

- **PREMESSA**

La seguente relazione è stata redatta per le calcolazioni finalizzate alla «*Verifica della vulnerabilità sismica ai sensi dell'OPCM 3274/03 e s.m.i. sugli edifici scolastici di proprietà del Comune di Napoli*». Segnatamente, ci si riferisce al sito in *Via Provinciale 121 di Pianura*, sul quale insistono *gli edifici dell'Istituto Provinciale-Ex Centrale e Caritas (I.C. M. Troisi)*. Sono stati effettuati una ricerca bibliografica, rilievi di superficie ed indagini geognostiche.

È stato eseguito:

- l'inquadramento del sito nel contesto geologico strutturale regionale;

è stata indicata:

- la stratigrafia dell'area urbana di Napoli;

è stata descritta:

- la morfologia, geologia e idrogeologia dell'area di interesse.

Su richiesta del Progettista sono state eseguite:

- una prova penetrometrica dinamica continua del tipo DPSH (Dinamic Penetrometer Super Heavy);
- un profilo sismico a rifrazione del tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Attraverso la ricerca bibliografica e i rilievi di superficie, sono state desunte le caratteristiche morfologiche, geolitologiche, idrogeologiche e di stabilità del sito; attraverso i dati della prova DPSH e dell'indagine sismica si è risaliti all'assetto litostratigrafico del sottosuolo, alla parametrizzazione geotecnica dei terreni e alla individuazione della categoria di sottosuolo del sito di cui al punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 (NTC/2018).

Si precisa che, per la stesura della presente relazione, si è fatto riferimento ai risultati delle indagini programmate ed ubicate dal Progettista in corrispondenza del sito in *Via V. Marrone 67/69 di Pianura*, sul quale insiste l'Edificio dell'Istituto Centrale I.C. Russo che, per posizione, lo stesso Progettista ha ritenuto rappresentative anche di un intorno che comprende il sito in *Via Provinciale 121 di Pianura*, sul quale insiste l'Edificio dell'Istituto Provinciale-Ex Centrale (I.C. M. Troisi); il sito in *Via Provinciale 121 di Pianura*, sul quale insiste l'Edificio dell'Istituto Caritas (I.C. M. Troisi); il sito in *Via Campanile 39 di Pianura*, sul quale insiste l'Edificio dell'Istituto del Villaggio Italsider (I.C. 72° Palasciano) e il sito in *Via Marrone 65 di Pianura*, sul quale insiste il Nuovo Edificio dell'Istituto dell'I.C. 72° Palasciano

- **INQUADRAMENTO REGIONALE**

La Città di Napoli ricade nella porzione sud del grande "*graben*" della Piana Campana. Si sviluppa tra la Terra di Lavoro a nord, i Campi Flegrei ad ovest, il Somma-Vesuvio ad est ed il mare a sud. Il "*graben*" della Piana Campana rappresenta una depressione morfostrutturale generatasi durante le fasi tettoniche plio-pleistoceniche (neotettonica), a seguito di una serie di faglie a gradinata immergenti nei blocchi carbonatici della piattaforma campano-lucana, che hanno provocato il progressivo ribassamento delle aree e che sono a prevalente andamento N-E/S-O ed E/O. Successivamente la depressione è stata colmata da potenti accumuli di materiale detritico, piroclastico, marino e palustre. I terreni che colmano il "*graben*", dal basso verso l'alto sono costituiti dai prodotti del Roccamonfina e della prima attività dei Campi Flegrei, uniti ai prodotti dell'attività erosiva delle acque continentali che avevano sbocco nel braccio di mare che si estendeva tra i monti calcarei e l'attuale edificio del Somma-Vesuvio. In tempi successivi furono depositati i terreni più superficiali, costituiti da prodotti vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio.

Napoli è caratterizzata da una morfologia contrassegnata da dossi (ad esempio la Collina dei Camaldoli e la Collina del Vomero) e depressioni (Agnano), tipica di un territorio vulcanico ad attività prevalentemente esplosiva, con la deposizione di ceneri, sabbie e scorie. In prossimità del mare la morfologia è pseudo pianeggiante. Le piane si trovano in corrispondenza di sprofondamenti vulcano-tettonici, che hanno generato golfi chiusi (ad esempio Fuorigrotta-Bagnoli).

A partire da nord s'individua una prima unità morfologica abbastanza regolare costituita dalla Collina dei Camaldoli che, da una quota massima di 458m s/m nei pressi dell'Eremo, degrada debolmente verso nord e verso est e che a sud è bordata dalle piane di Pianura e Soccavo, attestate rispettivamente ad una quota di circa 160m e di circa 86m s/m.

Le pendenze delle pareti di questa unità verso Marano, Marianella e Capodimonte sono dell'ordine dei 3÷4 gradi ed i versanti tra Capodimonte e Poggioreale in genere ospitano un gran numero di cave, anche attive, per l'estrazione di blocchetti di tufo giallo o per l'estrazione di pozzolana.

I versanti verso Pianura e Soccavo sono molto acclivi e in alcuni punti sono quasi verticali, tanto che consentono di osservare gli affioramenti per un'altezza di circa 350m.

A sud della Collina dei Camaldoli s'individua la dorsale Arenella-Vomero-Posillipo e la dorsale Vomero-Castel Sant'Elmo.

Queste dorsali rappresentano la continuazione meridionale della Collina dei Camaldoli e sono costituite anch'esse da tufo. Pure in questo caso i versanti hanno ospitato un gran numero di cave, che hanno profondamente modificato l'originario assetto morfologico.

Infine, Pianura e Soccavo sono aree morfologicamente depresse, nelle quali si sono accumulati i prodotti dell'attività recente dei Campi Flegrei, di Astroni e dei vulcani di Agnano.

- **STRATIGRAFIA DELL'AREA URBANA DI NAPOLI**

Il sottosuolo della Città di Napoli è da ricondurre ad una sequenza di prodotti vulcanici connessi alla storia dei Campi Flegrei così schematizzabile:

- Vulcanismo più recente di 12000 anni;
- Eruzione del Tufo Giallo Napoletano;
- Vulcanismo di età compresa tra i 39.000 e i 12.000;
- Eruzione dell'Ignimbrite Campana;
- Vulcanismo più antico di 39.000 anni.

Vulcanismo più antico di 39.000 anni. Le rocce più antiche si rinvencono lungo le scarpate che bordano i Campi Flegrei. Sono rappresentate dai duomi lavici di Punta Marmolite e di Cuma, i depositi piroclastici dei Tufi di Torre Franco e il relitto del Tufo di Monte Grillo. In una cava ubicata lungo il versante che delimita a nord est la piana di Quarto sono visibili i depositi piroclastici, intercalati da paleosuoli, di almeno dieci diverse eruzioni. Depositi piroclastici alla stessa altezza stratigrafica sono stati perforati a Poggioreale, Capodimonte, Ponti Rossi, Chiaiano e Secondigliano.

Eruzione dell'Ignimbrite Campana. L'Ignimbrite Campana è il deposito piroclastico a più ampia distribuzione areale della Campania. Si tratta di un deposito da flusso piroclastico caratterizzato da un'elevata viscosità e da una temperatura relativamente bassa. Durante l'eruzione si formò una caldera che comportò lo sprofondamento di una vasta area che comprende i Campi Flegrei, parte della Città di Napoli ed una parte delle baie di Napoli e Pozzuoli. La formazione è costituita da una zona basale

cineritica, una zona intermedia con pomici e una zona alta a tessitura caotica. Una caratteristica di questo deposito è la variazione, spesso graduale, di colore dal grigio al giallo per fenomeni idrotermali. La facies grigia consiste di pomici e frammenti litici dalle svariate dimensioni, immerse in una matrice di fondo cineritica. Nella facies gialla, invece, è presente una pronunciata zeolitizzazione secondaria.

Vulcanismo di età compresa tra i 39.000 e i 12.000. Le rocce di questo periodo (compreso tra l'eruzione dell'Ignimbrite Campana e quella del Tufo Giallo Napoletano) si rilevano lungo il bordo della caldera dell'Ignimbrite Campana, all'interno della città di Napoli e lungo i versanti nord occidentale e sud occidentale della collina di Posillipo. La maggior parte delle rocce esposte rappresenta il prodotto di eruzioni esplosive. Le caratteristiche tessiturali e sedimentologiche delle rocce in affioramento indicano che i centri eruttivi erano ubicati all'interno della Caldera dell'Ignimbrite Campana, Formazione del vulcano di Solchiaro (Procida), dalla Formazione del vulcano di Torregaveta e dalla deposizione dei Tufi Biancastri (affioranti a Soccavo) e dei Tufi Antichi (affioranti nella zona urbana di Napoli).

Eruzione del Tufo Giallo Napoletano. L'eruzione del Tufo Giallo Napoletano è la seconda per importanza in Campania. Nel corso dell'eruzione, da un centro ubicato nei Campi Flegrei furono emesse alcune decine di Km^3 di magma che ricoprirono un'area di circa 1.000Km^2 . I depositi si rinvengono nell'area napoletana e flegrea e nella Piana Campana, fino ai rilievi dell'Appennino. Si tratta di un deposito da flusso piroclastico, di colore giallastro e grigiastro a struttura da massiva a stratoide, costituito da pomici, frammenti lavici e tufacei in matrice cineritica. Il Tufo Giallo Napoletano generalmente è grigio e scarsamente litificato in aree lontane dal centro eruttivo; mentre è giallo e litificato (per zeolitizzazione) nell'area napoletana flegrea.

Vulcanismo più recente di 12.000 anni. In generale, si tratta di prodotti prevalentemente piroclastici da caduta e in subordine da flusso. Il vulcanismo si è concentrato in tre epoche di attività, alternate a periodi di quiescenza. Nel corso della prima epoca, che va da 12.000 a 9.500 anni, si verificarono 37 eruzioni, tutte esplosive, con una media di un'eruzione ogni 70 anni. Nella seconda epoca (tra 8.600 e 8.200 anni fa) si sono verificate 37 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 65 anni. La terza epoca (periodo tra 4.800 e 3.800 anni fa) è stata caratterizzata da 16 eruzioni esplosive con una frequenza media di una eruzione ogni 50 anni. L'ultima eruzione è stata quella del Monte Nuovo nel 1538, dopo un periodo di quiescenza durato quasi 3.000 anni.

- **MORFOLOGIA, GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELLE AREE DI INTERESSE**

La piana di Pianura si sviluppa a monte della piana di Soccavo, dalla quale è separata dalla “dorsale di Pignatiello”, che è il prolungamento verso sud-est della collina dei Camaldoli. Si tratta di una piana interna attestata ad una quota media di 165m s/m, bordata in tutte le direzioni da rilievi. Ad est e a nord dalla collina dei Camaldoli, ad ovest da M.te Oliveto e a sud dai rilievi di Sartana e Pigna S. Nicola.

Si tratta di un'area morfologicamente depressa nella quale si sono accumulati i prodotti dell'attività vulcanica recente dei Campi Flegrei e funge da recapito per le acque dei Camaldoli che non hanno una adeguata sistemazione idraulica.

Per la sua stessa natura la pianura non è soggetta a fenomeni di dissesti, a meno di eventuali sprofondamenti connessi ad infiltrazioni di acque ed a localizzati dissesti in corrispondenza dei fronti di scavo verticali presenti nei prodotti pozzolanici legati a vecchie attività estrattive o a sbancamenti effettuati per l'insediamento di civili abitazioni. Il sito d'interesse è pianeggiante ed è attestato intorno agli 160m s/m.

In riferimento al FOGLIO 446-447 “NAPOLI” DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1/50.000 DEL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA- ISPRA (ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE), i terreni che affiorano nel sito prevalentemente sono riconducibili a:

- *“ATN: Litosoma di Astroni- Sequenza costituita da depositi piroclastici separati da sottili paleosuoli o superfici erosionali. I depositi sono costituiti da livelli di ceneri a differente granulometria e subordinati livelli grossolani (ATN, piroclastiti di Astroni) depositi prevalentemente da correnti piroclastiche e subordinatamente per caduta. I livelli cineritici sono di colore grigio con abbondanti lapilli accrezionari. I livelli grossolani spesso ad andamento lensoide, contengono pomici, scorie, ossidiane e scarsi litici lavici e tufacei”*

Si tratta di una sequenza piroclastica costituita da cineriti chiare, stratificate, con pomici bianche e frammenti lavici e tufacei, a granulometria variabile dal limo alla ghiaia (quest'ultima generalmente prevalente).

Questi terreni sono da considerare permeabili, a permeabilità subordinata, per porosità (permeabilità primaria o in piccolo). Il loro grado di permeabilità è massimo in corrispondenza della frazione più grossolana (sabbie e ghiaie); mentre raggiunge valori inferiori in presenza di materiale a granulometria più fine (limi) o a buon grado di addensamento (tufo). Quest'ultimo (il tufo), però, talora può presentare un discreto grado di permeabilità per fratturazione.

Con tali caratteristiche idrogeologiche in generale il sottosuolo ospita accumuli idrici per differenza di permeabilità, con la frazione meno permeabile che, se è posta in profondità, funge da tampone alle acque d'infiltrazione nel sottosuolo e dà luogo a *falde di modesta portata*, anche “*sospese*” e/o “*sovrapposte*”. A grande scala, comunque, nell'area si riconosce essenzialmente un'unica falda per la mancanza di veri e propri orizzonti impermeabili sufficientemente estesi e spessi.

L'area rientra nell'unità idrogeologica dei Campi Flegrei, che è delimitata a nord dall'alveo dei Camaldoli e ad est dalla valle del Sebeto.

La falda raggiunge il suo livello massimo (circa 26m s/m.) nella zona di Marano-Calvizzano; quest'area è quella più lontana dal recapito naturale delle acque sotterranee, rappresentato dal mare.

- **INDAGINI ESEGUITE**

Come riportato in premessa, sulla base del programma d'indagine redatto dal Progettista, nel sito in Via Marrone 65 di Pianura, sul quale insiste il Nuovo Edificio dell'Istituto del Villaggio Italsider I.C. 72° Palasciano, sono state effettuate una prova penetrometrica dinamica continua del tipo DPSH (Dinamic Penetrometer Super Heavy) ed un profilo sismico a rifrazione del tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves). L'ubicazione è riportata nei fascicoli delle indagini allegati.

- **Prova penetrometrica dinamica continua**

È stata eseguita dalla *DITTA INGE S.R.L. SERVIZI PER LA GEOLOGIA* con sede in *VIA TAVERNA VECCHIA 19 – 81020 CASTEL MORRONE (CE)* in possesso di *AUT. MIN. N.R. 0000566 DEL 13.11.2019 CIRC. 7618/STC – PROVE SULLE TERRE E DI AUT. MIN. N.154 DEL 19.4.2011 CIRC. 7619/STC – PROVE IN SITO.*

La prova è stata approfondita fino a 10.20m dal piano campagna. È stato utilizzando un Penetrometro Dinamico Pesante Pluristandard della Pagani TG 63-200 KN in modalità standard EMILIA 30, dotato delle seguenti caratteristiche:

- Maglio di peso $Q = 63.50$ Kg;
- Altezza di caduta del maglio costante, pari a $H = 75$ cm;
- Peso testa, guida, ecc. $q = 15$ Kg;
- Lunghezza delle aste $L = 1.00$ metri;
- Peso delle aste 6.00 Kg/m;
- Diametro delle aste $\phi = 32$ mm;
- Angolo di apertura della punta $\alpha = 60^\circ$;

- Diametro della base della punta conica $D = 50.5\text{mm}$;
- Area della punta 20cm^2 ;
- Energia specifica del colpo 7.9375 Kg/cm^2 ;
- Coefficiente di correlazione con l' N_{SPT} 1.01

Durante la terebrazione è stato registrato il numero di colpi N necessario per ogni 30cm d'infissione della punta penetrometrica ed è stato ricavato l'istogramma della prova, elaborato su di un sistema di assi cartesiani dove in ascisse è riportato il numero di colpi e in ordinate la profondità d'indagine.

Attraverso opportune formule di correlazione, poi, sono stati ricavati i valori dei principali parametri geotecnici dei terreni, quali l'angolo di attrito interno, la coesione non drenata, la densità relativa, lo stato di consistenza ed il valore del modulo edometrico.

In allegato si fornisce il *Fascicolo delle Indagini Geognostiche* della *DITTA INGE S.R.L.* che riporta la descrizione dell'attrezzatura impiegata per l'esecuzione della prova, della metodologia d'indagine seguita, delle correlazioni utilizzate per risalire ai valori dei parametri geotecnici e che contiene il *Certificato della prova n°0795/21 del 29/11/2021*.

- *Profilo sismico del tipo M.A.S.W.*

Sono state eseguite una serie di acquisizioni ed analisi secondo la tecnica MFA (Multiple Filter Analysis – Dziewonsky et alii, 1969; Hermann, 2013; Pedersen et alii, 2003), opportunamente adattata al fine di sfruttare tanto la componente radiale che quella verticale dell'onda di Rayleigh, quanto l'onda di Love. Le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle *Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” (G.U. n°42 del 20/02/2018 – Suppl. Ordinario n°8)*, che fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s). Tali procedure hanno consentito di individuare la categoria di sottosuolo che caratterizza il sito. La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della $V_{s,EQ}$ (in m/sec), definita dalla relazione:

$$V_{s,EQ} = H / [\sum_{i=1}^N h_i / V_{s,i}]$$

dove:

- H è la profondità del substrato (definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800m/s),
- N è il numero di strati,

- h_i è lo spessore dell'i-esimo strato,
- $V_{s,i}$ è la velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

In allegato si fornisce la Relazione Sismica Esplicativa, dalla quale si rilevano la tecnica d'indagine seguita, la metodologia utilizzata, la strumentazione impiegata ed i risultati ottenuti.

- **MODELLO GEOLOGICO-TECNICO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO**

La penetrometria eseguita lascia prevedere che il sottosuolo del comprensorio essenzialmente sia da ricondurre alla sequenza piroclastica di cineriti chiare, stratificate, con pomici bianche e frammenti lavici e tufacei, a granulometria variabile dal limo alla ghiaia (con quest'ultima generalmente prevalente), indicata nei paragrafi precedenti. Sulla base della resistenza opposta dai terreni all'avanzamento della punta penetrometrica ed in riferimento alle correlazioni del paragrafo precedente, tale sequenza, come si desume dal modulo della *Stratigrafia Interpretativa* del Fascicolo della Ditta INGE allegato, può essere suddivisa nei seguenti livelli geotecnici:

- il primo, dal piano campagna fino a 2.5m di profondità, con peso di volume $\gamma=1.30\text{g/cm}^3$, angolo di attrito $\varphi=31^\circ$, coesione non drenata $c_u=1.08\text{Kg/cm}^2$, Modulo Edometrico $E_d=48\text{Kg/cm}^2$ e Densità relativa $Dr=43\%$ (*terreno sciolto*);
- il secondo, da -2.5 a -5m, con peso di volume $\gamma=1.40\text{g/cm}^3$, angolo di attrito $\varphi=33^\circ$, coesione non drenata $c_u=1.92\text{Kg/cm}^2$, Modulo Edometrico $E_d=85\text{Kg/cm}^2$ e Densità relativa $Dr=58\%$ (*terreno mediamente addensato*);
- il terzo, da -5 a -6m, con peso di volume $\gamma=1.30\text{g/cm}^3$, angolo di attrito $\varphi=31^\circ$, coesione non drenata $c_u=1.31\text{Kg/cm}^2$, Modulo Edometrico $E_d=59\text{Kg/cm}^2$ e Densità relativa $Dr=50\%$ (*terreno sciolto*);
- il quarto, da -6 a -8m, con peso di volume $\gamma=1.40\text{g/cm}^3$, angolo di attrito $\varphi=35^\circ$, coesione non drenata $c_u=2.55\text{Kg/cm}^2$, Modulo Edometrico $E_d=114\text{Kg/cm}^2$ e Densità relativa $Dr=75\%$ (*terreno mediamente addensato*);
- il quinto, da -8 a -10.2m, con peso di volume $\gamma=1.40\text{g/cm}^3$, angolo di attrito $\varphi=33^\circ$, coesione non drenata $c_u=1.78\text{Kg/cm}^2$, Modulo Edometrico $E_d=81\text{Kg/cm}^2$ e Densità relativa $Dr=63\%$ (*terreno mediamente addensato*).

I dati acquisiti con l'indagine sismica hanno consentito di investigare fino oltre i 30m dal piano campagna. Il sottosuolo può essere suddiviso nei seguenti sismostrati:

- il primo, fino a 0.39m dal piano campagna, caratterizzato da una V_s pari a 50m/s;
- il secondo, da -0.39m a circa -0.9m, caratterizzato da una V_s pari a 85m/s;

- il terzo, da circa -0.9m a circa -3.8m, con V_s pari a 209m/s;
- il quarto, da - circa -3.8m a circa -7.5m, con V_s pari a 307m/s;
- il quinto, da circa -7.5 a circa -11m, con V_s pari a 159m/s;
- il sesto, da circa -11 a circa -15m, con V_s pari a 333m/s;
- il settimo, da circa -15 a circa -21m, con V_s pari a 652m/s;
- l'ottavo, infine, da circa -21m a -35m, caratterizzato da una V_s pari a 589m/s;

Sulla base di queste velocità, in riferimento al D.M. 17/01/2018 e, segnatamente, in riferimento al punto 3.2.2 del D.M., è stata individuata la categoria di sottosuolo che caratterizza il sito. Non è stato raggiunto il bedrock sismico nei primi 30 metri dalla base delle fondazioni; pertanto la $V_{s,EQ}$ coincide con la V_{s30} e, quindi, la categoria di suolo di fondazione dipende dai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,EQ}$. In riferimento all'indagine eseguita, agli spessori rilevati e alle relative velocità delle onde S, la $V_{s,EQ}$ per profondità di oltre 30m dal piano campagna è stata determinata pari a 307m/s. Ne deriva che il sito in esame, in riferimento al punto 3.2.2 (Tab. 3.2.II) del D.M. 17/01/2018, è caratterizzato da una *Categoria di sottosuolo C*:

- *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s”*

- **CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DEL SITO**

Le condizioni topografiche del sito non presentano particolari complessità. In riferimento alla classificazione di cui alla Tab. 3.2.III delle NTC/2018, si tratta di un sito caratterizzato da una *“Categoria Topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*.

- **CONCLUSIONI**

La presente relazione si riferisce al sito in *Via Provinciale 121 di Pianura*, sul quale insiste *l'Edificio dell'Istituto Provinciale-Ex Centrale (I.C. M. Troisi)*.

L'area è riportata nel FOGLIO 446-447 “NAPOLI” DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1/50.000 DEL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA- ISPRA (ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE).

I terreni che affiorano nel sito prevalentemente sono riconducibili ad una sequenza piroclastica costituita da cineriti chiare, stratificate, con pomici bianche e frammenti lavici e tufacei, a granulometria variabile dal limo alla ghiaia (quest'ultima generalmente prevalente).

Sulla base della resistenza opposta dai terreni all'avanzamento della punta penetrometrica durante la prova DPSH, come si legge nel modulo della *Stratigrafia Interpretativa* del *Fascicolo della Ditta INGE* allegato, nel punto d'indagine tale sequenza può essere suddivisa nei livelli geotecnici della tabella che segue.

Livello	Profondità dal p.c.(m)	Peso di volume γ (g/cm ³)	Angolo di attrito φ (°)	Coesione non drenata c_u (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico E_d (Kg/cm ²)	Densità relativa D_r (%)
Primo	0.0/2.5	1.3	31	1.08	48	43
Secondo	2.5/5	1.4	33	1.92	85	58
Terzo	5/6	1.3	31	1.31	59	50
Quarto	6/8	1.4	35	2.55	114	75
Quinto	8/10.2	1.4	33	1.78	81	63

Il valore della coesione non drenata c_u si riferisce alla frazione limosa della sequenza.

Con l'indagine sismica è stato investigato il sottosuolo fino a circa 79m dal piano campagna. Le velocità V_s registrate variano da 50m/s a 589m/s. Non è stato raggiunto il bedrock sismico nei primi 30 metri dalla base delle fondazioni, pertanto la $V_{s,EQ}$ coincide con la V_{s30} . Sulla base delle velocità registrate è stata determinata una $V_{s,EQ}$ pari a 307m/s. Ne deriva che il sito, in riferimento al punto 3.2.2 (Tab. 3.2.II) del D.M. 17/01/2018, è caratterizzato da una *Categoria di sottosuolo C*.

In riferimento alla classificazione di cui alla Tab. 3.2.III delle NTC/2018, infine, si tratta di un sito caratterizzato da una *Categoria Topografica T1*.

Dr. Geol. Enrico Bottiglieri



COMUNE

PIANURA (NA)

INDAGINI GEOGNOSTICHE GEOTECNICHE E GEOFISICHE

CANTIERE:

*ISTITUTO COMPRENSIVO RUSSO CENTRALE
Via MARRONE - PIANURA (NA)*

COMMITTENTE:

ING. FABIO MASTELLONE DI CASTELVETERE

Data 29/11/2021

INGE s.r.l.

Il direttore tecnico
Dott. Geol Antonio Petriccione



Certificate No.: SGO 1023/0
FA Code: 28134
Original Certification Date: 10/12/2009
Current Certification Date: 10/10/2017
Certificate Expiry Date: 12/12/2020



Attestazione di qualificazione
alla esecuzione di lavori pubblici
n. 4023/50/01
Categoria OS20B Classifica II
Valida dal 04/12/2019 al 03/12/2024



Aut. Min. N. R. 0060566 del 13-11-2009 Cir. 7418/STC - Prove sulla terra
Aut. Min. N. 154 del 19-04-2011 Circ. 7478/STC - Prove in sito

1. INDICE

1.	INDICE	2
2.	PREMESSA	3
3.	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI (D.P.S.H.)	4
3.1.1.	GENERALITÀ	4
3.1.2.	CARATTERISTICHE	4
3.1.3.	INTERPRETAZIONE	5
3.1.4.	FORMULE DI CORRELAZIONE UTILIZZATE	5

ALLEGATI:

- 1. Planimetria ubicazione indagini geognostiche*
- 2. Certificati prova penetrometrica dinamica pesante DPSH*

2. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dall' Ing. Fabio Mastellone di Castelvete, il giorno 23/11/2021 è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche su un cantiere ubicato all'interno dell'Istituto Comprensivo Russo Centrale in Via Marrone - Pianura (NA), al fine di caratterizzare i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame.

Le prove ed analisi eseguite sono consistite in:

♦ *1 prova penetrometrica dinamica pesante DPSH*

Nelle pagine successive si riporta una breve descrizione delle prove e delle indagini eseguite, in allegato i risultati ottenuti sotto forma di certificati.

3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI (D.P.S.H.)

3.1.1. GENERALITÀ

Le prove penetrometriche dinamiche pesanti vengono eseguite con il Penetrometro Dinamico Pesante Pluristandard della Pagani TG 63-200 KN.

Esse consistono nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione.

La prova fornisce una valutazione qualitativa e quantitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Le informazioni fornite dalle prove sono di tipo continuo poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

Il campo di utilizzazione della prova è molto vasto, viene infatti eseguita in tutti i tipi di terreno sia coesivo che granulare (dalle argille alle ghiaie).



Postazione prova penetrometrica dinamica pesante DPSH 01

3.1.2. CARATTERISTICHE

La prova viene eseguita con attrezzatura e modalità standard EMILIA 30 appresso descritte:

- il maglio ha un peso $Q = 63.50$ Kg;
- l'altezza di caduta del maglio è costante ed è pari ad $H = 75$ cm;

- peso testa, guida, ecc. $q=15$ Kg
- lunghezza aste $L=1.00$ metri
- peso delle aste 6.00 Kg/m
- diametro della aste $\phi=32$ mm
- angolo di apertura della punta $\alpha=60^\circ$
- diametro della base della punta conica $D=50.5$ mm
- Area della punta 20 cm²
- la registrazione dei colpi N avviene ogni qual volta il gruppo di infissione ha un abbassamento nel terreno pari a 30 cm;
- Energia specifica del colpo 7.9375 Kg/cm²
- Coefficiente di correlazione con l'NSPT 1.01

3.1.3. INTERPRETAZIONE

Diagrammando su un grafico cartesiano il numero di colpi N_{spt} in funzione della profondità, è possibile individuare strati caratterizzati da un numero di colpi pressoché simile determinando una stratigrafia geotecnica dei terreni attraversati.

Mediando i valori della resistenza all'avanzamento del gruppo di infissione, rilevati nell'ambito di ognuno degli strati così individuati, si possono ricavare le caratteristiche geotecniche dei terreni che li compongono. In particolare, attraverso opportune formule di correlazione (riportate nel paragrafo seguente), si ricavano una serie di parametri identificativi: la resistenza alla punta del penetrometro statico (R_p), la resistenza a rottura non drenata che, opportunamente correlata, permette di quantificare l'angolo di attrito interno medio (ϕ) e la coesione non drenata (C_u), il modulo edometrico (E_{ed}) che fornisce le indicazioni sulla compressibilità dei terreni, la densità relativa (D_r) per la determinazione dello stato di addensamento dei terreni. Le caratteristiche geotecniche dei vari strati individuati vengono riportate, per ogni prova, in una tabella riassuntiva insieme al grafico e al listato del numero di colpi misurati ogni 30 cm.

3.1.4. FORMULE DI CORRELAZIONE UTILIZZATE

3.1.4.1. TERRENI DI NATURA GRANULARE

RESISTENZA ALLA PUNTA R_p (Kg/cm²)

La correlazione con la resistenza alla punta del penetrometro statico viene ricavata mediante la formula:

$$R_p = 4N_{SCPT} \text{ (D'Apollonia e altri 1970)}$$

A tale formula è applicato un coefficiente correttivo in funzione del peso delle aste

DENSITÀ RELATIVA Dr (%)

$$Dr = \left[\frac{N_{SCPT}}{32 + 0.288 \cdot \sigma'} \right]^{0.5} \text{ (Skempton)}$$

con σ' = pressione efficace in Kg/cm²;

N_{SCPT} = numero di colpi medio nello strato.

Il metodo è valido per le sabbie da fini a grossolane, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di Dr (%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato.

ANGOLO DI ATTRITO ϕ (°)

Questo metodo correla ϕ (°) con la densità relativa dello strato:

$$\phi = 26 + 0.14 \cdot Dr \text{ (Schmertmann)}$$

in cui Dr = densità relativa(%);

Il metodo è valido per sabbie e ghiaie in genere.

MODULO DI DEFORMAZIONE O EDOMETRICO E (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E = 3 \cdot R_p \text{ (Schmertmann)}$$

con R_p = Resistenza alla punta media nello strato.

Il metodo è valido per le sabbie in genere. La relazione non considera l'influenza della pressione efficace che, parità di N_{scpt} determina una diminuzione di E con la profondità.

MODULO DI TAGLIO PER BASSE DEFORMAZIONI G_0 (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$Go = 7.84 \cdot \phi \cdot \sigma' \text{ (Sherif \& Ishibashi)}$$

con ϕ = angolo di resistenza al taglio(°);

σ' = pressione efficace (Kg/cm²);

Il metodo è valido per tutti i terreni di tipo incoerente.

3.1.4.2. TERRENI DI NATURA COESIVA

COESIONE NON DRENATA C_u (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$C_u = \frac{R_p - \sigma_v}{20}$$

con R_p = Resistenza alla punta (Kg/cm²);

σ_v = pressione verticale totale (Kg/cm²);

MODULO EDOMETRICO E_{ed} (Kg/cm²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$E_{ed} = N_{SCPT} \cdot 10^{1.163 - 0.029 \cdot N_{SCPT}} \text{ (Sanglerat)}$$

con N_{scpt} = numero di colpi medio misurato nello strato;

Il metodo è valido per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille).

GRADO DI SOVRACONSOLIDAZIONE OCR

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$OCR = \left[\frac{C_u}{\sigma' \cdot KK} \right]^{1.25} \text{ (Ladd \& Foot)}$$

con C_u (Kg/cm²) = coesione non drenata dello strato;

σ' (Kg/cm²) = pressione efficace a metà strato;

KK = parametro correttivo in funzione della profondità = $7 - K_p$

K_p viene calcolato come segue:

se la profondità media dello strato è ≤ 1 m:

$$Kp = 0.2 \cdot \frac{P}{l}$$

P (m) = profondità media dello strato

l (m) = passo di lettura della prova

se la profondità media è compresa fra 1 e 4 m:

$$Kp = \frac{0.2}{l} + \left[\frac{0.35 \cdot (P - 1)}{l} \right]$$

se la profondità media è superiore a 4 m:

$$Kp = \frac{0.2}{l} + \left[0.35 \left(\frac{3}{l} \right) \right] + \left[\frac{0.5(P - 4)}{l} \right]$$

MODULO DI TAGLIO DINAMICO G_0 (t/m²)

Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$G_0 = a \cdot (N_{SCPT})^{0.78} \quad (\text{Ohsaki \& Iwasaki})$$

Il metodo è valido per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille).

Aut. Min. N°154 del 19/04/2011 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01 (Sondaggi, prelievo campioni, prove SPT, prove di permeabilità; prove penetrometriche: DPSH, CPT, CPTE, CPTU; prove di carico su piastra; misura del peso di volume; CBR, perforazioni inclinate e orizzontali, monitoraggio e controlli.

Planimetria Ubicazione Indagini



- ▲ Prova penetrometrica dinamica DPSH
- Sondaggio Geognostico
- Prova penetrometrica statica CPT
- ★ Prova penetrometrica DPSH con prel. campione
- ⊞ Prova penetrometrica CPT con prel. campione
- Indagine sismica Masw M1

Dati e legenda

Committente: Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero

Cantiere: Istituto Comprensivo Russo Centrale - Via Marrone - Pianura (NA)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero

Id Int. 484 / 21

Cantiere: I.C. Russo Centrale - Via Marrone - Pianura (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.859050 / E14.173510 Data esecuz. prova: 23/11/2021

Prova (n): **DPSH 01**

Certificato n° **0795/21**

del 29/11/2021

VALORI MISURATI IN SITU CON PENETROMETRO DINAMICO PESANTE

Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)	Prof. (m)	Colpi (N)
0.30	1	9.30	14						
0.60	7	9.60	13						
0.90	5	9.90	14						
1.20	17	10.20	13						
1.50	7								
1.80	5								
2.10	3								
2.40	6								
2.70	8								
3.00	11								
3.30	12								
3.60	9								
3.90	9								
4.20	15								
4.50	18								
4.80	10								
5.10	6								
5.40	6								
5.70	8								
6.00	11								
6.30	20								
6.60	18								
6.90	18								
7.20	20								
7.50	14								
7.80	16								
8.10	10								
8.40	12								
8.70	13								
9.00	13								

IL RESPONSABILE DI SITO
Dott. Geol. *[Firma]*

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
Dott. Geol. Giuseppe Rizzo



Aut. Min. n. 154 del 19/04/11 esecuzione e certificazione di indagini geognostiche, prel. di campioni e prove in sito di cui all'art. 59 DPR. 380/01

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Ing. Fabio Mastellone di Castelvete

Id Int. 484 / 21

Cantiere: I.C. Russo Centrale - Via Marrone - Pianura (NA)

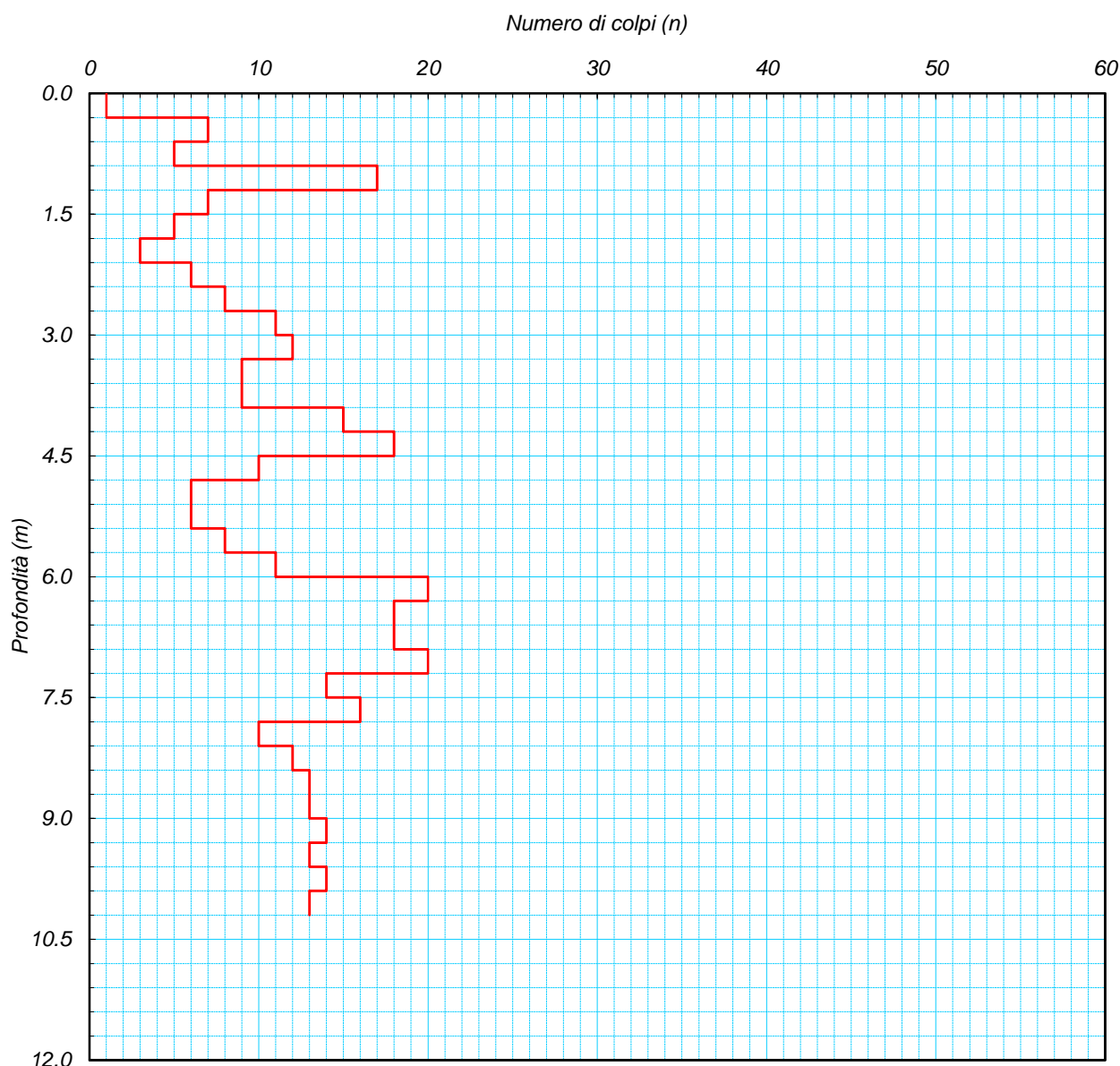
Coordinate lat. e long.: N40.859050 / E14.173510 Data esecuz. prova: 23/11/2021

Prova (n): DPSH 01

Certificato n° 0795/21

del 29/11/2021

GRAFICO NUMERO DI COLPI



IL RESPONSABILE DI SITO

Dott. Geol. Mauro Samanin

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Giuseppe Rello

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (D.P.S.H.)

Standard utilizzato: Emilia (30) [peso maglio Kg 63.5, volata cm 75, area punta cmq 20, angolo di apertura della punta 60°]

Committente: Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero

Cantiere: I.C. Russo Centrale - Via Marrone - Pianura (NA)

Coordinate lat. e long.: N40.859050 / E14.173510 Data esecuz. prova: 23/11/2021

Prova (n): DPSH 01

STRATIGRAFIA INTERPRETATIVA

DATI GENERALI

Strato (n)	1	2	3	4	5
Profondità iniziale (m)	0.00	2.40	4.80	6.00	7.80
Profondità finale (m)	2.40	4.80	6.00	7.80	10.20
Potenza dello strato (m)	2.40	2.40	1.20	1.80	2.40
Peso di volume attribuito (g/cm³)	1.30	1.40	1.30	1.40	1.40
Pressione vert efficace (Kg/cm²)	0.31	0.67	0.78	1.09	1.43
Media numero colpi (N)	6	11	8	18	13
Media resist. alla Punta (Kg/cm²)	22.00	39.00	27.00	52.00	37.00

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA GRANULARE

Angolo di attrito (°)	31	33	31	35	33
Densità relativa (%)	43	58	50	75	63
Mod. di deformazione (Kg/cm²)	66	117	81	156	111
Mod. taglio dinamico (Kg/cm²)	76	174	190	300	369
Stato di addensamento	S	M	S	M	M

PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI NATURA COESIVA

Coesione non dren. (Kg/cm²)	1.08	1.92	1.31	2.55	1.78
Modulo edometrico (Kg/cm²)	48.00	85.00	59.00	114.00	81.00
Grado di sovracons. OCR (-)	1.51	0.52	0.22	0.22	0.09
Mod. di taglio dinam. (t/m²)	5'664	9'087	7'088	13'343	10'352
Stato di consistenza	Med	C	C	M C	C

LEGENDA

Terreni di natura granulare - Stato di addensamento

M S=Molto sciolto, S=Sciolto, M=Medio, D=Denso, M D=Molto Denso

Terreni di natura coesiva - Stato di consistenza

M=Molle, T=Tenero, Med=Medio, C=Compatto, M C=Molto Compatto, D=Duro



dr. Giovanni Turco
geologo

INDAGINE SISMICA HOLISURFACE PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO VERTICALE

V_s E DEL PARAMETRO V_{seq} AI SENSI DEL DECRETO 17/01/2018

(G.U. N°42 DEL 20/02/2018, SUPPL. ORD. N.8)

RELAZIONE SISMICA ESPLICATIVA

I.C. RUSSO - VIA VINCENZO MARRONE, 67/69

COMUNE DI NAPOLI (NA)

COMMITTENTE: ING. MASTELLONE DI CASTELVETERE

NOVEMBRE 2021



DR. GEOL. GIOVANNI TURCO

RELAZIONE ESPLICATIVA

Nell'ambito della "Verifica della vulnerabilità sismica, ai sensi dell'OPCM 3274/03 e s.m.i., sugli edifici scolastici di proprietà del Comune di Napoli", lo scrivente ha condotto una campagna di prospezioni geofisiche allo scopo di caratterizzare la risposta sismica locale del sito investigato.

Nell'area investigata, al fine di determinare il parametro $V_{s,eq}$ è stata eseguita una serie di acquisizioni ed analisi secondo la tecnica MFA (Multiple Filter Analysis – Dzielwonsky et alii, 1969; Hermann, 2013; Pedersen et alii, 2003) opportunamente adattata al fine di sfruttare in maniera olistica tanto la componente radiale che quella verticale dell'onda di Rayleigh, quanto l'onda di Love.

A tal fine è stato impiegato il software HoliSurface® 2018 che implementa una metodologia innovativa (brevetto concesso il 01.04.2015); quest'ultima, in uno ad un'adeguata strumentazione hardware, consente di analizzare la propagazione delle onde di superficie al fine di determinare il profilo verticale della V_s .

Il termine HoliSurface® (da Holistic Surface) esprime il fatto che lo scopo del metodo/software è quello di analizzare la propagazione delle onde di superficie in modo completo, cioè olistico (dal greco ὅλος, cioè "totalità").

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (G.U. n°42 del 20/02/2018 – Suppl. Ordinario n°8) che, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s).

GENERALITÀ SULLE TECNICHE DI INDAGINE UTILIZZATE

Come anticipato in premessa, è stata condotta una campagna di acquisizioni ed analisi secondo la tecnica MFA (Multiple Filter Analysis – Dzielwonsky et al., 1969; Herrmann, 2013; Pedersen et al., 2003).

La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore della $V_{s,eq}$ definita dalla relazione:

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

in cui $V_{s,i}$ e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell' i -esimo strato.

ACQUISIZIONE DEI DATI

Le acquisizioni di campagna sono state eseguite mediante l'impiego di un geofono triassiale equalizzato, marca Geospace Technologies (S/N:261379004), da 4.5Hz ed un sismografo GEA24 (S/N:17151) della PASI.

Per l'elaborazione dei dati acquisiti è stato adoperato il software HoliSurface® 2018 della *Eliosoft geophysical software and services* concesso in uso allo scrivente.

Specificatamente, le registrazioni sismiche sono state effettuate lungo un array lineare di lunghezza pari a 50m, ubicato come nella figura seguente:

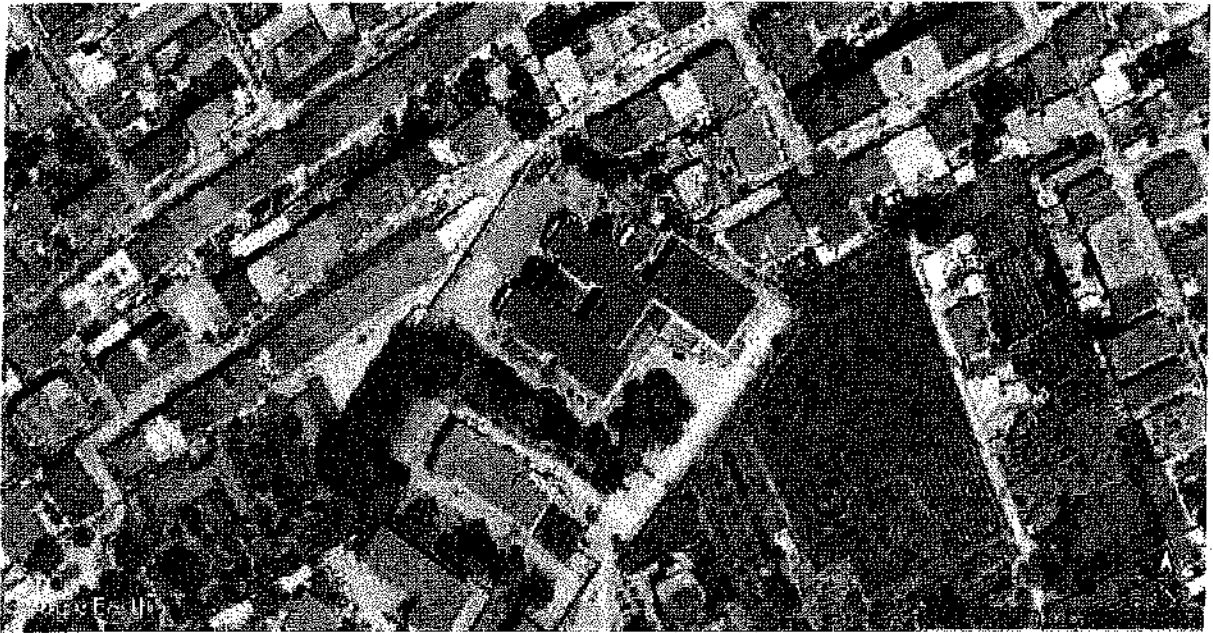


Fig.1: Stralzo panoramico dell'area investigata con ubicazione array sismico;



Foto array sismico

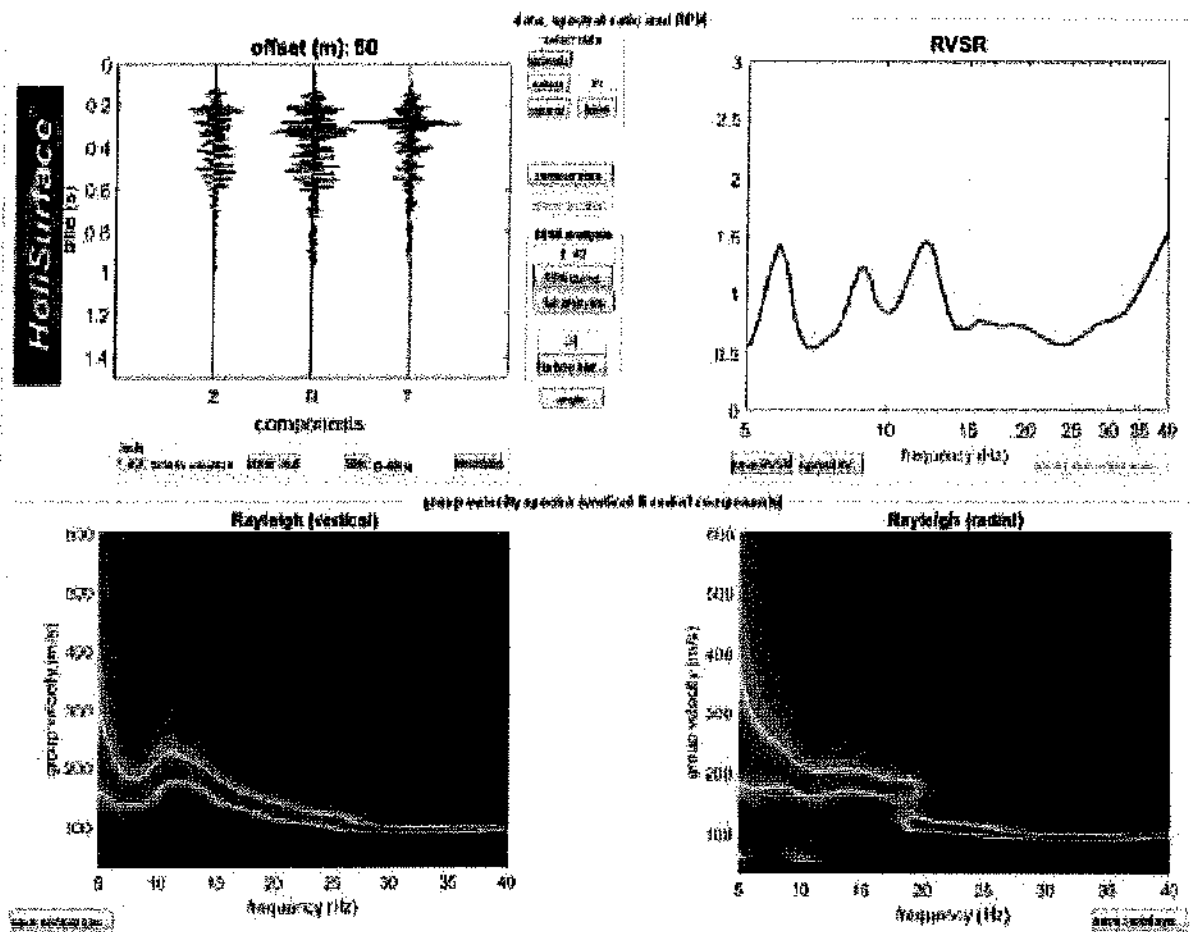
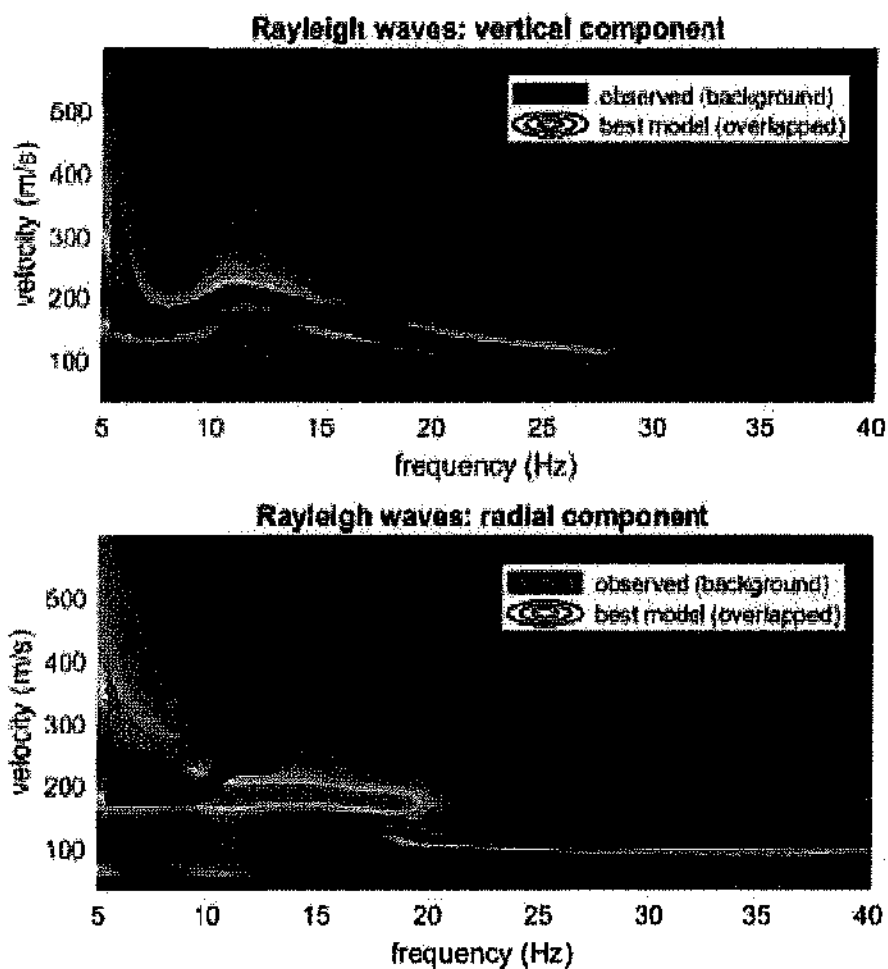


Fig.2: dati MFA relativi alle onde di superficie del punto di indagine. In alto a sinistra le tre tracce acquisite in modalità attiva e sfruttate per definire gli spettri di velocità di gruppo per la componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh e per il rapporto RVSR (Radial to Vertical Signal Ratio)



HoliSurface®

Fig.3: overlay del risultato della modellazione congiunta sugli spettri di velocità di gruppo della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh.

Rayleigh-wave Particle Motion (positive correlation = retrograde)

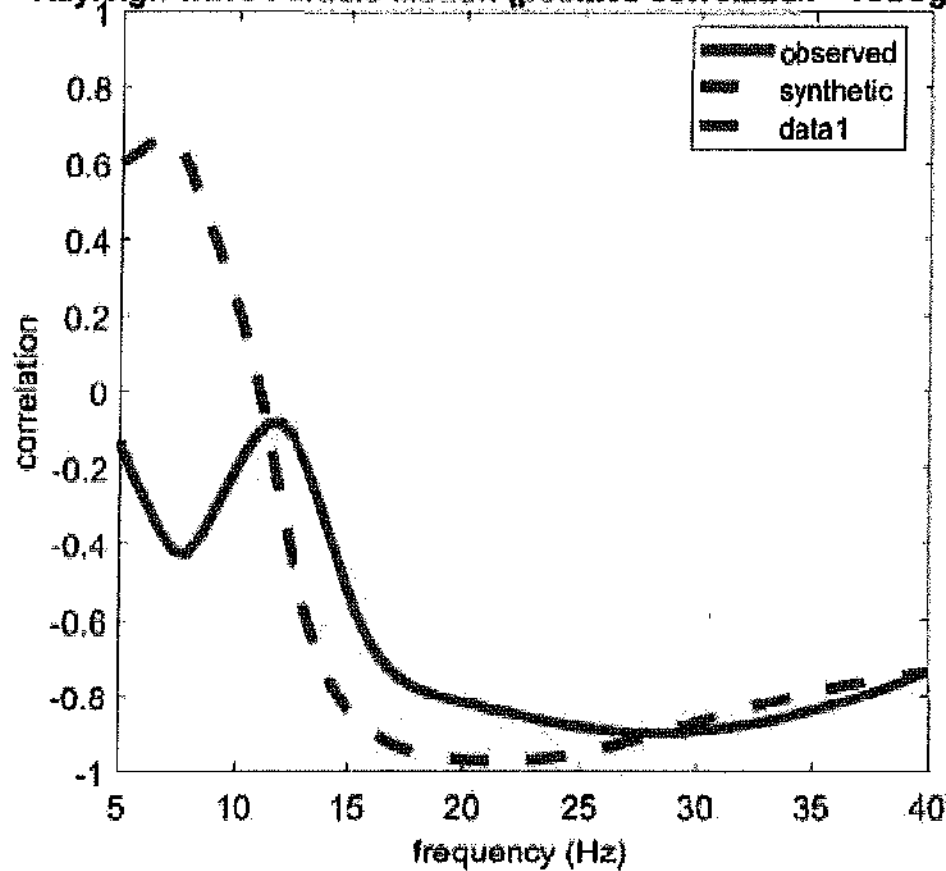


Fig.4: overlay del risultato della modellazione congiunta sul grafico RPM (Rayleigh-wave Particle Motion).

Vs model (Vs30 & VsE @ surface: 348 348 m/s)

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	62	0.4500	0.4500
2	102	0.7500	1.2000
3	215	2.8000	4
4	388	2.5000	6.5000
5	339	1.5000	8
6	321	2.7000	10.7000
7	403	8	18.7000
8	584	18	36.7000

Tab. 1. Modello del sottosuolo individuato

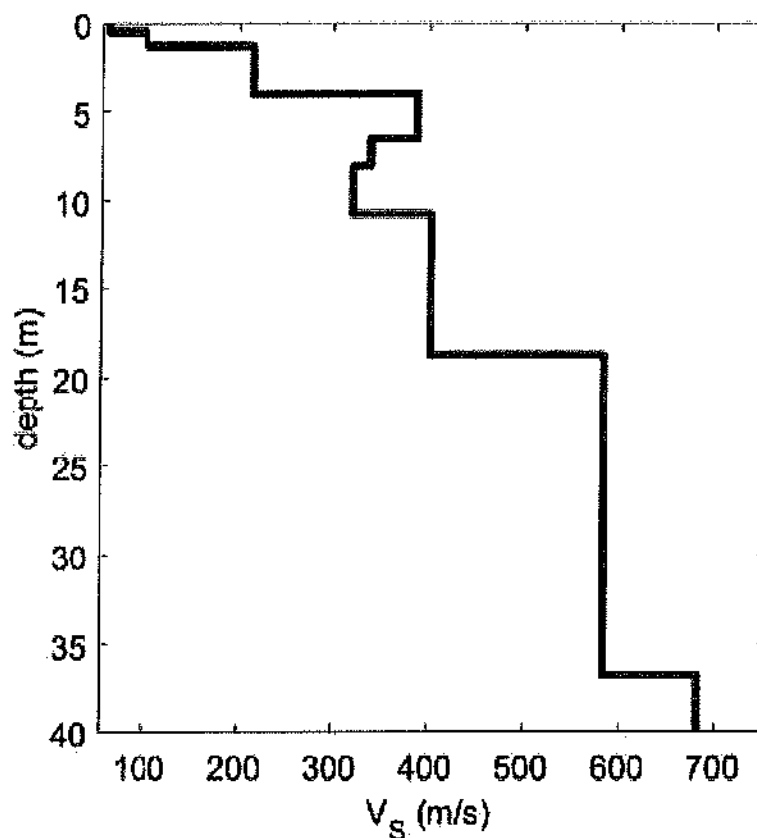


Figura 5: profilo di V_s identificato

ESITI D'INDAGINE

L'analisi congiunta della propagazione delle onde di superficie eseguita tramite la metodologia MFA (basandoci quindi sulle velocità di gruppo) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s e, di conseguenza, del parametro V_{s30} che è risultato essere pari a 348 m/s.

Non essendo stato intercettato bedrock sismico nei primi metri di profondità c'è coincidenza della $V_{D,00}$ con la V_{s30} .

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (Decreto 17 gennaio 2018, c.d. NTC2018), compatibilmente con la stratigrafia locale, il sito in esame può essere quindi inserito nella Categoria di sottosuolo C (vedi Tab. 3.2.1 riportata in figura seguente, così come riportato nel D.M. 14/01/2018).

T. tab. 9.1.11 - Categorie di sottotecnologie per la definizione dell'apparenza morfologica.

Categoria	Caratteristiche della superficie morfologica
A	Aspetti morfologici superficiali e forme di tipo "rayleigh" caratterizzate da valori di velocità della onde di taglio superiori a 500 m/s, eventualmente compatibili con superfici lisciate di catolite o stufi meccanici (la velocità non dipende dal tipo di materiale).
B	Forme di tipo "rayleigh" e forme di tipo "rayleigh" caratterizzate da valori di velocità della onde di taglio superiori a 500 m/s, eventualmente compatibili con superfici lisciate di catolite o stufi meccanici (la velocità non dipende dal tipo di materiale).
C	Forme di tipo "rayleigh" e forme di tipo "rayleigh" caratterizzate da valori di velocità della onde di taglio superiori a 500 m/s, eventualmente compatibili con superfici lisciate di catolite o stufi meccanici (la velocità non dipende dal tipo di materiale).
D	Forme di tipo "rayleigh" e forme di tipo "rayleigh" caratterizzate da valori di velocità della onde di taglio superiori a 500 m/s, eventualmente compatibili con superfici lisciate di catolite o stufi meccanici (la velocità non dipende dal tipo di materiale).
E	Forme di tipo "rayleigh" e forme di tipo "rayleigh" caratterizzate da valori di velocità della onde di taglio superiori a 500 m/s, eventualmente compatibili con superfici lisciate di catolite o stufi meccanici (la velocità non dipende dal tipo di materiale).

Riferimenti bibliografici:

- Dal Moro G., 2012, Onde di Superficie in Geofisica Applicata - acquisizione ed analisi secondo le tecniche MASW e HVSR, Dario Flaccovio Editore, 196pp.
- Dal Moro G. e Marques Moura R.M., 2013. Multi-component Acquisition and Joint Analysis of Surface Waves: some Issues and Two Case Studies. Inviato alla rivista J. Appl. Geophysics.
- Dal Moro G., 2014. Surface Wave Analysis for Near Surface Applications. ISBN 978-0-12- 800770-9, Elsevier, 252pp.
- Dal Moro G., 2015. Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites. ICARUS, 254, 338-349
- Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015. A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data. First Break, 33, 45-53
- Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015. Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves. Proceedings Near-Surface EAGE 2015 (Turin - Italy)
- Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015c. Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Portlagoon Area. J. Appl. Geophysics, 114, 158-167
- Acquisizione e analisi di dati sismici e vibrazionali per studi di caratterizzazione sismica e geotecnica; Dal Moro G., 2019, Dario Flaccovio Editore, ISBN 9788857908786, 280pp
- Dzilewsky A., Bloch S., Landisman N., 1969, "A technique for the analysis of transient seismic signals", Bull. Seism. Soc. Am., vol. 59, pp. 427-444 Hermann R.B. 2003, Computer Programs in Seismology, Open files (<http://www.eas.slu.edu/People/RBHerrman/CPS330.html>)
- Luo Y., Xie J., Xu Y. & Zeng C., 2011. Analysis of group-velocity dispersion of high-frequency Rayleigh waves for near-surface applications. Journal of Applied Geophysics, 74, 157-165.
- Pedersen H. A., Mars J. I., Amblard P., 2003, Improving surface-wave group velocity measurements by energy reassignment. Geophysics, vol. 68, no. 2, pp. 677-684