

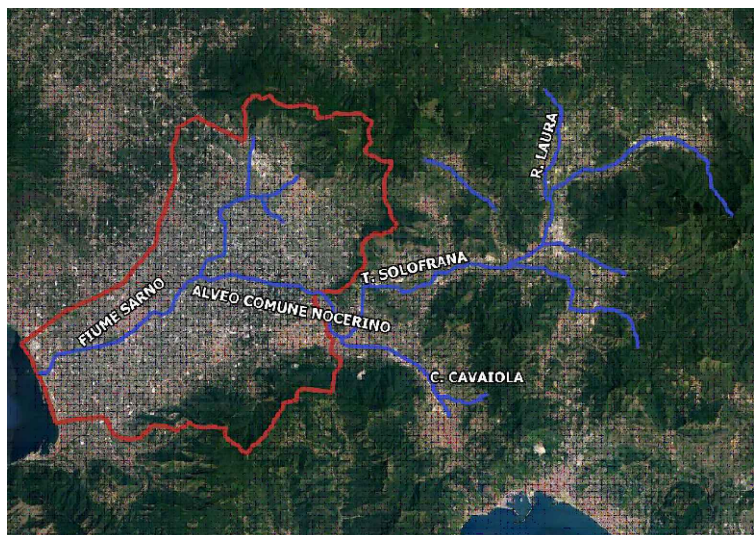


Ufficio Speciale Grandi Opere  
U.O.D.

Risanamento Ambientale del Bacino  
Idrografico del fiume Sarno

"PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO DI  
INTERESSE REGIONALE AFFERENTI IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME SARNO"

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006



ACCORDO QUADRO PROGETTAZIONE "LOTTO I"  
CONTRATTO ATTUATIVO COD. AQ1\_2

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

Intervento G\_2 - "Barriera sito foce Sarno"

Il Responsabile Unico del Procedimento  
**Dott. Ing Roberto Vacca**



1	Dicembre 2021	REVISIONE A SEGUITO DI INDAGINI GEOLOGICHE	F. Grosso	L. Fresia	I. Fresia
0	Ottobre 2021	REVISIONE A SEGUITO DI CONFERENZA DEI SERVIZI	F. Grosso	L. Fresia	I. Fresia
Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
TITOLO :  Intervento G_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"  Relazione geologica			Mandataria   Mandanti       Archeologo Dott. Domenico Ferraro		
Codice Commessa I_02	Codice Elaborato A.17.00		Revisione: 0	Scala:	

Il presente disegno e' di nostra proprieta'. Si fa divieto a chiunque di riprodurlo o renderlo noto a terzi senza nostra autorizzazione





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

## INDICE

1. PREMESSA	1
2. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI DA REALIZZARE	1
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	2
4. STATO DI DISSESTO - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	4
5. IDROGEOLOGIA	6
6. ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO	8
7. PARAMETRI SISMICI	10
7.1 Risultati prove MASW - REMI	10
7.2 Calcolo azione sismica	12
8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE	14

ALLEGATO 1 – PROVE DI PERMEABILITÀ LEFRANC

ALLEGATO 2 – STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

ALLEGATO 3 – INDAGINE SISMICA MASW – REMI

ALLEGATO 4 – RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO

ALLEGATO 5 – VERIFICHE A LIQUEFAZIONE METODO BOULANGER – IDRIS 2014



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro





## 1. PREMESSA

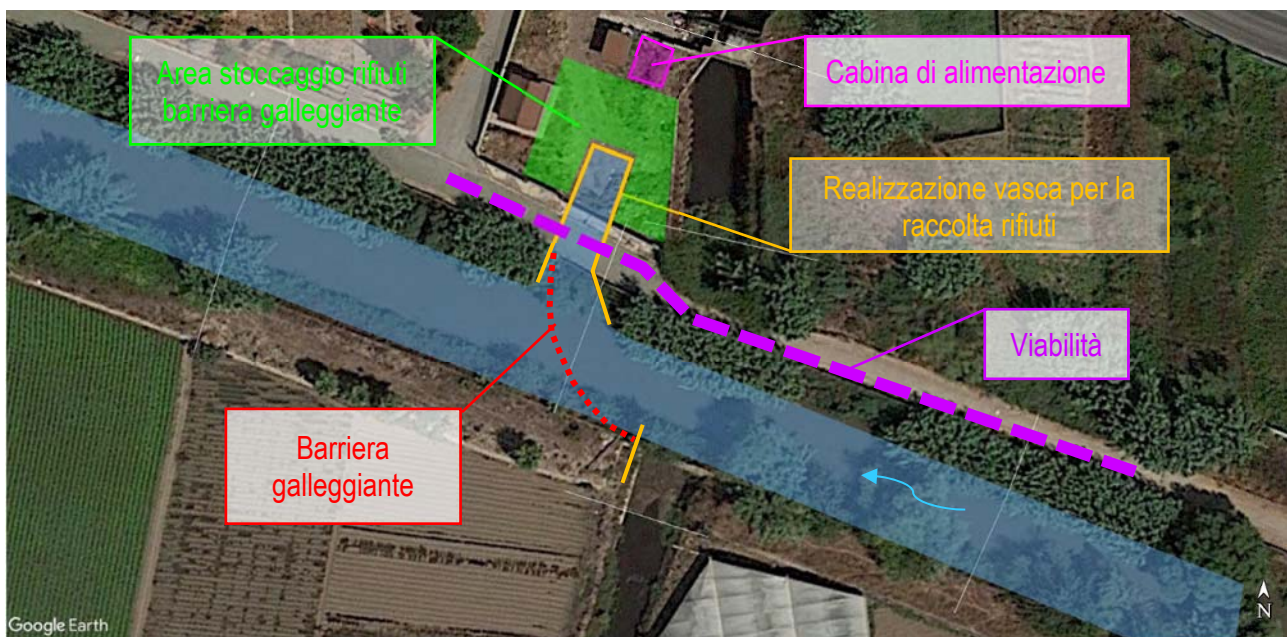
La presente relazione geologica supporta lo sviluppo della progettazione esecutiva della realizzazione di una barriera di contenimento dei rifiuti sul fiume Sarno in corrispondenza del sifone del Piccolo Sarno. L'area di indagine interessa il Comune di Scafati.

In coerenza con il quadro normativo attuale il presente elaborato tratta gli aspetti geologico – geomorfologici, idrogeologici e gli aspetti di inquadramento generale geotecnici e concernenti la pericolosità sismica.

## 2. DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI DA REALIZZARE

L'intervento è finalizzato a ridurre l'apporto e la dispersione in mare dei rifiuti solidi che galleggiano in superficie trasportati dai flussi del fiume Sarno.

L'intervento in progetto (Figura 1) verrà realizzato nell'area dedicata alle attività di raccolta rifiuti dello sgrigliatore esistente in destra Sarno ed avrà anche la funzione di limitare l'accumulo di rifiuti in corrispondenza degli attraversamenti presenti nel centro abitato di Scafati, posto subito a valle.



**Figura 1 – Schematizzazione degli interventi previsti**

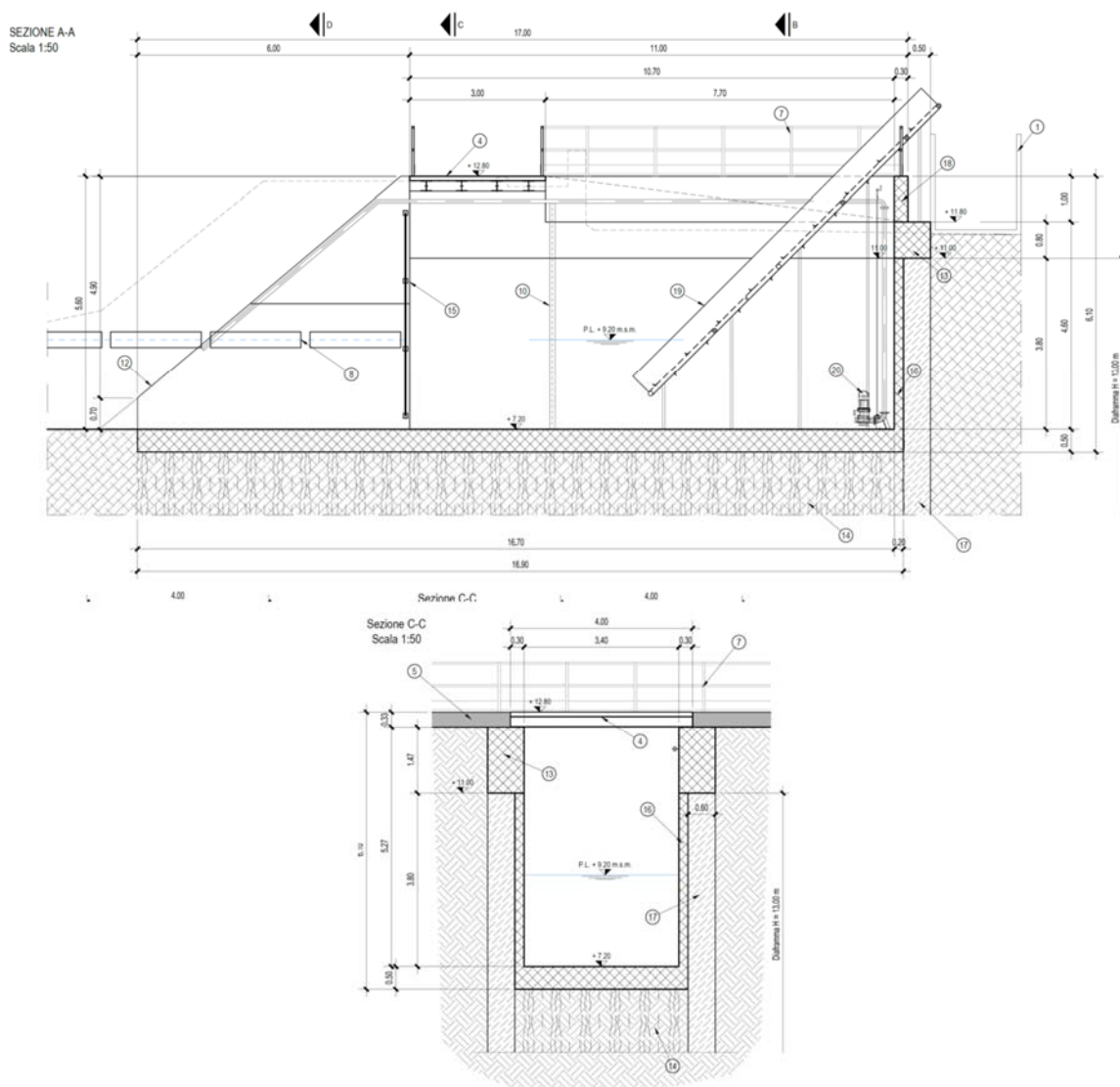
Le opere in progetto si suddividono in tre parti:

- la vasca di raccolta dei rifiuti in sponda destra Sarno e il manufatto di ancoraggio in sinistra;
- la barriera galleggiante orizzontale;
- la cabina di alimentazione e controllo.

Le opere di interesse geologico sono rappresentate principalmente dalla realizzazione dello scavo della vasca di raccolta rifiuti che avverrà mediante la posa di diaframmi spinti fino a 13 – 14 m di profondità rispetto al piano



campagna. Sul fondo vasca verrà realizzato un tappo in colonne di jet-grouting di altezza circa 2.5 m. Il manufatto avrà dimensioni pari a 17.00 x 4.00 m ad esclusione dell'ingombro dei diaframmi e delle colonne di jet grouting (Figura 2). Per la cabina di controllo non è prevista la realizzazione di un edificio in muratura in quanto sarà costituita da una struttura prefabbricata.



**Figura 2 – Sezioni longitudinali del manufatto di raccolta**

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di intervento si colloca nella piana campana ed in particolare nel bacino del fiume Sarno, delimitato a Nord dall'edificio vulcanico Somma – Vesuvio e a Sud dai rilievi carbonatici dei Monti Lattari (Figura 3 e Figura 4).

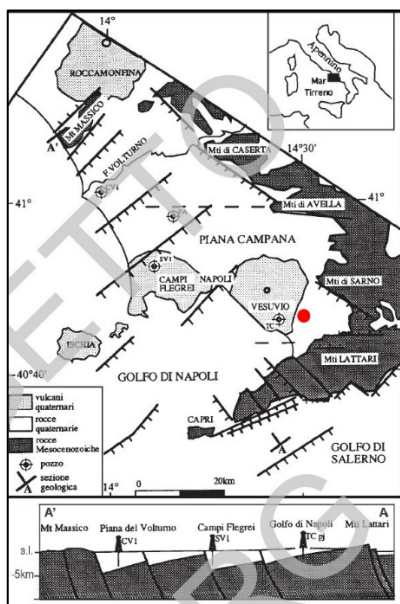


Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

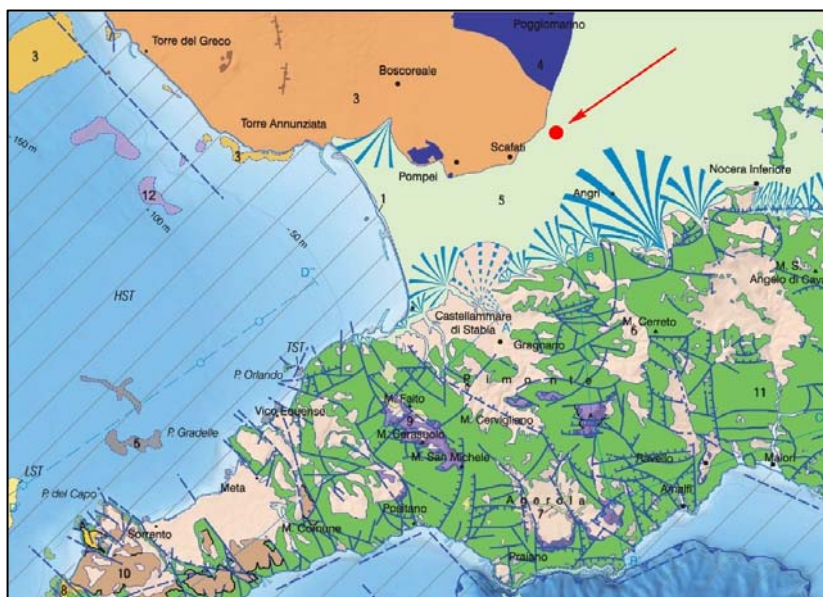
Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**



**Figura 3 – Schema geologico del margine peri tirrenico campano e sezione interpretativa trasversale alle master faults regionali ad andamento NW-SE. Da Milia (1999), Milia & Torrente (1999).**



**Figura 4 – Schema tettonico del settore meridionale della piana campana; tratto da Note illustrative Foglio nr. 466 - 485 “Sorrento - Termini”. Il punto rosso evidenziato dalla freccia identifica l’area interessata dalle opere in progetto.**

La piana del bacino del fiume Sarno ha un andamento circa NE – SW ed è il risultato della tettonica estensionale che ha profondamente influenzato l’evoluzione morfologica e sedimentaria dell’area peritirrenica durante il Quaternario formando una serie di alti e bassi strutturali (Bartole et alii, 1994).

La Piana del Sarno rappresenta la porzione meno profonda della Piana Campana raggiungendo valori massimi di circa 2 km a fronte dei circa 5 km della parte centro settentrionale. Si presenta come una pianura di aggradazione a debole gradiente longitudinale, dal momento che la sua zona più interna, alla base dei Monti di Sarno, a circa 20 km dal mare, raggiunge quote che non superano la ventina di metri. Lo scarso gradiente è correlabile sia ad una generale tendenza alla subsidenza, protratta fino a tempi storici (Sigurdsson et alii, 1985, Cinque, 1991), sia alla caduta piroclastica e al rimaneggiamento fluviale delle piroclastiti più fini, avvenuto in tempi più recenti.

L’area di intervento si trova sulla sponda destra del Sarno, poco a monte dell’abitato di Scafati. Sulla cartografia CARG (Figura 5) risulta caratterizzata dalla presenza del Subsintema di Ponte Persica, facies “b”, costituita da “alluvioni di conoide a prevalente componente vulcanoclastica fine, che, a luoghi, fa da matrice a lenti di ghiaie calcaree e depositi fluviali per lo più sabbiosi della fascia assiale della piana”.

Tali depositi alluvionali, successivi all’eruzione “pliniana” del 79 d.C., dello spessore massimo di 6-7 m poggiano in tutta evidenza sulle Piroclastiti di Pompei, che affiorano nelle vicinanze e la cui deposizione è avvenuta nel corso della suddetta eruzione.

Mandataria



Mandanti



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro



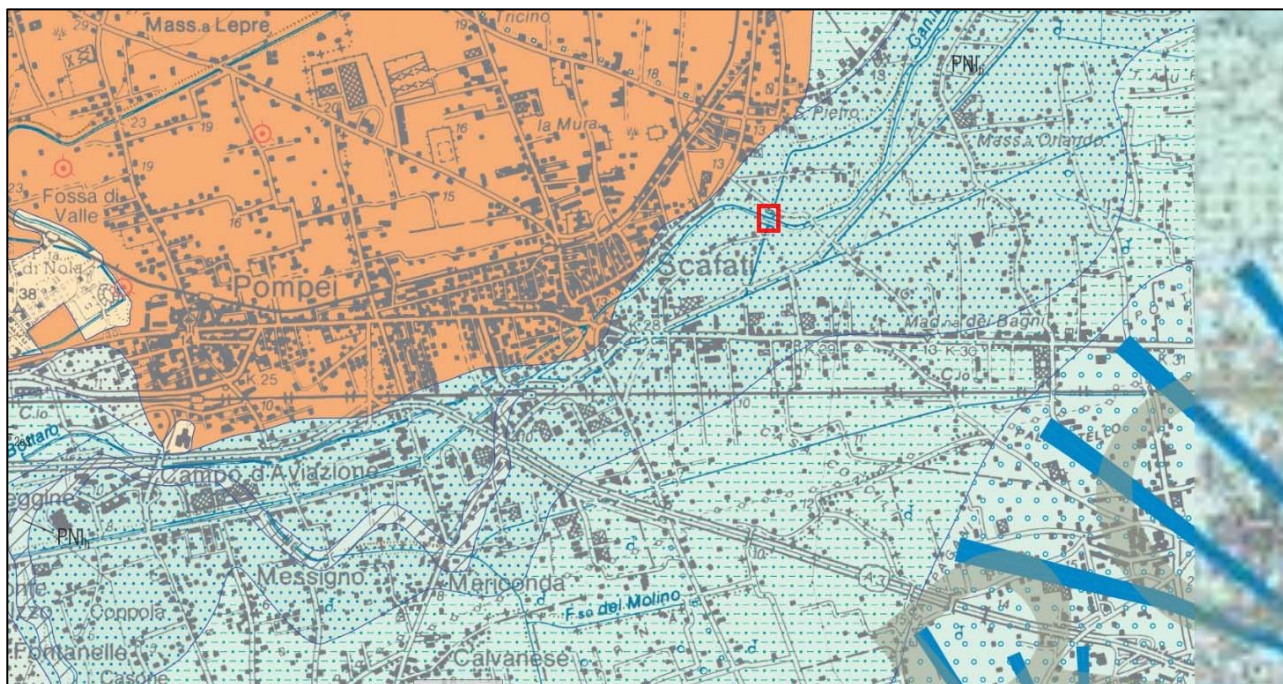


Figura 5 – Stralcio tratto dalla cartografia CARG 1:50000 dell'ISPRA (foglio nr. 466 - 485 "Sorrento - Termini"). L'area di intervento è identificata dal riquadro rosso.

#### 4. STATO DI DISSESTO - PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Obiettivo dell'analisi dello stato dei dissesti è identificare l'eventuale presenza di settori in evoluzione dinamica nelle aree oggetto di intervento, al fine di evitare le possibili interferenze o valutare idonee soluzioni progettuali per la compatibilità ottimale degli interventi dal punto di vista del rischio idrogeologico.

Per tale scopo è stata analizzata la cartografia tematica tratta dalle seguenti fonti:

- Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente tematismi PAI in relazione a pericolosità e rischio idrogeologico;
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale:
  - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Rischio idraulico [PSAI-RI] - agg. 2021;
- Provincia di Salerno; PTCP - Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale;

La zona di intervento interessa un'area priva di rilievi, pertanto è assente qualsiasi dinamica di versante. Viceversa, l'area è soggetta a rischio idraulico medio R2 (Figura 6), mentre la vulnerabilità idraulica è massima (V4 - Figura 7) ed è elevata la pericolosità (P3) per esondazione (Figura 8).





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**



Figura 6 – Carta del Rischio Idraulico.

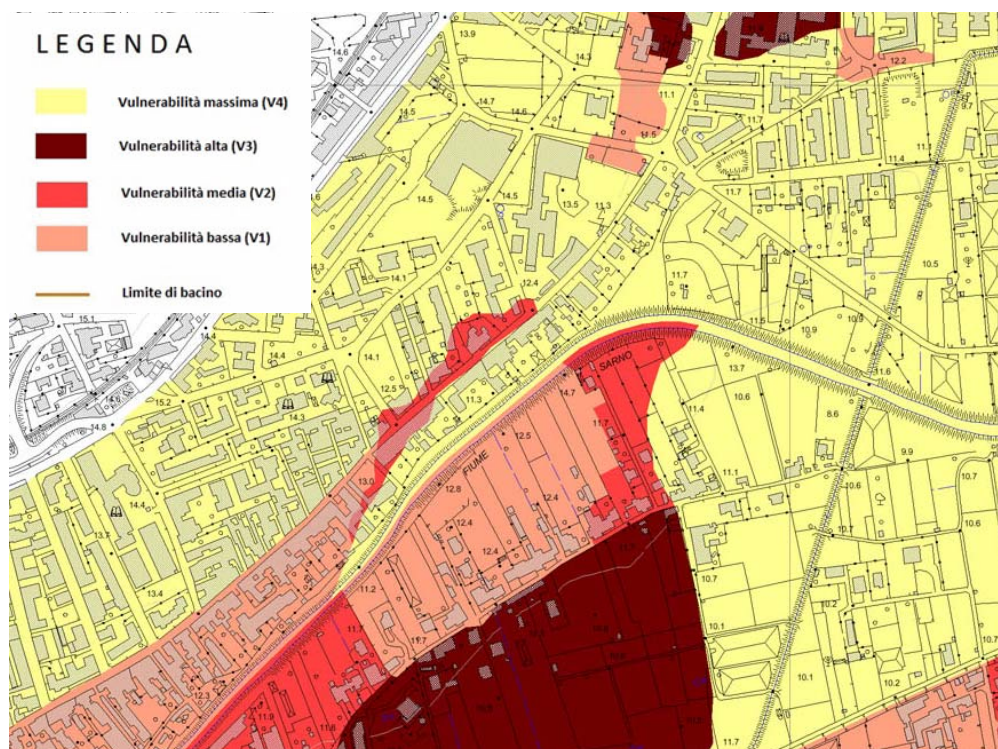


Figura 7 – Carta della vulnerabilità idraulica.





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

## LEGENDA

	Esondazione	Aree di attenzione	Elevato trasporto solido	Falda sub-affiorante Conche endoreiche
P3 - Pericolosità Elevata				
P2 - Pericolosità Media				
P1 - Pericolosità Bassa				

**Pericolosità da esondazione** - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali riconducibili a esondazione del reticolo idrografico.

**Pericolosità per elevato trasporto solido** - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali caratterizzati da elevato trasporto solido (flussi iperconcentrati, colate detritiche, debris - flow, etc).

**Area di attenzione** - "aree ad elevata suscettibilità di allagamento ubicate al piede di valloni", "punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa", "fasce di attenzione per la presenza di alvei strada".

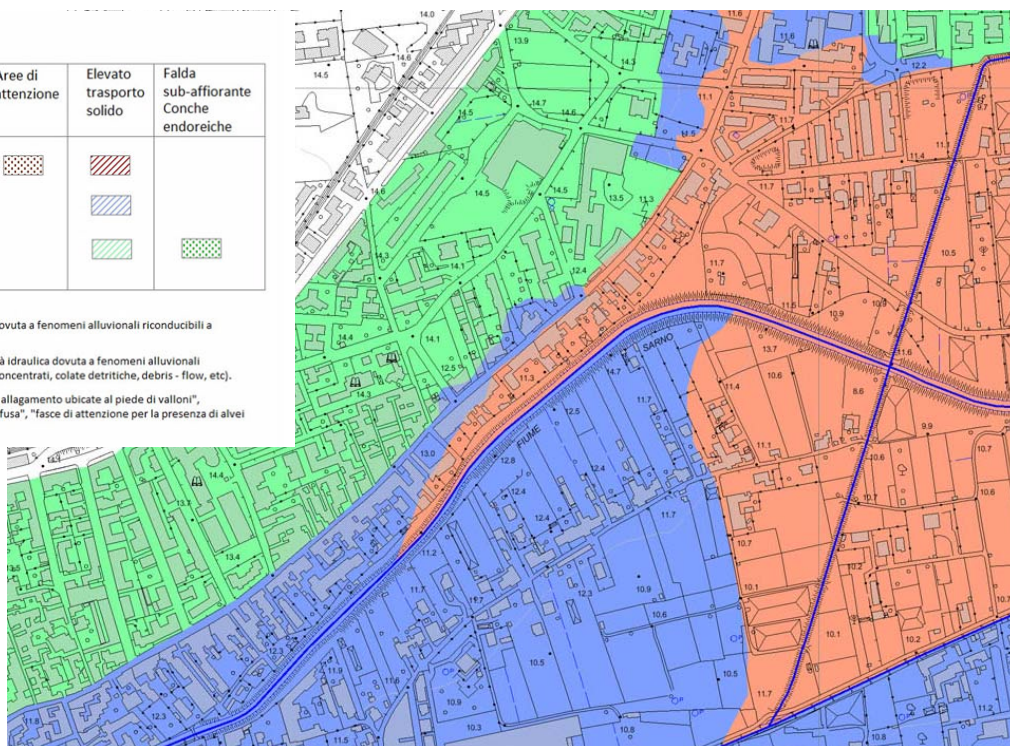


Figura 8 – Carta del Pericolo Idraulico.

## 5. IDROGEOLOGIA

Il corpo idrico sotterraneo della piana del Sarno (Figura 9) risulta idrogeologicamente delimitato:

- a Est ed a Sud, rispettivamente, dal contatto con le rocce carbonatiche dei Monti di Avella -Partenio-Pizzo d'Alvano e dei Monti Lattari; tale contatto costituisce un limite di alimentazione "per soglia di permeabilità sovrainposta", tale per cui sono significativi gli interscambi idrici sotterranei verso l'acquifero di piana;
- a NW, dall'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio; un limite che tuttavia non ostacola i travasi idrici sotterranei esistenti verso la piana;
- a Nord, con la congiungente Ottaviano – Palma Campania; uno spartiacque sotterraneo "mobile" individuato da ricostruzioni piezometriche;
- SW, dal mare; lungo tale limite, "a potenziale imposto", si hanno interscambi idrici sotterranei che, in condizioni idrodinamiche indisturbate, sono diretti verso mare.





degli interscambi è nettamente inferiore; sono stati comunque riscontrati tratti del corso d'acqua principale (presso Scafati) e lungo alcuni canali tributari (Alveo Comune), dove è il fiume ad alimentare la falda.

Le principali informazioni relative alle caratteristiche idrodinamiche della piana del Sarno evidenziano la presenza di un acquifero avente valori di permeabilità e di trasmissività assai variabili; ciò è legato all'estrema eterogeneità ed anisotropia dei depositi che costituiscono il sottosuolo di piana. Infatti, i valori di trasmissività più elevati (dell'ordine di  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s) sono stati riscontrati, sia alle pendici del Somma- Vesuvio, laddove tra l'altro sono presenti diversi assi di drenaggio preferenziale che intercettano le acque sotterranee provenienti dal vulcano, sia lungo la fascia pedemontana dei Monti Lattari, dove sono presenti consistenti spessori di depositi detritico-conglomeratici, che agevolano il drenaggio della falda di base del massiccio carbonatico. Valori di trasmissività medi (dell'ordine di  $10^{-2} \div 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s) caratterizzano invece il settore centrale della piana dove si rinvengono, a parità di spessore acquifero, litotipi a più alta permeabilità (sabbie, pomici, scorie vulcaniche, etc.). Infine, valori relativamente più bassi (dell'ordine di  $10^{-3} \div 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s) sono stati individuati immediatamente a valle dei Monti di Sarno, dove l'acquifero comprende anche considerevoli spessori di orizzonti relativamente poco permeabili (limi, depositi organici, paleosuoli, tufi, etc.). Nel complesso l'ammasso risulta filtrante con permeabilità media variabile da zona a zona, ma che in ogni caso consente che la portata filtrata attraverso di esso sia sensibile anche con gradienti idraulici modesti.

Nell'area di indagine è stato realizzato un sondaggio in cui sono state eseguite due prove di permeabilità tipo Lefranc, i cui risultati sono riepilogati nella Tabella 1 e illustrati per esteso in Allegato 1. Lo stesso sondaggio è stato attrezzato con piezometro per il controllo del livello di falda che il 16/11/2021 è risultato a 4.08 m dal pc, in sostanziale allineamento con la quota del pelo libero delle acque del fiume Sarno.

Profondità prova (m)	litologia prevalente	K (m/s)
4.50 - 5.00	sabbia limosa	3.96E-06
12.50 - 13.00	limo sabbioso	1.89E-07

**Tabella 1 – Risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc.**

## 6. ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area di intervento interesserà la sponda destra pianeggiante del fiume Sarno, appena a valle dell'attraversamento del canale del Piccolo Sarno – Controfosso Destro (Figura 10).



**Figura 10 – Area di intervento, panoramica da SS 18.**





Dal punto di vista geologico l'area è caratterizzata da alluvioni di conoide a prevalente componente vulcanoclastica fine, che, a luoghi, fa da matrice a lenti di ghiaie calcaree e depositi fluviali per lo più sabbiosi della fascia assiale della piana.

Di seguito si riportano i caratteri generali dell'area tratti da studi pregressi ed in particolare dalla progettazione esecutiva per i sistemi di depurazione nel Comune di Scafati svolta da Studio Paoletti nel dicembre 2007.

I primi 20 – 30 m dell'attuale piana sarnese sono caratterizzati da un marker basale costituito dalla formazione del tufo grigio (ignimbrite campana) su cui si sono disposti, oltre ai depositi piroclastici dell'attività del complesso vulcanico del Monte Somma – Vesuvio, alluvioni antiche e formazioni di facies fluvio – palustre, depositi di travertino.

La stratigrafia, nell'ambito di uno spessore di 30 m dal piano campagna attuale, è schematizzabile come riportato in Tabella 2.

livello	spessore	descrizione
a	1.5-2.0	Piroclastiti sabbioso limose, depositi alluvionali limo argillosi suoli agricoli. Terreni detritici di riporto, di accumulo antropico e di colmata legati a bonifica
b	3.0-4.0	Prodotti dell'eruzione Somma-vesuviana del 79 d.C. con cineriti che seguono l'accumulo di pomici
c	1.5	Paleosuolo che rappresenta la superficie topografica di circa 2000 anni fa, torboso, con opere antropiche di epoca romana e pre romana
d	5	Prodotti piroclastici dell'attività eruttiva protostorica (ceneri addensate e pomici minute)
e	18-24	Piroclastiti rimaneggiate, depositi limno-palustri, torba e sottili livelli alluvionali sabbioso - ghiaiosi, locali ammassi travertinosi. In profondità i depositi sono di facies palustre con lenti di torba di spessore anche metrico, fino a passare a depositi litorali o infralitorali - lagunari.
f	12	Scorie laviche in matrice arenitica riferibili ad attività preistorica
g		Ignimbrite campana (tufo grigio) di consistenza litoide localmente alterato e degradato a tufo terroso, più o meno argillificato, con diffuse variazioni di facies e scadenti caratteristiche meccaniche.

**Tabella 2 – Schematizzazione della stratigrafia nei primi 30 m di spessore.**

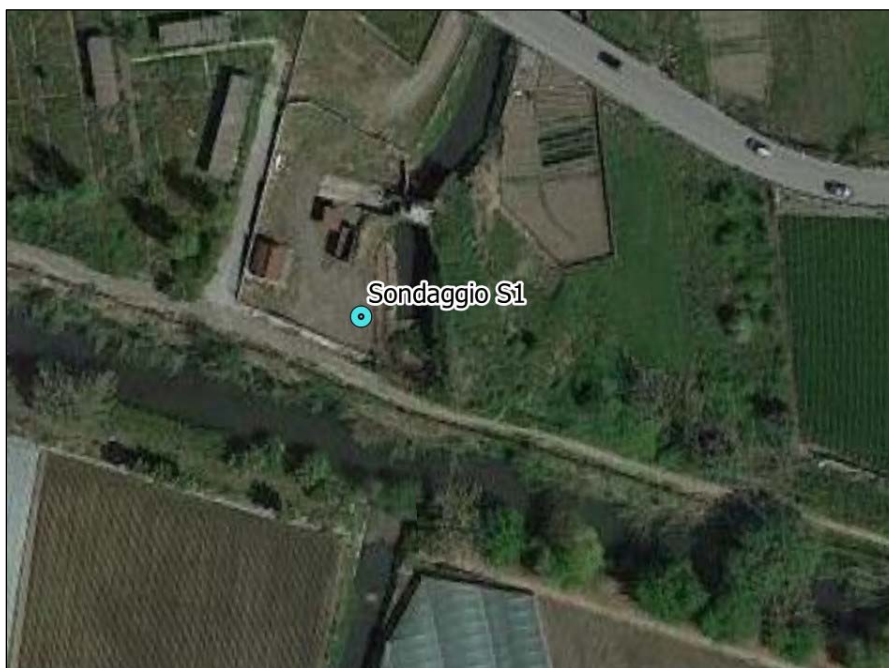
Lo spessore medio dei terreni più superficiali costituiti dalle piroclastiti più recenti ovvero quelle depositate dall'eruzione pliniana del 79 d.C. in poi varia intorno ai 3 – 4 m e tutto poggia su un paleosuolo di spessore intorno a 50 cm, che rappresenta la superficie topografica di circa 2000 anni fa. Tale paleosuolo può passare in eteropia laterale a torbe di ambiente palustre. In tale ambiente possono essere anche presenti spessori di modesti ammassi di travertino.

La successione stratigrafica, verso il basso, fino a raggiungere l'ignimbrite campana, prosegue interessando terreni sia granulari che coesivi, prodotti piroclastici (ceneri più o meno addensate e pomici), piroclastiti



rimaneggiate, locali ammassi travertinosi, livelli di torbe che indicano il ripetersi di condizioni di ambiente fluvio palustre di tipo deltizio con alluvioni la cui granulometria è riconducibile ad un fuso limo-sabbioso.

La caratterizzazione litostratigrafica locale è stata eseguita sulla base delle informazioni derivanti dalla realizzazione di un sondaggio a carotaggio continuo realizzato in corrispondenza del sito di intervento (Figura 11) e la cui stratigrafia è riportata in Allegato 2.



**Figura 11 – Ubicazione del sondaggio S1 nel sito di intervento.**

L'analisi della stratigrafia riscontata evidenzia la presenza di poco più di 2 m di materiale di riporto che ricoprono limi sabbiosi, sabbia e sabbia limosa fino a 5 m di profondità e rappresentano verosimilmente i prodotti dell'eruzione Somma-vesuviana del 79 d.C.. Tra 5 e 6 m di profondità si riconosce un paleosuolo limoso sabbioso seguito da sabbie limose che si approfondiscono fino a 9.0 m dove è stata riscontrata la presenza di un livello litoide di travertino fino a 10.50 m di profondità. Nell'intervallo sottostante sono stati riconosciuti limi argillosi e limi sabbiosi fino a 17.50 m dove si è riscontrata la presenza di depositi tufacei di consistenza litoide, di colore grigio scuro, verosimilmente assimilabili alle ignimbriti campane.

## **7. PARAMETRI SISMICI**

### **7.1 Risultati prove MASW - REMI**

Le indagini geofisiche eseguite hanno avuto lo scopo di investigare i terreni per le profondità di interesse geotecnico al fine di fornire una caratterizzazione sismica degli stessi. L'indagine effettuata ha permesso di ricostruire la velocità media delle onde di taglio nel sottosuolo fino ad una profondità di 30 m circa.

I risultati delle prove sono riportati nell'Allegato 3.



La normativa in materia di costruzione NTC 2018 prevede il calcolo del parametro  $V_{s,eq}$ , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo

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

$N$  = Numero di strati

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

Sulla base delle indagini sismiche svolte (Tabella 3) è stato calcolato il valore di  $V_{s,eq}$ , che è risultato 210.9 m/sec.

profondità, m	Peso naturale g/cc	$V_p$ , m/s	$V_s$ , m/s
0.00 - 6.60	1.50	272.8	136.4
6.60 - 17.55	1.70	399.1	199.6
17.55 - 30.00	1.90	638.5	319.2

$$V_{s,eq} = h_i / \sum \frac{h_i}{V_i} = 210,9 \text{ m/sec}$$

**Tabella 3 – Calcolo del valore di  $V_{s,eq}$ .**

Da tale valutazione il sottosuolo investigato rientra nella categoria di suolo "C" che viene così definita:

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

Categoria	Descrizione
A	Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
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 tra 360 m/s e 800 m/s.
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 equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
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 tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per tener conto delle condizioni topografiche, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tabella 4 (Tab. 3.2.VI – NTC). Per la valutazione dei parametri sismici si è fatto quindi riferimento alla classe T1.



Categoria	Ubicazione	S <sub>T</sub>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $i < 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Cresta del rilievo con $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.3
T4	Cresta del rilievo con $i > 30^\circ$	1.4

Tabella 4 - Espressioni di S<sub>T</sub> sec. tabella 3.2.V (NTC2018)

## 7.2 Calcolo azione sismica

A livello di inquadramento sismico locale, il Comune di Scafati si trova compreso in Zona 2 (Tabella 5), quindi sono attesi valori di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni  $0,15 < a_g \leq 0,25 g$ .

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica <b>alta</b> . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica <b>media</b> , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica <b>bassa</b> , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica <b>molto bassa</b> . È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Tabella 5 – zone sismiche suddivise in base al valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Nella Figura 12 sono riportate le mappe interattive di pericolosità sismica del territorio comunale di Scafati con riferimento al valore di PGA per una probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%.



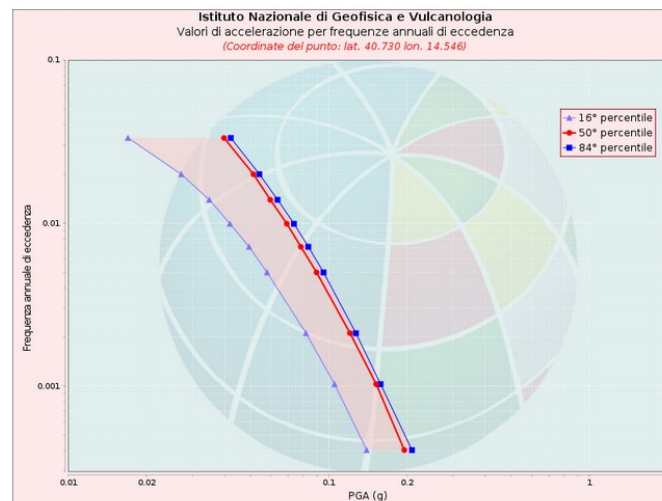
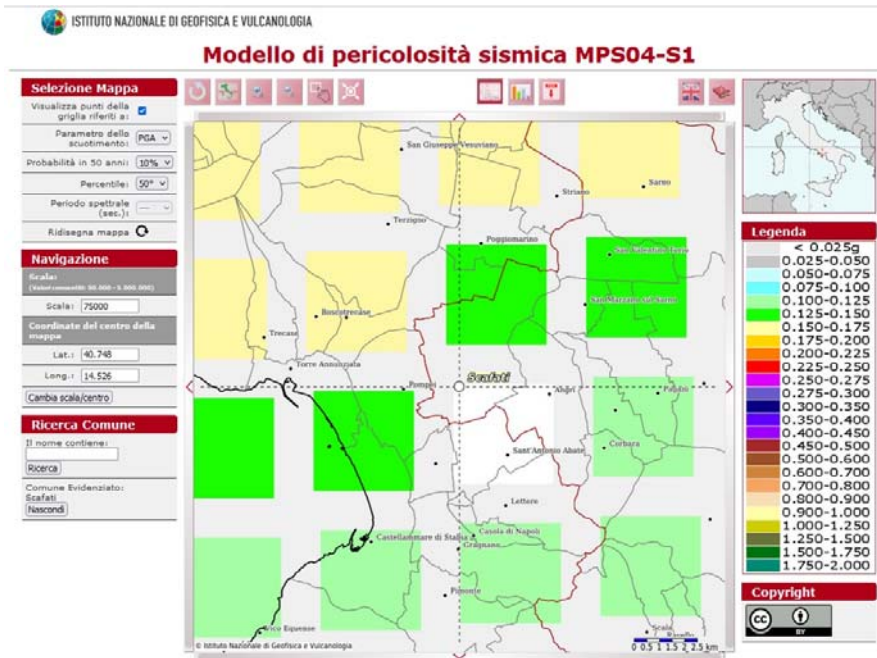


Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 40.730 lon. 14.546)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.1399	0.1951	0.2087
0.0010	0.1053	0.1522	0.1582
0.0021	0.0818	0.1207	0.1272
0.0050	0.0580	0.0898	0.0956
0.0071	0.0495	0.0782	0.0836
0.0099	0.0418	0.0691	0.0736
0.0139	0.0348	0.0597	0.0637
0.0199	0.0272	0.0515	0.0542
0.0332	0.0170	0.0397	0.0421

Figura 12 - Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio comunale di Scafati. I punti della griglia visualizzati si riferiscono al parametro dello scuotimento ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

In Figura 13 sono derivati i parametri sismici per le opere in progetto, valutate in riferimento ai valori massimi sito specifici riscontrati per le differenti opere con sottosuolo interessato dagli effetti di amplificazione di superficie.

Per un'analisi allo SLV del sito in oggetto è stata pertanto determinata un'accelerazione orizzontale di base di 0,20 [ag/g], un'accelerazione massima sul sito di 1,988 m/s<sup>2</sup>, nonché i coefficienti sismici orizzontali e verticali kh=0,049 e kv=0,024.

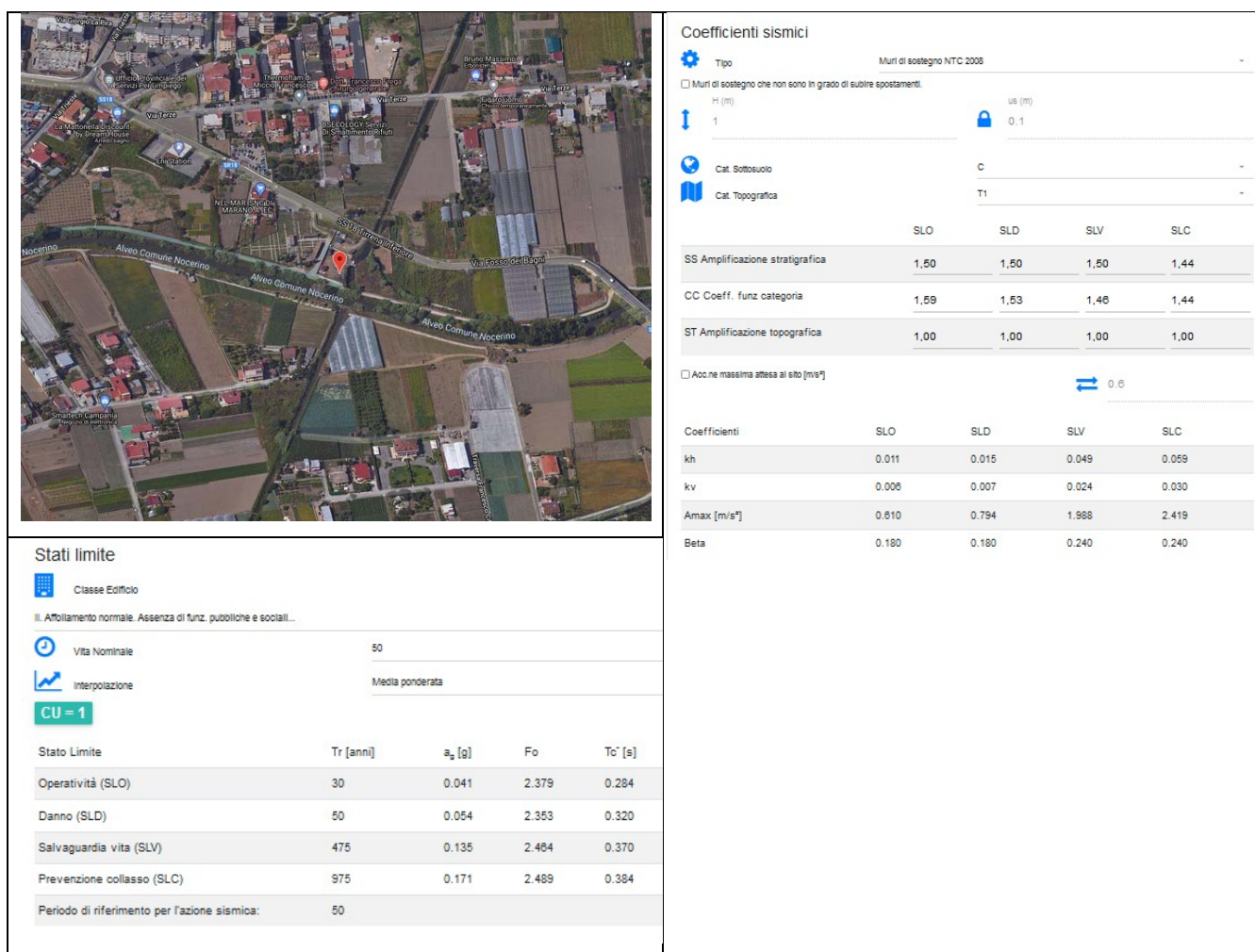


Figura 13 – Parametri sismici di riferimento ai sensi delle NTC2018

## 8. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI INTERESSATI DALLA REALIZZAZIONE DELLE OPERE

Il modello geotecnico di riferimento è stato definito sulla base delle indagini geognostiche e delle prove di laboratorio eseguite sui terreni che verranno interessati dalle opere in progetto.



Nel corso della realizzazione del sondaggio sono state realizzate 5 prove penetrometriche dinamiche tipo SPT in corrispondenza delle principali differenze litologiche riscontrate nel sondaggio, al fine di caratterizzare i terreni attraversati. Nella Tabella 6 sono riportati i risultati ottenuti. Si osservano dati complessivamente simili sulle prove 1, 3 e 4 caratterizzate da terreni limosi con un grado medio di addensamento; le sabbie limose testate tra 7.70 e 8.20 m di profondità, invece, appaiono sensibilmente più addensate (32 colpi per l'infissione). Le prove eseguite a 17.50 m di profondità entro i tufi grigi sono andate subito a rifiuto evidenziando il comportamento litoide di tali depositi.

Sondaggio S1							
Nr. prova	da m	a m	Litologia	N1	N2	N3	NSPT
1	5.50	6	sabbia con limo debolmente argillosa	8	8	9	17
2	7.70	8.2	limo con sabbia debolmente argillosa	8	16	16	32
3	12.00	12.5	limo argilloso - sabbioso	7	9	12	21
4	15.50	16	limo argilloso - sabbioso	9	11	13	24
5	17.50	20	depositi tufacei	R			>50

**Tabella 6 – Sondaggio S1, sintesi risultati prove SPT.**

Nella Tabella 7 vengono schematizzate le caratteristiche delle unità litotecniche individuate alle differenti quote di esecuzione del sondaggio. Le opere in progetto interesseranno essenzialmente il livello "B" costituito da prevalenti limi sabbiosi oppure argillosi e sabbia limosa.

Codice livello	Profondità (m)	Tipologia unità litologica	Caratteristiche
A	0.00 – 2.30	Terreno di riporto	Materiali di varia natura.
B	2.30 – 17.50	limi sabbiosi, sabbia limosa, limi argillosi	Alternanze di materiale piroclastico a composizione prevalentemente limoso sabbiosa - sabbioso limosa.
C	>17.50	Depositi tufacei grigi	Ignimbriti campane a comportamento litoide

**Tabella 7 – caratteristiche delle unità litotecniche individuate.**

Nella Tabella 8 sono riportati i principali dati delle prove di laboratorio eseguite sui terreni a differenti profondità del livello B. Tutte le prove ed i relativi certificati sono riportati in Allegato 4.



Codice campione	Profondità (m)	litologia (da analisi granulometrica)	Wn (%)	$\gamma_n$ (kN/mc)	$\gamma_d$ (kN/mc)	$\gamma_{sat}$ (kN/mc)	Gs (kN/mc)
S1 C1	3.00 - 3.50	limo con sabbia debolmente argilloso	26.19	17.61	13.96	18.66	26.34
S1 C2	5.50 - 6.00	sabbia con limo debolmente argillosa	78.11	14.16	7.95	14.98	26.79
S1 C3	7.70 - 8.20	limo con sabbia debolmente argillosa	54.53	14.27	9.23	15.4	24.07
S1 C4	12.00 - 12.50	limo argilloso - sabbioso	28.79	18.78	14.47	19.04	26.67
S1 C5	15.50 - 16.00	limo argilloso - sabbioso	79.52	14.07	7.84	14.62	24.32

Wn: Contenuto d'acqua naturale

$\gamma_n$ : Peso di volume naturale

$\gamma_d$ : Peso di volume secco

$\gamma_{sat}$ : Peso di volume saturo

Gs: Peso specifico grani

**Tabella 8 – Riepilogo prove di laboratorio eseguite su terreni livello "B".**

Nella Tabella 9 sono presentati i dati di sintesi della prova di taglio diretto consolidata eseguita sui vari campioni prelevati alle differenti profondità.

Codice campione	Profondità	litologia (da analisi granulometrica)	c' (kPa)	$\phi$ (°)
S1 C2	5.50 - 6.00	sabbia con limo debolmente argillosa	5	33.1
S1 C3	7.70 - 8.20	limo con sabbia debolmente argillosa	7.9	32.3
S1 C4	12.00 - 12.50	limo argilloso - sabbioso	7.2	32.8
S1 C5	15.50 - 16.00	limo argilloso - sabbioso	11.5	29.7
Dato medio			<b>7.9</b>	<b>32.0</b>

c': coesione drenata

$\phi$ : angolo di resistenza al taglio

**Tabella 9 – Riepilogo dati prova di taglio diretto consolidata.**

A seguito della perdita di resistenza dei terreni saturi, sottoposti a sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, si può generare il fenomeno cosiddetto della "liquefazione" per cui il terreno assume le caratteristiche di un fluido viscoso. Tale fenomeno è tipico delle sabbie fini e dei limi saturi di densità da media a bassa, con granulometria piuttosto omogenea confrontabili con quelli osservati in sito. Pertanto, considerato anche che i valori delle accelerazioni massime attese di progetto al piano campagna sono maggiori di 0,1g e la falda è a pochi m dal piano campagna, sono state eseguite le verifiche a liquefazione con metodo semplificato, basato sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto.

Tale metodo deve valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati, questi ultimi, con modalità basate su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione  $(1.0) FS = CCR / CSR$  dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

Le verifiche sono state eseguite alle profondità in cui sono disponibili le prove SPT ovvero a 6.00 m, 8.20 m, 12.50 m e 16.00 m dal piano campagna. Il calcolo è stato eseguito con una specifica applicazione del software Geostru utilizzando il metodo di Boulanger & Idriss 2014.

Tutte le verifiche eseguite sui differenti livelli di indagine, hanno evidenziato la presenza di depositi non liquefacibili. I risultati delle sono riportati in Allegato 5.





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

## Allegato 1 – Prove di permeabilità Lefranc



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

## PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

- Committente:	SMA Campania S.p.a.	- Data prova:	16-ott-21
- Cantiere:	Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno - Intervento G1	- Certificato:	LEF003/21
- Località:	Località "San Pietro" - Scafati (NA)		

### DATI GENERALI

- Sondaggio:	S01
- Profondità prova:	5,00 m

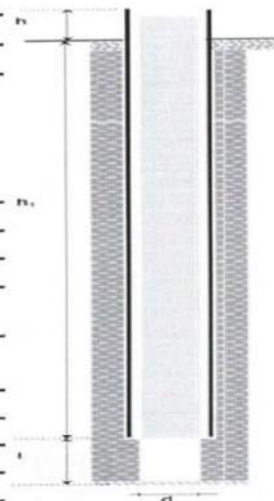
$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

### LEGENDA FORMULA

K	Coefficiente di permeabilità in m/sec		
A	Area di base del foro di sondaggio in m2		
h1 e h2	Altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro, negli istanti t1 e t2		
C	Coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato:		
	per $L > D$	$C = L$	per $L \leq D$
			$C = 2\pi D + L$

### DATI GEOMETRICI

D = Diametro del foro in mm	127
h <sub>1</sub> = Profondità del rivestimento (m)	4,50
l = Spessore del tratto di prova (m)	0,50
h <sub>1</sub> + l = Profondità del foro (m)	5,00



Planimetria con ubicazione della prova



Documentazione fotografica



Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

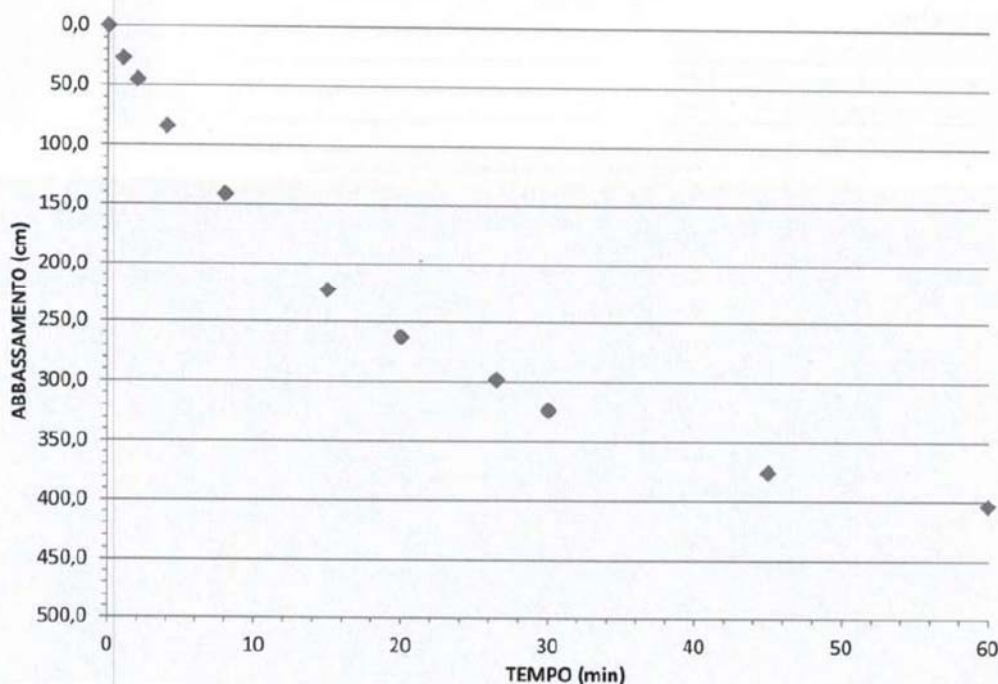


## PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

Tabella misure degli abbassamenti e coefficienti di permeabilità parziali

T min	H cm	d-H cm	k cm/sec
0,0	533,0	0,0	
1,0	506,0	27	2,19509E-03
2,0	488,0	45	5,21895E-03
4,0	449,0	84	3,30206E-03
8,0	392,0	141	1,96501E-03
15,0	310,0	223	1,09318E-03
20,0	270,0	263	8,31424E-04
25,0	235,0	298	6,40734E-04
30,0	209,0	324	5,71509E-04
45,0	157,0	376	3,96041E-04
60,0	129,0	404	3,03223E-04

DIAGRAMMA ABBASSAMENTO / TEMPO



k (cm/sec) Coefficiente di permeabilità	3,96041E-04
---	-------------





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

### PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

- Committente:	SMA Campania S.p.a.	- Data prova:	16-ott-21
- Cantiere:	Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno Intervento G1	- Certificato:	LEF004/21
- Località:	Località "San Pietro" - Scafati (NA)		

#### DATI GENERALI

- Sondaggio:	S01
- Profondità prova:	13,00 m

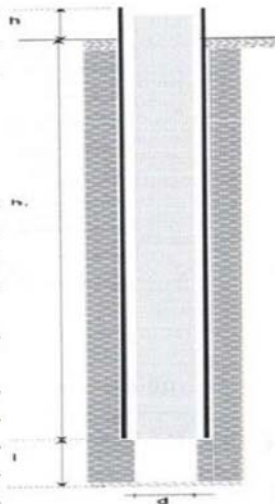
$$k = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \cdot \ln \frac{h_1}{h_2}$$

#### LEGENDA FORMULA

K	Coefficiente di permeabilità in m/sec		
A	Area di base del foro di sondaggio in m <sup>2</sup>		
h <sub>1</sub> e h <sub>2</sub>	Altezza dei livelli rispetto all'altezza della falda, o al fondo del foro, negli istanti t <sub>1</sub> e t <sub>2</sub>		
C	Coefficiente dipendente dal diametro del sondaggio e dalla lunghezza del tratto indagato:		
	per $L > D$	$C = L$	per $L \leq D$
			$C = 2\pi D + L$

#### DATI GEOMETRICI

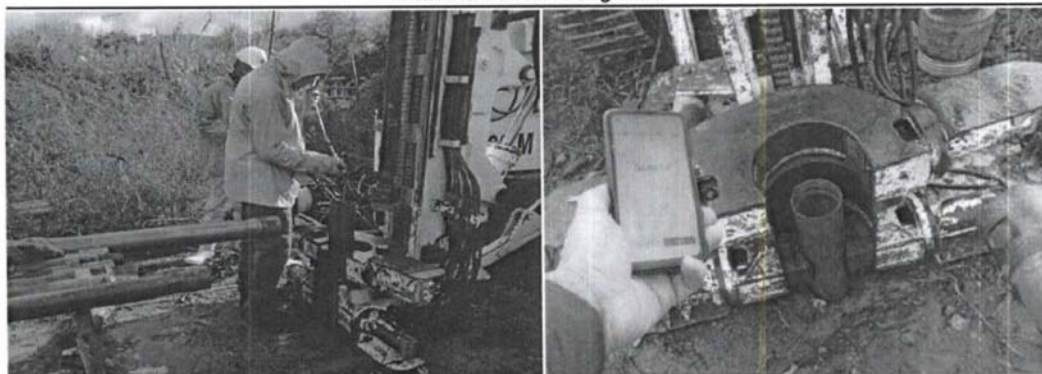
D	= Diametro del foro in mm	127
h <sub>1</sub>	= Profondità del rivestimento (m)	12,50
I	= Spessore del tratto di prova (m)	0,50
h <sub>1</sub> + I	= Profondità del foro (m)	13,00



Planimetria con ubicazione della prova



Documentazione fotografica



Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

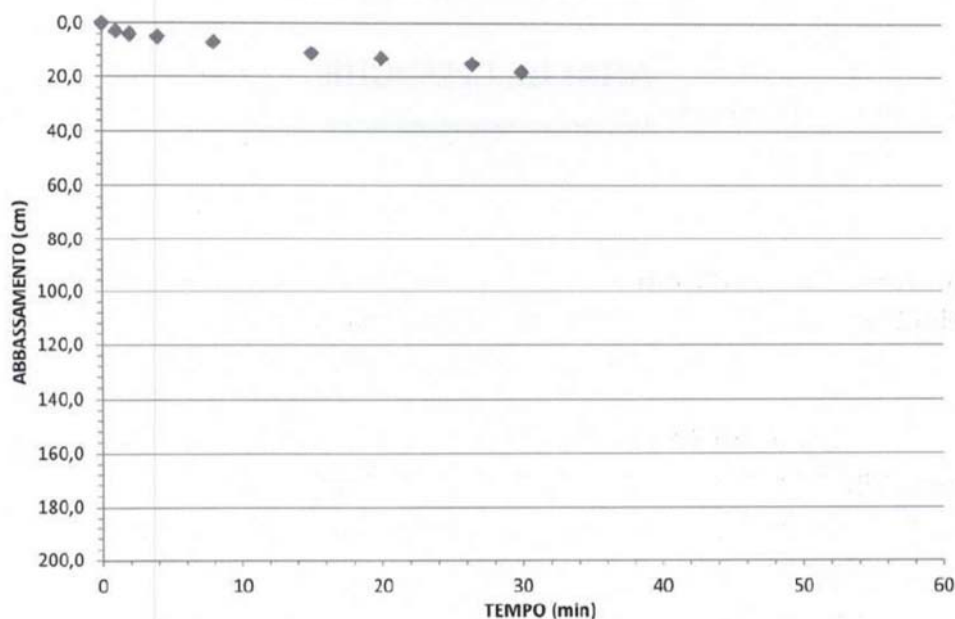
**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

## PROVA DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

Tabella misure degli abbassamenti e coefficienti di permeabilità parziali			
T min	H cm	dh com	k cm/sec
0,0	1350,0	0,0	
1,0	1347,0	3	9,39391E-05
2,0	1345,0	4	6,26493E-05
4,0	1345,0	5	3,91704E-05
8,0	1343,0	7	2,74397E-05
15,0	1339,0	11	2,30313E-05
20,0	1337,0	13	2,04294E-05
25,0	1335,0	15	1,88720E-05
30,0	1332,0	18	1,88932E-05
45,0			
60,0			

DIAGRAMMA ABBASSAMENTO / TEMPO



k (cm/sec) Coefficiente di permeabilità

1,88932E-05

Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. Domenico Ferraro

Il Direttore Tecnico  
Dr. Geol. Domenico Palma

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

## Allegato 2 – Stratigrafia sondaggio S1



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

Scaia (m)		Litologia	Descrizione	Quota	% Carot. R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Falda	Piezom / Piezofila (1)
-1			Riporto di varia natura								
-2				-2.30							
-3			Limo sabbioso e sabbia di colore prevalentemente marrone, con clasti eterometrici			8 - 8 - 9				-3.00 -3.50	
-4			Sabbia limosa di colore grigio chiaro, con minuti clasti biancastri	-4.50						-4.50 -5.00	-4.08
-5			Paleosuolo limo sabbioso di colore marrone scuro / nerastro, con pomici alterate	-5.00						-5.50 -6.00	
-6				-6.00							
-7			Sabbia limosa di colore marrone nel tratto iniziale e poi grigio scuro							-7.70 -8.20	
-8				-9.00		8-16-16					
-9						-8.50 PA					
-10			Livello litoide travertinoso di colore grigio chiaro	-10.50							
-11			Limo argilloso di colore grigiastro, omogeneo e poco consistente								
-12				-12.50		7 - 9 - 12				-12.00 -12.50 -13.00	
-13						-12.50 PC					
-14			Limo sabbioso di colore marrone-verdastro, con elementi biancastri (resti fossili) e con pomici eterometriche alterate.								
-15										-15.50 -16.00	
-16				-17.50		9-11-13					
-17						-16.00 PC					
-18											
-19			Deposito tufaceo di colore grigio scuro	-20.00		> 50 R					
						-20.00 PC					

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
Carotaggio: continuo a rotazione  
Sonda: CMV MK 600  
Condizionamento foro: Piezometro

O: Prova Lefranc

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

- **SONDAGGIO:** S1

- **Committente:** SMA Campania S.p.a.

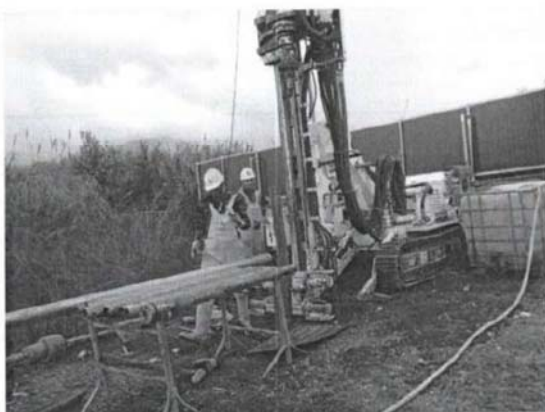
- **Lavoro:** Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G1

- **Località:** Scafati (NA)

- **Certificato:** S245- 21

- **Data:** 16 Novembre 2021

- **Commessa:** W256b - 21



Postazione



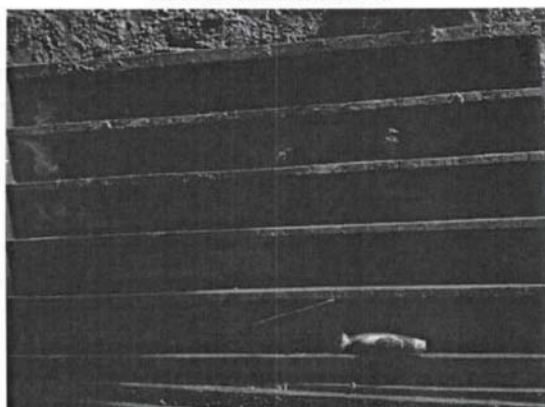
Cassetta 1; da m 0,0 a m 5,0



Cassetta 2; da m 5,0 a m 12,5



Cassetta 3; da m 12,5 a m 18,0



Cassetta 4; da m 18,0 a m 20,0



Prova di permeabilità

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

Mandatataria



Mandanti



Archeologo  
Dott.Domenico Ferraro



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

### Allegato 3 – Indagine sismica MASW – REMI



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro







## Descrizione delle Indagini Sismiche

- committente:	SMA Campania S.p.a.	- data:	16/11/2021
- lavoro:	Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G1	- Commessa:	W256b
- località:	Località "San Pietro" - Scafati (NA)	- Rif:	GM142
- note:			

## PREMESSA

Nell'area oggetto di indagine sono state effettuate una indagine con la metodologia dei microtremori, con sorgente attiva, MASW, e una con sorgente passiva, Remi (refraction microtremor), lungo la stessa linea. Queste indagini serviranno per determinare il profilo delle onde S e P fino a 30 metri dal Pc e per avere informazioni sullo stato fisico dei terreni.

Con i microtremori, dall'analisi del modo fondamentale delle onde di Rayleigh, si ottiene la curva di dispersione che sarà una funzione della velocità delle onde S e P e del peso naturale del terreno investigato. Si è utilizzato lo stesso array di 24 geofoni a 8 Hz, cambiando solo il tempo di campionamento, la lunghezza della registrazione.

Il peso di volume naturale utilizzato nell'inversione della curva di dispersione è quello ricavato dalla relazione proposta da Ludwig et al (1970) che correla le onde P al peso naturale del terreno.

Le indagini eseguite hanno le seguenti caratteristiche:

REMI							
Stend	Numero geofoni	N° registrazioni	Lunghezza (m)	Intervallo geof. (m)	Intervallo campion. msec	Lunghezza registrazione sec	
micro SS1	24	12	46.0	2.0	2.0	30	

MASW							
Stend	Numero sorgenti	Numero geofoni	Lunghez (m)	Intervallo geof. (m)	Intervallo campion. msec	Off1 (m)	Lungh registr msec
MASWSS1	1	24	48.0	2.0	1.0	2.0	1000



## DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA REFRACTION MICROTREMOR (ReMi)

### Generalità sul metodo ReMi

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso dei microtremori prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University. Il software commerciale (ReMi®) che supporta questo tipo di elaborazione è stato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA).

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale. L'uso di un simografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30 Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico p-f.



In questa immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde (onde di Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness ( $p$  o  $1/\text{velocità}$  di fase) per alcune frequenze. Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto 1D.

È possibile, inoltre, creare un modello 2D analizzando le tracce di gruppi di geofoni lungo un allineamento. Per ogni gruppo si ricava un modello 1D che possono essere uniti per creare un modello 2D. Il modello 2D può permettere di individuare variazioni laterali di velocità delle onde di taglio, zone isolate a bassa velocità, l'andamento del bedrock e discontinuità verticali tipo faglie.

### Operazioni di campagna

Le metodiche analitiche del sistema rendono possibile operare in ambienti fortemente "inquinati" da rumore urbano e industriale tanto che ogni sito si presta ad essere studiato a patto che ci sia la possibilità di gestire in "sicurezza" uno stendimento complessivo di 50-200 mI.

Osservate le comuni precauzioni che si adottano in qualsiasi campagna sismica (accoppiamento e verticalità dei geofoni, ad es.) si stabilisce la distanza intergeofonica (che sarà funzionale al target e compatibile con l'area disponibile), si impostano i parametri di acquisizione, intervallo di campionamento





(sample rate, che varia da 2 a 4 ms) e tempo di registrazione (record length, da 15 a 30 s), ripetendo le misure dalle 4 alle 6 volte.

La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro in frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. E' quindi implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e di conseguenza maggiore è la profondità di investigazione. Questo fattore diventa interessante, e fondamentale, qualora l'oggetto dell'indagine sia la modellazione profonda, mentre può essere trascurabile se la finalità della misura è la definizione del profilo sismico verticale relativo a poche decine di metri.

### **DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)**

Il MASW analizza la proprietà dispersiva del modo fondamentale delle onde Rayleigh che si propagano orizzontalmente lungo la superficie direttamente dal punto di energizzazione ai ricevitori. L'inversione della curva di dispersione fornisce un accurato profilo delle onde di taglio al centro dell'array fino ad una profondità che in genere è  $\frac{1}{2}$  della lunghezza d'onda campionata. Il principale vantaggio di questa tecnica è l'approccio multicanale che permette di discriminare il segnale ricercato da altri tipi in base alla coerenza.

Si sono utilizzati 24 ricevitori a 8.0 Hz collegati ad un sismografo multicanale. Ogni registrazione multicanale consiste di 24 sismogrammi, disposti in ordine e corrispondenti al moto rilevato ad ogni geofono.

La sorgente utilizzata è stata una piccola carica esplosiva e, nell'eseguire le singole energizzazioni, si è atteso un momento di relativo silenzio.

Inoltre, si sono ripetute le energizzazioni più volte, sommando successivamente i segnali ottenuti in modo aritmetico, ottenendo così un aumento del rapporto segnale-rumore.

Per ogni registrazione si sono eseguite 3 energizzazioni.

La sorgente è stata sempre posizionata esternamente all'array, e sempre in asse con esso, prima del primo geofono ad una distanza che è stata circa il 10 % dell'array ossia 3 metri dal primo geofono.

Non si sono ripetute le energizzazioni anche all'altro estremo dell'array, cioè vicino all'ultimo geofono.

Per un sistema perfetto a strati piani e paralleli questa metodologia non avrebbe nessuna utilità aggiuntiva in fase di analisi, in quanto il sistema sarebbe esattamente simmetrico al caso dell'energizzazione standard (cioè fatta in corrispondenza del primo geofono). Infatti i nuovi dati, a parte il rumore, dovrebbero contenere esattamente lo stesso segnale utile presente negli altri dati.

Sfortunatamente, sarà quasi impossibile trovare un sistema perfetto, cioè sarà sempre presente una minima variazione stratigrafica lungo l'array. La variabilità delle curve velocità di fase-frequenza ottenute assemblando diverse combinazioni di battute indica l'incertezza nella misura e quindi della procedura di inversione.

Acquisiti i dati si procede eseguendo una trasformata bidimensionale frequenza-velocità di fase che permette di individuare il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e, quindi, di estrarre la curva di dispersione; l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale



delle Vs (profilo 1-D), al centro del profilo, si ottiene ricercando il modello, con assegnata velocità delle onde P e peso di volume naturale, che meglio fitta la curva di dispersione. E' necessario sottolineare che, in tutti i codici che simulano la propagazione delle onde di superficie, i parametri Vp e densità sono estremamente poco influenti ai fini del modello. Ne consegue che:

**In nessun caso si può ritenere che il modello dia profili di Vp e densità.**

Questo, sottolineiamo ancora, vale per qualsiasi codice basato sulle onde di superficie. L'implicazione diretta è che i valori di Vp e densità da introdurre nel codice possono essere praticamente qualsiasi, seppur ragionevoli, pertanto, per le Vp sono stati ricavati i valori sulla base delle Vs secondo la relazione di Kitsunezaki (1990) che è:

1. Sopra il livello dell'acqua

$$V_p = 2 \cdot V_s$$

2. Sotto il livello dell'acqua

$$V_p = 1.11 \cdot V_s + 1290$$

Il peso di volume naturale utilizzato nell'inversione della curva di dispersione è quello ricavato dalla relazione proposta da Ludwig et al (1970) che correla le onde P al peso naturale del terreno

Il modello - *opportunamente applicato* - può invece essere considerato uno stimatore del profilo di Vs con errori confrontabili a quelli di metodi più tradizionali, per lo meno nei primi 30 m di profondità.

## **Risultati della campagna di indagini effettuata combinando MASW e ReMi**

Scopo della presente campagna di indagini geofisiche è stato quello di investigare i terreni per le profondità di interesse geotecnico al fine di fornire una caratterizzazione sismica degli stessi. L'indagine effettuata ha permesso di ricostruire le **velocità medie delle onde di taglio** nel sottosuolo fino ad una profondità di 30 m circa.

I risultati sono sintetizzati nell'allegato chiamato Surface Wave Analysis dove sono rappresentati:

- La geometria dei geofoni a 8 Hz
- Il grafici frequenza - lentezza (inverso della Velocità di fase) rappresentante la trasformata bidimensionale per il ReMi
- la curva della dispersione in frequenza della velocità di fase per il modo fondamentale delle onde Rayleigh per il MASW
- il picking della curva della dispersione in frequenza della velocità di fase per il modo fondamentale delle onde Rayleigh sia per il MASW che per il ReMi
- Il picking in formato numerico delle due curve di dispersione
- Il confronto fra il picking del MASW e del ReMi
- Il picking in formato numerico risultante dall'unione delle due curve di dispersione
- Le curve di dispersione sperimentale e teorica
- Il modello e il risultato del calcolo della Vs<sub>30</sub>



## Stima dei parametri elastici dinamici e rigidità sismica

Misurando le  $V_p$  con il metodo della rifrazione e le velocità delle onde di taglio  $S$  con il metodo ReMi e utilizzando la densità bifase del mezzo ( $\rho$ ), data dal rapporto fra il peso di volume e l'accelerazione di gravità ( $g$ ), si ottengono i parametri elastici dinamici dalle seguenti formule:

1. Coefficiente di Poisson

$$\nu = \frac{\left[ 0.5 * \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}{\left[ \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}$$

2. Modulo di deformazione a taglio dei terreni

$$G = \rho * V_s^2$$

3. Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = \rho * \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

4. Modulo di Young

$$E = \rho * V_s^2 \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$$

### Stima dei parametri elastici statici.

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni ( $< 10^{-4}$ ) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici.

Nelle misure di laboratorio il rapporto  $E_d/E_s$  ( $E_d$  modulo di young o elastico dinamico -  $E_s$  modulo di young o elastico statico) è comunemente 2.0 [Cheng and Johnston, 1981], ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 [Gudmundsson, 1990; Link, 1968].

**Le correlazioni empiriche da noi proposte vanno comunque sempre provate.**

Rzhevsky e Novic hanno proposto la seguente relazione:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 \quad E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R * G$$

dove  $R$  è un parametro che è 0.15 per le sabbie mediamente dense  
dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici statici

1. Modulo di Poisson

$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

2. Modulo di compressibilità volumetrico

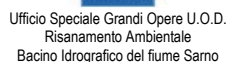
$$K = G * E / [3(3G - E)]$$

3. Modulo edometrico

$$E_{ed} = G * (4G - E) / (3G - E)$$

4. Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$



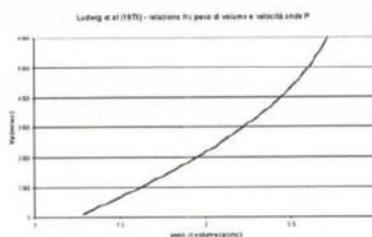
Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

E' inoltre possibile correlare le velocità delle onde longitudinali al peso specifico naturale dei terreni con la relazione di Ludwig et al (1970).



Airola, 29 novembre 2021

Geotest sas  
IL RESPONSABILE DELL'INDAGINE  
GEOL. DOMENICO PALMA  
*Domenico Palma*

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

7/8



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro



## RISULTATI SONDAGGIO SISMICO SS1 (Surface Wave Analysis)

### INTERPRETAZIONE

profondità, m	Peso naturale g/cc	Vp, m/s	Vs, m/s
0.00 - 6.60	1.50	272.8	136.4
6.60 - 17.55	1.70	399.1	199.6
17.55 - 30.00	1.90	638.5	319.2

$$V_{seq} = h_i / \sum_i h_i / V_i = 210,9 \text{ m/sec}$$

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

8/8





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

## Surface Wave Analysis

## MASW 01 - ReMi 01

- committente:	SMA Campania S.p.a.	- data:	16/11/2021
- lavoro:	Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno. Intervento G1	- Commessa:	W256b
- località:	Località "San Pietro" - Scafati (NA)	- Rif:	GM142
- note:			

### POSIZIONE DELLE SORGENTI LUNGO IL PROFILO

SORGENTE	S1	S2		
DISTANZA (m)	0.00	50.0		
Quote (m)	0.00	0.00		

GEOFONI	DISTANZE (m)	QUOTE (m)	MASW		REMI	
			Tempo registrazione msec	Intervallo campionamento ms	Tempo registrazione sec	Intervallo campionamento ms
G1	2.0	0.00	1000	1	30	2
G2	4.0	0.00				
G3	6.0	0.00				
G4	8.0	0.00				
G5	10.0	0.00				
G6	12.0	0.00				
G7	14.0	0.00				
G8	16.0	0.00				
G9	18.0	0.00				
G10	20.0	0.00				
G11	22.0	0.00				
G12	24.0	0.00				
G13	26.0	0.00				
G14	28.0	0.00				
G15	30.0	0.00				
G16	32.0	0.00				
G17	34.0	0.00				
G18	36.0	0.00				
G19	38.0	0.00				
G20	40.0	0.00				
G21	42.0	0.00				
G22	44.0	0.00				
G23	46.0	0.00				
G24	48.0	0.00				

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

1/8



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

Via Nicola Romano 33, 82011 Airola (BN)

Tel. +39 0823431045

+39 3401810704 \* +39 3401810226

Email: geotest@geotestsannio.com - pec:geotestsannio@pec.it

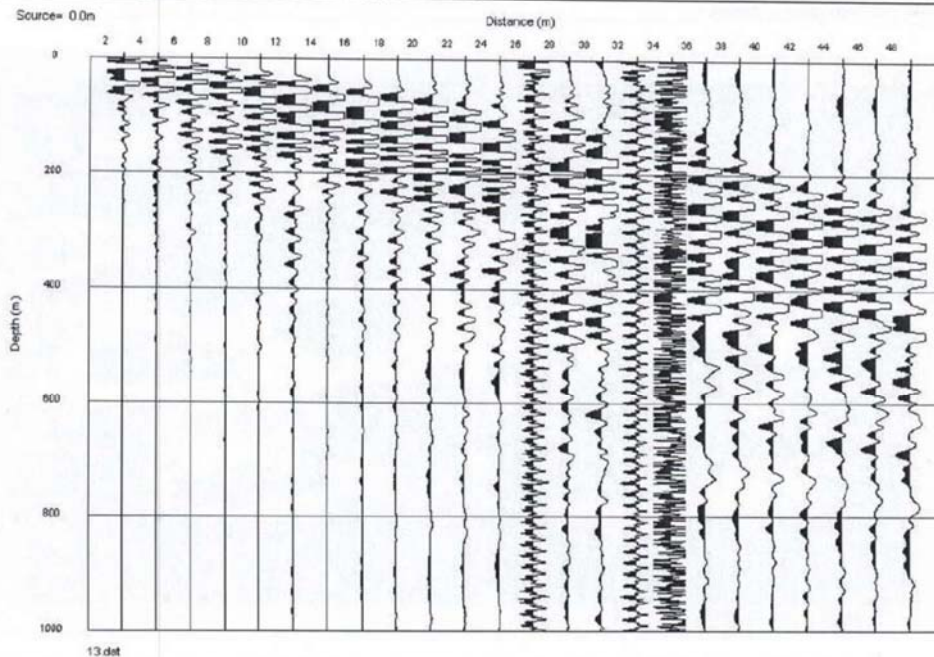
P.IVA: 00933780629 - CD J6URTW



## Surface Wave Analysis

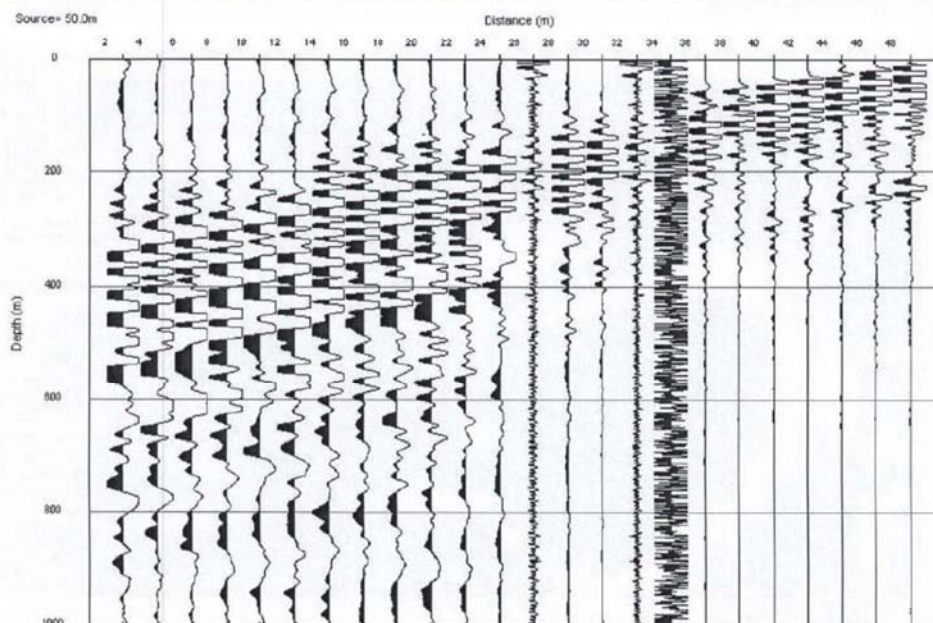
MASW 01 - ReMi 01

### Sismogrammi registrati a sinistra dell'array per il MASW



13.dat

### Sismogrammi registrati a destra dell'array per il MASW



15.dat

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

2/8

Mandataria



Mandanti



Archeologo  
Dott.Domenico Ferraro





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca



Via Nicola Romano 33, 82011 Airola (BN)  
Tel. +39 0823431045  
+39 3401810704 \* +39 3401810226  
Mail: geotest@geotestsannio.com - pec.geotestsannio@pec.it  
P.IVA: 00933780629 - COD. ISURRTW



## Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il MASW con sorgente a sinistra

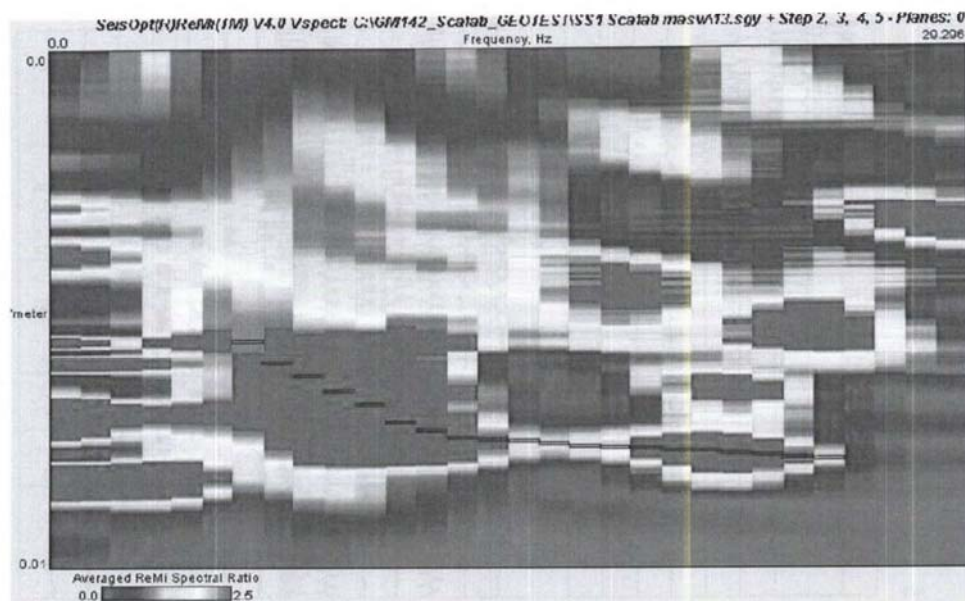
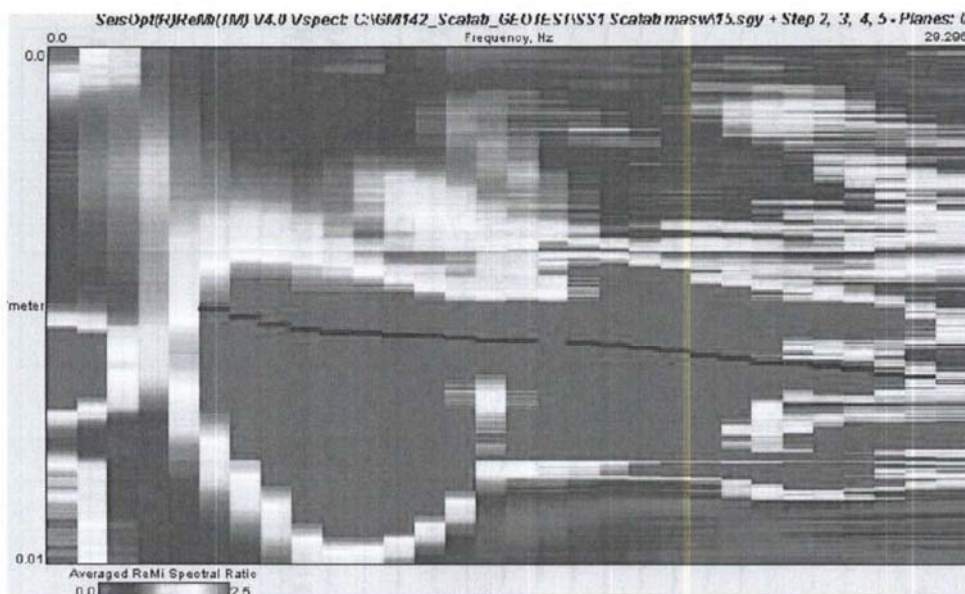


Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il MASW con sorgente a destra



Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

3/8



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**



Via Nicola Romano 33, 82011 Airola (BN)  
Tel.: +39 0823431045  
+39 3401810704 \* +39 3401810226  
Mail: geotest@geotestsannio.com - pec:geotestsannio@pec.it  
P.IVA: 00933780629 - CD JSURRTW



## Surface Wave Analysis

MASW 01 - ReMi 01

Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il ReMi



Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

4/8





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

## Surface Wave Analysis

## MASW 01 - ReMi 01

### Curva di dispersione sperimentale MASW

SS1	
frequenza, Hz	Velocità di fase,
5.8593	178.8909
6.8359	166.3894
7.8124	159.4896
8.789	152.4390
9.7656	146.1988
10.742	139.2758
11.718	136.2398
12.695	133.8688
13.671	133.3333
14.648	132.9787
15.624	132.1004
16.601	131.0616
17.578	130.7190
18.554	130.2083
19.531	129.8701
20.507	129.3661
21.484	128.5347
22.46	128.0410
23.437	127.2265
24.414	126.7427

### Curva di dispersione sperimentale MASW

SS2	
frequenza, Hz	Velocità di fase,
4.8828	198.0198
5.8593	191.2046
6.8359	186.5672
7.8124	183.1502
8.789	181.1594
9.7656	180.5054
10.742	179.5332
11.718	178.8909
12.695	177.9359
13.671	176.9912
14.648	176.3668
16.601	175.4386
17.578	173.9130
18.554	171.5266
19.531	170.0680
20.507	167.7852
21.484	165.5629
22.46	163.6661
23.437	162.8664
24.414	161.5509
25.39	160.2564
26.367	158.2278
27.343	157.4803
28.32	155.0388

### Curva di dispersione sperimentale ReMi

SS1	
frequenza, Hz	Velocità di fase,
5.2185	204.4990
5.7678	181.1594
6.04248	160.2564
6.5917	147.7105
6.8664	135.3180
7.4157	124.6883
7.965	120.0480
8.5144	117.0960
10.711	115.7407
14.831	114.2857
28.564	114.2857

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

5/8



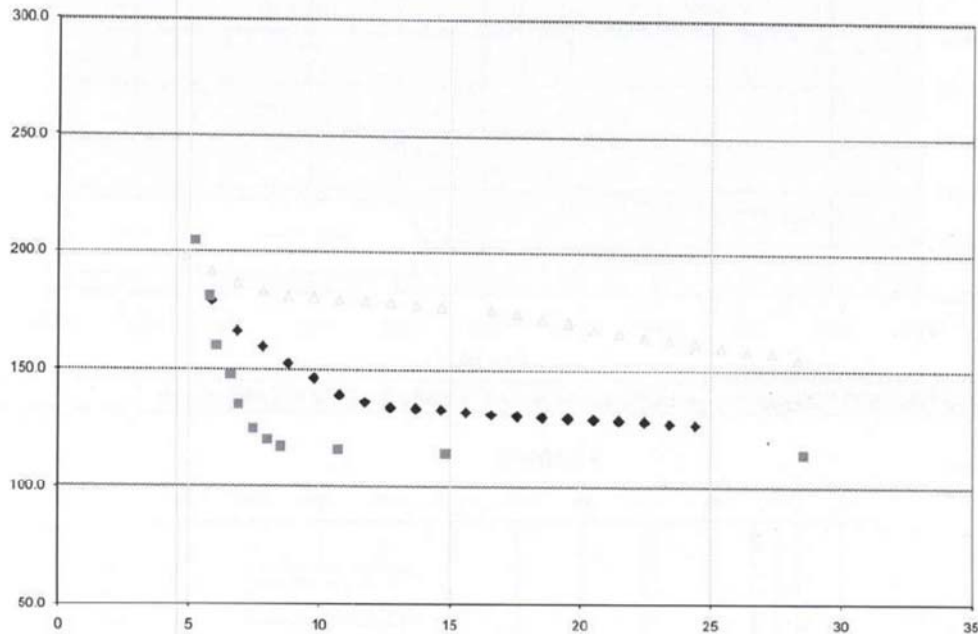
Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

### Confronto fra Curva di dispersione sperimentale MASW (con sorgente a destra e a sinistra) e REMI



### Curva di dispersione sperimentale MASW - ReMi

SS01

frequenza, Hz	Velocità di fase, m/s	frequenza, Hz	Velocità di fase, m/s
5.2185	204.4900	15.624	132.1004
5.7678	181.1594	16.601	131.0616
6.8359	166.3894	17.578	130.7190
7.8124	159.4896	18.554	130.2083
8.789	152.4390	19.531	129.8701
9.7656	146.1988	20.507	129.3661
10.742	139.2758	21.484	128.5347
11.718	136.2398	22.46	128.0410
12.695	133.8688	23.437	127.2265
13.671	133.3333	24.414	126.7427
14.648	132.9787		

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

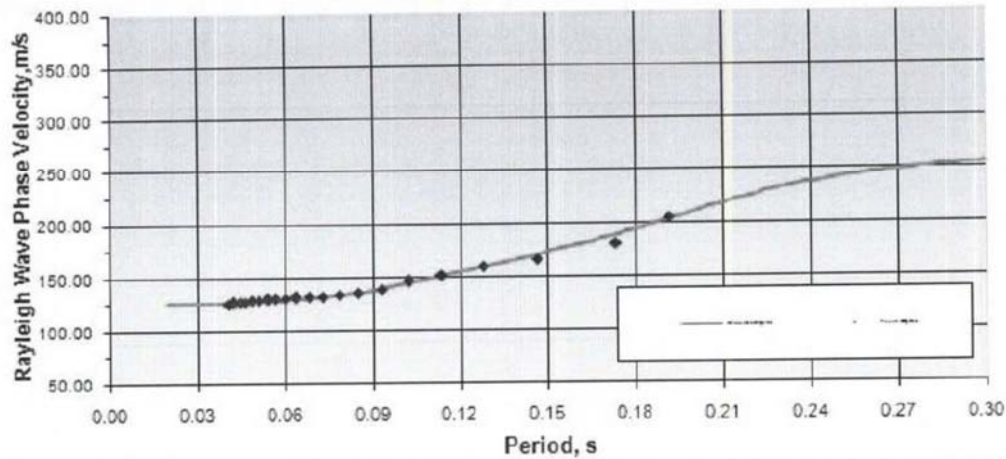
6/8



## Surface Wave Analysis

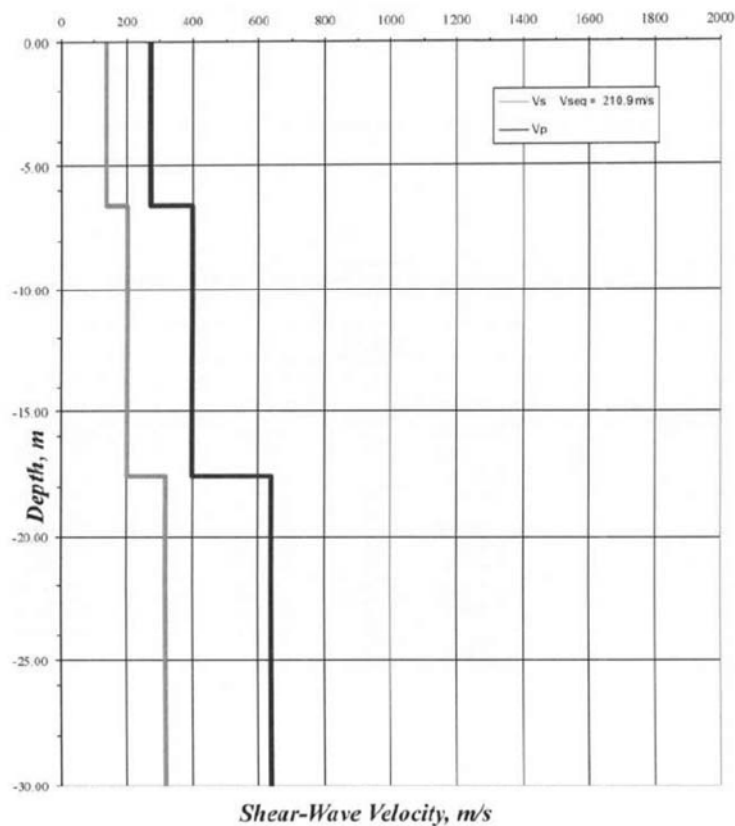
MASW 01 - ReMi 01

### Curva di dispersione teorica e sperimentale (velocità di fase-periodo)



MODELLO DEL SOTTOSUOLO con indicazione delle P e delle S - RMS = 2.409 m/sec

### Vs Model



Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"

7/8



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

## Surface Wave Analysis

MASW 01 – ReMi 01

### INTERPRETAZIONE

profondità, m	Peso naturale g/cc	Vp, m/s	Vs, m/s
0.00 - 6.60	1.50	272.8	136.4
6.60 - 17.55	1.70	399.1	199.6
17.55 - 30.00	1.90	638.5	319.2

$$V_{Seq} = h_i / \sum_1^i h_i / V_i = 210,9 \text{ m/sec}$$





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

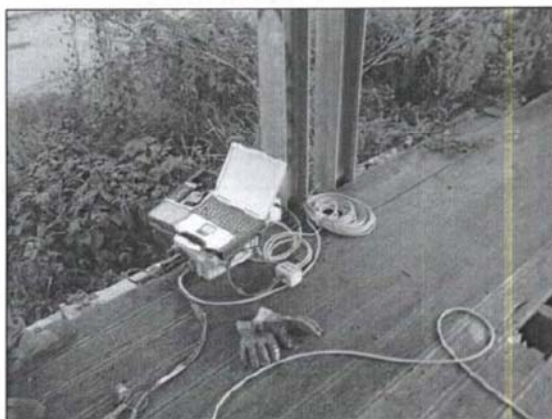
CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

#### INDAGINE SISMICA

- **Committente:** SMA Campania S.p.a.
- **Data:** 16 Novembre 2021
- **Lavoro:** Programma degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno . Intervento G1
- **Commessa:** W256b - 21
- **Località:** Località "San Pietro" - Scafati (NA)



Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

#### Allegato 4 – Risultati delle prove di laboratorio



Mandanti



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro



S. Giorgio del Sannio li, 29 novembre 2021

Rif. Arch.: Verbale di accettazione n° T0975/21 del 15 novembre 2021

RICHIEDENTE: dott. geol. DOMENICO PALMA (D.re tec. GEOTEST sas)

CANTIERE : *INTERVENTO G1 – BARRIERA FOCE SIFONE PIVVOLO SARNO SPONDA DX  
FIUME SARNO* Loc. TORRE ANNUNZIATA (NA)

COMMITTENTE: SMA CAMPANIA

OGGETTO: PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO SU N° 5 CAMPIONI  
(n° 2 indisturbati e n° 3 semidisturbati)

#### PROVE ESEGUITE

- N° 5 DETERMINAZIONI PROPRIETA' INDICE
- N° 4 ANALISI GRANULOMETRICHE
- N° 4 DETERMINAZIONI LIMITI DI ATTERBERG
- N° 4 PROVE DI TAGLIO DIRETTO

(certificati dal n° 0520T/21 al n° 0533T/21)

Lo Sperimentatore  
(Dott. geol. Vito Carbone)



IL Direttore del Laboratorio  
(Dott. ing. Michele Larocca)

Intervento G\_1 - "Barriera sito sifone Piccolo Sarno"



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**verb. accett. n° T0975/21**

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite					
Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)					
Cantiere: Intervento G1 - Barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. SCAFATI (SA)					
Committente: SMA Campania					
Sondaggio n.	<b>S1</b>	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	<b>C1</b>	Data Prelievo Campione	16/11/2021	Profondità Campione, m	3,0 - 3,5
Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato		Campione Semidisturbato	<b>X</b>	Campione Rimaneggiato	
Fustella, L e $\phi$ mm		Campione, L e $\phi$ , mm		Contenitore del Campione:	INOX FERRO PVC
Condizioni del materiale estruso dal campionatore:					
Buone			Mediocri	Paraffinato	
Rammollito			Strati Piegati	Cattive	
				Rimaneggiato	<b>X</b>

**IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)**

Data Apertura Campione: 24/11/2021
Grana: fine
Consistenza: 0,9 kg/cm <sup>2</sup> (media di 5 determinazioni)
Grado di Plasticità: ---
Struttura: ---
Colore: very dark grayish brown (Tav. Munsell 10YR 3/2)
Denominazione: limo con sabbia debolmente argilloso
Note: -----

**PROVE ESEGUITE**

DESCRIZIONE VISIVA	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	

Io Sperimentatore  
(dott. geol Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0520T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

data prova: 25/11/2021

Contenuto d'Acqua  
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI  
MEDI

Contenitore, n.  
Peso del contenitore, g  
Peso lordo campione umido, g  
Peso lordo campione secco, g  
Peso netto campione umido, g  
Peso netto campione secco, g  
Peso dell'acqua, g  
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>), %

11	9	7
18,61	20,39	21,22
102,68	109,32	95,61
85,25	90,90	80,13
84,07	88,93	74,39
66,64	70,51	58,91
17,43	18,42	15,48
26,16%	26,12%	26,28%

26,19%

Peso di Volume

Determinazione, n.  
Peso Volumometro, g  
Capacità Volumometro, cc  
Peso Volumometro + Terra Umida, g  
PESO di VOLUME NATURALE (γ<sub>n</sub>), kN/mc  
PESO di VOLUME SECCO (γ<sub>d</sub>), kN/mc

1	2	3
65,35	65,35	65,35
72,00	72,00	72,00
192,60	191,44	192,38
17,67	17,51	17,64
14,01	13,88	13,98

17,61  
13,96

C1  
SONDAGGIO S1 CAMPIONE

Peso Specifico dei Grani (G<sub>s</sub>)  
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n  
Peso Picnometro Vuoto, g  
Peso Picnometro + Campione Secco, g  
Peso Picnometro + Campione + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Temperatura Pesate, °C  
Peso Picnometro + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Fattore di Correzione, k  
PESO SPECIFICO dei GRANI (G<sub>s</sub>) a 20°C, kN/mc

1	2
143,57	144,2
193,63	203,11
477,85	483,79
20,3	20,3
446,83	447,19
1,00	1,00
26,28	26,40

26,34

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)  
POROSITÀ' (n), %  
GRADO di SATURAZIONE (S<sub>r</sub>), %  
PESO di VOLUME SATURO (γ<sub>sat</sub>), kN/mc

0,89  
47,03  
77,7%  
18,66

Io Sperimentatore  
(dott. geol Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**verb. accett. n° T0975/21**

**Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite**

Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)  
Cantiere: Intervento G1 - Barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. SCAFATI (SA)  
Committente: SMA Campania

Sondaggio n.	<b>S1</b>	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	<b>C2</b>	Data Prelievo Campione	16/11/2021	Profondità Campione, m	5,5 - 6,0

Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato		Campione Semidisturbato	<b>X</b>	Campione Rimaneggiato	
Fustella, L e $\phi$ mm		Campione, L e $\phi$ , mm		Contenitore del Campione:	INOX FERRO PVC

Condizioni del materiale estruso dal campionatore:

Buone	<b>X</b>	Mediocri		Paraffinato	
Rammollito		Strati Piegati		Cattive	
				Rimaneggiato	<b>X</b>

**IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)**

Data Apertura Campione: 22/11/2021  
Grana: fine  
Consistenza: 0,3 kg/cm<sup>2</sup> (media di 5 determinazioni)  
Grado di Plasticità: ---  
Struttura: ---  
Colore: blak (Tav. Munsell 10YR 2/1)  
Denominazione: *sabbia con limo debolmente argillosa (A.G.I.)*  
Note: -----

**PROVE ESEGUITE**

DESCRIZIONE VISIVA	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	<b>X</b>
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	

lo Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0521T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

data prova: 24/11/2021

Contenuto d'Acqua  
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI  
MEDI

Contenitore, n.  
Peso del contenitore, g  
Peso lordo campione umido, g  
Peso lordo campione secco, g  
Peso netto campione umido, g  
Peso netto campione secco, g  
Peso dell'acqua, g  
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>), %

13	8	14
18,21	21,51	18,03
68,45	80,03	71,39
45,99	54,58	48,26
50,24	58,52	53,36
27,78	33,07	30,23
22,46	25,45	23,13
80,85%	76,96%	76,51%

78,11%

Peso di Volume

Determinazione, n.  
Peso Volumometro, g  
Capacità Volumometro, cc  
Peso Volumometro + Terra Umida, g  
PESO di VOLUME NATURALE (γ<sub>n</sub>), kN/mc  
PESO di VOLUME SECCO (γ<sub>d</sub>), kN/mc

1	2	3
65,36	65,36	65,36
72,00	72,00	72,00
167,20	166,80	167,85
14,14	14,09	14,23
7,94	7,91	7,99

14,16

7,95

C2  
CAMPIONE  
S1  
SONDAGGIO

Peso Specifico dei Grani (Gs)  
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n  
Peso Picnometro Vuoto, g  
Peso Picnometro + Campione Secco, g  
Peso Picnometro + Campione + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Temperatura Pesate, °C  
Peso Picnometro + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Fattore di Correzione, k  
PESO SPECIFICO dei GRANI (Gs) a 20°C, kN/mc

1	2
143,57	144,21
172,85	191,07
465,20	476,46
20,3	20,2
446,82	447,12
1,00	1,00
26,85	26,74

26,79

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)  
POROSITÀ (n), %  
GRADO di SATURAZIONE (Sr), %  
PESO di VOLUME SATURO (γ<sub>sat</sub>), kN/mc

2,37

70,35

88,3%

14,98

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0522T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 2

**ANALISI GRANULOMETRICA di una TERRA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422/63)**

CAMPIONE S1 C2

data prova: 25/11/2021

PESO SPECIFICO dei GRANI del Passante al Vaglio #10 ASTM (Gt), kN/mc

26,79

**ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM #10 (Ø=2,0 mm)**

Contenitore, gr	350,47	Cont. + Campione secco, gr	498,11	cont.+camp. secco lavato, gr	426,26
		431,94 CAMPIONE secco, gr	147,64	perdita lavaggio, gr	71,85

VAGLI ASTM Ø in mm	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Ritenuto, gr	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,63	2,38
Ritenuto, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	98,0

**ANALISI MECCANICA e DENSITOMETRICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM #10**

**ANALISI MECCANICA**

Fattore Riduzione Massa Campione, FR

1,000

VAGLI ASTM Ø in mm	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075	PAN =
Ritenuto, gr	14,44	13,73	18,24	20,61	5,76	71,85
Passante, gr	9,78	9,30	12,35	13,96	3,90	=
% Passante	88,2	78,9	66,5	52,6	48,7	=

**ANALISI DENSITOMETRICA**

DENSIMETRO, Tipo ASTM 151 H, n.

46

(Agente disperdente: Esametafosfato di Sodio)

Contenitore, gr	21,15	Temperatura Prova (T°), °C	19,1
Cont. + Campione, gr	61,39	Peso Specifico del Liquido a T°, kN/mc	9,984
CAMPIONE secco, gr	40,24	Coeff. Viscosità Dinamica nel Liquido a T°, Poise	0,0103

Tempi, mn	0,5	1	2	4	8	15	60	360	1440
Lettura Densimetro, R	1,0260	1,0240	1,0220	1,0200	1,0190	1,0170	1,0120	1,0080	1,0060
Correzione per T°, ΔR	0,0038								
Lettura Corretta, R°	1,0222	1,0202	1,0182	1,0162	1,0152	1,0132	1,0082	1,0042	1,0022
Prof. Lettura, L in mm	72,31	72,29	72,27	72,25	72,24	72,22	72,17	72,13	72,11
Ø dei grani, mm	0,0679	0,0480	0,0340	0,0240	0,0170	0,0124	0,0062	0,0025	0,0013
% Passante	45,9	42,0	38,2	34,3	32,4	28,5	18,9	11,2	7,3

**RISULTATI**

		% in peso	% in peso
GHIAIE	Grosse	0,0	
	Medie	0,0	
	Fini	2,0	
		<b>GHIAIE, Totale</b>	<b>2,0</b>
SABBIE	Grosse	19,1	
	Medie	12,4	
	Fini	17,9	
		<b>SABBIE, Totale</b>	<b>49,3</b>
		<b>SILT o LIMI</b>	<b>39,3</b>
		<b>ARGILLE e COLLOIDI</b>	<b>9,4</b>

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

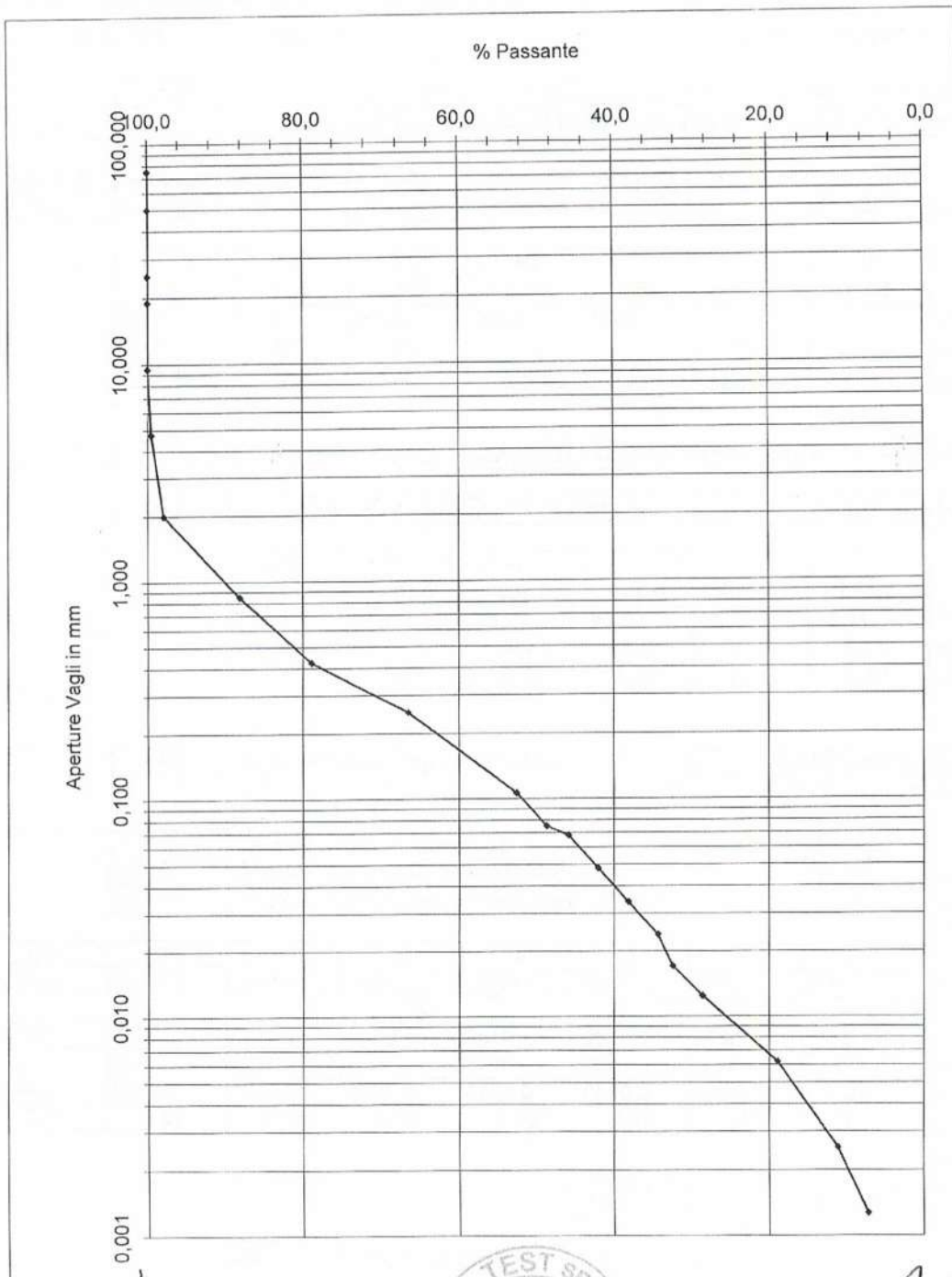
il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0522T/21 del 29/11/2021

pag. 2 di 2

CAMPIONE S1 C2





verb. accett. n° T0975/21

certif. n° -----

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE dei LIMITI e degli INDICI di CONSISTENZA**

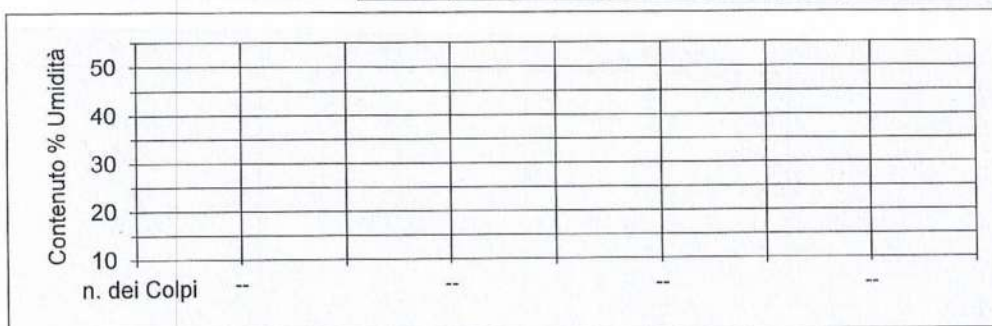
**DETERMINAZIONE del LIMITE LIQUIDO [ASTM D423/72]**

**LIMITE  
LIQUIDO**

Contenitore, n.  
Massa Contenitore, gr  
Massa Cont+Terra Umida, gr  
Massa Cont+Terra Secca, gr  
Colpi, n.  
CONTENUTO ACQUA, %

--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--

**25  
n.d.**



**DETERMINAZIONE del LIMITE ed INDICE PLASTICO [ASTM D424/71]**

**LIMITE  
PLASTICO**

Determinazione, n.  
Contenitore, n.  
Massa Contenitore, gr  
Massa Cont+Terra Umida, gr  
Massa Cont+Terra Secca, gr  
CONTENUTO ACQUA, %

1	2	
--	--	
--	--	
--	--	
--	--	
--	--	

**n.p.**

**INDICE PLASTICO**

**n.d.**

**DETERMINAZIONE dei FATTORI di RITIRO  
[ASTM D427/74]**

Capsula MONEL, n.  
Capsula MONEL, gr  
Capsula MONEL, cc  
Capsula + Terra Umida, gr  
Capsula + Terra Secca, gr  
CONTENUTO ACQUA, %  
Hg ~ Terra Secca, gr  
Terra Secca, cc  
**LIMITE di RITIRO (Wr), %**  
**COEFFICIENTE di RITIRO (Rs)**

--
--
--
--
--
--
--
--
--

**CONTENUTO NATURALE ACQUA, %**

**INDICE di CONSISTENZA**

--
--

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

C2  
campione

S1  
sondaggio

**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**  
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080  
**RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21		
Numero Sondaggio	S1	Tipo provino	Indisturbato
Descrizione provino	certif. n° 0523T/21 del 29/11/2021		
Peso specifico dei grani	26.79 (Misurato)	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	Macchina di Taglio con Geodatalog		


CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	C2	C2	C2
Profondità di prelievo (m)	5.50	5.50	5.50
Altezza (mm)	20.0	20.0	20.0
Larghezza (mm)	60.0	60.0	60.0
Sezione (mm²)	3600.0	3600.0	3600.0
Umidità (misura diretta) (%)			
Umidità (trimming) (%)	81	77	77
Densità secca (g)			
Densità umida (kN/m³)	14.14	14.09	14.23
Densità secca (kN/m³)			
Indice dei vuoti			
Grado di saturazione (%)			

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	0.014682	0.014463	0.014508
<b>Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)</b>			
Pressione verticale (kPa)	50	99	150
Tensione di taglio (kPa)	36	74	101
Spostamento orizzontale (mm)	6.17	6.04	6.38
Def. verticale (mm)	1.016	0.746	0.814

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)			
Densità umida (kN/m³)	0.00	0.00	0.00
Densità secca (kN/m³)			

Coesione (kPa)	5.0
Angolo di resistenza al taglio (°)	33.1

Commenti / variazioni delle procedure:





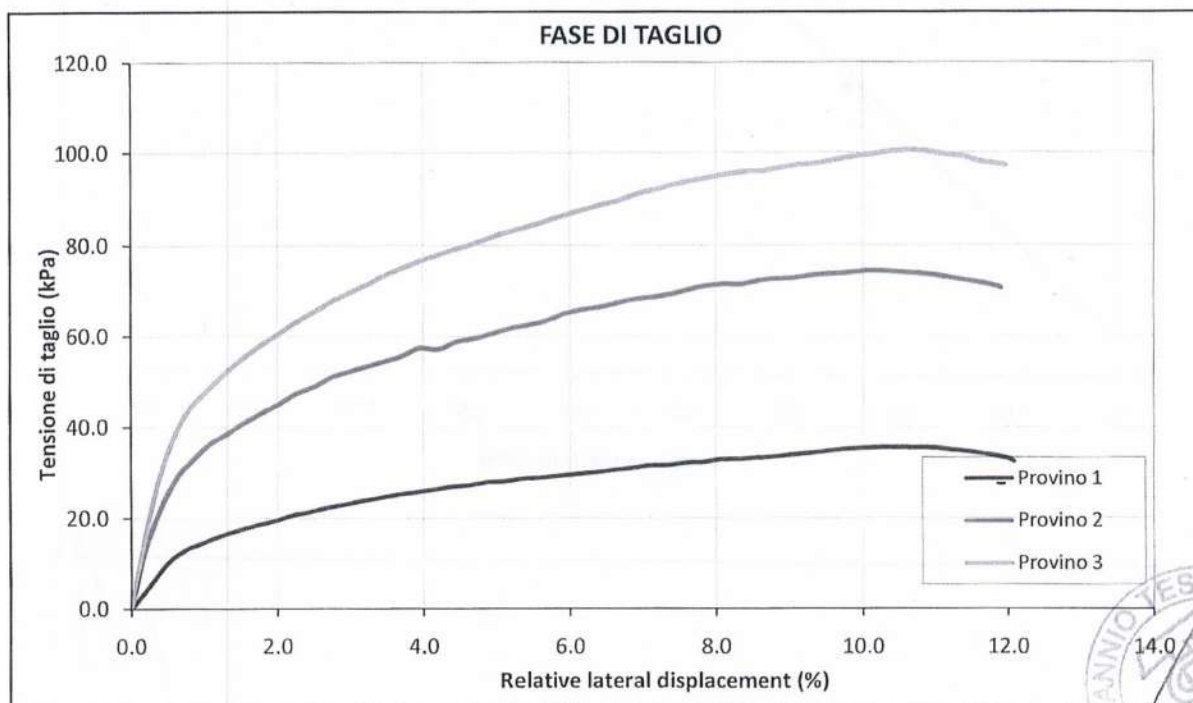
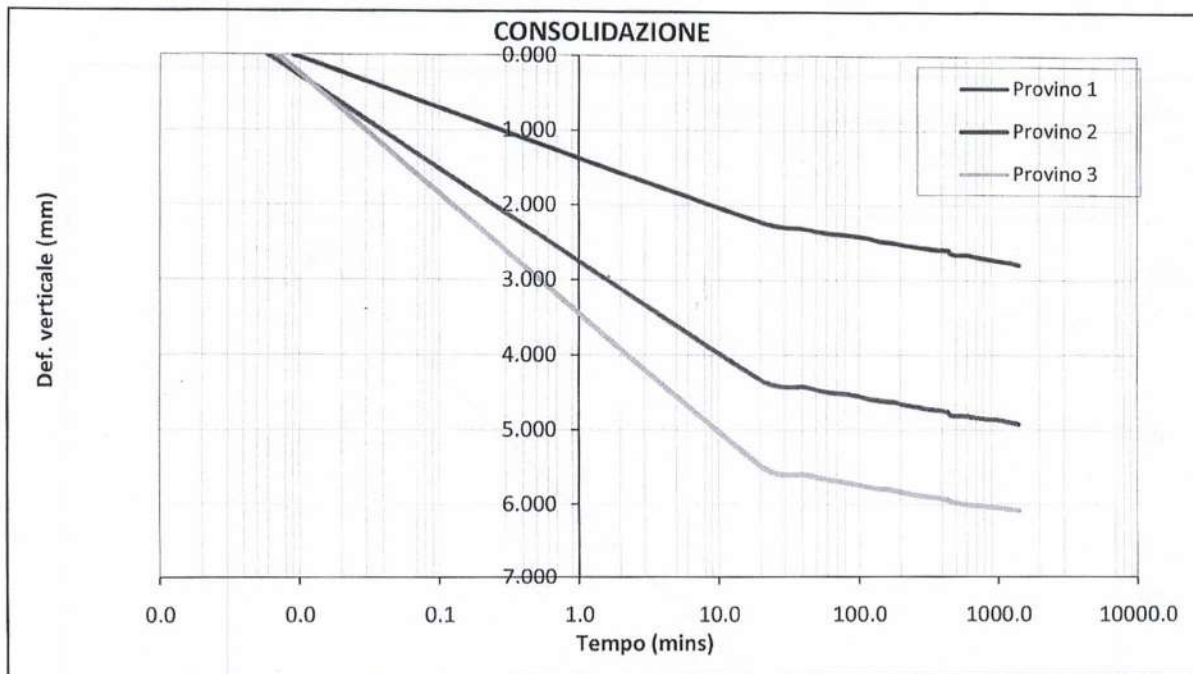
**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

**RAPPORTO DI PROVA**

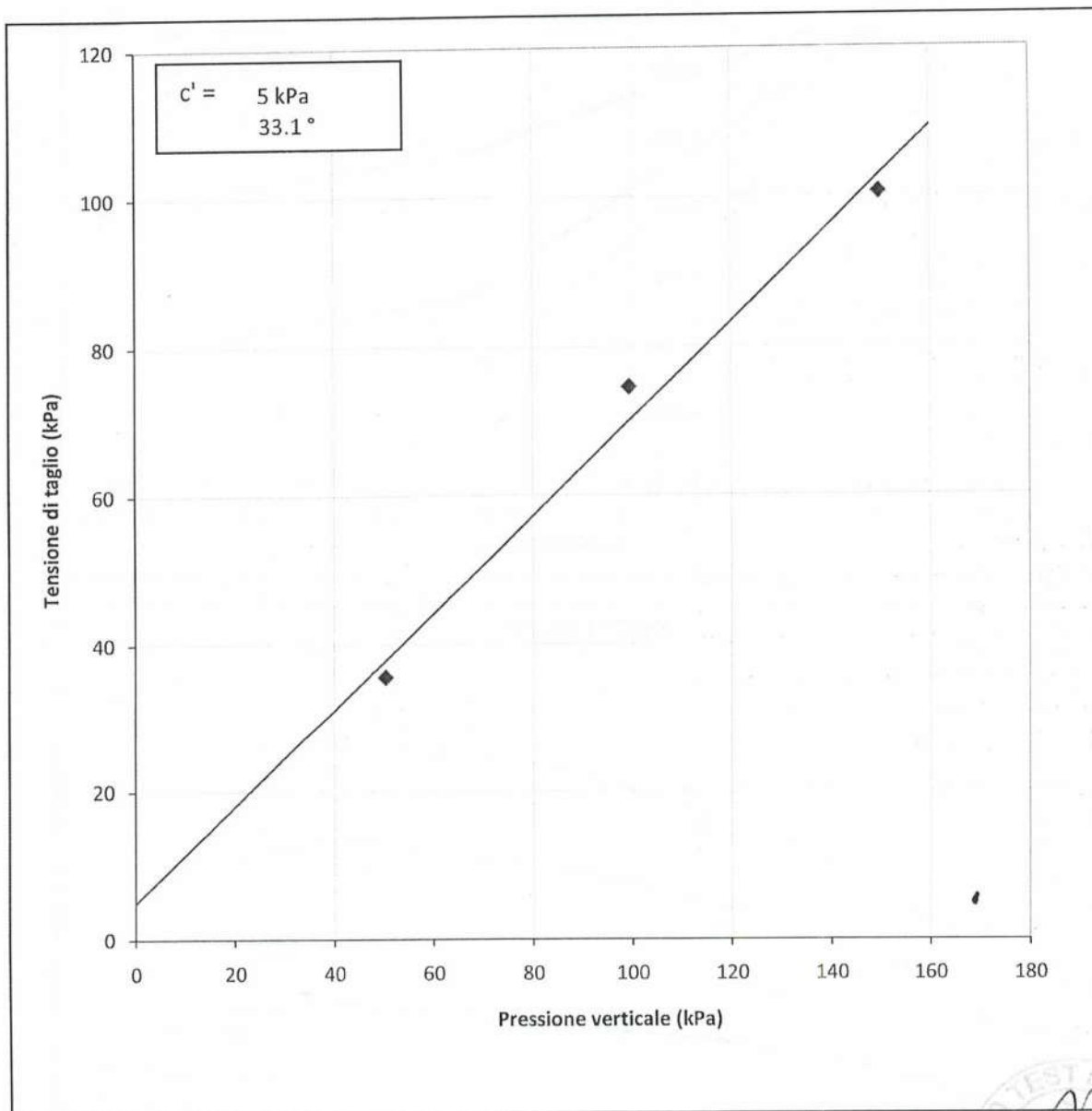
Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C2, C2, C2
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (n	5.50, 5.50, 5.50



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**  
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080  
**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C2, C2, C2
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	5.50, 5.50, 5.50



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**verb. accett. n° T0975/21**

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite					
Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)					
Cantiere: Intervento G1 - Barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. SCAFATI (SA)					
Committente: SMA Campania					
Sondaggio n.	<b>S1</b>	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	<b>C3</b>	Data Prelievo Campione	16/11/2021	Profondità Campione, m	7,7 - 8,2
Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato	<b>X</b>	Campione Semidisturbato		Campione Rimaneggiato	
Fustella, L e $\phi$ mm		Campione, L e $\phi$ , mm		Contenitore del Campione:	INOX FERRO PVC
Condizioni del materiale estruso dal campionatore:					Paraffinato
Buone					<b>X</b>
Mediocri					
Cattive					
Rammolito					
Strati Piegati					
Rimaneggiato					

**IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)**

Data Apertura Campione: 18/11/2021
Grana: fine
Consistenza: 0,4 kg/cm <sup>2</sup> (media di 5 determinazioni)
Grado di Plasticità: ---
Struttura: ---
Colore: very dark gray (Tav. Munsell 2.5Y 3/1)
Denominazione: limo con sabbia debolmente argilloso (A.G.I.)
Note: -----

**PROVE ESEGUITE**

DESCRIZIONE VISIVA	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	<b>X</b>
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	

Io Sperimentatore  
(dott. geol Vito Carbone)

Il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Carocca)



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0524T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

data prova: 19/11/2021

Contenuto d'Acqua  
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI  
MEDI

Contenitore, n.  
Peso del contenitore, g  
Peso lordo campione umido, g  
Peso lordo campione secco, g  
Peso netto campione umido, g  
Peso netto campione secco, g  
Peso dell'acqua, g  
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>), %

15	2	4
21,59	20,31	20,45
89,90	93,36	107,34
65,30	68,16	76,64
68,31	73,05	86,89
43,71	47,85	56,19
24,60	25,20	30,70
56,28%	52,66%	54,64%

54,53%

Peso di Volume

Determinazione, n.  
Peso Volumetro, g  
Capacità Volumetro, cc  
Peso Volumetro + Terra Umida, g  
PESO di VOLUME NATURALE (γ<sub>n</sub>), kN/mc  
PESO di VOLUME SECCO (γ<sub>d</sub>), kN/mc

1	2	3
65,35	65,35	65,35
72,00	72,00	72,00
168,05	167,21	168,96
14,26	14,15	14,39
9,23	9,16	9,31

14,27  
9,23

Peso Specifico dei Grani (G<sub>s</sub>)  
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n  
Peso Picnometro Vuoto, g  
Peso Picnometro + Campione Secco, g  
Peso Picnometro + Campione + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Temperatura Pesate, °C  
Peso Picnometro + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Fattore di Correzione, k  
PESO SPECIFICO dei GRANI (G<sub>s</sub>) a 20°C, kN/mc

1	2
144,17	143,53
197,55	188,90
478,35	473,44
20,1	20,3
446,98	447,05
1,00	1,00
24,24	23,89

24,07

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)  
POROSITÀ' (n), %  
GRADO di SATURAZIONE (S<sub>r</sub>), %  
PESO di VOLUME SATURO (γ<sub>sat</sub>), kN/mc

1,61  
61,65  
81,7%  
15,40

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0525T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 2

**ANALISI GRANULOMETRICA di una TERRA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422/63)**

CAMPIONE S1 C3

data prova: 22/11/2021

PESO SPECIFICO dei GRANI del Passante al Vaglio #10 ASTM (Gt), kN/mc

24,07

**ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM #10 (Ø=2,0 mm)**

Contenitore, gr	83,34	Cont. + Campione secco, gr	431,94	cont.+camp. secco lavato, gr	229,84
		CAMPIONE secco, gr	348,60	perdita lavaggio, gr	202,10

VAGLI ASTM Ø in mm	3" 50,0	2" 37,5	1" 25,0	3/4" 19,0	3/8" 9,5	# 4 4,75	# 10 2,00
Ritenuto, gr	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	8,08	9,97
Ritenuto, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,9
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,7	94,8

**ANALISI MECCANICA e DENSITOMETRICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM #10**

**ANALISI MECCANICA**

Fattore Riduzione Massa Campione, FR 1,000

VAGLI ASTM Ø in mm	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075	PAN =
Ritenuto, gr	23,45	27,30	26,95	39,40	11,35	202,10
Passante, gr	6,73	7,83	7,73	11,30	3,26	=
% Passante	88,1	80,3	72,5	61,2	58,0	=

**ANALISI DENSITOMETRICA**

DENSIMETRO, Tipo ASTM 151 H, n.

46

(Agente disperdente: Esametafosfato di Sodio)

Contenitore, gr	24,42	Temperatura Prova (T°), °C	18,5
Cont. + Campione, gr	63,48	Peso Specifico del Liquido a T°, kN/mc	9,985
CAMPIONE secco, gr	39,06	Coeff. Viscosità Dinamica nel Liquido a T°, Poise	0,0105

Tempi, mn	0,5	1	2	4	8	15	60	360	1440
Lettura Densimetro, R	1,0240	1,0230	1,0210	1,0190	1,0160	1,0130	1,0090	1,0060	1,0040
Correzione per T°, ΔR	0,0038								
Lettura Corretta, R°	1,0202	1,0192	1,0172	1,0152	1,0122	1,0092	1,0052	1,0022	1,0002
Prof. Lettura, L in mm	72,29	72,28	72,26	72,24	72,21	72,18	72,14	72,11	72,09
Ø dei grani, mm	0,0626	0,0442	0,0313	0,0221	0,0156	0,0114	0,0057	0,0023	0,0012
% Passante	55,0	52,5	47,4	42,4	34,8	27,1	17,0	9,4	4,3

**RISULTATI**

		% in peso	% in peso
GHIAIE	Grosse	0,0	
	Medie	0,0	
	Fini	5,2	
SABBIE	Grosse	14,6	
	Medie	7,7	
	Fini	14,6	

**GHIAIE, Totale** 5,2

**SABBIE, Totale** 36,8

**SILT o LIMI** 50,4

**ARGILLE e COLLOIDI** 7,5

Io Sperimentatore  
(dott. geol Vito Carbone)

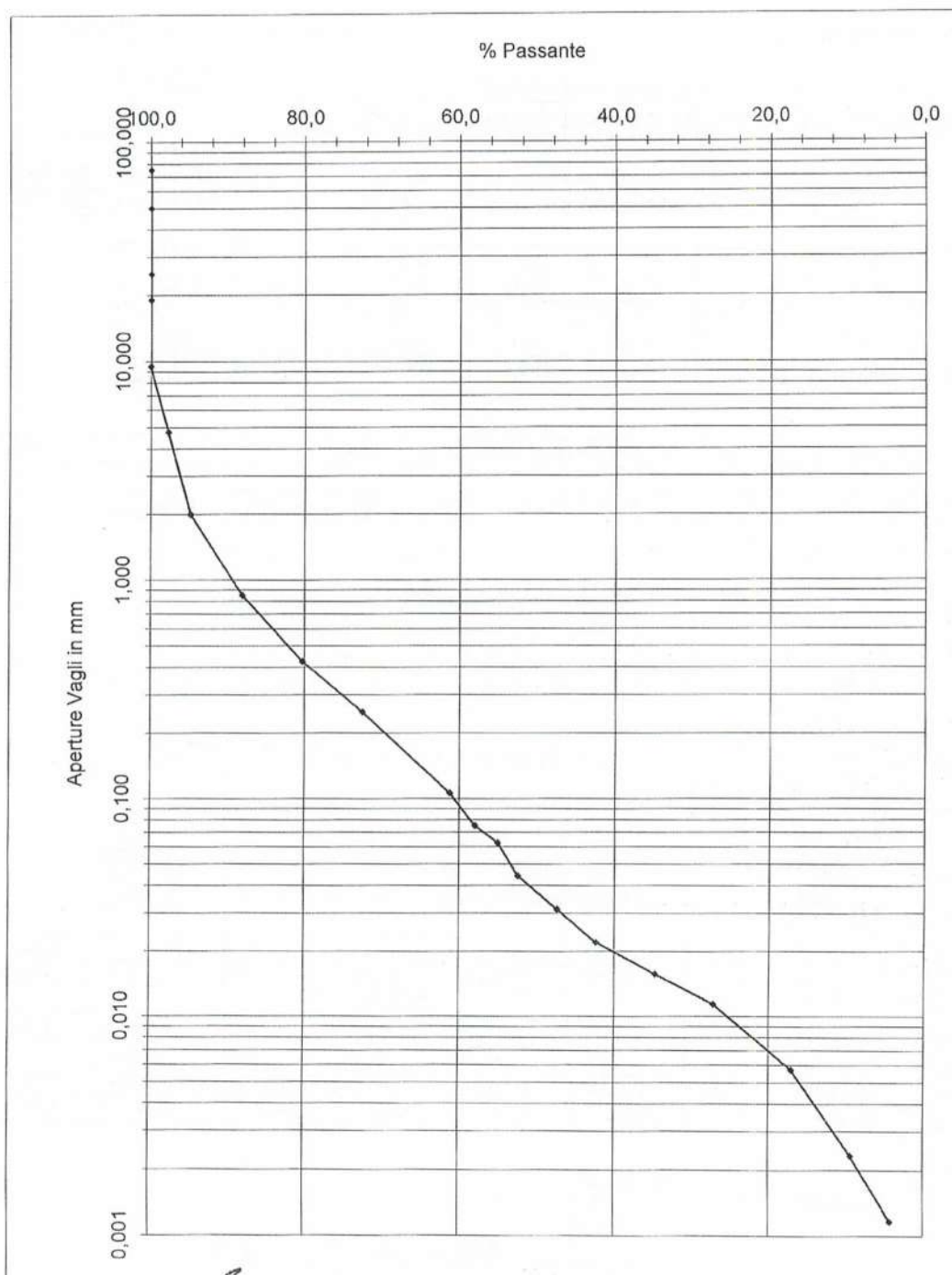
il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0525T/21 del 29/11/2021

pag. 2 di 2

CAMPIONE S1 C3



lo Sperimentatore  
(dott. geol Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



verb. accett. n° T0975/21

certif. n° -----

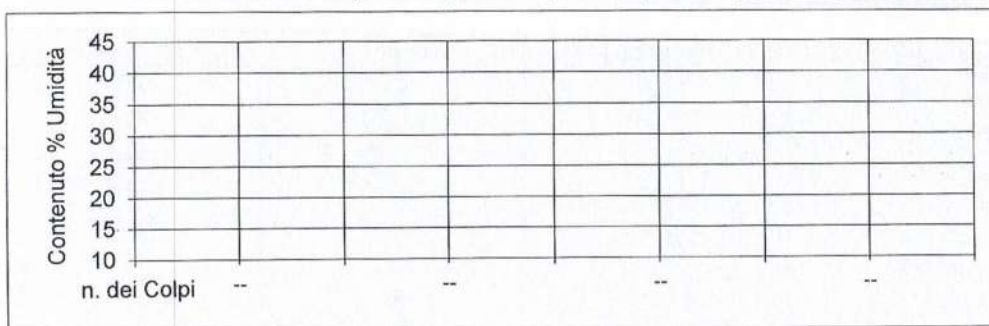
pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE dei LIMITI e degli INDICI di CONSISTENZA**

**DETERMINAZIONE del LIMITE LIQUIDO [ASTM D423/72]**

**LIMITE LIQUIDO**

Contenitore, n.	--	--	--	--	
Massa Contenitore, gr	--	--	--	--	
Massa Cont+Terra Umida, gr	--	--	--	--	
Massa Cont+Terra Secca, gr	--	--	--	--	
Colpi, n.	--	--	--	--	
CONTENUTO ACQUA, %	--	--	--	--	
					25
					n.d.



**DETERMINAZIONE del LIMITE ed INDICE PLASTICO [ASTM D424/71]**

**LIMITE PLASTICO**

Determinazione, n.	1	2	
Contenitore, n.	--	--	
Massa Contenitore, gr	--	--	
Massa Cont+Terra Umida, gr	--	--	
Massa Cont+Terra Secca, gr	--	--	
CONTENUTO ACQUA, %	--	--	
			n.p.

**INDICE PLASTICO**

**n.d.**

**DETERMINAZIONE dei FATTORI di RITIRO [ASTM D427/74]**

Capsula MONEL, n.	--
Capsula MONEL, gr	--
Capsula MONEL, cc	--
Capsula + Terra Umida, gr	--
Capsula + Terra Secca, gr	--
CONTENUTO ACQUA, %	--
Hg " Terra Secca, gr	--
Terra Secca, cc	--
LIMITE di RITIRO (Wr), %	--
COEFFICIENTE di RITIRO (Rs)	--

CONTENUTO NATURALE ACQUA, %

INDICE di CONSISTENZA

Io Sperimentatore  
(dott. geol Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

C3

campione

S1

sondaggio

**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**  
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080  
**RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21		
Numero Sondaggio	S1	Tipo provino	Indisturbato
Descrizione provino	certif. n° 0526T/21 del 29/11/2021		
Peso specifico dei grani	24.07 (Misurato)	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	Macchina di Taglio con Geodatalog		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	C3	C3	C3
Profondità di prelievo (m)	7.70	7.70	7.70
Altezza (mm)	20.0	20.0	20.0
Larghezza (mm)	60.0	60.0	60.0
Sezione (mm²)	3600.0	3600.0	3600.0
Umidità (misura diretta) (%)			
Umidità (trimming) (%)	56	53	55
Densità secca (g)			
Densità umida (kN/m³)	14.26	14.15	14.39
Densità secca (kN/m³)			
Indice dei vuoti			
Grado di saturazione (%)			

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	0.007076	0.006612	0.006503
<b>Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)</b>			
Pressione verticale (kPa)	50	99	150
Tensione di taglio (kPa)	38	74	101
Spostamento orizzontale (mm)	6.98	6.63	6.58
Def. verticale (mm)	0.729	0.685	0.643

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)			
Densità umida (kN/m³)	0.00	0.00	0.00
Densità secca (kN/m³)			

Coesione (kPa)	7.9
Angolo di resistenza al taglio (°)	32.3

Commenti / variazioni delle procedure:





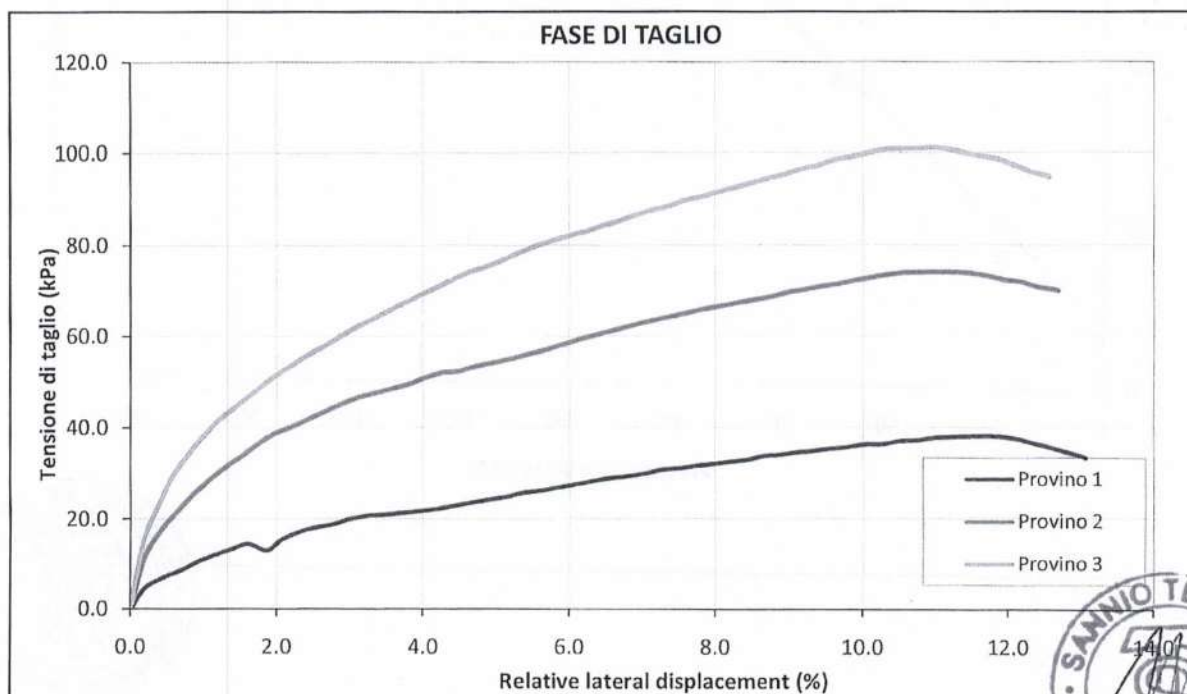
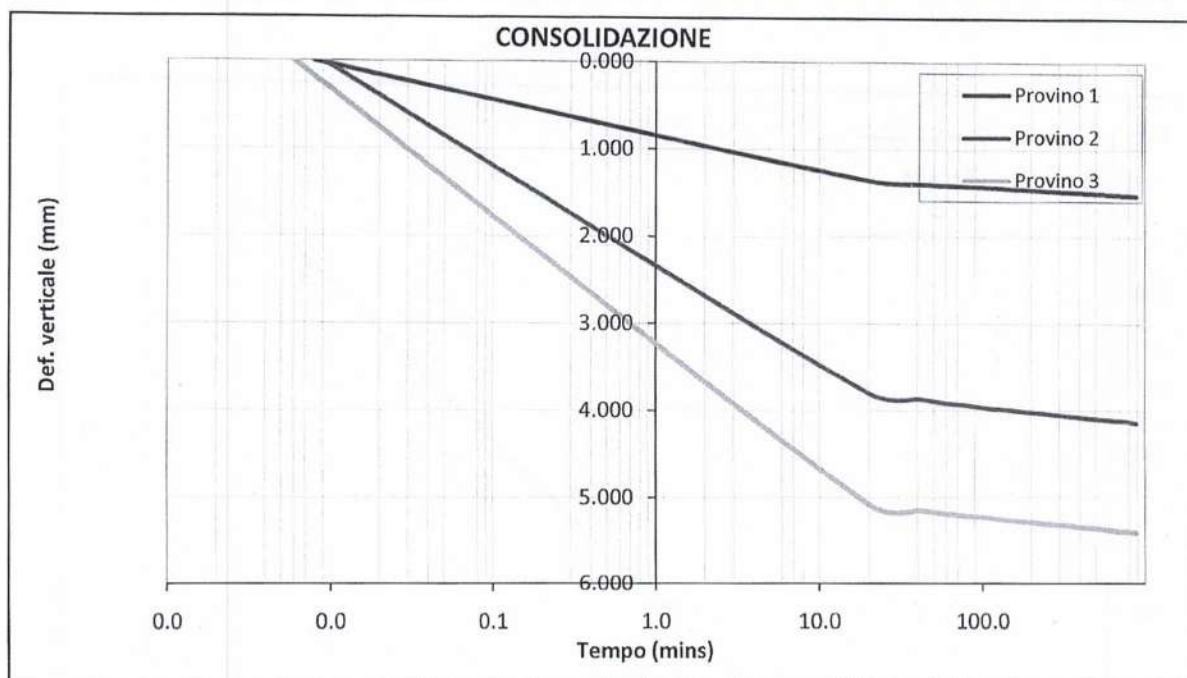
**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

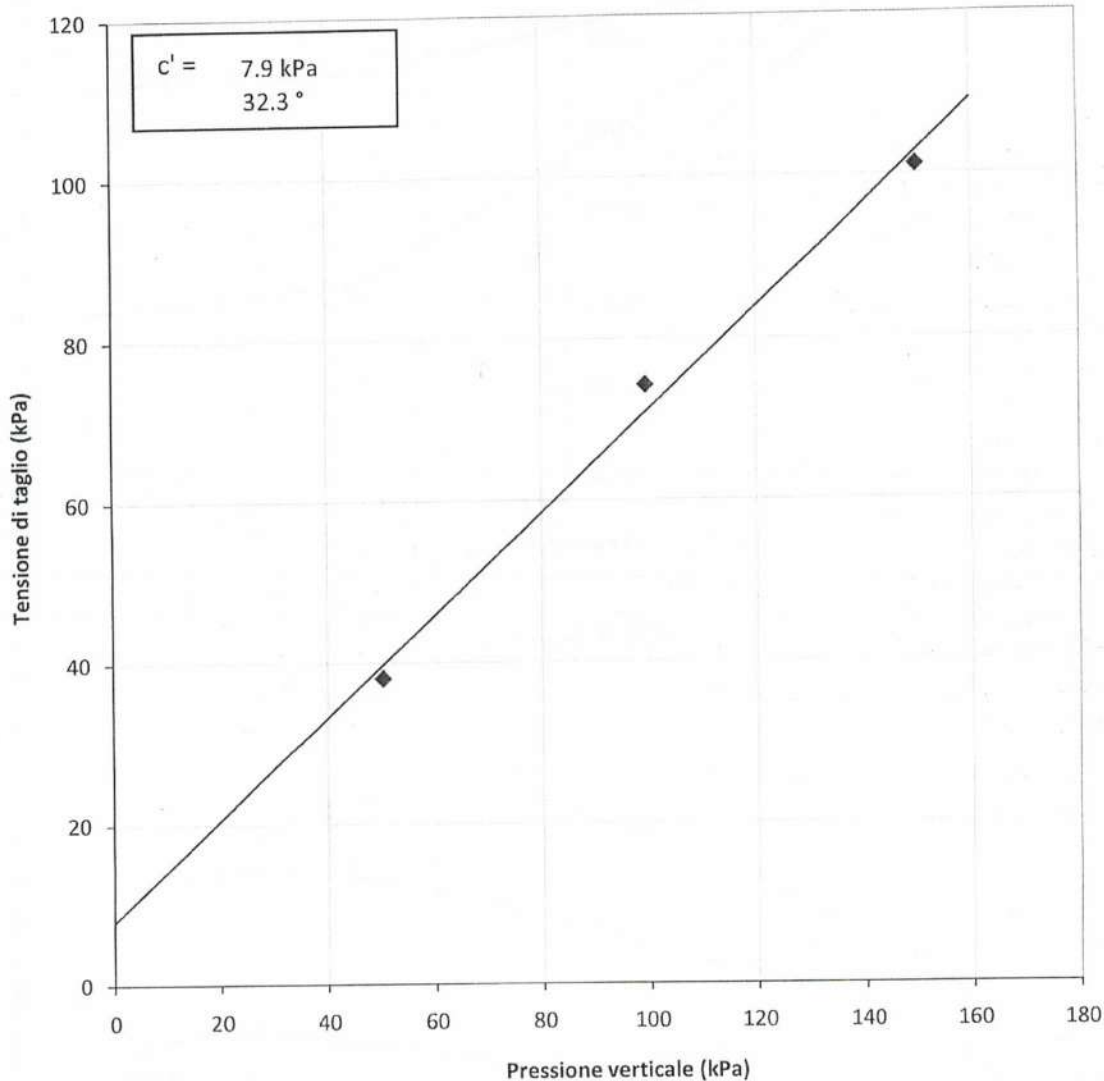
**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C3, C3, C3
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	7.70, 7.70, 7.70



**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**  
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080  
**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C3, C3, C3
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	7.70, 7.70, 7.70



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**verb. accett. n° T0975/21**

**Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite**

Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)  
Cantiere: Intervento G1 - Barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. SCAFATI (SA)  
Committente: SMA Campania

Sondaggio n.	<b>S1</b>	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	<b>C4</b>	Data Prelievo Campione	16/11/2021	Profondità Campione, m	12,0-12,5

Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato		Campione Semidisturbato	<b>X</b>	Campione Rimaneggiato	
Fustella, L e $\phi$ mm		Campione, L e $\phi$ , mm		Contenitore del Campione:	INOX FERRO PVC

Condizioni del materiale estruso dal campionatore:

Buone	<b>X</b>	Mediocri		Paraffinato	
Rammollito		Strati Piegati		Cattive	
				Rimaneggiato	

**IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)**

Data Apertura Campione: 18/11/2021  
Grana: fine  
Consistenza: 1,1 kg/cm<sup>2</sup> (media di 5 determinazioni)  
Grado di Plasticità: ---  
Struttura: ---  
Colore: gray (Tav. Munsell GLEY1 5/)  
Denominazione: *limo argilloso sabbioso* (A.G.I.)  
Note:

**PROVE ESEGUITE**

DESCRIZIONE VISIVA	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	<b>X</b>
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	



verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0527T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

data prova: 19/11/2021

Contenuto d'Acqua  
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI  
MEDI

Contenitore, n.  
Peso del contenitore, g  
Peso lordo campione umido, g  
Peso lordo campione secco, g  
Peso netto campione umido, g  
Peso netto campione secco, g  
Peso dell'acqua, g  
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>), %

6	1	11
21,30	20,85	18,60
102,17	113,55	133,04
82,08	93,24	107,83
80,87	92,70	114,44
60,78	72,39	89,23
20,09	20,31	25,21
33,05%	28,06%	28,25%

29,79%

Peso di Volume

Determinazione, n.  
Peso Volumometro, g  
Capacità Volumometro, cc  
Peso Volumometro + Terra Umida, g  
PESO di VOLUME NATURALE (γ<sub>n</sub>), kN/mc  
PESO di VOLUME SECCO (γ<sub>d</sub>), kN/mc

1	2	3
65,35	65,35	65,35
72,00	72,00	72,00
200,75	199,97	200,88
18,81	18,70	18,82
14,49	14,41	14,50

18,78

14,47

SONDAGGIO S1 CAMPIONE C4

Peso Specifico dei Grani (G<sub>s</sub>)  
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n  
Peso Picnometro Vuoto, g  
Peso Picnometro + Campione Secco, g  
Peso Picnometro + Campione + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Temperatura Pesate, °C  
Peso Picnometro + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Fattore di Correzione, k  
PESO SPECIFICO dei GRANI (G<sub>s</sub>) a 20°C, kN/mc

1	2
143,51	144,19
193,95	203,52
478,49	484,03
20,4	20,1
447,01	446,87
1,00	1,00
26,59	26,75

203,52

26,67

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)  
POROSITÀ' (n), %  
GRADO di SATURAZIONE (S<sub>r</sub>), %  
PESO di VOLUME SATURO (γ<sub>sat</sub>), kN/mc

0,84

45,77

94,2%

19,04

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0528T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 2

**ANALISI GRANULOMETRICA di una TERRA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422/63)**

CAMPIONE S1 C4

data prova: 23/11/2021

PESO SPECIFICO dei GRANI del Passante al Vaglio #10 ASTM (Gt), kN/mc

26,67

**ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM #10 (Ø=2,0 mm)**

Contenitore, gr	63,99	Cont. + Campione secco, gr	615,33	cont.+camp. secco lavato, gr	159,83
		CAMPIONE secco, gr	551,34	perdita lavaggio, gr	455,50

VAGLI ASTM Ø in mm	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
	50,0	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, gr	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,34	0,45
Ritenuto, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,9

**ANALISI MECCANICA e DENSITOMETRICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM #10**

**ANALISI MECCANICA**

Fattore Riduzione Massa Campione, FR 1,000

VAGLI ASTM Ø in mm	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075	PAN
						=
Ritenuto, gr	6,96	8,97	12,53	37,92	28,67	455,50
Passante, gr	1,26	1,63	2,27	6,88	5,20	=
% Passante	98,6	97,0	94,7	87,8	82,6	=

**ANALISI DENSITOMETRICA**

DENSIMETRO, Tipo ASTM 151 H, n. 46

(Agente disperdente: Esametafosfato di Sodio)

Contenitore, gr	31,75
Cont. + Campione, gr	72,34
CAMPIONE secco, gr	40,59

Temperatura Prova (T°), °C	18,5
Peso Specifico del Liquido a T°, kN/mc	9,985
Coeff. Viscosità Dinamica nel Liquido a T°, Poise	0,0105

Tempi, mn	0,5	1	2	4	8	15	60	360	1440
Lettura Densimetro, R	1,0260	1,0240	1,0220	1,0200	1,0180	1,0160	1,0130	1,0110	1,0080
Correzione per T°, ΔR	0,0038								
Lettura Corretta, R°	1,0222	1,0202	1,0182	1,0162	1,0142	1,0122	1,0092	1,0072	1,0042
Prof. Lettura, L in mm	72,31	72,29	72,27	72,25	72,23	72,21	72,18	72,16	72,13
Ø dei grani, mm	0,0681	0,0481	0,0340	0,0241	0,0170	0,0124	0,0062	0,0025	0,0013
% Passante	77,1	70,6	64,1	57,6	51,1	44,6	34,8	28,3	18,5

**RISULTATI**

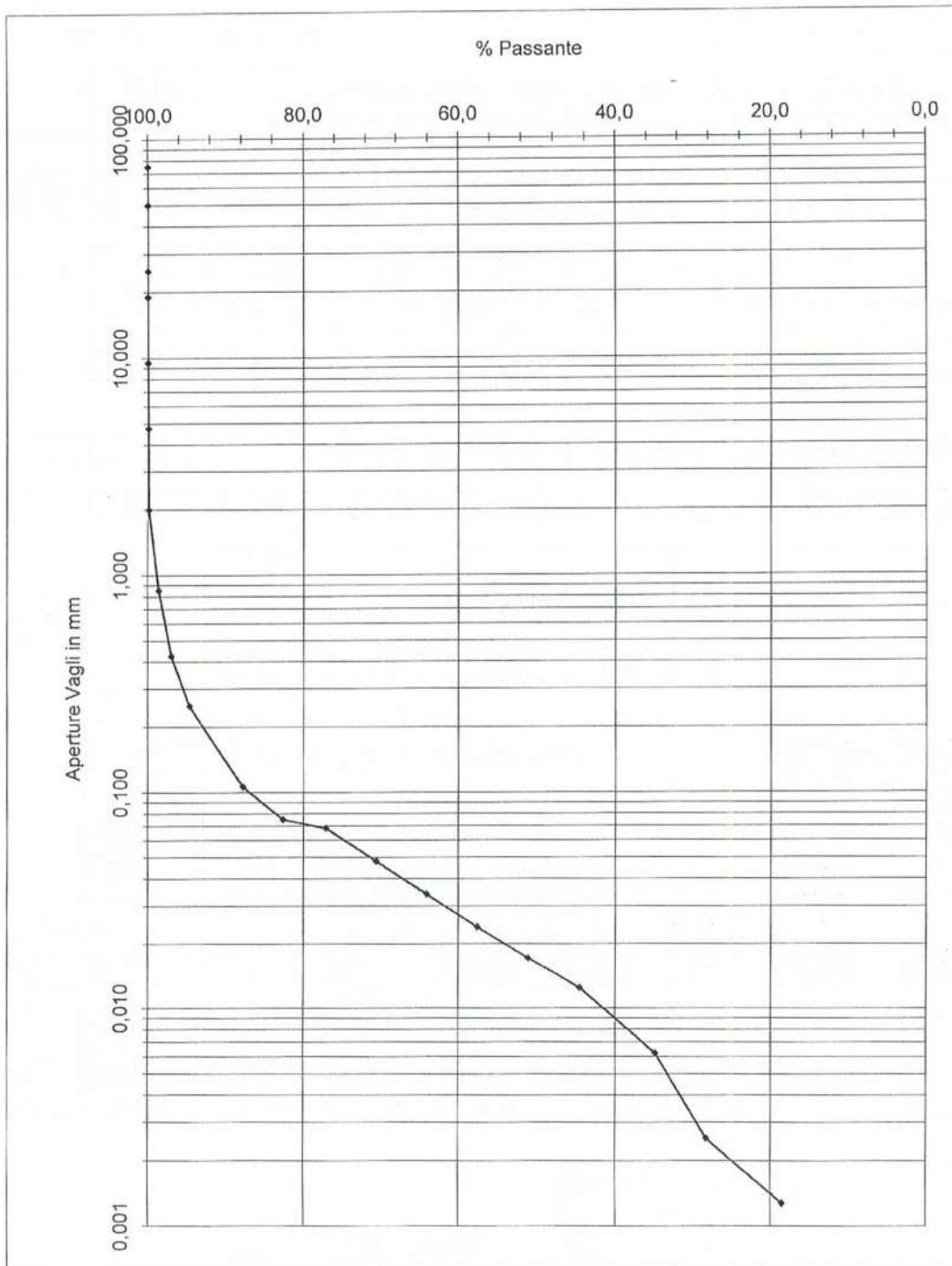
		% in peso	% in peso
GHIAIE	Grosse	0,0	
	Medie	0,0	
	Fini	0,1	
	<b>GHIAIE, Totale</b>		0,1
SABBIE	Grosse	2,9	
	Medie	2,3	
	Fini	12,1	
	<b>SABBIE, Totale</b>		17,2
	<b>SILT o LIMI</b>		58,9
	<b>ARGILLE e COLLOIDI</b>		23,7

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0528T/21 del 29/11/2021

pag. 2 di 2

CAMPIONE S1 C4



Io Sperimentatore  
(dott. geol Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certif. n° -----

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE dei LIMITI e degli INDICI di CONSISTENZA**

**DETERMINAZIONE del LIMITE LIQUIDO [ASTM D423/72]**

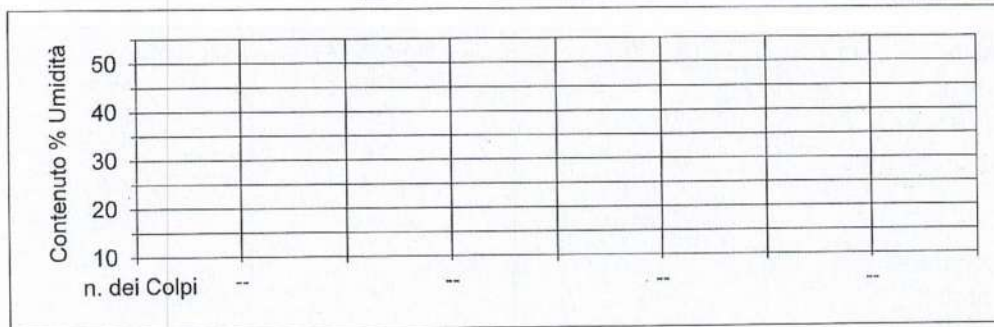
**LIMITE LIQUIDO**

Contenitore, n.  
Massa Contenitore, gr  
Massa Cont+Terra Umida, gr  
Massa Cont+Terra Secca, gr  
Colpi, n.  
CONTENUTO ACQUA, %

--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--
--	--	--	--	--

25

n.d.



**DETERMINAZIONE del LIMITE ed INDICE PLASTICO [ASTM D424/71]**

**LIMITE PLASTICO**

Determinazione, n.  
Contenitore, n.  
Massa Contenitore, gr  
Massa Cont+Terra Umida, gr  
Massa Cont+Terra Secca, gr  
CONTENUTO ACQUA, %

1	2	
--	--	
--	--	
--	--	
--	--	
--	--	

n.p.

**INDICE PLASTICO**

n.d.

**DETERMINAZIONE dei FATTORI di RITIRO**  
[ASTM D427/74]

Capsula MONEL, n.  
Capsula MONEL, gr  
Capsula MONEL, cc  
Capsula + Terra Umida, gr  
Capsula + Terra Secca, gr  
CONTENUTO ACQUA, %  
Hg ~ Terra Secca, gr  
Terra Secca, cc  
LIMITE di RITIRO (Wr), %  
COEFFICIENTE di RITIRO (Rs)

--
--
--
--
--
--
--
--
--
--

CONTENUTO NATURALE ACQUA, %

INDICE di CONSISTENZA

C4

campione

S1

sondaggio



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

<b>PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA</b> Effettuato secondo Norma ASTM D 3080 <b>RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO</b>	
---	--

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21		
Numero Sondaggio	S1	Tipo provino	Indisturbato
Descrizione provino	certif. n° 0529T/21 del 29/11/2021		
Peso specifico dei grani	26.67 (Misurato)	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	Macchina di Taglio con Geodatalog		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	C4	C4	C4
Profondità di prelievo (m)	12.00	12.00	12.00
Altezza (mm)	20.0	20.0	20.0
Larghezza (mm)	60.0	60.0	60.0
Sezione (mm²)	3600.0	3600.0	3600.0
Umidità (misura diretta) (%)			
Umidità (trimming) (%)	33	28	28
Densità secca (g)			
Densità umida (kN/m³)	18.81	18.70	18.82
Densità secca (kN/m³)			
Indice dei vuoti			
Grado di saturazione (%)			

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	0.006906	0.006625	0.006549
<b>Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)</b>			
Pressione verticale (kPa)	99	200	300
Tensione di taglio (kPa)	78	122	208
Spostamento orizzontale (mm)	5.73	4.99	4.53
Def. verticale (mm)	0.621	0.541	0.778

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)			
Densità umida (kN/m³)	0.00	0.00	0.00
Densità secca (kN/m³)			

Coesione (kPa)	7.2
Angolo di resistenza al taglio (°)	32.8

Commenti / variazioni delle procedure:

**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

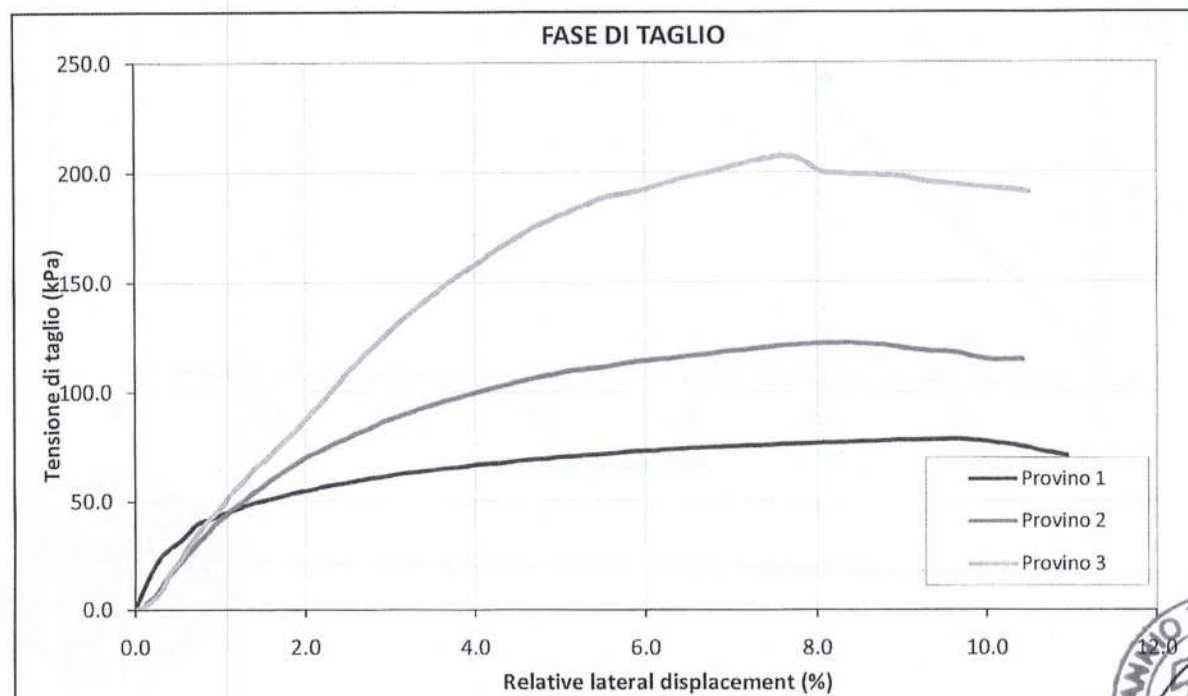
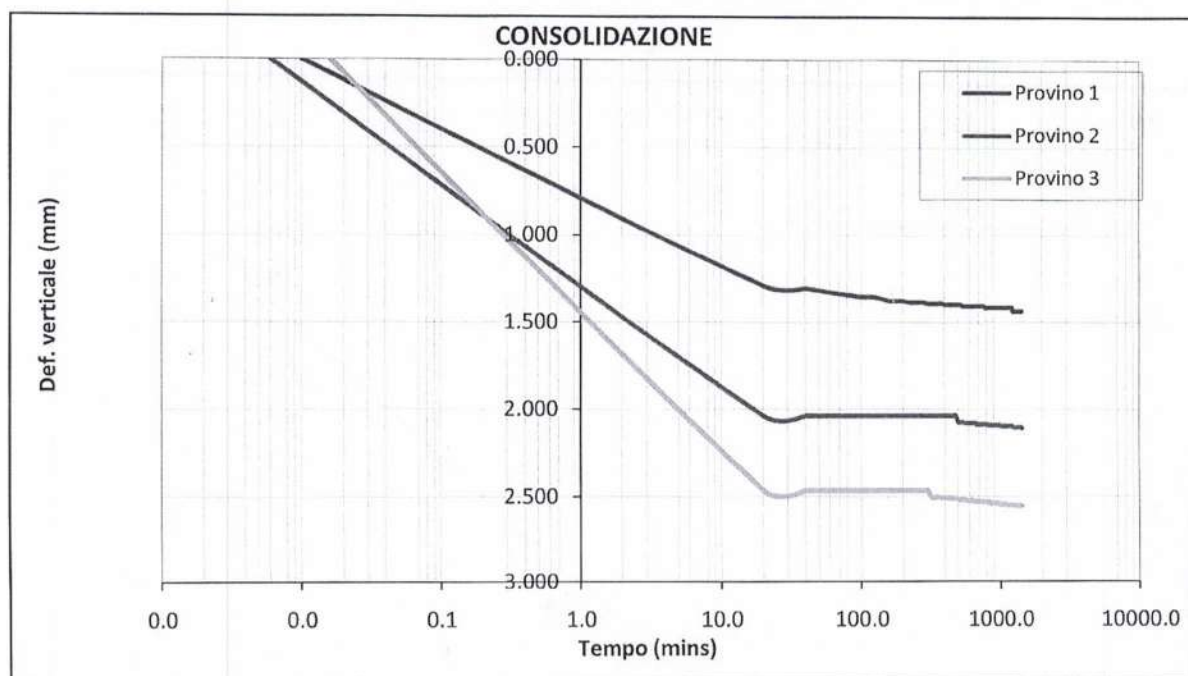
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C4, C4, C4
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	12.00, 12.00, 12.00

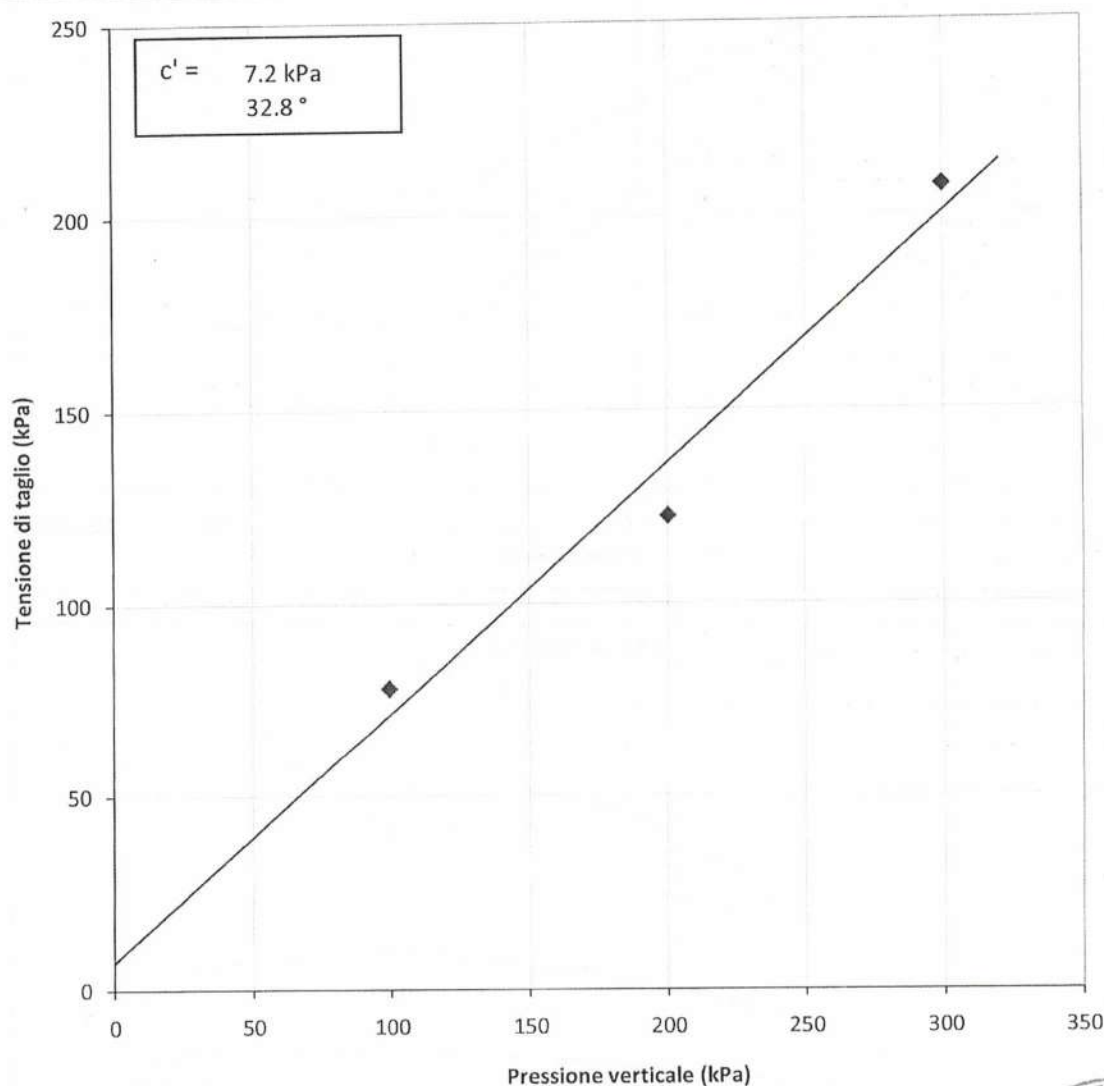




**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**  
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080  
**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C4, C4, C4
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	12.00, 12.00, 12.00





**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite					
Richiedente: dott. Domenico Palma (DT Geotest sas)					
Cantiere: Intervento G1 - Barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. SCAFATI (SA)					
Committente: SMA Campania					
Sondaggio n.	<b>S1</b>	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	----
Campione n.	<b>C5</b>	Data Prelievo Campione	16/11/2021	Profondità Campione, m	15,5-16,0
Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato	<b>X</b>	Campione Semidisturbato		Campione Rimaneggiato	
Fustella, L e $\phi$ mm		Campione, L e $\phi$ , mm		Contenitore del Campione:	INOX FERRO PVC
Condizioni del materiale estruso dal campionatore:					
Buone <b>X</b>			Mediocri	Paraffinato	
Rammollito			Strati Piegati	Cattive	
				Rimaneggiato	

**IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)**

Data Apertura Campione: 18/11/2021
Grana: fine
Consistenza: 0,6 kg/cm <sup>2</sup> (media di 5 determinazioni)
Grado di Plasticità: ---
Struttura: ---
Colore: very dark grayish brown (Tav. Munsell 2.5Y 3/2)
Denominazione: limo argilloso debolmente sabbioso (A.G.I.)
Note: nella parte bassa livello di pozzolana

**PROVE ESEGUITE**

DESCRIZIONE VISIVA	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	<b>X</b>
DETERMINAZIONE DEI LIMITI ED INDICI DI CONSISTENZA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA CON VAGLI ASTM E DENSITOMETRIA	<b>X</b>
ANALISI GRANULOMETRICA PER VIA UMIDA CON SOLI VAGLI ASTM	
PROVA DI TAGLIO DIRETTO, CONSOLIDATA-DRENATA	<b>X</b>
PROVA DI TAGLIO RESIDUO	
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA	
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)	
PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)	
PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA	

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0530T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

data prova: 19/11/2021

Contenuto d'Acqua  
(ASTM D2216/80)

NATURALE

VALORI  
MEDI

Contenitore, n.  
Peso del contenitore, g  
Peso lordo campione umido, g  
Peso lordo campione secco, g  
Peso netto campione umido, g  
Peso netto campione secco, g  
Peso dell'acqua, g  
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W<sub>n</sub>), %

17	12	9
40,05	18,31	20,46
127,52	76,88	62,62
87,63	51,29	44,26
87,47	58,57	42,16
47,58	32,98	23,80
39,89	25,59	18,36
83,84%	77,59%	77,14%

79,52%

Peso di Volume

Determinazione, n.  
Peso Volumometro, g  
Capacità Volumometro, cc  
Peso Volumometro + Terra Umida, g  
PESO di VOLUME NATURALE (γ<sub>n</sub>), kN/mc  
PESO di VOLUME SECCO (γ<sub>d</sub>), kN/mc

1	2	3
65,35	65,35	65,35
72,00	72,00	72,00
166,34	166,19	167,39
14,03	14,01	14,17
7,81	7,80	7,89

14,07

7,84

C5  
S1 CAMPIONE  
SONDAGGIO

Peso Specifico dei Grani (Gs)  
(ASTM D854/79)

Passante al Vaglio # 10

Determinazione, n  
Peso Picnometro Vuoto, g  
Peso Picnometro + Campione Secco, g  
Peso Picnometro + Campione + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Temperatura Pesate, °C  
Peso Picnometro + H<sub>2</sub>O a T di prova, g  
Fattore di Correzione, k  
PESO SPECIFICO dei GRANI (Gs) a 20°C, kN/mc

1	2
143,52	144,21
188,96	185,22
473,61	471,39
20,2	20,4
447,05	447,05
1,00	1,00
24,06	24,59

24,32

Grandezze Indici

INDICE dei VUOTI (e°)  
POROSITÀ' (n), %  
GRADO di SATURAZIONE (Sr), %  
PESO di VOLUME SATURO (γ<sub>sat</sub>), kN/mc

2,10

67,79

91,9%

14,62

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0531T/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 2

**ANALISI GRANULOMETRICA di una TERRA con VAGLI ASTM e DENSITOMETRIA (ASTM D 422/63)**

CAMPIONE S1 C5

data prova: 22/11/2021

PESO SPECIFICO dei GRANI del Passante al Vaglio #10 ASTM (Gt), kN/mc **24,32**

**ANALISI MECCANICA del TRATTENUTO al VAGLIO ASTM #10 (Ø=2,0 mm)**

Contenitore, gr	87,25	Cont. + Campione secco, gr	453,71	cont.+camp. secco lavato, gr	140,95
		431,94 CAMPIONE secco, gr	366,46	perdita lavaggio, gr	312,76

VAGLI ASTM Ø in mm	3"	2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
	50,0	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00
Ritenuto, gr	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
Ritenuto, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
% Passante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9

**ANALISI MECCANICA e DENSITOMETRICA del PASSANTE al VAGLIO ASTM #10**

**ANALISI MECCANICA**

Fattore Riduzione Massa Campione, FR **1,000**

VAGLI ASTM Ø in mm	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075	PAN =
Ritenuto, gr	2,58	3,85	6,61	24,50	15,95	312,76
Passante, gr	0,70	1,05	1,80	6,69	4,35	=
% Passante	99,2	98,2	96,4	89,7	85,3	=

**ANALISI DENSITOMETRICA**

DENSIMETRO, Tipo ASTM 151 H, n. **46**

(Agente disperdente: Esametafosfato di Sodio)

Contenitore, gr	20,24
Cont. + Campione, gr	60,22
CAMPIONE secco, gr	39,98

Temperatura Prova (T°), °C	18,5
Peso Specifico del Liquido a T°, kN/mc	9,985
Coeff. Viscosità Dinamica nel Liquido a T°, Poise	0,0105

Tempi, mn	0,5	1	2	4	8	15	60	360	1440
Lettura Densimetro, R	1,0250	1,0230	1,0210	1,0200	1,0180	1,0160	1,0130	1,0100	1,0070
Correzione per T°, ΔR	0,0038								
Lettura Corretta, R°	1,0212	1,0192	1,0172	1,0162	1,0142	1,0122	1,0092	1,0062	1,0032
Prof. Lettura, L in mm	72,30	72,28	72,26	72,25	72,23	72,21	72,18	72,15	72,12
Ø dei grani, mm	0,0631	0,0446	0,0316	0,0223	0,0158	0,0115	0,0058	0,0024	0,0012
% Passante	82,2	75,0	67,7	64,1	56,9	49,6	38,7	27,9	17,0

**RISULTATI**

		% in peso	% in peso
GHIAIE	Grosse	0,0	
	Medie	0,0	
	Fini	0,1	
		<b>GHIAIE, Totale</b>	<b>0,1</b>
SABBIE	Grosse	1,8	
	Medie	1,8	
	Fini	11,0	
		<b>SABBIE, Totale</b>	<b>14,6</b>

**SILT o LIMI** **61,3**

**ARGILLE e COLLOIDI** **24,1**

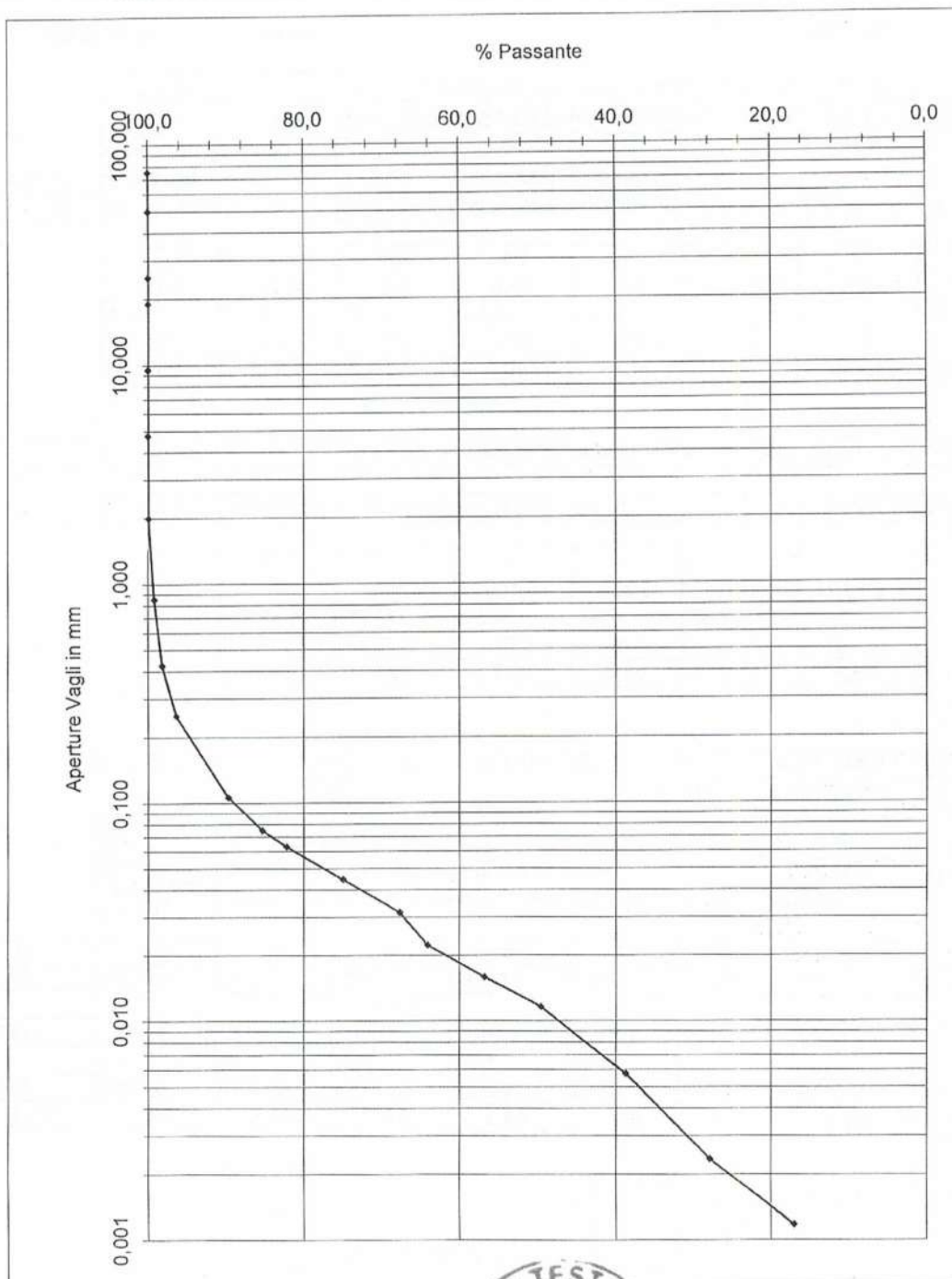


verb. accett. n° T0975/21

certificato n° 0531T/21 del 29/11/2021

pag. 2 di 2

CAMPIONE S1 C5



lo Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)



il Direttore del Laboratorio  
(dott. ing. Michele Larocca)

**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

verb. accett. n° T0975/21

certif. n° T0532/21 del 29/11/2021

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE dei LIMITI e degli INDICI di CONSISTENZA**

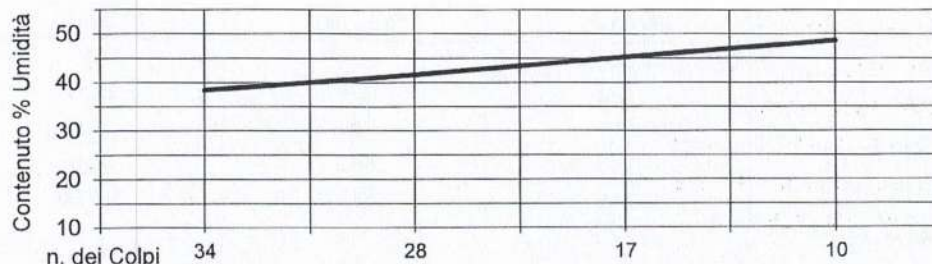
**DETERMINAZIONE del LIMITE LIQUIDO [ASTM D423/72]**

**LIMITE LIQUIDO**

Contenitore, n.	14	13	1	10	
Massa Contenitore, gr	18,04	19,17	20,79	18,28	
Massa Cont+Terra Umida, gr	31,99	37,88	45,19	38,23	
Massa Cont+Terra Secca, gr	28,12	32,39	37,59	31,70	
Colpi, n.	34	28	17	10	
CONTENUTO ACQUA, %	38,4	41,5	45,2	48,7	

25

42,2



**DETERMINAZIONE del LIMITE ed INDICE PLASTICO [ASTM D424/71]**

**LIMITE PLASTICO**

Determinazione, n.	1	2	
Contenitore, n.	B	D	
Massa Contenitore, gr	11,03	10,11	
Massa Cont+Terra Umida, gr	17,83	16,09	
Massa Cont+Terra Secca, gr	16,25	14,67	
CONTENUTO ACQUA, %	30,3	31,1	

30,7

**INDICE PLASTICO**

11,5

**DETERMINAZIONE dei FATTORI di RITIRO**  
[ASTM D427/74]

Capsula MONEL, n.	--
Capsula MONEL, gr	--
Capsula MONEL, cc	--
Capsula + Terra Umida, gr	--
Capsula + Terra Secca, gr	--
CONTENUTO ACQUA, %	--
Hg ~ Terra Secca, gr	--
Terra Secca, cc	--
LIMITE di RITIRO (Wr), %	--
COEFFICIENTE di RITIRO (Rs)	--

CONTENUTO NATURALE ACQUA, %

INDICE di CONSISTENZA

C5

campione

S1

sondaggio



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**  
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080  
**RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21		
Numero Sondaggio	S1	Tipo provino	Indisturbato
Descrizione provino	certif. n° 0533T/21 del 29/11/2021		
Peso specifico dei grani	24.32 (Misurato)	Provini sottoposti a prova immerso	
Tipo macchina di taglio	Macchina di Taglio con Geodatalog		

CONDIZIONI INIZIALI	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
Numero Campione	C5	C5	C5
Profondità di prelievo (m)	15.50	15.50	15.50
Altezza (mm)	20.0	20.0	20.0
Larghezza (mm)	60.0	60.0	60.0
Sezione (mm²)	3600.0	3600.0	3600.0
Umidità (misura diretta) (%)			
Umidità (trimming) (%)	84	78	77
Densità secca (g)			
Densità umida (kN/m³)	14.03	14.01	14.17
Densità secca (kN/m³)			
Indice dei vuoti			
Grado di saturazione (%)			

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	0.013932	0.013548	0.013443
<b>Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)</b>			
Pressione verticale (kPa)	50	99	150
Tensione di taglio (kPa)	37	75	93
Spostamento orizzontale (mm)	5.66	6.23	6.08
Def. verticale (mm)	1.033	1.106	0.897

CONDIZIONI FINALI			
Contenuto d'acqua (%)			
Densità umida (kN/m³)	0.00	0.00	0.00
Densità secca (kN/m³)			

Coesione (kPa)	11.5
Angolo di resistenza al taglio (°)	29.7

Commenti / variazioni delle procedure:



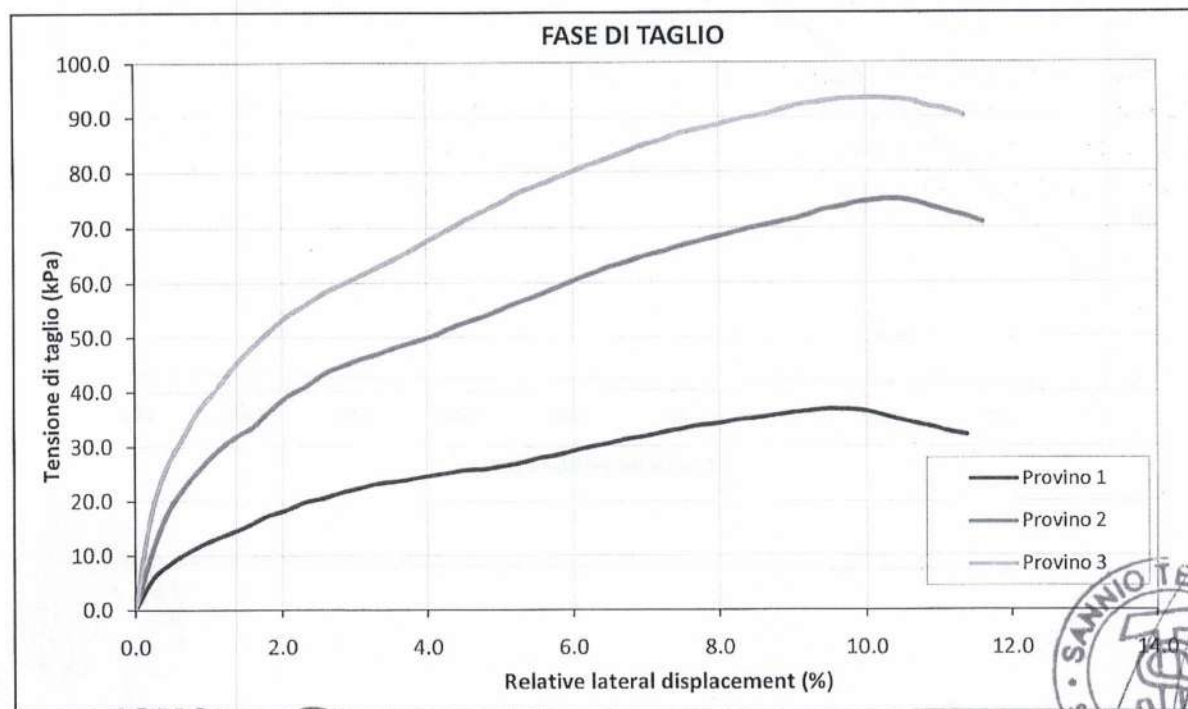
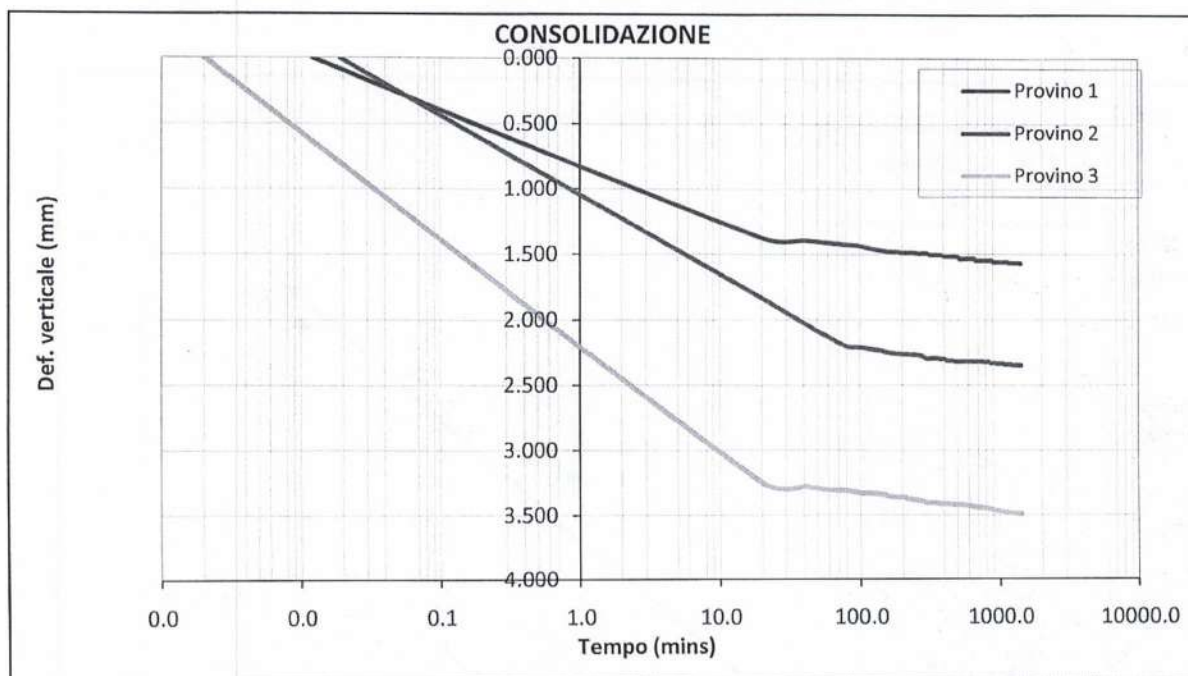
**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

**RAPPORTO DI PROVA**

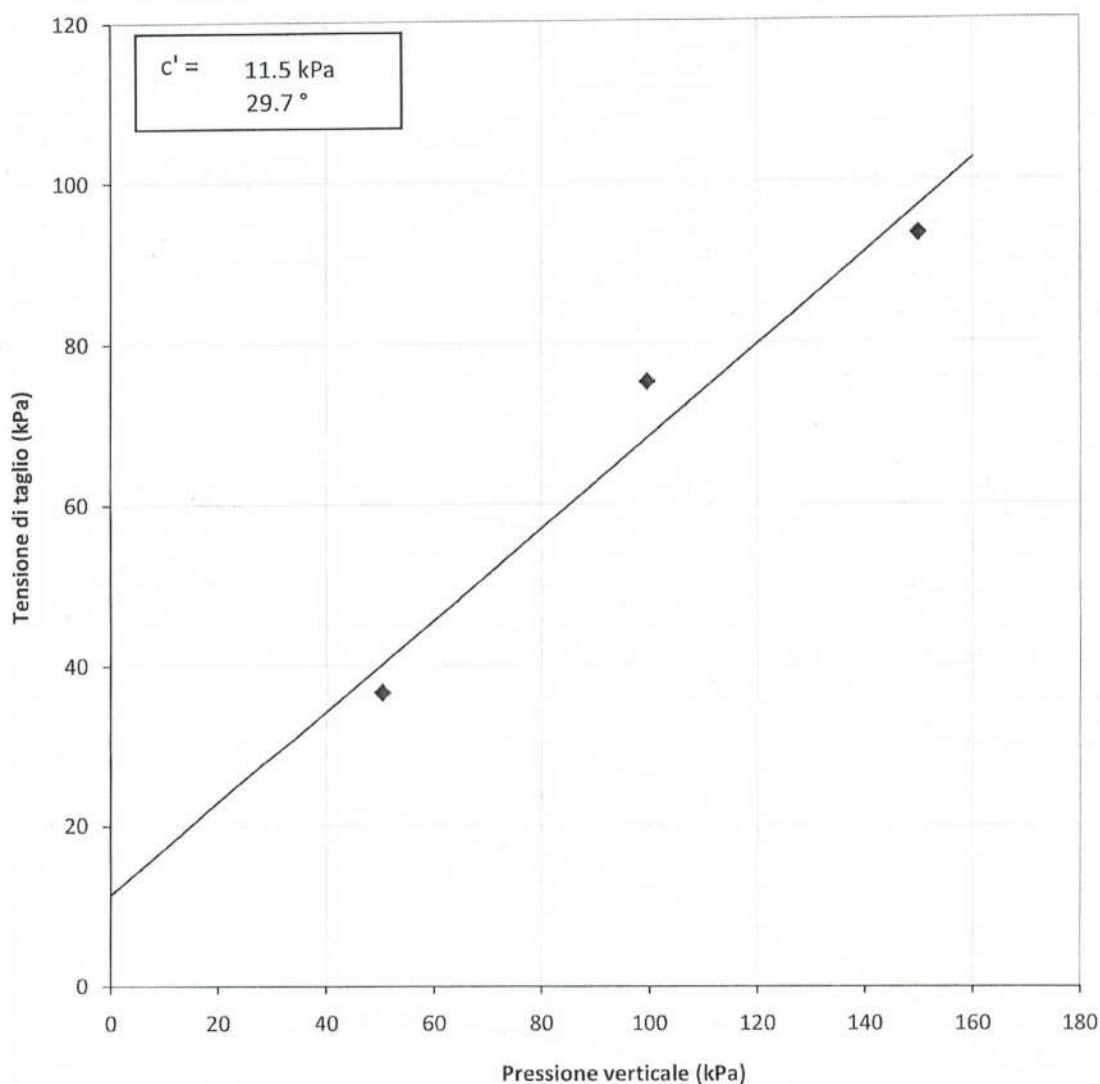
Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C5, C5, C5
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	15.50, 15.50, 15.50



**LABORATORIO TECNOLOGICO SPERIMENTALE PER PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE**  
AUTORIZZATO CON D.M. n. 7730 del 02.08.12 - D.P.R. n° 380/2011 - art. 59 Circolare 7618/STC 2010

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**  
Effettuato secondo Norma ASTM D 3080  
**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Intervento G1 - barriera sifone Piccolo Sarno sponda dx - loc. Scafati (SA)		
Progetto	accett. N° T0975/21	Numero Campione	C5, C5, C5
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	15.50, 15.50, 15.50









Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

## Allegato 5 – Verifiche a liquefazione metodo Boulanger – Idriss 2014



Archeologo  
Dott. Domenico Ferraro





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania  
CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

L'applicazione Geostru utilizzata consente di effettuare la verifica a liquefazione, tra gli altri, con il metodo di Boulanger & Idriss 2014.

Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione possono essere impiegate le procedure che nell'Ingegneria Geotecnica Sismica sono denominate 'metodi semplificati'. Tali metodi, applicabili solo nelle condizioni di piano di campagna orizzontale o con deboli pendenze e depositi olocenici, richiedono la valutazione, fino alla profondità critica da p.c., del coefficiente di sicurezza:

$$F_L(z) = (CRR_{M=7.5; \sigma'_v=1atm} \cdot MSF \cdot K_\sigma) / CSR$$

$CRR_{M=7.5; \sigma'_v=1atm} = T_{ult} / \sigma'_{v0}$  è il rapporto di resistenza ciclica, ovvero la resistenza normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale  $\sigma'_{v0}$ , per terremoto di magnitudo  $M = 7.5$  e pressione efficace di riferimento  $\sigma'_v = 1atm$ .

**MSF** è il fattore di scala della Magnitudo che è funzione, oltre che del valore della magnitudo dell'azione sismica di riferimento, anche del metodo di stima di CRR.

**$K_\sigma$**  è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata.

$CSR = T_{media} / \sigma'_{v0} = 0.65 \cdot (a_{max,s} / g) \cdot (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) \cdot r_d$  è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio ciclica media indotta dall'azione sismica di riferimento, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale  $\sigma'_{v0}$ , ove  $a_{max,s}$  è il picco di accelerazione al piano campagna,  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $\sigma_{v0}$  e  $\sigma'_{v0}$  sono le tensioni verticali rispettivamente totale e efficace alla profondità considerata, ed  $r_d$  è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica per effetto della deformabilità del terreno che può essere stimato con relazioni empiriche associate ai diversi metodi di stima di CRR (e di MSF). Il valore della tensione tangenziale media  $T_{media} = 0.65 T_{max}$  al variare della profondità può essere più precisamente determinato con analisi di risposta sismica locale.

Di seguito i dati di input e di output relativi alle verifiche eseguite a differenti livelli rispetto al piano campagna.

#### Input dati LIVELLO 6.00:

Profondità di calcolo	6.00	m
Profondità della falda dal p. c.	4.08	m
Peso di volume del terreno	14.16	kN/m <sup>3</sup>
Numero di colpi SPT	17	-
Frazione argillosa	10	%
Accelerazione sismica massima	0.2	g
Magnitudo	6	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	Sabbie sciolte	

#### Boulanger & Idriss 2014

Pressione totale del terreno	84.96	kPa
Pressione efficace del terreno	83.04	kPa
Numero di colpi standard corretto	19.7419	





Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.2647
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.1225
Coefficiente di sicurezza ( $F_s = CRR / CSR$ )	2.1613

**Il deposito non è liquefacibile**

#### Input dati LIVELLO 8.20:

Profondità di calcolo	8.20	m
Profondità della falda dal p. c.	4.08	m
Peso di volume del terreno	14.27	kN/m <sup>3</sup>
Numero di colpi SPT	32	-
Frazione argillosa	8	%
Accelerazione sismica massima	0.2	g
Magnitudo	6	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	Sabbie sciolte	

Boulanger & Idriss 2014		
Pressione totale del terreno	117.014	kPa
Pressione efficace del terreno	112.894	kPa
Numero di colpi standard corretto	31.146	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.922	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.1159	
Coefficiente di sicurezza ( $F_s = CRR / CSR$ )	7.9556	

**Il deposito non è liquefacibile**

#### Input dati LIVELLO 12.50:

Profondità di calcolo	12.50	m
Profondità della falda dal p. c.	4.08	m
Peso di volume del terreno	18.78	kN/m <sup>3</sup>
Numero di colpi SPT	21	-
Frazione argillosa	24	%
Accelerazione sismica massima	0.2	g
Magnitudo	6	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	Sabbie sciolte	

Boulanger & Idriss 2014		
Pressione totale del terreno	234.75	kPa
Pressione efficace del terreno	226.33	kPa
Numero di colpi standard corretto	19.612	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.2472	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.0996	
Coefficiente di sicurezza ( $F_s = CRR / CSR$ )	2.4818	

**Il deposito non è liquefacibile**



Ufficio Speciale Grandi Opere U.O.D.  
Risanamento Ambientale  
Bacino Idrografico del fiume Sarno

Accordo quadro quadriennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura per progettazione di fattibilità tecnica economica e/o la progettazione definitiva e/o progettazione esecutiva di opere di architettura e ingegneria per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico di interesse regionale afferenti il bacino idrografico del fiume Sarno in Regione Campania

CIG: 765766590F - CUP: B66C15000010006.

**CONTRATTO  
ATTUATIVO  
COD. AQ1\_2**

R.U. P.  
Dott. Ing Roberto Vacca

### Input dati LIVELLO 16.00:

Profondità di calcolo	16.00	m
Profondità della falda dal p. c.	4.08	m
Peso di volume del terreno	14.07	kN/m <sup>3</sup>
Numero di colpi SPT	24	-
Frazione argillosa	24	%
Accelerazione sismica massima	0.2	g
Magnitudo	6	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	Sabbie sciolte	

Boulanger & Idriss 2014

Pressione totale del terreno	225.12	kPa
Pressione efficace del terreno	213.20	kPa
Numero di colpi standard corretto	22.4147	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.3102	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.0889	
Coefficiente di sicurezza (Fs = CRR / CSR)	3.4888	

**Il deposito non è liquefacibile**