPT}).

Le prove di laboratorio sono state effettuate essenzialmente sui campioni indisturbati prelevati durante le perforazioni a carotaggio continuo, riconducibili alle unità litotecniche più rappresentative del sito in questione.

Campione n.1/P3 (cert. Ni 58/11-XI-P.F., 58/11-XI-A.G., 58/11-XI-T.D., 58/11-XI-C.E., 58/11-XI-P.C.V. – Laboratorio Terre), prelevato nell'intervallo 2,00-2,50 metri dal p.c. nel sondaggio "P3" e rappresentativo dei litotipi riferibili a sabbie calcaree (S) e sabbie limose (SL_A) con crosta evaporitica (Cr).

Campione S3 (cert. Ni 5637, 5638, 5639, 5640, 5641, 5642 – Laborgeo s.r.l.), prelevato nell'intervallo 4,5–5,0 m dal p.c. del sondaggio “S3”, rappresentativo dei litotipi argillosi (A) presenti nell'intervallo 6,80-9,80 m dal p.c. di profondità.

Si riportano di seguito (tabella XII), in sintesi, i parametri fisico-meccanici minimi delle unità litotecniche significative presenti al di sopra e al di sotto della futura fondazione ricavate facendo un confronto tra i risultati delle prove di laboratorio e delle prove in situ SPT.

Tabella XII - Proprietà fisico – meccaniche delle unità litologiche incontrate in perforazione			
Parametri misurati	<u>Unità TV</u> Intervallo 0-1,0 m	<u>Unità</u> <u>S/SL A/Cr</u> Campione 1/P3 2,00-2,50	<u>Unità</u> <u>A</u> Campione S3 intervallo 4,5-5,0
γ_v (kN/m ³)	16,37	16,74	18,64
γ_s (kN/m ³)	23,73	27,14	27,3
γ_d (kN/m ³)	14,51	13,98	15,61
γ_{sat} (kN/m ³)	***	18,73	19,89
w (%)	12,84	19,78	3,80
n (%)	38,84	48,50	42,81
e	0,635	0,94	0,749
S _r (%)	48,91	58,13	70,71
Ghiaia %	***	1,28	2,49
sabbia (%)	***	75,05	13,58
limo (%)	35,5	19,23	54,43
argilla (%)	64,5	5,57	29,59
classificazione AASHTO	A - 7- 5	***	A-6 CL
LL (%)	52,5	***	35
LP (%)	32,5	***	24

IP (%)	20	***	11
ϕ (°)	21	34,18	***
c (kN/m ²)	1,96	6	***
c _u (kN/m ²)	***	***	75,14

γ_v =peso di volume naturale; γ_s =peso specifico dei granuli; γ_d =peso di volume secco;
 γ_{sat} =peso di volume saturo; W=umidità naturale; n=porosità; e=indice dei vuoti; S_r=grado di saturazione; LL=limite di liquidità; LP=limite di plasticità; IP=indice di plasticità;
 ϕ =angolo di attrito interno; c=coesione; c_u = coesione non drenata

I limiti di Atterberg (LL, LP, IP), detti anche limiti di consistenza, vengono determinati sulla frazione passante al setaccio n. 40 (0,42 mm) e dipendono dal tipo di argilla presente nella miscela del terreno.

Le proprietà granulometriche (% di sabbia, limo e argilla) e i limiti di Atterberg consentono di classificare le terre a grana fine secondo il sistema AASHTO (Associazione americana statale delle strade e dei trasporti, 1978) basato sui valori del limite di liquidità, dell'indice di plasticità e sui passanti ai setacci n.10 (2 mm), n.40 (0,42 mm) e n.200 (0,075 mm).

I valori dell'angolo di attrito interno (ϕ) e della coesione (c) sono stati ottenuti da prove di taglio diretto eseguite con l'apparecchio di Casagrande in condizioni consolidate e drenate.

I campioni con i più elevati contenuti di argilla sono stati sottoposti a prove edometriche per la determinazione delle caratteristiche di compressibilità; i risultati di tali prove si ritrovano nell'Allegato IV.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area individuata per la realizzazione dei 420 ossari presso il cimitero comunale di Barletta, in zona di espansione Nord-Ovest, si inserisce in un contesto stratigrafico caratterizzato da depositi di ambiente litorale (terrazzo marino) in parte rimaneggiati da un reticolo idrografico effimero che ha determinato una notevole variabilità laterale e verticale delle unità litotecniche.

Il sottosuolo per i primi 6 metri è caratterizzato da terreni sabbioso calcarei e sabbioso limosi idonei ad ospitare le strutture fondali degli ossari a realizzarsi a partire da 1,50/1,80 m dal piano calpestio.

Dopo aver asportato il primo metro e mezzo di terreno di riporto e vegetale, che ha caratteristiche geotecniche scadenti, lo strato limo-sabbioso sottostante risulta idoneo ad ospitare fondazioni superficiali o dirette a **trave rovescia**.

Da quanto sin qui esposto, nell'ipotesi di strutture fondali dirette e continue tipo reticolo di travi rovesce, poggiante su uno strato omogeneo prevalentemente caratterizzato da limo-sabbioso, *si ritiene fattibile l'intervento per la realizzazione dei 420 ossari così come da progetto*.

L'area è ubicata su di un terrazzo naturale pianeggiante a circa 12 metri s.l.m. e non sono presenti nell'intorno dell'area di influenza dell'opera versanti/scarpate che possano risentire dell'impatto dell'opera sulla stabilità globale; pertanto non si è ritenuto necessario dover effettuare analisi di stabilità pre e post operam. L'area non ricade altresì fra quelle tematizzate dall'Autorità di Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, come a rischio idraulico e a rischio geomorfologico.

Sulla base dell'analisi sismica e stratigrafica condotta (Relazione sismica allegata alla presente), risulta che il sottosuolo su cui poggeranno le strutture fondali è caratterizzato da valori di Vs30 compresi tra **315 - 333 m/s**. Secondo quanto indicato nel D.M 17/01/2018, i suoli con velocità media di taglio Vs compresi tra 180 m/s e 360 m/s ricadono in **categoria C**: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero nei terreni a grana grossa da valori NSPT30 compresi fra 15 e 50 e nei terreni a grana fine da valori Cu30 compresi fra 70 e 250 kPa)”*.

Infine, essendo la posizione della falda a profondità superiori ai 6,0 m dal piano calpestio, non influenzerà i valori di resistenza del terreno trovandosi al di sotto del cuneo di rottura della fondazione.

Il Geologo

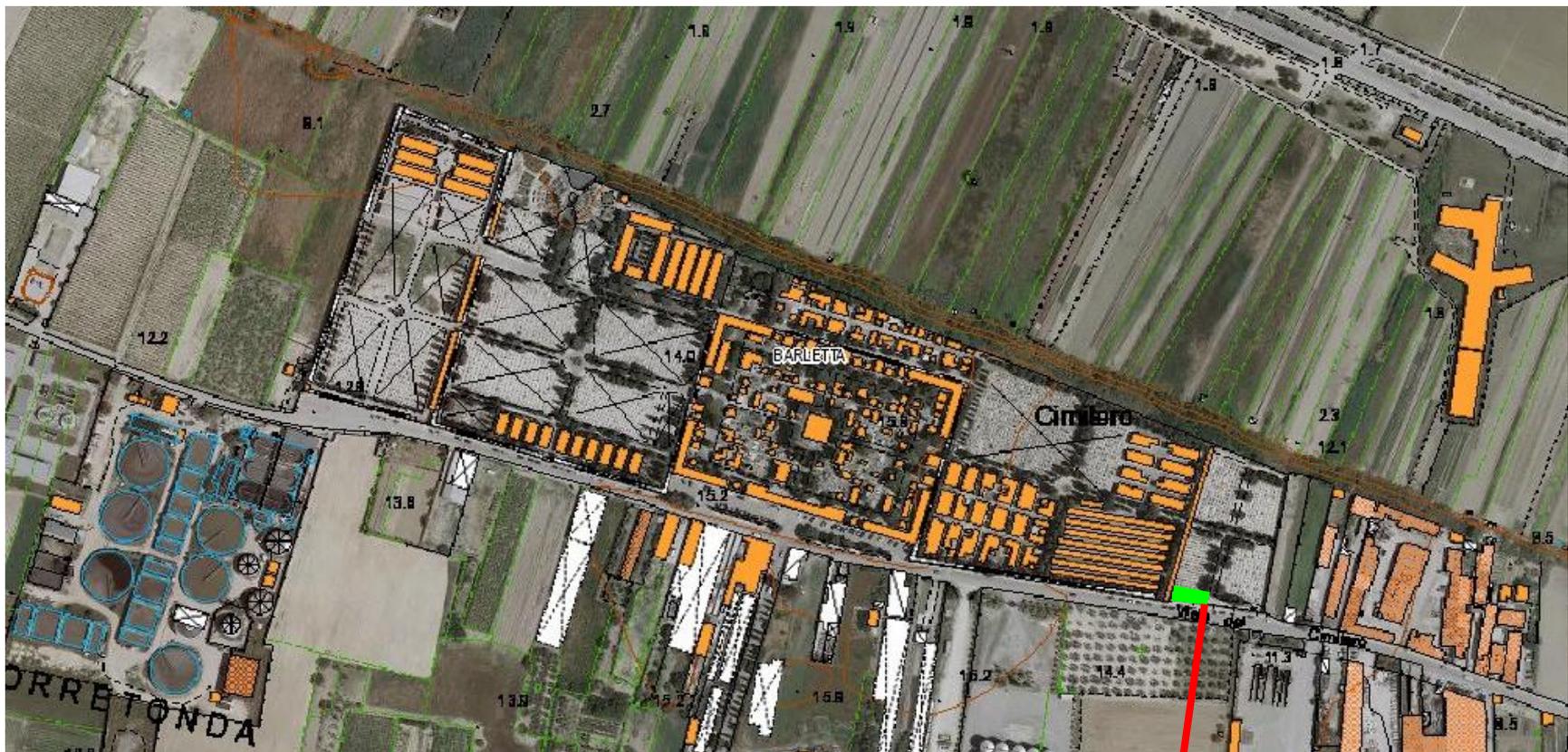
dott.sa Maddalena A. CORVASCE

BIBLIOGRAFIA

- BOENZI F., PALMENTOLA G., PIERI P. & VALDUGA A. (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 176 "Barletta"*. Minist. Ind. Comm. E Artig. (Serv. Geol. Ital.).
- CALDARA M., LOPEZ R. & PENNETTA L. (1996) – *L'entroterra di Barletta (Bari): considerazioni sui rapporti fra stratigrafia e morfologia*. *Il Quaternario*, 9(1), 337-344.
- CIARANFI N., PIERI P. & RICCHETTI G. (1988) - *Carta geologica delle Murge e del Salento*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41 (1), 1988, pp. 449 – 460, Roma.
- LATTANZIO M., SALVEMINI A. & VENTRELLA N. A. (1992) - *Le falde idriche sotterranee nel territorio comunale di Barletta (Bari -Puglia): tipizzazione e connessioni con talune problematiche idrogeologiche ed ingegneristiche*. 2° convegno nazionale dei giovani ricercatori di geologia applicata 30 pp., Viterbo 28 -31 ottobre 1992.
- SALVEMINI A. (1984) - *Osservazioni preliminari sui depositi quaternari affioranti nella tavoletta 176 I NW "Barletta"*. *Geol. Appl. Idrogeol.*, 19, pp. 17 – 41. Bari.
- CIARANFI N., PIERI P. & RICCHETTI G. (1988) - *Carta geologica delle Murge e del Salento*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41 (1), 1988, pp. 449 – 460, Roma.
- LATTANZIO M., SALVEMINI A. & VENTRELLA N. A. (1992) - *Le falde idriche sotterranee nel territorio comunale di Barletta (Bari -Puglia): tipizzazione e connessioni con talune problematiche idrogeologiche ed ingegneristiche*. 2° convegno nazionale dei giovani ricercatori di geologia applicata 30 pp., Viterbo 28 -31 ottobre 1992.
- SALVEMINI A. (1984) - *Osservazioni preliminari sui depositi quaternari affioranti nella tavoletta 176 I NW "Barletta"*. *Geol. Appl. Idrogeol.*, 19, pp. 17 – 41. Bari.

ALLEGATO I

Tavole



0 40 100 200
metri

TAVOLA I

Ubicazione dell'area in cui verranno realizzati gli ossari nel settore orientale del Cimitero di Barletta su ortofoto 2016 e Carta Tecnica della Regione Puglia (elementi 423071, 423084).



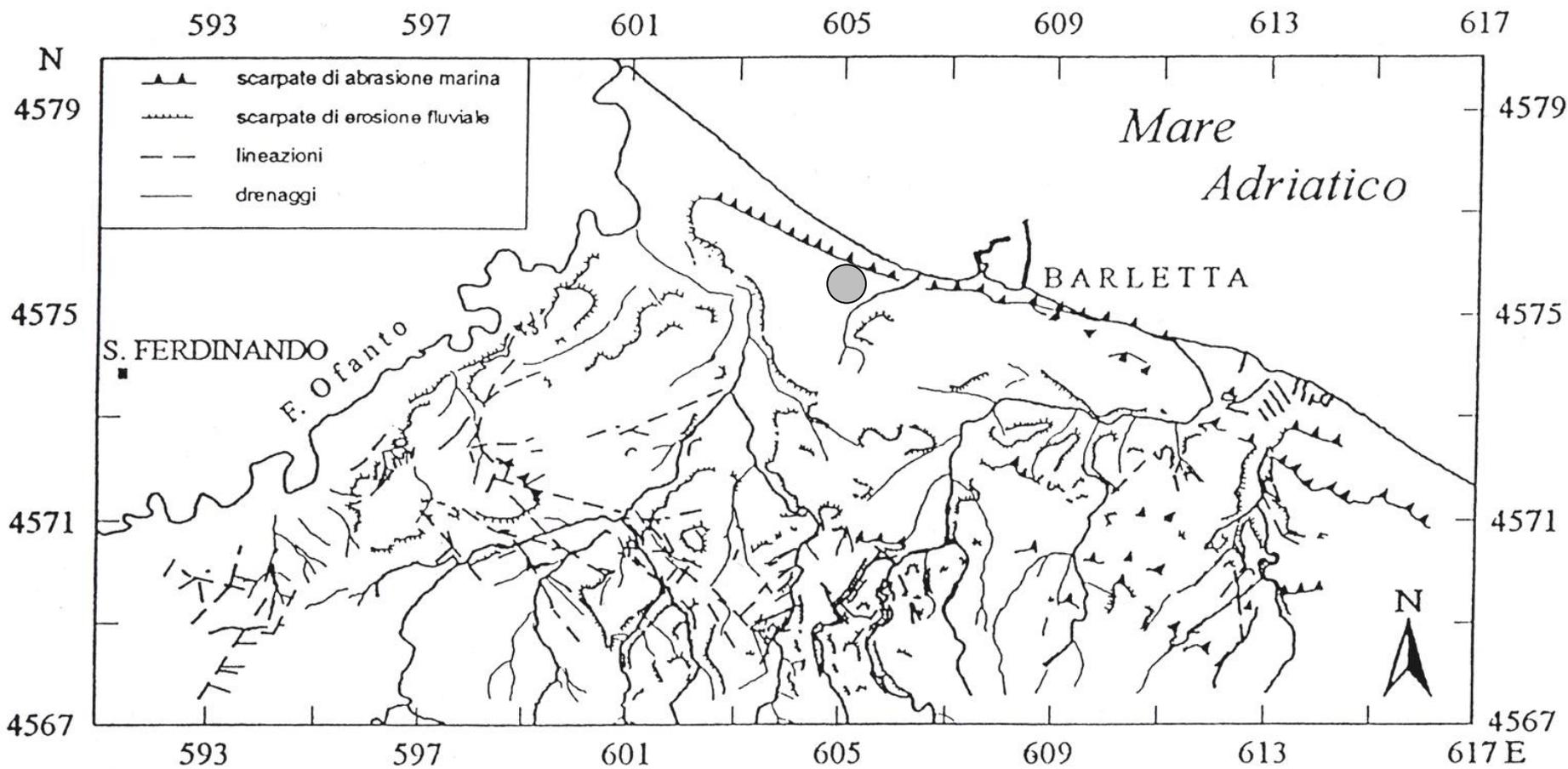


TAVOLA II

Carta morfologica schematica dell'entroterra di Barletta con delimitazione dell'area di studio

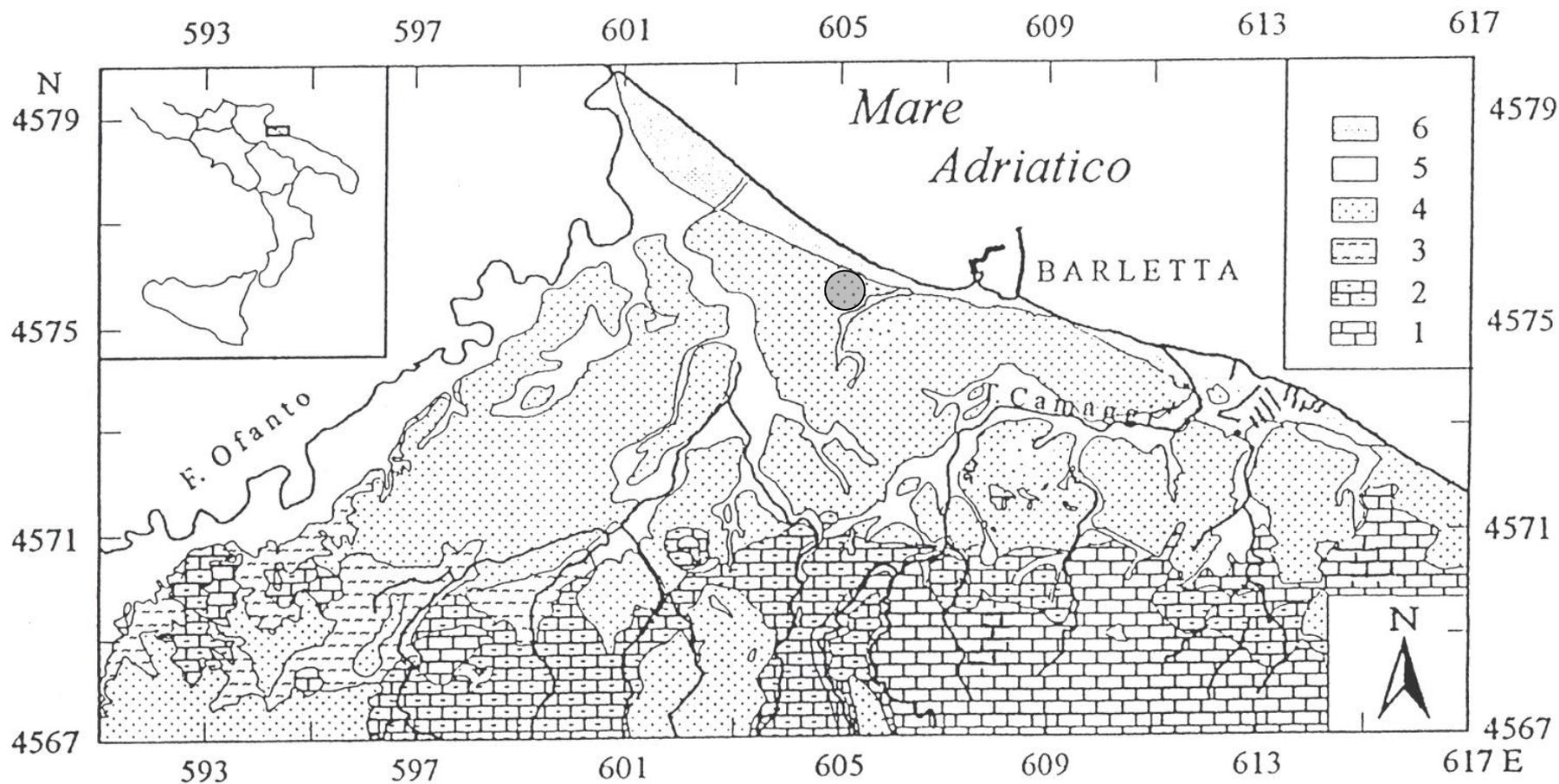


TAVOLA III

Carta geologica schematica dell'entroterra di Barletta con delimitazione dell'area di studio.
 Legenda: 1) substrato mesozoico (*Calccare di Bari*); 2) *Calcarenite di Gravina*; 3) *Argille subappennine*;
 4) depositi terrazzati marini; 5) depositi alluvionali recenti; 6) sabbie delle spiagge attuali

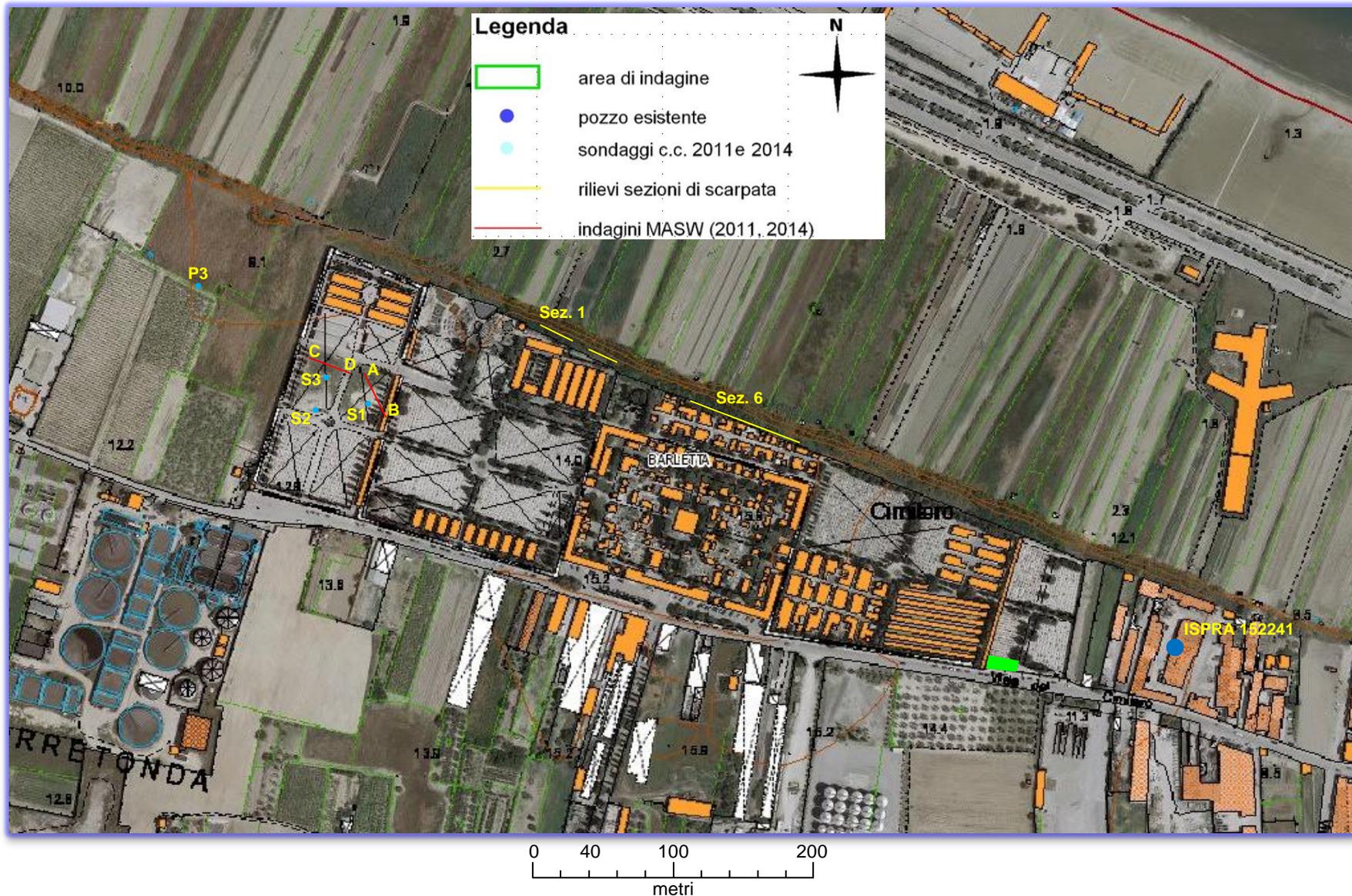


TAVOLA IV

Piano delle indagini.

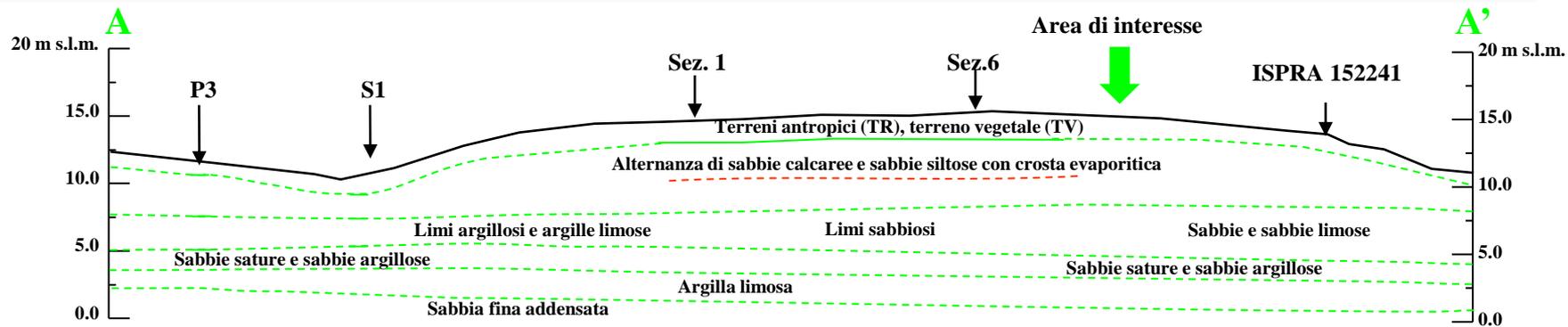
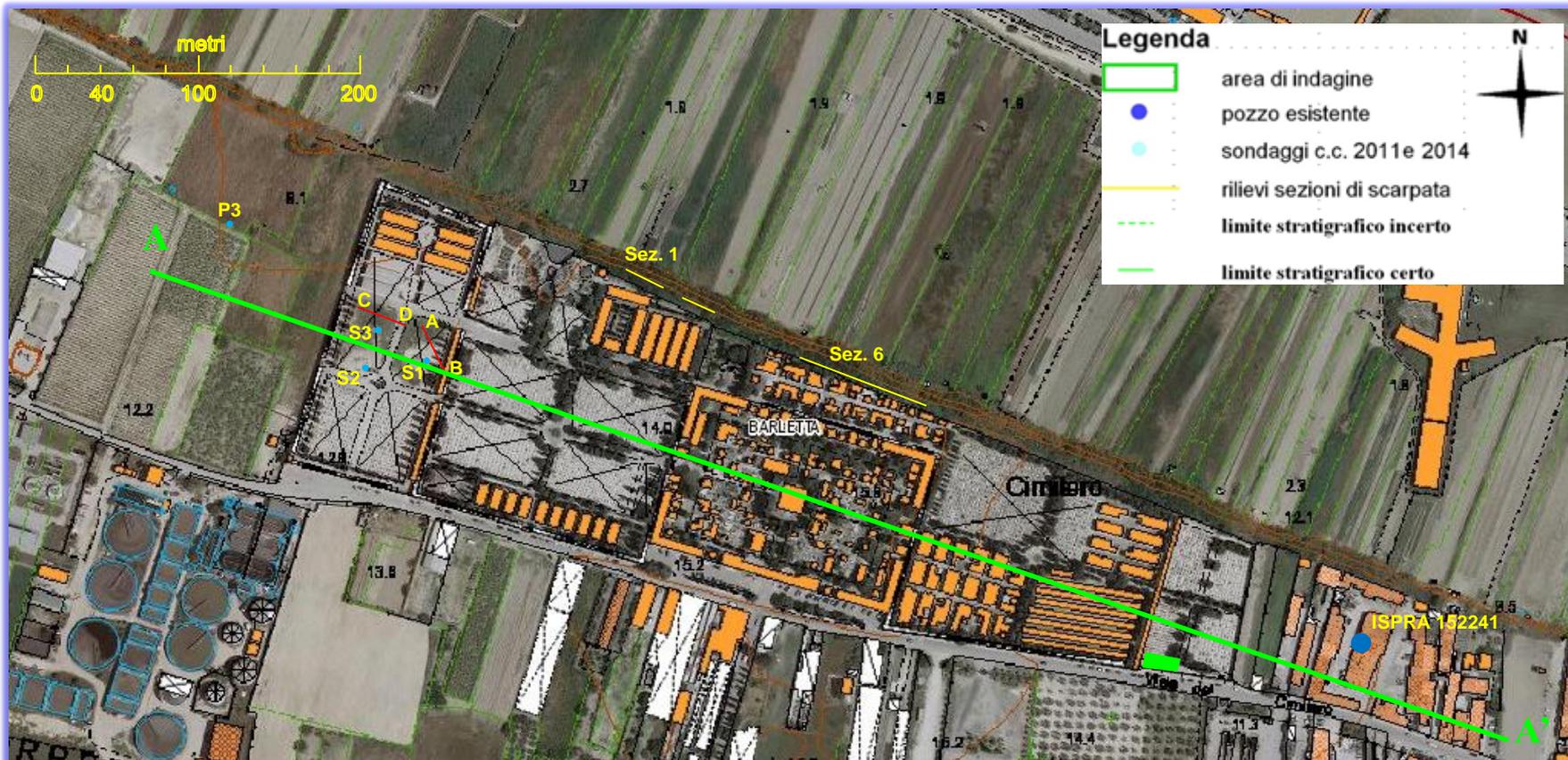


TAVOLA V
Modello geologico



PAI aggiornato

Peric. Geomorf.

- media e moderata (PG1)
- elevata (PG3)

- elevata (PG2)

Peric. Idraulica

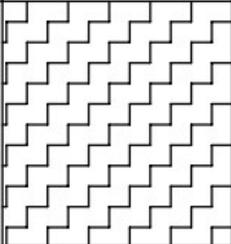
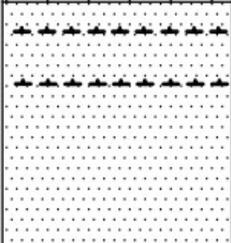
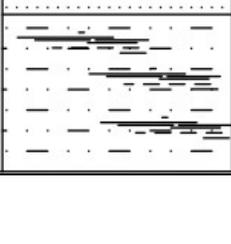
- bassa (BP)
- alta (AP)

- media (MP)

TAVOLA VI

Inquadramento dell'area di interesse nel webgis dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia

ALLEGATO II
Schede stratigrafiche

SEZIONE N. : 1 - 6		QUOTA TOP SEZIONE: 12.0 m s.l.m.	
LOCALITA': Scarpata Cimitero - Barletta			
Profondita' dal p.c. (ml)	STRATIGRAFIA		
	Potenza (ml)	Simbolo grafico	Descrizione litologica
0.00			Terreno di riporto e vegetale
1.00			
2.00			Sabbia calcarea a tratti cementata (crosta)
3.00			Limo argilloso grigio-oliva con livelli di sabbia laminata; abbondanti noduli carbonatici
4.00			

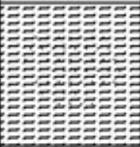
SCHEDA I

<i>Dott. Geol. Raffaele Lopez</i>		COMMITTENTE: COMUNE DI BARLETTA														
		LOCALITA': CIMITERO COMUNALE LATO NW														
		SONDAGGIO N. : P3			QUOTA BOCCAFORO: 10.0 m s.l.m.											
		PROFONDITA' (m): 10.0 m			INCLINAZIONE: 0											
Febbraio 2011																
METODO PERFORAZIONE: ROTAZIONE CON CAROTAGGIO CONTINUO																
Profondita' dal p.c. (ml)	STRATIGRAFIA		CAMPIONI		CAROTAGGIO %	R.Q.D. %	POCKET PENETROMETER (Cu kg/cmq)	S.P.T. prof. n.colpi	Coefficiente di Permeabilità	IDROLOGIA		PARAMETRI GEOTECNICI				
	Potenza (ml)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondita' di prelievo (ml)						Campionatore	Profondita' di rinven. (ml)	Profondita' di stabill. (ml)	C'	ϕ'	γ	
0.00	1.00		Terreno vegetale grigio chiaro con inclusi clasti calcarenitici													
1.00	1.50		Sabbia limosa debolmente argillosa bruno chiaro	2.00												
2.00	3.50		Sabbia fina color avana													
3.00	4.00		Argilla con noduli carbonatici cementati													
4.00	5.50		Argilla limosa colore bruno-verdastro con livelli carboniosi e rari livelletti sabbiosi													
5.00	6.50		Argilla limosa colore bruno-verdastro con livelli carboniosi e rari livelletti sabbiosi								6.9	6.9				
6.00	7.20		Sabbia limosa satura													
7.00	8.20		Argilla limosa													
8.00	8.80		Sabbia fina calcarea addensata													
9.00	10.00															

SCHEDA II

<p style="text-align: center;"><i>Dott.ssa Geol.</i> <i>Maddalena A. Corvasce</i></p>		COMMITTENTE: COMUNE DI BARLETTA												
		LOCALITA': CIMITERO COMUNALE LATO NW												
		SONDAGGIO N. : S1	QUOTA BOCCAFORO: 11.0 m s.l.m.											
		PROFONDITA' (m): 9.50 m	INCLINAZIONE: 0											
Novembre 2014														
METODO PERFORAZIONE: ROTAZIONE CON CAROTAGGIO CONTINUO														
Profondita' dal p.c. (ml)	STRATIGRAFIA		CAMPIONI		R.Q.D. %	POCKET PENETROMETER (Cu kg/cmq)	S.P.T. $\frac{\text{prof.}}{\text{n.colpi}}$	Coefficiente di Permeabilità	IDROLOGIA		PARAMETRI GEOTECNICI			
	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondita' di prelievo (m)					Compiatore	Tipo di prelievo	CAROTAGGIO %	Profondita' di rinven. (ml)	Profondita' di stabil. (ml)	C'
0.0			Terreno di riporto											
1.0	1.50		Limo sabbioso di colore verde nocciola in alternanza con sabbia calcarea											
2.0	2.45		Limo sabbioso di colore verde nocciola in alternanza con sabbia calcarea											
3.0			Limo sabbioso di colore verde nocciola in alternanza con sabbia calcarea											
4.0			Limo sabbioso di colore verde nocciola in alternanza con sabbia calcarea											
5.0	2.55		Argilla sabbiosa/sabbia argillosa ricca di minerali femici e noduli carbonatici e livelli carboniosi e patine di ossidazione											
6.0			Argilla sabbiosa/sabbia argillosa ricca di minerali femici e noduli carbonatici e livelli carboniosi e patine di ossidazione											
7.0			Argilla sabbiosa/sabbia argillosa ricca di minerali femici e noduli carbonatici e livelli carboniosi e patine di ossidazione											
8.0	3.00		Argilla verdastra con tracce carboniose											
9.0			Argilla verdastra con tracce carboniose											
10.0			Argilla verdastra con tracce carboniose											
			fine investigazione											

SCHEDA III

<i>Dott.ssa Geol.</i> <i>Maddalena A. Corvasce</i>		COMMITTENTE: COMUNE DI BARLETTA															
		LOCALITA': CIMITERO COMUNALE LATO NW															
		SONDAGGIO N. : S2					QUOTA BOCCAFORO: 11.0 m s.l.m.										
		PROFONDITA' (m): 4.95 m					INCLINAZIONE: 0										
Novembre 2014																	
METODO PERFORAZIONE: ROTAZIONE CON CAROTAGGIO CONTINUO																	
Profondita' dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA			CAMPIONI			CAROTAGGIO %	R.Q.D. %	POCKET PENETROMETER (Cu kg/cmq)	S.P.T. prof. n.colpi	Coefficiente di Permeabilità	IDROLOGIA		PARAMETRI GEOTECNICI			
	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondita' di prelievo (m)	Campionatore	Tipo di prelievo						Profondita' di rinven. (m)	Profondita' di stabil. (m)	C'	ϕ'	γ	
0.0																	
1.0	1.45		Terreno di riporto							1.00							
2.0	1.05		Terreno sabbioso grigio scuro							4							
3.0	0.80		Sabbia avana ricca di minerali femici							6							
4.0	1.65		Argilla sabbiosa con noduli carbonatici, patine di ossidazione e minerali femici							4.50							
5.0		fine investigazione								8							
6.0										16							

SCHEDA IV

<i>Dott.ssa Geol.</i> <i>Maddalena A. Corvasce</i>		COMMITTENTE: COMUNE DI BARLETTA														
		LOCALITA': CIMITERO COMUNALE LATO NW														
		SONDAGGIO N. : S3					QUOTA BOCCAFORO: 11.0 m s.l.m.									
		PROFONDITA' (m): 5.00 m					INCLINAZIONE: 0									
Novembre 2014																
METODO PERFORAZIONE: ROTAZIONE CON CAROTAGGIO CONTINUO																
Profondita' dal p.c. (m)	STRATIGRAFIA			CAMPIONI		CAROTAGGIO %	R.Q.D. %	POCKET PENETROMETER (Cu kg/cmq)	S.P.T. prof. n.colpi	Coefficiente di Permeabilità	IDROLOGIA		PARAMETRI GEOTECNICI			
	Potenza (m)	Simbolo grafico	Descrizione litologica	Profondita' di prelievo (m)	Compiatore Tipo di prelievo						Profondita' di rinven. (m)	Profondita' di stabil. (m)	C'	ϕ'	γ	
0.0	1.50		Terreno di riporto													
1.0		1.45		Sabbia avana ricca di minerali femici												
2.0			2.05		Argilla sabbiosa con noduli carbonatici e patine carboniose intercalata da livelletti sabbiosi e patine di ossidazione											
3.0																
4.0																
5.0																
6.0		fine investigazione														

SCHEDA V

ALLEGATO III
Fotografie



Foto 1 - Unità della scarpata naturale ed in particolare l'unità calcarenitico sabbiosa (Unità CS) al di sopra di quella limoso-argillosa (Unità LA) (Sezioni 1-6)



Foto 2 - Erosione differenziale nell'ambito dell'Unità CS della crosta rispetto alla sabbia calcarea sottostante (Sezioni 1-6)



Foto 3 - Esecuzione del sondaggio P3



Foto 4 - Cassetta da 0,0 a 5,0 m del sondaggio P3



Foto 5 - Cassetta da 5,0 a 10,0 m del sondaggio P3



Foto 6 - Prelievo del campione in fustella dal sondaggio P3



Foto 7- Ubicazione sondaggio S1 ed esecuzione prova SPT da 1,5 m a 1,95 m



Foto 8 - Carota prova SPT S1 – profondità di campionamento 1,5 m a 1,95 m



Foto 9 - Casseta da 0,0 a 5,0 m del sondaggio S1



Foto 10 - Casseta da 5,0 a 10,0 m del sondaggio S1



Foto 11 - Ubicazione sondaggio S2 ed esecuzione di una delle due prove SPT effettuate ad 1,0 m e 4,5 m dal p.c.



Foto 12 - Carota prova SPT S2 - profondità 1,0 m a 1,45 m



Foto 13 - Carota prova SPT S2 – profondità 4,5 m a 4,95 m



Foto 14 – Cassetta da 0,0 a 5,0 m - sondaggio S2



Foto 15 – Ubicazione sondaggio S3 ed esecuzione della prova SPT da 2,5 m a 2,95 m



Foto 16 - Carota prova SPT S3 – profondità di campionamento 4,5 m a 4,95 m



1,0 2,0 3,0 4,0 5,0

Foto 17 - Cassetta da 0,0 a 4,5 m - sondaggio S3

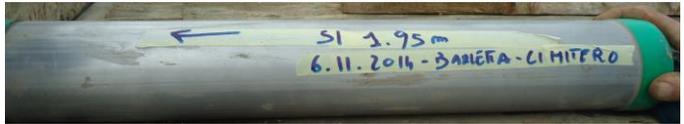


Foto 18 - Campione indisturbato S1 prelevato nell'intervallo 1,95 – 2,45 m - Certificati in allegato dal N. 5631 al N. 5636



Foto 19 - Campione indisturbato S3 prelevato nell'intervallo 4,5 m - Certificati in allegato dal N. 5637 al N. 5642

ALLEGATO IV
(CERTIFICATI DI LABORATORIO)



Laborgeo s.r.l.
Via Dei Mestieri n° 16 – 75100 MATERA
Tel. 0835.387641 - E-mail: laborgeo@tin.it

***LABORATORIO GEOTECNICO PROVE SU TERRE, AUTORIZZATO AI SENSI DELL'ART.
59 DEL D.P.R. N° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi***

**Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie press oil
cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo
stralcio - Barletta**

Committente:

LABORATORIO TERRE sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Via I° Maggio n° 31
75100 MATERA

Verbale di accettazione n° 312/2014 del 19.11.2014

Certificati emessi dal n° 5631/2014 al n° 5642/2014

QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE
LAVORO: LAVORI DI REALIZZAZIONE DI N°1160 NICCHIE FUNERARIE PRESSO IL CIMITERO COM UNALE IN ZONA DI ESPANSIONE
NORD-OVEST SETTIMO STRALCIO - BARLETTA

Sond.	Camp.	Profondità m	W %	γ_v KN/m ³	γ_d KN/m ³	γ_{sat} KN/m ³	γ_s KN/m ³	e	n %	Sr %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG CD c KN/m ² ϕ°	E.L.L. cu KN/m ²	UNI
1	1	1.95 - 2.45	23.64	18.39	14.87	19.32	26.80	0.802	44.50	79.01	1.28	41.89	41.44	15.39	29	23	6	12.59 - 27.5°	-	A - 4 ML
3	1	4.50 - 5.00	19.39	18.64	15.61	19.89	27.30	0.749	42.81	70.71	2.40	13.58	54.43	29.59	35	24	11	-	75.14	A - 6 CL

Legenda:

W= Umidità naturale - γ_v = Peso di volume naturale - γ_d = Peso di volume secco - γ_s = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - S_r=Grado di saturazione - γ_{sat} =peso di volume saturo
L.L.= Limite liquido - L.P.= Limite plastico - IP= Indice plastico - c=Coesione - ϕ° = Angolo di attrito interno - cu=Coesione non drenata

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5631 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)		
Sondaggio n°	1	Campione n°	1
		Profondità:	1.95 - 2.45 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore	Fustella metallica tipo Shelby
Descrizione visiva del campione	Limo sabbioso di colore verde-nocciola, a medio-alta plasticità.		

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME
(BS 1377T15/e)**

Caratteristiche geometriche dei provini

Numero provino	Provino 1	Provino 2	U.M.
Altezza media	2.00	2.00	cm
Lato del provino	6.00	6.00	cm
Area del provino	36.00	36.00	cm ²
Volume del provino	72.00	72.00	cm ³

Numero provino	Provino 1	Provino 2	U.M.
Massa provino	132.95	131.81	g
Volume provino	72.00	72.00	cm ³
Peso dell'unità di volume	18.47	18.31	KN/m ³
Peso dell'unità di volume medio	18.39		KN/m ³

Data Inizio Prova: 25.11.2014

Data Fine Prova: 25.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5632 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)				
Sondaggio n°	1	Campione n°	1	Profondità:	1.95 - 2.45 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby		
Descrizione visiva del campione	Limo sabbioso di colore verde-nocciola, a medio-alta plasticità.				

**MISURA DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA
(ASTM D2216)**

Misura	1	2	U.M.
Massa tara	68.45	66.18	g
Massa tara + massa campione umido	829.25	815.25	g
Massa tara + massa campione secco	685.01	670.81	g
Contenuto naturale d'acqua	23.39	23.89	%
Contenuto naturale medio d'acqua	23.64		%

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 25.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5633 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)				
Sondaggio n°	1	Campione n°	1	Profondità	1.95 - 2.45 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby		
Descrizione viva del campione	Limo sabbioso di colore verde-nocciola, a medio-alta plasticità.				

**MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI
(ASTM D854)**

Misura	1	2	U.M.
Massa picnometro	36.67	36.88	g
Massa picnometro + massa campione secco	61.75	61.89	g
Massa campione secco	25.08	25.01	g
Massa picnometro + massa campione secco + massa acqua	165.93	174.18	g
Massa picnometro + massa acqua	140.85	49.17	g
Massa picnometro + massa acqua + massa campione	156.58	164.85	g
Volume del campione	9.35	9.33	cm ³
Temperatura di prova	20	20	°C
Peso specifico dei grani a T=20°C	26.82	26.81	kN/m ³
Peso specifico dei grani medio a T=20°C	26.8		kN/m ³

Data Inizio Prova: 27.11.2014

Data Fine Prova: 28.11.2014

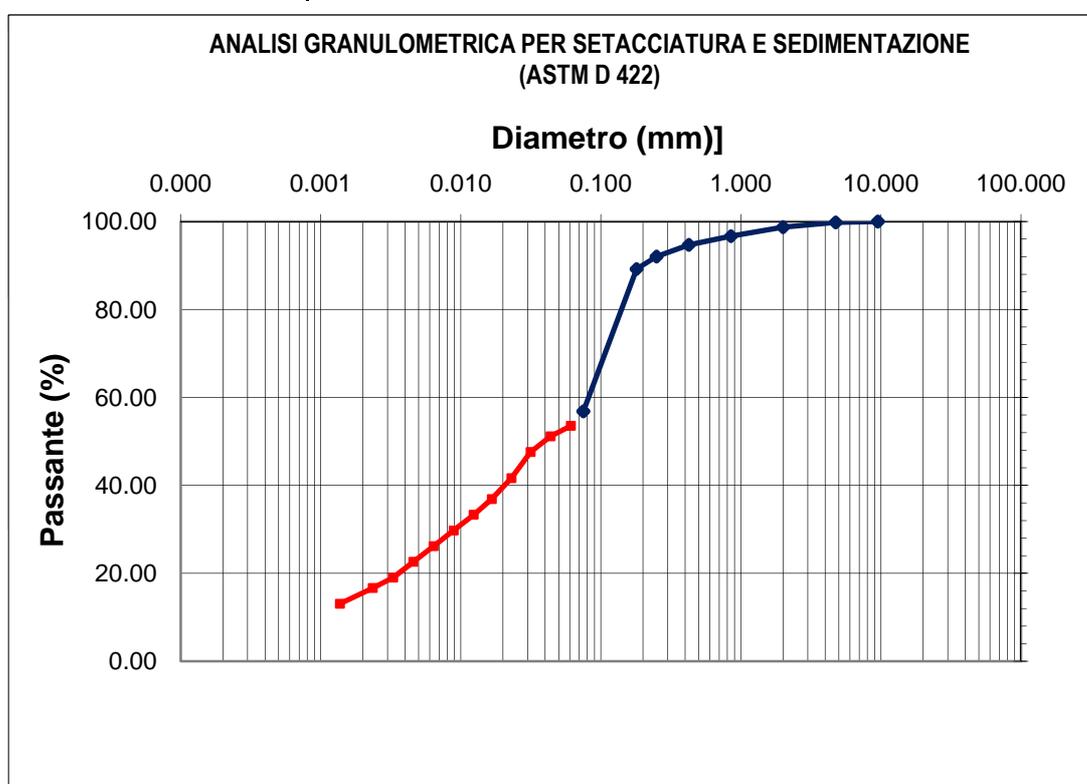
Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
 Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5634 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)		
Sondaggio n°	1	Campione n°	1
		Profondità:	1.95 - 2.45 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo di contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby
Descrizione visiva del campione	Limo sabbioso di colore verde-nocciola, a medio-alta plasticità.		



Apertura setaccio, mm	Passante %	Diametro equivalente (mm)	Passante %
9.500	100.00	0.06105	53.54
4.750	99.80	0.04375	51.16
2.000	98.72	0.03154	47.60
0.850	96.68	0.02299	41.65
0.425	94.70	0.01664	36.89
0.250	92.04	0.01236	33.32
0.180	89.20	0.00888	29.75
0.075	56.83	0.00638	26.18
		0.00458	22.61
		0.00329	19.04
		0.00235	16.66
		0.00137	13.09

Data Inizio Prova: 25.11.2014

Data Fine Prova: 28.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5635 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)		
Sondaggio n°	1	Campione n°	1
		Profondità:	1.95 - 2.45 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby
Descrizione visiva del campione	Limo sabbioso di colore verde-nocciola, a medio-alta plasticità.		

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

LIMITE LIQUIDO E PLASTICO

(ASTM D4318)

MISURA	1	2	3	U.M.
Numero dei colpi	13	24	34	
Massa campione umido + tara	30.16	29.82	29.74	g
Massa campione secco + tara	27.92	27.50	27.53	g
Massa acqua contenuta	2.24	2.32	2.21	g
Massa tara	20.33	19.49	19.78	g
Massa campione secco	7.59	8.01	7.75	g
Contenuto d'acqua	29.51	28.96	28.52	%
LIMITE LIQUIDO	29.00			%

MISURA	1	2	U.M.
Massa campione umido + tara	20.52	21.04	g
Massa campione secco + tara	19.09	19.63	g
Massa acqua contenuta	1.43	1.41	g
Massa tara	12.92	13.62	g
Massa campione secco	6.17	6.01	g
Contenuto d'acqua	23.18	23.46	%
LIMITE PLASTICO	23.00		%

INDICE PLASTICO	6.00	%
------------------------	------	---

Data Inizio Prova: 26.11.2014
Note:

Data Fine Prova: 28.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5636 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campioni	BARLETTA (BAT)		
Sondaggio n°	1	Campione n°	1
		Profondità:	1.95 - 2.45 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore	Fustella metallica tipo Shelby
Descrizione visiva del campione	Limo sabbioso di colore verde-nocciola, a medio-alta plasticità.		

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(ASTM D 3080)

Tipo di attrezzatura impiegata: macchina elettronica con acquisizione dati automatizzata

Caratteristiche fisiche dei provini

Caratteristiche fisiche iniziale dei provini	Provino 1	Provino 2	Provino 3	U.M.
Contenuto d'acqua	23.64	23.62	23.69	%
Peso dell'unità di volume	18.39	18.39	18.39	kN/m ³
Peso specifico dei grani	26.80	26.80	26.80	kN/m ³
Peso dell'unità di volume secco	14.87	14.88	14.87	kN/m ³
Indice dei vuoti	0.802	0.802	0.803	
Grado di saturazione	79.01	78.98	79.11	%

Caratteristiche fisiche finale dei provini	Provino 1	Provino 2	Provino 3	U.M.
Contenuto d'acqua	23.15	23.11	23.18	%
Peso dell'unità di volume	18.44	18.44	18.44	kN/m ³
Peso specifico dei grani	26.80	26.80	26.80	kN/m ³
Peso dell'unità di volume secco	14.97	14.98	14.97	kN/m ³
Indice dei vuoti	0.790	0.789	0.790	
Grado di saturazione	78.55	78.47	78.61	%

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE INIZIALI DEL PROVINO E MODALITA' DI PROVA

Altezza media	2.0 cm	Lato	6.0 cm	Area media	36.00 cm ²	Volume medio	72.0 cm ³
Tipo di scatola	Quadrata	Velocità di deformazione		5.00E-08 m/s			
Tipo di campione	indisturbato						
Tensione Normale provino 1	100.00	kPa					
Tensione Normale provino 2	200.00	kPa					
Tensione Normale provino 3	300.00	kPa					

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5636 Del 28.11.2014

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO
Dati Sperimentali della Fase di Taglio**

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
δx	F	δh	δx	F	δh	δx	F	δh
0.22	56	-1.2	0.31	118	-2.5	0.45	225	-2.9
0.47	97	-2.3	0.63	212	-5.8	0.88	357	-6.3
0.79	135	-3.5	0.9	275	-8.2	1.25	443	-9.8
1.12	174	-4.5	1.35	335	-9.8	1.67	512	-12.2
1.41	199	-5.2	1.67	368	-11	1.91	546	-14.4
1.65	215	-5.8	1.93	393	-11.8	2.2	570	-16.6
1.88	225	-6.3	2.21	407	-12.6	2.55	586	-18.4
2.11	230	-6.7	2.42	419	-13.3	2.73	598	-19.7
2.27	232	-7.2	2.58	422	-13.8	2.9	605	-20.6
2.42	232	-7.5	2.75	422	-14.2	3.13	607	-21.3
2.55	232	-7.7	2.9	422	-14.4	3.2	607	-21.8
						3.44	607	-22.2

δx =Spostamento orizzontale (mm); F=Forza di taglio (N); δh =Deformazione verticale (mm/100)

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
 Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5636 Del 28.11.2014

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO
 Calcoli della fase di taglio**

Provino 1

δx	T	δh
0	0	0
0.22	15.56	-1.2
0.47	26.94	-2.3
0.79	37.50	-3.5
1.12	48.33	-4.5
1.41	55.28	-5.2
1.65	59.72	-5.8
1.88	62.50	-6.3
2.11	63.89	-6.7
2.27	64.44	-7.2
2.42	64.44	-7.5
2.55	64.44	-7.7

Provino 2

δx	T	δh
0	0	0
0.31	32.78	-2.5
0.63	58.89	-5.8
0.9	76.39	-8.2
1.35	93.06	-9.8
1.67	102.22	-11
1.93	109.17	-11.8
2.21	113.06	-12.6
2.42	116.39	-13.3
2.58	117.22	-13.8
2.75	117.22	-14.2
2.9	117.22	-14.4

Provino 3

δx	T	δh
0	0	0
0.45	62.50	-2.9
0.88	99.17	-6.3
1.25	123.06	-9.8
1.67	142.22	-12.2
1.91	151.67	-14.4
2.2	158.33	-16.6
2.55	162.78	-18.4
2.73	166.11	-19.7
2.9	168.06	-20.6
3.13	168.61	-21.3
3.2	168.61	-21.8
3.44	168.61	-22.2

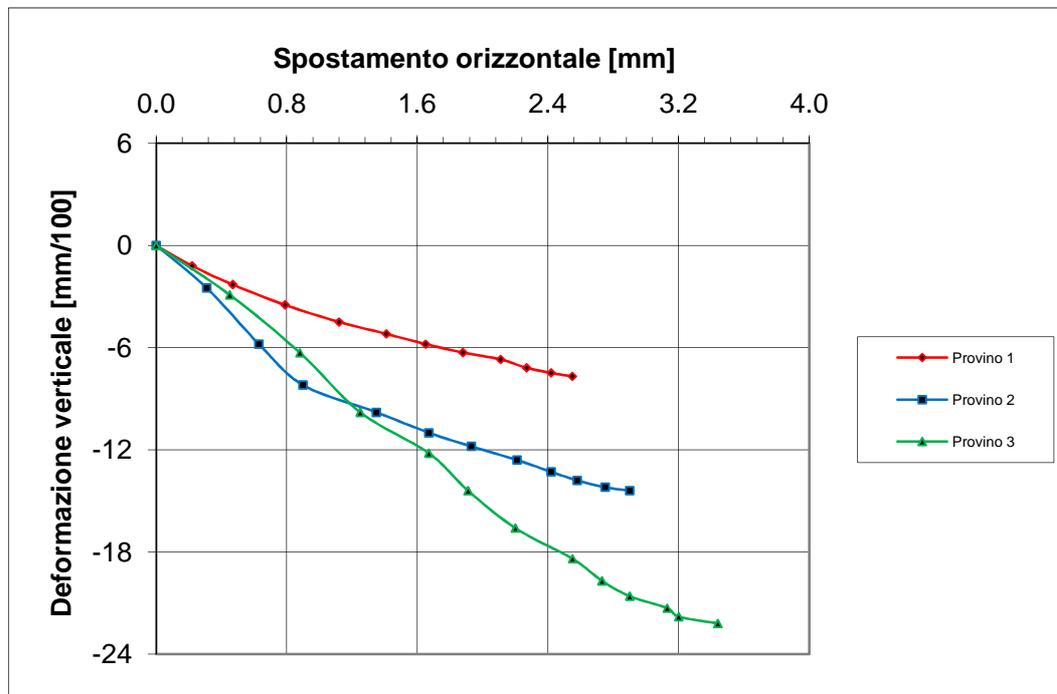
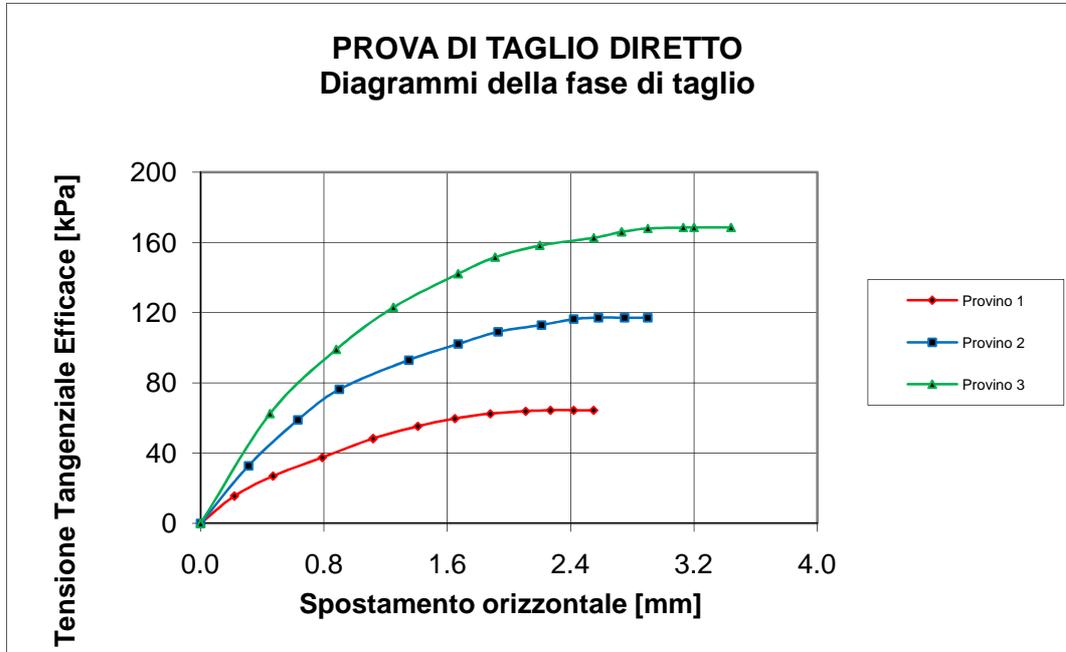
δx =Spostamento orizzontale (mm); T=Tensione Tang. Eff. (kPa); δh =Deformazione Verticale (mm/100)

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
 Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

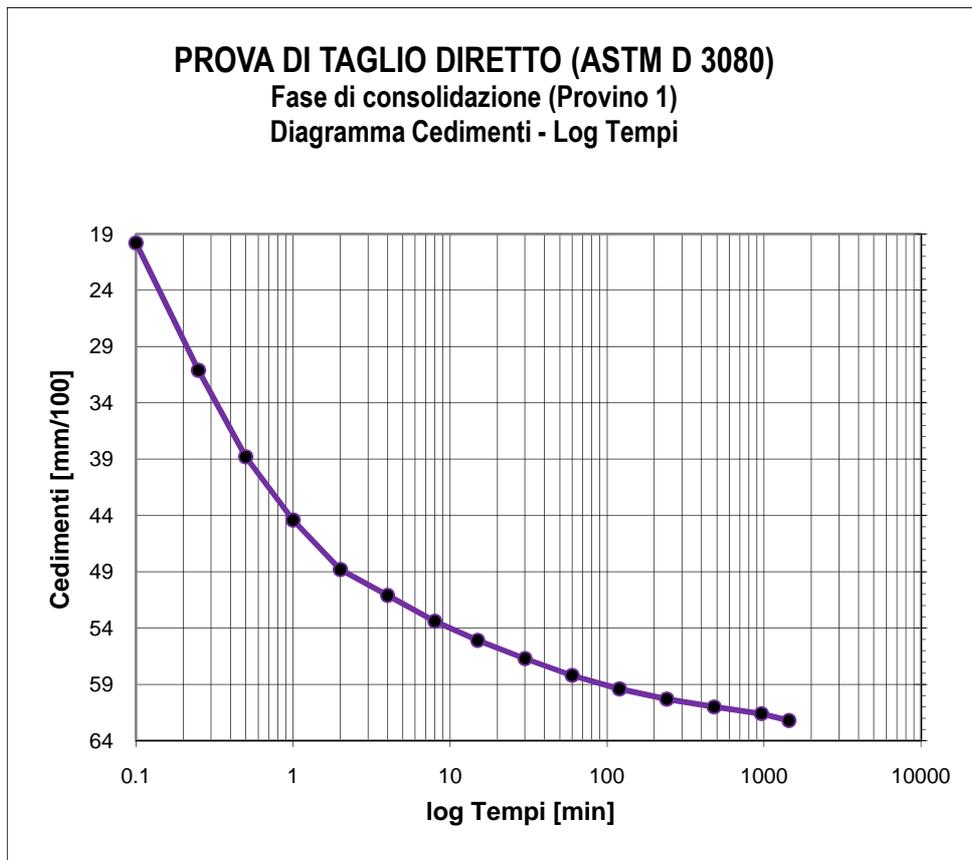
Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5636 Del 28.11.2014



Data Inizio Prova: 24.11.2014 Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
 Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5636 Del 28.11.2014



Tempo (min)	Cedimenti (mm/100)
0	0
0.1	19.8
0.25	31.1
0.5	38.8
1	44.4
2	48.8
4	51.1
8	53.4
15	55.1
30	56.7
60	58.2
120	59.4
240	60.3
480	61
960	61.6
1440	62.2

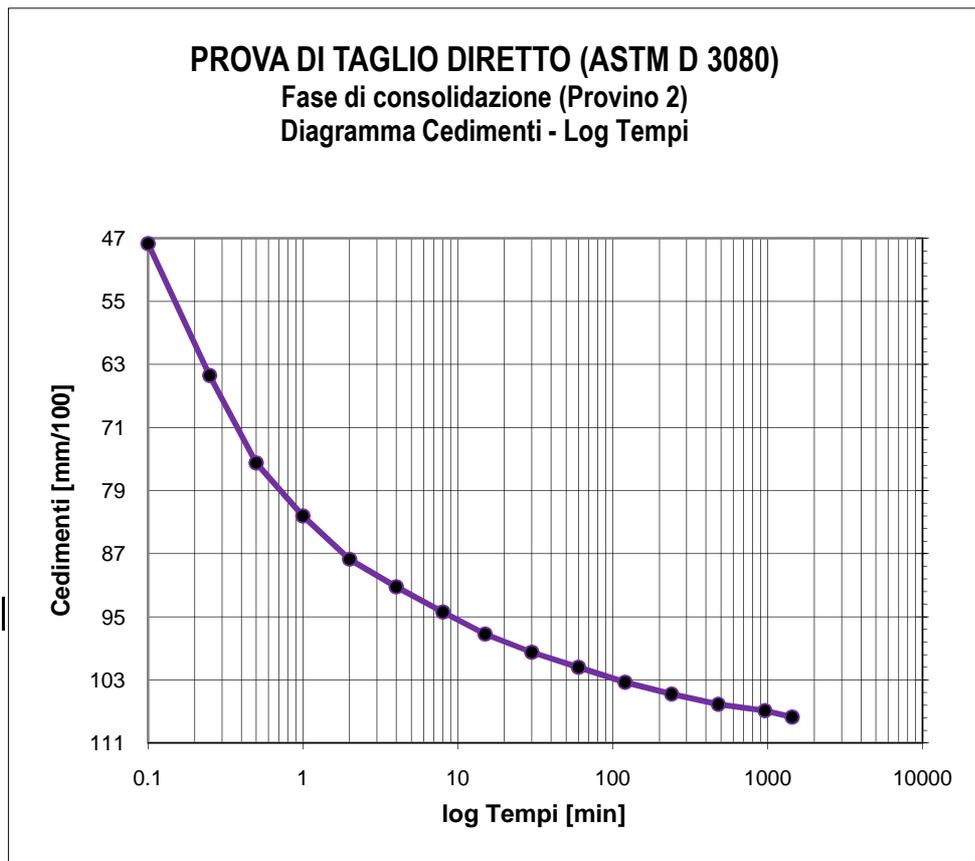
Tensione di consolidazione	100	kPa
Altezza provino	2	cm
Sezione provino	36	cm ²
T100	115.65	min
Deformazione a rottura stimata	5	mm
Velocità stimata di prova	0.003	mm/min

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
 Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5636 Del 28.11.2014



Tempo (min)	Cedimenti (mm/100)
0	0
0.1	47.7
0.25	64.4
0.5	75.5
1	82.2
2	87.7
4	91.2
8	94.4
15	97.2
30	99.5
60	101.4
120	103.3
240	104.8
480	106.1
960	106.9
1440	107.7

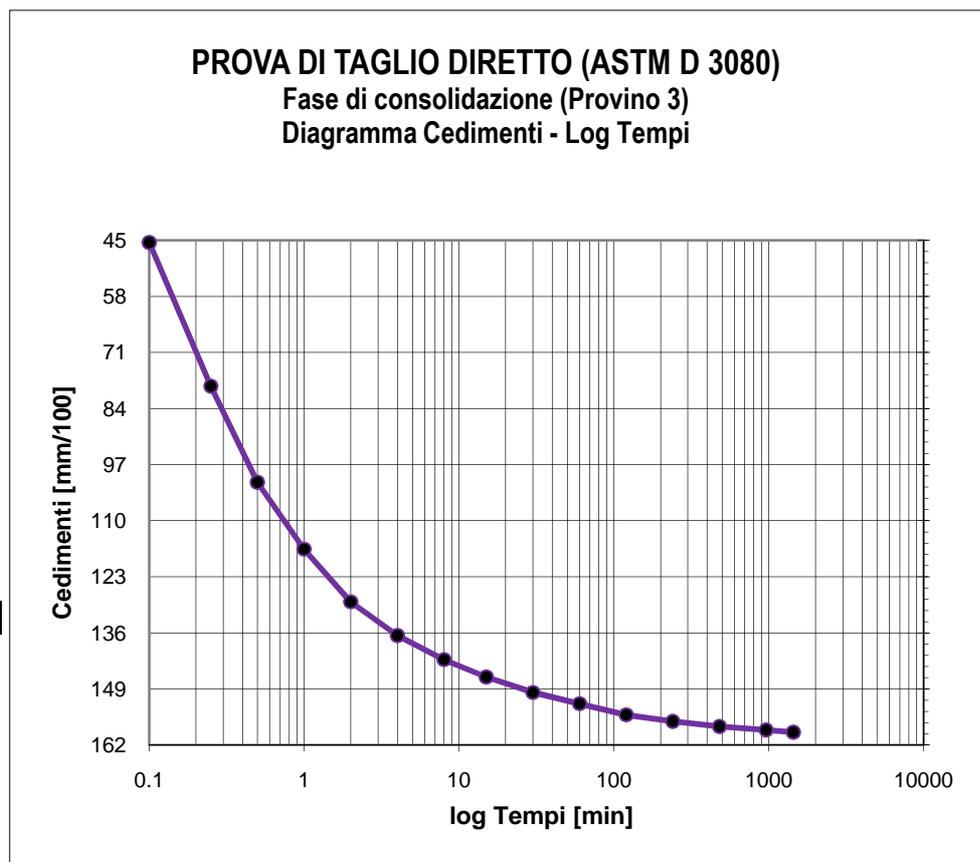
Tensione di consolidazione	200	kPa
Altezza provino	2	cm
Sezione provino	36	cm ²
T100	111.23	min
Deformazione a rottura stimata	5	mm
Velocità stimata di prova	0.004	mm/min

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
 Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5636 Del 28.11.2014



Tempo (min)	Cedimenti (mm/100)
0	0
0.1	45.5
0.25	78.8
0.5	101.1
1	116.6
2	128.8
4	136.6
8	142.2
15	146.2
30	149.8
60	152.4
120	155
240	156.5
480	157.7
960	158.5
1440	159

Tensione di consolidazione	300	kPa
Altezza provino	2	cm
Sezione provino	36	cm ²
T100	115.76	min
Deformazione a rottura stimata	5	mm
Velocità stimata di prova	0.003	mm/min

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5637 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)				
Sondaggio n°	3	Campione n°	1	Profondità:	4.50 - 5.00 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore	Fustella metallica tipo Shelby		
Descrizione visiva del campione	Argilla leggermente scagliettata di colore avana-nocciola, a media plasticità.				

**MISURA DEL PESO DELL'UNITA' DI VOLUME
(BS 1377T15/e)**

Caratteristiche geometriche dei provini

Numero provino	Provino 1	Provino 2	U.M.
Altezza media	2.00	2.00	cm
Lato del provino	6.00	6.00	cm
Area del provino	36.00	36.00	cm ²
Volume del provino	72.00	72.00	cm ³

Numero provino	Provino 1	Provino 2	U.M.
Massa provino	134.08	134.31	g
Volume provino	72.00	72.00	cm ³
Peso dell'unità di volume	18.62	18.65	KN/m ³
Peso dell'unità di volume medio	18.64		KN/m ³

Data Inizio Prova: 25.11.2014

Data Fine Prova: 25.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5638 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)				
Sondaggio n°	3	Campione n°	1	Profondità:	4.50 - 5.00 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby		
Descrizione visiva del campione	Argilla leggermente scagliettata di colore avana-nocciola, a media plasticità.				

**MISURA DEL CONTENUTO NATURALE D'ACQUA
(ASTM D2216)**

Misura	1	2	U.M.
Massa tara	67.85	65.58	g
Massa tara + massa campione umido	790.25	777.55	g
Massa tara + massa campione secco	674.58	660.29	g
Contenuto naturale d'acqua	19.06	19.72	%
Contenuto naturale medio d'acqua	19.39		%

Data Inizio Prova: 24.11.2014

Data Fine Prova: 25.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5639 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)				
Sondaggio n°	3	Campione n°	1	Profondità	4.50 - 5.00 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5 Tipo contenitore: Fustella metallica tipo Shelby				
Descrizione viva del campione	Argilla leggermente scagliettata di colore avana-nocciola, a media plasticità.				

**MISURA DEL PESO SPECIFICO DEI GRANI
(ASTM D854)**

Misura	1	2	U.M.
Massa picnometro	36.24	35.98	g
Massa picnometro + massa campione secco	61.29	61.07	g
Massa campione secco	25.05	25.09	g
Massa picnometro + massa campione secco + massa acqua	169.46	164.16	g
Massa picnometro + massa acqua	144.41	139.07	g
Massa picnometro + massa acqua + massa campione	160.28	154.96	g
Volume del campione	9.18	9.20	cm ³
Temperatura di prova	20	20	°C
Peso specifico dei grani a T=20°C	27.29	27.27	kN/m ³
Peso specifico dei grani medio a T=20°C	27.3		kN/m ³

Data Inizio Prova: 27.11.2014

Data Fine Prova: 28.11.2014

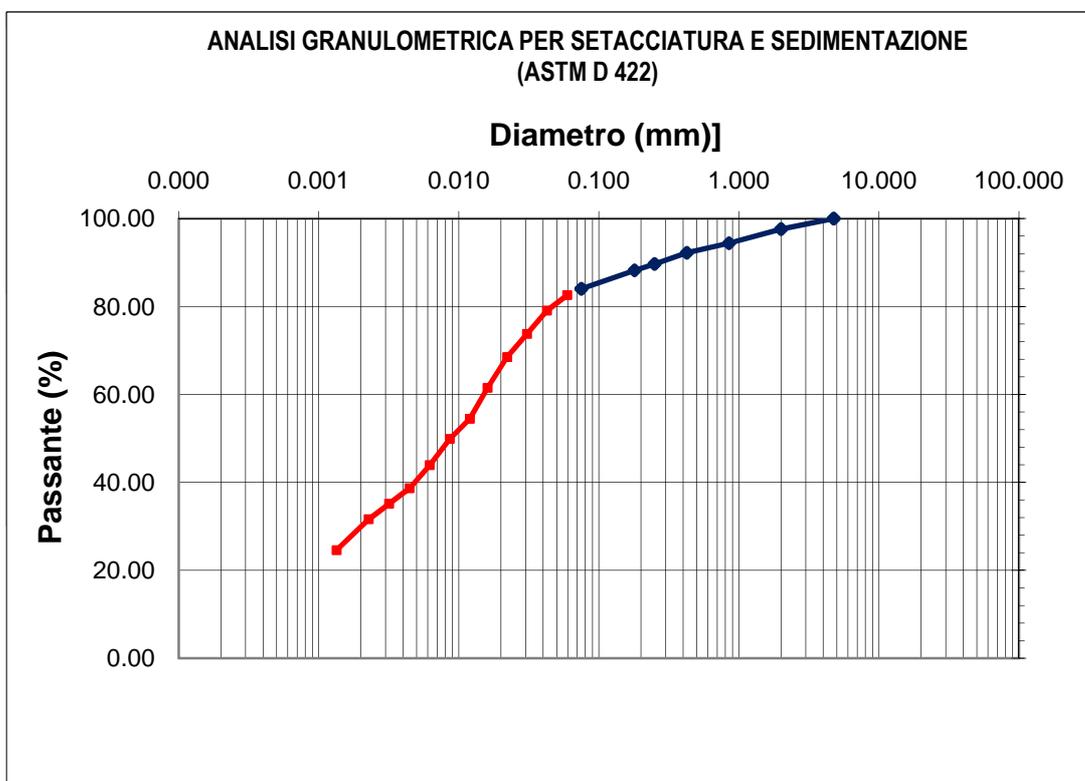
Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
 Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5640 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)		
Sondaggio n°	3	Campione n°	1
		Profondità:	4.50 - 5.00 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo di contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby
Descrizione visiva del campione	Argilla leggermente scagliettata di colore avana-nocciola, a media plasticità.		



Apertura setaccio, mm	Passante %	Diametro equivalente (mm)	Passante %
4.750	100.00	0.05939	82.57
2.000	97.60	0.04257	79.05
0.850	94.39	0.03071	73.78
0.425	92.21	0.02213	68.51
0.250	89.66	0.01603	61.49
0.180	88.21	0.01198	54.46
0.075	84.02	0.00862	49.90
		0.00619	43.92
		0.00445	38.65
		0.00318	35.14
		0.00227	31.62
		0.00134	24.59

Data Inizio Prova: 25.11.2014

Data Fine Prova: 28.11.2014

Note:

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5641 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione	BARLETTA (BAT)		
Sondaggio n°	3	Campione n°	1
		Profondità:	4.50 - 5.00 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore:	Fustella metallica tipo Shelby
Descrizione visiva del campione	Argilla leggermente scagliettata di colore avana-nocciola, a media plasticità.		

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA

LIMITE LIQUIDO E PLASTICO

(ASTM D4318)

MISURA	1	2	3	U.M.
Numero dei colpi	16	26	37	
Massa campione umido + tara	30.34	32.70	31.28	g
Massa campione secco + tara	27.73	30.17	28.70	g
Massa acqua contenuta	2.61	2.53	2.58	g
Massa tara	20.64	22.92	20.91	g
Massa campione secco	7.09	7.25	7.79	g
Contenuto d'acqua	36.81	34.90	33.12	%
LIMITE LIQUIDO	35.00			%

MISURA	1	2	U.M.
Massa campione umido + tara	21.28	21.13	g
Massa campione secco + tara	19.75	19.61	g
Massa acqua contenuta	1.53	1.52	g
Massa tara	13.51	13.32	g
Massa campione secco	6.24	6.29	g
Contenuto d'acqua	24.52	24.17	%
LIMITE PLASTICO	24.00		%

INDICE PLASTICO	11.00	%
------------------------	-------	---

Data Inizio Prova: 26.11.2014
Note:

Data Fine Prova: 28.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5642 Del 28.11.2014

Committente	Laboratorio Terre sas (per conto di Dr. Geol. Maddalena A. CORVASCE)
Indirizzo	Via I Maggio n° 31 - 75100 MATERA
Progetto/Lavoro	Lavori di realizzazione di n° 1160 nicchie funerarie presso il cimitero comunale in zona di espansione Nord-Ovest settimo stralcio - Barletta

Località prelievo campione:	BARLETTA (BAT)				
Sondaggio n°	3	Campione n°	1	Profondità:	4.50 - 5.00 m
Classe di qualità dichiarata	Q.5	Tipo contenitore	Fustella metallica tipo Shelby		
Descrizione visiva	Argilla leggermente scagliettata di colore avana-nocciola, a media plasticità.				

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA
(ASTM D2166)**

Tipo di attrezzatura impiegata: macchina elettronica con acquisizione dati automatizzata

Dimensioni iniziali dei provini	Provino 1	U.M.
Altezza media	7.60	cm
Diametro medio	3.8	cm
Sezione media	11.34	cm ²
Volume medio	86.15	cm ³
Rapporto H/D	1.99	

Caratteristiche fisiche iniziali dei provini	Provino 1	U.M.
Massa provino	159.94	g
Contenuto d'acqua	19.39	%
Peso dell'unità di volume	18.64	kN/m ³
Peso specifico dei grani	27.30	kN/m ³
Peso dell'unità di volume secco	15.61	kN/m ³
Indice dei vuoti	0.749	-
Grado di saturazione	70.71	%

Tipo di campione	indisturbato
------------------	--------------

Velocità di deformazione	1.67E-05	m/s
--------------------------	----------	-----

Data Inizio Prova: 27.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5642 Del 28.11.2014

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Dati della fase di compressione

δh	F
0.50	40
1.00	73
1.50	99
2.00	119
2.50	134
3.00	144
3.50	152
4.00	158
4.50	164
5.00	170
5.50	177
6.00	182
6.50	186
7.00	188
7.50	190
8.00	189
8.50	188
9.00	186

F= Carico Assiale (N);

Δh = Deformazione verticale (mm)

Data Inizio Prova: 27.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5642 Del 28.11.2014

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA
ASTM D2166**

Calcoli della fase di compressione

ϵ	$\sigma_1 - \sigma_3$
0	0
0.66	35.04
1.32	63.53
1.97	85.58
2.63	102.18
3.29	114.28
3.95	121.97
4.61	127.87
5.26	132.00
5.92	136.06
6.58	140.05
7.24	144.79
7.89	147.82
8.55	149.99
9.21	150.52
9.87	151.01
10.53	149.12
11.18	147.24
11.84	144.60

$\sigma_1 - \sigma_3$ = Tensione deviatorica (kPa);

ϵ = Deformazione assiale (%)

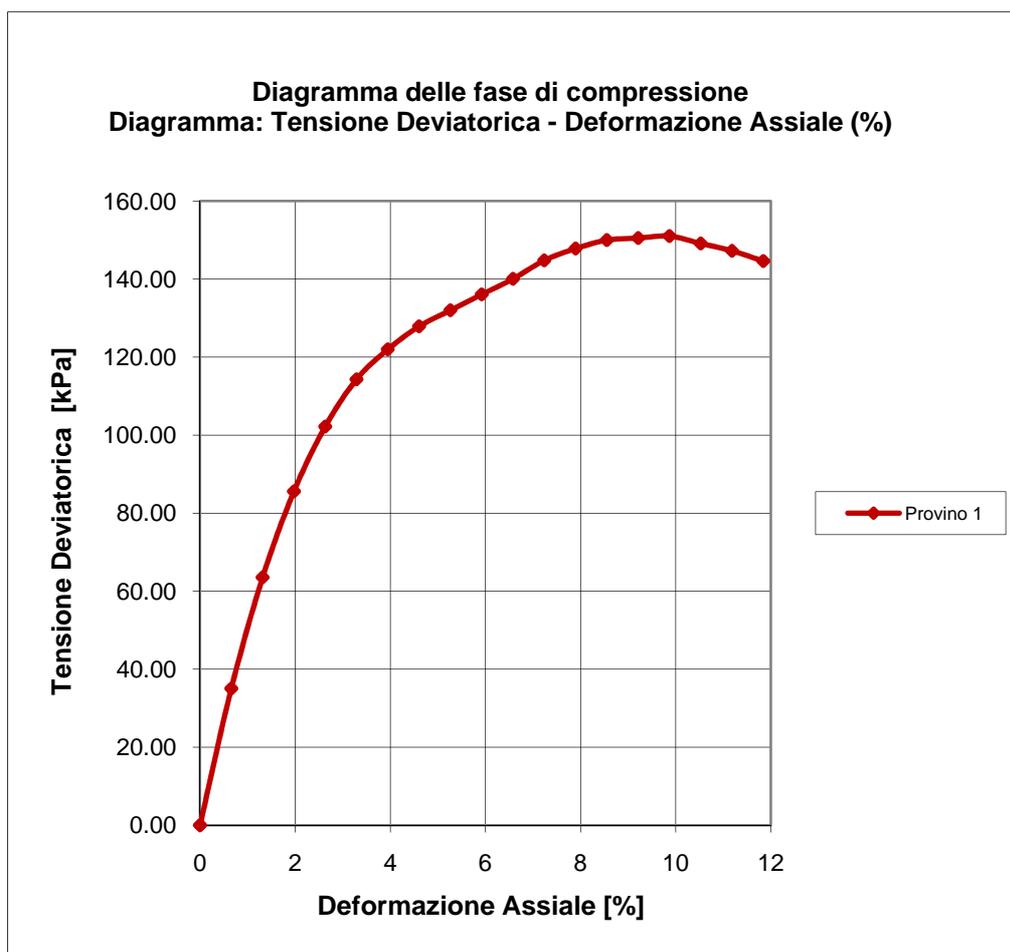
Data Inizio Prova: 27.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014

**Laboratorio Geotecnico Prove su Terre, autorizzato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001
Aut. Min. Infrastrutture e Trasporti n° 54111 del 10.11.2005 e rinnovi**

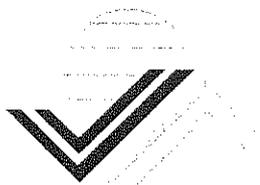
Verbale Accettazione N. 312/2014 Del 19.11.2014 Certificato N. 5642 Del 28.11.2014

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA
(ASTM D2166)**



Data Inizio Prova: 27.11.2014

Data Fine Prova: 27.11.2014



Laboratorio Terre

Laboratorio Terre sas di Rocco Porsia e C.
via I Maggio, 31 - Zona PAIP I - 75100 MATERA
Tel./Fax: +39 0835 385946 - +39 0835 1970026
www.laboratorioterre.it - info@laboratorioterre.it
P.Iva e Cod.Fisc.: 01033110774 - C.C.I.A.A. MT n. 67387



Certificato n° 58/11 - XI - P.F.

Matera, li 22/02/2011

Committente: Geol. Raffaele LOPEZ per conto del Comune di Barletta

Riferimento: Lavori di espansione in zona nord-ovest del cimitero di Barletta

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità: 2,00 m - 2,50 m

Proprietà Fisiche

Peso di volume naturale	γ = 16,74 kN/m ³
Peso specifico solido	γ_s = 27,14 kN/m ³
Peso di volume secco	γ_d = 13,98 kN/m ³
Peso di volume saturo	γ_{sat} = 18,73 kN/m ³
Contenuto d'acqua	w = 19,78 %
Porosità	n = 48,50 %
Indice dei vuoti	e = 0,94
Grado di saturazione	S_r = 58,13 %

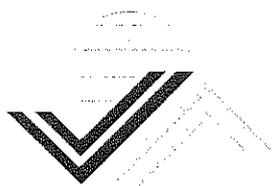
Descrizione: Sabbia limosa debolmente argillosa di colore brunastro.

Direttore tecnico: *Dott. Geol. Rocco PORSIA*

Rocco Porsia

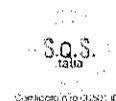
Sperimentatore: *Dott. Geol. Gianfranco SCALCIONE*

Gianfranco Scalcione



Laboratorio Terre

Laboratorio Terre sas di Rocco Porsia e C.
via I Maggio, 31 - Zona PAIP I - 75100 MATERA
Tel./Fax: +39 0835 385946 - +39 0835 1970026
www.laboratorioterre.it - info@laboratorioterre.it
P.Iva e Cod.Fisc.: 01033110774 - C.C.I.A.A. MT n. 67387



Certificato n° 58/11 - XI - A.G.

Matera, li 22/02/2011

Committente: Geol. Raffaele LOPEZ per conto del Comune di Barletta

Riferimento: Lavori di espansione in zona nord-ovest del cimitero di Barletta

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità: 2,00 m - 2,50 m

Analisi Granulometrica

(ASTM D 422)

Analisi per setacciatura

D (Diametro-mm)	% particelle con diametro < D
25,400	-
19,100	-
12,500	-
6,300	-
4,760	100,00
2,000	99,85
1,000	99,80
0,425	99,29
0,250	87,35
0,150	62,04
0,106	40,20
0,075	24,80

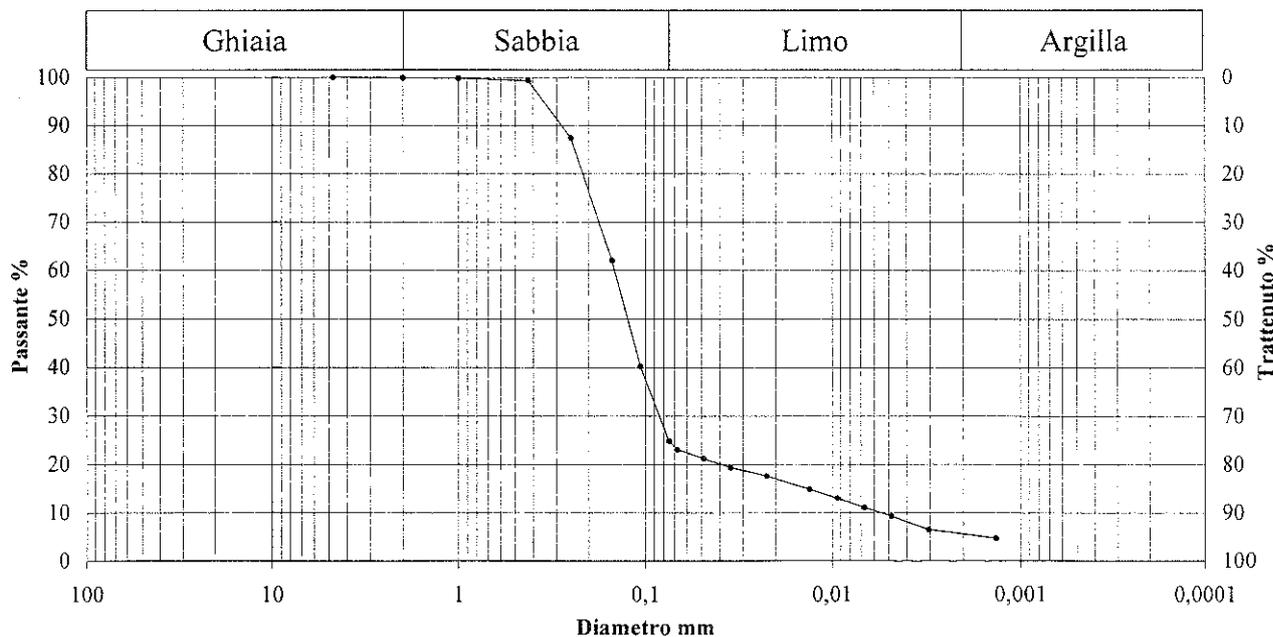
Analisi per sedimentazione

D (Diametro-mm)	% particelle con diametro < D
0,06787	23,04
0,04858	21,20
0,03490	19,35
0,02232	17,51
0,01313	14,74
0,00939	12,90
0,00671	11,06
0,00481	9,22
0,00305	6,45
0,00134	4,61

$D_{10} = 0,00548$ mm
$D_{50} = 0,12388$ mm
$D_{60} = 0,14521$ mm
$D_{90} = 0,27797$ mm

Ghiaia: 0,15 %
Sabbia: 75,05 %
Limo: 19,23 %
Argilla: 5,57 %

Curva Granulometrica



Direttore tecnico: *Dott. Geol. Rocco PORSIA*

Rocco Porsia

Sperimentatore: *Dott. Geol. Gianfranco SCALCIONE*

Gianfranco Scalcione

Prove Geotecniche di Laboratorio Prove di Carico su Piastra Prove e Misurazioni in Sito



Laboratorio Terre

Laboratorio Terre sas di Rocco Porsia e C.
via I Maggio, 31 - Zona PAIP I - 75100 MATERA
Tel./Fax: +39 0835 385946 - +39 0835 1970026
www.laboratorioterre.it - info@laboratorioterre.it
P.Iva e Cod.Fisc.: 01033110774 - C.C.I.A.A. MT n. 67387



Certificato n° 58/11 - XI - T.D.

Matera, lì 22/02/2011

Committente: Geol. Raffaele LOPEZ per conto del Comune di Barletta

Riferimento: Lavori di espansione in zona nord-ovest del cimitero di Barletta

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

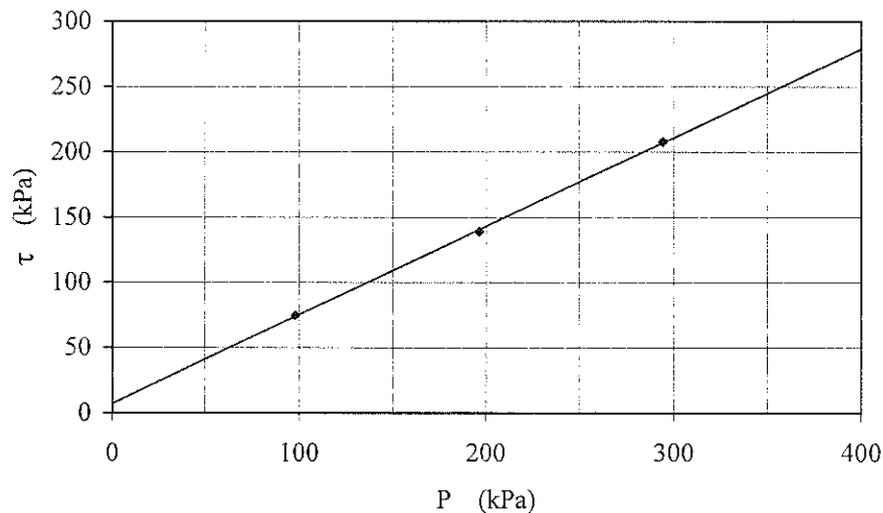
Profondità: 2,00 m - 2,50 m

Taglio diretto

(ASTM D 3080)

Prova consolidata drenata - velocità di deformazione: 0,005 mm/min

Provino n°		1	2	3
Contenuto iniziale d'acqua	%	16,23	3,37	22,59
Peso di volume iniziale	kN/m ³	16,76	16,75	17,03
Tempo di consolidazione	h	24	24	24
Pressione verticale	kPa	98	196	294
Tensione a rottura	kPa	74	139	208
Tensione a rottura residua	kPa	-	-	-
Sezione di taglio	cm ²	36	36	36



c' (coesione) = 6 kPa

φ' (angolo d'attrito) = 34,18°

Direttore tecnico: *Dott. Geol. Rocco PORSIA*

Sperimentatore: *Dott. Geol. Gianfranco SCALCIONE*

Prove Geotecniche di Laboratorio Prove di Carico su Piastra Prove e Misurazioni in Sito



Laboratorio Terre

Laboratorio Terre sas di Rocco Porsia e C.
via I Maggio, 31 - Zona PAIP I - 75100 MATERA
Tel./Fax: +39 0835 385946 - +39 0835 1970026
www.laboratorioterre.it - info@laboratorioterre.it
P.Iva e Cod.Fisc.: 01033110774 - C.C.I.A.A. MT n. 67387



Certificato n° 58/11 - XI - T.D.

Matera, li 22/02/2011

Committente: Geol. Raffaele LOPEZ per conto del Comune di Barletta

Riferimento: Lavori di espansione in zona nord-ovest del cimitero di Barletta

Sondaggio n° 1

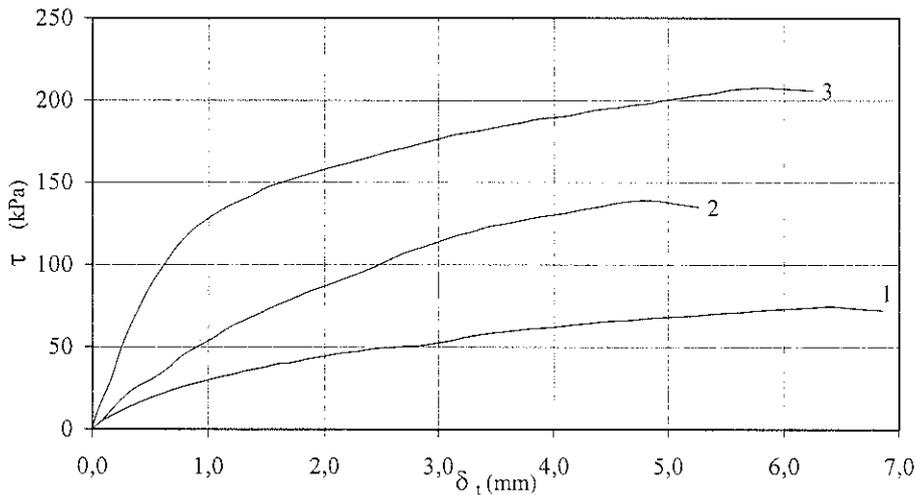
Campione n° 1

Profondità: 2,00 m - 2,50 m

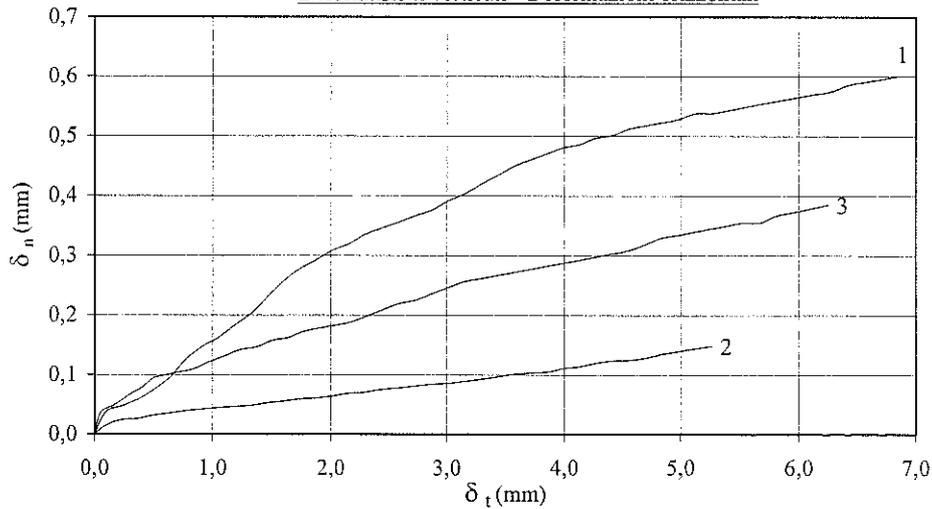
Taglio diretto

(ASTM D 3080)

Tensioni - Deformazioni orizzontali



Deformazioni verticali - Deformazioni orizzontali



Direttore tecnico: Dott. Geol. Rocco PORSIA

Rocco Porsia

Sperimentatore: Dott. Geol. Gianfranco SCALCIONE

Gianfranco Scalcone



Laboratorio Terre

Laboratorio Terre sas di Rocco Porsia e C.
via I Maggio, 31 - Zona PAIP I - 75100 MATERA
Tel./Fax: +39 0835 385946 - +39 0835 1970026
www.laboratorioterre.it - info@laboratorioterre.it
P.Iva e Cod.Fisc.: 01033110774 - C.C.I.A.A. MT n. 67387

S.O.S.
italia
Certificato n° 0105011 03

Certificato n° 58/11 - XI - C.E.

Matera, li 22/02/2011

Committente: Geol. Raffaele LOPEZ per conto del Comune di Barletta

Riferimento: Lavori di espansione in zona nord-ovest del cimitero di Barletta

Sondaggio n° 1

Campione n° 1

Profondità: 2,00 m - 2,50 m

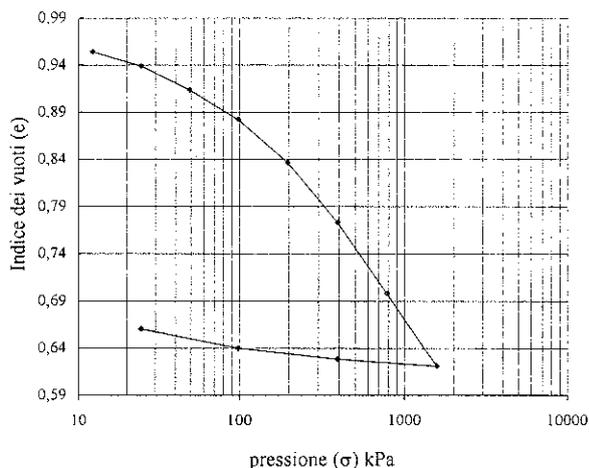
Compressione Edometrica (ASTM D 2435)

Peso di volume 19,98 kN/m ³ ; Contenuto d'acqua 22,63 %;		Peso specifico 26,69 kN/m ³ ; Indice vuoti iniziale 0,64;		Altezza iniz. provino 2,00 cm; Volume provino 80,00 cm ³ ;			
Pressione σ (kPa)	Tempo (T)	Cedimento (mm)	Deformazione ϵ_v (%)	Indice dei vuoti (e)	Modulo Edometrico M (kPa)	Coeff. di consolidazione C_v (cm ² /sec)	Coeff. di permeabilità K (cm/sec)
12	24 h	0,026	0,13	0,954			
25	24 h	0,182	0,91	0,939	1572		
49	24 h	0,441	2,21	0,913	1893		
98	24 h	0,762	3,81	0,882	3058		
196	24 h	1,229	6,15	0,836	4197		
392	24 h	1,876	9,38	0,773	6063		
785	24 h	2,643	13,21	0,698	10233		
1569	24 h	3,430	17,15	0,621	19928		
392	24 h	3,355	16,78	0,628			
98	24 h	3,237	16,18	0,640			
25	24 h	3,029	15,15	0,660			

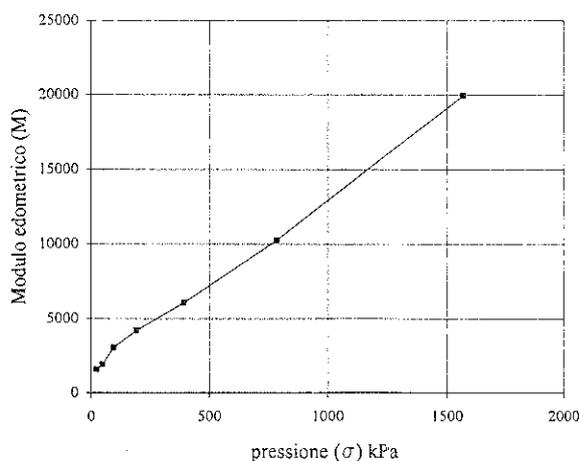
Pressione di preconsolidazione: 120 kPa

*Metodo di Casagrande

Pressione - Indice dei vuoti



Pressione - Modulo edometrico



Direttore tecnico: Dott. Geol. Rocco PORSIA

Rocco Porsia

Sperimentatore: Dott. Geol. Gianfranco SCALCIONE

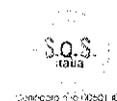
Gianfranco Scalcione

Prove e Misurazioni in Sito
Prove Geotecniche di Laboratorio



Laboratorio Terre

Laboratorio Terre sas di Rocco Porsia e C.
via I Maggio, 31 - Zona PAIP I - 75100 MATERA
Tel./Fax: +39 0835 385946 - +39 0835 1970026
www.laboratorioterre.it - info@laboratorioterre.it
P.Iva e Cod.Fisc.: 01033110774 - C.C.I.A.A. MT n. 67387



Certificato n° 58/11 - XI - P.C.V.

Matera, li 22/02/2011

Committente: Geol. Raffaele LOPEZ per conto del Comune di Barletta

Riferimento: Lavori di espansione in zona nord-ovest del cimitero di Barletta

Sondaggio n° 1

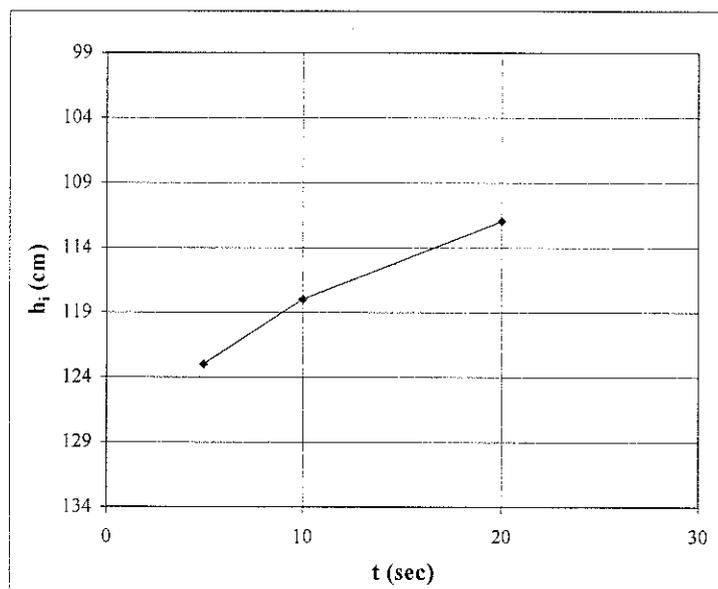
Campione n° 1

Profondità: 2,00 m - 2,50 m

Prova di Permeabilità a Carico Variabile

a	A	L	t	h_0	h_i	k
0,0314	81,03	11,64	5,000	134,00	123,00	7,72E-05
0,0314	81,03	11,64	10,000	134,00	118,00	5,73E-05
0,0314	81,03	11,64	20,000	134,00	112,00	4,04E-05

Legenda: a = sezione interna della buretta (cm²) - A = sezione del provino (cm²) - L = lunghezza del provino (cm)
t = tempo per passare da h_0 ad h_i (sec) - h_0 = carico idraulico iniziale (cm) - h_i = carico idraulico finale (cm)
k = coefficiente di permeabilità (cm/sec)



Direttore tecnico: *Dott. Geol. Rocco PORSIA*

Rocco Porsia

Sperimentatore: *Dott. Geol. Gianfranco SCALCIONE*

Gianfranco Scalcione