

# COMUNE DI TEANO

*Provincia di Caserta*

## "Relazione Geologica ed Idrogeologica"

ai sensi del D.G.R. Campania 1411/07 per progetto attività gestione rifiuti  
ai sensi dell'art.208 D.Lgs 152/06 e s.m.i.

**GE.S.I.A. S.p.A.**

*Località Santa Croce - Ex Stabilimento Industriale "Isolmer S.p.A."  
Zona A.S.I. - Teano (CE)*

## RELAZIONE GEOLOGICA

Codice Elaborato

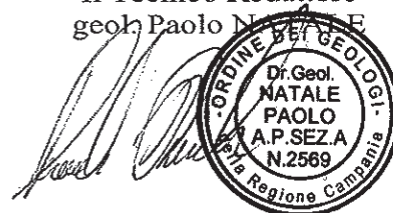
GEO. 0 **1**

Data

aprile 2014

Scala

Il Tecnico Redattore  
geol. Paolo Natale



## *Indice*

Cap. 1 - Premessa e Normativa di riferimento .....	pagina 1
Cap. 2 - Geologia del Comune di Teano .....	pagina 3
Cap. 3 – Piano di indagini eseguito .....	pagina 8
Cap. 4 – Rilievi di Campagna e Cartografia Tematica .....	pagina 18
Cap. 5 – Modello Geologico e Pericolosità Geologica del Sito in Studio...	pagina 23
Cap. 6 - Conclusioni .....	pagina 40

## *Allegati fascicolati*

- *Carta Ubicazione dell'area in studio in scala 1:25.000 e 1:5.000*
- *PSAI-Rf – Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*
- **Indagini Geognostiche e Geotecniche – Codice Elaborato GEO.01.1**
- **Documentazione Fotografica – Codice Elaborato GEO.01.2**

## *Allegati cartografici fuori testo*

- **Carta Geologica – Codice Elaborato GEO.02**
- **Carta Idrogeologica – Codice Elaborato GEO.03**
- **Carta Geomorfologica – Codice Elaborato GEO.04**
- **Carta Ubicazioni Indagini – Codice Elaborato GEO.05**
- **Sezioni Geologico – Stratigrafiche – Codice Elaborato GEO.06**

**Cap.1 – Premessa e Normativa di Riferimento**

La presente relazione geologica, viene redatta per incarico ricevuto dalla committenza “**GE.S.I.A. S.p.A.**” al fine di definire le caratteristiche geologico-stratigrafiche ed idrogeologiche, nonché geomorfologiche e di stabilità e più in generale geotecniche, dei terreni su cui si intende realizzare un “*progetto di attività gestione rifiuti* ai sensi del **D.G.R. Campania 1411/07** e ai sensi dell’**art.208 D.Lgs 152/06 e s.m.i.**” in zona A.S.I., loc. Santa Croce nel Comune di Teano (CE).

I terreni in esame ricadono all’interno del vecchio stabilimento industriale ISOLMER di Teano, ormai dismesso da oltre un ventennio. Lo stesso attualmente versa in uno stato di abbandono e nel corso del tempo si è assistito alla progressiva alterazione e disfacimento delle strutture portanti, per cui adesso è prevista la demolizione e la successiva ricostruzione, con i relativi servizi annessi. A tal fine, il sito in esame è già stato oggetto di studio, in ottemperanza ai “*Pareri n° 164/92 (§ 7.1) e 154/94 (§ 4.1 e § 5.1)*” del *Consiglio di Stato*, da professionista geologo abilitato, ai sensi della Legge 3 febbraio 1963, n° 112, e delle “*Norme tecniche per le costruzioni*” con *D.M. 14.01.2008 (G.U. n°29 del 04.02.2008)* e successiva *Circolare esplicativa n°617 del 02.02.2009 del C.S.LL.PP.*, ad “*individuare e rilevare i dati necessari alla modellazione geologica del sito, nonché alla caratterizzazione meccanica dei terreni investigati*” precisando che “*le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali*”

Nel dettaglio, l’intero settore in esame, compresa l’area in studio, ricade in un contesto geologico uniforme, posto in un areale medio – collinare poco distante dal centro urbano del Comune di Teano, in assenza di particolari problematiche, sia geologiche che geomorfologiche per quanto concerne la stabilità del sito ed i rischi ad essa connessi. Per quanto suddetto ed in relazione alla complessità geologica dell’area in studio e degli interventi progettuali previsti, sulla scorta di un preliminare sopralluogo dell’area, esteso ad un più ampio intorno del singolo sito di intervento, è stato espletato un idoneo piano di indagini per la caratterizzazione del modello geologico di dettaglio del sito in studio.

In particolare, ai fini della caratterizzazione stratigrafica dei terreni in studio, si è ritenuto opportuno eseguire in diverse fasi, delle indagini geognostiche e geotecniche puntuali in sito ed in laboratorio. Nel dettaglio, in via preliminare, si sono eseguite numero dieci prove penetrometriche, di cui otto di tipo dinamico e due di tipo statico nell’intero areale in studio spinte tutte fino alla profondità di rifiuto strumentale (*numero dei colpi necessario all’avanzamento*

della punta conica >50). Successivamente, sulla scorta di tali indagini, che hanno confermato quanto già ipotizzato circa l'uniformità geologica dell'intero settore in studio, si è ritenuto opportuno eseguire anche numero tre sondaggi geognostici a carotaggio continuo, in punti geologicamente significativi, ai fini della ricostruzione stratigrafica di dettaglio dei terreni in esame. Due di tali perforazioni sono state dotate anche di tubazione in PVC finestrata, ai fini del monitoraggio del regime idrico sotterraneo e superficiale, ed una sempre con tubazione in PVC cieca però, all'interno della quale è stata eseguita un'indagine sismica in foro tipo Down – Hole. Inoltre, nel corso delle perforazioni e a quote significative dal piano campagna, sono stati prelevati dei campioni indisturbati di terreno, per un numero complessivo di cinque campioni, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico, oltre all'esecuzione di prove S.P.T. in foro a varie altezze nelle verticali investigate.

Infine, oltre alle prove di carattere geognostico e geotecnico eseguite, e l'indagine sismica in foro suddetta, ai fini della caratterizzazione sismica dei terreni in studio e l'attribuzione della categoria di sottosuolo, in accordo con le disposizioni normative vigenti (§ 3.2.2 NTC D.M. 14.01.2008), sono state eseguite anche due prospezioni geofisiche tipo MASW.

Nella presente relazione, tutte le indagini geofisiche eseguite, non saranno trattate in quanto finalizzate alla sola caratterizzazione sismica dei terreni in studio e non significative ed occorrenti per le finalità del presente studio. Le indagini geognostiche e geotecniche, eseguite in sito ed in laboratorio sono invece riportate integralmente ai fini di una migliore comprensione delle tematiche geologiche generali e di dettaglio trattate nelle pagine successive.

Dalle numerose prove eseguite in sito ed in laboratorio, è stato infine possibile estrapolare anche i principali parametri fisico – meccanici associabili agli orizzonti litostratigrafici investigati, definire gli stessi, e caratterizzare nel dettaglio il complesso idrogeologico generale in cui ricade il settore in esame e più in dettaglio l'area in studio.

I sondaggi geognostici, le prove S.P.T. in foro di sondaggio, il prelievo di campioni indisturbati e le prove penetrometriche, sono stati eseguiti dal laboratorio **LITHOS S.r.l.** in possesso dei requisiti previsti dall'*art.59 del D.P.R. 380/2001 con Concessione Ministeriale settore C n. 5262 del 03/06/2011*. Le prove di laboratorio geotecnico sono state eseguite dal laboratorio **Sannio Test S.r.l.** Autorizzato con DM. n. 7730 del 02.08.2012 – D.P.R. 380/2001 – art.59 Circolare 7618/STC 2010. È da chiarire che come oggetto di intervento riportato sui certificati di prova allegati alla presente relazione, viene descritto nell'intervento: **“Demolizione e ricostruzione di opifici industriali e servizi annessi”**, che come detto rappresenta l'intervento generale per



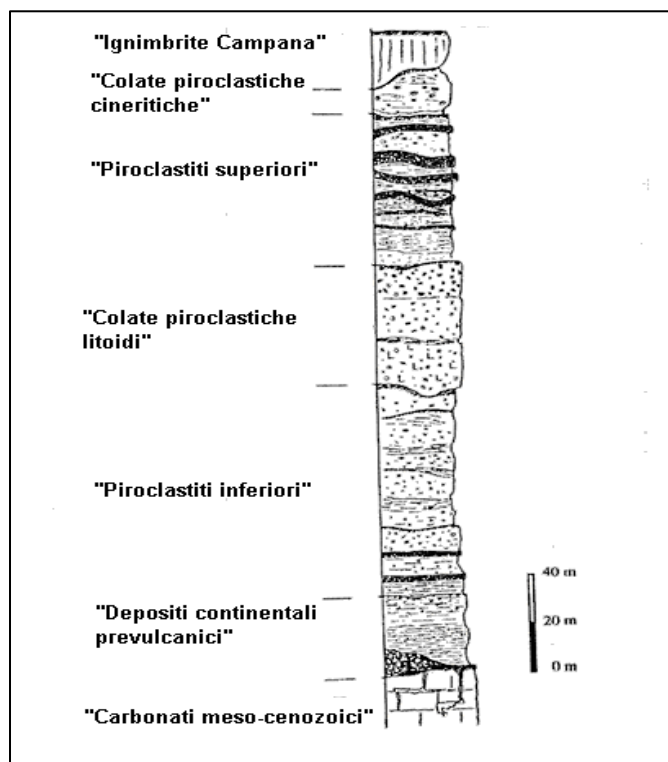
cui è stato in prima analisi eseguito il piano di indagini, utilizzate in questa fase per lo studio di natura idrogeologica di seguito compendiato.

Il presente studio, quindi, si pone come obiettivo principale la definizione dei caratteri idrogeologici di dettaglio dei terreni in esame con riferimento anche alla vulnerabilità intrinseca all'inquinamento degli stessi e delle falde idriche sotterranee. Per il conseguimento di tale obiettivo, sono state adottate metodologie di indagine applicative, allo scopo di definire le condizioni geologiche e geomorfologiche e più in dettaglio quelle idrogeologiche dei terreni interessati dal progetto con il metodo D.R.A.S.T.I.C. (*Aller L. et Alii, 1985-1987 Metodo parametrico a punteggio e pesi elaborato da U.S. Enviromental Protection Agency*). Correlando i risultati desunti dalle indagini pregresse e rivisitate, i dati tratti dalla cartografia tematica e gli studi pregressi condotti dallo scrivente nell'intero areale in esame ed in aree limitrofe e geologicamente simili a quella in studio, è stato possibile definire il modello geologico di dettaglio del sito in esame e di definire il livello di **pericolosità geologica** dello stesso. Il dettaglio delle indagini ed i risultati ottenuti sono riportati nelle pagine seguenti e negli appositi allegati, compresa l'interpretazione di dettaglio e la relativa ubicazione.

## Cap.2 - Geologia del Comune di Teano

Il territorio Comunale di Teano, insediato alle falde del Complesso Vulcanico di Roccamonfina (monte S. Croce), è individuabile cartograficamente nella Tavola n°8 denominata Teano, quadrante 172-IV in scala 1:25000 e nella Carta Geologica d'Italia foglio 172 in scala 1:100000, denominato Caserta, di cui in allegato se ne riportano gli stralci.

**Geologicamente** l'intero territorio di Teano ricade su formazioni piroclastiche, l'origine di tali facies è da ricercarsi nelle fasi eruttive sia effusive che esplosive del Roccamonfina, che conseguentemente la messa in posto delle vulcaniti, iniziata dal Pleistocene medio, si sono protratte fino all'Olocene, ed è costituita da sequenze caotiche e difficilmente descrivibili per vaste aree. La stratigrafia dell'intera area comprende una serie di prodotti di origine vulcanica che si presentano sia in strati che in lenti deposizionali, di spessore variabile; risulta quindi difficile stilare, a priori, una stratigrafia di dettaglio di tutta l'area che sia valida in modo assoluto. Si tratta di prodotti vulcanici composti da un'alternanza di pozzolane e sabbie vulcaniche ricche in pomici e lapilli, denominate piroclastiti; si presentano in facies pseudo-litoidi solo a profondità notevole; in superficie si presentano incoerenti. Oltre ai depositi suddetti, a tetto degli stessi, si rinviene un complesso piroclastico afferente all'eruzione dei Campi Flegrei datata circa 39000 anni fa, denominata *Ignimbrite Campana*. Tale deposito non è rinvenibile su tutto in tutto il territorio comunale,



ma soltanto nelle aree più depresse e quelle collinari, difatti gli spessori di tali depositi vanno ad assottigliarsi in prossimità delle zone collinari e montane.

In definitiva, l'intera successione dei depositi quaternari può essere così suddivisa:

- \* depositi continentali prevulcanici (breccie, depositi residuali e sedimenti lacustri);
- \* piroclastiti inferiori (ceneri e pomici bianco-rosate, con cristalli di leucite, colate di fango); gli ambienti di

deposizione fluvio-lacustri permangono anche in concomitanza dell'inizio dell'attività vulcanica;

- \* colate piroclastiche litoidi: depositi da colata piroclastica, da marroni a grigi, caotici e massivi, prevalentemente litoidi, a matrice cineritica con pomici gialle e bianche, litici lavici e cristalli di pirosseno, leucite e biotite; tali depositi vanno riferiti alla formazione brown leucitic tuff (BLT 385 ka);
- \* piroclastiti superiori: si tratta di depositi distali della attività del vulcano, che in molti casi risultano rimaneggiate. Gli ambienti deposizionali sono distinti in fluviali e alluvio-colluviali. La presenza di numerosi e potenti livelli di ricaduta, indicano che questa fase dell'attività vulcanica (385-300 ka) è stata dominata da fenomeni esplosivi;
- \* piroclastiti cineritiche: gli ultimi depositi primari appartenenti all'attività del vulcano che si rinvencono nella zona, sono i surges a pomici trachitiche e le ceneri pisolitiche da ricaduta riferibili al white trachytic tuff (WTT 300-250 Ka);
- \* A tetto dei depositi suddetti, si trova un potente strato di piroclastite grigia, conosciuta come "*Ignimbrite Campana*"; tale deposito si presenta in strati spessi a volte decine di metri anche in forma compatta e pseudolitoide (39Ka).

In dettaglio, i depositi dell'area interessata dalla presente perizia, hanno avuto origine dall'attività iniziale del Roccamonfina con deposizione di fonolite leucitica che si presenta come cinerite grigia, cenere omogenea; in superficie si ritrova un notevole strato di terreno pozzolanico formatosi, durante l'ultima glaciazione mediante fenomeni di disaggregazione meteorica.

**Geomorfologicamente**, data la natura geologica del territorio di Teano, lo stesso può essere distinto in tre diverse zone morfologiche; una zona montana, una zona pedemontana ed una zona di fondovalle:

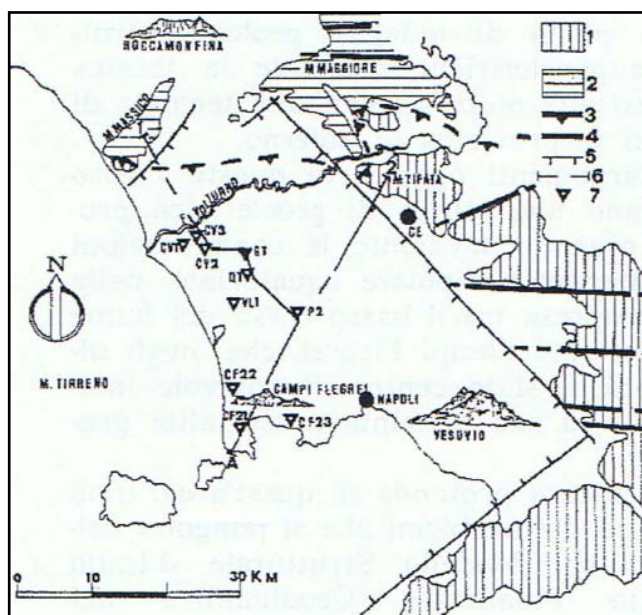
- la prima alta collinare, in cui prevalgono coni eccentrici, domi e dorsali allungate in direzione est-ovest. In questa zona ricadono piccoli centri abitati;
- la seconda medio collinare, formata dalle dorsali, nella quali ricadono la maggior parte dei centri abitati, compresa l'area in studio;
- la terza sub-pianeggiante, costituita dalle estreme propaggini delle dorsali e da un tratto di piana alluvionale.

La quasi totalità del territorio comunale risulta essere stabile, solo in corrispondenza di pendii molto acclivi, la stabilità della coltre piroclastica superficiale è compromessa dando vita a fenomeni di instabilità gravitazionale. L'effetto dell'urbanizzazione del Comune, con conseguente messa in sicurezza delle aree instabili e del drenaggio superficiale delle acque

meteoriche mediante la fitta rete di canalizzazioni, garantisce stabilità per l'intero centro urbano del Comune di Teano. In allegato si riporta uno stralcio della carta degli scenari di rischio da instabilità gravitazionale, redatta dall'Autorità di Bacino Nazionale dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, con indicazione dell'area in studio.

L'area di Teano è caratterizzata **idrogeologicamente** da zone a permeabilità totalmente diverse tra loro. Tali differenze, unite ad una forte pendenza delle strutture profonde, conferiscono ai terreni investigati notevoli incongruenze anche in zone geograficamente limitrofe. In genere i termini lavici e i tufi sono permeabili per fessurazione, mentre le pomici, i lapilli e le scorie sono permeabili per porosità. I termini cineritici sono quasi impermeabili e lo sono tanto più quanto più è elevata la presenza della frazione a granulometria più fine. I controlli in area evidenziano la falda generalmente a profondità elevata, sempre superiore a sessanta metri sul livello campagna. Si rinvenivano nelle zone vallive del territorio comunale, aree in cui la falda idrica si rinviene a livelli più prossimi al piano campagna, ma sempre al di sotto dei trenta metri dallo stesso. Spesso alla base dei piccoli rilievi che bordano l'intero territorio, si rinviene a tetto del complesso piroclastico basale, delle coltri di colluvioni di origine piroclastica dove la permeabilità è molto bassa. Tali lenti deposizionali, con spessori variabili da pochi metri a qualche decina di metri, generano in molti casi dei fenomeni di tamponamento del ruscellamento sub-superficiale, formando delle falde idriche sospese, non produttive ai fini dell'emungimento da pozzo, ristagnanti a profondità molto prossime al piano campagna.

L'**elemento strutturale** più importante dell'intera area, è la *Piana Campana*, che



raccoglie, come in una sacca, "graben", tutti i materiali alluvionali recenti ed attuali.

Si tratta della più importante depressione del quaternario del margine tirrenico della catena appenninica. E' delimitata da faglie principali profonde orientate *SW-NE* e *NW-SE*, che hanno determinato lo sprofondamento rapido delle rocce carbonatiche. Da un lato sono visibili le monoclini calcaree della "piattaforma campano-lucana", mentre dall'altro è

visibile l'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio che si erge dai depositi clastici e vulcanici

della piana. I terreni del substrato sono stati rinvenuti a profondità di circa 1800 metri e segnalano una attività vulcanica fin dal Plesitocene inferiore. Tutti i dati stratigrafici confermano che lo sprofondamento ed il colmamento della Piana Campana con l'inizio dell'attività vulcanica, è avvenuto agli inizi del Quaternario. Da un punto di vista tettonico, il territorio comunale di Teano, come tutta l'area, risente dell'evoluzione paleogeografica di questa porzione dell'Appennino Meridionale. L'accorciamento crostale della catena verso l'avanfossa ha avuto come conseguenza la definizione di faglie di notevole rigetto con direzione NO-SE. Tali blocchi sono a loro volta dislocati da faglie di importanza minore e direzione, generalmente, SO-NE (sepolte).

**Cap.3 – Piano di indagini eseguito**

Per quanto previsto nel progetto generale di “*Demolizione e ricostruzione di opifici industriali e servizi annessi*”, come detto in premessa, le indagini eseguite e volte alla determinazione delle caratteristiche geologiche generali dell’area in esame e più in dettaglio alla caratterizzazione lito-stratigrafica, idrogeologica e geomorfologica dei tipi litologici rinvenibili nell’area in esame e per la definizione della *pericolosità geologica* del sito, sono consistite preliminarmente in numero dieci prove penetrometriche, spinte fino alla profondità di rifiuto strumentale (*numero dei colpi necessario all’avanzamento della punta conica* >50), di cui otto di tipo dinamico e due di tipo statico; tali prove sono state eseguite dalla ditta **LITHOS S.r.l.**, in possesso di autorizzazione all’esecuzione di indagini in sito e al prelievo di campioni indisturbati di terreno ai sensi del D.P.R. 380/2001 art.59 Circolare 7619/STC con Concessione n°5262 del 03/06/2011.

Tali prove hanno confermato quanto già ipotizzato circa l’uniformità geologica dell’area, con un rifiuto strumentale diffuso in prossimità del substrato addensato, ed inoltre hanno permesso di definire meglio gli esatti punti da sondare con le trivellazioni geognostiche, in totale tre, spinte a profondità diverse dal piano campagna; rispettivamente S1 a 30m, S2 a 10m e S3 a 14m dal piano campagna. Tali sondaggi, anche essi eseguiti dalla ditta **LITHOS S.r.l.**, hanno permesso oltre alla ricostruzione di dettaglio degli orizzonti stratigrafici intercettati, anche l’esecuzione di prove S.P.T. in foro oltre al prelievo di campioni indisturbati di terreno, da sottoporre a prove di geotecniche di laboratorio. Tali prove sono state eseguite dal laboratorio geotecnico **Sannio Test S.r.l.** autorizzato con DM. n. 7730 del 02.08.2012 – D.P.R. 380/2001 – art.59 Circolare 7618/STC 2010.

Le trivellazioni suddette, oltre all’esecuzione delle prove in foro hanno permesso, a mezzo di idoneo condizionamento dei fori con tubazione in PVC, cieca per il sondaggio S1 per l’esecuzione di un’indagine sismica in foro tipo Down - Hole e finestrata per gli altri due sondaggi, il monitoraggio della falda idrica superficiale intercettata nel corso delle prove.

Di seguito si descriverà brevemente le tecnologie adottate per l’esecuzione delle indagini geognostiche, sia sondaggi che prove penetrometriche, tralasciando tutti gli aspetti geofisici, che come detto legati esclusivamente alla caratterizzazione sismica del sito in esame e che non rientrano nelle problematiche affrontate nel presente studio.

## SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

### METODOLOGIA D'INDAGINE

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo vengono eseguiti montando in testa alle aste di perforazione, o batteria, degli appositi utensili atti al prelievo di campioni di terreno attraversato; una volta riempito l'attrezzo campionatore esso viene estratto e se ne recupera il campione di terreno dal suo interno procedendo quindi alla sua sistemazione in cassette catalogatrici, successivamente se ne descrive la natura.

In allegato si riportano le stratigrafie dei sondaggi eseguiti e le foto di campagna delle cassette catalogatrici con le indicazioni per la loro esatta individuazione. Tali cassette sono state lasciate all'interno del corpo di fabbrica da demolire per eventuali ispezioni ed analisi future da parte dei tecnici interessati dalla progettazione delle opere.

Le perforazioni sono state effettuate a carotaggio continuo con sistema a rotazione con carotiere da tre metri con utilizzo di idonea attrezzatura dotata di pompa Bellini; i sondaggi sono stati realizzati "a secco" senza utilizzo di acqua e di fluido per la perforazione, e lenta rotazione per evitare il surriscaldamento del campione in modo da ottenere un carotaggio continuo ed integrale per tutta la verticale investigata.

I sondaggi sono stati dotati inizialmente di tubazioni di rivestimento con aste  $\phi$  127 millimetri per i primi metri al fine di garantire la verticalità della perforazione.

Per le indagini eseguite è stata utilizzata la seguente macchina perforatrice:

TEREDO MN 350

#### INFORMAZIONI COSTRUTTIVE

Marca Trivella:	TEREDO
Modello:	DC306
Anno di costruzione:	2005
Costruita a Norma:	UNI EN 791 del 1997

Conforme alle disposizioni legislative che traspongono la Direttiva 98/37/CE del 22 Giugno 1998.

#### CARATTERISTICHE TECNICHE PRINCIPALI

Larghezza pattini:	250 mm.
Velocità:	2,5 km/h
Corsa testa rotaz.:	1260 mm.
Forza estrazione:	20 KN
Velocità estrazione:	0-37 m/min
Velocità avanz.:	0-37 m./min.
Coppia max:	306 da N/m

Il recupero delle carota di terreno dal carotiere è stato effettuato con la tecnica “a stappo d’acqua”; infatti immettendo acqua in pressione nel carotiere si ottiene la fuoriuscita della carota prelevata. Durante il campionamento si è operato in modo da ottenere un avanzamento a pressione continuo (senza interruzioni e senza rotazioni della testa) ed il più rapido possibile onde minimizzare l’entità dei disturbi, avendo cura di annotare tutte le eventuali problematiche riscontrabili nel corso del campionamento. In allegato si riporta l’esatta ubicazione dei sondaggi eseguiti.

I terreni estratti dal carotiere (carote) sono stati sistemati, come detto, in apposite cassette catalogatrici di plastica, atte alla loro conservazione, ove sono state riportate anche tutte le informazioni relative alle indagini e misurazioni effettuate durante il sondaggio come quote, passaggi di strato, prove in foro e prelievo di campioni indisturbati.

Il fine principale del lavoro di sondaggio è stato quello di riconoscere la natura litologica dei terreni e lo spessore degli orizzonti intercettati, eseguire prove in foro di sondaggio e prelevare campioni indisturbati. Oltre tali operazioni, un foro è stato condizionato per tutta la lunghezza, con tubazione cieca in PVC  $\phi$  80 mm, cementando l’intercapedine, per eseguire in una fase successiva la prospezione sismica, tipo down-hole, così come già detto in premessa. Gli altri due fori di sondaggio, eseguiti a monte e a valle dell’area in studio e spinti a quote diverse (**S2 a 10m e S3 a 14m**), oltre alle prove suddette, sono stati attrezzati con una tubazione finestrata in PVC  $\phi$  50 mm, per eseguire la misura diretta del livello idrico superficiale con l’ausilio della sonda freaticometrica. La diversa quota di perforazione è stata definita al fine di valutare anche il deflusso idrico sotterraneo della falda superficiale intercettata, così come meglio specificato di seguito.

In definitiva le perforazioni eseguite hanno permesso le seguenti valutazioni:

- ⇒ osservare direttamente la struttura del suolo e del sottosuolo (tipo e natura dei terreni, giacitura, successione e potenza delle eventuali stratificazioni, stato di fratturazione etc.);
- ⇒ identificare i singoli strati;
- ⇒ fornire indicazioni sulle acque del sottosuolo;
- ⇒ consentire il prelievo di campioni indisturbati e l’esecuzione di prove in foro;
- ⇒ consentire l’ispezione da parte di diverse persone delle carote di terreno prelevate, catalogate nelle apposite cassette in PVC, anche in tempi successivi alla fine dello scavo.



## PROVE PENETROMETRICHE STATICHE E DINAMICHE

### CPT – DPSH

Prima della campagna di sondaggi geognostici, unitamente a prove di tipo dinamico, sono state eseguite due prove penetrometriche di tipo statico al fine di poter caratterizzare geotecnicamente, in modo puntuale e in continuo i terreni interessati dalla perizia.

Per tali indagini si è utilizzato un penetrometro Pagani TG 63 – 200 KN dotato di cingoli semoventi per il corretto posizionamento della strumentazione, di eliche metalliche per l'ancoraggio al suolo al fine di opporre l'adeguato contrasto alla spinta del treno d'aste e di centralina elettronica per la lettura della resistenza alla punta e laterale offerta all'avanzamento della punta conica all'interno del terreno. La scelta delle verticali è stata effettuata in funzione dell'ubicazione delle opere a farsi e dell'estensione areale del sito di intervento; tutte sono state spinte fino alla profondità di rifiuto strumentale.

In allegato si riporta l'esatta ubicazione delle prove eseguite, mentre di seguito si descrivono le generalità delle metodologie di indagine eseguite, i risultati conseguiti sono riportati in sintesi nelle pagine seguenti ed in dettaglio negli appositi allegati.

#### PROVE CPT : METODOLOGIA DELL' INDAGINE



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

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

collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di manometri, collegati al martinetto mediante una testa di misura idraulica.

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

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

- **diametro Punta Conica meccanica**       $D = 35,7 \text{ mm}$
- **area di punta**       $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- **angolo di apertura del cono**       $\alpha = 60^\circ$
- **superficie laterale del manicotto**       $A_m = 150 \text{ cm}^2$

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

#### **REGISTRAZIONE DATI.**

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore", che preme alternativamente sull'asta interna e su quella esterna. Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico. L'operatore deve solamente controllare i movimenti di spinta per l'infissione delle aste. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico.

Le letture di campagna (che possono essere rilevate dal sistema di acquisizione sia in Kg che in Kg/cm<sup>2</sup>) durante l'infissione sono le seguenti:

- Lettura alla punta **LP** = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta;
- Lettura laterale **LT** = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto

#### **METODOLOGIA DI ELABORAZIONE**

I dati rilevati della prova sono quindi una coppia di valori per ogni intervallo di lettura costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto), le relative resistenze vengono quindi desunte per differenza, inoltre la resistenza laterale viene conteggiata 20 cm sotto (alla quota della prima lettura della punta). I dati annotati su un foglio di campagna e successivamente trascritti sul certificato originale di prova, allegato alla

presente relazione, sono stati trattati con l'ausilio di un programma di gestione ed elaborazione di prove penetrometriche statiche.

La resistenze specifiche **Qc** (Resistenza alla punta **RP**) e **Ql** (Resistenza Laterale **RL** o **fs** attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) vengono desunte tramite opportune costanti e sulla base dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale tenendo in debito conto che:

- **Area punta (base del cono punta tipo "Begemann")**  $A_p = 10 \text{ cm}^2$

- **Area del manicotto di frizione**  $A_m = 150 \text{ cm}^2$

- **Costante di trasformazione**  $C_t = 10$

L'elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica delle prove eseguite, consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

I dati di uscita principali sono **RP** (Resistenza alla punta) e **RL** (Resistenza laterale o **fs**, attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione) che il programma calcola automaticamente; inoltre viene calcolato il Rapporto **RP/RL** (Rapporto Begemann 1965) e il Rapporto **RL/RP** (Rapporto Schmertmann 1978 – **FR %** - ).

I valori sono calcolati con queste formule:

**Qc (RP)** =  $(LP \times C_t) / 10 \text{ cm}^2$ . **Resistenza alla punta**

**Ql (RL) ( fs)** =  $[(LT - LP) \times C_t] / 150 \text{ cm}^2$ . **Resistenza laterale**

**Qc (RP)** = Lettura alla punta **LP** x Costante di Trasformazione **Ct** / Superficie Punta **Ap**

**Ql (RL) ( fs)** = Lettura laterale **LT**- Lettura alla punta **LP** x Costante di Trasformazione **Ct** / **Am** area del manicotto di frizione

## CORRELAZIONI

Scegliendo il tipo di interpretazione litologica (consigliata o meno a seconda del tipo di penetrometro utilizzato) si ha in automatico la stratigrafia con il passo dello strumento ed interpolazione automatica degli strati. Il programma esegue inoltre il grafico (per i vari autori) Profondità/Valutazioni litologiche, per visualizzare in maniera diretta l'andamento delle litologie presenti lungo la verticale indagata.

**PROVE DPSH : NOTE ILLUSTRATIVE**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione **ISSMFE (1988)** dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- **tipo SUPERPESANTE (DPSH)**

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
<b>Super pesante(Super Heavy)</b>	<b>DPSH</b>	<b><math>M \geq 60</math></b>	<b>25</b>

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10 \text{ cm}^2$  rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\delta = 30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A = 20.27 \text{ cm}^2$  rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M = 63.5$  kg, altezza caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\delta = 20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20 \text{ cm}^2$ , rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- $M$  = peso massa battente;
- $M'$  = peso aste;
- $H$  = altezza di caduta;
- $A$  = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

**Valutazione resistenza dinamica alla punta  $R_{pd}$** 

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

$R_{pd}$  = resistenza dinamica punta (area A);  
e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );  
M = peso massa battente (altezza caduta H);  
P = peso totale aste e sistema battuta.

**METODOLOGIA DI ELABORAZIONE**

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Per la correlazione del numero di colpi registrato all'avanzamento della punta con i parametri geotecnici forniti di seguito, si sono utilizzate le formule proposte da vari autori nel campo dell'ingegneria geotecnica, fondate su numerose esperienze acquisite in diversi tipi litologici.

Infine, oltre alla descrizione delle prove suddette si riporta anche il dettaglio delle elaborazioni, i certificati di prova delle indagini geognostiche e geotecniche eseguite. Nelle pagine seguenti si riporta anche una sintesi dei principali parametri geotecnici determinati in laboratorio ed estrapolati dall'interpretazione delle prove in sito. Tali parametri sono stati opportunamente mediati in funzione dell'andamento statistico degli stessi e in funzione delle conoscenze acquisite dallo scrivente nelle aree limitrofe al sito in esame e con caratteristiche geologiche e geotecniche simili a quelle in studio, avendo altresì cura di scartare tutti i

parametri che mostravano un valore anomalo (troppo alto o troppo basso) in funzione della media statistica ottenuta. Tali parametri vengono riportati esclusivamente al fine di una migliore comprensione delle tematiche trattate nella presente relazione e come supporto ad un corretto inquadramento geologico generale e di dettaglio.

#### Cap.4 – Rilievi di Campagna e Cartografia Tematica

Nelle fasi propedeutiche a quelle di esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche in sito, così come in tempi successivi all'esecuzione delle stesse, sono stati eseguiti nell'intero areale in studio e nel suo più ampio intorno dei rilievi superficiali, volti alla definizione dei caratteri geologici ed idrogeologici puntuali e all'individuazione di indicatori geomorfologici e di stabilità. Tutto quanto appurato dai rilevamenti di superficie, è stato poi integrato con i risultati desunti dalla campagna di prove eseguite in sito, che hanno permesso, dopo un'attenta analisi specialistica condotta anche su base cartografica (*Ortofoto e CTR Regione Campania*) e bibliografica specialistica (*Testi specialistici e Cartografia Geologica di base, PTA e PTR Regione Campania*), la redazione di una cartografia tematica di dettaglio del sito in studio e del suo più ampio intorno. La base cartografica utilizzata per la redazione delle cartografie, meglio descritte di seguito, è stata l'elemento CTR Regione Campania nr.417144 SORGENTE SANT'AGATA in scala originaria 1:5.000, riproposta in scala 1:2.000 di maggior dettaglio. Si precisa che data la finalità dello studio, quella cioè della definizione dei caratteri geologici, idrogeologici e geomorfologici puntuali del singolo sito di intervento, la cartografia redatta è volta alla sola definizione degli stessi. Tutto quanto rappresentato al di fuori del sito di intervento è riportato esclusivamente a titolo indicativo e poiché frutto di correlazione tra i rilievi di superficie e le analisi condotte su base cartografica, potrebbe potenzialmente non essere rispondente alla reale situazione particolareggiata dei singoli siti di rappresentazione, ma che esulano dalle finalità dello studio redatto.

Le cartografie redatte sono:

- ✓ *Carta Geologica – cod. elaborato GEO.02*
- ✓ *Carta Idrogeologica - cod. elaborato GEO.03*
- ✓ *Carta Geomorfologica - cod. elaborato GEO.04*
- ✓ *Carta Ubicazione Indagini – cod. elaborato GEO.05*
- ✓ *Carta Sezioni Geologico - Stratigrafiche – cod. elaborato GEO.06*

Oltre a tali carte tematiche, riportate come allegati fuori testo, alla presente si riportano come parte integrante del testo una cartografia dell'area in studio su base in scala 1:25.000 e in scala 1:5.000, ai fini dell'inquadramento generale del sito in studio oltre allo stralcio del PSAI-Rf (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio Frane) redatto dall'*Autorità di Bacino dei Fiumi Liri – Garigliano e Volturno*, competente per il territorio comunale di Teano, in scala 1:25.000



*Carta Geologica – cod. elaborato GEO.02*

La cartografia geologica, riporta la definizione delle principali formazioni del substrato investigato e rilevato. Per la compilazione della legenda, così come per il simbolismo utilizzato, si è fatto riferimento alla cartografia geologica ufficialmente riconosciuta in ambito scientifico – *Carta Geologica d'Italia – Foglio 172 Caserta* in scala 1:100.000. Nella stessa sono stati definiti nel dettaglio i litotipi che caratterizzano l'intero sito in esame e dove si mostra tra l'altro l'uniformità geologica dello stesso. Per quanto appurato nelle diverse fasi di studio eseguito è possibile definire il substrato geologico come afferente al complesso vulcanico di: *Banchi di tufiti ocracei e di paleosuoli con intercalazioni di alluvioni ghiaioso-sabbiose, tufiti giallognoli, sabbie vulcaniche grigiastre*. Come già detto in precedenza e così come specificato nella cartografia allegata, lo studio eseguito è volto esclusivamente alla definizione dei caratteri geologici puntuali del sito di intervento; i rapporti stratigrafici cartografati al di fuori dello stesso sono riportati esclusivamente a titolo indicativo per la comprensione dell'inquadramento geologico generale, e poiché frutto di correlazione tra i rilievi di superficie e le analisi condotte su base cartografica, potrebbe potenzialmente non essere rispondente alla reale situazione particolareggiata dei singoli siti di rappresentazione.

*Carta Idrogeologica - cod. elaborato GEO.03*

Per la redazione della carta idrogeologica, si è consultato come supporto scientifico la cartografia tematica redatta per il *Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania*, da cui sono stati tratti i codici dei corpi idrici sotterranei e l'andamento e le quote delle isopiezometriche espresso in m s.l.m. con l'andamento delle principali direttrici di deflusso idrico sotterraneo (**blu**). Nella cartografia si riporta altresì il substrato geologico, inteso come complesso idrogeologico, oltre al reticolo idrico superficiale, sia a carattere permanente che temporaneo e stagionale ed inoltre dato il rinvenimento di una falda idrica superficiale (**ciano**) si riportano anche le principali isopiezometriche della stessa con le relative quote espresse in metri s.l.m. Tale falda, monitorata per un breve lasso di tempo (***dal 24.03.2014 al 15.04.2014***) mediante misure freatiche giornaliere, nei due piezometri eseguiti nei fori di sondaggio S2 ed S3, ha mostrato una notevole variabilità in funzione dell'apporto idrico pluviometrico che ha caratterizzato tale intervallo temporale. Inizialmente la falda era posta a quote più prossime al piano campagna, nel dettaglio **-2 m** dal p.c. nel piezometro **S2** (falda a 98.0 m s.l.m.) e **-7 m** dal p.c. nel piezometro **S3** (falda a 98.0m s.l.m.); successivamente, dopo

qualche giorno di assenza di piogge lo stesso livello idrico è stato rilevato a quote più profonde dal piano campagna, pari a circa -4 m in entrambi i piezometri rispetto alle quote iniziali. Nella cartografia si riportano anche i livelli idrici intercettati nel corso dell'esecuzione del sondaggio geognostico S1 non corredato di tubazione piezometrica e quelli rinvenuti nel corso delle prove penetrometriche eseguite. Si precisa che l'andamento delle isopiezometriche cartografate ed afferenti alla falda superficiale, intesa come un livello idrico a carattere effimero non può essere definito con precisione e con andamento costante nel tempo, in quanto la stessa si genera per effetto di ristagno idrico superficiale e per il ruscellamento sub-superficiale che caratterizza l'area in occasione di eventi piovosi. Tale falda inoltre non ha una direzione di deflusso univoca, ma prevalentemente lo stesso avviene negli intervalli litologici granulometricamente più grossolani, fino poi ad essere tamponato da litologie più cineritiche e quindi più impermeabili di quelle rilevate nell'area in esame, emergendo sotto forma di manifestazione sorgentizia. Tale sorgente a carattere temporaneo ha una portata esigua, defluisce in un canale di scolo, cartografato anche nella carta geomorfologica, in direzione del torrente sottostante e quindi nel Fiume Savone. A conferma dell'estrema variabilità superficiale dell'andamento della falda effimera, si può verificare che in tutte le prove eseguite nelle immediate vicinanze del vecchio corpo di fabbrica e ad ovest dallo stesso non è stato rilevato nessun livello idrico, probabilmente per l'effetto tampone alla permeazione di acqua dagli strati superficiali, operato dalla pavimentazione in calcestruzzo esistente. In definitiva, nella cartografia tematica descritta sono riportati i principali aspetti idrogeologici del sito in esame; per ottenere una caratterizzazione idrica di dettaglio circa l'andamento e la soggiacenza della falda idrica superficiale nel corso del tempo, è necessario un monitoraggio lungo almeno un anno idrologico anche in eventuali nuovi piezometri da realizzare. In via cautelativa, così come per le verifiche eseguite dallo scrivente (verifica della suscettibilità alla liquefazione, non riportate nella presente relazione) è stato indicato ed utilizzato un livello di soggiacenza di tale falda pari a **- 2 m** dal p.c.

#### *Carta Geomorfologica - cod. elaborato GEO.04*

La redazione della carta geomorfologica è stata frutto del rilievo di superficie eseguito, l'analisi condotta su base cartografica, sia su ortofoto che su aerofotogrammetrie, e sia dalla consultazione del PSAI-Rf. Per la compilazione della legenda, si è utilizzato il simbolismo proposto nella *Guida al Rilevamento – Carta Geomorfologica d'Italia in scala 1:50.000 a cura del Gruppo di Lavoro per la cartografia geomorfologica del Servizio Geologico*

*Nazionale – Quaderni serie III volume 4.* In tale cartografia sono riportati sia i principali indicatori geomorfologici che tutti i fenomeni in atto rilevabili, senza distinguere lo stato di attività per semplicità di consultazione grafica. Inoltre si sono rilevate anche aree esterne al sito in esame in potenziale dissesto geomorfologico, perimetrare anche nel PSAI-Rf come aree a rischio frana con livello R4. E' da chiarire, come già più volte detto, che l'area in esame ricade in un vecchio sito industriale dismesso, dove il grado di antropizzazione diffuso, ha potenzialmente nascosto gli indicatori geomorfologici di dissesto oltre al paesaggio naturale dell'intero settore in esame. Pertanto si precisa che nell'area non si sono rinvenuti particolari indicatori di dissesto e che però per le correlazioni eseguite, la natura prevalentemente pianeggiante del sito ed i risultati delle prove eseguite nell'area si può escludere qualsiasi forma di dissesto generale, potendo attribuire un buon grado di stabilità al sito.

*Carta Ubicazione Indagini – cod. elaborato GEO.05*

In tale elaborato si riporta il dettaglio delle verticali di prova e di sondaggio, con l'utilizzo di simbologie e colori diversi; gli stendimenti sismici eseguiti non vengono riportati nella presente in quanto tali indagini non sono finalizzate, come più volte detto agli obiettivi del presente studio. Inoltre sono state annotate in legenda le coordinate geografiche di dettaglio di ogni punto di prova, con cui è possibile eseguire un riscontro con i certificati di prova del laboratorio che ha eseguito le indagini in sito.

*Carta Sezioni Geologico - Stratigrafiche – cod. elaborato GEO.06*

Nella carta delle sezioni geologico – stratigrafiche si riporta l'andamento dei litotipi investigati, desunto dalla media delle verticali di prova e di sondaggio, lungo le direzioni prescelte, indicate al margine della carta a cui è stata associata anche una tabella riepilogativa indicante la natura litologica e granulometrica degli strati intercettati ed il range di valori associati dei parametri fisico – meccanici tipici dei terreni in studio, desunti dalle numerose prove in sito. Si precisa che le sezioni allegate rappresentano un andamento medio degli orizzonti investigati, per la caratterizzazione di dettaglio della singola verticale di prova si rimanda alla consultazione della penetrometrica o del sondaggio di riferimento. Infine, come già detto in premessa, l'area in studio è collocata all'interno di un vecchio stabilimento industriale dismesso. Lo stesso, inattivo da oltre un ventennio, versa in stato di abbandono e

all'interno ed all'intorno del copro di fabbrica principale, sono presenti dei residui di lavorazione che saranno chimicamente caratterizzati e smaltiti nelle fasi propedeutiche alla demolizione delle strutture presenti nell'area e di tutte le lavorazioni a farsi previste per la costruzione di un nuovo opificio industriale. Pertanto, alla luce di quanto rilevato solo a luoghi in superficie, non si esclude che potenzialmente la parte corticale dei terreni in esame possa essere interessata da tali residui di lavorazione. Tanto premesso è da precisare altresì che nelle verticali di sondaggio e di prova non si è intercettato alcun residuo di lavorazione, pertanto la correlazione meramente stratigrafica che si vuole fornire tra le verticali investigate e nell'allegata cartografia tematica, potrebbe essere non rispondente alla reale situazione particolareggiata, che dovrà essere verificata nelle successive fasi di demolizione, come già più volte detto.

**Cap.5 - Modello Geologico e Pericolosità Geologica del Sito in Studio**

L'area in studio è ubicata lungo il settore medio – collinare che si sviluppa a sud-est del centro urbano del Comune di Teano nei pressi della Frazione Scalo in loc. Santa Croce all'interno del vecchio stabilimento industriale ISOLMER.

**Topograficamente** l'area è posta ad una quota media sul livello del mare di circa 100 m, con medie pendenze di pendio (*considerando un intorno di raggio di circa 500m*) pari a circa 3% e rapporto tra l'altezza del sito e l'altezza massima del rilievo considerato pari a  $h/H:0.94$ . In tale areale non si segnalano rotture di pendenze significative o salti topografici particolarmente rilevanti, gli stessi sono sempre contenuti al di sotto del metro.

**Geomorfologicamente** nell'intorno del singolo sito di intervento ed all'interno dello stesso non si sono riconosciuti segni di dissesto o fenomenologie indici di potenziali instabilità in atto o quiescenti inoltre la stessa non è classificata come zona di protezione speciale (ZPS), o come area di protezione per l'avifauna, infine i terreni non ricadono in aree in cui sono ubicati pozzi ad uso idropotabile, almeno per un raggio di 200 m. Tale situazione di stabilità geomorfologica generale del sito, è emersa anche dalla presa visione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto *Autorità di Bacino "Fiumi Liri-Garigliano e Volturno"* competente per il Comune come area esente da rischi geomorfologici anche di basso livello atteso; tale cartografia è allegata in stralcio alla presente relazione. Le uniche aree potenzialmente a rischio geomorfologico, distanti oltre 500m dal sito in studio, sono poste in prossimità del torrente che scorre nell'area sottostante al sito di intervento. Le fenomenologie connesse a tali aree a rischio, indicate anche nella cartografia tematica di dettaglio allegata alla presente relazione, sono essenzialmente scarpate di media altezza, prospicienti il torrente sottostante, affluente del Fiume Savone, che scorre in un alveo incassato in litologie vulcaniche, generando sovente piccoli crolli. Tali scarpate evolvono nel tempo secondo un cinematismo tipo *slope-retreat* con progressivo addolcimento delle scarpate e diminuzione delle relative pendenze. In generale tutte le aree poste lungo le sponde fluviali e torrentizie, così come quelle poste su vecchi terrazzi erosionali dell'intero areale, si rinvencono essenzialmente fenomeni di ruscellamento diffuso e solo a luoghi concentrato, che si evidenzia in prossimità di vecchi canali abbandonati o in nuovi solchi erosi dalle acque ruscellanti concentrate. Tale aspetto, non particolarmente evidente nel dettaglio del sito di

intervento, dato l'elevato grado di antropizzazione, è evidente solo stagionalmente in occasione di eventi meteorici, che generano ruscellamenti concentrati nei solchi suddetti con principale direzione di deflusso verso il torrente sottostante.

Dal punto di vista **climatico** bisogna precisare che la quantità delle precipitazioni e la temperatura dell'aria sono funzione di molti fattori (direzione e provenienza del vento dominante, posizione geografica, esposizione altitudine) che pur incidendo notevolmente sui valori di piovosità e temperatura, non sempre è possibile quantizzare.

L'intera zona gode delle migliori caratteristiche climatiche in quanto le variazioni delle temperature nell'arco dei mesi hanno un andamento di tipo sinusoidale allungata, senza escursioni termiche significative e con precipitazioni medio – basse così come mostrato negli annali termopluviometrici, non allegati alla presente, reperiti sul sito <http://www.sito.regione.campania.it/agricoltura/meteo/grafici-2011.html> in riferimento alla stazione meteorologica del vicino Comune di Sessa Aurunca, consultati in maniera preventiva alla redazione della presente relazione.

La piovosità nella zona, si concentra in maggiore precipitazione nel periodo autunnale con circa il 40% del totale annuo che è di 500 millimetri. Il trimestre più asciutto è rappresentato dai mesi giugno - luglio - agosto con appena il 18% del totale annuo. Il mese più arido è luglio, mentre il più piovoso è novembre. Gennaio è il più freddo, quello più caldo è Luglio.

Poiché la copertura vegetale è ben sviluppata l'evapotraspirazione potenziale (E.T.P.) ossia la somma dell'acqua perduta per evaporazione e per traspirazione, dipende prevalentemente dalle condizioni atmosferiche mentre è poco influenzata dalle specie vegetali presenti.

Lo spostamento del vapore acqueo dalla superficie evaporante e traspirante ad opera dei venti presenti nella zona e il rifornimento d'acqua assicurato dalle precipitazioni, garantisce l'equivalenza tra l'E.T.R. e l'E.T.P. e quindi la massima attività assimilatoria della copertura vegetale ivi presente.

Anche i processi di evapotraspirazione naturale, che sono funzione della ventosità della zona e dell'assolazione, assicurano un continuo processo di scambio di vapore d'acqua tra il terreno e l'atmosfera, con temperature pressoché costanti in considerazioni delle singole stagioni.

**Litologicamente** l'intera area in esame, così come è emerso dal dettaglio delle indagini geognostiche eseguite in sito, è caratterizzata dalla presenza diffusa di piroclastiti, in forma alterata nella parte superficiale e via via più addensate in profondità. In particolare la

conformazione tabulare della piana all'interno della quale ricade il sito di intervento, ha permesso durante le fasi deposizionali dei prodotti vulcanici suddetti, di assumere, salvo aree particolari e distali dal settore in esame, come quelle in prossimità del Fiume Savone, delle successioni litostratigrafiche essenzialmente piano-parallele. Pertanto agli orizzonti litostratigrafici individuati, è possibile associare pendenze medie molto prossime a quelle topografiche, comprese tra il 2 – 3 %. Inoltre, tali orizzonti, compresi nel volume significativo investigato possono essere suddivisi, ad eccezione della coltre superficiale, in sette orizzonti geologicamente e geotecnicamente significativi. Tale aspetto è emerso da un'attenta analisi e correlazione dei sondaggi e delle prove penetrometriche eseguite in sito, che hanno mostrato un'alternanza di prodotti piroclastici in superficie in forma leggermente alterata e via via più compatti ed addensati in profondità per poi passare a forme pseudo-litoidi a notevole profondità oltre i ventotto metri dal p.c..

Tale successione può essere schematizzata come segue:










- ***terreno vegetale*** e di copertura per uno spessore medio di un metro e cinquanta centimetri circa;
- ***Limo ed argilla sabbioso deb. ghiaiosa*** di colore marrone, compatto, per uno spessore medio di circa un metro e cinquanta centimetri;
- ***Piroclastiti grigie da med. addensate ad addensate. Sabbia con limo, ghiaiosa***; si rinvengono livelli interdigitati di frazione più grossolana e più fine, per uno spessore complessivo medio pari a circa cinque metri e cinquanta centimetri;
- ***Sabbia limosa deb. ghiaiosa*** marrone per uno spessore di un metro e cinquanta centimetri. Tale livello è stato rinvenuto solo all'interno delle verticali di sondaggio S1 ed S2 (vedi elaborato fuori testo GEO 0.6).
- ***Piroclastiti grossolane grigie mediamente addensate. Sabbioni vulcanici grossolani ghiaiosi con limo*** con inclusi litici vulcanici eterometrici e piccoli brandelli di lava eiettata nel corso delle eruzioni. Gli stessi si presentano prevalentemente a spigoli vivi, subordinatamente arrotondati, gli spessori sono di circa cinque metri;
- ***Cineriti marroni; limi argillosi sabbiosi*** grigi nella parte alta, all'interno si rinvengono livelli leggermente rimaneggiati, probabilmente anche dai vecchi torrenti presenti all'atto della deposizione. Tali cineriti hanno uno spessore medio di circa tre metri;
- ***Cineriti marroni chiare; limi ed argilla con sabbia*** con inclusi litici vulcanici di piccole dimensioni. Abbondanti pomice e scorie centimetriche arrotondate e a forma globulare.

Lo spessore medio è di circa dieci metri alla base dei quali, le cineriti passano in forma pseudo – litoide fino ad arrivare ad un *paleosuolo* della potenza di circa cinquanta centimetri a cui seguono delle *tufiti* compatte e pseudo – litoidi fino a profondità oltre i trenta metri dal piano campagna.

Così come detto in premessa, dalle numerose prove eseguite in sito ed in laboratorio, è stato infine possibile estrapolare anche i principali parametri fisico – meccanici associabili agli orizzonti litostratigrafici investigati e sopra definiti, con particolare riferimento alla permeabilità di tali orizzonti. È da chiarire che sebbene tali parametri siano frutto di una media ragionata tra i numerosi dati tratti da prove eseguite in sito ed in laboratorio, non è possibile definire univocamente e con un singolo valore, la permeabilità dei terreni in studio. A tal fine ed in relazione all'orizzonte litologico di interesse si consiglia di adottare il valore più cautelativo tra quelli proposti. In allegato si riportano i certificati del laboratorio geotecnico ed i certificati delle prove eseguite in sito interpretate successivamente dal sottoscritto.



## SINTESI DEI PRINCIPALI PARAMETRI FISICO MECCANICI DEI TERRENI IN ESAME

	DESCRIZIONE LITOLOGICA										peso di volume sat.		peso di volume aere		peso di volume sat.		angolo di attrito		coesione con dev.		coefficiente efficace		modulus elastico		modulus di Young		densità relativa		coefficiente di permeabilità		porosità			
	KN/mc		KN/mc		KN/mc		gradi		KN/mq		KN/mq		KN/mq		KN/mq		KN/mq		KN/mq		Mpa		Mpa		Mpa		%		k		cm/sec			
	14.22	17.26	—		18.34	18.83	28.84	31.03	18.44	71.69	—		5.04	8.46	3.77	8.22	56.31	60.37	8 - 9 E-04		0.34	0.34												
	15.13	1.008	18.49	0.164	29.35	0.710	32.58	17.518	6.00	1.130	5.28	1.580	57.64	1.634							0.34	0.34												
	14.71	19.71	14.26	14.83	18.44	19.73	29.16	36.10	25.40	68.61	14.50	26.70	5.54	15.82	4.41	15.34	51.98	60.62	2.6 - 2.7 E-04		0.34	0.34												
	16.86	1.742	14.55	0.403	18.83	0.423	31.31	2.238	39.15	10.419	20.60	8.626	8.52	3.279	8.12	3.977	55.93	2.789			0.34	0.34												
	15.89	21.87	13.33	14.26	17.91	21.89	29.97	36.60	44.13	94.83	14.50	31.30	6.80	9.99	6.05	10.21	52.62	56.62	2.6 - 2.7 E-04		0.30	0.32												
	18.33	2.261	13.80	0.658	19.52	1.461	31.64	2.550	57.68	16.14	22.90	11.879	7.57	1.030	7.316	1.395	54.23	1.602			0.31	0.155												
	16.00	21.00	14.00	14.50	19.00	21.00	34.00	38.00	80.00	100.00	15.00	30.00	13.00	20.00	15.00	25.00	57.00	62.00	2.6 - 2.7 E-06		0.30	0.34												
	18.95	11.330	14.25	8.231	20.00	11.590	36.00	20.880	90.00	52.915	22.50	15.000	16.50	10.148	20.00	12.583	59.50	34.443			0.32	0.34												
	19.00	20.00	14.00	15.00	19.50	20.50	34.00	35.00	40.00	90.00	10.00	18.00	13.00	15.00	15.00	18.00	56.60	57.20	1 - 2 E-06		0.30	0.32												
	19.50	11.270	14.50	8.386	20.00	11.558	34.50	19.924	65.00	45.092	14.00	9.018	14.00	8.144	16.50	9.643	56.90	32.852			0.31	0.179												
	18.40	18.70	14.00	14.20	18.70	19.20	32.00	35.00	50.00	80.00	15.00	20.00	10.00	15.00	12.00	15.00	52.00	55.00	1 - 2 E-07		0.30	0.34												
	18.55	9.276	14.10	8.141	18.95	10.944	33.50	19.399	65.00	34.731	17.50	10.408	12.50	7.637	13.50	7.937	53.50	30.924			0.32	0.185												
	17.80	18.40	13.80	14.00	19.00	19.20	31.00	32.00	45.00	80.00	15.00	20.00	9.00	10.00	11.00	12.00	51.80	52.80	1 - 2 E-04		0.31	0.32												
	18.10	10.450	13.90	8.026	19.10	11.028	31.50	18.193	62.50	40.104	17.50	10.408	9.50	5.597	11.50	6.658	52.30	30.199			0.31	0.185												
	20.00	20.50	17.50	18.00	20.00	20.80	32.20	35.50	60.00	100.00	15.00	20.00	10.20	15.50	12.20	18.80	52.80	54.60	1 - 2 E-04		0.30	0.32												
	20.25	10.250	17.75	10.250	20.40	11.785	33.85	19.612	80.00	50.332	17.50	10.408	12.85	7.878	15.30	9.361	53.70	31.016			0.31	0.179												
																																		
										MIN		MAX																						

MIN	MAX
MED	DEV. STAND.

\* NELLA TABELLA SOPRA SONO RIPORTATI I VALORI MASSIMI, MINIMI E MEDI DESUNTI DALL'INTERPRETAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE IN SITO ED IN LABORATORIO. PER IL DETTAGLIO DEI RISULTATI, SI RIMANDA ALLE STESSE.

La **falda freatica** produttiva ai fini dell'emungimento da pozzo e a carattere perenne è stata individuata nel corso delle indagini eseguite in sito (*Sondaggio geognostico S1*) ad una profondità dal piano campagna stimabile intorno ai 15 metri. Tale considerazione, circa il livello piezometrico rilevato, ha avuto anche conferma a seguito della consultazione del *Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania, PTA, e del PTR* in cui il sito in esame e l'intero intorno ricadono nelle aree a cui è attribuito il codice 6, definito come *Complesso delle piroclastiti da caduta*, con un grado di permeabilità per porosità da scarso a medio. Tale falda risente delle naturali oscillazioni periodiche stagionali, con inclinazioni stimabili nell'ordine del 3-5% con un medio carico idraulico.

E' da specificare che sia durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, che nel corso dei sondaggi geognostici, è stata rinvenuta una falda superficiale, posta a quote variabili dal piano campagna e comprese tra i -2 m ed i -7 m, che in funzione dell'andamento topografico tende a riemergere a luoghi in superficie. Tale emergenza è stata rilevata in un sito poco distante da quello di intervento e con maggiore evidenza in occasione di forti e prolungate piogge. Tale emergenza, cartografata come una sorgente a carattere temporaneo con una portata esigua inferiore ad 1 l/sec, è frutto del ristagno idrico superficiale sulle litologie granulometricamente più fini, quali limi ed argille, che defluisce verso quote topografiche ribassate rispetto a l'area in studio ed in direzione del torrente sottostante.

Le misurazioni sono state eseguite anche nei giorni successivi a quelli della prima rilevazione, grazie all'installazione di una tubazione piezometrica in PVC finestrata nei sondaggi S2 e S3, mediante l'ausilio di una sonda freatimetrica dotata di dispositivo acustico e scala centimetrica. In particolare le stesse sono state eseguite a scadenza giornaliera per i successivi quindici giorni all'esecuzione dei sondaggi e fino al 15.04.2014 giorno in cui, a seguito di giorni poco o nulla piovosi, si è riscontrato un abbassamento di circa quattro metri, rispetto alla soggiacenza iniziale, a testimonianza del carattere effimero della falda superficiale.

In definitiva il regime idrogeologico dell'area in esame, è relativamente semplice, con la presenza di un deflusso idrico sotterraneo perenne, con oscillazioni naturali correlabili agli apporti idrici stagionali ed uno superficiale legato essenzialmente ad eventi meteorologici prolungati e tipici dei periodi invernali. Lo stesso defluisce in tempi lunghi verso quote topografiche ribassate; non si esclude che a partire dalle prime piogge autunnali e fino alla fine della stagione primaverile, tale livello idrico, seppur con quote variabili dal p.c. anche di diversi metri, costituisca una falda effimera a carattere stagionale. Detto ciò è da sottolineare che l'effettiva quota di soggiacenza dal piano campagna di tale falda effimera, potrà essere

determinata solo a seguito di un monitoraggio lungo, almeno un anno idrologico, non possibile in questa fase di studio.

La permeabilità degli orizzonti stratigrafici definiti, si trova in perfetto accordo con quanto detto circa lo schema di circolazione idrica sotterranea. In particolare in riferimento alla tabella ed i parametri riportati sotto, si nota come vi sia un'alternanza di orizzonti a media permeabilità intervallati a livelli a permeabilità bassa e molto bassa, al di sopra dei quali avviene il ristagno idrico superficiale descritto precedentemente.

	1	1°10-1	1°10-2	1°10-3	1°10-4	1°10-5	1°10-6	1°10-7	1°10-8	1°10-9	1°10-10	1°10-11
PERMEABILITA'	<div>ALTA</div> <div>MEDIA</div> <div>BASSA</div> <div>MOLTO BASSA</div> <div>IMPERMEABILE</div>											
DRENAGGIO	BUONO					POVERO			PRATICAMENTE NULLO			
	Ghiaie pulite			Sabbie pulite e miscele di ghiaia e sabbie pulite		Sabbie fini, limi miscele di sabbie, limi ed argille, depositi di argille stratificati			Argille omogene non alterate			

CONFRONTO TRA I VALORI DI PERMEABILITA', DRENAGGIO E GRANULOMETRIA DEI TERRENI IN STUDIO				
	DESCRIZIONE LITOLOGICA	coeff. di permeab. k cm/sec	livello di permeabilità	drenaggio
	Terreno vegetale e strato di alterazione superficiale	8 - 9 E -04	MEDIA	BUONO
	Limo ed argilla sabbioso deb. ghiaioso	2.6 - 2.7 E-0.8	MOLTO BASSA	POVERO
	Sabbia grossolana con limo, ghiaiosa	2.6 - 2.7 E-0.4	MEDIA	BUONO
	Sabbia limosa deb. ghiaiosa marrone	2.6 - 2.7 E-0.6	BASSA	POVERO
	Sabbia grossolana ghiaiosa con limo	1 - 2 E-0.6	BASSA	POVERO
	Limi argillosi sabbiosi	1 - 2 E-0.7	BASSA - MOLTO BASSA	POVERO
	Limi ed argilla con sabbia	1 - 2 E-0.4	MEDIA	BUONO
	Tufiti	1 - 2 E-0.4	MEDIA	BUONO
	Paleosuolo			

Infine è da evidenziare, data anche la natura geologica del substrato analizzato, afferibile totalmente ed in maniera uniforme a depositi di origine vulcanica, l'assenza di fenomeni carsici come inghiottitoi o doline.

Anche se più volte detto, ai fini del presente studio, gli aspetti sismici dei terreni in esame non hanno alcuna validità sostanziale, eccetto che per una migliore comprensione del contesto geologico generale e di dettaglio del sito in esame, è possibile affermare che **sismicamente** i terreni in esame, sulla scorta delle indagini eseguite e data anche l'assenza di indicatori di dissesto geomorfologico e la stabilità dei terreni nei confronti della liquefazione, dati i risultati della verifica alla suscettibilità alla liquefazione eseguita con la metodologia proposta da *Seed & Idriss* sono classificabili con una categoria di sottosuolo B. Come detto non si riporta il dettaglio delle prospezioni eseguite, così come il calcolo della suscettibilità alla liquefazione determinata con la metodologia di cui sopra.

Per quanto concerne la vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento, di seguito si riporta una sintesi delle definizioni scientifiche e in dettaglio la determinazione della stessa, per cui sono stati presi in considerazione tutti i parametri geologici, lito-stratigrafici ed idrogeologici precedentemente definiti.

**Generalità** - L'inquinamento delle acque sotterranee, nello spazio e nel tempo, proviene nella quasi totalità dei casi delle attività antropiche o è ad esse connesso in modo diretto o indiretto. Le fonti di inquinamento delle acque sotterranee sono, infatti, associate ad una vasta serie di attività industriali, agricole, commerciali e domestiche. A queste vanno aggiunte quelle attività o trasformazioni dell'ambiente che, pur non producendo esse stesse inquinamento, possono concorrere in modo rilevante se non determinante alla trasmissione dell'impatto direttamente alle acque sotterranee. Sono detti centri di pericolo (c.d.p.) tutte le attività che generano o possono generare e/o trasmettere un impatto sulle acque in genere e su quelle sotterranee in particolare. Tali impatti, a seconda del punto di penetrazione nel sistema acquifero, possono suddividersi in:

- Impatti sulla superficie, generati da prodotti più o meno solubili in acqua sversati sulla superficie del suolo e nel reticolo idrografico superficiale;
- Impatti sottosuperficiali, prodotti da sostanze scaricate nel sottosuolo ma al di sopra del livello idrostatico dell'acquifero sottostante;
- Impatti in acquifero, accumuli, immagazzinamenti, trasformazioni (scavi, estrazioni di materiali diversi, ecc) al di sotto del livello idrostatico dell'acquifero.

I c.d.p., inoltre, possono essere singoli o multipli. In questo secondo caso, è possibile riconoscere un agglomerato di c.d.p. di tipo unico o di tipo diverso, spesso difficilmente scindibile alla scala operativa usuale per le Carte della vulnerabilità degli acquiferi. Per la determinazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, esistono molteplici metodi di analisi che prendono in considerazione diversi parametri sia di natura prettamente geologica che topografica ed urbanistica, oltre al tipo di attività antropica da espletare. La vulnerabilità intrinseca di un acquifero dipende, sostanzialmente, da almeno tre principali processi che si producono all'interno del sistema-sottosuolo esistente al di sotto del punto o/e della zona d'impatto:

- lo spostamento dell'acqua (o di un inquinante fluido o idroportato) attraverso l'insaturo, sino a raggiungere la superficie piezometrica dell'acquifero sottostante;
- la dinamica del flusso sotterraneo e di un inquinante fluido o idroportato nella zona di saturazione dell'acquifero sottostante;
- la concentrazione residua di un inquinante fluido o idroportato al suo arrivo nella zona di saturazione rispetto a quella iniziale, che marca la capacità di attenuazione dell'impatto inquinante propria del sistema acquifero.

I tre processi principali sono retti a loro volta dalle diverse possibili sinergie di tutta una serie di parametri propri della situazione idrogeologica e antropica e quindi variabili da zona a zona.

Lo scopo comune delle diverse metodologie di valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento, riconosciute nella pratica scientifica, consiste nel permettere un confronto diretto, più o meno quantitativo, tra differenti situazioni idrogeologiche e di impatto antropico e, quindi, distinguere su una base comune e, per quanto possibile, non soggettiva, situazioni di potenziale pericolo. Sono state prese in considerazione le più recenti metodologie, basate sulla parametrizzazione di una serie di caratteristiche fisiche chimiche ed idrogeologiche del suolo e del sottosuolo. Il metodo utilizzato per le considerazioni su descritte è:

- **metodo DRASTIC**, (*Aller et Alii, U.S. Environmental Protection Agency, 1985–87*) si tratta di un Point Count System Model (PCSM), un sistema parametrico piuttosto sofisticato a punteggi e pesi che utilizza sette parametri: soggiacenza, infiltrazione efficace (o ricarica attiva dell'acquifero), litologia dell'acquifero, tipologia del suolo, pendenza della superficie topografica, composizione dell'insaturo, conducibilità idraulica dell'acquifero. Ad ognuno di tali parametri viene attribuito un punteggio (tra 1 e 10) predisposto su tabelle. Viene successivamente calcolato il prodotto del punteggio di ogni singolo parametro per i

corrispondenti moltiplicatori compresi in due diverse linee di pesi (in alternativa) a seconda dell'uso del suolo (DRASTIC ordinario e DRASTIC agricolo). Il risultato è la somma dei prodotti che da un indice DRASTIC ed è compreso tra 23 per la situazione di minima vulnerabilità e 260 per la situazione di massima vulnerabilità. La metodologia proposta da Aller et Alii, ha l'indubbio pregio della completezza, specie riguardo all'elevato numero di parametri chiamati in gioco, alcuni dei quali, come la topografia e l'entità della ricarica, non sono in genere presi in considerazione negli altri metodi. Il metodo ha inoltre la caratteristica, comune agli altri metodi semi-quantitativi o quantitativi, di fornire un risultato il più possibile oggettivo e, anche se potrebbero risultare discutibili i criteri con cui sono stati assegnati i punteggi e pesi dei vari parametri, sostanzialmente essi appaiono accettabili alla luce del confronto con i risultati ottenuti con altre metodologie. Anche se il metodo operativo appare sufficientemente semplice da applicare, rimane l'evidente difficoltà di avere a disposizione per tutte le zone di un territorio investigato, in particolar modo se molto vasto, una così grande mole di informazioni specifiche, specie riguardo alcuni parametri come il tipo di suolo e l'entità della ricarica. Inoltre, se il risultato sotto forma numerica permette un più preciso e oggettivo confronto del grado di vulnerabilità relativo nell'ambito dello stesso sistema idrogeologico o tra sistemi idrogeologici anche molto diversi e distanti tra loro, la mancanza di un'attribuzione del dato numerico ad un certo grado di vulnerabilità resta un handicap del metodo stesso.

*Per il caso specifico in esame, si è preferito utilizzare il metodo di analisi D.R.A.S.T.I.C. poiché non prendendo in considerazione l'effetto della diluizione degli inquinanti con le precipitazioni meteoriche, è sicuramente la situazione più sfavorevole ai fini del calcolo della vulnerabilità all'inquinamento.* Di seguito si riporta il calcolo eseguito e tutte le necessarie considerazioni effettuate nella scelta dei dati presi in considerazione per l'applicazione di tale metodo.

**METODO DI CALCOLO D.R.A.S.T.I.C.**

La valutazione della vulnerabilità di un sistema idrogeologico locale da parte di liquidi inquinanti, può essere eseguita applicando la metodologia "DRASTIC" (*ALLER et alii-1996-ACS symposium series, n°315*), messa a punto dall'Agenzia Americana per la Protezione dell'Ambiente. La vulnerabilità viene valutata a livello comparativo o qualitativo tra aree e/o standards prestabiliti, assumendo una particolare condizione limite relativa al rapporto tra capacità percolativi dell'acqua e del soluto.

Il modello "DRASTIC" (acronimo delle iniziali inglesi dei sette fattori presi in considerazione) si sviluppa secondo la seguente metodologia:

1) **D (depth water)** - è la profondità dell'acquifero: rappresenta lo spessore della colonna geopedologica che deve essere attraversata dal flusso inquinante per potersi diffondere effettivamente all'interno dell'acquifero. Per le considerazioni idrogeologiche di cui ai paragrafi precedenti, il parametro D ha un punteggio pari a 9 poiché la falda idrica in tale aree è a profondità pari a circa 2m dal p.c.

**Tabella 1 VALORI DI INTENSITA' DEL FATTORE D**

<b>Profondità della falda (m)</b>	<b>Punteggio</b>
0.0÷1.5	10
<b>1.5÷4.5</b>	<b>9</b>
4.5÷9.0	7
9.0÷15.0	5
15.0÷22.5	3
22.5÷30.0	2
>30.0	1

2) **R (recharge, net)** - è la ricarica netta: rappresenta il volume di acqua meteorica che si infiltra per unità di superficie, al netto delle perdite per evapotraspirazione e scorrimento superficiale, che raggiunge direttamente la superficie freatica. Considerando la litologia prevalente, tale parametro è posto pari a 6.

**Tabella 2 VALORI DI INTENSITA' DEL FATTORE R**

<b>Ricarica netta della falda (mm)</b>	<b>Punteggio</b>
0.0÷50	1
50÷100	3
<b>100÷175</b>	<b>6</b>
175÷250	8
>250	9

3) **A (aquifer media)** - caratteristiche dell'acquifero: rappresenta l'attitudine del mezzo poroso o fratturato che contiene l'acquifero a trasmettere l'inquinante e a diluirne o a concentrarne il flusso nell'ambito dell'intero bacino idrogeologico. Dalla correlazione della carta geologica, e dalle successioni stratigrafiche prese in considerazione della granulometria prevalente e più sfavorevole ai fini dell'analisi si attribuisce un valore pari a 3.

**Tabella 3 VALORI DI INTENSITA' DEL FATTORE A**

<b>Mezzo acquifero</b>	<b>Punteggio</b>
Argilliti compatte	1÷3
Rocce ignee e metamorfiche compatte	2÷5
<b>Rocce ignee e metamorfiche alterate</b>	<b>3÷5</b>
Sequenze sottili di marne, arenarie e argille	5÷9
Arenarie compatte	4÷9
Marne compatte	4÷9
Ghiaie e sabbie	4÷9
Basalti fratturati	2÷10
Rocce carbonatiche	9÷10

4) **S (soil media)** - caratteristiche del suolo: rappresenta la capacità del suolo di porsi alla mobilitazione convettiva e/o diffusiva del pollente, mediante processi chimici e fisici di trasformazione ed assorbimento colloidale. Tale valore mediato per l'intero percorso, sebbene la granulometria prevalente risulta essere limosa, si è preferito utilizzare un parametro più restrittivo e pari a 6 essenzialmente terreni sabbiosi.



**Tabella 4 VALORI DI INTENSITA' DEL FATTORE S**

<b>Tipo di suolo</b>	<b>Punteggio</b>
Sottile o assente	10
Ghiaioso	10
Sabbioso	9
Morboso	8
Argilloso fessurato	7
<b>Franco-sabbioso</b>	<b>6</b>
Franco	5
Franco-limoso	4
Franco-argilloso	3
Argilloso a muck superficiale	2
Argilloso compatto	1

5) **T (topography)** – topografia dell'area: rappresenta la pendenza della superficie del suolo in rapporto alla sua capacità di far defluire o infiltrare le soluzioni contaminate. Poiché l'area è grossomodo pianeggiante (~5%) si adotta un valore del parametro T pari a 9.

**Tabella 5 VALORI DI INTENSITA' DEL FATTORE T**

<b>Inclinazione della superficie topografica (%)</b>	<b>Punteggio</b>
0.0÷2.0	10
<b>2.0÷6.0</b>	<b>9</b>
6.0÷12.0	5
12.0÷18.0	3
>18.0	1

6) **I (impact of vadose zone media)** – caratteristiche del substrato aerato: rappresenta la capacità di opporsi al trasporto verticale dell'inquinante, sia in termini idrologici che di interazione chimico-fisica. Anche se il substrato di primo recapito è costituito da limi-argillosi compatti, non si esclude la possibilità di orizzonti più grossolani, si considera un valore cautelativo del parametro I pertanto posto pari a 5.

**Tabella 6 VALORI DI INTENSITA' DEL FATTORE I**

<b>Impatto della zona aerata di transizione</b>	<b>Punteggio</b>
<b>Limi ed argille</b>	<b>1÷2</b>
Argilliti	2÷5
Marne	2÷7
Arenarie	4÷8
Stratificazioni di marne, arenarie ed argille	4÷8
<b>Ghiaie e sabbie, miste a limi argillosi</b>	<b>4÷8</b>
Rocce ignee e metamorfiche	2÷8
Ghiaie e sabbie	6÷9
Basalti fessurati	2÷10
Rocce carbonatiche	8÷10

**7) C (conductivity hydraulic)** – conducibilità idraulica: rappresenta la capacità dell’acquifero di trasmettere orizzontalmente, secondo differenti rapporti spazio-temporali, la sostanza inquinante disciolta. Tale parametro è fortemente condizionato dalla granulometria dei depositi affioranti, in funzione dei risultati delle prove eseguite in sito, si attribuisce un valore pari a 1.

**Tabella 7 VALORI DI INTENSITA' DEL FATTORE C**

<b>Conducibilità idraulica (cm x sec<sup>-1</sup>)</b>	<b>Punteggio</b>
<b>5x10<sup>-5</sup> ÷ 5x10<sup>-3</sup></b>	<b>1</b>
5x10 <sup>-3</sup> ÷ 1.5x10 <sup>-2</sup>	2
1.5x10 <sup>-2</sup> ÷ 3.5x10 <sup>-2</sup>	4
3.5x10 <sup>-2</sup> ÷ 5x10 <sup>-2</sup>	6
5x10 <sup>-2</sup> ÷ 1x10 <sup>-1</sup>	8
1x10 <sup>-1</sup>	10

Le intensità dei sette fattori indicati devono essere successivamente moltiplicate per un corrispondente valore di peso che varia in funzione dell’importanza qualitativa e quantitativa attribuita ad ogni fattore. Nella tabella seguente sono riportati questi fattori, scelti in funzione del tipo di intervento da realizzare nell’area e tratti dalla bibliografia specialistica consultata.

**Tabella 8 Calcolo dei pesi per la determinazione del Fattore D.R.A.S.T.I.C.**

Fattore	Fattore correttivo
<b>D</b>	5
<b>R</b>	4
<b>A</b>	3
<b>S</b>	2
<b>T</b>	1
<b>I</b>	5
<b>C</b>	3

**Tabella 9 Calcolo del Fattore D.R.A.S.T.I.C.**

Fattore	Caratteristiche del sito	Punteggio	Fattore correttivo	Punteggio finale
<b>D</b>	1.5÷4.5	9	6	54
<b>R</b>	100÷175	6	5	30
<b>A</b>	1÷3 - 2÷5	3	4	12
<b>S</b>	Franco-sabbioso	6	3	18
<b>T</b>	2.0÷6.0%	9	2	18
<b>I</b>	Limi ed argille Ghiaie e sabbie, miste a limi argillosi	5	5	25
<b>C</b>	$5 \times 10^{-3} \div 1.5 \times 10^{-2}$	1	5	5
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>			<b>162</b>	

Ai fini di una maggiore sicurezza nella determinazione della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento, come è mostrato nella tabella sopra, si sono utilizzati dei fattori correttivi ancor più restrittivi medi utilizzati nella pratica tecnico – scientifica. Questa teoria, per una corretta identificazione della vulnerabilità del sistema geopedologico nei confronti della percolazione in falda, distingue cinque livelli di rischio di inquinamento:

**Tabella 10 Calcolo del Rischio di Inquinamento**

<b>Intervallo di intensità</b>	<b>Rischio di inquinamento</b>
26 ÷ 71	Molto basso
72 ÷ 117	Basso
<b>118 ÷ 163</b>	<b>Moderato</b>
164 ÷ 209	Elevato
210 ÷ 256	Molto elevato

In base a quest'ultima tabella e viste le risultanze delle considerazioni fatte, riepilogate in tabella 9, per il caso dei terreni in esame si può concludere di essere in una situazione di Rischio di inquinamento **MODERATO**.

È da chiarire che le considerazioni fatte nelle pagine precedenti, sono state eseguite senza specificare la natura dell'inquinante e senza prendere in considerazione tutti i possibili accorgimenti circa l'impermeabilizzazione della parte superficiale dei terreni con pavimentazione industriale idonea alla destinazione prevista in progetto, così come i pesi adottati per l'ipotesi fatta, potrebbero essere meno restrittivi. Detto ciò, tutte le considerazioni fatte con il metodo su esplicitato vogliono essere solo un'indicazione di massima circa le condizioni geologiche del sito e i potenziali rischi per l'acquifero sottostante. Sarà poi cui del tecnico incaricato determinare l'effettivo rischio di inquinamento in funzione anche del tipo di inquinante potenziale e l'adozione di tutti gli accorgimenti tecnico – costruttivi previsti anche dalle norme vigenti.

Infine per la valutazione della *pericolosità geologica* del sito, sono stati presi in considerazione tutti i dati emersi dalla caratterizzazione geologica generale su esposta, integrati dai dati geologici desunti dalla consultazione della bibliografia e cartografia tematica disponibile e dai risultati delle indagini pregresse rivedute.

Di seguito si riporta la sintesi dei dati presi in esame con i risultati conseguiti, mentre per il dettaglio di tutte le notizie sopra sintetizzate, le correlazioni stratigrafiche e geotecniche desunte dalle prove di laboratorio geotecnico e dall'interpretazione delle prove penetrometriche eseguite, si rimanda agli appositi allegati.

## Pericolosità Geologica del Sito

Ubicazione dell'area	Area scarsamente urbanizzata – Sito industriale non più attivo
Unità geologica principale	Deposito piroclastico incoerente in superficie e in forma pseudo – litoide in profondità <b><i>Banchi di tufiti ocracee e di paleosuoli con intercalazioni di alluvioni ghiaioso-sabbiose, tufiti giallognole, sabbie vulcaniche grigiastre oltre i 30 m dal p.c. (da carta geologica d'Italia foglio 172 e sondaggi geognostici eseguiti)</i></b>
Stato di addensamento	Da poco addensato ad addensato via via in profondità fino a passare in forma pseudo-litoide <i>(da prove DPSH, Sondaggi Geognostici eseguiti ed indagini sismiche in foro ed in superficie)</i>
Idrologia	Ruscellamento superficiale diffuso a luoghi concentrato in solchi di ruscellamento e vallecole. Deflusso in direzione del torrente sottostante l'area in studio con ristagno superficiale.
Idrogeologia	Falda di tipo freatico con profondità dal p.c. > 15 m <b><i>Codice corpo idrico desunto dal PTA: nr. 5</i></b> Falda effimera superficiale con profondità dal p.c. ~ 2 m <i>L'effettiva quota di soggiacenza dal p.c. ed i tempi di deflusso idrico possono essere stimati solo a seguito di un monitoraggio lungo.</i>
Forma del Pendio	Rettilineo leggermente concavo con inclinazione media pari a circa 2°
Instabilità del Pendio	Area stabile <i>(rilievo geomorfologico eseguito e PSAL-Rf)</i>
Categoria Topografica	T1 <i>(pendenza pari a circa il 3% con rapporto h/H= 0.94)</i>
Rischio dispersione Inquinante	Moderato <i>(verifica eseguita con metodologia D.R.A.S.T.I.C.)</i>
Stabilità geomorfologica dell'area	Area stabile
Pericolosità geologica	Media

**Cap.6 - Conclusioni**

La presente relazione geologica, è stata redatta per incarico ricevuto dalla committenza “**GE.S.I.A. S.p.A.**” al fine di definire le caratteristiche geologico-stratigrafiche ed idrogeologiche, nonché geomorfologiche e di stabilità e più in generale geotecniche, dei terreni su cui si intende realizzare un “*progetto di attività gestione rifiuti ai sensi del **D.G.R. Campania 1411/07** e ai sensi dell’**art.208 D.Lgs 152/06 e s.m.i.**” in zona A.S.I., loc. Santa Croce nel Comune di Teano (CE).*

I terreni in esame, sono siti all’interno del vecchio stabilimento industriale ISOLMER di Teano, ormai dismesso da oltre un ventennio. Lo stesso attualmente versa in uno stato di abbandono, che nel corso del tempo ha portato all’alterazione e disfacimento delle strutture portanti, per cui è prevista la demolizione e la successiva ricostruzione, con i relativi servizi annessi.

L’area interessata dal progetto ricade in un contesto geologico uniforme, in un settore medio – collinare poco distante dal centro urbano del Comune di Teano, in assenza di particolari problematiche, sia geologiche che geomorfologiche per quanto concerne la stabilità del sito ed i rischi ad essa connessi. Per la definizione del modello geologico dei terreni in esame, oltre la ricostruzione lito-stratigrafica dei terreni, si è rivisitato il piano di indagini espletato come detto in premessa ai fini della redazione dello studio geologico allegato progetto di “*demolizione e ricostruzione di opifici industriali e servizi annessi*”.

Dalla correlazione delle numerose indagini eseguite e rivisitate, correlate con la bibliografia e cartografia tematica consultata, è stato possibile definire per i terreni in studio la seguente successione stratigrafica schematizzata come segue:

- **terreno vegetale** e di copertura per uno spessore medio di un metro e cinquanta centimetri circa;
- **Limo ed argilla sabbioso deb. ghiaiosa** di colore marrone, compatto, per uno spessore medio di circa un metro e cinquanta centimetri;
- **Piroclastiti grigie da med. addensate ad addensate. Sabbia con limo, ghiaiosa**; si rinvencono livelli interdigitati di frazione più grossolana e più fine, per uno spessore complessivo medio pari a circa cinque metri e cinquanta centimetri;

- ***Sabbia limosa deb. ghiaiosa*** marrone per uno spessore di un metro e cinquanta centimetri. Tale livello è stato rinvenuto solo all'interno delle verticali di sondaggio S1 ed S2 (vedi elaborato fuori testo GEO 0.6).
- ***Piroclastiti grossolane grigie mediamente addensate. Sabbioni vulcanici grossolani ghiaiosi con limo*** con inclusi litici vulcanici eterometrici e piccoli brandelli di lava eiettata nel corso delle eruzioni. Gli stessi si presentano prevalentemente a spigoli vivi, subordinatamente arrotondati, gli spessori sono di circa cinque metri;
- ***Cineriti marroni; limi argillosi sabbiosi*** grigi nella parte alta, all'interno si rinvencono livelli leggermente rimaneggiati probabilmente anche dai vecchi torrenti presenti all'atto della deposizione. Tali cineriti hanno uno spessore medio di circa tre metri;
- ***Cineriti marroni chiare; limi ed argilla con sabbia*** con inclusi litici vulcanici di piccole dimensioni. Abbondanti pomici e scorie centimetriche arrotondate e a forma globulare. Lo spessore medio è di circa dieci metri alla base dei quali, le cineriti passano in forma pseudo – litoide fino ad arrivare ad un ***paleosuolo*** della potenza di circa cinquanta centimetri a cui seguono delle ***tufiti*** compatte e pseudo – litoidi fino a profondità oltre i trenta metri dal piano campagna.

Dati i residui di lavorazione rilevati all'interno e nell'immediato intorno del vecchio fabbricato da demolire, non si esclude che potenzialmente la parte corticale dei terreni in esame possa essere interessata da tali residui di lavorazione. Tanto premesso è da precisare altresì che nelle verticali di sondaggio, la cui successione stratigrafica desunta e riproposta in sintesi sopra e nel dettaglio nella cartografia redatta, non si è intercettato alcun residuo di lavorazione, pertanto la correlazione meramente stratigrafica che si vuole fornire tra le verticali investigate, potrebbe essere non rispondente alla reale situazione particolareggiata, che dovrà essere verificata nelle successive fasi di demolizione, come già più volte detto.

Dal rilievo geomorfologico eseguito non si sono rinvenuti fenomeni di dissesto in atto o quiescenti, almeno nell'immediato intorno dell'area oggetto di intervento edilizio, ed anche dalla consultazione del PSAI-Rf (*AdB Liri-Garigliano e Volturno*) è emerso che l'area non rientra in quelle perimetrate come a rischio frana.

La ***falda freatica*** produttiva ai fini dell'emungimento da pozzo e a carattere perenne è stata individuata nel corso delle indagini eseguite in sito ad una profondità dal piano campagna stimabile intorno ai 15 metri. E' stata rilevata sia durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, che nel corso dei sondaggi geognostici, anche una falda superficiale, posta a

quote variabili dal piano campagna e comprese tra i -2 m ed i -7 m, che in funzione dell'andamento topografico tende a riemergere a luoghi in superficie, come meglio detto nelle pagine precedenti. L'effettiva quota di soggiacenza dal piano campagna di tale falda effimera, potrà essere determinata, come detto solo a seguito di un monitoraggio lungo, non possibile in questa fase di studio.

Dal punto di vista del potenziale inquinamento dei terreni in esame e delle falde sottostanti, è stata eseguita la valutazione della vulnerabilità del sistema idrogeologico locale da parte di liquidi inquinanti, con l'utilizzo della metodologia "DRASTIC" (*ALLER et alii-1996-ACS symposium series, n°315*), dalla quale è emerso un livello di rischio MODERATO. Per il dettaglio delle considerazioni fatte ai fini del calcolo e della scelta dei fattori utilizzati, si rimanda alle pagine precedenti.

Inoltre, così come ampiamente detto nelle pagine precedenti, in allegato e nelle pagine precedenti, sono stati mediati in maniera ragionata per ogni orizzonte litostratigrafico definito i dati geomeccanici tratti dalle prove di laboratorio e dall'interpretazione delle prove in sito, potendo così ottenere un range di valori, massimi e minimi, ai fini di una migliore comprensione del contesto geologico generale e locale in esame. In allegato si riportano i certificati del laboratorio geotecnico ed i certificati delle prove eseguite in sito interpretate successivamente dal sottoscritto.

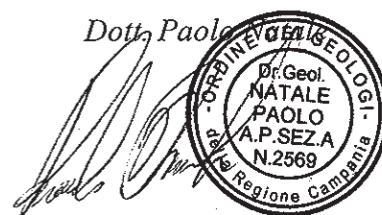
In definitiva dallo studio eseguito e come compendiato nelle pagine precedenti, è emerso che il sito è caratterizzato da un **medio livello di pericolosità geologica**, potendo affermare altresì che data la natura dei terreni, afferibili esclusivamente a depositi vulcanici, non si riconoscono segni di fenomeni carsici, inghiottitoi e doline.

Tutti i parametri geologico-stratigrafici, idrogeologici e geomorfologici dei terreni interessati dal progetto sono riportati negli appositi allegati e sintetizzati nella cartografia tematica a cui si rimanda per una maggiore comprensione di dettaglio delle tematiche su esposte.

- Teano li, Aprile 2014

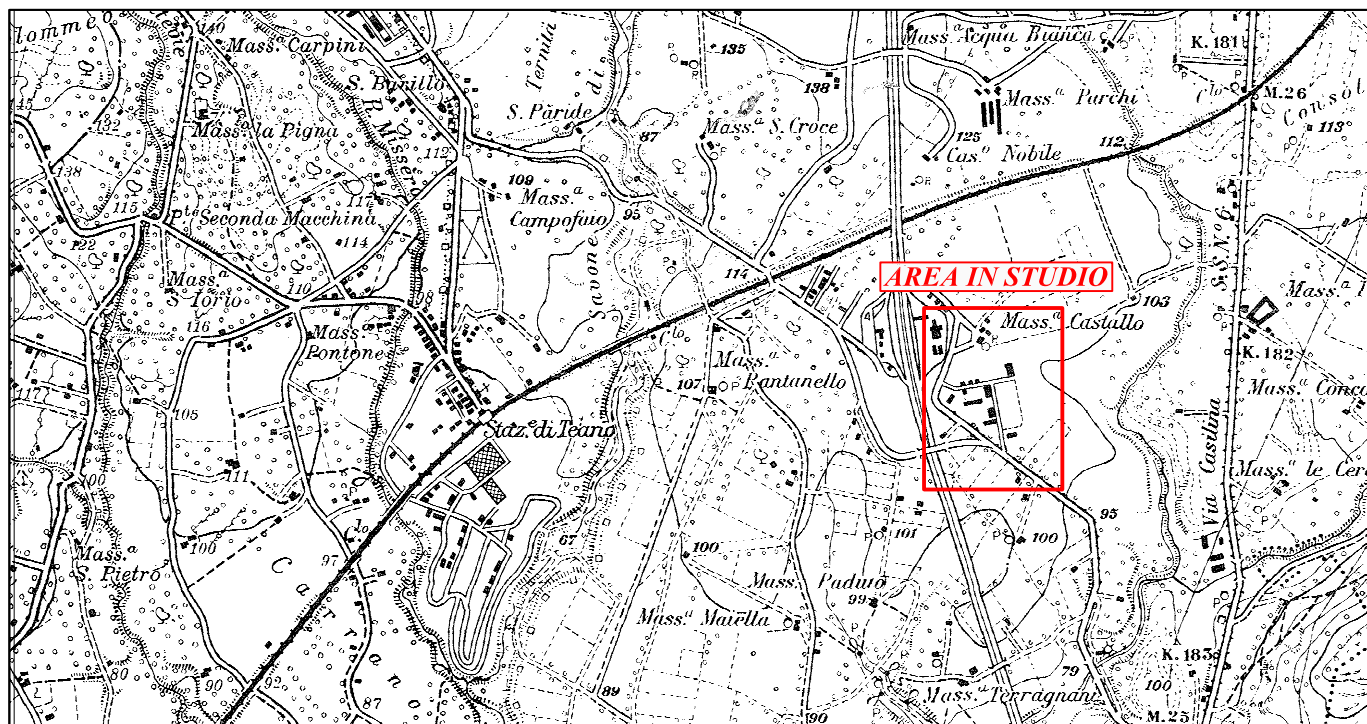
Il Geologo

Dott. Paolo Natale



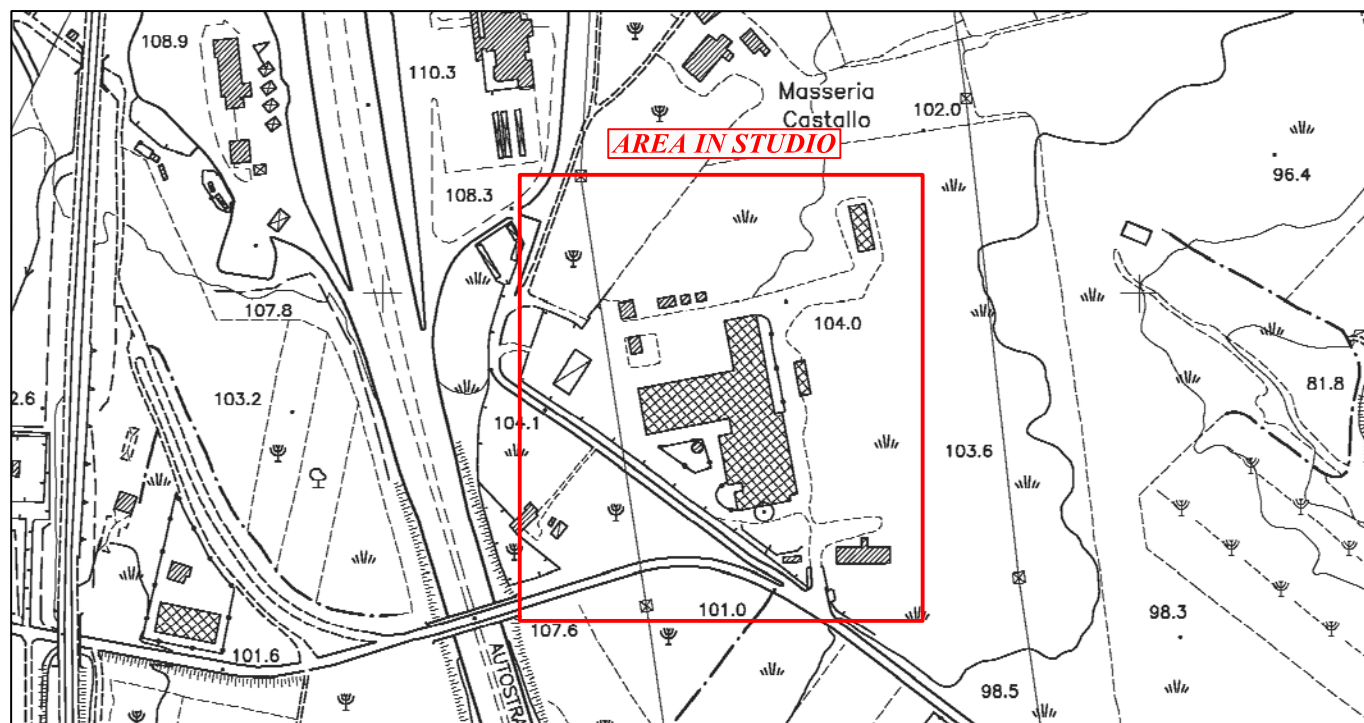


## CARTA UBICAZIONE DELLA'AREA IN STUDIO



*stralcio carta topografica programmatica - TAV, nr.8 - TEANO (Quadrante 172 - IV)*

*scala 1:25.000*



*stralcio carta tecnica regionale - ELEMENTO nr. 417144 - SORGENTE SANT'AGATA*

*scala 1:5,000*







# COMUNE DI TEANO

*Provincia di Caserta*

## "Relazione Geologica ed Idrogeologica"

ai sensi del D.G.R. Campania 1411/07 per progetto attività gestione rifiuti  
ai sensi dell'art.208 D.Lgs 152/06 e s.m.i.

**GE.S.I.A. S.p.A.**

*Località Santa Croce - Ex Stabilimento Industriale "Isolmer S.p.A."  
Zona A.S.I. - Teano (CE)*

## INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Codice Elaborato

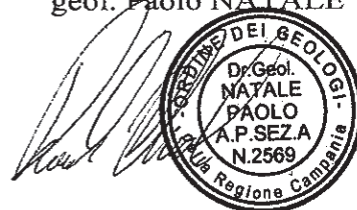
GEO. 0 **1.1**

Data

aprile 2014

Scala

Il Tecnico Redattore  
geol. Paolo NATALE





LITHOS s.r.l.

Viale Angelico, 39

00195 ROMA

Concessione Ministeriale settore C n. 5262 del 03/06/2011

RICHIEDENTE: Dott. Paolo Natale

ATTREZZATURA : Sonda Teredo DC306

COMMITTENTE: GE.S.I.A. S.p.A.

METODO DI PERF.: Carotaggio continuo

LOCALITA': Zona ASI - Loc. Santa Croce  
Teano (CE)

QUOTA INIZ.: Piano campagna

CANTIERE: Demolizione e ricostruzione di opifici  
industriali e servizi annessi

PROFONDITA': 30.00 m

UBICAZIONE: Lat 424246.56 m E  
Lon 4564915.60 m NAutorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei  
Trasporti, ai sensi della Circolare n. 7619 del  
08/09/2010 - Certificazione n° 5262N° ACCETTAZIONE: 0200a/14  
DATA ESECUZIONE: 24/03/2014  
NUMERO CERTIFICATO: 0450b  
DATA EMISSIONE: 25/03/2014

Sigla: S1

PAGINE: 1 di 1

p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Falda m	Poker test Kg/cmq	Van test Kg/cmq	down hole	piezometro	RQD %	Campione indisturbato	S.P.T. (m)
	Q.rel. (m)	Spess. (m)										
	1.50	1.50		Cemento per uno spessore di circa trenta centimetri - sottofondo di pavimentazione costituito da ciottoli calcarei in matrice eterometrica								
	3.00	1.50		Limo ed argilla sabbioso deb. ghiaioso di colore marrone, compatto								
5.00	8.50	5.50		Piroclastiti grigie da mediamente addensate ad addensate in profondità. Sabbia vulcanica grossolana con limo, ghiaiosa. In alternanza si rinvengono strati granulometricamente più grossolani a strati a frazione limosa prevalente	3.50						Ci-1 3.00-3.50	3.50-3.95 S.P.T. 1 12-14-13
10.00	10.0	1.50		Sabbia limosa deb. ghiaiosa marrone								
15.00	15.0	5.0		Piroclastiti grossolane grigie mediamente addensate. Sabbioni vulcanici grossolani ghiaiosi con limo. Si rinvengono degli inclusi litici vulcanici eterometrici e piccoli brandelli di lava eiettata nel corso delle eruzioni. Gli stessi si presentano prevalentemente a spigoli vivi e subordinatamente arrotondati								10.5-10.95 S.P.T.2 10-11-18
15.00	18.0	3.0		Cineriti associabili a limi argillosi sabbiosi, grigi nella parte alta e marroni alla base. Tali livelli si presentano leggermente rimaneggiati; all'interno si riconoscono minerali ferrosi	15.00							
20.00	28.0	10.0		Cineriti marroni chiare associabili a limi ed argilla con sabbia, con inclusi litici vulcanici di piccole dimensioni. Abbondanti pomici e scorie centimetriche arrotondate e a forma globulare. Alla base tale litologia si presenta in forma pseudo - litoidi.							Ci-2 18.0-18.5	18.5-18.95 S.P.T. 3 7-8-7 20.0-25.5 S.P.T. 4 6-5-6
25.00	28.5	0.50		Paleosuolo								
30.00	30.0	1.50		Tufiti pseudo litoidi superficialmente e litoidi alla base di colore marrone scuro.								29.0-29.5 S.P.T. 5 15-18-21
				Fine sondaggio								
35.00												

Direttore del Laboratorio

Concessione n. 5262

Dr. Franco Brizzi

FRANCO BRIZZI



LITHOS s.r.l.

Viale Angelico, 39

00195 ROMA

Concessione Ministeriale settore C n. 5262 del 03/06/2011

RICHIEDENTE: Dott. Paolo Natale

ATTREZZATURA : Sonda Teredo DC306

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ai sensi della Circolare n. 7619 del 08/09/2010 – Certificazione n° 5262



COMMITTENTE: GE.S.I.A. S.p.A.

METODO DI PERF.: Carotaggio continuo

LOCALITA': Zona ASI – Loc. Santa Croce Teano (CE)

QUOTA INIZ.: Piano campagna

CANTIERE: Demolizione e ricostruzione di opifici industriali e servizi annessi

PROFONDITA': 10.00 m

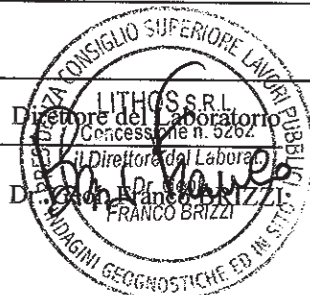
UBICAZIONE: Lat 424343.09 m E  
Lon 4564817.70 m N

N° ACCETTAZIONE: 0200a/14  
DATA ESECUZIONE: 28/03/2014  
NUMERO CERTIFICATO: 0464a  
DATA EMISSIONE: 29/03/2014

Sigla: S2

PAGINE: 1 di 1

p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Falda m	Pocket test Kg/cmq	Van test Kg/cmq	down hole	piezometro	RQD %	Campione indisturbato	S.P.T. (m)
	Q.rel. (m)	Spess. (m)										
	1.40	1.40		Terreno vegetale e strato di alterazione superficiale con inclusi clasti calcarei dilavati eterometrici	2.00							
	3.50	2.10		Limo ed argilla sabbioso deb. ghiaioso di colore marrone, mediamente compatto								
5.00	7.00	3.50		Piroclastiti grigie da mediamente addensate ad addensate in profondità. Sabbia vulcanica grossolana con limo debolmente ghiaiosa con inclusi pomicei eterometrici.								
	9.00	2.00		Sabbia limosa deb. ghiaiosa marrone								
10.00	10.0	1.00		Piroclastiti grossolane grigie mediamente addensate. Sabbioni vulcanici grossolani ghiaiosi con limo. Si rinvencono degli inclusi litici vulcanici eterometrici e piccoli brandelli di lava eiettata nel corso delle eruzioni. Gli stessi si presentano prevalentemente a spigoli vivi e subordinatamente arrotondati								
				Fine sondaggio								
15.00												
20.00												
25.00												
30.00												
35.00												



LITHOS s.r.l.

Viale Angelico, 39

00195 ROMA

Concessione Ministeriale settore C n. 5262 del 03/06/2011

RICHIEDENTE: Dott. Paolo Natale

ATTREZZATURA : Sonda Teredo DC306

Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ai sensi della Circolare n. 7619 del 08/09/2010 - Certificazione n° 5262



COMMITTENTE: GE.S.I.A. S.p.A.

METODO DI PERF.: Carotaggio continuo

LOCALITA': Zona ASI - Loc. Santa Croce Teano (CE)

QUOTA INIZ.: Piano campagna

CANTIERE: Demolizione e ricostruzione di opifici industriali e servizi annessi

PROFONDITA': 14.00 m

UBICAZIONE: Lat 424308.16 m E  
Lon 4565087.36 m NN° ACCETTAZIONE: 0200a/14  
DATA ESECUZIONE: 01/04/2014  
NUMERO CERTIFICATO: 0498a  
DATA EMISSIONE: 02/04/2014

Sigla: S3

PAGINE: 1 di 1

p.c.	Profondità		Colonna Stratigraf.	Stratigrafia e descrizione dei terreni	Falda m	Pocket test Kg/cm <sup>2</sup>	Van test Kg/cm <sup>2</sup>	down hole	piezometro	RQD %	Campione indisturbato	S.P.T. (m)
	Q.rel. (m)	Spess. (m)										
	1.50	1.50		Terreno vegetale e strato di alterazione superficiale								
	4.00	2.50		Limo ed argilla sabbioso deb. ghiaioso di colore marrone, compatto con incluse pomice centimetriche								
5.00												
10.00		5.50		Piroclastiti grigie da mediamente addensate ad addensate in profondità. Sabbia vulcanica grossolana con limo, ghiaiosa. In alternanza si rinvengono strati granulometricamente più grossolani a strati a frazione limosa prevalente.	7.00							
10.00												
14.00		4.0		Piroclastiti grossolane grigie mediamente addensate. Sabbioni vulcanici grossolani ghiaiosi con limo. Si rinvengono degli inclusi litici vulcanici eterometrici e piccoli brandelli di lava eiettata nel corso delle eruzioni. Gli stessi si presentano prevalentemente a spigoli vivi e subordinatamente arrotondati								
15.00												
20.00												
25.00												
30.00												
35.00												

Direttore del Laboratorio

LITHOS S.R.L.

Concessione n. 5262

Direttore del Laboratorio

Dott. Paolo Natale

FRANCO BRIZZI

INDAGINI GEOGNOSTICHE ED IN SITO

S. Giorgio del Sannio li, 07 aprile 2014

Rif. Arch.: Verbale di accettazione n° T0148/14 del 24 marzo 2014

RICHIEDENTE: CCP PER CONTO DEL DOTT. PAOLO NATALE

CANTIERE : DEMOLIZ. E RICOSTRUZIONE DI OPIFICI INDUSTRIALI E SERVIZI ANNESSI  
Loc. Zona ASI : TEANO (CE)

COMMITTENTE: GE.S.I.A. spa

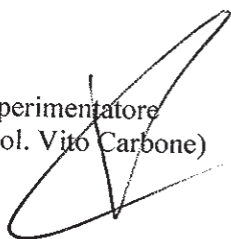
OGGETTO: PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO SU N° 3 CAMPIONI

PROVE ESEGUITE:

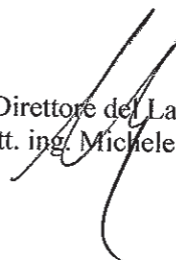
- DETERMINAZIONE PROPRIETA' INDICE
- ANALISI GRANULOMETRICA
- PROVA DI TAGLIO DIRETTO
- PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA

(certificati dal n° 103T/14 al n° 113T/14)

Lo Sperimentatore  
(Dott. geol. Vito Carbone)



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





**verb. accett. n° T0148/14**

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite					
<b>Richiedente:</b> CCP per conto dott. Paolo Natale <b>Cantiere:</b> Demoizl. e ricostruzione di opifici industriali e servizi annessi - Loc. Zona ASI, Teano (CE) <b>Committente:</b> GE.S.I.A. S.P.A.					
Sondaggio n.	<b>CPT1</b>	Data Inizio Sondaggio	----	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	<b>1</b>	Data Prelievo Campione	20/03/2014	Profondità Campione, m	2-2,6
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
<b>Condizioni del materiale estruso dal campionatore:</b>					
Buone	<b>X</b>	Medioci		Paraffinato	
Rammolito		Strati Piegati		Cattive	
				Rimaneggiato	

IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)

IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)

Data Apertura Campione: 24/03/2014

Grana: fine

Consistenza: ---

Grado di Plasticità: ---

Struttura:

Colore: yellowish brown (Tav. Munsell 10YR 5/8)

Denominazione: *Limo e argilla sabbioso debolmente ghiaioso (AGI)*

Note: -----

## PROVE ESEGUITE

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



verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 103T/14 del 07/04/2014

pag. 1 di 1

**DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI**

data prova: 25/03/2014

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>), %

1	2	3
20,71	20,38	21,50
95,97	108,18	101,67
78,10	88,90	83,96
75,26	87,80	80,17
57,39	68,52	62,46
17,87	19,28	17,71
31,14%	28,14%	28,35%

29,21%

Peso di Volume

Volumometro, 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
65,60	65,60	65,60
72,00	72,00	72,00
204,22	202,03	204,42
19,25	18,95	19,28
14,90	14,66	14,92

19,16  
14,83

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

Passante al Vaglio # 10

Picnometro, 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

10	11
144,62	144,73
195,70	205,32
478,85	484,81
19,9	19,9
447,12	447,26
1,00	1,00
26,39	26,29

SONDAGGIO CPT CAMPIONE 1

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

0,78  
43,71  
99,1%  
19,20

lo Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

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

verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 104T/14 del 07/04/2014

pag. 1 di 1

data di prova : 26/03/2014

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA PER SETACCIATURA (ASTM D2217)**

**LAVAGGIO CAMPIONE**

Contenitore	Contenitore	Contenitore + Campione Secco	Campione Secco	Contenitore + Campione Lavato Secco	Perdita Lavaggio	Riscontro
n.	g	g	g	g	g	
GGT	419,72	837,40	417,68	528,93	308,47	0,00

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA**

Vagli ASTM Φ in mm	GHIAIA							TOTALE
	2"	1+1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	
	50,00	37,50	25,00	19,00	9,50	4,75	2,00	
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	7,87	10,19	14,25	
% Ritenuto	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88	2,44	3,41	
Ritenuto cumul. %	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88	4,32	7,74	
% Passante	100,00	100,00	100,00	100,00	98,12	95,68	92,26	

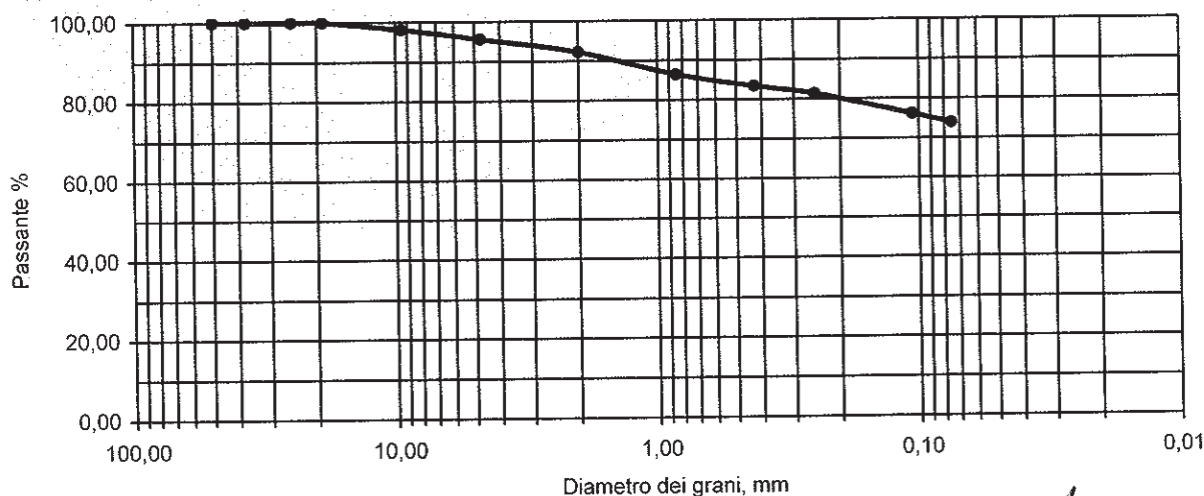
  

Vagli ASTM Φ in mm	SABBIA					LIMO e ARGILLA	TOTALE
	# 20	# 40	# 60	# 140	# 200	FONDO	
	0,850	0,425	0,250	0,106	0,075		
Ritenuto, g	24,37	12,60	8,45	22,02	9,46	308,47	417,68
% Ritenuto	5,83	3,02	2,02	5,27	2,26	73,85	100,00
Ritenuto %	13,57	16,59	18,61	23,88	26,15	100,00	
% Passante	86,43	83,41	81,39	76,12	73,85		

**RISULTATI E DEFINIZIONE (AGI)**

	GHIAIE			SABBIE		LIMO, ARGILLE e COLLOIDI	
	Grosse	Medie	Fini	Grosse	Fini		
% in peso	0,00	1,88	5,85	8,85	9,56		
% TOTALE			7,74		18,41	73,85	100,00

**Curva Granulometrica**



verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 105T/14 del 07/04/2014

pag. 1 di 3

data prova: a partire dal 24/03/2014

**PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (ASTM D 2435-80)**

Profondità Campione, m 2,0 Pressione Litostatica, kPa 38,50 Peso Specifico dei Grani, kN/mc 26,34

**DETERMINAZIONI**

Contenitore, n.	11	12
Peso Contenitore, g	20,71	20,38
Peso contenitore + Terra Umida, g	95,97	108,18
Peso Contenitore + Terra Secca, g	78,1	88,9
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (Wn), %	31,14	28,14
UMIDITA' MEDIA (Wn), %	29,64	
Peso di Volume Naturale, kN/mc	19,25	
Peso di Volume Secco, kN/mc	14,85	
Indice dei Vuoti	0,774	
Altezza dei Solidi, cm	1,128	

Anello Portaprovino n.	1
φ interno Anello, mm	5,046
Massa Anello, g	59,16
Altezza Anello, cm	2,000
Volume Anello, cc	40,00
Area Base Anello, cmq	20,00
Massa Anello + Campione, g	136,16
Massa Campione, g	77,00

**ACQUISIZIONE DATI**

Tempi	15"	30"	1'	2'	4'	8'	15'	30'	1h	2h	4h	8h	12h	24h	2H <sup>A</sup>
	0,3	0,5	1	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	1440	
kPa	LETTURE AL COMPARATORE CENTESIMALE														cm
25	23,7	24,9	25,9	28,6	30,3	31,9	32,7	33,7	34,5	35,4	36,1	37,1	37,3		1,963
50	41,6	42,3	42,6	43,4	44,0	44,4	44,6	45,1	45,4	45,9	46,3	46,8	47,2	47,9	1,952
100	58,4	59,0	59,8	61,0	61,7	61,9	62,2	62,5	63,0	63,5	63,9	64,4	64,7	65,0	1,935
200	81,0	82,2	84,0	85,0	85,2	85,7	86,1	86,8	87,5	88,0	88,8	89,4	89,8	90,9	1,909
400	109,2	111,8	113,5	114,6	115,5	116,6	117,7	118,7	119,2	119,5	119,8	120,7	121,1	122,8	1,877
800	142,0	143,8	146,0	147,9	149,1	150,1	151,0	152,2	153,7	154,3	155,2	156,9	157,6	158,9	1,841
1600	187,2	190,5	192,7	195,0	197,0	199,1	200,4	201,6	202,3	203,3	204,8	207,0	207,9	209,0	1,791

**ELABORAZIONE DEI DATI E RISULTATI DELLA PROVA**

Pressioni Applicate, kPa	0	25	50	100	200	400	800	1600
Altezza Campione (2H <sup>A</sup> ) cm	2,000	1,963	1,952	1,935	1,909	1,877	1,841	1,791
Altezza Vuoti cm	0,872	0,835	0,825	0,807	0,782	0,750	0,714	0,663
Indice Vuoti (e)	0,774	0,741	0,731	0,716	0,693	0,665	0,633	0,588
Indice di Compressibilità (Cc)			0,031	0,082	0,158	0,252	0,358	0,506
Indice di Compressibilità (a <sub>v</sub> ) kN/mq			3,7E-04	2,2E-04	2,6E-04	2,8E-04	2,4E-04	1,7E-04
Modulo Edometrico (E <sub>ed</sub> ) kN/mq			4629	5708	7471	11969	20800	29399
Coeff. Di Compressibilità, m <sub>v</sub> kN/mq			2,2E-04	1,8E-04	1,3E-04	8,4E-05	4,8E-05	3,4E-05
Consolidazione %		1,87	2,40	3,31	4,55	6,14	7,95	10,45
Tempo 50% Consolidazione (t <sub>r</sub> ) sec								
Indice Consolidazione Primaria r								
Coefficiente di Consolidazione (C <sub>v</sub> ) cm <sup>2</sup> /sec								
Coefficiente di Permeabilità, K cm/sec								

Pressioni kPa	1000	100-1000
---------------	------	----------

Indice dei Vuoti (e)	0,618
Indice di Compressibilità (Cc)	0,098
Modulo Edometrico (E <sub>d</sub> ) kN/mq	15820
Carico di Preconsolidazione kPa	
Grado di Consolidazione (OCR)	

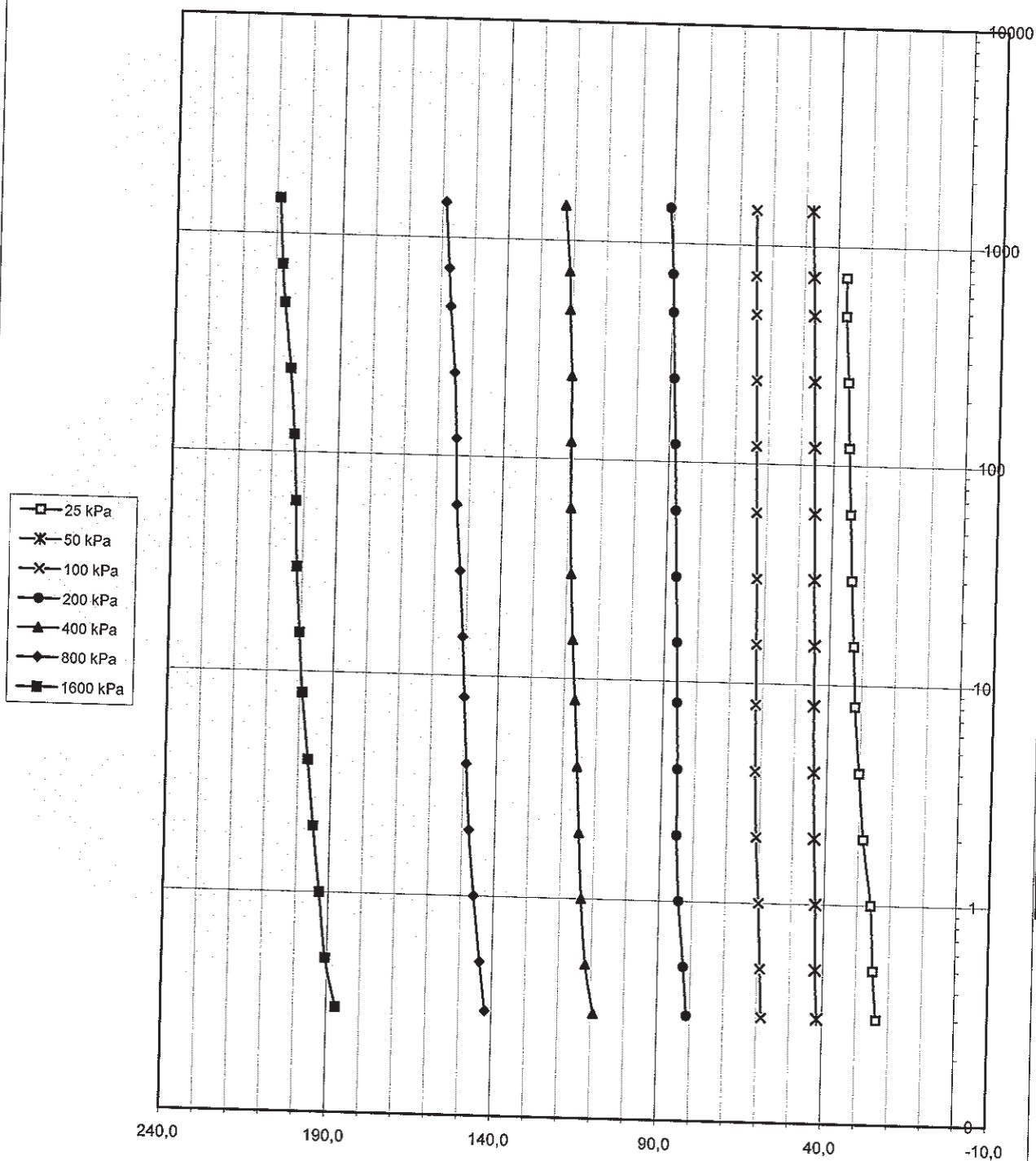
SCARICO				
kPa	Comp.	2H <sup>A</sup>	H Vuoti	e

verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 105T/14 del 07/04/2014

pag. 2 di 3

Diagramma Tempi-Deformazioni



SONDAGGIO CPT1 CAMPIONE 1

Lo Sperimentatore

(dott. ing. Vito Carbone)



Il Direttore del Laboratorio

(Dott. Ing. Michele Larocca)

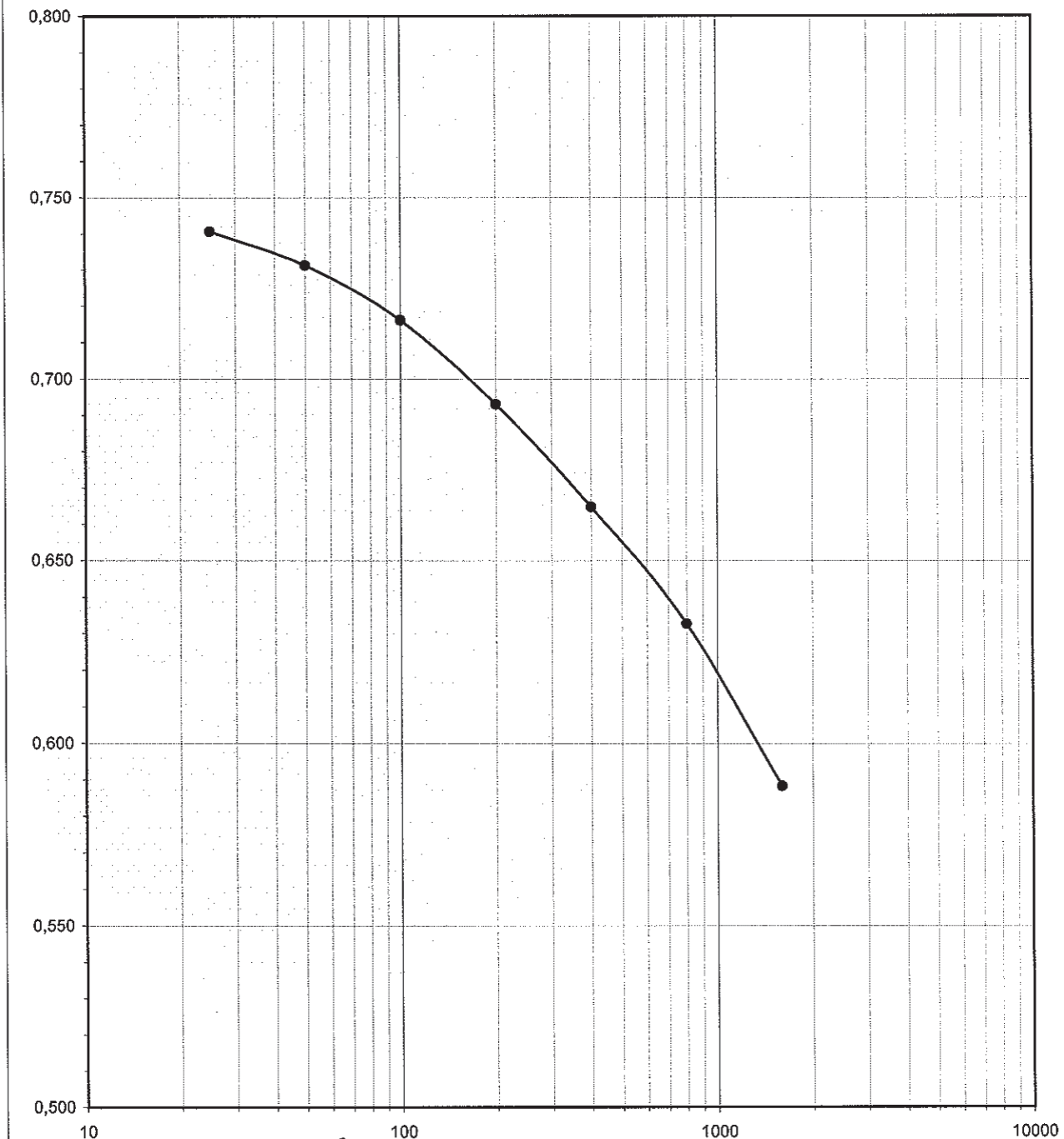


verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 105T/14 del 07/04/2014

pag. 3 di 3

Diagramma Carichi-Indice dei Vuoti



SONDAGGIO CPT1 CAMPIONE 1

Lo Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)



Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Michele Larocca)

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

**RAPPORTO DI PROVA - SOMMARIO**

Cantiere	Demoliz. e ricostruz. Di opifici industriali e servini annessi - loc. zona ASI, Teano (CE)		
Progetto	accett. N° T0148/14		
Numero Sondaggio	CPT1	Tipo provino	Indisturbato
Descrizione provino	certif. N° 0106T/14 del 07/04/2014		
Peso specifico dei grani	26.34 (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	1	1	1
Profondità di prelievo (m)	2.0-2.6	2.0-2.6	2.0-2.6
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) (%)	31	28	28
Densità secca (g)			
Densità umida (kN/m³)	19.21	19.16	19.10
Densità secca (kN/m³)			
Indice dei vuoti			
Grado di saturazione (%)			

FASE DI TAGLIO			
Velocità fase di taglio (mm/min)	0.005779	0.005382	0.005505
Condizioni a rottura (Resistenza al taglio massima)			
Pressione verticale (kPa)	99	200	300
Tensione di taglio (kPa)	88	168	220
Spostamento orizzontale (mm)	5.45	6.43	6.59
Def. verticale (mm)	0.491	0.858	0.370

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

Coesione (kPa)	26.7
Angolo di resistenza al taglio (°)	33.4

Commenti / variazioni delle procedure:





**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere

Progetto

Numero Sondaggio

Demoliz. e ricostruz. Di opifici industriali e servizi annessi - loc. zona ASI, Teano (CE)

accett. N° T0148/14

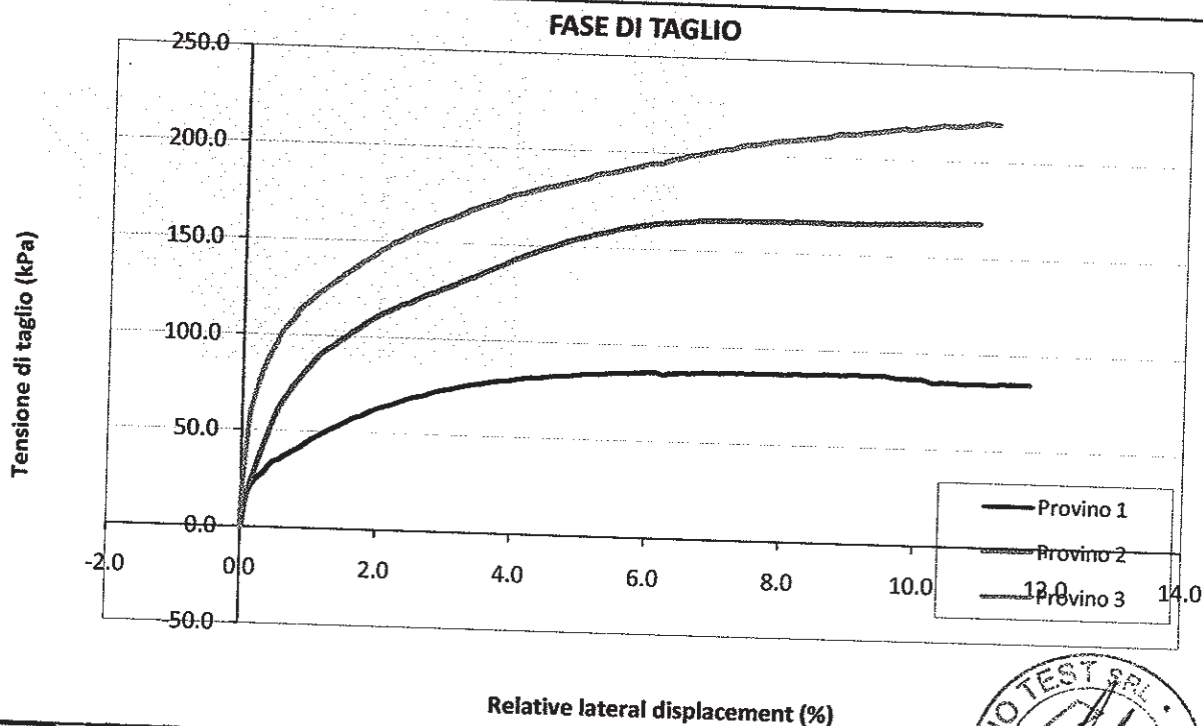
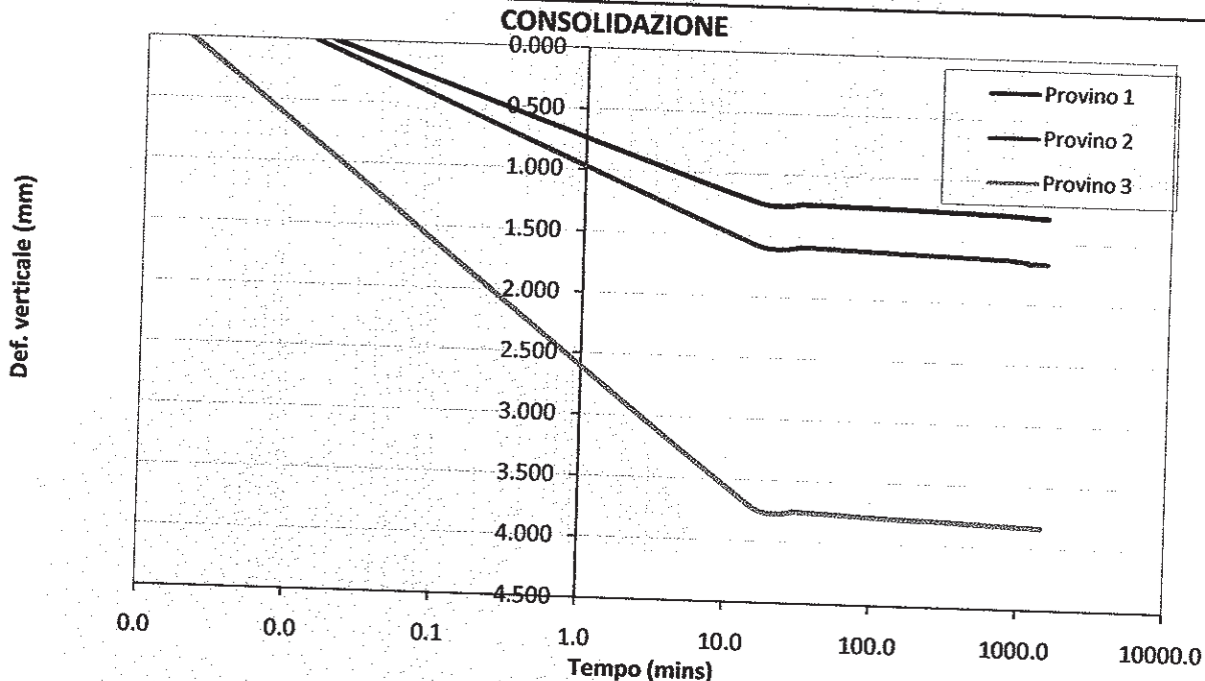
CPT1

Numero Campione

1, 1, 1

Profondità di prelievo (m)

2.0-2.6, 2.0-2.6, 2.0-2.6

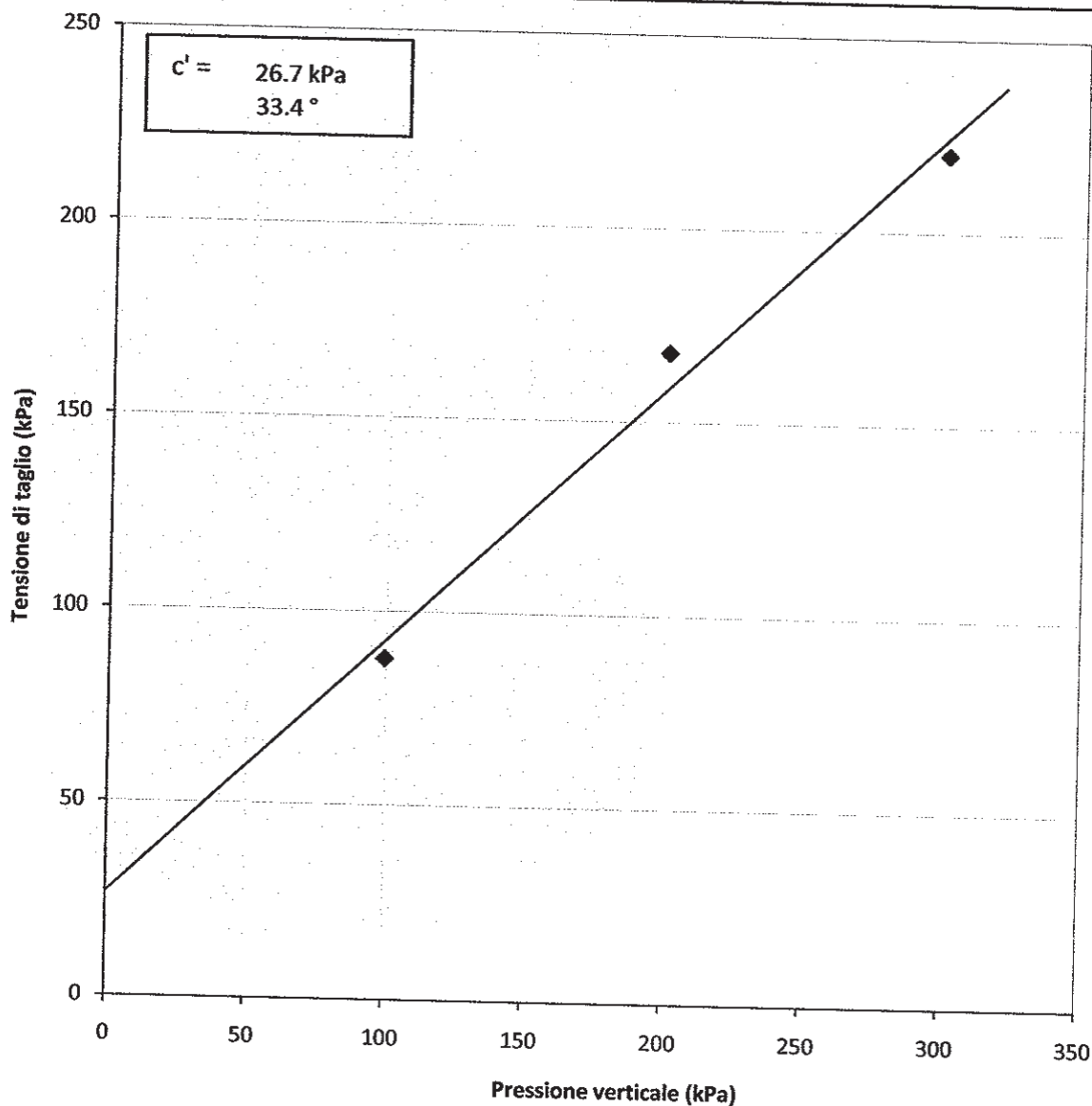


**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Demoliz. e ricostruz. Di opifici industriali e servini annessi - loc. zona ASI, Teano (CE)		
Progetto	accett. N° T0148/14	Numero Campione	1, 1, 1
Numero Sondaggio	CPT1	Profondità di prelievo (m)	2.0-2.6, 2.0-2.6, 2.0-2.6





verb. accett. n° T0148/14

Dati Progetto - Dati Prelievo - Identificazione Visiva - Prove Eseguite					
Richiedente: CCP per conto dott. Paolo Natale					
Cantiere: Demoizl. e ricostruzione di opifici industriali e servizi annessi - Loc. Zona ASI, Teano (CE)					
Committente: GE.S.I.A. S.P.A.					
Sondaggio n.	1	Data Inizio Sondaggio	---	Profondità Sondaggio, m	---
Campione n.	1	Data Prelievo Campione	24/03/2014	Profondità Campione, m	3,0-3,5
Sondaggio a rotazione		Sondaggio a Percussione		Campionatore Manuale	
Campione Indisturbato	X	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	X	Medioci		Paraffinato	
Rammollito		Strati Piegati		Cattive	
				Rimaneggiato	

IDENTIFICAZIONE VISIVA (ASTM D2488/75)

Data Apertura Campione: 24/03/2014

Grana: fine

Consistenza: ---

Grado di Plasticità: ---

Struttura:

Colore: Dark yellowish brown (tav. Munsell 10YR 3/4)

Denominazione: Sabbia con limo debolmente ghiaioso (AGI)

Note: ---

PROVE ESEGUITE

DESCRIZIONE VISIVA

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

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 con sette fasi di carico

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA (ELL)

PROVA TRIASSIALE (CD - CU - UU)

PROVA DI PERMEABILITA' CON CELLA EDOMETRICA

X
X
X
X
X

verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 107T/14 del 07/04/2014

pag. 1 di 1

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

data prova: 25/03/2014

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>), %

4	5	6
20,34	21,76	21,10
114,52	118,85	107,71
92,38	96,20	87,32
94,18	97,09	86,61
72,04	74,44	66,22
22,14	22,65	20,39
30,73%	30,43%	30,79%

30,65%

Peso di Volume

Volumometro, 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
65,61	65,61	65,61
72,00	72,00	72,00
198,68	200,08	200,38
18,48	18,68	18,72
14,15	14,29	14,33

18,63  
14,26

SONDAGGIO 1 CAMPIONE 1

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

Passante al Vaglio # 10

Picnometro, 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

10	11
144,62	144,73
226,41	210,49
496,85	487,11
19,9	19,9
447,12	447,26
1,00	1,00
25,50	25,37

25,44

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

0,78  
43,96  
99,4%  
18,65

Io Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)

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



verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 108T/14 del 07/04/2014

pag. 1 di 1

data di prova : 26/03/2014

# ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA PER SETACCIATURA (ASTM D2217)

## LAVAGGIO CAMPIONE

Contenitore	Contenitore	Contenitore + Campione Secco	Campione Secco	Contenitore + Campione Lavato Secco	Perdita Lavaggio	Riscontro
n.	g	g	g	g	g	
S	391,99	875,83	483,84	715,38	160,45	0,00

## ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

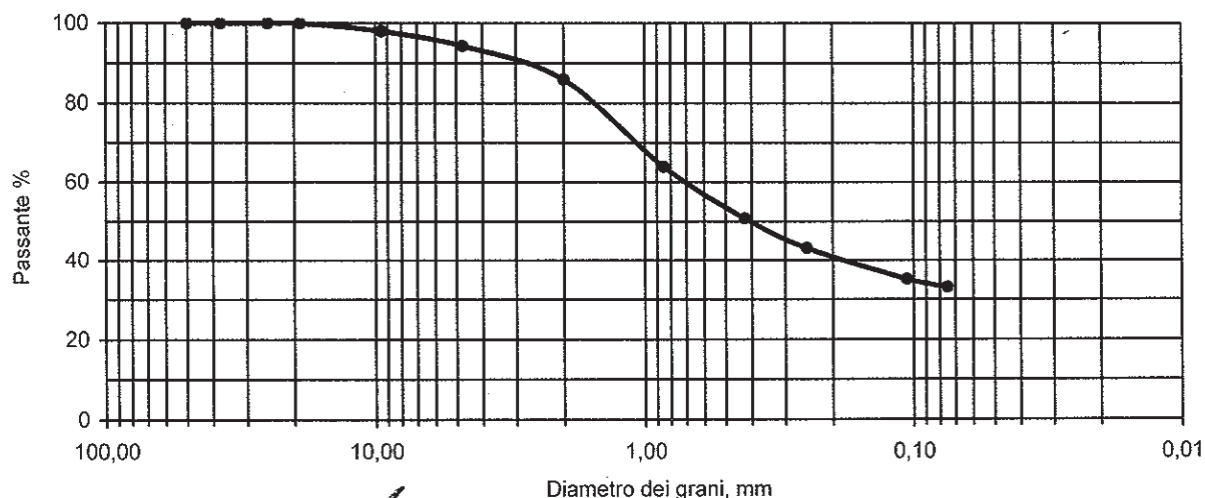
Vagli ASTM Φ in mm	GHIAIA						
	2"	1+1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10
Ritenuto, g	0,00	0,00	0,00	0,00	9,40	17,84	40,61
% Ritenuto	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	3,69	8,39
Ritenuto cumul. %	0,00	0,00	0,00	0,00	1,94	5,63	14,02
% Passante	100,00	100,00	100,00	100,00	98,06	94,37	85,98

Vagli ASTM Φ in mm	SABBIA						LIMO e ARGILLA	TOTALE
	# 20	# 40	# 60	#140	# 200	FONDO		
Ritenuto, g	106,77	63,65	36,68	38,56	9,88	160,45		483,84
% Ritenuto	22,07	13,16	7,58	7,97	2,04	33,16		100,00
Ritenuto %	36,09	49,25	56,83	64,80	66,84	100,00		
% Passante	63,91	50,75	43,17	35,20	33,16			

## RISULTATI E DEFINIZIONE (AGI)

	GHIAIE			SABBIE		LIMO, ARGILLE e COLLOIDI	
	Grosse	Medie	Fini	Grosse	Fini		
% in peso	0,00	1,94	12,08	35,22	17,59		
% TOTALE			14,02		52,81	33,16	100,00

## Curva Granulometrica



verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 109T/14 del 07/04/2014

pag. 1 di 3

data prova: a partire dal 24/03/2014

**PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (ASTM D 2435-80)**

Profondità Campione, m 3,0 Pressione Litostatica, kPa 54,18 Peso Specifico dei Grani, kN/mc 25,44

**DETERMINAZIONI**

Contenitore, n.	3	5
Peso Contenitore, g	20,34	21,76
Peso contenitore + Terra Umida, g	114,52	118,85
Peso Contenitore + Terra Secca, g	92,38	96,2
CONTENUTO D'ACQUA NATURALE (W <sub>n</sub> ), %	30,73	30,43
UMIDITA' MEDIA (W <sub>n</sub> ), %	30,58	
Peso di Volume Naturale, kN/mc	18,06	
Peso di Volume Secco, kN/mc	13,83	
Indice dei Vuoti	0,839	
Altezza dei Solidi, cm	1,087	

Anello Portaprovino n.	1
φ interno Anello, mm	5,046
Massa Anello, g	59,21
Altezza Anello, cm	2,000
Volume Anello, cc	40,00
Area Base Anello, cmq	20,00
Massa Anello + Campione, g	131,45
Massa Campione, g	72,24

**ACQUISIZIONE DATI**

Tempi	15"	30"	1'	2'	4'	8'	15'	30'	1h	2h	4h	8h	12h	24h	2H <sup>Δ</sup>
	0,3	0,5	1	2	4	8	15	30	60	120	240	480	720	1440	
kPa	LETTURE AL COMPARATORE CENTESIMALE														
	cm														
25	18,7	19,3	19,8	20,8	21,1	21,6	22,2	22,7	23,6	24,7	25,5	26,2			1,974
50	34,5	34,6	36,6	37,3	38,1	38,8	39,2	39,6	40,3	41,1	41,6	42,3	42,9	43,8	1,956
100	59,9	61,2	62,1	63,1	63,9	64,9	66,1	66,5	67,2	68,4	70,2	72,7	73,0	73,3	1,927
200	97,9	100,0	101,4	102,6	103,6	104,3	105,5	107,4	108,8	110,3	112,3	114,6	115,6	117,9	1,882
400	150,1	153,6	155,0	157,0	158,9	160,7	162,3	164,1	166,9	169,3	171,2	173,9	175,6	179,1	1,821
800	219,5	224,3	227,3	229,7	232,1	234,7	237,1	240,2	243,1	246,6	250,1	254,4	256,7	260,4	1,740
1600	305,2	308,5	310,7	313,3	315,6	318,3	320,3	323,3	326,1	329,0	332,8	335,2	336,5	340,1	1,660

**ELABORAZIONE DEI DATI E RISULTATI DELLA PROVA**

Pressioni Applicate, kPa

Altezza Campione (2H <sup>Δ</sup> )	cm
Altezza Vuoti	cm
Indice Vuoti (e)	
Indice di Compressibilità (Cc)	
Indice di Compressibilità (a <sub>v</sub> )	kN/mq
Modulo Edometrico (E <sub>ed</sub> )	kN/mq
Coeff. Di Compressibilità, m <sub>v</sub>	kN/mq
Consolidazione	%

	0	25	50	100	200	400	800	1600
2,000	1,974	1,956	1,927	1,882	1,821	1,740	1,660	
0,913	0,886	0,869	0,839	0,795	0,733	0,652	0,572	
0,839	0,815	0,799	0,772	0,731	0,674	0,600	0,526	
		0,054	0,144	0,280	0,467	0,715	0,959	
		6,3E-04	2,2E-04	2,6E-04	2,8E-04	2,4E-04	1,7E-04	
		2804	3316	4320	6151	8959	17461	
		3,6E-04	3,0E-04	2,3E-04	1,6E-04	1,1E-04	5,7E-05	
	1,31	2,19	3,71	5,90	8,96	13,02	17,01	

Tempo 50% Consolidazione (t*)	sec
Indice Consolidazione Primaria r	
Coefficiente di Consolidazione (C <sub>v</sub> )	cm <sup>2</sup> /sec
Coefficiente di Permeabilità, K	cm/sec

Pressioni kPa 1000 100-1000

Indice dei Vuoti (e)	0,576
Indice di Compressibilità (Cc)	0,196
Modulo Edometrico (E <sub>d</sub> )	kN/mq 8147
Carico di Preconsolidazione	kPa
Grado di Consolidazione (OCR)	

SCARICO				
kPa	Comp.	2H <sup>Δ</sup>	H Vuoti	e

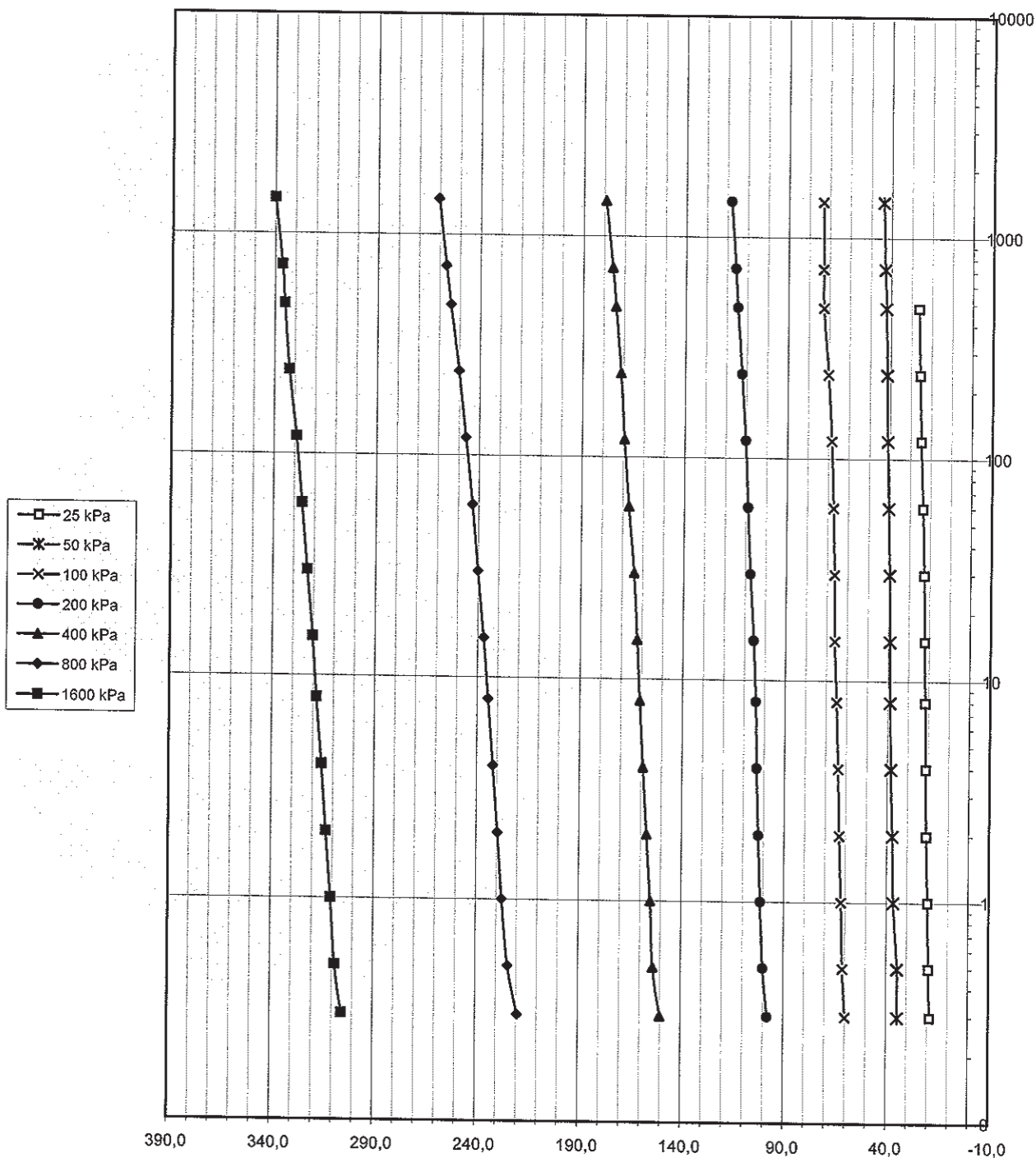


verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 109T/14 del 07/04/2014

pag. 2 di 3

Diagramma Tempi-Deformazioni



SONDAGGIO 1 CAMPIONE 1

Lo Sperimentatore

(dott. ing. Vito Carbone)



Norma UNI EN ISO 9001

CERTIFICATO N. 01040



Il Direttore del Laboratorio

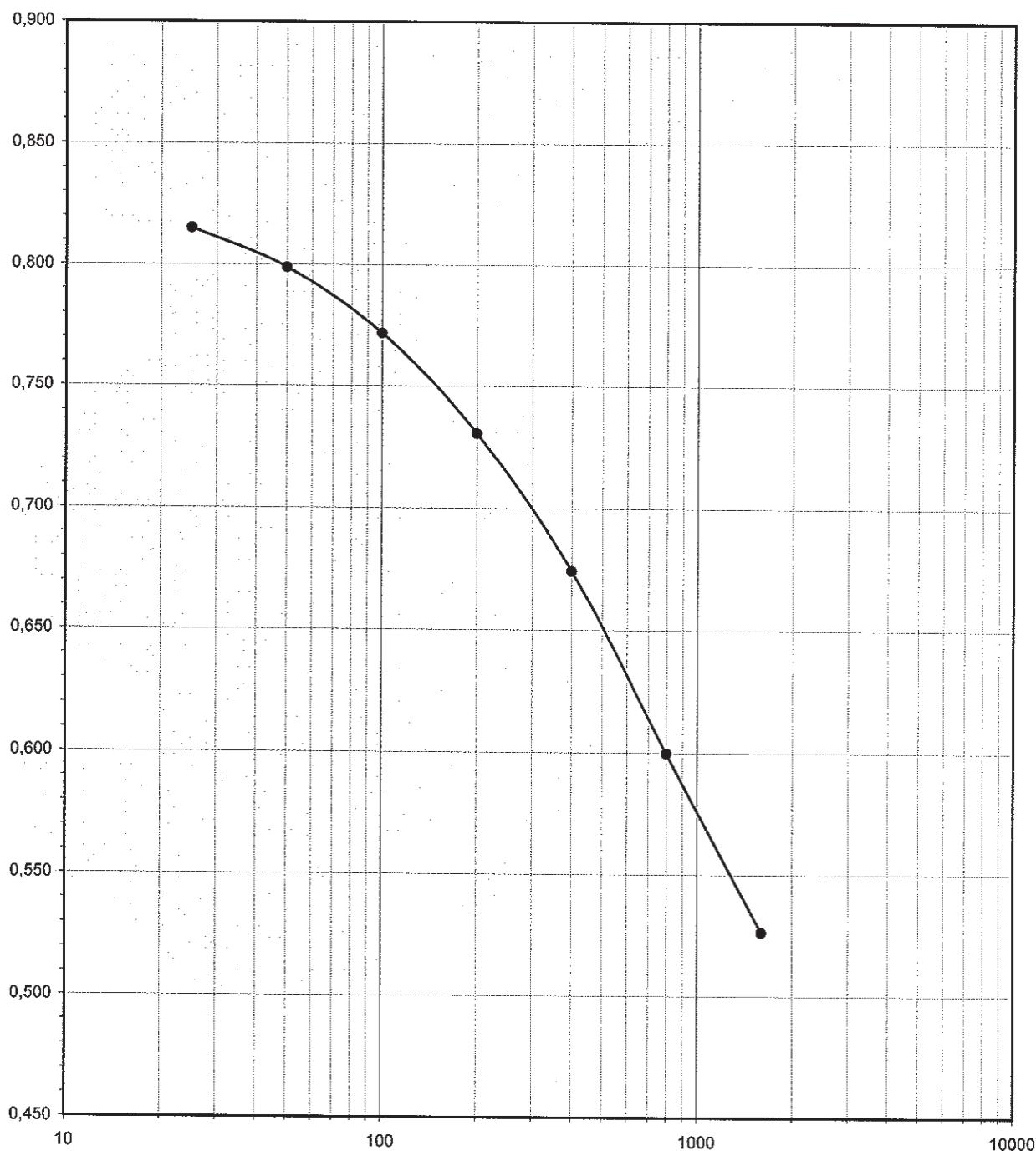
(Dott. Ing. Michele Larocca)

verb. accett. n° T0148/14

certificato n° 109T/14 del 07/04/2014

pag. 3 di 3

Diagramma Carichi-Indice dei Vuoti



SONDAGGIO 1 CAMPIONE 1

Lo Sperimentatore  
(dott. geol. Vito Carbone)



Il Direttore del Laboratorio  
(Dott. Ing. Michele Larocca)

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATA DRENATA**

Effettuato secondo Norma ASTM D 3080

**RAPPORTO DI PROVA**

Cantiere	Demoliz. e ricostruz. di opifici industriali e servizi annessi - loc. Zona ASI, Teano (CE)		
Progetto	accett. N° T0148/14	Numero Campione	1, 1, 1
Numero Sondaggio	S1	Profondità di prelievo (m)	3.0-3.5, 3.0-3.5, 3.0-3.5

