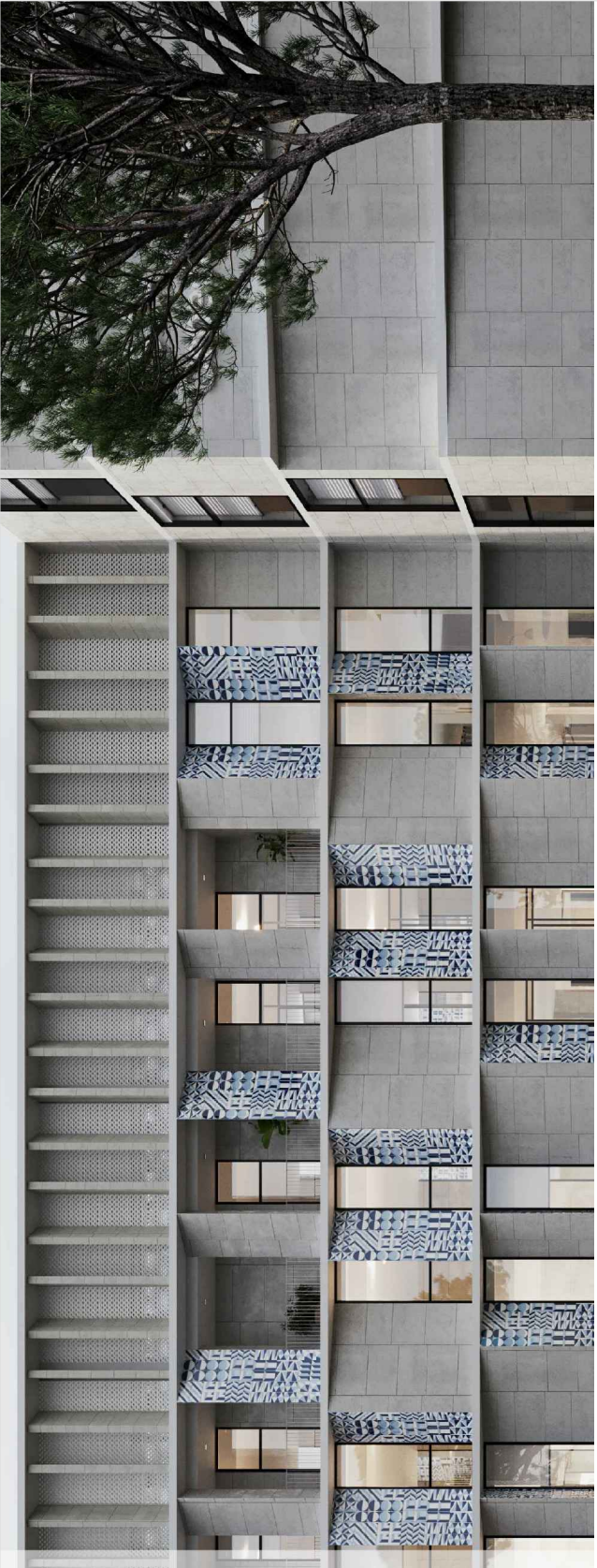


CAPOGRUPPO
MATE Soc. Coop.va
Via San Felice 21
40122 Bologna (BO)

MANDANTE
CSPE srl
Piazzale Donatello 29
50132 Firenze (FI)

MANDANTE
STUDIOTI srl
Via Flaminia 138
47923 Rimini (RN)

MANDANTE
MASCOLO Ingegneria
Via Antonio Gramsci 13
80033 Cicciano (NA)

MANDANTE
Ing. Sacha Slim Bouhageb
Via Pian d'Albero 4
50012 Bagno a Ripoli (FI)

MANDANTE
GIA Consulting srl
Viale degli Astronauti 8
80131 Napoli (NA)

MANDANTE
Ing. Matteo Gregorini
Centro Direzionale
Isola F11
80143 Napoli (NA)

MANDANTE
NURE Soc. Coop.va
Corso V. Emanuele 2
09056 Isili (SU)

regione campania
aslnapoli3sud

Realizzazione del Nuovo Ospedale Unico della Penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana in via Mariano Lauro 28, Comune di Sant'Agnello (NA)

CUP : D13D19000310003

PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE:
Azienda Sanitaria Locale NAPOLI 3 SUD
Commissario ad Acta (DPGR Campania 126 del 06/07/22): Ing. Gennaro Sosto

R.U.P. :
Ing. Ciro Visone

Responsabile del coordinamento ed integrazione prestazioni specialistiche:
Arch. Maurizio Pavani | MATE

Progetto Architettonico cat. E.10:
Responsabile progetto: Arch. Maurizio Pavani | MATE
Team di progetto: Arch. Fabiana Aneghini | MATE; Ing. Emilio Bona Veggi | MATE; Arch. Tommaso Cesaro | MATE; Arch. Giulio Felli | CSPE; Arch. Paolo Felli | CSPE; Arch. Sara Greco | MATE; Arch. Michela Pucciariello | MATE

Progetto Architettonico cat. E.18:
Responsabile progetto: Ing. Emilio Bona Veggi | MATE
Team di progetto: Arch. Martina Buccitti | MATE; Arch. Manola Caruso | CSPE

Progetto opere strutturali cat. S.06:
Responsabile progetto: Ing. Carmine Mascolo | MASCOLO INGEGNERIA
Team di progetto: Ing. Matteo Gregorini | STUDIO GREGORINI; Ing. Mauro Perini | MATE

Progetto impianti meccanici cat. IA.01:
Responsabile progetto: Ing. Luca Melucci | STUDIO TI
Team di progetto: Ing. Lino Pollastri | MATE; Ing. Lanfranco Ricci | STUDIO TI; Ing. Silvio Stivaletta | MATE

Progetto impianti meccanici cat. IA.02:
Responsabile progetto: Ing. Lorenzo Genestreti | STUDIO TI
Team di progetto: Ing. Lino Pollastri | MATE; Ing. Lanfranco Ricci | STUDIO TI; Ing. Silvio Stivaletta | MATE;

Progetto impianti elettrici e speciali cat. IA.04:
Responsabile progetto: Ing. Claudio Muscioni | STUDIO TI
Team di progetto: Ing. Lino Pollastri | MATE; Ing. Lanfranco Ricci | STUDIO TI

Prevenzione incendi:
Responsabile progetto: Arch. Corrado Lupatelli | CSPE
Team di progetto: Ing. Alessandro Sanna | MATE

Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:
Arch. Corrado Lupatelli | CSPE

Responsabile della relazione sui requisiti acustici delle opere ai sensi della L. 447:95:
Ing. Sacha Slim Bouhageb

Stime, computi e value engineering, misure e contabilità:
Geom. Andrea Elmi | MATE

Geologia:
Dott. Geol. Salvatore Costabile | GIA CONSULTING

Archeologia:
Dott. Alessandra Saba | NURE ARCHEOLOGIA

Esperto Via e Vas - Controllo Qualità ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015:
Ing. Elettra Lowenthal | MATE

Urbanistica:
Urb. Raffaele Gerometta | MATE

Esperto viabilità e infrastrutture:
Ing. Elena Guerzoni | MATE

Responsabile della redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica ai sensi del d.m. 26/06/2015:
Ing. Lorenzo Genestreti | STUDIO TI

Esperto sugli aspetti energetici, ambientali e CAM:
Responsabile progetto: Ing. Eleonora Sablone | MATE
Team di progetto: Ing. Silvio Stivaletta | MATE

Firmato digitalmente da
Salvatore Costabile
CN = Salvatore Costabile
C = IT

Responsabile dell'Organizzazione sanitaria:
Responsabile progetto: Dott. Andrea Vannucci
Team di progetto: Dott. Luca Munari

Team BIM:
BIM Manager certificato ICMQ: Arch. Arturo Augelletta | MATE
BIM Manager certificato ICMQ: Ing. Enrico Ricci | STUDIO TI
BIM Manager certificato ICMQ: Ing. Carmine Mascolo | MASCOLO INGEGNERIA
BIM Coordinator certificato ICMQ: Arch. Gianluca Protani | MATE
BIM Coordinator certificato ICMQ: Ing. Gaetano D'Ausilio | MASCOLO INGEGNERIA

Direzione Lavori e Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione:
Ing. Matteo Gregorini | STUDIO GREGORINI

OGGETTO:
ELABORATI GENERALI
RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA ED IDROGEOLOGICA

SORR21009	**001_ET_2**		
cod. commessa	num. elaborato		
DATA:	15 Marzo 2023	REDATTO:	DV
SCALA:	-	APPROVATO:	MP
REVISIONE:	02 - 01 Ottobre 2024	VERIFICATO:	SC

Percorso file
P:\Clie-BO\SORR21009-A\Produzione\04_Progetto Esecutivo\12_Cartiglio\Cartiglio condiviso\SORR21009_Cartiglio PE_ 01 Ottobre 2024dwg.dwg

Sommario

Premessa: Finalità Del Documento 3
1. Riferimenti Normativi 6
2. Valutazione delle condizioni Geologiche e Idrogeologiche del sito 8
2.1. Introduzione 8
2.2. Inquadramento geografico 9
2.3. Inquadramento geologico e geomorfologico derivante dai dati bibliografici disponibili 10
2.4. Inquadramento geologico regionale 13
2.5. Inquadramento geologico locale: Comune di Sant'Agnello 24
2.6. Inquadramento Geomorfologico 25
2.7. Idrogeologia 31
2.7.1. Bilancio idrologico 35
2.8. Caratterizzazione della pericolosità e del rischio Idrogeologico 44
2.9. Stima della pericolosità e del rischio Idrogeologico 45
2.10. Zonazione sismica 49
2.11. Pericolosità Sismica di "base" 51
2.11.1. Faglie capaci 53
2.12. Definizione ed esecuzione del piano di indagini geognostiche specifico 55
2.12.1. Sondaggi stratigrafici 58
2.12.2. Prelievo campioni indisturbati 61
2.12.3. Prove penetrometriche dinamiche in foro tipo S.P.T. 62
2.12.4. Prova di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile 68
2.12.5. Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH) 69
2.12.6. Condizionamento dei fori di sondaggio con piezometro a tubo aperto 71
2.12.7. Condizionamento dei fori di sondaggio per prova sismica Down-Hole 73
2.13. Caratterizzazione litostratigrafica e geologica di dettaglio 75
2.14. Stratigrafia del sottosuolo 79
2.15. Caratterizzazione geotecnica 82
3. Rilievi Geomeccanici e Geostrutturali degli Ipogei presenti 89
3.1. Morfologia dell'area e sua evoluzione 90
3.2. Stato attuale dei cunicoli e delle gallerie sotterranee 91
3.3. Ubicazione dell'Alveo Croce 92
4. Modellazione sismica e Risposta Sismica Locale 96
4.1. Indagini geofisiche 96
4.2. Analisi Sismica Di Sito E Definizione Del Bedrock Sismico 105
4.2.1. Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate 105
4.2.2. Cenni Teorici Di Analisi Dinimaca Avanzata (*Flac 2d – Itasca, 2018*) 106
4.2.3. Modellizzazione Numerica Avanzata 116
5. Verifica Della Liquefazione 128
6. CONCLUSIONI 129
7. Elenco Degli Allegati 137

Premessa: Finalità Del Documento

La presente relazione tecnica in fase esecutiva segue quella definitiva, al fine di inquadrare più dettagliatamente l'area in cui è prevista la progettazione del *"Nuovo ospedale Unico della Penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana"; lo studio* è stato redatto in conformità del DPR 207/2010 e DL 50/2016 ed è inerente la realizzazione del Nuovo Ospedale Unico della Penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana, da costruirsi nell'area di Via Mariano Lauro, 28 nel Comune di Sant'Agnello (NA).

Il nuovo Ospedale Unico della Penisola Sorrentina e Costiera Amalfitana sarà a servizio del Distretto sanitario n. 59 dell'ASL NA 3 Sud, che comprende i Comuni di Massa Lubrense, Sorrento, Sant'Agnello, Piano di Sorrento, Meta e Vico Equense, e del Comune di Positano, in Provincia di Salerno, che è il primo dei comuni della costiera amalfitana.

L'area destinata al nuovo complesso Ospedaliero è ubicata a ridosso del centro urbano del Comune di Sant'Agnello ed ha accesso dal viale dei Pini e dalla via Mariano Lauro.

L'obiettivo generale dell'intervento è la realizzazione di un nuovo Ospedale Unico per il territorio della Penisola Sorrentina, che dovrà avere le caratteristiche di base e specialistiche di un ospedale sede DEA di I livello con una potenzialità di 247 posti letto.

Il progetto sfrutta l'orografia del terreno che presenta modesti dislivelli che degradano verso il mare e verso Viale dei Pini, il quale sorge al di sopra di un canalone tufaceo successivamente riempito nel tempo.

L'area del *Nuovo ospedale* è stata inquadrata durate lo studio di fattibilità, e sono quindi stati acquisiti dati bibliografici reperiti da articoli scientifici e siti istituzionali, rilievi geologici, indagini geognostiche e geofisiche in sito, con l'obiettivo di ricostruire l'andamento stratigrafico del sottosuolo, la geomorfologia, l'idrogeologia, la pericolosità e il rischio idraulico e da frana, la pericolosità sismica, le caratteristiche geotecniche e la presenza di ipogei.

Il lavoro per lo studio di fattibilità si è svolto con le seguenti modalità:

- Ricerca bibliografica di tutti i materiali, comprese relazioni di inquadramento geologico, dati di caratterizzazione geotecnica e sismica;
- Analisi della bibliografia scientifica per la ricostruzione degli ambienti deposizionali;
- Esecuzione indagini geognostiche e geofisiche;

- Rilievo geomeccanico e geostrutturale degli ipogei esistenti
- Schematizzazione dei dati utili per la progettazione preliminare.

L'elaborazione delle informazioni ricavate dalle indagini permette di fornire:

- Una valutazione ai fini geotecnici della serie litostratigrafica per l'interazione del piano fondale dell'opera;
- Le caratteristiche litologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area di sedime per la realizzazione dell'opera.

L'attività di indagine in fase di studio di fattibilità può essere cosi riassunta:

- descrizione della localizzazione geografica, del contesto geologico, idrogeologico, idraulico e sismico (litostratigrafia, assetto geologico- strutturale, ...);
- analisi dei processi geo-morfologici rilevanti che caratterizzano l'area e di quelli che possono evolvere in tempi confrontabili con quelli di vita nominale dell'opera;
- analisi del comportamento della falda e correlazione dei dati con quelli idro-meteorologici e geologico/morfologici, al fine di ricostruire un modello dell'acquifero e del comportamento della falda anche attraverso la misurazione, mediante piezometri, dei livelli in fori di sondaggio esistenti o realizzati ex novo;
- rilievo geomeccanico e geostrutturale delle cavità presenti nell'area in esame;
- valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area anche attraverso la valutazione del rischio derivante dagli impluvi presenti nell'area;
- valutazione della pericolosità di base del sito, facendo riferimento alla nuova classificazione sismica nonché alle carte di pericolosità sismica;
- valutazione del rischio geotecnico-strutturale per una struttura di 6 piani da adibire a ospedale civile (struttura strategica ai sensi dei piani di PC);
- valutazione degli elementi di criticità emersi durante il corso dello studio distinguendoli per tipologia (criticità litologica, geomorfologica, idrogeologica, idraulica e sismica ecc..).

Nell'ambito delle attività sono state condotte una serie di indagini sperimentali, sia a cura della Società G.I.A. Consulting S.r.l. che del laboratorio geotecnico ILAG S.r.l., sempre supervisionate dallo scrivente. In particolare, sono state svolte le seguenti indagini:

- rilievo plano-altimetrico del sito;
- rilievo LiDAR con Laser Scanner 3D utile a costruire un modello digitale del terreno di

dettaglio sulla macro- area di interesse e la ricostruzione dell'edificio esistente e degli edifici esistenti nell'intorno;

- ripresa fotografica dell'area con Drone per la produzione di ortofoto di dettaglio;
- rilievo geomeccanico e geostrutturale delle cavità esistenti nel sottosuolo dell'area in esame;
- sondaggi geognostici (perforazione di n.7 sondaggi a carotaggio continuo di diverse lunghezze da 10 metri a 60 metri);
- indagini DPSH
- caratterizzazione sismica e stratigrafica del sito mediante prove sismiche (prova MASW e RIFRAZIONE) e tomografie geo- elettriche per definire lo spessore delle unità e la velocità delle onde sismiche superficiali $Vs_{,30}$ necessaria per la caratterizzazione sismica dell'area;
- caratterizzazione Geochimica sia dei terreni e delle acque di falda che microbiologica delle acque reflue superficiali che scorrono nelle cavità presenti al di sotto dell'struttura ospedaliera esistente (per i cui dettagli si rimanda al documento riguardante i risultati del Piano di Caratterizzazione dell'area).

In fase di progetto definitivo, si è proceduto ad effettuare degli approfondimenti ulteriori, per definire ancora meglio e con più dettaglio i seguenti aspetti:

➢ Stratigrafia locale: con l'aggiunta di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo;

➢ Risposta sismica locale: tramite una nuova indagine geofisica Down-Hole e la prova di laboratorio RCT (prova di colonna risonante) su campione indisturbato;

➢ Analisi ambientali: in seguito al riscontro, in fase preliminare, del superamento delle CSC per alcuni analiti, è stato redatto un Piano di Caratterizzazione dettagliato, con ulteriori prelievi ed analisi, i cui risultati sono riportati in un apposito documento (Report dei risultati del Piano di Caratterizzazione), in particolare:

- 21 prelievi di terreno a profondità variabile;
- 5 prelievi di campioni Top Soil;
- 2 prelievi di acque su 2 distinti piezometri (1 dei quali realizzati ex-novo).

1. Riferimenti Normativi

Per la realizzazione della seguente Relazione Geologica, Sismica, Geotecnica e Idrogeologica sono stati seguiti i criteri e le modalità definite dalle seguenti normative tecniche di settore:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI ENV 1977-3 (2002). Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito.
- ASTM D4220-95 (2000). Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples.
- UNI EN ISO 14688-1:2003. Indagini e prove geotecniche-Identificazione e classificazione dei terreni-Identificazione e descrizione.
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (VisualManual Procedure).
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- ASTM D653-02. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids.
- CNR-UNI N.10006. Costruzione e manutenzione delle strade. Tecnica di impiego delle terre.
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone.
- UNI EN 932-3 (1998). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata.
- Raccomandazioni AGI per l'esecuzione delle indagini geotecniche (1977).
- ASTM D6429 – 99 (2011) - First Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.
- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 Costruzioni in zona sismica
- D.M 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici dell'11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, Norme in materia ambientale.
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 Giugno 2017, n.120, Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (pubblicato sulla GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5).*
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Coordinato con la Circolare del Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre1988, n. 30483 - Istruzioni per l'applicazione*".
- Con riferimento al sopra citato provvedimento è stata emanata la seguente circolare: Ministero dei lavori pubblici: Circolare del 9 gennaio 1996, n. 218/24/3.
- Legge 18 maggio 1989, n. 183 "*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*".
- D.G.R. della Campania n° 5447/2002 recante "*Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania*"
- O.P.C.M. 20 marzo 2003 n°3274 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".
- O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 "*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*" (G.U. n.108 del 11/05/2006).

2. Valutazione delle condizioni Geologiche e Idrogeologiche del sito

2.1. Introduzione

Nella seguente sezione in conformità all'incarico ricevuto di cui in Premessa vengono illustrati gli elementi essenziali necessari a fornire un quadro dettagliato relativo ai seguenti punti:

- descrizione della localizzazione geografica, del contesto geologico idrogeologico (litostratigrafia, assetto geologico-strutturale, ...);
- analisi dei processi geo-morfologici rilevanti che caratterizzano l'area e di quelli che possono evolvere in tempi confrontabili con quelli di vita nominale dell'opera;
- analisi del comportamento dell'acquifero e correlazione dei dati con quelli idro-meteorologici e geologico/morfologici, al fine di ricostruire un modello dell'acquifero e del comportamento piezometrico anche attraverso la misurazione dei livelli in fori di sondaggio esistenti o realizzati ex novo.

L'analisi delle condizioni geologiche ed idrogeologiche del sito è stata condotta seguendo uno schema di lavoro che viene articolato nei seguenti paragrafi:

2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico derivante dai dati bibliografici disponibili;
2.3 Definizione ed esecuzione del piano di indagini geognostiche specifico;
2.4 Caratterizzazione litostratigrafica e geologica di dettaglio;
2.5 Caratterizzazione geotecnica;
2.6 Assetto idrogeologico;

Nel paragrafo Conclusioni sono riassunti i principali elementi derivanti dalle analisi condotte e le considerazioni finali relative al sito di carattere geologico-tecnico e idrogeologico.
Per le parti relative alle indagini geognostiche condotte in sito si è fatto riferimento al rapporto redatto dalla G.I.A. Consulting S.r.l. (resp. Ph.D. Geol. Salvatore Costabile) che le ha condotte (Allegato 1) mentre per il rilievo topografico dei punti di monitoraggio piezometrico si è fatto riferimento alla relazione redatta dal collega Arch. Danilo Vinaccia dipendente della G.I.A. Consulting S.r.l e Responsabile del settore Geomatica (Allegato 2).

2.2. Inquadramento geografico

L'area interessata dalla realizzazione del *"Nuovo ospedale unico della penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana"* è situata nel Comune di Sant'Agnello (Na) in Viale dei Pini n.1, in Penisola Sorrentina (Figura 1); in quest'area è gia presente un edificio destinato ad attività di poliambulatorio dell'ASL Napoli 3 SUD. La struttura esistente è ubicata in un'area urbanizzata a circa 600 m dal mare a quote comprese tra 63 e 71 m s.l.m..

Figura 1 – *Ubicazione dell'area di progetto: vista satellitare.*

2.3. Inquadramento geologico e geomorfologico derivante dai dati bibliografici disponibili

L'area d'indagine è localizzata nel Comune di Sant'Agnello, nella Carta Tecnica Regionale ricade nei fogli nn. 466131 e 466092 mentre nella Carta Topografica d'Italia (scala 1:25.000) dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) - Serie 25 - l'area d'interesse rientra nel Foglio n. 466 Sezione III denominato *SORRENTO (Tavola 02 – Cartografia di inquadramento).*

Nella recentissima Carta Geologica d'Italia del *Progetto CARG* (scala 1:50.000) è riportata nel Foglio 466-485 denominato SORRENTO–TERMINI *Cartografia Geologica* (scala l: 10.000) pubblicato dall'Autorità di Bacino Regionale del Sarno nel 2003.

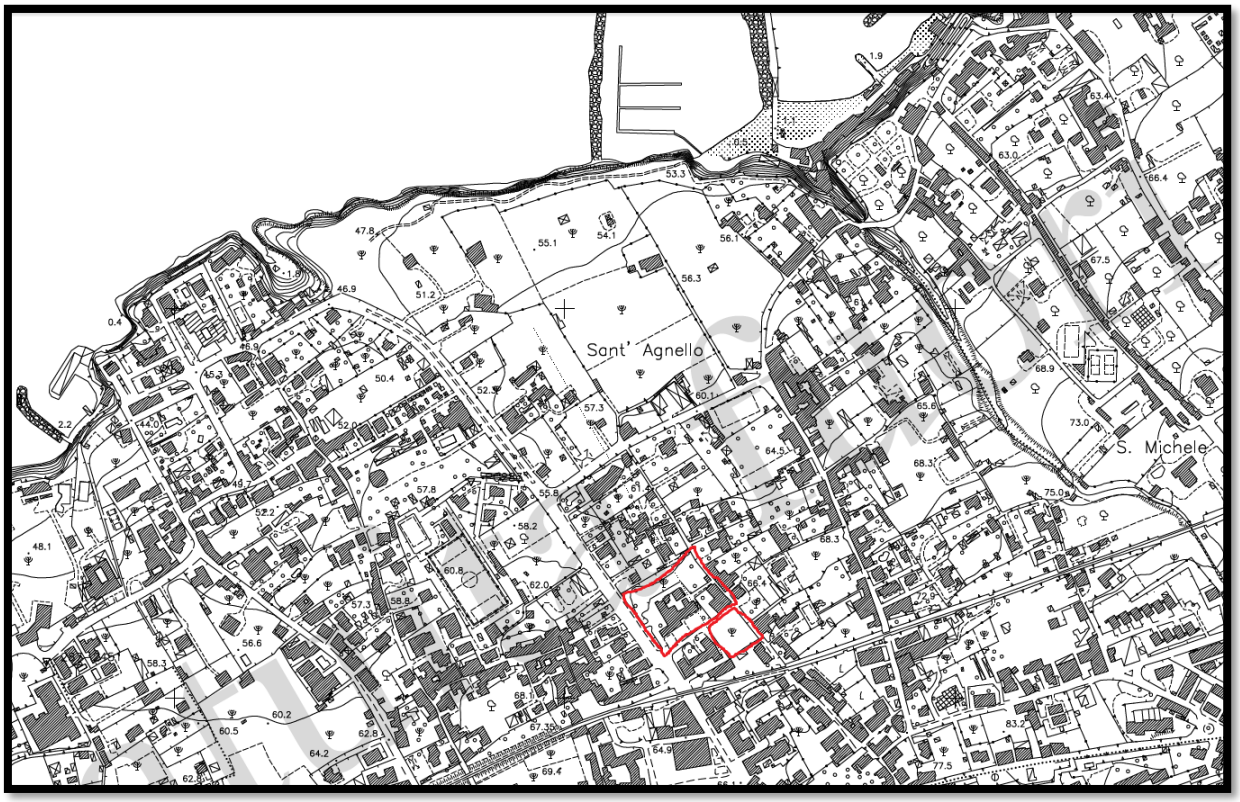


Figura 2 - *Estratto di C.T.R. 1:10.000 con indicazione dell'area in studio*

Figura 3 - *Immagine satellitare con indicazione dell'area in studio (da Google Satellite)*

Il sito in studio è posto ad una quota compresa tra circa 62 e 68 m s.l.m.. In particolare, in Figura 4 è possibile osservare come, tramite l'elaborazione del DTM, l'area si inserisca nella porzione centrale della Piana di Sorrento raccordandosi con il rilievo collinare di Colli delle Fontanelle posto a SUD. Da un punto di vista morfologico, tale settore risulta essere sub-pianeggiante, debolmente digradante verso il mare posto a NORD, che rappresenta il principale elemento di rilevanza geomorfologica dell'area.

Figura 4 - *Modello Digitale del Terreno - con indicazione dell'area in esame*

2.4. Inquadramento geologico regionale

La storia geologica della Penisola Sorrentina, che è una parte dell'Appennino meridionale, s'inquadra nella storia del ciclo orogenetico alpino che ha portato alla formazione delle catene montuose dell'area mediterranea quali Alpi, Appennino, Sicilia e Nord Africa.
I terreni della suddetta penisola rappresentano una delle coltri di ricoprimento (terreni alloctoni) della catena appenninica e sono costituiti in gran parte da una successione di depositi calcareo- dolomitici (piattaforma campano-lucana) di spessore stimabile in 4000 ÷ 5000 metri ed età compresa tra il *Carnico*, il *Cretaceo superiore* ed il *Paleocene (cfr. Figure 5 - 6).*
Sui terreni mesozoici o sul *Paleocene* si rinvengono trasgressivi i depositi miocenici, cioè dopo una lunga fase di emersione nell'*Eocene* e nell'*Oligocene*, si ha un'ingressione del mare nel *Miocene.*
I sedimenti miocenici evolvono verso facies di flysch nella parte alta della successione stratigrafica ed affiorano diffusamente nella zona sud-occidentale e nella parte collinare della Penisola Sorrentina, ove si rinvengono termini arenacei ed arenaceo-marnosi in facies di flysch, inglobanti lingue di argille varicolori scagliose e pacchi di flysch calcareo.

Detti terreni passano verso il basso ad arenarie glauconitiche, arenarie conglomeratiche e calcareniti fossilifere del *Miocene inferiore*, le quali trasgrediscono quasi ovunque sul substrato calcareo del *Cretaceo (cfr. Tavola 02 – Stralcio Carta Geologica della Penisola Sorrentina e figura 7).*

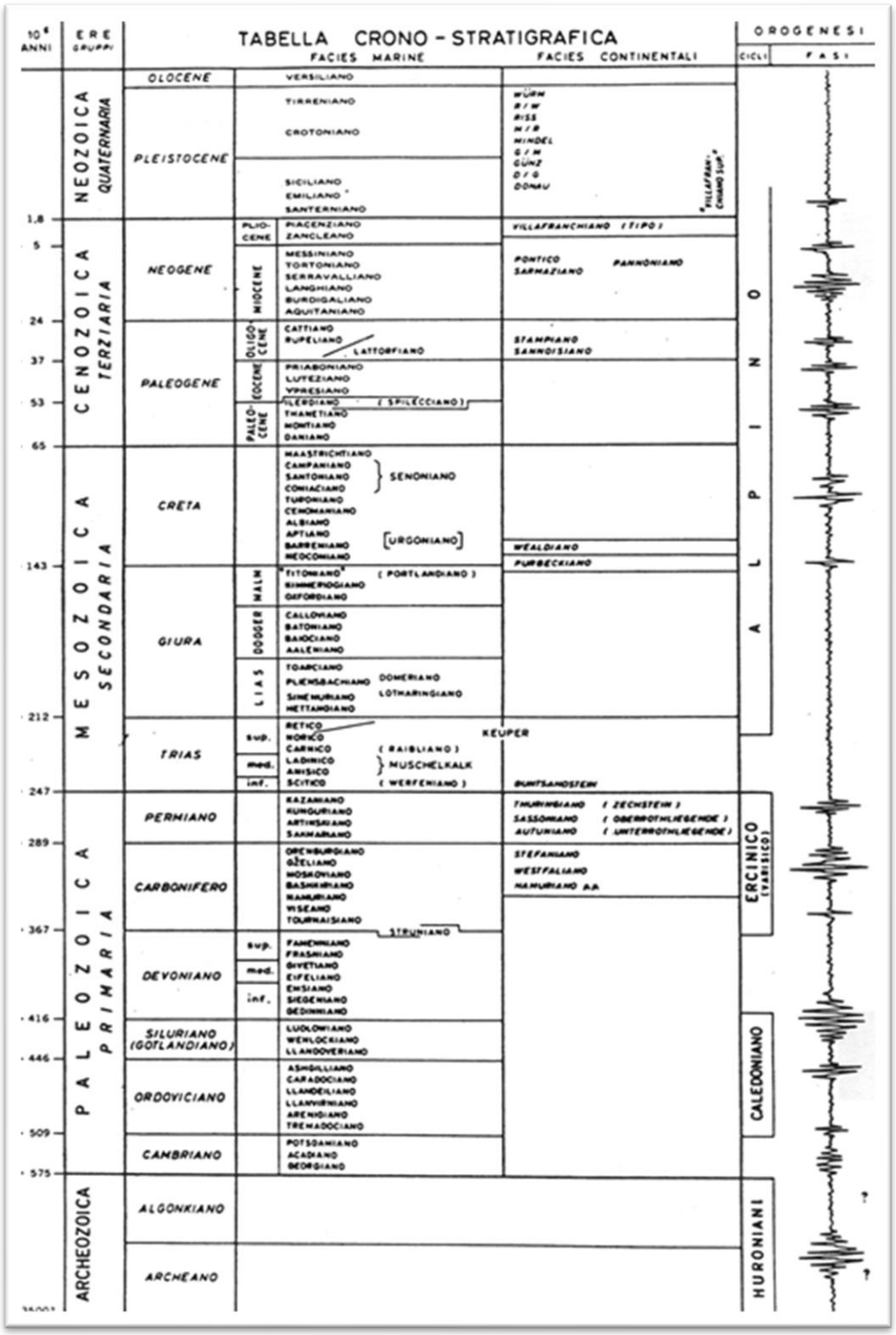


Figura 5 - *Tabella crono-stratigrafica.*

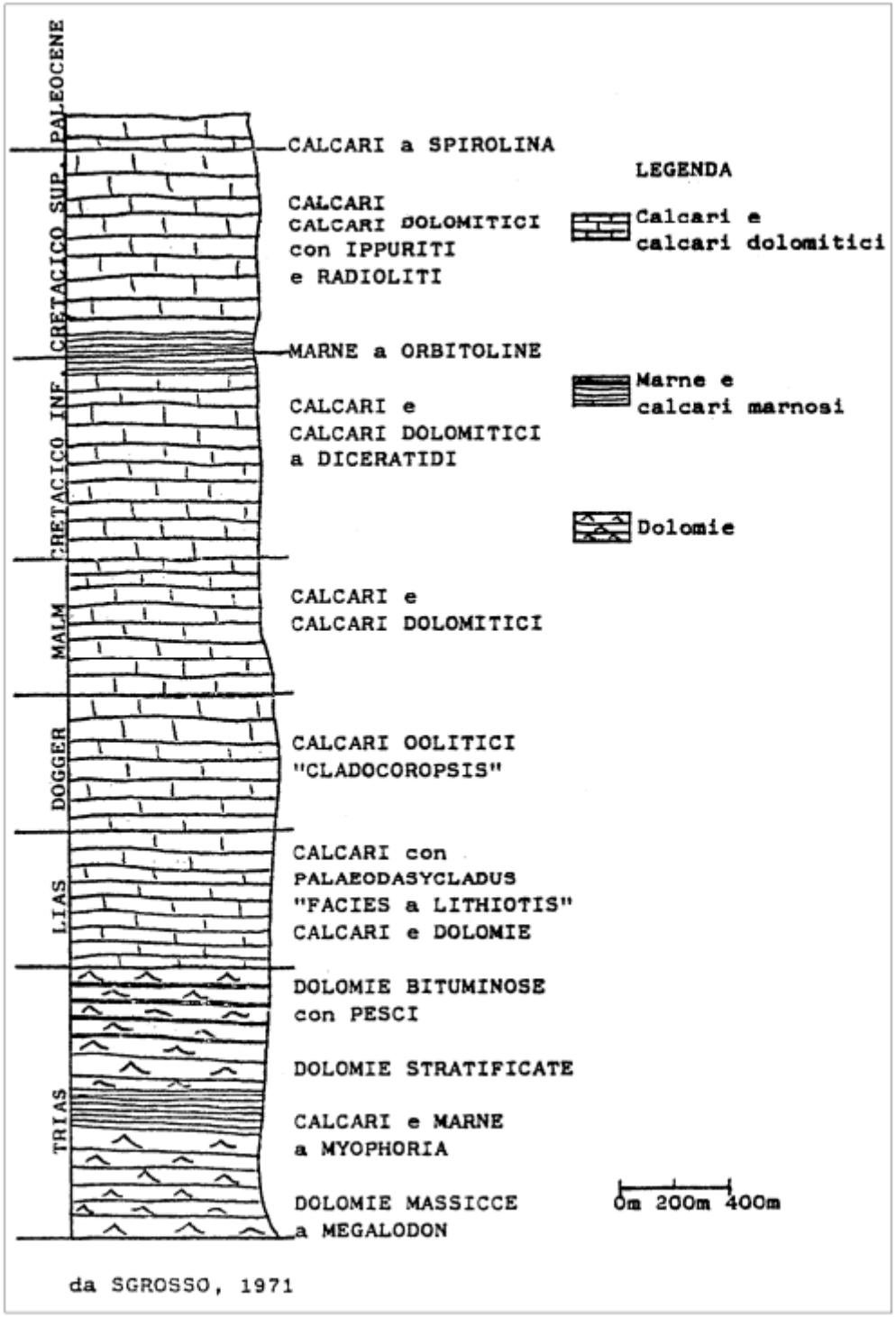


Figura 6 - *Colonna stratigrafica della successione carbonatica mesozoica e paleocenica.*

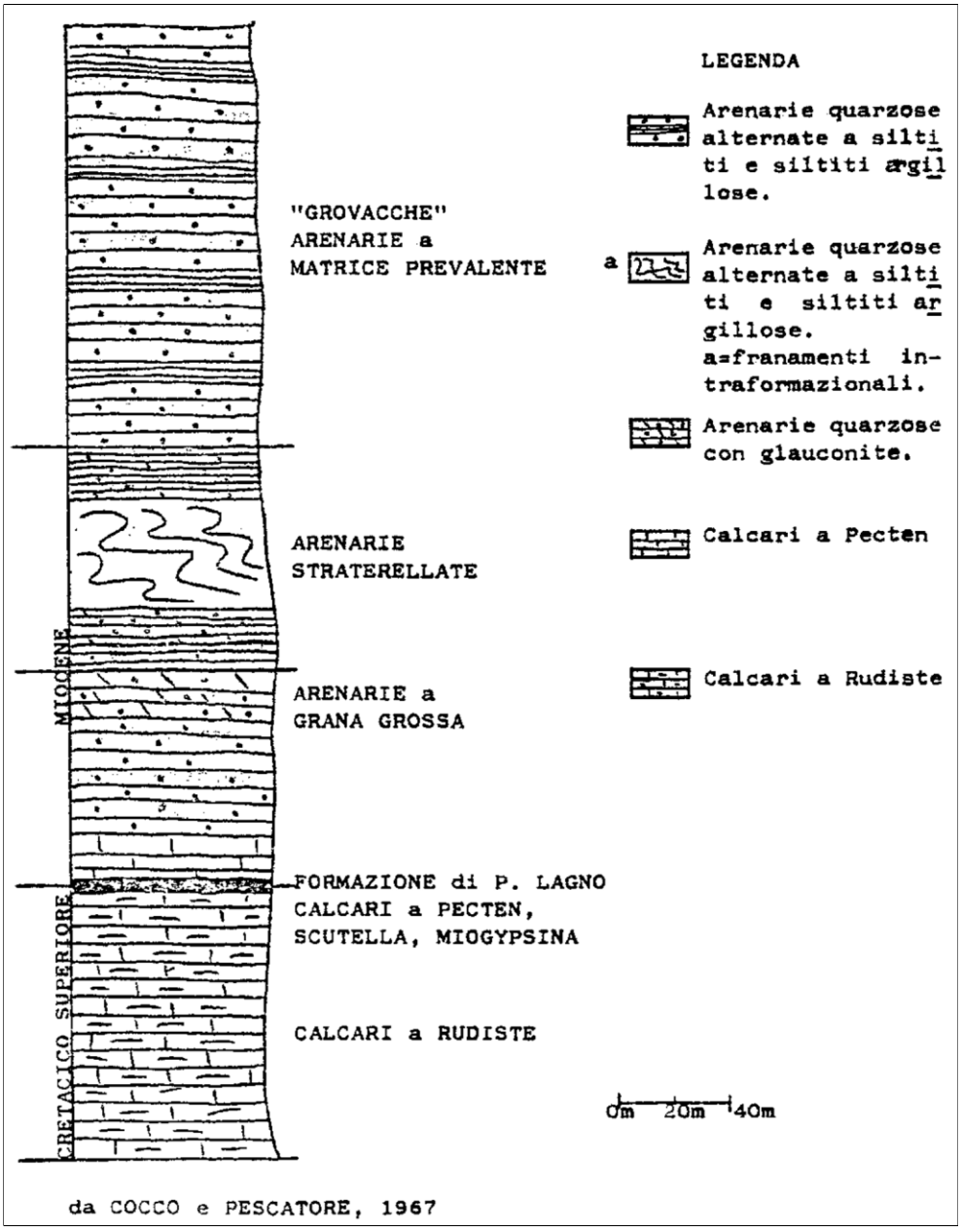


Figura 7 - *Colonna stratigrafica della successione miocenica.*

I terreni più recenti sono rappresentati da depositi continentali detritici e piroclastici; i primi sono riferibili a brecce di versante e a ghiaie e conglomerati di conoide, i secondi a vulcanoclastiti, spesso rimaneggiate ed umificate, collegate a prodotti da caduta degli apparati vulcanici dei *"Campi Flegrei"* e del *"Somma-Vesuvio"* che, com'è noto, nelle varie fasi di attività parossistica hanno eiettato a notevoli distanze dall'area pericraterica ceneri, sabbie, pomici, scorie, bombe e brandelli lavici.

Le piroclastiti incoerenti del *Somma-Vesuvio* rivestono ampie porzioni dei versanti calcarei e flyschoidi ed affiorano maggiormente sul versante napoletano che in generale, nonostante le elevate pendenze, si presenta comunque meno acclive di quello salernitano-amalfitano.

Foto 1 - *Dorsale montuosa Penisola Sorrentina-Isola di Capri*

L'attuale assetto morfostrutturale della penisola è stato raggiunto durante il *Pleistocene medio* per l'azione di diverse fasi tettoniche da collegarsi in parte a movimenti compressivi mio-pliocenici (sovrascorrimenti e faglie trascorrenti), in parte ad una tettonica distensiva plio-quaternaria caratterizzata da faglie con rigetti prevalentemente verticali. In particolare queste ultime hanno disarticolato i Monti Lattari, individuando alcuni alti strutturali (es.: Monte Faito, Monte Pendolo) ed alcune depressioni costiere ed intramontane, come il *graben* di Sorrento e la piana di Agerola.

Il sollevamento e la disarticolazione della dorsale dei Monti Lattari hanno chiaramente condizionato la deposizione dei terreni quaternari; essi appaiono prevalentemente preservati dall'erosione nelle depressioni tettoniche e lungo le fasce pedemontane, dove presentano spessori considerevoli spesso superiori ai 50 metri. Si ricordano a tale proposito i tufi di Sorrento, i depositi detritico- piroclastici delle piane di Agerola e di Vico ed i prodotti di conoide delle falde del Monte Faito tra Castellammare e Pimonte.

In tale scenario l'area d'interesse ricade nella piana di Sorrento che, dal punto di vista geologico-strutturale, rappresenta una fossa tettonica ribassata tra due *horst* calcarei del *Cretaceo (cfr. Figura 8).*

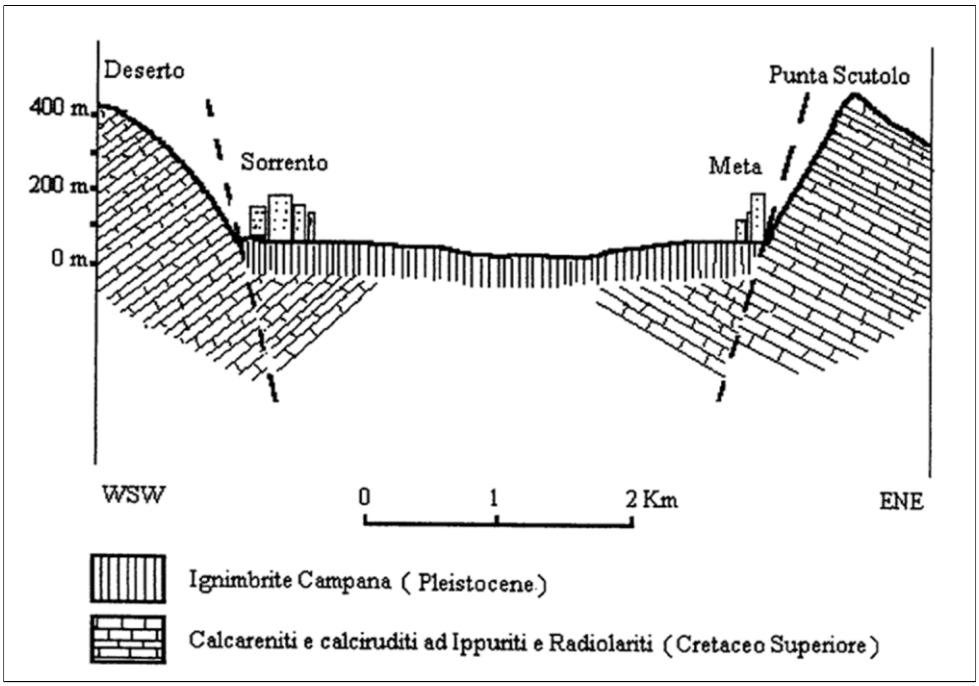


Figura 8 - *Schema geologico-strutturale della piana di Sorrento.*

Il *graben* è stato colmato nel corso del *Würm* (circa 39.000 anni fa) da materiali piroclastici provenienti dall'area flegrea *(Ignimbrite Campana)* che, arrivati come grandi nubi ardenti ad alta temperatura, pareggiarono tutte le asperità del terreno *(cfr. Figura 9).*

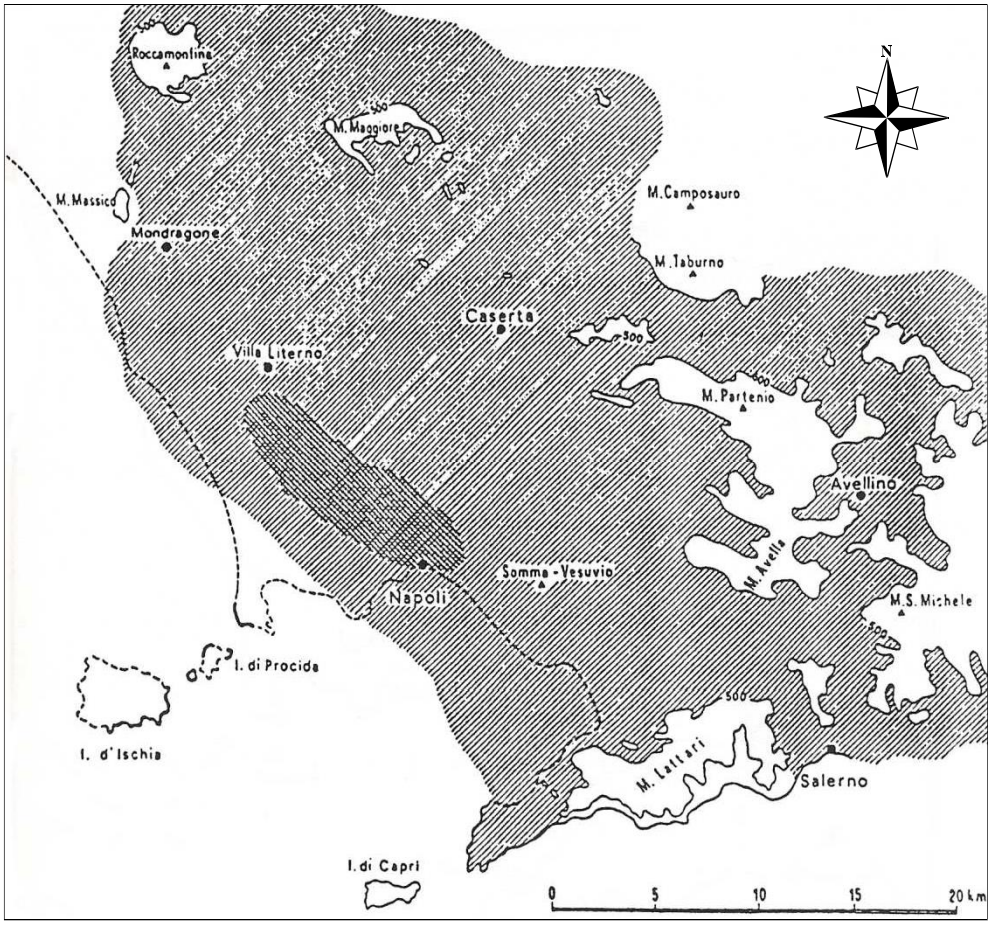


Figura 9 - *Probabile distribuzione dell'Ignimbrite Campana. La linea tratteggiata rappresenta l'attuale linea di costa; i tratti pieni (Monte di Procida, parte di Procida, parte di Ischia) indicano morfologie vulcaniche preesistenti. La zona quadrettata indica l'area entro la quale si rinvengono brecce associate all'Ignimbrite Campana. Le linee intere chiuse indicano l'isoipsa di 500m (Fonte: Di Girolamo et al., 1984).*

Il raffreddamento di questa massa piroclastica ha dato luogo al consolidamento del materiale con fessure verticali che scompongono la roccia in colonne più o meno regolari, originando lo *"zoccolo"* tufaceo che costituisce il basamento litoide della piana di Sorrento *(cfr. Figura 10)*.

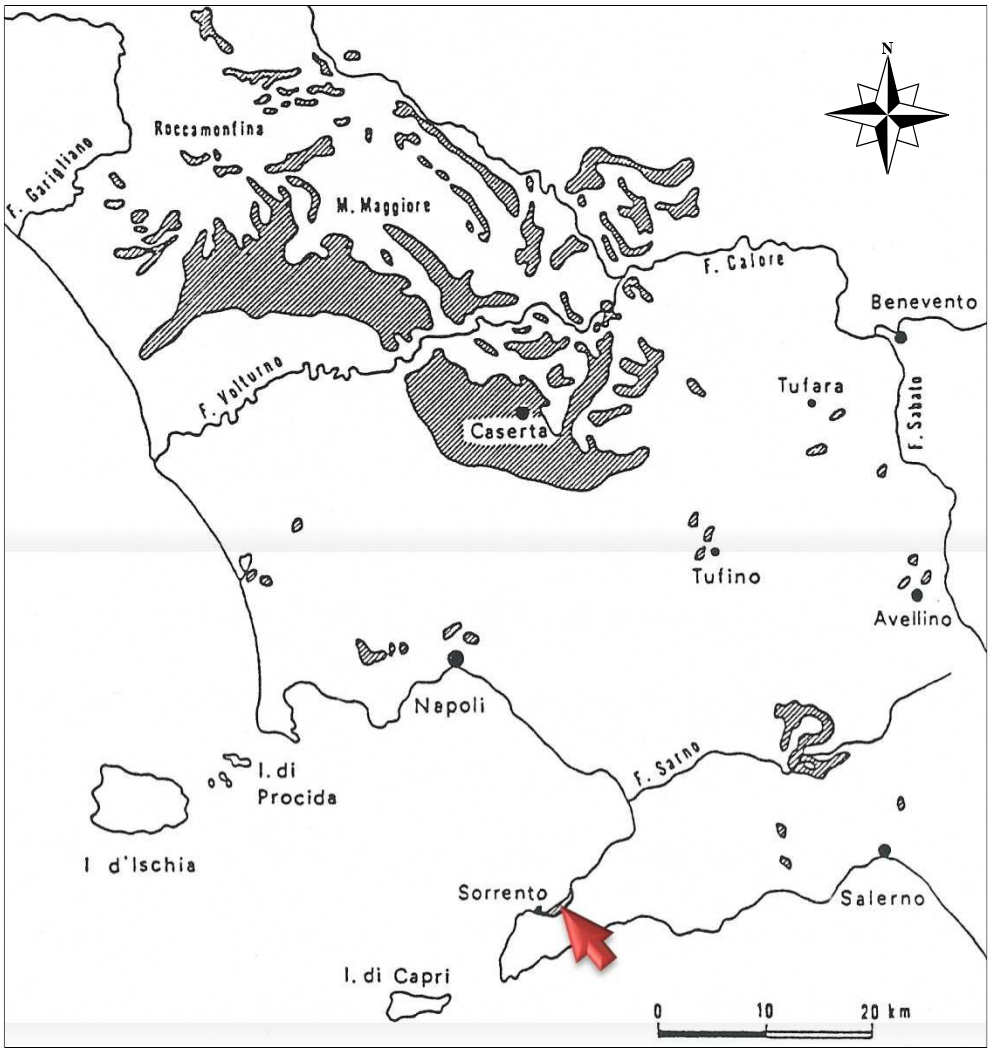


Figura 10 - *Attuale distribuzione dell'Ignimbrite Campana (Fonte: Di Girolamo et al., 1984).*

Sull'*Ignimbrite Campana* si rinvengono in successione i prodotti delle eruzioni del complesso vulcanico *"Somma-Vesuvio"* che in Penisola Sorrentina sono rappresentati da cineriti di colore marrone, bruno-rossastro se interessate da fenomeni di argillificazione, frammiste a piccole pomici alterate, litici e scorie vulcaniche ed intercalate da orizzonti di pomici millimetriche e centimetriche di colore grigio chiaro - biancastro e/o giallastro *(cfr. Tavola 02 - Stralcio Carta Geologica della Penisola Sorrentina, Progetto CARG - Cartografia Geologica - stralcio della Tavole nn. 46613 e 46609, stralcio della Carta geolitologica del P.R.G. comunale, foto n. 2 e figura n. 11).*

Foto 2 - *Successione stratigrafica tipo della porzione sommitale della piana di Sorrento.*

La parte sommitale di tali piroclastiti (1-2 m) in seguito a processi di umificazione dà origine ad un ottimo terreno agrario.

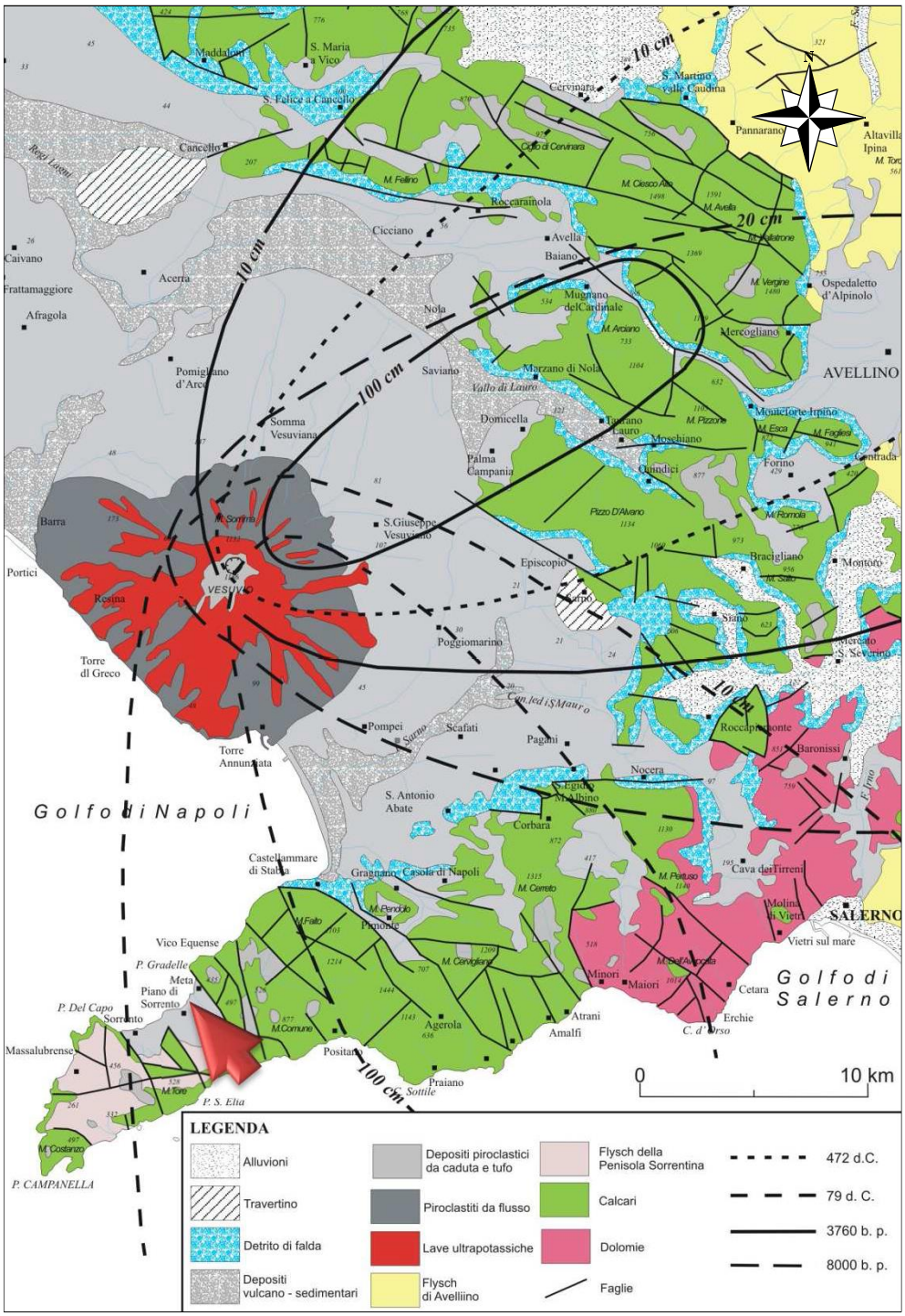


Figura 11 - *Distribuzione dei prodotti piroclastici sui rilievi campani a seguito dell'attività del "Somma-Vesuvio".*

Gli *horst* calcarei che delimitano il suindicato *graben* si identificano a Nord-Est con la struttura di Monte Sant'Angelo *(cfr. Foto n. 3)*, mentre a Sud-Ovest c'è il pilastro della zona del Capo *(cfr. Foto n. 4)*.

Foto n. 3 - *Horst di Monte Sant'Angelo.*

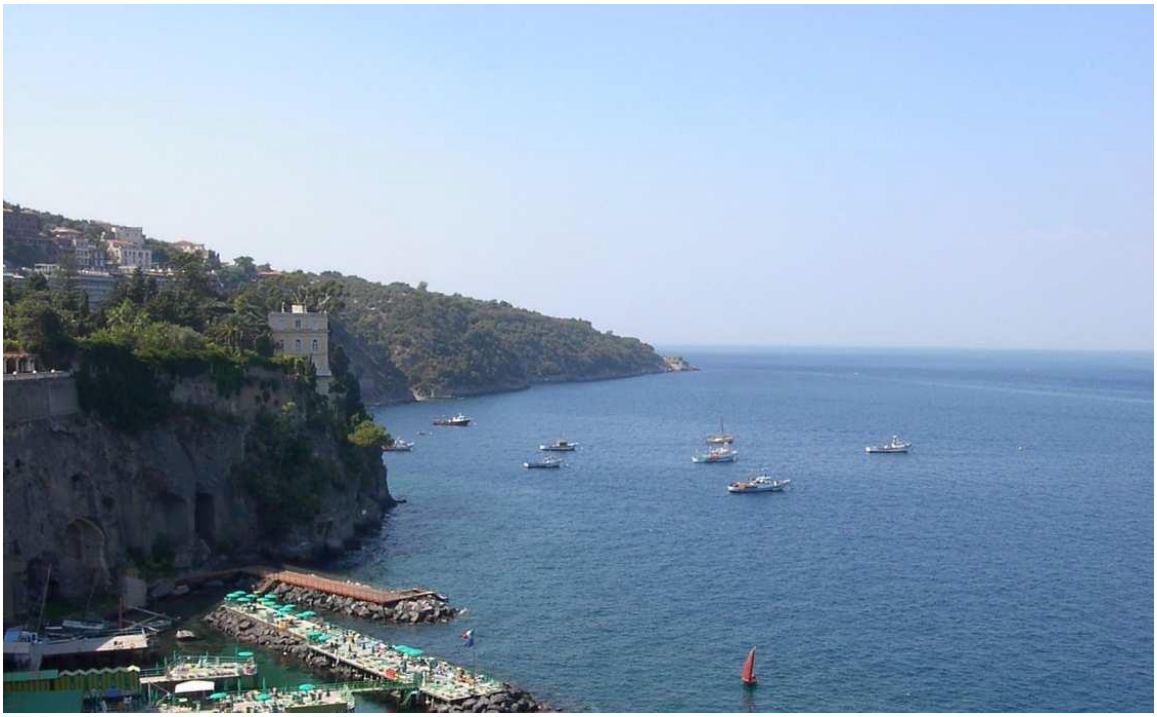


Foto n. 4 - "Pilastro" calcareo del capo di Sorrento.

2.5. Inquadramento geologico locale: Comune di Sant'Agnello

Il territorio di Sant'Agnello poggia su prodotti piroclastici che si identificano principalmente con le Piroclastiti Sciolte e con il Tufo Grigio Campano (auctt.).
Le piroclastiti sciolte, costituite da ceneri, sabbia vulcanica, pomici e lapilli, si trovano sia alla base che alla sommità della Formazione del Tufo Grigio e sono caratterizzate pertanto da una differente età. Esse si sono accumulate sia direttamente per caduta sia per dilavamento dai rilievi circostanti. Risultano, quindi, rimaneggiate e talvolta frammiste a brecciole calcaree ed arenaceo-marnose provenienti dalle aree collinari, a luoghi si rinvengono livelli ricchi di pomici.
Il Tufo Grigio rappresenta la Formazione di origine vulcanica più importante della piana dove è presente con spessori massimi di circa 50 m. Ha circa un'età di 35.000 anni ed è stato deposto in un unico atto eruttivo sotto forma di nube ignimbritica. La particolare modalità di messa in posto (elevata temperatura ed elevato contenuto di vapore acqueo) ha permesso una discreta "lapidificazione" dell'ammasso costituito, nell'insieme, da ceneri, lapilli, pomici, scorie e brandelli lavici.
Nella zona, sono presenti notevoli quantità di terreni di riporto che attualmente colmano le antiche "Forre", profonde oltre 20 m, e sulle quali sono impostate sia parte di Piazza Matteotti sia la quasi totalità della sede stradale di Viale dei Pini.
Nel dettaglio, le unità caratterizzanti il sito sono:

- **VEF$_1$: SINTEMA VESUVIANO – FLEGREO**, successione di depositi prevalentemente piroclastici costituiti da livelli cineritici e pomicei stratificati con intercalazioni di paleosuoli e in subordine da prodotti di rimaneggiamento e da sedimenti di origine marina e palustri/lacustri.
Tali depositi sono legati prevalentemente alla attività esplosiva di centri eruttivi della caldera flegrea. L'unità sintemica è delimitata inferiormente da una discordanza erosiva e vulcano-tettonica a tetto del Tufo Grigio Campano;

- **TGC: TUFO GRIGIO CAMPANO** (Ignimbrite Campana, Auctt), costituita esclusivamente da piroclastiti, in grande prevalenza depositi ignimbritici. È legata alla eruzione dell'Ignimbrite Campana avvenuta intorno a 40.000 anni fa.

2.6. Inquadramento Geomorfologico

La dorsale montuosa Monti Lattari-Penisola Sorrentina, sotto il profilo geomorfologico, costituisce un alto strutturale allungato trasversalmente alla catena appenninica, delimitato dalle profonde depressioni della Piana Campana a Nord e del Fiume Sele a Sud; l'ossatura di tale dorsale è costituita da una successione calcareo - dolomitica mesozoica, potente più di mille metri, che risulta mediamente basculata verso NNW individuando, in grande, una struttura monoclinalica.

L'assetto geomorfologico generale della Penisola Sorrentina è caratterizzato da versanti ad alta energia di rilievo, sia perché la tettonica ha sollevato le successioni calcareo-dolomitiche a quote sovente superiori ai 500 metri s.l.m., sia perché tali rilievi risultano molto prossimi al mare; ne derivano versanti ad elevata pendenza, che solo localmente conservano superfici a debole inclinazione da collegarsi a vecchie spianate sommitali di erosione e, lungo costa, ad antichi terrazzi marini.

L'attuale conformazione morfostrutturale della penisola, come già accennato al paragrafo precedente, è stata raggiunta durante il *Pleistocene medio* per l'azione di diverse fasi tettoniche da collegarsi in parte a movimenti compressivi mio-pliocenici (sovrascorrimenti e faglie trascorrenti), in parte ad una tettonica distensiva plio-quaternaria caratterizzata da faglie con rigetti prevalentemente verticali *(cfr. Figura 12).*

Nel corso del Quaternario, poi, varie fasi tettoniche, intervallate da cicli morfogenetici differenti, hanno dato luogo al caratteristico paesaggio attuale; sui rilievi carbonatici sono presenti, infatti, delle superfici morfologiche strutturali in posizione sommitale.

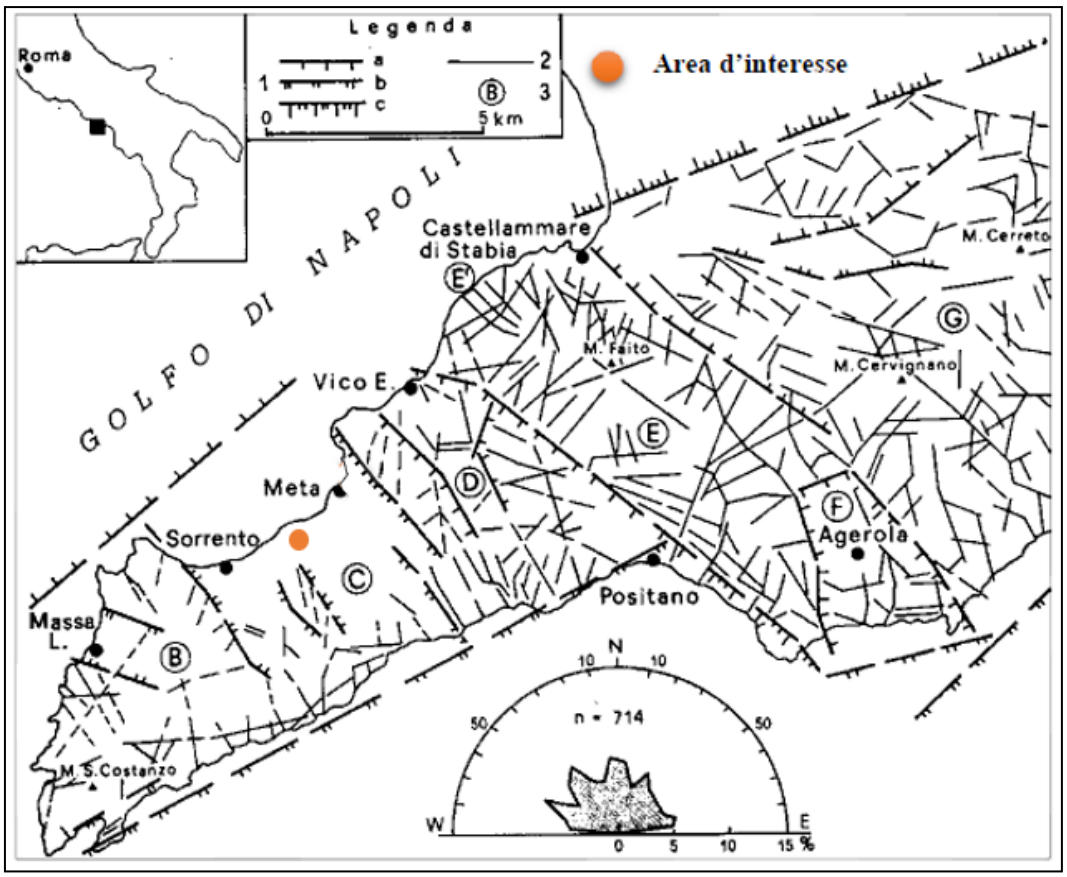


Figura 12 - *Schema delle lineazioni strutturali della Penisola Sorrentina. 1) Faglie dirette attive dal Pliocene medio al Pleistocene medio (a), dal Pleistocene medio all'Olocene (b), dal Pliocene medio all'Olocene (c); 2) Lineazioni rilevate da aerofoto; 3) Sub-unità morfostrutturali. In basso diagramma a rosa cumulativo.*

Altro elemento tettonico e morfologico rilevante della suddetta penisola è la piana di Sorrento, impostata su faglie dirette che ribassano le zone carbonatiche. Qui l'*Ignimbrite Campana*, che nel corso del *Würm* ha colmato il *graben*, forma oggi un terrazzo profondamente reinciso in cui vi è l'attuale piana di Sorrento; il banco tufaceo, il cui spessore supera i 50 m, affiora lungo tutta la costa da Sorrento a Meta dando luogo ad una splendida falesia con una caratteristica fessurazione verticale *(cfr. Tavola 02 - Stralcio della Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M. - Foglio n° 466 Sezione III SORRENTO).*

Nel corso del Quaternario, poi, varie fasi tettoniche, intervallate da cicli morfogenetici differenti, hanno dato luogo al caratteristico paesaggio attuale; sui rilievi carbonatici sono presenti, infatti, delle superfici morfologiche strutturali in posizione sommitale.

Più in dettaglio, la zona interessata dal progetto è ubicata nel banco tufaceo su cui è impiantato

l'abitato di Sant'Agnello e che è delimitato dalla costa a falesia prospiciente il Golfo di Napoli verso nord e da rilievi carbonatici verso sud ed ovest.

Le caratteristiche morfologiche originarie sono riconducibili, essenzialmente, all'attività del reticolo idrografico; l'evoluzione, invece, è stata notevolmente condizionata dall'attività antropica che, in passato, è intervenuta per realizzare insediamenti abitativi con relative infrastrutture.

Riveste particolare importanza la presenza di una profonda incisione del banco tufaceo (Forra) ove correva in modo naturale l'elemento ultimo (4° ordine) di un reticolo idrografico competente un bacino di circa 3 km^2 e nel quale confluivano due elementi di 3° ordine (Rivolo S. Giuseppe e Rivolo S. Filippo).

Come noto, la Forra fu colmata per realizzare la sede stradale di Viale dei Pini previa "tombatura" dell'alveo e deviazione del rivolo avvenuta con diverse tipologie, ovvero per alcuni tratti in sistemi di gallerie laterali scavate nel tufo, per altri in condotti in calcestruzzo realizzati in corrispondenza dell'alveo stesso.

La colmata non fu preceduta da un'adeguata sistemazione dei fianchi della Forra, ove era stata avviata, in precedenza, una intensa attività estrattiva di tufo mediante scavi in gallerie anche di notevoli dimensioni. Molti imbocchi delle citate gallerie, infatti, furono lasciati aperti.

La zona, quindi, si presenta oggi pressoché pianeggiante, ovvero con pendenze che non superano il 5%.

Come si può osservare nella planimetria di figura 5, in origine il Rivolo S. Giuseppe (proveniente dalla località Ferrella e che si snoda nella zona antistante il Santuario di S. Giuseppe e in prossimità del Corso Italia) ed il Rivolo di S. Filippo (si snoda, a partire dalla località Trasaella, per la località Maiano) confluivano nel ramo terminale del reticolo idrografico (in corrispondenza della Piazza della Libertà), colmato per dar luogo alla sede stradale di Viale dei Pini, che sfocia nel Golfo del Pecone.

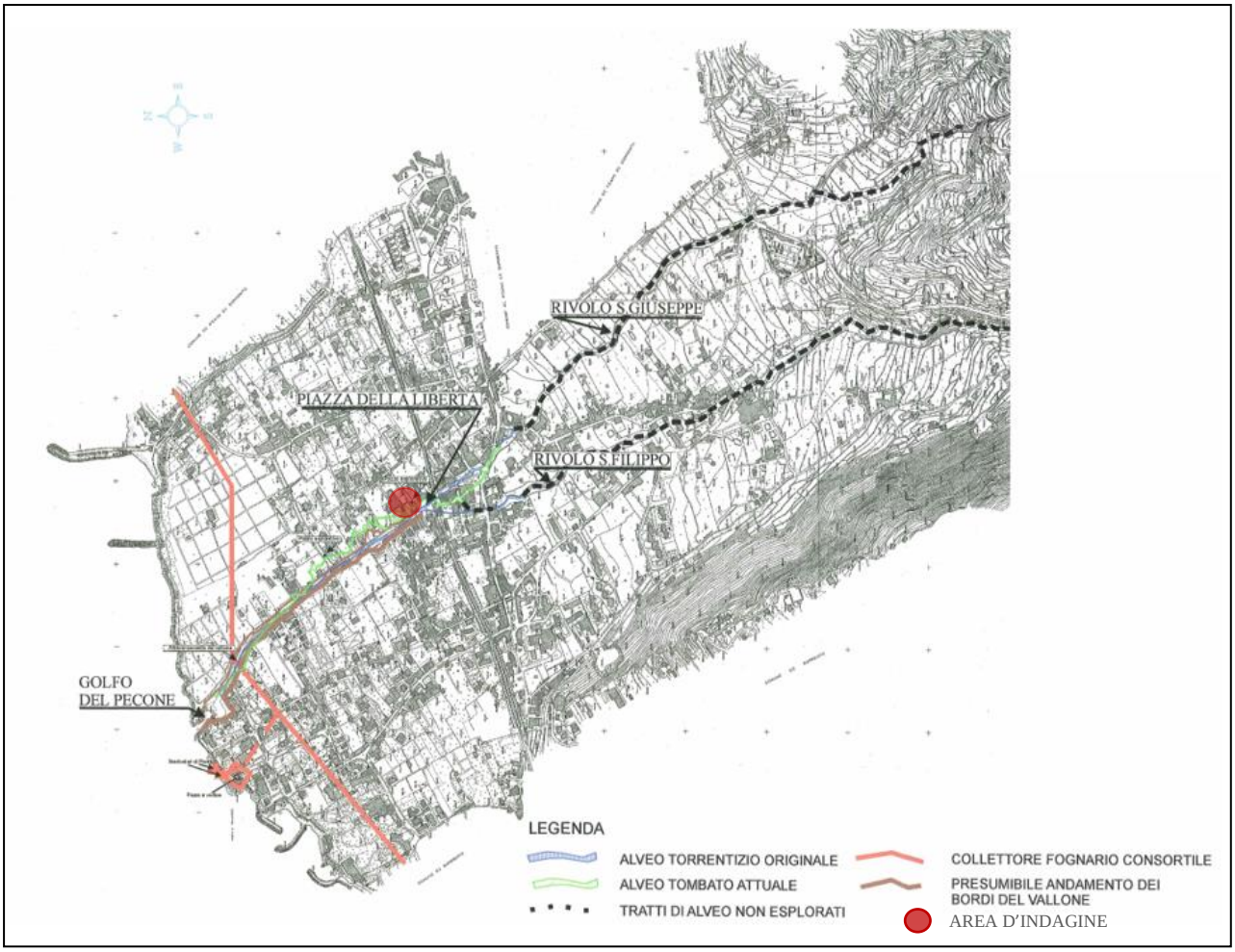


Figura 13 - *Andamento del sistema idrografico principale*

Gli antichi letti, oggi completamente colmati a partire da Corso Italia e verso il mare, si collocavano ad una profondità non inferiore a 15 m con successivo salto alla confluenza (zona corrispondente all'attuale Piazza della Libertà) fino ad almeno 23 m.

I fianchi si distanziavano reciprocamente in modo irregolare sia in dipendenza della maggiore o minore resistenza della roccia all'erosione delle acque ruscellanti, sia all'attività di cava, sviluppatasi già molto tempo prima dell'epoca con cui fu avviata l'operazione di colmata delle Forre.

La sede stradale di Viale dei Pini sovrastante i tratti colmati, è stata più volte interessata da avvallamenti e/o sprofondamenti. Gli eventi più recenti sono riportati nella planimetria di figura 14.

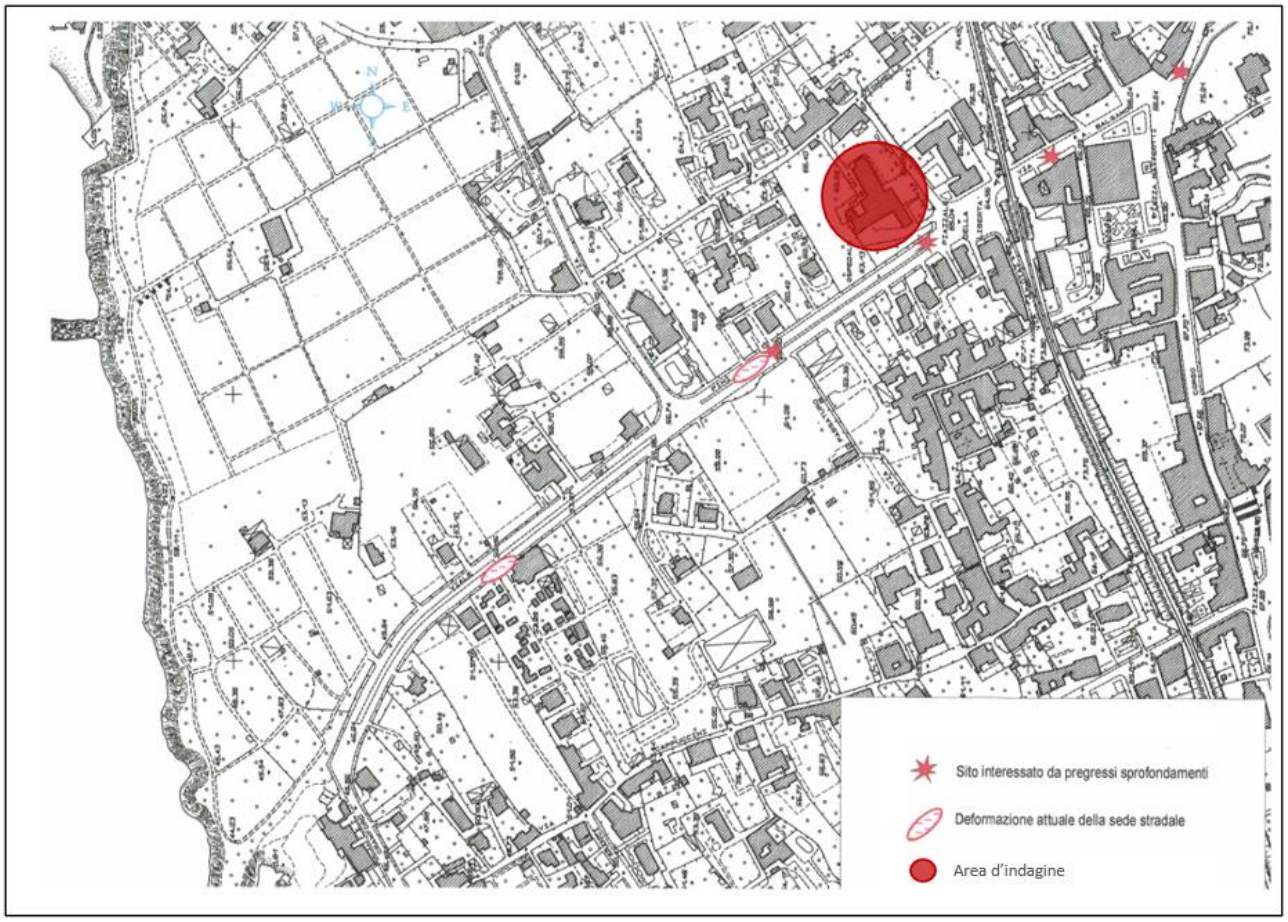


Figura 14 - *Planimetria dei dissesti.*

Più in dettaglio il territorio comunale di Sant'Agnello comprende morfologicamente almeno tre settori molto antropizzati.

Settore 1: fascia stretta e allungata di costa bassa costituita da un terrazzo di abrasione marina impostato prevalentemente sul substrato tufaceo o carbonatico (a nord) ricoperto da depositi di spiaggia recenti e materiale detritico-piroclastico e/o eluvio colluviale.
In tale settore, avendo a disposizione elaborati cartografici di età diversa dopo opportune procedure di georeferenzazione, sono state distinte: la linea di riva attuale, la linea di riva ricostruita da rilievo topografico (1:1000) e la linea di riva antica (PRG, 1998). La posizione reciproca delle linee di riva evidenziano i tratti di costa in recessione (la maggior parte) ed in progradazione (spesso favorite da interventi di protezione del litorale mediante scogliere frangiflutti). In questo settore, come si evince

dalla Carta delle pendenze *(cfr. Tavola 10)*, si registrano valori di acclività prevalentemente inferiori a 10°.

Settore 2: falesia in tufo o roccia calcarea. La falesia in tufo presenta un'altezza di circa 30 ÷ 40 m, risulta inattiva e localmente antropizzata e/o sistemata. Quella in roccia carbonatica si colloca alla base di una versante strutturale policiclico caratterizzato da una parete di base subverticale talora aggettante sormontata da un'area meno pendente in recessione rettilineo-parallela caratterizzata da una successione di piccole pareti (testate di strato) a luoghi con disposizione a mensola. La *Carta delle pendenze* per questo settore mostra valori di acclività tendenzialmente superiori a 60°. Nell'area di affioramento del massiccio carbonatico si registrano anche pendenze meno elevate (30° ÷ 50°) in corrispondenza di terrazzi morfologici disposti a quote variabili a partire da circa 50 m s.l.m..

Settore 3: comprende il terrazzo di aggradazione piroclastica e la fascia pedemontana. In quest'ultima si individua una falda detritica costituita da conoidi detritici e detritico-piroclastici coalescenti con apici impostati nel punto di immissione nell'area pianeggiante degli impluvi che talora risultano molti incisi e incassati. Gli impluvi presentano bacini idrografici con coperture piroclastiche poco spesse e discontinue e mostrano andamenti marcatamente rettilinei ovvero susseguenti. In questo settore la classe clivometrica più diffusa e quella con valori inferiori a 10° ma si raggiungono localmente anche acclività prossime ai 20° ÷ 25°.

2.7. Idrogeologia

La maggior parte dei litotipi che costituiscono la Penisola Sorrentina appartengono alle successioni sedimentarie della piattaforma campano-lucana di cui si è già detto.

La circolazione idrica sotterranea della penisola Sorrentina è legata all'esistenza di un fitto intreccio di fratture e faglie ed è spesso condizionata dalle fasce cataclastiche delle principali direttrici tettoniche. Ulteriore motivo di condizionamento e frazionamento della circolazione idrica di base è dovuto al fatto che la successione sedimentaria si presenta divisa in monoclinali complesse (Figura 5).

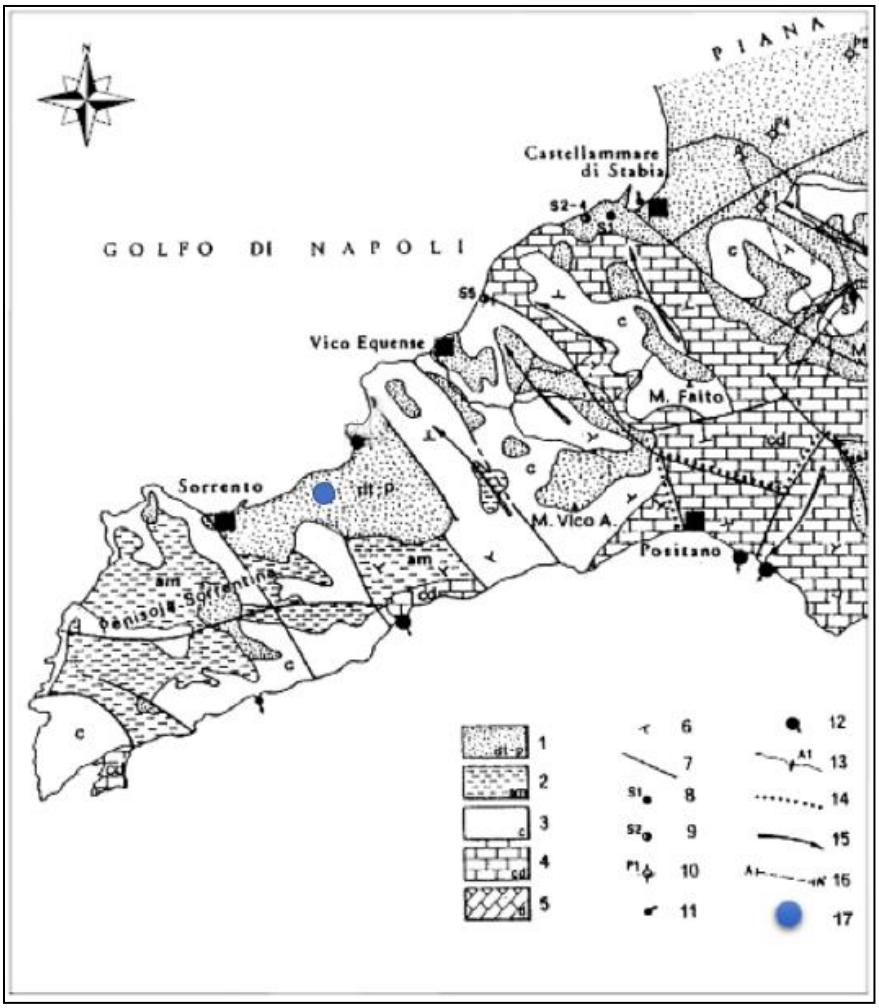


Figura 15 - *Schema idrogeologico della Penisola Sorrentina: 1) Complesso detritico-piroclastico; 2) Complesso arenaceo-argilloso; 3) Complesso calcareo; 4) Complesso calcareo-dolomitico; 5) Complesso dolomitico; 6) Giacitura degli strati; 7) Principali discontinuità tettoniche; 8) Sorgenti continentali; 9) Sorgenti minerali; 10) Pozzi; 11) Sorgenti sottomarine (30 + 50 l/s); 12) Sorgenti sottomarine (50 + 150 l/s); 13) sezioni di misura in alveo; 14) Principale spartiacque sotterraneo; 15) Principali direzioni di flusso della falda di base; 16) traccia di sezione; 17) Area d'indagine.*

Ciò posto, dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti sull'area di studio sono riconducibili a tre complessi, di cui si evidenziano di seguito le principali caratteristiche in funzione della permeabilità e dei reciproci rapporti spaziali *(cfr. Tavola 12 - Carta idrogeologica allegata al PRG):*

- il *complesso carbonatico (Cretaceo)* è quello di maggiore estensione areale e di più rilevante interesse in funzione delle ben note caratteristiche idrogeologiche. In esso, infatti, si localizzano le più cospicue falde idriche sotterranee e dallo stesso prendono alimentazione tanto le falde di pianura periferiche quanto le più grosse emergenze sottomarine e non. Affiora a ridosso della zona nord-est del PUA e si presenta spesso molto fratturato per cui risulta molto permeabile per fessurazione e carsismo;
- il *complesso detritico (Pleistocene superiore - Olocene)* è rappresentato da fasce di potenza variabile che bordano i calcari ed in relazione alla maggiore o minore matrice piroclastica tale litotipo passa da efficace dreno dei calcari a tampone degli stessi. È caratterizzato da una permeabilità per porosità da bassa a media in funzione della percentuale di matrice piroclastica;
- il *complesso piroclastico (Pleistocene superiore - Olocene)*, in cui vengono raggruppati le piroclastiti sciolte recenti, il tufo grigio (che ne rappresenta per spessore il litotipo principale) e le piroclastiti antiche. Dette piroclastiti, sia antiche che recenti, sono caratterizzate da una bassa permeabilità per porosità mentre il tufo grigio presenta una permeabilità media per porosità e fessurazione.

Ai suddetti complessi vanno aggiunti i depositi di spiaggia che presentano un'elevata permeabilità per porosità (cfr. Tavola 12 - Carta idrogeologica).

L'area d'interesse si colloca all'interno della struttura idrogeologica della piana di Sorrento - margine orientale - che risulta delimitata a Nord-Est dalla faglia di Meta, a Sud-Ovest dalla parallela linea tettonica Sorrento-Monticello ed a sud dallo spartiacque principale della Penisola Sorrentina orientato in direzione NE-SW, passante per le località *"Malacoccola"* (+ 524 m s.l.m.), *"Colli di Fontanelle"* (+ 300 m s.l.m.), *"Monte Bosco"* (+ 362 m s.l.m.), *"Colli di San Pietro"* (+ 350 m s.l.m.) e *"Monte Vico Alvano"* (+ 642 m s.l.m.).

I terreni ivi presenti, come già visto, sono ascrivibili prevalentemente al *complesso piroclastico* con intercalazioni di materiale detritico-alluvionale che è sede di un acquifero libero monostrato la cui piezometrica si rinviene generalmente appena al di sotto del banco tufaceo, nel materiale detritico-alluvionale tamponato alla base dal complesso *arenaceo - marnoso - argilloso* (flysch miocenico)

che funge da impermeabile relativo.

La falda, inoltre, è caratterizzata da una superficie piezometrica piana con linee di flusso parallele che si sviluppano in direzione NW-SE.

Orbene la piana di Sorrento risulta costituita da materiali piroclastici, talora con alla base depositi marini, che hanno in parte colmato un graben tettonico interrotto, a sud di Sant'Agnello, da un horst secondario.

Ambedue i depositi sopra descritti costituiscono l'acquifero della piana e poggiano su un basamento terrigeno miocenico (De Gennaro - Stanzione, 1969) il cui tetto si rinviene, il più delle volte, in prossimità del livello medio marino.

È interessante osservare che, quando i predetti materiali plio - quaternari si sono deposti, l'originaria depressione tettonica aveva già raggiunto un certo grado di maturità morfologica (Civita - De Riso - Lucini - Nota D'Elogio, 1973); è quindi probabile che in essa i terreni miocenici (in posto o risedimentati), oltre a prevalere sul fondo, formassero - a seguito di frane o di erosione - una fascia al piede dei versanti carbonatici così da conferire alla depressione una globale inclinazione verso nord.

La falda della piana risulterebbe, pertanto, limitata alla base, sia pure con delle possibili soluzioni di continuità, dall'assetto morfologico del substrato impermeabile e, dallo stesso, condizionata nel deflusso verso nord.

Al riguardo, lo studio delle anomalie termiche lungo la falesia tufacea che delimita a nord la piana di Sorrento (Celico - Corniello, 1979) ha evidenziato un gran numero di sbocchi di acque continentali, testimoniando che il recapito principale del deflusso idrico sotterraneo è rappresentato dal mare.

Per quanto concerne la potenzialità della struttura si riporta in Tabella 1 il bilancio idrologico reperito nella bibliografia specialistica consultata, e successivamente è stato realizzato un bilancio idrologico più dettagliato che ricopre una superficie minore, all'interno della quale ricade l'area in oggetto.

Struttura idrogeologica	S (Km^2)	P (mm/a)	E_r (mm/a)	Q = P - E_r		Complesso calcareo				Complesso arenaceo-marnoso				Complesso piroclastico				I_p tot (%)	R_p tot (%)
				(mm/a)	(10^5 m^3/a)	S (Km^2)	C.I.P. (%)	I_p (%)	R_p (%)	S (Km^2)	C.I.P. (%)	I_p (%)	R_p (%)	S (Km^2)	C.I.P. (%)	I_p (%)	R_p (%)		
Piana di Sorrento	34,64	1103	683	420	14,5	10,55	100	4,4	0,0	15,51	20	1,3	5,2	8,58	50	1,8	1,8	7,5	7,0

Legenda: S = superficie; P = precipitazioni medie annue; E_r = evapotraspirazione reale media annua; Q = deflusso globale medio annuo; C.I.P. = coefficiente di infiltrazione potenziale, in percentuale di Q; I_p = infiltrazione potenziale media annua; R_p = ruscellamento superficiale medio annuo.

Tabella 1 - *Bilancio idrogeologico della piana di Sorrento (Fonte: Celico-Corniello, 1979).*

La circolazione idrica superficiale in Penisola Sorrentina è fortemente condizionata dagli elementi strutturali e spesso il reticolo idrografico, che presenta caratteristiche forme giovanili ed una forte capacità erosiva a causa degli ultimi spostamenti del livello di base, si è impiantato lungo linee di faglia seguendo, per il deflusso delle acque, una rete di fratture preesistenti; i corsi d'acqua che ne risultano, sono tutti brevi e rettilinei, con pendenze elevate e sempre incassati tra pareti rocciose.

Nella piana di Sorrento nonostante la presenza del tufo grigio, i deflussi superficiali hanno di poco variato le loro peculiari caratteristiche; i valloni sorrentini sono praticamente delle forre incise nel tufo che si raccordano, con pendenze elevate, al reticolo idrografico impostato sulle zone calcaree.

Per la zona in esame il reticolo idrografico è praticamente assente.

Nell'area in esame la circolazione idrica sotterranea è regolata dalle differenti caratteristiche idrogeologiche dei diversi terreni a contatto. In particolare, nel sottosuolo dell'area sussiste una falda apprezzabile solo in profondità, a quota prossima a quella del livello del mare, ovvero alla base del Tufo Grigio. Quest'ultimo, infatti, permeabile per la maggior parte per fessurazione, accoglie le aliquote di pioggia che si infiltrano nei sovrastanti terreni piroclastici e che sono lentamente trasferite verso il basso, nonché quelle trasmesse per travaso laterale dei terreni arenaceo-marnoso-argillosi emergenti nelle zone collinari geograficamente competenti il bacino idrogeologico. In definitiva, una circolazione idrica sotterranea, anche se di portata limitata, è rinvenibile a profondità piuttosto elevate corrispondente all'incirca al piede della formazione del tufo grigio e, pertanto, del tutto ininfluente sulle opere in progetto.

2.7.1. Bilancio idrologico

Al fine di studiare la quantizzazione dei volumi d'acqua che interessano la porzione di bacino all'interno della quale ricade l'area oggetto di studio, è stato realizzato un *Bilancio Idrologico* prendendo in considerazione un periodo totale di 11 anni (2009-2020).

L'equazione del bilancio idrologico è espressa dall'equazione di continuità dei volumi entranti, uscenti ed invasati nel bacino superficiale, definiti in base alla perimetrazione prescelta, in un intervallo di tempo Δt prefissato. Questa valutazione avviene effettuando un bilancio idrico dell'intero dominio idrologico in cui è compreso il territorio di studio; al fine del calcolo del bilancio idrologico bisogna determinare i parametri della seguente espressione:

$$P = E_r + I + R$$

dove:

P = volume di acqua di precipitazione (mm/a)

E_r = volume di acqua sottratta al bacino per evapotraspirazione (mm/a)

R = volume di acqua di origine meteorica di ruscellamento (mm/a)

I = volume di acqua che si infiltra nel sottosuolo (mm/a)

La precisione di tale calcolo è tanto maggiore quanto più frequenti sono le misure dei dati e quanto più lungo è il periodo di riferimento, il quale non deve essere inferiore ad un anno idrologico. In questo caso il periodo temporale è compreso tra il 01/01/2009 fino al 31/12/2020.

- *Precipitazioni*

Per la valutazione dei quantitativi d'acqua di precipitazione (P) relativa alla zona di Sant'Agnello, sono stati interpolati i dati relativi a tre stazioni pluviometriche Sorrento (NA), Massa Lubrense (NA), Gragnano (NA)), considerate significative rispetto alla zona di studio, e i cui dati sono stati ricavati dall'archivio pluviometrico del *Centro Funzionale Multirischi* della Protezione Civile Regione Campania.

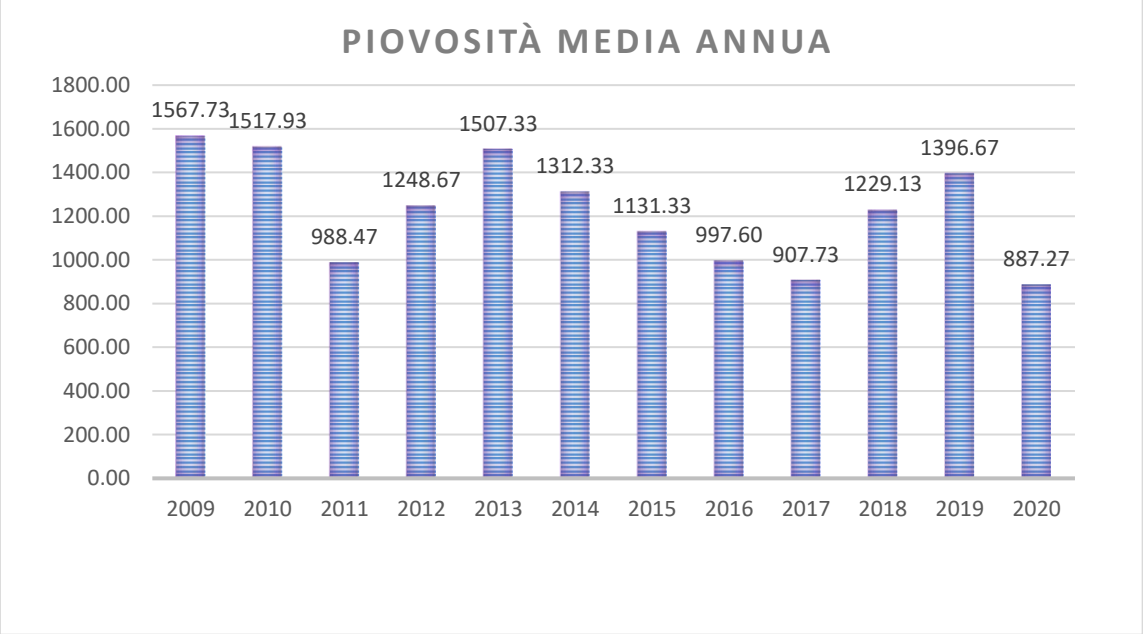


Figura 16 – *Piovosità media annua per ogni anno considerato*

I dati a cui si è fatto riferimento hanno permesso di risalire alla piovosità media annua su un periodo totale di 11 anni, dal 01/01/2009 fino al 31/12/2020. Inoltre in Figura 17 possiamo osservare puntualmente, i valori delle precipitazioni complessive per ogni anno considerato, e la linea di pendenza media delle precipitazioni.

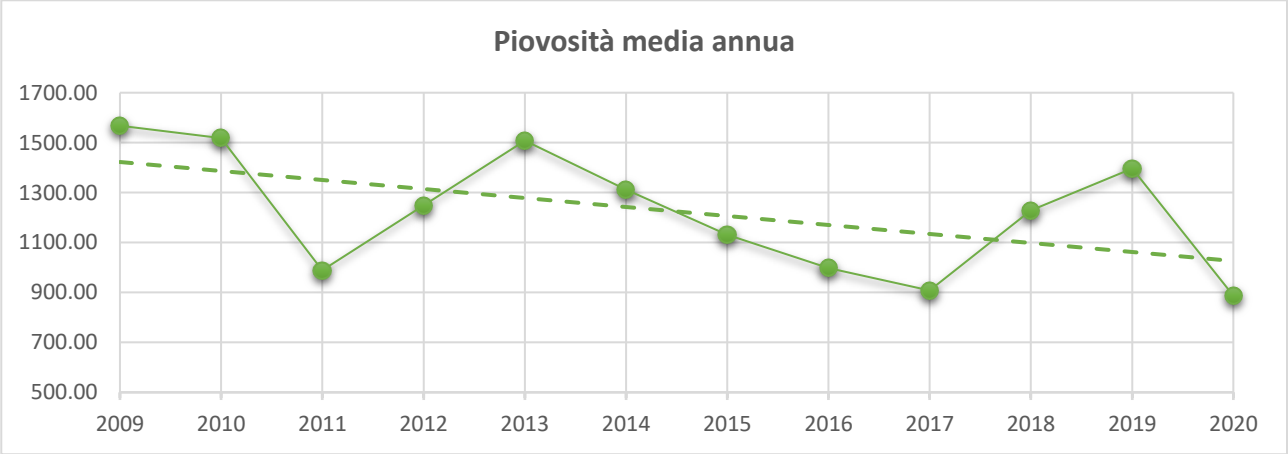


Figura 17 – *Piovosità media annua.*

Successivamente per tutti gli anni considerati, sono stati sommati i rispettivi mesi, per tenere conto di come si differenziano le precipitazioni al variare del mese e quindi stabilire gli apporti idrici all'interno di un intero anno idrologico (**Figura 18**).

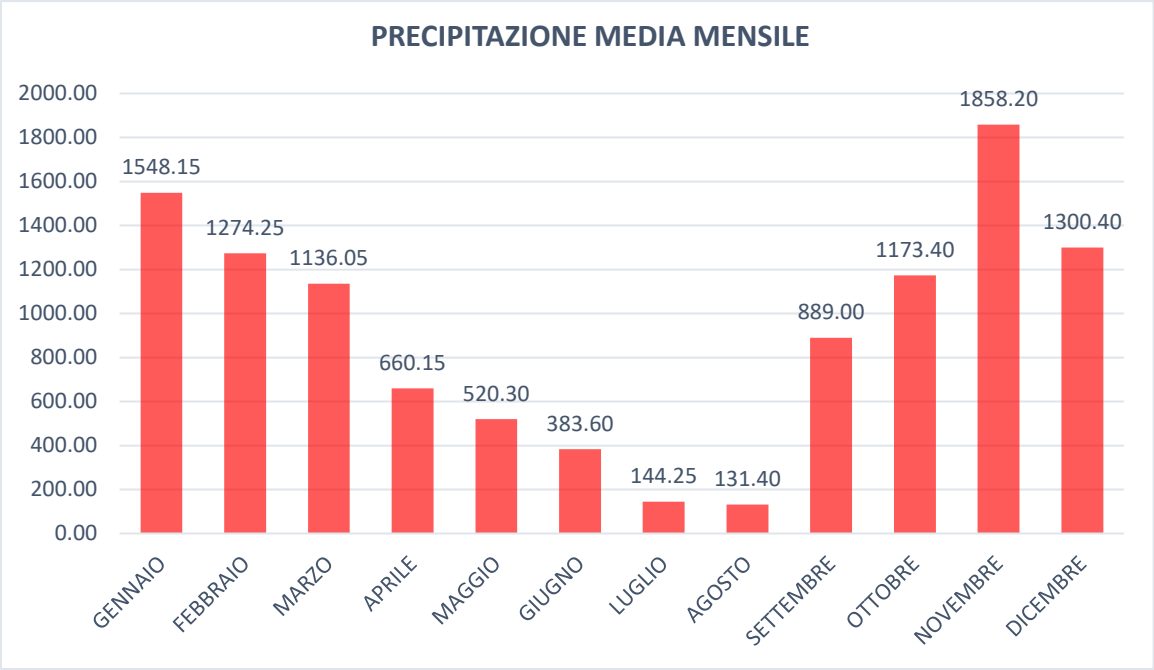


Figura 18 – *Piovosità media mensile.*

I seguenti dati hanno permesso di risalire alla piovosità media annua su un periodo di undici anni, tale piovosità è pari a 1.224,35 mm/a.

$$P = 1.224{,}35\ mm/a$$

- *Evaporaspirazione*

Il parametro successivo di cui è importante tener conto, è l'*Evapotraspirazione*, ovvero la quantità d'acqua di precipitazione che torna in atmosfera per via di determinati fattori termici, primo fra tutti la *Temperatura*. L'evapotraspirazione, intesa come somma di quella reale e di quella potenziale, è stata valutata utilizzando delle formule empiriche che tengono conto essenzialmente della Temperatura media al suolo. I dati relativi alla Temperatura media sono stati ricavati dall'archivio termometrico del *Centro Funzionale Multirischi* della Protezione Civile Regione Campania, dai quali è stata realizzata una media dei dati relativi a due diverse zone rappresentative dell'area di studio: Positano (SA) e Capri. Dalla Figura si evince la temperatura media annua, per ogni anno considerato, la cui media complessiva è di circa 16,5°C.

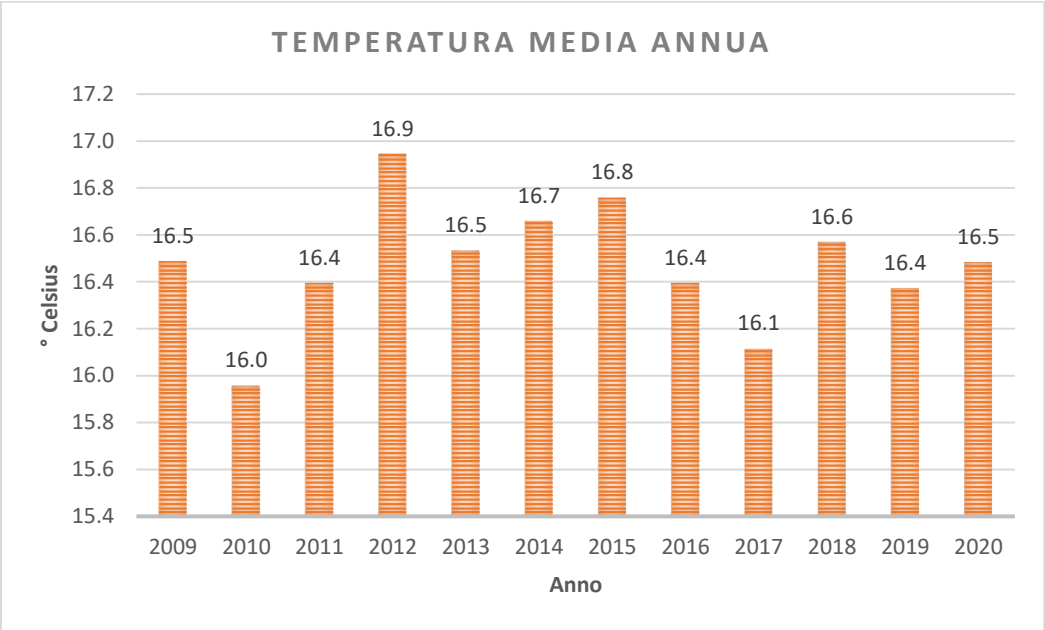


Figura 19 – *Temperatura media annua.*

Per il calcolo dell'Evapotraspirazione si possono utilizzare due metodi differenti. Dal metodo di Thornthwaite si ricava l'*Evapotraspirazione Potenziale*, ovvero la quantità massima che può essere persa, nell'unità di tempo, per evaporazione. Questo metodo tiene conto di vari fattori tra cui il coefficiente di latitudine (k), l'indice annuo di calore (I) e la temperatura media mensile(Ti). Il metodo di Turc, invece, è un metodo empirico dal quale si ricava l'*Evapotraspirazione Reale*, ovvero la quantità d'acqua realmente persa, nell'unità di tempo, per evaporazione.

In questo metodo l'Evapotraspirazione è strettamente dipendente dalle precipitazioni(P) e dal potere evaporante dell'atmosfera(L).

In questo caso trascureremo l'Evapotraspirazione potenziale e applicando la formula di Turc si è ricavato dalla seguente espressione il valore di Er.

$$E_r = \frac{P}{\sqrt{0{,}9 + (\frac{P^2}{L^2})}}$$

dove:

P = volume di acqua di precipitazione (mm/a)

E_r = evapotraspirazione reale (mm/a)

L = potere evaporante dell'atmosfera (mm/a)

la cui formula è pari a:

$$L = 300 + 25t + 0{,}05T^3$$

$$L = 687{,}1$$

$$E_r = 606{,}5 \text{ mm/a}$$

- *Deflusso totale*

Dalla stima delle *Precipitazioni* e dell'*Evapotraspirazione* è stato possibile ricavare il *Deflusso idrico totale presunto* D_t (mm/a). Il *Deflusso totale*, rappresenta la quantità d'acqua che scorre in superficie, che si infiltra o ruscella, e può essere calcolato attraverso due metodi. Il primo metodo considera la portata del bacino (Q), quindi calcola la portata in entrata(Q_e) e quella in uscita (Q_u), si ottiene perciò un dato puntuale $(Q = Q_u - Q_e)$. Dal secondo metodo si ricava, invece, un dato statistico, considerando il Deflusso totale come la sottrazione delle Precipitazioni e dell'Evapotraspirazione, difatti viene identificato anche precipitazione efficace:

$$D_t = P - E_r = R + I$$

$$D_t = 1.224{,}35 - 606{,}5 = 617{,}85 \text{ mm/a}$$

Infine dal deflusso idrico totale presunto si può risalire alle due componenti che lo costituiscono, l'infiltrazione e il ruscellamento, anche tali parametri sono presunti in quanto calcolati per differenza e non con misure sperimentali dirette.

Applicando un *Coefficiente di Infiltrazione Potenziale* C.I.P. (**Figura 20**) è possibile risalire alla percentuale d'acqua che si infiltra (*I*) e quella che ruscella (*R*) tenendo conto dei litotipi affioranti nel bacino e delle loro caratteristiche idrogeologiche.

Litologia	c.i.p. %	Litologia	c.i.p. %
Calcari	90-100	Lave	90-100
Calcari dolomitici	70-90	Depositi piroclastici	50-70
Dolomie	50-70	Piroclastiti e lave	70-90
Calcari marnosi	30-50	Rocce intrusive	15-35
Detriti grossolani	80-90	Rocce metamorfiche	5-20
Depositi alluvionali	80-100	Sabbie	80-90
Depositi argillosi	5-25	Sabbie argillose	30-50

Figura 20 – *Tabella per la valutazione del C.I.P.*

Il valore del C.I.P. viene espresso in % per i diversi tipi litologici, le variazioni sono legate a vari fattori quali la pendenza dei versanti, la copertura vegetale, la porosità e/o la fratturazione della roccia. Quindi l'infiltrazione efficace può essere definita:

$$I_e = I_p * C.I.P.$$

dove I_p rappresenta l'infiltrazione presunta ovvero:

$$I_e = (P - E) * C.I.P.$$

Questa è la quantità d'acqua che entra nell'unità espressa in mm/anno che in alcuni casi può considerarsi anche la quantità di acqua in uscita dalle sorgenti e quindi dal sistema che per assumere un significato dal punto di vista operativo deve essere trasformata in m^3/s.

$R_a\ (m^3/s)$= $I_e(mm/a)$ * Area di studio (km^2) / 31.536 (secondi/a)

Questa non tiene conto degli afflussi idrici indiretti (A) provenienti da altre unità, ipotizzabili in base

allo studio degli spartiacque superficiali che sotterranei.

L'intero bacino considerato ha una superficie di 13,64 km^2(Figura 8), in particolare nella parte costiera affiora il complesso dei Tufi (TGC) per una superficie di circa 1,796 km^2, nella parte più interna è presente il complesso calcareo (C) con un'estensione di circa 2,418 km^2, il complesso arenaceo (Amp) pari a 1,362 km^2, il complesso detritico (GSCp) di 0,536 km^2, e il complesso piroclastico (LSGc) di 7,534 km^2.

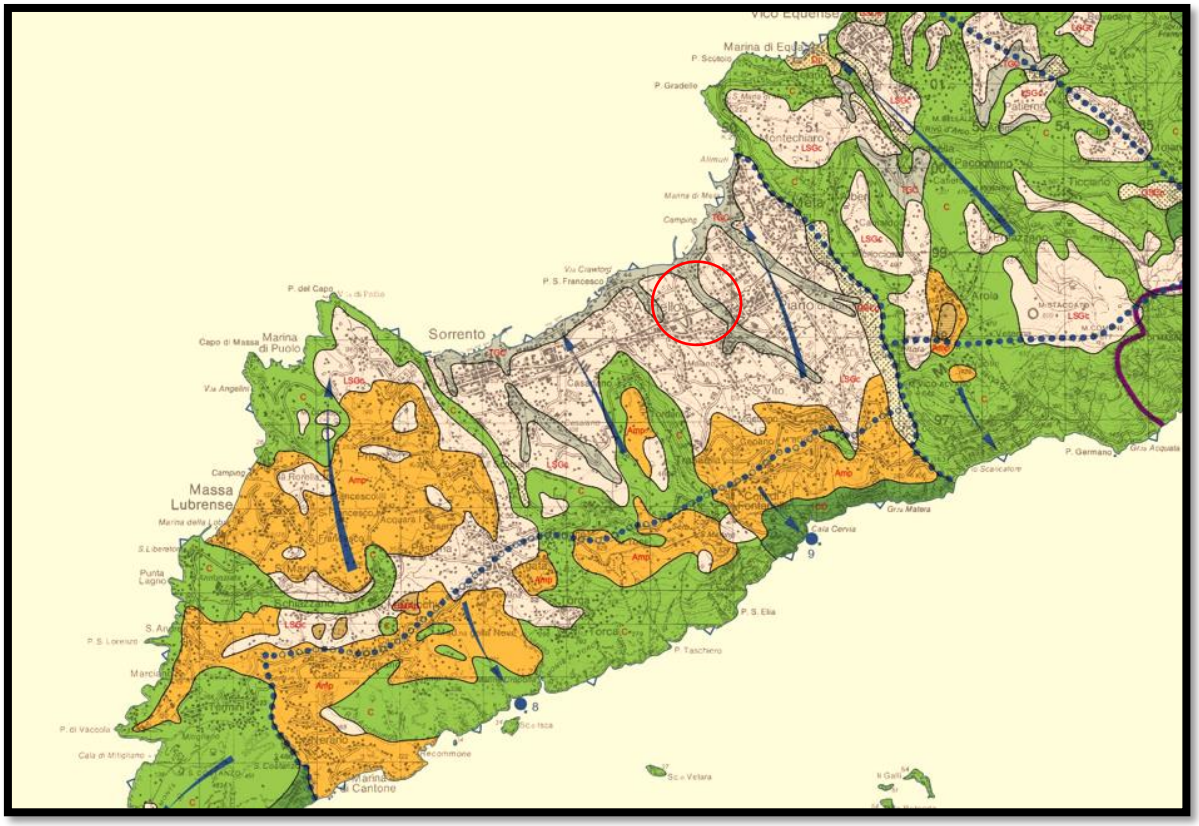


Figura 21 – *Carta Idrogeologica della Provincia di Napoli (Campania) – Scala 1:50.000*

Ognuno dei complessi idrogeologici citati, è costituito da caratteristiche intrinseche e differenti e con particolari capacità di infiltrazione e ruscellamento:

- il *complesso dei Tufi* (Pleistocene superiore - Olocene), in cui vengono raggruppati il Tufo Verde d'Ischia, l'Ignimbrite Campana e Tufo Giallo Napoletano, con diverso grado di litificazione ed a fessurazione colonnare, talora ricoperti da depositi piroclastici a caduta a granulometria variabile da fine a grossolana, presentano un valore di C.I.P. pari al 50%;

- il *complesso piroclastico* (Pleistocene superiore - Olocene), in cui vengono raggruppati le piroclastiti sciolte recenti e le piroclastiti antiche, sono caratterizzate da una bassa permeabilità per porosità; in questo caso il valore di C.I.P. attribuito è pari a 60%;
- il *complesso detritico* (Pleistocene superiore - Olocene) è rappresentato da fasce di potenza variabile che bordano i calcari ed in relazione alla maggiore o minore matrice piroclastica tale litotipo passa da efficace dreno dei calcari a tampone degli stessi. È caratterizzato da una permeabilità per porosità da bassa a media in funzione della percentuale di matrice piroclastica; in questo caso il valore di C.I.P. attribuito è pari a 80%;
- Il *complesso arenaceo* (Miocene), caratterizzato da arenarie a grana anche grossolana con intercalazioni marnose funge da impermeabile relativo, e ha un C.I.P. pari al massimo al 25%
- Il *complesso calcareo* (Cretaceo) è quello di maggiore estensione areale e di più rilevante interesse in funzione delle ben note caratteristiche idrogeologiche. In esso, infatti, si localizzano le più cospicue falde idriche sotterranee e dallo stesso prendono alimentazione tanto le falde di pianura periferiche quanto le più grosse emergenze sottomarine e non. Affiora a ridosso della zona nord-est del PUA e si presenta spesso molto fratturato per cui risulta molto permeabile per fessurazione e carsismo; viste le condizioni è stato attribuito un valore di C.I.P. pari a 90%.

Applicando i C.I.P. prima citati abbiamo in funzione delle estensioni dei singoli complessi le seguenti infiltrazioni efficaci:

- complesso dei Tufi: 0,017 m^3/s;
- complesso piroclastico: 0,088 m^3/s;
- complesso detritico: 0,008 m^3/s;
- complesso arenaceo: 0,006 m^3/s;
- complesso calcareo: 0,04 m^3/s.

per un'infiltrazione efficace totale pari a 0,159 m^3/s.

Conoscendo il Deflusso totale (D_t) dell'intera porzione di bacino considerato e avendo calcolato l'infiltrazione efficace (I_e), possiamo ricavare il *Ruscellamento* superficiale tramite calcolo indiretto:

$$R = D_t - I_e$$

$$D_t = 617{,}85 \text{ mm/a} = 0{,}267\ m^3/s$$

$$R = 0{,}267 m^3/s - 0{,}159 m^3/s = 0{,}108\ m^3/s$$

I parametri ottenuti dal calcolo del bilancio idrologico sono da considerarsi presunti, in quanto calcolati per differenza e non con misure sperimentali dirette, per questi motivi dovrebbero essere trattati con indagini e misurazioni specifiche.

2.8. Caratterizzazione della pericolosità e del rischio Idrogeologico

Dall'esame delle cartografie di riferimento del P.S.A.I (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico), dei territori della ex Autorità di Bacino della Campania Centrale e dei territori della ex Autorità di Bacino Nord Occidentale, l'area in esame non risulta essere in zone di criticità per Pericolosità da Frana e Rischio Frana, né per quanto riguarda l'analisi delle aree soggette a Pericolosità e Rischio Idraulico, secondo le indicazioni, contenute nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI), dei territori dell'ex Autorità di Bacino Campania Centrale e Nord Occidentale, aggiornato nel 2015, adottato con delibera di Comitato Istituzionale n. 1 del 23 febbraio 2015, B.U.R.C. n.20 del 23/03/2015; Attestato, del Consiglio Regionale n° 437/2 del 10/02/2016, di approvazione della D.G.R.C. n.° 466 del 21/10/2015 - BURC n.14 del 29/02/2016.

Nella Carta della Pericolosità da Frana sono state riconosciute e cartografate le classi di pericolosità che interessano le diverse aree del territorio. In generale la pericolosità connessa a movimenti franosi lungo le scarpate o pendii acclivi si origina in relazione a specifiche condizioni predisponenti l'innesco delle dinamiche di dissesto quali ad esempio

- acclività dei versanti;
- caratteristiche geotecniche dei litotipi lungo il pendio;
- condizioni strutturali delle scarpate;
- presenza di circolazione idrica superficiale e/o sotterranea;
- eventi pluviometrici;
- grado di copertura vegetale;
- modifiche antropiche dello stato tensionale dei terreni;

Le aree a maggiore pericolosità P4 e P3 si individuano, generalmente, nell'ambito del settore montano e pedemontano, dove la genesi di fenomeni franosi a cinematismo rapido (crolli e colate detritico fangose) è da ricollegare all'assetto strutturale dei versanti. Quindi, condizioni di vulnerabilità dei terreni superficiali è possibile rilevarli in prossimità degli alvei dei torrenti.

Tali aste di drenaggio risultano particolarmente attivi in occasione delle precipitazioni in particolar modo in coincidenza di eventi metereologici avversi particolarmente copiosi, in seguito ai quali, le aste di drenaggio superficiale, possono aumentare di molto la loro portata ed il loro potere erosivo da cui ne potrebbe risultare una erosione delle sponde. Chiaramente quando la pericolosità incrocia l'urbanizzato, inteso come valore esposto, si trasforma in rischio.

2.9. Stima della pericolosità e del rischio Idrogeologico

Nell'area oggetto del presente studio, dalla Carta della Pericolosità e del Rischio da frana non si evidenziano aree a rischio (**Figure 22-23**).

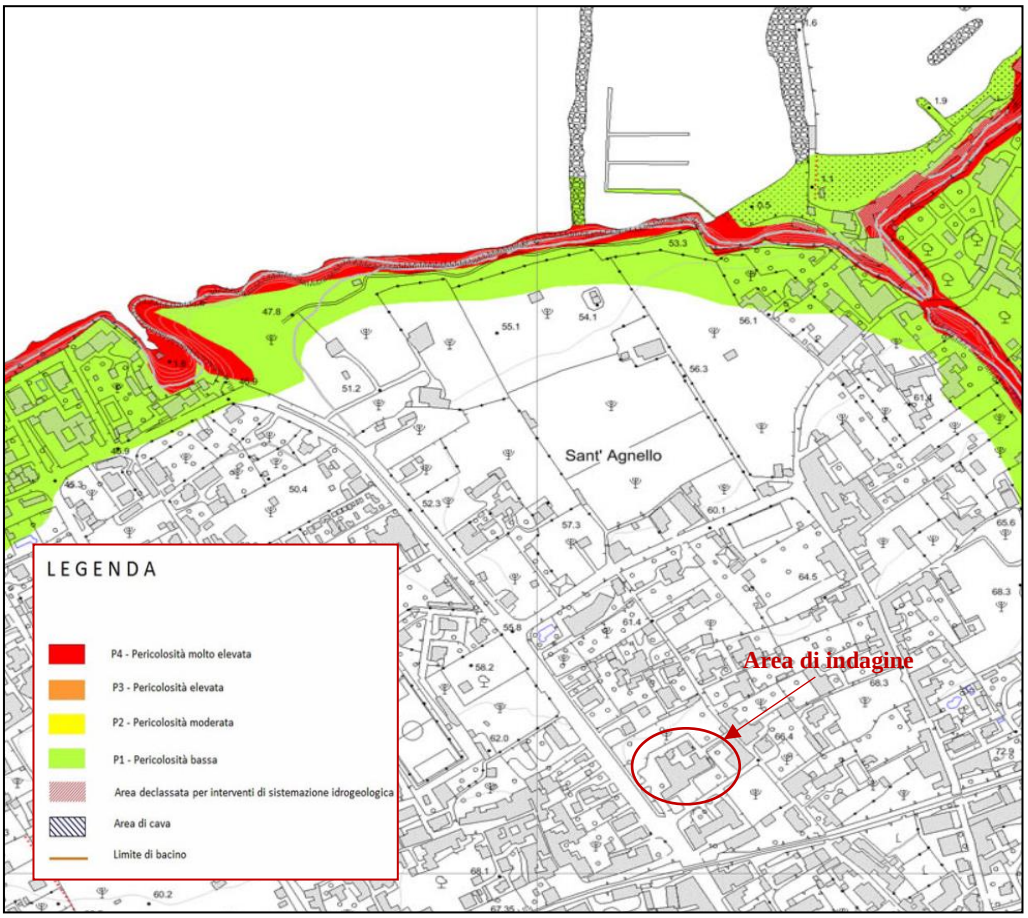


Figura 22 - *Stralcio Carta della Pericolosità da frana (PSAI).*

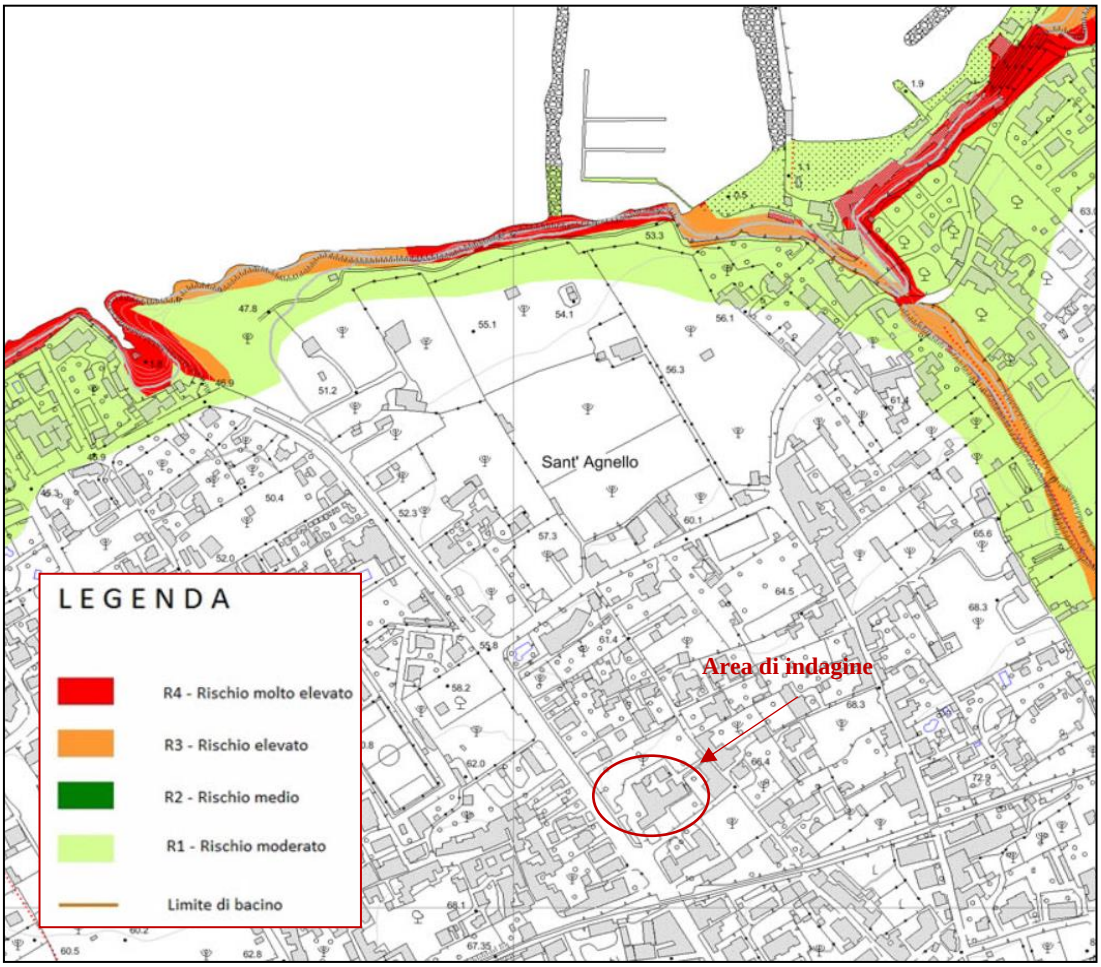


Figura 23 - *Stralcio Carta del Rischio da Frana (PSAI).*

In maniera analoga, è stata redatta la Carta della Pericolosità Idraulica dove sono state riconosciute e cartografate n.4 classi di pericolosità che interessano le diverse aree del territorio.

In generale, considerando la tipologia del rischio, le aree con grado più elevato di pericolosità sono localizzate nelle zone di versante, nelle zone pedemontane e nelle aree circostanti i corsi d'acqua a carattere torrentizio.

A distanza dai corsi d'acqua il rischio idraulico ovviamente decresce e, pertanto, grosse porzioni dell'area di piana sono a pericolosità inferiore o anche nulla.

La pericolosità idraulica può essere distinta in:

- pericolosità dovuta a processi di esondazione del reticolo idrografico principale con trasporto elevato di massa liquida e /o solida;

- pericolosità dovuta a processi di allagamento e /o ristagno di acque meteoriche dilavanti o connesse al trasporto di acqua non regimate.

Nell'area oggetto del presente studio, dalla Carta della Pericolosità e del Rischio Idraulico non si evidenziano aree a rischio, ma è presente un tratto tombato nel sottosuolo (**Figure 24 - 25**).

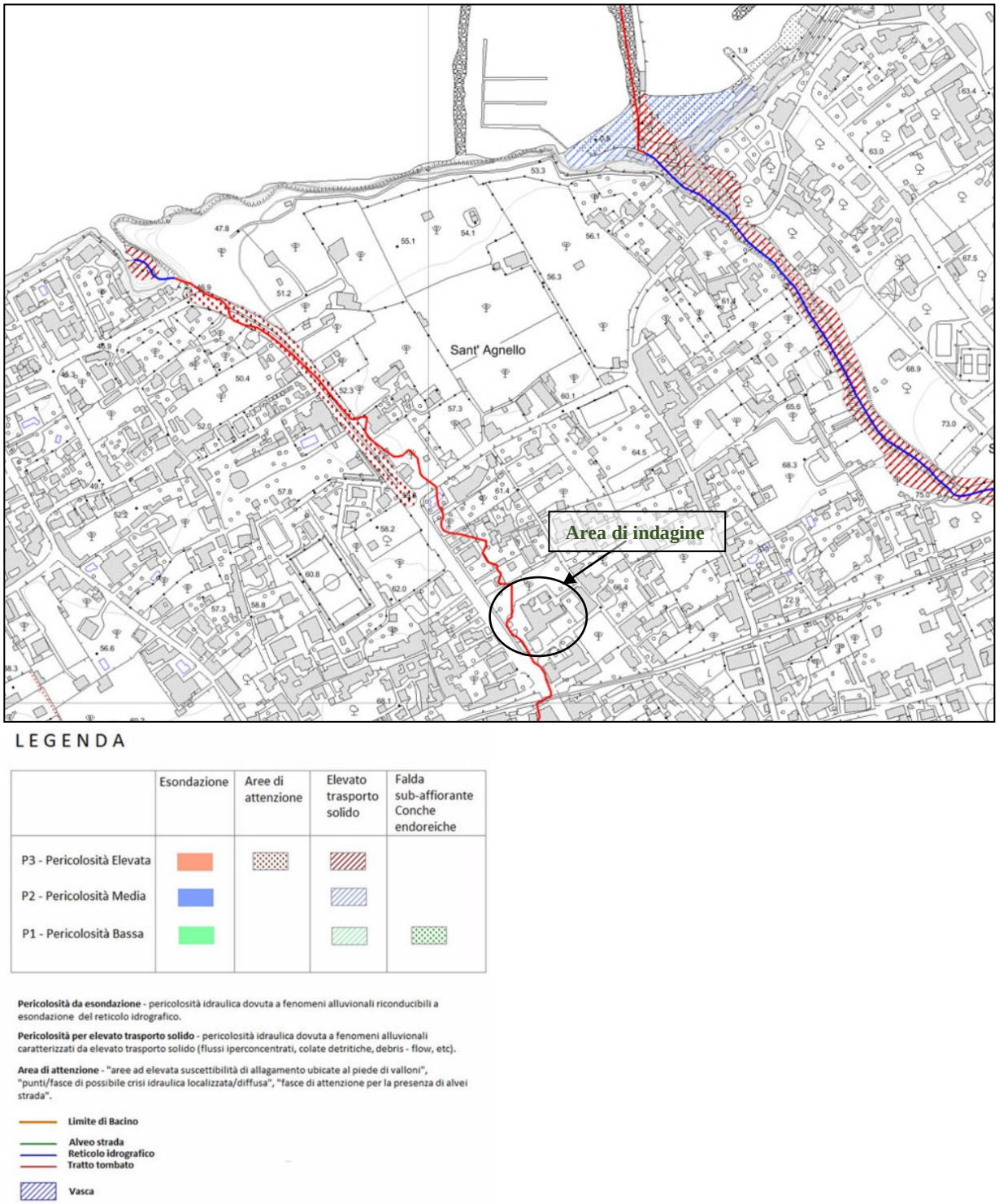


Figura 24 - *Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica (PSAI).*

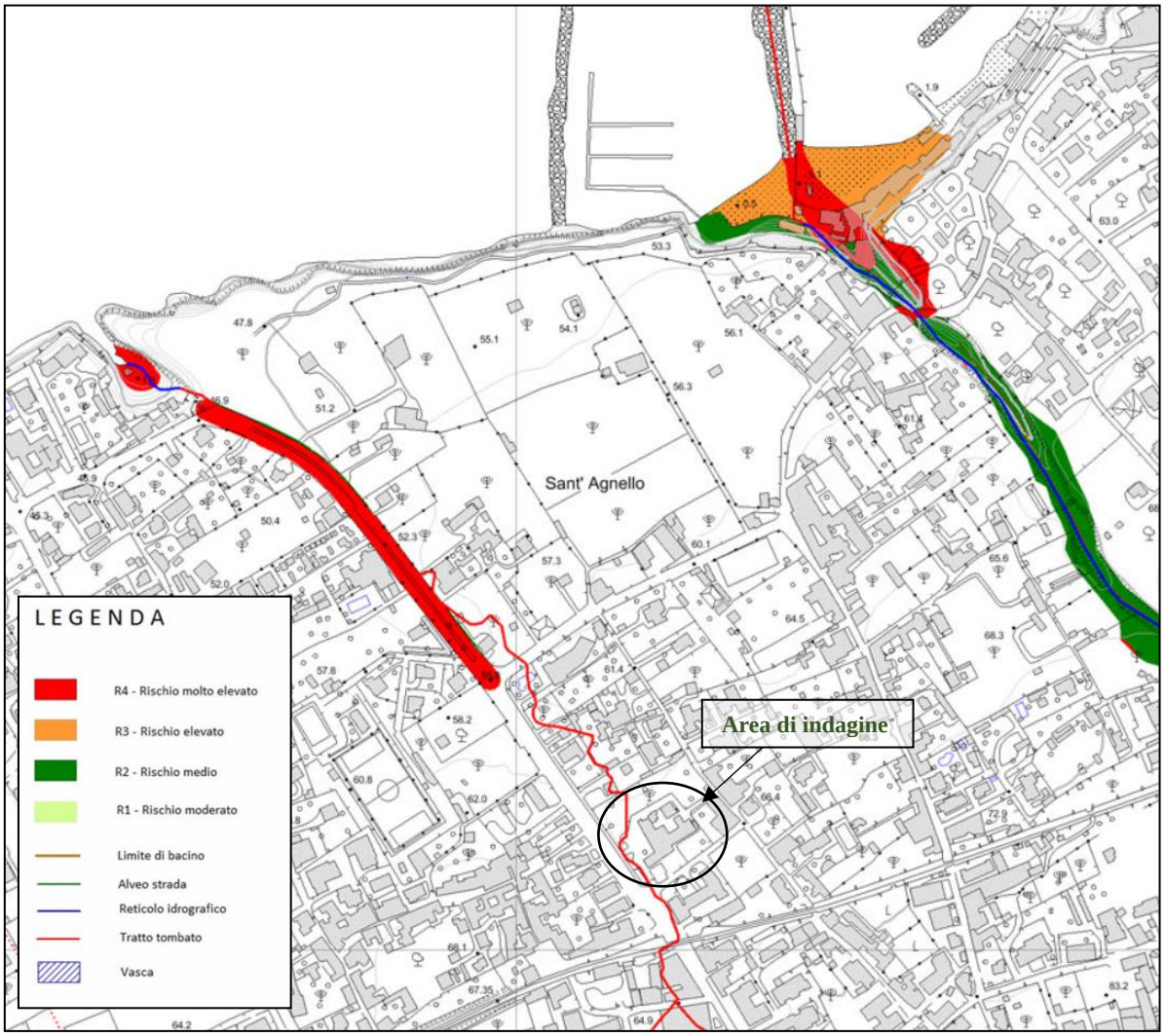


Figura 25 - *Stralcio Carta del Rischio Idraulico (PSAI).*

2.10. Zonazione sismica

Dal punto di vista sismico nel territorio della Regione Campania è possibile distinguere approssimativamente tre aree a diverso comportamento, caratterizzate da una sismicità differente. Si parla in merito di un'area costiera tirrenica, di un'area vulcanica, quest'ultima comprendente i distretti vulcanici del Somma-Vesuvio, dei Campi Flegrei e dell'isola d'Ischia, e di un'area appenninica. Mentre per le aree costiera e vulcanica è possibile parlare di una sismicità più ridotta o comunque più episodica, per quella posta lungo la dorsale appenninica è necessario parlare di una sismicità più diffusa ed elevata. Da un'analisi attenta della sismicità storica e recente del territorio campano appare evidente come gli eventi sismici più catastrofici si siano registrati lungo il confine regionale tra la Campania ed il Molise e tra la Campania, la Puglia e la Basilicata, in particolare nei territori del Matese, del Sannio e dell'Irpinia. Tali zone sono, quindi, da ritenere le aree della Regione Campania a più elevata pericolosità sismica.

Infatti, nell'ambito della nuova Classificazione Sismica della Regione Campania stabilita dal D.G.R. n° 5447 del 2002, da cui la sottostante carta di sintesi (Figura 26) è tratta, appare evidente come i territori comunali posti lungo la dorsale appenninica siano quelli a maggiore sismicità (aree rosse).

In essa è possibile notare come i valori di *ag* lungo la fascia centrale appenninica (Province di Benevento e Avellino) siano compresi tra 0.200 e 0.300 g, valori che nell'ambito della scala risultano essere i più elevati.

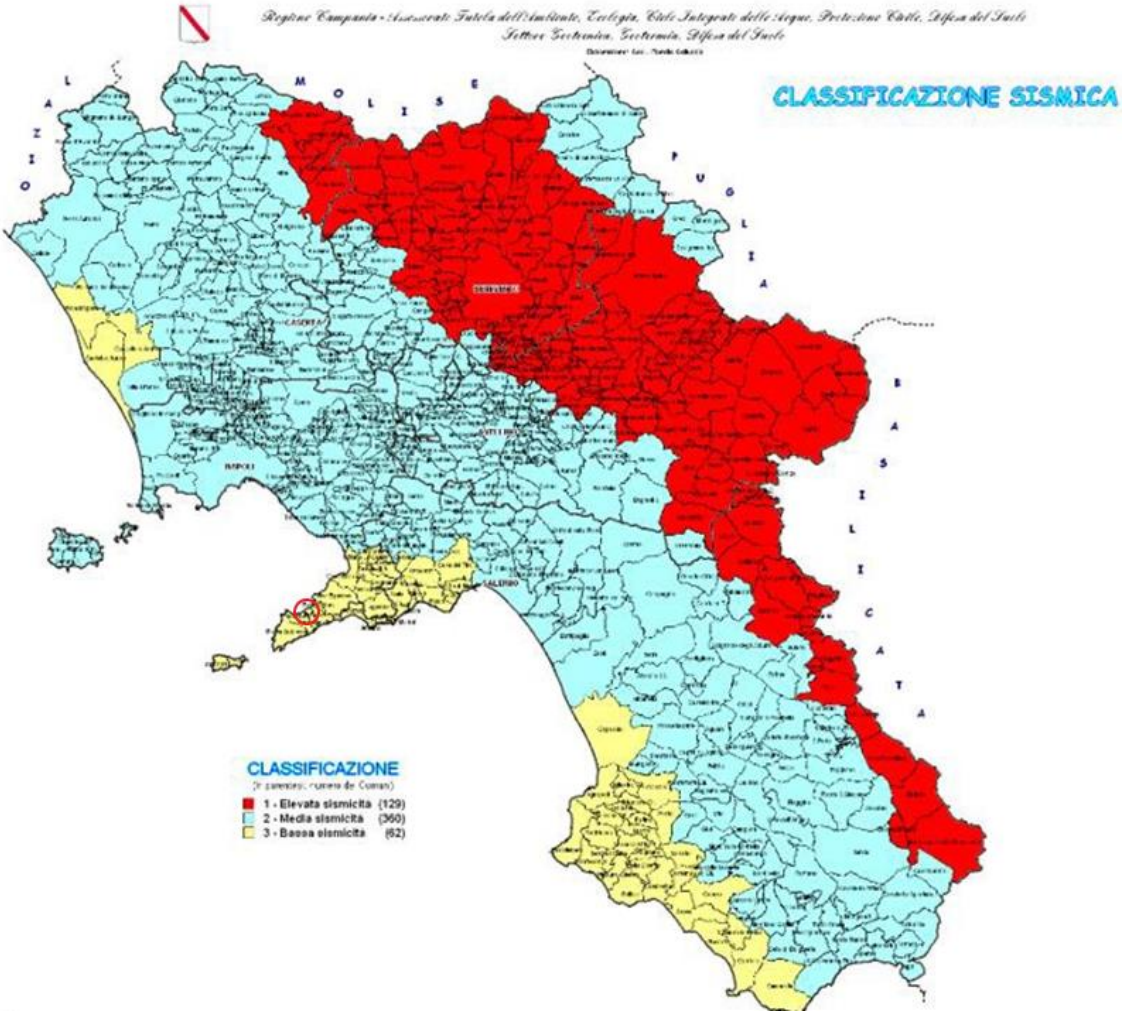


Figura 26 - *Carta dei diversi gradi di sismicità in Campania (D.G.R. n° 5447/2002).*

Nelle zone sismogenetiche poste lungo la dorsale appenninica, ove gli ipocentri dei sismi fino ad ora registrati risultano in gran parte più profondi delle altre zone (area vulcanica), l'energia sismica tende ad irradiarsi per lunghe distanze ed a determinare sulla superficie effetti spesso catastrofici.

L'entità degli effetti al suolo di un evento sismico dipende ovviamente da tutta una serie di elementi tra cui si ritrovano: le caratteristiche della sorgente sismica, il meccanismo di liberazione dell'energia, i fenomeni di attenuazione o di amplificazione tra la sorgente sismica e l'area coinvolta.

Nelle zone poste nelle aree vulcaniche campane, invece, la sismicità è mediamente più bassa a causa di un non elevato accumulo di energia, fatto dovuto alle particolari caratteristiche meccaniche delle rocce vulcaniche (bassa rigidità) e alla presenza di sforzi agenti estremamente concentrati. Tali aree si caratterizzano per una scarsa profondità ipocentrale che per effetto di una forte attenuazione attraverso gli orizzonti vulcanici determina un'estensione dell'area epicentrale molto ridotta.

2.11. Pericolosità Sismica di "base"

Il territorio comunale di Sant'Agnello, sede della futura struttura ospedaliera, in riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 rilasciata il 20 marzo 2003 sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003 , risulta classificato come Zona Sismica 3 (scuotimenti modesti) con accelerazione massima del suolo di 0.075 – 0.100 g (Figura 27) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Vs_{30} > 800 m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

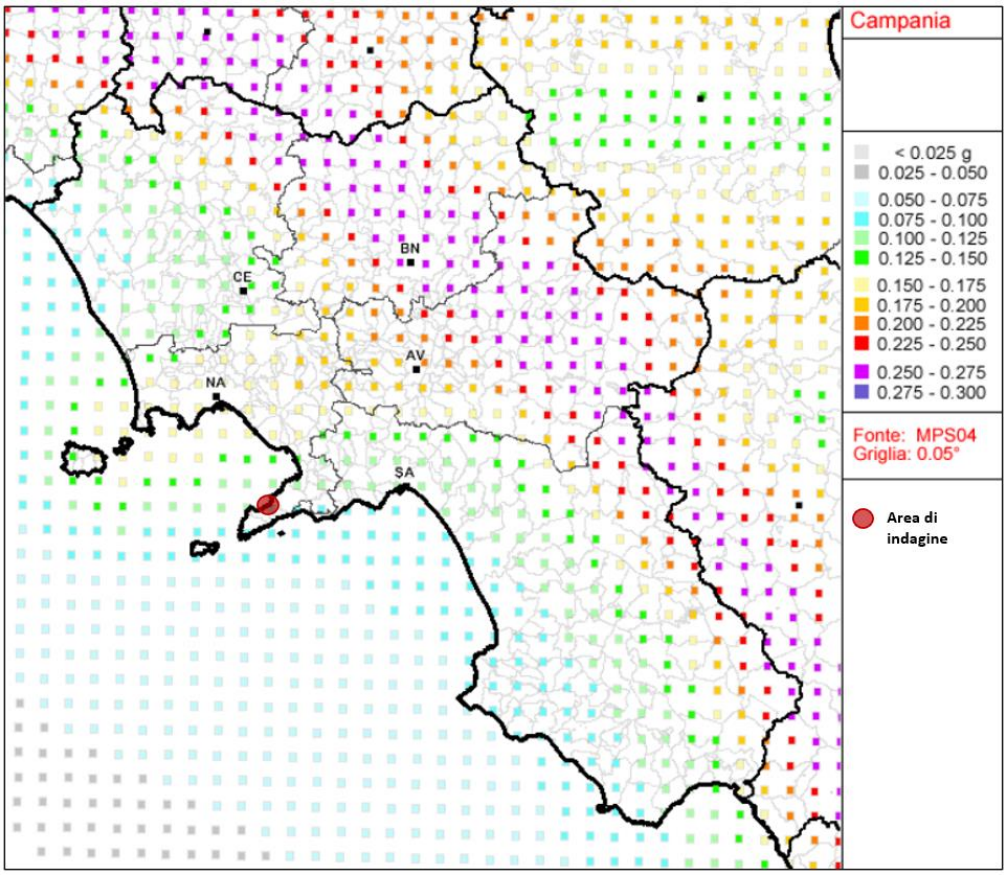


Figura 27 - *Valori di pericolosità sismica della Regione Campania (INGV).*

I suddetti valori devono essere quindi riformulati in base ai parametri sismici riferibili ad una struttura ospedaliera. È necessario infatti considerare la Vita Nominale dell'opera, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, anche soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per un nuovo edificio ospedaliero di valenza strategica, tale valore VN dev'essere pari almeno a 100 anni e tale verrà ipotizzato nel calcolo dello spettro di risposta sismica.

Le azioni sismiche saranno quindi valutate in relazione a un periodo di riferimento VR che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU, quest'ultimo definito sulla base della classe d'uso dell'edificio. Per gli edifici ospedalieri inseriti nei piani di Protezione Civile, e quindi considerati strategici, la classe d'uso dev'essere pari alla Classe IV (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità). Infine la valutazione della sicurezza e la progettazione dovranno essere eseguite, in accordo a quanto prescritto nel Capitolo 7 delle NTC 2018, con riferimento agli Stati Limite Ultimi e di Esercizio. Le Verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC).

Riassumendo dunque i suddetti parametri sismici:

- Coordinate geografiche del sito: Lat.40.632; Long. 14.398 (datum WGS84);
- Classe d'Uso: IV (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti);
- Vita Nominale: 100 anni.

si ottengono per i vari stati limite previsti in normativa, le seguenti grandezze riassunte nella tabella sottostante:

Stato Limite	Tr (anni)	a_g (g)	Fo	Tc'
Operatività (SLO)	120	0,06283	2.4623	0.3545
Danno (SLD)	201	0,07552	2.4969	0.3700
Salvaguardia vita (SLV)	1898	0,14134	2.6923	0.4400
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0.15071	2.7213	0.4454

2.11.1. Faglie capaci

In Figura 27.1 è mostrato uno stralcio della cartografia "ITHACA" – Catalogo delle faglie capaci", elaborato dal Servizio Geologico dell'ISPRA. Dalla figura si evince la presenza della faglia attiva normale, con codice 33900, che risulta essere quella più prossima all'area di progetto, in particolar modo per "Capodichino – Colli Aminei". La lunghezza della faglia è di 26.4 km.

Figura 27.1 – *ITHACA – Catalogo delle faglie capaci.*

In Figura 27.2 è mostrato uno stralcio della cartografia "DISS" – Database of induvidual Seismogenic Sources", elaborato dall' INGV. Dalla figura si evince che intorno all'area di interesse, ci sono stati terremoti (negli ultimi 40 anni circa) con magnitudo minima pari a 4.0 (Magnetudo Locale – Tab.

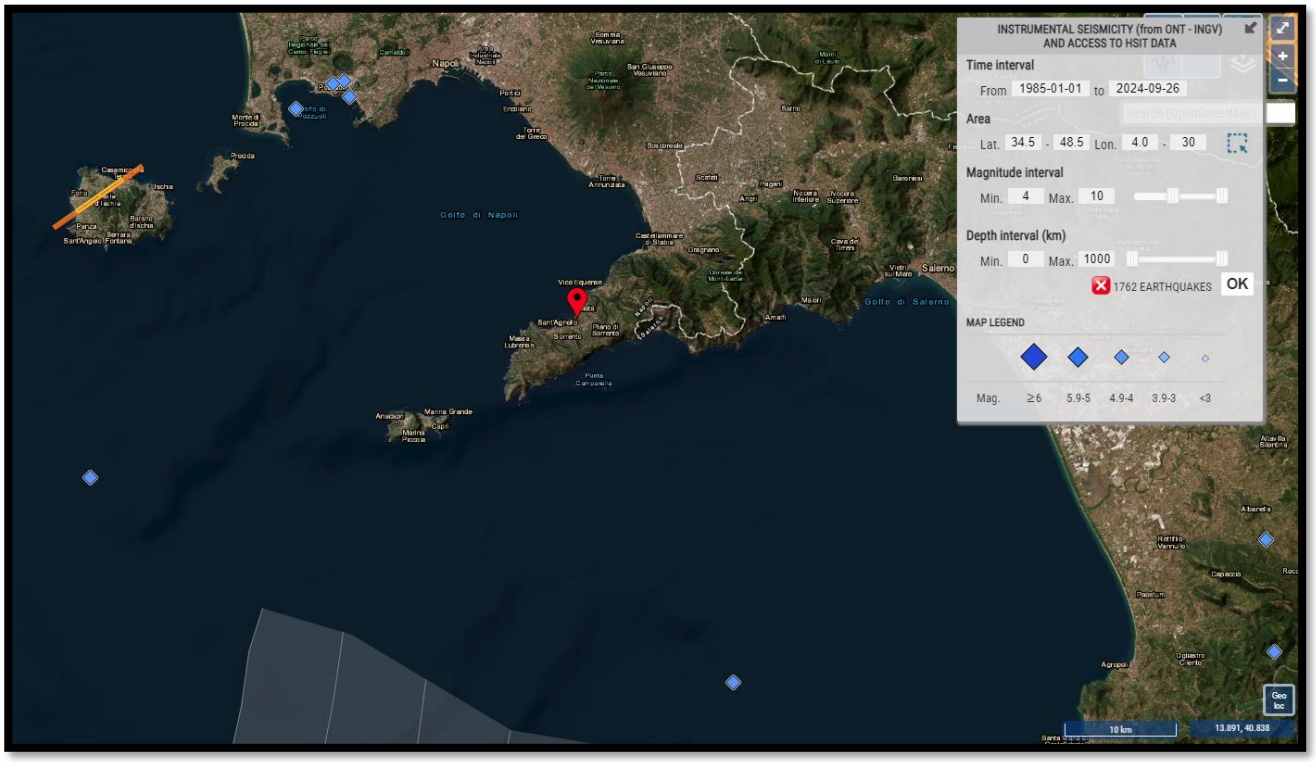


Figura 27.2 – *ITHACA – Catalogo delle faglie capaci.*

Latitudine	Longitudine	Distanza (km)	Magnitudo Locale	Profondità (km)	Data Evento
40.817	14.156	29	4.2	2.9	2023/09/27
40.830	14.149	29	4.0	2.6	2023/10/02
40.827	14.138	30	4.4	2.6	2024/05/20
40.807	14.098	31	4.0	4.0	2024/07/26
40.506	13.876	36	4.3	457.8	2023/10/26
40.339	14.568	47	4.6	378.1	2003/11/14

Tabella 1.1 – *Analisi eventi sismici (ultimi 40 anni)*

2.12. Definizione ed esecuzione del piano di indagini geognostiche specifico

Il piano delle indagini geognostiche è stato definito a partire dall'esame di dati stratigrafici disponibili nelle banche dati pubbliche e più in particolare:

1. esame delle indagini ricavate da Relazioni Geologiche dell'Area messe a disposizione dal Comune di Sant'Agnello;
2. consultazione delle carte tematiche a corredo del P.R.G.C. vigente.

Per la ricostruzione della successione litostratigrafica locale (nella fase di progetto preliminare), la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione e la modellazione sismica dei siti di costruzione, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche in situ che, nel complesso, hanno compendiato l'esecuzione di:

- ✓ n° 7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino a profondità variabile dal p.c..
- ✓ n° 14 prelievi di campioni indisturbati/rocce per le prove di laboratorio.
- ✓ n° 18 prove penetrometriche standard SPT.
- ✓ n°2 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile.
- ✓ n°7 prove penetrometriche dinamiche DPSH.

L'ubicazione di tutte le indagini sono state concordate con i progettisti dell'opera a farsi (Figura 28) e riportate sugli stralci aerofotogrammetrici in scala 1:1.000, mentre le informazioni relative alle suddette perforazioni sono illustrate nelle tabelle seguenti.

Nella fase di progetto definito sono state integrate le seguenti indagini geognostiche (Figura 28bis):

- ✓ n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinti fino a profondità variabile dal p.c.;
- ✓ n° 1 sondaggio a distruzione di nucleo allestito a piezometro per il campionamento delle acque;
- ✓ n° 1 prelievo di campione indisturbato per la prova di laboratorio RCT (Prova di colonna risonante).

Figura 28 – *Ubicazione indagini geognostiche – Fase preliminare (scala 1:1000)*

Figura 28.1 – *Ubicazione indagini integrative – Progetto definitivo (scala 1:1000)*

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

2.12.1. Sondaggi stratigrafici

Per la ricostruzione stratigrafica e l'individuazione della falda, sono stati realizzati n° 9 sondaggi a carotaggio continuo (di cui 7 in fase preliminare e 2 integrati in fase definitiva), spinti a differenti profondità che vanno dai 10 metri fino a 60,00 m dal p.c., ciascuno eseguito con una sonda a rotazione del tipo C.M.V. corredata di tutte le attrezzature per l'esecuzione di sondaggi geognostici e campionamenti in materiali incoerenti, coesivi e lapidei.

La perforazione ad andamento verticale è stata eseguita a carotaggio continuo, con carotieri di diametro di 127 mm.

Tale modus operandi, unitamente all'abilità dell'operatore, ha reso minimo il disturbo nei terreni attraversati consentendo una percentuale di recupero sempre superiore al 90%.

I campioni rimaneggiati - "carote" - estratti nel corso delle perforazioni sono stati alloggiati in apposite cassette catalogatrici in PVC di dimensioni 100 X 50 X 15 cm, munite di setti separatori e con apposito coperchio apribile, avendo cura di riportare negli scomparti interni le quote di riferimento di ciascuna manovra eseguita.

Successivamente le carote sono state analizzate e fotografate dallo scrivente geologo.

L'esame dettagliato ha consentito la compilazione delle colonne stratigrafiche avendo cura di annotare:

- spessore e profondità dal p.c. del tetto di ogni unità litostratigrafica. Vengono segnalate, nell'ambito delle unità, eventuali alternanze o particolari tipi di deposizione (varve, laminazioni ritmiche, ecc.);
- colore prevalente;
- composizione granulometrica approssimata, nei termini correnti (trovanti, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo, argilla), indicando il diametro massimo della ghiaia ed elencando per prima la frazione prevalente e di seguito le eventuali altre frazioni secondo importanza percentuale;
- caratteristiche di consistenza (terreni coesivi) nei termini correnti (privo di consistenza, poco consistente, moderatamente consistente, consistente, molto consistente, estremamente consistente);
- caratteristiche di addensamento (terreni incoerenti) nei termini usuali (sciolto, poco addensato, moderatamente addensato, addensato, molto addensato);

- presenza di inclusi organici (resti vegetali, torbe, ecc.) e non (calcinacci, resti archeologici, ecc.);
- presenza di eventuali falde acquifere;
- profondità di prelievo dei campioni indisturbati;
- profondità di esecuzione e risultati delle prove S.P.T.

Le colonne stratigrafiche, riportate nell'allegato 1, mostrano una successione riconducibile sostanzialmente a tre litologie:

- l'orizzonte di riporto;
- i prodotti piroclastici rimaneggiati del distretto vulcanico del Somma-Vesuvio con localizzate lenti ghiaioso-sabbiose di natura carbonatica;
- la formazione dell'Ignimbrite Campana.

I sondaggi S01P e S08P e i sondaggi S05DH e S09DH sono stati condizionati rispettivamente a piezometro a "tubo aperto" e a "Down-Hole".

Lo spazio anulare (corona drenante) tra il pozzo e il foro è stato riempito con ghiaia silicea lavata e calibrata (1-3 mm) fino a 0.5 m al di sopra del tratto fessurato. Al fine di evitare l'infiltrazione delle acque superficiali, il restante spazio è stato riempito con miscela di cemento - bentonite fino a boccapozzo. Al termine dell'installazione, il piezometro è stato sviluppato con pompa sommersa, emungendo l'acqua utilizzata per la perforazione, avendo cura di interessare tutto il tratto finestrato per favorire l'assestamento del pre filtro. I pozzi di monitoraggio (piezometri) sono stati completati in superficie con protezione metallica fuori terra e protetti con tappo a tenuta.

Tutte le fasi delle indagini in oggetto, sono state seguite da un Geologo esperto che ha redatto le stratigrafie intercettate segnalando anche i punti di campionamento e per garantire la conformità alle norme AGI (1977) "*raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*". Le colonne stratigrafiche corredate di tutte le informazioni derivate dalla descrizione dei terreni sono riportate negli allegati tecnici. Nei paragrafi seguenti vengono riportate le tipologie delle prove eseguite e nelle relative tabelle vengono sintetizzate le quantità e le profondità raggiunta. Nella Tabella 2 sono riportate le coordinate di ogni singolo sondaggio con la corrispettiva quota sopra il livello del mare (s.l.m.) e la profondità verticale raggiunta rispetto al piano campagna (p.c.). Le coordinate geografiche sono state rilevate con GPS RTK modello GEOMAX Zenith 20, e riferite al sistema Geodetico UTM - WGS 84.

ID Sondaggio	Coordinate E	Coordinate N	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m dal p.c.)
S01P	449.093,43 m	4.498.126,36 m	64,00	56,00
S02	449.151,56 m	4.498.169,67 m	64,00	24,00
S03	449.079,00 m	4.498.134,00 m	63,00	20,00
S04	449.097,00 m	4.498.104,00 m	67,00	30,00
S05DH	449.117,00 m	4.498.144,00 m	64,00	30,00
S06A	449.115,00 m	4.498.085,00 m	64,50	10,00
S08P	449.183,68 m	4.498.108,37 m	68,00	60,00
S09DH	449.103,30 m	4.498136,16 m	65,00	30,00
S13P	449.116,18 m	4.498154,93 m	65,00	60,00

Tabella 2 – *Ubicazioni dei sondaggi eseguiti nell'area del "Nuovo ospedale unico della penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana "*

Nella Tabella 3 vengono sintetizzati il numero di campioni prelevati, le quantità delle prove eseguite e i tipi di condizionamento.

ID Sondaggio	Campioni Indisturbati	S.P.T.	Prove in foro	Condizionamento
S01P	2	3	/	Piezometro
S02	2	3	/	/
S03	2	3	/	/
S04	2	3	/	/
S05DH	2	3	Lefranc C.V.	Down-hole
S08P	2	3	/	Piezometro
S09DH	1	/	/	Down-Hole
S13P	/	/	/	Piezometro
Totale	**15**	**18**		

Tabella 3 – *Riepilogo dei campioni, delle prove e del tipo di condizionamento dei sondaggi.*

2.12.2. Prelievo campioni indisturbati

Per la determinazione sperimentale delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione nel corso dei sondaggi sono stati prelevati dei campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, utilizzando un campionatore con fustella a pareti sottili, costituita da un tubo in acciaio inox con angolo di scarpa di circa 15°, (campionatore Shelby), per rendere trascurabile l'alterazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni campionati. Il prelievo dei campioni indisturbati è avvenuto in conformità con quanto previsto dalle norme "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.

✓ Manovra di pulizia del foro con carotiere da 101 mm.

✓ Prelievo del campione indisturbato mediante campionatore Shelby.

Successivamente, la fustella, contenente il campione prelevato, è stata sigillata con paraffina fusa, al fine di conservare l'umidità naturale ed è stato catalogato, annotando sull'apposita etichetta i seguenti dati:

- committente;
- cantiere;
- sondaggio;
- numero identificativo del campione;
- quota di inizio e fine prelievo;
- classe di qualità;

e conservato in un luogo idoneo fino alla data di spedizione presso il laboratorio geotecnico.

I campioni prelevati durante le indagini sono riportati nella seguente tabella.

ID SONDAGGIO	ID CAMPIONE	PROFONDITÀ
S01P	S01P – C.I.1	3.00 – 3.50 m
S01P	S01P – C.I.2	6.00 – 6.30 m
S02	S02 – C.I.1	2.00 – 2.30 m
S02	S02 – C.I.2	5.50 – 6.00 m
S03	S03 – C.I.1	3.90 – 4.50 m
S03	S03 – C.I.2	6.50 – 7.00 m

S04	S04 – C.I.1	9.00 – 9.20 m
S04	S04 – C.I.2	11.30 – 11.50 m
S05DH	S05DH – C.I.1	4.50 – 5.00 m
S05DH	S05DH – C.I.2	7.50 – 8.00 m
S06A	S06A – C.I.1	6.00 – 6.20 m
S06A	S06A – C.I.2	9.00 – 9.30 m
S08P	S08P – C.I.1	5.00 – 5.40 m
S08P	S08P – C.I.2	11.50 – 11.82 m
S09DH	S09DH_C.I.2	7.50-8.00 m
TOTALE = 15 Campioni Indisturbati		

Tabella 4 – *Riepilogativa dei campioni prelevati durante le indagini geognostiche.*

2.12.3. Prove penetrometriche dinamiche in foro tipo S.P.T.

In corso d'opera, sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche in foro del tipo S.P.T., secondo le modalità contenute nelle Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

Com'è noto la prova SPT consiste nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore (Raymond) che, penetrando nel terreno sotto i colpi di un maglio (con dispositivo di sganciamento automatico) di peso pari a 63,5 Kg e con volata di 76 cm, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione, per un tratto di 45 cm, e subordinatamente di prelevare piccoli campioni del terreno stesso (cfr. Figura 29).

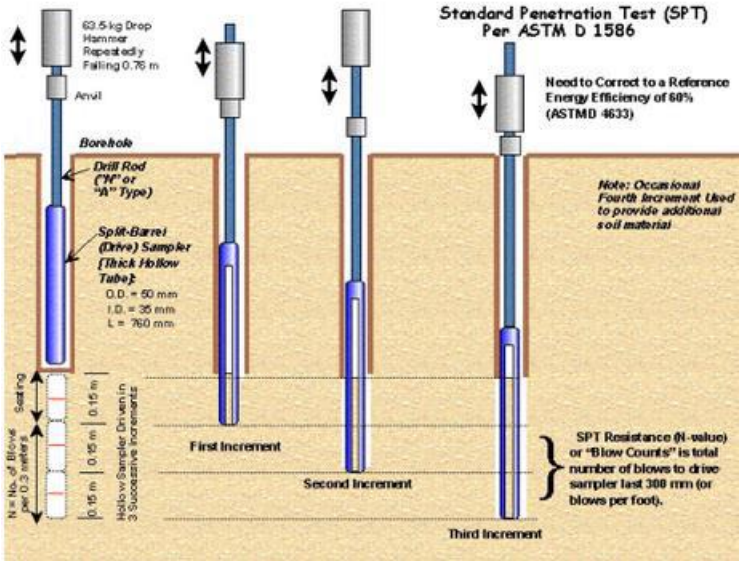


Figura 29 - *Prova SPT- Schema di principio (non in scala).*

Più dettagliatamente, posato il campionatore SPT sul fondo del foro, accuratamente pulito e confrontato con la quota raggiunta dalla perforazione, si registra il numero di colpi necessario per farlo avanzare di 15 cm. Se l'infissione (i) dopo 50 colpi è inferiore a 15 cm (NSPT = N1 = 50 colpi; i < 15 cm) si sospende la prova registrando il valore di i (ad es. NSPT = 50, i = 12 cm). Se N1 ≤ 50 colpi si registra il numero di colpi N2 per ottenere l'infissione di altri 15 cm ed il numero di colpi N3 per ottenere ulteriori 15 cm.

Si assume in tal caso: NSPT = (N2 + N3) colpi; i = 30 cm; se per i colpi NSPT = N2 + N3 = 100 non si raggiungono i 30 cm, ad esempio NSPT = 100 colpi i = 22 cm si sospende l'infissione.

Il valore di NSPT è la somma dei colpi necessari per ottenere gli ultimi 2 tratti di Penetrazione

Il ritmo delle percussioni nel corso della prova deve essere compreso fra 20 e 25 colpi/minuto in modo da fornire sempre la stessa energia di battitura. Se la prova viene eseguita in terreni molto addensati o ghiaiosi la scarpa del campionatore SPT va sostituita con una punta conica avente diametro esterno di 51 mm ed apertura di 60°. Dalla prova SPT è possibile trarre utili informazioni sullo stato di addensamento nei terreni granulari e sul grado di consistenza in quelli coesivi così come risulta dalle tabelle seguenti.

Valutazione dei parametri di resistenza dai dati dello S.P.T.

Definizione della consistenza	Numero dei colpi N (S.P.T.)	Indice di consistenza I_c	Coesione non drenata c_u (bar)
Terreno coerente			
Molto soffice	< 2	~ 0	<0,1
Soffice	2÷ 4	0÷0,25	0,1 ÷0,25
Plastico	4÷ 8	0,25÷0,5	0,25÷0,5
Duro	8÷15	0,5 ÷0,75	0,5 ÷1,0
Molto duro	15÷30	0,75÷1,0	1,0 ÷2,0
Durissimo	>30	> 1,0	>2,0
Terreno incoerente (sabbie e ghiaie)		Densità relativa D_r	Angolo di attrito φ'
Molto sciolto	<4	<0,2	<30°
Sciolto	4÷10	0,2÷0,4	30°÷35°
Medio	10÷30	0,4÷0,6	35°÷40°
Denso	30÷50	0,6÷0,8	40°÷45°
Molto denso	>50	>0,8	>45°

Tabella 5 – *Valutazione dei parametri di resistenza dai dati dello S.P.T.*

Comparazione di parametri da valori di N (SPT)

Definizione *Terzaghi-Peck 1948*	SPT *N*	Densità relativa *Dr**	Angolo res. al taglio **(*appross.*)	Campo di variab. peso unità di vol. kN/m³
Molto sciolta	*5-10*	*0-15*	*25°-30°*	*11 - 16*
Sciolta	*8-15*	*35*	*27°-32°*	*14 - 18*
Media	*10-40*	*65*	*30°-35°*	*17 - 20*
Densa	*20-70*	*85*	*35°-40°*	*17 - 22*
Molto densa	*35*	*100*	*38°-43°*	*20 - 23*

Tabella 6 – *Comparazione di parametri da valori di N (SPT).*

Comparazione di parametri da valori di N (SPT)

Descrizione della consistenza	*SPT N*	*Resist. alla compress. qu kPa*	*Peso dell'unità di volume saturo kN/mt³*
Argilla molto molle	*<2*	*<25*	*<16*
Argilla molle	*2 - 4*	*25 - 50*	*16 - 17*
Argilla media	*4 - 8*	*50 -100*	*17 - 19*
Argilla compatta	*8 -16*	*100 -200*	*19 - 21*
Argilla molto compatta	*16 - 32*	*200 -400*	*20 - 22*
Argilla dura	*>30*	*>400*	*>22*

Tabella 7 - *Comparazione di parametri da valori di N (SPT).*

Sabbie	N_{SPT}	Valutazione dello stato di addensamento
	0 ÷ 4	Sciolto
	4 ÷ 10	Poco addensato
	10 ÷ 30	Moderatamente addensato
	30 ÷ 50	Addensato
	> 50	Molto addensato
Terreni coesivi	N_{SPT}	Valutazione della consistenza
	< 2	Privo di consistenza
	2 ÷ 4	Poco consistente (molle)
	4 ÷ 8	Moderatamente consistente
	8 ÷ 15	Consistente
	15 ÷ 30	Molto consistente
	> 30	Estremamente consistente (duro)

Tabella 8 - *Classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni incoerenti e coesivi (Fonte: A.G.I. 1977).*

Tuttavia occorre ricordare che la tabella 6 non tiene conto dello stato tensionale efficace agente che, invece, ha notevole influenza sulla resistenza del terreno alla penetrazione; il valore di NSPT, infatti, oltre che con Dr cresce con la pressione litostatica e con la dimensione dei granuli mentre diminuisce in presenza d'acqua.

A questo proposito Terzaghi e Peck ottengono per le sabbie fini, il valore di NSPT sotto la falda dalla relazione:

$$NSPT = 15 + ½ (N' - 15)$$

dove N' è il numero di colpi sopra la falda, formula che tiene conto che parte dell'energia di infissione si dissipa in pressione interstiziale.

Giova ricordare, infine, che la prova penetrometrica S.P.T. perde di significato nel caso di acqua rapidamente risalente nel foro e che ad N2 ed N3 può attribuirsi un significato simile a quello di Rp ed Rl delle prove penetrometriche statiche: più N3 è maggiore di N2 più il terreno è addensato.

Le risultanze, le profondità ed il numero dei colpi registrati dalle prove S.P.T. sono riportati nella seguente tabella:

STANDARD PENETRATION TEST (SPT)								
ID SONDAGGIO	**N° S.P.T.**	**PROFONDITÀ (m)**		**COLPI**				**TIPO DI PUNTA**
		da metri	**a metri**	**1°tratto 15 cm**	**2°tratto 15 cm**	**3°tratto 15 cm**	**Somma 2° e 3° tratto**	
S01P	n°1	3,50	3,95	3	3	4	7	Punta Conica
S01P	n°2	6,30	6,75	18	14	22	36	Punta Conica
S01P	n°3	9,00	9,45	30	37	45	82	Punta Conica
S02	n°1	2,30	3,75	2	1	3	4	Punta Conica
S02	n°2	6,00	6,45	11	17	20	37	Punta Conica
S02	n°3	11,00	11,45	08	12	26	38	Punta Conica
S03	n°1	5,00	5,45	RIFIUTO			RIFIUTO	Punta Conica
S03	n°2	8,00	8,45	12	16	13	39	Punta Conica
S03	n°3	12,00	12,45	27	23	24	47	Punta Conica
S04	n°1	6,00	6,45	10	10	9	19	Punta Conica
S04	n°2	9,20	9,65	15	12	12	24	Punta Conica
S04	n°3	12,00	12,45	21	17	29	46	Punta Conica
S05DH	n°1	6,50	6,95	16	20	23	43	Punta Conica
S05DH	n°2	9,50	9,95	21	20	15	35	Punta Conica
S05DH	n°3	12,00	12,45	25	27	24	51	Punta Conica
S08P	n°1	2,50	2,95	3	2	3	5	Punta Conica
S08P	n°2	5,40	5,85	9	12	13	25	Punta Conica
S08P	n°3	9,00	9,45	33	39	49	88	Punta Conica

Tabella 9 – *Riepilogativa delle prove S.P.T.*

2.12.4. Prova di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono state eseguite delle prove di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile (C.V.) secondo le modalità contenute nelle Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm, fino alla profondità prestabilita, e successiva misura con scandaglio a fondo foro.

✓ Immissione di ghiaietto siliceo calibrato nella batteria di tubi di rivestimento per tutta la lunghezza della tasca di prova che si desidera ottenere, e successiva misura con scandaglio a fondo foro.

✓ Sollevamento della colonna di tubi di rivestimento fino alla quota iniziale della tasca di prova.

✓ Saturazione con acqua pulita della colonna di rivestimento, e successive misure degli abbassamenti della colonna d' acqua a distanza di 1', 2', 4', 8', 15', 30' e 60' dall'inizio dell'abbassamento; le misure sono state effettuate da boccaforo.

La perforazione è stata effettuata con carotiere fino alla quota di prova senza l'impiego di fanghi, evitando di modificare le caratteristiche granulometriche e di compattezza del terreno ed è stato rivestito il foro fino ad isolare il tratto interessato. È stata effettuata un'immissione continua di acqua pulita nel foro per provvedere alla saturazione dell'orizzonte e creare un regime laminare.
Le profondità delle prove Lefranc C.V. eseguite durante le indagini in oggetto sono riportate nella seguente tabella, mentre il rapporto di prova viene riportato negli allegati tecnici.

ID SONDAGGIO	ID PROVA	Profondità iniziale della tasca di prova (m dal p.c.)	Profondità finale della tasca di prova (m dal p.c.)	Litologia
S05DH	1	0,00	5,00	Piroclastite sciolta
S05DH	2	0,00	10,00	Tufo

Tabella 10 – *Riepilogativa della prova Lefranc.*

2.12.5. Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH)

Per definire le caratteristiche litologiche e geotecniche del terreno sono state eseguite n.7 prove penetrometriche dinamiche continue, standardizzate nelle "Raccomandazioni ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa" (1988), nonché dalle "Raccomandazioni AGI per l'esecuzione delle indagini geotecniche" (1977), sono state eseguite con un penetrometro dinamico superpesante PAGANI TG63-200 kN, cingolato (Figura 30).

Figura 30 – *Penetrometro Pagani utilizzato per le prove penetrometriche dinamiche.*

Tale prova permette di ottenere la stratigrafia del terreno e la correlazione tra Nspt e i parametri geotecnici dei terreni attraversati dalla verticale d'indagine.

Le modalità di esecuzione hanno rispettato lo standard tipo Meardi - Agi (DPSH – Dynamic Probing Super Heavy) con massa del maglio a sganciamento automatico da 73 kg ed altezza di caduta di 0,75 m, infiggendo tramite aste da 34 mm una punta da 2" con angolo di conicità di 60°.

Nella seguente tabella sono indicati i dettagli delle prove penetrometriche eseguite:

ID INDAGINE	PROFONDITA' PROVA (m)	COORDINATA E	COORDINATA N
DPSH-1	21,80 m	449.075,47 m	4.498.134,25 m
DPSH-2	18,20 m	449.100,00 m	4.498.101,00 m
DPSH-3	11,20 m	449.115,00 m	4.498.157,00 m
DPSH-4	17,80 m	449.164,00 m	4.498.178,00 m
DPSH-5	13,00 m	449.167,00 m	4.498.152,00 m
DPSH-6	12,80 m	449.136,00 m	4.498.145,00 m
DPSH-7	5,40 m	449.144,00 m	4.498.088,00 m

Tabella 11 - *Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche continue DPSH*

Le elaborazioni si basano sulle note correlazioni empiriche tra Ndpsh - Nspt - Profondità e forniscono una ricostruzione litostratigrafica non univoca, ma derivante dalle informazioni acquisite dall'operatore in cantiere, ritenuta quindi la più verosimile. I parametri geotecnici vengono forniti per i diversi autori, lasciando al committente la scelta di quelli ritenuti idonei. La sintesi fornita è puramente indicativa, la committenza ne valuterà la bontà e la necessità di utilizzarla. In base a quanto precedentemente esposto si riportano i risultati ottenuti della prova con i valori di NDPSH e di NSPT e dei parametri geotecnici correlati ad ogni strato negli allegati tecnici.

2.12.6. Condizionamento dei fori di sondaggio con piezometro a tubo aperto

I fori di sondaggio indicati con sigla S01P, S08P e S13P sono stati condizionati con tubazione piezometrica a tubo aperto. Anche per questa fase di lavorazione la modalità esecutiva dell'installazione della tubazione è stata condotta in conformità con le raccomandazioni AGI (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche", seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.
- ✓ Installazione della tubazione piezometrica fino a fondo foro.
- ✓ Riempimento graduale dell'intercapedine tra tubazione piezometrica e tubazione di rivestimento per tutta la lunghezza del tratto drenante ad opera di ghiaietto siliceo calibrato e rimozione graduale della tubazione di rivestimento.

Infine, a protezione del boccaforo è stato installato un chiusino carrabile in polipropilene.

Figura 31 – *Chiusino in polipropilene.*

ID Sondaggio	Tipo	Profondità (m da p.c.)	Coordinate plano-altimetriche		Quota (m s.l.m.)	Piezometro a tubo aperto	Tratto finestrato (m da p.c.)
			Est	Nord			
S01P	Carotaggio continuo	56,00	449.093,43 m	4.498.126,36 m	64,00	X	46 - 56
S08P	Carotaggio continuo	60,00	449.183,68 m	4.498.108,37 m	68,00	X	50 - 60
S13P	Distruzione di nucleo	60.0	449.116,18 m	4.498154,93 m	65.00	X	48 - 60

Tabella 11bis - *Ubicazione sondaggi*

2.12.7. Condizionamento dei fori di sondaggio per prova sismica Down-Hole

I fori di sondaggio indicati con sigla S05DH e S09DH sono stati condizionati con tubazione cieca in PVC per dare seguito alla prova sismica Down–Hole. Anche per questa fase di lavorazione la modalità esecutiva dell'installazione della tubazione è stata condotta in conformità con le raccomandazioni AGI (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche", seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.
- ✓ Installazione della tubazione cieca in PVC da 4'' fino a fondo foro, con relativo tubo da 0,3 '' per garantire la cementazione a pressione dal basso verso l'alto.
- ✓ Riempimento graduale dell'intercapedine tra tubazione in PVC da 4''e tubazione di rivestimento, fino al boccaforo e rimozione graduale della tubazione di rivestimento.

Infine, a protezione del boccaforo è stato installato un chiusino carrabile in polipropilene.

Le risultanze delle indagini sono contenute nel Rapporto certificativo redatto dalla ditta G.I.A. Consulting S.r.l. (cfr. Allegato 1). Ciascun sondaggio è stato poi georiferito e quotato con rilievo topografico di precisione (cfr. Allegato 2).

Nella tabella riassuntiva 12 riportata di seguito sono sintetizzati i dati essenziali dei sondaggi realizzati e la loro posizione geografica precisa all'interno dell'area in esame.

ID Indagine	Geofoni (nr.)	Frequenza geofono	Profondità sondaggio	Coord. E	Coord. N
DH S05	1	14 Hz	30 m	449117,00 m	4498144,00 m
DH S09	1	10 Hz	30 m	449.101,00 m	4.498129,00 m

Tabella 12 - *Riepilogo indagini DH eseguite e relativi sondaggi.*

Figura 31bis - *Ubicazione Down-Hole S09_DH*

Dal momento che nel sondaggio *S09_DHstra* è stata intercettata una cavità con spessore di circa 6 metri (tratto dell'alveo tombato, vedi Cap. 3) la prova Down-Hole è stata ubicata nuovamente poco distante dal sondaggio (7 m), al fine di poter ottenere dati sufficienti per la stima della categoria sismica; le cavità sono state comunque considerate all'interno della Risposta Sismica Locale 3D (Cap.4).

2.13. Caratterizzazione litostratigrafica e geologica di dettaglio

In base a quanto ricavato dai sondaggi effettuati l'assetto litostratigrafico in corrispondenza delle singole verticali indagate può essere sintetizzato e semplificato come segue (Tab. 13):

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S01P	0,00 – 0,60	Materiale di riporto costituito da piroclastiti rimaneggiate sabbioso limose con clasti tufacei e resti vegetali.
	0,60 – 1,40	Piroclastiti rimaneggiate sabbioso limose con clasti e pomici sub centimetrici e resti vegetali.
	1,40 – 4,60	Piroclastiti costituite da sabbia con limo argilloso di colore bruno-marrone. Presenza di pomici millimetriche sparse e minerali femici.
	4,60 – 9,60	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio).
	9,60 – 35,00	Tufo Grigio Campano carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche.
	35,00 – 51,00	T.G.C. molto compatto costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote con scorie molto soffiate.
	51,00 – 56,00	Piroclastiti costituite da limi argillosi di colore marrone chiaro con pomici millimetriche e minerali femici.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S02	0,00 – 1,00	Materiale di riporto costituito da piroclastiti sabbioso limose con clasti eterometrici e resti vegetali.
	1,00 – 4,80	Piroclastiti costituite da sabbia con limo argilloso di colore marrone-bruno, presenza di pomici millimetriche e minerali femici.
	4,80 – 7,00	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio). Presenza diffusa di feldspato alcalino (sanidino) dalle dimensioni millimetriche.
	7,00 – 17,00	T.G.C. compatto costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote (Lmax=0,40 m)
	17,00 – 25,00	T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S03	0,00 – 0,90	Materiale di riporto costituito da piroclastiti sabbioso limose con clasti tufacei di colore giallastro.
	0,90 – 2,60	Piroclastite rimaneggiata costituita da sabbia limosa con clasti e pomici centimetrici.
	2,60 – 5,00	Piroclastite costituita da sabbie limoso argillose di colore marrone-bruno con numerose pomici millimetriche e litici.
	5,00 – 10,00	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio) con litici di dimensioni millimetriche sub angolari, scorie vetrose sub centimetriche, ricco in minerali femici.
	10,00 – 15,50	T.G.C. compatto costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote (Lmax=0,50 m).
	15,50 – 20,00	T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S04	0,00 – 1,40	Terreno di riporto, costituito da piroclastiti sabbioso limose con pomici, clasti e resti vegetali
	1,40 – 6,00	Piroclastiti costituite da sabbie con limo argilloso, di colore marrone bruno con pomici millimetriche e minerali femici.
	6,00 – 10,00	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio). Presenza sporadica di scorie nerastre vetrose di dimensioni centimetriche.
	10,00 – 15,00	T.G.C. costituito da una matrice cineritica di colore grigio scuro, ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva sciolto o in spezzoni di carote (Lmax=0,15 m)
	15,00 – 20,00	Cavità artificiale
	20,00 – 28,50	Materiale di risulta
	28,50 – 30,00	T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio chiaro, con pomici e litici e scorie.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S05	0,00 – 0,30	Materiale di riporto antropico.
	0,30 – 2,30	Terreno di riporto costituito da piroclastiti sabbioso limose rimaneggiate e humificate, con resti vegetali.
	2,30 – 6,20	Piroclastite costituita da sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone-bruno con abbondante presenza di pomici millimetriche sparse, lapilli e litici, ricca in minerali femici.
	6,20 – 8,00	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio).
	8,00 – 20,00	T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche e scorie. Rari spezzoni di carote (Lmax=0,15 m).
	20,00 – 30,00	T.G.C. molto compatto costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote di Lmax=0,90m.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S06	0,00 – 2,00	Materiale di riporto con clasti decimetrici e materiali di risulta.
	2,00 – 5,50	Piroclastite costituita da sabbie limose debolmente argillose di colore marrone-bruno, ricca in pomici millimetriche e minerali femici.
	5,50 – 10,00	Tufo alterato di colore da grigio-rossastro (Cappellaccio), ricco in minerali femici.

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S08P	0,00 – 1,80	Piroclastiti rimaneggiate formate da sabbie limose con clasti e pomici sub centimetriche e resti vegetali.
	1,80 – 5,00	Piroclastiti costituite da sabbie con limo argilloso di colore marrone bruno, con presenta di pomici millimetriche sparse e minerali femici.
	5,00 – 9,00	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio) con presenza di scorie nerastre vetrose di dimensioni centimetriche, ricco in feldspati e femici.
	9,00 – 48,00	T.G.C. molto compatto costituito da una matrice cineritica, ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote Lmax=0,90m
	48,00 – 60,00	Piroclastiti costituite da sabbie e limi argillosi di colore da marrone a grigio con pomici millimetriche e poche scorie disperse

Sondaggio	Profondità (m da p.c.)	Stratigrafia semplificata
S09DH	0,00 – 2,10	Terreno vegetale con riporto antropico (sabbia limosa di colore marrone).
	2,10 – 5,00	Piroclastite sabbiosa limosa / limo sabbiosa di colore marrone violacea.
	5,00 – 7,00	Piroclastite sabbioso-limosa di colore marrone con presenza sporadica di pomici centimetriche.
	7,00 – 10,00	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio).
	10,00 – 17,00	Tufo Grigio Campano litoide.
	17,00 – 24,00	Cavità.

Tabella 13 - *Assetto litostratigrafico in corrispondenza dei singoli sondaggi effettuati*

2.14. Stratigrafia del sottosuolo

Per la ricostruzione del modello stratigrafico del sottosuolo relativo all'area in esame sono state utilizzate le stratigrafie dei sondaggi eseguiti (Cfr. Allegato 1).
Tutto ciò ha evidenziato, fino alla profondità raggiunta e in accordo con quanto esposto nel § 2, la presenza di terreni di origine essenzialmente vulcanica la cui stratigrafia si può così sintetizzare, dall'alto verso il basso:

- Terreno agrario
- Piroclastiti rimaneggiate
- Tufo Grigio
- Tufo alterato (Cappellaccio)
- terreni di riporto che, come è già noto, furono utilizzati per colmare antiche "Forre" incise nel Tufo Grigio;
- cunicoli e gallerie che attualmente convogliano verso il mare le pluviali raccolte a monte dal reticolo idrografico.

In particolare, I terreni di origine vulcanica sono rappresentati da:

Terreno Agrario costituito, prevalentemente, da piroclastiti rimaneggiate ed humificate ricche di frustoli vegetali e dei resti degli apparati radicali della vegetazione. Hanno uno spessore mediamente determinato in circa 1,5 metri e, spesso, è stato asportato per far posto al sottofondo stradale.
Di norma sono classificati, da un punto di vista geotecnico, quali terreni molto scadenti e pertanto non saranno tecnicamente caratterizzati.

Piroclastiti rimaneggiate (Pr), costituite essenzialmente da sabbie, pomici e ceneri eruttate dal Somma-Vesuvio. Sono per lo più rimaneggiate, in quanto si tratta di prodotti incoerenti deposti per caduta e/o fluitati dalle acque correnti. Spesso, intercalati, sono presenti livelli prevalentemente pomicei e/o strati pseudolitificati.
Costituiscono i terreni di copertura del banco di Tufo Grigio e sono caratterizzati da spessori abbastanza variabili in relazione all'andamento morfologico del substrato, irregolarmente conformato

al momento della deposizione. Laddove rinvenute (sondaggi contraddistinti dalle sigle: S01P, S02, S03, S04, S05, S06 e S08P) sono state campionate per spessori variabili di circa 4 metri in S02 e circa 3,2 metri in S08P.

Tufo alterato (Cappellaccio), si tratta della parte più superficiale del Tufo Grigio Campano, caratterizzata da tufo tenero, incoerente, con presenza di pomici e scorie laviche di colore grigio scuro.

Tufo Grigio (TG) che, in accordo con quanto definito nel § 2.3, è costituito da pomici, ceneri, scorie e brandelli di lava litificati in un'unica massa per l'alta temperatura e l'elevato contenuto di gas al momento della deposizione. Si tratta di una roccia tenera con grado di compattezza variabile, più elevato in profondità. La giacitura massiccia è caratterizzata da fratture da raffreddamento con andamento irregolare, per lo più obliquo e subverticale, raramente suborizzontale. I piani di discontinuità hanno immersione prevalente verso Nord-Ovest. Si rinviene in tutte le perforazioni a profondità variabili, che dipendono dall'andamento del piano campagna preesistente la deposizione. In S3 e S4 è stato rilevato a circa 10 metri di profondità, mentre in S8 a ben -9 metri dal piano strada. Nella zona ha uno spessore di almeno 50 metri.

Il terreno di riporto è presente con spessori notevoli in corrispondenza dei sondaggi S04, ubicati in corrispondenza dell'antico alveo torrentizio le cui acque, in passato, furono artificialmente canalizzate in gallerie scavate nel tufo, con andamento grosso modo parallelo a quello dell'alveo naturale. Si tratta in prevalenza di terreni poco consistenti, di origine piroclastica, ma con frequenti strati e sacche di materiale di risulta di varia origine e provenienza.

I Cunicoli e le gallerie sono stati intercettati nel corso dei sondaggi S04 e S09_DH (in prossimità al Viale dei Pini).
S04: Il carotiere ha intercettato il vuoto ad una profondità di 15,00 metri dal piano campagna ed ancora roccia a 28,50 metri. Come è stato possibile accertare successivamente, è stata intercettata, in parete, la grossa cavità alta circa 10 metri nella quale confluiscono sia il cunicolo proveniente dal Rivolo S. Giuseppe sia quello che accoglie le acque provenienti dal Rivolo S.Filippo.
S09_DH: Il carotiere ha intercettato il vuoto ad una profondità di 17,00 metri dal piano campagna per un tratto lungo circa 7 metri, per poi rinvenire nuovamente roccia.

I rapporti stratigrafici tra i terreni rinvenuti e le varie situazioni descritte, sono riportate nei prospetti stratigrafici allegati e sono meglio evidenziati nelle sezioni geolitologiche anch'esse allegate alla presente relazione.

Sulla base di dati bibliografici (De Gennaro M.: Stratigrafie di alcuni pozzi profondi della Penisola Sorrentina - Rend. Ace. Di Se. Fis. e Matem., 1969) e di successivi riscontri, è possibile stabilire che al di sotto del Tufo Grigio sono presenti Piroclastiti Antiche, quindi depositi Arenaceo-argilloso-marnosi ed infine, ad una profondità di almeno 90 m, il substrato carbonatico che, ai fini della valutazione dell'incremento sismico locale, può essere assunto come Formazione Lapidea di Base (FLB).

Dalla profondità di circa 51 metri dal piano campagna in due sondaggi (S01P e S08P) è stata rilevata la presenza di falda idrica sotterranea.
I rapporti stratigrafici sono meglio evidenziati nei relativi prospetti stratigrafici e nelle sezioni geolitologiche allegate alla presente relazione (Cfr.: Allegato 1).

Sotto il profilo geologico, i sondaggi geognostici confermano pienamente il modello concettuale derivato dalle analisi bibliografiche.

2.15. Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dei terreni in studio è stata effettuata a partire dai dati delle prove S.P.T. eseguite in corrispondenza dei 7 sondaggi realizzati, integrati con i risultati delle prove DPSH realizzate e dei campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi.
La prova penetrometrica dinamica S.P.T. (*Standard Penetration Test*) consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio, permettendo di ricavare dati sul grado di addensamento e sulla consistenza dei terreni attraversati.

La prova S.P.T. consiste nell'infissione tramite battitura nel terreno, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore di dimensioni standard, facendo cadere da un'altezza costante di 760 mm un maglio di peso pari a 63,5 kg su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste e contando il numero di colpi necessari per la penetrazione nel terreno di 45 cm.
Durante la penetrazione viene registrato:

1) il numero di colpi N1 necessario per l'infissione nei primi 15 cm {tratto di avviamento) inclusa l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità;
2) il numero di colpi N2 necessario a produrre l'infissione per un tratto di 15 cm;
3) il numero di colpi N3 necessario per la penetrazione di ulteriori 15 cm.

Si assume quale resistenza alla penetrazione nel terreno il valore: $NSPT = N2 + N3$

La prova S.P.T. è interrotta quando il numero di colpi necessario per l'infissione del campionatore nel terreno per un tratto di 15 cm è superiore a 50, annotando il rifiuto alla penetrazione. Nella tabella 2.4 sono stati riportati i dati delle 24 prove S.P.T. effettuate.

Si tenga in considerazione che:

- nell'elaborazione dei dati delle prove S.P.T. è stato indicato in caso di rifiuto, al fine di fornire valori indicativi dei parametri, un numero di colpi NSPT pari a 100
- i valori ottenuti dall'indagine sono stati opportunamente corretti in presenza di falda tramite la

seguente correlazione:

NSPT corretto = 15 + 0.5 × (NSPT - 15)

La correzione è stata applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è risultato maggiore di 15 e se tutto lo strato è in falda.

ID SONDAGGIO	N° S.P.T.	PROFONDITÀ (m)	COLPI	TIPO DI PUNTA
S01P	n°1	3.50 m	03-03-04	Punta Conica
S01P	n°2	6.30 m	18-14-22	Punta Conica
S01P	n°3	9.00 m	30-37-45	Punta Conica
S02	n°1	2.30 m	02-01-03	Punta Conica
S02	n°2	6.00 m	11-17-20	Punta Conica
S02	n°3	11.00 m	08-12-26	Punta Conica
S03	n°1	5.00 m	RIFIUTO	Punta Conica
S03	n°2	8.00 m	12-16-13	Punta Conica
S03	n°3	12.00 m	27-23-24	Punta Conica
S04	n°1	6.00 m	10-10-09	Punta Conica
S04	n°2	9.20 m	15-12-12	Punta Conica
S04	n°3	12.00 m	21-17-29	Punta Conica
S05DH	n°1	6.50 m	16-20-23	Punta Conica
S05DH	n°2	9.50 m	21-20-15	Punta Conica
S05DH	n°3	12.00 m	25-27-24	Punta Conica
S08P	n°1	2.50 m	03-02-03	Punta Conica
S08P	n°2	5.40 m	09-12-13	Punta Conica
S08P	n°3	9.00 m	33-39-49	Punta Conica

Tabella 14 - *Prove SPT realizzate in corrispondenza dei singoli sondaggi effettuati*

I dati ottenuti dalle prove SPT sono stati elaborati mediante il programma di calcolo *Dynamic Probing* della *GeoStru*, considerando le correlazioni empiriche elaborate dai differenti autori per la determinazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni in esame.

I risultati, i cui dettagli sono consultabili nei report allegati, hanno permesso di ricavare per ciascun insieme di depositi descritto nel precedente paragrafo le principali proprietà geotecniche di seguito riassunte:

- **Le Piroclastiti rimaneggiate (Pr)** presentano caratteristiche geotecniche variabili in base alla percentuale di sabbia, limo, pomici e ceneri riscontrata, oltre che al contenuto d'acqua, per i diversi tratti e campioni prelevati. Ciò comporta una variabilità puntuale delle caratteristiche geotecniche, come si evince dagli ampi intervalli di valori riportati in Tab. 15. Il valore della coesione in particolare è condizionato fortemente dalla presenza dell'acqua, che in condizioni di saturazione, determina un annullamento di tale parametro. Si suggerisce pertanto di considerare più attendibili i valori di coesione nulli.

  In generale le proprietà possono essere cosi di seguito riassunte:

CARATTERISTICHE	
Peso di volume naturale (γ)	*14 – 17 kN/m^3*
Densità relativa (%)	*20 – 50 %*
Contenuto d'acqua (w)	*0,2 – 0,6*
Coesione efficace (c')	*0 – 20 kPa*
Angolo di attrito efficace (φ')	*28° – 38°*
Modulo di Young (E)	*6 – 25 MPa*
Modulo Edometrico (E.ed)	*5 – 15 MPa*

Tabella 15 – Riepilogo proprietà geotecniche Piroclastiti rimaneggiate (Pr)

- **Tufo alterato (Cappellaccio):** tufo non litoide con valori geotecnici variabili dal grado di compattazione/alterazione.

  In generale le proprietà possono essere cosi di seguito riassunte:

CARATTERISTICHE	
Peso di volume naturale (γ)	*12 – 14 kN/m^3*
Densità relativa (%)	*60 – 70 %*
Coesione efficace (c')	*5 – 15 kPa*
Angolo di attrito efficace (φ')	*34° – 36°*
Modulo di Young (E)	*12 – 16 MPa*
Modulo Edometrico (E.ed)	*18 – 22 MPa*

Tabella 15.1 – Riepilogo proprietà geotecniche Cappellaccio Tufaceo

- **Il Tufo Grigio Campano** si presenta sia in forma litoide che scarsamente litificata ed è costituito prevalentemente da una matrice cineritica. I tratti più compatti, sottoposti a prova uniassiale, hanno raggiunto una tensione a rottura pari a circa **1500 - 1600 kPa**, mentre nei tratti meno litificati i valori si sono attestati intorno a **600 – 800 kPa** (Tabella 16). E' evidente dunque come la variabilità dei parametri evidenzia che il TGC non ha caratteristiche di resistenza omogenee ma, piuttosto, legate al diverso grado di litificazione locale. Questo litotipo può considerarsi, in generale, dotato di buone caratteristiche geotecniche e rispetto ai sovrastanti terreni (piroclastiti) risulta scarsamente compressibile anche in condizioni di saturazione poiché mantiene inalterati i parametri relativi alla coesione che dipendono essenzialmente dal suo grado di lapidificazione.

CARATTERISTICHE	
Peso di volume naturale (γ)	*12 – 14 kN/m^3*
Densità relativa (%)	*67 – 70 %*
Angolo di attrito efficace (φ')	*33° – 38°*
Coesione efficace (c')	*40 – 300 kPa*
Modulo di Young (E)	*14,5 – 21,5 MPa*
Modulo Edometrico (E.ed)	*20 - 30 MPa*

Tabella 16 - *Riepilogo proprietà geotecniche Tufo Grigio Campano (TGC)*

In base a quanto ricavato dalle indagini svolte e ai risultati finora esposti si è proseguito nel definire il modello geologico-tecnico dell'area oggetto di studio realizzando 2 sezioni schematiche della stratigrafia rinvenuta. Le sezioni con le tracce ubicate sono disponibili nei documenti allegati alla seguente relazione (cfr. Allegato 1).

Al fine di caratterizzare dal punto di vista della permeabilità i terreni alluvionali in esame sono state eseguite n.2 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile (nel foro di sondaggio S5_DH).

Le prove di permeabilità, eseguite in fase di perforazione di un sondaggio per determinare il coefficiente medio di permeabilità (K, espresso in m/s) dei terreni indagati, prevedono inizialmente la realizzazione di un'adeguata camera di prova di dimensioni note e successivamente la creazione all'interno del foro di un gradiente idraulico mediante immissione o estrazione di acqua, tale per cui

si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico {prove a carico variabile), oppure misurare la portata del flusso mantenendo costante il gradiente (prova a carico costante).

Le prove di permeabilità a carico costante sono eseguite misurando la portata necessaria a mantenere costante il livello dell'acqua alla quota del boccaforo. La durata della prova varia da 10 a 30 minuti in relazione al diametro del foro. La costanza dell'altezza e la misura della portata vengono controllati ogni due minuti oppure ogni cinque minuti. Il terreno da investigare che si trova al di sopra della superficie piezometrica, viene preventivamente saturato.
Nel caso in esame la costanza del livello idrico è stata controllata con un sondino elettrico, mentre le misure di portata sono state eseguite con apposito contatore (precisione ± 0.1 litri) inserito nella mandata della pompa e con l'ausilio di un cronometro.
La portata media assorbita è stata calcolata mediando sia il valore numerico della lettura al contatore sia calcolando il coefficiente angolare della retta costruita diagrammando i valori di campagna.
Il coefficiente di forma è stato calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.
Nelle prove a carico variabile viene misurata la velocità di riequilibrio del livello idrico nel foro di sondaggio dopo averlo alterato mediante immissione d'acqua nel foro stesso. Il terreno da investigare che si trova nella zona non satura al di sopra della superficie piezometrica, viene preventivamente saturato.
Nel caso in esame le misure di assorbimento sono state registrate con l'ausilio di una sonda piezometrica elettrica e di un cronometro.
Il coefficiente medio di permeabilità è stato calcolato tramite la formula di Lefranc tenendo conto dei valori forniti a ogni intervallo di misura.
Il coefficiente di forma è stato calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.

Nella Tabella 17 riportata di seguito sono sintetizzati i dati delle prove di permeabilità Lefranc realizzate dalla ditta esecutrice.

Sondaggio	Tipologia Prova Lefranc	Profondità sezione di prova (m da p.c.)	Coefficiente medio di permeabilità (K - m/s)	Coefficiente medio di permeabilità (K - m/d)	Litologia
S5_DH	carico variabile	1,50 – 5,00	2,56E-06	0,22	Piroclastiti sabbioso limose rimaneggiate e humificate, con resti vegetali.
S5_DH	carico variabile	1,50 – 10,00	2,14E-06	0,21	Piroclastiti costituite da sabbia con limo argillosa di colore marrone bruno. Pomici millimetriche sparse e minerali femici e strato superiore incoerente del TGC.

Tabella 17 - *Prove di permeabilità effettuate e relativi coefficienti stimati*

I certificati completi delle prove di permeabilità Lefranc redatti dalla ditta esecutrice sono riportati in Allegato 1.

I dati derivanti dalle prove Lefranc sono rappresentativi delle litologie riscontrate e permettono di caratterizzare le proprietà dell'acquifero rappresentato dai depositi alluvionali. Nel settore in esame si tratta di un acquifero non particolarmente permeabile. L'elevata presenza di frazione fine ne condiziona infatti le caratteristiche idrodinamiche. Stante anche il limitato spessore saturo derivante dalla modesta profondità del substrato villafranchiano, nell'area in esame l'acquifero alluvionale non appare particolarmente produttivo in termini di possibilità di prelievi idrici da pozzo. Tali condizioni di non elevata produttività dell'acquifero (limitata conducibilità idraulica e modesto spessore saturo) consentono altresì di ipotizzare che prelievi da pozzo di portata anche non particolarmente elevata potrebbero produrre abbassamenti dei livelli piezometrici significativi. A questo riguardo occorre precisare che al fine di una più completa caratterizzazione dell'acquifero in condizioni dinamiche sarebbe necessario integrare le prove Lefranc eseguite nei fori di sondaggio con prove di pozzo e prove di acquifero di lunga durata, più idonee e rappresentative delle reali condizioni idrodinamiche dell'acquifero in presenza di prelievi da pozzo.

In ogni caso, anche alla luce dei risultati ottenuti dalle prove di permeabilità e combinando tali informazioni quantitative con l'esame dei litotipi, reso possibile dall'esame delle litologie recuperate con i sondaggi, si può ragionevolmente affermare che i dati di permeabilità Lefranc ricavati possono

essere considerati comunque rappresentativi delle reali proprietà idrodinamiche dei depositi alluvionali nell'area considerata.

3. Rilievi Geomeccanici e Geostrutturali degli Ipogei presenti

Il rilievo Geomeccanico e Geostrutturale delle cavità sotterranee sono state svolte da Geologi Speleologi professionisti, nell'area al di sotto sia del Viale dei Pini, in corrispondenza del Distretto Sanitario n° 59 nel Comune di Sant'Agnello; al fine di inquadrarne sia l'ubicazione geografica rispetto alla superficie che le condizioni di staticità in cui versano.

Il piano d'indagine in oggetto ha previsto:

- ✓ il rilievo del tratto dell'Alveo Croce, prossimo all'area di progetto;
- ✓ il rilievo delle cavità artificiali afferenti l'alveo;
- ✓ il rilievo delle fratture e delle lesioni presenti nelle cavità e nell'alveo;
- ✓ La descrizione dei muri e dei dissesti presenti nelle cavità e nell'alveo.

Le osservazioni effettuate sono state riportate in una serie di schede schematiche, presenti nel report allegato. Inoltre, per facilitare la descrizione delle cavità, prossime all'area in esame e laterali all'alveo Croce, queste ultime sono state nominate con le sigle: C1-C2-C3-C4-C5 ed in quelle più articolate è stata fatta una ulteriore suddivisione degli ambienti interni, con descrizione dettagliata degli stessi. Per ognuna delle cavità ispezionate, la scheda generale e descrittiva presenta indicazione della posizione lungo l'alveo e delle eventuali difficoltà di accesso, compreso uno stralcio della planimetria desunto dai rilievi geometrici 3D effettuati con attrezzatura Laser Scanner.

3.1. Morfologia dell'area e sua evoluzione

La zona, come anzi riferito, si presenta oggi pressoché pianeggiante, ovvero con pendenze che non superano il 5%.

In base a vecchie mappe catastali ed a rilievi fatti negli anni passati in previsione e/o in attuazione di interventi finalizzati alla sistemazione della zona, da anni interessata da frequenti avvallamenti e/o sprofondamenti della sede stradale, è stato possibile ricostruire la morfologia precedente la colmata delle "Forre".

Come si può osservare nella planimetria di figura 32, in origine, il Rivolo S.Giuseppe (si nomina così il rivolo proveniente dalla località "Ferrella" e che si snoda nella zona antistante il Santuario di S.Giuseppe ed ancora, in prossimità del Corso Italia, di fianco ad una Cappella Votiva) ed il Rivolo S. Filippo (trattasi del rivolo che, a partire dalla località Trasaella, si snoda per la località "Maiano", quindi ad oriente dell'attuale edificio della Scuola Elementare ed ancora, di seguito, ad occidente del Palazzo Municipale e sotto il rilevato della Circumvesuviana), confluivano, in corrispondenza della Piazza della Libertà, nel ramo terminale del reticolo idrografico, oggi colmato per dar luogo alla sede stradale di Viale dei Pini, che sfocia nel Golfo detto "del Pecone".

Gli antichi letti, oggi completamente colmati a partire dal Corso Italia e verso il mare, si collocavano, all'incirca, ad una profondità non inferiore a 15 metri con successivo salto, alla confluenza (zona corrispondente all'attuale Piazza della Libertà), fino ad almeno 23 metri. I fianchi si distanziavano reciprocamente in modo irregolare sia in dipendenza della maggiore o minore resistenza della roccia all'erosione prodotta dalle acque ruscellanti, sia all'attività di cava, sviluppatasi già molto tempo prima dell'epoca in cui fu avviata l'operazione di colmata delle Forre. A luoghi, specie nelle zone prossime al ciglio, i fianchi erano terrazzati ed oggetto di intensa attività agricola.

La sede stradale, sovrastante i tratti colmati, è stata più volte interessata da avvallamenti e/o sprofondamenti. Gli eventi più recenti sono riportati nella planimetria di figura 33.

3.2. Stato attuale dei cunicoli e delle gallerie sotterranee

Con l'intento di recuperare alla viabilità le aree impegnate dagli antichi valloni, a partire dagli anni '50 furono avviati lavori finalizzati a canalizzare i rivoli in cunicoli e gallerie scavate nel tufo in modo da deviare completamente i deflussi generalmente correnti negli alvei naturali.

Detti lavori furono eseguiti completamente a mano, in periodi di tempo molto lunghi e non sempre da maestranze dirette in modo razionale. Spesso venivano raccordate cavità artificiali già esistenti. Dopo aver realizzato i cunicoli principali, inoltre, quasi mai si procedette alla chiusura di cunicoli laterali di servizio aperti verso i fianchi del vallone, ovvero utilizzati durante gli scavi per assicurare una giusta ventilazione e facilitare il trasporto a rifiuto del materiale cavato.

Lo stato dei lavori effettuati comporta, oggi, un elevato rischio di sprofondamenti della sede stradale, come del resto, si ribadisce, è avvenuto in passato. Gli sprofondamenti, prevalentemente, sono generati dal reflusso del materiale di colmata nelle gallerie che convogliano le pluviali, attraverso i citati cunicoli di servizio, spesso in conseguenza dell'erosione prodotta dall'innalzamento delle acque correnti non ben contenute entro adeguati alvei.

Allo stato attuale, com'è stato possibile accertare in più riprese ed in seguito a ripetuti sopralluoghi, i cunicoli sono caratterizzati da:

- percorsi tortuosi, talvolta sono stati realizzati gomiti con angoli molto prossimi a 90°;
- sezioni molto irregolari con altezze variabili tra qualche metro e 10 metri circa e larghezza variabile tra 2 e 7 metri circa;
- letti accidentati in dipendenza dell'erosione prodotta da vortici e mulinelli che lo approfondiscono finanche di qualche metro rispetto alla quota originaria;
- presenza di notevoli quantità di materiali alluvionali e, spesso di materiale di risulta, versato a monte in corrispondenza delle aree scoperte dei rivoli.

In base a quanto rilevato nei ripetuti sopralluoghi effettuati, si descrivono di seguito i principali elementi morfo-strutturali del cunicolo.

3.3. Ubicazione dell'Alveo Croce

L'alveo Croce è il vecchio alveo naturale in cui scorrevano le acque di ruscellamento superficiale nel centro di Sant'Agnello, formato dai due alvei: San Filippo e San Giuseppe che, poco oltre Piazza Municipio, confluivano a formare un unico alveo che quindi proseguiva sotto l'attuale Viale dei Pini. In passato gli alvei furono riempiti, dalla Piazza Municipio fino all'arrivo al mare e i vecchi alvei sono stati sostituiti da alvei artificiali scavati nel Tufo Grigio Campano.

Il nuovo andamento dell'alveo Croce è stato tutto scavato in artificiale e scorre più o meno parallelo al vecchio alveo sotto Viale dei Pini. Lungo l'alveo Croce erano presenti cave di tufo, con accesso dall'alveo naturale, che si sviluppavano verso l'interno del costone. Durante la costruzione del nuovo alveo è stato eseguito il riempimento con materiale di risulta di tutto il vecchio alveo naturale e di conseguenza anche delle cave ivi presenti.

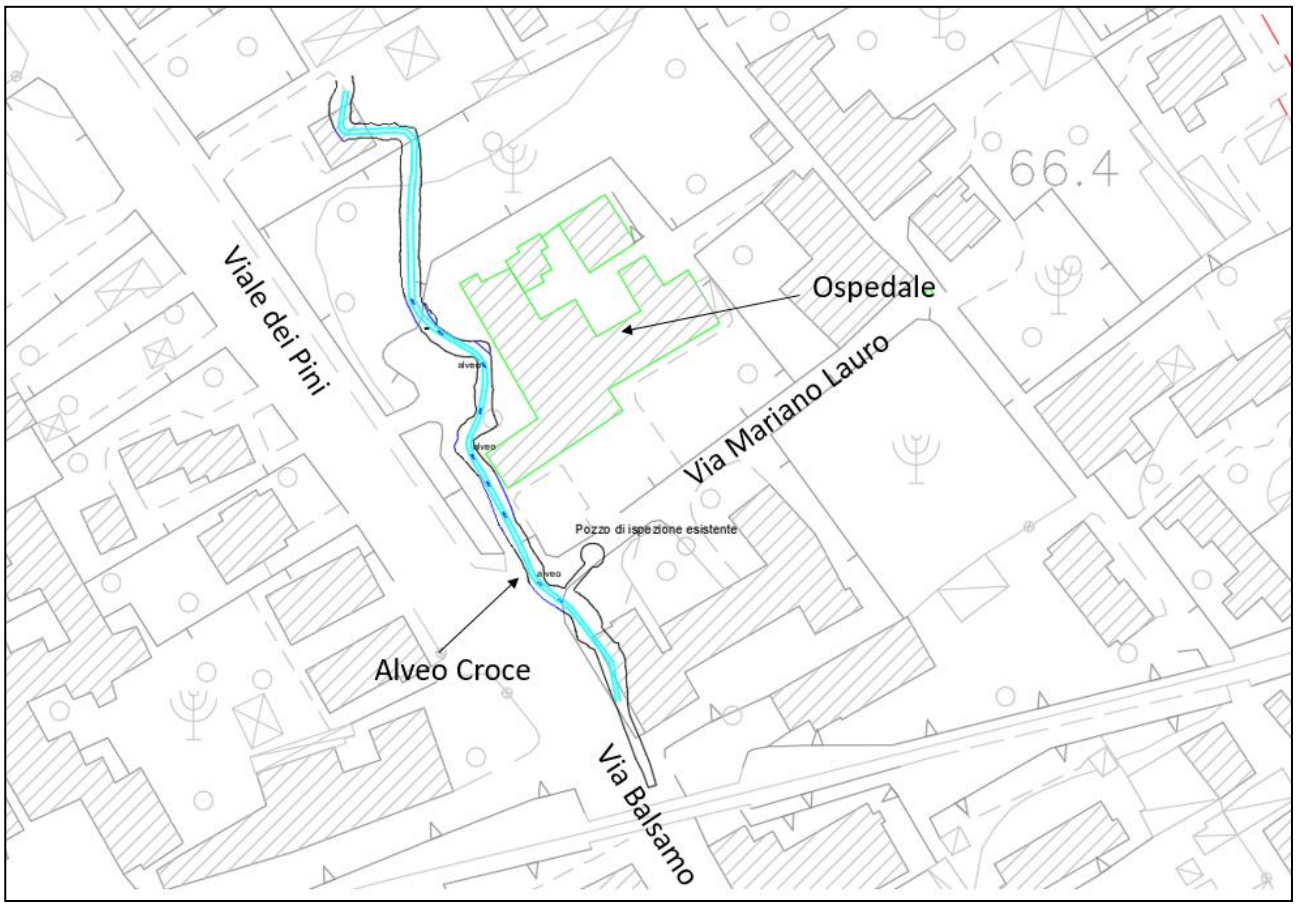


Figura 32 - *Sviluppo dell'Alveo Croce nell'area di interesse.*

Le cavità incontrate lungo il nuovo tratto dell'alveo Croce rappresentano porzioni delle vecchie cave di tufo, presenti lungo il vallone riempite da materiali di risulta e detriti. Esse hanno sbocco verso il vallone sottostante Viale dei Pini anche se si presentano al momento ingombre di detriti e materiale di risulta, nei settori più prossimi all'alveo e sottostanti Viale dei Pini.

In particolare, nell'area interessata dai rilievi sono presenti 5 cave di tufo riconducibili alla situazione appena descritta, come risulta dai rilievi.

Le cavità sono riportate in rosso nell'immagine sottostante ed indicate con una numerazione da **C1** a **C5**, cui si farà riferimento nel prosieguo di questo Report.

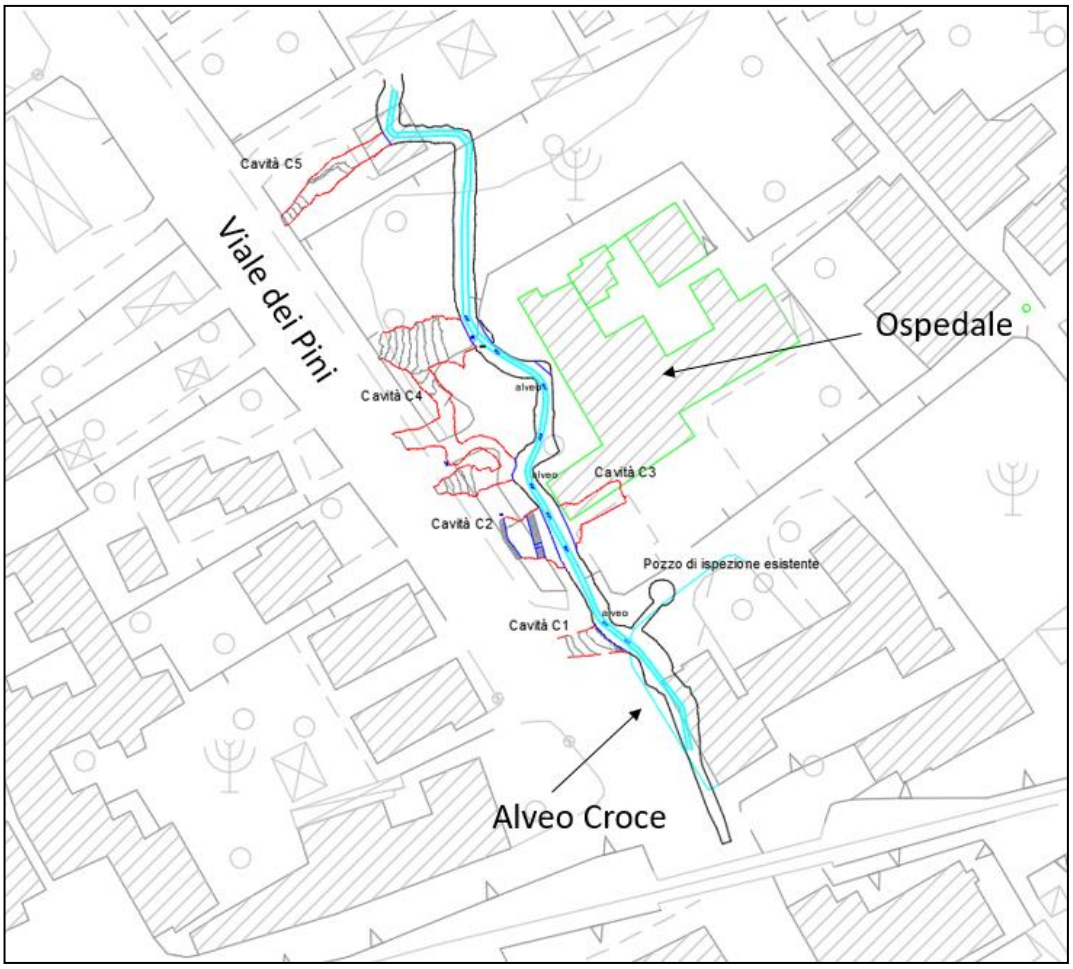


Figura 33- *Cavità presenti nell'area in esame.*

Per ognuna delle cavità ispezionate si presenta una scheda generale e descrittiva, con indicazione della posizione lungo l'alveo e delle eventuali difficoltà di accesso, compreso uno stralcio della planimetria desunto dai recenti rilievi geometrici 3D.

Segue una scheda sulle condizioni di staticità degli ambienti della cavità; se la cavità è ampia vengono indicati nello stralcio i diversi ambienti in cui è stata suddivisa, con le singole schede per ogni ambiente. Segue una scheda sulle fratture ed eventuali lesioni rilevate, con descrizione e fotografia di ogni singola frattura (numerati in modo sequenziale per ogni singola cavità), schematicamente riportate sullo stralcio, con ciclografica riassuntiva delle fratture rilevate per quella cavità. Segue una scheda su eventuali muri di sostegno o chiusura individuati in cavità (numerati in modo sequenziale per tutta l'area di rilievo). Infine segue una scheda su eventuali condizioni di dissesto dovuti a crolli, cedimenti, infiltrazioni (numerati in modo sequenziale per tutta l'area di rilievo ed indicati con simbolo grafico).

L'alveo Croce è il vecchio alveo naturale in cui scorrevano le acque di ruscellamento superficiale nel centro di Sant'Agnello, formato dai due alvei: San Filippo e San Giuseppe che, poco oltre Piazza Municipio, confluivano a formare un unico alveo che quindi proseguiva sotto l'attuale Viale dei Pini. In passato gli alvei furono riempiti, dalla Piazza Municipio fino all'arrivo al mare e i vecchi alvei sono stati sostituiti da alvei artificiali scavati nel Tufo Grigio Campano.

Il nuovo andamento dell'alveo Croce è stato tutto scavato in artificiale e scorre più o meno parallelo al vecchio alveo sotto Viale dei Pini. Lungo l'alveo Croce erano presenti cave di tufo, con accesso dall'alveo naturale, che si sviluppavano verso l'interno del costone. Durante la costruzione del nuovo alveo è stato eseguito il riempimento con materiale di risulta di tutto il vecchio alveo naturale e di conseguenza anche delle cave ivi presenti. L'ispezione è stata condotta proprio in queste cavità laterali, ma ha riguardato anche il tratto di alveo Croce oggetto di rilievo, al fine di individuare eventuali dissesti e peculiarità, nonché condizioni di staticità e pericolo.

Tutto il tratto di alveo ispezionato è ricoperto da calcestruzzo ed è stato possibile soltanto intravedere qualche frattura isolata e serrata, laddove la copertura di calcestruzzo era manchevole o malridotta.

I dissesti all'interno dell'alveo sono diversi, principalmente dovuti all'azione di scalzamento dell'acqua, sul rivestimento in calcestruzzo del fondo dell'alveo ed alla presenza di detriti che potrebbero deviare il filo di scorrimento dell'acqua. Nel tratto ispezionato ed oggetto di rilievo non si segnalano comunque situazioni di dissesto significative.

Le cavità che invece si sviluppano lateralmente al corso dell'alveo, sono state ispezionate e nominate

con le sigle: C1-C2-C3-C4-C5.

La cavità **C1** è costituita da un solo ambiente, separato dall'alveo da un muro di chiusura alto circa 2 metri. In questa cavità, non si segnalano dissesti in volta e dalle pareti ed è stata osservata la presenza di una sola frattura. Si fa presente, comunque, che la cavità è stata ispezionata per una parte molto ridotta a causa di un grosso cumulo di detrito che impediva la prosecuzione. Lo stato di conservazione si presenta mediocre ma sembra avere una buona staticità. La cavità **C2** è costituita da due ambienti separati da una muratura in calcestruzzo realizzata negli anni '90 a seguito di un dissesto, con sprofondamento del piano stradale ed invasione dell'alveo sottostante. Nonostante la presenza di un quadro fessurativo significativo non si segnalano dissesti gravi in volta e dalle pareti non si nota la presenza di grossi distacchi. In generale la cavità C2 versa in uno stato di conservazione mediocre ed anche la staticità può considerarsi tale. La cavità **C3** è costituita da un unico ambiente che si sviluppa in destra idrografica, allontanandosi dal vallone naturale. Rappresenta pertanto la parte terminale della cava di tufo tagliata dallo scavo dell'alveo ed è la naturale continuazione della cavità C2. In generale la cavità C3 si trova in uno stato di conservazione mediocre ed anche la staticità può considerarsi tale.

La cavità **C4** invece è costituita da tre gallerie principali che si sviluppano verso l'alveo naturale e si interrompono su altrettante chine detritiche, provenienti da sversamenti all'interno dei vecchi ambienti di cava riempiti successivamente, durante la costruzione del nuovo alveo. Pur essendoci altri ambienti oltre quelli ispezionati, essi non sono raggiungibili al momento. Le tre gallerie principali sono collegate da due cunicoli ortogonali a sezione ridotta. Il quadro fessurativo è abbastanza pervasivo e si segnala qualche dissesto associato a zone intensamente fratturate con frequenti distacchi e la presenza di blocchi isolati crollati da calotta e pareti. Queste situazioni di criticità non condizionano la stabilità degli ambienti di cavità se non per le aree limitate dove si registrano. Nel complesso la cavità C4 versa in uno stato di conservazione mediocre ma in generale gode di buona staticità. La cavità **C5** è costituita da un unico ambiente che si sviluppa in sinistra idrografica e si sviluppa in direzione dell'alveo naturale, in prossimità del quale è ostruito dallo sversamento di detriti. Il quadro fessurativo significativo non è particolarmente critico, ad eccezione di una frattura beante e non si segnalano dissesti. In generale la cavità C5 si trova in uno stato di conservazione mediocre ed anche la staticità può considerarsi tale.

4. Modellazione sismica e Risposta Sismica Locale

4.1. Indagini geofisiche

Al fine di determinare il modello sismostratigrafico del sottosuolo e il relativo coefficiente di amplificazione stratigrafica, in accordo con il piano d'indagini (sia della fase preliminare che definitiva), è stata svolta una campagna geofisica, i cui dettagli sono riportati nell'allegato 5 "Relazioni sulle prove geofisiche", comprendente prospezioni eseguite per la caratterizzazione sismica ed elettrica del sottosuolo, le cui ubicazioni sono riportate in **Figura 34** e di seguito riassunte:

- ✓ n. 2 rilievi di sismica a rifrazione. Gli stendimenti, costituiti da n. 48 geofoni verticali e orizzontali, sono finalizzati alla ricostruzione della sismo-stratigrafia del sottosuolo e alla localizzazione di eventuali cavità.

- ✓ n. 3 prospezioni geoelettriche, in configurazione Wenner-Schlumberger, sfruttando il metodo della resistività e della caricabilità. Gli stendimenti, costituiti da n. 48 elettrodi, sono finalizzati alla ricostruzione dell'elettro-stratigrafia del sottosuolo e alla localizzazione di eventuali cavità.

- ✓ n. 2 rilievi sismici di tipo Down-Hole fino alla profondità massima di 30 metri dal piano campagna, al fine di ricostruire il modello sismo-stratigrafico in termini di velocità delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S).

- ✓ n. 1 Analisi di laboratorio consistente in Prova di Colonna Risonante (RCT) per il campione S09_DH estratto alla profondità di 7.50-8.00 e ricadente all'interno delle Piroclastiti.

Le fasi di esecuzione delle indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle norme: ASTM D6429 – 99 (2011) - First Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.

Nelle seguenti tabelle sono riportati i dettagli delle prove sismiche e geoelettriche eseguite:

ID Indagine	Geofoni (nr.)	Frequenza geofono	Profondità sondaggio	Coord. E	Coord. N
DH S05	1	10 Hz	30 m	449117,00 m	4498144,00 m
DH09	1	10 Hz	30 m	449.101,00 m	4.498129,00 m

ID Indagine	Geofoni (nr.)	Distanza Intergeofonica	Frequenza geofoni	Lunghezza Stendimento	Coord. E	Coord. N
SR1	48	2,1 m	10 Hz	100 m	449116,31 m	4498151,87 m
SR2	48	2,1 m	10 Hz	100 m	449101,15 m	4498089,35 m

ID Indagine	Elettrodi (nr.)	Configurazione Elettrodica	Lunghezza Stendimento	Coord. E	Coord. N
ERT 1	48	Wenner-Schlumberger	96 m	449116,91 m	4498158,88 m
ERT 2	48	Wenner-Schlumberger	96 m	449124,54 m	4498145,95 m
ERT 3	48	Wenner-Schlumberger	76,8 m	449091,42 m	4498107,28 m

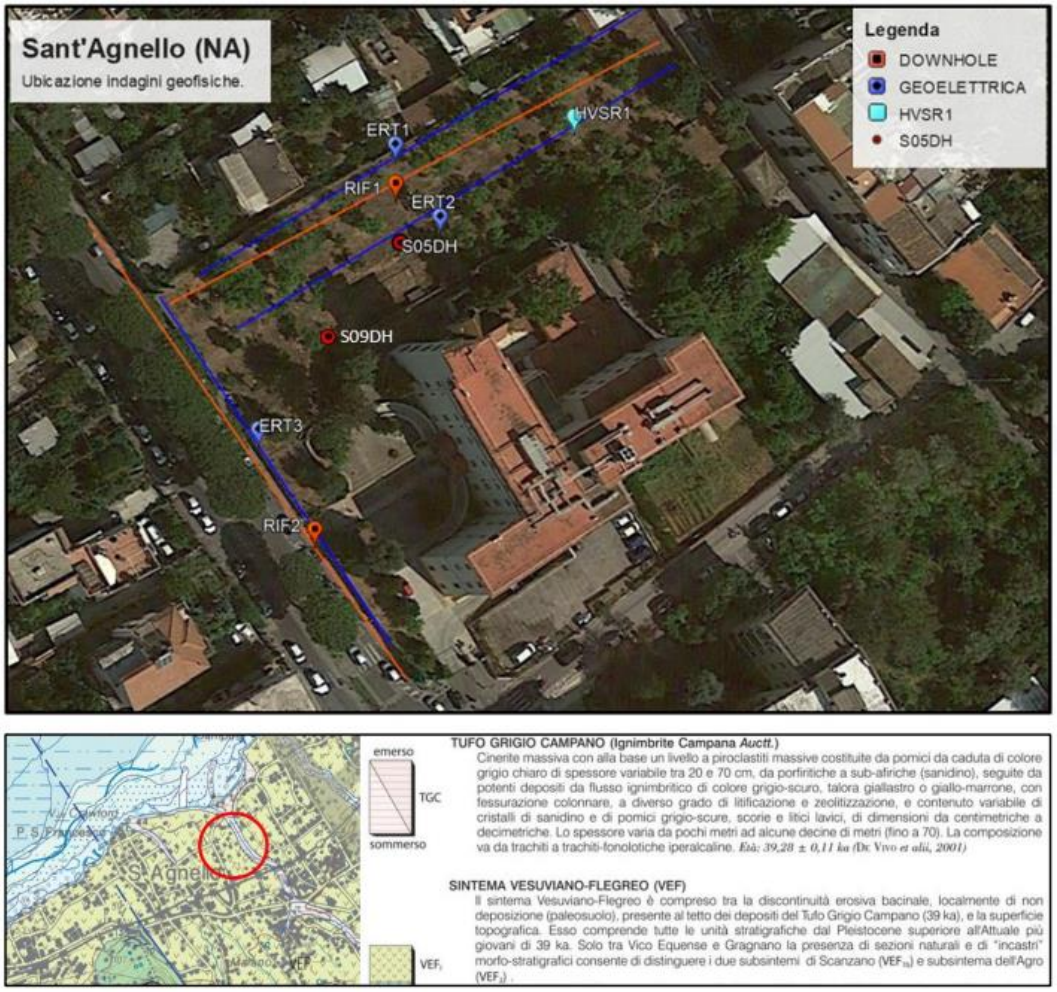


Fig. 34 – *Ubicazione delle indagini geofisiche eseguite e dettaglio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 dell'IGM (Foglio Geologico "Sorrento 466") dell'area.*

La campagna d'indagine geofisica ha consentito di caratterizzare, dal punto di vista sismo-stratigrafico ed elettro-stratigrafico, il sottosuolo in termini di distribuzione delle velocità delle onde di compressione (Vp) e di taglio (Vs), e della resisistività elettrica (ρ) e caricabilità (C). Inoltre, è stato possibile correlare i valori di Vp, Vs, ρ e C con i litotipi presenti facendo riferimento ai sondaggi geognostici eseguiti in prossimità degli stendimenti geofisici e al Foglio Geologico "*Sorrento 466*" della Carta Geologica d'Italia (in scala 1: 50.000) dell'IGM.

L'analisi delle correlazioni tra la distribuzione dei valori di resistività elettrica, dei valori di velocità delle onde P ed S, e della densità dei raggi sismici ha permesso di ricostruire, con maggiore accuratezza, il modello geofisico del sottosuolo.

In riferimento alle tomografie sismiche delle onde P e delle onde S, la porzione di sottosuolo

investigata risulta costituita da n. 2 Unità Geosismiche (U.G.):

- fino alla profondità di circa 4-6 metri dal piano campagna (p.c.), l'**U.G. 1** è caratterizzata da valori di Vp compresi tra 140-320 m/s e di Vs ricadenti nel range 90-200 m/s. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità degli stendimenti sismici, tali valori sono correlabili a depositi piroclastici sciolti, alterati e il cui grado di addensamento è medio-basso;
- l'unità **U.G. 2** sottostante, individuata fino alla massima profondità di indagine pari a circa 35 metri dal p.c., è caratterizzata da Vp comprese tra 190-800 m/s. In riferimento ai sondaggi stratigrafici eseguiti nell'area di indagine, tali valori sono ascrivibili a depositi tufacei, il cui grado di alterazione diminuisce con l'aumentare della profondità. Gli alti valori di Vp (maggiori di 500 m/s) potrebbero essere correlabili con una facies più litoide del tufo. Inoltre, all'interno della tomografia sismica SR1 (Figura 35), si evidenzia un'inversione di velocità delle onde P che potrebbe essere associabile alla porzione sommitale di una cavità posta alla profondità di circa 16-20 metri dal p.c.

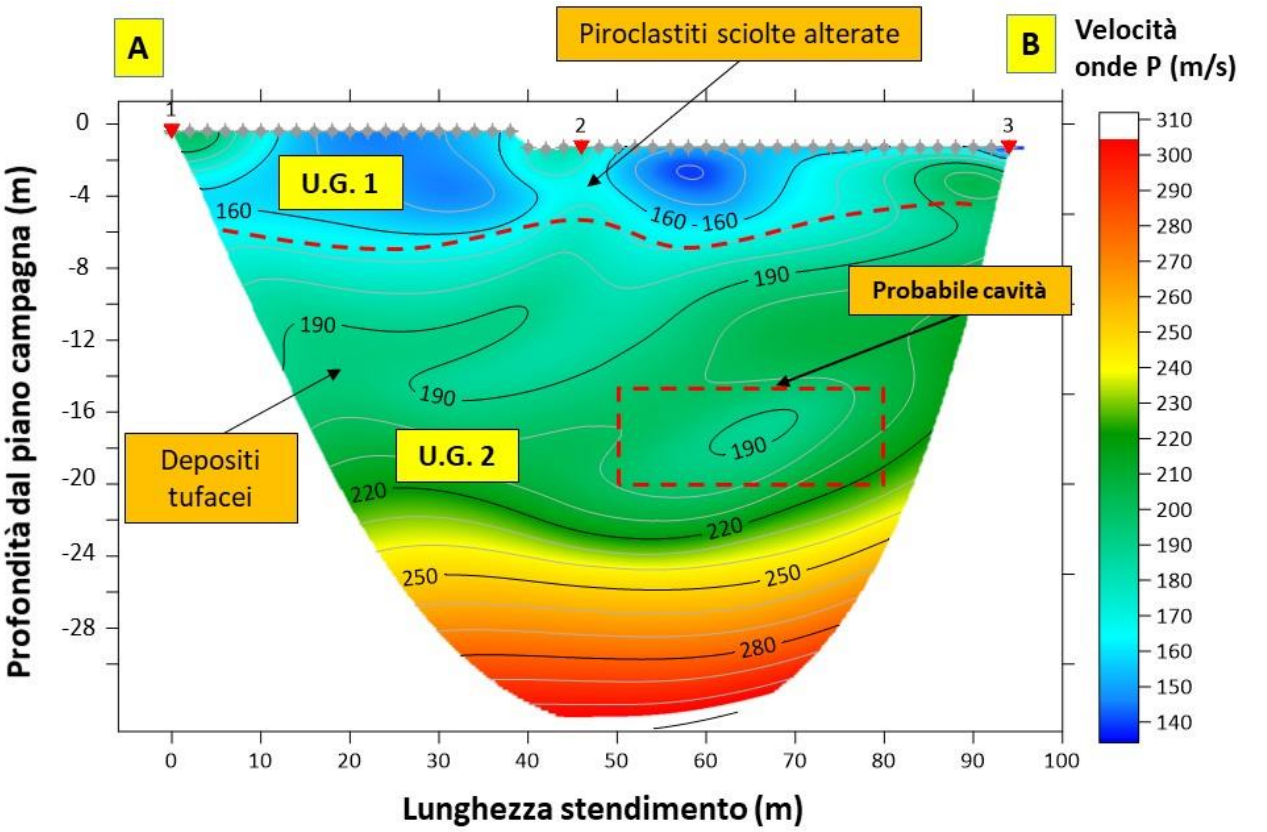


Figura 35 – Esempio di eleaborazione - Tomografia sismica delle onde P (SR1).

Per quanto concerne le sezioni di tomografia geoelettrica, coerentemente con quanto evidenziato nelle tomografie sismiche, la porzione di sottosuolo investigata risulta costituita da n.2 Elettrostrati (E.S):

- fino alla profondità di circa 5 metri dal p.c., l'**E.S. 1** è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività ricadenti nel range 5-70 ohm.m. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento tale elettrostrato potrebbe essere associabile a depositi piroclastici sciolti, classificati dal punto di vista granulometrico come sabbie argillose debolmente limose;
- l'**E.S. 2** sottostante, invece, si individua fino alla massima profondità di indagine ed è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività compresi tra 160 ohm.m e 1100 ohm.m. In riferimento alle litologie rinvenute nei sondaggi geognostici eseguiti in prossimità degli stendimenti, questo potrebbe essere correlabile a depositi tufacei alterati e mediamente litificati. Inoltre, coerentemente con quanto evidenziato dalla tomografia sismica SR1, si individua sia in pianta che in sezione, un'anomalia caratterizzata da una distribuzione dei

valori di resistività superiori a 2000 ohm.m che potrebbe essere associata alla presenza della medesima cavità.

- Dal punto di vista della caricabilità dei litotipi, invece, non si riscontrano variazioni significative nella porzione di sottosuolo investigata, caratterizzata da valori compresi nel range 20-120 mV/V. Si esclude, quindi, l'eventuale presenza di sostanze inquinanti.

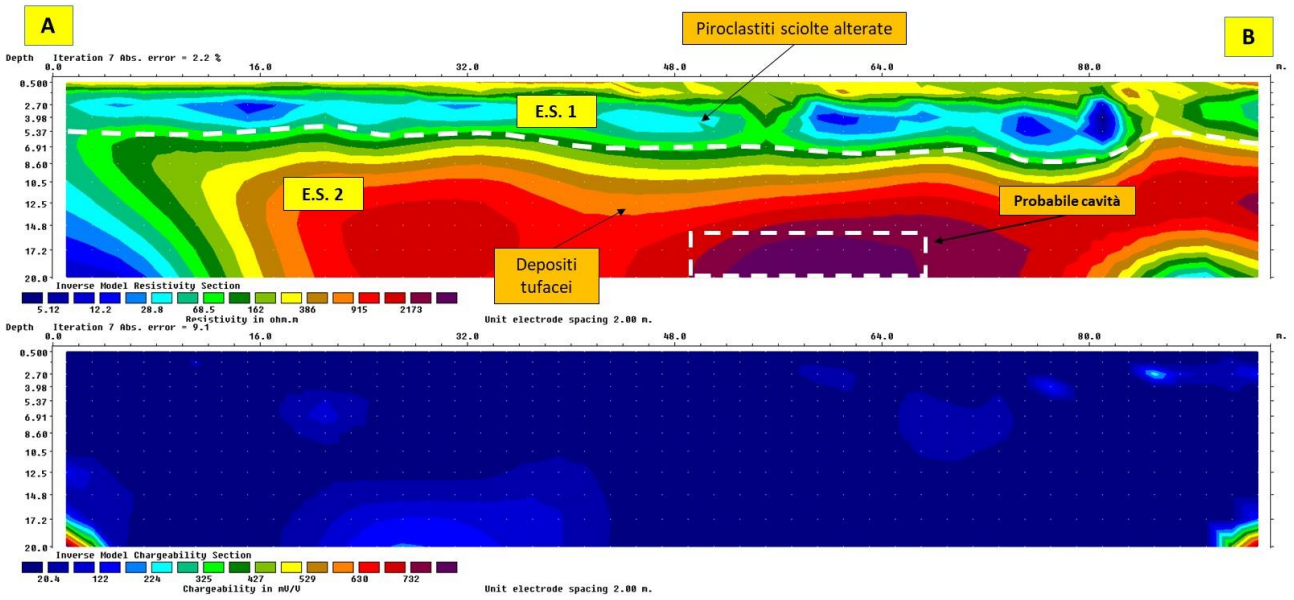


Figura 36 – Sezione di tomografia elettrica **ERT 1** 2D

Le indagini Down-Hole infine, integrata con l'indagine HVSR, si è rivelata fondamentale per la ricostruzione del profilo di velocità delle onde S (*Figura 37 e 37bis*) e per la classificazione del sottosuolo secondo la tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018 oltre che per la determinazione della frequenza di risonanza di sito. Dall'indagine di sismica passiva è stato possibile identificare tale valore, corrispondente al picco di frequenza del rapporto spettrale H/V pari a **0.88 ± 0.04 Hz**.

➢ **S05DH:**

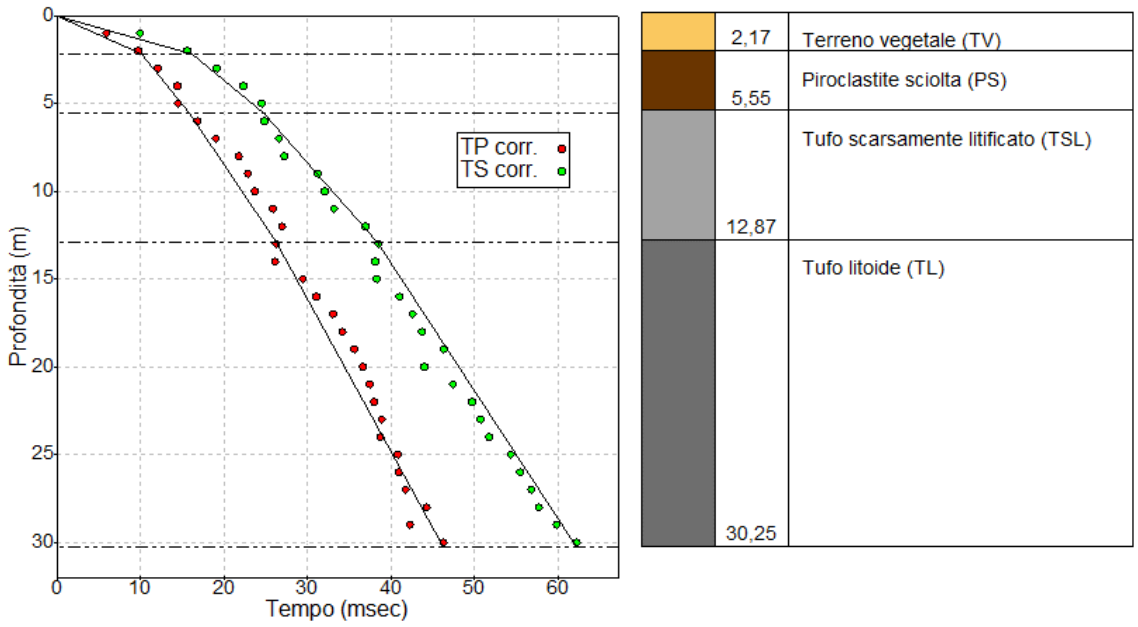


Figura 37 - Modello sismotratigrafico del sottosuolo

Tramite l'elaborazione dei dati acquisiti con l'indagine DH sono emerse, in accordo con la stratigrafia rinvenuta nel corso del sondaggio S05 e con i campioni indisturbati prelevati, 4 distinte unità sismostratigrafiche.i cui valori medi sono riportati nelle seguenti tabelle:

	Profondità (m)	Spessore (m)	$V_{P\ media}$(m/s)	$V_{SHmedia}$ (m/s)	E_{medio} (Mpa)	Ed_{medio} (Mpa)	G_{medio} (Mpa)	Ev_{medio} (Mpa)
Strato 1 - TV	2,00	2,00	187,95	114,71	38,44	42,80	160,21	21,44
Strato 2 - PS	6,00	4,00	307,10	195,46	143,74	154,19	627,11	70,58
Strato 3 - TSL	13,00	7,00	417,05	307,56	250,69	263,58	1428,18	73,16
Strato 4 - TL	30,00	17,00	582,38	440,49	568,17	615,88	3516,74	146,98

Tabella 18 – Valori medi dei parametri relativi ai 4 sismo-strati individuati.

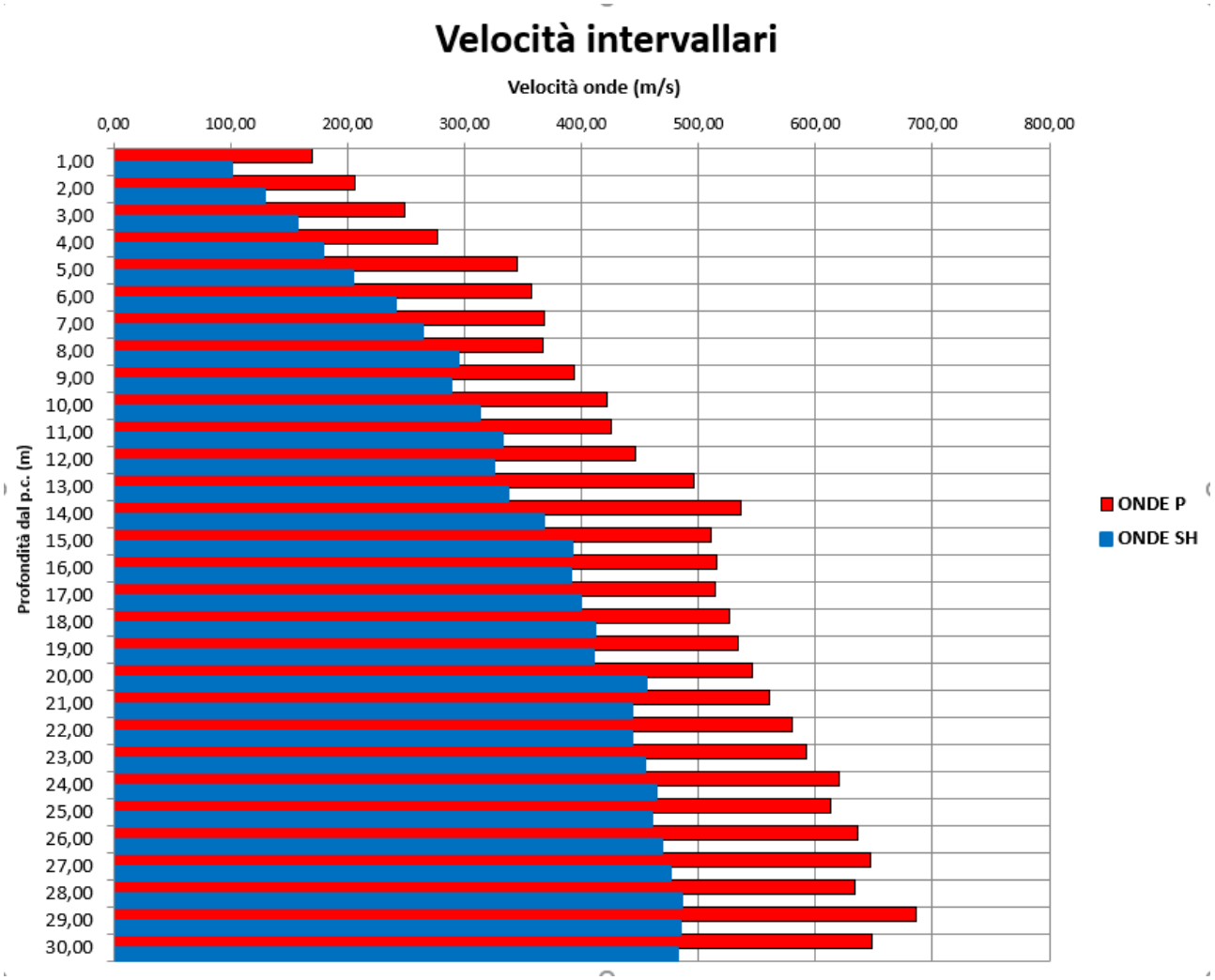


Figura 38 - Modello sismico-stratigrafico e velocità intervallari

Come già descritto e riportato nelle NTC 2018, per depositi con profondità del substrato rigido (inteso come formazione geologica avente VS>800 m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30. Il valore di Vs 30 calcolato in base ai dati forniti dalla prova DH è pari a **298 m/s**, per cui il terreno del sito in esame rientra sismicamente nella categoria di sottosuolo **C**: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

➢ **S09DH:**

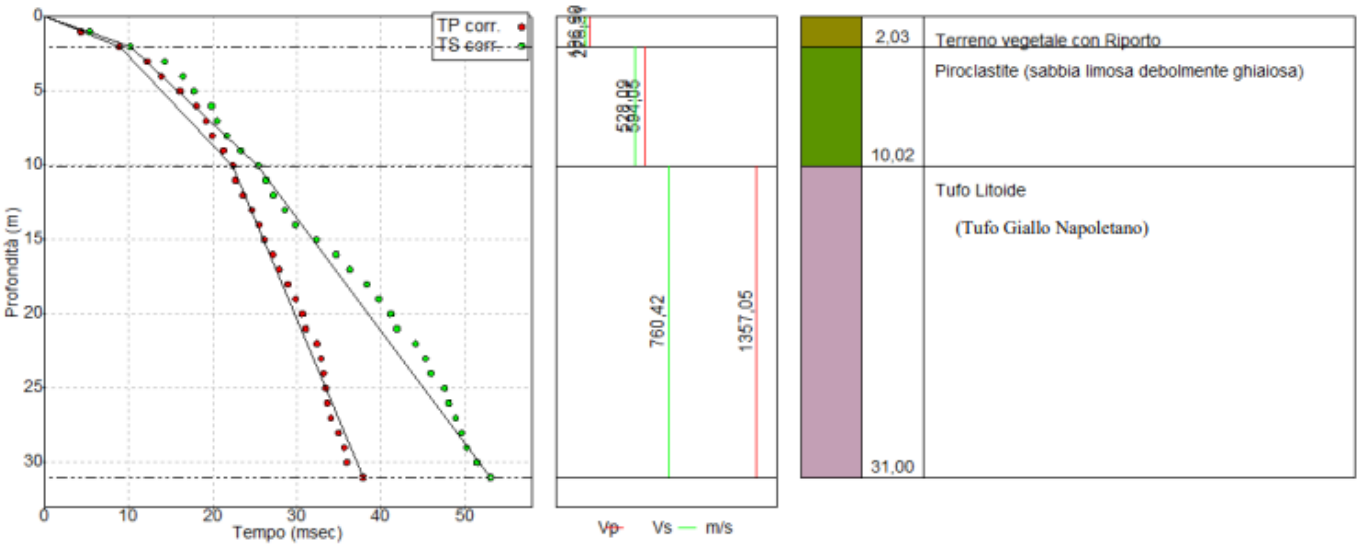


Figura 39 - Modello sismo-stratigrafico de sottosuolo

Tramite l'elaborazione dei dati acquisiti con l'indagine DH sono emerse, in accordo con la stratigrafia rinvenuta nel corso del sondaggio S09_DH e con i campioni indisturbati prelevati, 3 distinte unità sismo-stratigrafiche i cui valori medi sono riportati nelle seguenti tabelle:

	Profondità (m)	**Spessore (m)**	**V_p medio (m/s)**	**V_s medio (m/s)**	**E medio (MPa)**	**E_d medio (MPa)**	**G medio (MPa)**	**E_v medio (MPa)**
Strato 1: Terreno Vegetale con Riporto	2.00	2.00	238	197	120	85	81	31
Strato 2: Piroclastite (sabbia limosa debolmente ghiaiosa)	10.00	8.00	597	528	607	555	721	76
Strato 4: Tufo litoide (Tufo Giallo Napoletano)	30.00	20.00	1357	760	900	1068	1313	404

Tabella 18 - Valori medi dei parametri relativi ai 3 sismo-strati individuati.

Come già descritto e riportato nelle NTC 2018, per depositi con profondità del substrato rigido (inteso come formazione geologica avente VS>800 m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30. Il valore di Vs 30 calcolato in base ai dati forniti dalla prova DH è pari a **388 m/s**, per cui il terreno del sito in esame rientra sismicamente nella categoria di sottosuolo **C**: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina*

mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

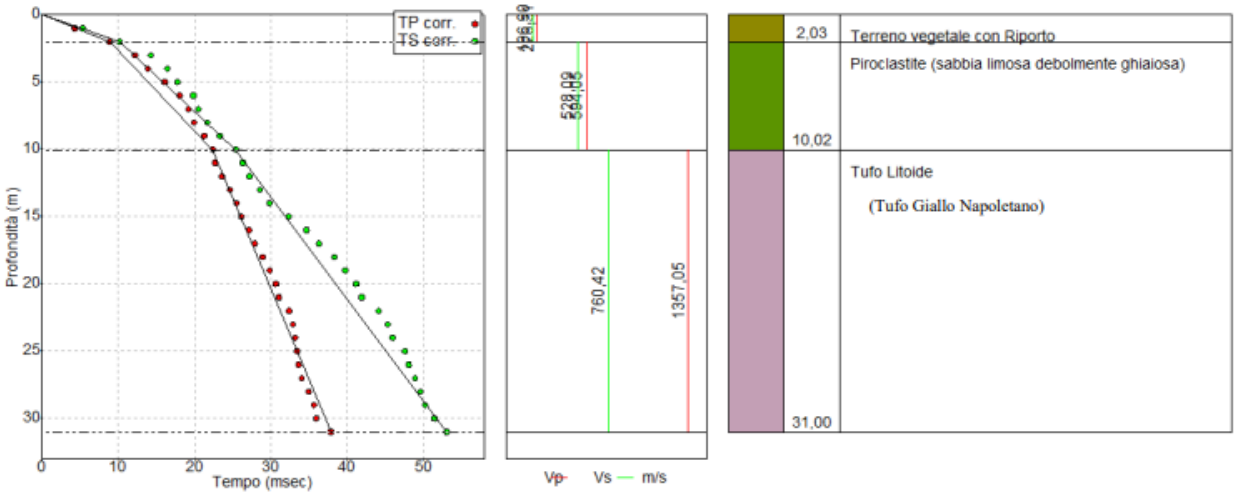
4.2. Analisi Sismica Di Sito E Definizione Del Bedrock Sismico

4.2.1. Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate

Sulla base delle nuove indagini sismiche eseguite, la sismo-stratigrafia dell'area di indagine è così riassumibile:

Descrizione (-)	Profondità (m)
Terreno vegetale con riporto	2,03
Piroclastite (sabbia limosa debolmente ghiaiosa)	10,02
Tufo Litoide	31

V_p medio (m/s)	V_s medio (m/s)	g medio (kN/mc)	ni medio	G medio (MPa)	E_d medio (MPa)	E medio (MPa)	E_v medio (MPa)
226,31	196,9	19,31	--	81,33	85,84	120,3	31,2
594,05	528,09	21,54	--	721,45	555,01	607,7	76,4
1357,05	760,42	22,06	0,27	1313,53	1068,95	3306,33	404,91



4.2.2. Cenni Teorici Di Analisi Dinimaca Avanzata (*Flac 2d – Itasca, 2018*)

Il codice di calcolo FLAC 2D v.8.0 (Fast Lagrangian Analysis of Continua) della Itasca (2018) è basato sul metodo delle differenze finite con un procedimento di tipo esplicito. La flessibilità nella modellazione della geometria del problema, la disponibilità di elementi strutturali, l'elevato numero di modelli costitutivi implementati e la possibilità di svilupparne nuovi, rendono FLAC idoneo allo studio di praticamente tutti i problemi riguardanti il comportamento meccanico di mezzi continui (terreni, rocce, ecc.) e di strutture interagenti. Sviluppato inizialmente per le applicazioni di ingegneria geotecnica e ingegneria mineraria in campo statico ha trovato successivamente, con l'introduzione del modulo dinamico, largo impiego anche per la soluzione di problemi di risposta sismica locale. Il codice di calcolo FLAC, anche per i problemi in campo statico, risolve le equazioni di equilibrio dinamico di un mezzo continuo:

$$\rho \cdot \frac{\partial \dot{u}_i}{\partial t} = \sum_j \frac{\partial \tau_{ji}}{\partial x_j} + \rho g_i \qquad (3.10)$$

dove:

- ρ è la densità
- xi la componente i-esima del vettore posizione
- ůi la componente i-esima del vettore velocità
- gi la componente dell'accelerazione di gravità (forze di volume) lungo la direzione i
- τji la generica componente del tensore degli sforzi.

Il comportamento meccanico dei materiali è espresso dalla legge costitutiva:

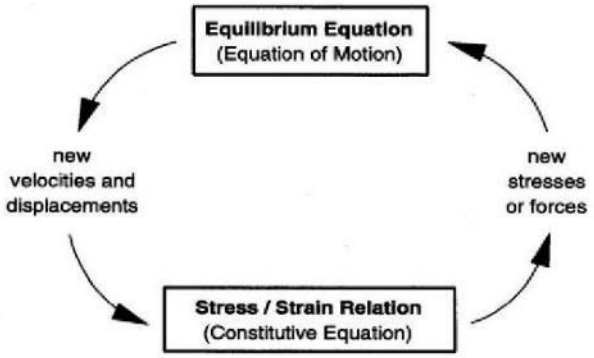
$$\tau_{ji} = M\left(\tau_{ji}\,;\,\dot{e}_{ij}\,;\,k\right) \tag{3.11}$$

dove k è un parametro che tiene conto della storia di carico, M un funzionale e ėij il tensore velocità di deformazione espresso dalla:

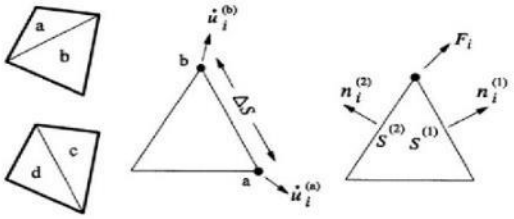
$$\dot{e}_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \dot{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \dot{u}_j}{\partial x_i}\right) \tag{3.12}$$

I materiali vengono rappresentati da elementi quadrilateri, o zone, che formano una griglia (mesh) che può essere configurata dall'utente in modo da modellare contatti stratigrafici e morfologie superficiali anche complesse e irregolari. A ciascuna zona si assegnano le proprietà fisiche e meccaniche che ne caratterizzano il comportamento nell'analisi. I vertici di ogni zona costituiscono i nodi della griglia.

I metodi alle differenze finite come quelli agli elementi finiti traducono un sistema di equazioni differenziali come le (3.10) in un sistema di equazioni algebriche. Se i metodi agli elementi finiti hanno come punto centrale la definizione delle funzioni di forma che descrivono la variazione delle grandezze che interessano il problema (tensioni, deformazioni) attraverso ciascun elemento, nei metodi alle differenze finite si prescinde da questa definizione della funzioni di forma, e le equazioni algebriche vengono scritte direttamente in termini di variabili di campo (tensioni, spostamenti) definite nei nodi della mesh. In sintesi, l'algoritmo risolutivo dell'approccio esplicito si articola secondo il ciclo indicato nella seguente figura.



Ad ogni nuovo passo di calcolo (step), vengono risolte le equazioni di equilibrio dinamico, per cui dalle tensioni e dalle forze si ottengono i valori corrispondenti delle velocità di deformazione e degli spostamenti; successivamente dalle velocità di deformazione, attraverso le equazioni dei legami costituivi, si giunge a valori aggiornati delle tensioni. L'ipotesi base dell'approccio esplicito consiste nel fatto che, durante ciascuna fase, le grandezze engono ricavate da altre grandezze i cui valori sono assunti costanti durante l'operazione. Ad esempio, i valori delle velocità di deformazione sono considerati fissi durante l'operazione di calcolo delle tensioni mediante le leggi costitutive; in altre parole, i nuovi valori calcolati delle tensioni non influenzano le velocità. Questo può apparire poco accettabile dal punto di vista fisico poiché se c'è una variazione di tensione in un punto, questa necessariamente influenza i punti vicini alterandone le velocità di deformazione. Tuttavia se l'intervallo di tempo Δt (timestep) corrispondente al singolo ciclo di calcolo è sufficientemente piccolo, tale alterazione non può propagarsi da un elemento all'altro in tale intervallo. Tale approccio si è dimostrato particolarmente efficiente nella modellazione di problemi non lineari in presenza di grandi deformazioni. Per contro, essendo il Δt richiesto generalmente molto piccolo, sono necessari un gran numero di passi di integrazione cui corrispondono tempi di calcolo molto elevati.



Gli elementi quadrangolari della griglia vengono automaticamente suddivisi dal programma in due

set sovrapposti di triangoli a deformazioni costanti. Le equazioni alle differenze finite per ogni triangolo si ottengono dalla forma generalizzata del teorema della divergenza di Gauss:

$$\int_S f \cdot \hat{n} \cdot ds = \int_A \text{div}\, f \cdot dA \tag{3.13}$$

in cui:

n è il versore normale al contorno S del dominio triangolare

f la funzione generica (scalare, vettore o tensore)

A la superficie del dominio triangolare di contorno S

ds la lunghezza incrementale lungo il contorno S.

Sostituendo ad f un valore medio del vettore velocità la relazione precedente consente di scrivere:

$$\frac{\partial \dot{u}_i}{\partial x_i} \cong \frac{1}{2A} \sum_s \left(\dot{u}_i^{(a)} + \dot{u}_i^{(b)} \right) n_j \, \Delta s \tag{3.14}$$

dove (a) e (b) sono due nodi consecutivi sul generico lato del triangolo. Attraverso la (3.12) e la (3.14) è quindi possibile calcolare tutte le componenti del tensore velocità di deformazione. La legge costitutiva è poi utilizzata per calcolare un nuovo valore del tensore delle tensioni. Calcolate le tensioni vengono calcolate le forze equivalenti applicate ai nodi. Le tensioni agiscono in ciascun triangolo come trazioni sui lati del triangolo stesso; ogni trazione è considerata equivalente a due forze agenti sui due nodi all'estremità del lato. Su ogni nodo del triangolo quindi agiscono due forze relative ai due lati convergenti nel nodo stesso:

$$F_i = \frac{1}{2} \tau_{ji} \left(n_i^{(1)} S^{(1)} + n_i^{(2)} S^{(2)} \right) \tag{3.15}$$

Infine per ciascun nodo vengono sommate tutte le forze dovute ai triangoli convergenti nel nodo, le forze dovute a eventuali carichi esterni applicati e le forze di volume dovute alla gravità. In tal modo viene determinata la forza nodale netta ΣFi; se ΣFi=0 il nodo è in equilibrio altrimenti subirà un'accelerazione espressa dalla seconda legge di Newton, nient'altro che la (3.10) espressa in

termini incrementali:

$$\dot{u}_i^{\left(t+\frac{\Delta t}{2}\right)} = \dot{u}_i^{\left(t-\frac{\Delta t}{2}\right)} + \left[\sum F_i^{(t)}\right]\frac{\Delta t}{m} \qquad (3.16)$$

dove l'apice indica il tempo in corrispondenza del quale è valutata la variabile e m è la massa associata a ciascun nodo pari alla somma di un terzo delle masse dei triangoli convergenti nel nodo. Dalla relazione precedente si determinano nuovi valori della velocità e quindi del tensore velocità di deformazione per un nuovo ciclo.

Come detto, condizione essenziale dell'algoritmo descritto, è che il time step Δt corrispondente al singolo ciclo di calcolo sia sufficientemente piccolo da rendere accettabile l'approssimazione di tensioni e velocità costanti sul singolo step di calcolo. In particolare Δt deve essere inferiore ad un time step critico Δtcrit definito dalla:

$$\Delta t_{cr} = \min\left\{\frac{A}{V_p \Delta x_{max}}\right\} \qquad (3.17)$$

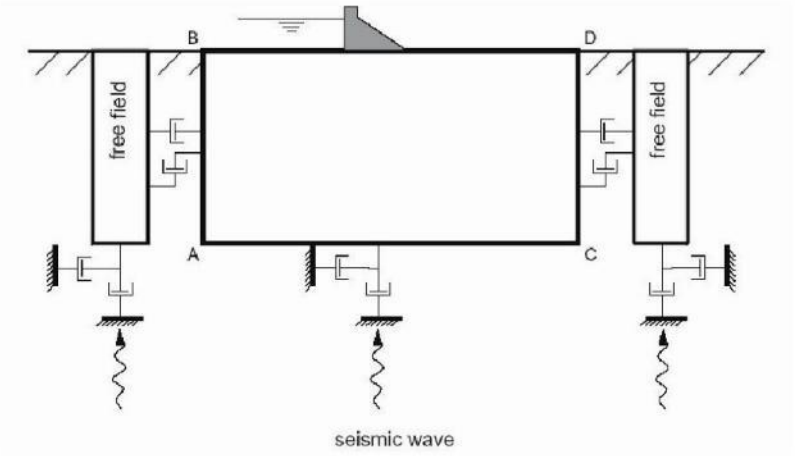
dove A è la superficie del sub-elemento triangolare, Δxmax la dimensione massima della zona (in genere la diagonale) e VP la velocità delle onde di compressione. La funzione minimo è presa su tutte le zone. Il timestep critico è tanto più piccolo (e i tempi di calcolo quindi tanto più elevati) quanto più la rigidezza del materiale è elevata e quanto più piccolo è l'elemento. Il Δt di calcolo viene determinato internamente da FLAC applicando un coefficiente di sicurezza due al valore fornito dalla (3.17).

Particolare attenzione va posta nella scelta delle dimensioni degli elementi della mesh in quanto queste condizionano in maniera fondamentale l'accuratezza numerica della trasmissione delle onde. In particolare, per un'accurata modellazione viene consigliato di scegliere una altezza degli elementi h almeno pari ad un valore compreso tra un decimo ed un ottavo della minima lunghezza d'onda di interesse λmin:

$$h \leq \frac{\lambda_{min}}{10} \qquad (3.18)$$

La λmin è la lunghezza d'onda che corrisponde alla massima frequenza di interesse ed è legata ad essa dalla velocità di propagazione delle onde di taglio. I metodi alle differenze finite, così come quelli agli elementi finiti, si basano sulla discretizzazione, tramite una mesh di nodi, di una porzione finita dello spazio per cui appropriate condizioni al contorno vanno imposte ai confini artificiali di tale regione. In ogni problema di propagazione di onde sismiche, parte dell'energia si allontana indefinitamente dalla regione di interesse verso il semispazio circostante per fenomeni di diffrazione e riflessione dando luogo ad una "perdita" di energia indicata come smorzamento di radiazione. Al fine di modellare correttamente questo fenomeno, FLAC consente di minimizzare la riflessione delle onde sui contorni della mesh imponendo su questi condizioni di campo libero (free field boundaries) o viscose (quiet boundaries). La definizione delle condizioni al contorno è strettamente correlata all'applicazione della sollecitazione dinamica, come discusso in seguito.

I contorni free-field consistono sostanzialmente in colonne monodimensionali di larghezza unitaria, situate ai lati del modello, che simulano il comportamento di un mezzo infinitamente esteso (figura seguente).



In pratica, essi riproducono il moto libero del terreno che si avrebbe in assenza della configurazione bidimensionale ed allo stesso tempo impediscono la riflessione ai bordi della mesh delle onde diffratte verso l'esterno. Come illustrato, i singoli nodi dei contorni laterali della griglia principale vengono accoppiati alla griglia free-field attraverso smorzatori viscosi che materialmente assorbono

l'energia delle onde incidenti sui contorni, applicando delle forze viscose proporzionali alla differenza tra il campo di velocità esistente al bordo e quello in condizioni free-field. Prima dell'applicazione delle condizioni free-field durante l'analisi dinamica il modello deve essere in condizioni di equilibrio statico, per cui è necessario eseguire una analisi statica preliminare per determinare lo stato tensionale e deformativo all'interno del modello. All'atto dell'applicazione delle condizioni free-field quindi tutte le variabili di stato determinate dall'equilibrio statico vengono applicate alle colonne monodimensionali ai bordi del modello. I contorni free-field sono di notevole utilità in quanto consentono di evitare l'allontanamento dei confini laterali altrimenti necessario, in assenza di confini assorbenti, per la minimizzazione delle onde riflesse dai contorni.

I contorni quiet sono invece costituiti, secondo la formulazione di Lysmer e Kuhlemeyer (1969), da smorzatori viscosi attaccati alla griglia ed agenti in direzione normale e tangenziale al contorno stesso; essi consentono un pressoché completo assorbimento delle onde di volume che incidono sul contorno. I contorni quiet possono essere applicati su contorni verticali, orizzontali o inclinati. Essi vanno applicati al confine inferiore della mesh per simulare la base elastica mentre ai bordi del modello, come detto, è preferibile l'utilizzo dei contorni free-field.

Le sollecitazioni dinamiche possono essere applicate sia ai bordi della mesh sia ai suoi nodi interni in una delle seguenti forme:

- ✓ storia temporale di accelerazioni
- ✓ storia temporale di velocità
- ✓ storia temporale di tensioni
- ✓ storia temporale di forze.

Nell'applicare la sollecitazione dinamica, bisogna però tenere conto di alcune limitazioni che derivano da particolari incompatibilità tra forme di applicazione dell'input e delle condizioni al contorno. Se, ad esempio, queste sono rappresentate da quiet boundaries (come avviene solitamente per il bordo inferiore della mesh) il loro effetto viene annullato se si applica un accelerogramma o una storia di velocità. In questo caso quindi la base è modellata come rigida cioè perfettamente riflettente dando luogo a irrealistiche sovrastime del moto sismico. Per simulare correttamente una base elastica occorre applicare ai quiet boundaries alla base della mesh una storia temporale di

tensioni. A tal fine, un accelerogramma di input deve essere integrato per ottenere una storia temporale di velocità e questa viene infine convertita in tensioni tramite le seguenti relazioni:

$$\sigma_n = 2(\rho V_P)v_n \qquad \sigma_s = 2(\rho V_S)v_s \tag{3.19}$$

dove:

ρ è la densità

σn, σs rispettivamente tensione applicata in direzione normale e tangenziale al contorno

VP, VS rispettivamente velocità delle onde di compressione e di taglio del materiale che viene simulato al di sotto del contorno inferiore (costituente la base elastica)

vn, vs rispettivamente la velocità di input normale e tangente al contorno.

In definitiva quindi un input costituito da onde SV sarà applicato come una storia temporale di tensioni tangenziali mentre le onde P tramite una storia temporale di tensioni normali al contorno. Entrambe le sollecitazioni sono applicate con incidenza verticale.

La non linearità e le proprietà dissipative dei terreni possono essere modellate in FLAC secondo differenti modalità: attraverso l'adozione di un legame costitutivo propriamente non lineare o, a partire dalla versione 8.0 (Itasca, 2016), tramite semplici modelli di smorzamento isteretico. Le proprietà dissipative possono altresì essere modellate attraverso la formulazione di Rayleigh.

L'adozione di una legge sforzi-deformazione non lineare rappresenta, teoricamente, il modo più efficace per tenere conto della degradazione di rigidezza al procedere della deformazione e della dissipazione di energia per isteresi. Questi modelli possono essere accoppiati con modelli di filtrazione per simulare la generazione e dissipazione di eccessi di pressioni neutre e/o fenomeni di liquefazione e consentono inoltre la valutazione delle deformazioni permanenti. Dal punto di vista pratico però spesso i modelli non lineari sono complessi e richiedono la definizione di molti parametri e lunghi processi di calibrazione.

La complessità dei modelli non lineari e la comodità di un utilizzo diretto delle curve G/G0-γ e D-γ generalmente fornite dalle prove di laboratorio e dalle correlazioni empiriche ha portato all'introduzione di semplici modelli di smorzamento isteretico (hysteretic damping) nella recente

versione 5.0 del codice. Durante ciascun step di calcolo, in funzione del valore medio del tensore di velocità di deformazione, viene restituito un fattore moltiplicativo da usarsi nel legame costitutivo in modo da correggere il valore del modulo tangente di taglio associato a ciascun elemento. Il modello isteretico implementato utilizza solo curve continue che esprimono la variazione del modulo di taglio con la deformazione tangenziale, quindi i parametri da fornire in input, che definiscono la forma di tali curve, vanno ricavati attraverso regressione dei dati sperimentali. Analisi di calibrazione dello smorzamento isteretico sono necessarie prima di un suo uso nella pratica corrente.

Nel caso di analisi lineari, o per modellare comunque lo smorzamento a basse deformazioni che spesso i legami costitutivi non lineari non riescono a cogliere, si può utilizzare la formulazione di Rayleigh. Essa conduce ad uno smorzamento dipendente dalla frequenza in contrasto con le evidenze sperimentali sul comportamento dei terreni. Il suo impiego richiede pertanto una oculata scelta dei parametri che lo definiscono per limitare la variazione dello smorzamento con la frequenza (Lanzo et al., 2003 e 2004). Lo smorzamento di Rayleigh è stato originariamente formulato per le analisi strutturali ed è espresso in forma matriciale attraverso la definizione di una matrice di smorzamento C proporzionale alla matrice di massa M e a quella di rigidezza K:

$$\mathbf{C} = \alpha_R \mathbf{M} + \beta_R \mathbf{K} \tag{3.20}$$

dove alfa-R e beta-R sono i coefficienti di Rayleigh che hanno dimensione rispettivamente di s-1 e s. E' possibile dimostrare (Chopra, 1995) che lo smorzamento ξ_j associato al j-esimo modo di vibrazione del deposito è espresso dalla:

$$\xi_j = \frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_R}{\omega_j} + \beta_R \omega_j\right) \tag{3.21}$$

dove ω_j è la frequenza circolare relativa al modo j.

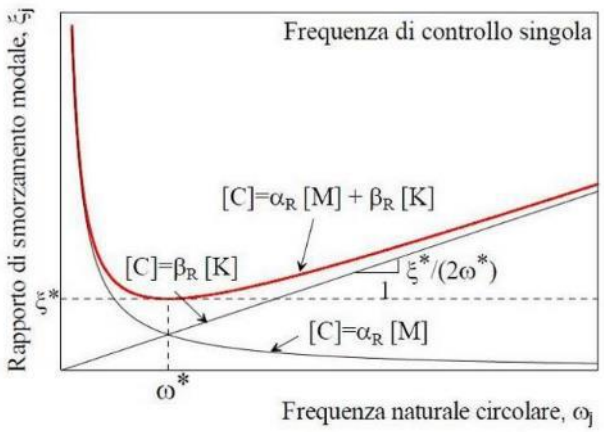
I coefficienti di Rayleigh vengono comunemente determinati attraverso due procedure, a seconda che si fissi il valore dello smorzamento modale in corrispondenza di una o due frequenze naturali opportunamente selezionate (dette frequenze di controllo). Il codice FLAC adotta la prima procedura in accordo alla quale i coefficienti di Rayleigh sono espressi dalle:

$$\alpha_R = \xi^* \omega^* \quad , \quad \beta_R = \frac{\xi^*}{\omega^*} \tag{3.22}$$

avendo fissato lo smorzamento modale al valore ξ in corrispondenza della singola frequenza ω.
Per ciascun elemento della mesh occorre specificare il rapporto di smorzamento ξ* del materiale e la frequenza ω*. A titolo di esempio, nel caso di smorzamento ξ* e frequenza ω* costante per tutto il deposito, è possibile dimostrare che un'analisi lineare eseguita con FLAC fornisce gli stessi risultati di un'analisi modale con rapporto di smorzamento modale dell'intero sistema variabile con la frequenza circolare naturale ωj secondo la:

$$\xi_j = \frac{\xi^*}{2}\left(\frac{\omega^*}{\omega_j} + \frac{\omega_j}{\omega^*}\right) \tag{3.23}$$

riportata nella figura seguente, nella quale si nota come ξj assuma un minimo (pari al valore imposto ξ*) in corrispondenza della frequenza di controllo ω* mentre sia sovrastimato nel campo dei valori maggiori e minori di ω*. La formulazione di Rayleigh viene applicata a livello del singolo elemento della mesh per cui, tra i dati di input, occorre specificare per ciascun elemento il valore del rapporto di smorzamento del materiale che lo costituisce ξ* e la frequenza di controllo ω* (o meglio il valore f*). La scelta di f* è cruciale per fissare il campo di frequenza in corrispondenza del quale lo smorzamento mostra variazioni contenute rispetto a ξ*. In generale, f* deve essere scelta nel campo di frequenza significativo per



il problema in esame sia in termini di frequenze naturali del sistema che di frequenze predominati dell'input. In prima approssimazione si può collocare f* tra la frequenza fondamentale del sistema e la frequenza predominate dell'input (frequenza corrispondente al massimo dello spettro di Fourier o di risposta). Se questi valori sono distanti è comunque opportuno esaminare con analisi parametriche l'influenza sui risultati delle diverse scelte di f*.

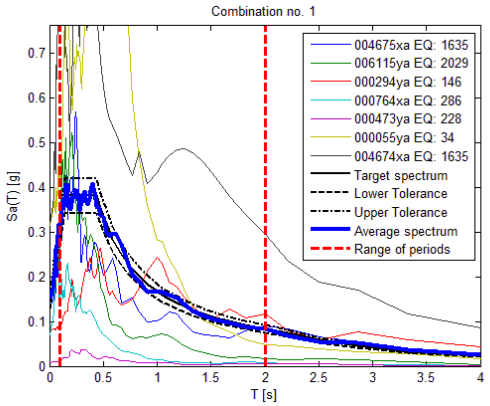
In definitiva occorre quindi fornire in input, per ciascun materiale, i seguenti parametri:
- peso dell'unità di volume
- nel caso di analisi lineari modulo di taglio (G0) e di elasticità volumetrico (k), o, in alternativa modulo
di Young (E) e coefficiente di Poisson (ν); nel caso di analisi non lineari occorre fornire i parametri caratteristici del modello adottato
- rapporto di smorzamento (ξ*) e frequenza di controllo (f*) se si adotta la formulazione di Rayleigh.

In uscita il codice offre notevoli potenzialità potendo restituire la storia temporale di tutte le grandezze di interesse: spostamenti, velocità, accelerazioni, deformazioni e tensioni. L'interfaccia grafica consente inoltre di costruire ed esportare grafici delle sopra citate grandezze in funzione della profondità o lungo un generico profilo.

4.2.3. Modellizzazione Numerica Avanzata

Come anticipato nelle premesse, è stato effettuato uno studio di risposta sismica locale tramite una modellazione numerica bidimensionale avanzata in modalità dinamica. Nel rispetto della normativa vigente è stata effettuata una modellazione numerica assegnando una severità dell'azione sismica con la probabilità di superamento, P, e con il periodo di ritorno, Tr, relativi agli stati limite considerati. In particolare, è stata considerata una vita nominale della costruzione (Vn) di 100 anni, una classe d'uso (Cu) di IV con il relativo coefficiente pari a 2,0 e quindi una vita di riferimento Vr = 200 anni. A partire da queste indicazioni si è determinato un periodo di ritorno dell'azione sismica di 1898 anni per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV).

Gli *input* sismici utilizzati sono rappresentati da una settupla di storie accelerometriche applicate alla base del modello per lo stato limite considerato e riferite agli spettri di normativa calcolati per il sito in esame, considerando un sottosuolo di roccia affiorante (classe A) con topografia sub-orizzontale (T1) e correttamente deconvoluto (v. Dynamic Analysis della ITASCA, 2018).



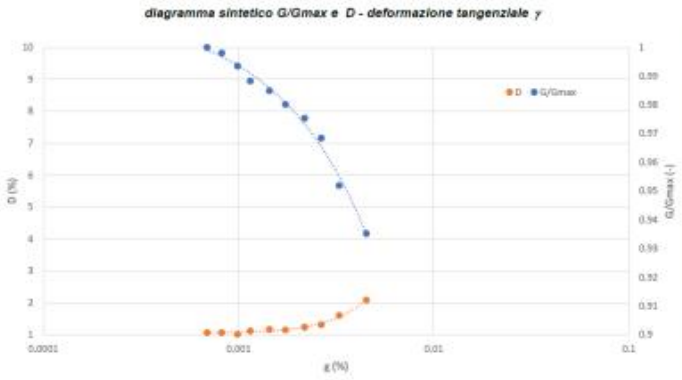
In particolare, gli accelerogrammi sono stati ricavati tramite l'utilizzo del software REXEL - *computer aided record selection for code-basedvseismic structural analysis*.

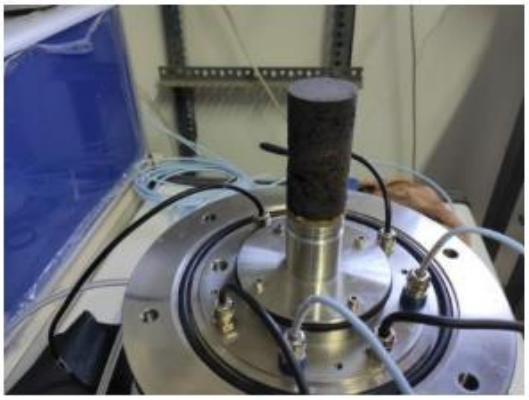
Nella modellazione numerica, è stata utilizzata la sismo–stratigrafia e i valori di rigidità ricavati dalle indagini geofisiche eseguite e precedentemente illustrate. Il modello geometrico, è stato discretizzato con una maglia ad elementi quadrangolari, le dimensioni dei quali sono state stabilite in funzione delle lunghezze d'onda minime caratterizzanti il fenomeno di propagazione sismica, determinabili con la relazione di Kuhlemeyer & Lysmer ($h_{max} < Vs / 10 * f_{max}$) in funzione delle velocità delle onde di taglio nei diversi terreni del modello e della frequenza massima di interesse dei segnali accelerometrici selezionati (f_{max}=10 Hz).

Lungo le frontiere laterali sono stati introdotti particolari elementi assorbenti (*free-field* boundaries), che, oltre ad evitare la riflessione delle onde in maniera analoga agli smorzatori viscosi introdotti da Lysmer & Kuhlemeyer (1969), forzano i nodi delle frontiere laterali a riprodurre il moto di *free-field*, essenziali per le analisi di risposta sismica locale 2D.

Per limitare la riflessione delle onde in corrispondenza della frontiera inferiore del modello, sono stati utilizzati degli smorzatori viscosi (*quiet boundaries*), mentre le proprietà dissipative dei materiali sono state valutate considerando:

1. per i depositi piroclastici, i risultati della prova di colonna risonante eseguita su un campione prelevato nel foro di sondaggio a circa 7-8 m di profondità dal p.c. locale, come mostrato a seguire;





2. per il materiale tufaceo litoide una tipologia di smorzamento definito di "Rayleigh", generalmente implementato nei codici di calcolo che operano nel dominio del tempo.

Le *history* (storie temporali) ricavate al tetto del modello rappresentano le storie accelerometriche orizzontali attese nel sito d'indagine. Le n°7 *history* ottenute per ogni stato limite sono state successivamente plottate in uno spettro di risposta elastico e mediate in una curva rappresentativa (*Step n.1*), confrontabile con gli spettri di normativa provenienti dall'approccio semplificato (*Step n.2*).

Sulla base delle sezioni geologiche allegate al presente studio, e dato l'andamento particolarmente complesso e articolato delle cavità presenti nell'area di studio, si è scelto di effettuare la modellazione numerica lungo la sezione DD', in cui è presente la cavità con maggiore sviluppo areale e il corridoio. Inoltre, si specifica che, in via cautelativa, le cavità sono state considerate prive di materiale di riempimento (simulando totale assenza di depositi e/o gabbionate e/o blocchi lapidei).
In accordo con le tavole di progetto fornite, il piano fondazionale è stato posto a 9 m dal p.c. locale.

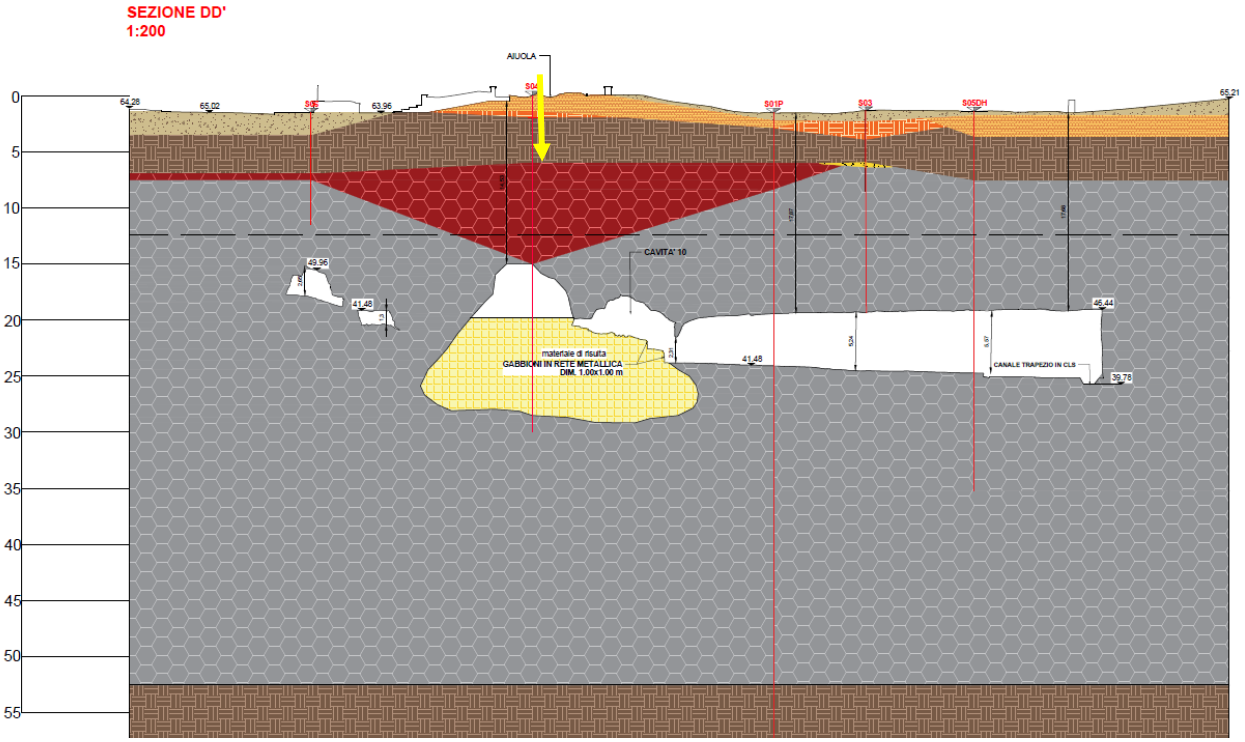


Figura 40 - Stralcio della Sezione Geologica

A seguire si mostra il modello sismo - stratigrafico impiegato per la simulazione numerica, e gli spettri risultati dalla modellazione per lo stato limite analizzato.

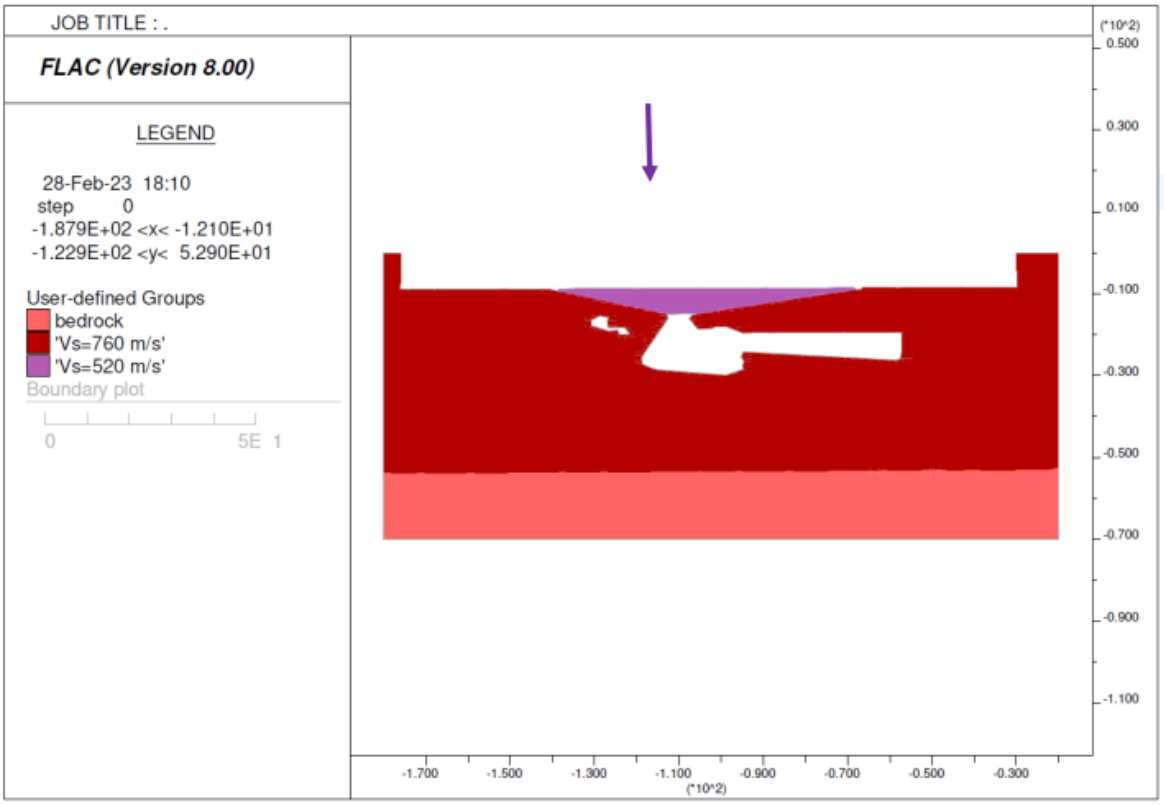
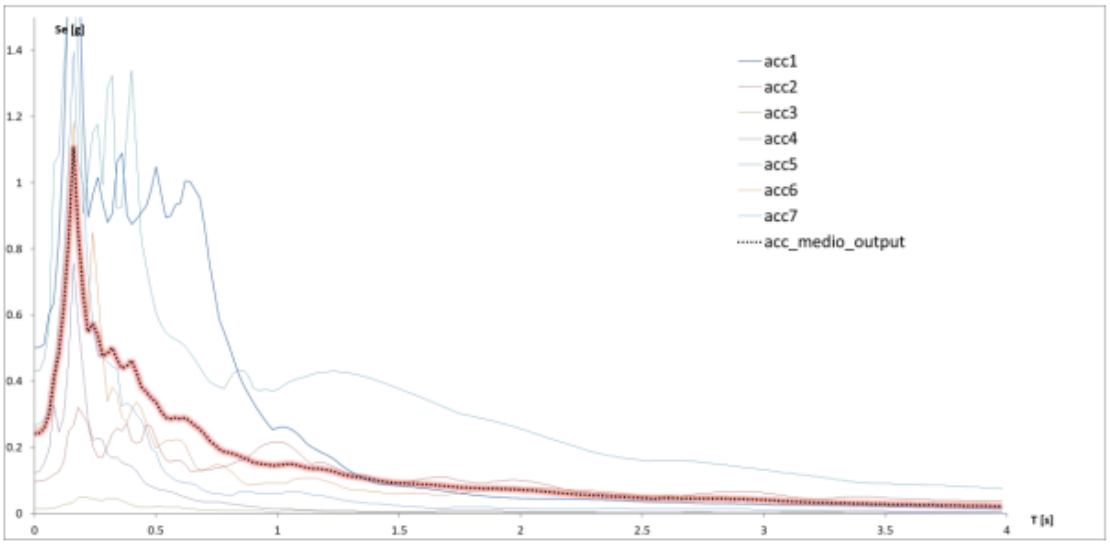


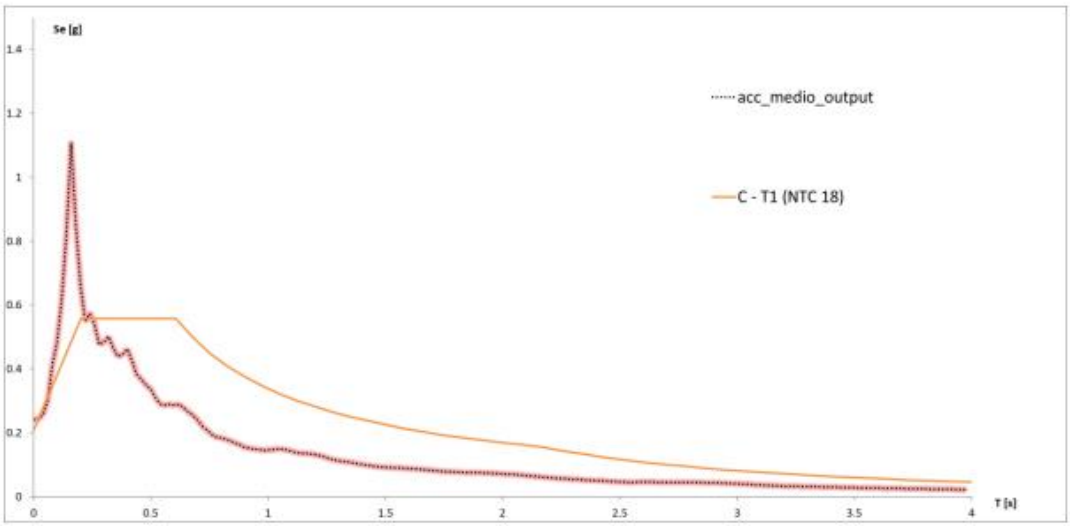
Figura 41 - Modello sismo – stratigrafico utilizzato per lo studio di RSL

ANALISI ALLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)

Step n.1: le linee acc1, acc2, acc3, acc4, acc5, acc6 e acc7 rappresentano gli spettri di risposta elastica calcolati in superficie (tetto del modello) per ogni evento sismico modellizzato. La media di questi è rappresentata dalla linea nera (acc_medio; v. Tabella seguente).



Step n.2: lo spettro di risposta medio viene confrontato con quelli derivanti dalla procedura semplificata di risposta sismica locale e identificabile nelle categorie di sottosuolo con associate le categorie topografiche.



Dalla ricostruzione del quadro sismico-stratigrafico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si dovrebbe prevedere l'inserimento del sito d'indagine nella Categoria di Sottosuolo denominata C.

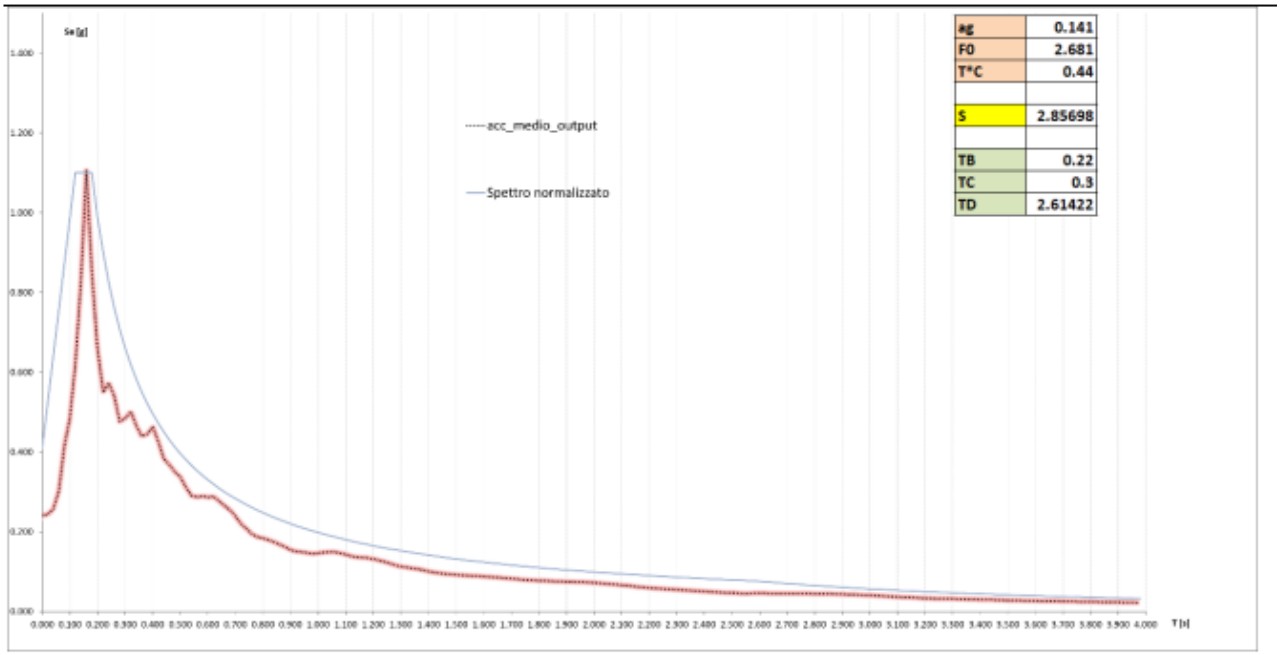
Tuttavia, in virtù della presenza di un diffuso sistema di cavità sotterranee, e dell'importanza della struttura in esame, si è ritenuto opportuno condurre uno studio di risposta sismica locale (RSL 2D) con un periodo di ritorno dell'azione sismica di 1898 anni corrispondenti allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV).

Lo spettro di risposta elastico ottenuto, presenta valori massimi di a_g compresi tra 0,41 – 1,1 ag/g nell'intervallo 0,08 e 0,42s.
Dal grafico sopra riportato, si può osservare che la Categoria C unita alla Categoria Topografica T1 in cui rientra il sito appare appropriata esclusivamente per periodi minori di 0,08s e maggiori di 0,28s. Al contrario, qualora il periodo di vibrazione della struttura risulti compreso nell'intervallo 0,08-0,28s, si evince chiaramente che l'amplificazione del moto sismico di base è molto rilevante e pertanto, l'approccio semplificato da Categoria di Sottosuolo non è appropriato.
Pertanto, dai risultati ottenuti, si auspica l'utilizzo dello spettro calcolato tramite la modellazione numerica descritta poiché riesce a quantificare correttamente la spinta sismica da utilizzare in fase di progettazione e/o adeguamento in tutti i range di periodi di interesse.
Tuttavia, nel caso fosse necessario esprimere lo spettro elastico ottenuto dallo studio di RSL con le equazioni 3.2.3 del DM 2018, di seguito viene applicata una procedura di normalizzazione che permette di trasformare uno spettro numerico in uno con andamento regolarizzato, similare a quello degli spettri semplificati di normativa.
Sono presenti differenti metodi di normalizzazione, i cui principali sono:

1. **Normalizzazione totale**: in cui lo spettro di RSL nella sua interezza viene sottoposto a normalizzazione (il tratto ad accelerazione costante detto plateau comprende tutto il picco in pseudo-accelerazione);
2. **Normalizzazione ICMS**: si applicano le formule per il calcolo dei fattori FA ed FV (ICMS, 2008) secondo la procedura riportata nel riferimento normativo "Ord. n. 55 del 24/04/2018 emanata dal Commissario Straordinario per la ricostruzione – Sisma 2016".

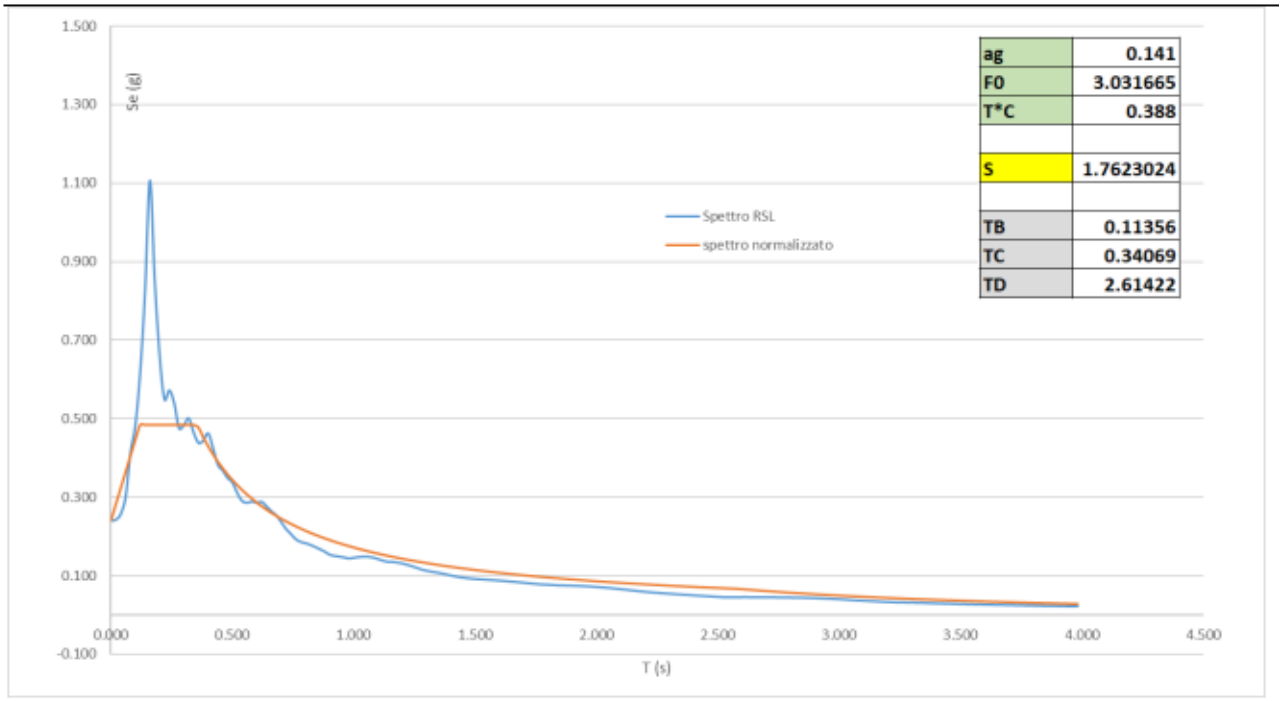
A seguire, e negli allegati alla presente relazione, vengono proposti gli spettri ottenuti con le due procedure di normalizzazione con i parametri ag, F0 ed Tc* del sito, i periodi di vibrazione (T_B,T_C,T_D) ed il coefficiente di amplificazione S (S_T*S_S) da utilizzare per costruirli.

NORMALIZZAZIONE TOTALE



ag	0.141
F0	2.681
T*C	0.44
S	2.85698
TB	0.22
TC	0.3
TD	2.61422

NORMALIZZAZIONE ICMS



Resta di stretta competenza del Sig. Progettista la scelta definitiva dell'input sismico da adottare per i calcoli strutturali, che sarà subordinata all'individuazione dei parametri progettuali definitivi.

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. Infine, i profili di Vs ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro.

ALLEGATI

- SLV - Spettro di risposta elastico medio da modellazione numerica con Tr 1898 anni e smorzamento 5%
- SLV - Spettro con normalizzazione totale
- SLV – Spettro con normalizzazione ICMS

SLV - Spettro di risposta elastico medio da modellazione numerica con Tr 1898 anni e smorzamento 5%							
T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]
0	0.240879	1.04	0.1488774	2.08	0.0674188	3.12	0.0359297
0.02	0.243247	1.06	0.1486742	2.10	0.0660463	3.14	0.0352709
0.04	0.257578	1.08	0.1465911	2.12	0.0647102	3.16	0.0346319
0.06	0.301167	1.10	0.142849	2.14	0.0633054	3.18	0.0340253
0.08	0.414106	1.12	0.1386815	2.16	0.0618631	3.20	0.033449
0.10	0.483644	1.14	0.1357919	2.18	0.0605805	3.22	0.0328943
0.12	0.620001	1.16	0.1354613	2.20	0.0593598	3.24	0.0323881
0.14	0.825234	1.18	0.1339048	2.22	0.058285	3.26	0.0322379
0.16	1.107424	1.20	0.131581	2.24	0.0573249	3.28	0.0320516
0.18	0.851411	1.22	0.128332	2.26	0.0563727	3.30	0.0318231
0.20	0.661209	1.24	0.1245394	2.28	0.055392	3.32	0.0315344
0.22	0.550022	1.26	0.1202088	2.30	0.0545327	3.34	0.0311857
0.24	0.572931	1.28	0.1160836	2.32	0.0537351	3.36	0.0307738
0.26	0.54024	1.30	0.1130652	2.34	0.0529052	3.38	0.0303019
0.28	0.475908	1.32	0.1107663	2.36	0.0520402	3.40	0.0299448
0.30	0.484436	1.34	0.1086105	2.38	0.051148	3.42	0.0296354
0.32	0.501687	1.36	0.1064137	2.40	0.0503134	3.44	0.0293151
0.34	0.465431	1.38	0.1038239	2.42	0.0496001	3.46	0.0289754
0.36	0.439068	1.40	0.1009135	2.44	0.048828	3.48	0.0286311
0.38	0.445098	1.42	0.0983748	2.46	0.0480469	3.50	0.0282845
0.40	0.463146	1.44	0.0963224	2.48	0.0472911	3.52	0.0279404
0.42	0.425235	1.46	0.0946137	2.50	0.0464973	3.54	0.0275971
0.44	0.383037	1.48	0.0933294	2.52	0.0457281	3.56	0.027293
0.46	0.368418	1.50	0.0922161	2.54	0.0453392	3.58	0.0270383
0.48	0.349447	1.52	0.0912787	2.56	0.0454822	3.60	0.0268089
0.50	0.33776	1.54	0.0904769	2.58	0.045645	3.62	0.0265789
0.52	0.310664	1.56	0.0897297	2.60	0.0457235	3.64	0.0263434
0.54	0.290893	1.58	0.0889247	2.62	0.0457122	3.66	0.0261028
0.56	0.286286	1.60	0.0879964	2.64	0.0455988	3.68	0.025857
0.58	0.28939	1.62	0.0869426	2.66	0.0453741	3.70	0.0256075
0.60	0.286555	1.64	0.0858854	2.68	0.045396	3.72	0.0253562
0.62	0.288787	1.66	0.0848506	2.70	0.045434	3.74	0.0251046
0.64	0.277449	1.68	0.0836356	2.72	0.0453967	3.76	0.0248522
0.66	0.264959	1.70	0.0825633	2.74	0.0452546	3.78	0.024599
0.68	0.254571	1.72	0.0813355	2.76	0.0450121	3.80	0.0243448
0.70	0.23787	1.74	0.0800001	2.78	0.0447989	3.82	0.0241019
0.72	0.219835	1.76	0.0788636	2.80	0.0446415	3.84	0.0238652
0.74	0.207177	1.78	0.0781105	2.82	0.0444742	3.86	0.0236352
0.76	0.193866	1.80	0.0775289	2.84	0.044258	3.88	0.0234045
0.78	0.186773	1.82	0.0768499	2.86	0.0439687	3.90	0.0231697
0.80	0.183588	1.84	0.0759318	2.88	0.043619	3.92	0.0229307
0.82	0.179314	1.86	0.0755968	2.90	0.0432311	3.94	0.0226849
0.84	0.173798	1.88	0.0753705	2.92	0.0428532	3.96	0.0224325
0.86	0.167962	1.90	0.074889	2.94	0.0423839	3.98	0.022178
0.88	0.16177	1.92	0.0745528	2.96	0.0418308		
0.9	0.154052	1.94	0.0740893	2.98	0.0412023		
0.92	0.150995	1.96	0.0734999	3.00	0.0404843		
0.94	0.14916	1.98	0.0727498	3.02	0.0396884		
0.96	0.147005	2.00	0.071859	3.04	0.0388354		
0.98	0.144628	2.02	0.0708602	3.06	0.0379645		
1.00	0.146149	2.04	0.0698153	3.08	0.0372907		
1.02	0.148065	2.06	0.068675	3.10	0.0366052		

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

SLV - Spettro con normalizzazione totale							
T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]
0	0.410	1.04	0.190	2.08	0.095	3.12	0.053
0.02	0.525	1.06	0.187	2.10	0.094	3.14	0.052
0.04	0.640	1.08	0.183	2.12	0.093	3.16	0.051
0.06	0.755	1.10	0.180	2.14	0.093	3.18	0.051
0.08	0.870	1.12	0.177	2.16	0.092	3.20	0.050
0.10	0.985	1.14	0.174	2.18	0.091	3.22	0.049
0.12	1.100	1.16	0.171	2.20	0.090	3.24	0.049
0.14	1.100	1.18	0.168	2.22	0.089	3.26	0.048
0.16	1.100	1.20	0.165	2.24	0.088	3.28	0.048
0.18	1.100	1.22	0.162	2.26	0.088	3.30	0.047
0.20	0.990	1.24	0.160	2.28	0.087	3.32	0.046
0.22	0.900	1.26	0.157	2.30	0.086	3.34	0.046
0.24	0.825	1.28	0.155	2.32	0.085	3.36	0.045
0.26	0.762	1.30	0.152	2.34	0.085	3.38	0.045
0.28	0.707	1.32	0.150	2.36	0.084	3.40	0.044
0.30	0.660	1.34	0.148	2.38	0.083	3.42	0.044
0.32	0.619	1.36	0.146	2.40	0.083	3.44	0.043
0.34	0.582	1.38	0.143	2.42	0.082	3.46	0.043
0.36	0.550	1.40	0.141	2.44	0.081	3.48	0.042
0.38	0.521	1.42	0.139	2.46	0.080	3.50	0.042
0.40	0.495	1.44	0.138	2.48	0.080	3.52	0.041
0.42	0.471	1.46	0.136	2.50	0.079	3.54	0.041
0.44	0.450	1.48	0.134	2.52	0.079	3.56	0.040
0.46	0.430	1.50	0.132	2.54	0.078	3.58	0.040
0.48	0.413	1.52	0.130	2.56	0.077	3.60	0.039
0.50	0.396	1.54	0.129	2.58	0.077	3.62	0.039
0.52	0.381	1.56	0.127	2.60	0.076	3.64	0.039
0.54	0.367	1.58	0.125	2.62	0.075	3.66	0.038
0.56	0.354	1.60	0.124	2.64	0.073	3.68	0.038
0.58	0.341	1.62	0.122	2.66	0.072	3.70	0.037
0.60	0.330	1.64	0.121	2.68	0.071	3.72	0.037
0.62	0.319	1.66	0.119	2.70	0.070	3.74	0.037
0.64	0.309	1.68	0.118	2.72	0.069	3.76	0.036
0.66	0.300	1.70	0.116	2.74	0.068	3.78	0.036
0.68	0.291	1.72	0.115	2.76	0.067	3.80	0.035
0.70	0.283	1.74	0.114	2.78	0.066	3.82	0.035
0.72	0.275	1.76	0.113	2.80	0.065	3.84	0.035
0.74	0.268	1.78	0.111	2.82	0.064	3.86	0.034
0.76	0.261	1.80	0.110	2.84	0.063	3.88	0.034
0.78	0.254	1.82	0.109	2.86	0.063	3.90	0.034
0.80	0.248	1.84	0.108	2.88	0.062	3.92	0.033
0.82	0.241	1.86	0.106	2.90	0.061	3.94	0.033
0.84	0.236	1.88	0.105	2.92	0.060	3.96	0.033
0.86	0.230	1.90	0.104	2.94	0.059	3.98	0.032
0.88	0.225	1.92	0.103	2.96	0.058		
0.9	0.220	1.94	0.102	2.98	0.058		
0.92	0.215	1.96	0.101	3.00	0.057		
0.94	0.211	1.98	0.100	3.02	0.056		
0.96	0.206	2.00	0.099	3.04	0.055		
0.98	0.202	2.02	0.098	3.06	0.055		
1.00	0.198	2.04	0.097	3.08	0.054		
1.02	0.194	2.06	0.096	3.10	0.053		

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

SLV - Spettro con normalizzazione ICMS							
T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]	T [s]	Se [g]
0	0.2408793	1.04	0.1650527	2.08	0.0825264	3.12	0.0455514
0.02	0.2819191	1.06	0.1619385	2.10	0.0817404	3.14	0.044973
0.04	0.3229589	1.08	0.1589397	2.12	0.0809693	3.16	0.0444055
0.06	0.3639987	1.10	0.1560499	2.14	0.0802125	3.18	0.0438487
0.08	0.4050385	1.12	0.1532633	2.16	0.0794698	3.20	0.0433023
0.10	0.4460783	1.14	0.1505744	2.18	0.0787408	3.22	0.042766
0.12	0.4836435	1.16	0.1479783	2.20	0.0780249	3.24	0.0422397
0.14	0.4836435	1.18	0.1454702	2.22	0.077322	3.26	0.041723
0.16	0.4836435	1.20	0.1430457	2.24	0.0766316	3.28	0.0412157
0.18	0.4836435	1.22	0.1407007	2.26	0.0759535	3.30	0.0407177
0.20	0.4836435	1.24	0.1384313	2.28	0.0752872	3.32	0.0402286
0.22	0.4836435	1.26	0.136234	2.30	0.0746325	3.34	0.0397482
0.24	0.4836435	1.28	0.1341053	2.32	0.0739892	3.36	0.0392765
0.26	0.4836435	1.30	0.1320422	2.34	0.0733568	3.38	0.038813
0.28	0.4836435	1.32	0.1300415	2.36	0.0727351	3.40	0.0383577
0.30	0.4836435	1.34	0.1281006	2.38	0.0721239	3.42	0.0379104
0.32	0.4836435	1.36	0.1262168	2.40	0.0715229	3.44	0.0374709
0.34	0.4836435	1.38	0.1243876	2.42	0.0709318	3.46	0.0370389
0.36	0.476819	1.40	0.1226106	2.44	0.0703503	3.48	0.0366144
0.38	0.4517233	1.42	0.1208837	2.46	0.0697784	3.50	0.0361972
0.40	0.4291371	1.44	0.1192048	2.48	0.0692157	3.52	0.035787
0.42	0.408702	1.46	0.1175718	2.50	0.0686619	3.54	0.0353838
0.44	0.3901246	1.48	0.115983	2.52	0.068117	3.56	0.0349873
0.46	0.3731627	1.50	0.1144366	2.54	0.0675806	3.58	0.0345975
0.48	0.3576143	1.52	0.1129308	2.56	0.0670527	3.60	0.0342142
0.50	0.3433097	1.54	0.1114642	2.58	0.0665329	3.62	0.0338371
0.52	0.3301055	1.56	0.1100352	2.60	0.065594	3.64	0.0334663
0.54	0.3178793	1.58	0.1086423	2.62	0.0645964	3.66	0.0331016
0.56	0.3065265	1.60	0.1072843	2.64	0.0636214	3.68	0.0327428
0.58	0.2959566	1.62	0.1059598	2.66	0.0626683	3.70	0.0323897
0.60	0.2860914	1.64	0.1046676	2.68	0.0617364	3.72	0.0320424
0.62	0.2768627	1.66	0.1034065	2.70	0.0608252	3.74	0.0317006
0.64	0.2682107	1.68	0.1021755	2.72	0.059934	3.76	0.0313643
0.66	0.2600831	1.70	0.1009734	2.74	0.0590622	3.78	0.0310332
0.68	0.2524336	1.72	0.0997993	2.76	0.0582093	3.80	0.0307074
0.70	0.2452212	1.74	0.0986522	2.78	0.0573748	3.82	0.0303867
0.72	0.2384095	1.76	0.0975312	2.80	0.0565581	3.84	0.030071
0.74	0.231966	1.78	0.0964353	2.82	0.0557587	3.86	0.0297602
0.76	0.2258616	1.80	0.0953638	2.84	0.0549761	3.88	0.0294542
0.78	0.2200703	1.82	0.0943158	2.86	0.0542099	3.90	0.0291529
0.80	0.2145686	1.84	0.0932907	2.88	0.0534596	3.92	0.0288562
0.82	0.2093352	1.86	0.0922876	2.90	0.0527248	3.94	0.028564
0.84	0.204351	1.88	0.0913058	2.92	0.052005	3.96	0.0282762
0.86	0.1995987	1.90	0.0903447	2.94	0.0512999	3.98	0.0279927
0.88	0.1950623	1.92	0.0894036	2.96	0.050609		
0.9	0.1907276	1.94	0.0884819	2.98	0.0499319		
0.92	0.1865814	1.96	0.087579	3.00	0.0492684		
0.94	0.1826115	1.98	0.0866944	3.02	0.048618		
0.96	0.1788071	2.00	0.0858274	3.04	0.0479804		
0.98	0.175158	2.02	0.0849776	3.06	0.0473552		
1.00	0.1716548	2.04	0.0841445	3.08	0.0467422		
1.02	0.1682891	2.06	0.0833276	3.10	0.046141		

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

5. Verifica Della Liquefazione

Le NTC 2018, al § 7.11.3.4.2 - "Esclusione della verifica a liquefazione", individuano le condizioni per le quali è possibile omettere la verifica a liquefazione. In particolare, la verifica a liquefazione può non effettuarsi quando si verifiche una delle seguenti circostanze:

- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;

- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, per piano di campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60}>30$ oppure $qc1N>180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura nel caso (a) di terreni con coefficiente di uniformità $Uc<3,5$ e nel caso (b) di terreni con coefficiente di uniformità $Uc > 3,5$.

Nel caso in esame, come anticipato nel paragrafo 2.7 la falda si attesta ad una profondità di circa 52 m dal p.c., corrispondente all'incirca al piede della formazione del tufo grigio e, pertanto, del tutto ininfluente sulle opere in progetto. Di conseguenza risulta verificata la seconda condizione per cui è possibile escludere fenomeni di liquefazione.

6. CONCLUSIONI

Con riferimento alla pericolosità geologica del sito considerato, si evidenziano le seguenti risultanze delle analisi sin qui condotte:

- Sotto il profilo del rischio idrogeologico l'area si presenta semi - pianeggiante e piuttosto stabile. Non risultano particolari elementi di rischio derivanti da fenomeni naturali connessi ad instabilità superficiali di tipo gravitativo.
- Le caratteristiche geotecniche dei terreni sono piuttosto omogenee arealmente ma variabili verticalmente. Per ottimizzare la distribuzione dei carichi in profondità in via cautelativa sarà preferibile optare per fondazioni profonde.
- Per quello che riguarda il rischio derivante dalle acque sotterranee non si sono riscontrate particolari problematiche. In linea generale i valori di soggiacenza sono ampiamente compatibili con l'eventuale realizzazione di più piani interrati.
- Data la profondità della falda dal p.c. si può escludere il rischio di liquefazione dei terreni.

La caratterizzazione geotecnica, riportata al Capitolo 2 ed effettuata a partire dai dati delle prove S.P.T. eseguite in corrispondenza dei 7 sondaggi effettuati e delle prove DPSH, ha evidenziato, con chiarezza, la situazione geologico- tecnica in corrispondenza dell'area oggetto di studio. Questa è stata schematizzata nella Tabella 19 e consiste in una sequenza di terreni, di origine essenzialmente vulcanica, la cui stratigrafia si può così sintetizzare, dall'alto verso il basso:

Unità VR	Comprende l'orizzonte più superficiale, con uno spessore di circa 1,5 m, costituito da terreno agrario composto prevalentemente da piroclastiti rimaneggiate ed humificate ricche di frustoli vegetali e dei resti degli apparati radicali della vegetazione
Unità 1	Include le piroclastiti rimaneggiate (Pr), costituite essenzialmente da sabbie, pomici e ceneri eruttate dal Somma-Vesuvio, con potenza variabile (da metrica a plurimetrica)

Unità 2	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio): parte sommitale del banco tufaceo dallo spessore molto variabile (2-5 m).
Unità 3	Tufo Grigio Campano, costituito da pomici, ceneri, scorie e brandelli di lava litificati in un'unica massa. Rappresenta il litotipo più importante dell'area e con uno spessore che arriva fino a 50 m definisce il substrato morfologico caratteristico della piana di Sorrento.
Unità 4	Appartengono a questa unità le piroclastiti sciolte antecedenti alla messa in posto del TGC. Sono costituite da sabbie e limi argillosi di colore da marrone a grigio con pomici millimetriche e scarse scorie. Quest'unità ospita la falda che scorre al di sotto del banco tufaceo.

Tabella 19 – Riepilogativa delle principali unità stratigrafiche riscontrate.

I corrispondenti parametri geotecnici, utili per il progetto e il dimensionamento delle fondazioni, sono stati determinati prendendo in considerazione i risultati delle prove di laboratorio e confrontati con valori medi e cautelativi per ogni strato sopra descritto, anche con confronti con dati di letteratura e informazioni pregresse (Tabella 20).

Unità	Peso unità di volume (γ_n- KN/m³)	Densità relativa (DR - %)	Angolo di resistenza al taglio (cp)	Coesione (c - KPa)	Modulo di Young (Ey - MPa)	Modulo Edometrico (Mpa)
Unità VR	Non caratterizzata	Non caratterizzata	Non caratterizzata	Non caratterizzata	Non caratterizzata	Non caratterizzata
Unità 1	*14 – 17*	*20 - 50*	*28° – 38°*	*0 - 20*	*6 - 25*	*5 - 15*
Unità 2	*12 – 14*	*60 – 70*	*34° - 36°*	*5 - 15*	*12 – 16*	*18 - 22*
Unità 3	*12 – 14*	*67 – 70*	*33° - 38°*	*40 - 300*	*14,5 – 21,5*	*20 - 30*

Tabella 20 – Riepilogo principali parametri geotecnici delle unità stratigrafiche.

Tali caratteristiche corrispondono, dal punto di vista geotecnico, alla categoria sismica C di sottosuolo, secondo le N.T.C. 2018, e confermata dall'elaborazione delle indagini geofisiche

effettuate; nonostante la Down-Hole eseguita per le indagini del progetto definitivo ha riscontrato valori di 388 m/s (sottosuolo B) si è optato cautelativamente alla assegnazione della categoria C del sito in questione.

In linea generale è possibile affermare che i depositi che costituiscono il sottosuolo dell'area presentano buone caratteristiche geotecniche. Il TGC rappresenta senz'altro il basamento più solido su cui disporre le fondazioni dell'edificio ospedaliero mentre le piroclastiti rimaneggiate presentano proprietà meccaniche più scadenti e risultano localmente variabili a causa della loro natura caotica.

È inoltre importante osservare come lo spessore stimato dei depositi piroclastici (formati dalle Unità VR-1) al di sopra dell'Unità 2 (TGC) vari spostandosi lungo l'area in esame seguendo la morfologia del top del banco tufaceo.

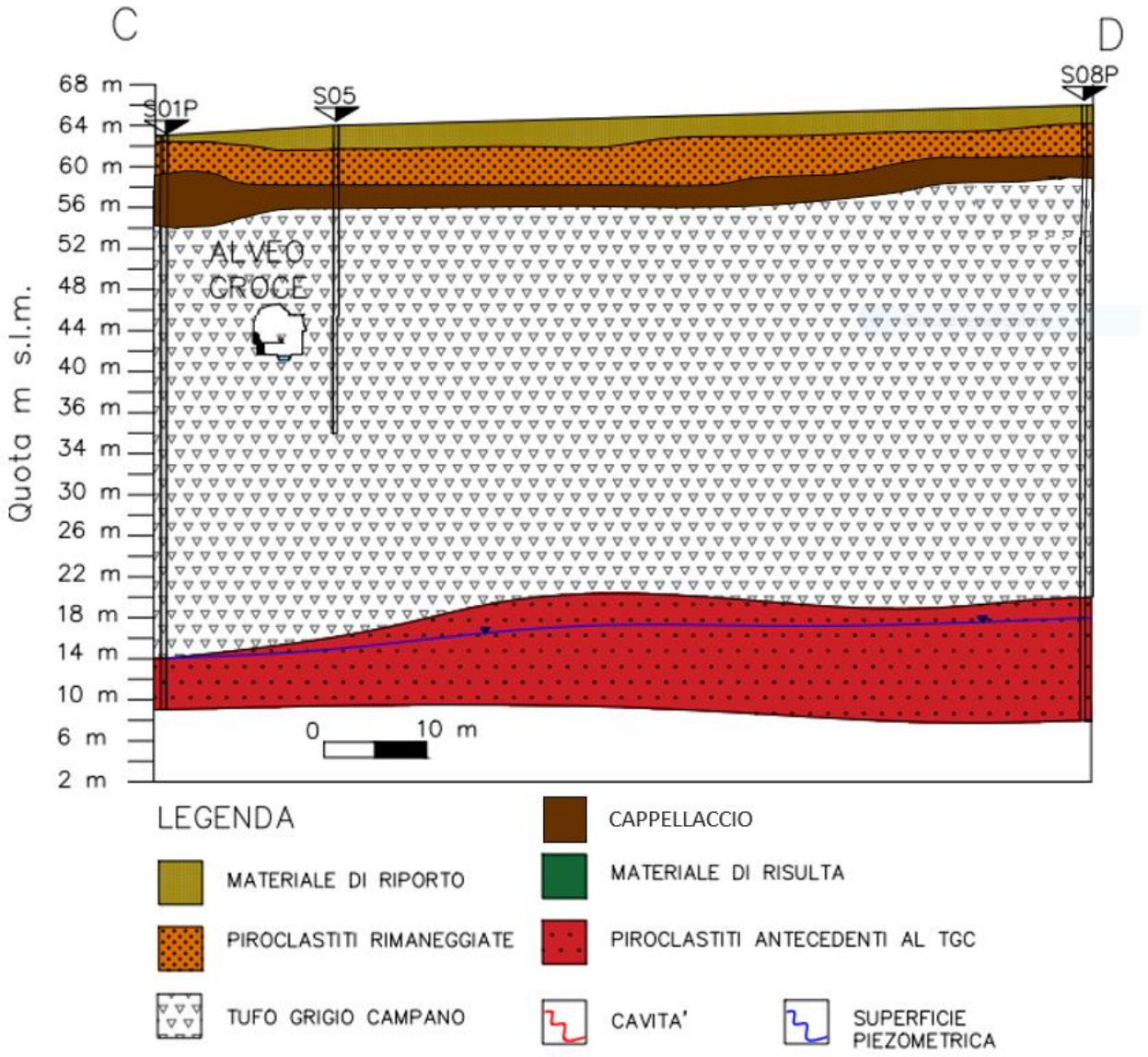


Figura 41 – Esempio di profilo geologico stratigrafico ricostruito dalle indagini effettuate.

I vari profili riportati nell'allegato 1 mostrano come le caratteristiche geotecniche dei terreni siano arealmente omogenei (con la quota di falda oscillante intorno ai 52 metri al di sotto del piano campagna, v. Tabella 2.7) pur segnalando la presenza di ipogei nel sottosuolo ad una profondità intorno ai 15 metri dal p.c..

Le cavità, già ampiamente descritte in letteratura, si diramano lungo il perimetro sudovest dell'area interessata dal nuovo progetto ospedaliero, con uno sviluppo longitudinale prevalente parallelo a viale dei Pini. Queste costituiscono una serie di cunicoli e gallerie che attualmente convogliano verso il mare le pluviali raccolte a monte dal reticolo idrografico.

I nuovi rilievi effettuati tramite sistema laser scanner e studio geomeccanico, hanno segnalato la

presenza di sporadiche fratture e condizioni di criticità e dissesto locale che tuttavia non condizionano la stabilità degli ambienti di cavità se non per le aree limitate dove si registrano.
Tuttavia la presenza stessa delle cavità è chiaramente da tenere in conto nella scelta delle fondazioni della struttura. In presenza di fondazioni superficiali si potrebbero infatti registrare cedimenti differenziali, che non sarebbero ammissibili in un'opera strategica e per definizione vincolata a rigidezze strutturali elevate (presenza di impianti delicatissimi, necessità di continuità operativa ecc...).

Pertanto, certamente, in sede di progettazione della struttura dell'edificio si dovrà prevedere un sistema di fondazioni profonde (pali).

In merito alla profondità dei pali, la prudenza indicherebbe di spingere le perforazioni fino quasi ai 30 metri, in maniera da attestare gli elementi nel Tufo Grigio Campano dotato delle migliori caratteristiche geotecniche e bypassando le cavità presenti.
In merito al più generale sistema delle fondazioni, oltre alla necessità sopra evidenziata di realizzare fondazioni profonde, tenendo conto del carattere strategico del manufatto e della necessità di ottemperare alle normative strutturali antisismiche, il sistema fondazionale dovrà essere legato e sono da escludere plinti isolati o allineamenti di travi rovesce monodirezionali. Sarebbe quindi opportuna una soluzione che preveda una platea di fondazione a collegamento di tutti i pilastri e setti portanti dell'edificio, impostata su pali di grosse dimensioni (ad esempio 1000).

Con riferimento alla pericolosità e al rischio idraulico e da frana del sito considerato, dall'analisi delle cartografie di riferimento del P.S.A.I (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico), dei territori della ex Autorità di Bacino della Campania Centrale e dei territori della ex Autorità di Bacino Nord Occidentale, l'area in esame non risulta essere in zone di criticità. Per quanto riguarda la presenza del tratto tombato dell'Alveo Croce (vincolo idrogeologico) e delle relative cavità si evidenziano le risultanze delle indagini svolte nelle cavità, riportate dettagliatamente nell'apposita relazione:

- Per quanto attiene al rischio derivante dall'incanalamento delle acque provenienti dai due impluvi naturali posti a monte della struttura e il deflusso degli stessi al di sotto dell'edificio ospedaliero, è importante prevedere opere di manutenzione delle stesse al fine di evitarne

l'ostruzione. L'area in esame presenta infatti caratteristiche di moderata esposizione al rischio anche per eventi particolarmente ingenti, ossia caratterizzati da tempi di ritorno di 200 o 500 anni.

- Il rischio derivante da crisi meteoriche, dovuto alla non completa capacità dei suoli di assorbire le precipitazioni in occasione di eventi estremi e di incanalare le acque degli impluvi, è potenzialmente rilevante per l'area in esame. Occorrerà quindi prestare particolare attenzione alla messa in opera di una efficiente rete di drenaggio delle acque meteoriche, non solo nella area oggetto di intervento, ma curando al contempo l'efficienza idraulica della rete fino al recapito finale delle acque.

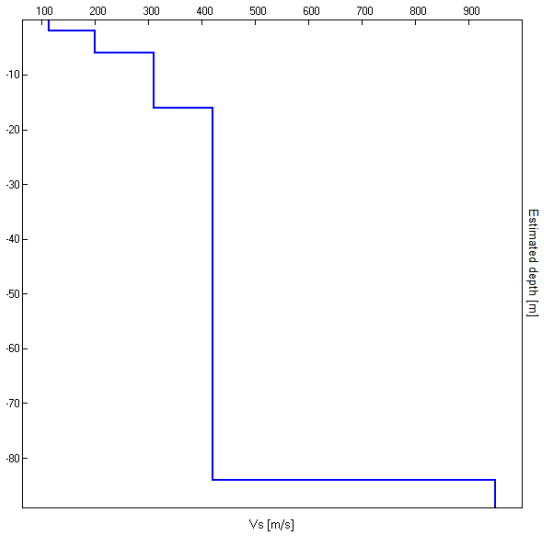
- Gli studi idraulici effettuati (presenti tra le relazioni consegnate per questo progetto) dimostrano che non vi sono rischi di inondazione per l'alveo tombato.

Con riferimento alla pericolosità geotecnica e sismica del sito considerato e alle indicazioni operative in ottica di minimizzazione del rischio strutturale nella fase di progettazione, si evidenziano le seguenti risultanze delle analisi qui condotte.

La campagna d'indagine geofisica eseguita nell'area di interesse, nel comune di Sant'Agnello, ha consentito di caratterizzare, dal punto di vista sismo-stratigrafico ed elettro-stratigrafico, il sottosuolo in termini di distribuzione delle velocità delle onde di compressione (Vp) e di taglio (Vs), e della resisistività elettrica (ρ) e caricabilità (C). Inoltre, è stato possibile correlare i valori di Vp, Vs, ρ e C con i litotipi presenti facendo riferimento ai sondaggi geognostici eseguiti in prossimità degli stendimenti geofisici e al Foglio Geologico "*Sorrento 466*" della Carta Geologica d'Italia (in scala 1: 50.000) dell'IGM.

L'interpretazione congiunta delle misure sismica in array, del downhole e di quella a stazione singola ha permesso di ottenere un modello sismo - stratigrafico del sottosuolo robusto e affidabile in corrispondenza della zona d'interesse. Le rifrazioni sismiche e il downhole hanno individuato le discontinuità sismiche superficiali e stimato le velocità di propagazione delle onde S mentre la prospezione passiva a stazione singola (H.V.S.R.), ha stimato il grado di rigidità del substrato di riferimento.

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ottenuta dall'interpretazione congiunta del sondaggio downhole e della misura HVSR, ha evidenziato la presenza di un materiale poco addensato fino a circa 6 m dal p.c. locale caratterizzato da una Vs di circa 114-200 m/s mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità aumenta con valori di circa 310 m/s.



A 16 m dal p.c. locale si segnala un ulteriore aumento della velocità di propagazione delle onde S che raggiunge valori di circa 420 m/s

Il substrato di riferimento (Vs=950 m/s), inteso come quel materiale con Vs>800 m/s, è stato riscontrato a circa 84 m dal p.c. locale.

Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):

Indagine sismica con inversione congiunta	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	114	2,0	0,0 – 2,0
II SISMOSTRATO	200	4,0	2,0 – 6,0
III SISMOSTRATO	310	10	6,0 - ≈16
IV SISMOSTRATO	420	68	≈16 - ≈84
V SISMOSTRATO	950	Semisp.	≈84 – Semisp.

Lo studio di Risposta Sismica Locale è stato condotto secondo un approccio di tipo rigoroso, tramite una modellazione numerica bidimensionale avanzata in modalità dinamica, realizzata con il codice di calcolo FLAC 2D v.8.0 (Fast Lagrangian Analysis of Continua) della Itasca (2018), basato sul metodo delle differenze finite.

In sintesi, le analisi condotte hanno quindi evidenziato le seguenti risultanze:

- Sulla base delle indagini geofisiche, il terreno del sito in esame rientra sismicamente nella categoria di sottosuolo C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

- Lo spettro di risposta elastico ottenuto, presenta valori massimi di a_g compresi tra 0,41 – 1,1 ag/g nell'intervallo 0,08 e 0,42s.

- La Categoria C unita alla Categoria Topografica T1 in cui rientra il sito appare appropriata esclusivamente per periodi minori di 0,08 s e maggiori di 0,28 s. Al contrario, qualora il periodo di vibrazione della struttura risulti compreso nell'intervallo 0,08 – 0,28 s, si evince chiaramente che l'amplificazione del moto sismico di base è molto rilevante e pertanto, l'approccio semplificato da Categoria di Sottosuolo non è appropriato.

Pertanto, dai risultati ottenuti, si auspica l'utilizzo dello spettro calcolato tramite la modellazione numerica descritta poiché riesce a quantificare correttamente la spinta sismica da utilizzare in fase di progettazione e/o adeguamento in tutti i range di periodi di interesse.

In conclusione, lo scrivente afferma che il sito individuato è caratterizzato da una pericolosità geologica, idraulica e sismica **moderata** e che il rischio complessivo associato alla costruzione di un edificio a destinazione ospedaliero, adeguatamente progettato, sia da considerarsi ragionevolmente **basso**.

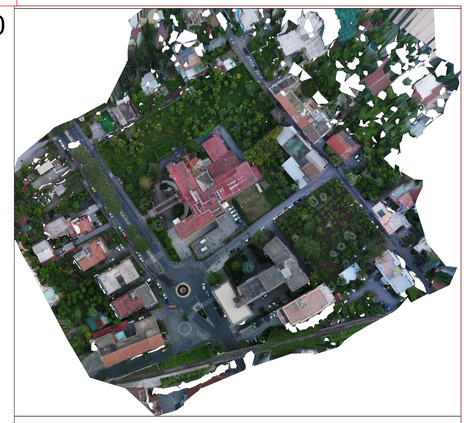
Fatte salve le condizioni di idoneità sotto il profilo urbanistico - che non sono state oggetto di valutazione in questa analisi- lo scrivente ritiene che l'area analizzata sia **tecnicamente idonea** alla realizzazione del nuovo ospedale unico.

7. Elenco Degli Allegati

- **Allegato 1** – Piano quotato (1:200);
- **Allegato 2** – Piano quotato degli ambienti Ipogei (1:200);
- **Allegato 3** – Ortofoto (1:200);
- **Allegato 4** – Sezioni trasversali 1 di 2 (1:200);
- **Allegato 5** – Sezioni trasversali 2 di 2 (1:200);
- **Allegato 6** – Sezioni Geologiche 1 di 3 (1:200);
- **Allegato 7** – Sezioni Geologiche 2 di 3 (1:200);
- **Allegato 8** – Sezioni Geologiche 3 di 3 (1:200);
- **Allegato 9** – Rilievi Geomeccanici (1:200);
- **Allegato 10** – Suddivisione delle cavità e volumi (1:200);
- **Allegato 11** - Rapporto certificativo delle indagini geognostiche della società GIA Consulting S.r.l.;
- **Allegato 12** - Relazione sulle prove geofisiche GIA Consulting S.r.l.;
- **Allegato 13** – Certificati prove di laboratorio geotecnico;
- **Allegato 14** – Foto di campo Sondaggio S09_DH;
- **Allegato 15** – Indagine Down-Hole (S09_DH);
- **Allegato 16** – Prove geotecniche di laboratorio (S09_DH);
- **Allegato 17** – Planimetria ubicazione delle indagini (scala 1:200).

N

1:200



ALLEGATO 1

(+18.70)

(+15.82)

terrazza

(+6.71)

(+16.59)

(+9.30)

(+11.51)

(+17.85)

(+22.71)

gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente

SIRIO INGEGNERIA CONSORZIO STABILE

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento	L'Appaltatore
Ing. Ciro Visone	G.I.A. Consulting. S.r.l.

PIANO QUOTATO

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I A S L 5 9 2 1	28/07/2021	0 1	01

Gruppo di Lavoro

Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Geologo
Geol. Angela Caccia	Architetto

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 6 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 036 3761
P.IVA: 07455431218 - **REA:** NA-855359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n° 2976/08
UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n° 2976/08

N

1:200

ALLEGATO 2

regione campania aslnapoli3sud	**ASL Napoli 3 Sud**

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento **Ing. Ciro Visone**	**L'Appaltatore** **G.I.A. Consulting. S.r.l.**

Piano Quotato degli Ambienti Ipogei (1:200)

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	PAGINE
I_ASL_59_21	28/07/2021	01	84

Gruppo di Lavoro

Ph.D. Geol. Salvatore Costabile	Direttore Tecnico
Dott. Geol. Umberto del Vecchio	Geologo Senior
Dott. Geol. Enzo De Luzio	Geologo Senior
Dott. Arch. Danilo Vinaccia	Architetto Senior

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Dott. Geol. Umberto del Vecchio	Ph.D. Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

ORDINE DEI GEOLOGI Regione Campania
Dr. Geol. Salvatore COSTABILE
Sez. A
2177

ALLEGATO 3

gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente

SIRIO INGEGNERIA

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento Ing. Ciro Visone	L'Appaltatore G.I.A. Consulting. S.r.l.

ORTOFOTO

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I A S L 5 9 2 1	28/07/2021	0 1	03

Gruppo di Lavoro	
Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

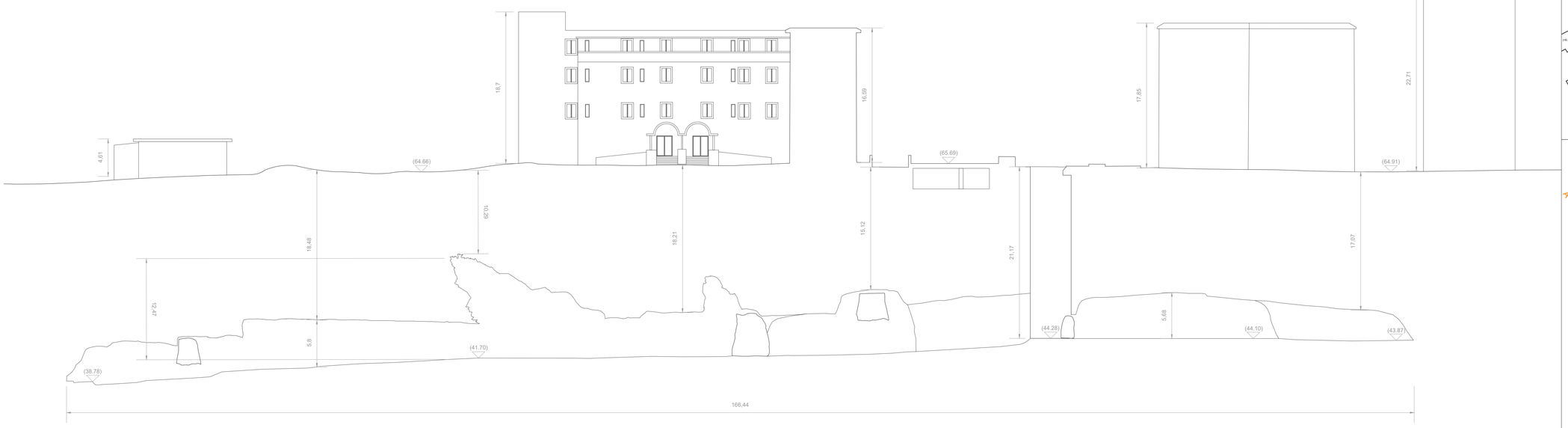
rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

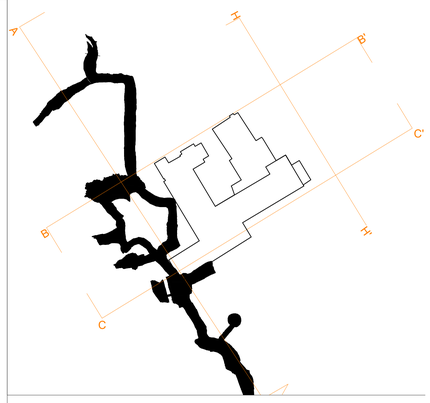
G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 036 3761
P.IVA: 07465634126 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n° 9175.GIA
UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n° 9175EM

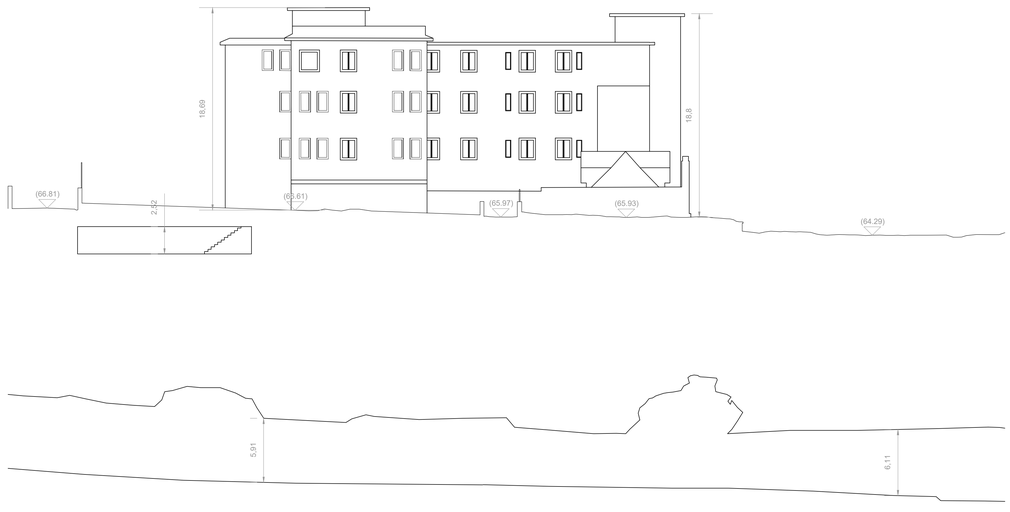
SEZIONE A-A'
1:200





ALLEGATO 4

SEZIONE H-H'
1:200



gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente
SIRIO INGEGNERIA CONSORZIO STABILE

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento	L'Appaltatore
Ing. Ciro Visone	G.I.A. Consulting. S.r.l.

SEZIONI TRASVERSALI 1 DI 2

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I A S L 5 9 2 1	28/07/2021	0 1	04

Gruppo di Lavoro

Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

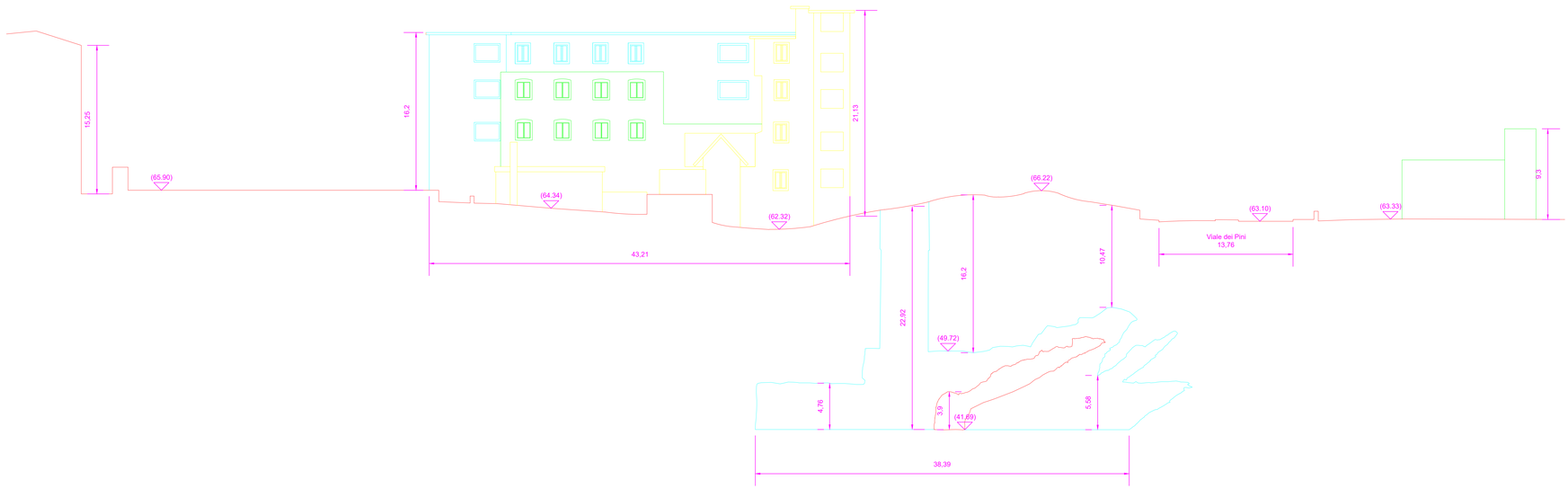
rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

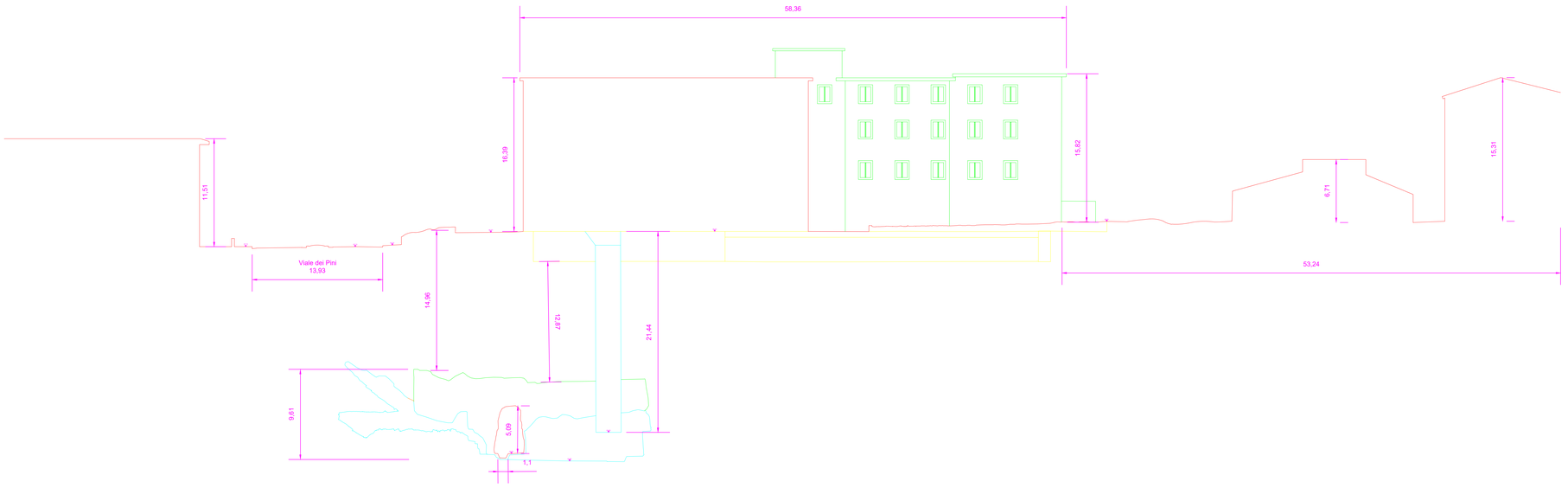
TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

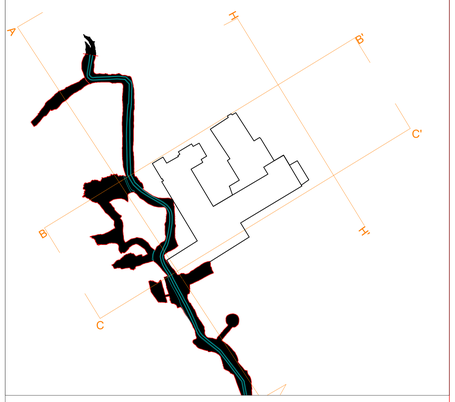
Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°:2975/08
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°:2976/08

SEZIONE B-B'
1:200



SEZIONE C-C'
1:200





ALLEGATO 5

gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente
SIRIO INGEGNERIA

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento	L'Appaltatore
Ing. Ciro Visone	G.I.A. Consulting. S.r.l.

SEZIONI TRASVERSALI 2 DI 2

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I A S L 5 9 2 1	28/07/2021	0 1	05

Gruppo di Lavoro

Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

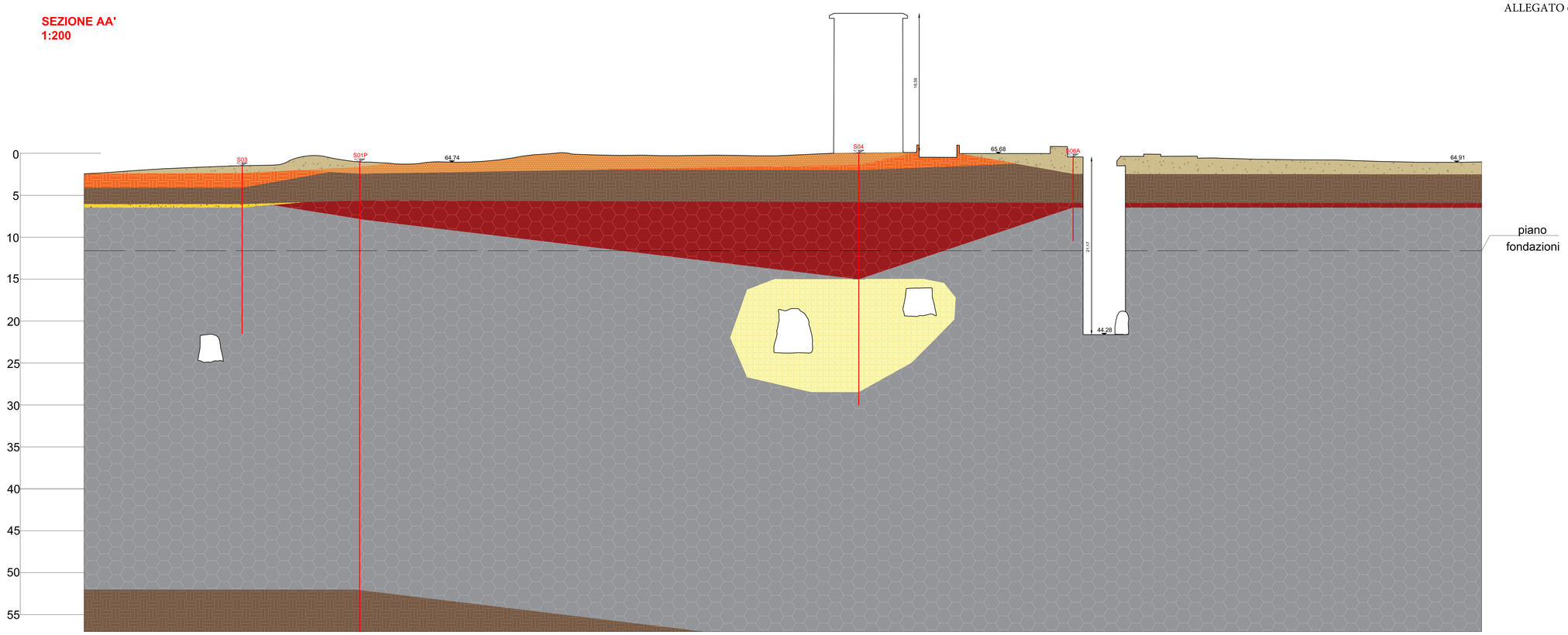
G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341216 - **REA:** NA-865359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

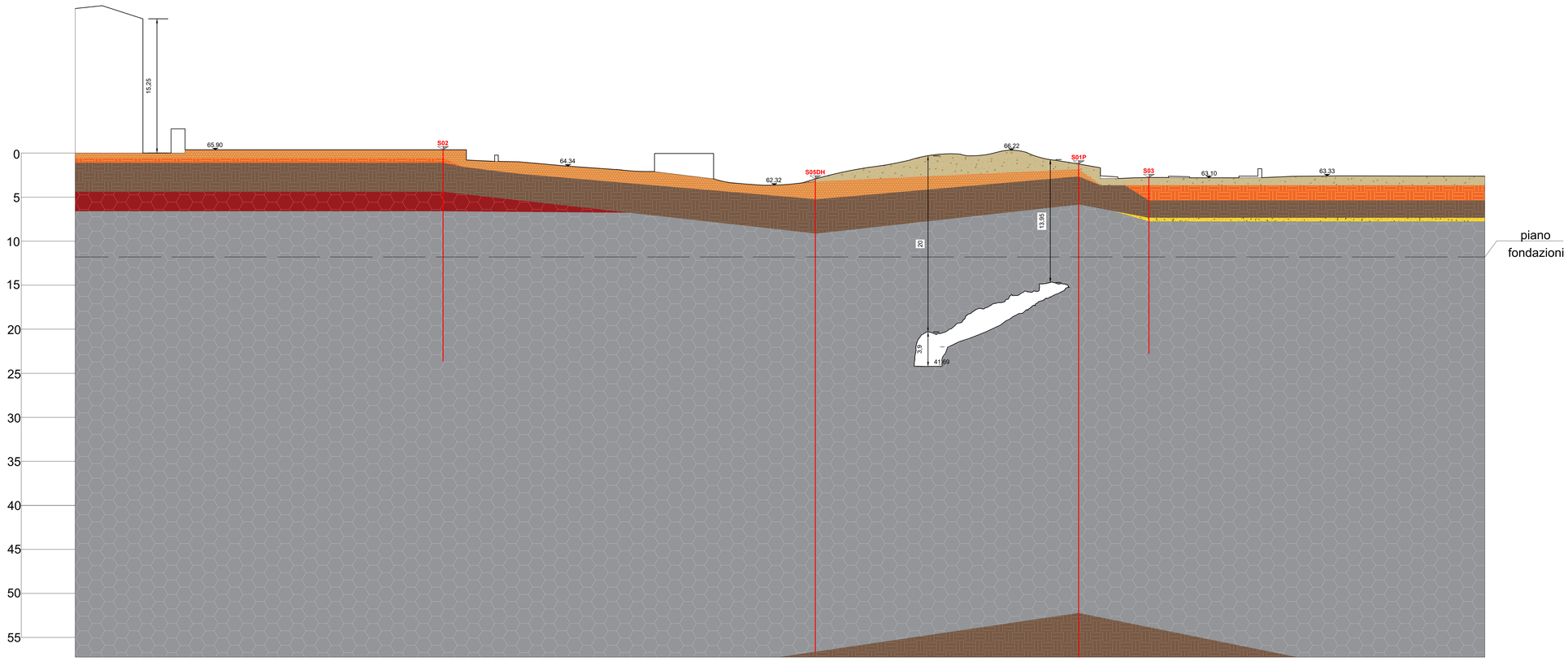
GLOBE GLOBE
Sistema di gestione a norma UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n° 10026.A
UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n° 10026W

ALLEGATO 6

SEZIONE AA'
1:200



SEZIONE BB'
1:200



LEGENDA MATERIALI

- terreno vegetale
- piroclastite rimaneggiata
- piroclastite sciolta
- sabbia limosa con pomici
- materiali di riporto
- materiale di risulta
- tufo grigio campano
- tufo grigio rossastro (cappellaccio)

gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente
SIRIO INGEGNERIA CONSORZIO STABILE

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

Il Responsabile del Procedimento Ing. Ciro Visone	L'Appaltatore G.I.A. Consulting. S.r.l.

SEZIONI GEOLOGICHE 1 DI 3

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I A S L 5 9 2 1	28/07/2021	0 1	06

Gruppo di Lavoro

Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

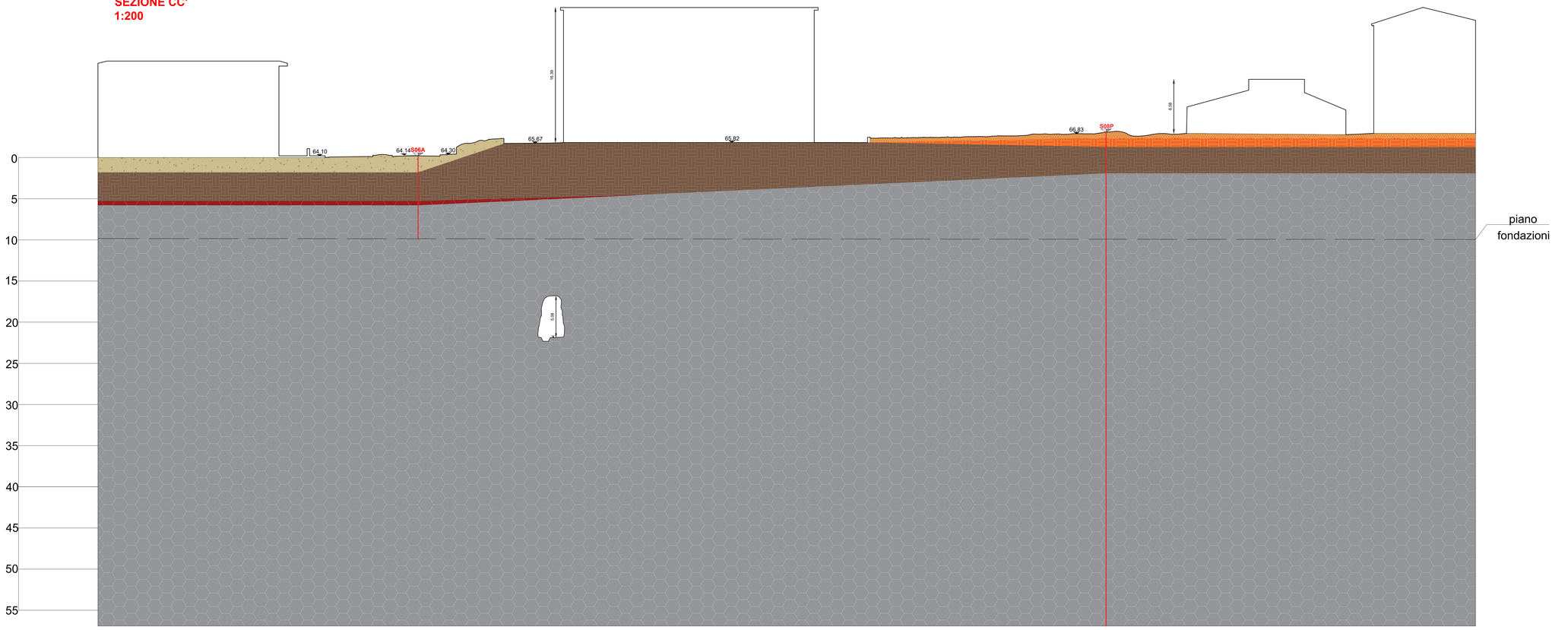
G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - REA: NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n 1397/0/0
UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n 1397/0/0

ALLEGATO 7

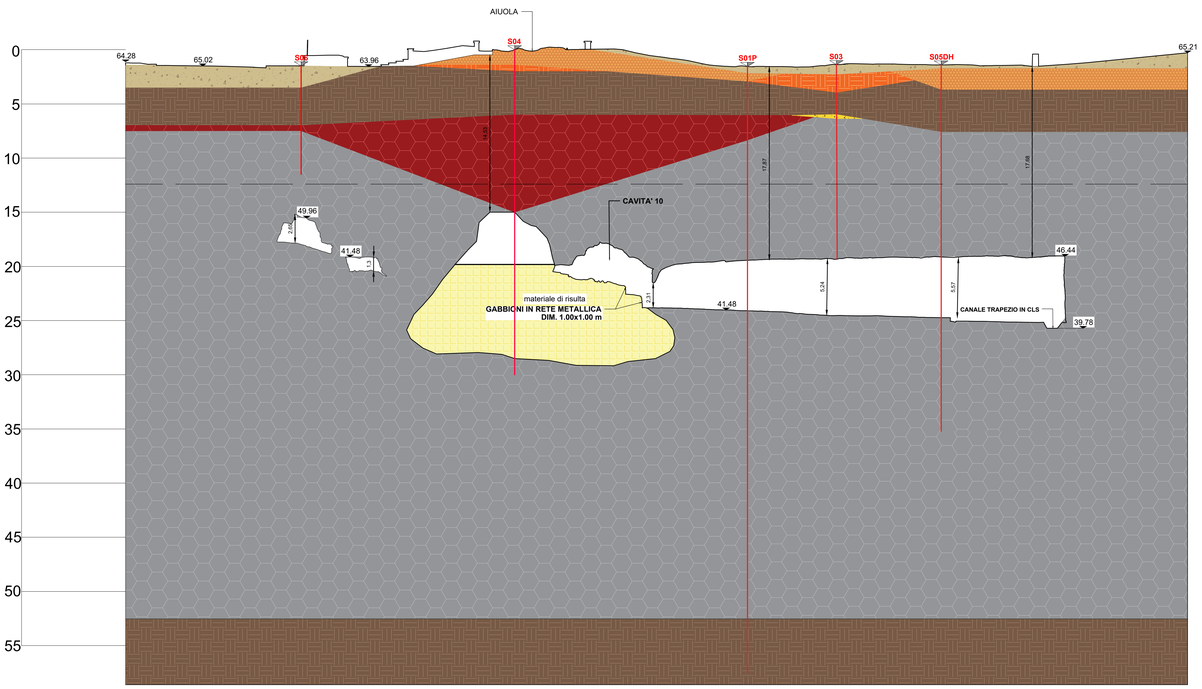
SEZIONE CC'
1:200



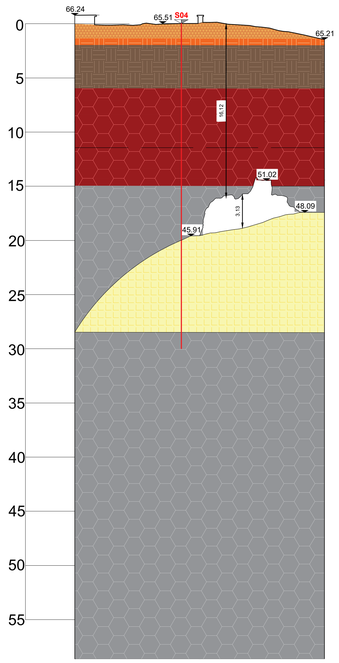
LEGENDA MATERIALI

- terreno vegetale
- piroclastite rimaneggiata
- piroclastite sciolta
- sabbia limosa con pomici
- materiali di riporto
- materiale di risulta
- tufo grigio campano
- tufo grigio rossastro (cappellaccio)

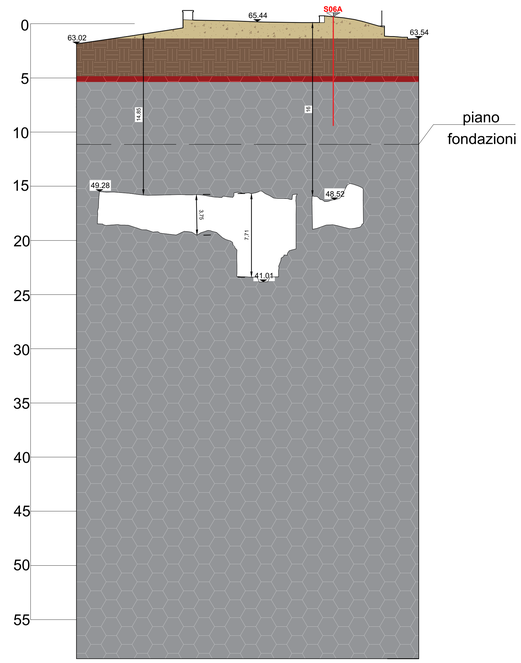
SEZIONE DD'
1:200



SEZIONE EE'
1:200



SEZIONE FF'
1:200



gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente
SIRIO INGEGNERIA CONSORZIO STABILE

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento	L'Appaltatore
Ing. Ciro Visone	G.I.A. Consulting. S.r.l.

SEZIONI GEOLOGICHE 2 DI 3

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I A S L 5 9 2 1	28/07/2021	0 1	07

Gruppo di Lavoro

Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

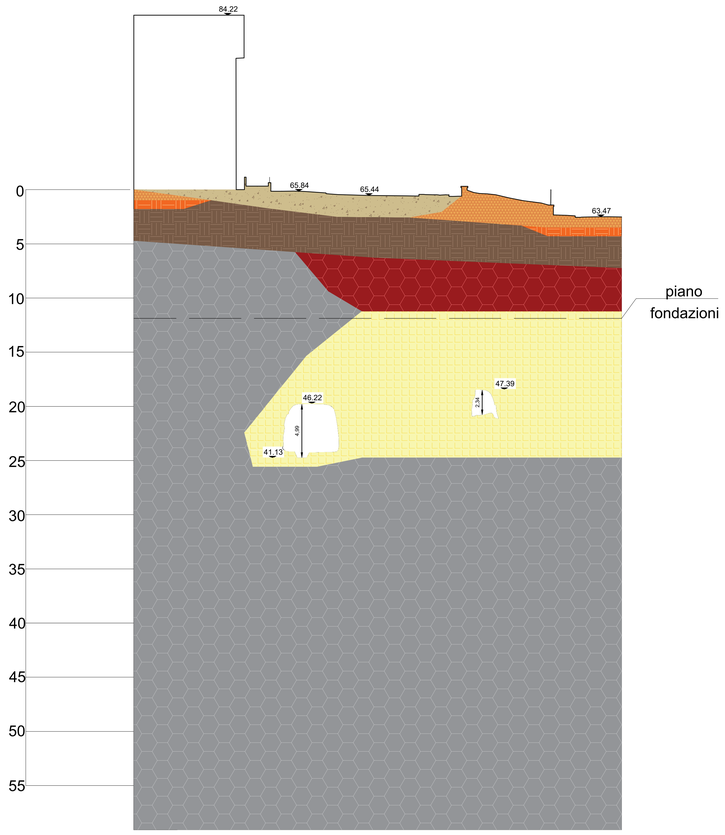
G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Aliscampi, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3781
P.IVA: 07450634121B - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

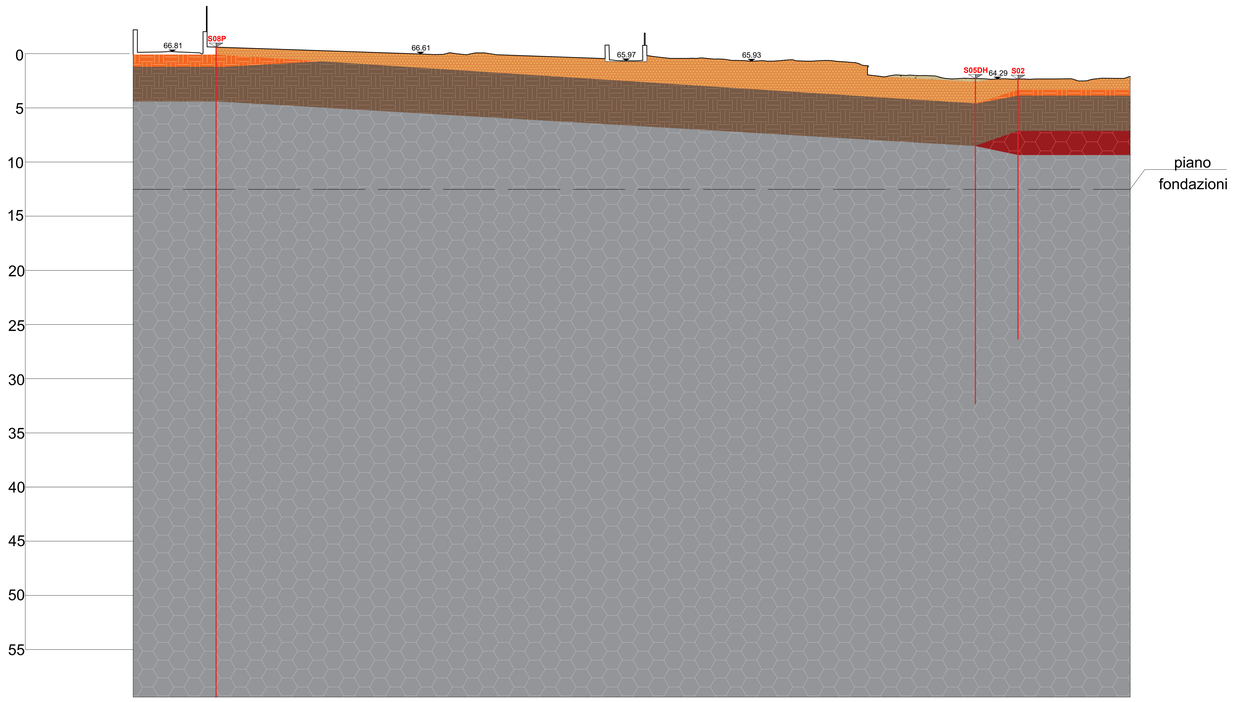
Sistema di gestione a norma UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n° 3975.A UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n° 3975.B

ALLEGATO 8

SEZIONE GG'
1:200



SEZIONE HH'
1:200



LEGENDA MATERIALI

- terreno vegetale
- piroclastite rimaneggiata
- piroclastite sciolta
- sabbia limosa con pomici
- materiali di riporto
- materiale di risulta
- tufo grigio campano
- tufo grigio rossastro (cappellaccio)

gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente
SIRIO INGEGNERIA CONSORZIO STABILE

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento	L'Appaltatore
Ing. Ciro Visone	G.I.A. Consulting. S.r.l.

SEZIONI GEOLOGICHE 3 DI 3

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I A S L 5 9 2 1	28/07/2021	0 1	08

Gruppo di Lavoro

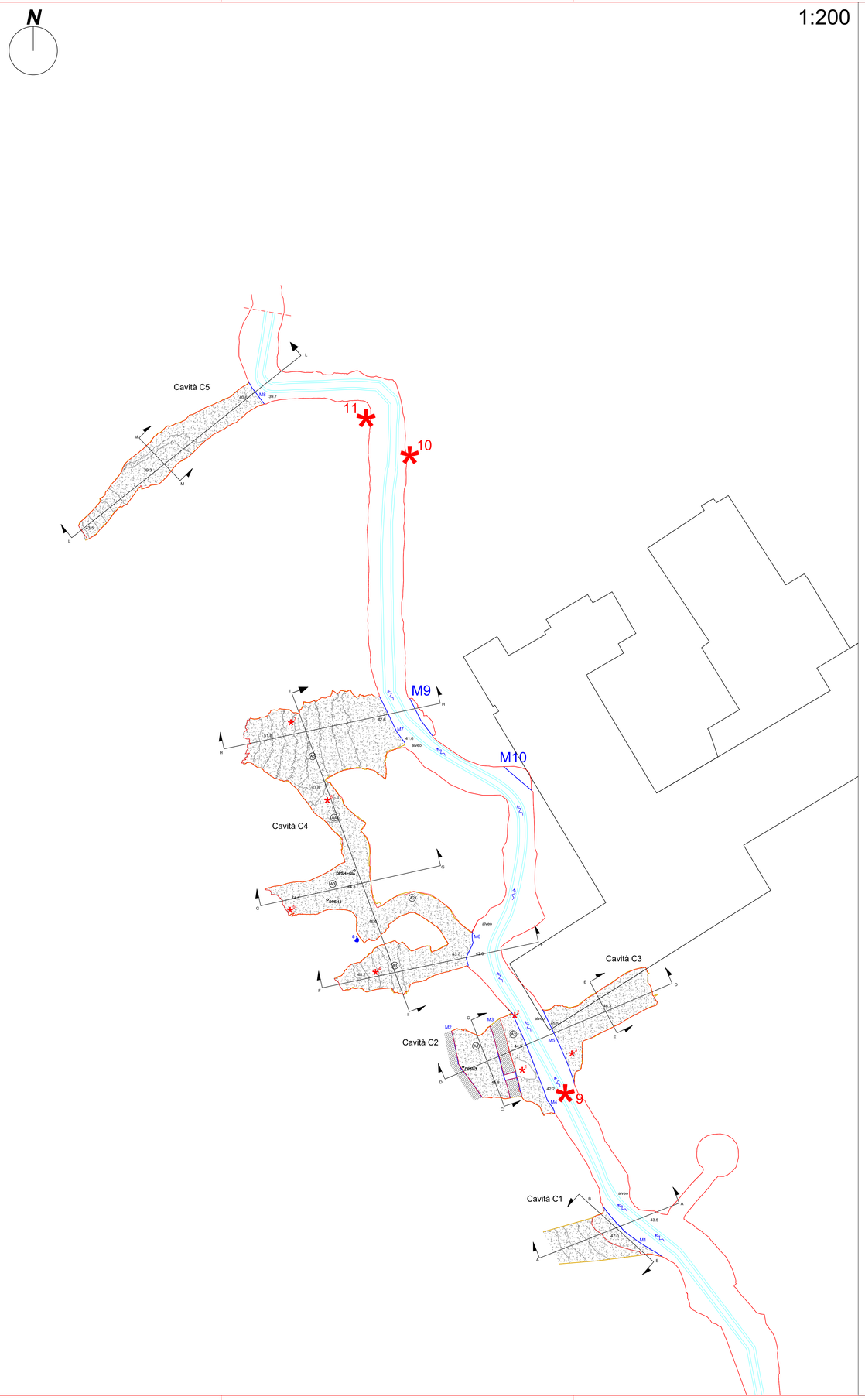
Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

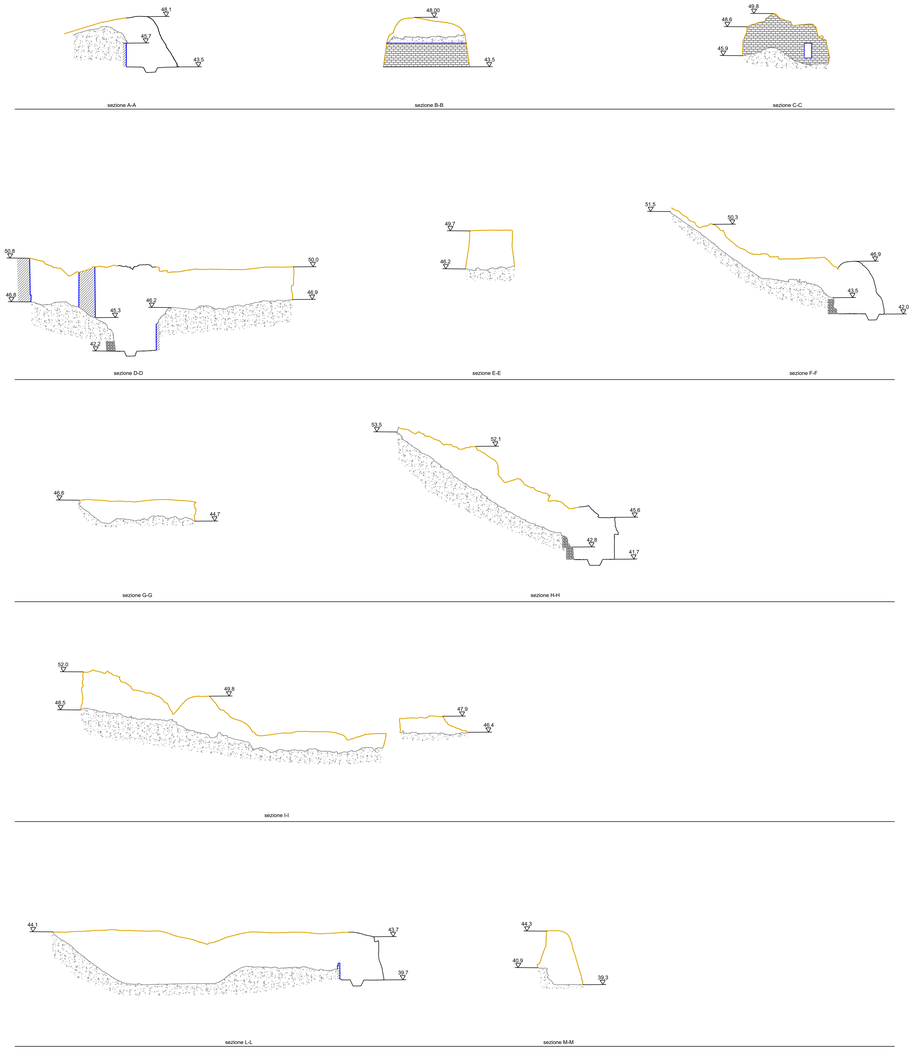
rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

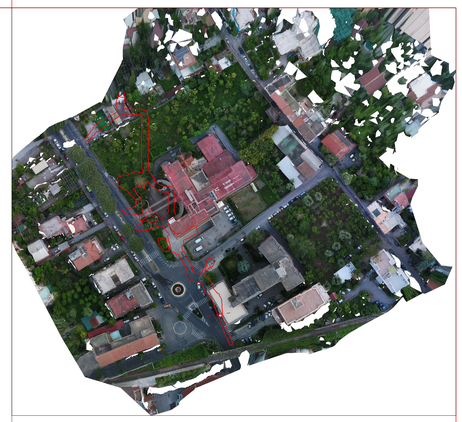
G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-865359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n° 50 100 13687
UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n° 50 100 13687







ALLEGATO 9

gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente — SIRIO INGEGNERIA CONSORZIO STABILE

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento Ing. Ciro Visone	L'Appaltatore G.I.A. Consulting. S.r.l.

RILIEVI GEOMECCANICI

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I_ASL_59_21	28/07/2021	01	09

Gruppo di Lavoro

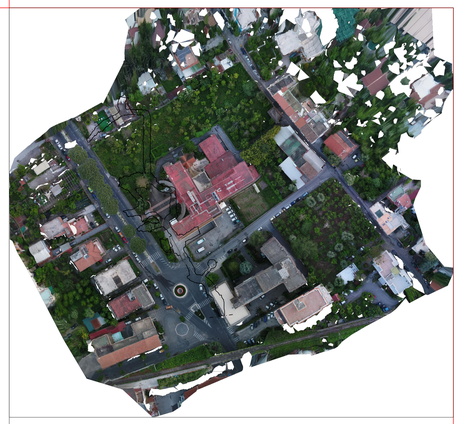
Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

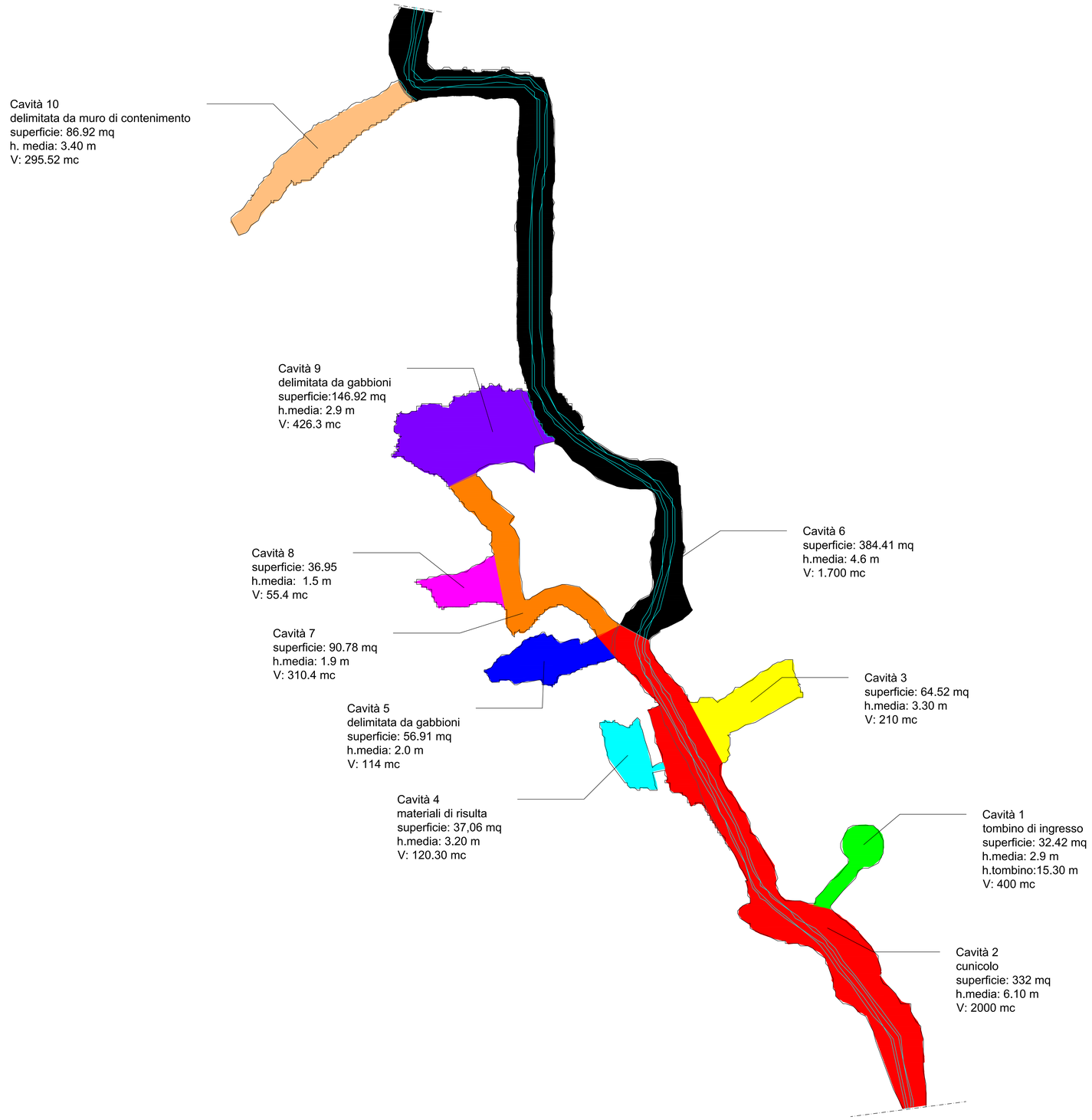
G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norme
UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n° 2875/08
UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n° 2875/08



ALLEGATO 10



gia CONSULTING geologia - ingegneria - ambiente SIRIO INGEGNERIA

regione campania aslnapoli3sud

AZIENDA SANITARIA LOCALE NAPOLI 3 SUD

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento	L'Appaltatore
Ing. Ciro Visone	G.I.A. Consulting. S.r.l.

SUDDIVISIONE DELLE CAVITA' E VOLUMI

1:200

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	ALLEGATO
I_A_S_L_5_9_2_1	28/07/2021	0 1	10

Gruppo di Lavoro

Geol. Salvatore Costabile	Gestione Commessa
Geol. Antonio Fontana	Geologo
Geol. Enzo De Luzio	Geologo
Geol. Angela Caccia	Geologo
Arch. Danilo Vinaccia	Architetto

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Arch. Danilo Vinaccia	Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-585359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma UNI EN ISO 9001:2015 Cert. n 3975/08
UNI EN ISO 14001:2015 Cert. n 3975/08

regione campania aslnapoli3sud	**ASL Napoli 3 Sud**

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento **Ing. Ciro Visone**	**L'Appaltatore** **G.I.A. Consulting. S.r.l.**

ATTIVITA' DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

RELAZIONE TECNICA SULLE ATTIVITA' DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	PAGINE
I_ASL_59_21	28/07/2021	01	83

Gruppo di Lavoro

Ph.D. Geol. Salvatore Costabile	Direttore Tecnico
Dott. Geol. Antonio Fontana	Geologo Junior
Dott.ssa Geol. Angela Caccia	Geologo Junior

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Geol. Antonio Fontana	Ph.D. Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				
5				

ORDINE DEI GEOLOGI della Regione Campania – Dr. Geol. Salvatore COSTABILE Albo N° 2727

Sommario

1. RIFERIMENTI NORMATIVI 4
2. INDAGINI GEOGNOSTICHE 5
2.1. Sondaggi stratigrafici 5
2.2. Prelievo campioni indisturbati 7
2.3. Prove penetrometriche dinamiche in foro tipo S.P.T. 8
2.4. Prova di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile 9
2.5. Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH) 10
2.6. Condizionamento dei fori di sondaggio con piezometro a tubo aperto 12
2.7. Condizionamento dei fori di sondaggio per prova sismica Down-Hole 13
3. ALLEGATI TECNICI E RISULTATI SPERIMENTALI 14
3.1. CERTIFICATI SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE PENETROMETRICHE STANDARD (S.P.T.) 14
SONDAGGIO S01P **15**
SONDAGGIO S02 ..... **25**
SONDAGGIO S03 ..... **33**
SONDAGGIO S04 ..... **39**
SONDAGGIO S05DH **47**
SONDAGGIO S06A **55**
SONDAGGIO S08P **58**
3.2. ELABORATO PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO 69
3.3. ELABORATO PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE 75
Prova Lefranc S05DH-1 ..... **75**
Prova Lefranc S05DH-2 ..... **76**
3.4. ELABORATO PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DPSH) 77
PROVA DPSH1 ..... **78**
PROVA DPSH2 ..... **88**
PROVA DPSH4 ..... **97**

PREMESSA

Si redige il report di indagini geognostiche al fine di inquadrare dal punto di vista geologico e geotecnico l'area in cui è prevista la progettazione del *"Nuovo ospedale Unico della Penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana"*.

Il piano d'indagine in oggetto ha previsto l'esecuzione di:

- ✓ n° 7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino a profondità variabile dal p.c..
- ✓ n° 14 prelievi di campioni indisturbati/rocce per le prove di laboratorio.
- ✓ n° 21 prove penetrometriche standard STP.
- ✓ n°2 prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile.
- ✓ n°8 prove penetrometriche dinamiche DPSH.

Le indagini si sono svolte nell'ambito del territorio comunale di Sant'Agnello (NA), in Viale dei Pini n.1, in Penisola Sorrentina.

Le ubicazioni delle indagini sono state concordate con i progettisti dell'opera a farsi (Figura 1).

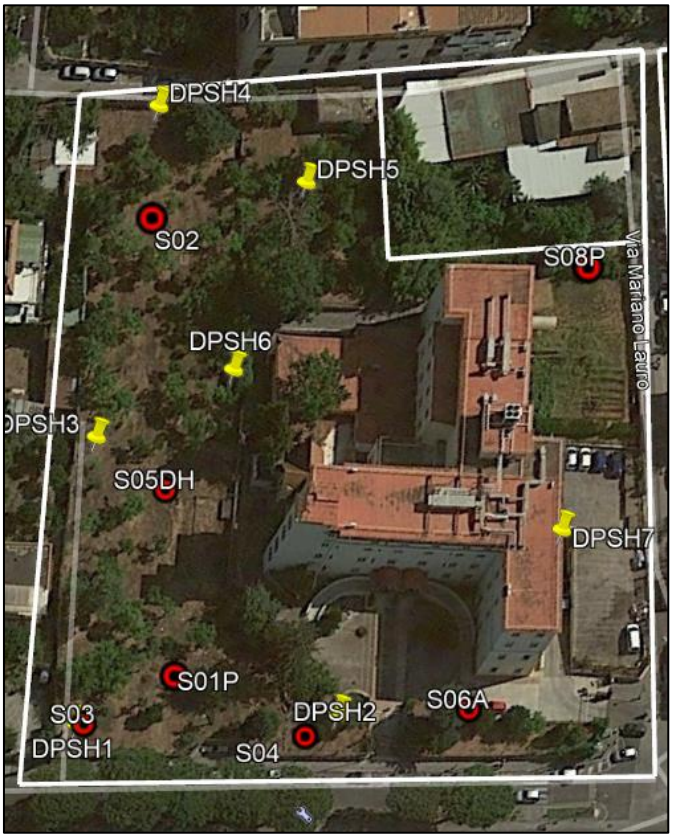


Figura 1 – Ubicazione dei sondaggi

1. RIFERIMENTI NORMATIVI

Per la realizzazione della campagna geognostica e delle lavorazioni relative sono stati seguiti i criteri e le modalità definite dalle seguenti normative tecniche di settore:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- UNI ENV 1977-3 (2002). Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito.
- ASTM D4220-95 (2000). Standard Practices for Preserving and Transporting Soil Samples.
- UNI EN ISO 14688-1:2003. Indagini e prove geotecniche-Identificazione e classificazione dei terreni-Identificazione e descrizione.
- ASTM D2487-00. Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System).
- ASTM D2488-00. Standard Practice for Description and Identification of Soils (VisualManual Procedure).
- BS 1377-1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes.
- ASTM D653-02. Standard terminology relating to soil, rock, and contained fluids.
- CNR-UNI N.10006. Costruzione e manutenzione delle strade. Tecnica di impiego delle terre.
- ASTM D3282-93 (1997). Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- ASTM C119-01. Standard Terminology Relating to Dimension Stone.
- UNI EN 932-3 (1998). Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata.
- Raccomandazioni AGI per l'esecuzione delle indagini geotecniche (1977).

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

2.1. Sondaggi stratigrafici

Per la ricostruzione stratigrafica, sono stati realizzati n° 7 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità massima di 60,00 m dal p.c., ciascuno eseguiti con una sonda a rotazione del tipo C.M.V. corredata di tutte le attrezzature per l'esecuzione di sondaggi geognostici e campionamenti in materiali incoerenti, coesivi e lapidei.

La perforazione ad andamento verticale è stata eseguita a carotaggio continuo, con carotieri di diametro di 127 mm. Le carote estratte sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in p.v.c. di dimensioni 0,5 m x 1 m. Al termine di ciascuna manovra si è provveduto alla pulizia di tutta l'attrezzatura mediante idropulitrice con recupero dei prodotti reflui.

I sondaggi S01P, S08P ed S05DH sono stati condizionati rispettivamente a piezometro a "tubo aperto" e a Down-Hole.

Lo spazio anulare (corona drenante) tra il pozzo e il foro è stato riempito con ghiaia silicea lavata e calibrata (1-3 mm) fino a 0.5 m al di sopra del tratto fessurato. Al fine di evitare l'infiltrazione delle acque superficiali, il restante spazio è stato riempito con miscela di cemento - bentonite fino a boccapozzo. Al termine dell'installazione, il piezometro è stato sviluppato con pompa sommersa, emungendo l'acqua utilizzata per la perforazione, avendo cura di interessare tutto il tratto finestrato per favorire l'assestamento del pre filtro. I pozzi di monitoraggio (piezometri) sono stati completati in superficie con pozzetto carrabile in polipropilene.

Tutte le fasi delle indagini in oggetto sono state seguite da un Geologo esperto che ha redatto le stratigrafie intercettate segnalando anche i punti di campionamento e per garantire la conformità alle norme AGI (1977) "*raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*". Le colonne stratigrafiche corredate di tutte le informazioni derivate dalla descrizione dei terreni sono riportate negli allegati tecnici. Nei paragrafi seguenti vengono riportate le tipologie delle prove eseguite e nelle relative tabelle vengono sintetizzate le quantità e le profondità raggiunta.

Nella Tabella 1 sono riportate le coordinate di ogni singolo sondaggio con la corrispettiva quota sopra il livello del mare (s.l.m.) e la profondità verticale raggiunta rispetto al piano campagna (p.c.). Le coordinate geografiche sono state rilevate con GPS RTK modello GEOMAX Zenith 20, e riferite al sistema Geodetico UTM - WGS 84.

ID Sondaggio	Coordinate E	Coordinate N	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m dal p.c.)
S01P	449093.43 m	4498126.36 m	64	56
S02	449151.56 m	4498169.67 m	64	24
S03	449079.00 m	4498134.00 m	63	20
S04	449097.00 m	4498104.00 m	67	30
S05DH	449117.00 m	4498144.00 m	64	30
S06A	449115.00 m	4498085.00 m	64.5	10
S08P	449183.68 m	4498108.37 m	68	60

Tabella 1 – Ubicazioni dei sondaggi eseguiti nell'area del "*Nuovo ospedale unico della penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana* "

Nella Tabella 2 vengono sintetizzati il numero di campioni prelevati, le quantità delle prove eseguite e i tipi di condizionamento.

ID Sondaggio	Campioni Indisturbati	S.P.T.	Prove in foro	Condizionamento
S01P	2	3	/	Piezometro
S02	2	3	/	/
S03	2	3	/	/
S04	2	3	/	/
S05DH	2	3	Lefranc C.V.	Down-hole
S06A	2	3	/	/
S08P	2	3	/	Piezometro

Tabella 2 – Riepilogo dei campioni, delle prove e del tipo di condizionamento dei sondaggi.

2.2. Prelievo campioni indisturbati

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono stati prelevati dei campioni indisturbati, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, utilizzando un campionatore con fustella a pareti sottili, costituita da un tubo in acciaio inox con angolo di scarpa di circa 15°, (campionatore Shelby), per rendere trascurabile l'alterazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni campionati. Il prelievo dei campioni indisturbati è avvenuto in conformità con quanto previsto dalle norme "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.

✓ Manovra di pulizia del foro con carotiere da 101 mm.

✓ Prelievo del campione indisturbato mediante campionatore Shelby.

Successivamente, la fustella, contenente il campione prelevato, è stata sigillata con paraffina fusa, al fine di conservare l'umidità naturale. I campioni prelevati durante le indagini sono riportati nella seguente tabella.

ID SONDAGGIO	ID CAMPIONE	PROFONDITÀ
S01P	S01P – C.I.1	3.00 – 3.50 m
S01P	S01P – C.I.2	6.00 – 6.30 m
S02	S02 – C.I.1	2.00 – 2.30 m
S02	S02 – C.I.2	5.50 – 6.00 m
S03	S03 – C.I.1	3.90 – 4.50 m
S03	S03 – C.I.2	6.50 – 7.00 m
S04	S04 – C.I.1	9.00 – 9.20 m
S04	S04 – C.I.2	11.30 – 11.50 m
S05DH	S05DH – C.I.1	4.50 – 5.00 m
S05DH	S05DH – C.I.2	7.50 – 8.00 m
S08P	S08P – C.I.1	5.00 – 5.40 m
S08P	S08P – C.I.2	11.50 – 11.82 m

Tabella 3 – Riepilogativa dei campioni prelevati durante le indagini geognostiche.

2.3. Prove penetrometriche dinamiche in foro tipo S.P.T.

In corso d'opera, sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche in foro del tipo S.P.T., secondo le modalità contenute nelle Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.

✓ Manovra di pulizia del foro con carotiere da 101 mm, e verifica della profondità effettiva con scandaglio a fondo foro.

✓ Esecuzione della prova SPT con campionatore Raymond e registrazione dei colpi necessari per l'infissione di ciascuno dei 3 tratti di 15 cm del campionatore.

Le profondità ed il numero dei colpi registrati dalle prove S.P.T. sono riportati nella seguente tabella:

ID SONDAGGIO	N° S.P.T.	PROFONDITÀ (m)	COLPI	TIPO DI PUNTA
S01P	n°1	3.50 m	03-03-04	Punta Conica
S01P	n°2	6.30 m	18-14-22	Punta Conica
S01P	n°3	9.00 m	30-37-45	Punta Conica
S02	n°1	2.30 m	02-01-03	Punta Conica
S02	n°2	6.00 m	11-17-20	Punta Conica
S02	n°3	11.00 m	08-12-26	Punta Conica
S03	n°1	5.00 m	RIFIUTO	Punta Conica
S03	n°2	8.00 m	12-16-13	Punta Conica
S03	n°3	12.00 m	27-23-24	Punta Conica
S04	n°1	6.00 m	10-10-09	Punta Conica
S04	n°2	9.20 m	15-12-12	Punta Conica
S04	n°3	12.00 m	21-17-29	Punta Conica
S05DH	n°1	6.50 m	16-20-23	Punta Conica
S05DH	n°2	9.50 m	21-20-15	Punta Conica
S05DH	n°3	12.00 m	25-27-24	Punta Conica
S08P	n°1	2.50 m	03-02-03	Punta Conica
S08P	n°2	5.40 m	09-12-13	Punta Conica
S08P	n°3	9.00 m	33-39-49	Punta Conica

Tabella 4 – Riepilogativa delle prove S.P.T.

2.4. Prova di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici, sono state eseguite delle prove di permeabilità del tipo Lefranc a carico variabile (C.V.) secondo le modalità contenute nelle Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche "AGI (1977)" seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm, fino alla profondità prestabilita, e successiva misura con scandaglio a fondo foro.
- ✓ Immissione di ghiaietto siliceo calibrato nella batteria di tubi di rivestimento per tutta la lunghezza della tasca di prova che si desidera ottenere, e successiva misura con scandaglio a fondo foro.
- ✓ Sollevamento della colonna di tubi di rivestimento fino alla quota iniziale della tasca di prova.
- ✓ Saturazione con acqua pulita della colonna di rivestimento, e successive misure degli abbassamenti della colonna d' acqua a distanza di 1', 2', 4', 8', 15', 30' e 60' dall'inizio dell'abbassamento; le misure sono state effettuate da boccaforo.

La perforazione è stata effettuata con carotiere fino alla quota di prova senza l'impiego di fanghi, evitando di modificare le caratteristiche granulometriche e di compattezza del terreno ed è stato rivestito il foro fino ad isolare il tratto interessato. È stata effettuata un'immissione continua di acqua pulita nel foro per provvedere alla saturazione dell'orizzonte e creare un regime laminare.
Le profondità delle prove Lefranc C.V. eseguite durante le indagini in oggetto sono riportate nella seguente tabella, mentre il rapporto di prova viene riportato negli allegati tecnici

ID SONDAGGIO	ID PROVA	Profondità iniziale della tasca di prova (m dal p.c.)	Profondità finale della tasca di prova (m dal p.c.)	Litologia
S05DH	1	0,00	5,00	Piroclastite sciolta
S05DH	2	0,00	10,00	Tufo

Tabella 5 – Riepilogativa della prova Lefranc.

2.5. Prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH)

Per definire le caratteristiche litologiche e geotecniche del terreno sono state eseguite n.8 prove penetrometriche dinamiche continue, standardizzate nelle "Raccomandazioni ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa" (1988), nonché dalle "Raccomandazioni AGI per l'esecuzione delle indagini geotecniche" (1977), sono state eseguite con un penetrometro dinamico superpesante PAGANI TG63-200 kN, cingolato (Figura 5).

Figura 2 – Penetrometro Pagani utilizzato per le prove penetrometriche dinamiche.

Tale prova permette di ottenere la stratigrafia del terreno e la correlazione tra Nspt e i parametri geotecnici dei terreni attraversati dalla verticale d'indagine.

Le modalità di esecuzione hanno rispettato lo standard tipo Meardi - Agi (DPSH – Dynamic Probing Super Heavy) con massa del maglio a sganciamento automatico da 73 kg ed altezza di caduta di 0,75 m, infiggendo tramite aste da 34 mm una punta da 2" con angolo di conicità di 60°.

Nella seguente tabella sono indicati i dettagli delle prove penetrometriche eseguite:

ID INDAGINE	PROFONDITA' PROVA (m)	COORDINATA E	COORDINATA N
DPSH-1	21.80 m	449075.47 m E	4498134.25 m N
DPSH-2	18.20 m	449100.00 m E	4498101.00 m N
DPSH-3	11.20 m	449115.00 m E	4498157.00 m N
DPSH-4	17.80 m	449164.00 m E	4498178.00 m N
DPSH-5	13.00 m	449167.00 m E	4498152.00 m N
DPSH-6	12.80 m	449136.00 m E	4498145.00 m N
DPSH-7	5.40 m	449144.00 m E	4498088.00 m N

Tabella 6 - Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

Le elaborazioni si basano sulle note correlazioni empiriche tra Ndpsh - Nspt - Profondità e forniscono una ricostruzione litostratigrafica non univoca, ma derivante dalle informazioni acquisite dall'operatore in cantiere, ritenuta quindi la più verosimile. I parametri geotecnici vengono forniti per i diversi autori, lasciando al committente la scelta di quelli ritenuti idonei. La sintesi fornita è puramente indicativa, la committenza ne valuterà la bontà e la necessità di utilizzarla. In base a quanto precedentemente esposto si riportano i risultati ottenuti della prova con i valori di NDPSH e di NSPT e dei parametri geotecnici correlati ad ogni strato negli allegati tecnici.

2.6. Condizionamento dei fori di sondaggio con piezometro a tubo aperto

I fori di sondaggio indicati con sigla S01P e S08P sono stati condizionati con tubazione piezometrica a tubo aperto. Anche per questa fase di lavorazione la modalità esecutiva dell'installazione della tubazione è stata condotta in conformità con le raccomandazioni AGI (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche", seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.
- ✓ Installazione della tubazione piezometrica fino a fondo foro.
- ✓ Riempimento graduale dell'intercapedine tra tubazione piezometrica e tubazione di rivestimento per tutta la lunghezza del tratto drenante ad opera di ghiaietto siliceo calibrato e rimozione graduale della tubazione di rivestimento.

Infine, a protezione del boccaforo è stato allestito un chiusino carrabile in polipropilene.

Figura 3 – Chiusino in polipropilene.

2.7. Condizionamento dei fori di sondaggio per prova sismica Down-Hole

I fori di sondaggio indicati con sigla S05DH e S07DH sono stati condizionati con tubazione cieca in PVC per dare seguito alla prova sismica Down –Hole. Anche per questa fase di lavorazione la modalità esecutiva dell'installazione della tubazione è stata condotta in conformità con le raccomandazioni AGI (1977) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche", seguendo le fasi di seguito riportate:

- ✓ Rivestimento in corso d' opera del sondaggio con tubazione da 127 mm.
- ✓ Installazione della tubazione cieca in PVC da 3'' fino a fondo foro per garantire la cementazione a pressione dal basso verso l'alto.
- ✓ Riempimento graduale dell'intercapedine tra tubazione in PVC da 3''e tubazione di rivestimento, fino al boccaforo e rimozione graduale della tubazione di rivestimento.

Infine, a protezione del boccaforo è stato installato un chiusino carrabile in polipropilene.

3. ALLEGATI TECNICI E RISULTATI SPERIMENTALI

3.1. CERTIFICATI SONDAGGI GEOGNOSTICI E PROVE PENETROMETRICHE STANDARD (S.P.T.)

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S01P
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: dal 04 al 10 /06/2021
Coordinate: 449093.43 m E ; 4498126.36 m N	Quota: 64 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :145

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	ø mm	R v
		0,6	0,6	Materiale di riporto costituito da piroclasiti rimaneggiate sabbioso limose, inglobanti clasti eterometrici di tufo e resti vegetali.		1) Amb < 1,00 1,10						
		1,4	0,8	Piroclastiti rimaneggiate sabbioso limose con clasti e pomici subcentimetriche e resti vegetali.		2) Amb < 2,75 2,85						
				Piroclastiti costituite da sabbia con limo argilloso di colore bruno marrone. Pomici millimetriche sparse e minerali femici.		3) Ind < 3,00 3,50	3,5	3-3-4	7	C		
		4,6	3,2			4) Amb < 4,00 4,10						
				Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio).		5) Ind < 6,00 6,30	6,3	18-14-22	36	C		
							9,0	30-37-45	82	C		
		9,6	5,0									
				T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche.								

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S01P
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: dal 04 al 10 /06/2021
Coordinate: 449093.43 m E ; 4498126.36 m N	Quota: 64 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :145

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	ø mm	R v	metri
30				T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche.									30
31													31
32													32
33													33
34													34
35		35,0	25,4										35
36				T.G.C. molto compatto, costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote con scorie molto soffiate.									36
37													37
38													38
39													39
40													40
41													41
42													42
43													43
44													44
45													45
46													46
47													47
48													48
49													49
50													50
51		51,0	16,0										51
52				Piroclastiti costituite da limi argillosi di colore marrone chiaro, con pomici millimetriche e minerali femici.									52
53													53
54													54
55													55
56		56,0	5,0								127		56

Indisturbati 2;

PROVE SPT 1-2-3 Sondaggio S01P

ID SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S01P	3,50 m	03-03-04	7	Punta Conica	Sabbia argillosa con limo poco addensata
	6,30 m	18-14-22	36	Punta Conica	Sabbia con limo debolmente Ghiaiosa e argillosa-addensata
	9,00 m	30-37-45	82	Punta Conica	T.G.C. Molto addensato con scorie

Sondaggio S01P

Densità relativa (Dr - %)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
Sabbia argillosa con limo poco addensata	7	3,95	26,42	56,4
Sabbia con limo debolmente Ghiaiosa e argillosa-addensata	36	6,75	51,91	93,48
T.G.C. Molto addensato con scorie	82	9,45	65,1	100

Angolo di resistenza al taglio (ϕ)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway
Sabbia argillosa con limo poco addensata	7	3,95	7	29	30,33	<30	29,1
Sabbia con limo debolmente Ghiaiosa e argillosa-addensata	36	6,75	36	37,29	30,68	32-35	37,8
T.G.C. Molto addensato con scorie	82	9,45	82	50,43	30,96	>38	51,6

Peso unità di volume (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia argillosa con limo poco addensata	7	3,95	7	1,44
Sabbia con limo debolmente Ghiaiosa e argillosa-addensata	36	6,75	36	1,75
T.G.C. Molto addensato con scorie	82	9,45	82	1,97

Modulo di Young (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	Bowles (1982) Sabbia Media
Sabbia argillosa con limo poco addensata	7	3,95	7	56,00	---	---
Sabbia con limo debolmente Ghiaiosa e argillosa-addensata	36	6,75	36	288,00	425,50	255,00
T.G.C. Molto addensato con scorie	82	9,45	82	656,00	968,30	485,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Sabbia argillosa con limo poco addensata	7	3,95	7	---	41,84	49,70	69,22
Sabbia con limo debolmente Ghiaiosa e argillosa-addensata	36	6,75	36	216,00	101,41	255,60	198,56
T.G.C. Molto addensato con scorie	82	9,45	82	492,00	195,90	582,20	403,72

Peso unità di volume saturo (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia argillosa con limo poco addensata	7	3,95	7	1,90
Sabbia con limo debolmente Ghiaiosa e argillosa-addensata	36	6,75	36	2,09
T.G.C. Molto addensato con scorie	82	9,45	82	2,22

Cassette catalogatrici

Cassetta n° 1 – profondità da 0,00 m a 5,00 m

Cassetta n° 2 – profondità da 5,00 m a 10,00 m

Cassetta n° 3 – profondità da 10,00 m a 15,00 m

Cassetta n° 4 – profondità da 15,00 m a 20,00 m

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Cassetta n° 5 – profondità da 20,00 m a 25,00 m

Cassetta n° 6 – profondità da 25,00 m a 30,00 m

Cassetta n° 7 – profondità da 30,00 m a 35,00 m

Cassetta n° 8 – profondità da 35,00 m a 40,00 m

Cassetta n° 9 – profondità da 40,00 m a 45,00 m

Cassetta n° 10 – profondità da 45,00 m a 50,00 m

Cassetta n° 11 – profondità da 50,00 m a 55,00 m

Cassetta n° 12 – profondità da 55,00 m a 56,00 m

Ubicazione Sondaggio

Figura 4 – Ubicazione Sondaggio

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S02
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: 10-11/06/2021
Coordinate: 449151.56 m E ; 4498169.67 m N	Quota: 64 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggo continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	Rv	metri
1		1,0	1,0	Materiale di riporto, costituito da piroclastiti sabbioso limose, inglobanti clasti eterometrici e resti vegetali.							1
2				Piroclastiti costituite da sabbia con limo argilloso, di colore marrone bruno con pomici millimetriche e minerali femici.	1) Amb < 1,90 2,00 2) Ind < 2,00 2,30 3) Amb < 2,50 2,60	2,3	2-1-3	4			2
3											3
4					4) Amb < 4,00 4,10						4
5		4,8	3,8								5
6				Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio). Presenza diffusa di feldspato alcalino (sanidino) dalle dimensioni millimetriche.	5) Ind < 5,50 6,00	6,0	11-17-20	37			6
7		7,0	2,2								7
8				T.G.C. compatto costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote (Lmax=0,40 m).							8
9											9
10											10
11						11,0	8-12-26	38			11
12											12
13											13
14											14
15											15
16											16
17		17,0	10,0								17
18				T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche.							18
19											19
20											20

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S02
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: 10-11/06/2021
Coordinate: 449151.56 m E ; 4498169.67 m N	Quota: 64 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggo continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	Standard Penetration Test S.P.T.	Standard Penetration Test N	ø mm	R v	metri
21				T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche.							21
22											22
23											23
24									127		24
25		25,0	8,0								25

PROVE SPT 1-2-3 Sondaggio S02

ID SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S02	2,30 m	02-01-03	4	Punta Conica	Sabbia con argilla di colore marrone bruno
	6,00 m	11-17-20	37	Punta Conica	Sabbia limosa debolmente argillosa addensata
	11,00 m	08-12-26	38	Punta Conica	T.G.C. sabbie addensate con scorie

Sondaggio S02

Densità relativa (Dr-%)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	4	2,75	18,39	48,59
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	37	6,45	54,87	98,73
T.G.C. sabbie addensate con scorie	38	11,45	43,37	81,84

Angolo di resistenza al taglio (ϕ)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	4	2,75	4	28,14	30,4	<30	28,2
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	37	6,45	37	37,57	31,07	32-35	38,1
T.G.C. sabbie addensate con scorie	38	11,45	38	37,86	29,45	35-38	38,4

Peso unità di volume (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	4	2,75	4	1,40
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	37	6,45	37	1,76
T.G.C. sabbie addensate con scorie	38	11,45	38	1,77

Modulo di Young (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	Bowles (1982) Sabbia Media
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	4	2,75	4	32,00	---	---
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	37	6,45	37	296,00	437,30	260,00
T.G.C. sabbie addensate con scorie	38	11,45	38	304,00	449,10	265,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	4	2,75	4	---	35,68	28,40	55,84
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	37	6,45	37	222,00	103,46	262,70	203,02
T.G.C. sabbie addensate con scorie	38	11,45	38	228,00	105,52	269,80	207,48

Peso unità di volume saturo (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	4	2,75	4	1,87
Sabbia con argilla di colore marrone bruno	37	6,45	37	2,09
T.G.C. sabbie addensate con scorie	38	11,45	38	2,10

Cassette catalogatrici

Cassetta n° 1 – profondità da 0,00 m a 5,00 m

Cassetta n° 2 – profondità da 5,00 m a 10,00 m

Cassetta n° 3 – profondità da 10,00 m a 15,00 m

Cassetta n° 4 – profondità da 15,00 m a 20,00 m

Cassetta n° 5 – profondità da 20,00 m a 24,00 m

ubicazione sondaggio

Figura 5 – Ubicazione sondaggio

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S03
Riferimento: Indagini Geoognostiche	Data: dal 25 al 28/06/2021
Coordinate: 449079.00 m E ; 4498134.00 m N	Quota: 63 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	Rv	metri
1		0,9	0,9	Materiale di riporto costituito da piroclastiti sabbioso limose inglobanti clasti di tufo di colore giallo.							1
2		2,6	1,7	Piroclastiti rimaneggiate costituite da sabbie limose, con clasti e pomici centimetriche.	1) Amb < 1,50 1,60 2) Amb < 2,50 2,60						2
3				Piroclastiti costituite da sabbie limoso argillose di colore marrone-bruno con numerose pomici millimetriche e litici.							3
4					3) Ind < 3,90 4,50						4
5		5,0	2,4		4) Amb < 5,00 5,10	5,0	50-50-50	100			5
6				Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio) con litici di dimensioni millimetriche subangolari, scorie vetrose subcentimetriche, ricco in minerai femici.							6
7					5) Ind < 6,50 7,00						7
8						8,0	12-16-13	29			8
9											9
10		10,0	5,0								10
11				T.G.C. compatto costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote (Lmax=0,50 m).							11
12						12,0	27-23-24	47			12
13											13
14											14
15		15,5	5,5								15
16				T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche, litici e scorie vulcaniche.							16
17											17
18											18
19											19
20		20,0	4,5						127		20

PROVE SPT 1-2-3 Sondaggio S03

ID SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S03	5,00 m	RIFIUTO	0	Punta Conica	T.G.C. di colore grigio chiaro con litici e scorie
	8,00 m	12-16-13	29	Punta Conica	T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro moderatamente addensate
	12,00 m	27-23-24	47	Punta Conica	T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro addensate

Sondaggio S03

Densità relativa (Dr-%)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
T.G.C. di colore grigio chiaro con litici e scorie	0	5,45	0	0
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro moderatamente addensate	29	8,45	46,39	83,88
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro addensate	47	12,45	48,75	91,09

Angolo di resistenza al taglio (ϕ)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway
T.G.C. di colore grigio chiaro con litici e scorie	0	5,45	0	27	0	<30	27
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro moderatamente addensate	29	8,45	29	35,29	30,29	32-35	35,7
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro addensate	47	12,45	47	40,43	29,84	35-38	41,1

Peso unità di volume (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
T.G.C. di colore grigio chiaro con litici e scorie	0	5,45	0	1,34
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro moderatamente addensate	29	8,45	29	1,69
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro addensate	47	12,45	47	1,83

Modulo di Young (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	Bowles (1982) Sabbia Media
T.G.C. di colore grigio chiaro con litici e scorie	0	5,45	0	---	---	---
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro moderatamente addensate	29	8,45	29	232,00	342,90	220,00
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro addensate	47	12,45	47	376,00	555,30	310,00

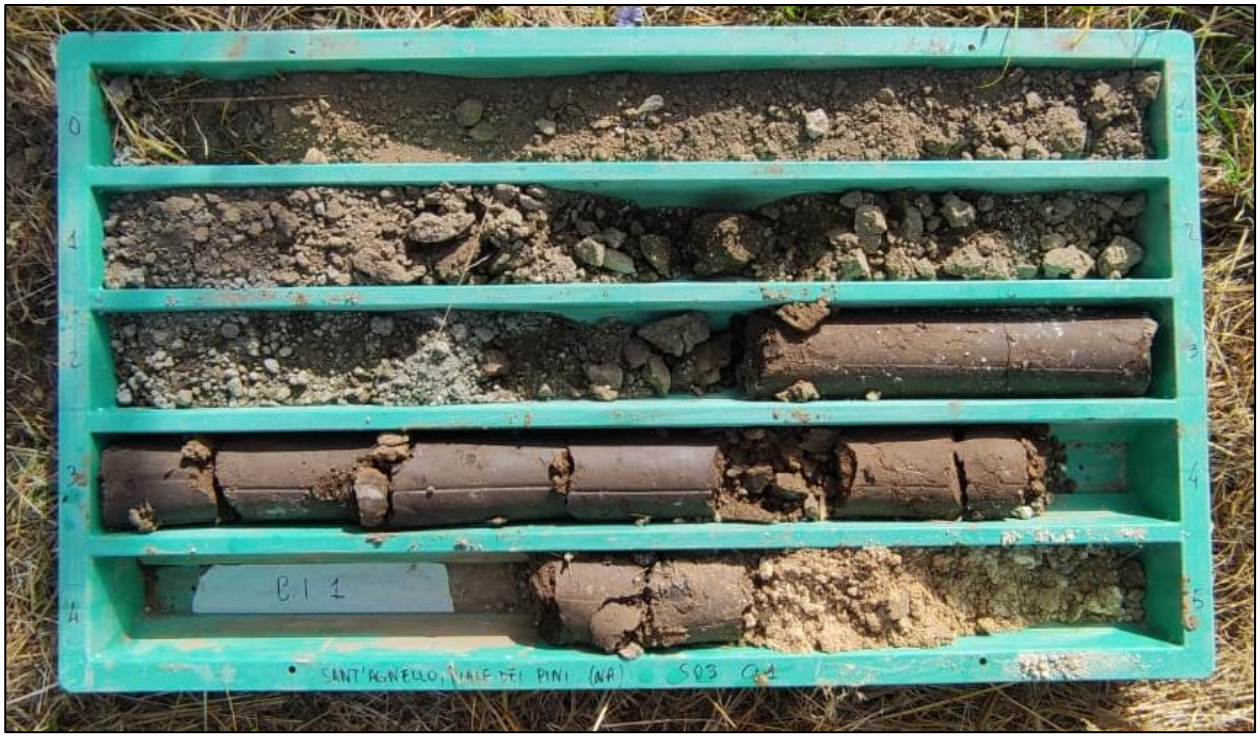
Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
T.G.C. di colore grigio chiaro con litici e scorie	0	5,45	0	---	27,46	---	38,00
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro moderatamente addensate	29	8,45	29	174,00	87,03	205,90	167,34
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro addensate	47	12,45	47	282,00	124,00	333,70	247,62

Peso unità di volume saturo (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
T.G.C. di colore grigio chiaro con litici e scorie	0	5,45	0	1,84
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro moderatamente addensate	29	8,45	29	2,05
T.G.C. cineriti di colore grigio nerastro addensate	47	12,45	47	2,14

Cassette catalogatrici



Cassetta n° 1 – profondità da 0,00 m a 5,00 m

Cassetta n° 2 – profondità da 5,00 m a 10,00 m

Cassetta n° 3 – profondità da 10,00 m a 15,00 m

Cassetta n° 4 – profondità da 15,00 m a 20,00 m

Ubicazione sondaggio

Figura 4 – Ubicazione sondaggio

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S04
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: 22-23/06/2021
Coordinate: 449097.00 m E ; 4498104.00 m N	Quota: 67 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	R v	metri
1		1,4	1,4	Terreno di riporto, costituito da piroclastiti sabbioso limose con pomici, clasti e resti vegetali.							1
2				Piroclastiti costituite da sabbie con limo argilloso, di colore marrone bruno con pomici millimetriche e minerali femici.	1) Amb < 2,00 2,10						2
3											3
4					2) Amb < 3,50 3,60						4
5					3) Amb < 5,00 5,10						5
6		6,0	4,6			6,0	10-10-9	19			6
7				Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio). Presenza sporadica di scorie nerastre vetrose di dimensioni centimetriche.							7
8											8
9					4) Ind < 9,00 9,20	9,2	15-12-12	24			9
10		10,0	4,0								10
11				T.G.C. costituito da una matrice cineritica di colore grigio scuro, ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva sciolto o in spezzoni di carote (Lmax=0,15 m).	5) Ind < 11,30 11,50						11
12						12,0	21-17-29	46			12
13											13
14											14
15		15,0	5,0								15
16				CAVITA' ARTIFICIALE							16
17											17
18											18
19											19
20		20,0	5,0								20

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S04
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: 22-23/06/2021
Coordinate: 449097.00 m E ; 4498104.00 m N	Quota: 67 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	R v	metri
21				Materiale di risulta							21
22											22
23											23
24											24
25											25
26											26
27											27
28		28,5	8,5								28
29				T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio chiaro, con pomici e litici e scorie.							29
30		30,0	1,5						127		30

PROVE SPT 1-2-3 Sondaggio S04

ID SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S04	6,00 m	10-10-09	19	Punta Conica	Sabbia limosa con ghiaia
	9,20 m	15-12-12	24	Punta Conica	Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa
	12,00 m	21-17-29	46	Punta Conica	T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio bruno

Sondaggio S04

Densità relativa (Dr-%)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
Sabbia limosa con ghiaia	19	6,45	42,34	77,44
Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa	24	9,65	35,5	68,12
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio bruno	46	12,45	44,07	85,02

Angolo di resistenza al taglio (ϕ)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway
Sabbia limosa con ghiaia	19	6,45	19	32.43	30.62	30-32	32.7
Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa	24	9,65	24	33.86	29.01	30-32	34.2
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio bruno	46	12.45	46	40.14	29.32	35-38	40.8

Modulo di Young (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	Bowles (1982) Sabbia Media
Sabbia limosa con ghiaia	19	6.45	19	152.00	224.90	170.00
Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa	24	9.65	24	192.00	283.90	195.00
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio bruno	46	12.45	46	368.00	543.50	305.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Sabbia limosa con ghiaia	19	6.45	19	114.00	66.49	134.90	122.74
Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa	24	9.65	24	144.00	76.76	170.40	145.04
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio bruno	46	12.45	46	276.00	121.95	326.60	243.16

Peso unità di volume (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia limosa con ghiaia	19	6.45	19	1.58
Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa	24	9.65	24	1.64
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio bruno	46	12.45	46	1.83

Peso unità di volume saturo (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia limosa con ghiaia	19	6.45	19	1.99
Sabbia con limo debolmente ghiaiosa e argillosa	24	9.65	24	2.02
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio bruno	46	12.45	46	2.14

Cassette catalogatrici

Cassetta n° 1 – profondità da 0,00 m a 5,00 m

Cassetta n° 2 – profondità da 5,00 m a 10,00 m

Cassetta n° 3 – profondità da 10,00 m a 15,00 m

Cassetta n° 4 – profondità da 15,00 m a 20,00 m

Cassetta n° 5 – profondità da 20,00 m a 25,00 m

Cassetta n° 6 – profondità da 25,00 m a 30,00 m

Ubicazione sondaggio

Figura 5 – Ubicazione sondaggio

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S05DH
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: 23-24-25/06/2021
Coordinate: 449117.00 m E ; 4498144.00 m N	Quota: 64 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	R v	metri
		0,3	0,3	Materiale di riporto antropico.							
1				Terreno di riporto costituito da piroclastiti sabbioso limose rimaneggiate e humificate, con resti vegetali.							1
2		2,3	2,0		1) Amb < 2,00 2,10						2
3				Piroclastite costituita da sabbia limosa debolmente argillosa di colore marrone-bruno con abbondante presenza di pomici millimetriche sparse, lapilli e litici, ricca in minerali femici.							3
4					2) Amb < 3,50 3,60						4
5					3) Ind < 4,50 5,00 4) Amb < 5,00 5,10						5
6		6,2	3,9								6
				Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio).		6,5	16-20-23	43			
7											7
8		8,0	1,8		5) Ind < 7,50 8,00						8
				T.G.C. carotato come sabbie e ceneri di colore grigio scuro e nerastro, con pomici millimetriche e scorie. Rari spezzoni di carote (Lmax=0,15 m).							
9											9
						9,5	21-20-15	35			
10											10
11											11
12						12,0	25-27-24	51			12
13											13
14											14
15											15
16											16
17											17
18											18
19											19
20		20,0	12,0								20

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S05DH
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: 23-24-25/06/2021
Coordinate: 449117.00 m E ; 4498144.00 m N	Quota: 64 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	Rv	metri
21				T.G.C. molto compatto costituito da una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote di Lmax=0,90m.							21
22											22
23											23
24											24
25											25
26											26
27											27
28											28
29											29
30		30,0	10,0						127		30

PROVE SPT 1-2-3 Sondaggio S05DH

ID SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S05DH	6,50 m	16-20-23	43	Punta Conica	Sabbia limosa addensata con ghiaia.
	9,50 m	21-20-15	35	Punta Conica	T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.
	12,00 m	25-27-24	51	Punta Conica	T.G.C. Cineriti molto addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.

Sondaggio S05DH

Densità relativa (Dr-%)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
Sabbia limosa addensata con ghiaia.	43	6.95	59.34	100
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	35	9.95	40.32	77.3
T.G.C. Cineriti molto addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	51	12.45	43.76	86.13

Angolo di resistenza al taglio (ϕ)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway
Sabbia limosa addensata con ghiaia.	43	6.95	43	39.29	31.4	35-38	39.9
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	35	9.95	35	37	29.17	32-35	37.5
T.G.C. Cineriti molto addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	51	12.45	51	41.57	29.19	>38	42.3

Peso unità di volume (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia limosa addensata con ghiaia.	43	6.95	43	1.81
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	35	9.95	35	1.74
T.G.C. Cineriti molto addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	51	12.45	51	1.86

Peso unità di volume saturo (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia limosa addensata con ghiaia.	43	6.95	43	2.12
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	35	9.95	35	2.08
T.G.C. Cineriti molto addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	51	12.45	51	2.16

Modulo di Young (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	Bowles (1982) Sabbia Media
Sabbia limosa addensata con ghiaia.	43	6.95	43	344.00	508.10	290.00
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	35	9.95	35	280.00	413.70	250.00
T.G.C. Cineriti molto addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	51	12.45	51	408.00	602.50	330.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Sabbia limosa addensata con ghiaia.	43	6.95	43	258.00	115.79	305.30	229.78
T.G.C. Cineriti addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	35	9.95	35	210.00	99.36	248.50	194.10
T.G.C. Cineriti molto addensate di colore grigio scuro, nerastro con abbondanti scorie.	51	12.45	51	306.00	132.22	362.10	265.46

Cassette catalogatrici

Cassetta n° 1 – profondità da 0,00 m 5,00 m

Cassetta n° 2 – profondità da 5,00 m a 10,00 m

Cassetta n° 3 – profondità da 10,00 m a 15,00 m

Cassetta n° 4 – profondità da 15,00 m a 20,00 m

Cassetta n° 5 – profondità da 20,00 m a 25,00 m

Cassetta n° 6 – profondità da 25,00 m a 30,00 m

Ubicazione sondaggio

Figura 6 - Ubicazione sondaggio

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S06A
Riferimento: Indagini Geognostiche	Data: 03/07/2021
Coordinate: 449115.00 m E ; 4498085.00 m N	Quota: 64.5 m s.l.m.
Perforazione: Carotaggio Continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	ø mm	R v	metri
1				Materiale di riporto inglobante clasti decimetrici e materiali di risulta.				1
2		2,0	2,0		1) Amb < 2,00 2,10			2
3				Piroclastite costituita da sabbie limose debolmente argillose di colore marrone-bruno, ricca in pomici millimetriche e minerali femici.	2) Amb < 3,50 3,60			3
4								4
5		5,5	3,5		3) Amb < 4,90 5,00			5
6				Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio), ricco in minerali femici.	4) Ind < 6,00 6,20			6
7								7
8								8
9					5) Ind < 9,00 9,30			9
10		10,0	4,5			127		10

Cassette catalogatrici

Cassetta n° 1 – profondità da 0,00 m a 5,00 m

Cassetta n° 2 – profondità da 5,00 m a 10,00 m

Ubicazione sondaggio

Figura 7 – Ubicazione sondaggio

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S08P
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: dal 14 al 19 /06/2021
Coordinate: 449183.68 m E ; 4498108.37 m N	Quota: 68
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	R v	metri
		1,8	1,8	Piroclastiti rimaneggiate formate da sabbie limose con clasti e pomici subcentimetriche e resti vegetali.		1) Amb < 1,00 1,10						
		5,0	3,2	Piroclastiti costituite da sabbie con limo argilloso di colore marrone bruno, con presena di pomici millimetriche sparse e minerali femici.		2) Ind < 2,00 2,50 3) Amb < 2,75 2,85 4) Amb < 4,50 4,60 5) Ind < 5,00 5,40	2,5	3-2-3	5			
		9,0	4,0	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio) con presenza di scorie nerastre vetrose di dimensioni centimetriche, ricco in feldspati e femici.			5,4	9-12-13	25			
				T.G.C. molto compatto costituito da una matrice cineritica, ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote Lmax=0,90m.		6) Ind < 9,50 9,75 7) Ind < 11,50 11,82	9,0	33-39-49	88			

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S08P
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: dal 14 al 19 /06/2021
Coordinate: 449183.68 m E ; 4498108.37 m N	Quota: 68
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A	Campioni	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	ø mm	R v	metri
21				T.G.C. molto compatto costituito da una matrice cineritica, ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote Lmax=0,90m.								21
22												22
23												23
24												24
25												25
26												26
27												27
28												28
29												29
30												30
31												31
32												32
33												33
34												34
35												35
36												36
37												37
38												38
39												39
40												40

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S08P
Riferimento: Indagini geognostiche	Data: dal 14 al 19 /06/2021
Coordinate: 449183.68 m E ; 4498108.37 m N	Quota: 68
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	A	Campioni	Standard Penetration Test m	Standard Penetration Test S.P.T.	Standard Penetration Test N	ø mm	R v	metri
41–48		48,0	39,0	T.G.C. molto compatto costituito da una matrice cineritica, ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose di colore nerastro. Si preleva in spezzoni di carote Lmax=0,90m.								41–48
48–60		60,0	12,0	Piroclastiti costituite da sabbie e limi argillosi di colore da marrone a grigio con pomici millimetriche e poche scorie disperse.						127		48–60

PROVE SPT 1-2-3 Sondaggio S08P

ID SONDAGGIO	PROFONDITÀ (m dal p.c.)	Nr. COLPI	Nspt	TIPO DI PUNTA	Litologia
S08P	2,50 m	03-02-03	5	Punta Conica	Sabbia debolmente limosa poco addensata
	5,40 m	09-12-13	25	Punta Conica	Sabbia con limo debolmente argillosa, moderatamente addensata
	9,00 m	33-39-49	88	Punta Conica	T.G.C. Cineriti di colore grigio scuro molto addensate, con scorie nerastre

Sondaggio S08P

Densità relativa (Dr-%)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
Sabbia debolmente limosa poco addensata	5	2.95	21.93	52.6
Sabbia con limo debolmente argillosa, moderatamente addensata	25	5.85	46.42	83.81
T.G.C. Cineriti di colore grigio scuro molto addensate, con scorie nerastre	88	9.45	68.78	100

Angolo di resistenza al taglio (ϕ)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway
Sabbia debolmente limosa poco addensata	5	2.95	5	28.43	30.54	<30	28.5
Sabbia con limo debolmente argillosa, moderatamente addensata	25	5.85	25	34.14	30.63	30-32	34.5
T.G.C. Cineriti di colore grigio scuro molto addensate, con scorie nerastre	88	9.45	88	52.14	31.25	>38	53.4

Peso unità di volume (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia debolmente limosa poco addensata	5	2.95	5	1.41
Sabbia con limo debolmente argillosa, moderatamente addensata	25	5.85	25	1.65
T.G.C. Cineriti di colore grigio scuro molto addensate, con scorie nerastre	88	9.45	88	1.97

Peso unità di volume saturo (t/m³)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi-Peck 1948
Sabbia debolmente limosa poco addensata	5	2.95	5	1.88
Sabbia con limo debolmente argillosa, moderatamente addensata	25	5.85	25	2.03
T.G.C. Cineriti di colore grigio scuro molto addensate, con scorie nerastre	88	9.45	88	2.22

Modulo di Young (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	Bowles (1982) Sabbia Media
Sabbia debolmente limosa poco addensata	5	2.95	5	---	40.00	---	---
Sabbia con limo debolmente argillosa, moderatamente addensata	25	5.85	25	356.89	200.00	295.70	200.00
T.G.C. Cineriti di colore grigio scuro molto addensate, con scorie nerastre	88	9.45	88	669.59	704.00	1039.10	515.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Litologia	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Sabbia debolmente limosa poco addensata	5	2.95	5	---	37.73	35.50	60.30
Sabbia con limo debolmente argillosa, moderatamente addensata	25	5.85	25	150.00	78.82	177.50	149.50
T.G.C. Cineriti di colore grigio scuro molto addensate, con scorie nerastre	88	9.45	88	528.00	208.22	624.80	430.48

Cassette catalogatrici

Cassetta n° 1 – profondità da 0,00 m a 5,00 m

Cassetta n° 2 – profondità da 5,00 m a 10,00 m

Cassetta n° 3 – profondità da 10,00 m a 15,00 m

Cassetta n° 4 – profondità da 15,00 m a 20,00 m

Cassetta n° 5 – profondità da 20,00 m a 25,00 m

Cassetta n° 6 – profondità da 25,00 m a 30,00 m

Cassetta n° 7 – profondità da 30,00 m a 35,00 m

Cassetta n° 8 – profondità da 35,00 m a 40,00 m

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Cassetta n° 9 – profondità da 40,00 m a 45,00 m

Cassetta n°10 – profondità da 45,00 m a 50,00 m

Cassetta n°11 – profondità da 50,00 m a 55,00 m

Cassetta n°12 – profondità da 55,00 m a 60,00 m

3.2. ELABORATO PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

RIEPILOGO DEI RISULTATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	5.25 %
Limo (0.002<p<0.06 mm)	34.15 %
Sabbia (0.06<p<2 mm)	52.66 %
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	7.94 %
Ciottoli (>60 mm)	0.00 %
CLASSIFICA:	**Sabbia con limo deb. ghiaiosa e argillosa**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	γ_s = 25.91 kN/m³
Contenuto d'acqua	w = 0.199
Peso di volume naturale	γ = 14.09 kN/m³
Peso di volume secco	γ_d = 11.75 kN/m³
Porosità	n = 0.547
Indice di porosità	e = 1.205
Grado di saturazione	Sr = 0.428

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	w_L =	n.d.
Limite di plasticità	w_P =	n.d.
Indice di plasticità	I_P =	n.d.
Indice di consistenza	I_C =	n.d.

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)		
Coesione efficace c'=	19 kPa	
Angolo di attrito efficace φ'=	38°	47'
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.	
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.	

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa		
Modulo Edometrico	M=	5.0 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa		
Modulo Edometrico	M=	8.1 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa		
Modulo Edometrico	M=	13.1 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa		
Modulo Edometrico	M=	20.5 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 1176 e 2451 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace c'=	n.d.
Angolo di attrito efficace φ'=	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale c_u=	n.d.
Angolo di attrito totale φ_u=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace c'=	n.d.
Angolo di attrito efficace φ'=	n.d.
Coesione totale c=	n.d.
Angolo di attrito totale φ=	n.d.

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	k=	n.d.	cm/s

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	σ_{1r}=	n.d

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

RIEPILOGO DEI RISULTATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	8.29 %
Limo (0.002<p<0.06 mm)	32.12 %
Sabbia (0.06<p<2 mm)	55.82 %
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	3.78 %
Ciottoli (>60 mm)	0.00 %
CLASSIFICA:	**Sabbia limosa debolmente argillosa**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	γ_s = 25.92 kN/m³
Contenuto d'acqua	w = 0.269
Peso di volume naturale	γ = 13.72 kN/m³
Peso di volume secco	γ_d= 10.81 kN/m³
Porosità	n = 0.583
Indice di porosità	e = 1.397
Grado di saturazione	Sr = 0.499

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	w_L =	n.d.
Limite di plasticità	w_P =	n.d.
Indice di plasticità	I_P =	n.d.
Indice di consistenza	I_C =	n.d.

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)		
Coesione efficace c'=	23 kPa	
Angolo di attrito efficace φ'=	37°	14'
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.	
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.	

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa		
Modulo Edometrico	M=	3.2 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa		
Modulo Edometrico	M=	4.9 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa		
Modulo Edometrico	M=	7.8 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa		
Modulo Edometrico	M=	11.8 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 1176 e 2451 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'**=	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'**=	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale c_u=	n.d
Angolo di attrito totale φ_u=	n.d

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'**=	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'**=	n.d.
Coesione totale **c**=	n.d.
Angolo di attrito totale **φ**=	n.d.

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	σ_{1r}=	n.d

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	k=	n.d.	cm/s

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

RIEPILOGO DEI RISULTATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	10.76 %
Limo (0.002<p<0.06 mm)	56.50 %
Sabbia (0.06<p<2 mm)	32.74 %
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	0.00 %
Ciottoli (>60 mm)	0.00 %
CLASSIFICA:	Limo con sabbia argilloso
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	γ_s = 26.01 kN/m³
Contenuto d'acqua	w = 0.560
Peso di volume naturale	γ = 12.37 kN/m³
Peso di volume secco	γ_d = 7.93 kN/m³
Porosità	n = 0.695
Indice di porosità	e = 2.283
Grado di saturazione	Sr = 0.639

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	w_L =	n.d.
Limite di plasticità	w_P =	n.d.
Indice di plasticità	I_P =	n.d.
Indice di consistenza	I_C =	n.d.

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)		
Coesione efficace c'=	22 kPa	
Angolo di attrito efficace φ'=	34°	18'
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.	
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.	

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa		
Modulo Edometrico	M=	20.4 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa		
Modulo Edometrico	M=	9.6 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa		
Modulo Edometrico	M=	7.7 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa		
Modulo Edometrico	M=	6.4 MPa
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 1176 e 2451 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace c'=	n.d.
Angolo di attrito efficace φ'=	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale c_u=	n.d.
Angolo di attrito totale φ_u=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace c'=	n.d.
Angolo di attrito efficace φ'=	n.d.
Coesione totale c=	n.d.
Angolo di attrito totale φ=	n.d.

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	k=	n.d.	cm/s

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	σ_{1r}=	n.d

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S04** Campione: **C1** Profondità (m): **9.00:9.20**

RIEPILOGO DEI RISULTATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	6.22 %
Limo (0.002<p<0.06 mm)	33.83 %
Sabbia (0.06<p<2 mm)	52.17 %
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	7.78 %
Ciottoli (>60 mm)	0.00 %
CLASSIFICA:	**Sabbia con limo deb. ghiaiosa e argillosa**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	γ_s = 26.00 kN/m³
Contenuto d'acqua	w = 0.154
Peso di volume naturale	γ = 12.28 kN/m³
Peso di volume secco	γ_d= 10.65 kN/m³
Porosità	n = 0.591
Indice di porosità	e = 1.443
Grado di saturazione	Sr = 0.277

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	w_L =	n.d.
Limite di plasticità	w_P =	n.d.
Indice di plasticità	I_P =	n.d.
Indice di consistenza	I_C =	n.d.

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)	
Coesione efficace c'=	n.d.
Angolo di attrito efficace φ'=	n.d.
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 1176 e 2451 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale c_u=	n.d.
Angolo di attrito totale φ_u=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'=**	n.d.
Coesione totale **c=**	n.d.
Angolo di attrito totale **φ=**	n.d.

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	σ_{1f}=	n.d

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	k=	n.d.	cm/s

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

RIEPILOGO DEI RISULTATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	**11.31 %**
Limo (0.002<p<0.06 mm)	**36.01 %**
Sabbia (0.06<p<2 mm)	**51.62 %**
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	**1.06 %**
Ciottoli (>60 mm)	**0.00 %**
CLASSIFICA:	**Sabbia con limo argillosa**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	**γ_s = 26.10 kN/m³**
Contenuto d'acqua	**w = 0.210**
Peso di volume naturale	**γ = 16.37 kN/m³**
Peso di volume secco	**γ_d= 13.53 kN/m³**
Porosità	**n = 0.482**
Indice di porosità	**e = 0.929**
Grado di saturazione	**Sr = 0.590**

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	w_L =	**n.d.**
Limite di plasticità	w_P =	**n.d.**
Indice di plasticità	I_P =	**n.d.**
Indice di consistenza	I_C =	**n.d.**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)	
Coesione efficace c'=	**n.d.**
Angolo di attrito efficace φ'=	**n.d.**
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa		
Modulo Edometrico	**M=**	**5.4 MPa**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa		
Modulo Edometrico	**M=**	**6.8 MPa**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa		
Modulo Edometrico	**M=**	**10.5 MPa**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa		
Modulo Edometrico	**M=**	**14.9 MPa**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.
Intervallo di carico tra 1176 e 2451 kPa		
Modulo Edometrico	**M=**	**n.d.**
Coeff. di consolidazione	**Cv=**	n.d.
Permeabilità	**k=**	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)		
Coesione efficace **c'=**	**12 kPa**	
Angolo di attrito efficace **φ'=**	**28°**	**58'**

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale **c_u=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ_u=**	**n.d.**

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	**n.d.**
Angolo di attrito efficace **φ'=**	**n.d.**
Coesione totale **c=**	**n.d.**
Angolo di attrito totale **φ=**	**n.d.**

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	σ_{1f}=	n.d

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	**k=**	n.d.	**cm/s**

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE. IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

RIEPILOGO DEI RISULTATI

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (UNI EN ISO 17892-4)	
Argilla (<0.002 mm)	8.60 %
Limo (0.002<p<0.06 mm)	37.91 %
Sabbia (0.06<p<2 mm)	52.01 %
Ghiaia (2mm<p<60 mm)	1.48 %
Ciottoli (>60 mm)	0.00 %
CLASSIFICA:	**Sabbia con limo debolmente argillosa**
Passante ASTM 200:	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI	
Peso specifico dei grani	γ_s = 26.02 kN/m³
Contenuto d'acqua	w = 0.556
Peso di volume naturale	γ = 15.03 kN/m³
Peso di volume secco	γ_d= 9.66 kN/m³
Porosità	n = 0.629
Indice di porosità	e = 1.692
Grado di saturazione	Sr = 0.854

LIMITI DI ATTERBERG (A.S.T.M. D4318-10)		
Limite di liquidità	w_L =	n.d.
Limite di plasticità	w_P =	n.d.
Indice di plasticità	I_P =	n.d.
Indice di consistenza	I_C =	n.d.

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (UNI CEN ISO/TS17892-10)	
Coesione efficace c'=	n.d.
Angolo di attrito efficace φ'=	n.d.
Coesione efficace res.c_r'=	n.d.
Angolo di attrito residuo φ_r'=	n.d.

PROVA EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5)		
Intervallo di carico tra 78 e 147 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 147 e 294 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 294 e 588 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 588 e 1176 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.
Intervallo di carico tra 1176 e 2451 kPa		
Modulo Edometrico	M=	n.d.
Coeff. di consolidazione	Cv=	n.d.
Permeabilità	k=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CID (UNI CEN ISO/TS17892-9)		
Coesione efficace **c'=**	9 kPa	
Angolo di attrito efficace **φ'=**	28°	59'

PROVA TRIASSIALE UU (UNI CEN ISO/TS17892-8)	
Coesione totale c_u=	n.d.
Angolo di attrito totale φ_u=	n.d.

PROVA TRIASSIALE CIU (UNI CEN ISO/TS17892-9)	
Coesione efficace **c'=**	n.d.
Angolo di attrito efficace **φ'=**	n.d.
Coesione totale **c=**	n.d.
Angolo di attrito totale **φ=**	n.d.

PROVA UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7)		
Tensione a rottura	σ_{1r}=	n.d

PROVA DI PERM. DIRETTA (UNI CEI ISO/TS 17892/11)			
In permeametro		n.d.	
In cella edometrica		n.d.	
In cella triassiale	k=	n.d.	cm/s

N.B.: LA PRESENTE TABELLA NON FA PARTE DEI CERTIFICATI DI PROVA, MA RAPPRESENTA UNA SINTESI DEI DATI ED UNA LORO POSSIBILE INTERPRETAZIONE.
IL LABORATORIO NON SI ASSUME RESPONSABILITA' CIRCA ERRONEA ELABORAZIONE DEI RISULTATI PRESENTATI, DI SPECIFICA RESPONSABILITA' DEL TECNICO INCARICATO DELL'INTERPRETAZIONE DEGLI STESSI

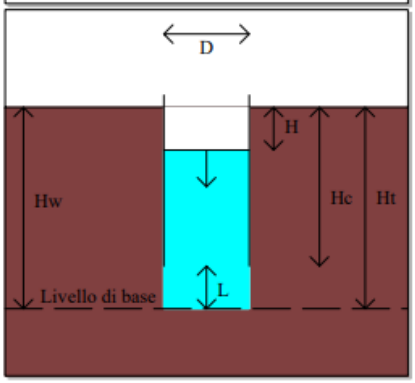
3.3. ELABORATO PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC A CARICO VARIABILE

Prova Lefranc S05DH-1

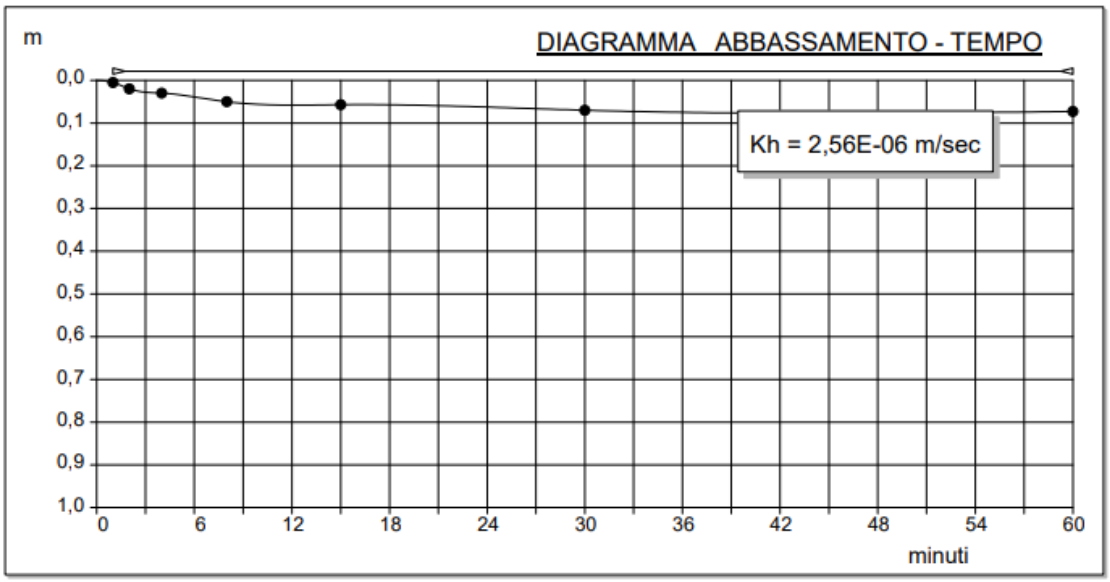
PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	
Riferimento: Indagini geognostiche	Prova: 1
Località: Comune di Sant'Agnello	Data: 23/06/2021
Sondaggio: S05DH	Orario prova: 10:30

Prova eseguita in abbassamento	
Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	5,00
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	0,01
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,870
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	1,50
Profondità del foro [Ht] (m)	5,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	3,50
Coefficiente di forma	3,50



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0	4,99	0,00					
1	4,99	0,01	2,84E-06				
2	4,97	0,02	8,53E-06				
4	4,96	0,03	2,85E-06				
8	4,94	0,05	2,86E-06				
15	4,93	0,06	5,73E-07				
30	4,92	0,07	4,98E-07				
60	4,92	0,07	5,76E-08				

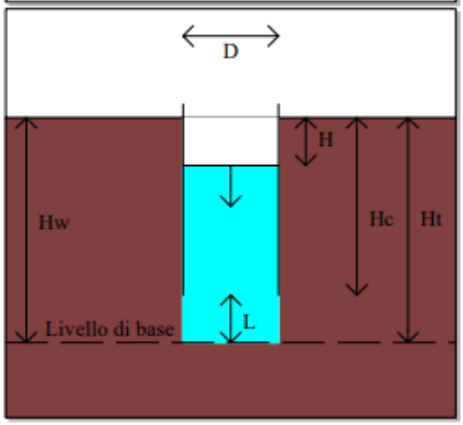


Prova Lefranc S05DH-2

PROVA LEFRANC A CARICO VARIABILE

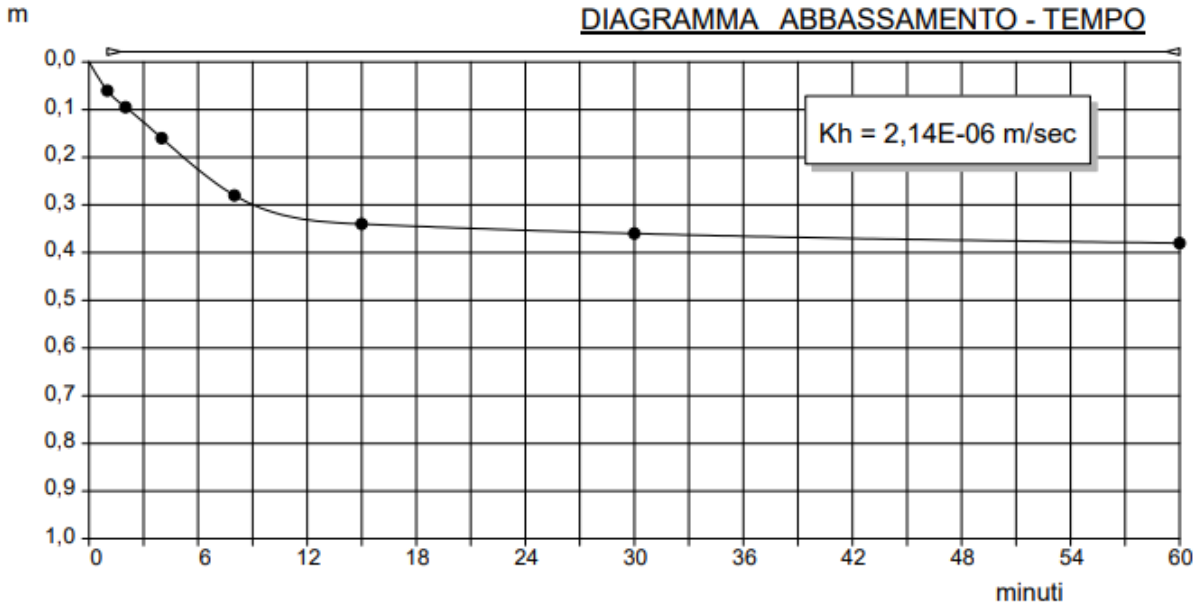
Committente:	ASL NAPOLI 3 SUD		
Riferimento:	Indagini geognostiche	Prova:	2
Località:	Comune di Sant'Agnello	Data:	23/06/2021
Sondaggio:	S05DH	Orario prova:	14:00

Prova eseguita in abbassamento	
Livello di base dell'acqua [Hw] (m)	10,00
Livello dell'acqua dal p.c. [H] (m)	0,01
Diametro del tratto di prova [D] (m)	0,870
Profondità del rivestimento [Hc] (m)	1,50
Profondità del foro [Ht] (m)	10,00
Spessore del tratto di prova [L] (m)	8,50
Coefficiente di forma	8,50



T min	H m	dH m	k m/sec	T min	H m	dH m	k m/sec
0	9,99	0,00					
1	9,93	0,06	7,02E-06				
2	9,90	0,10	4,12E-06				
4	9,83	0,16	3,84E-06				
8	9,71	0,28	3,58E-06				
15	9,65	0,34	1,03E-06				
30	9,63	0,36	1,61E-07				
60	9,61	0,38	8,08E-08				

DIAGRAMMA ABBASSAMENTO - TEMPO



G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

3.4. ELABORATO PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DPSH)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

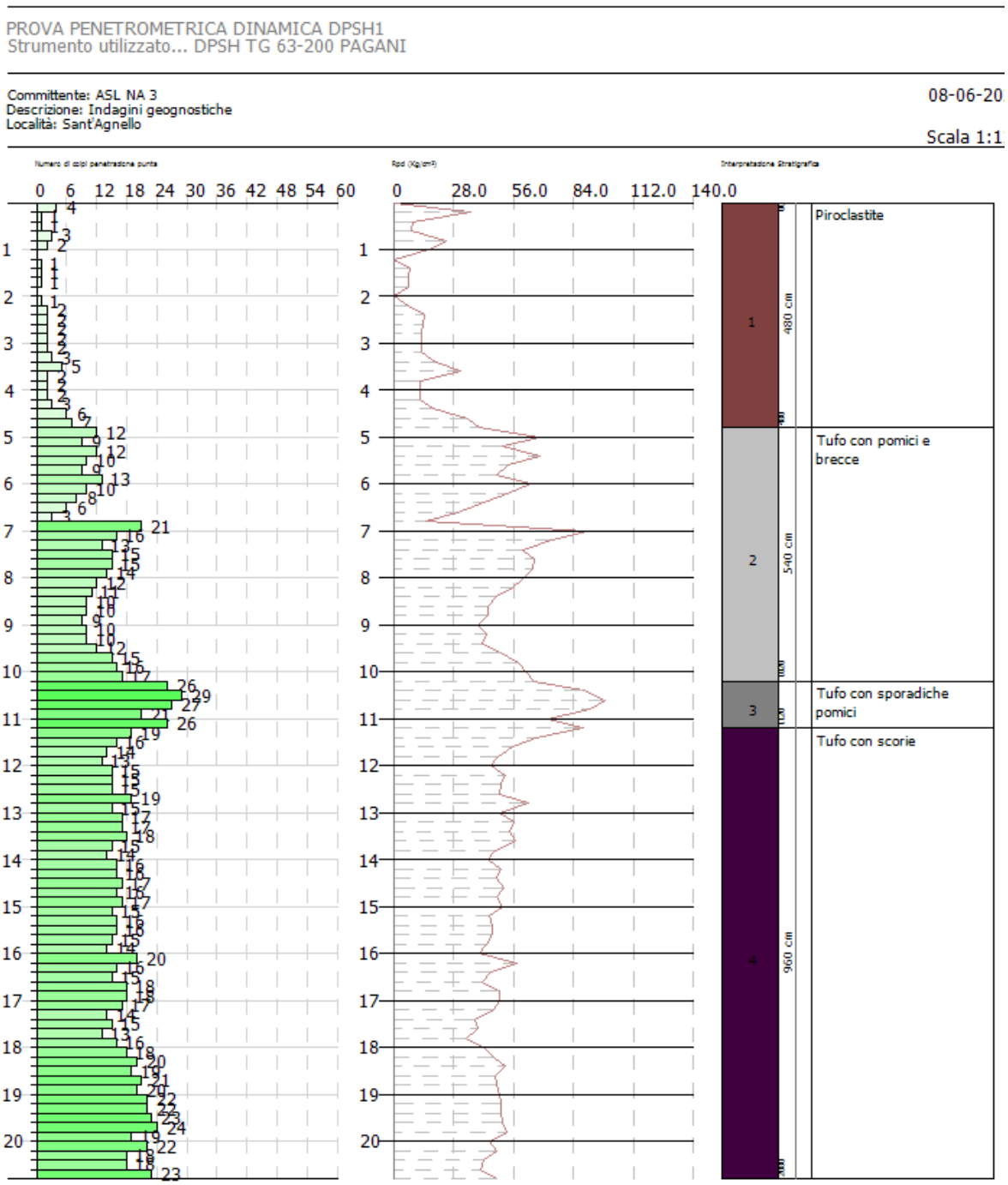
Committente: ASL NA 3 Descrizione: Indagini geognostiche Località: Sant'Agnello	

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato: DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 08-06-2021
Profondità prova 20.80 mt
Quota 63.00 m.s.l.m.
Falda non rilevata



G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Figura 6 – Postazione DPSH1

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	4	0.855	35.92	42.03	3.59	4.20
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.89	1.05
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.82	0.96
0.80	3	0.843	24.40	28.93	2.44	2.89
1.00	2	0.840	16.20	19.29	1.62	1.93
1.20	0	0.836	0.00	0.00	0.00	0.00
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.80	0.96
1.60	1	0.830	7.39	8.91	0.74	0.89
1.80	1	0.826	7.36	8.91	0.74	0.89
2.00	0	0.823	0.00	0.00	0.00	0.00
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.73	0.89
2.40	2	0.817	14.56	17.82	1.46	1.78
2.60	2	0.814	13.49	16.56	1.35	1.66
2.80	2	0.811	13.44	16.56	1.34	1.66
3.00	2	0.809	13.39	16.56	1.34	1.66
3.20	2	0.806	13.35	16.56	1.34	1.66
3.40	3	0.803	19.96	24.85	2.00	2.48
3.60	5	0.801	30.98	38.68	3.10	3.87
3.80	2	0.798	12.35	15.47	1.24	1.55

4.00	2	0.796	12.32	15.47	1.23	1.55
4.20	2	0.794	12.28	15.47	1.23	1.55
4.40	3	0.791	18.37	23.21	1.84	2.32
4.60	6	0.789	34.36	43.54	3.44	4.35
4.80	7	0.787	39.98	50.80	4.00	5.08
5.00	12	0.785	68.36	87.08	6.84	8.71
5.20	9	0.783	51.14	65.31	5.11	6.53
5.40	12	0.781	68.02	87.08	6.80	8.71
5.60	10	0.779	53.25	68.34	5.32	6.83
5.80	9	0.777	47.81	61.51	4.78	6.15
6.00	13	0.725	64.45	88.84	6.45	8.88
6.20	10	0.774	52.88	68.34	5.29	6.83
6.40	8	0.772	42.21	54.67	4.22	5.47
6.60	6	0.770	29.85	38.75	2.98	3.87
6.80	3	0.769	14.89	19.37	1.49	1.94
7.00	21	0.667	90.48	135.61	9.05	13.56
7.20	16	0.716	73.94	103.33	7.39	10.33
7.40	13	0.714	59.95	83.95	6.00	8.40
7.60	15	0.713	65.44	91.81	6.54	9.18
7.80	15	0.711	65.31	91.81	6.53	9.18
8.00	14	0.710	60.83	85.69	6.08	8.57
8.20	12	0.759	55.72	73.45	5.57	7.35
8.40	11	0.757	50.99	67.33	5.10	6.73
8.60	10	0.756	43.98	58.17	4.40	5.82
8.80	10	0.755	43.90	58.17	4.39	5.82
9.00	9	0.753	39.45	52.36	3.94	5.24
9.20	10	0.752	43.76	58.17	4.38	5.82
9.40	10	0.751	43.69	58.17	4.37	5.82
9.60	12	0.750	49.88	66.51	4.99	6.65
9.80	15	0.699	58.10	83.14	5.81	8.31
10.00	16	0.698	61.87	88.68	6.19	8.87
10.20	17	0.697	65.63	94.22	6.56	9.42
10.40	26	0.646	93.02	144.10	9.30	14.41
10.60	29	0.644	98.91	153.48	9.89	15.35
10.80	27	0.643	91.94	142.89	9.19	14.29
11.00	21	0.642	71.39	111.14	7.14	11.11
11.20	26	0.641	88.24	137.60	8.82	13.76
11.40	19	0.690	69.41	100.55	6.94	10.06
11.60	16	0.689	55.84	81.02	5.58	8.10
11.80	14	0.688	48.79	70.89	4.88	7.09
12.00	13	0.687	45.24	65.83	4.52	6.58
12.20	15	0.686	52.12	75.96	5.21	7.60
12.40	15	0.685	52.04	75.96	5.20	7.60
12.60	15	0.684	49.82	72.81	4.98	7.28
12.80	19	0.683	63.01	92.23	6.30	9.22
13.00	15	0.682	49.67	72.81	4.97	7.28
13.20	17	0.681	56.20	82.52	5.62	8.25
13.40	17	0.680	56.12	82.52	5.61	8.25
13.60	18	0.679	56.97	83.90	5.70	8.39
13.80	15	0.678	47.40	69.92	4.74	6.99
14.00	14	0.677	44.17	65.26	4.42	6.53
14.20	16	0.676	50.40	74.58	5.04	7.46
14.40	16	0.675	50.31	74.58	5.03	7.46
14.60	17	0.673	51.33	76.21	5.13	7.62

14.80	16	0.672	48.23	71.73	4.82	7.17
15.00	17	0.671	51.15	76.21	5.12	7.62
15.20	15	0.670	45.05	67.25	4.51	6.72
15.40	16	0.669	47.97	71.73	4.80	7.17
15.60	16	0.667	46.12	69.09	4.61	6.91
15.80	15	0.666	43.15	64.77	4.32	6.48
16.00	14	0.665	40.19	60.45	4.02	6.05
16.20	20	0.664	57.30	86.36	5.73	8.64
16.40	16	0.662	45.75	69.09	4.57	6.91
16.60	15	0.661	41.28	62.47	4.13	6.25
16.80	18	0.659	49.43	74.97	4.94	7.50
17.00	18	0.658	49.31	74.97	4.93	7.50
17.20	17	0.656	46.47	70.80	4.65	7.08
17.40	14	0.655	38.18	58.31	3.82	5.83
17.60	15	0.653	39.40	60.33	3.94	6.03
17.80	13	0.651	34.06	52.29	3.41	5.23
18.00	16	0.650	41.81	64.35	4.18	6.44
18.20	18	0.648	46.91	72.40	4.69	7.24
18.40	20	0.646	51.98	80.44	5.20	8.04
18.60	19	0.644	47.61	73.89	4.76	7.39
18.80	21	0.592	48.38	81.66	4.84	8.17
19.00	20	0.641	49.81	77.77	4.98	7.78
19.20	22	0.588	50.35	85.55	5.03	8.56
19.40	22	0.586	50.17	85.55	5.02	8.56
19.60	23	0.584	50.58	86.57	5.06	8.66
19.80	24	0.582	52.58	90.33	5.26	9.03
20.00	19	0.630	45.04	71.51	4.50	7.15
20.20	22	0.578	47.82	82.81	4.78	8.28
20.40	18	0.625	42.35	67.75	4.24	6.78
20.60	18	0.623	40.88	65.64	4.09	6.56
20.80	23	0.570	47.82	83.88	4.78	8.39

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
4.8	2.29	19.1	Incoerente - coesivo	0	1.66	1.86	0.0	1.47	3.37	limo con sabbia argillosa
10.2	11.78	73.7	Incoerente	0	2.09	2.3	0.0	1.47	17.32	Sabbie con pomici e scorie
11.2	25.8	137.84	Incoerente	0	2.19	2.09	0.0	1.47	37.93	Sabbie addensate con sporadiche pomici
20.8	17.31	74.55	Incoerente	0	2.08	2.01	0.0	1.47	25.45	Tufo fratturato con scorie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglera t	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmer tmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannell i	Fletche r (1965) Argilla di Chicago	Housto n (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begem ann	De Beer
[1] – limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	0.21	0.42	0.00	0.14	0.33	0.57	0.31	0.69	0.17	0.03	0.42

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] – limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	Robertson (1983)	6.74

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	15.46	50.55	36.16	42.13

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	18.36	33.70

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	Meyerhof	1.66

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	Meyerhof	1.86

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	19.76	46.08	0	16.36
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	54.71	100	0	47.03
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	76.52	100	0	70.69
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	64.94	100	0	58.5

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	27.96	20.96	∞	30.97	<30	28.01	29.61	23.21
[2] - Sabbie con	17.32	10.20	17.32	31.95	24.95	∞	36.24	30-32	32.2	43.9	33.61

pomici e scorie											
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	37.84	30.84	∞	41.16	35-38	38.38	50.74	42.54
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	34.27	27.27	∞	38.59	32-35	34.64	47.26	37.56

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	---	26.96	---	---	---
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	297.06	138.56	205.08	309.90	161.60
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	439.60	303.44	448.27	464.48	264.65
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	360.09	203.60	301.01	370.88	202.25

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	---	34.39	23.93	53.03
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	103.92	63.04	122.97	115.25
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	227.58	105.37	269.30	207.17

[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	152.70	79.74	180.70	151.51

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	Terzaghi-Peck 1948	1.39
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	Terzaghi-Peck 1948	1.57
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	Terzaghi-Peck 1948	1.77
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	Terzaghi-Peck 1948	1.65

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	Terzaghi-Peck 1948	1.97
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	Terzaghi-Peck 1948	2.10
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	Terzaghi-Peck 1948	2.03

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	(A.G.I.)	0.35
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	(A.G.I.)	0.32
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	(A.G.I.)	0.28
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	(A.G.I.)	0.3

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	203.65	262.60
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	948.74	713.94
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	1982.24	1152.57
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	1362.26	903.20

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	Ohta & Goto (1978) Limi	99.95
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	Ohta & Goto (1978) Limi	165.3
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	Ohta & Goto (1978) Limi	202.75
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	Ohta & Goto (1978) Limi	204.5

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93	Seed e Idriss (1971)	--

[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

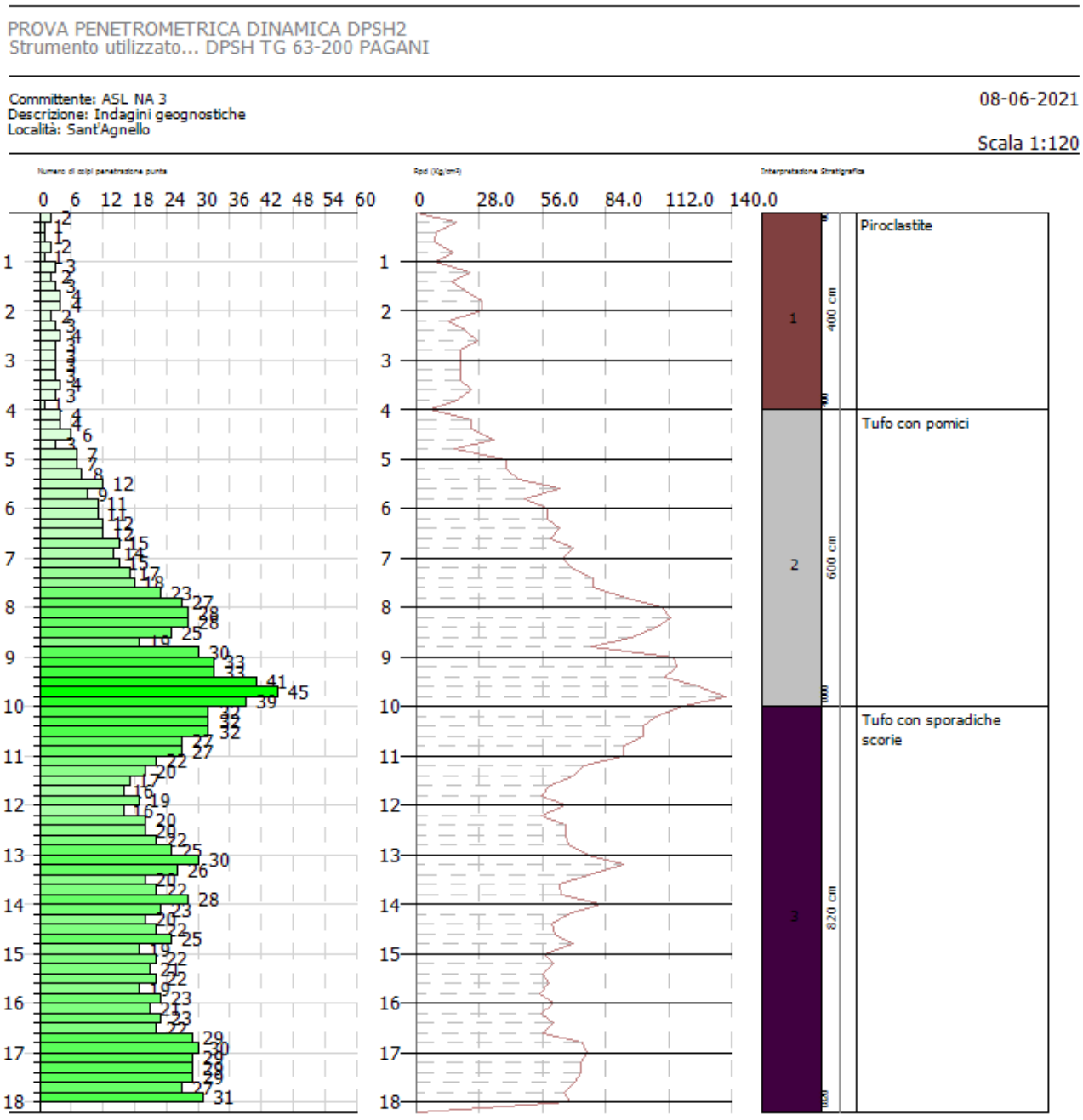
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37		---
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32		---
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93		---
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - limo con sabbia argillosa	3.37	4.80	3.37		---
[2] - Sabbie con pomici e scorie	17.32	10.20	17.32		---
[3] - Sabbie addensate con sporadiche pomici	37.93	11.20	37.93		---
[4] - Tufo fratturato con scorie	25.45	20.80	25.45		---

PROVA DPSH2

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 08-06-2021
Profondità prova 18.20 mt
Quota 63.00 m.s.l.m.
Falda non rilevata



G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Figura 7 – Postazione DPSH2

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	2	0.855	17.96	21.01	1.80	2.10
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.89	1.05
0.60	1	0.847	8.17	9.64	0.82	0.96
0.80	2	0.843	16.27	19.29	1.63	1.93
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.81	0.96
1.20	3	0.836	24.19	28.93	2.42	2.89
1.40	2	0.833	16.06	19.29	1.61	1.93
1.60	3	0.830	22.18	26.73	2.22	2.67
1.80	4	0.826	29.45	35.64	2.95	3.56
2.00	4	0.823	29.34	35.64	2.93	3.56
2.20	2	0.820	14.62	17.82	1.46	1.78
2.40	3	0.817	21.84	26.73	2.18	2.67
2.60	4	0.814	26.97	33.13	2.70	3.31
2.80	3	0.811	20.16	24.85	2.02	2.48
3.00	3	0.809	20.09	24.85	2.01	2.48
3.20	3	0.806	20.03	24.85	2.00	2.48
3.40	3	0.803	19.96	24.85	2.00	2.48
3.60	4	0.801	24.78	30.94	2.48	3.09
3.80	3	0.798	18.53	23.21	1.85	2.32
4.00	1	0.796	6.16	7.74	0.62	0.77
4.20	4	0.794	24.56	30.94	2.46	3.09

4.40	4	0.791	24.49	30.94	2.45	3.09
4.60	6	0.789	34.36	43.54	3.44	4.35
4.80	3	0.787	17.14	21.77	1.71	2.18
5.00	7	0.785	39.88	50.80	3.99	5.08
5.20	7	0.783	39.78	50.80	3.98	5.08
5.40	8	0.781	45.34	58.06	4.53	5.81
5.60	12	0.779	63.90	82.01	6.39	8.20
5.80	9	0.777	47.81	61.51	4.78	6.15
6.00	11	0.775	58.30	75.18	5.83	7.52
6.20	11	0.774	58.16	75.18	5.82	7.52
6.40	12	0.772	63.31	82.01	6.33	8.20
6.60	12	0.770	59.70	77.49	5.97	7.75
6.80	15	0.719	69.62	96.87	6.96	9.69
7.00	14	0.717	64.84	90.41	6.48	9.04
7.20	15	0.716	69.32	96.87	6.93	9.69
7.40	17	0.714	78.40	109.78	7.84	10.98
7.60	18	0.713	78.52	110.18	7.85	11.02
7.80	23	0.661	93.10	140.78	9.31	14.08
8.00	27	0.660	109.06	165.26	10.91	16.53
8.20	28	0.659	112.87	171.38	11.29	17.14
8.40	28	0.657	112.64	171.38	11.26	17.14
8.60	25	0.656	95.40	145.43	9.54	14.54
8.80	19	0.705	77.89	110.53	7.79	11.05
9.00	30	0.653	114.05	174.52	11.40	17.45
9.20	33	0.602	115.62	191.97	11.56	19.20
9.40	33	0.601	115.40	191.97	11.54	19.20
9.60	41	0.550	124.97	227.24	12.50	22.72
9.80	45	0.549	136.88	249.41	13.69	24.94
10.00	39	0.548	118.39	216.15	11.84	21.62
10.20	32	0.597	105.81	177.36	10.58	17.74
10.40	32	0.596	105.62	177.36	10.56	17.74
10.60	32	0.594	100.67	169.35	10.07	16.94
10.80	27	0.643	91.94	142.89	9.19	14.29
11.00	27	0.642	91.79	142.89	9.18	14.29
11.20	22	0.641	74.67	116.43	7.47	11.64
11.40	20	0.690	73.06	105.85	7.31	10.58
11.60	17	0.689	59.33	86.09	5.93	8.61
11.80	16	0.688	55.76	81.02	5.58	8.10
12.00	19	0.687	66.12	96.21	6.61	9.62
12.20	16	0.686	55.60	81.02	5.56	8.10
12.40	20	0.685	69.39	101.28	6.94	10.13
12.60	20	0.684	66.42	97.09	6.64	9.71
12.80	22	0.633	67.61	106.79	6.76	10.68
13.00	25	0.632	76.71	121.36	7.67	12.14
13.20	30	0.631	91.90	145.63	9.19	14.56
13.40	26	0.630	79.52	126.21	7.95	12.62
13.60	20	0.679	63.30	93.23	6.33	9.32
13.80	22	0.628	64.39	102.55	6.44	10.26
14.00	28	0.627	81.81	130.52	8.18	13.05
14.20	23	0.626	67.08	107.21	6.71	10.72
14.40	20	0.675	62.89	93.23	6.29	9.32
14.60	22	0.623	61.49	98.63	6.15	9.86
14.80	25	0.622	69.75	112.08	6.97	11.21
15.00	19	0.671	57.17	85.18	5.72	8.52

15.20	22	0.620	61.14	98.63	6.11	9.86
15.40	21	0.619	58.25	94.15	5.83	9.41
15.60	22	0.617	58.66	95.00	5.87	9.50
15.80	19	0.666	54.66	82.05	5.47	8.20
16.00	23	0.615	61.07	99.32	6.11	9.93
16.20	21	0.614	55.64	90.68	5.56	9.07
16.40	23	0.612	60.80	99.32	6.08	9.93
16.60	22	0.611	55.96	91.63	5.60	9.16
16.80	29	0.609	73.59	120.78	7.36	12.08
17.00	30	0.608	75.94	124.95	7.59	12.49
17.20	29	0.606	73.23	120.78	7.32	12.08
17.40	29	0.605	73.04	120.78	7.30	12.08
17.60	29	0.603	70.35	116.64	7.03	11.66
17.80	27	0.601	65.32	108.59	6.53	10.86
18.00	31	0.550	68.55	124.68	6.85	12.47
18.20	0	0.698	0.00	0.00	0.00	0.00

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
4	2.6	22.77	Incoerente - coesivo	0	1.69	1.87	0.0	1.47	3.82	Sabbia limosa deb argillosa
10	18.53	113.35	Incoerente	0	2.13	2.29	0.0	1.47	27.24	Sabbia densa. Tufo con pomici
18.2	23.39	109.4	Incoerente	0	2.17	2.07	0.0	1.47	34.38	Sabbia molto densa. Tufo con sporadiche scorie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] – Piroclastite Sabbia	3.82	4.00	0.24	0.48	0.00	0.16	0.37	0.68	0.35	0.72	0.19	0.20	0.48

limosa deb argillosa													

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	Robertson (1983)	7.64

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	17.53	57.30	40.75	47.75

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	23.53	38.20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	Meyerhof	1.69

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	Meyerhof	1.87

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Velocità onde di taglio

		(m)		(m/s)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00		0

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	22.01	49.06	0	17.62
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	66.84	100	0	60.57
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	73.57	100	0	67.66

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	28.09	21.09	∞	31.17	<30	28.15	30.7	23.74
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	34.78	27.78	∞	39.03	32-35	35.17	47.85	38.34
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	36.82	29.82	∞	40.56	32-35	37.31	49.88	41.22

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbac	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982)

			presenza falda			h (Sabbia ghiaiosa)		Sabbia Media
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	---	30.56	---	---	---
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	372.54	217.92	322.13	384.30	211.20
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	418.53	275.04	406.38	437.85	246.90

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	---	35.31	27.12	55.04
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	163.44	83.42	193.40	159.49
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	206.28	98.08	244.10	191.33

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)

[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	Terzaghi-Peck 1948	1.67
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	Terzaghi-Peck 1948	1.74

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	Terzaghi-Peck 1948	2.04
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	(A.G.I.)	0.35
[2] Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	(A.G.I.)	0.3
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	229.11	283.50
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	1452.14	941.50
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	1807.34	1085.41

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	Ohta & Goto (1978) Limi	98.61

[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	Ohta & Goto (1978) Limi	176.41
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	Ohta & Goto (1978) Limi	210.23

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82		---
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24		---
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] – Piroclastite Sabbia limosa deb argillosa	3.82	4.00	3.82		---
[2] - Sabbia densa. Tufo con pomici	27.24	10.00	27.24		---
[3] - Tufo con sporadiche scorie	34.38	18.20	34.38		---

PROVA DPSH4

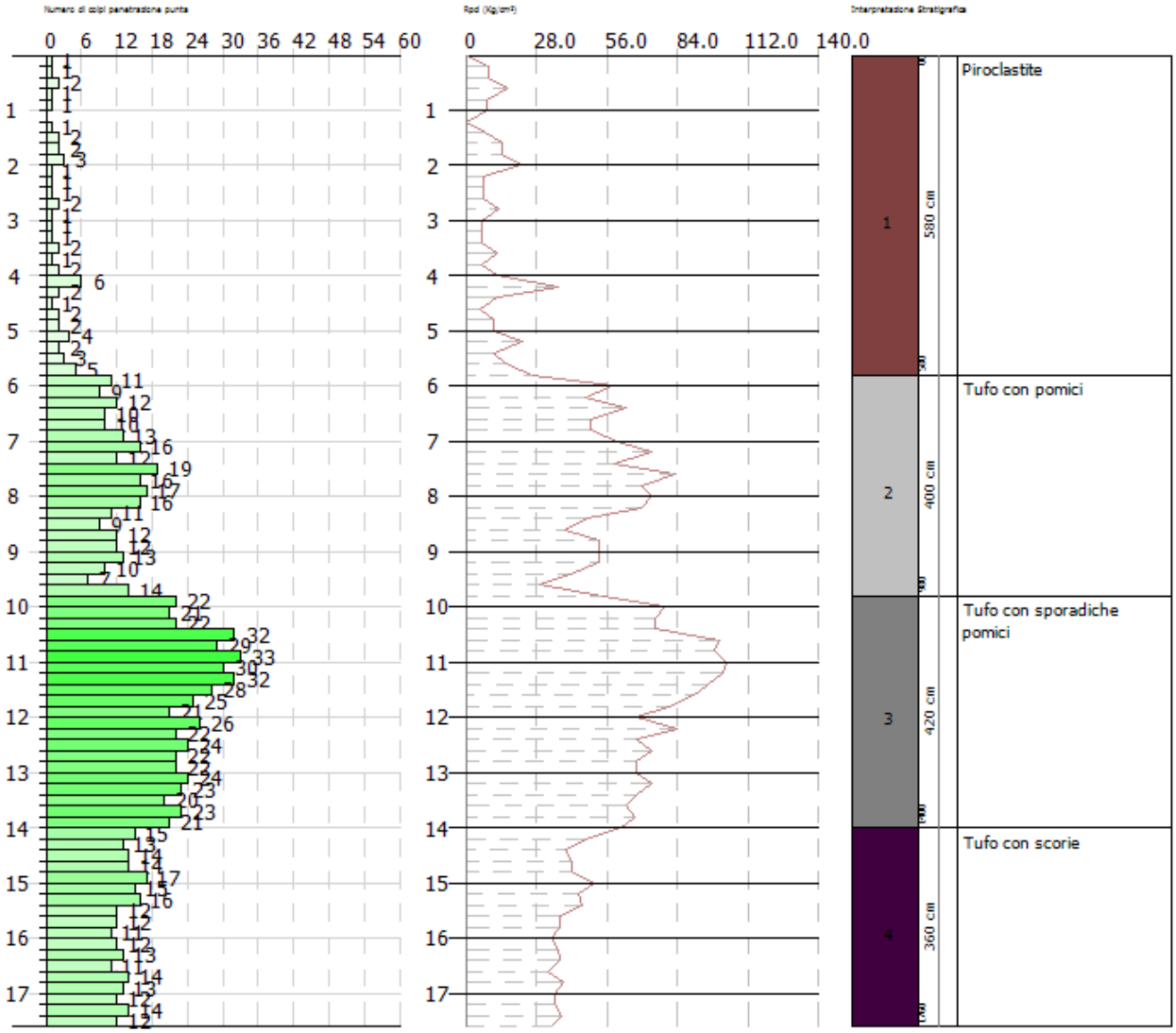
Strumento utilizzato...DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 18-06-2021
Profondità prova 17.60 mt
Quota 64.00 m.s.l.m.
Falda non rilevata

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: ASL NA 3
Descrizione: Indagini geognostiche
Località: Sant'Agnello

18-06-2021

Scala 1:120



G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Figura 8 – Postazione DPSH4

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	8.98	10.51	0.90	1.05
0.40	1	0.851	8.94	10.51	0.89	1.05
0.60	2	0.847	16.34	19.29	1.63	1.93
0.80	1	0.843	8.13	9.64	0.81	0.96
1.00	1	0.840	8.10	9.64	0.81	0.96
1.20	0	0.836	0.00	0.00	0.00	0.00
1.40	1	0.833	8.03	9.64	0.80	0.96
1.60	2	0.830	14.78	17.82	1.48	1.78
1.80	2	0.826	14.73	17.82	1.47	1.78
2.00	3	0.823	22.01	26.73	2.20	2.67
2.20	1	0.820	7.31	8.91	0.73	0.89
2.40	1	0.817	7.28	8.91	0.73	0.89
2.60	1	0.814	6.74	8.28	0.67	0.83
2.80	2	0.811	13.44	16.56	1.34	1.66
3.00	1	0.809	6.70	8.28	0.67	0.83
3.20	1	0.806	6.68	8.28	0.67	0.83
3.40	1	0.803	6.65	8.28	0.67	0.83
3.60	2	0.801	12.39	15.47	1.24	1.55
3.80	1	0.798	6.18	7.74	0.62	0.77

4.00	2	0.796	12.32	15.47	1.23	1.55
4.20	6	0.794	36.84	46.41	3.68	4.64
4.40	2	0.791	12.24	15.47	1.22	1.55
4.60	1	0.789	5.73	7.26	0.57	0.73
4.80	2	0.787	11.42	14.51	1.14	1.45
5.00	2	0.785	11.39	14.51	1.14	1.45
5.20	4	0.783	22.73	29.03	2.27	2.90
5.40	2	0.781	11.34	14.51	1.13	1.45
5.60	3	0.779	15.97	20.50	1.60	2.05
5.80	5	0.777	26.56	34.17	2.66	3.42
6.00	11	0.775	58.30	75.18	5.83	7.52
6.20	9	0.774	47.59	61.51	4.76	6.15
6.40	12	0.772	63.31	82.01	6.33	8.20
6.60	10	0.770	49.75	64.58	4.97	6.46
6.80	10	0.769	49.64	64.58	4.96	6.46
7.00	13	0.717	60.21	83.95	6.02	8.40
7.20	16	0.716	73.94	103.33	7.39	10.33
7.40	12	0.764	59.22	77.49	5.92	7.75
7.60	19	0.713	82.88	116.30	8.29	11.63
7.80	16	0.711	69.66	97.93	6.97	9.79
8.00	17	0.710	73.87	104.05	7.39	10.41
8.20	16	0.709	69.39	97.93	6.94	9.79
8.40	11	0.757	50.99	67.33	5.10	6.73
8.60	9	0.756	39.58	52.36	3.96	5.24
8.80	12	0.755	52.68	69.81	5.27	6.98
9.00	12	0.753	52.60	69.81	5.26	6.98
9.20	13	0.702	53.11	75.62	5.31	7.56
9.40	10	0.751	43.69	58.17	4.37	5.82
9.60	7	0.750	29.10	38.80	2.91	3.88
9.80	14	0.699	54.22	77.59	5.42	7.76
10.00	22	0.648	78.98	121.93	7.90	12.19
10.20	21	0.647	75.26	116.39	7.53	11.64
10.40	22	0.646	78.71	121.93	7.87	12.19
10.60	32	0.594	100.67	169.35	10.07	16.94
10.80	29	0.643	98.75	153.48	9.87	15.35
11.00	33	0.592	103.45	174.65	10.35	17.46
11.20	30	0.641	101.82	158.77	10.18	15.88
11.40	32	0.590	99.97	169.35	10.00	16.94
11.60	28	0.639	90.64	141.79	9.06	14.18
11.80	25	0.638	80.80	126.60	8.08	12.66
12.00	21	0.637	67.76	106.34	6.78	10.63
12.20	26	0.636	83.76	131.66	8.38	13.17
12.40	22	0.635	70.76	111.41	7.08	11.14
12.60	24	0.634	73.88	116.50	7.39	11.65
12.80	22	0.633	67.61	106.79	6.76	10.68
13.00	22	0.632	67.50	106.79	6.75	10.68
13.20	24	0.631	73.52	116.50	7.35	11.65
13.40	23	0.630	70.34	111.65	7.03	11.16
13.60	20	0.679	63.30	93.23	6.33	9.32
13.80	23	0.628	67.32	107.21	6.73	10.72
14.00	21	0.627	61.36	97.89	6.14	9.79
14.20	15	0.676	47.25	69.92	4.72	6.99
14.40	13	0.675	40.88	60.60	4.09	6.06
14.60	14	0.673	42.27	62.77	4.23	6.28

14.80	14	0.672	42.20	62.77	4.22	6.28
15.00	17	0.671	51.15	76.21	5.12	7.62
15.20	15	0.670	45.05	67.25	4.51	6.72
15.40	16	0.669	47.97	71.73	4.80	7.17
15.60	12	0.717	37.18	51.82	3.72	5.18
15.80	12	0.716	37.11	51.82	3.71	5.18
16.00	11	0.715	33.96	47.50	3.40	4.75
16.20	12	0.714	36.97	51.82	3.70	5.18
16.40	13	0.662	37.17	56.14	3.72	5.61
16.60	11	0.711	32.56	45.81	3.26	4.58
16.80	14	0.659	38.44	58.31	3.84	5.83
17.00	13	0.658	35.62	54.14	3.56	5.41
17.20	12	0.706	35.30	49.98	3.53	5.00
17.40	14	0.655	38.18	58.31	3.82	5.83
17.60	12	0.703	33.94	48.26	3.39	4.83

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
5.8	1.86	14.97	Incoerente - coesivo	0	1.62	1.86	0.0	1.47	2.73	Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa
9.8	12.45	76.92	Incoerente	0	0.0	0.0	0.0	1.47	18.3	T.G.C. Sabbie ghiaiose
14	24.86	126.68	Incoerente	0	2.18	2.08	0.0	1.47	36.54	T.G.C. Sabbie con ghiaia
17.6	13.33	58.06	Incoerente	0	0.0	0.0	0.0	1.47	19.6	T.G.C. Sabbie ghiaiose

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa	2.73	5.80	0.17	0.34	0.00	0.11	0.26	0.45	0.25	0.64	0.14	0.00	0.34

deb argillosa													

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	Robertson (1983)	5.46

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	12.53	40.95	29.64	34.13

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	11.00	27.30

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	Meyerhof	1.62

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	Meyerhof	1.86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986

[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	16.12	41.47	0	14.53
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	56.12	100	0	48.62
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	75.39	100	0	69.53
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	57.91	100	0	50.63

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Meyerhof (1965)	Mitchell & Katti (1981)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	27.78	20.78	30.7	<30	27.82	27.77	22.39
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	32.23	25.23	36.55	30-32	32.49	44.38	34.13
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	37.44	30.44	40.94	32-35	37.96	50.41	42.03
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	32.6	25.6	36.95	30-32	32.88	44.98	34.8

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	---	21.84	---	---	---
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	305.35	146.40	216.64	317.25	166.50
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	431.47	292.32	431.87	454.05	257.70
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	316.01	156.80	231.98	327.00	173.00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)

[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	---	33.07	19.38	50.18
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	109.80	65.05	129.93	119.62
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	219.24	102.52	259.43	200.97
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	117.60	67.72	139.16	125.42

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	Terzaghi-Peck 1948	1.38
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	Terzaghi-Peck 1948	1.58
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	Terzaghi-Peck 1948	1.76
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	Terzaghi-Peck 1948	1.59

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	Terzaghi-Peck 1948	1.86
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	Terzaghi-Peck 1948	1.98
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	Terzaghi-Peck 1948	2.09

[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	Terzaghi-Peck 1948	1.99

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	(A.G.I.)	0.35
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	(A.G.I.)	0.32
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	(A.G.I.)	0.28
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	167.07	230.89
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	999.12	738.36
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	1913.88	1126.58
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	1065.70	769.98

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	Ohta & Goto (1978) Limi	99.96
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	Ohta & Goto (1978) Limi	168.15
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	Ohta & Goto (1978) Limi	205.62
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	Ohta & Goto (1978) Limi	194.99

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3	Seed e Idriss (1971)	--

[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6	Seed e Idriss (1971)	--

Coefficiente spinta a Riposo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73		---
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3		---
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54		---
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6		---

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Piroclastiti-Sabbia limosa deb argillosa	2.73	5.80	2.73		---
[2] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	18.3	9.80	18.3		---
[3] - T.G.C. Sabbie con ghiaia	36.54	14.00	36.54		---
[4] - T.G.C. Sabbie ghiaiose	19.6	17.60	19.6		---

Figura 9 – Postazione DPSH3

Figura 10 – Postazione DPSH4

Figura 11 – Postazione DPSH5

Figura 12 – Postazione DPSH6

Figura 13 – Postazione DPSH7

ALLEGATO 12

regione campania aslnapoli3sud	**ASL Napoli 3 Sud**

RILIEVI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

il Responsabile del Procedimento **Ing. Ciro Visone**	**L'Appaltatore** **G.I.A. Consulting. S.r.l.**

ATTIVITA' DI INDAGINI GEOFISICHE

RELAZIONE TECNICA SULLE ATTIVITA' DI INDAGINE GEOFISICA

CODICE PROGETTO	DATA	REVISIONE	PAGINE
I_ASL_59_21	28/07/2021	01	78

Gruppo di Lavoro

Ph.D. Geol. Salvatore Costabile	Direttore Tecnico
Dott. Geol. Antonio Fontana	Geologo Junior
Dott.ssa Geol. Angela Caccia	Geologo Junior

rev.	descrizione	data	redatto	verificato
1	Emissione	28/07/2021	Geol. Antonio Fontana	Ph.D. Geol. Salvatore Costabile
2				
3				
4				
5				

ORDINE DEI GEOLOGI della Regione Campania – Dr. Geol. Salvatore COSTABILE Albo N° 2727

Sommario

1. INDAGINI GEOFISICHE 3
2. INDAGINE GEOFISICA SISMICA A RIFRAZIONE 6
2.1. Strumentazione utilizzata 8
2.1.1. Sismica a rifrazione SR1 9
2.1.2. Sismica a rifrazione SR2 20
3. INDAGINE GEOFISICA GEOELETTRICA 39
2.2. Proprietà elettriche di rocce e sedimenti 43
2.3. Stendimento elettrodico in configurazione Wenner 45
2.4. Stendimento elettrodico in configurazione Schlumberger 46
2.5. Metodo della caricabilità 48
2.6. Acquisizione dei dati 49
2.6.1. ERT 1 51
2.6.2. ERT 2 53
2.6.3. ERT 3 55
2.7. Metodo delle Depth-Slices 57
3. INDAGINE GEOFISICA DOWN HOLE 60
3.1. Strumentazione utilizzata e tecniche operative 62
3.2. Elaborazione dei dati 64
3.3. DOWNHOLE S05 65
4. INDAGINE GEOFISICA HVSR 71
4.1. Strumentazione utilizzata ed elaborazione dei dati 72
4.1.1. HVSR 1 73
CONCLUSIONI 77

1. INDAGINI GEOFISICHE

In accordo con il piano d'indagini, le prospezioni geofisiche eseguite per la caratterizzazione sismica ed elettrica del sottosuolo, le cui ubicazioni sono riportate in **Fig. 1**, si sono articolate in:

- ✓ n. 2 rilievi di sismica a rifrazione. Gli stendimenti, costituiti da n. 48 geofoni verticali e orizzontali, sono finalizzati alla ricostruzione della sismo-stratigrafia del sottosuolo e alla localizzazione di eventuali cavità.

- ✓ n. 3 prospezioni geoelettriche, in configurazione Wenner-Schlumberger, sfruttando il metodo della resistività e della caricabilità. Gli stendimenti, costituiti da n. 48 elettrodi, sono finalizzati alla ricostruzione dell'elettro-stratigrafia del sottosuolo e alla localizzazione di eventuali cavità.

- ✓ n. 1 rilievo sismico di tipo DownHole fino alla profondità massima di 30 metri dal piano campagna, al fine di ricostruire il modello sismo-stratigrafico in termini di velocità delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S);

- ✓ n. 1 rilievo sismico di tipo passivo HVSR al fine di determinare la frequenza di risonanza del sito.

Le fasi di esecuzione delle indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle norme: ASTM D6429 – 99 (2011) - First Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.

Nelle seguenti tabelle sono riportati i dettagli delle prove sismiche e geoelettriche eseguite:

ID Indagine	Geofoni (nr.)	Frequenza geofono	Profondità sondaggio	Coord. E	Coord. N
DH S05	1	14 Hz	30 m	449.117,00 m	4.498.144,00 m

ID Indagine	Geofoni (nr.)	Distanza Intergeofonica	Frequenza geofoni	Lunghezza Stendimento	Coord. E	Coord. N
SR1	48	2,1 m	10 Hz	100 m	449116,31 m	4498151,87 m
SR2	48	2,1 m	10 Hz	100 m	449101,15 m	4498089,35 m

ID Indagine	Elettrodi (nr.)	Configurazione Elettrodica	Lunghezza Stendimento	Coord. E	Coord. N
ERT 1	48	Wenner-Schlumberger	96 m	449116,91 m	4498158,88 m
ERT 2	48	Wenner-Schlumberger	96 m	449124,54 m	4498145,95 m
ERT 3	48	Wenner-Schlumberger	76,8 m	449091,42 m	4498107,28 m

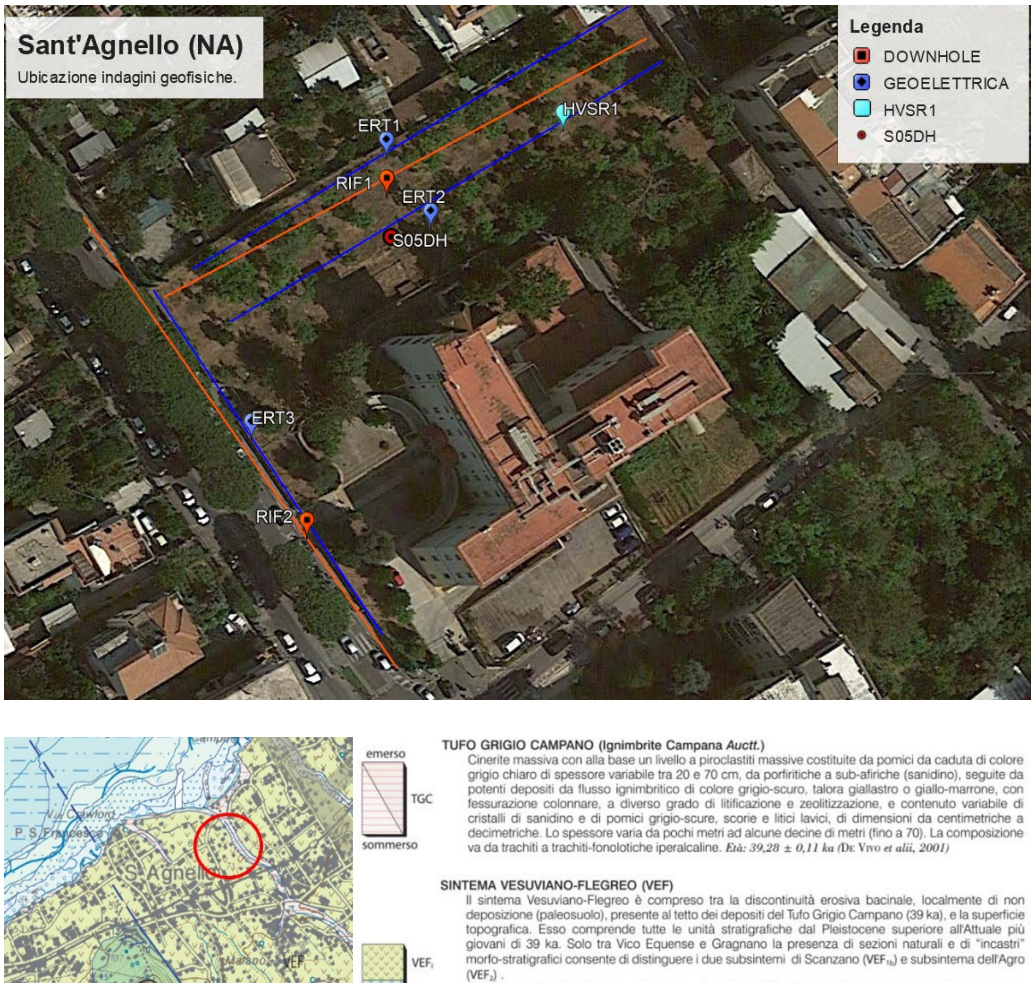


Fig. 1 – Ubicazione delle indagini geofisiche eseguite e dettaglio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 dell'IGM (Foglio Geologico "*Sorrento 466*") dell'area.

2. INDAGINE GEOFISICA SISMICA A RIFRAZIONE

La metodologia della sismica a rifrazione permette la ricostruzione areale delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, la profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo) e la verifica di eventuali discontinuità laterali. Il metodo si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde coniche o bi-rifratte (head wave): le onde analizzate sono quelle bi-rifratte, cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche; il modello interpretativo del mezzo investigato è di tipo elastico, omogeneo, continuo ed isotropo, mentre la profondità totale di indagine è legata alla lunghezza dello stendimento di ricevitori. L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del modello di velocità delle onde P e delle onde S è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- individuazione dei primi arrivi delle onde P ed SH attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione del modello del sottosuolo con calcolo della profondità di ciascun strato omogeneo, continuo ed isotropo tramite approccio di inversione tomografica per ciascun punto di scoppio.

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software *Rayfract* della *Eliosoft*, associato ad altri software autocostruiti.

I rilievi geofisici sono consistiti in n. 2 stendimenti di sismica a rifrazione di lunghezza pari a 100 metri, lungo i quali sono stati disposti e collegati in serie 48 geofoni verticali e orizzontali del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con distanza intergeofonica pari a 2 metri.

Il collegamento dei ricevitori avviene attraverso un cavo telemetrico su cui sono disposti i data loggers in grado di convertire il segnale elettrico proveniente dai geofoni in segnale digitale già dal primo metro di cavo. Il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing.

Per lo stendimento di sismica a rifrazione denominato **SR1** è stata adottata una configurazione a 3 shots, mentre per la rifrazione chiamata **SR2** sono stati eseguiti 7 shots, sia per l'energizzazione in onde P che in onde S, così come mostrato in **Fig. 2**.

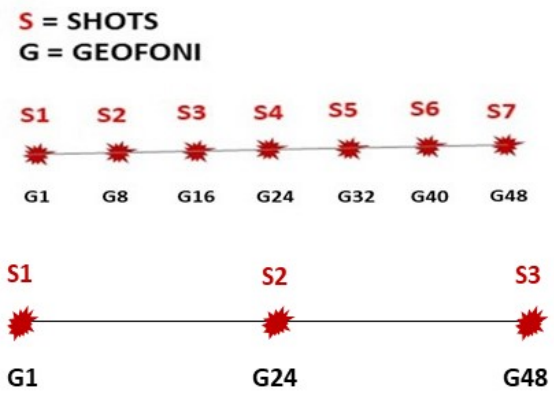


Fig. 2 – Geometria degli stendimenti di sismica a rifrazione con indicati la posizione dei geofoni (G) e degli shots eseguiti (S).

2.1. Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata per la registrazione del segnale (vedi **Fig. 3**) è costituita da:

a) Sismografo digitale MAE X820S a 24 bit 24-96 canali.
b) Cavo sismico MAE con 24 multi coppie per collegamento dei geofoni al sismografo.
c) 48 geofoni AMBROGEO a componente verticale con frequenza di 10 Hz.
d) Geofono verticale trigger completo di cavo e connettore da 4,5 Hz.
e) Mazza battente di 8 Kg per energizzare onde di compressione (onde P) e di taglio (onde SH).
f) Piastra di battuta in alluminio con diametro = 210 mm e spessore = 28 mm.

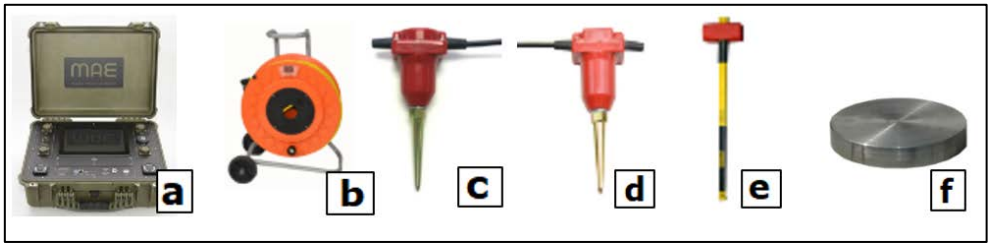


Fig. 3 - Attrezzatura utilizzata per eseguire le indagini sismiche.

2.1.1. Sismica a rifrazione SR1

L'indagine di sismica a rifrazione **SR1** è ubicata nell'area adiacente l'Asl Napoli 3 Sud, sito in Viale dei Pini, come riportato in **Fig. 4**. Per eseguire l'indagine è stato realizzato uno stendimento con lunghezza pari a 100 metri, costituito da 48 geofoni verticali e orizzontali, aventi una distanza intergeofonica pari a 2,1 metri.

Fig. 4 – Ubicazione su Google Earth (a) e stendimento (b) della prova sismica SR1

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del modello di velocità delle onde P e delle onde S è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione del modello del sottosuolo con calcolo della profondità di ciascun strato omogeneo, continuo ed isotropo tramite approccio di inversione tomografica per ciascun punto di energizzazione.

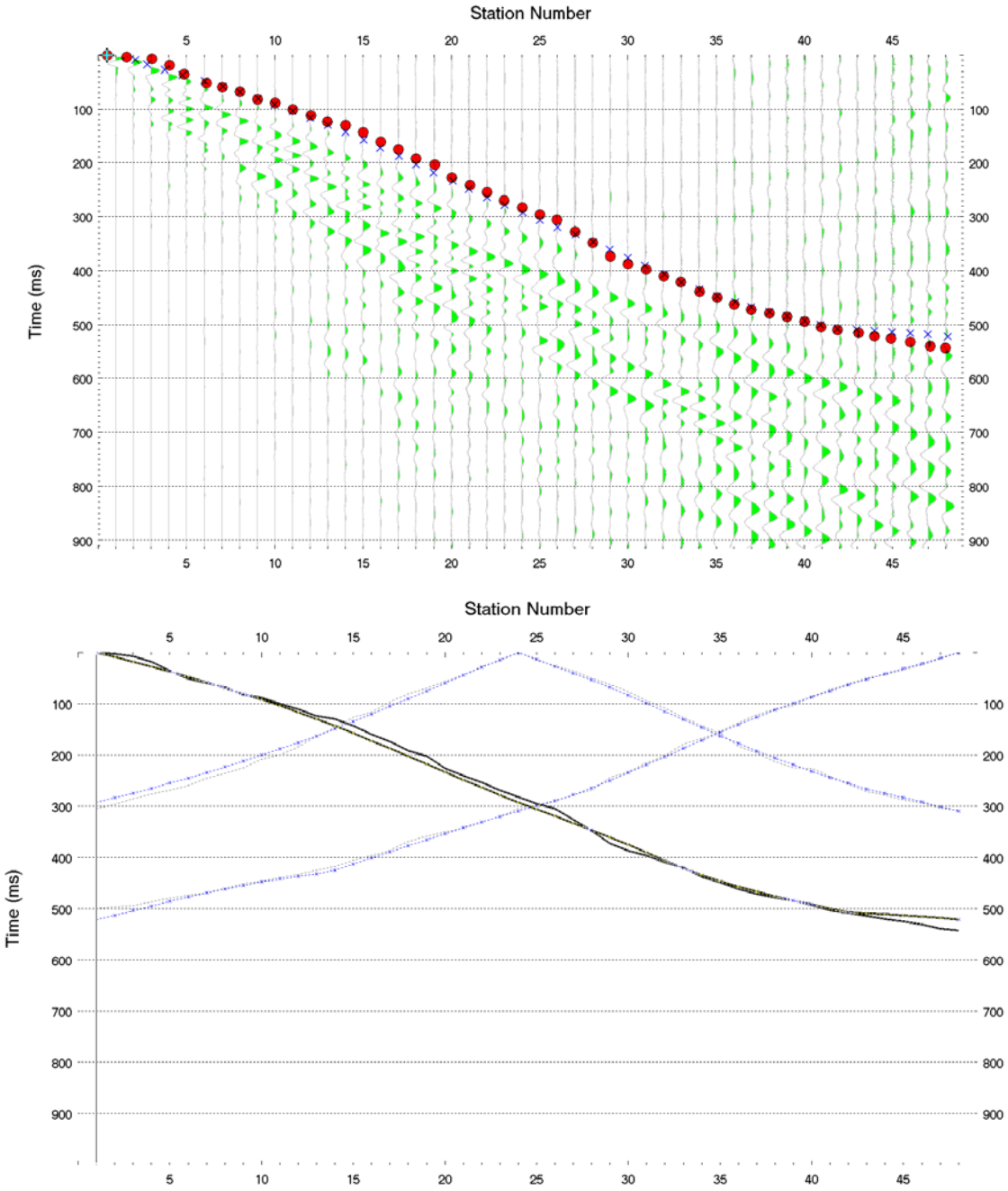
Di seguito si riportano le tomografie sismiche per le onde P e per le onde S.

Tomografia sismica SR1: Onde P

Shot 1

Posizione sorgente X = 0 m

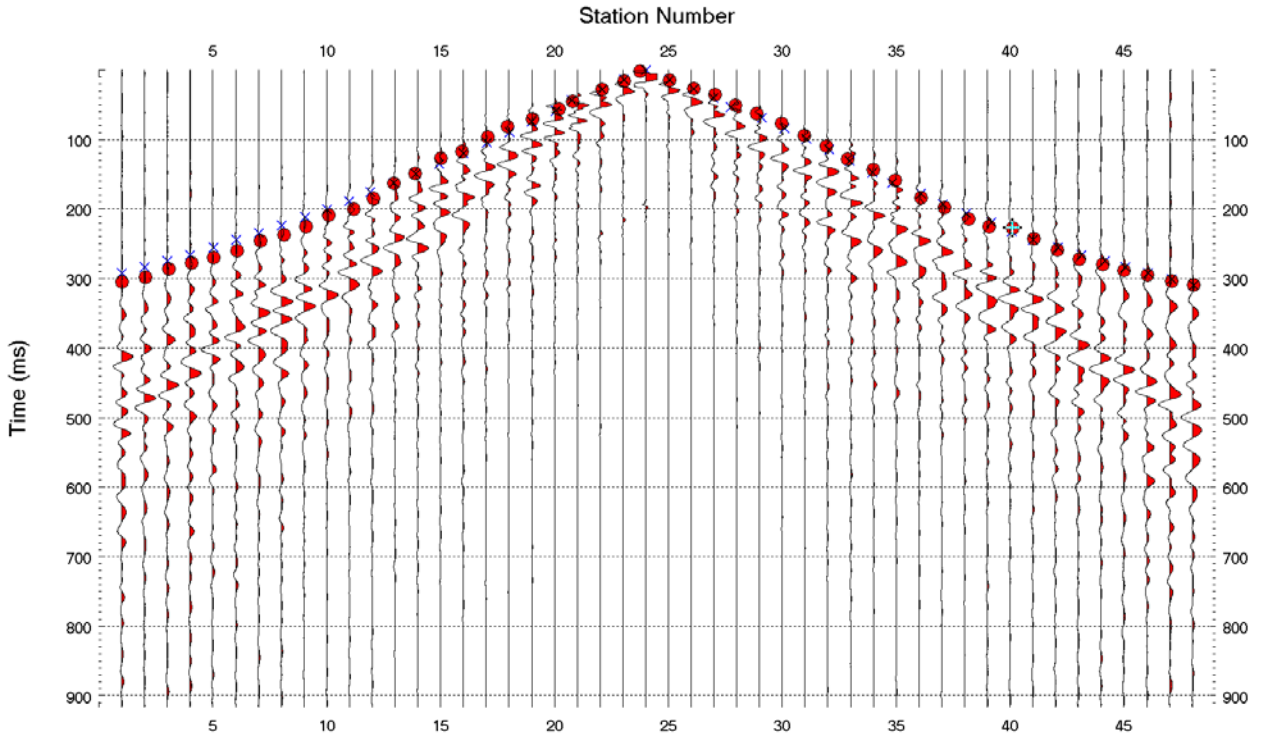
Quota sorgente Z = 64.6 m s.l.m.

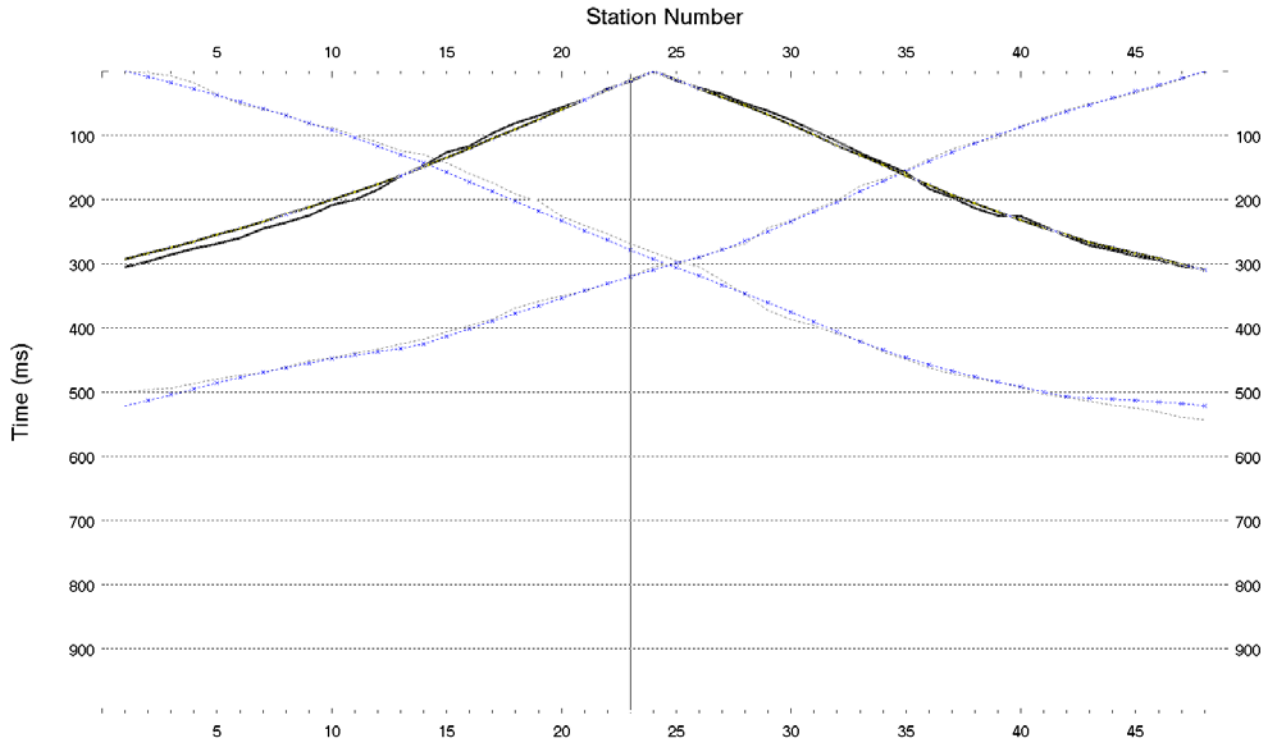


Shot 2

Posizione sorgente X = 50,24 m

Quota sorgente Z = 63.6 m s.l.m.

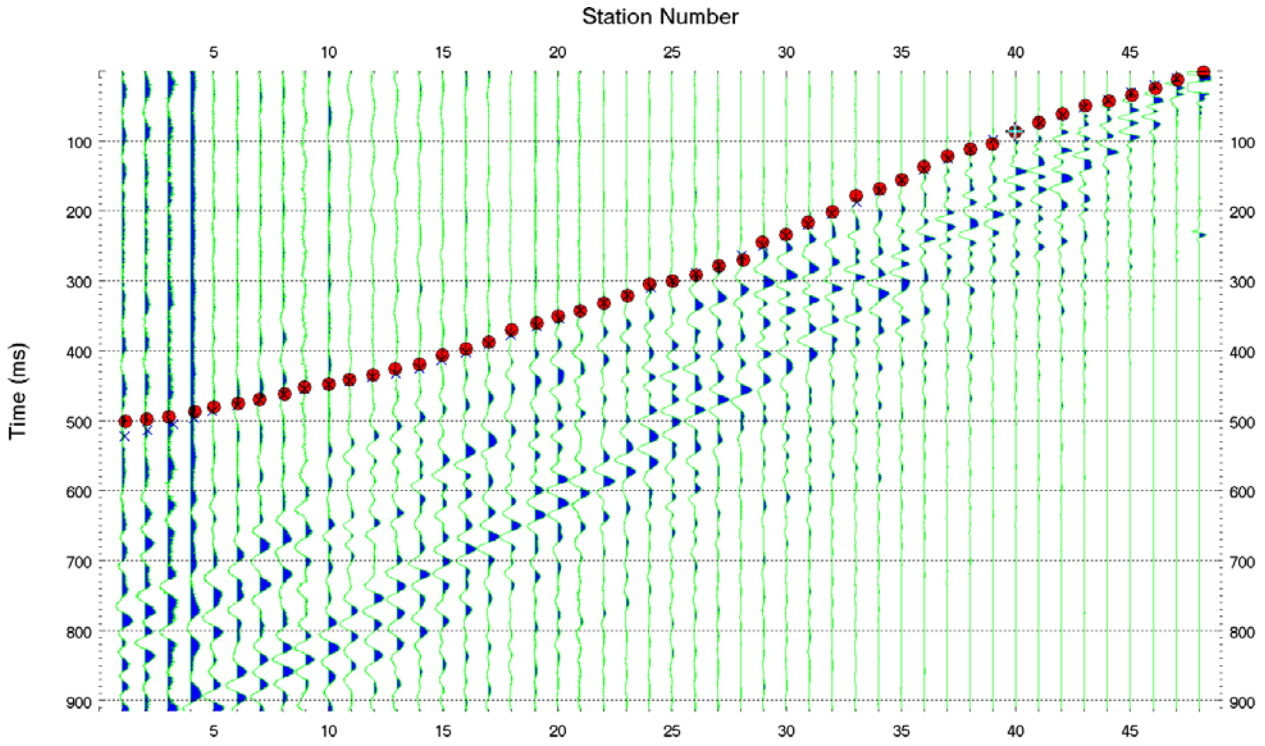


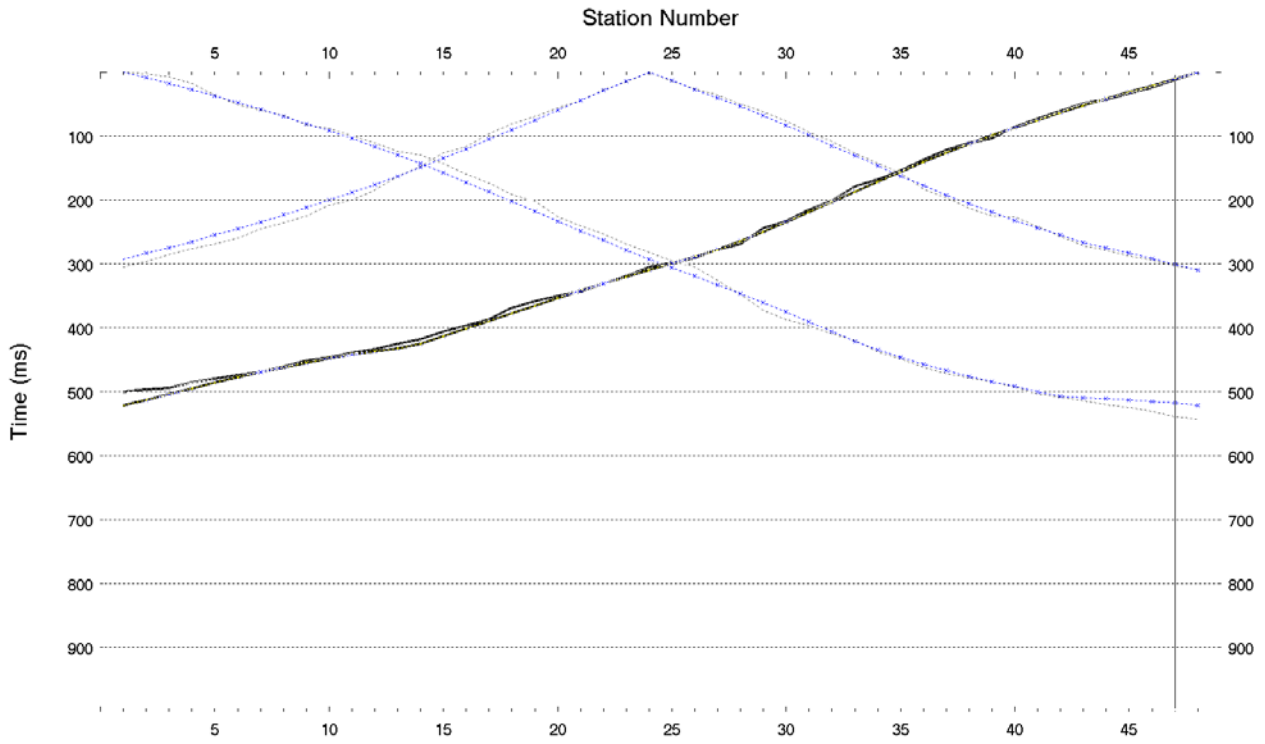


Shot 3

Posizione sorgente X = 100 m

Quota sorgente Z = 63.7 m s.l.m.





G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Le elaborazioni effettuate mediante l'approccio tomografico hanno consentito di ricostruire il modello sismo-stratigrafico di sottosuolo dell'area investigata relativamente alla distribuzione di velocità delle onde P (Vp) (**Fig. 5**). Le sezioni tomografiche riportate di seguito mostrano l'andamento della sismo-stratigrafia del sottosuolo attraverso una scala cromatica associata ad un determinato range di velocità. Lo spessore dei sismo-strati può essere stimato in funzione della scala metrica posta sulle ordinate della sezione tomografica.

L'indagine sismica **SR1** ha raggiunto la profondità massima di investigazione di circa 35 m dal piano campagna (p.c.) in prossimità del centro dello stendimento ed ha restituito un errore di inversione di **2.5 %.**

Dall'interpretazione della sezione tomografica delle onde P sono state individuate n.2 Unità Geosismiche (**U.G. 1** e **U.G. 2**). L'unità **U.G. 1** si individua fino alla profondità di circa 4-6 metri dal piano campagna (p.c.) ed è caratterizzata da velocità delle onde di compressione (Vp) variabile tra 140 m/s e 170 m/s. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento sismico, tali valori sono correlabili a depositi piroclastici sciolti, alterati e scarsamente consistenti. L'unità **U.G. 2** raggiunge la massima profondità di indagine ed è caratterizzata da Vp che aumentano con la profondità. comprese tra 190 m/s e 300 m/s. In riferimento ai sondaggi stratigrafici presenti nell'area di indagine, tali valori sono ascrivibili a depositi tufacei, il cui grado di alterazione diminuisce con l'aumentare della profondità. Inoltre, tra le progressive 50-80 si evidenzia un'inversione di velocità (riquadro in rosso), che potrebbe essere indizio della probabile presenza della parte sommitale di una cavità posta alla profondità di circa 16-20 metri dal p.c.

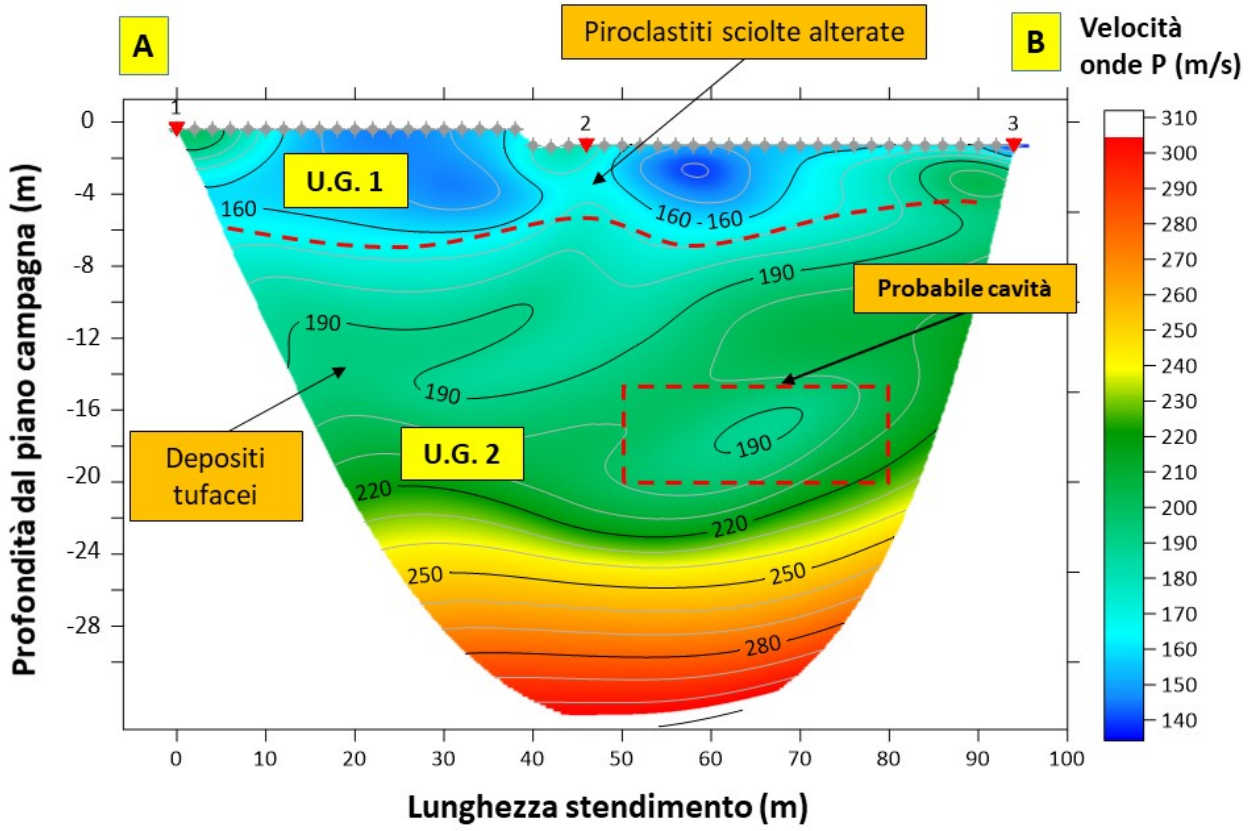


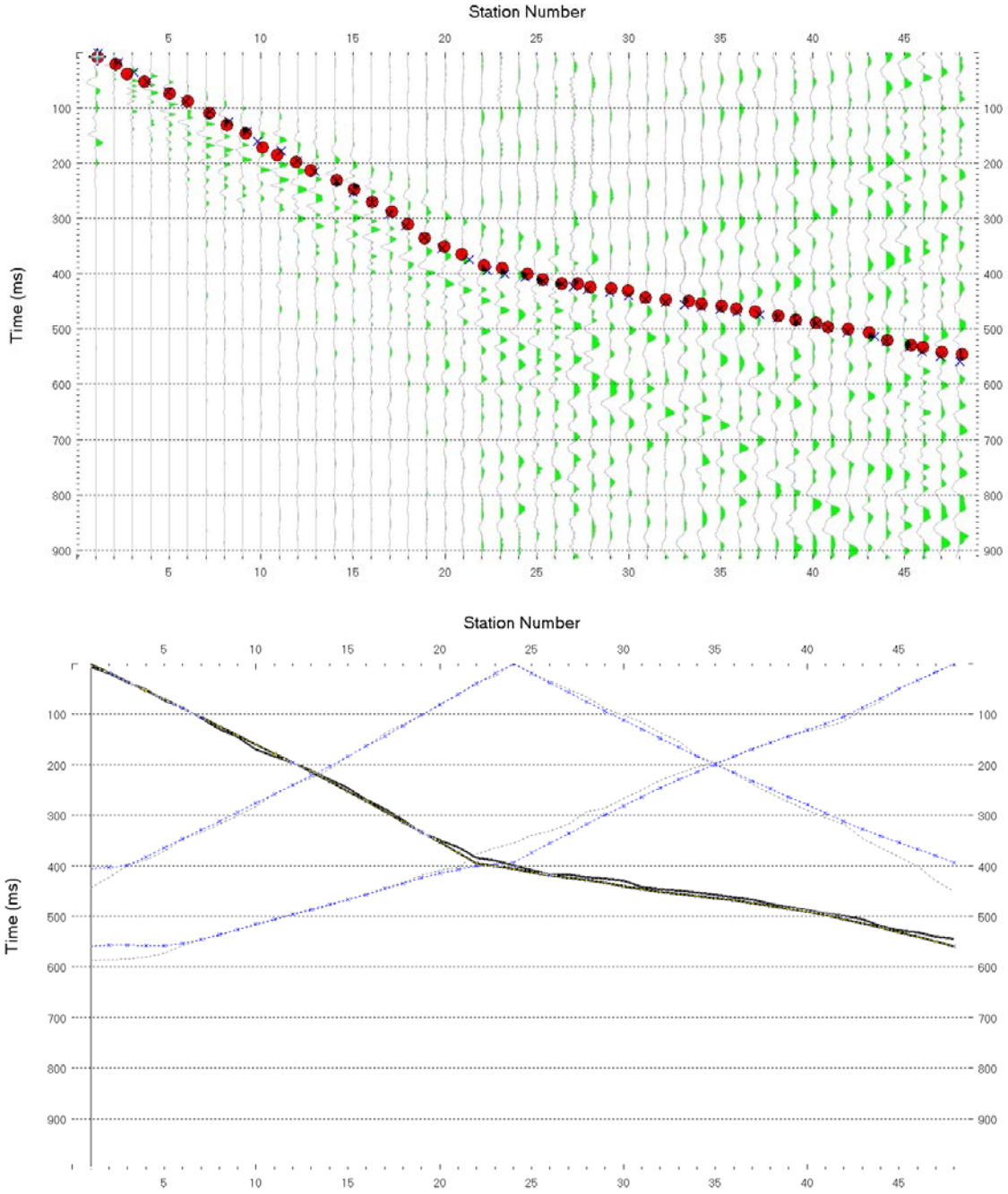
Fig. 5 – Tomografia sismica delle onde P.

Tomografia sismica SR1: Onde S

Shot 1

Posizione sorgente X = 0 m

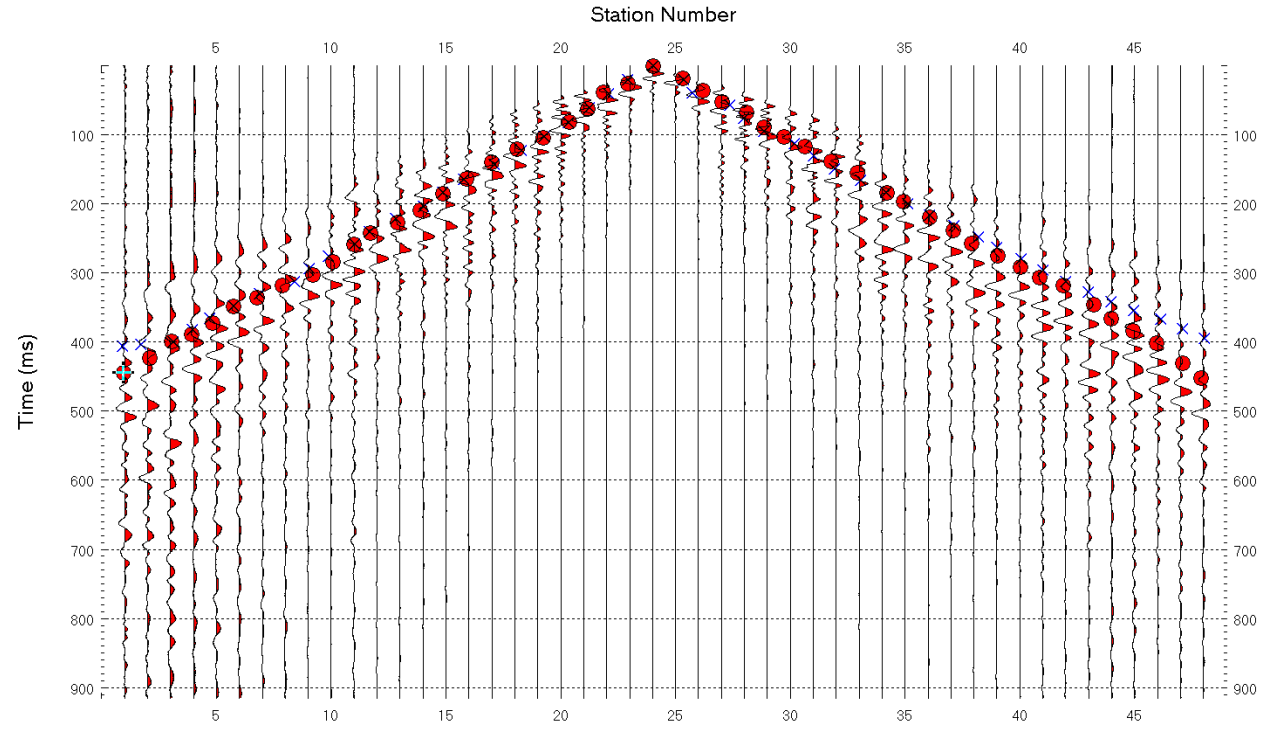
Quota sorgente Z = 64.6 m s.l.m.

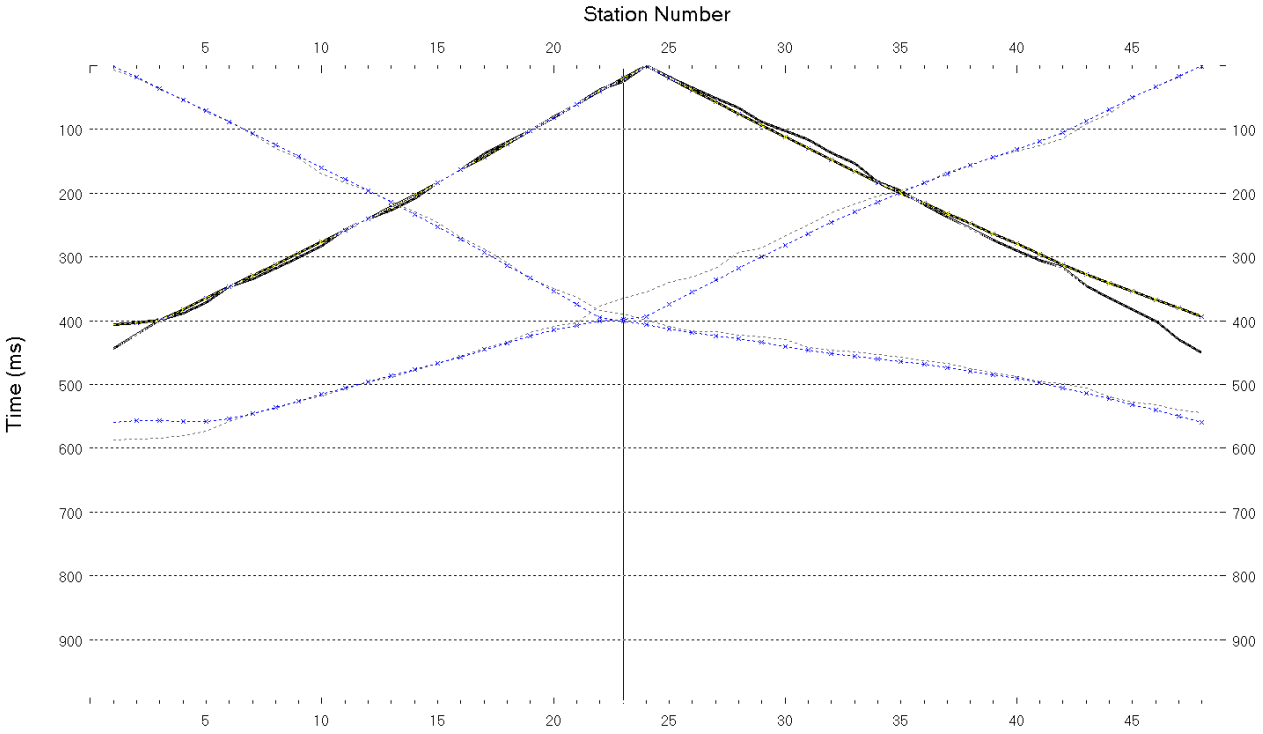


Shot 2

Posizione sorgente X = 50,24 m

Quota sorgente Z = 63.6 m s.l.m.

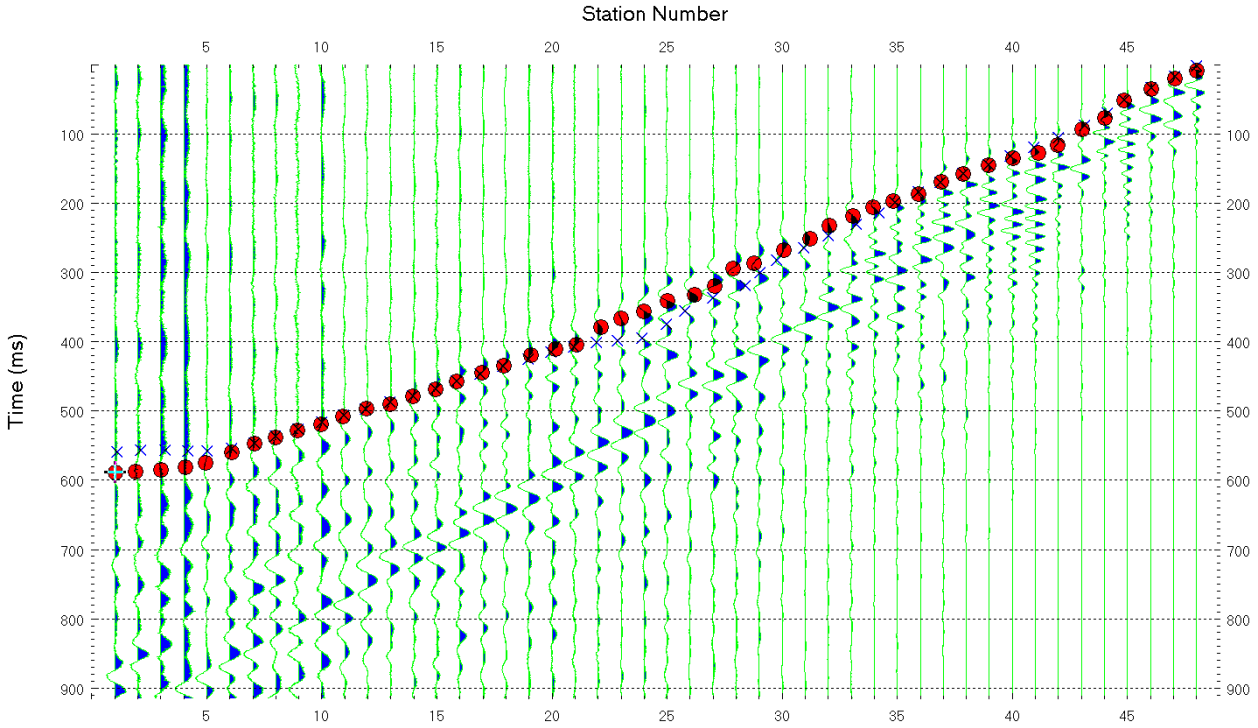


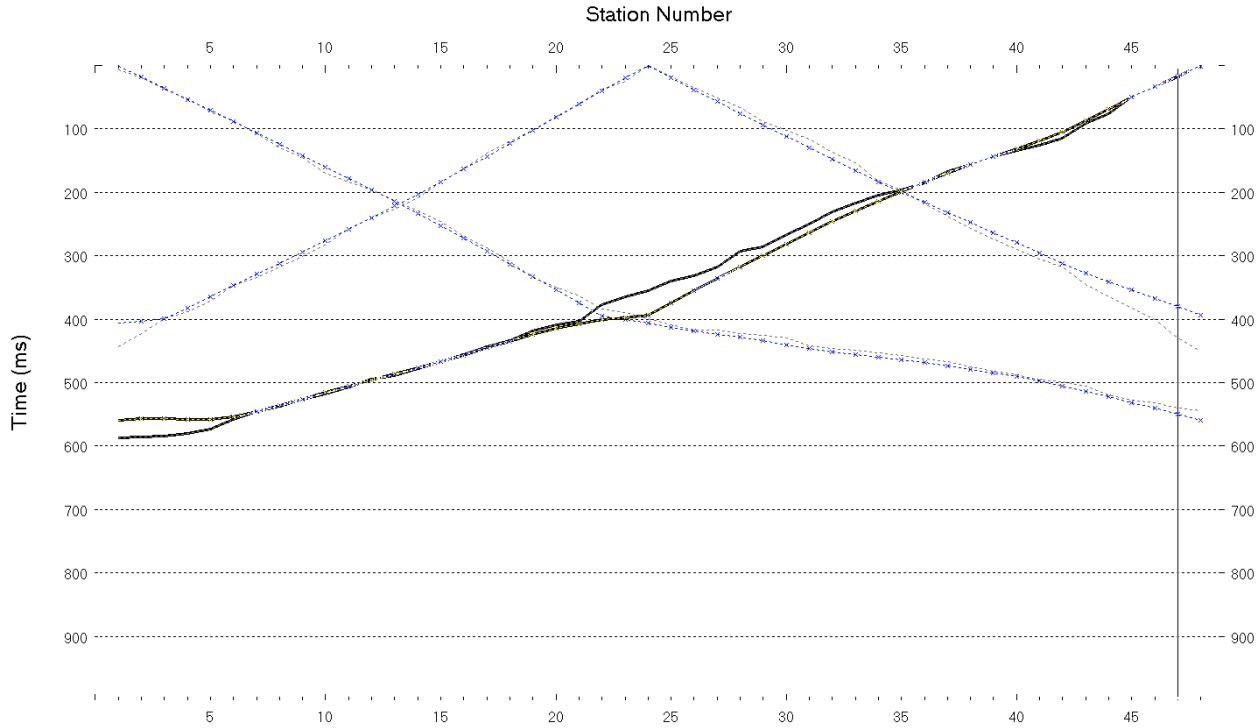


Shot 3

Posizione sorgente X = 100 m

Quota sorgente Z = 63.7 m s.l.m.





Le elaborazioni effettuate mediante l'approccio tomografico hanno consentito di ricostruire il modello sismo-stratigrafico di sottosuolo dell'area investigata relativamente alla distribuzione di velocità delle onde S (Vs) (**Fig. 6**). Le sezioni tomografiche riportate di seguito mostrano l'andamento della sismo-stratigrafia del sottosuolo attraverso una scala cromatica associata ad un determinato range di velocità. Lo spessore dei sismo-strati può essere stimato in funzione della scala metrica posta sulle ordinate della sezione tomografica.

L'indagine sismica **SR1** ha raggiunto la profondità massima di investigazione di circa 28 m dal piano campagna (p.c.) in prossimità del centro dello stendimento ed ha restituito un errore di inversione di **2.6 %.**

Dall'interpretazione della sezione tomografica delle onde S sono state individuate, coerentemente con quanto evidenziato nella tomografia delle onde P, n.2 Unità Geosismiche (**U.G. 1** e **U.G. 2**). L'unità **U.G. 1** si individua fino alla profondità di circa 4-6 metri dal piano campagna (p.c.) ed è caratterizzata da velocità delle onde di taglio (Vs) variabile tra 90 m/s e 130 m/s. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento sismico, tali valori sono correlabili a depositi piroclastici sciolti, alterati e scarsamente consistenti. L'unità **U.G. 2** raggiunge la massima profondità di indagine ed è caratterizzata da Vs che aumentano con la profondità. comprese tra 140 m/s e 270 m/s. In riferimento ai sondaggi stratigrafici presenti nell'area di indagine, tali valori sono ascrivibili a depositi tufacei, il cui grado di alterazione diminuisce con l'aumentare della profondità.

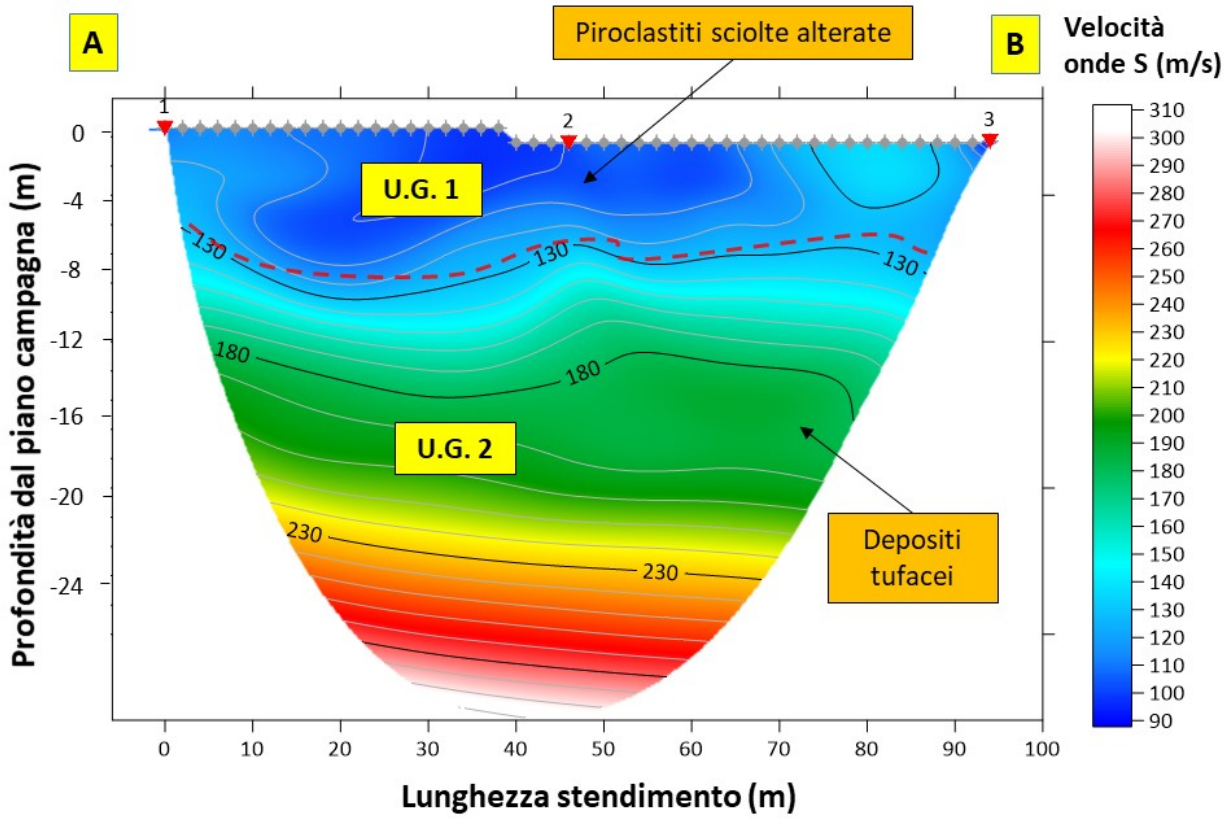


Fig. 6 - Tomografia sismica delle onde S.

2.1.2. Sismica a rifrazione SR2

L'indagine di sismica a rifrazione SR2 è ubicata in Viale dei Pini, in prossimità dell'Asl Napoli 3 Sud, come riportato in **Fig. 7**. Per eseguire l'indagine è stato realizzato uno stendimento con lunghezza pari a 100 metri, costituito da 48 geofoni verticali e orizzontali, aventi una distanza intergeofonica pari a 2,1 metri.

Fig. 7 - Ubicazione su Google Earth (a) e stendimento (b) della prova sismica SR2

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del modello di velocità delle onde P e delle onde S è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione del modello del sottosuolo con calcolo della profondità di ciascun strato omogeneo, continuo ed isotropo tramite approccio di inversione tomografica per ciascun punto di energizzazione.

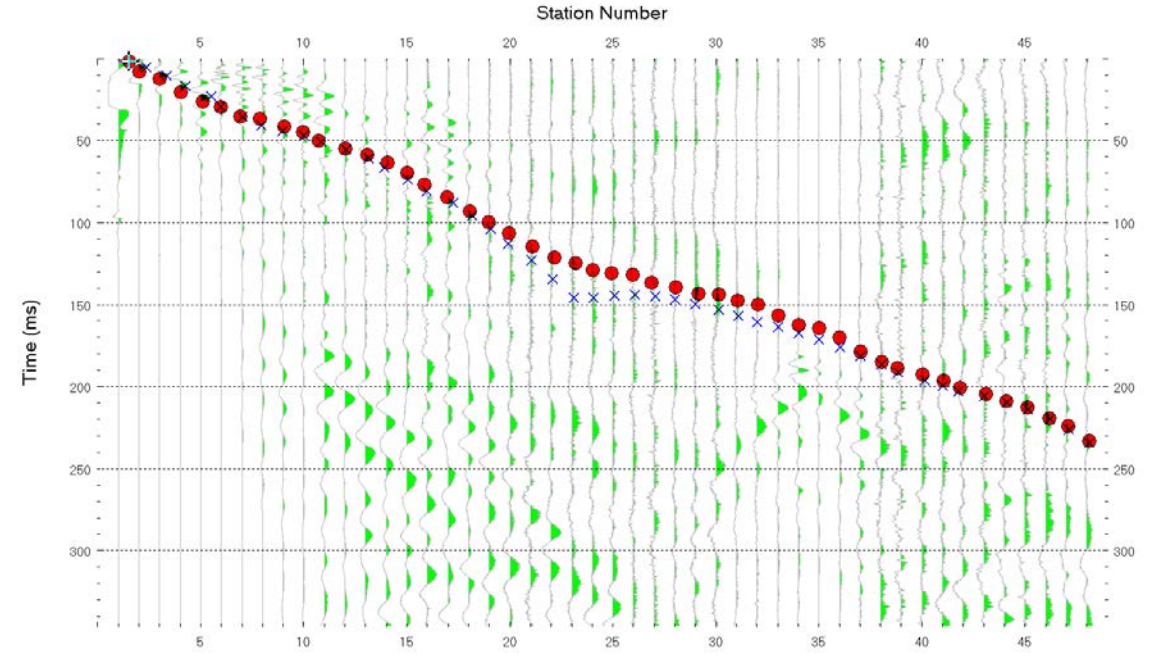
Di seguito si riportano le tomografie sismiche per le onde P e per le onde S.

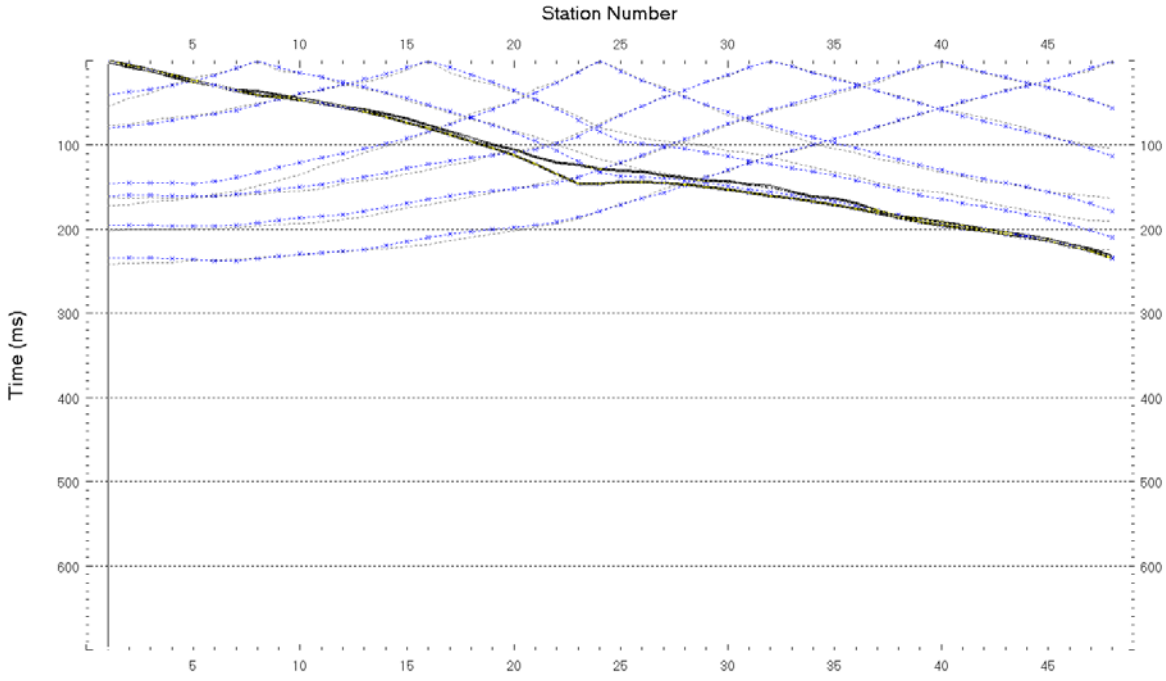
Tomografia sismica SR2: Onde P

Shot 1

Posizione sorgente X = 0 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

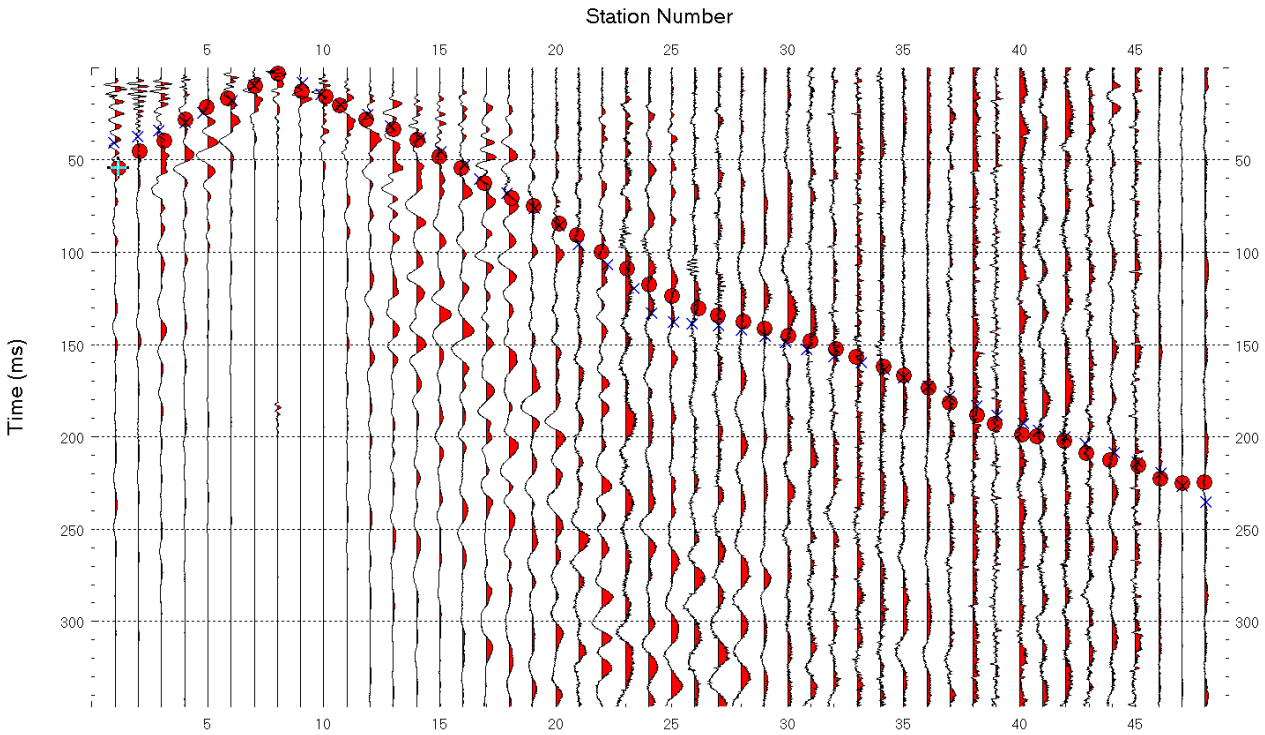


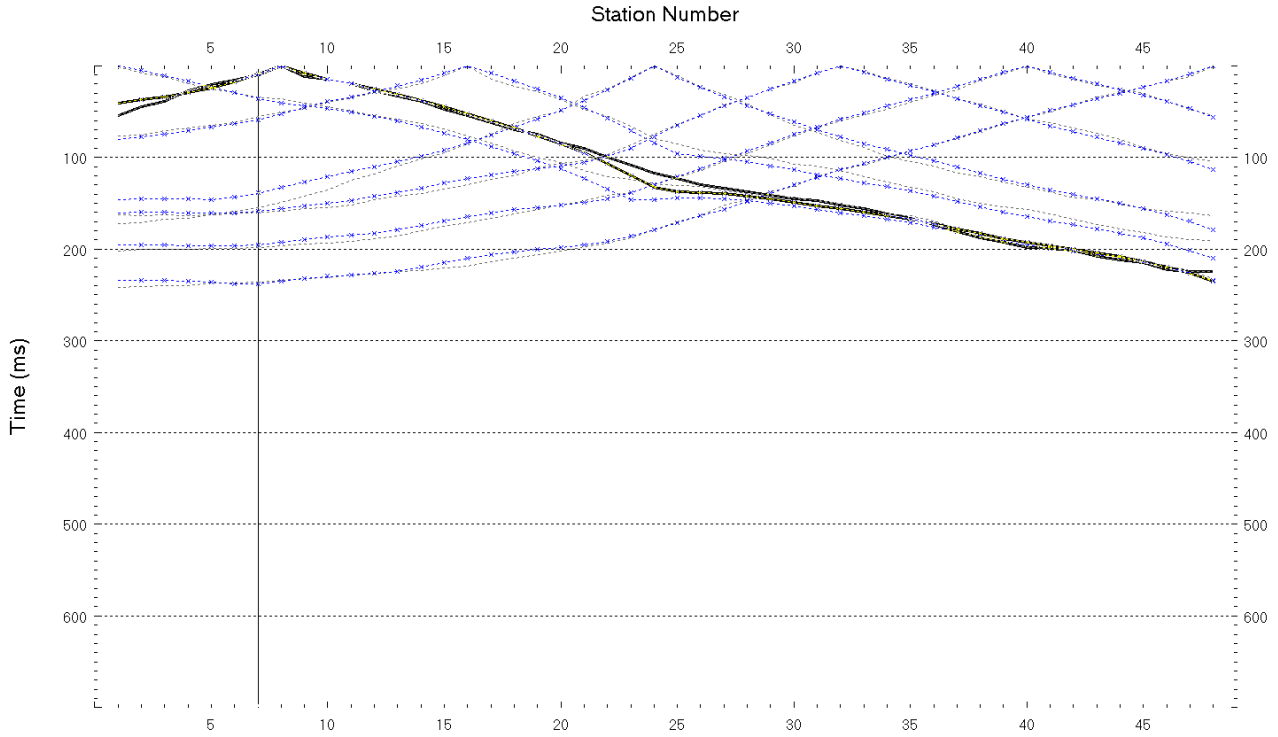


Shot 2

Posizione sorgente X = 16.8 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

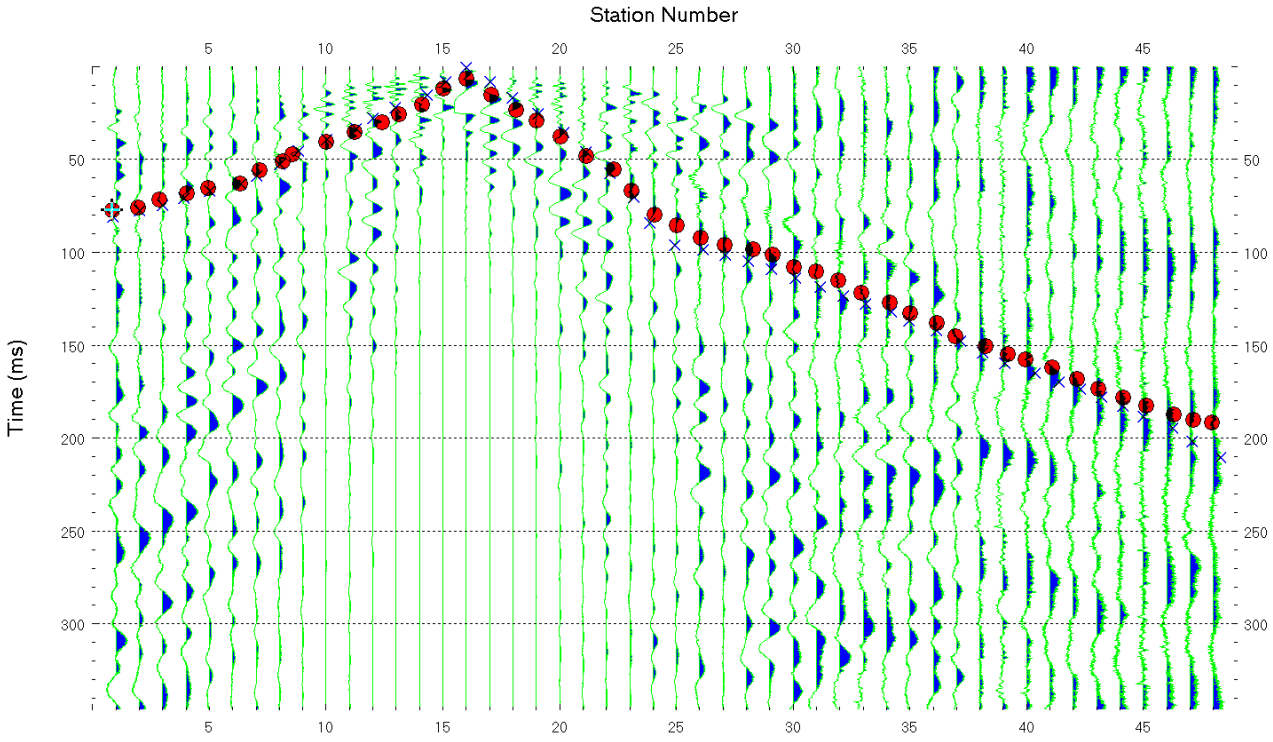


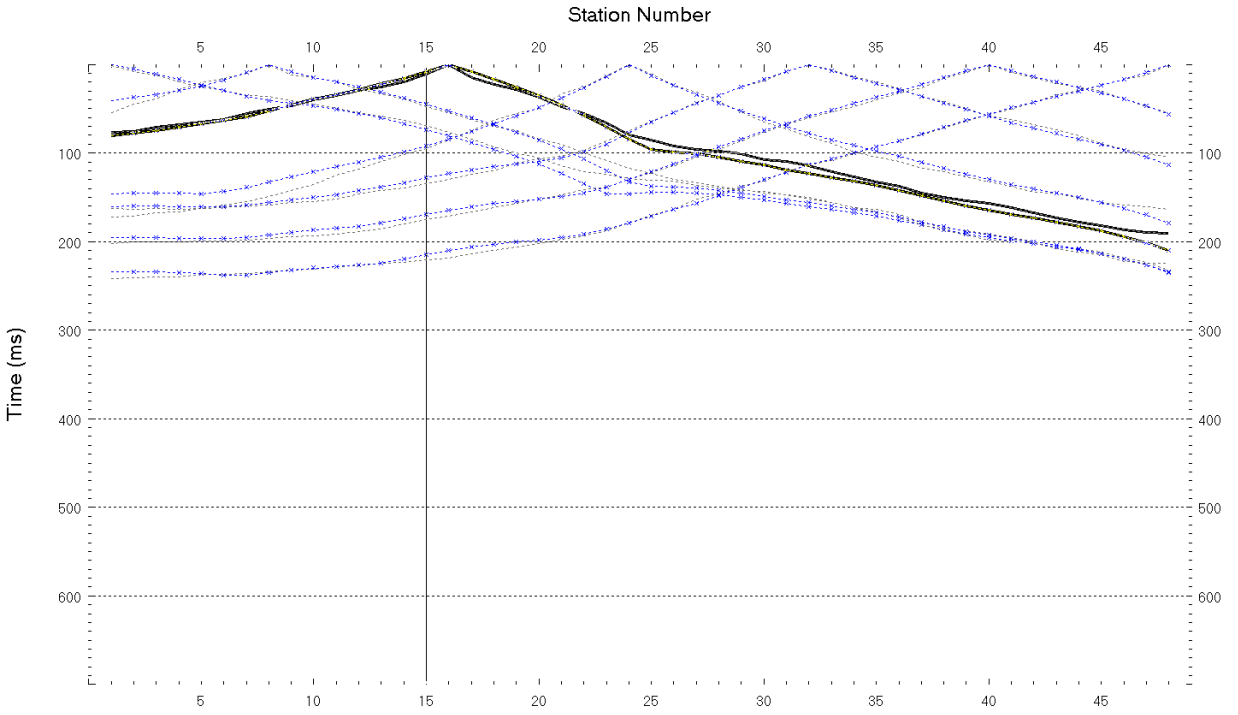


Shot 3

Posizione sorgente X = 33.6 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

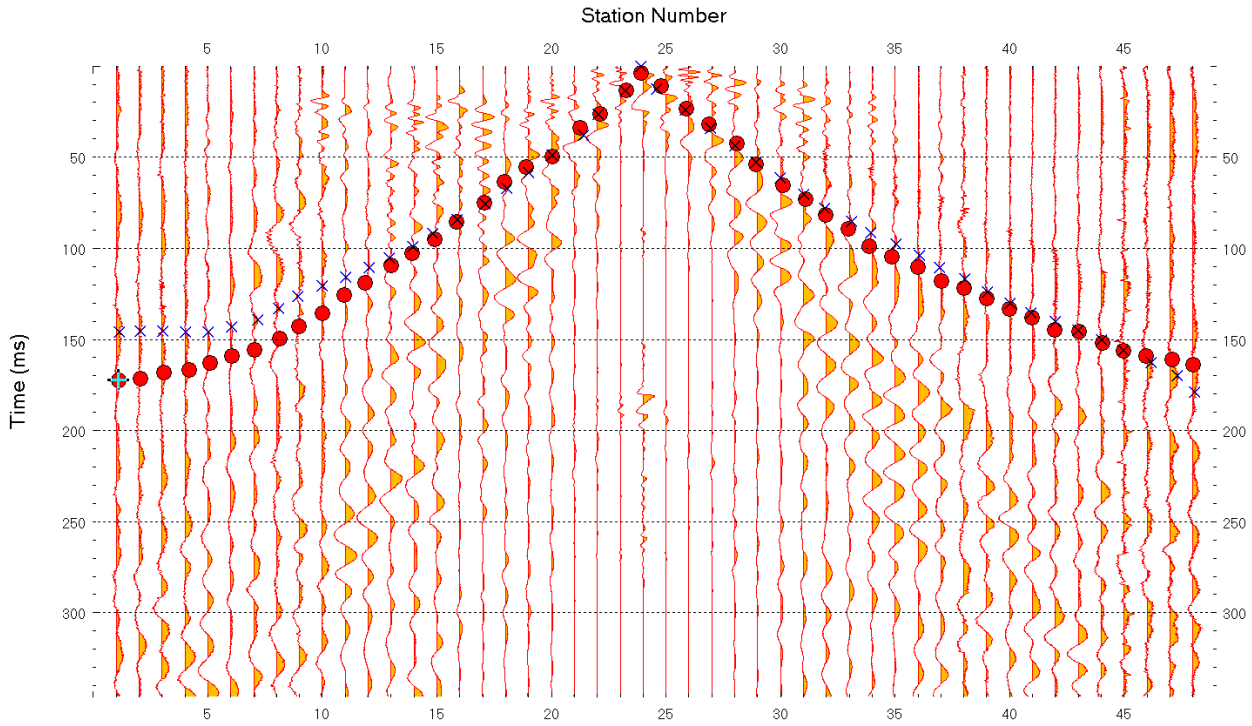


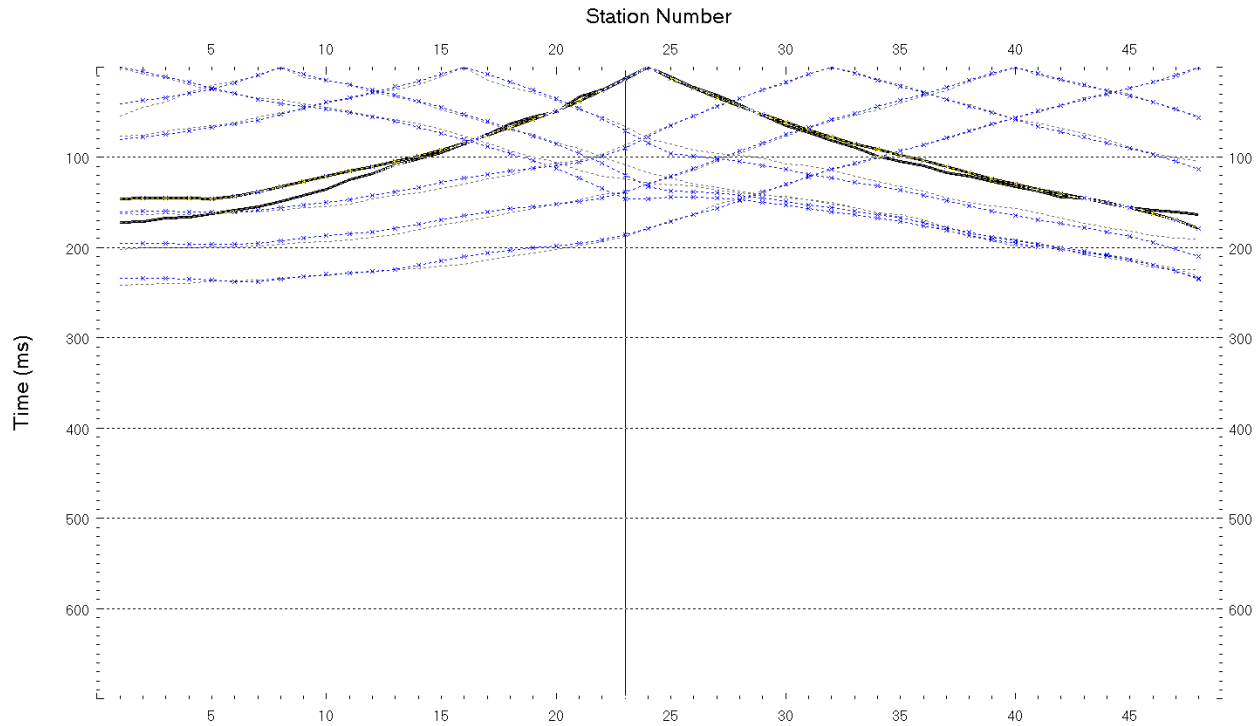


Shot 4

Posizione sorgente X = 50.4 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

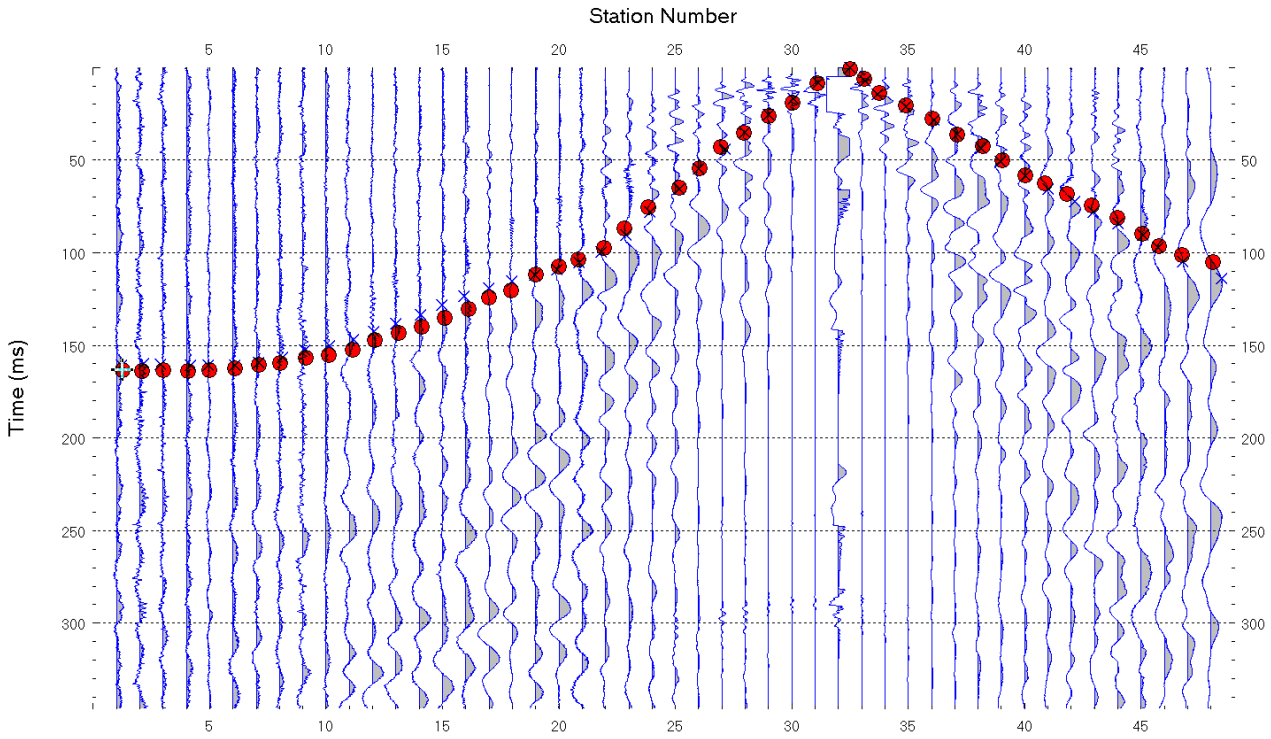


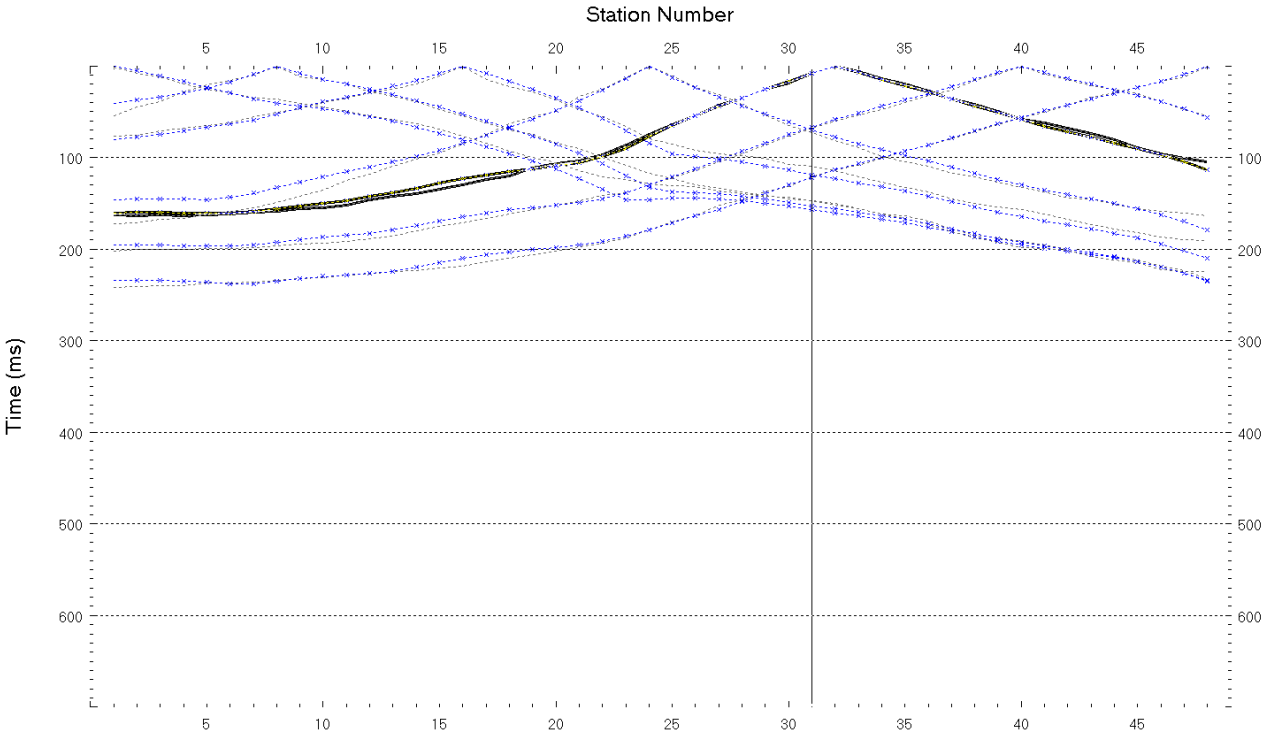


Shot 5

Posizione sorgente X = 67.2 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

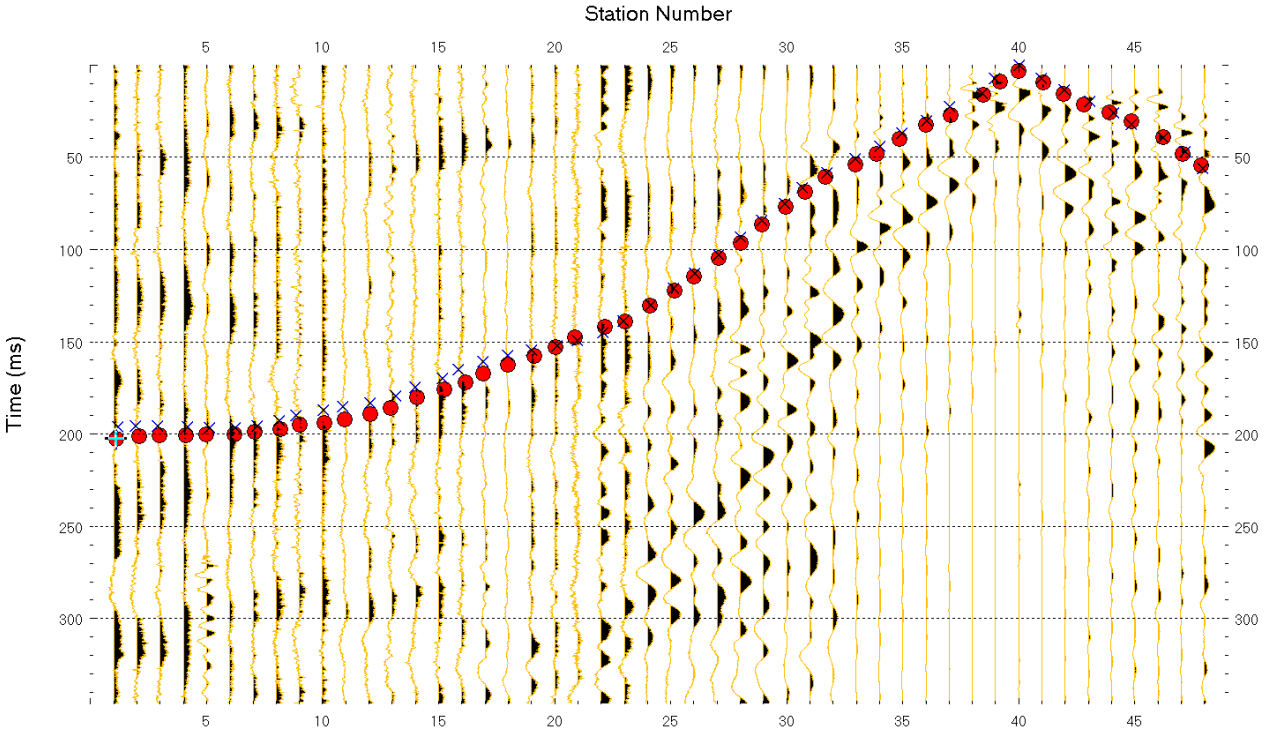


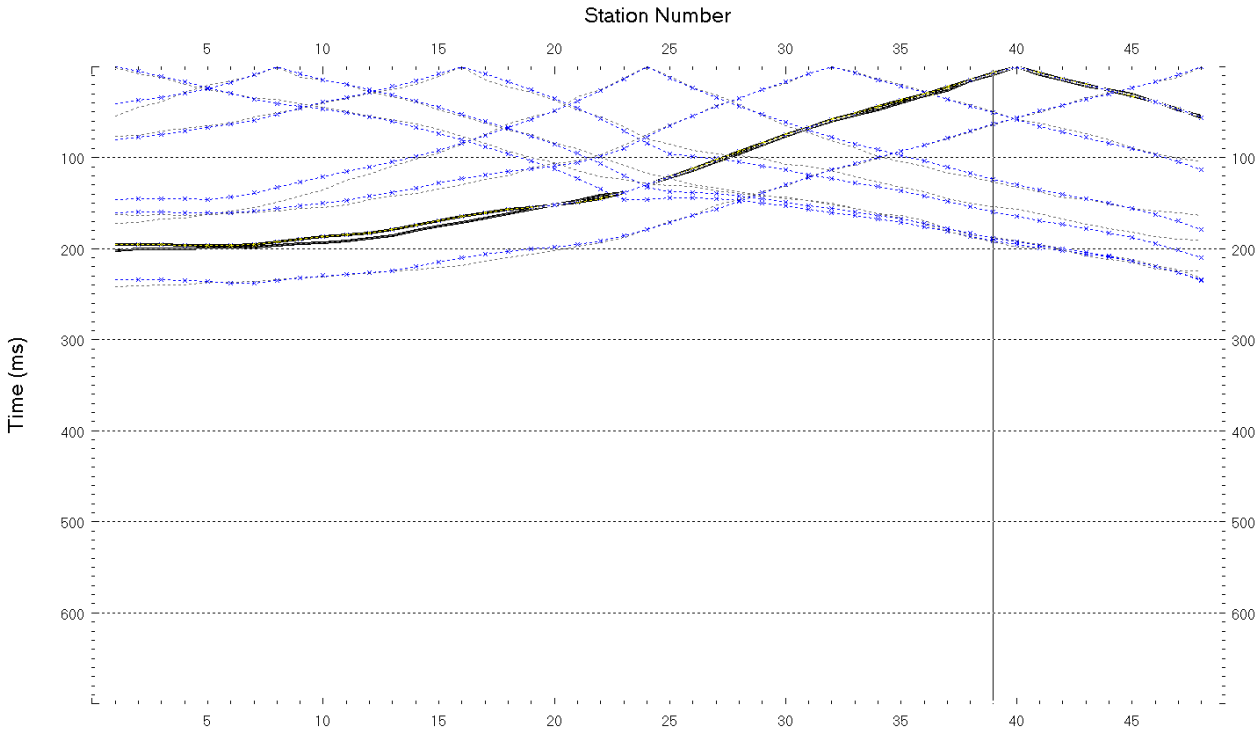


Shot 6

Posizione sorgente X = 84 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

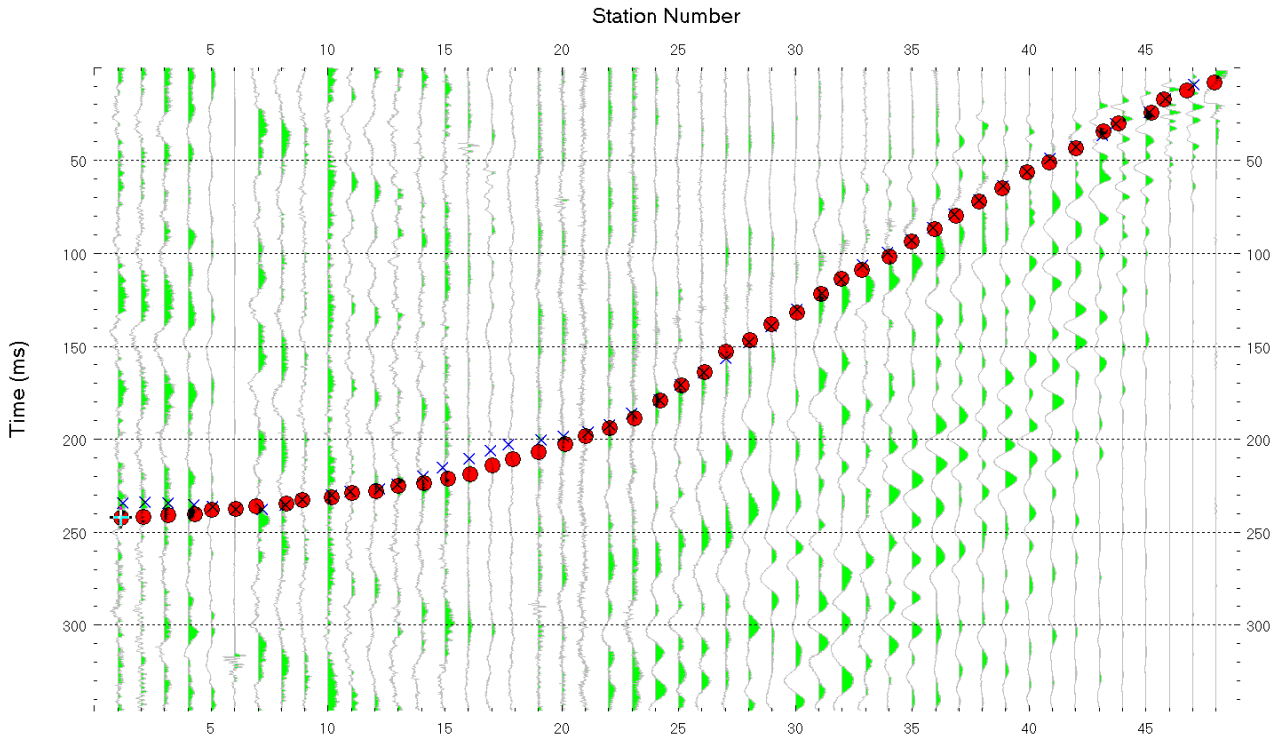


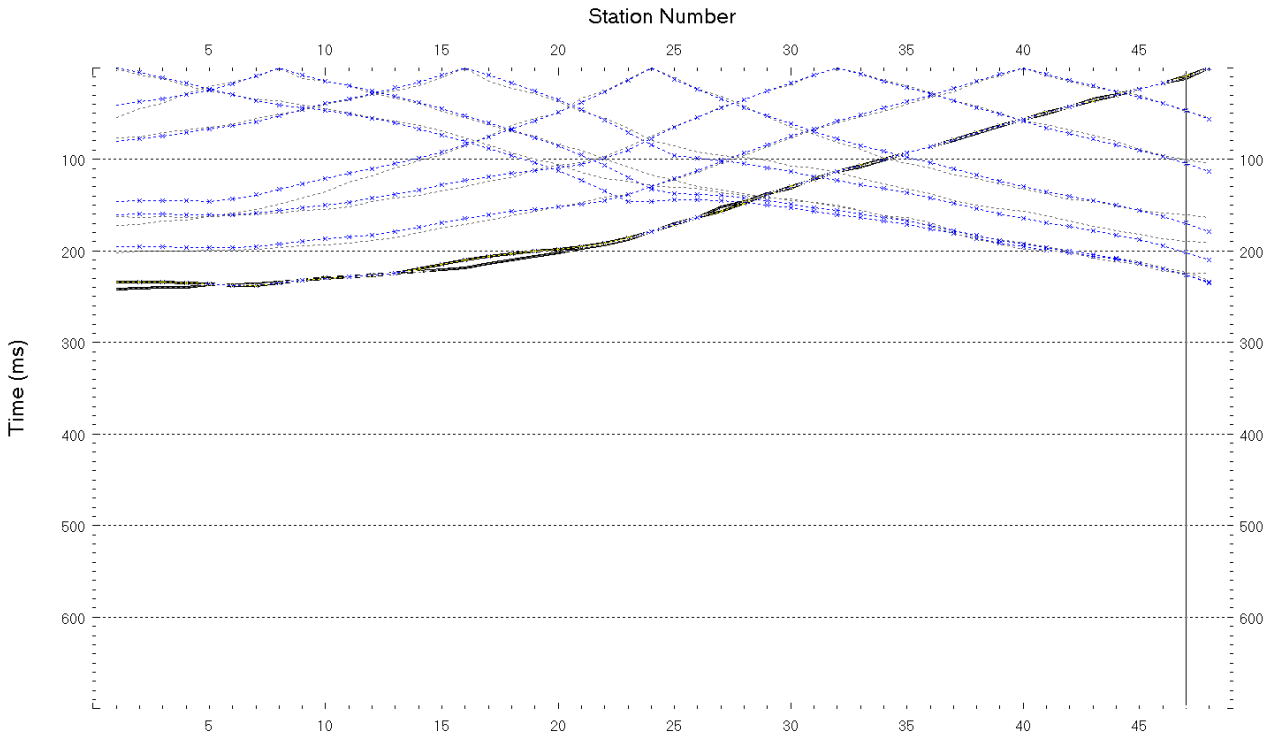


Shot 7

Posizione sorgente X = 100 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.





Le elaborazioni effettuate mediante l'approccio tomografico hanno consentito di ricostruire il modello sismo-stratigrafico di sottosuolo dell'area investigata relativamente alla distribuzione di velocità delle onde P (Vp) (**Fig. 8**). Le sezioni tomografiche riportate di seguito mostrano l'andamento della sismo-stratigrafia del sottosuolo attraverso una scala cromatica associata ad un determinato range di velocità. Lo spessore dei sismo-strati può essere stimato in funzione della scala metrica posta sulle ordinate della sezione tomografica.

L'indagine sismica **SR2** ha raggiunto la profondità massima di investigazione di circa 36 m dal piano campagna (p.c.) in prossimità del centro dello stendimento ed ha restituito un errore di inversione di **3.1 %.**

Dall'interpretazione della sezione tomografica delle onde P sono state individuate n.2 Unità Geosismiche (**U.G. 1** e **U.G. 2**). L'unità **U.G. 1** si individua fino alla profondità di circa 2-6 metri dal piano campagna (p.c.) ed è caratterizzata da velocità delle onde di compressione (Vp) variabile tra 200 m/s e 320 m/s. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento sismico, tali valori sono correlabili a depositi piroclastici sciolti mediamente consistenti. L'unità **U.G. 2** raggiunge la massima profondità di indagine ed è caratterizzata da Vp che aumentano con la profondità. comprese tra 350 m/s e 800 m/s. In riferimento ai sondaggi stratigrafici presenti nell'area di indagine, tali valori sono ascrivibili a depositi tufacei, il cui grado di alterazione diminuisce con l'aumentare della profondità. Differentemente dalla rifrazione SR1, gli alti valori di Vp a profondità maggiori di 20 m potrebbero essere correlabili con una facies più litoide del tufo.

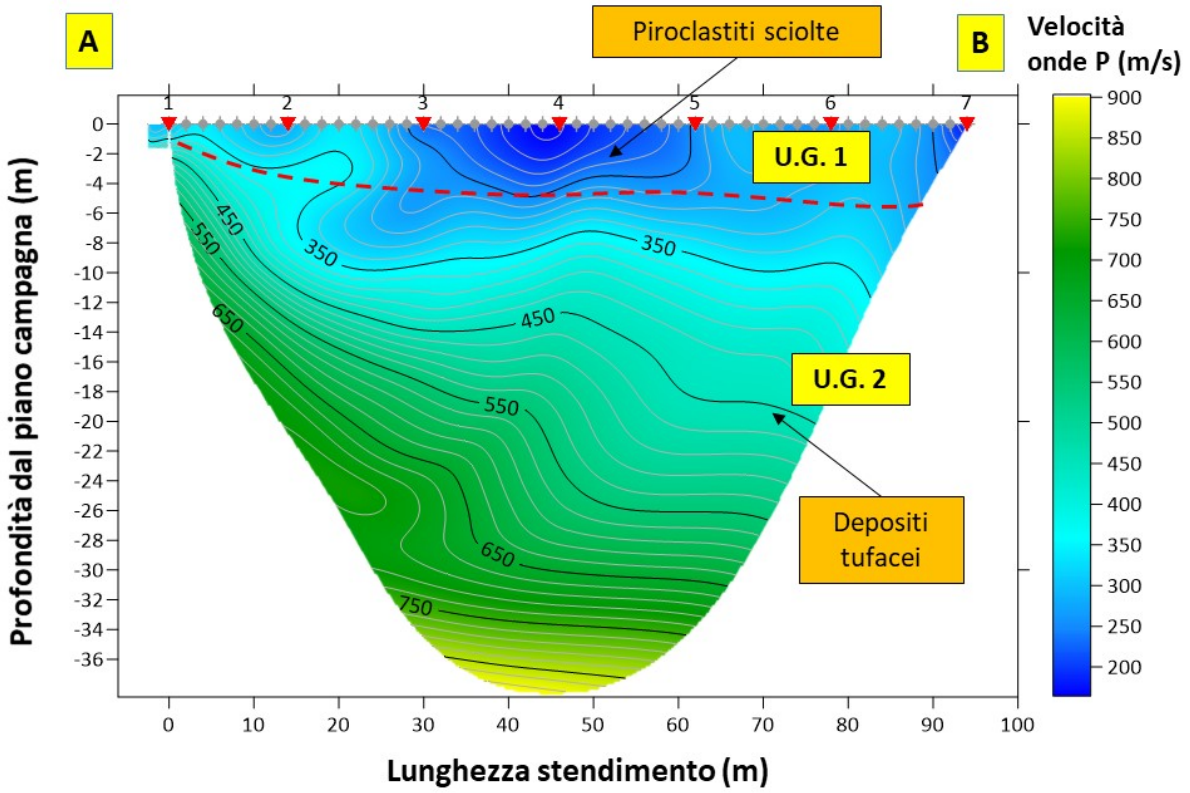


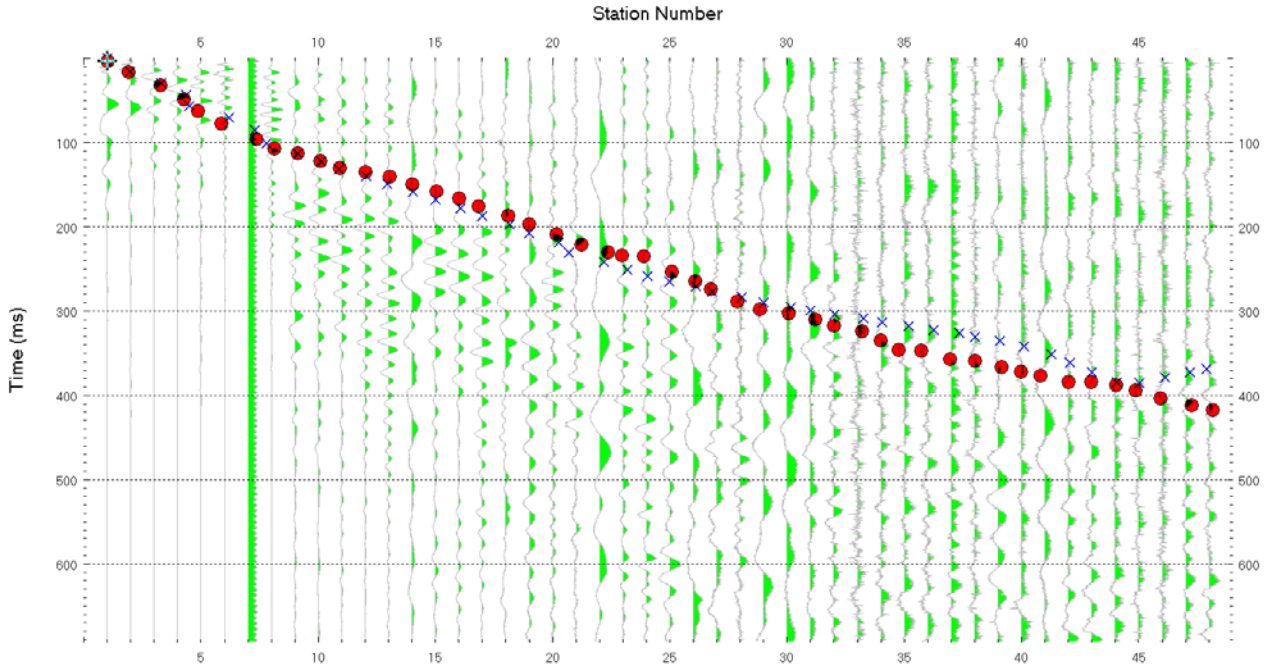
Fig. 8 - Tomografia sismica delle onde P.

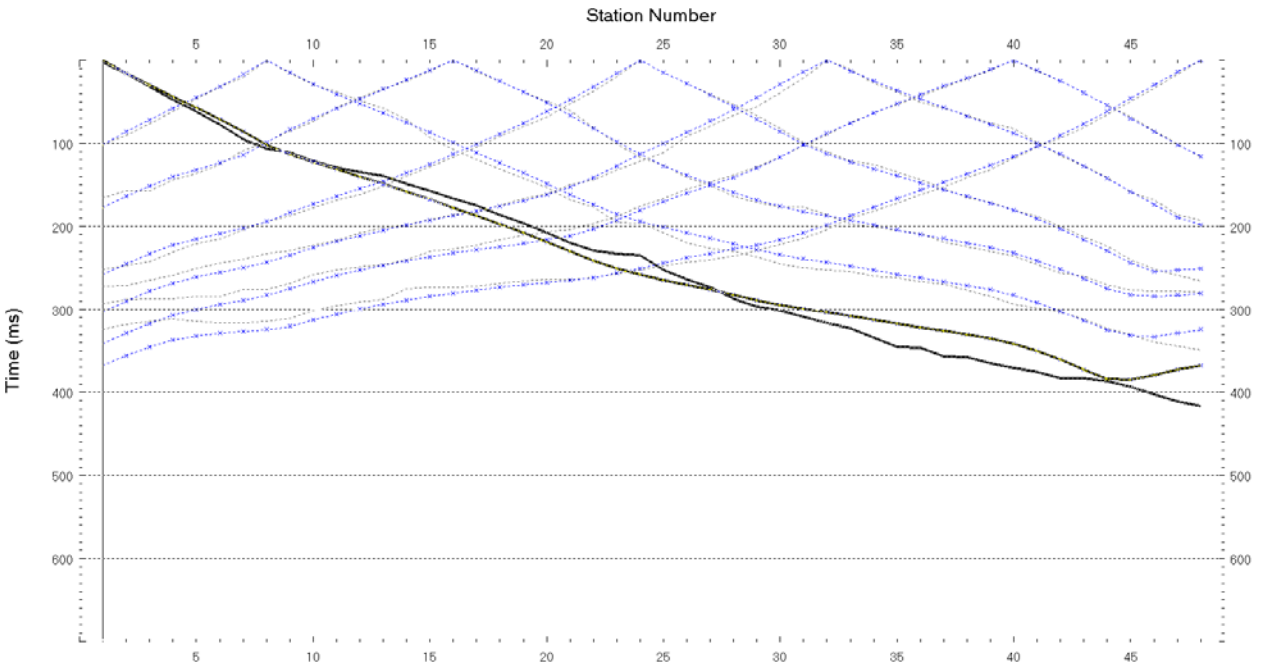
Tomografia sismica SR2: Onde S

Shot 1

Posizione sorgente X = 0 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

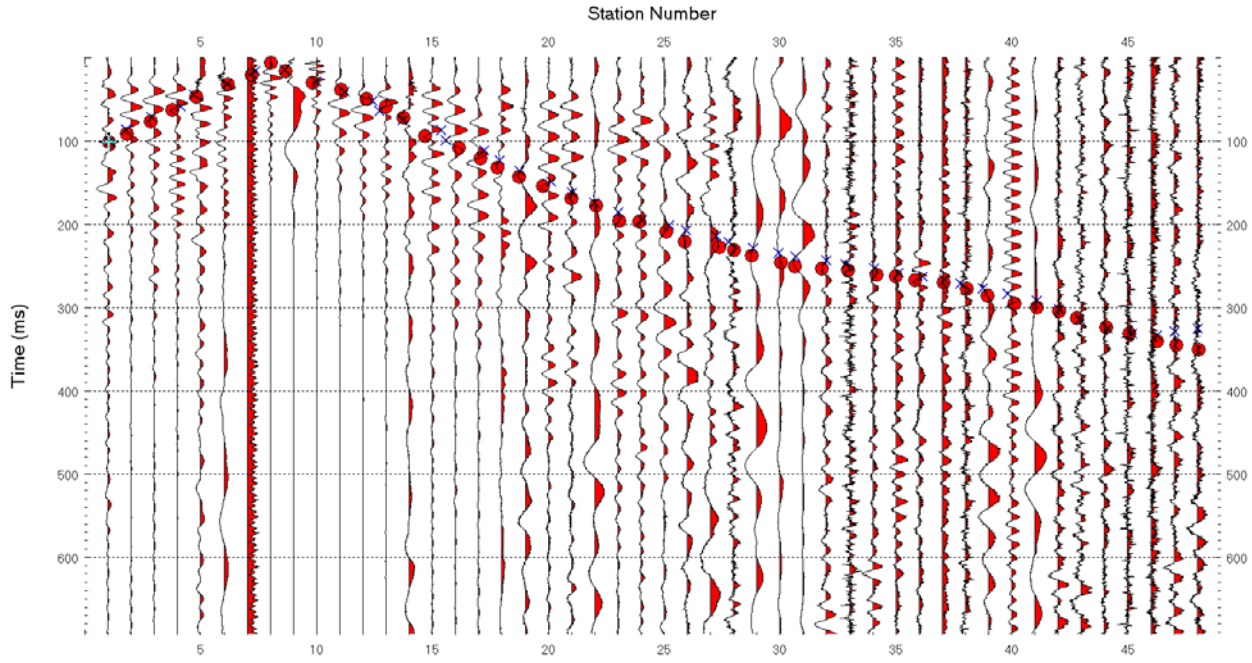


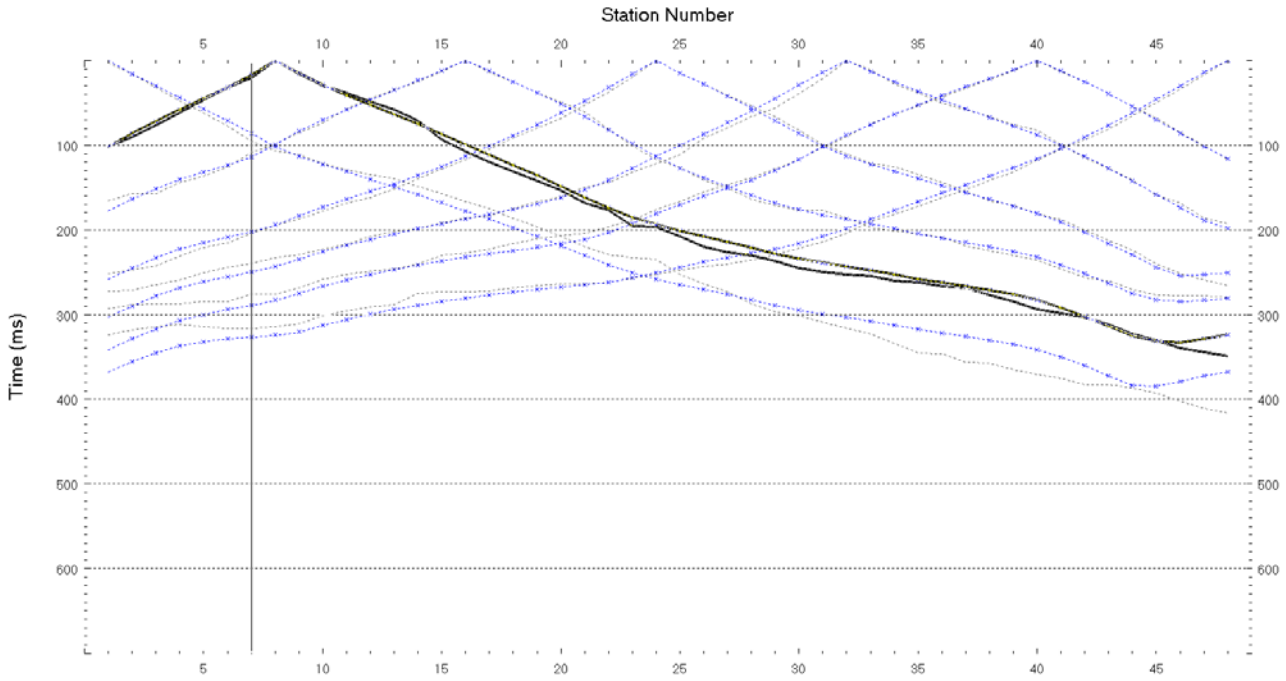


Shot 2

Posizione sorgente X = 16.8 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

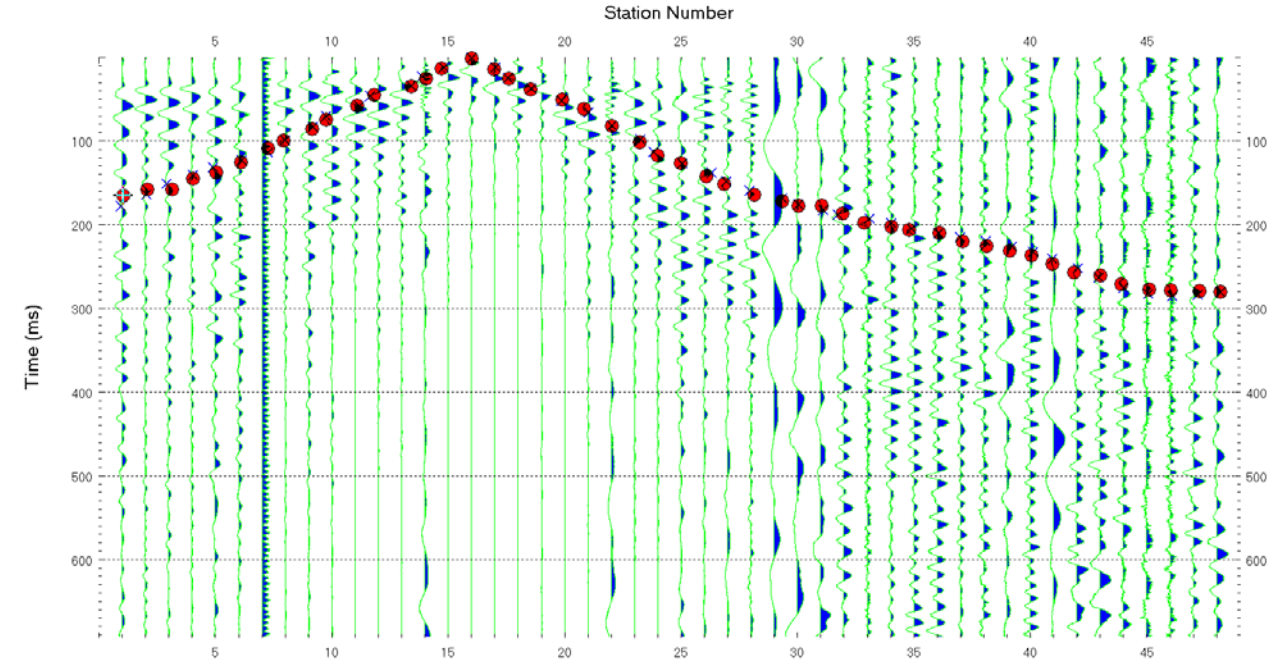


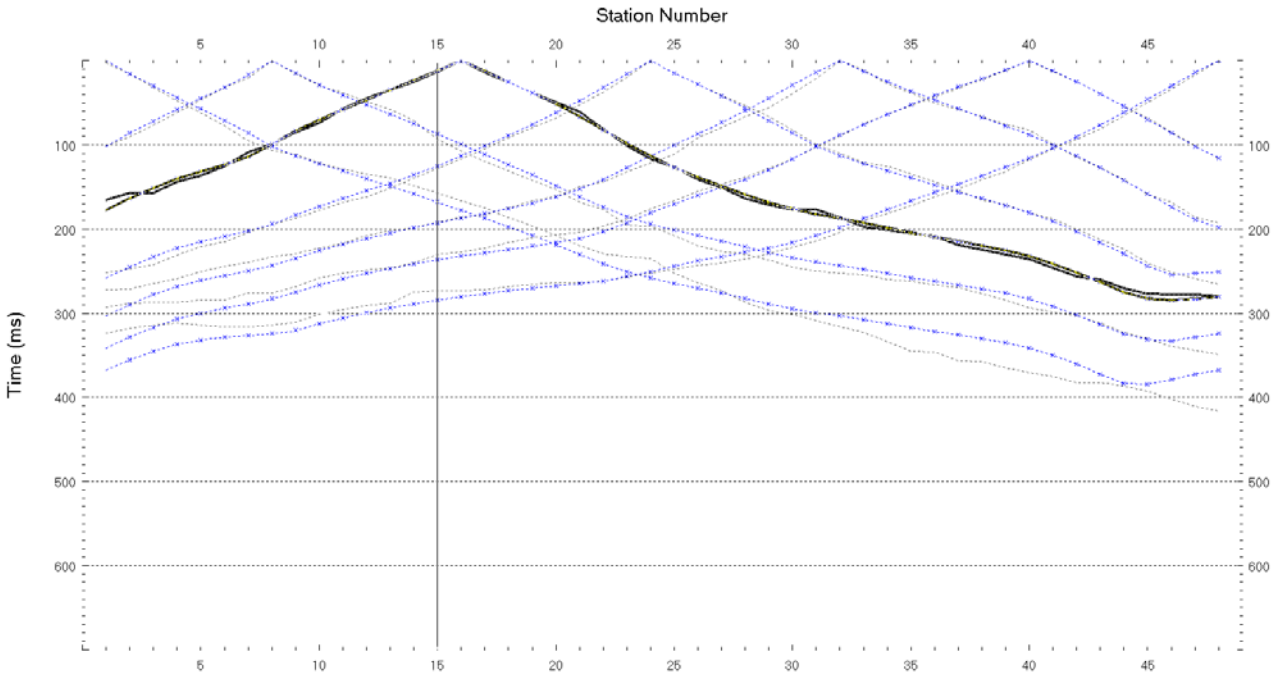


Shot 3

Posizione sorgente X = 33.6 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

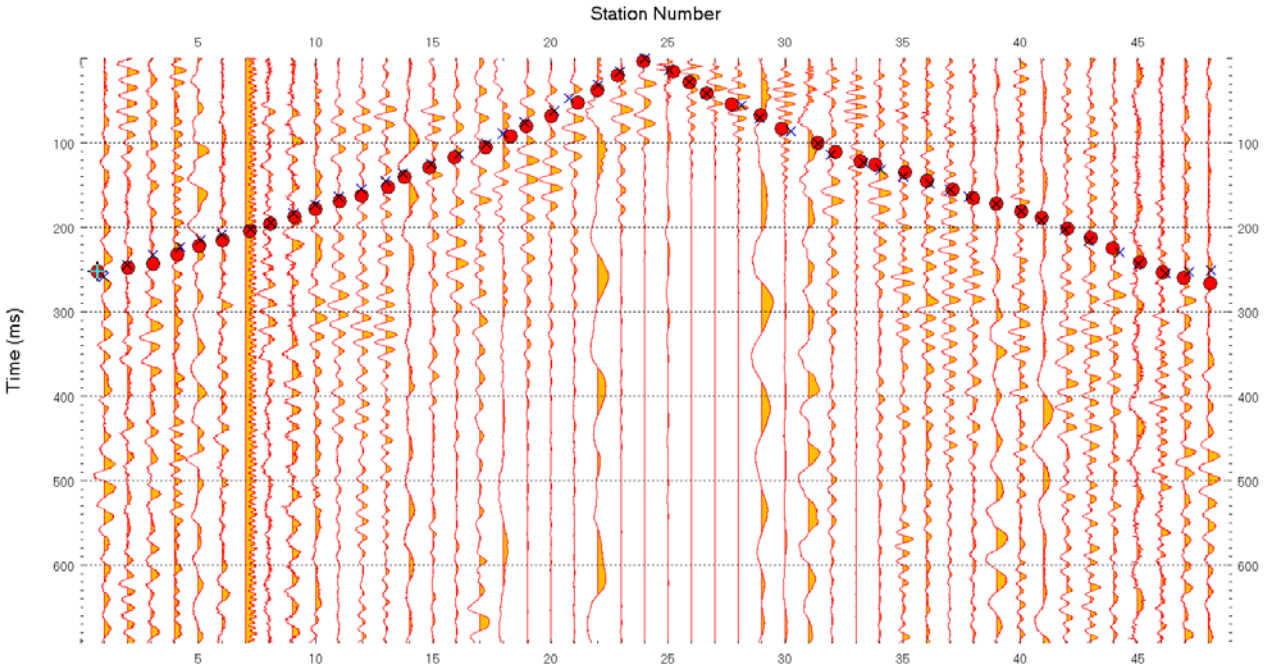


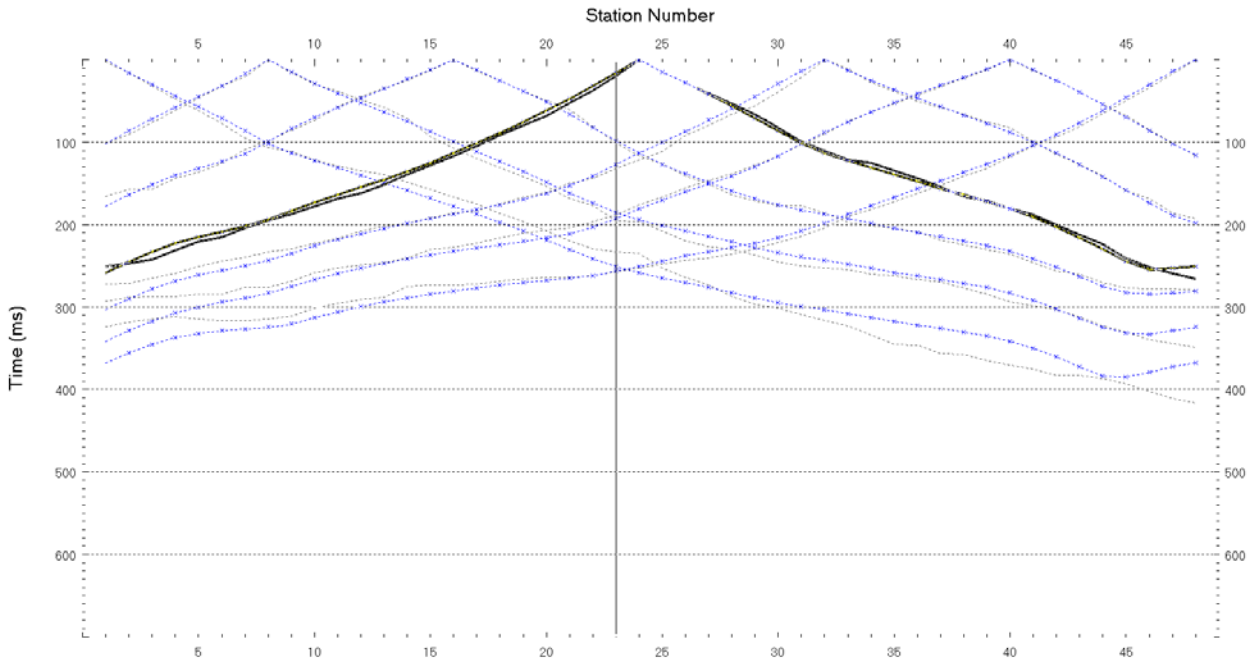


Shot 4

Posizione sorgente X = 50.4 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

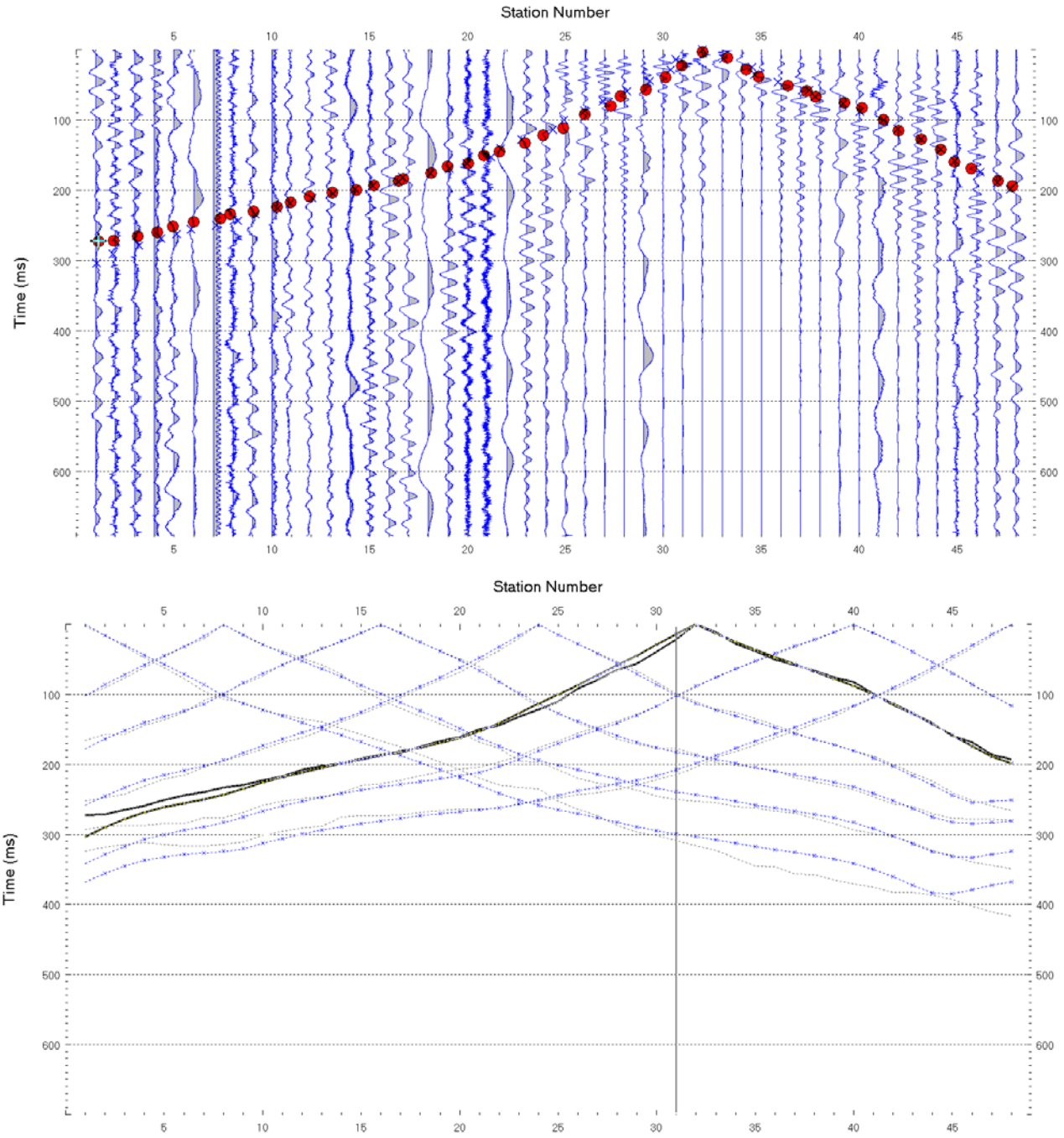




Shot 5

Posizione sorgente X = 67.2 m

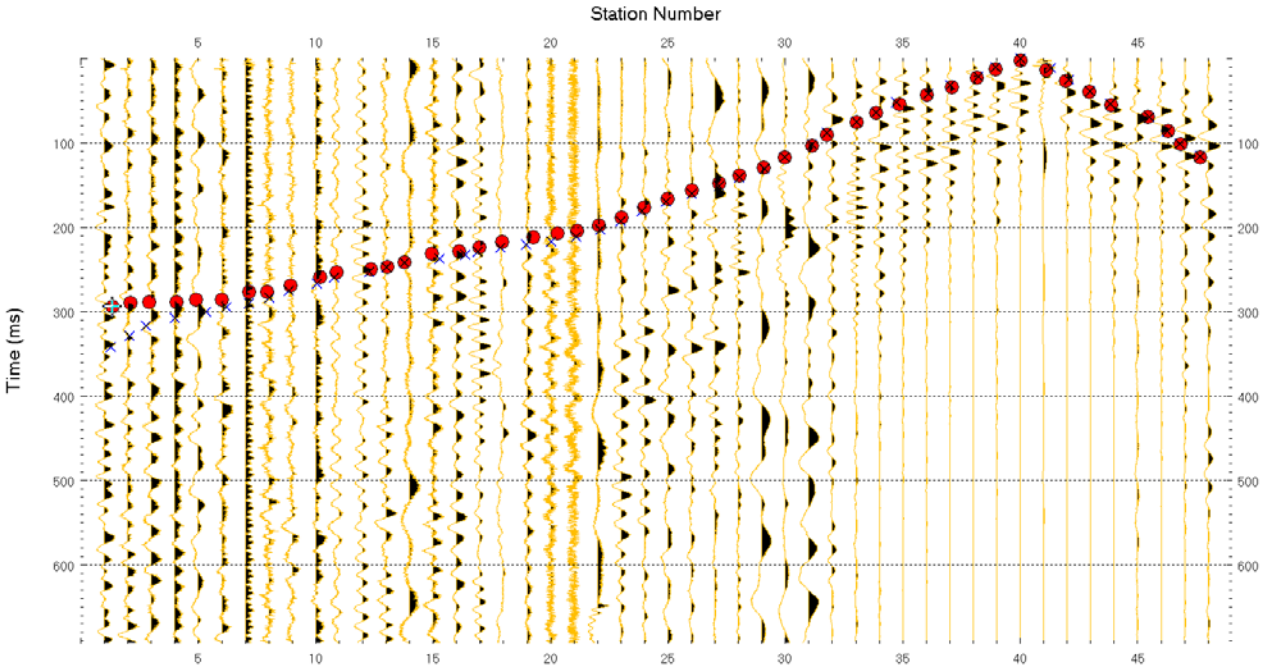
Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

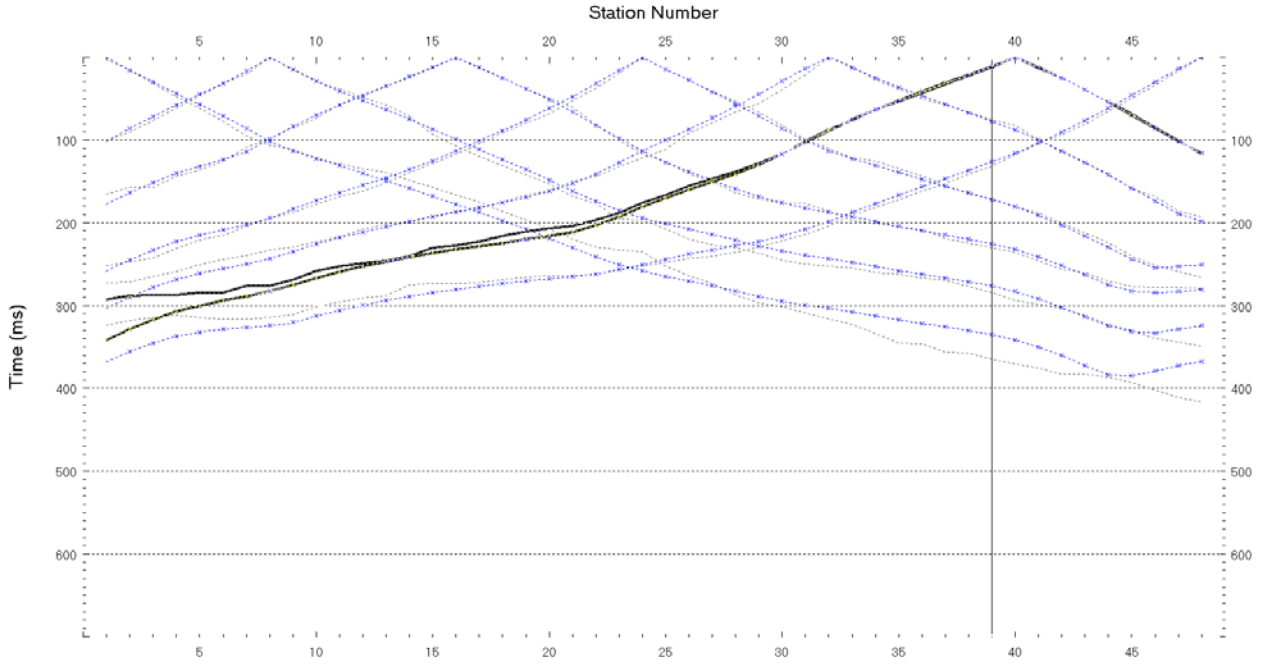


Shot 6

Posizione sorgente X = 84 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.

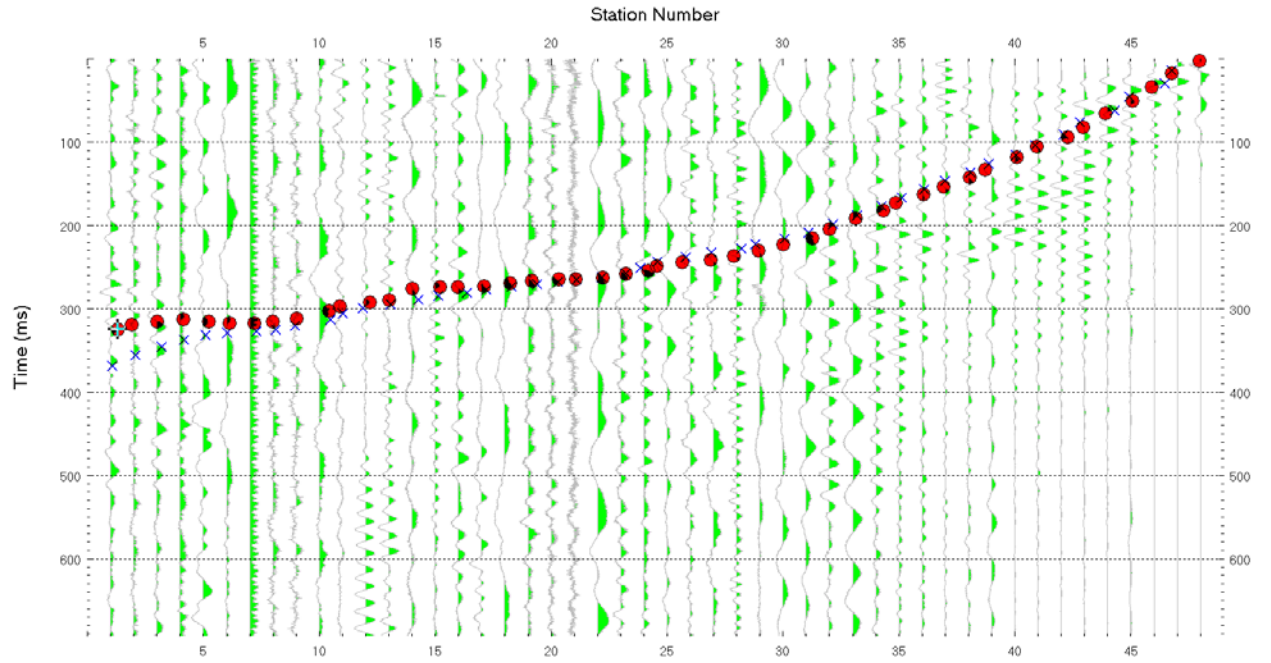


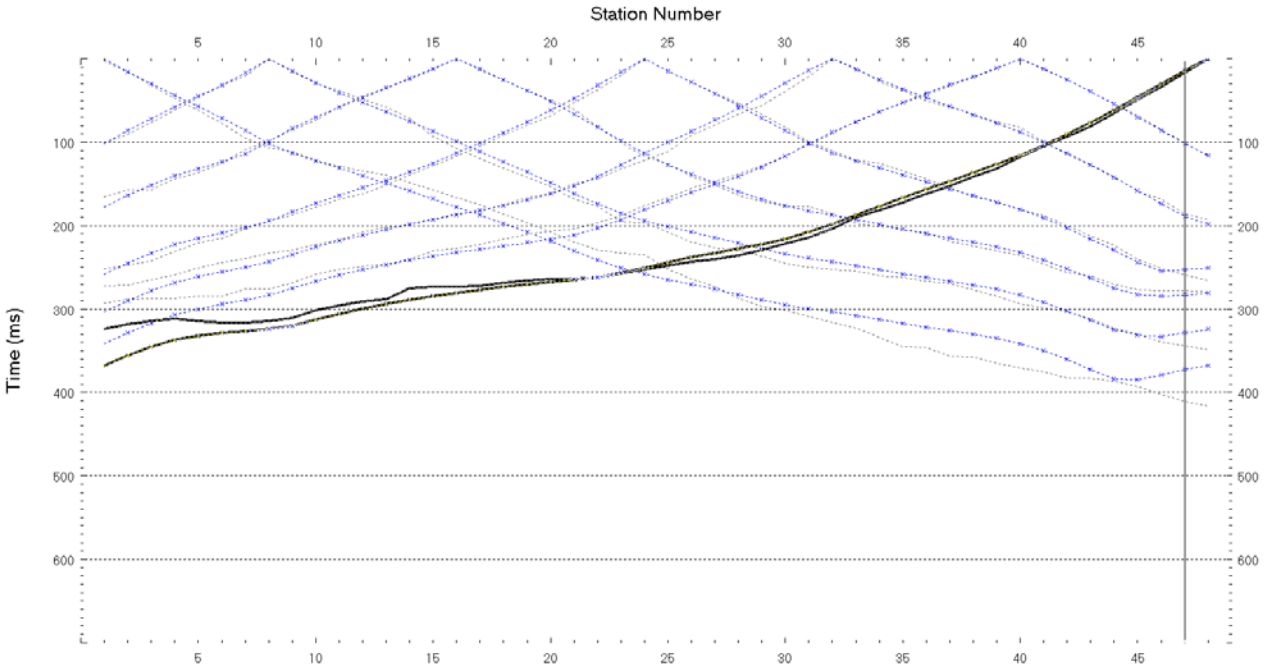


Shot 7

Posizione sorgente X = 100 m

Quota sorgente Z = 63 m s.l.m.





Le elaborazioni effettuate mediante l'approccio tomografico hanno consentito di ricostruire il modello sismo-stratigrafico di sottosuolo dell'area investigata relativamente alla distribuzione di velocità delle onde S (Vs) (**Fig. 9**). Le sezioni tomografiche riportate di seguito mostrano l'andamento della sismo-stratigrafia del sottosuolo attraverso una scala cromatica associata ad un determinato range di velocità. Lo spessore dei sismo-strati può essere stimato in funzione della scala metrica posta sulle ordinate della sezione tomografica.

L'indagine sismica **SR2** ha raggiunto la profondità massima di investigazione di circa 26 m dal piano campagna (p.c.) in prossimità del centro dello stendimento ed ha restituito un errore di inversione di **3.8 %.**

Dall'interpretazione della sezione tomografica delle onde S sono state individuate, coerentemente con quanto evidenziato nella tomografia delle onde S, n.2 Unità Geosismiche (**U.G. 1** e **U.G. 2**). L'unità **U.G. 1** si individua fino alla profondità di circa 4-6 metri dal piano campagna (p.c.) ed è caratterizzata da velocità delle onde di compressione (Vs) variabile tra 140 m/s e 200 m/s. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento sismico, tali valori sono correlabili a depositi piroclastici sciolti mediamente addensati. L'unità **U.G. 2** raggiunge la massima profondità di indagine ed è caratterizzata da Vs comprese tra 220 m/s e 440 m/s. In riferimento ai sondaggi stratigrafici presenti nell'area di indagine, tali valori potrebbero essere ascrivibili a depositi tufacei, il cui grado di litificazione aumenta proporzionalmente con la profondità.

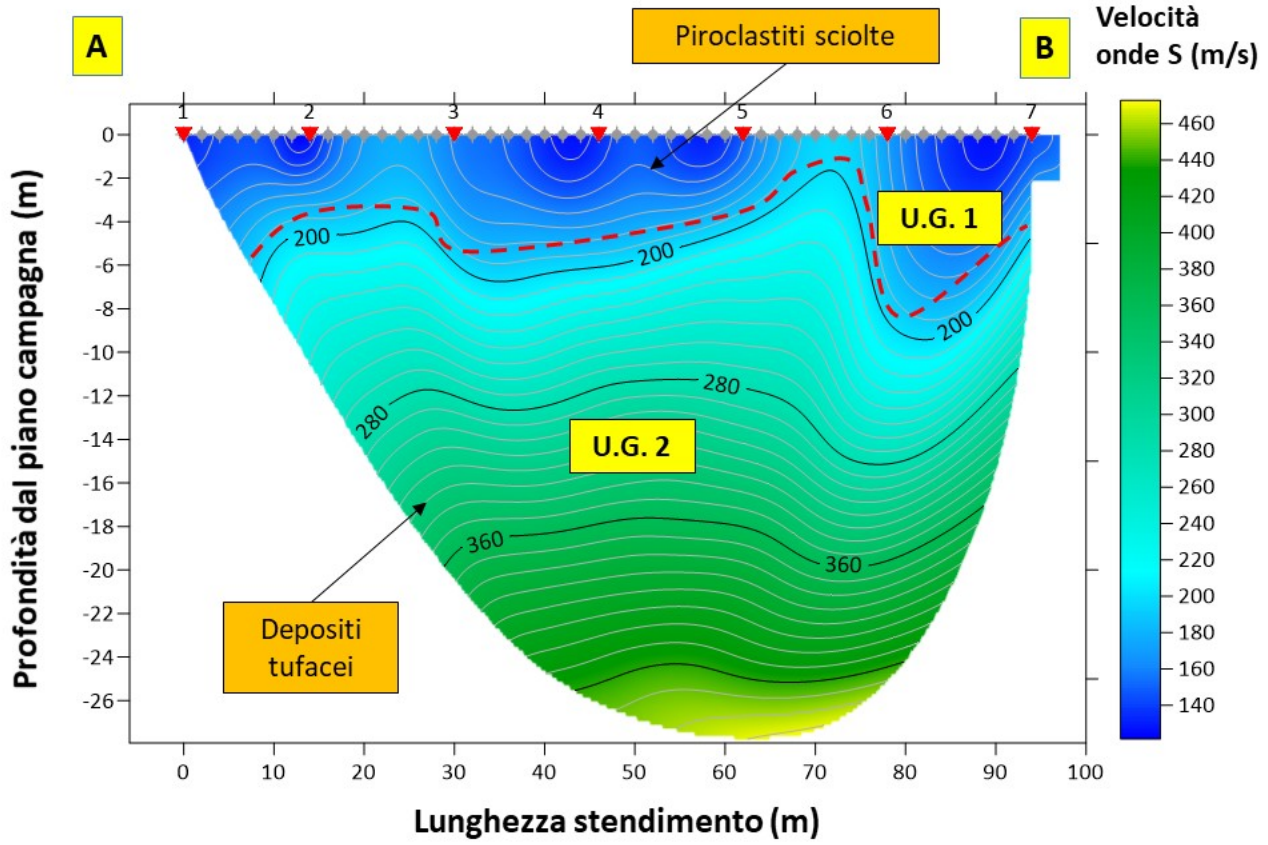


Fig. 9 - Tomografia sismica delle onde S.

3. INDAGINE GEOFISICA GEOELETTRICA

Il metodo geoelettrico consiste nella determinazione sperimentale dei valori di resistività elettrica che caratterizzano il sottosuolo. Mediante l'utilizzo di appropriate strumentazioni si immette corrente elettrica nel terreno e si esegue una successione di misure in superficie con una serie di elettrodi opportunamente posizionati e infissi nel terreno.

L'apparecchiatura per la misura della resistività è formata schematicamente da:

Un sistema per l'immissione di corrente nel terreno (batteria o generatore di corrente);

Una serie di elettrodi (minimo quattro: A e B elettrodi di corrente, M e N elettrodi di potenziale) (**Fig. 10**);

Strumenti per la misura dell'intensità di corrente immessa nel terreno mediante gli elettrodi A e B e della differenza di potenziale tra i due elettrodi M e N.

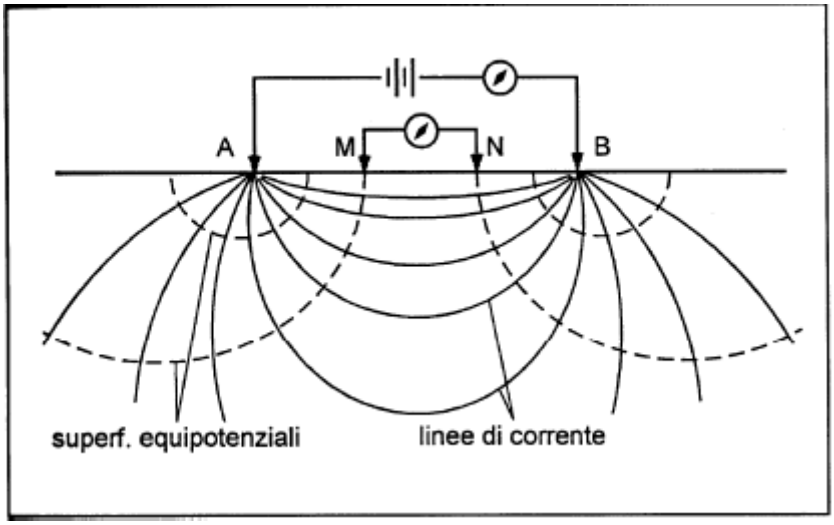


Fig. 10 - Linee di corrente e superfici equipotenziali per una coppia di elettrodi A e B in un semispazio omogeneo.

Per la maggior parte degli impieghi vengono utilizzate apparecchiature a corrente alternata a bassa frequenza (60-120Hz): ciò elimina la necessità di impiegare elettrodi non polarizzabili o di misurare o annullare i potenziali spontanei. La resistività è alquanto più bassa di quella misurata con l'impiego di corrente continua. Gli elettrodi sono usualmente dei picchetti di bronzo, rame o acciaio inox di lunghezza da 25-40 cm, con collegamenti a mezzo di spinotti.

Gli elettrodi vengono infissi nel terreno in modo da produrre un buon contatto. In caso di suoli secchi o a granulometria grossolane, si può migliorare il contatto con l'uso di soluzioni saline versate o semplicemente acqua attorno agli elettrodi.

I dati dei rilievi geoelettrici sono usualmente presentati in forma di valori di resistività apparente: questa è definita come la resistività di un semispazio elettricamente omogeneo ed isotropo che presenti gli stessi rapporti misurati tra la corrente applicata e la differenza di potenziale per una data disposizione e spaziatura degli elettrodi.

Un'equazione che dia la resistività apparente in funzione di corrente applicata, distribuzione del potenziale e disposizione degli elettrodi può essere sviluppata attraverso l'esame della distribuzione di potenziale dovuta ad un singolo elettrodo di corrente; da questa, per sovrapposizione, può essere ricostruito l'effetto di una coppia di elettrodi o di ogni altra combinazione.

Si consideri un elettrodo puntiforme in un mezzo semi-infinito elettricamente omogeneo, che rappresenta un ipotetico terreno omogeneo: se questo porta corrente, il potenziale in ogni punto del mezzo o sulla superficie limite del semispazio è dato da:

$$U = \rho \frac{I}{2\pi r} \qquad (1)$$

Dove:

U = potenziale elettrico (Volt);

ρ = resistività del mezzo (Ohm·m)

r = distanza dall'elettrodo (m);

I = intensità di corrente immessa (Ampere).

Per una coppia di elettrodi, con corrente I nell'elettrodo A e corrente –I nell'elettrodo B, il potenziale in un punto è dato da dalla somma algebrica dei singoli contributi:

$$U = \rho\frac{I}{2\pi r_A} - \rho\frac{I}{2\pi r_B} = \frac{\rho I}{2\pi}\left[\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right] \tag{2}$$

Dove r_A e r_B sono le distanze del punto dagli elettrodi A e B.

In aggiunta agli elettrodi di corrente, la Fig. 3 mostra una coppia di elettrodi M e N, tra i quali viene misurata la differenza di potenziale V. Seguendo l'equazione (2), la differenza di potenziale risulta così definita:

$$V = U_M - U_N = \frac{\rho I}{2\pi}\left[\frac{1}{\overline{AM}} - \frac{1}{\overline{BM}} + \frac{1}{\overline{BN}} - \frac{1}{\overline{AN}}\right] \tag{3}$$

Dove U_M e U_N sono i potenziali in M e N; AM, BM, BN e AN sono le distanze effettive tra gli elettrodi. La quantità tra parentesi quadra, funzione della spaziatura tra gli elettrodi, può essere indicata con la notazione 1/K, il che permette di riscrivere l'equazione come:

$$V = \frac{\rho I}{2\pi}\frac{1}{K} \tag{4}$$

E risolvendo per la resistività, si ottiene:

$$\rho = 2\pi K\frac{V}{I} \tag{5}$$

La resistività del mezzo può quindi essere ricavata dai valori misurati di V, I e dal fattore geometrico K, funzione unicamente della disposizione elettrodica. Nelle misure reali sul terreno, la notazione ρ relativa ad un mezzo fittizio è sostituita da ρ_a o resistività apparente.

Il rilevamento geoelettrico consiste nell'uso dei valori di resistività apparente derivati da misure di campo in vari punti e con diverse configurazioni per stimare la vera resistività dei diversi strati e ricostruire spazialmente i loro limiti al di sotto della superficie topografica.

Una configurazione di elettrodi con spaziatura costante viene utilizzata per riconoscere variazioni laterali di resistività apparente che possono riflettere variazioni litologiche. Per indagare sui cambiamenti in profondità, si aumenta la spaziatura degli elettrodi.

2.2. Proprietà elettriche di rocce e sedimenti

La maggior parte delle rocce presenta caratteri di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta quindi essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa sì che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica si comportano come dei cattivi conduttori di calore, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica ρ (*Ohm·m*). La resistività è pertanto una proprietà assai variabile, anche all'interno della stessa formazione: ciò è particolarmente vero per i materiali poco consolidati prossimi alla superficie, come detriti e regolite. Nelle tabelle 1 e 2 sono forniti alcuni valori indicativi della resistività di rocce e sedimenti, valori che vanno utilizzati con le limitazioni suddette.

La **Tabella 1** mostra gli intervalli di resistività per alcuni litotipi, e, come si può osservare, spesso questi valori si sovrappongono e ciò rende problematica la fase di identificazione della roccia.

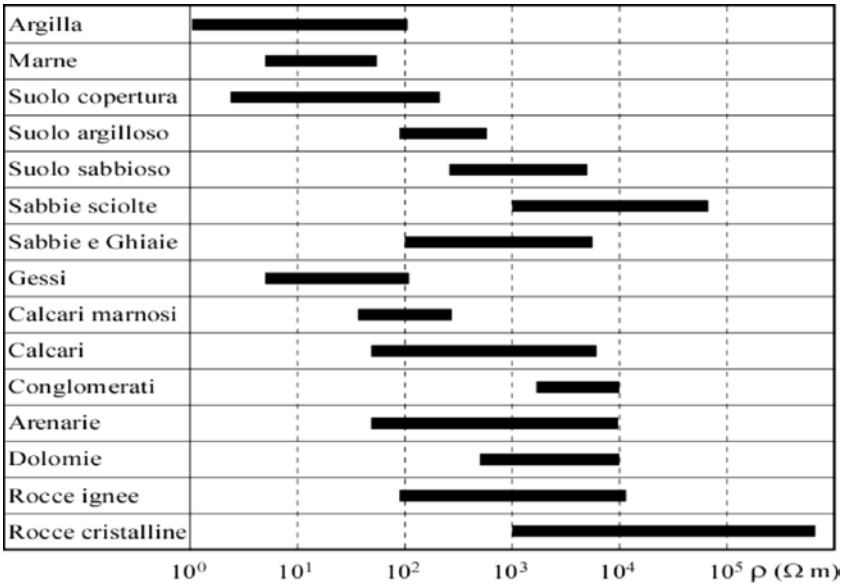


Tabella 1 – Valori indicativi di resistività (*Ohm·m*) di alcuni litotipi.

La **Tabella 2** associa gli intervalli di resistività (ρ) a quelli di porosità (φ). Sono evidenziati in rosso i valori di resistività dei litotipi più rappresentativi rinvenuti nei sondaggi stratigrafici eseguiti.

LITOTIPO	ρ (*Ω·m*)	ϕ (%)
Acqua	10-100	-
Acqua di mare	2-3	-
Arenarie	200-5000	7-34
Argille	**1-50**	40-70
Sabbie e Ghiaie	70-700	30-60
Marne	100-500	8-15
Graniti	1000-20000	0.2-0.1
Piroclastiti	**50-600**	15-60
Rocce ignee	100-10000	30-100
Tufi	**150-900**	10-40
Detrito alluvionale	50-1000	15-60
Calcari	300-10000	2-30
Dolomie	500-10000	2-20
Suolo di copertura	10-200	60-90

Tabella 2 – Valori indicativi di resistività (*Ohm·m*) e di porosità (%) di alcuni litotipi.

2.3. Stendimento elettrodico in configurazione Wenner

Il metodo Wenner è di tipo simmetrico con uguale spaziatura *a* tra gli elettrodi di corrente *I* indicati con le sigle *A* e *B* e due elettrodi di potenziale *V* indicati con le sigle *M* e *N* (**Fig.11a**).

Per i *SEO* (Sondaggi Elettrici Orizzontali) l'intero allineamento viene traslato su stesso per rilevare eventuali variazioni laterali di resistività elettrica (**Fig. 11b**).

Nella configurazione di Wenner il fattore geometrico è dato da:

$$K = 2\pi a \tag{6}$$

Per ogni spaziatura elettrodica vengono misurati i valori di potenziale *V* (*Volt*) agli elettrodi *M* e *N* e, contemporaneamente, vengono misurati i valori di intensità di corrente *I* (*Ampere*) immessa nel terreno per mezzo degli elettrodi *A* e *B*. Il potenziale elettrico *V* e la corrente *I* misurati permettono di calcolare i valori di resistività apparente *ρa* del terreno applicando la seguente formula:

$$\rho_a = 2\pi a \frac{V}{I} \tag{7}$$

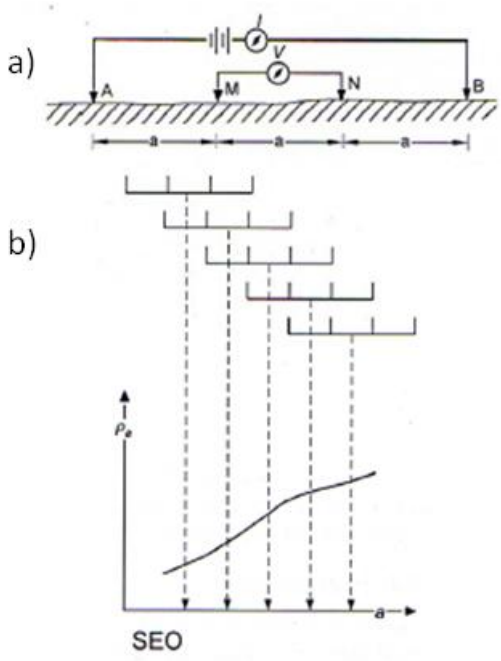


Fig. 11 – Stendimento Wenner: a) schema di disposizione degli elettrodi; b) progressiva traslazione dello stendimento elettrodico per un Sondaggio Elettrico Orizzontale (SEO).

2.4. Stendimento elettrodico in configurazione Schlumberger

Il metodo Schlumberger usa una coppia di elettrodi di potenziale *MN* tra loro molto vicini e una coppia di elettrodi di corrente *AB* posti a distanza maggiore (**Fig. 12a**). Lo stendimento può essere simmetrico (**Fig. 12b**) o asimmetrico (**Fig. 12c**).

Nei SEO (Sondaggi Elettrici Orizzontali) lo stendimento Schlumberger può essere usato in maniere differenti. Un primo metodo consiste nell'usare una spaziatura larga per *AB* e muovere *MN* lateralmente tra di essi. La sola limitazione è che gli elettrodi *MN* non devono avvicinarsi agli elettrodi *A* o *B* a una distanza inferiore a 4*MN*. Un secondo metodo consiste nel muovere lateralmente l'intero stendimento mantenendo una geometria costante.

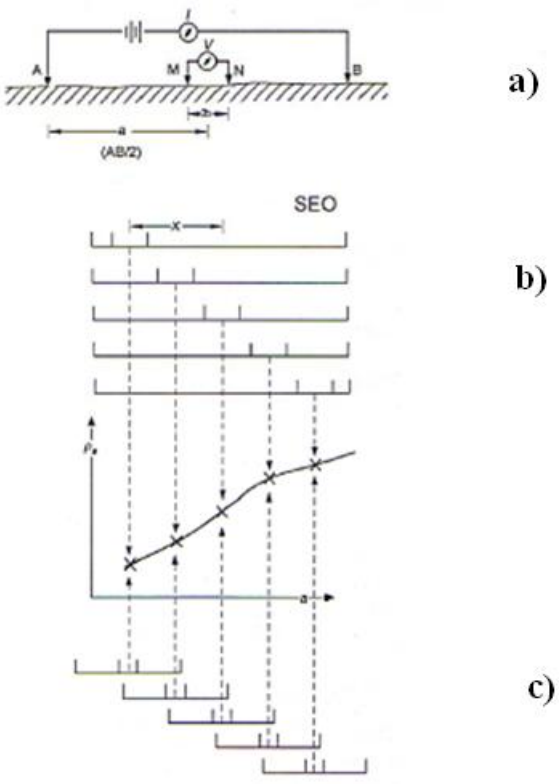


Fig. 12 – Stendimento Schlumberger: a) schema di disposizione degli elettrodi; b) Sondaggio Elettrico Orizzontale (SEO) con stendimento asimmetrico e progressivo spostamento degli elettrodi di misura; c) SEO con stendimento simmetrico e spostamento di tutto lo stendimento con distanze fisse.

Per stendimenti simmetrici la resistività apparente è data da:

$$\rho_a = K\frac{\Delta V}{I} \tag{8}$$

Dove:

$$K = \frac{\pi\left(a^2 - b^2\right)}{2b} \tag{9}$$

Dato che b (MN/2) è molto piccolo la precedente espressione (9) viene semplificata con la seguente:

$$K = \frac{\pi a^2}{2b} \tag{10}$$

Per stendimenti asimmetrici il coefficiente K nella (8) sarà:

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a-x-b} - \frac{1}{a+x+b}\right) - \left(\frac{1}{a-x+b} - \frac{1}{a+x-b}\right)} \tag{11}$$

2.5. Metodo della caricabilità

La polarizzazione indotta (IP) è un fenomeno elettrico che si manifesta all'interno di mezzi sia nel dominio del tempo, con tensioni di rilassamento all'interruzione di un flusso di corrente elettrica energizzante a gradino, che nel dominio delle frequenze, con una precisa legge di dispersione della resistività elettrica al variare della frequenza di un flusso di corrente alternata energizzante.

Le sorgenti di polarizzazione indotta dette di caricabilità possono essere:

- Connesse ai processi ossido-riduttivi lungo l'interfaccia tra grani metallici e fluidi interstiziali (polarizzazione di elettrodi) utili nel riconoscere corpi metallici di origine antropica;
- Riferite ad accumuli ionici in elettroliti in movimento a seguito di variazioni di mobilità lungo il percorso (polarizzazione elettrocinetica) acqua, idrocarburi e percolato in movimento;
- Associate alla presenza di argille e sabbie contenenti acque saline, che mostrano entrambe basse resistività o, in assenza di soluzioni saline disciolte, di lenti di argilla in orizzonti ghiaiosi.

2.6. Acquisizione dei dati

La fase di acquisizione è stata preceduta dalla verifica dell'assenza di resistenze di contatto, ovvero quel valore di resistenza proprio non del mezzo da investigare ma dell'interferenza elettrica data da uno scadente contatto elettrodo-terreno. Dopo aver verificato il buon contatto elettrico tra gli elettrodi e il mezzo da investigare si è proceduto alla fase di acquisizione.

Per l'indagine sono stati utilizzati elettrodi in acciaio inox con spaziatura di costante.

L'indagine è stata effettuata con geoeresitivimetro **SYSCAL R1 PLUS SWITCH** della *Iris Instruments* (**Fig. 13**), acquisitore digitale modulare per prospezione geoelettrica multielettrodo. Il georesistivimetro è dotato di un sistema di gestione automatica degli elettrodi, in grado cioè di commutare gli elettrodi disposti lungo la sezione da investigare in elettrodi di immissione di corrente (punti di energizzazione del terreno) e in elettrodi di misura del potenziale elettrico con tutte le possibili combinazioni quadripolari (in configurazione Dipolo-Dipolo e Wenner-Schlumberger).

Fig. 13 - Georesistivimetro SYSCAL RI PLUS SWITCH.

Il geoeresitivimetro **SYSCAL R1 PLUS SWITCH** è uno strumento compatto e versatile e viene utilizzato per indagini geoelettriche dettagliate con molteplici possibilità di impiego:

- ✓ Misure multielettrodo per tomografie 2D e 3D di resistività elettrica, con configurazioni di acquisizione di tipo Dipolo-dipolo/Wenner/Wenner–Schlumberger, per ricerche di cavità naturali o antropiche, geoarcheologia, corpi e strutture sepolti, ricerche d'acqua;
- ✓ Misure quadripolari per SEV - Sondaggi elettrici verticali, con stendimenti elettrodici di tipo Wenner/Schlumberger, per ricerche d'acqua;
- ✓ Misure multielettrodo per tomografie 2D e 3D di polarizzazione indotta (caricabilità) con configurazioni di acquisizione di tipo Dipolo-dipolo/Wenner/Wenner–Schlumberger, per ricerca plume inquinanti e corpi metallici;
- ✓ Misure dei potenziali spontanei per localizzazione di perdite dalla geomembrana (berma impermeabile) in aree di discarica e per la definizione della geometria del corpo della discarica.

I dati ottenuti in fase di acquisizione hanno consentito la costruzione di una matrice di valori di resistività la cui inversione, mediante complessi algoritmi matematici, ha restituito la definizione della distribuzione di resistività elettrica del mezzo investigato.

Le misure di resistività acquisite sono state elaborate tramite i software di inversione *Res2DInv* e *ResIPy*.

Di seguito sono riportate le caratteristiche tecniche delle indagini eseguite:

- ➢ **Numero di stendimenti**: 3;
- ➢ **Numero di elettrodi**: 48 per ogni stendimento;
- ➢ **Distanza inter-elettrodica**: 2 metri – 1,6 metri;
- ➢ **Tipologia di stendimenti**: configurazione Wenner-Schlumberger in resistività e caricabilità;
- ➢ **Sorgente elettrica utilizzata**: batteria 12 V.

2.6.1. ERT 1

Lo stendimento elettrodico di tomografia elettrica (ERT), la cui ubicazione è mostrata in **Fig. 14**, è stato realizzato in configurazione Wenner-Schlumberger sfruttando il metodo della resistività e della caricabilità. La linea di misura è costituita da 48 elettrodi con distanza interelettrodica di 2 m, per una lunghezza totale di 96 m.

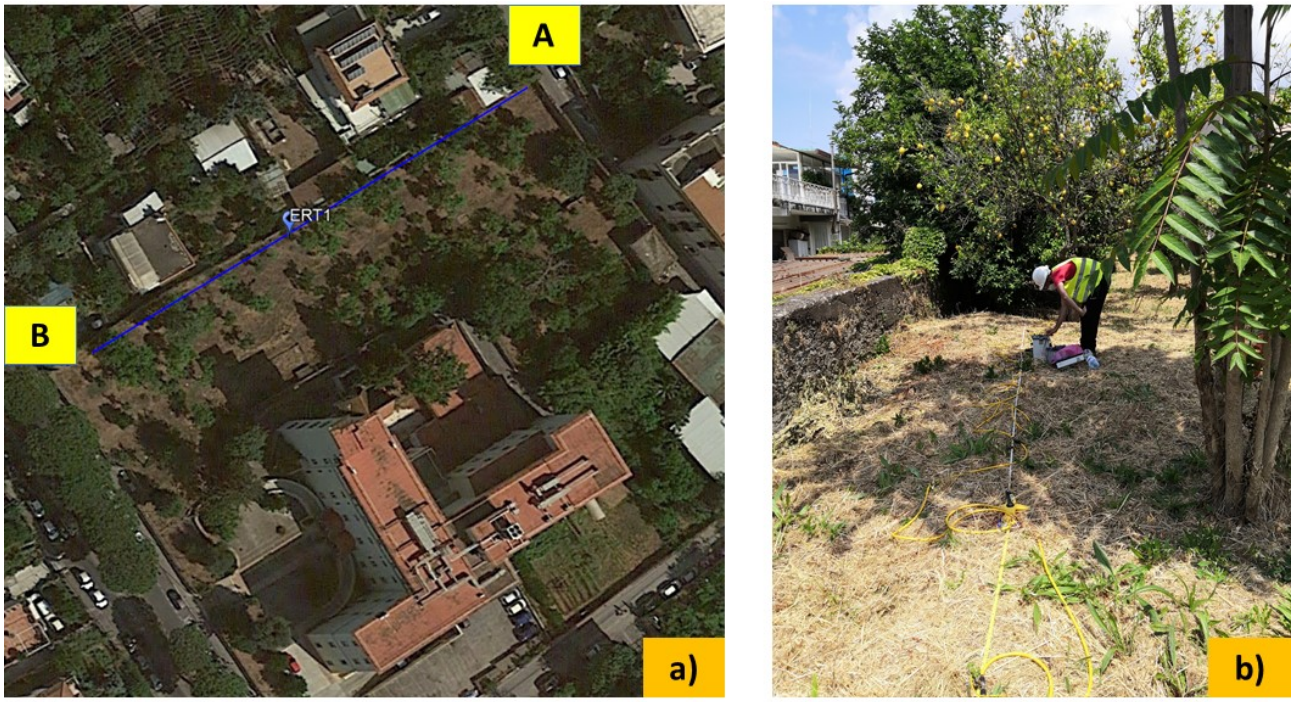


Fig. 14 – Ubicazione dell'indagine ERT 1 (a) e relativo stendimento (b).

La prospezione geoelettrica ha raggiunto la profondità di circa 20 m dal piano campagna (p.c.). L'elaborazione dei dati ha restituito un errore di inversione di **2.2 %.**

La tomografia elettrica 2D ottenuta mediante approccio di inversione e riportata in **Fig. 15** (vista in sezione e in pianta) mostra la presenza di n. 2 elettrostrati (**E.S. 1** ed **E.S. 2**) aventi spessori pressoché costanti. L'**E.S. 1** è posto fino alla profondità di circa 5 metri dal piano campagna (p.c.) ed è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività ricadenti nel range 5-70 ohm.m. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento e con i valori riportati nella Tabella 1, tale elettrostrato potrebbe essere associabile a depositi piroclastici sciolti, classificati dal punto di vista granulometrico come sabbie argillose debolmente limose. L'**E.S. 2** sottostante, invece, si individua fino alla massima profondità di indagine ed è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività compresi tra 160 ohm.m e 950 ohm.m.

In riferimento alle litologie rinvenute nei sondaggi geognostici, tale elettrostrato potrebbe essere correlabile a depositi tufacei, il cui grado di litificazione varia proporzionalmente all'aumentare della profondità. Inoltre, tra le progressive 48-64 e tra 17 metri e 20 metri circa dal p.c., si individua sia in pianta che in sezione, un'anomalia caratterizzata da una distribuzione dei valori di resistività superiori a 2000 ohm.m che potrebbe essere associata alla presenza di una cavità.

Dal punto di vista della caricabilità dei litotipi, non si riscontrano variazioni significative nella porzione di sottosuolo investigata, caratterizzata da valori compresi nel range 20-120 mV/V.

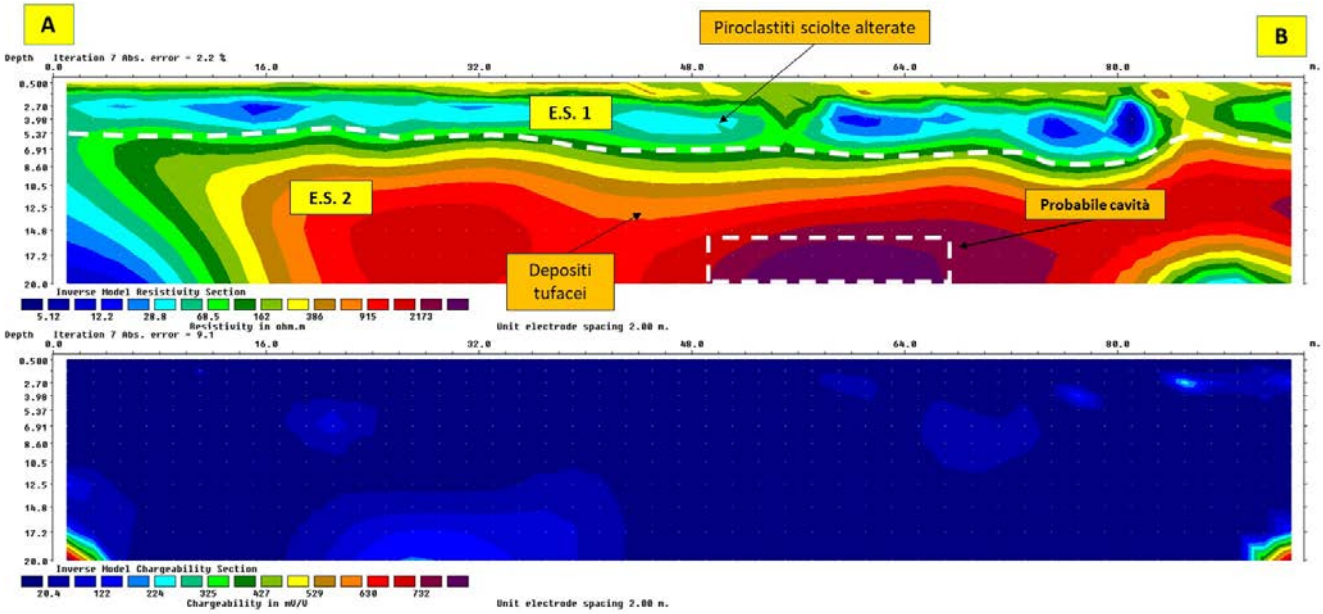


Fig. 15 – Sezione di tomografia elettrica **ERT 1** 2D

2.6.2. ERT 2

Lo stendimento elettrodico di tomografia elettrica (ERT), la cui ubicazione è mostrata in **Fig. 16**, è stato realizzato in configurazione Wenner-Schlumberger sfruttando il metodo della resistività e della caricabilità. La linea di misura è costituita da 48 elettrodi con distanza interelettrodica di 2 m, per una lunghezza totale di 96 m.

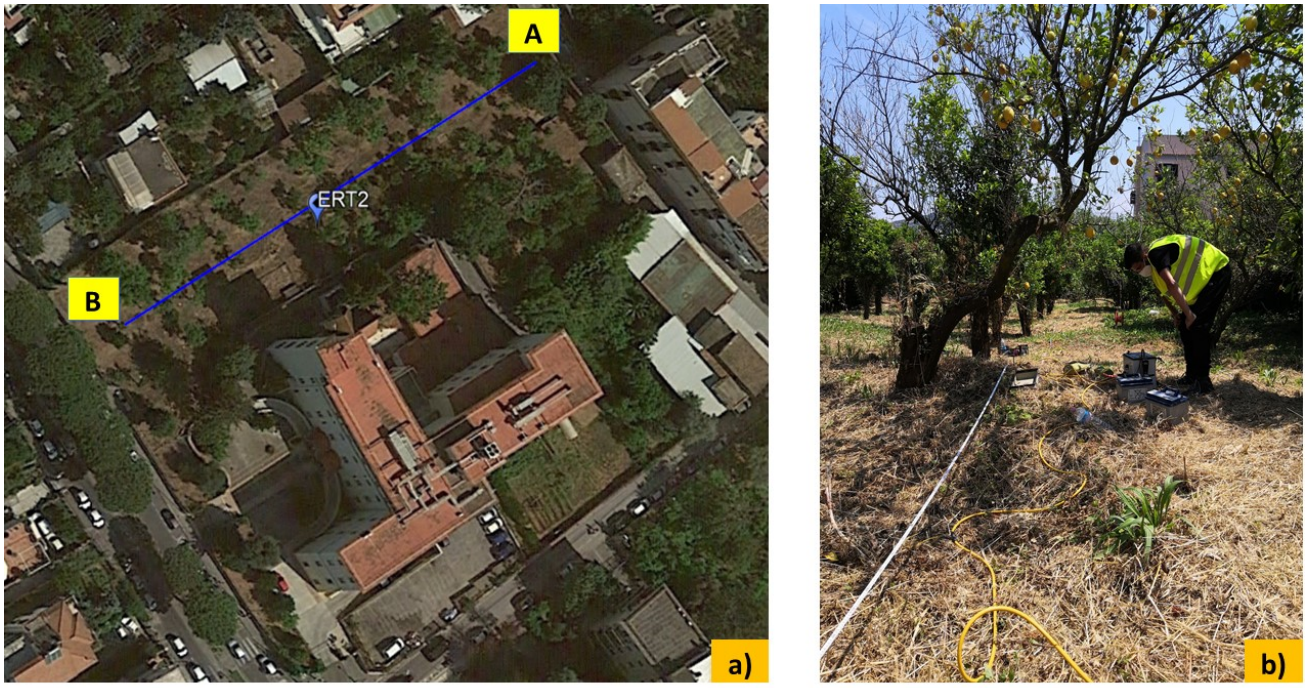


Fig. 16 – Ubicazione dell'indagine ERT 2 (a) e relativo stendimento (b).

La prospezione geoelettrica ha raggiunto la profondità di circa 21 m dal piano campagna (p.c.). L'elaborazione dei dati ha restituito un errore di inversione di **1.9 %.**

La tomografia elettrica 2D ottenuta mediante approccio di inversione e riportata in **Fig. 17** (vista in sezione e in pianta) mostra la presenza di n. 2 elettrostrati (**E.S. 1** ed **E.S. 2**) aventi spessori pressoché costanti, coerentemente con quanto evidenziato dalla **ERT 1**. L'**E.S. 1** è posto fino alla profondità di circa 5 metri dal piano campagna (p.c.) ed è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività ricadenti nel range 5-70 ohm.m. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento e con i valori riportati nella Tabella 1, tale elettrostrato potrebbe essere associabile a depositi piroclastici sciolti, classificati dal punto di vista granulometrico come sabbie debolmente limose. L'**E.S. 2** sottostante, invece, si individua fino alla massima profondità di indagine ed è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività compresi tra 160 ohm.m e 1100 ohm.m.

In riferimento alle litologie rinvenute nei sondaggi geognostici, tale elettrostrato potrebbe essere correlabile a depositi tufacei, il cui grado di litificazione varia proporzionalmente all'aumentare della profondità.

Dal punto di vista della caricabilità dei litotipi, non si riscontrano variazioni significative nella porzione di sottosuolo investigata, eccetto che per la presenza di n.2 anomalie localizzate. Tuttavia, poiché i valori di caricabilità di tali anomalie sono compresi tra 30-120 mV/V, si esclude la presenza di sostanze inquinanti.

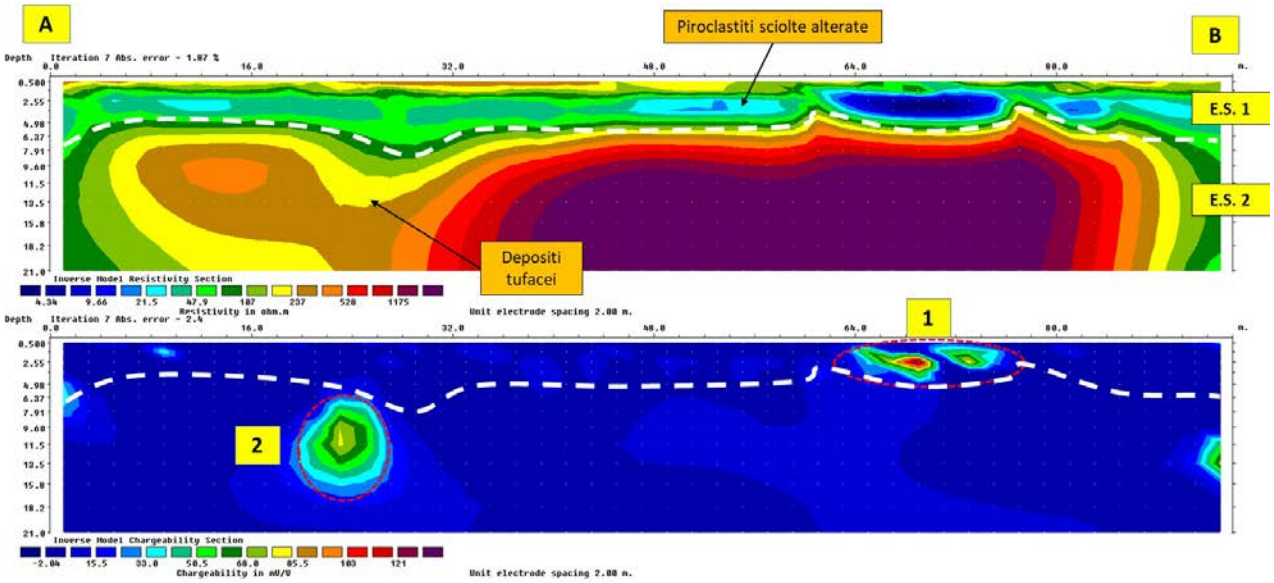


Fig. 17 – Sezione di tomografia elettrica **ERT 2** 2D

2.6.3. ERT 3

Lo stendimento elettrodico di tomografia elettrica (ERT), la cui ubicazione è mostrata in **Fig. 18**, è stato realizzato in configurazione Wenner-Schlumberger sfruttando il metodo della resistività e della caricabilità. La linea di misura è costituita da 48 elettrodi con distanza interelettrodica di 1.6 m, per una lunghezza totale di 76,8 m.

Fig. 18 – Ubicazione dell'indagine ERT 3 (a) e relativo stendimento (b).

La prospezione geoelettrica ha raggiunto la profondità di circa 17 m dal piano campagna (p.c.). L'elaborazione dei dati ha restituito un errore di inversione di **4.2 %.**

La tomografia elettrica 2D ottenuta mediante approccio di inversione e riportata in **Fig. 19** (vista in sezione e in pianta) mostra la presenza di n. 3 elettrostrati aventi spessore variabile (**E.S. 1**, **E.S. 2** ed **E.S. 3**). L'**E.S. 1** ha uno spessore grossomodo costante e si individua fino a circa 3 metri dal piano campagna (p.c.). È caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività che si attestano intorno a 600 ohm.m e potrebbero essere caratteristici di terreno di riporto.

L'**E.S. 2** sottostante, invece, è caratterizzato da uno spessore variabile, attestandosi fino alla profondità di circa 5-6 metri dal p.c. fra le progressive 0-20 e 51-77, e approfondendosi nella parte centrale dello stendimento fino a 17 metri dal p.c. È caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività compresa nel range 30-80 ohm.m che potrebbero essere correlabili a piroclastiti sciolte alterate. Infine, l'**E.S. 3,** è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività ricadenti nel range 90-600 ohm.m e potrebbe essere ascrivibile a depositi tufacei alterati e scarsamente litificati.

Dal punto di vista della caricabilità dei litotipi, non si riscontrano variazioni significative nella porzione di sottosuolo investigata. I valori di caricabilità sono compresi tra 3-55 mV/V e si esclude, quindi, la presenza di sostanze inquinanti.

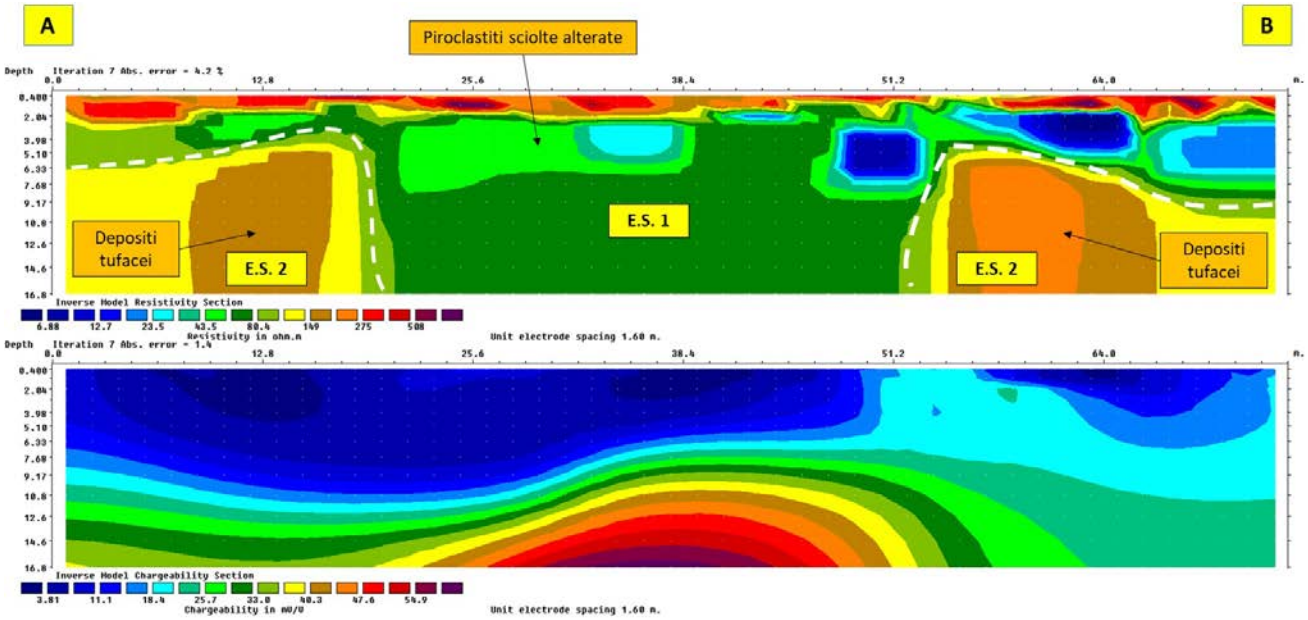
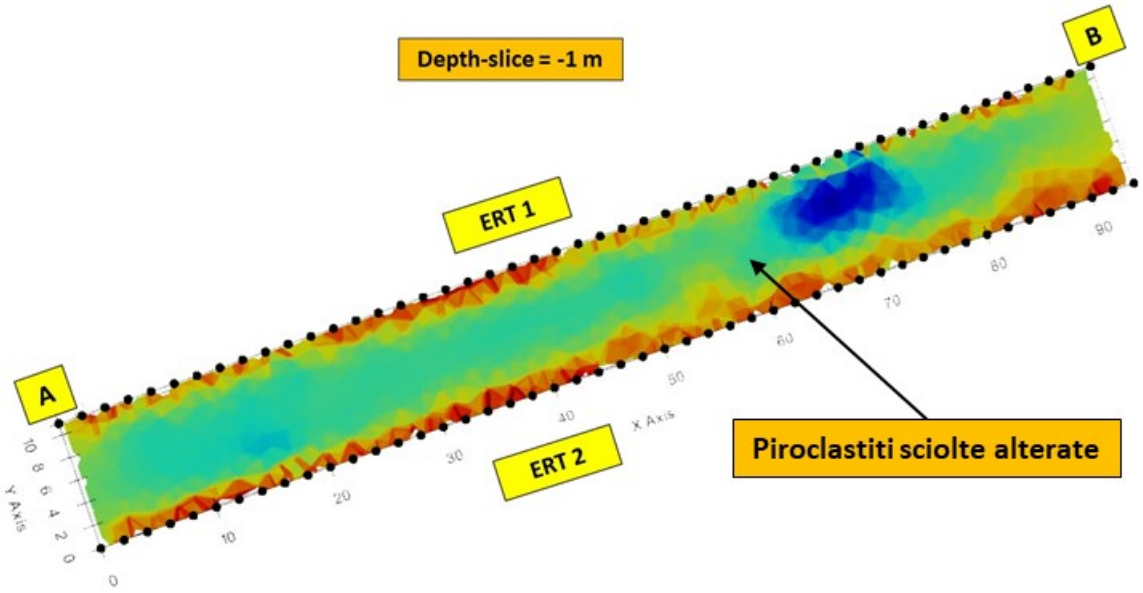


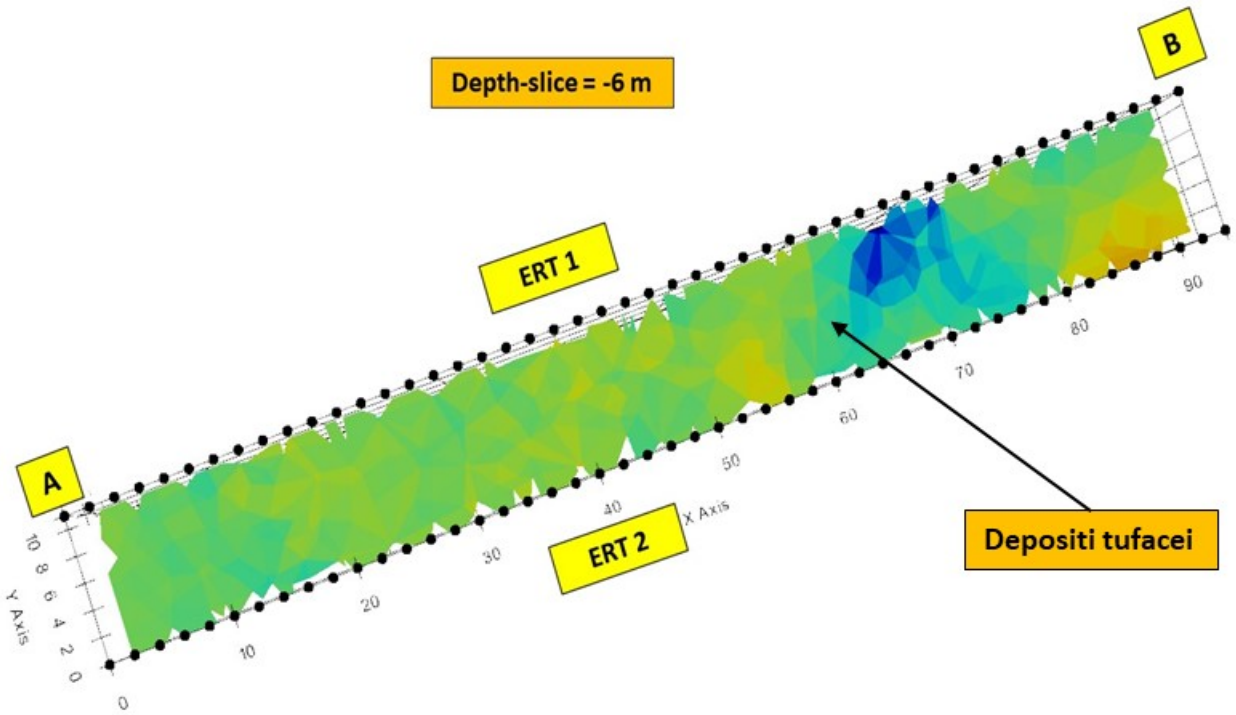
Fig. 19 – Sezione di tomografia elettrica **ERT 3** 2D

2.7. Metodo delle Depth-Slices

Il principale obiettivo nelle prospezioni geoelettriche è quello di identificare le anomalie relative alle riflessioni prodotte dai target sepolti, cercando di ricostruirne la forma, le dimensioni, la profondità e la stratigrafia. È stato quindi possibile fornire un'interpretazione più accurata del modello elettrostratigrafico del sottosuolo sfruttando il metodo delle "*depth-slices*", ossia mappe 2D che rappresentano la distribuzione dei valori di resistività ad una determinata profondità. Questa tecnica di visualizzazione è particolarmente utile in quanto permette il riconoscimento rapido delle geometrie degli elettrostrati e di eventuali rifiuti sepolti a diverse profondità. Le depth-slices rappresentano la fase conclusiva del processing e la loro qualità determina l'attendibilità e l'accuratezza dell'interpretazione finale.

Di seguito si riportano unicamente le depth-slices relative alle sezioni di resistività parallele precedentemente descritte (**ERT 1** ed **ERT 2)**, in quanto dal punto di vista della caricabilità non sono state riscontrate anomalie significative.





G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

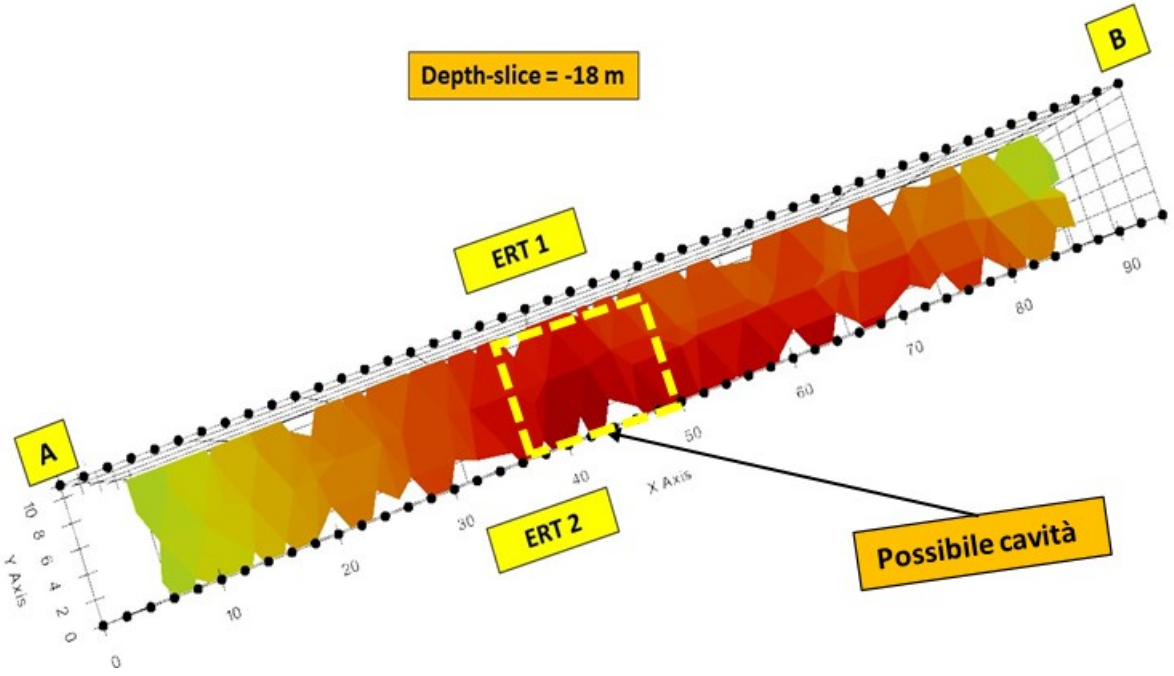


Fig. 20 – Depth-slice alle profondità di 1 m (piroclastiti sciolte), 6 m (depositi tufacei, 18 m (probabile cavità) dal piano campagna.

3. INDAGINE GEOFISICA DOWN HOLE

Le prove sismiche Down-Hole (**Fig. 21**), sono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette, che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità, energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso sono generate prevalentemente onde di compressione (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y).

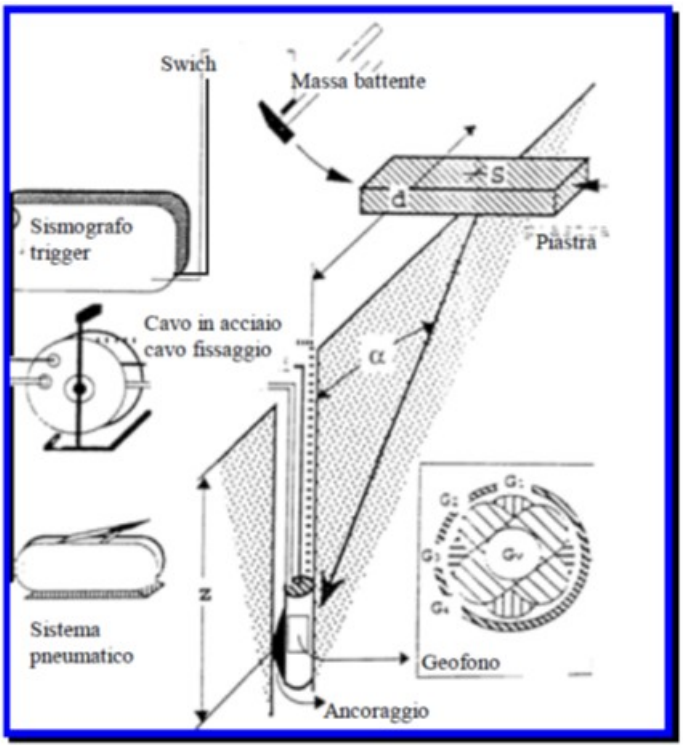


Fig. 21 - Schema tecnico delle indagini Down-Hole

Il sistema di ricezione, costituito da un geofono tridimensionale da foro ad ancoraggio pneumatico, viene calato nel foro, sino alla profondità massima di investigazione e progressivamente sollevato dell'interdistanza propria di ciascuna indagine (nel caso in esame 1 m). Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle di compressione e quindi raggiungeranno il geofono triassiale quando il primo fronte d'onda di compressione è già transitato. Questo passaggio purtroppo costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda trasversale o di taglio. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda di compressione e l'energia dell'onda trasversale (di taglio) a favore di quest'ultima, si

realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni, riduce sensibilmente la componente di compressione presente nel segnale. La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio non superiore il decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'energizzazione fornita al terreno e l'inizio della registrazione sul sismografo si traduce in un errore nei valori di velocità misurati.

3.1. Strumentazione utilizzata e tecniche operative

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- •un sistema di energizzazione sia per le onde P che per le onde S è stata effettuata mediante massa battente. Al fine di facilitare la generazione delle onde trasversali per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, il terreno è stato sollecitato tangenzialmente tramite una traversina di legno bloccata da una Dacia Duster 4X4 e posizionata ad una distanza di circa 1,0 metri dall'asse del foro, in modo da ridurre la dissipazione in fase d'energizzazione, inoltre la registrazione delle onde di taglio per ogni campionamento, è avvenuta mediante due battute aventi opposte direzioni di impatto;

- •un sistema di ricezione costituito da un geofono tridimensionale inserito all'interno del foro del sondaggio geognostico a c.c. opportunamente attrezzato, rivestito adeguatamente con un tubo PVC, mentre è stato cementato lo spazio esistente tra le pareti e il tubo di rivestimento, in modo da garantire la continuità di contatto terreno-tubazione. Il passo di lettura è stato di 1,0 metri e ad ogni acquisizione il geofono è stato reso solidale alla parete del foro, mediante un sistema ad espansione pneumatica. Ogni campionamento è stato caratterizzato da 3 tracce sismiche, relative alla misura della terna di geofoni all'interno del foro;

- •sistema di acquisizione dati: con memoria dinamica a 24 bit composto da 24 dataloggers a 4 canali ciascuno per un totale di 96 canali, sismografo multicanale **M.A.E. modello X 820 S (Figura 21)**, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Fig. 22 - Sismografo multicanale M.A.E. modello X820 S.

Risoluzione campione	ADC Delta-Sigma @24 bit (Fc max 50000 Hz)
Numero di canali	n. 24 - 48 - 72- 96
Banda passante	0-25000Hz / selezionabile Low Pass Filter max.2000Hz
Distorsione massima	0.0005%
Range dinamico	128dB
Common mode rejection	110 dB a 60 Hz
Diafonia	-128dB a 20 Hz
Frequenza di campionamento	Selezionabile da 60 Hz a 52000 Hz
Soglia di rumore dell'amplificatore	1µV
Filtro anti alias	-3dB, 80% della frequenza di Nyquist, -80dB
Range massimo segnale in ingresso	+/-1.25V
Impedenza di ingresso	39KOhm

Tabella 3 - Caratteristiche tecniche del sismografo utilizzato

3.2. Elaborazione dei dati

L'elaborazione della Down-Hole è stata eseguita svolgendo le seguenti fasi:

- picking dei primi arrivi delle onde P e delle onde S;
- misura dei tempi di ricezione dei primi impulsi rilevati (t)
- calcolo dei tempi verticali (t)

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata con il software *DownHole 2020* della *Geostru*. Gli elaborati relativi sono riportati sia in forma grafica che numerica.

3.3. DOWNHOLE S05

L'indagine Down-Hole è stata svolta nel foro di sondaggio S05_DH, ubicato in prossimità della facciata nord dell'edificio ospedaliero, come riportato in **Fig. 23**, condizionato con tubo PVC ed opportunamente cementato, in modo da rendere solidale il tubo con il terreno circostante.

Fig. 23 - Ubicazione del foro di sondaggio (a) ed esecuzione della prova Down-hole in sito (b)

L'energizzazione per la generazione delle onde di compressione (P) è stata realizzata con mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per facilitare la generazione ed il rilievo delle onde trasversali con adeguata componente sul piano orizzontale (SH) si è utilizzato una traversina in legno, opportunamente ancorata, producendo un impatto laterale. Sono state effettuate, quindi, per ogni stazionamento, due energizzazioni per le onde S (con inversione di fase), con piano di oscillazione prevalentemente orizzontale, e una verticale per la generazione prevalente delle onde P. Le energizzazioni sono state realizzate ad una distanza di 2.5 metri dal boccaforo.

Nella **Tabella 4** sono riportati i valori dei tempi d'arrivo relativi alle onde P e S, i tempi corretti sulla verticale (T corr. P e T corr. S), per tenere conto della distanza del punto di energizzazione dal foro di sondaggio, i valori delle velocità Vp e Vs relativi all'intervallo corrispondente ed infine i principali moduli elastici dinamici: il modulo di taglio (G) e il modulo di compressibilità volumetrica (Ev).

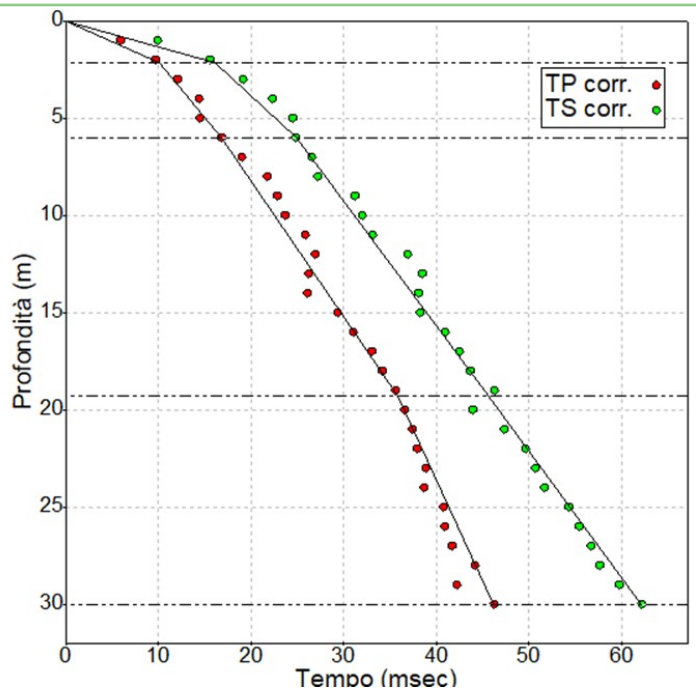
Profondità (m)	T_{oss} P (s)	T_{oss} SH (s)	Dist. Scoppio-Pozzo (m)	T_{corr} P (s)	T_{corr} SH (s)	V_P (m/s)	V_{SH} (m/s)		γ medio (kN/mc)	ρ media (kg/mc)	G medio (Mpa)	Ev medio (Mpa)	v medio	Ed medio (Mpa)	E medio (Mpa)
1	0,0159	0,0267	2,5	0,00591	0,00992	169,34	100,85	0,0099	11,77	1200	122,04	18,14	0,23	34,41	29,91
2	0,0155	0,0249	2,5	0,00968	0,01555	206,55	128,58	0,0078	11,77	1200	198,38	24,75	0,18	51,20	46,96
3	0,0157	0,0249	2,5	0,01206	0,01913	248,73	156,83	0,0064	15,69	1600	393,54	46,52	0,17	98,99	92,09
4	0,017	0,0263	2,5	0,01442	0,02230	277,47	179,35	0,0056	15,69	1600	514,68	54,56	0,14	123,18	117,47
5	0,0162	0,0274	2,5	0,01449	0,02451	345,07	204,02	0,0049	15,69	1600	665,99	101,72	0,23	190,52	164,00
6	0,0182	0,0269	2,5	0,01680	0,02483	357,14	241,64	0,0041	15,69	1600	934,20	79,52	0,08	204,08	201,40
7	0,0202	0,0282	2,5	0,01902	0,02656	367,97	263,58	0,0038	14,71	1500	1042,14	64,15	-0,03	203,11	202,82
8	0,0228	0,0285	2,5	0,02176	0,02720	367,61	294,09	0,0034	14,71	1500	1297,32	29,73	-0,39	202,71	158,56
9	0,0237	0,0324	2,5	0,02284	0,03122	394,13	288,30	0,0035	14,71	1500	1246,71	66,77	-0,08	233,00	230,54
10	0,0244	0,033	2,5	0,02367	0,03201	422,45	312,36	0,0032	14,71	1500	1463,50	72,56	-0,10	267,70	262,54
11	0,0265	0,034	2,5	0,02584	0,03315	425,68	331,78	0,0030	14,71	1500	1651,17	51,65	-0,27	271,80	239,81
12	0,0275	0,0377	2,5	0,02692	0,03691	445,73	325,14	0,0031	14,71	1500	1585,71	86,59	-0,07	298,02	295,39
13	0,0267	0,0392	2,5	0,02622	0,03849	495,81	337,71	0,0030	14,71	1500	1710,71	140,65	0,07	368,75	365,17
14	0,0265	0,0387	2,5	0,02609	0,03810	536,66	367,48	0,0027	17,65	1800	2430,74	194,31	0,06	518,41	514,63
15	0,0298	0,0388	2,5	0,02939	0,03827	510,30	391,93	0,0026	17,65	1800	2764,97	100,07	-0,22	468,73	481,79
16	0,0314	0,0415	2,5	0,03102	0,04100	515,74	390,22	0,0026	17,65	1800	2740,89	113,32	-0,17	478,77	455,24
17	0,0334	0,043	2,5	0,03304	0,04254	514,46	399,60	0,0025	17,65	1800	2874,26	93,16	-0,26	476,40	425,10
18	0,0345	0,0441	2,5	0,03417	0,04368	526,75	412,08	0,0024	17,65	1800	3056,60	91,89	-0,29	499,43	434,83
19	0,0359	0,0467	2,5	0,03559	0,04630	533,81	410,36	0,0024	17,65	1800	3031,10	108,77	-0,22	512,92	471,42
20	0,0369	0,0443	2,5	0,03662	0,04396	546,22	454,98	0,0022	17,65	1800	3726,13	40,23	-0,63	537,05	273,49
21	0,0377	0,0477	2,5	0,03744	0,04737	560,96	443,36	0,0023	17,65	1800	3538,23	94,66	-0,33	566,42	472,61
22	0,0382	0,05	2,5	0,03796	0,04968	579,62	442,83	0,0023	17,65	1800	3529,80	134,09	-0,20	604,73	564,03
23	0,0391	0,051	2,5	0,03887	0,05070	591,70	453,64	0,0022	17,65	1800	3704,15	136,31	-0,21	630,20	583,08
24	0,0389	0,052	2,5	0,03869	0,05172	620,30	464,04	0,0022	17,65	1800	3875,92	175,81	-0,14	692,60	670,24
25	0,041	0,0546	2,5	0,04080	0,05433	612,80	460,16	0,0022	17,65	1800	3811,44	167,75	-0,15	675,94	650,64
26	0,0411	0,0557	2,5	0,04091	0,05544	635,52	468,94	0,0021	17,65	1800	3958,27	199,23	-0,10	727,00	714,37
27	0,0419	0,057	2,5	0,04172	0,05676	647,15	475,71	0,0021	17,65	1800	4073,41	210,72	-0,09	753,84	743,16
28	0,0444	0,0579	2,5	0,04422	0,05767	633,14	485,52	0,0021	17,65	1800	4243,07	155,82	-0,21	721,56	667,25
29	0,0424	0,06	2,5	0,04224	0,05978	686,50	485,13	0,0021	17,65	1800	4236,25	283,47	0,00	848,31	848,30
30	0,0464	0,0624	2,5	0,04624	0,06218	648,79	482,44	0,0021	17,65	1800	4189,40	199,09	-0,12	757,68	738,69

T oss P: tempo di primo arrivo osservato onde P
T oss SH: tempo di primo arrivo osservato onde S (S1+S2)
T corr P: tempo di primo arrivo corretto onde P
T corr SH: tempo di primo arrivo corretto onde S (S1+S2)
V_P: velocità onde P
V_{SH}: velocità media onde S
γ: Peso di volume
G: Modulo di deformazione a taglio
Ev: Modulo di compressibilità volumetrica
v: coefficiente di Poisson
Ed: modulo edometrico
E: modulo di Young

Tabella 4 – Parametri prova Down-Hole.

In accordo con la stratigrafia del sondaggio S30_DH eseguito dalla Ditta *GIT Service S.r.l.*, l'elaborazione dei dati acquisiti ha consentito di ricostruire il seguente modello sismo-stratigrafico (**Fig. 24**):

1. Il primo sismo-strato si individua fino alla profondità di circa **2 m** dal piano campagna (p.c.), con valori di velocità medie delle onde P e delle onde S rispettivamente di **188 m/s** e **115 m/s**. Questo è ascrivibile allo spessore iniziale occupato dal terreno vegetale;
2. Il secondo sismo-strato si individua fino alla profondità di circa **6 m** dal piano campagna (p.c.), con valori di velocità medie delle onde P e delle onde S rispettivamente di **307 m/s** e **195 m/s**. Questo è associabile alla piroclastite sabbioso limosa riscontrata;
3. Il terzo sismo-strato si individua fino alla profondità di circa **20 m** dal piano campagna (p.c.), con valori di velocità medie delle onde P e delle onde S rispettivamente di **471 m/s** e **355 m/s**. Questo è associabile ad uno spessore tufaceo scarsamente litificato rinvenuto nel corso del sondaggio stratigrafico;
4. Il quarto ed ultimo sismo-strato si individua fino alla profondità di circa **30 m** dal piano campagna (p.c.), con valori di velocità medie delle onde P e delle onde S rispettivamente di **621 m/s** e **466 m/s**. Questo è associabile al banco di tufo litoide riscontrato a tali profondità;



2,17	Terreno vegetale (TV)
6,02	Piroclastite sciolta (PS)
19,28	Tufo scarsamente litificato (TSL)
30,00	Tufo litoide (TL)

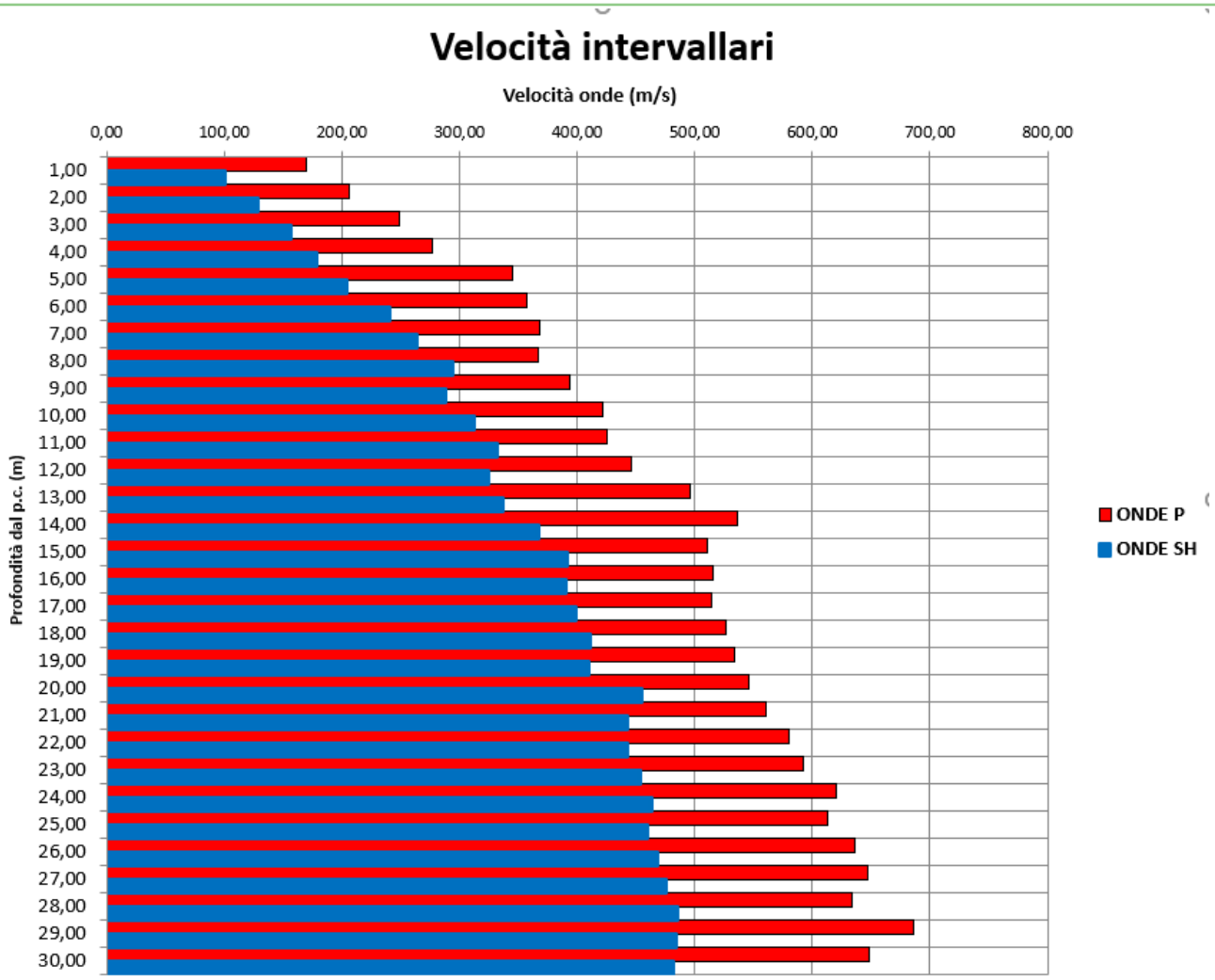


Fig. 24- Modello sismico-stratigrafico e velocità intervallari

	Profondità (m)	Spessore (m)	$V_{P\ media}$(m/s)	$V_{SHmedia}$ (m/s)	E_{medio} (Mpa)	Ed_{medio} (Mpa)	G_{medio} (Mpa)	Ev_{medio} (Mpa)
Strato 1 - TV	2,00	2,00	187,95	114,71	38,44	42,80	160,21	21,44
Strato 2 - PS	6,00	4,00	307,10	195,46	143,74	154,19	627,11	70,58
Strato 3 - TSL	20,00	16,00	471,67	355,69	340,09	381,20	2187,28	89,56
Strato 4 - TL	30,00	10,00	621,65	466,18	665,24	697,83	3915,99	175,69

Tabella 5 – Valori medi dei parametri relativi ai 4 sismo-strati individuati.

Come descritto e riportato nelle NTC 2018, per depositi con profondità del substrato rigido (inteso come formazione geologica avente Vs>800 m/s) superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs,eq è definita dal parametro Vs,30.

Vs,eq = Vs30 = 298,58 m/s

Categoria di suolo: **C**

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

4. INDAGINE GEOFISICA HVSR

Il metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) utilizza segnali sismici ottenuti da stazione sismica singola (Tromografo digitale TROMINO) che misura il tremore sismico. Attraverso i rapporti spettrali di tali segnali, si ha la possibilità di effettuare la misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo, parametro che può essere correlato con gli effetti di sito.

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica locale, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione dei terreni costituenti il sub-strato. In particolare, un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto, ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine.

Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: f=Vs/4h (formula semplificata), dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato. La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). Infatti è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti).

4.1. Strumentazione utilizzata ed elaborazione dei dati

Per eseguire le indagini HVSR è stato utilizzato il tromografo digitale TROMINO **(Fig. 25**). Lo strumento è dotato di tre sensori velocimetrici elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

Fig. 25 - Tromino utilizzato per effettuare le indagini di sismica passiva di tipo HVSR.

L'ancoraggio al suolo avviene tramite infissione di appositi piedini; l'orizzontalità è controllata per mezzo di una bolla sferica.

Il TROMINO viene posizionato con il suo asse maggiore allineato nella direzione N-S e messo in opera nel punto considerato più opportuno nel sito oggetto di indagine. Ottenuto il miglior accoppiamento dei sensori con il terreno, viene messo in acquisizione per un lasso di tempo compreso tra 20-30 min e con una frequenza di campionamento di 512 Hz. Su memoria interna vengono salvati in un unico file i dati rilevati in automatico; si tratta delle velocità misurate secondo le direzioni ortogonali est-ovest, nord-sud (dello strumento) e sulla verticale.

I dati registrati sono stati successivamente elaborati mediante il software *Grilla*.

4.1.1. HVSR 1

L' indagine HVSR è stata svolta all'interno dell'area verde adiacente alla struttura ospedaliera, come indicato in **Fig. 26.**

Fig. 26 – Ubicazione del TROMINO.

Il TROMINO è stato posizionato orientato verso Nord al fine di determinare le frequenze di risonanza caratteristiche del sito e lasciato acquisire in modo manuale per un tempo di 30 minuti.

Risultati

Instrument: TEB-0504/01-19

Data format: 32 bit

Full scale [mV]: 89

Start recording: 29/07/2021 09:08:09 End recording: 29/07/2021 09:38:09

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h30'00". Analyzed 28% trace (manual window selection)

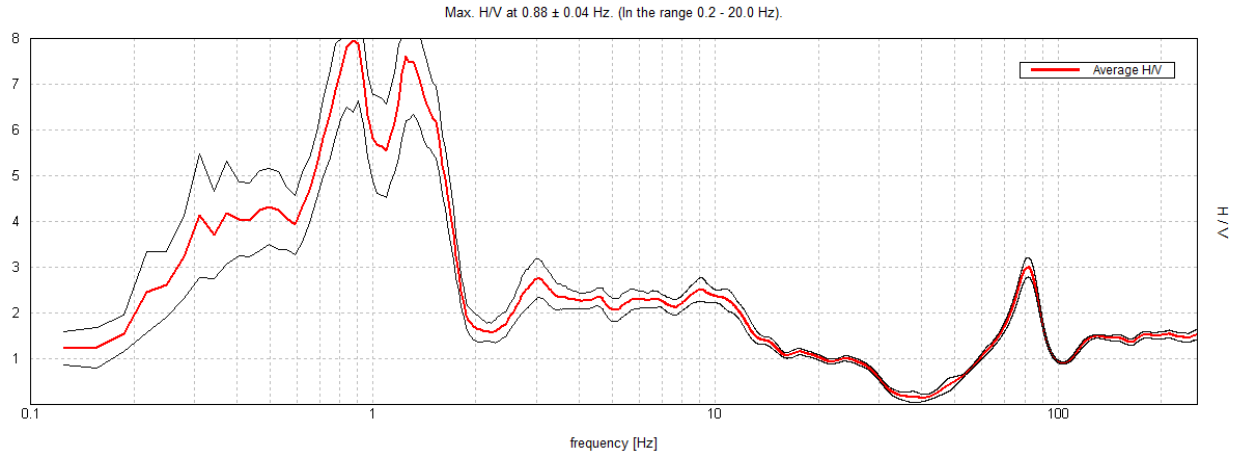
Sampling rate: 512 Hz

Window size: 20 s

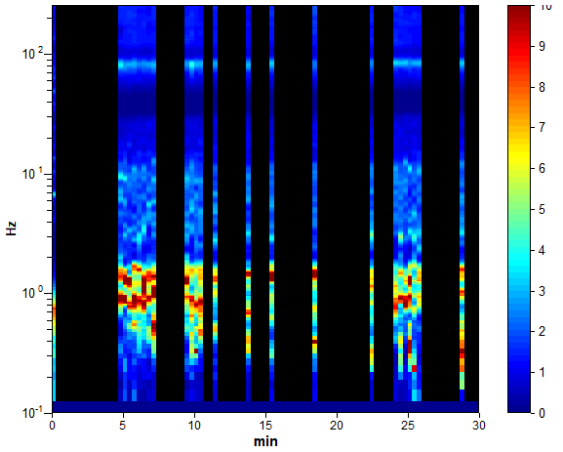
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

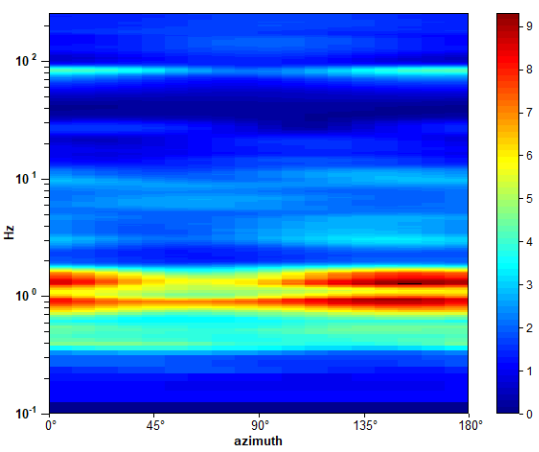
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



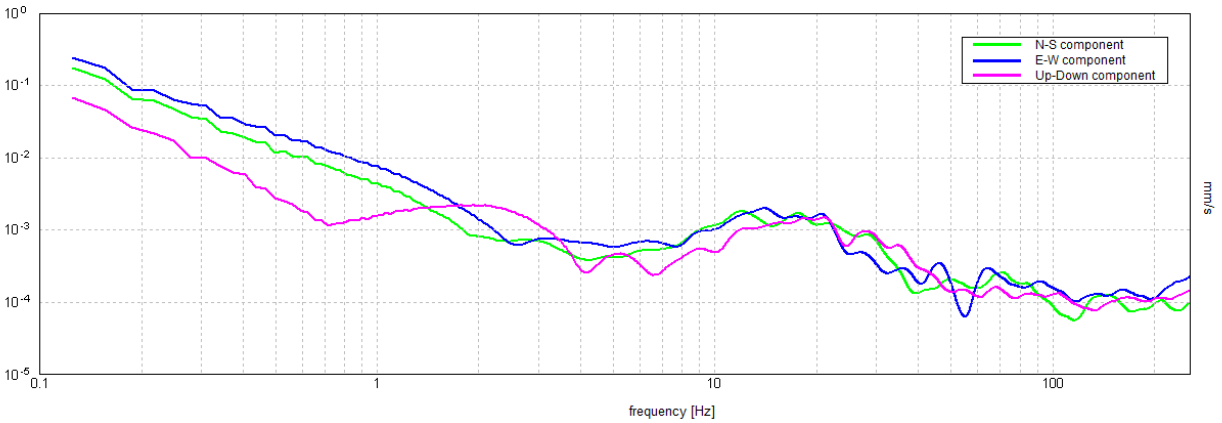
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



G.I.A. Consulting S.r.l.
Viale degli Astronauti, 8 - 80131 Napoli
www.giaconsulting.it

TEL/FAX +39 081 038 3761
P.IVA: 07456341218 - **REA:** NA-885359
EMAIL: amministrazione@giaconsulting.it
PEC: giaconsulting@pec.giaconsulting.it

Sistema di gestione a norma
UNI EN ISO 9001:2015
Cert. n°2575QM
UNI EN ISO 14001:2015
Cert. n°2575EM

Max. H/V at 0.88 ± 0.04 Hz (in the range 0.2 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	0.88 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	437.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 43 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.594 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	7.94 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.04041| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.03536 < 0.13125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.5572 < 2.0	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Dall'indagine di sismica passiva è stato possibile identificare la frequenza di risonanza del sito, corrispondente al picco di frequenza del rapporto spettrale H/V pari a **0.88 ± 0.04 Hz**.

CONCLUSIONI

La campagna d'indagine geofisica eseguita nell'area di interesse, nel comune di Sant'Agnello, ha consentito di caratterizzare, dal punto di vista sismo-stratigrafico ed elettro-stratigrafico, il sottosuolo in termini di distribuzione delle velocità delle onde di compressione (Vp) e di taglio (Vs), e della resisistività elettrica (ρ) e caricabilità (C). Inoltre, è stato possibile correlare i valori di Vp, Vs, ρ e C con i litotipi presenti facendo riferimento ai sondaggi geognostici eseguiti in prossimità degli stendimenti geofisici e al Foglio Geologico "*Sorrento 466*" della Carta Geologica d'Italia (in scala 1: 50.000) dell'IGM.

L'analisi delle correlazioni tra la distribuzione dei valori di resistività elettrica, dei valori di velocità delle onde P ed S, e della densità dei raggi sismici ha permesso di ricostruire, con maggiore accuratezza, il modello geofisico del sottosuolo.

In riferimento alle tomografie sismiche delle onde P e delle onde S, la porzione di sottosuolo investigata risulta costituita da n. 2 Unità Geosismiche (U.G.):

- fino alla profondità di circa 4-6 metri dal piano campagna (p.c.), l'**U.G. 1** è caratterizzata da valori di Vp compresi tra 140-320 m/s e di Vs ricadenti nel range 90-200 m/s. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità degli stendimenti sismici, tali valori sono correlabili a depositi piroclastici sciolti, alterati e il cui grado di addensamento è medio-basso;
- l'unità **U.G. 2** sottostante, individuata fino alla massima profondità di indagine pari a circa 35 metri dal p.c., è caratterizzata da Vp comprese tra 190-800 m/s. In riferimento ai sondaggi stratigrafici eseguiti nell'area di indagine, tali valori sono ascrivibili a depositi tufacei, il cui grado di alterazione diminuisce con l'aumentare della profondità. Gli alti valori di Vp (maggiori di 500 m/s) potrebbero essere correlabili con una facies più litoide del tufo. Inoltre, all'interno della tomografia sismica SR1, si evidenzia un'inversione di velocità delle onde P che potrebbe essere associabile alla porzione sommitale di una cavità posta alla profondità di circa 16-20 metri dal p.c.

Per quanto concerne le sezioni di tomografia geoelettrica, coerentemente con quanto evidenziato nelle tomografie sismiche, la porzione di sottosuolo investigata risulta costituita da n.2 Elettrostrati (E.S):

- fino alla profondità di alla profondità di circa 5 metri dal p.c., l'**E.S. 1** è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività ricadenti nel range 5-70 ohm.m. In accordo con i sondaggi stratigrafici eseguiti in prossimità dello stendimento e con i valori riportati nella Tabella 1, tale elettrostrato potrebbe essere associabile a depositi piroclastici sciolti, classificati dal punto di vista granulometrico come sabbie argillose debolmente limose;
- l'**E.S. 2** sottostante, invece, si individua fino alla massima profondità di indagine ed è caratterizzato da una distribuzione dei valori di resistività compresi tra 160 ohm.m e 1100 ohm.m. In riferimento alle litologie rinvenute nei sondaggi geognostici eseguiti in prossimità degli stendimenti, questo potrebbe essere correlabile a depositi tufacei alterati e mediamente litificati. Inoltre, coerentemente con quanto evidenziato dalla tomografia sismica SR1, si individua sia in pianta che in sezione, un'anomalia caratterizzata da una distribuzione dei valori di resistività superiori a 2000 ohm.m che potrebbe essere associata alla presenza della medesima cavità.
- Dal punto di vista della caricabilità dei litotipi, invece, non si riscontrano variazioni significative nella porzione di sottosuolo investigata, caratterizzata da valori compresi nel range 20-120 mV/V. Si esclude, quindi, l'eventuale presenza di sostanze inquinanti.

Dall'indagine di sismica passiva è stato possibile identificare la frequenza di risonanza del sito, corrispondente al picco di frequenza del rapporto spettrale H/V pari a **0.88 ± 0.04 Hz**.

Infine, per quanto riguarda l'indagine DH svolta nel foro di sondaggio S05, ha permesso di ricostruire il modello sismostratigrafico del sottosuolo individuando, tramite il calcolo della Vs30 la categoria di sottosuolo. La Vs 30 è risultata infatti par a **298 m/s** associabile ad una categoria di suolo **C**:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli - ☎ 081/5709742-5709641 e-mail: info@ilag.it web: www.ilag.i
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 38

Azienda Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud

ESECUZIONE DI RILEVAMENTI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DI PENISOLA SORRENTINA E COSTIERA AMALFITANA

Prove geotecniche di laboratorio
Prima fase

2125/lab/00	Rev. 00	26/07/2021	geol. S. Tagliarini	ing. R.Rippa D.T.	ing. R.Rippa D.T.
Codice	Stato	Data	Redatto Nome Funzione	Verificato Nome Funzione	Approvato Nome Funzione

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d 80125 Napoli - tel. 081/5709742 fax 081/5709641
e-mail info@ilag.it internet: www.ilag.it

L'Azienda Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud – con sede a Torre del Greco (NA), per il tramite della soc. Gia Consulting. S.r.l., ha dato incarico alla nostra Società di eseguire prove geotecniche di laboratorio su alcuni campioni indisturbati di terreno, prelevati nel comune di S. Agnello (NA), nell'ambito delle "*ESECUZIONE DI RILEVAMENTI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DI PENISOLA SORRENTINA E COSTIERA AMALFITANA*".

Sui campioni prelevati, dal Committente, è stato indicato un programma di prove sperimentali.

Tale sperimentazione ha previsto la descrizione geotecnica, la determinazione delle caratteristiche fisiche generali, l'analisi granulometrica per sedimentazione e setacciatura, l'esecuzione di prove meccaniche miranti alla determinazione della resistenza a rottura (prove di taglio diretto e prove di compressione triassiale CID) e della compressibilità (prove di compressione edometrica).

Il presente rapporto si riferisce ad una prima fase delle indagini, in quanto a completamento delle stesse sono previste altre prove di laborratorio, che costituiranno oggetto di un secondo rapporto integrativo.

Nella tabella che segue è riepilogato il programma di prove effettivamente eseguite.

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le Normative e le Raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova.

Tabella 1 – Ospedale S. Agnello- Prove eseguite

Campione	Profondità (m)	Caratt. Fisiche Generali	Analisi granulometrica Sed+stacc.	Prova triax. CID	Prova Edometrica	Prova di taglio diretto
S01P-C2	6.00:6.30	X	X	-	X	X
S02-C2	5.50:6.00	X	X	-	X	X
SO3-C1	3.90:4.50	X	X	-	-	X
S04-C1	9.00:9.20	X	X	-	-	-
S05DH-C1	4.50:5.00	X	X	X	X	-
S08P-C2	5.00:5.40	X	X	X	-	-

Napoli, luglio 2021

Il Direttore Tecnico

(dott. ing. Roberto Rippa)

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2925/01**
cod. prova	**Des2207**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 16/06/2021
Data di apertura: 28/06/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 220 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite di colore grigio scuroa granulometria sabbio-limosa. Il materiale si presenta, a tratti, pseudocementato. Presenti inclusi lapidei sub-centimetrici e tracce nerastre di sostanza organica. Umida.*
Colore:	grigio scuro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☑ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2925/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 22 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

3

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova di taglio diretto CD
4) Prova edometrica

4

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2925/02**
cod. prova	**ngw16268**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 16/06/2021
Data inizio prova: 28/06/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	157.24 g	γ'_s = 25.93 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	151.02 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	156.54 g	γ''_s = 25.89 kN/m³	**γ_s = 25.91 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	150.32 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.199**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 14.09 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	31.96	g		
Peso pes.+provino umido	102.75	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 11.75 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	91.00	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 25.9 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.547**
Contenuto d'acqua	w = 0.199	**Indice di porosità**	**e = 1.205**
Peso di vol. secco	γ_d= 11.75 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.428**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2925/03**
cod. prova:	**gr18243**
Data ricevimento:	**16/06/21**
Data inizio prova:	**02/07/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

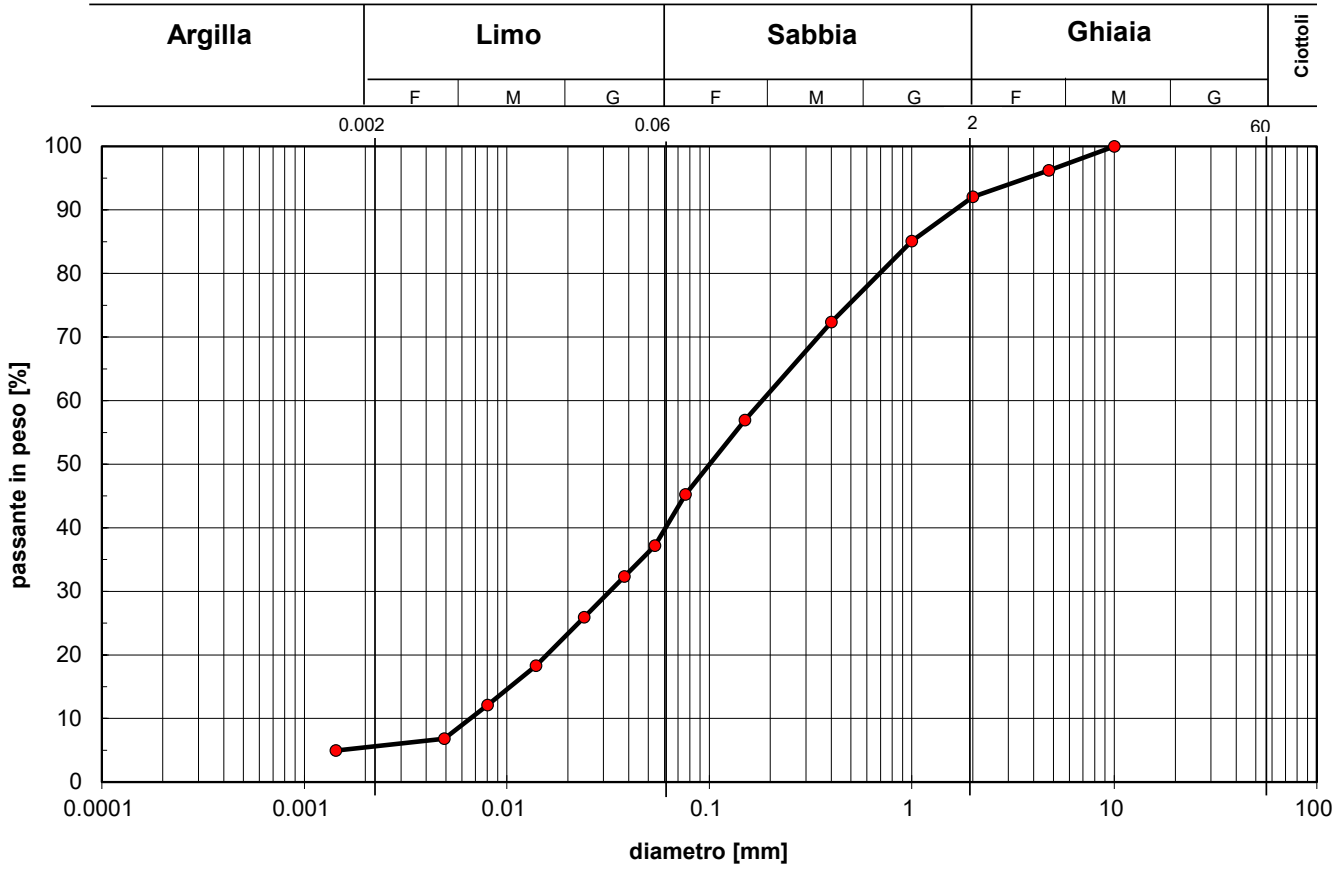
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S01P**
Campione: **C2**
Profondità (m): **6.00:6.30**

Peso campione: **300.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.79** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **25.91 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	3.79	96.21
ASTM 10	2.00	4.15	92.06
ASTM 18	1.00	7.00	85.06
ASTM 40	0.40	12.71	72.35
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	15.40	56.95
SEDIMENTAZIONE	0.0762	11.71	45.24
	0.0538	8.06	37.18
	0.0381	4.83	32.35
	0.0241	6.45	25.90
	0.0139	7.60	18.31
	0.0080	6.22	12.09
	0.0049	5.30	6.79
	0.0014	1.84	4.95



Argilla (%): 5.25	**Limo (%): 34.15**	**Sabbia (%): 52.66**	**Ghiaia (%): 7.94**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2925/04**
Cod. prova:	**TD2772**
Data ricevimento:	**16/06/2021**
Data inizio prova:	**28/06/2021**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

Velocità di deformazione [mm/min]: **0.005** dimensioni del provino: **quadrato L=60 mm, altezza 20 mm**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI EN ISO 17892-10): dati sperimentali

Provino	Durata consolid. t_{100} (min)	Cont. d'acqua iniziale w [%]	Peso umido unità volume γ [kN/m³]	Tensione normale σ'_n [kPa]	Tensione taglio max τ [kPa]	Cont. d'acqua finale w_f [%]
1	21	20.7	12.69	74	79	47.8
2	22	20.7	12.61	147	134	49.1
3	24	20.7	12.53	245	217	50.4

Provino 1 (Macchina M19, cella s/n. 439465)			**Provino 2** (Macchina M35, dinam 3492)			**Provino 3** (Macchina M18, cella s/n. 439466)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	-0.01	2.60	0.13	0.02	22.36	0.24	0.05	42.13
0.35	0.01	24.19	0.44	0.08	45.05	0.53	0.15	65.91
0.65	0.09	36.89	0.74	0.16	62.05	0.84	0.23	87.21
0.96	0.15	45.23	1.06	0.22	76.63	1.15	0.30	108.04
1.28	0.18	54.79	1.38	0.26	90.34	1.47	0.35	125.89
1.60	0.20	61.76	1.69	0.29	101.32	1.79	0.39	140.87
1.91	0.21	66.27	2.01	0.31	109.22	2.10	0.42	152.16
2.24	0.21	70.92	2.33	0.33	115.54	2.42	0.44	160.17
2.56	0.21	73.65	2.65	0.34	120.19	2.74	0.46	166.74
2.87	0.21	75.15	2.97	0.35	124.35	3.07	0.49	173.55
3.21	0.21	77.88	3.29	0.36	128.44	3.38	0.51	178.99
3.53	0.22	78.71	3.61	0.37	131.41	3.69	0.53	184.12
3.87	0.22	79.39	3.93	0.38	133.91	4.00	0.55	188.44
4.20	0.22	78.57	4.25	0.39	133.28	4.30	0.56	192.61
						4.62	0.57	197.17
						4.93	0.58	199.01
						5.25	0.59	202.54
						5.56	0.59	204.94
						5.88	0.60	208.70
						6.19	0.60	213.19
						6.51	0.60	215.67
						6.83	0.60	216.95
						7.15	0.61	216.26

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2925/04**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

Diagramma sperimentale τ - δ

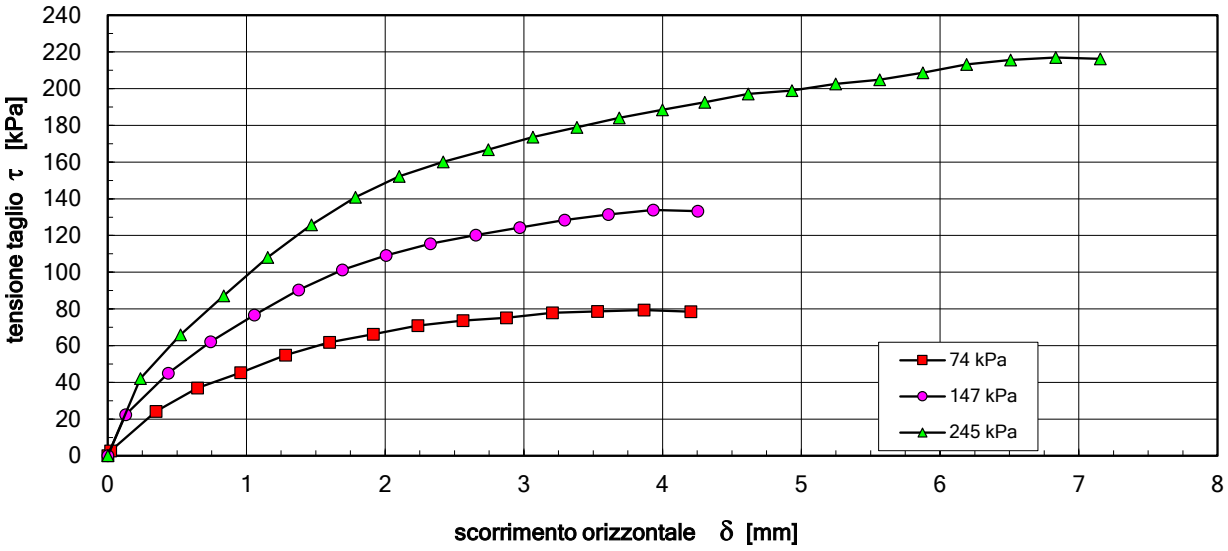
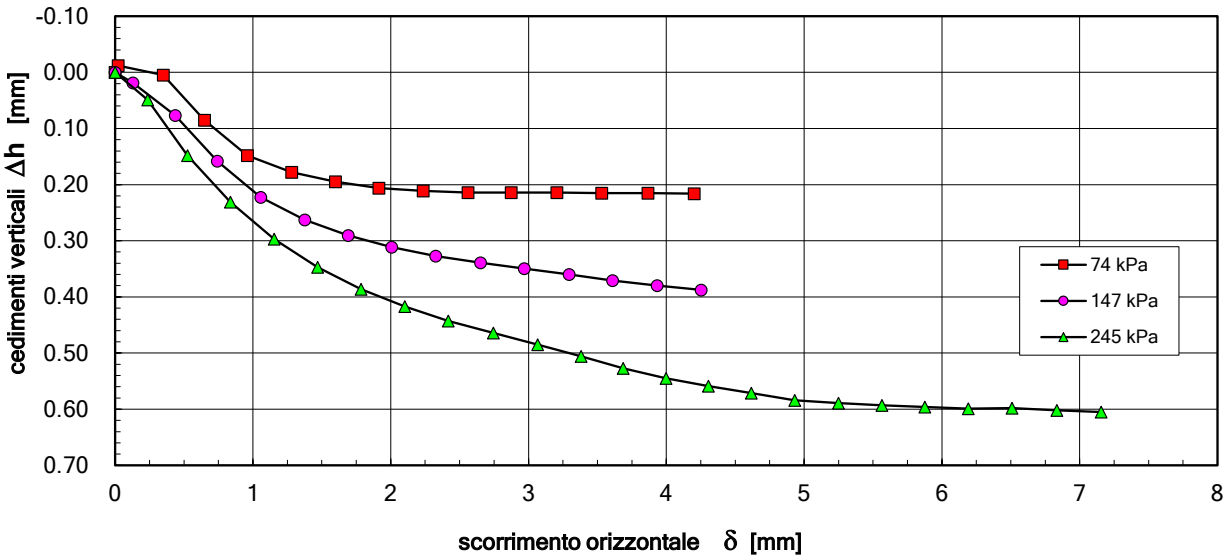


Diagramma sperimentale Δh - δ



Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2925/05**
Cod. prova:	**Ed4182**
Data ricevimento:	**16/06/21**
Data inizio prova:	**28/06/21**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani	γ_s= 25.91 kN/m³
Contenuto d'acqua	w= 0.199
Peso di volume umido	γ= 14.09 kN/m³
Indice di porosità	e= 1.205

Dimensioni del provino:

Diametro:	56 mm
Altezza:	20 mm

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³
1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²
1MPa=1000 kN/m²=10.2 kg/cm²

pressione [kPa]	cedim. progr. [mm]	indice dei pori e	modulo edometrico M [MPa]	coeff. di consolid. Cv [cm²/s]	coeff. di permeab. K [cm/s]
10	0.093	1.195			
20	0.181	1.185	2.2		
39	0.475	1.153	1.3		
78	0.696	1.128	3.5		
147	0.961	1.099	5		
294	1.307	1.061	8.1		
588	1.727	1.015	13.1		
1176	2.251	0.957	20.5		
294	2.152	0.968			
78	2.052	0.979			
20	1.960	0.989			

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

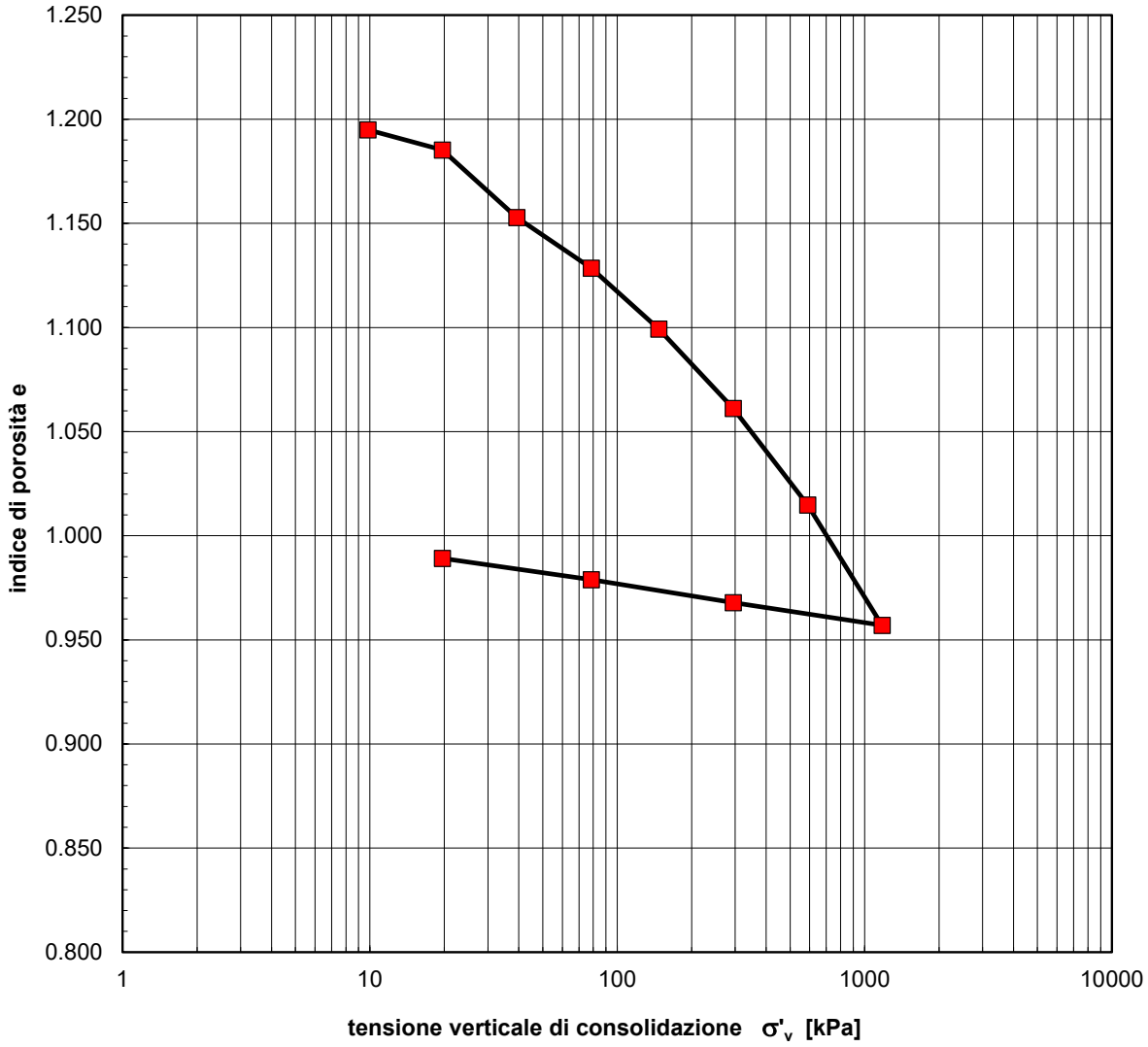
Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2925/05**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

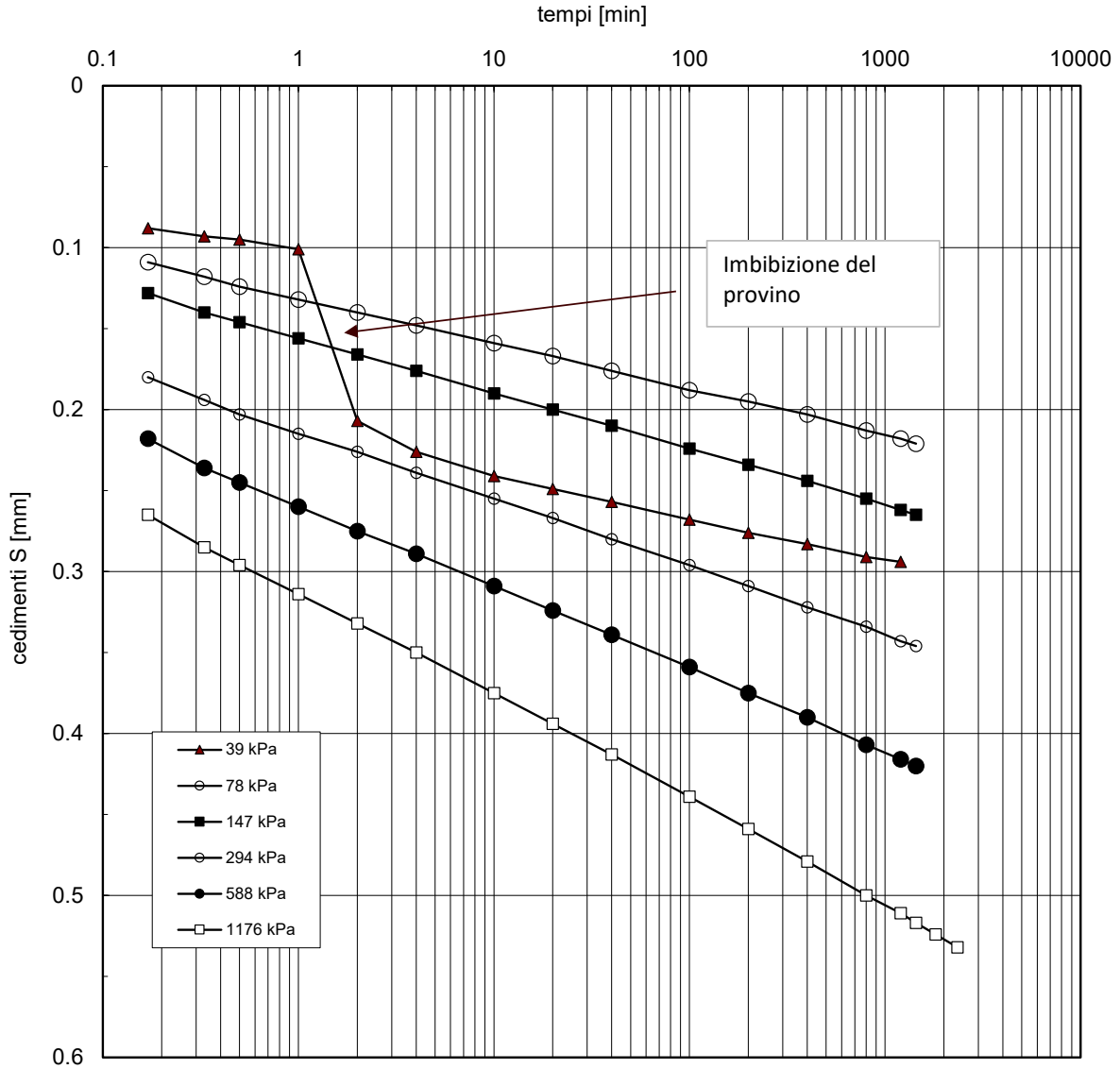
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2925/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):diagrammi cedimenti-tempo



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2925/05**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° incremento di carico		*2° incremento di carico*		*3° incremento di carico*		*4° incremento di carico*	
pressione=10 kPa		pressione=20 kPa		pressione=39 kPa		pressione=78 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.064	0.17	0.052	0.17	0.088	0.17	0.109
0.33	0.068	0.33	0.056	0.33	0.093	0.33	0.118
0.50	0.070	0.50	0.058	0.50	0.095	0.50	0.124
1	0.073	1	0.062	1	0.101	1	0.132
2	0.078	2	0.066	2	0.207	2	0.140
4	0.081	4	0.070	4	0.226	4	0.148
10	0.086	10	0.077	10	0.241	10	0.159
20	0.089	20	0.082	20	0.249	20	0.167
40	0.093	40	0.088	40	0.257	40	0.176
				100	0.268	100	0.188
				200	0.276	200	0.195
				400	0.283	400	0.203
				800	0.291	800	0.213
				1200	0.294	1200	0.218
						1440	0.221

5° incremento di carico		*6° incremento di carico*		*7° incremento di carico*		*8° incremento di carico*	
pressione=147 kPa		pressione=294 kPa		pressione=588 kPa		pressione=1176 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.128	0.17	0.180	0.17	0.218	0.17	0.265
0.33	0.140	0.33	0.194	0.33	0.236	0.33	0.285
0.50	0.146	0.50	0.203	0.50	0.245	0.50	0.296
1	0.156	1	0.215	1	0.260	1	0.314
2	0.166	2	0.226	2	0.275	2	0.332
4	0.176	4	0.239	4	0.289	4	0.350
10	0.190	10	0.255	10	0.309	10	0.375
20	0.200	20	0.267	20	0.324	20	0.394
40	0.210	40	0.280	40	0.339	40	0.413
100	0.224	100	0.296	100	0.359	100	0.439
200	0.234	200	0.309	200	0.375	200	0.459
400	0.244	400	0.322	400	0.390	400	0.479
800	0.255	800	0.334	800	0.407	800	0.500
1200	0.262	1200	0.343	1200	0.416	1200	0.511
1440	0.265	1440	0.346	1440	0.420	1440	0.517
						1813	0.524
						2346	0.532

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2925/05**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C2** Profondità (m): **6.00:6.30**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° decremento di carico		*2° decremento di carico*		*3° decremento di carico*	
pressione=294 kPa		pressione=78 kPa		pressione=20 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	-0.080	0.17	-0.068	0.17	-0.052
0.33	-0.082	0.33	-0.071	0.33	-0.055
0.50	-0.084	0.50	-0.073	0.50	-0.057
1	-0.085	1	-0.075	1	-0.060
2	-0.087	2	-0.077	2	-0.062
4	-0.088	4	-0.080	4	-0.066
10	-0.091	10	-0.083	10	-0.070
20	-0.093	20	-0.087	20	-0.074
40	-0.095	40	-0.089	40	-0.078
100	-0.097	100	-0.093	100	-0.083
200	-0.098	200	-0.096	200	-0.087
400	-0.099	400	-0.098	400	-0.092
		800	-0.100	800	-0.097

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2927/01**
cod. prova	**Des2209**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 16/06/2021
Data di apertura: 28/06/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 320 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite di colore grigio scuro a granulometria sabbio-limosa. Presenti porzioni pseudocementate. Qualche incluso lapideo e scoriaceo. Mediamente addensata. Umida.*
Colore:	grigio scuro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☑ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2927/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 32 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

3

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova di taglio diretto CD
4) Prova di compressione edometrica

4

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2927/02**
cod. prova	**ngw16270**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 16/06/2021
Data inizio prova: 28/06/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	156.06 g	γ'_s = 25.90 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	149.85 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	153.23 g	γ''_s = 25.94 kN/m³	**γ_s = 25.92 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	147.01 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.269**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 13.72 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	33.02	g		
Peso pes.+provino umido	101.96	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 10.81 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	87.36	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 25.9 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.583**
Contenuto d'acqua	w = 0.269	**Indice di porosità**	**e = 1.397**
Peso di vol. secco	γ_d= 10.81 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.499**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2927/03**
cod. prova:	**gr18245**
Data ricevimento:	**16/06/21**
Data inizio prova:	**02/07/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

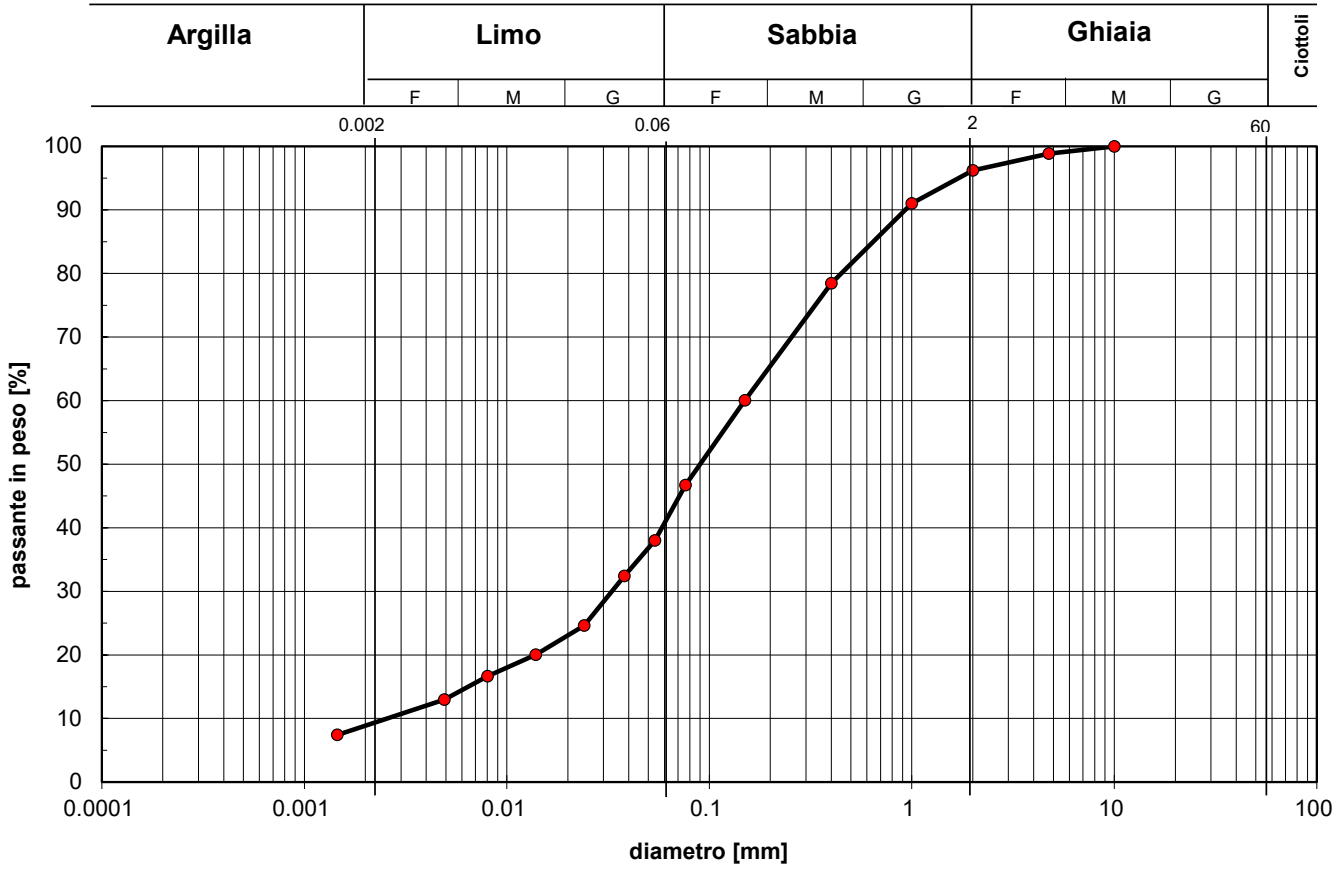
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S02**
Campione: **C2**
Profondità (m): **5.50:6.00**

Peso campione: **250.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.79** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **25.92 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	1.15	98.85
ASTM 10	2.00	2.63	96.22
ASTM 18	1.00	5.21	91.01
ASTM 40	0.40	12.57	78.44
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	18.39	60.05
SEDIMENTAZIONE	0.0761	13.32	46.72
	0.0538	8.74	37.99
	0.0381	5.58	32.40
	0.0241	7.77	24.64
	0.0139	4.61	20.03
	0.0080	3.40	16.63
	0.0049	3.64	12.99
	0.0015	5.58	7.41



Argilla (%): 8.29	**Limo (%): 32.12**	**Sabbia (%): 55.82**	**Ghiaia (%): 3.78**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2927/04**
Cod. prova:	**TD2773**
Data ricevimento:	**16/06/2021**
Data inizio prova:	**28/06/2021**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

Velocità di deformazione [mm/min]: **0.005** dimensioni del provino: **quadrato L=60 mm, altezza 20 mm**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI EN ISO 17892-10): dati sperimentali

Provino	Durata consolid. t_{100} (min)	Cont. d'acqua iniziale w [%]	Peso umido unità volume γ [kN/m³]	Tensione normale σ'_n [kPa]	Tensione taglio max τ [kPa]	Cont. d'acqua finale w_f [%]
1	20	21.1	11.77	49	63	58.2
2	23	21.1	11.63	98	92	59.7
3	21	21.1	11.79	196	173	52.7

Provino 1 (Macchina M19, cella s/n. 439465)			**Provino 2** (Macchina M35, dinam 3492)			**Provino 3** (Macchina M18, cella s/n. 439466)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.31	0.01	6.47	0.29	0.03	11.78	0.15	0.01	46.24
0.70	0.01	12.59	0.67	0.08	21.61	0.43	0.07	76.06
1.10	0.00	19.93	1.07	0.12	30.69	0.76	0.15	95.74
1.52	-0.01	26.62	1.43	0.15	39.25	1.10	0.23	114.36
1.93	-0.04	32.61	1.80	0.18	48.70	1.44	0.28	131.98
2.34	-0.04	38.27	2.18	0.20	57.60	1.79	0.30	144.25
2.75	-0.08	42.92	2.60	0.23	61.15	2.16	0.33	152.04
3.15	-0.10	47.01	3.00	0.22	66.83	2.53	0.37	157.38
3.58	-0.12	50.72	3.42	0.24	71.06	2.90	0.39	163.02
3.97	-0.17	53.62	3.79	0.24	74.24	3.28	0.42	166.88
4.38	-0.19	55.90	4.19	0.26	77.62	3.69	0.44	169.25
4.82	-0.25	57.14	4.62	0.27	79.84	4.08	0.46	172.19
5.23	-0.24	58.15	5.02	0.27	81.33	4.50	0.48	172.43
5.64	-0.26	58.80	5.41	0.30	83.29	4.89	0.49	173.37
6.03	-0.31	60.17	5.81	0.31	84.53	5.31	0.50	172.60
6.43	-0.32	61.45	6.22	0.33	86.37	5.73	0.51	171.84
6.83	-0.38	62.44	6.63	0.35	87.75	6.13	0.52	172.78
7.23	-0.40	63.29	7.03	0.35	88.13	6.53	0.54	172.84
7.65	-0.45	63.08	7.44	0.38	89.19	6.93	0.56	172.13
8.06	-0.47	63.01	7.84	0.40	90.02	7.36	0.59	169.48
			8.24	0.41	90.24	7.77	0.60	169.07
			8.65	0.42	91.30			
			9.05	0.43	91.44			
			9.45	0.44	91.67			

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2927/04**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

Diagramma sperimentale τ - δ

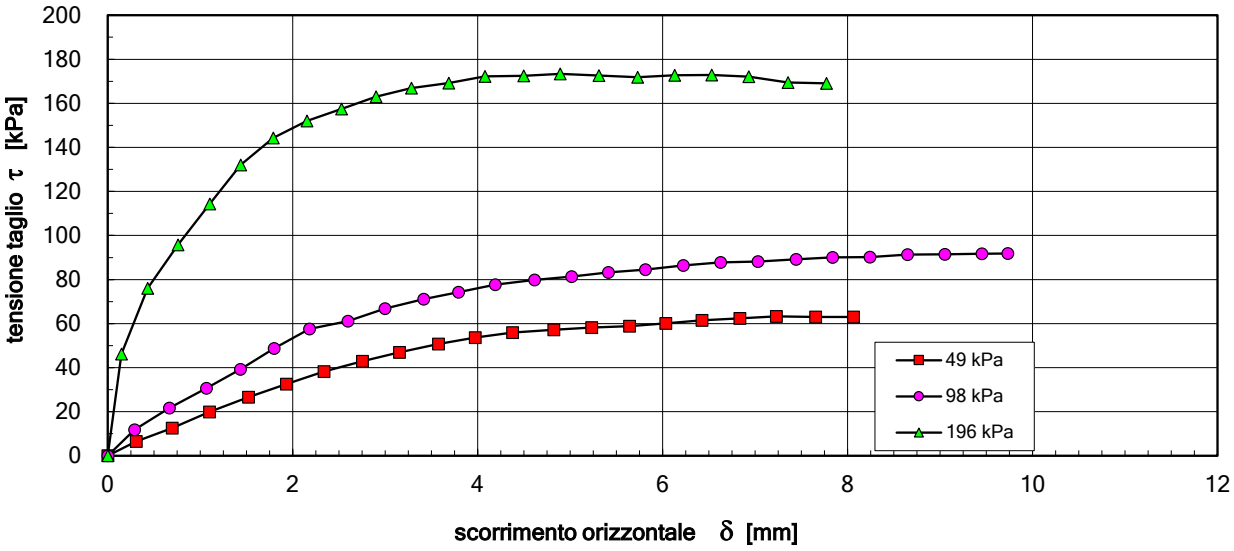
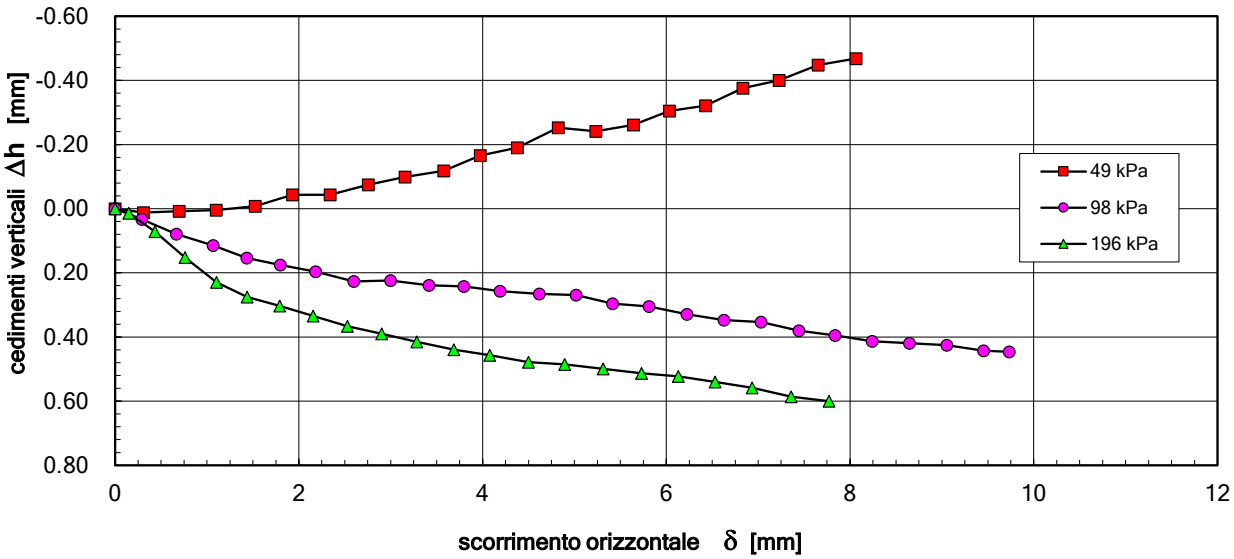


Diagramma sperimentale Δh - δ



Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2927/05**
Cod. prova:	**Ed4183**
Data ricevimento:	**16/06/21**
Data inizio prova:	**28/06/21**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani	γ_s=	25.92 kN/m³
Contenuto d'acqua	w=	0.269
Peso di volume umido	γ=	13.72 kN/m³
Indice di porosità	e=	1.397

Dimensioni del provino:

Diametro:	56 mm
Altezza:	20 mm

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³
1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²
1MPa=1000 kN/m²=10.2 kg/cm²

pressione [kPa]	cedim. progr. [mm]	indice dei pori e	modulo edometrico M [MPa]	coeff. di consolid. Cv [cm²/s]	coeff. di permeab. K [cm/s]
10	0.081	1.387			
20	0.140	1.380	3.3		
39	0.444	1.344	1.3		
78	0.778	1.304	2.3		
147	1.194	1.254	3.2		
294	1.753	1.187	4.9		
588	2.437	1.105	7.8		
1176	3.315	1.000	11.8		
294	3.205	1.013			
78	3.093	1.026			
20	2.989	1.039			

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

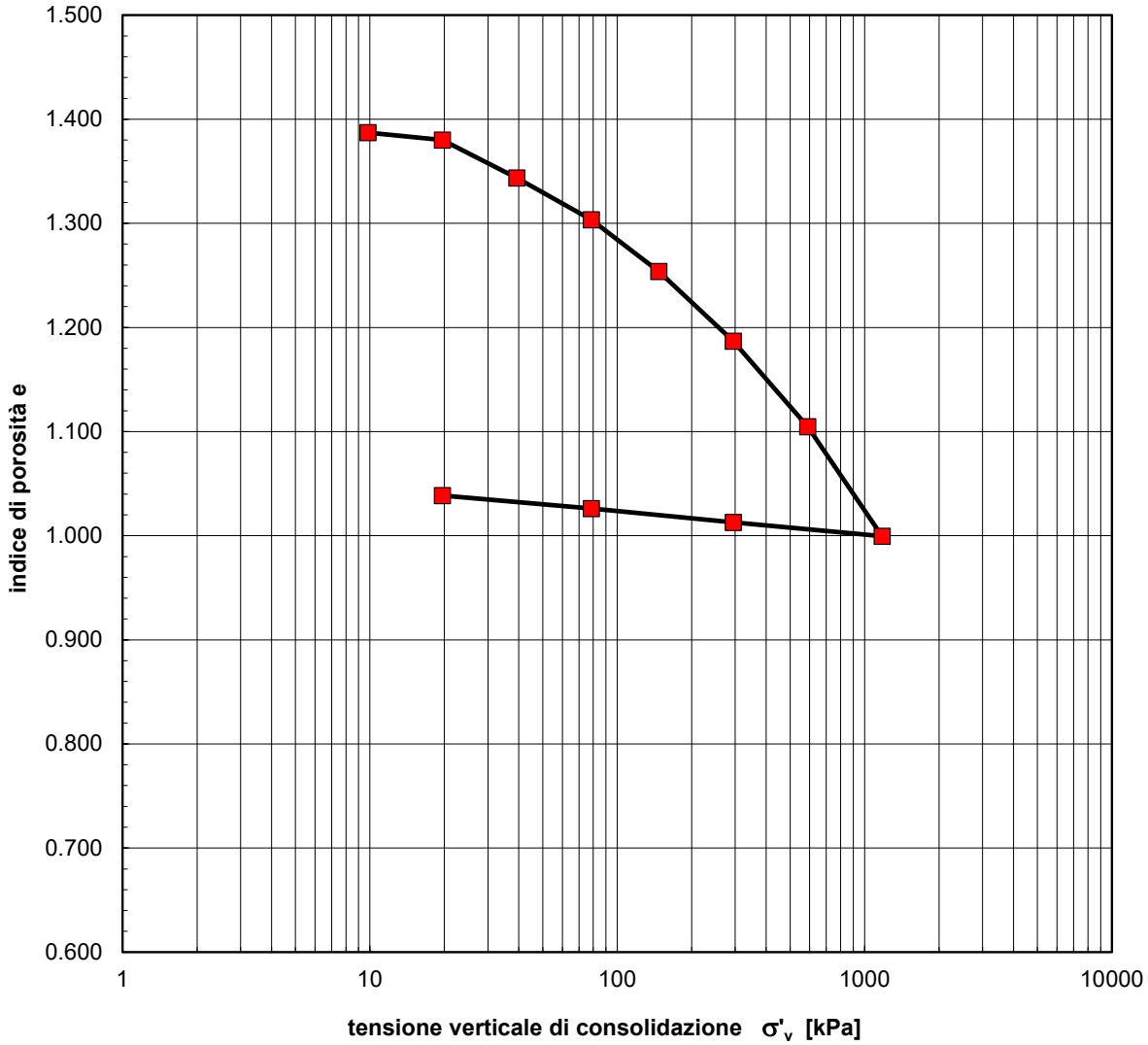
Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2927/05**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

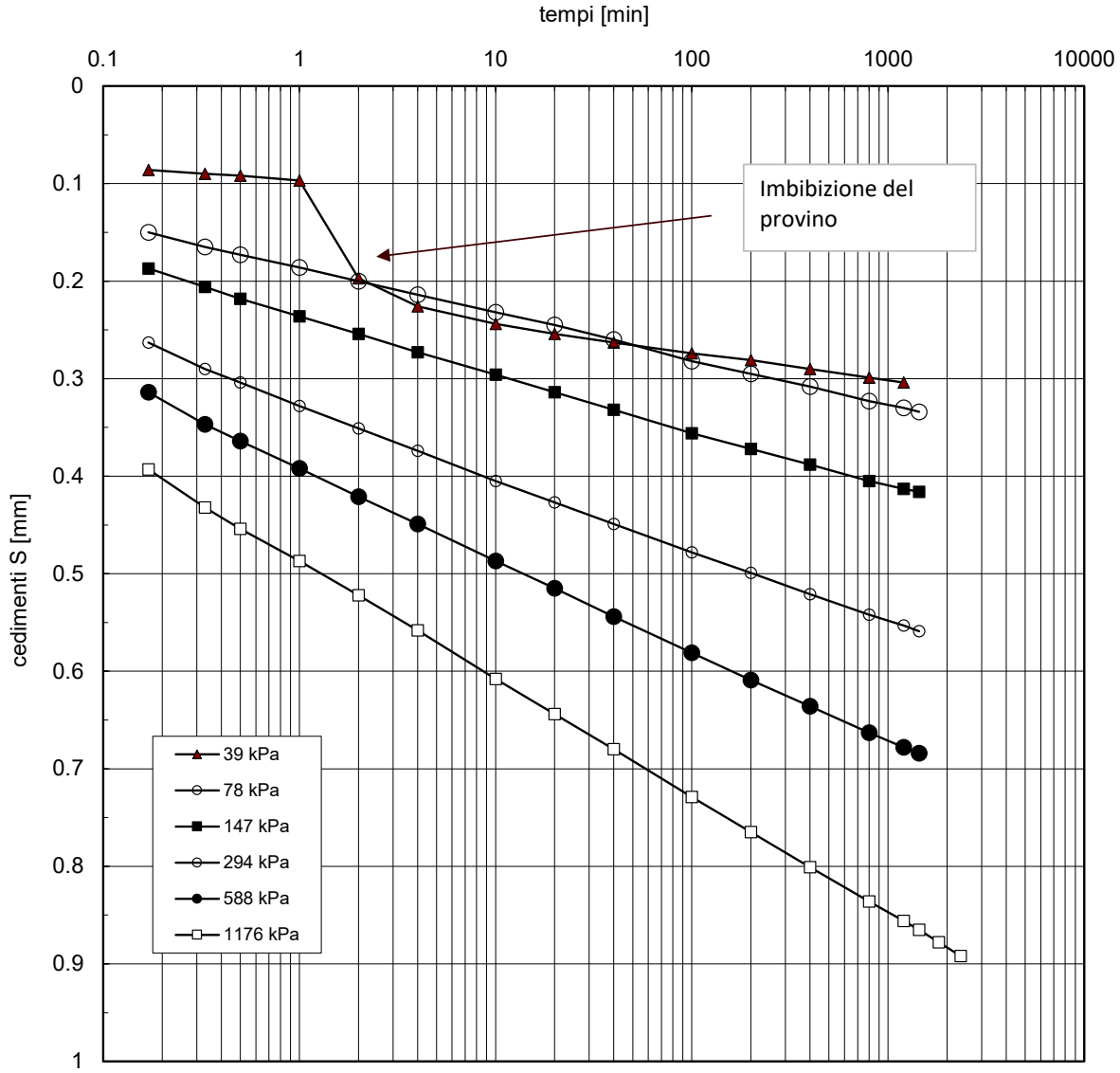
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2927/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):diagrammi cedimenti-tempo



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2927/05**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° incremento di carico		*2° incremento di carico*		*3° incremento di carico*		*4° incremento di carico*	
pressione=10 kPa		pressione=20 kPa		pressione=39 kPa		pressione=78 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.070	0.17	0.048	0.17	0.086	0.17	0.150
0.33	0.071	0.33	0.049	0.33	0.090	0.33	0.165
0.50	0.072	0.50	0.049	0.50	0.092	0.50	0.173
1	0.073	1	0.050	1	0.097	1	0.186
2	0.075	2	0.051	2	0.197	2	0.200
4	0.076	4	0.053	4	0.226	4	0.214
10	0.078	10	0.055	10	0.244	10	0.232
20	0.079	20	0.057	20	0.254	20	0.245
40	0.081	40	0.059	40	0.263	40	0.260
				100	0.274	100	0.282
				200	0.281	200	0.295
				400	0.290	400	0.308
				800	0.299	800	0.323
				1200	0.304	1200	0.330
						1440	0.334

5° incremento di carico		*6° incremento di carico*		*7° incremento di carico*		*8° incremento di carico*	
pressione=147 kPa		pressione=294 kPa		pressione=588 kPa		pressione=1176 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.187	0.17	0.263	0.17	0.314	0.17	0.393
0.33	0.206	0.33	0.290	0.33	0.347	0.33	0.432
0.50	0.218	0.50	0.304	0.50	0.364	0.50	0.454
1	0.236	1	0.328	1	0.392	1	0.487
2	0.254	2	0.351	2	0.421	2	0.522
4	0.273	4	0.374	4	0.449	4	0.558
10	0.296	10	0.405	10	0.487	10	0.608
20	0.314	20	0.427	20	0.515	20	0.644
40	0.332	40	0.449	40	0.544	40	0.680
100	0.356	100	0.478	100	0.581	100	0.729
200	0.372	200	0.499	200	0.609	200	0.765
400	0.388	400	0.521	400	0.636	400	0.801
800	0.405	800	0.542	800	0.663	800	0.836
1200	0.413	1200	0.553	1200	0.678	1200	0.856
1440	0.416	1440	0.559	1440	0.684	1440	0.865
						1813	0.878
						2346	0.892

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2927/05**

Sondaggio: **S02** Campione: **C2** Profondità (m): **5.50:6.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° decremento di carico		*2° decremento di carico*		*3° decremento di carico*	
pressione=294 kPa		pressione=78 kPa		pressione=20 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	-0.097	0.17	-0.085	0.17	-0.071
0.33	-0.099	0.33	-0.088	0.33	-0.073
0.50	-0.100	0.50	-0.089	0.50	-0.075
1	-0.101	1	-0.092	1	-0.078
2	-0.102	2	-0.094	2	-0.079
4	-0.103	4	-0.096	4	-0.082
10	-0.104	10	-0.099	10	-0.086
20	-0.105	20	-0.101	20	-0.089
40	-0.106	40	-0.104	40	-0.092
100	-0.107	100	-0.107	100	-0.096
200	-0.108	200	-0.108	200	-0.100
400	-0.109	400	-0.110	400	-0.101
800	-0.110	800	-0.112	800	-0.104

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2944/01**
cod. prova	**Des2222**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 06/07/2021
Data di apertura: 07/07/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 220 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite a granulometria sabbio-limosa di colore marrone. Presenti rari inclusi, pomici millimetriche di colore ocraceo e tracce nerastre di sostanza organica. Il campione si presenta pseudo-cementato*
Colore:	marrone
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☑ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2944/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 22 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

3

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova di taglio diretto CD
4) Prova edometrica

4

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2944/02**
cod. prova	**ngw16286**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 06/07/2021
Data inizio prova: 07/07/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	158.62 g	γ'_s = 26.03 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	152.39 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	155.54 g	γ''_s = 26.00 kN/m³	**γ_s = 26.01 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	149.31 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56 mm		
Altezza del provino:	20 mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.560**
Area del provino:	24.63 cm²		
Volume del provino:	49.26 cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 12.37 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	33.04 g		
Peso pes.+provino umido	95.17 g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 7.93 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	72.86 g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.0 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.695**
Contenuto d'acqua	w = 0.560	**Indice di porosità**	**e = 2.283**
Peso di vol. secco	γ_d= 7.93 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.639**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2944/03**
cod. prova:	**gr18562**
Data ricevimento:	**06/07/21**
Data inizio prova:	**12/07/21**

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche s.r.l.
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

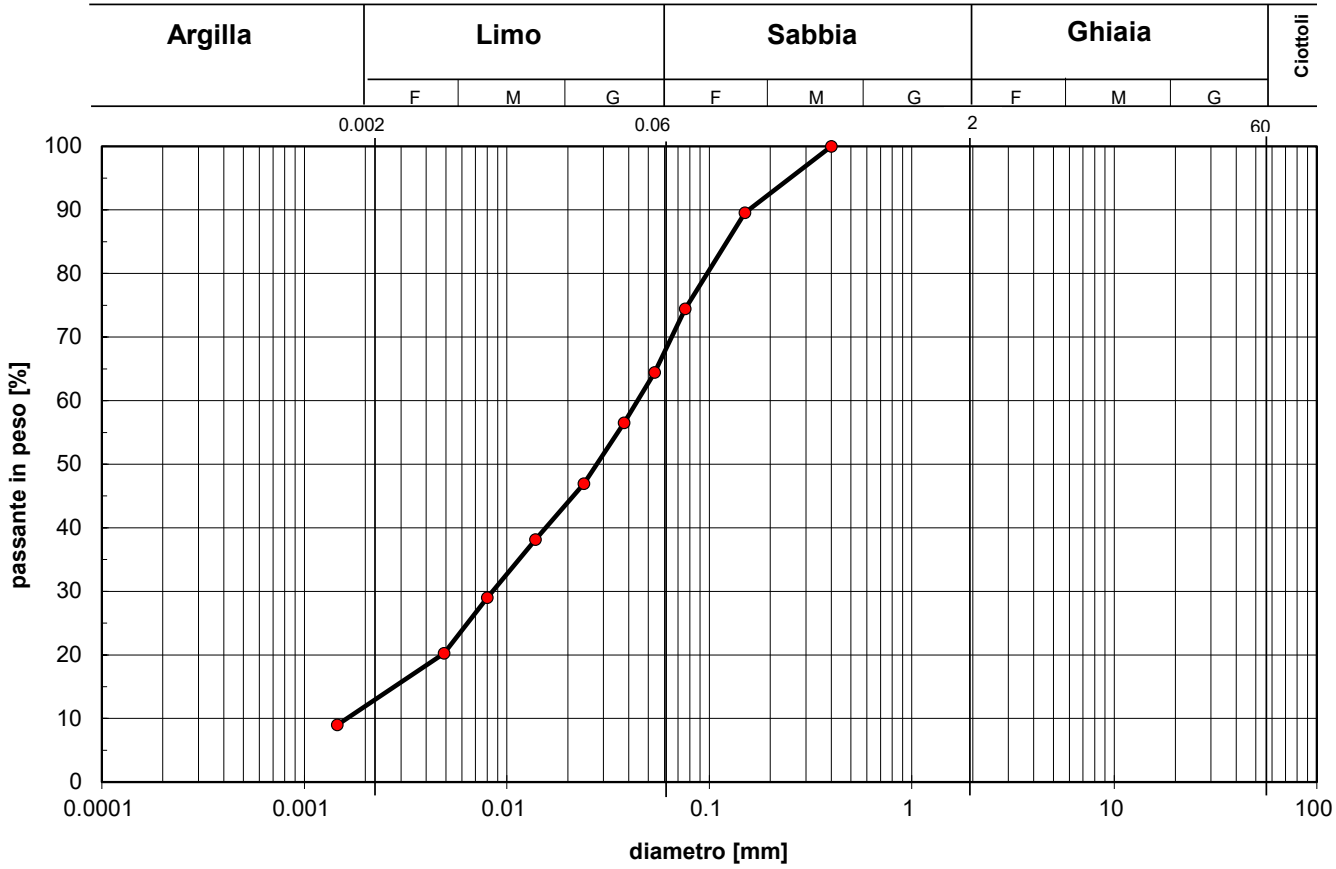
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S03**
Campione: **C1**
Profondità (m): **3.90:4.50**

Peso campione: **300.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **38.49** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **26.01 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.00	100.00
ASTM 10	2.00	0.00	100.00
ASTM 18	1.00	0.00	100.00
ASTM 40	0.40	0.00	100.00
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	10.44	89.56
SEDIMENTAZIONE	0.0759	15.13	74.42
	0.0537	10.01	64.42
	0.0380	7.92	56.50
	0.0240	9.59	46.91
	0.0139	8.76	38.15
	0.0080	9.17	28.98
	0.0049	8.76	20.23
	0.0015	11.26	8.97



Argilla (%): 10.76	**Limo (%): 56.50**	**Sabbia (%): 32.74**	**Ghiaia (%): 0.00**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2944/06**
Cod. prova:	**TD2778**
Data ricevimento:	**06/07/2021**
Data inizio prova:	**07/07/2021**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

Velocità di deformazione [mm/min]: **0.005** dimensioni del provino: **quadrato L=60 mm, altezza 20 mm**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI EN ISO 17892-10): dati sperimentali

Provino	Durata consolid. t_{100} (min)	Cont. d'acqua iniziale w [%]	Peso umido unità volume γ [kN/m³]	Tensione normale σ'_n [kPa]	Tensione taglio max τ [kPa]	Cont. d'acqua finale w_f [%]
1	20	56	13.60	49	57	69
2	22	56	13.39	98	85	71.1
3	19	56	13.17	147	124	73.4

Provino 1 (Macchina M19, cella s/n. 439465)			**Provino 2** (Macchina M35, dinam 3492)			**Provino 3** (Macchina M18, cella s/n. 439466)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30		14.28	0.32	0.02	20.44	0.36	0.04	27.63
0.61	0.01	18.58	0.66	0.04	32.08	0.75	0.08	51.01
0.94	0.04	22.20	1.01	0.10	41.29	1.14	0.15	69.11
1.25	0.07	26.30	1.36	0.14	48.67	1.55	0.23	81.21
1.57	0.07	30.61	1.70	0.17	56.12	1.94	0.27	93.06
1.88	0.08	35.25	2.04	0.19	62.70	2.33	0.31	101.87
2.20	0.07	39.63	2.38	0.19	68.24	2.71	0.33	108.36
2.52	0.06	43.86	2.72	0.19	73.01	3.09	0.33	113.00
2.84	0.05	46.46	3.05	0.18	76.50	3.46	0.33	117.41
3.18	0.02	46.66	3.40	0.17	77.47	3.84	0.33	119.65
3.50	0.01	49.19	3.74		79.98	4.22	0.33	121.49
3.83	-0.02	51.51	4.09		81.93	4.61	0.33	122.21
4.16	-0.05	53.22	4.43		82.91	4.99	0.33	121.49
4.50	-0.08	54.45	4.79	0.12	84.30	5.38	0.33	122.85
4.82	-0.09	55.13	5.13	0.12	85.23	5.76	0.33	124.05
5.16	-0.10	55.07	5.49	0.11	84.89	6.15	0.33	123.25
5.49	-0.10	55.41	5.83	0.11	85.29	6.54	0.33	123.65
5.82	-0.11	55.95	6.18	0.11	85.25	6.93	0.33	122.45
6.16	-0.12	56.64	6.53	0.10	83.12	7.31	0.33	115.24
6.50	-0.12	57.12				7.70	0.33	112.68
6.82	-0.13	57.12				8.09	0.33	111.24
7.16	-0.14	56.84				8.48	0.33	110.20
7.49	-0.14	55.00				8.86	0.33	109.40
7.82	-0.15	54.25				9.25	0.33	108.76

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2944/06**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

Diagramma sperimentale τ - δ

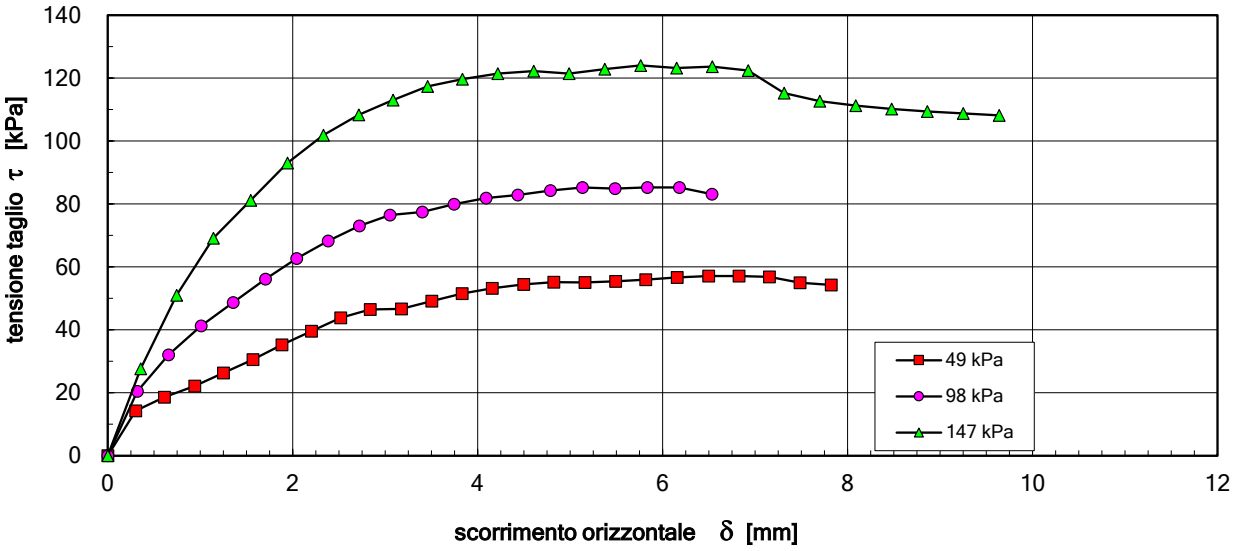
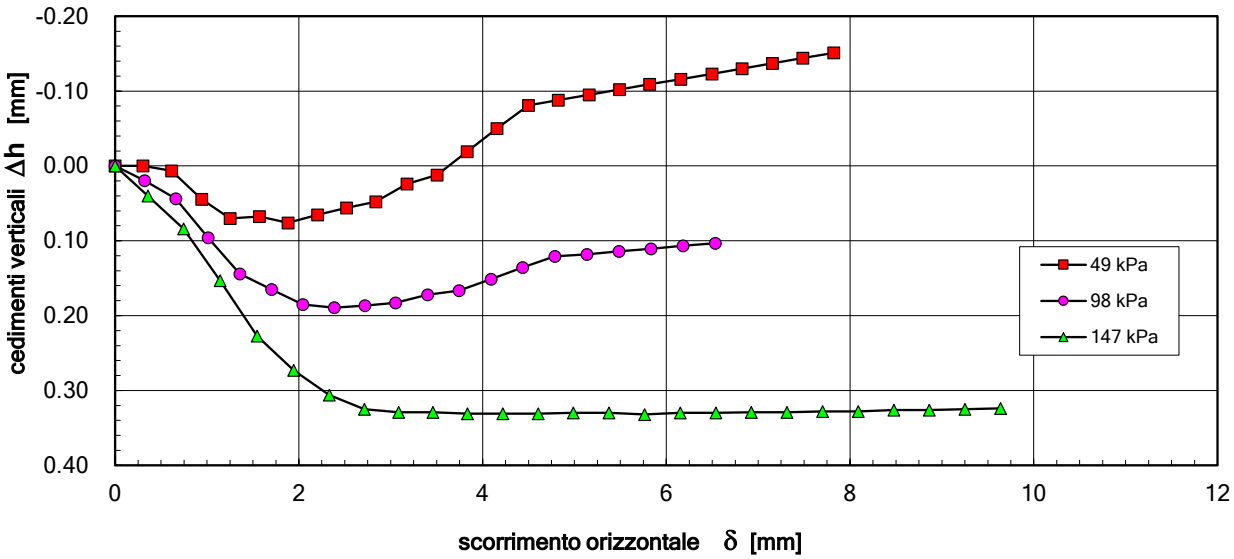


Diagramma sperimentale Δh - δ



Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2944/05**
Cod. prova:	**Ed4186**
Data ricevimento:	**06/07/21**
Data inizio prova:	**07/07/21**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani	γ_s=	26.01 kN/m³
Contenuto d'acqua	w=	0.640
Peso di volume umido	γ=	13.25 kN/m³
Indice di porosità	e=	2.22

Dimensioni del provino:

Diametro:	56 mm
Altezza:	20 mm

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³
1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²
1MPa=1000 kN/m²=10.2 kg/cm²

pressione [kPa]	cedim. progr. [mm]	indice dei pori e	modulo edometrico M [MPa]	coeff. di consolid. Cv [cm²/s]	coeff. di permeab. K [cm/s]
10	0.008	2.218			
20	0.014	2.217	32.7		
39	0.052	2.211	10.3		
78	0.128	2.199	10.3		
147	0.195	2.188	20.4		
294	0.497	2.139	9.6		
588	1.240	2.020	7.7		
1176	2.963	1.743	6.4		
294	2.880	1.756			
78	2.790	1.770			
20	2.739	1.779			

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

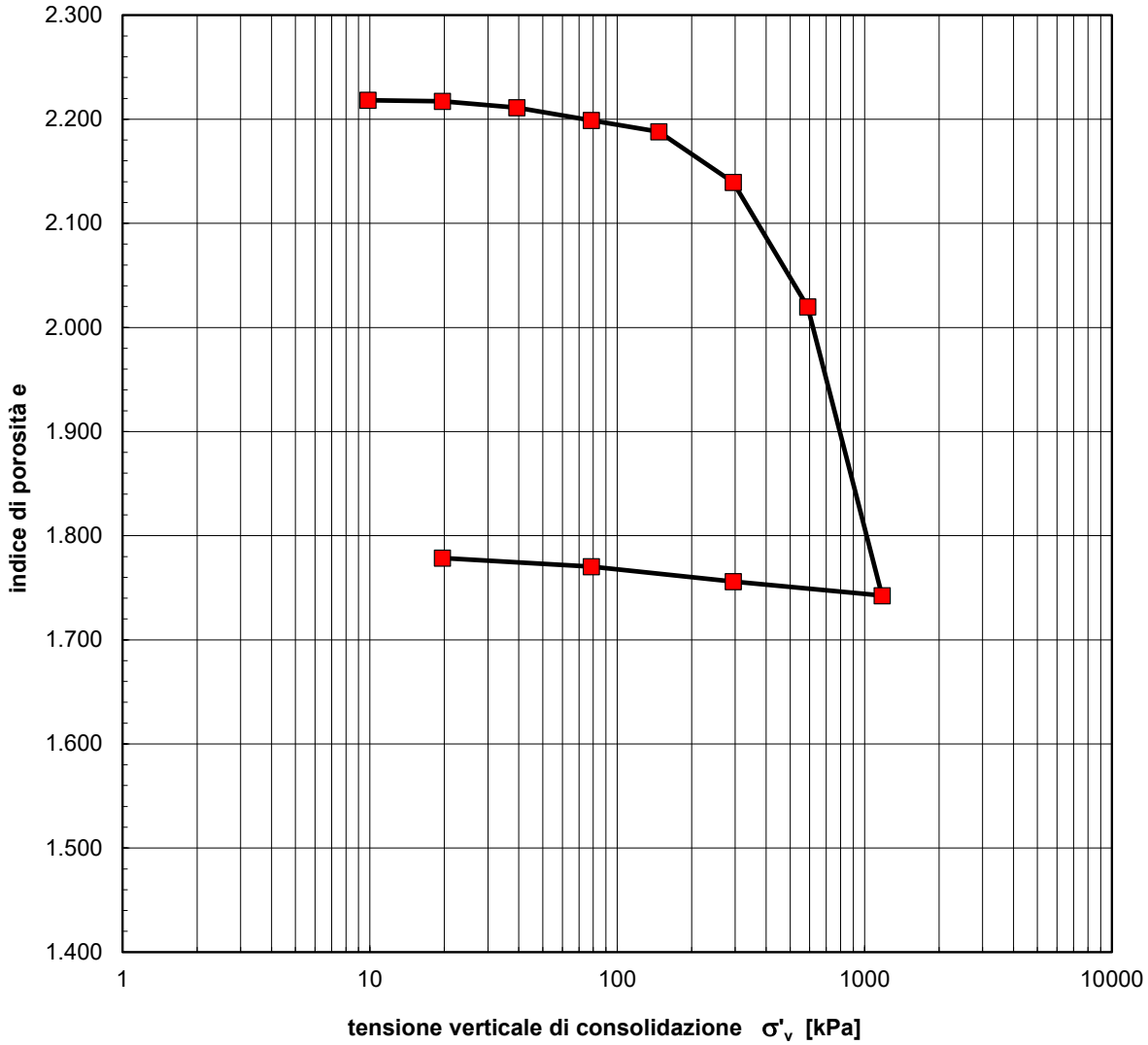
Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2944/05**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

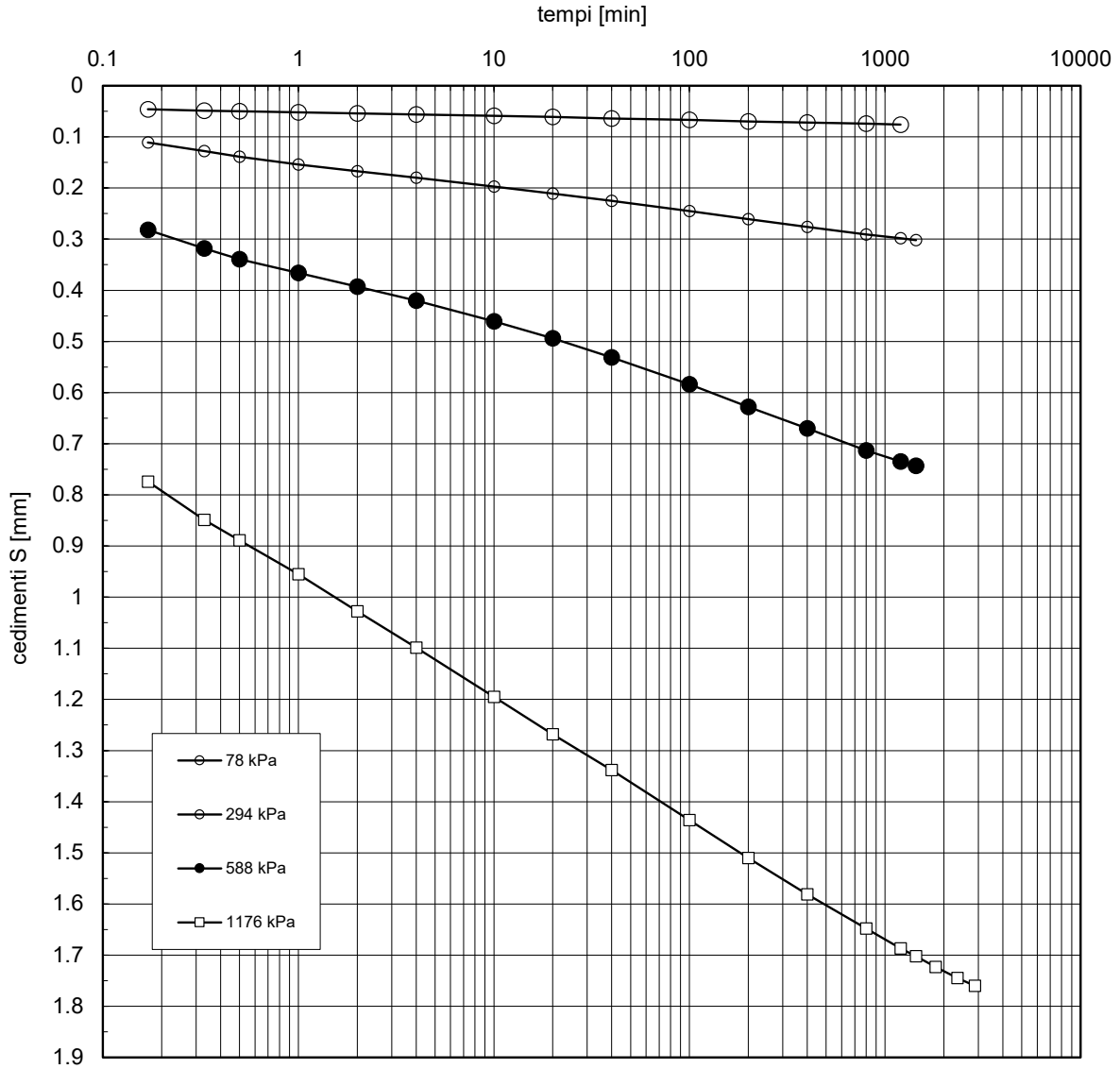
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2944/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):diagrammi cedimenti-tempo



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2944/05**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° incremento di carico		*2° incremento di carico*		*3° incremento di carico*		*4° incremento di carico*	
pressione=10 kPa		pressione=20 kPa		pressione=39 kPa		pressione=78 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.007	0.17	0.005	0.17	0.029	0.17	0.046
0.33	0.007	0.33	0.006	0.33	0.030	0.33	0.049
0.50	0.006	0.50	0.005	0.50	0.031	0.50	0.050
1	0.006	1	0.006	1	0.032	1	0.052
2	0.006			2	0.033	2	0.054
4	0.007			4	0.033	4	0.056
10	0.007			10	0.035	10	0.059
20	0.008			20	0.037	20	0.061
				40	0.038	40	0.064
						100	0.067
						200	0.070
						400	0.072
						800	0.074
						1200	0.076

5° incremento di carico		*6° incremento di carico*		*7° incremento di carico*		*8° incremento di carico*	
pressione=147 kPa		pressione=294 kPa		pressione=588 kPa		pressione=1176 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.049	0.17	0.111	0.17	0.282	0.17	0.774
0.33	0.051	0.33	0.128	0.33	0.318	0.33	0.849
0.50	0.052	0.50	0.139	0.50	0.339	0.50	0.889
1	0.054	1	0.154	1	0.366	1	0.955
2	0.056	2	0.167	2	0.393	2	1.028
4	0.058	4	0.180	4	0.420	4	1.099
10	0.062	10	0.197	10	0.461	10	1.195
20	0.064	20	0.211	20	0.494	20	1.268
40	0.067	40	0.225	40	0.531	40	1.338
		100	0.245	100	0.584	100	1.436
		200	0.261	200	0.628	200	1.510
		400	0.276	400	0.670	400	1.581
		800	0.291	800	0.713	800	1.648
		1200	0.298	1200	0.735	1200	1.687
		1440	0.302	1440	0.743	1440	1.702
						1813	1.723
						2346	1.745
						2880	1.760

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2944/05**

Sondaggio: **S03** Campione: **C1** Profondità (m): **3.90:4.50**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° decremento di carico		*2° decremento di carico*		*3° decremento di carico*	
pressione=294 kPa		pressione=78 kPa		pressione=20 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	-0.071	0.17	-0.046	0.17	-0.020
0.33	-0.071	0.33	-0.048	0.33	-0.022
0.50	-0.071	0.50	-0.050	0.50	-0.022
1	-0.072	1	-0.052	1	-0.027
2	-0.074	2	-0.056	2	-0.027
4	-0.075	4	-0.059	4	-0.029
10	-0.076	10	-0.063	10	-0.031
20	-0.079	20	-0.067	20	-0.034
40	-0.080	40	-0.070	40	-0.037
100	-0.081	100	-0.075	100	-0.041
200	-0.083	200	-0.079	200	-0.045
		400	-0.083	400	-0.048
		800	-0.087	800	-0.051
		1200	-0.090		
		1440	-0.090		

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2932/01**
cod. prova	**Des2214**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S04** Campione: **C1** Profondità (m): **9.00:9.20**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 29/06/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 210 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite a granulometria sabbiosa di colore vinaccio. Il campione si presenta pseudo-cementato. Nella matrice si riconoscono elementi lapidei, talora alterati. Qualche traccia nerastra di sostanza organica. Poco umida.*
Colore:	vinaccio
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☑ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☑ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☑ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2932/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☐ Assente ☑ Debole ☐ Media ☐ Elevata

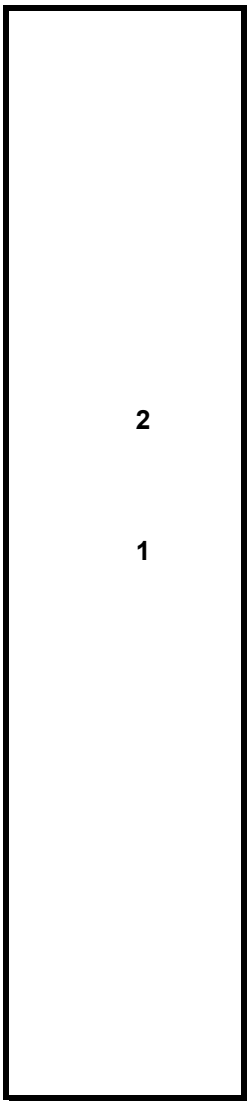
PROVE ESEGUITE

L totale= 21 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)



Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2932/02**
cod. prova	**ngw16275**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S04** Campione: **C1** Profondità (m): **9.00:9.20**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 29/06/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	157.48 g	γ'_s = 25.99 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	151.25 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	159.50 g	γ''_s = 26.02 kN/m³	**γ_s = 26.00 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	153.27 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56 mm		
Altezza del provino:	20 mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.154**
Area del provino:	24.63 cm²		
Volume del provino:	49.26 cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 12.28 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	32.74 g		
Peso pes.+provino umido	94.45 g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 10.65 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	86.23 g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.0 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.591**
Contenuto d'acqua	w = 0.154	**Indice di porosità**	**e = 1.443**
Peso di vol. secco	γ_d= 10.65 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.277**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2932/03**
cod. prova:	**gr18250**
Data ricevimento:	**28/06/21**
Data inizio prova:	**02/07/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

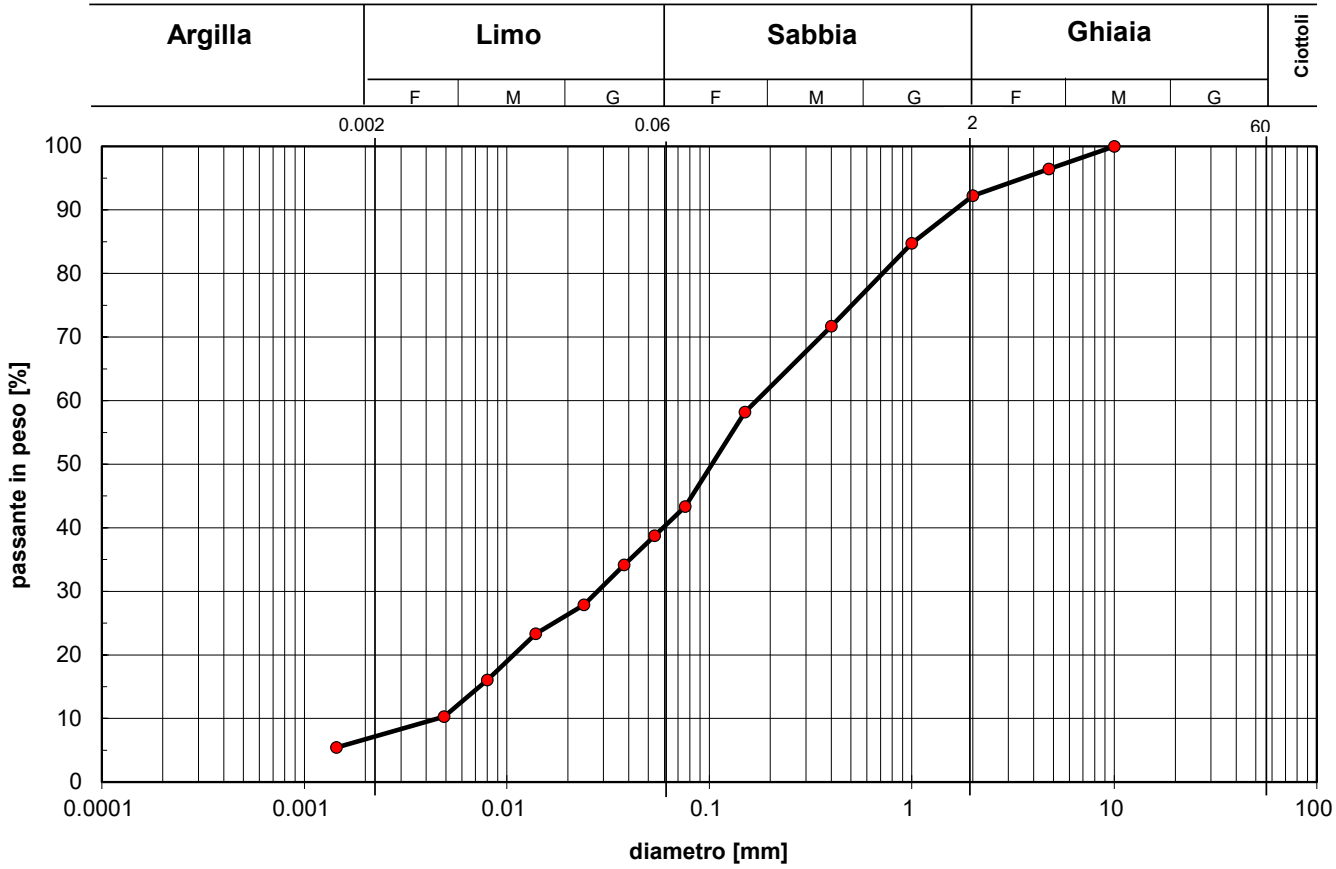
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S04**
Campione: **C1**
Profondità (m): **9.00:9.20**

Peso campione: **300.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **38.69** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **26.00 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	3.55	96.45
ASTM 10	2.00	4.23	92.22
ASTM 18	1.00	7.47	84.75
ASTM 40	0.40	13.04	71.71
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	13.51	58.20
SEDIMENTAZIONE	0.0759	14.86	43.34
	0.0537	4.59	38.75
	0.0380	4.59	34.16
	0.0240	6.28	27.89
	0.0139	4.59	23.30
	0.0080	7.24	16.06
	0.0049	5.79	10.26
	0.0014	4.83	5.44



Argilla (%): 6.22	**Limo (%): 33.83**	**Sabbia (%): 52.17**	**Ghiaia (%): 7.78**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2934/01**
cod. prova	**Des2216**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 16/06/2021
Data di apertura: 29/06/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 380 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite di colore marrone a granulometria sabbio-limosa. Presenti inclusi millimetrici, talora disfatti. Addensata, umida.*
Colore:	Marrone
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☑ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2934/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 38 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

3

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova triassiale CID
4) Prova di compressione edometrica

4

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2934/02**
cod. prova	**ngw16277**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 16/06/2021
Data inizio prova: 29/06/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	151.90	g	γ'_s = 26.12 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	145.65	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	154.13	g	γ''_s = 26.09 kN/m³	**γ_s = 26.10 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	147.89	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.210**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 16.37 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	41.50	g		
Peso pes.+provino umido	123.76	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 13.53 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	109.49	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.1 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.482**
Contenuto d'acqua	w = 0.210	**Indice di porosità**	**e = 0.929**
Peso di vol. secco	γ_d= 13.53 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.590**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2934/03**
cod. prova:	**gr18252**
Data ricevimento:	**16/06/21**
Data inizio prova:	**02/07/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

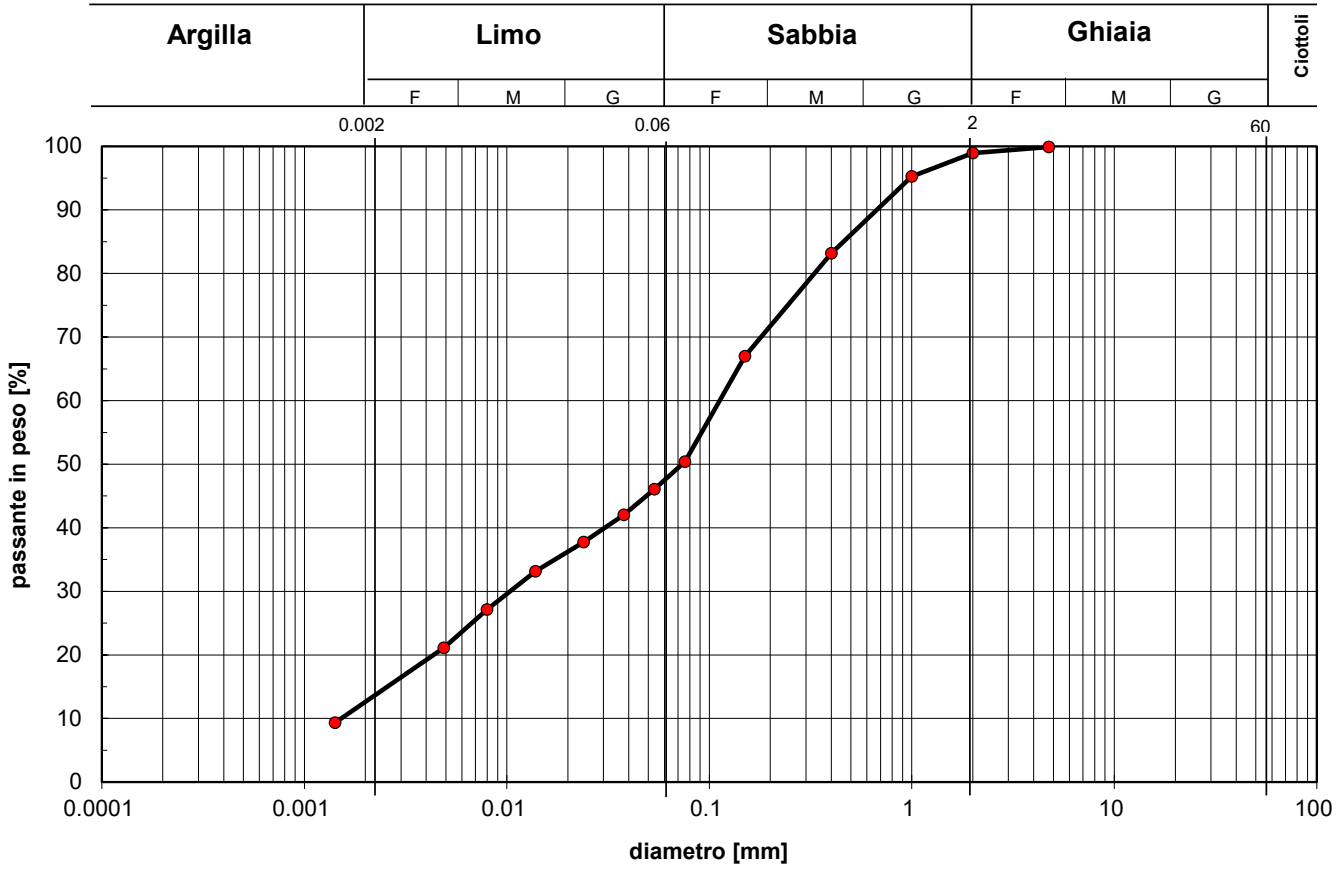
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente:	**Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori:	**non dichiarato**
	(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine:	**Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio:	**S05**
Campione:	**C1**
Profondità (m):	**4.50:5.00**

Peso campione:	**300.00**	**g**	(1° setacciatura)
Peso secco sed:	**37.37**	**g**	(sedimentazione)
Temperatura:	**29**	**°C**	

Peso specifico dei grani γ_s= **26.10 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.10	99.90
ASTM 10	2.00	0.97	98.94
ASTM 18	1.00	3.69	95.24
ASTM 40	0.40	12.05	83.20
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	16.23	66.97
SEDIMENTAZIONE	0.0757	16.60	50.37
	0.0535	4.30	46.06
	0.0379	4.02	42.05
	0.0239	4.30	37.74
	0.0138	4.59	33.15
	0.0080	6.03	27.12
	0.0049	6.03	21.10
	0.0014	11.77	9.33



Argilla (%): 11.31	**Limo (%): 36.01**	**Sabbia (%): 51.62**	**Ghiaia (%): 1.06**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2934/04**
Cod. prova:	**Ed4184**
Data ricevimento:	**16/06/21**
Data inizio prova:	**29/06/21**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): dati sperimentali

Caratteristiche iniziali del provino:

Peso specifico dei grani	γ_s= 26.10 kN/m³
Contenuto d'acqua	w= 0.215
Peso di volume umido	γ= 17.95 kN/m³
Indice di porosità	e= 0.766

Dimensioni del provino:

Diametro:	56 mm
Altezza:	20 mm

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³
1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²
1MPa=1000 kN/m²=10.2 kg/cm²

pressione [kPa]	cedim. progr. [mm]	indice dei pori e	modulo edometrico M [MPa]	coeff. di consolid. Cv [cm²/s]	coeff. di permeab. K [cm/s]
10	0.054	0.761			
20	0.168	0.751	1.7		
39	0.381	0.733	1.8		
78	0.588	0.714	3.7		
147	0.835	0.692	5.4		
294	1.248	0.656	6.8		
588	1.772	0.610	10.5		
1176	2.494	0.546	14.9		
294	2.280	0.565			
78	2.102	0.581			
20	1.953	0.594			

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

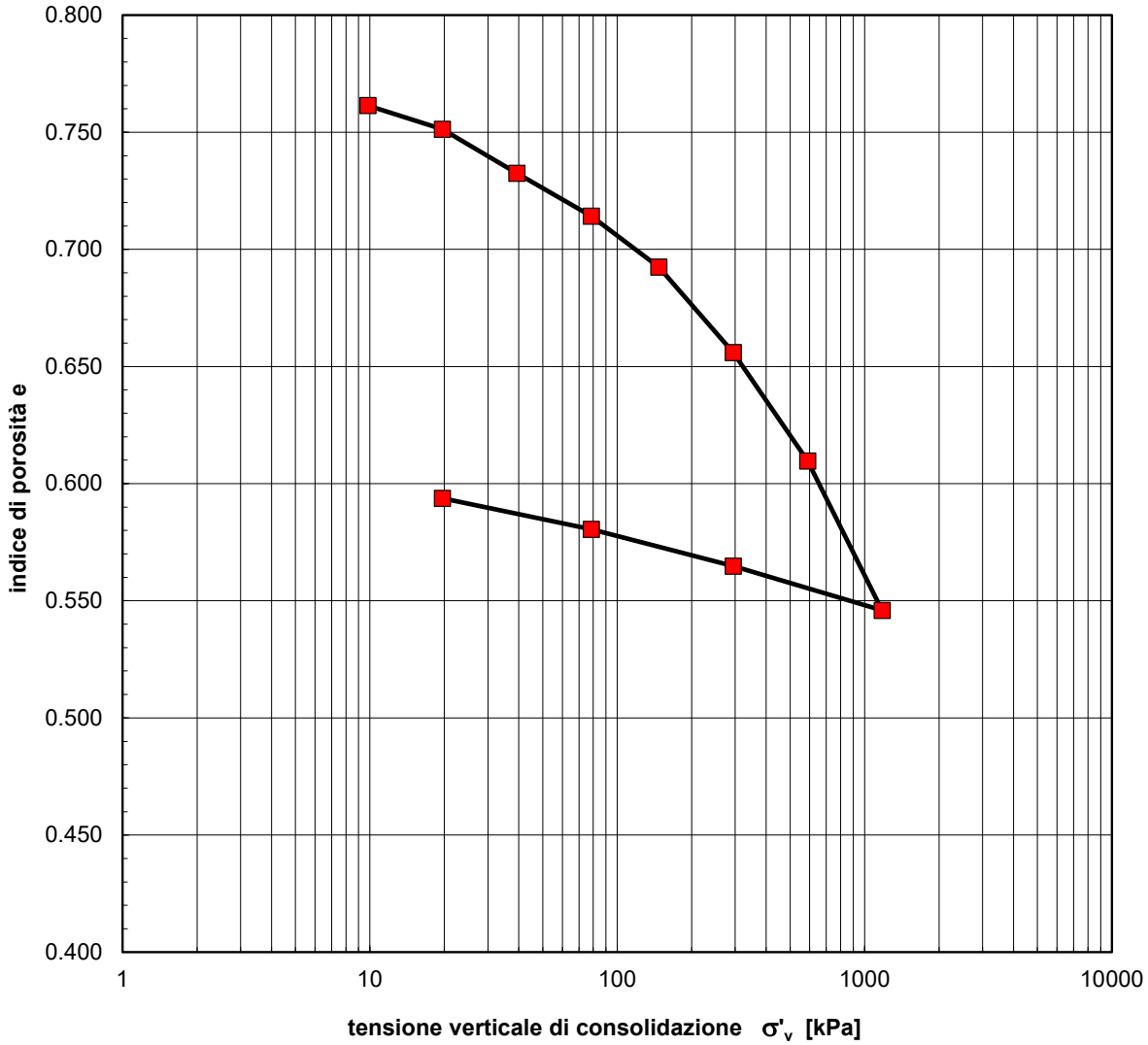
Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2934/04**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5): diagramma e - log σ'_v



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

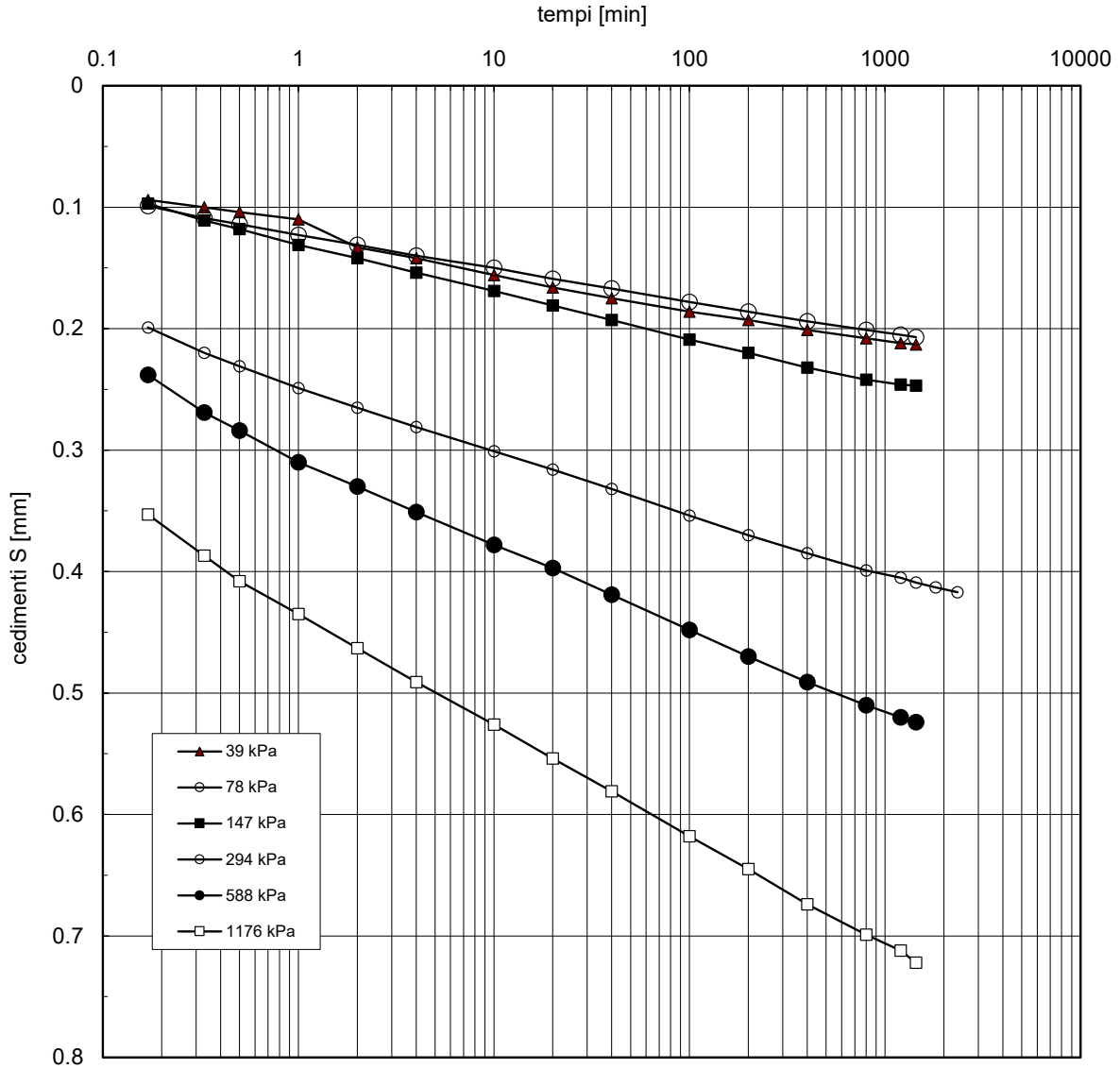
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2934/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5):diagrammi cedimenti-tempo



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2934/04**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° incremento di carico		*2° incremento di carico*		*3° incremento di carico*		*4° incremento di carico*	
pressione=10 kPa		pressione=20 kPa		pressione=39 kPa		pressione=78 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.045	0.17	0.060	0.17	0.094	0.17	0.099
0.33	0.045	0.33	0.062	0.33	0.100	0.33	0.109
0.50	0.045	0.50	0.063	0.50	0.104	0.50	0.114
1	0.045	1	0.065	1	0.110	1	0.123
2	0.045	2	0.068	2	0.133	2	0.131
4	0.047	4	0.071	4	0.142	4	0.140
10	0.050	10	0.076	10	0.156	10	0.150
20	0.052	20	0.081	20	0.166	20	0.159
40	0.054	40	0.085	40	0.175	40	0.167
		100	0.094	100	0.186	100	0.178
		200	0.100	200	0.193	200	0.186
		400	0.105	400	0.201	400	0.194
		800	0.110	800	0.208	800	0.201
		1200	0.113	1200	0.212	1200	0.205
		1440	0.114	1440	0.213	1440	0.207

5° incremento di carico		*6° incremento di carico*		*7° incremento di carico*		*8° incremento di carico*	
pressione=147 kPa		pressione=294 kPa		pressione=588 kPa		pressione=1176 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	0.097	0.17	0.199	0.17	0.238	0.17	0.353
0.33	0.111	0.33	0.220	0.33	0.269	0.33	0.387
0.50	0.118	0.50	0.231	0.50	0.284	0.50	0.408
1	0.131	1	0.249	1	0.310	1	0.435
2	0.142	2	0.265	2	0.330	2	0.463
4	0.154	4	0.281	4	0.351	4	0.491
10	0.169	10	0.301	10	0.378	10	0.526
20	0.181	20	0.316	20	0.397	20	0.554
40	0.193	40	0.332	40	0.419	40	0.581
100	0.209	100	0.354	100	0.448	100	0.618
200	0.220	200	0.370	200	0.470	200	0.645
400	0.232	400	0.385	400	0.491	400	0.674
800	0.242	800	0.399	800	0.510	800	0.699
1200	0.246	1200	0.405	1200	0.520	1200	0.712
1440	0.247	1440	0.409	1440	0.524	1440	0.722
		1813	0.413				
		2346	0.417				

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**2934/04**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (UNI EN ISO 17892-5) :dati sperimentali

1° decremento di carico		*2° decremento di carico*		*3° decremento di carico*	
pressione=294 kPa		pressione=78 kPa		pressione=20 kPa	
Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)	Tempi (min)	Cedimento (mm)
0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.17	-0.170	0.17	-0.078	0.17	-0.019
0.33	-0.177	0.33	-0.086	0.33	-0.027
0.50	-0.180	0.50	-0.092	0.50	-0.032
1	-0.191	1	-0.101	1	-0.041
2	-0.194	2	-0.113	2	-0.050
4	-0.197	4	-0.124	4	-0.061
10	-0.201	10	-0.136	10	-0.085
20	-0.205	20	-0.144	20	-0.093
40	-0.207	40	-0.152	40	-0.102
100	-0.214	100	-0.161	100	-0.114
		200	-0.168	200	-0.123
		400	-0.172	400	-0.133
		800	-0.177	800	-0.141
		1200	-0.178	1200	-0.148
				1440	-0.149

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2934/05**
Cod. prova	**Sbp6704**
Data ricevimento:	**16/06/2021**
Data inizio prova:	**29/06/2021**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE tipo C.D. UNI EN ISO 17892-9): dati sperimentali

Tipo prova: Consolidata drenata [CD] con applicazione di back pressure

Dimensioni dei provini: Diametro: 38 mm Altezza: 72 mm

Durata della consolidazione: 16 ore
Velocità di deformazione: 0.005 mm/min

Fattori di conversione: *1kN/m³=0.102 g/cm³*
1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²

Provino			**1**	**2**	**3**	**4**
Condizioni prima della prova:						
Contenuto d'acqua	w		0.266	0.287	0.254	
Peso di volume umido	γ	[kN/m³]	16.25	16.40	16.34	
Peso di volume secco	γ_d	[kN/m³]	12.84	12.74	13.02	
Grado di saturazione	Sr		0.685	0.730	0.675	
Condizioni iniziali di prova:						
Pressione laterale totale (*)	σ_3	[kPa]	265	333	441	
Back-pressure	Uo	[kPa]	196	196	196	
Pressione laterale efficace	σ'_3	[kPa]	69	137	245	
Test di B a fine consolidazione	$B=\Delta U/\Delta\sigma_3$		0.96	0.94	0.95	
Condizioni a rottura (+):						
Tensione deviatorica	$(\sigma_1-\sigma_3)_r$	[kPa]	178	284	506	
Deformazione assiale	ε_{1r}	[%]	13.10	12.99	13.49	
Contenuto d'acqua	w_f		0.288	0.236	0.400	
Schema del provino a rottura						

(*)Le condizioni di rottura sono individuate in corrispondenza del massimo della curva ($\sigma 1-\sigma 3$)-$\varepsilon 1$.

Osservazioni:

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

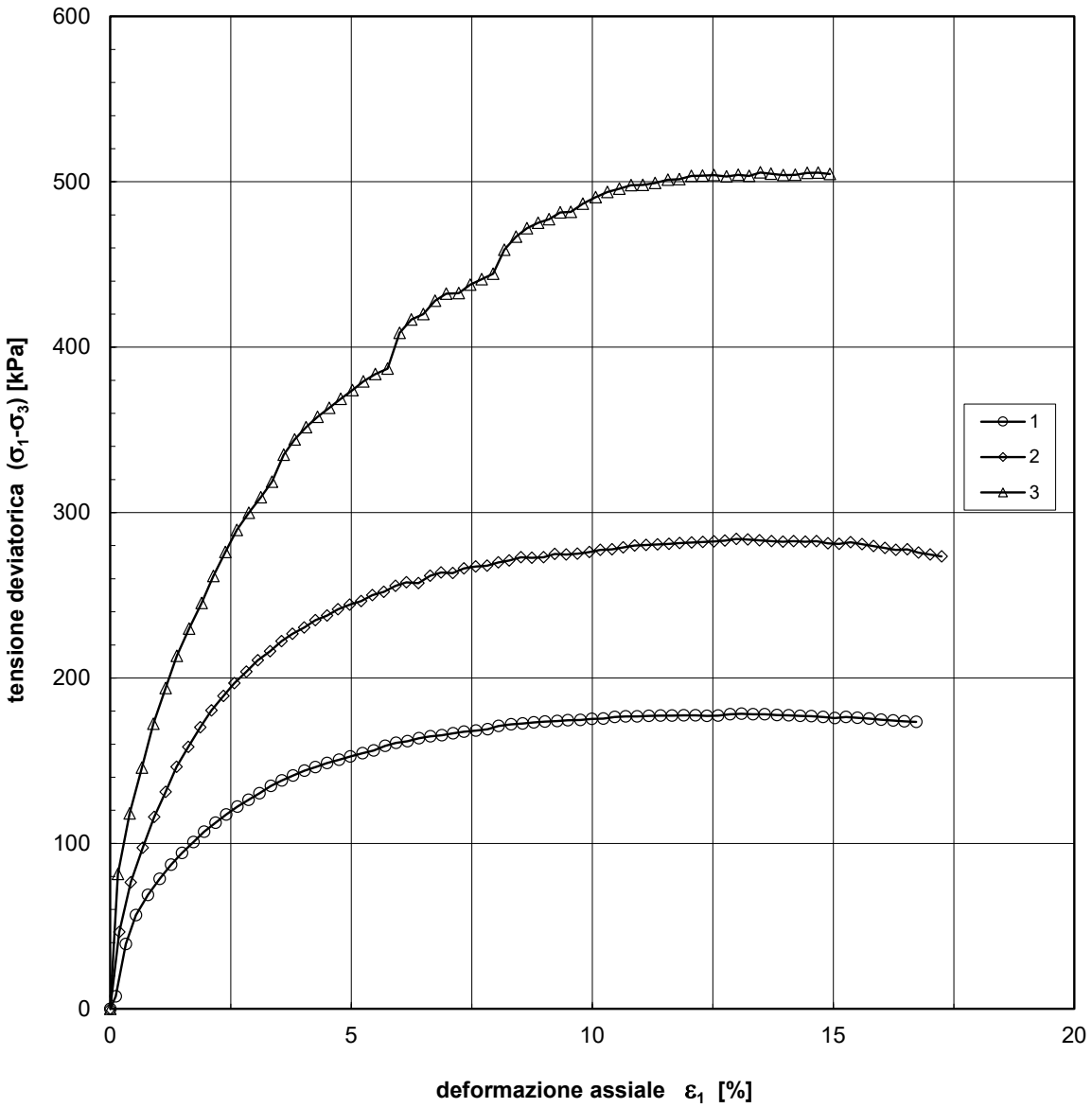
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2934/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : diagrammi sperimentali



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

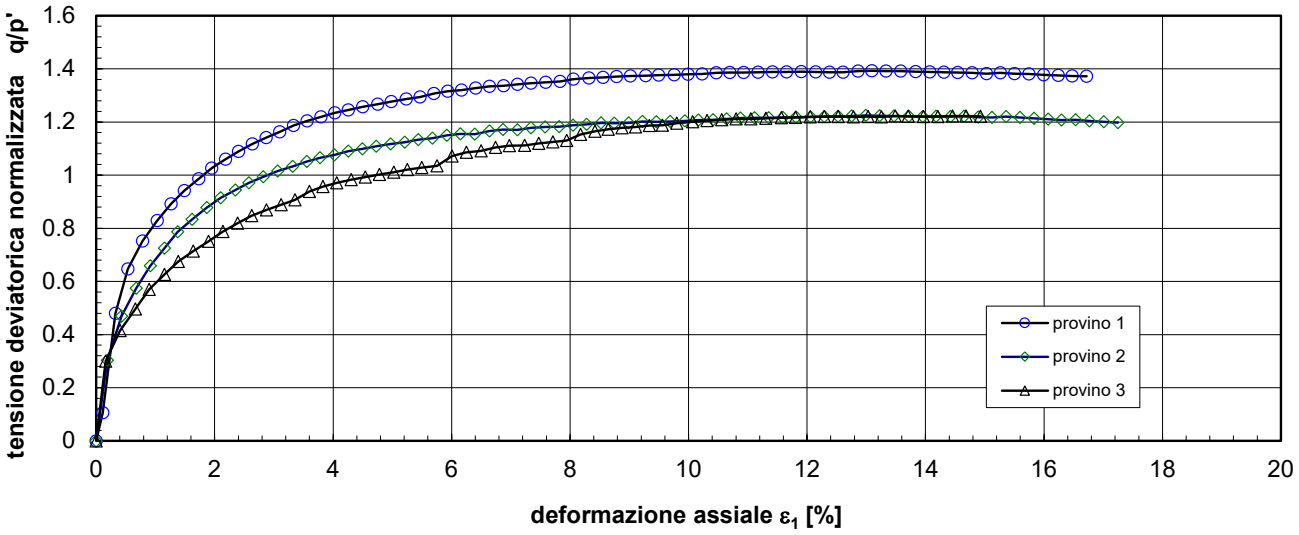
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

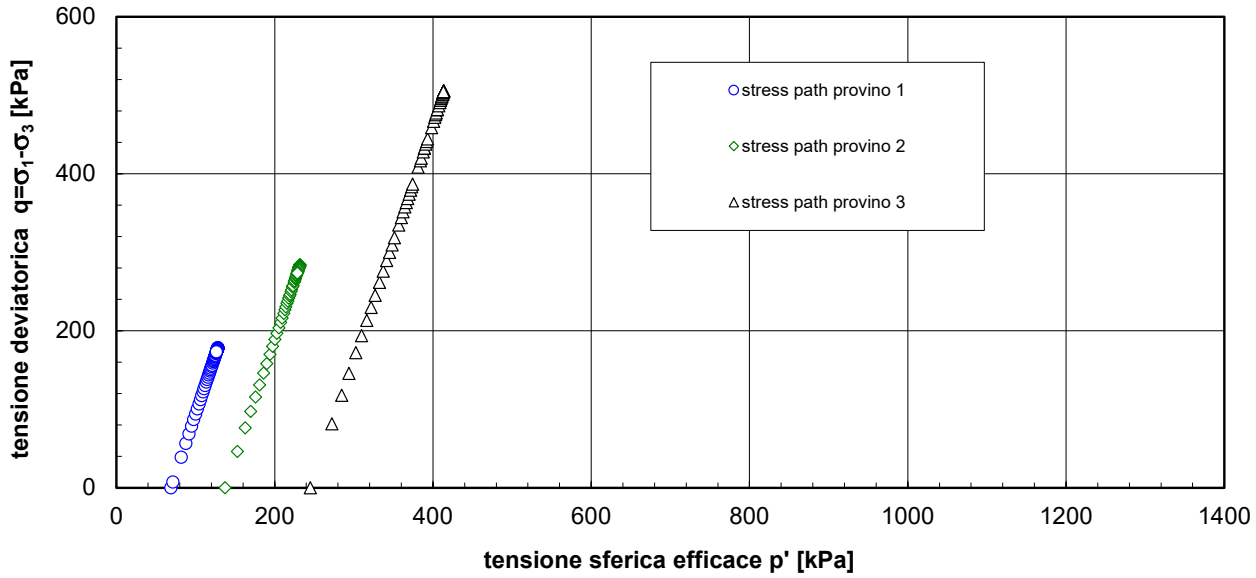
Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2934/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : stress path





ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2934/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 1 σ_3= **265 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **69 kPa** **(cella di carico n° 94878)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00	8.32	171.98		
0.11	7.51	8.56	172.38		
0.33	39.16	8.78	173.11		
0.53	56.60	9.02	173.68		
0.78	68.83	9.27	173.90		
1.03	78.55	9.50	174.47		
1.27	87.08	9.76	174.68		
1.49	94.10	9.99	175.23		
1.73	100.77	10.23	175.46		
1.95	107.10	10.47	176.48		
2.18	112.42	10.69	176.71		
2.40	117.40	10.93	176.78		
2.64	122.20	11.17	177.15		
2.87	126.33	11.42	177.21		
3.10	130.29	11.65	177.27		
3.33	134.72	11.90	177.48		
3.56	138.01	12.14	177.37		
3.79	140.94	12.38	177.12		
4.03	143.88	12.61	177.18		
4.25	146.15	12.86	177.99		
4.50	148.57	13.10	178.36		
4.75	150.49	13.33	178.10		
4.98	152.58	13.58	177.98		
5.23	154.48	13.83	177.55		
5.46	156.07	14.07	177.44		
5.70	158.95	14.31	177.02		
5.93	160.69	14.54	176.91		
6.17	161.78	14.79	176.48		
6.41	163.50	15.03	175.75		
6.64	164.74	15.26	176.41		
6.88	165.33	15.50	175.84		
7.11	166.56	15.74	175.41		
7.34	167.47	15.99	174.82		
7.59	168.20	16.24	174.24		
7.83	168.93	16.47	173.82		
8.06	170.95	16.72	173.39		

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2934/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 2 σ_3= **333 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **137 kPa** **(cella di carico n° 212497)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00	8.75	272.66		
0.19	46.35	8.99	273.06		
0.43	76.35	9.22	275.02		
0.67	97.36	9.46	274.65		
0.91	115.87	9.69	275.04		
1.15	131.11	9.94	276.18		
1.38	146.32	10.17	277.36		
1.62	158.25	10.41	277.73		
1.87	170.14	10.64	278.89		
2.10	180.41	10.88	280.04		
2.35	189.03	11.11	280.41		
2.58	196.84	11.35	280.77		
2.82	203.80	11.59	281.14		
3.06	210.76	11.81	281.53		
3.32	216.09	12.06	281.87		
3.55	222.21	12.29	282.23		
3.78	226.74	12.53	282.59		
4.02	230.44	12.75	282.96		
4.26	234.92	12.99	284.06		
4.50	237.80	13.23	283.65		
4.73	241.48	13.47	283.22		
4.97	244.34	13.72	282.78		
5.21	246.40	13.96	282.36		
5.44	250.04	14.18	282.73		
5.68	252.09	14.42	282.30		
5.92	255.71	14.65	282.63		
6.15	257.76	14.89	281.46		
6.39	257.41	15.12	281.05		
6.64	261.76	15.36	282.11		
6.87	263.79	15.60	280.94		
7.11	263.44	15.83	279.77		
7.34	266.23	16.07	278.59		
7.58	267.44	16.30	277.44		
7.82	267.86	16.53	277.75		
8.05	269.85	16.77	275.85		
8.28	271.06	17.01	274.68		
8.52	273.01	17.25	273.51		

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2934/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05** Campione: **C1** Profondità (m): **4.50:5.00**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 3 σ_3= **441 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **245 kPa** **(cella di carico n° 302961)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00	9.10	477.33		
0.16	81.48	9.34	481.42		
0.40	118.11	9.56	481.76		
0.66	145.71	9.80	486.72		
0.90	172.27	10.07	490.67		
1.15	193.80	10.31	493.74		
1.38	213.32	10.56	495.84		
1.64	229.81	10.80	497.94		
1.90	245.26	11.05	498.14		
2.14	261.69	11.30	499.25		
2.39	276.08	11.57	501.27		
2.63	289.47	11.80	501.49		
2.87	299.88	12.05	503.54		
3.12	309.28	12.29	503.74		
3.36	318.69	12.53	503.94		
3.60	334.87	12.78	503.15		
3.83	344.22	13.03	504.24		
4.06	351.58	13.25	503.54		
4.30	357.93	13.49	505.59		
4.54	363.30	13.71	504.90		
4.78	368.67	13.96	504.09		
5.02	373.99	14.21	504.24		
5.25	379.34	14.46	505.28		
5.50	383.66	14.69	505.47		
5.76	386.99	14.93	504.70		
6.00	408.63				
6.25	416.74				
6.50	420.02				
6.74	428.08				
6.97	432.32				
7.23	432.66				
7.47	437.82				
7.71	441.05				
7.94	444.29				
8.18	458.92				
8.42	466.86				
8.64	471.95				
8.88	475.11				

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2929/01**
cod. prova	**Des2211**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 16/06/2021
Data di apertura: 28/06/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 310 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite a granulometria sabbio-limosa, di colore marrone-grigiastro. Presenti inclusi lapidei millimetrici. Mediamente addensata. Nella parte finale il colore sfuma in grigio scuro e il materiale si presenta francamente sabbioso. Umida.*
Colore:	Marrone-grigiastro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☑ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2929/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 31 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

3

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova triassiale CID

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2929/02**
cod. prova	**ngw16272**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 16/06/2021
Data inizio prova: 28/06/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g			
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	158.25 g	γ'_s =	26.00 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	152.02 g			
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g			
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	156.71 g	γ''_s =	26.04 kN/m³	**γ_s = 26.02 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	150.48 g			

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.556**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 15.03 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	33.30	g		
Peso pes.+provino umido	108.84	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 9.66 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	81.86	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.0 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.629**
Contenuto d'acqua	w = 0.556	**Indice di porosità**	**e = 1.692**
Peso di vol. secco	γ_d= 9.66 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.854**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2929/03**
cod. prova:	**gr18247**
Data ricevimento:	**16/06/21**
Data inizio prova:	**02/07/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

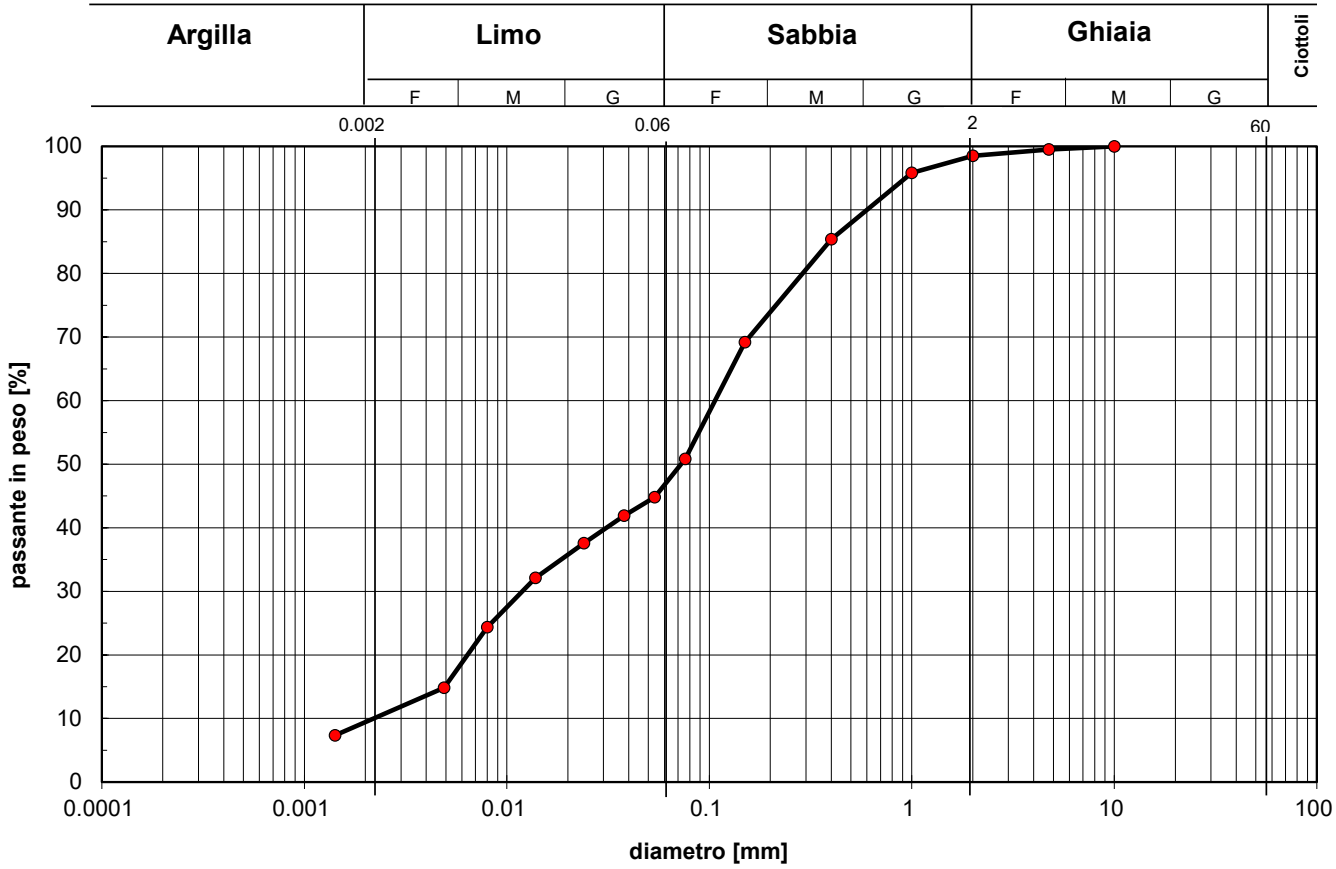
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente:	**Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori:	**non dichiarato**
	(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine:	**Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio:	**S08P**
Campione:	**C2**
Profondità (m):	**5.00:5.40**

Peso campione:	**300.00**	**g**	(1° setacciatura)
Peso secco sed:	**38.55**	**g**	(sedimentazione)
Temperatura:	**29**	**°C**	

Peso specifico dei grani γ_s= **26.02 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.51	99.49
ASTM 10	2.00	0.97	98.52
ASTM 18	1.00	2.71	95.81
ASTM 40	0.40	10.44	85.38
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	16.19	69.19
SEDIMENTAZIONE	0.0759	18.35	50.83
	0.0537	6.05	44.79
	0.0380	2.88	41.91
	0.0240	4.32	37.59
	0.0139	5.47	32.12
	0.0080	7.78	24.34
	0.0049	9.50	14.84
	0.0014	7.49	7.35



Argilla (%): 8.60	**Limo (%): 37.91**	**Sabbia (%): 52.01**	**Ghiaia (%): 1.48**

Lavoro:2125
Siglia lab.: gr18247r - S08P-C2
Data emissione: 26/07/2021

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2929/05**
Cod. prova	**Sbp6703**
Data ricevimento:	**16/06/2021**
Data inizio prova:	**28/06/2021**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE tipo C.D. UNI EN ISO 17892-9): dati sperimentali

Tipo prova: Consolidata drenata [CD] con applicazione di back pressure

Dimensioni dei provini: Diametro: 38 mm Altezza: 72 mm

Durata della consolidazione: 16 ore
Velocità di deformazione: 0.005 mm/min

Fattori di conversione: *1kN/m³=0.102 g/cm³*
1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²

Provino			**1**	**2**	**3**	**4**
Condizioni prima della prova:						
Contenuto d'acqua	w		0.487	0.480	0.527	
Peso di volume umido	γ	[kN/m³]	12.69	13.49	14.89	
Peso di volume secco	γ_d	[kN/m³]	8.54	9.11	9.75	
Grado di saturazione	Sr		0.630	0.686	0.837	
Condizioni iniziali di prova:						
Pressione laterale totale (*)	σ_3	[kPa]	275	343	441	
Back-pressure	Uo	[kPa]	196	196	196	
Pressione laterale efficace	σ'_3	[kPa]	78	147	245	
Test di B a fine consolidazione	$B=\Delta U/\Delta\sigma_3$		0.95	0.95	0.93	
Condizioni a rottura (+):						
Tensione deviatorica	$(\sigma_1-\sigma_3)_r$	[kPa]	199	276	502	
Deformazione assiale	ε_{1r}	[%]	19.65	11.33	12.34	
Contenuto d'acqua	w_f		0.526	0.520	0.467	
Schema del provino a rottura						

(*)Le condizioni di rottura sono individuate in corrispondenza del massimo della curva ($\sigma 1-\sigma 3$)-$\varepsilon 1$.

Osservazioni:

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

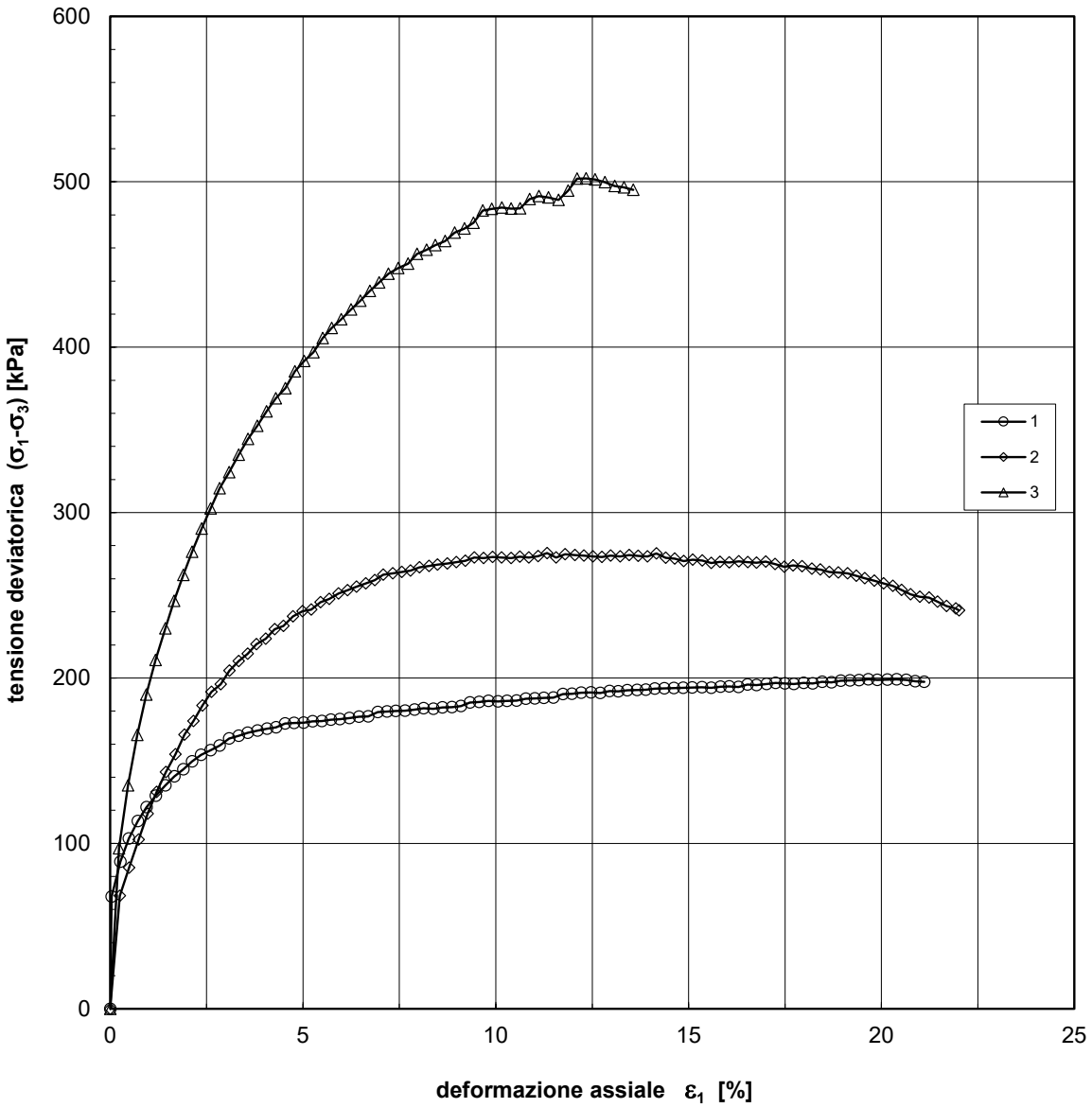
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2929/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : diagrammi sperimentali



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

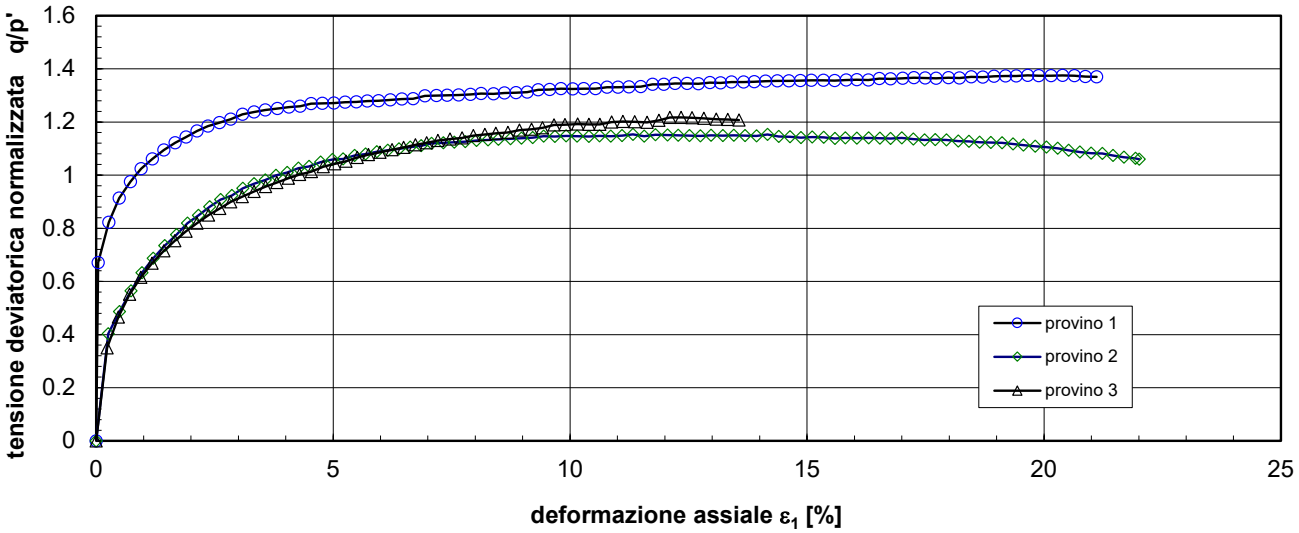
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

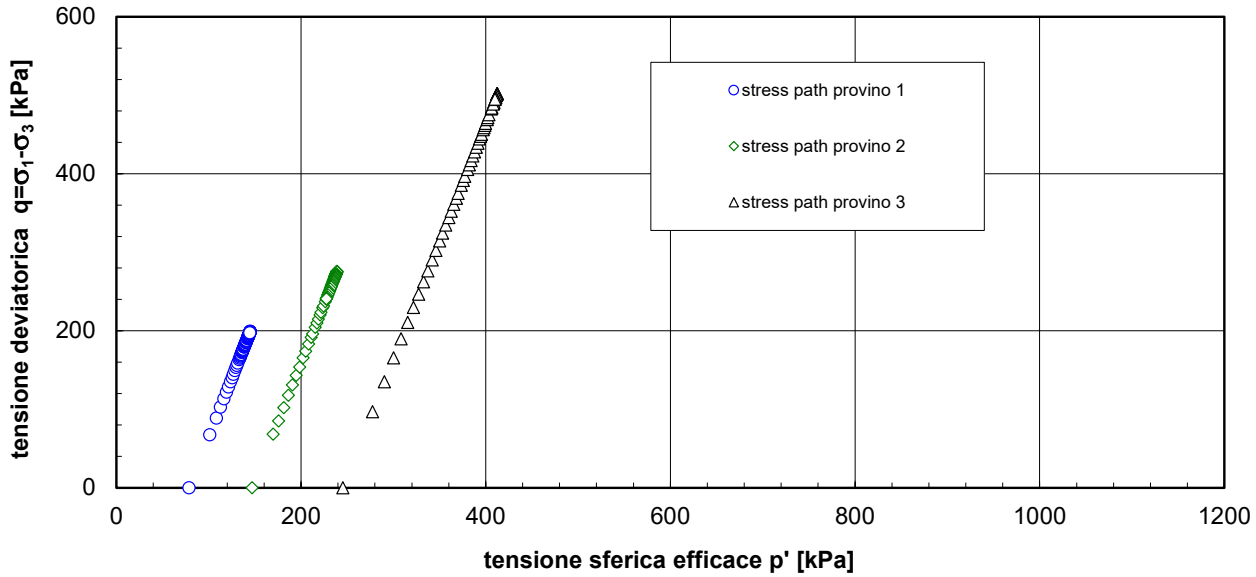
Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2929/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : stress path





ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2929/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 1 σ_3= **275 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **78 kPa** **(cella di carico n° 94878)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00	8.38	181.39	17.02	196.36
0.04	67.76	8.62	182.12	17.25	196.97
0.27	88.91	8.86	182.34	17.49	196.66
0.48	102.94	9.09	183.06	17.72	196.36
0.72	113.40	9.33	185.22	17.98	196.93
0.95	121.83	9.57	185.44	18.21	196.62
1.19	128.72	9.81	186.14	18.46	197.66
1.43	135.09	10.05	185.87	18.71	197.34
1.66	140.45	10.29	186.10	18.94	198.37
1.90	144.78	10.53	186.31	19.19	198.50
2.12	149.63	10.78	187.47	19.42	198.64
2.36	153.44	11.01	187.69	19.65	199.21
2.60	156.24	11.24	187.91	19.89	198.89
2.84	159.04	11.49	188.10	20.15	198.98
3.09	163.31	11.74	190.19	20.39	199.09
3.33	165.09	11.97	190.39	20.64	198.74
3.57	166.87	12.21	191.06	20.87	197.98
3.82	168.14	12.47	191.25	21.11	197.64
4.07	169.40	12.71	190.97		
4.30	170.18	12.95	192.09		
4.54	172.45	13.17	191.82		
4.77	172.72	13.41	192.49		
5.02	172.98	13.66	192.66		
5.25	173.75	13.89	192.85		
5.49	174.01	14.12	193.50		
5.72	174.77	14.37	193.67		
5.96	175.04	14.61	193.84		
6.21	175.78	14.86	194.01		
6.45	176.53	15.09	194.18		
6.69	176.78	15.34	194.34		
6.94	179.46	15.58	194.04		
7.18	179.71	15.82	194.66		
7.41	179.96	16.05	194.83		
7.64	180.21	16.29	194.53		
7.89	180.93	16.53	196.07		
8.12	181.66	16.76	195.77		

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2929/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 2 σ_3= **343 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **147 kPa** **(cella di carico n° 212497)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00	8.74	269.25	17.48	267.27
0.25	68.31	8.97	270.05	17.70	267.97
0.49	85.28	9.21	270.84	17.94	267.55
0.73	102.21	9.44	272.81	18.19	266.00
0.97	117.90	9.68	272.43	18.42	265.60
1.20	131.11	9.92	273.21	18.64	264.10
1.44	143.07	10.15	272.84	18.88	263.68
1.69	153.80	10.39	272.45	19.12	263.25
1.93	165.71	10.62	273.24	19.35	261.74
2.16	173.97	10.86	272.87	19.57	260.26
2.39	183.40	11.09	273.63	19.82	258.73
2.63	191.62	11.33	275.53	20.05	257.23
2.86	196.19	11.56	272.86	20.29	255.70
3.09	204.37	11.80	274.75	20.52	253.14
3.33	210.13	12.05	274.33	20.76	250.55
3.57	214.66	12.28	273.95	20.99	249.06
3.79	220.39	12.52	273.55	21.23	248.64
4.03	223.70	12.75	273.17	21.45	246.09
4.27	229.41	12.97	273.94	21.69	243.54
4.49	231.51	13.22	273.52	21.93	242.04
4.74	237.17	13.45	274.26	22.01	240.83
4.98	240.41	13.69	273.86		
5.21	241.31	13.93	273.45		
5.45	245.75	14.17	275.31		
5.68	247.80	14.40	272.64		
5.92	251.03	14.64	272.23		
6.16	253.08	14.87	270.72		
6.39	255.11	15.11	271.43		
6.63	257.14	15.35	271.01		
6.86	259.17	15.59	269.48		
7.08	262.37	15.81	270.21		
7.32	263.20	16.05	269.78		
7.56	264.02	16.30	270.46		
7.79	264.85	16.53	270.05		
8.02	266.84	16.76	269.65		
8.27	267.64	17.00	270.34		
8.49	268.46	17.24	268.79		

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2929/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C2** Profondità (m): **5.00:5.40**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 3 σ_3= **441 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **245 kPa** **(cella di carico n° 302961)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00	9.19	471.77		
0.23	96.97	9.42	475.18		
0.46	135.09	9.66	482.59		
0.70	165.48	9.89	483.55		
0.94	189.86	10.16	484.43		
1.18	210.79	10.40	483.74		
1.43	229.96	10.63	483.88		
1.66	246.59	10.87	489.60		
1.89	262.31	11.11	491.31		
2.13	276.32	11.37	490.57		
2.37	290.27	11.63	489.01		
2.61	302.52	11.87	494.66		
2.84	314.75	12.11	501.94		
3.08	324.41	12.34	502.02		
3.33	334.87	12.57	501.31		
3.57	344.47	12.82	499.75		
3.81	352.39	13.08	497.36		
4.06	361.10	13.32	496.63		
4.29	368.98	13.56	495.11		
4.54	375.14				
4.79	385.44				
5.03	391.58				
5.27	396.88				
5.51	405.46				
5.74	411.55				
5.99	416.78				
6.24	422.79				
6.48	427.99				
6.73	433.98				
6.97	439.14				
7.21	444.29				
7.47	447.75				
7.72	450.39				
7.96	456.32				
8.20	458.94				
8.43	461.61				
8.69	464.18				
8.93	469.21				

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2931/01**
cod. prova	**Des2213**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C4** Profondità (m): **11.50:11.82**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 29/06/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 230 mm

Descrizione del campione	*Tufo di colore grigio, aspetto vacuolare, presenti elementi lapidei all'interno della matrice, talora disfatti.*
Colore:	grigio
Plasticità:	☐ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☐ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lavoro: 2125
Sigla Lab.: des2213r - S08P-C4
Data emissione: 26/07/2021

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2931/01**

Struttura	☐ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☐ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☑ Elevata

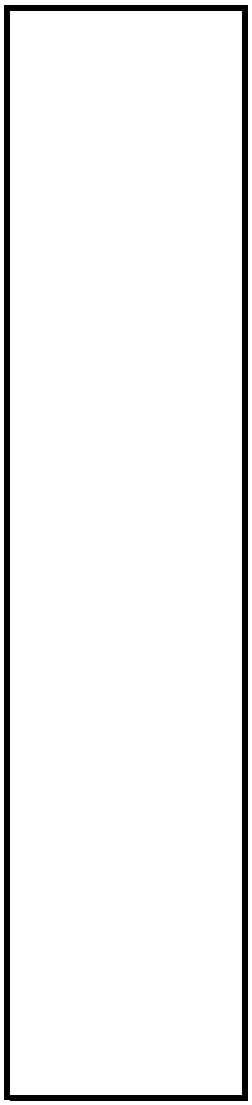
PROVE ESEGUITE

L totale= 23 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm



Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche

Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli - ☎ 081/5709742-5709641 e-mail: info@ilag.it web: www.ilag.it

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Azienda Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud

ESECUZIONE DI RILEVAMENTI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DI PENISOLA SORRENTINA E COSTIERA AMALFITANA

Prove geotecniche di laboratorio
Seconda fase

2125/lab/01	Rev. 00	06/08/2021	geol. S. Tagliarini	ing. R.Rippa D.T.	ing. R.Rippa D.T.
Codice	Stato	Data	Redatto Nome Funzione	Verificato Nome Funzione	Approvato Nome Funzione

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d 80125 Napoli - tel. 081/5709742 fax 081/5709641
e-mail info@ilag.it internet: www.ilag.it

L'Azienda Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud – con sede a Torre del Greco (NA), per il tramite della soc. Gia Consulting. S.r.l., ha dato incarico alla nostra Società di eseguire prove geotecniche di laboratorio su alcuni campioni indisturbati di terreno, prelevati nel comune di S. Agnello (NA), nell'ambito delle "*ESECUZIONE DI RILEVAMENTI TOPOGRAFICI E GEOMECCANICI ED INDAGINI GEOGNOSTICHE PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DI PENISOLA SORRENTINA E COSTIERA AMALFITANA*".

Sui campioni prelevati, dal Committente, è stato indicato un programma di prove sperimentali.

Tale sperimentazione ha previsto la descrizione geotecnica, la determinazione delle caratteristiche fisiche generali, l'analisi granulometrica per sedimentazione e setacciatura, l'esecuzione di prove meccaniche miranti alla determinazione della resistenza a rottura (prove di taglio diretto e prove di compressione triassiale CID, prove di compressione uniassiale CU).

Il presente rapporto si riferisce alla seconda fase delle indagini, in quanto a completamento delle stesse sono previste altre prove di laboratorio, che costituiranno oggetto di un terzo rapporto integrativo.

Nella tabella che segue è riepilogato il programma di prove effettivamente eseguite.

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le Normative e le Raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova.

Tabella 1 – Ospedale S. Agnello- Prove eseguite- Seconda fase

Campione	Profondità (m)	Caratt. Fisiche Generali	Analisi granulometrica Sed+stacc.	Prova triax. CID	Prova di taglio diretto	Prova CU
S01P-C1	3.00:3.50	X	X	X	-	-
S02-C1	2.00:2.30	X	X	-	-	-
S04-C2	11.30:11.50	X	-	-	-	X
S05DH-C1	7.50:8.00	X	-	-	-	X
S06-C1	6.00:6.20	X	X	-	X	-
S06-C2	9.00:9.30	X	-	-	-	X
S08P-C1	2.00:2:50	X	X	-	-	-
S08P-C3	9.50:9.75	X	-	-	-	X
S08P-C4	11.60:11.82	X	-	-	-	X

Napoli, agosto 2021

Il Direttore Tecnico

(dott. ing. Roberto Rippa)

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2924/01**
cod. prova	**Des2206**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 450 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite debolmente argillificata di colore marrone scuro. Presenti pomici millimetriche, di colore giallognolo. La granulometria è sabbio-limosa, da mediamente addensata ad addensata. Umida.*
Colore:	marrone scuro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato da ☑ Mediam. addensato a ☑ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2924/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 45 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

3

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova triassiale CID

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2924/02**
cod. prova	**ngw16267**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	158.62 g	γ'_s = 26.11 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	152.38 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	160.54 g	γ''_s = 26.14 kN/m³	**γ_s = 26.12 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	154.29 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56 mm		
Altezza del provino:	20 mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.752**
Area del provino:	24.63 cm²		
Volume del provino:	49.26 cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 13.35 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	32.56 g		
Peso pes.+provino umido	99.64 g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 7.62 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	70.84 g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.1 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.708**
Contenuto d'acqua	w = 0.752	**Indice di porosità**	**e = 2.429**
Peso di vol. secco	γ_d= 7.62 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.809**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2924/03**
cod. prova:	**gr18242**
Data ricevimento:	**28/06/21**
Data inizio prova:	**04/08/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

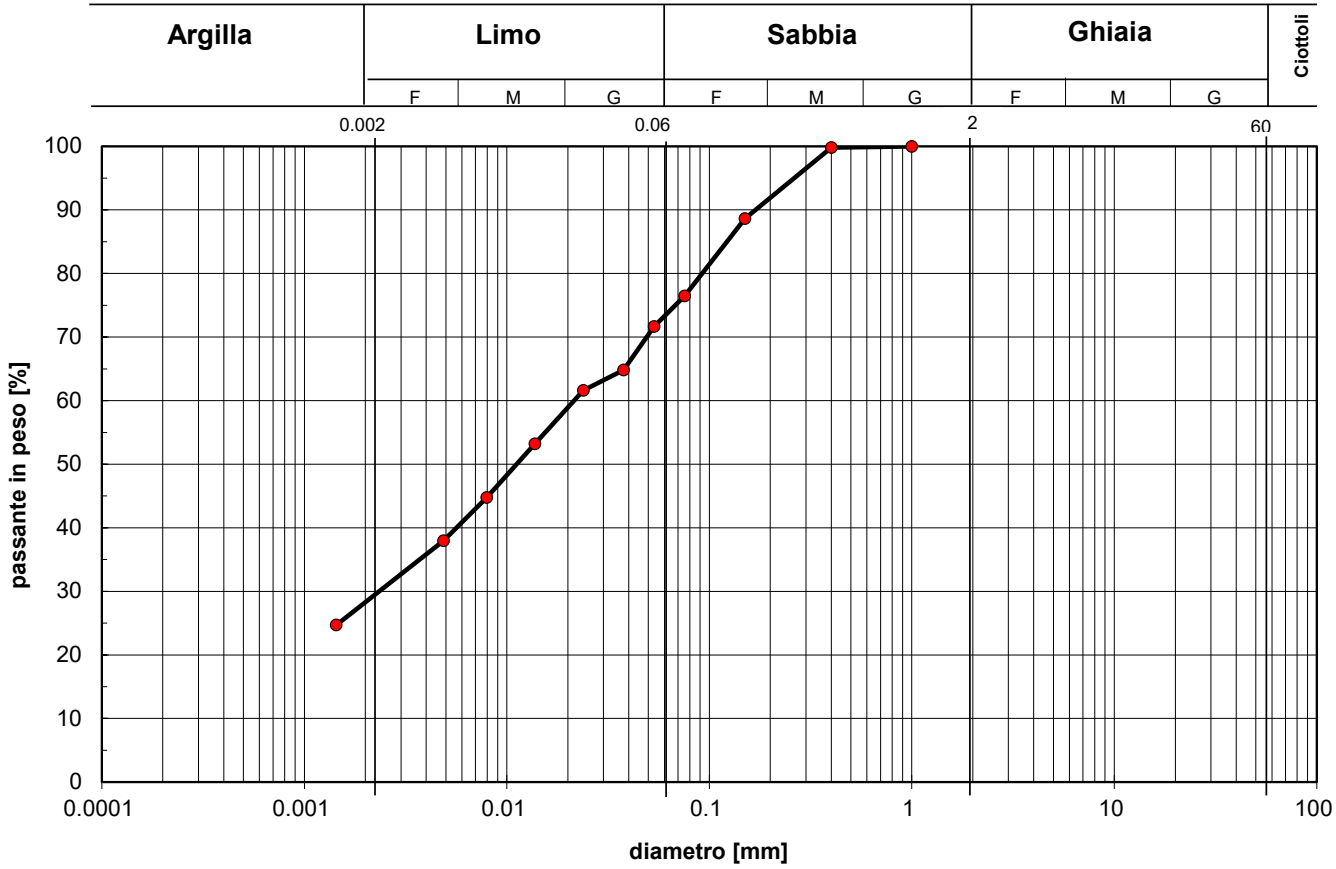
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S01P**
Campione: **C1**
Profondità (m): **3.00:3.50**

Peso campione: **250.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.88** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **26.12 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.00	100.00
ASTM 10	2.00	0.00	100.00
ASTM 18	1.00	0.00	100.00
ASTM 40	0.40	0.18	99.82
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	11.16	88.65
SEDIMENTAZIONE	0.0754	12.18	76.47
	0.0533	4.82	71.66
	0.0377	6.82	64.83
	0.0238	3.21	61.62
	0.0138	8.43	53.19
	0.0079	8.43	44.76
	0.0049	6.82	37.94
	0.0014	13.25	24.69



Argilla (%): 26.86	**Limo (%): 46.25**	**Sabbia (%): 26.89**	**Ghiaia (%): 0.00**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2924/04**
Cod. prova	**Sbp6706**
Data ricevimento:	**28/06/2021**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE tipo C.D. UNI EN ISO 17892-9): dati sperimentali

Tipo prova: Consolidata drenata [CD] con applicazione di back pressure

Dimensioni dei provini: Diametro: 38 mm Altezza: 72 mm

Durata della consolidazione: 16 ore
Velocità di deformazione: 0.005 mm/min

Fattori di conversione: *1kN/m³=0.102 g/cm³*
1kPa=1kN/m²=0.0102 kg/cm²

Provino			**1**	**2**	**3**	**4**
Condizioni prima della prova:						
Contenuto d'acqua	w		0.881	0.762	0.779	
Peso di volume umido	γ	[kN/m³]	12.27	11.48	11.99	
Peso di volume secco	γ_d	[kN/m³]	6.52	6.51	6.74	
Grado di saturazione	Sr		0.782	0.675	0.722	
Condizioni iniziali di prova:						
Pressione laterale totale (*)	σ_3	[kPa]	235	294	373	
Back-pressure	Uo	[kPa]	196	196	196	
Pressione laterale efficace	σ'_3	[kPa]	39	98	176	
Test di B a fine consolidazione	$B=\Delta U/\Delta\sigma_3$		0.96	0.94	0.95	
Condizioni a rottura (+):						
Tensione deviatorica	$(\sigma_1-\sigma_3)_r$	[kPa]	102	216	419	
Deformazione assiale	ε_{1r}	[%]	7.47	10.54	14.28	
Contenuto d'acqua	w_f		0.856	0.884	0.758	
Schema del provino a rottura						

(*)Le condizioni di rottura sono individuate in corrispondenza del massimo della curva ($\sigma 1-\sigma 3$)-$\varepsilon 1$.

Osservazioni:

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

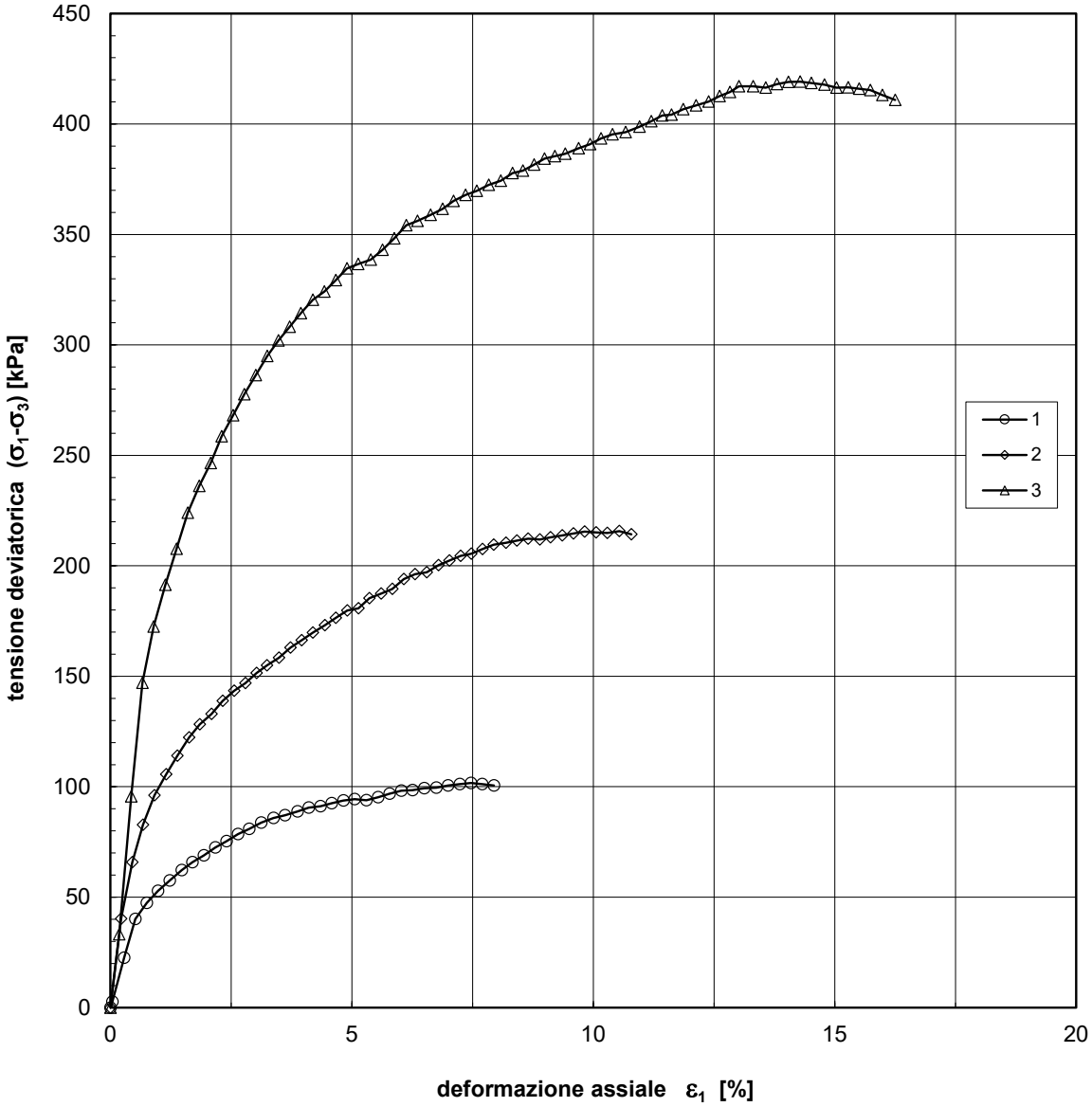
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2924/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : diagrammi sperimentali



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

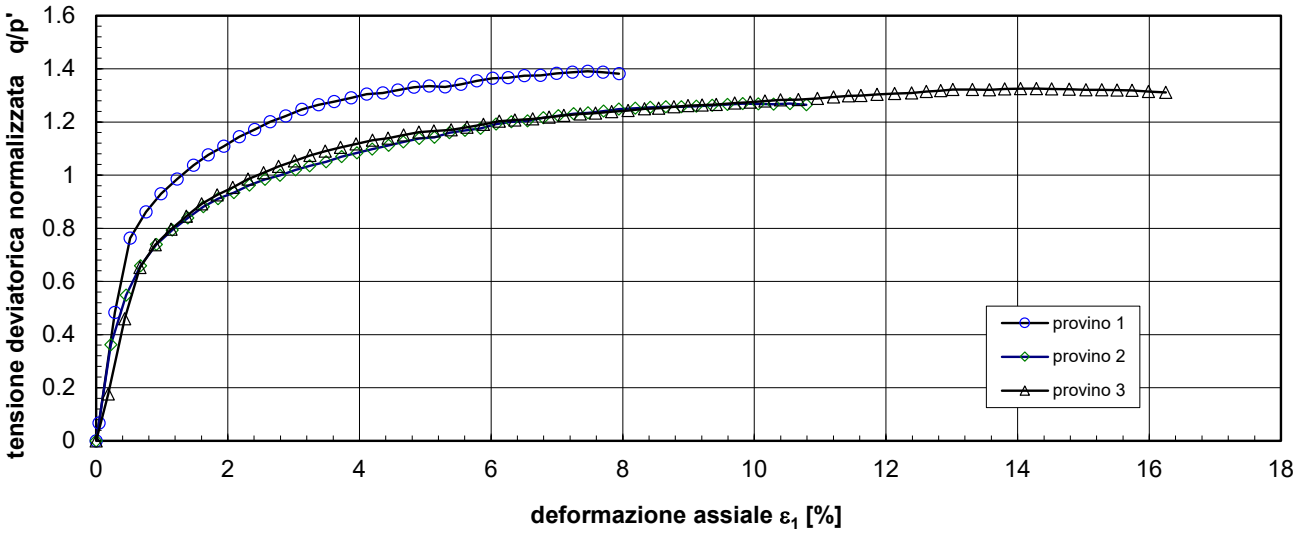
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

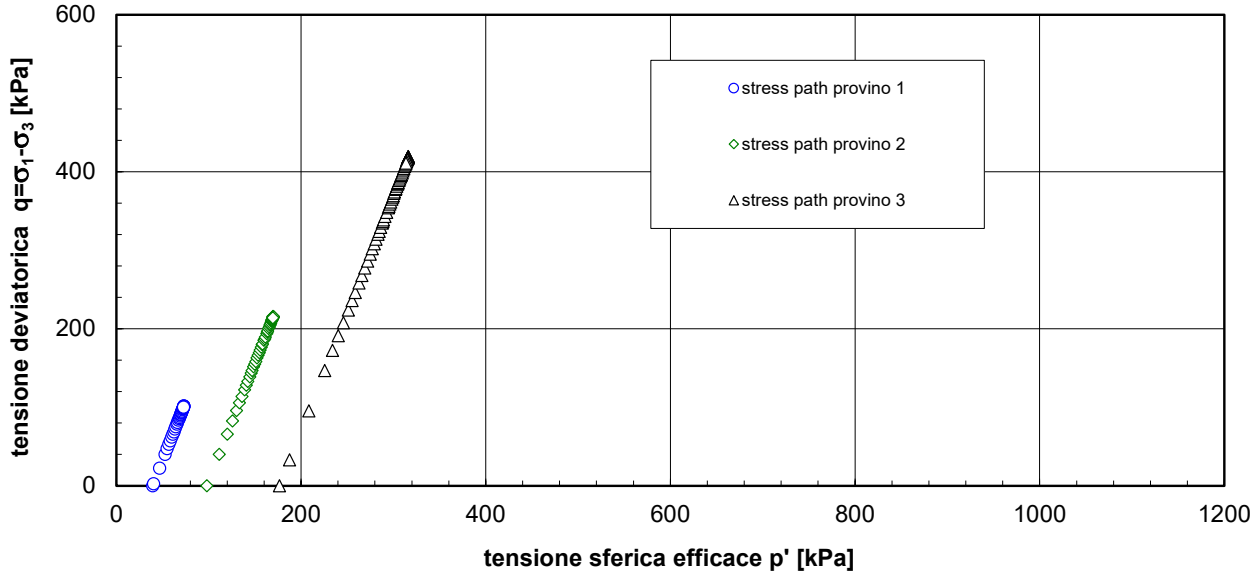
Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2924/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : stress path





ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2924/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 1 σ_3= **235 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **39 kPa** **(cella di carico n° 94878)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00				
0.04	2.69				
0.28	22.56				
0.52	40.08				
0.76	47.37				
0.99	52.81				
1.23	57.50				
1.48	62.18				
1.70	65.75				
1.94	68.95				
2.17	72.51				
2.41	75.33				
2.64	78.49				
2.88	80.94				
3.13	83.72				
3.38	85.78				
3.62	87.13				
3.87	88.82				
4.11	90.51				
4.35	91.12				
4.58	92.45				
4.83	93.77				
5.06	94.37				
5.30	93.92				
5.54	95.23				
5.78	96.89				
6.03	98.20				
6.26	98.44				
6.50	99.37				
6.75	99.60				
6.99	100.53				
7.23	101.11				
7.47	101.68				
7.70	101.10				
7.94	100.49				

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2924/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 2 σ_3= **294 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **98 kPa** **(cella di carico n° 212497)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)	ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00	8.65	212.25		
0.22	40.27	8.89	211.96		
0.45	65.81	9.12	212.84		
0.67	82.78	9.36	213.70		
0.91	96.05	9.59	214.57		
1.15	105.64	9.82	215.45		
1.39	114.00	10.06	215.15		
1.63	122.34	10.29	214.86		
1.85	128.26	10.54	215.69		
2.09	132.94	10.79	214.20		
2.33	138.80				
2.57	143.45				
2.79	146.90				
3.03	151.52				
3.24	154.96				
3.49	158.36				
3.73	162.95				
3.96	166.34				
4.19	169.72				
4.44	173.08				
4.67	176.45				
4.90	179.80				
5.14	180.76				
5.37	185.28				
5.60	187.42				
5.84	189.54				
6.08	194.03				
6.31	196.15				
6.55	197.06				
6.79	200.34				
7.02	202.44				
7.25	204.52				
7.47	205.46				
7.71	207.52				
7.94	209.60				
8.19	210.46				
8.42	211.35				

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2924/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S01P** Campione: **C1** Profondità (m): **3.00:3.50**

Prova di compressione triassiale tipo C.D. (UNI EN ISO 17892-9) : dati sperimentali

Provino n° 3 σ_3= **373 kPa** Uo= **196 kPa** σ'_3= **176 kPa** **(cella di carico n° 302961)**

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
0.00	0.00
0.18	33.13
0.43	95.61
0.66	146.99
0.90	172.53
1.14	191.36
1.37	207.68
1.60	223.97
1.84	236.08
2.08	246.51
2.30	258.57
2.54	268.13
2.77	277.66
3.01	286.34
3.25	294.99
3.48	302.00
3.71	308.18
3.95	314.32
4.20	320.43
4.43	324.10
4.67	329.37
4.90	334.65
5.13	336.67
5.39	338.62
5.63	343.04
5.88	348.23
6.13	354.21
6.36	356.18
6.63	358.85
6.88	361.58
7.10	365.14
7.35	367.84
7.59	369.76
7.83	372.45
8.08	374.31
8.33	377.78
8.54	378.90
8.78	381.57

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)
8.99	384.29
9.20	385.40
9.42	386.50
9.70	389.04
9.93	390.87
10.16	393.52
10.40	395.33
10.67	396.26
10.96	398.73
11.20	401.29
11.43	403.87
11.62	404.19
11.86	406.71
12.13	408.40
12.39	410.10
12.61	412.65
12.83	414.42
13.01	417.06
13.31	417.07
13.57	416.41
13.80	418.12
14.04	419.04
14.28	419.16
14.52	418.55
14.78	417.84
15.04	416.41
15.28	416.53
15.51	415.92
15.74	415.31
15.99	413.12
16.25	410.89

ε_1 (%)	$(\sigma_1-\sigma_3)$ (kPa)

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2926/01**
cod. prova	**Des2208**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 220 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite di colore marrone scuro, a granulometria sabbio-limosa. Presenti rari inclusi pomicei millimetrici. Addensata. Umida.*
Colore:	marrone scuro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☑ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2926/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 22 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2926/02**
cod. prova	**ngw16269**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S02** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.30**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	158.50 g	γ'_s = 26.03 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	152.27 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	156.51 g	γ''_s = 25.99 kN/m³	**γ_s = 26.01 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	150.28 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.540**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 14.17 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	41.51	g		
Peso pes.+provino umido	112.72	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 9.20 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	87.75	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.0 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.646**
Contenuto d'acqua	w = 0.540	**Indice di porosità**	**e = 1.826**
Peso di vol. secco	γ_d= 9.20 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.769**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2926/03**
cod. prova:	**gr18244**
Data ricevimento:	**28/06/21**
Data inizio prova:	**04/08/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

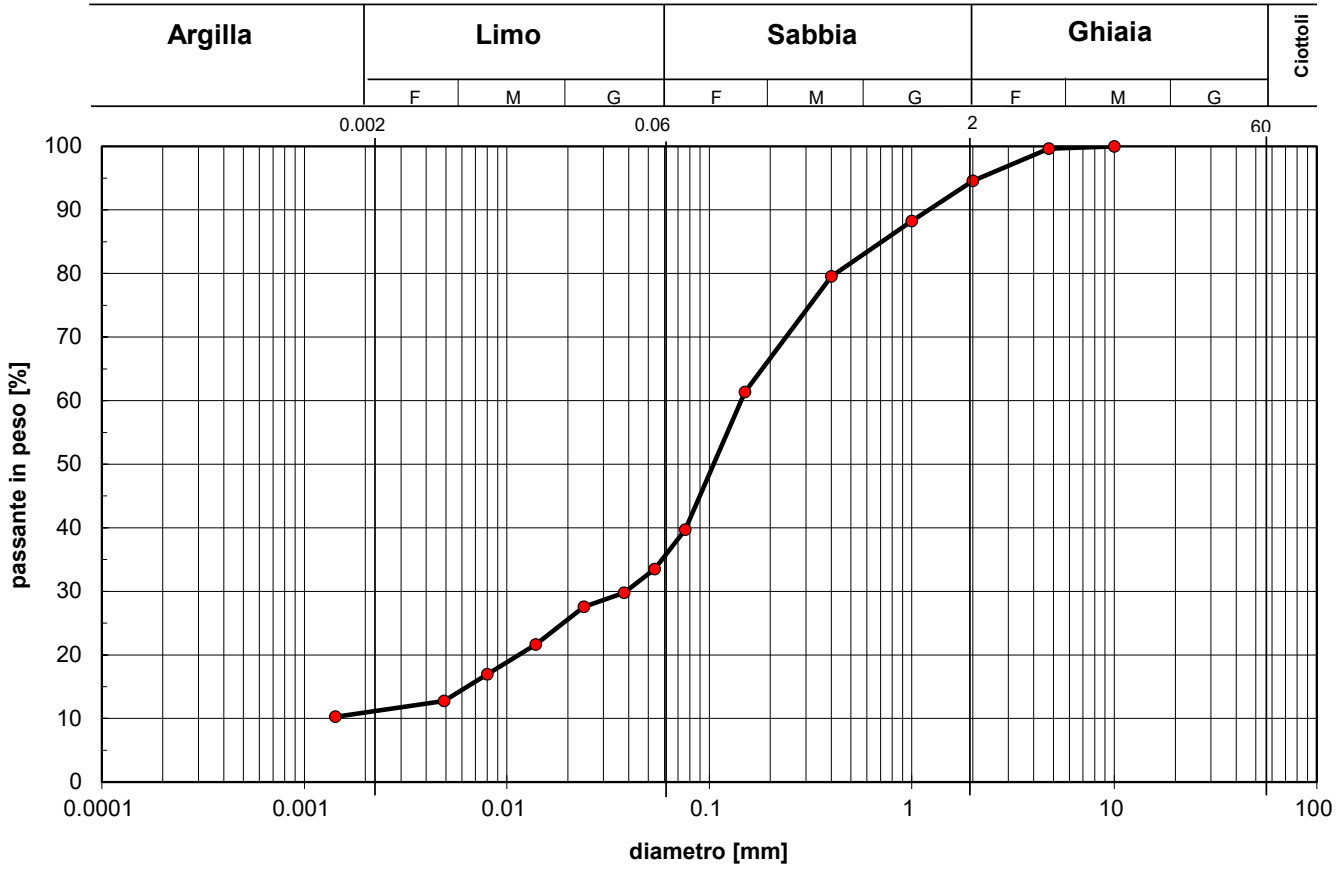
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S02**
Campione: **C1**
Profondità (m): **2.00:2.30**

Peso campione: **300.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.82** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **26.01 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	0.38	99.62
ASTM 10	2.00	5.03	94.59
ASTM 18	1.00	6.33	88.26
ASTM 40	0.40	8.71	79.55
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	18.22	61.33
SEDIMENTAZIONE	0.0759	21.66	39.68
	0.0537	6.18	33.50
	0.0380	3.71	29.79
	0.0240	2.22	27.56
	0.0139	5.93	21.63
	0.0080	4.70	16.94
	0.0049	4.20	12.73
	0.0014	2.47	10.26



Argilla (%): 10.67	**Limo (%): 24.58**	**Sabbia (%): 59.34**	**Ghiaia (%): 5.41**

Lavoro:2125
Siglia lab.: gr18244r - S02-C1
Data emissione: 06/08/2021

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2933/01**
cod. prova	**Des2215**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S04** Campione: **C2** Profondità (m): **11.30:11.50**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 200 mm

Descrizione del campione	*Tufo di colore grigio, a struttura compatta. Presente qualche elemento scoriaceo centimetrico, a struttura vacuolare. Qualche traccia rossastra di ossidazione. Poco umido.*
Colore:	grigio
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☑ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2933/01**

Struttura	☐ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☐ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☑ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 20 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Prova di compressione uniassiale

2

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2933/02**
cod. prova	**ngw16276**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S04** Campione: **C2** Profondità (m): **11.30:11.50**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	g		**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	g	γ'_s = 26.62 kN/m³	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	g	γ''_s = 26.57 kN/m³	**γ_s =**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	78.34	mm		
Altezza del provino:	118	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.174**
Area del provino:	48.19	cm²		
Volume del provino:	568.70	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 13.44 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	94.29	g		
Peso pes.+provino umido	873.92	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 11.45 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	758.27	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s =	**Porosità**	**n =**
Contenuto d'acqua	w =	**Indice di porosità**	**e =**
Peso di vol. secco	γ_d=	**Grado di saturazione**	**Sr =**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2933/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Direttore di Lavori:

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

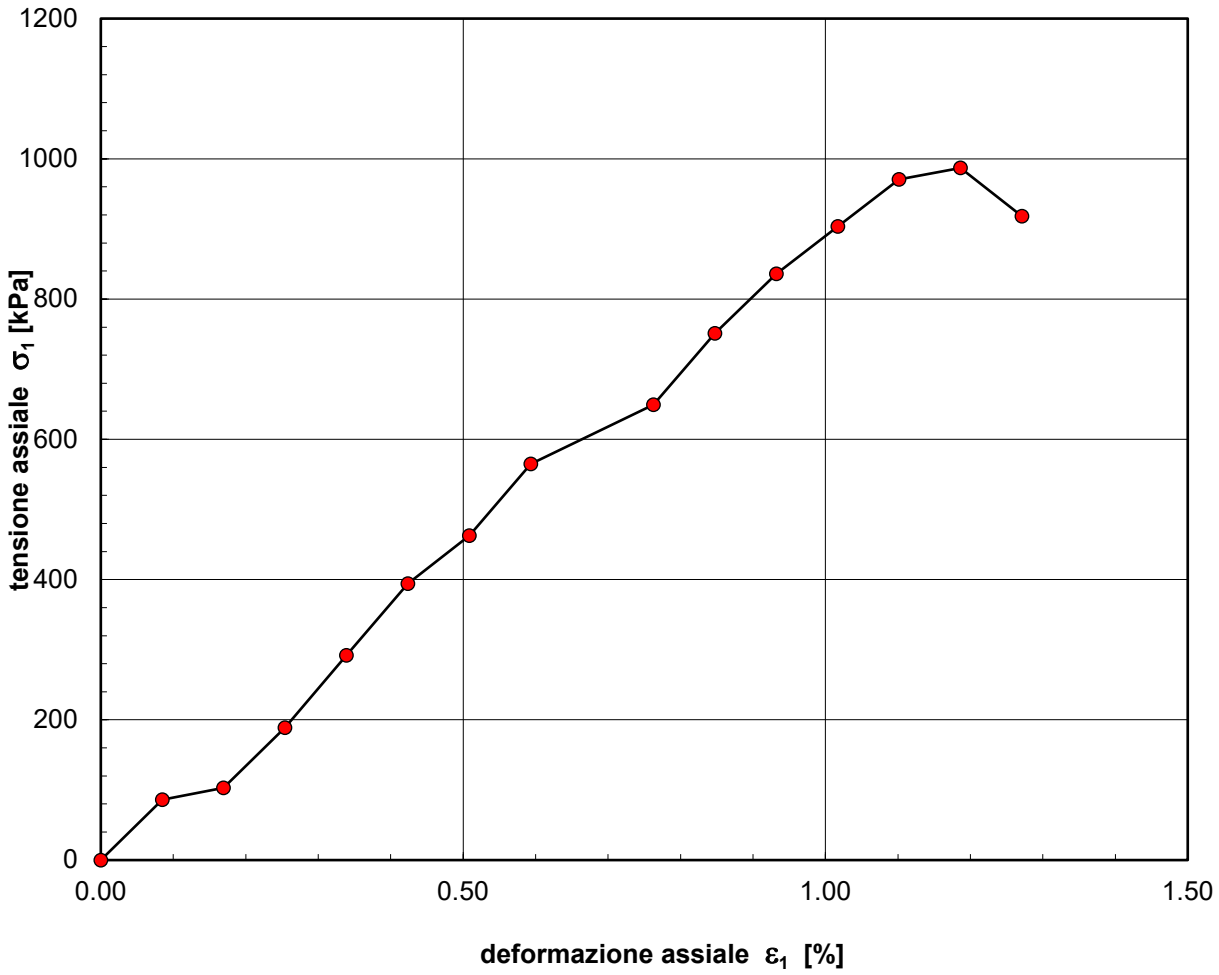
Sondaggio: **S04** Campione: **C2** Profondità (m): **11.30:11.50**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

Dimensioni dei provini: Diametro: 78 mm Altezza: 158 mm

Velocità di deformazione: 0.600 mm/min

Tensione a rottura	σ_{1r} 987 kPa	Deformazione a rottura	ε_{1r}= 1.19 %
Modulo di elasticità	E=	Contenuto d'acqua	w= 0.174
Peso di volume umido	γ= 13.44 kN/m³	Peso di volume secco	γ_d= 11.45 kN/m³



Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2933/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S04** Campione: **C2** Profondità (m): **11.30:11.50**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)
0.00	0.00
0.08	86.03
0.17	103.15
0.25	188.95
0.34	291.76
0.42	394.40
0.51	462.59
0.59	564.91
0.76	649.40
0.85	751.29
0.93	835.95
1.02	903.42
1.10	970.77
1.19	986.95
1.27	918.10

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2968/01**
cod. prova	**Des2244**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 300 mm

Descrizione del campione	*Tufo grigio a struttura compatta. Presenti grossi elementi scoriacei a struttura vacuolare, che conferiscono al campione un aspetto pseudo porfirico. Qualche elemento lapideo millimetrico. Poco umido.*
Colore:	grigio
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☑ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2968/01**

Struttura	☐ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☐ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☑ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 30 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

2

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Prova di compressione uniassiale

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2968/02**
cod. prova	**ngw16308**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S05DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	g		**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	g	γ'_s = 26.62 kN/m³	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	g	γ''_s = 26.57 kN/m³	**γ_s =**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	80.70	mm		
Altezza del provino:	195	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.239**
Area del provino:	51.14	cm²		
Volume del provino:	997.28	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 12.37 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	150.84	g		
Peso pes.+provino umido	1409.00	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 9.99 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	1166.66	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s =	**Porosità**	**n =**
Contenuto d'acqua	w =	**Indice di porosità**	**e =**
Peso di vol. secco	γ_d=	**Grado di saturazione**	**Sr =**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2968/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Direttore di Lavori:

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

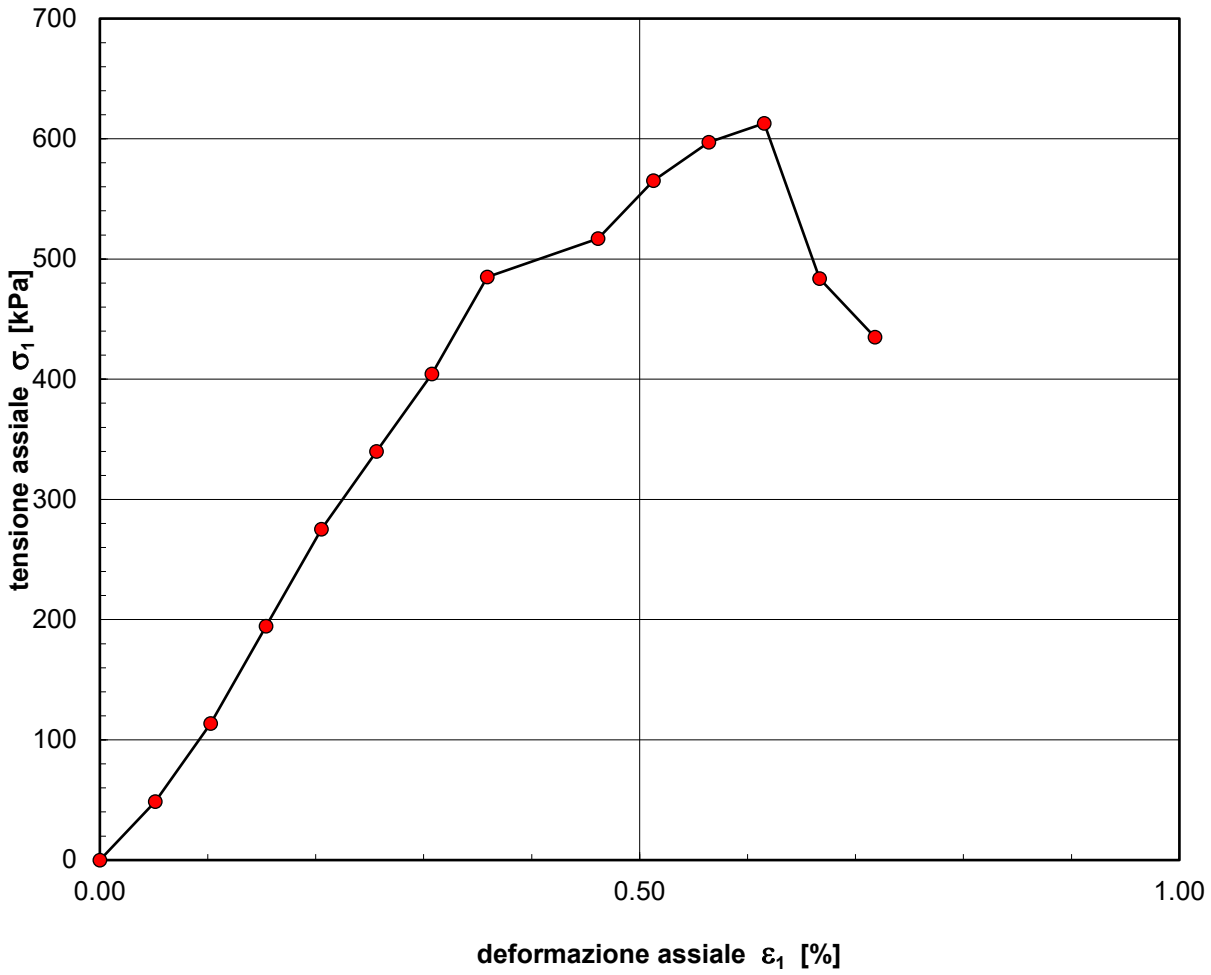
Sondaggio: **S05DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

Dimensioni dei provini: Diametro: 81 mm Altezza: 195 mm

Velocità di deformazione 0.600 mm/min

Tensione a rottura	σ 613 kPa	Deformazione a rottura	ε_{1r}=	0.62 %
Modulo di elasticità	E=	Contenuto d'acqua	w=	0.239
Peso di volume umido	γ 12.37 kN/m³	Peso di volume secco	γ_d=	9.99 kN/m³



Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2968/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Sondaggio: **S05DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)
0.00	0.00
0.05	48.66
0.10	113.48
0.15	194.44
0.21	275.31
0.26	339.92
0.31	404.46
0.36	485.10
0.46	516.90
0.51	565.07
0.56	597.05
0.62	612.88
0.67	483.60
0.72	435.01

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2967/01**
cod. prova	**Des2243**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C1** Profondità (m): **6.00:6.20**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 220 mm

Descrizione del campione	*Sabbia limosa di colore grigio-vinaccio, poco addensata, poco umida. Presenti elementi scoriacei, da millimetrici a pluricentimetrici (più rari).*
Colore:	grigio-vinaccio
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☑ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☑ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2967/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 22 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

3

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova di taglio diretto CD

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2967/02**
cod. prova	**ngw16307**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C1** Profondità (m): **6.00:6.20**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	155.86	g	γ'_s = 25.73 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	149.67	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	156.48	g	γ''_s = 25.70 kN/m³	**γ_s = 25.71 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	150.29	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.092**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 10.58 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	33.32	g		
Peso pes.+provino umido	86.47	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 9.68 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	81.97	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 25.7 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.623**
Contenuto d'acqua	w = 0.092	**Indice di porosità**	**e = 1.655**
Peso di vol. secco	γ_d= 9.68 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.144**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2967/03**
cod. prova:	**gr18283**
Data ricevimento:	**28/06/21**
Data inizio prova:	**04/08/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

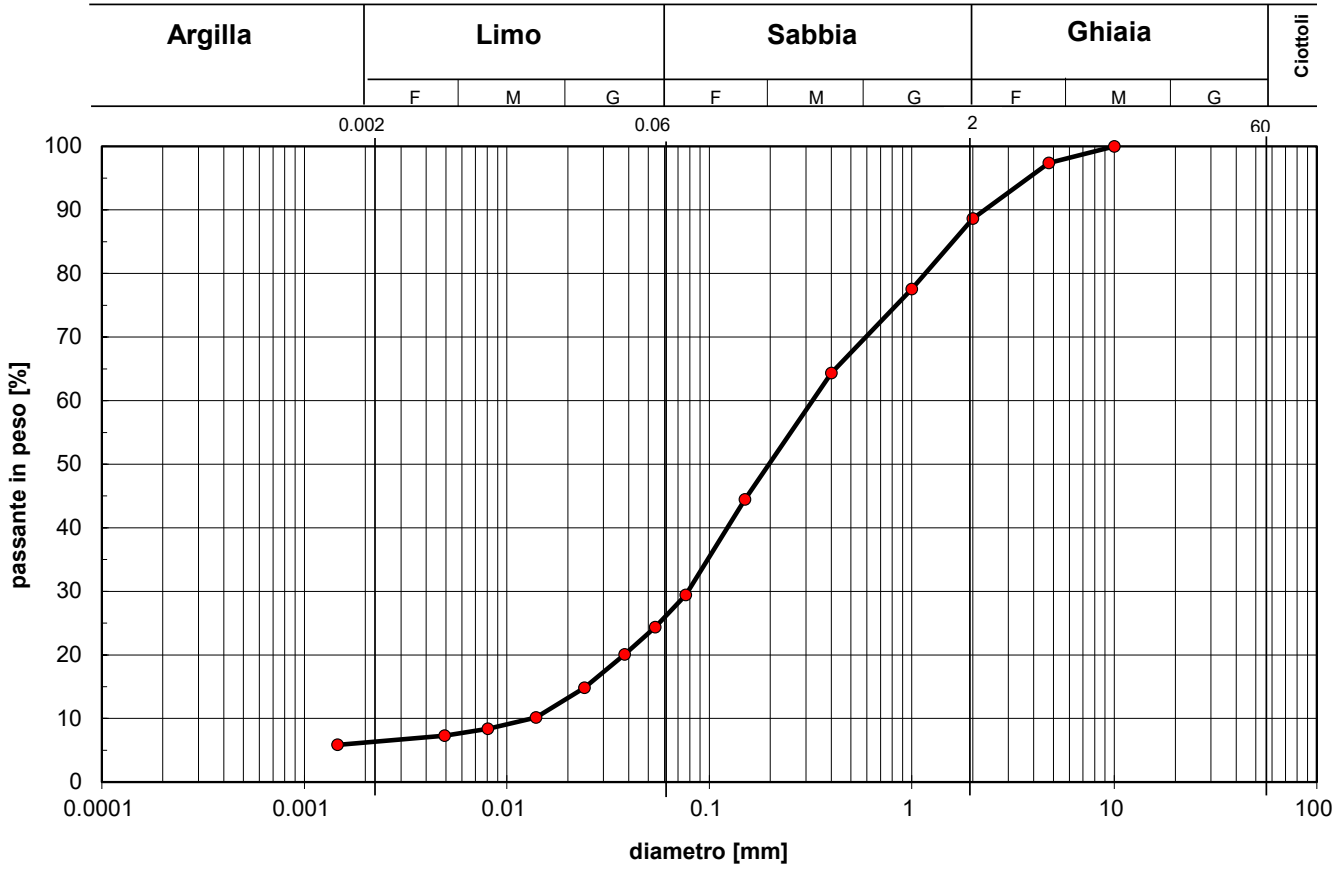
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S06A**
Campione: **C1**
Profondità (m): **6.00:6.20**

Peso campione: **250.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.96** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **25.71 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	2.63	97.37
ASTM 10	2.00	8.72	88.66
ASTM 18	1.00	11.10	77.55
ASTM 40	0.40	13.20	64.35
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	19.89	44.46
SEDIMENTAZIONE	0.0764	15.05	29.41
	0.0540	5.04	24.37
	0.0382	4.32	20.06
	0.0242	5.22	14.84
	0.0139	4.68	10.16
	0.0081	1.80	8.37
	0.0049	1.08	7.29
	0.0015	1.44	5.85



Argilla (%): 6.07	**Limo (%): 19.65**	**Sabbia (%): 62.94**	**Ghiaia (%): 11.34**

Lavoro:2125
Siglia lab.: gr18283r - S06A-C1
Data emissione: 06/08/2021

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2967/04**
Cod. prova:	**TD2792**
Data ricevimento:	**28/06/2021**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** (Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C1** Profondità (m): **6.00:6.20**

Velocità di deformazione [mm/min]: **0.005** dimensioni del provino: **quadrato L=60 mm, altezza 20 mm**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI EN ISO 17892-10): dati sperimentali

Provino	Durata consolid. t_{100} (min)	Cont. d'acqua iniziale w [%]	Peso umido unità volume γ [kN/m³]	Tensione normale σ'_n [kPa]	Tensione taglio max τ [kPa]	Cont. d'acqua finale w_f [%]
1	21	9.2	11.87	74	76	35.1
2	22	9.2	11.60	172	172	39
3	19	9.2	11.33	294	278	43

Provino 1 (Macchina M19, cella s/n. 439465)			**Provino 2** (Macchina M35, dinam 3492)			**Provino 3** (Macchina M18, cella s/n. 439466)		
Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)	Scorrimento (mm)	Cedim. verticale (mm)	Tensione di taglio (kPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.38	0.04	31.43	0.29	0.03	15.83	0.19	0.03	0.24
0.82	0.15	40.31	0.61	0.12	46.02	0.39	0.08	51.74
1.25	0.22	48.10	1.04	0.22	71.78	0.84	0.23	95.46
1.68	0.27	52.33	1.48	0.30	90.24	1.28	0.33	128.14
2.10	0.32	57.25	1.91	0.37	104.67	1.72	0.41	152.08
2.54	0.35	61.08	2.35	0.41	116.79	2.16	0.48	172.51
2.98	0.37	62.44	2.79	0.45	126.60	2.61	0.53	190.76
3.40	0.38	64.77	3.23	0.48	136.29	3.07	0.57	207.82
3.85	0.40	67.77	3.68	0.50	145.61	3.50	0.60	223.44
4.30	0.40	70.51	4.11	0.51	153.50	3.92	0.61	236.49
4.73	0.41	74.33	4.54	0.51	160.78	4.36	0.62	247.23
5.18	0.41	75.97	4.99	0.52	165.56	4.81	0.62	255.15
5.61	0.42	75.70	5.42	0.52	168.35	5.23	0.62	261.00
6.06	0.42	74.19	5.86	0.52	170.44	5.67	0.62	266.69
6.50	0.42	73.79	6.31	0.52	172.48	6.12	0.62	271.17
						6.57	0.62	274.78
						7.02	0.62	276.70
						7.48	0.63	278.46
						7.95	0.63	277.82
						8.42	0.62	276.86

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2967/04**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C1** Profondità (m): **6.00:6.20**

Diagramma sperimentale τ - δ

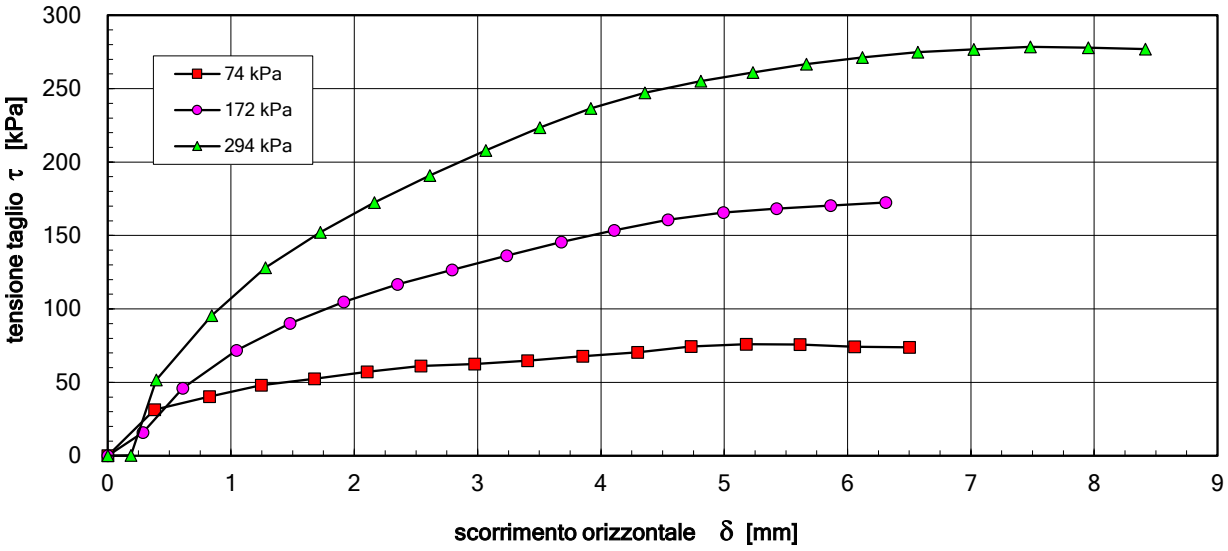
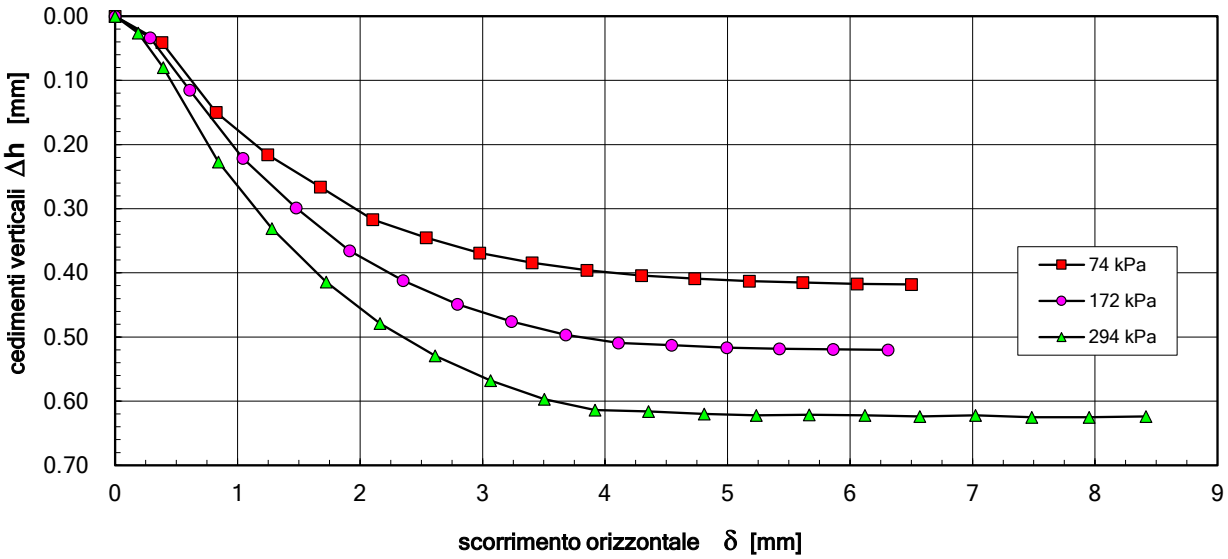


Diagramma sperimentale Δh - δ



Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2969/01**
cod. prova	**Des2245**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C2** Profondità (m): **9.00:9.30**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 250 mm

Descrizione del campione	*Tufo di colore grigio, a struttura compatta. La presenza di elementi scoriacei vacuolari, anche pluricentimetrici, conferiscono al tufo un aspetto pseudo porfirico. Presente anche qualche elemento lapideo centimetrico. Poco umido.*
Colore:	grigio
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☑ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2969/01**

Struttura	☐ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☐ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☑ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 25 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

2

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Prova di cpmpressione uniassiale

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2969/02**
cod. prova	**ngw16309**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C2** Profondità (m): **9.00:9.30**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	g		**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	g	γ'_s = 26.62 kN/m³	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	g	γ''_s = 26.57 kN/m³	**γ_s =**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	78.23	mm		
Altezza del provino:	130	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.202**
Area del provino:	48.06	cm²		
Volume del provino:	624.78	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 14.05 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	149.81	g		
Peso pes.+provino umido	1044.97	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 11.69 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	894.47	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s =	**Porosità**	**n =**
Contenuto d'acqua	w =	**Indice di porosità**	**e =**
Peso di vol. secco	γ_d=	**Grado di saturazione**	**Sr =**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore di Lavori:

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2969/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C2** Profondità (m): **9.00:9.30**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

Dimensioni dei provini: Diametro: 78 mm Altezza: 149 mm

Velocità di deformazione: 0.600 mm/min

Tensione a rottura σ_{1r}= 1469 kPa

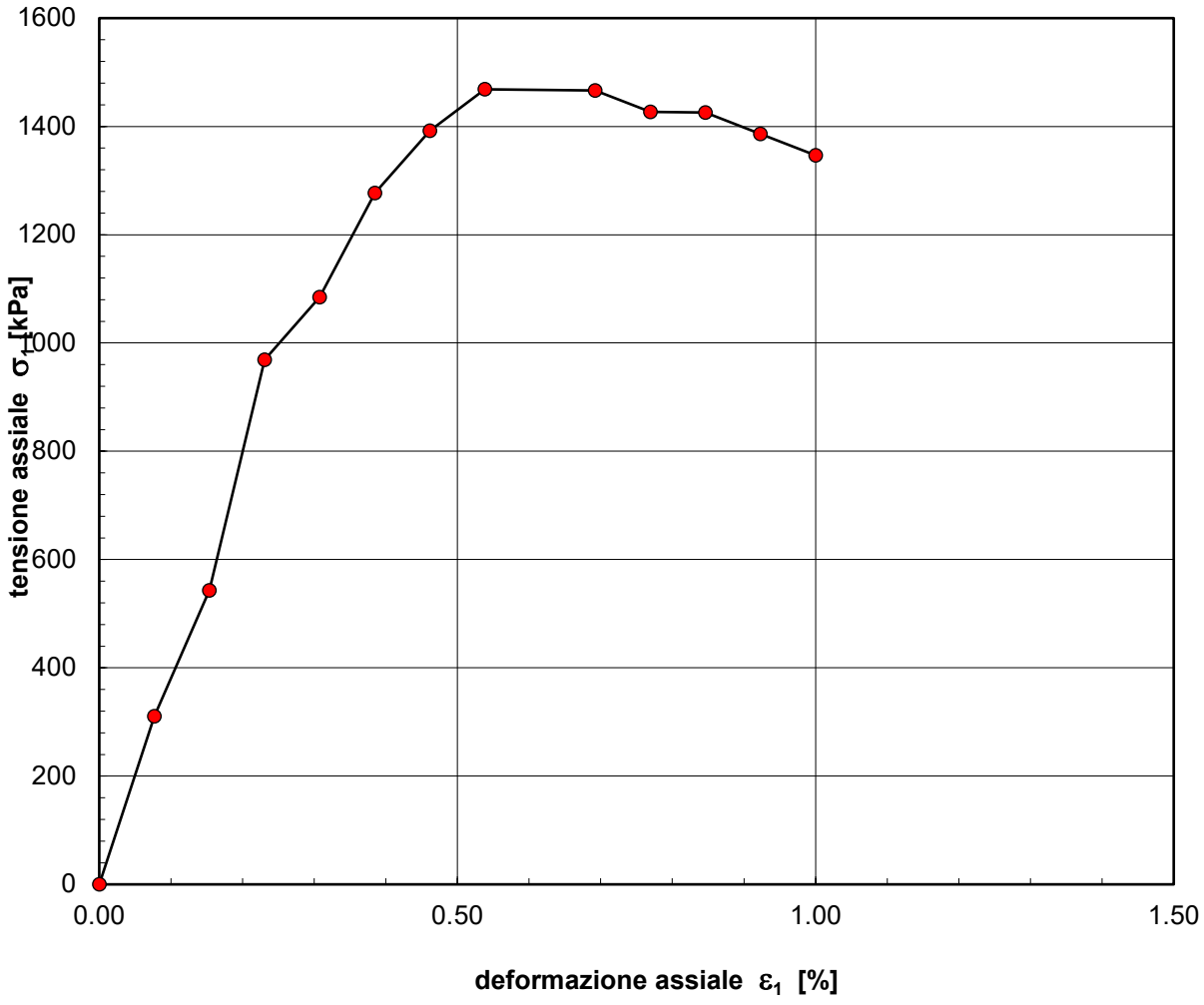
Deformazione a rottura ε_{1r}= 0.54 %

Modulo di elasticità E=

Contenuto d'acqua w= 0.202

Peso di volume umido γ= 14.05 kN/m³

Peso di volume secco γ_d= 11.69 kN/m³



Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2969/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Sondaggio: **S06A** Campione: **C2** Profondità **9.00:9.30**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)
0.00	0.00
0.08	310.61
0.15	543.14
0.23	969.15
0.31	1084.61
0.38	1277.30
0.46	1392.35
0.54	1468.56
0.69	1466.29
0.77	1426.60
0.85	1425.49
0.92	1385.89
1.00	1346.35

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2928/01**
cod. prova	**Des2210**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.50**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 340 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite di colore marrone scuro a granulometria sabbio-limosa. Presenti rari elementi lapidei millimetrici. Addensata e molto umida.*
Colore:	marrone scuro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☑ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☐ Umido ☑ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2928/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 34 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2928/02**
cod. prova	**ngw16271**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C1** Profondità (m): **2.00:2.50**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	156.08 g	γ'_s = 25.90 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	149.87 g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00 g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	150.50 g	γ''_s = 25.94 kN/m³	**γ_s = 25.92 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	144.28 g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.374**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 17.91 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	42.64	g		
Peso pes.+provino umido	133.43	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 13.04 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	108.16	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 25.9 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.497**
Contenuto d'acqua	w = 0.386	**Indice di porosità**	**e = 0.988**
Peso di vol. secco	γ_d= 13.04 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 1.000**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2928/03**
cod. prova:	**gr18246**
Data ricevimento:	**28/06/21**
Data inizio prova:	**04/08/21**

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

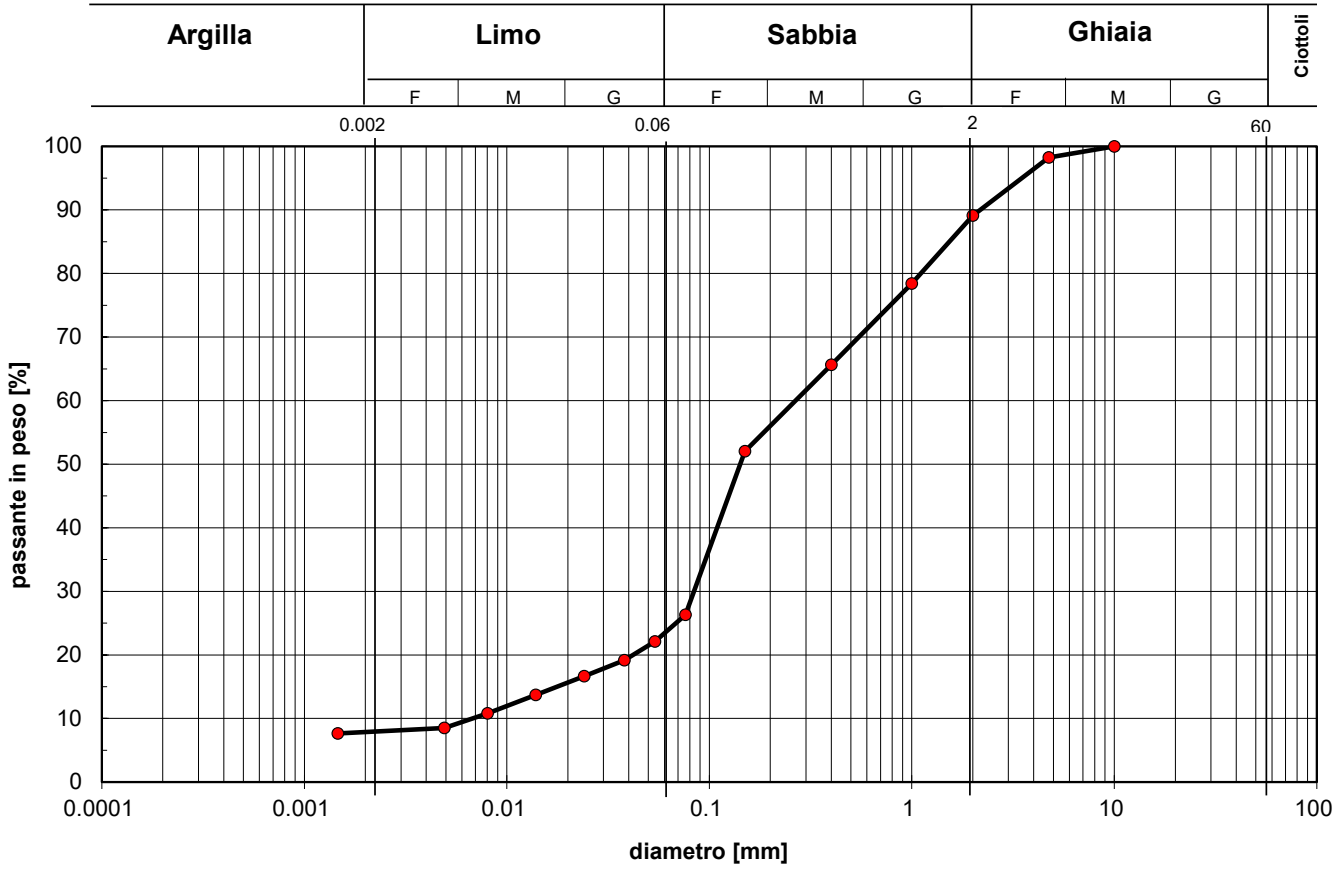
ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S08P**
Campione: **C1**
Profondità (m): **2.00:2.50**

Peso campione: **300.00** **g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.97** **g** (sedimentazione)
Temperatura: **29** **°C**

Peso specifico dei grani γ_s= **25.92 kN/m³**

Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
UNI 10	10.00	0.00	100.00
ASTM 4	4.75	1.77	98.23
ASTM 10	2.00	9.11	89.12
ASTM 18	1.00	10.72	78.40
ASTM 40	0.40	12.75	65.65
ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	13.60	52.05
SEDIMENTAZIONE	0.0761	25.76	26.29
	0.0538	4.19	22.10
	0.0381	2.93	19.17
	0.0241	2.51	16.65
	0.0139	2.93	13.72
	0.0080	2.93	10.79
	0.0049	2.30	8.49
	0.0015	0.84	7.65



Argilla (%): 7.78	**Limo (%): 15.48**	**Sabbia (%): 65.86**	**Ghiaia (%): 10.88**

Lavoro:2125
Siglia lab.: gr18246r - S08P-C1
Data emissione: 06/08/2021

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2930/01**
cod. prova	**Des2212**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C3** Profondità (m): **9.50:9.75**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 03/08/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 200 mm

Descrizione del campione	*Tufo grigio a struttura compatta. Presenti elementi scoriacei nerastri, vacuolari e qualche elemento lapideo. Poco umido.*
Colore:	grigio
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☑ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2930/01**

Struttura	☐ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☐ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☑ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 20 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Prova di compressione uniassiale

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2930/02**
cod. prova	**ngw16273**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C3** Profondità (m): **9.50:9.75**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	g		**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	g	γ'_s = 26.62 kN/m³	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	g	γ''_s = 26.57 kN/m³	**γ_s =**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	80.22	mm		
Altezza del provino:	170	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.108**
Area del provino:	50.54	cm²		
Volume del provino:	859.11	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 12.24 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	78.88	g		
Peso pes.+provino umido	1151.08	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 11.04 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	1046.38	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s =	**Porosità**	**n =**
Contenuto d'acqua	w =	**Indice di porosità**	**e =**
Peso di vol. secco	γ_d=	**Grado di saturazione**	**Sr =**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2930/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Direttore di Lavori:

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C3** Profondità (m): **9.50:9.75**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

Dimensioni dei provini: Diametro: 80 mm Altezza: 170 mm

Velocità di deformazione: 0.600 mm/min

Tensione a rottura σ_{1r}= 1661 kPa

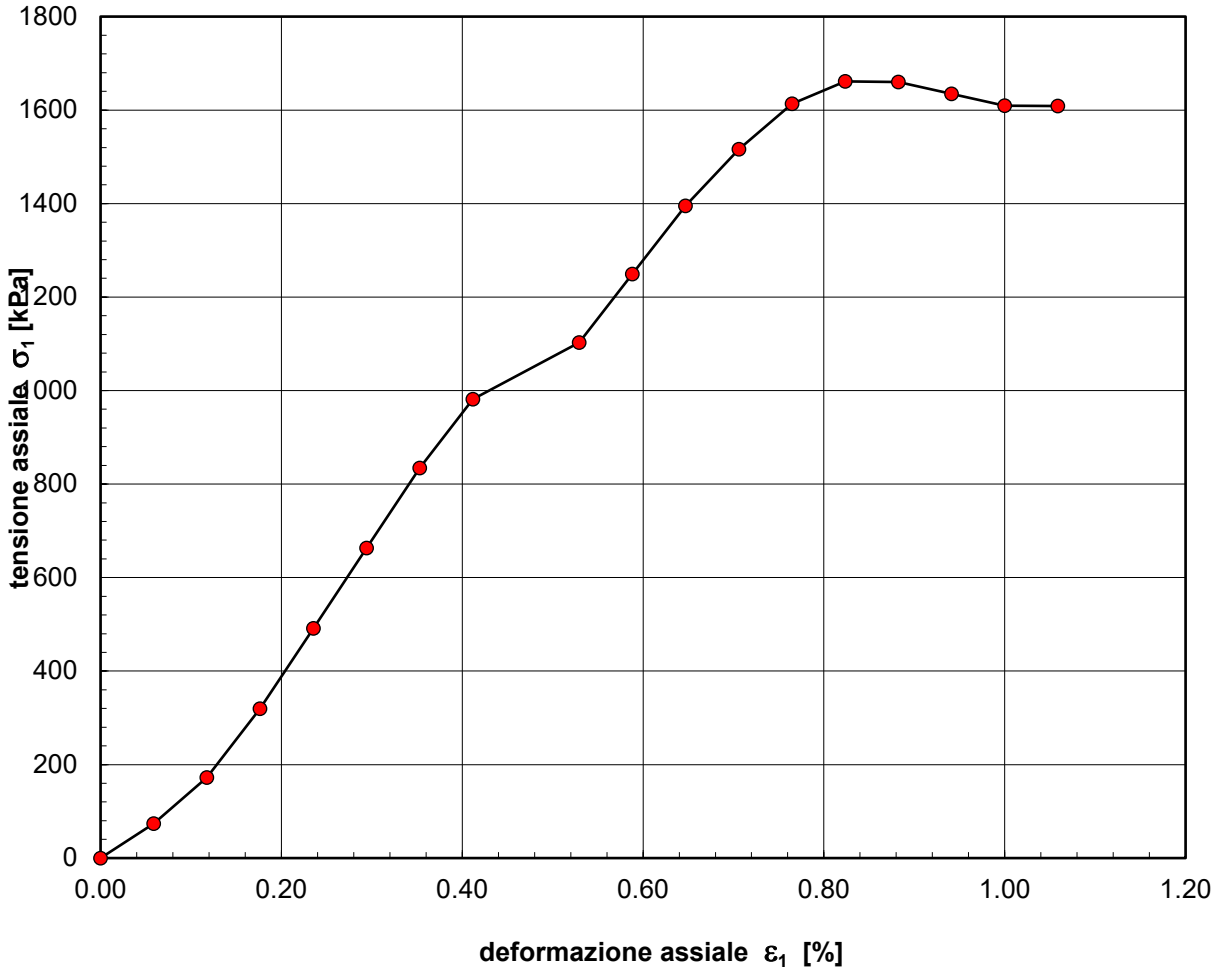
Deformazione a rottura ε_{1r}= 0.82 %

Modulo di elasticità E=

Contenuto d'acqua w= 0.108

Peso di volume umido γ= 12.24 kN/m³

Peso di volume secco γ_d= 11.04 kN/m³



Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2930/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C3** Profondità (m): **9.50:9.75**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)
0.00	0.00
0.06	73.86
0.12	172.24
0.18	319.68
0.24	491.53
0.29	663.17
0.35	834.61
0.41	981.32
0.53	1102.68
0.59	1248.97
0.65	1395.08
0.71	1516.55
0.76	1613.44
0.82	1661.35
0.88	1660.36
0.94	1634.97
1.00	1609.61
1.06	1608.66

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2931/01**
cod. prova	**Des2213**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C4** Profondità (m): **11.60:11.82**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 28/06/2021
Data di apertura: 29/06/2021
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 200 mm

Descrizione del campione	*Tufo di colore grigio chiaro, a struttura compatta. La presenza di elementi scoriacei vacuolari, anche pluricentimetrici, conferiscono al tufo un aspetto pseudo porfirico. Poco umido.*
Colore:	grigio chiaro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☐ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☑ Poco umido ☐ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Lo sperimentatore
dott. geol. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**2931/01**

Struttura	☐ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☐ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☐ Assente ☐ Debole ☐ Media ☑ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 20 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm
1) Caratteristiche fisiche generali
2) Prova di compressione uniassiale

2

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**2931/02**
cod. prova	**ngw16274**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C4** Profondità (m): **11.60:11.82**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 28/06/2021
Data inizio prova: 03/08/2021

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	g		**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	g	γ'_s = 26.62 kN/m³	
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	g	γ''_s = 26.57 kN/m³	**γ_s =**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	81.93	mm		
Altezza del provino:	117	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.121**
Area del provino:	52.71	cm²		
Volume del provino:	616.75	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 11.96 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	78.41	g		
Peso pes.+provino umido	830.96	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 10.67 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	749.55	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s =	**Porosità**	**n =**
Contenuto d'acqua	w =	**Indice di porosità**	**e =**
Peso di vol. secco	γ_d=	**Grado di saturazione**	**Sr =**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2931/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Direttore di Lavori:

(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

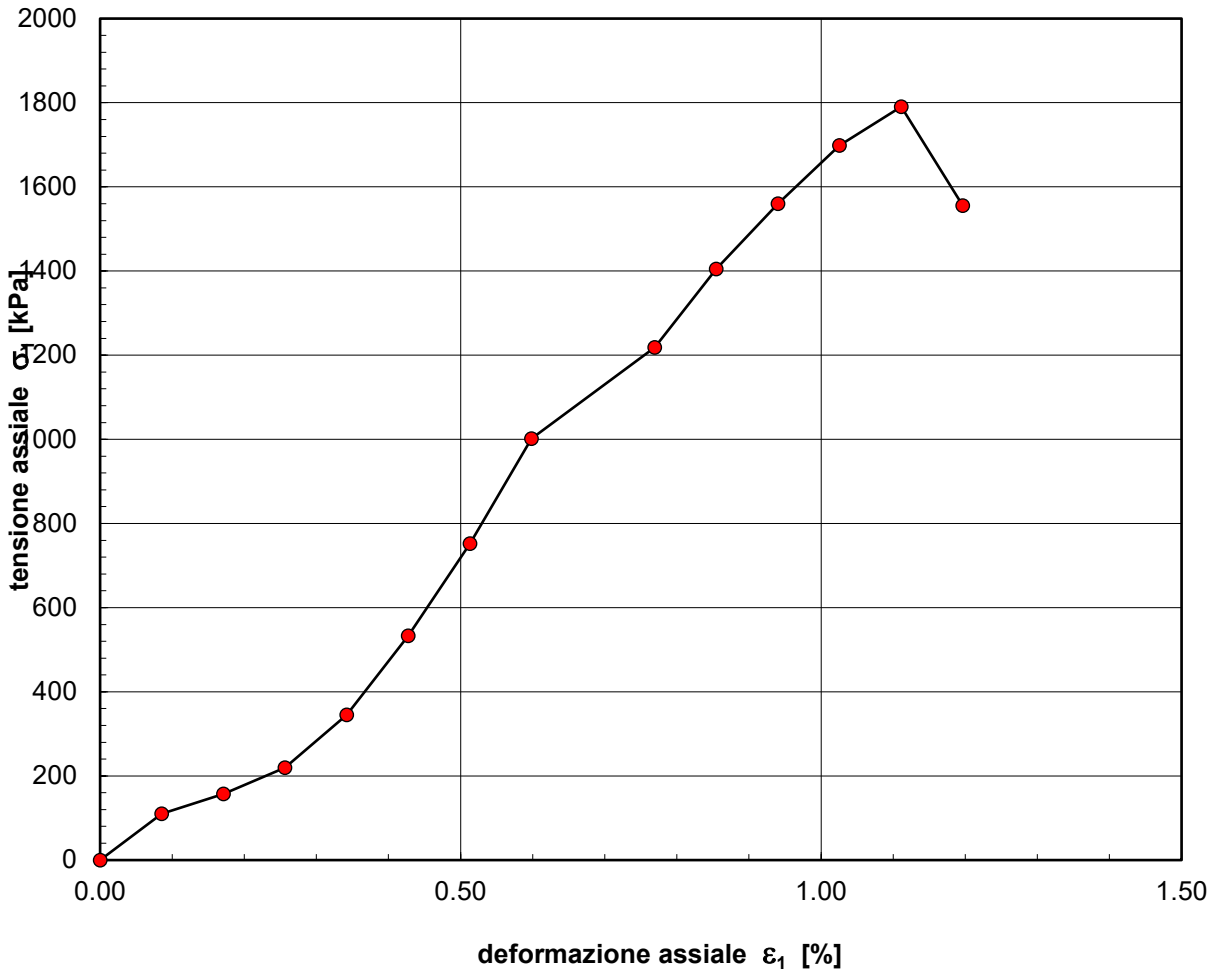
Sondaggio: **S08P** Campione **C4** Profondità (m): **11.60:11.82**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

Dimensioni dei provini: Diametro 82 mm Altezza: 147 mm

Velocità di deformazione: 0.600 mm/min

Tensione a rottura	σ_{1r}=	1791 kPa	Deformazione a rottura	ε_{1r}=	1.11 %
Modulo di elasticità	E=		Contenuto d'acqua	w=	0.121
Peso di volume umido	γ=	11.96 kN/m³	Peso di volume secco	γ_d=	10.67 kN/m³



Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Accettazione n°	**540**
Prova n°	**2931/03**
Data ricevimento:	**28/06/201**
Data inizio prova:	**03/08/2021**

Sondaggio: **S08P** Campione: **C4** Profondità (m): **11.60:11.82**

PROVA DI COMPRESSIONE UNIASSIALE (UNI CEN ISO/TS17892-7) : dati sperimentali

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)
0.00	0.00
0.09	110.12
0.17	157.18
0.26	219.86
0.34	345.20
0.43	533.03
0.51	751.86
0.60	1001.62
0.77	1218.63
0.85	1404.90
0.94	1559.65
1.03	1698.55
1.11	1790.50
1.20	1555.61

ε_1 (%)	σ_1 (kPa)

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

SONDAGGIO S09_DH

Foto di Campo (B)

CASSETTA Nr. 1 (0.00-5.00)

CASSETTA Nr. 2 (5.00-10.00)

CASSETTA Nr. 3 (10.00-15.00)

CASSETTA Nr. 4 (15.00-20.00)

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S09_DA
Riferimento: Sant'Agnello	Data: 16/12/2022
Coordinate: Lat. 40.632469 LON. 14.398142	Quota: 64
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Campioni	DATI TECNICI
1–2		2,1	2,1	Terreno vegetale con riporto antropico (sabbia limosa di colore marrone).	1) Ind < 1,60 2,10	
3–7		7,0	4,9	Piroclastite sabbioso-limosa di colore marrone con presenza sporadica di pomici centimetriche.		
8–10		10,0	3,0	Tufo alterato di colore grigio-rossastro (Cappellaccio).	2) Ind < 7,50 8,00	
11–17		17,0	7,0	Tufo Grigio Campano litoide.		
18–20				Cavità.		

gia CONSULTING
geologia - ingegneria - ambiente

Committente: ASL NAPOLI 3 SUD	Sondaggio: S09_DA
Riferimento: Sant'Agnello	Data: 16/12/2022
Coordinate: Lat. 40.632469 LON. 14.398142	Quota: 64
Perforazione: Sondaggio a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	D E S C R I Z I O N E	Campioni	DATI TECNICI
21				Cavità.		
22						
23						
24		24,0	7,0			

1.Indagini geofisiche

Al fine di determinare il modello sismostratigrafico del sottosuolo e il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in accordo con il piano d'indagini, è stata svolta:

- ✓ n. 1 rilievo sismico di tipo Down Hole fino alla profondità di 30 metri dal piano campagna, al fine di ricostruire il modello sismo-stratigrafico in termini di velocità delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S)

Le fasi di esecuzione delle indagini sono state condotte in conformità a quanto previsto dalle norme: ASTM D6429 – 99 (2011) - First Standard Guide for Selecting Surface Geophysical Methods.

Nella seguente tabella sono riportati i dettagli della prova sismica Down Hole eseguita:

ID Indagine	**Geofoni**	**Frequenza geofono**	**Profondità sondaggio**	**Coord. E**	**Coord. N**
S09_DH	1	10 Hz	30 m	449.101,00 m	4.498129,00 m

1.1 INDAGINE DOWN HOLE

Le prove sismiche Down-Hole (**Figura 1**), sono eseguite con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette, che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità, energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso sono generate prevalentemente onde di compressione (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y).

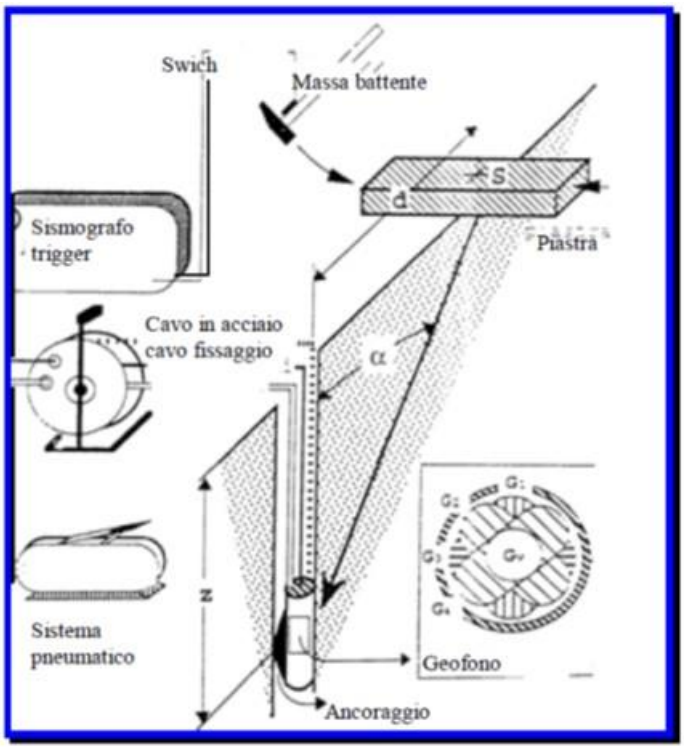


Figura 1 *– Schema raffigurante la strumentazione per la prova Down - Hole.*

Il sistema di ricezione, costituito da un doppio geofono tridimensionale da foro ad ancoraggio pneumatico, viene calato nel foro, sino alla profondità massima di investigazione e progressivamente sollevato dell'interdistanza propria di ciascuna indagine (nel caso in esame 1 m). Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle di compressione e quindi raggiungeranno i geofoni triassiali quando il primo fronte d'onda di compressione è già transitato. Questo passaggio purtroppo costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda trasversale o di taglio. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda di compressione e l'energia dell'onda trasversale (di taglio) a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni riduce sensibilmente la componente di compressione presente nel segnale. La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio non superiore il decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'energizzazione fornita al terreno e l'inizio della registrazione sul sismografo si traduce in un errore nei valori di velocità misurati.

1.2. Strumentazione utilizzata ed elaborazioni dati

L’attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione sia per le onde P che per le onde S è stata effettuata mediante massa battente. Al fine di facilitare la generazione delle onde trasversali per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, il terreno è stato sollecitato tangenzialmente tramite una traversina di legno bloccata da una Dacia Duster 4X4 e posizionata ad una distanza di circa 2,5 metri dall’asse del foro, in modo da ridurre la dissipazione in fase d’energizzazione, inoltre la registrazione delle onde di taglio per ogni campionamento, è avvenuta mediante due battute aventi opposte direzioni di impatto;

- un sistema di ricezione costituito da un doppio geofono tridimensionale distanziato di 1 metro, inserito all’interno del foro del sondaggio geognostico a c.c. opportunamente attrezzato, rivestito adeguatamente con un tubo PVC, mentre è stato cementato lo spazio esistente tra le pareti e il tubo di rivestimento, in modo da garantire la continuità di contatto terreno-tubazione. Il passo di lettura è stato di 1,0 metri e ad ogni acquisizione i geofoni sono stati resi solidali alla parete del foro, mediante un sistema ad espansione pneumatica. Ogni

campionamento è stato caratterizzato da 6 tracce sismiche, relative alla misura della doppia terna di geofoni all'interno del foro;

- sistema di acquisizione dati: con memoria dinamica a 24 bit composto da 24 dataloggers a 4 canali ciascuno per un totale di 96 canali, sismografo multicanale **M.A.E. modello X 820 S (Figura ..)**, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Figura 2 *– Sismografo multicanale M.A.E. modello X820 S.*

Risoluzione campione	ADC Delta-Sigma @24 bit (Fc max 50000 Hz)
Numero di canali	n. 24 - 48 - 72- 96
Banda passante	0-25000Hz / selezionabile Low Pass Filter max.2000Hz
Distorsione massima	0.0005%
Range dinamico	128dB
Common mode rejection	110 dB a 60 Hz
Diafonia	-128dB a 20 Hz
Frequenza di campionamento	Selezionabile da 60 Hz a 52000 Hz
Soglia di rumore dell'amplificatore	1µV
Filtro anti alias	-3dB, 80% della frequenza di Nyquist, -80dB
Range massimo segnale in ingresso	+/-1.25V
Impedenza di ingresso	39KOhm

Tabella 1 *– Caratteristiche tecniche del sismografo utilizzato*

1.3 Elaborazione dei dati

L'elaborazione della Down-Hole è stata eseguita svolgendo le seguenti fasi:

- picking dei primi arrivi delle onde P e delle onde S;
- misura dei tempi di ricezione dei primi impulsi rilevati (t)
- calcolo dei tempi verticali (t)

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata con il software *DownHole 2021* della *Geostru*. Gli elaborati relativi sono riportati sia in forma grafica che numerica.

1.2 DOWNHOLE S09_DH

L'indagine Down-Hole è stata svolta nel foro di sondaggio S1_DH, ubicato nell'area di progetto in prossimità di …come riportato in **Figura 3** condizionato con tubo PVC ed opportunamente cementato, in modo da rendere solidale il tubo con il terreno circostante.

Figura 3 - Ubicazione del foro di sondaggio (a) ed esecuzione della prova Down-hole in sito (b)

L'energizzazione per la generazione delle onde di compressione (P) è stata realizzata con mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per facilitare la generazione ed il rilievo delle onde trasversali con

adeguata componente sul piano orizzontale (SH) si è utilizzato una traversina in legno, opportunamente ancorata, producendo un impatto laterale. Sono state effettuate, quindi, per ogni stazionamento, due energizzazioni per le onde S (con inversione di fase), con piano di oscillazione prevalentemente orizzontale, e una verticale per la generazione prevalente delle onde P. Le energizzazioni sono state realizzate ad una distanza di 2,5 metri dal boccaforo.

Profondità (m)	T_{oss} P (s)	T_{oss} SH (s)	Dist. Scoppio-Pozzo (m)	T_{corr} P (s)	T_{corr} SH (s)	V_P (m/s)	V_{SH} (m/s)
1	0,005	0,015	2,5	0,00171	0,00539	585,34	185,70
2	0,006	0,016	2,5	0,00350	0,01018	571,71	196,41
3	0,007	0,019	2,5	0,00538	0,01429	557,87	209,95
4	0,007	0,019	2,5	0,00611	0,01645	655,14	243,14
5	0,008	0,020	2,5	0,00751	0,01780	665,50	280,91
6	0,010	0,022	2,5	0,00960	0,01985	625,00	302,33
7	0,013	0,022	2,5	0,01205	0,02053	580,71	340,96
8	0,014	0,023	2,5	0,01355	0,02167	590,25	369,23
9	0,017	0,024	2,5	0,01638	0,02332	549,46	385,98
10	0,017	0,026	2,5	0,01669	0,02542	599,29	393,43
11	0,017	0,027	2,5	0,01687	0,02633	652,05	417,80
12	0,018	0,028	2,5	0,01713	0,02722	700,44	440,92
13	0,018	0,029	2,5	0,01787	0,02858	727,37	454,92
14	0,019	0,030	2,5	0,01910	0,02983	733,07	469,36
15	0,021	0,033	2,5	0,02032	0,03235	738,20	463,63
16	0,022	0,035	2,5	0,02124	0,03468	753,22	461,37
17	0,022	0,037	2,5	0,02177	0,03631	781,04	468,20
18	0,022	0,039	2,5	0,02199	0,03833	818,59	469,58
19	0,023	0,040	2,5	0,02270	0,03976	836,85	477,90
20	0,023	0,042	2,5	0,02322	0,04118	861,35	485,68
21	0,025	0,042	2,5	0,02433	0,04190	863,20	501,14
22	0,026	0,044	2,5	0,02544	0,04412	864,91	498,68
23	0,027	0,046	2,5	0,02664	0,04533	863,26	507,36
24	0,028	0,046	2,5	0,02745	0,04595	874,27	522,29
25	0,029	0,048	2,5	0,02856	0,04756	875,42	525,62
26	0,031	0,048	2,5	0,03086	0,04808	842,58	540,79
27	0,032	0,049	2,5	0,03196	0,04889	844,72	552,25
28	0,033	0,050	2,5	0,03267	0,04960	857,05	564,49
29	0,033	0,050	2,5	0,03318	0,05021	874,10	577,53
30	0,035	0,052	2,5	0,03448	0,05142	870,06	583,41

Nella **Tabella 2** sono riportati i valori dei tempi d'arrivo relativi alle onde P e S, i tempi corretti sulla verticale (T corr. P e T corr. S), per tenere conto della distanza del punto di energizzazione dal foro di sondaggio, e i valori delle velocità Vp e Vs per ogni stazione rispetto alla sorgente.

Tabella 5 *– Parametri della prova Down Hole.*

Dove:

T oss P: tempo di primo arrivo osservato onde P

T oss SH: tempo di primo arrivo osservato onde S (S1+S2)

T corr P: tempo di primo arrivo corretto onde P

T corr SH: tempo di primo arrivo corretto onde S (S1+S2)

V_P: velocità onde P rispetto alla sorgente

V_{SH}: velocità onde S rispetto alla sorgente

L'elaborazione dei dati acquisiti ha consentito di ricostruire il seguente modello sismo-stratigrafico (**Figura 4)** in cui si riportano le rispettive velocità intervallari:

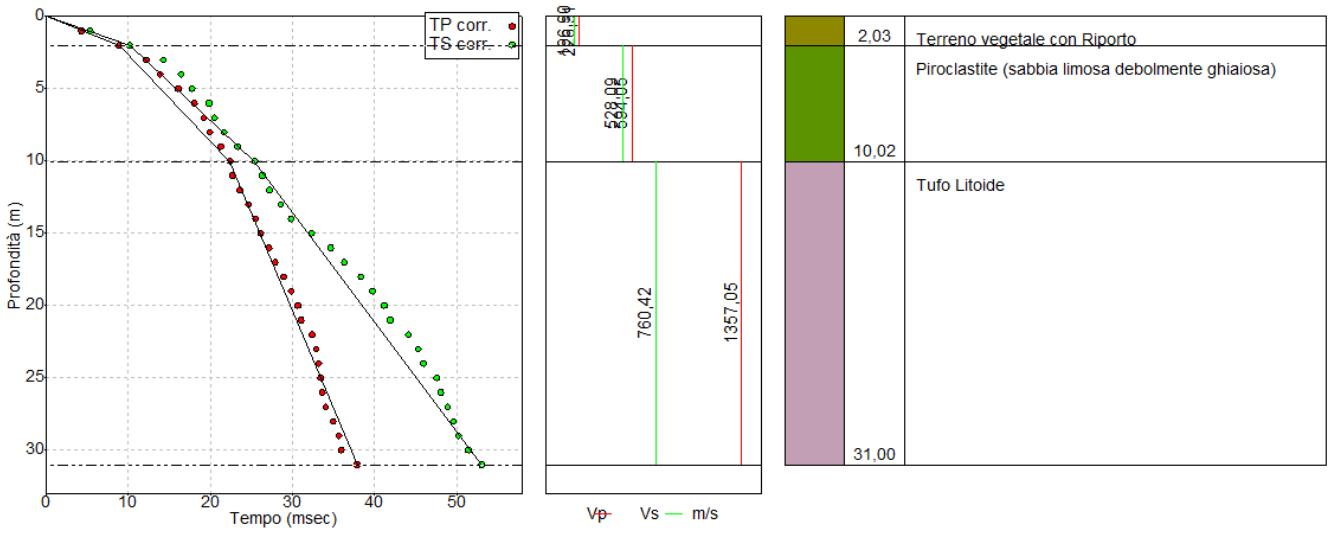


Figura 4 – ***Modello sismo-stratigrafico.***

	Profondità (m)	Spessore (m)	Vp medio (m/s)	Vs medio (m/s)	Emedio (MPa)	Ed_{medio} (MPa)	G_{medio} (MPa)	Ev_{medio} (MPa)
Strato 1: Terreno Vegetale con Riporto	2.00	2.00	238	197	120	85	81	31
Strato 2: Piroclastite (sabbia limosa debolmente ghiaiosa)	10.00	8.00	597	528	607	555	721	76
Strato 3: Tufo litoide (Tufo Giallo Napoletano)	30.00	20.00	1357	760	900	1068	1313	404

Tabella 6 – Valori medi dei parametri relativi ai 4 sismo-strati individuati.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, Vs eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$Vs, eq = H / \sum_{i=1}^{N} (\frac{h_i}{V_{s,i}}) \quad (1)$$

Dove:

H: profondità del **substrato sismico** (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s;

N: numero strati;

Vs,i: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato (m/s);

hi: spessore dell'i-esimo strato (in m).

Per depositi con **profondità H del substrato superiore a 30 m**, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro Vs30 ottenuto ponendo H = 30 m nell'espressione (1) e considerando la proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

È stato, quindi, determinato il parametro Vs30 del sito per i primi 30 m di profondità dal piano campagna e, come indicato dalle NTC18, è stata individuata la categoria di suolo nell'area investigata:

Vesq: 387

Categoria di suolo: B

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche

Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli - ☎ 081/5709742-5709641 e-mail: info@ilag.it web: www.ilag.it
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Azienda Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud

REALIZZAZIONE DEL NUOVO OSPEDALE UNICO DELLA PENISOLA SORRENTINA E DELLA COSTIERA AMALFITANA

Prove geotecniche di laboratorio

2125/lab/02	Rev. 00	24/01/2023	geol. S. Tagliarini	ing. R.Rippa D.T.	ing. R.Rippa D.T.
Codice	Stato	Data	Redatto Nome Funzione	Verificato Nome Funzione	Approvato Nome Funzione

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d 80125 Napoli - tel. 081/5709742 fax 081/5709641
e-mail info@ilag.it internet: www.ilag.it

L'Azienda Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud – con sede a Torre del Greco (NA), per il tramite della soc. Gia Consulting. S.r.l., ha dato incarico alla nostra Società di eseguire prove geotecniche di laboratorio su un campione indisturbato di terreno, prelevato nel comune di S. Agnello (NA), nell'ambito della "*Realizzazione del Nuovo Ospedale Unico della Penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana*".

Sul campione prelevato, dal Committente, è stato indicato un programma di prove sperimentali.

Tale sperimentazione ha previsto la descrizione geotecnica, la determinazione delle caratteristiche fisiche generali, l'analisi granulometrica per sedimentazione e setacciatura e l'esecuzione di 2 prove dinamiche in colonna risonante, una a contenuto naturale d'acqua e una dopo la saturazione del provino, consolidandolo ad una tensione di confinamento maggiore della precedente (145 KPa).

Si precisa che, data l'insufficienza di materiale disponibile sull'unico campione pervenuto, non è stato possibile eseguire la prova di taglio torsionale ciclico, che necessitava di un provino appositamente predisposto.

Nella tabella che segue è riepilogato il programma di prove effettivamente eseguite.

Tutta la sperimentazione è stata eseguita secondo le Normative e le Raccomandazioni di riferimento, citate su ogni certificato di prova.

Tabella 1 – Ospedale S. Agnello - Prove eseguite

Campione	Profondità (m)	Caratt. Fisiche Generali	Analisi granulometrica Sed+stacc.	Prova RC wn	Prova RC sat.
S09-DH-C2	7.50:8.00	X	X	X	X

Napoli, gennaio 2023

Il Direttore Tecnico

(dott. ing. Roberto Rippa)

Via Terracina, 169/d 80125 Napoli - tel. 081/5709742 fax 081/5709641
e-mail info@ilag.it internet: www.ilag.it

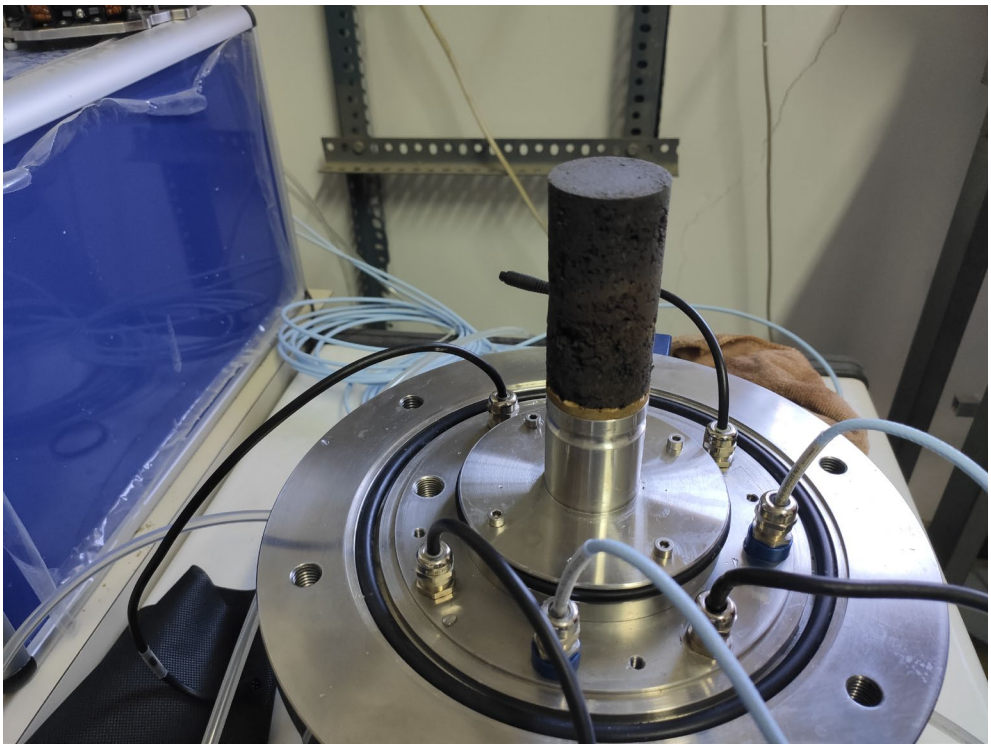


Foto 1 – Fase di montaggio del provino

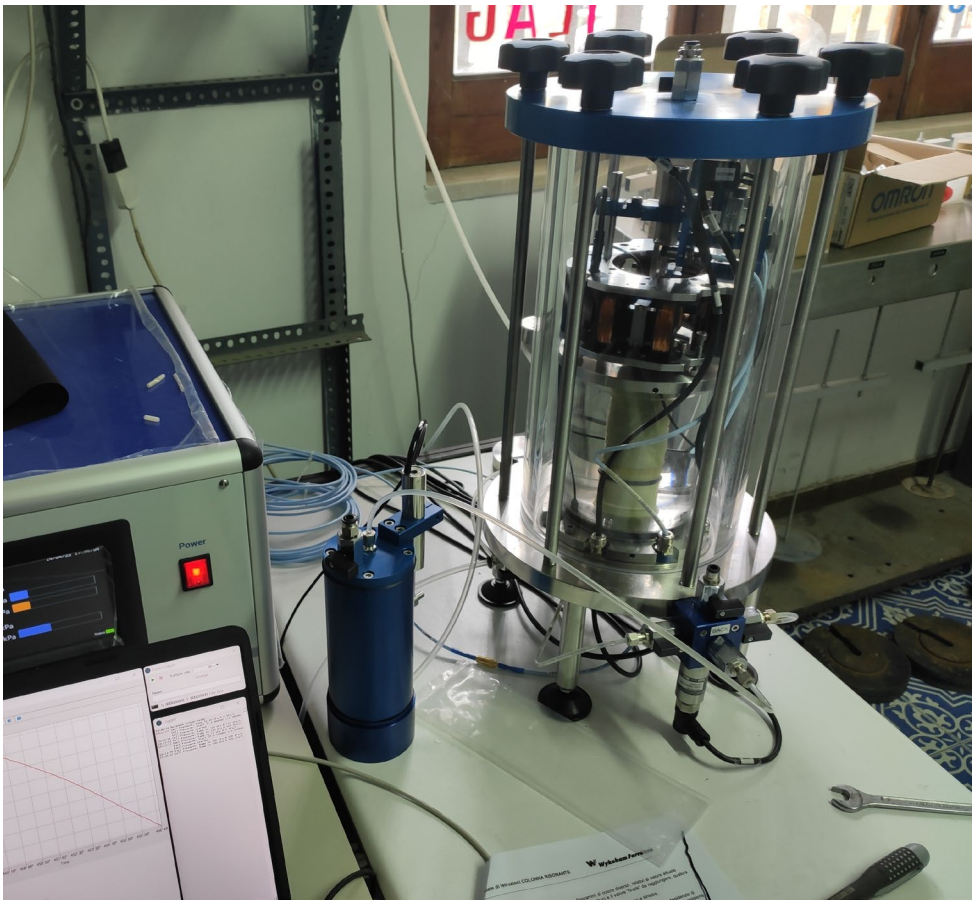


Foto 2 – Configurazione finale di prova

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°	**540**
prova n:	**3646/01**
cod. prova	**Des2571**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE (A.S.T.M. D2488-09a)

Data ricevimento: 29/12/2022
Data di apertura: 11/01/2023
Stato del campione: Indisturbato

Dimensioni del campione:
diametro: 85 mm
lunghezza: 420 mm

Descrizione del campione	*Piroclastite di colore grigio scuro. Presenti pomici millimetriche biancastre, di forma arrotondata. Mediamente addensata. La parte superiore (8 cm) presenta una colorazione più chiara e un grado di addensamento di poco maggiore. La granulometria è sabbio-limosa.*
Colore:	grigio scuro
Plasticità:	☑ Non plastico ☐ Poco plastico ☐ Mediam. plastico ☐ Molto plastico
Addensamento: (terreni granulari)	☐ Sciolto ☐ Poco addensato ☑ Mediam. addensato ☐ Addensato
Consistenza: (terreni coesivi)	☐ Poco consistente ☐ Mediam. consistente ☐ Consistente ☐ Molto consistente
Grado di umidità:	☐ Asciutto ☐ Poco umido ☑ Umido ☐ Molto umido ☐ Saturo
Alterazione:	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata
Reazione con HCl	☑ Nulla ☐ Debole ☐ Moderata ☐ Elevata

Accettazione n°	**540**
prova n:	**3646/01**

Struttura	☑ Massiva ☐ Stratificata ☐ Scagliosa ☐ Laminata ☐ Caotica ☐ Altro:.....
Fratturazione	☑ Assente ☐ Moderata ☐ Elevata
Cementazione	☑ Assente ☐ Debole ☐ Media ☐ Elevata

PROVE ESEGUITE

L totale= 42 cm

Parte Superiore (P.S.)
_____ cm

Pocket penetrometer (Kg/cm²)

Vane test (Kg/cm²)

1

2

Parte Centrale (P.C.)
_____ cm

3

1) Caratteristiche fisiche generali
2) Analisi granulometrica
3) Prova di Colonna Risonante

Parte Inferiore (P.I.)
_____ cm

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**3646/02**
cod. prova	**ngw16617**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Direttore dei Lavori: **non dichiarato** Richiesta non sottoscritta dal D.L.

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Data ricevimento 29/12/2022
Data inizio prova: 11/01/2023

Fattori di conversione
1kN/m³=0.102 g/cm³

Peso specifico dei grani (UNI EN ISO 17892-3)

Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P's=	10.00	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P'2=	158.26	g	γ'_s = 26.11 kN/m³	**Peso specifico dei grani medio**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P'1=	152.02	g		
Peso secco materiale passante allo staccio 4.0 mm	P"s=	10.00	g		
Peso picnometro+campione saturato+acqua distillata	P"2=	156.69	g	γ''_s = 26.14 kN/m³	**γ_s = 26.12 kN/m³**
Peso picnometro+acqua distillata (curva di taratura)	P"1=	150.44	g		

Contenuto d'acqua (UNI EN ISO 17892-1), peso di volume umido e secco (UNI EN ISO 17892-2)

Diametro del provino:	56	mm		
Altezza del provino:	20	mm	**Contenuto d'acqua**	**w = 0.269**
Area del provino:	24.63	cm²		
Volume del provino:	49.26	cm³	**Peso dell'unità di volume umido**	**γ = 15.85 kN/m³**
Peso pesafiltro vuoto:	32.19	g		
Peso pes.+provino umido	111.84	g	**Peso dell'unità di volume secco**	**γ_d= 12.50 kN/m³**
Peso pes.+provino secco	94.98	g		

Porosità, indice di porosità e grado di saturazione (parametri derivati dai precedenti)

Peso specifico dei grani	γ_s = 26.1 kN/m³	**Porosità**	**n = 0.522**
Contenuto d'acqua	w = 0.269	**Indice di porosità**	**e = 1.090**
Peso di vol. secco	γ_d= 12.50 kN/m³	**Grado di saturazione**	**Sr = 0.643**

Tenore in carbonati (A.S.T.M. D4373-14)

Pressione barometrica	mm Hg		
Temperatura	° C		
Quantità di materiale	g	**Tenore in carbonati**	**%**
Acido carbonico sviluppato	cm³		
Assorbimento di CO_2 nella soluzione con HCl	cm³		

Sostanze organiche (A.S.T.M. D2974-14)

Peso pesafiltro vuoto:	
Peso pes.+terreno essiccato a 105°	**Contenuto di sostanze organiche**
Peso pes.+terreno dopo calcinazione	

Lo sperimentatore
dott. geol. S.Tagliarini

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti n.274 del 07/06/2018, ai sensi dell'art. 59 del DPR 06/06/2001 n° 380

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

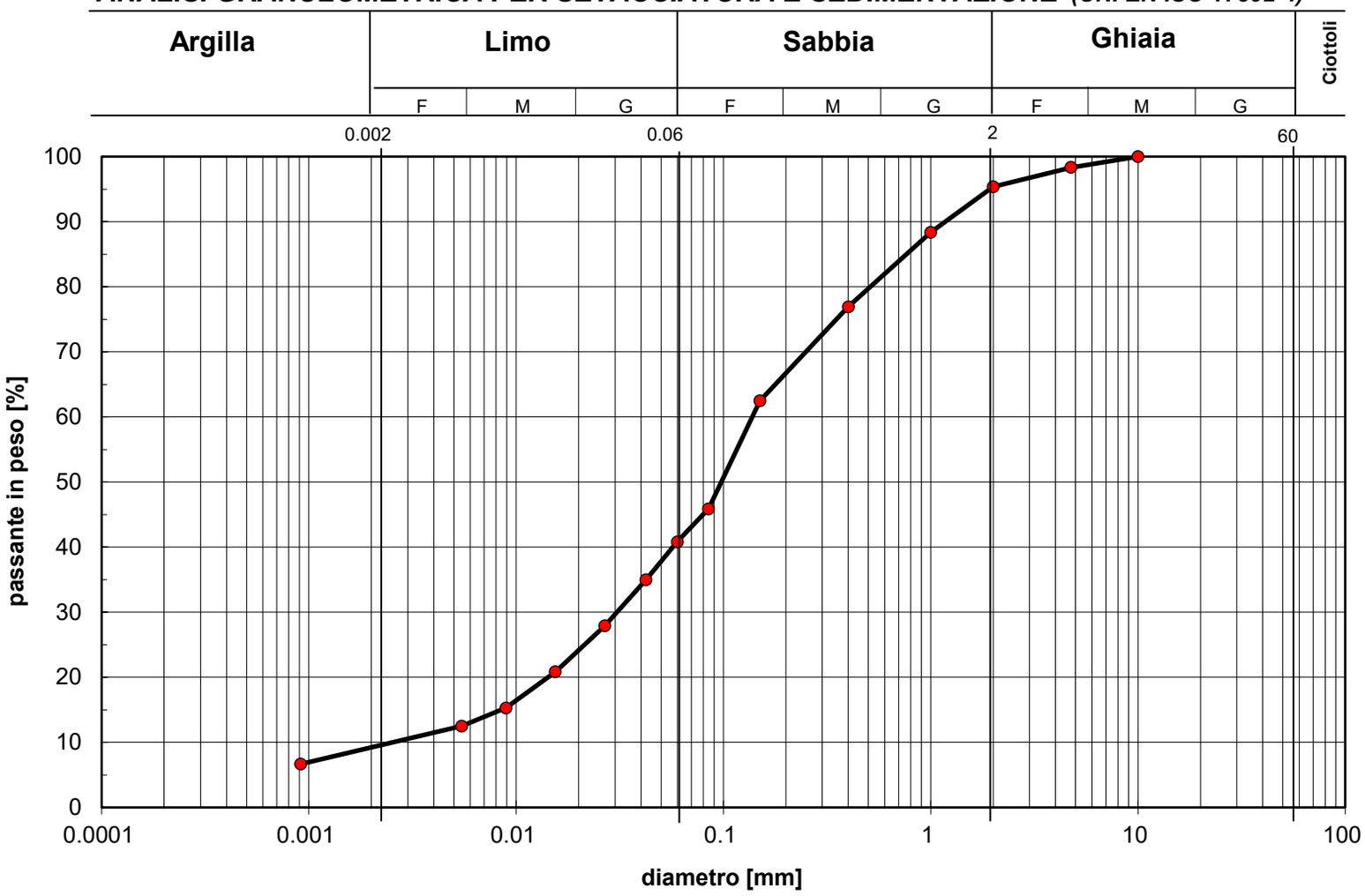
Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**3646/03**
cod. prova:	**gr18784**
Data ricevimento:	**29/12/22**
Data inizio prova:	**12/01/23**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**
Sondaggio: **S09-DH**
Campione: **C2**
Profondità (m): **7.50:8.00**

Peso campione: **293.00 g** (1° setacciatura)
Peso secco sed: **39.55 g** (sedimentazione)
Temperatura: **19 °C**

Peso specifico dei grani γ_s= **26.12 kN/m³**

	Setaccio	diametro [mm]	Trattenuto [%]	passante cumul. [%]
	UNI 10	10.00	0.00	100.00
	ASTM 4	4.75	1.67	98.33
	ASTM 10	2.00	2.97	95.37
	ASTM 18	1.00	6.99	88.38
	ASTM 40	0.40	11.47	76.90
	ASTM 100 (setacc. materiale decantato)	0.15	14.41	62.49
SEDIMENTAZIONE		0.0846	16.62	45.87
		0.0598	5.06	40.81
		0.0423	5.82	35.00
		0.0268	7.08	27.91
		0.0154	7.08	20.83
		0.0089	5.57	15.26
		0.0055	2.78	12.48
		0.0009	5.82	6.66



Argilla (%):	Limo (%):	Sabbia (%):	Ghiaia (%):
8.06	**32.80**	**54.52**	**4.63**

Lavoro:2125
Siglia lab.: gr18784r - s09-DH-c2.xls
Data emissione: 24/01/2023

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**3646/04**
Cod. prova:	**RC1**
Data ricevimento:	**29/12/22**
Data inizio prova:	**11/01/23**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015-15)

Caratteristiche iniziali del provino:		**Dimensioni iniziali del provino:**	
Contenuto d'acqua	w= 0.325	Diametro	38.00 mm
Peso di volume umido	γ= 15.63 kN/m³	Altezza Hi	76.00 mm
Peso specifico dei grani	γ_s= 26.1 kN/m³		
Indice di porosità	e= 1.214		
Grado di saturazione	Sr= 0.713		
Fase di saturazione e consolidazione		**Dimensioni del provino dopo la consolidazione:**	
Pressione cella	σ_3= 120 kPa	Altezza finale Hf	Hf= 75.85 mm
Back Pressure	bp= 0 kPa	Variazione altezza	ΔH= 0.15 mm
Coeff. B di Skempton	B=ΔU/$\Delta\sigma_3$= n.d. (prova a cont. naturale d'acqua)	Variazione Volume	ΔV= 0.175cm³
Pressione di consolidazione	$\sigma'_{3=}$ 120 kPa		

Fase di taglio torsionale

Prova n°	Deformazione di taglio γ (%)	Modulo di Taglio G (MPa)	Mod. taglio normalizzato G/Gmax (-)	Rapporto di smorzamento D(%)
1	0.00069	35.890	1.000	1.068
2	0.00082	35.820	0.998	1.066
3	0.00099	35.656	0.993	1.02
4	0.00115	35.471	0.988	1.121
5	0.00144	35.349	0.985	1.168
6	0.00174	35.178	0.980	1.152
7	0.00218	35.005	0.975	1.235
8	0.00265	34.758	0.968	1.315
9	0.00328	34.165	0.952	1.607
10	0.00452	33.565	0.935	2.089

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**3646/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

diagramma modulo di taglio G - deformazione tangenziale γ

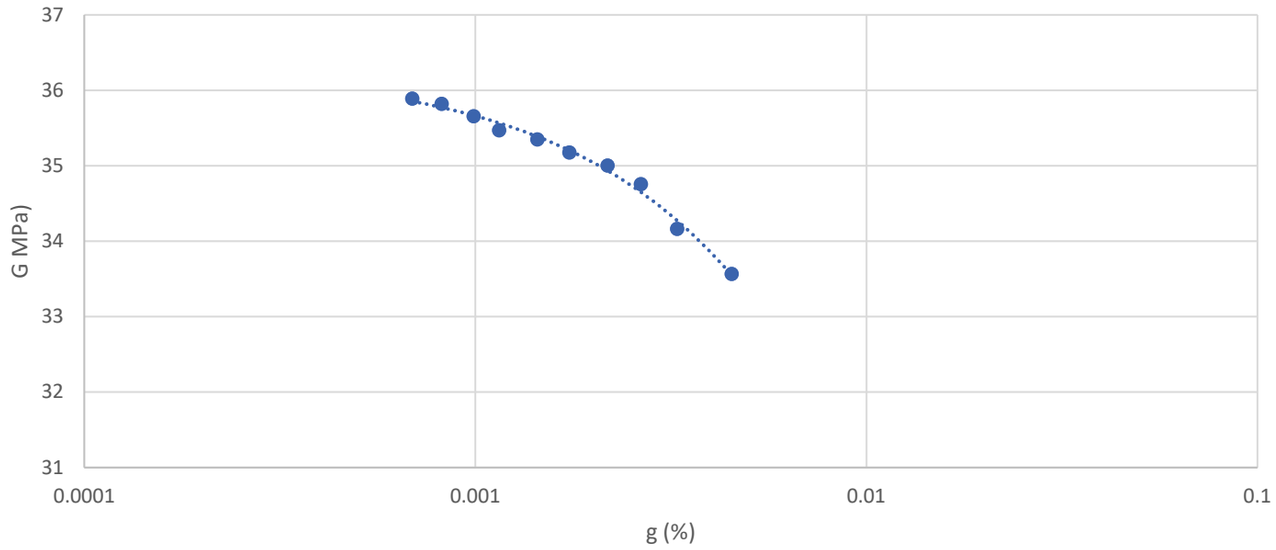
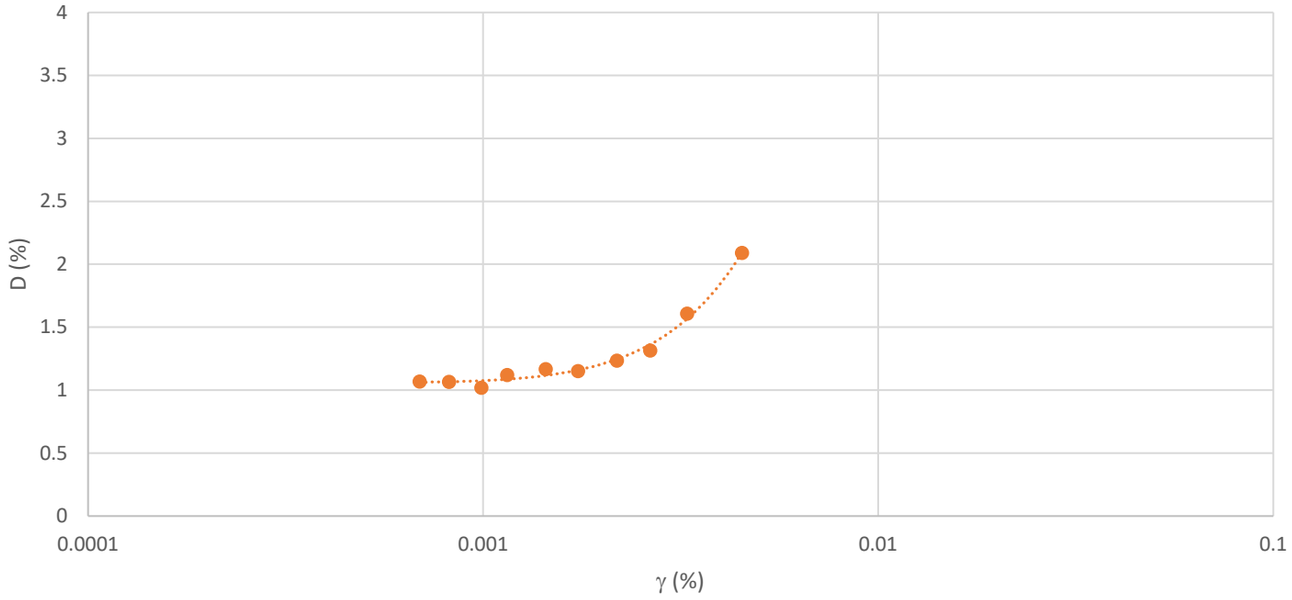


diagramma rapporto di smorzamento D- deformazione tangenziale γ



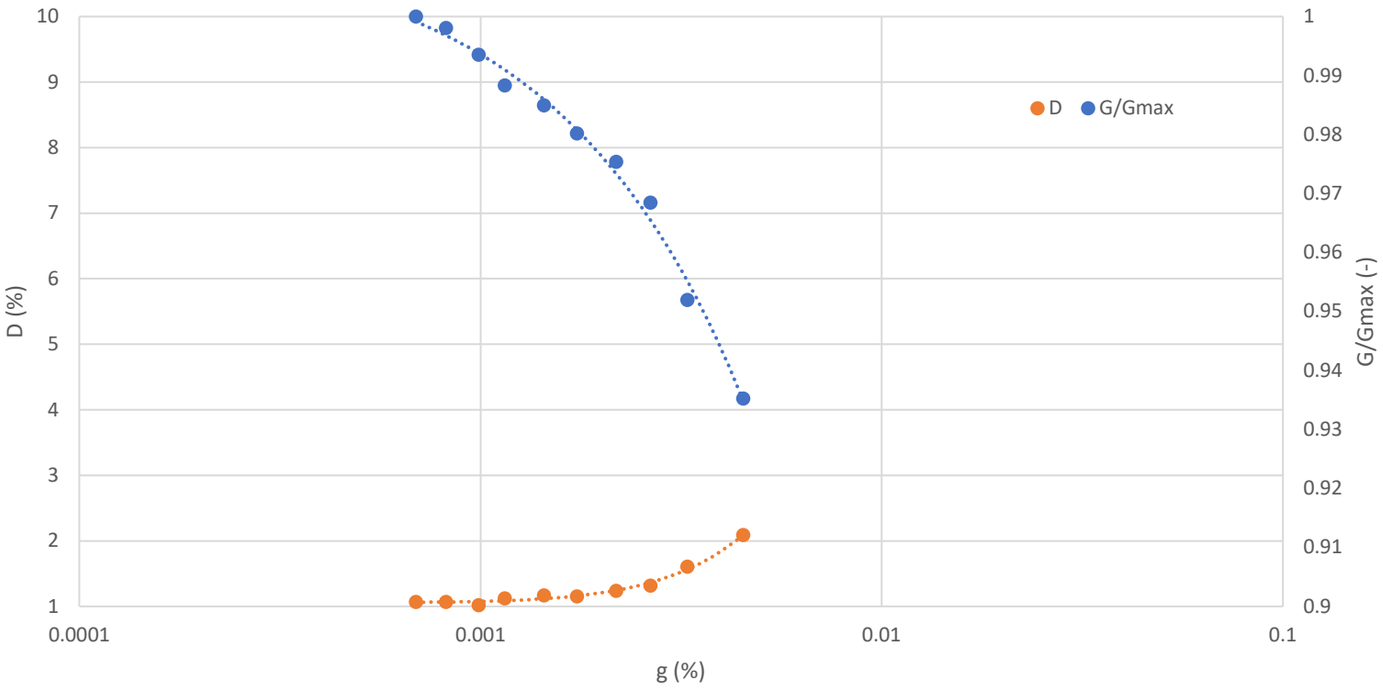
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**3646/04**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

diagramma sintetico G/Gmax e D - deformazione tangenziale γ



ILAG s.r.l.
Indagini di Laboratorio ed Applicazioni Geotecniche
Via Terracina, 169/d - 80125 Napoli

Accettazione n°:	**540**
Prova n°:	**3646/05**
Cod. prova:	**RC2**
Data ricevimento:	**29/12/22**
Data inizio prova:	**11/01/23**

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**
Direttore dei Lavori: **non dichiarato**
(Richiesta non sottoscritta dal D.L.)
Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

PROVA DI COLONNA RISONANTE (ASTM D4015-15)

Caratteristiche iniziali del provino:		**Dimensioni iniziali del provino:**	
Contenuto d'acqua	w= 0.325	Diametro	38.00 mm
Peso di volume umido	γ= 15.66 kN/m³	Altezza Hi	75.85 mm
Peso specifico dei grani	γ_s= 26.1 kN/m³		
Indice di porosità	e= 1.21		
Grado di saturazione	Sr= 0.715		
Fase di saturazione e consolidazione		**Dimensioni del provino dopo la consolidazione:**	
Pressione cella	σ_3= 245 kPa	Altezza finale Hf	Hf= 75.78 mm
Back Pressure	bp= 100 kPa	Variazione altezza	ΔH= 0.07 mm
Coeff. B di Skempton	B=ΔU/$\Delta\sigma_3$= 0.92	Variazione Volume	ΔV= 0.076cm³
Pressione di consolidazione	σ'_3= 145 kPa		

Fase di taglio torsionale

Prova n°	Deformazione di taglio γ (%)	Modulo di Taglio G (MPa)	Mod. taglio normalizzato G/Gmax (-)	Rapporto di smorzamento D(%)
1	0.00038	45.920	1.000	0.699
2	0.00059	45.730	0.996	0.689
3	0.00073	45.630	0.994	0.797
4	0.00084	45.480	0.990	0.73
5	0.00116	45.135	0.983	0.794
6	0.00144	45.102	0.982	0.76
7	0.00184	44.886	0.977	0.805
8	0.00218	44.620	0.972	0.833
9	0.00276	44.302	0.965	0.871
10	0.00337	44.016	0.959	0.918
11	0.00404	43.645	0.950	1.010

Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**3646/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

diagramma modulo di taglio G - deformazione tangenziale γ

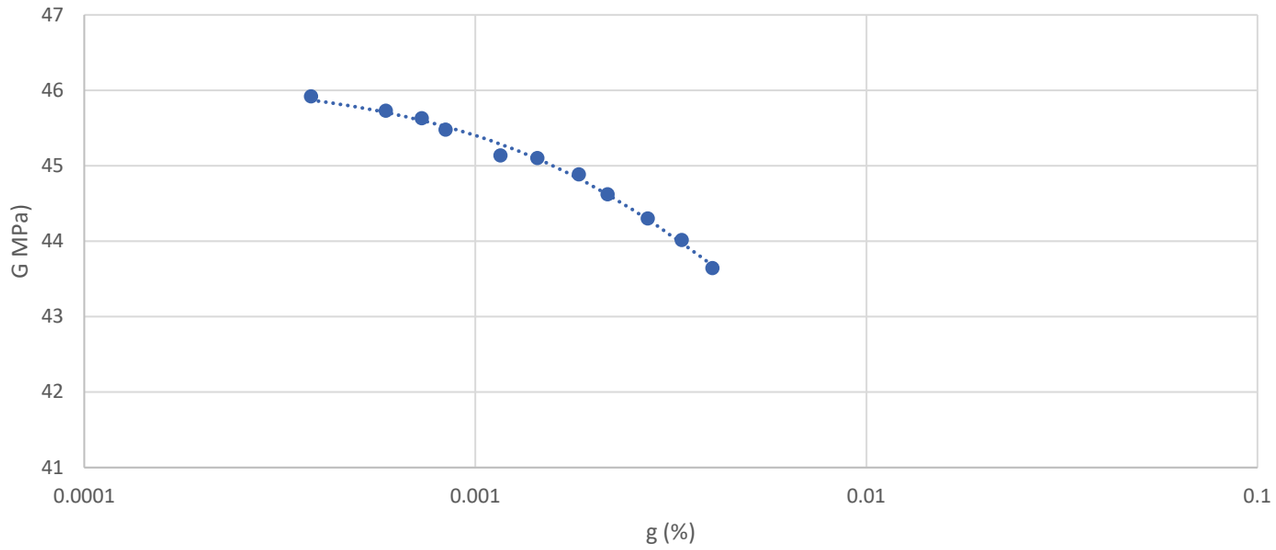
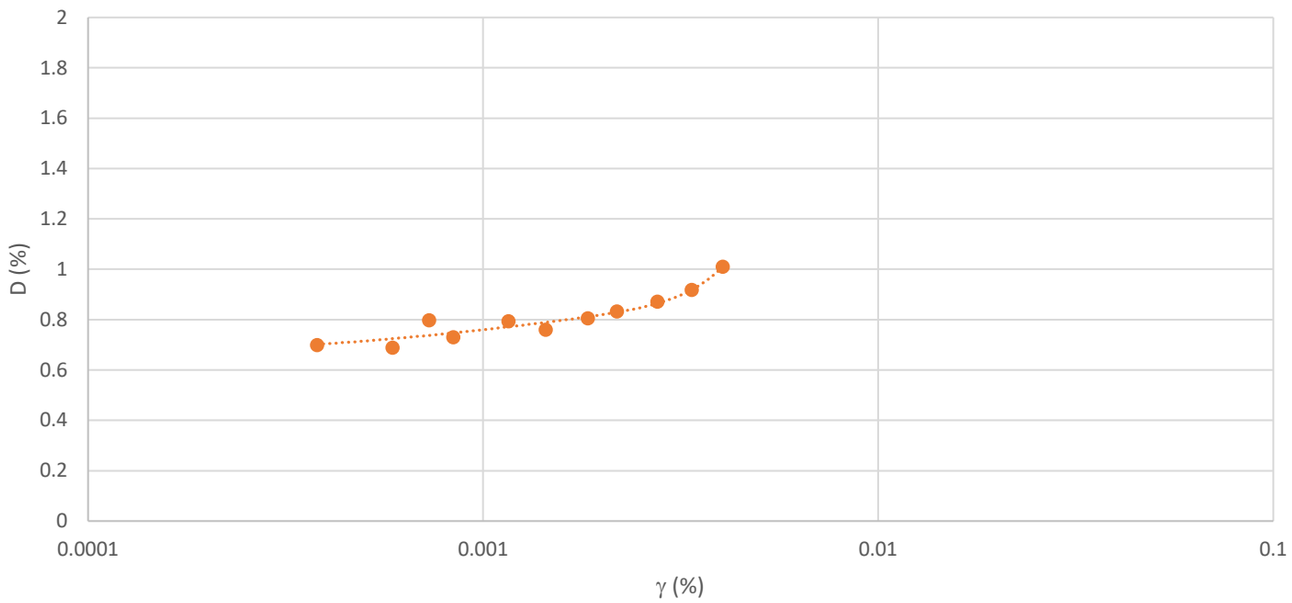


diagramma rapporto di smorzamento D- deformazione tangenziale γ



Lo sperimentatore
dott. S. Tagliarini

Il direttore del laboratorio
dott. ing. Roberto Rippa

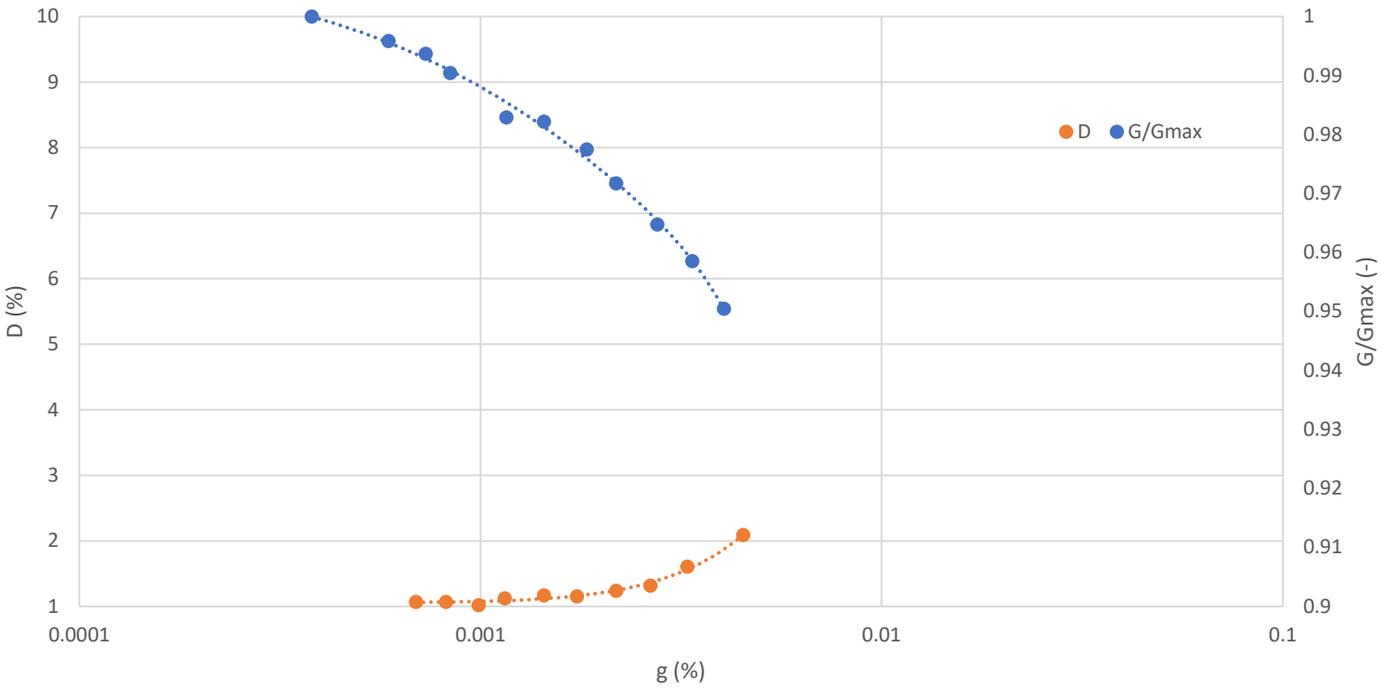
Committente: **Azienda Sanitaria Locale Napoli 3 Sud**

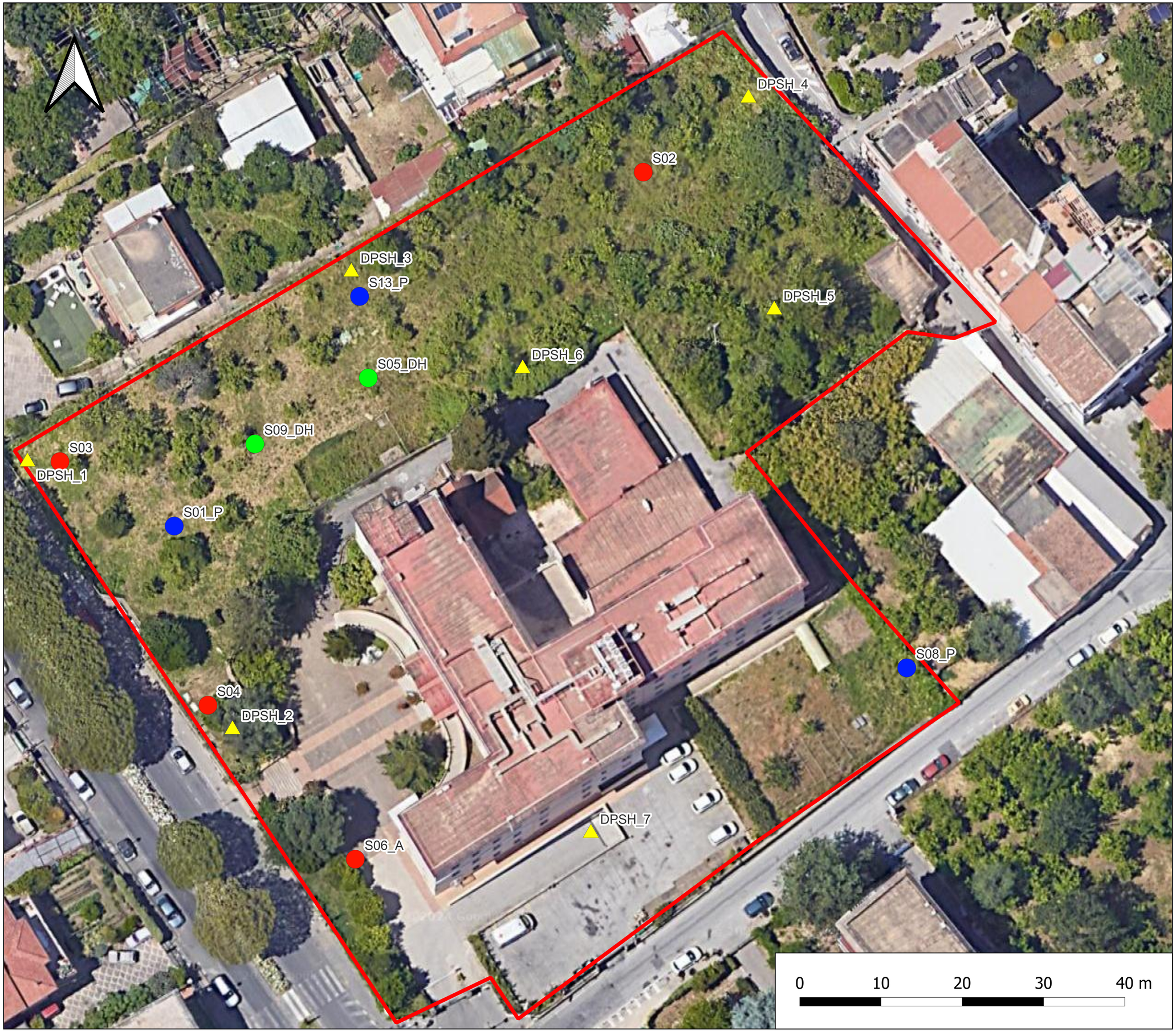
Accettazione n°	**540**
Prova n°:	**3646/05**

Indagine: **Ospedale Sant'Agnello (NA)**

Sondaggio: **S09-DH** Campione: **C2** Profondità (m): **7.50:8.00**

diagramma sintetico G/Gmax e D - deformazione tangenziale γ





Firmato digitalmente da
Salvatore Costabile
CN = Salvatore Costabile
C = IT

Mappa ubicazione indagini geognostiche - Scala 1:200

LEGENDA

- DPSH
- Sondaggio rivestito a piezometro
- Sondaggio
- Sondaggio Down Hole

regione campania
aslnapoli3sud

Realizzazione del Nuovo Ospedale Unico della Penisola Sorrentina e della Costiera Amalfitana in via Mariano Lauro 28, Comune di Sant'Agnello (NA)
CUP : D13D19000310003

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:
Azienda Sanitaria Locale NAPOLI 3 SUD
DIRETTORE GENERALE: Ing. Gennaro Sosto

R.U.P.:
Ing. Ciro Visone

Responsabile del coordinamento ed integrazione prestazioni specialistiche:
Arch. Maurizio Pavani | MATE

Progetto Architettonico cat. E.10:
Responsabile progetto: Arch. Maurizio Pavani | MATE
Team di progetto: Ing. Emilio Bona Veggi | MATE; Arch. Tommaso Cesaro | MATE; Arch. Giulio Felli | CSPE; Arch. Paolo Felli | CSPE; Arch. Michela Puccianello | MATE

Progetto Architettonico cat. E.18:
Responsabile progetto: Ing. Emilio Bona Veggi | MATE
Team di progetto: Arch. Martina Bucciffi | MATE; Arch. Manola Caruso | CSPE

Progetto opere strutturali cat. S.06:
Responsabile progetto: Ing. Carmine Mascolo | MASCOLO INGEGNERIA
Team di progetto: Ing. Matteo Gregorini | STUDIO GREGORINI; Ing. Mauro Perini | MATE

Progetto impianti meccanici cat. IA.01:
Responsabile progetto: Ing. Luca Meluzzi | STUDIO TI
Team di progetto: Ing. Lino Pollastri | MATE; Ing. Lanfranco Ricci | STUDIO TI; Ing. Silvio Silvaletta | MATE

Progetto impianti meccanici cat. IA.02:
Responsabile progetto: Ing. Lorenzo Gemelmez | STUDIO TI
Team di progetto: Ing. Lino Pollastri | MATE; Ing. Lanfranco Ricci | STUDIO TI; Ing. Silvio Silvaletta | MATE;

Progetto impianti elettrici e speciali cat. IA.04:
Responsabile progetto: Ing. Claudio Muscioni | STUDIO TI
Team di progetto: Ing. Lino Pollastri | MATE; Ing. Lanfranco Ricci | STUDIO TI

Prevenzione incendi:
Responsabile progetto: Arch. Corrado Lupatelli | CSPE
Team di progetto: Ing. Alessandro Sanna | MATE

Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione:
Arch. Corrado Lupatelli | CSPE

Responsabile della relazione sui requisiti acustici delle opere ai sensi della L. 447/95:
Ing. Sacha Slim Bouhageb

Stima, computi e value engineering, misure e contabilità:
Geom. Pier Luigi Burzacca | MATE

Geologia:
Dott. Geol. Salvatore Costabile | GIA CONSULTING

Archeologia:
Dott. Alessandra Saba | NURE ARCHEOLOGIA

Esperto Via e Vas - Controllo Qualità ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015:
Ing. Elettra Loventhal | MATE

Urbanistica:
Urb. Raffaele Gerometta | MATE

Esperto viabilità e infrastrutture:
Ing. Elena Guerzoni | MATE

Responsabile della redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica ai sensi del d.m. 26/06/2015:
Ing. Lorenzo Gemelmez | STUDIO TI

Esperto sugli aspetti energetici, ambientali e CAM:
Responsabile progetto: Ing. Eleonora Sabbione | MATE
Team di progetto: Ing. Silvio Silvaletta | MATE

Responsabile dell'Organizzazione sanitaria:
Responsabile progetto: Dott. Andrea Vannucci
Team di progetto: Dott. Luca Munari

Team BIM:
BIM Manager certificato ICMQ: Arch. Arturo Augelletta | MATE
BIM Manager certificato ICMQ: Ing. Enrico Ricci | STUDIO TI
BIM Specialist strutture: Ing. Carmine Mascolo | MASCOLO INGEGNERIA
BIM Specialist architettura: Arch. Giada Barelli | MATE

Direzione Lavori e Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione:
Ing. Matteo Gregorini | STUDIO GREGORINI

OGGETTO:
ELABORATI GENERALI
RELAZIONE PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

SORR21009	001 ET 1	ALL. 17
cod. commessa	num. elaborato	
DATA:	29 Agosto 2024	REDATTO: Dott. Geol. Costabile Salvatore
SCALA:	1:200	APPROVATO:
REVISIONE:	0.1	VERIFICATO:
Percorso file		