

COMUNE DI SANTA MARIA A VICO

Provincia di Caserta

OGGETTO: **ADEGUAMENTO SISMICO PLESSO LEOPARDI**

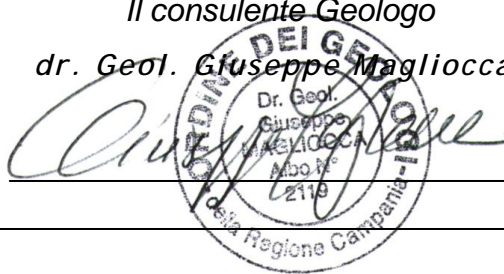
COMMITTENTI: **Amministrazione Comunale di Santa Maria a Vico (CE)**

RELAZIONE GEOLOGICA



Data: Ottobre 2018

Il consulente Geologo
dr. Geol. Giuseppe Magliocca



Servizi per la Geologia
l'Ingegneria e l'Ambiente



GIUSEPPE MAGLIOCCA
Geologo

Via Scampia, 2- 81027
San Felice a Cancelli (CE)
☎ 0823.80.10.43/340.2671556

✉ gmagliocca@alice.it

p.e.c.: giuseppe.magliocca@epap.sicurezzapostale.it

PREMESSA

La presente Relazione Geologica descrive le attività di studio inerenti i lavori di ADEGUAMENTO SISMICO DEL PLESSO SCOLASTICO "G. LEOPARDI" sito in p.zza Roma nel territorio del comune di Santa Maria a Vico (CE). Tale studio è stato redatto dal sottoscritto dr. Geol. Giuseppe Magliocca, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania con n° di riferimento 2119 sez. A, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Santa Maria Vico con Determina Dirigenziale registro generale n. 734 del 27/09/2018 del Responsabile del settore LL. PP. - AMBIENTE - MANUTENZIONE - ASSETTO DEL TERRITORIO - PROTEZIONE CIVILE - CIG Z9E251005D.

Per la stesura di tale studio ci si è avvalsi delle seguenti risultanze:

- rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di superficie integrato dalla consultazione della cartografia geologica ufficiale in scala 1:50.000 Foglio n°431 SO "Caserta Est" ed in scala 1:100.000 Foglio 172 "Caserta";
- ricerca dati bibliografici e consultazione di studi precedentemente condotti a vario titolo nell'area in esame sia dall'Amministrazione comunale che da privati;
- esecuzione di una campagna di indagini geognostica-geotecnica e geofisica consistente nell'esecuzione di:
 - **N. 1 sondaggio geognostico** a carotaggio continuo spinto alla profondità massima dal p.c. di 32 ml;
 - **N. 2 analisi di laboratorio geotecnico** su campioni indisturbati di terre prelevati nel corso del sondaggio (S1C1 e S1C2);
 - **N. 3 prove di compressione ELL** su altrettanti provini di tufo litoide;
 - **N. 3 prove geotecniche in situ del tipo D.P.S.H.** condotte sino al rifiuto strumentale;
 - **N. 1 prova sismica in foro di sondaggio del tipo Down Hole;**
 - **Rilievo ed ispezione della cavità** ipogea di origine antropica presente nell'area del cortile interno del plesso.

La tavola “Ubicazione indagini eseguite” in appendice in scala 1:500 riporta l’ubicazione del piano d’indagine sopra descritto. Le prove geotecniche di laboratorio, in ottemperanza del punto 6.2.2 del D.M. 14/01/2008, sono state realizzate dalla ditta SOIL TEST s.r.l. con sede in Caserta (CE) munita di regolare autorizzazione per prove su terre n. 5608 del 04/07/2013.

Lo studio è stato esteso ad una zona significativa in funzione del tipo di opera e del contesto geologico e morfologico del sito.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente Relazione è redatta in conformità ai dettami delle seguenti norme:

- Legge n. 64/1974 “Provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizioni per le zone sismiche”
- L.R. n.9/1983 e ss.mm.ii. “Norme per l’esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”
- D.P.R. n. 380/2001 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia”
- L.R. n. 16/2004 “Norme sul governo del territorio”;
- D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Consiglio Sup. LL.PP. “Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale” – All. al voto 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998) “Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture” Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7.1 (1997) “Progettazione geotecnica” Parte I: Regole generali UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) “Progettazione geotecnica” Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio. UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002) “Progettazione geotecnica” Parte II: Progettazione assistita con prove di sito. UNI;

- D.L. n. 180/1998 conv. in L. n. 267/1998 “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania”;
- P.S.A.I. – Autorità di Bacino Campania Centrale adottato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 1 in data 23/02/2015;
- L.R. n. 19 del 29/12/2009 “Misure urgenti per il rilancio economico, per la riqualificazione del patrimonio esistente, per la prevenzione del rischio sismico e per la semplificazione amministrativa”

VINCOLI P.A.I.

L'area di studio è ubicata nell'ambito del territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Campania Centrale. Ai sensi del P.A.I., adottato con Del. n. 1 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino in data 27/02/2015, l'area non è classificata a rischio frana e rischio idraulico dal momento che i livelli di pericolosità geomorfologica ed idraulica sono nulli [Fig. 1].

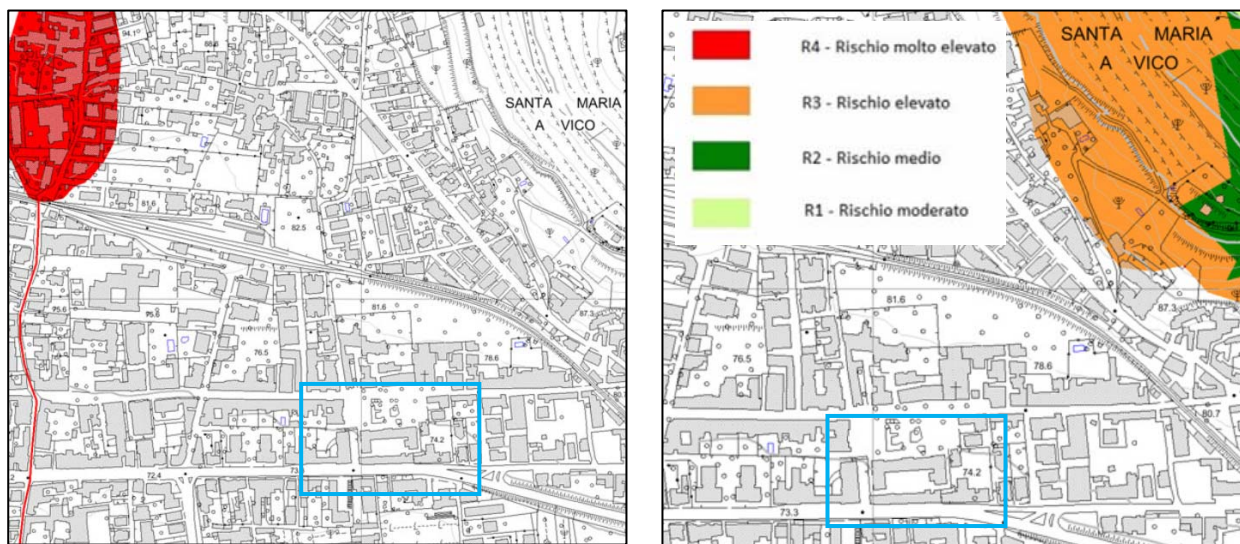


Fig. 1: Stralcio PAI – AdB Campania Centrale – RISCHIO IDRAULICO a sx e RISCHIO FRANA a dx foglio 431141 scala n.d.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO - IDROGEOLOGICO

L'area oggetto del presente studio è ubicata nel territorio comunale di Santa Maria a Vico, che si estende nell'ambito della Valle denominata di Suessola, appendice orientata in direzione E-W del più ampio settore centro-orientale della Piana Campana; in particolare il sito in esame è ubicato a ridosso della zona distale della fascia pedemontana che raccorda i rilievi dei M. di Durazzano, a nord, con la piana s.s. La zona a monte raggiunge la sua massima elevazione in M. Panicara (m. 629 s.l.m.) [fig. 2 "Stralcio Carta Geolitologica PUC"].

L'ossatura dei rilievi è costituita da rocce carbonatiche di età mesozoica, riferibili all'Unità Tettonica dei Monti Picentini - M. Taburno. Nel corso del tardo Pliocene e del Quaternario una fase tettonica deformativa di tipo distensivo ha condotto all'attuale sollevamento della catena appenninica imprimendo un forte controllo strutturale alla conformazione morfologica del territorio.

La Piana Campana, in generale e la Valle di Suessola nel particolare, rappresentano un graben strutturale originatosi a partire dalla fase tettonica distensiva di cui sopra e che sono state colmate, nel corso del Quaternario, dall'apporto considerevole sia di prodotti di origine vulcanica, riferibili prevalentemente all'attività esplosiva dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio, sia di depositi alluvionali e di origine marina [Fig. 2 Schema geologico della Piana Campana"].

Nell'area oggetto di studio i termini litologici più antichi sono costituiti dalle rocce calcaree di colore avana chiaro di M. Panicara, ben stratificate con spessori da medi a grossi e intercalazioni di calcari a grana fine.

Il sito in esame è ubicato nell'ambito della fascia pedemontana ad una quota topografica di ca 75-76 metri s.l.m. dove affiorano i termini distali colluviali alla base del versante meridionale di M. Panicara, costituiti da materiale piroclastico rimaneggiato, a granulometria sabbioso-limosa con pomici sparse parzialmente alterate, di colore bruno e marrone. Lo spessore di tali materiali nel sito in esame è di ca 3.00 metri. Successivamente si sviluppa in modo esteso sia in direzione areale che in verticale la formazione ignimbratica pleistocenica del Tufo Grigio campano in facies litificata con spessori maggiori di 20 metri passante poi a cineriti grigio scure addensate ma non litificate per ulteriori spessori > 10 mt.

La falda acquifera principale è profonda e soggiace ad una profondità di ca 47-48 metri dal p.c. con verso di deflusso preferenziale verso il quadrante SW ed è alimentata principalmente dai travasi idrici dai contigui massicci carbonatici dotati di elevata permeabilità. Nell'area in esame si rileva anche una falda superficiale ospitata nei termini sciolti a tetto del tufo giallastro compatto e litoide dotato di bassa permeabilità relativa con un pelo libero a ca 2,80-3.00 mt dal p.c. e con potenziali oscillazioni positive di 0.5-1.0 metro in concomitanza di periodi fortemente piovosi.

Il sito, dal punto di vista geomorfologico, insiste lungo una zona a debole pendenza ad una quota di circa 75-76 metri s.l.m.

Nell'area non si rilevano processi gravitativi in atto né potenziali tali da generare livelli di pericolosità geomorfologica, né il deflusso delle acque in superficie è tale da creare disequilibri idraulici; nel cortile interno del plesso scolastico è presente, tuttavia, una cavità antropica di cui si relazionerà nel prossimo capitolo. La presenza di tale cavità espone il sito, soprattutto per quanto concerne il cortile interno, ad un'instabilità potenziale per il possibile collasso della volta della cavità.

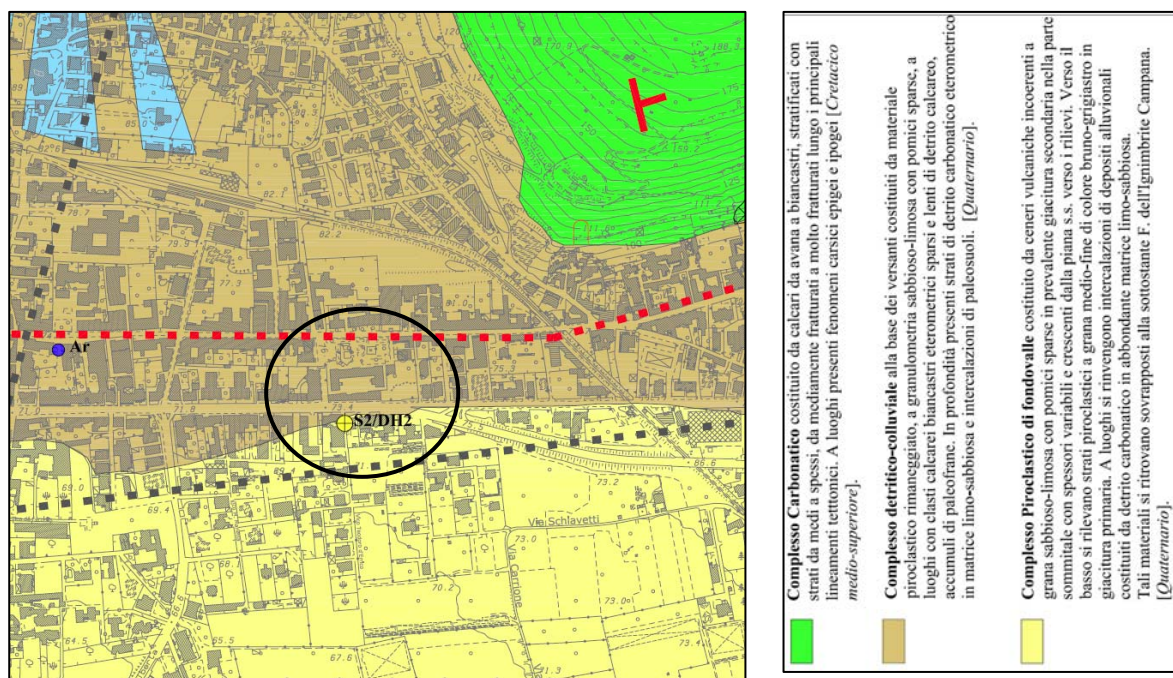


Fig. 2 Stralcio Carta Geolitologica PUC Santa Maria a Vico

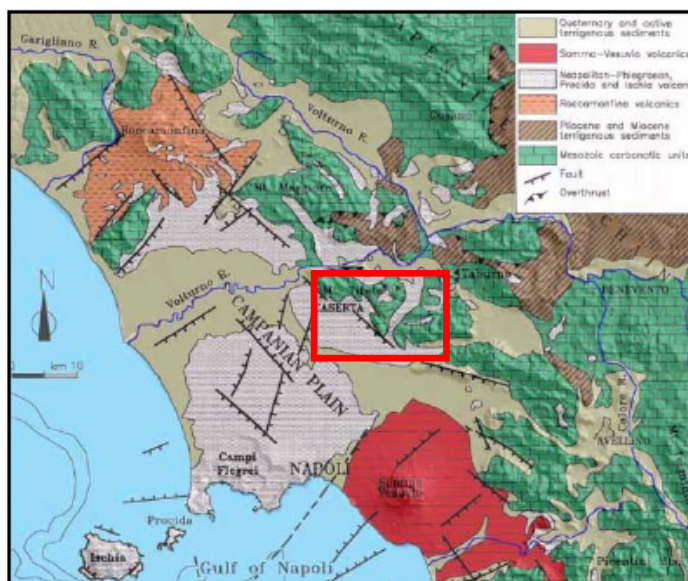


Fig. 3 Schema Geologico della Piana Campana

CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Caratteristiche stratigrafiche del sito

La successione litostratigrafica dei terreni costituenti il sottosuolo del sito in esame, è stata ricostruita con sufficiente grado di attendibilità a partire dalla perforazione a c.c. eseguita per il presente studio che ha raggiunto la prof. di 32 mt dal p.c. (cfr. elaborato “Campagna di indagini geognostiche” Soil Test), che ha confermato i dati litostratigrafici già disponibili e desunti da precedenti campagne indagini a vario titolo eseguite nell’area.

La serie risulta così schematizzabile dall’alto verso il basso:



- Da **m 0.00 a circa 3.30 LIMO SABBIOSO** debolmente argilloso di colore marrone parzialmente umificato con presenza di rare pomici e rari clasti carbonatici di dimensioni millimetriche sormontato da ca 1 mt di riporto.
- da **m 3.30 a circa m 24.00 TUFO GIALLASTRO** litificato, compatto, a matrice cineritica sostenuto con pomici eterometriche e scorie sparse sormontato da ca 70 cm di materiale disgregato (cappellaccio alterato) [Formazione dell’Ignimbrite Campana].
- Da **24.00 a 32.00 m CINERITE A GRANA SABBIO-LIMOSA**, a tratti limo-sabbiosa, da addensata a molto addensata di colore grigio scuro [formazione dell’Ignimbrite Campana in facies non litificata].

La sequenza presenta una giacitura parzialmente rimaneggiata nella coltre sommitale con disposizione degli strati grossomodo paralleli alla superficie topografica e pertanto sub orizzontali.

Caratteristiche idrogeologiche del sito

I termini incoerenti a prevalente grana sabbio-limosa di spessore molto limitato (< 4 mt), compreso il tufo disgregato sommitale, si presentano molto porosi e dotati di permeabilità media, e poggiano sul banco litificato della formazione ignimbratica del Tufo Grigio Campano in facies giallastra fino a ca 24 mt dal p.c.; tale situazione litostratigrafica genera un limite di permeabilità definito rappresentato dal tetto del tufo che, pur essendo fittamente poroso, denota una permeabilità più bassa rispetto alle coltri superficiali, in quanto la roccia si presenta compatta e litificata per fenomeni di zeolitizzazione secondaria per cui i tempi di percolazione all'interno dell'ammasso sono particolarmente lenti (in effetti non si rilevano fratture e zone dove il tufo si presenta poco litificato che possano aumentare la percolazione verso il basso). Tale limite di permeabilità è responsabile della genesi di una falda superficiale contenuta a partire dal cappellaccio tufaceo da ca 4 mt a ca 2.60-2.80 mt dal p.c. con oscillazioni della superficie piezometrica da valutare ma potenzialmente interessanti uno spessore maggiore della coltre superficiale. Tale falda a carattere freatico, è alimentata prevalentemente dagli apporti zenitali e a luoghi anche da possibili perdite della rete acquedottistica e si estende in tutta l'area di piazza Roma fino alla contigua nazionale Appia dove sono state segnalate infiltrazioni nei piani cantinati di alcuni edifici; pertanto il carattere è prettamente condizionato dalle precipitazioni meteoriche, può essere stagionale in alcune annate o annuale in altre particolarmente piovose (come quella allo stato attuale).

Ben altra produttività connota la falda principale che è profonda e si rinviene a ca 47-48 mt dal p.c.; essa è alimentata dai travasi idrici provenienti dai massicci carbonatici adiacenti (M.ti di Durazzano) e dagli apporti zenitali e presenta un deflusso preferenziale verso sud-sud-ovest verso il settore centrale della Valle di Suessola e da qui verso la Piana Campana s.s.

Ai fini della valutazione della sicurezza, dal momento che le strutture fondali del complesso scolastico sono essenzialmente poggiate sul banco tufaceo, si ritiene che la presenza della falda superficiale stessa non comporti l'insorgenza di cedimenti che possano compromettere la stabilità delle stesse, ma, con potenziali oscillazioni positive in periodi di piena idrologica, la superficie piezometrica può interessare i cantinati della scuola facendo affiorare l'acqua.

Rilievo cavità ipogea

Il cortile interno del plesso scolastico è interessato dall'esistenza nel sottosuolo di una cavità antropica ricavata all'interno del banco tufaceo litoide (Fig. 4).

L'asse principale della cavità è diretto lungo la direttrice E-O con lunghezza massima di ca 44 mt e larghezza variabile compresa tra 8-11 metri; l'altezza mediamente è di ca 15 mt anche se l'originario piano di calpestio è ricoperto da cumuli di materiali di risulta variegati di spessore variabile e dell'ordine dei 2-3 mt; si segnala che lo sviluppo della cavità interessa l'area di sedime del corpo di fabbrica sinistro dell'edificio in corrispondenza dell'angolo sud-est. La cavità originariamente era a cielo aperto; al termine delle operazioni di estrazione, da cui verosimilmente sono stati estratti anche i blocchi utilizzati per la costruzione della scuola, la stessa è stata sigillata con una volta, poggiante sul banco tufaceo, in mattoncini di tufo (spaccatelle) ricoperta da una coltre di materiali di riporto di ca 1-1,5 mt. In un secondo momento, probabilmente, la cavità ha subito un ampliamento sul lato ovest con un accenno di diramazione verso sud. Alla cavità si accedeva per mezzo di n. 3 pozzi verticali a sezione quadrata ubicati in mezzeria, due dei quali attualmente otturati (P2 e P3). I materiali incoerenti poggianti sul banco tufaceo sono mantenuti da pareti in mattoni lungo il lato sia Ovest che Est; su quest'ultimo lato si rilevano pali di legno di rinforzo (cfr. Fig. 5). Numerose sono le tracce di infiltrazioni di acque allo stato da inattive ad attive la cui origine è solo in parte associata alla falda idrica superficiale; in effetti gran parte delle tracce riscontrate sono riconducibili a perdite da sottoservizi e sversamenti di acque bianche/nere alcune delle quali non più attive. Gran parte delle acque ivi defluite lungo le pareti o cadute dalle tubazioni esistenti è andata accumulandosi in un ristagno sul lato ovest (cfr. elaborato "Campagna di indagini geognostiche" Soil Test).

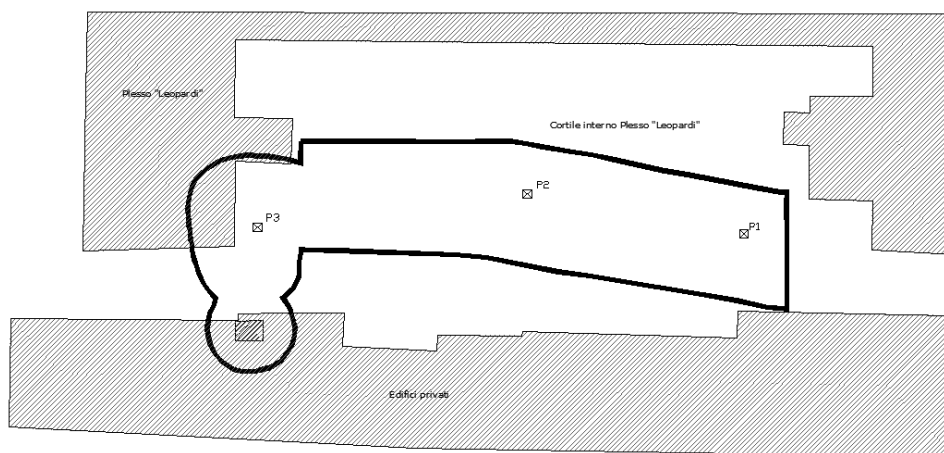


Fig. 4: Ubicazione planimetrica della cavità nell'ambito del cortile e del plesso scolastico

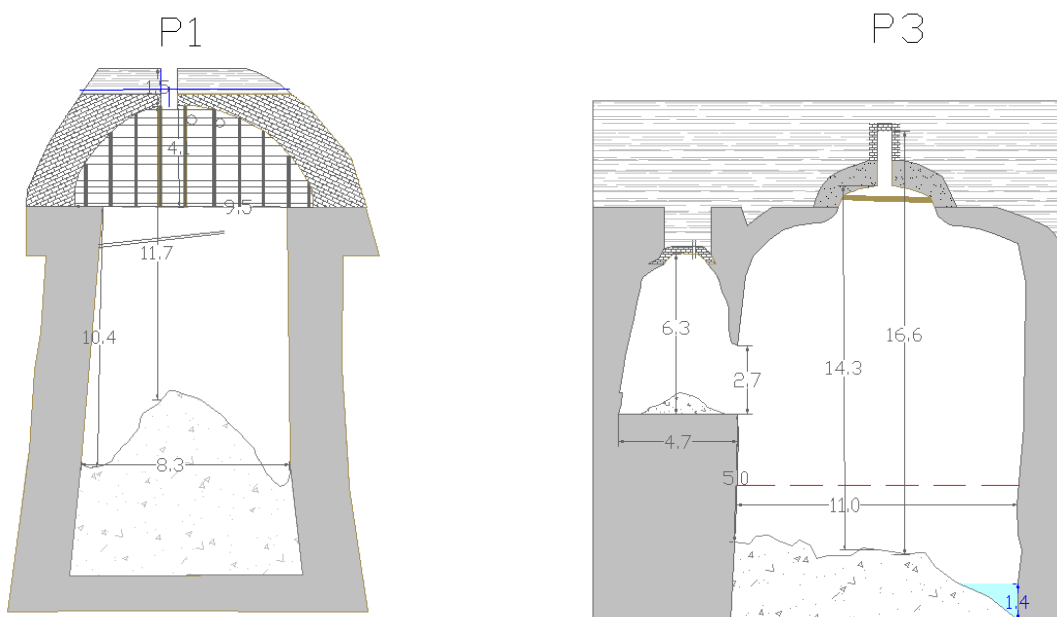


Fig. 5: sezioni C-C' e D-D' attraverso i pozzi P1 e P3 rispettivamente

La cavità presenta un'estensione areale di ca **400 m²** ed una volumetria di ca **5500 m³**.

Il tufo si presenta di buona qualità perché compatto e scarsamente fratturato con un elevato grado di litificazione; la volta non presenta fratture e non manifesta segni di distacchi antichi e recenti; non si rilevano deformazioni quali rigonfiamenti o segni di collasso incipienti.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni si è fatto riferimento ai dati rilevati in contesti geotecnici simili adiacenti al sito in esame e dall'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche in situ del tipo DPSH, al prelievo di n. 2 campioni indisturbati e a n. 3 campioni di tufo litoide.

Le prove geotecniche in situ e di laboratorio, in ottemperanza del punto 6.2.2 del D.M. 17/01/2018, sono state realizzate dalla ditta Soil Test s.a.s. regolarmente munita da certificazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Aut. N. 5608 del 04/07/2013 - Circolare 7618/STC Prove sulle terre e Prove esterne Art. 59 DPR 380/01, utilizzando un penetrometro statico-dinamico pesante del tipo Emilia con le seguenti caratteristiche tecniche:

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	α = 90 °
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	δ = 0,20 m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,66 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	β_t = Q/Qspt = 1,489 (teoricamente : Nspt = β_t N)

Le certificazioni delle indagini geotecniche eseguite sono contenute all'interno dell'elaborato "Campagna di indagini geognostiche" a cura di Soil Test.

Parametri fisico-meccanici medi

Il sottosuolo in esame risulta costituito da una coltre di materiali granulari sciolti di origine piroclastica per uno spessore medio di ca 4 metri dal p.c.; a partire da queste profondità si sviluppa la formazione tufacea ignimbratica in facies litificata e compatta assimilabile ad una roccia tenera. I materiali compresi tra 1.20-3.30 ca sono riconducibili a limi sabbiosi debolmente argillosi allo stato sciolto poggianti sulla porzione sommitale di tufo disgregato ed alterato (cappellaccio).

La falda acquifera principale si attesta mediamente a profondità di ca 47-48 metri dal p.c. ed è tale da non interferire con le strutture in esame.

Le analisi geotecniche di laboratorio hanno messo in evidenza per il campione S1C1 la quasi saturazione del materiale compreso tra ca 2.5 e 3,00 (S = 95.5% con contenuto di acqua w = 78.06 %) a testimonianza dell'esistenza di una falda superficiale ospitata nella coltre piroclastica superficiale e nel "cappellaccio" tufaceo incoerente dotati di una media permeabilità per porosità rispetto al banco tufaceo compatto sottostante dotato di una bassa conducibilità idraulica per cui viene a costituirsi un limite di permeabilità definito tra i due litotipi a contatto. Ciò comporta comunque una diminuzione della resistenza a rottura di questi materiali ed un aumento della deformabilità. Del resto si evidenzia che le strutture fondali dell'edificio scolastico poggiano sul banco tufaceo che presenta buone caratteristiche geotecniche in termini di resistenza e deformabilità; a questo litotipo viene trasferito il carico della struttura in elevazione e delle fondazioni per cui si segnalano potenziali inconvenienti dovuti principalmente alle oscillazioni positive della falda con possibilità di affioramenti di acqua nel piano cantinato.

L'Unità 4 è costituita dalla roccia tenera tufacea compatta con scarse fratture che presenta una buona resistenza sia a compressione (4.24-5.37 MPa) che a taglio ($\varphi = 35^\circ$ e $c' = 50-200$ KPa).

La cinerite grigio scura appartenente alla formazione ignimbrica del Tufo Grigio campana in facies non litificata, che si sviluppa a partire da ca. 24 al p.c., si presenta in condizione di parziale saturazione ($S = 81.26\%$ con $w = 26.18$ $n = 45.53$ $e = 0.84$) con discrete proprietà meccaniche e con resistenza a taglio imputabile alla sola natura attritiva tra i granuli ($\varphi = 34.14^\circ$ con coesione debole o quasi nulla $c = 1.63$ KPa).

In tab.1 si riporta lo schema di modello di sottosuolo ipotizzato con i parametri medi delle principali proprietà geotecniche dei terreni granulari, desunto dall'interpretazione delle indagini eseguite in sito che trova accordo con il modello geologico rilevato.

A tal fine sono stati identificati n. 4 livelli geotecnici dal comportamento omogeneo nell'ambito del volume significativo, escludendo dalla caratterizzazione il terreno di riporto superficiale.

Tabella 1: dati geotecnici medi per il modello di sottosuolo ipotizzato desunti dalle prove DPSH e dalle analisi di laboratorio

Profondità media unità litotecnica (m)	γ_{nat} (KN/m ³)	γ_{sat} (KN/m ³)	Nspt	Densità relativa (%)	Angolo d'attrito (°)	Coesione e c' (KPa)	Modulo di elasticità E (kg/cm ²)	Modulo di taglio G (kg/cm ²)	Resistenza a compressione (Mpa)
Unità 1 Da 0.00 a 1,20 RIPORTO ANTROPICO									
Unità 2 Da 1.20 a 3.30 mt LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO SCIOLTA	14,59	14,89	2-3	27-35	24-27	0.00-5.6	16-58	190-283	
Unità 3 Da 3.30- a 4.00 mt TUFO DISGREGATO SABBIO-LIMOSO (cappellaccio) DA POCO ADDENSATO A MODER. ADDENSATO	14,50	15	7-16	49-65	29-32	0.00	40-132	400-690	
Unità 4 Da 4.00 a 24.00 mt TUFO GIALLASTRO LITOIDE	15	18.50	>50	100	35	50-200	300-450	1500-1750	4.24-5.37
Unità 5 Da 24.00 a 32.00 mt CINERITE GRIGIA SABBIA CON LIMO ADDENSATA	17.48	18.32			34	0.00-1.64			

- E Correlazione di Schultze-Menzenbach per sabbie limose e limi sabbiosi
- Dr Correlazione di Gibbs e Holtz (1957)
- φ Correlazione di Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)

Nelle DPSH n. 2 e 3, eseguite in p.zza Roma in adiacenza al corpo di fabbrica, si rileva il tetto del banco tufaceo a ca 5.40 e 7.00 rispettivamente con coltre di materiali sciolti sommitali che potrebbero essere classificati anche come materiali di riempimento di eventuali scavi eseguiti nel banco tufaceo

SISMICITA' DELL'AREA E RISPOSTA SISMICA DI SITO

Dal punto di vista sismico il comune di Santa Maria a Vico (CE) è stato classificato ai sensi della L. 219/81 ss.mm.ii. con D.M. 07/03/1981 in seconda categoria con un coefficiente di intensità sismico pari a 0.07g; ai sensi della Delibera di G.R. n° 5447/2002 il comune di S. Maria a Vico non ha subito variazioni di categoria, ma con l'OPCM 3274/2003 alle varie zone è stato attribuito un differente livello energetico corrispondente ad un valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico A_g pari a 0,25g (dove g è l'accelerazione di gravità che per il sito in esame può essere assunta pari a 9.81 m/sec²). Nelle zone classificate sismiche le costruzioni dovranno essere progettate e realizzate nel rispetto della normativa tecnica contenuta D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018). Quest'ultima dispone che la stima della pericolosità sismica venga definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limiti presi in considerazione viene definita a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

Ai fini della valutazione dell'amplificazione stratigrafica, le disposizioni contenute nel D.M. 17/01/2018 prescrivono la valutazione dell'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare

riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$(1) \quad V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

h_i spessore dell'i-esimo strato;
 $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
 N numero di strati;
 H profondità del substrato

Amplificazione stratigrafica

Per la definizione delle azioni sismiche di progetto, si è fatto riferimento all'approccio semplificato basato sulla individuazione di categorie di sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2018 par. 3.2.2. poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà geotecniche dei terreni sono riconducibili ai profili declinati nella tab. 3.2.II delle NTC.

A tal fine si è ricavato il valore di V_{Seq} a partire da n.1 indagini di sismica in foro Down Hole eseguita nel foro di sondaggio opportunamente predisposto (cfr. (cfr. elaborato "Campagna di indagini geognostiche" Soil Test). Tale indagine ha evidenziato l'esistenza di diversi sismostrati che ben si accordano con la successione litostratigrafica rilevata (tab.2).

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	Vs (m/s)
Da 0 a - 2	2	140
da - 2 a - 4	2	254,5
da - 4 a - 20	16	432
da - 20 a - 32	12	476

Tab. 2: Sismostrati individuati da prova DH

Dal momento che nel sito in esame i terreni entro i primi 30 metri di profondità risultano deformabili e pertanto non si rileva la presenza del substrato rigido con $V_s > 800$ m/sec, si è ricavato il valore di V_{seq} considerando $H = 30$ mt a partire dalla (1) ed

ottenendo un valore pari a **427 m/sec a partire da - 4 metri dal p.c.** (presunto piano di imposta delle fondazioni); da questa misurazione deriva l'attribuzione di una categoria di suolo di tipo B congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018. Tale attribuzione è conforme a quanto già indicato nella Carta della Microzonazione Sismica del territorio comunale a corredo del PUC di Santa Maria a Vico (cfr. tav. 5 in appendice)

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Amplificazione topografica

La valutazione degli effetti di amplificazione in riferimento alle condizioni morfologiche del sito di costruzione è stata effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica ST secondo Eurocodice 8. Per il sito in esame si assuma ST = 1,0 (Categoria topografica T1 Superficie pianeggiante).

Suscettibilità alla liquefazione

Per liquefazione dei terreni s'intende il fenomeno di perdita di resistenza a taglio in materiali sabbiosi saturi sottoposti a sollecitazioni cicliche in condizioni non drenate.

Dal momento che i terreni di fondazione del manufatto scolastico sono rappresentati dalla roccia tenera tufacea (Unità geotecnica 3) si escludono fenomeni di liquefazione al di sotto del piano fondale.

I terreni sovrastanti (Coefficiente $U_c = 8.33 > 3.5$) la formazione tufacea litoide manifestano un potenziale di liquefazione (cfr. Fig. 6) in quanto saturi e interessati dalla presenza di una falda superficiale compresa tra -2.50 e -4 metri di profondità.

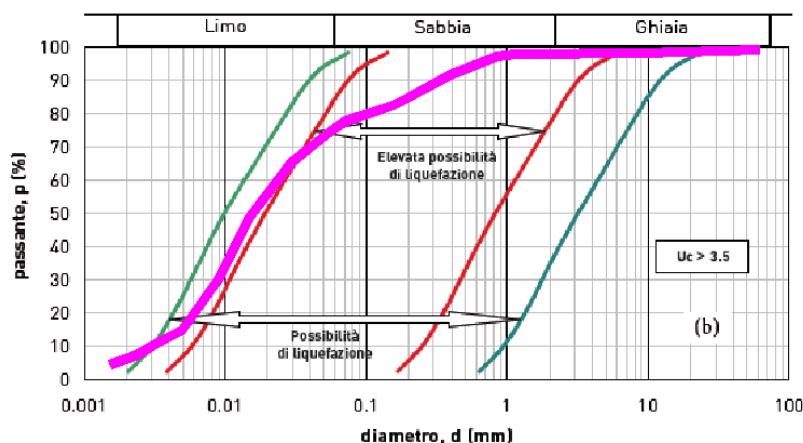


Fig.6: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria estesa con indicazione della curva granulometrica S1C1 ($U_c = 8.3 > 3.5$)

E' stata pertanto eseguita una verifica alla liquefazione con metodologie semplificate Tokimatsu e Yoshimi tenendo conto della resistenza del deposito alla liquefazione valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione $FS = CCR / CSR$ dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma. Le accelerazioni sismiche massime attese sono state determinate considerando lo stato limite SLV, mentre la magnitudo è stata ricavata dai grafici di disaggregazione della mappa di pericolosità sismica dell'INGV.

Input dati:	valori	udm
Profondità di calcolo	2,5-3.0- 3.5-4.0	m
Profondità della falda dal p. c.	2,5	m
Peso di volume del terreno	14.6	kN/m ³
Numero di colpi SPT	3	-
Frazione argillosa	7	%
Accelerazione sismica massima	0.23	g
Magnitudo	5.8	-
Fattore imposto dalla normativa	1.2	-
Tipo di deposito:	Sabbie limose	
Consistenza del deposito:	sciolto	
Output dati Profondità di calcolo 2.50 m:		

Pressione totale del terreno	36.50	kPa
Pressione efficace del terreno	36.50	kPa
Fattore correttivo per la frazione argillosa	5.00	-
Numero di colpi standard corretto	4.7566	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.1291	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.0863	
Coefficiente di sicurezza ($F_s = CRR / CSR$)	1.4949	
DEPOSITO NON LIQUEFACIBILE		
Output dati Profondità di calcolo 3.0 m:		
Pressione totale del terreno	44.67	kPa
Pressione efficace del terreno	44.17	kPa
Fattore correttivo per la frazione argillosa	5.00	-
Numero di colpi standard corretto	4.4332	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.1267	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.0866	
Coefficiente di sicurezza ($F_s = CRR / CSR$)	1.4629	
DEPOSITO NON LIQUEFACIBILE		
Output dati Profondità di calcolo 3.5 m:		
Pressione totale del terreno	52.115	kPa
Pressione efficace del terreno	51.115	kPa
Fattore correttivo per la frazione argillosa	5.00	-
Numero di colpi standard corretto	4.1762	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.1249	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.0867	
Coefficiente di sicurezza ($F_s = CRR / CSR$)	1.4412	
DEPOSITO NON LIQUEFACIBILE		
Output dati Profondità di calcolo 4.0 m:		
Pressione totale del terreno	59.56	kPa
Pressione efficace del terreno	58.06	kPa
Fattore correttivo per la frazione argillosa	5.00	-
Numero di colpi standard corretto	3.9473	
Resistenza alla liquefazione (CRR)	0.1232	
Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	0.0865	
Coefficiente di sicurezza ($F_s = CRR / CSR$)	1.4247	
DEPOSITO NON LIQUEFACIBILE		

CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata finalizzata alla caratterizzazione geologica, geomorfologica, geotecnica e sismica del sito interessato dai lavori di "Adeguamento

sismico del plesso scolastico Leopardi" nel Comune di Santa Maria a Vico (CE). Si è fatto riferimento ai dati bibliografici, ai frequenti studi fatti eseguire sia dall'amministrazione comunale che da privati nelle aree contermini al sito in esame, ai rilievi geologici e geomorfologici di superficie ed alla esecuzione di una dettagliata campagna di indagini geognostiche-geotecniche e sismiche.

Le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche risultano compatibili con i lavori di cui nell'oggetto. Il sito è esente sia da pericolosità idraulica che geomorfologica derivante da instabilità di versanti.

Esiste un potenziale pericolo di collasso della volta della cavità artificiale esistente nell'immediato sottosuolo del cortile interno del plesso. Sebbene i rilievi eseguiti abbiano messo in evidenza l'assenza di pericoli imminenti, grazie alle attuali buone condizioni di stabilità sia della volta che delle pareti di tufo, si ritiene, a scopo precauzionale, nelle more dell'attuazione di interventi di consolidamento della volta o di riempimento della cavità, di interdire l'utilizzo ordinario a parcheggio di auto dell'area del cortile nonché eliminare la destinazione come *area di raccolta* dal piano di emergenza a seguito di evacuazione degli utenti del plesso scolastico.

I rilievi eseguiti hanno comunque appurato che una porzione della cavità insiste su parte dell'area di sedime del corpo di fabbrica laterale sinistro per cui è opportuno monitorare, con cadenza regolare, la comparsa di eventuali quadri fessurativi e segni di sofferenza in generale sia nella cavità che in tale settore soprastante di edificio, nelle more che si intervenga con opere di consolidamento di sottofondazione o di riempimento della cavità.


Inoltre si ritiene utile monitorare, con piezometri di piccola profondità (max 5 mt), da realizzarsi in prossimità della struttura, le oscillazioni della superficie della falda idrica superficiale interessante i terreni al di sopra del banco tufaceo, in quanto eventuali oscillazioni positive, in concomitanza di anni idrologici di piena, possono interessare il piano cantinato del plesso.

Dal punto di vista sismico si rilevano fenomeni di amplificazione stratigrafica del segnale sismico per la presenza di terreni deformabili riconducibili alle categoria di sottosuolo di tipo B secondo le NTC 2018. Le verifiche condotte con metodi semiempirici e semplificati hanno escluso nel sito in esame la liquefacibilità dei terreni saturi esistenti tra 2.50-4.00 metri di profondità.

Luogo e data

San Felice a Cancelli

Firma



Dr. Geol.
Giuseppe
MAGLIOCCA
Albo n°
2119
ORDINE DEI GEOLOGI
della Regione Campania

Comune di San Maria a Vico (CE)
RELAZIONE GEOLOGICA

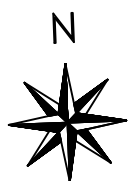
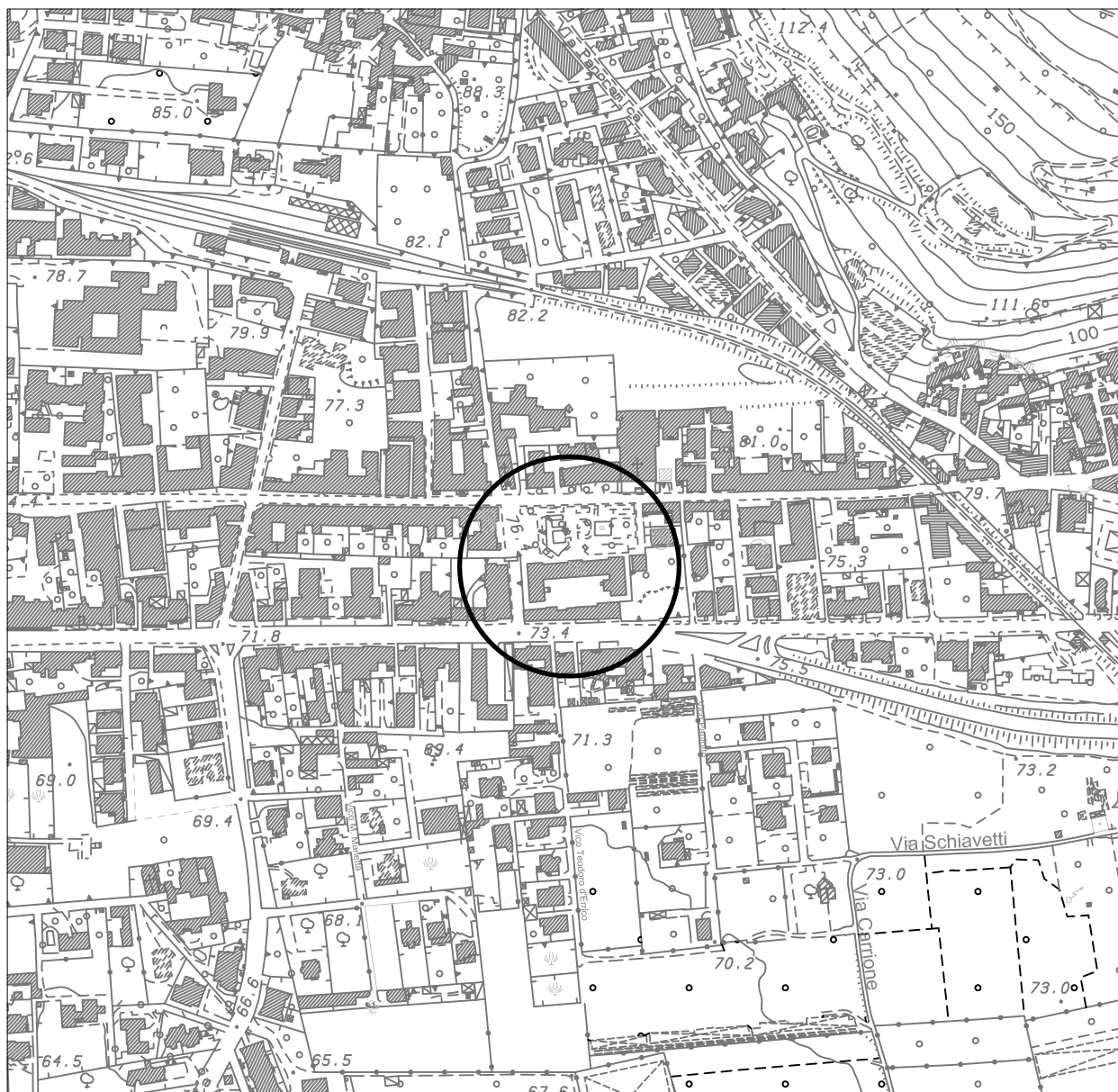
Tav. 1
Corografia area

Scala 1:25.000



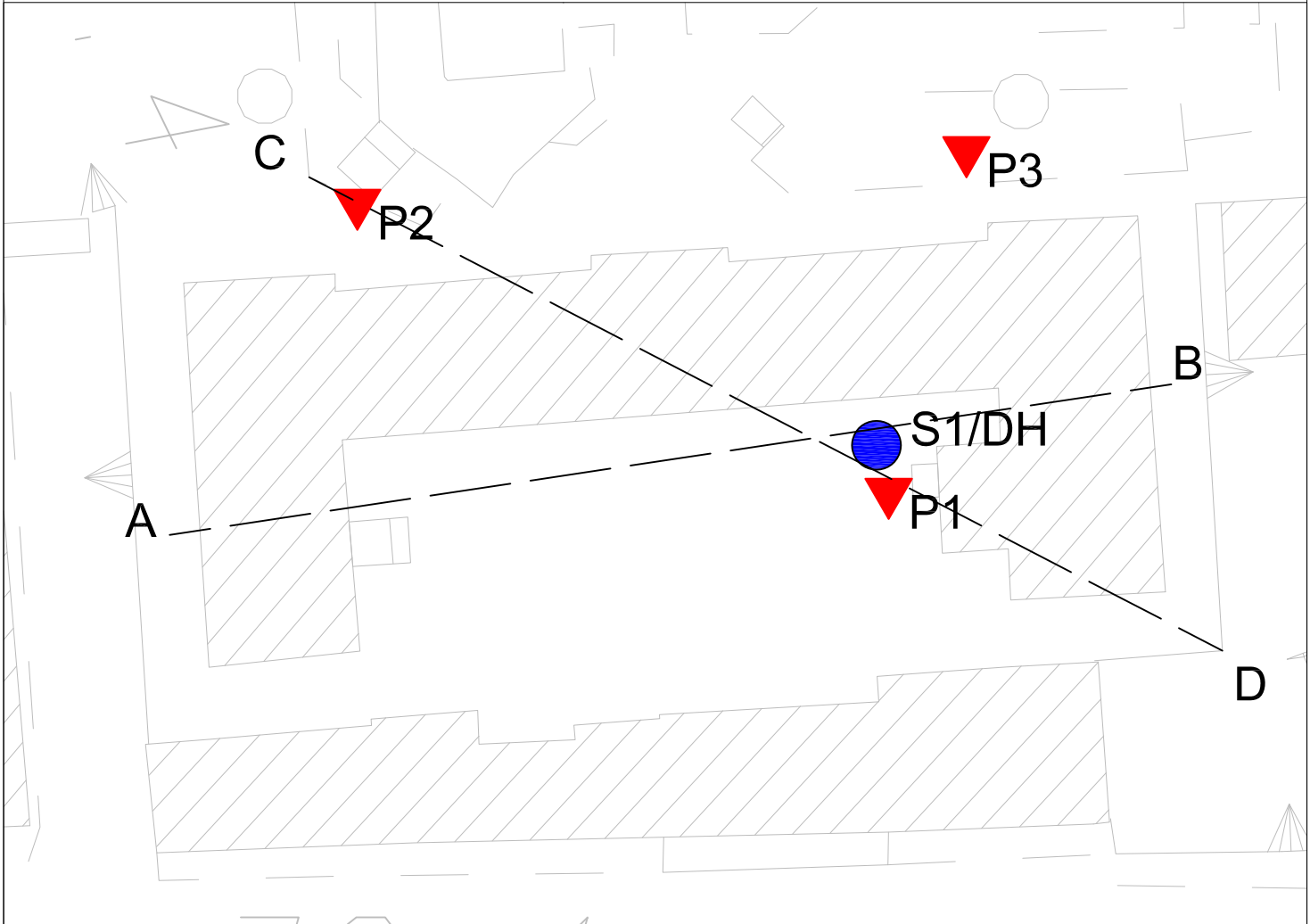
Relazione GEOLOGICA

Tav. 2 Stralcio aerofotogrammetrico Scala 1: 5000





Relazione Geologica

Tav. 3
Ubicazione Indagini
Scala 1: 500



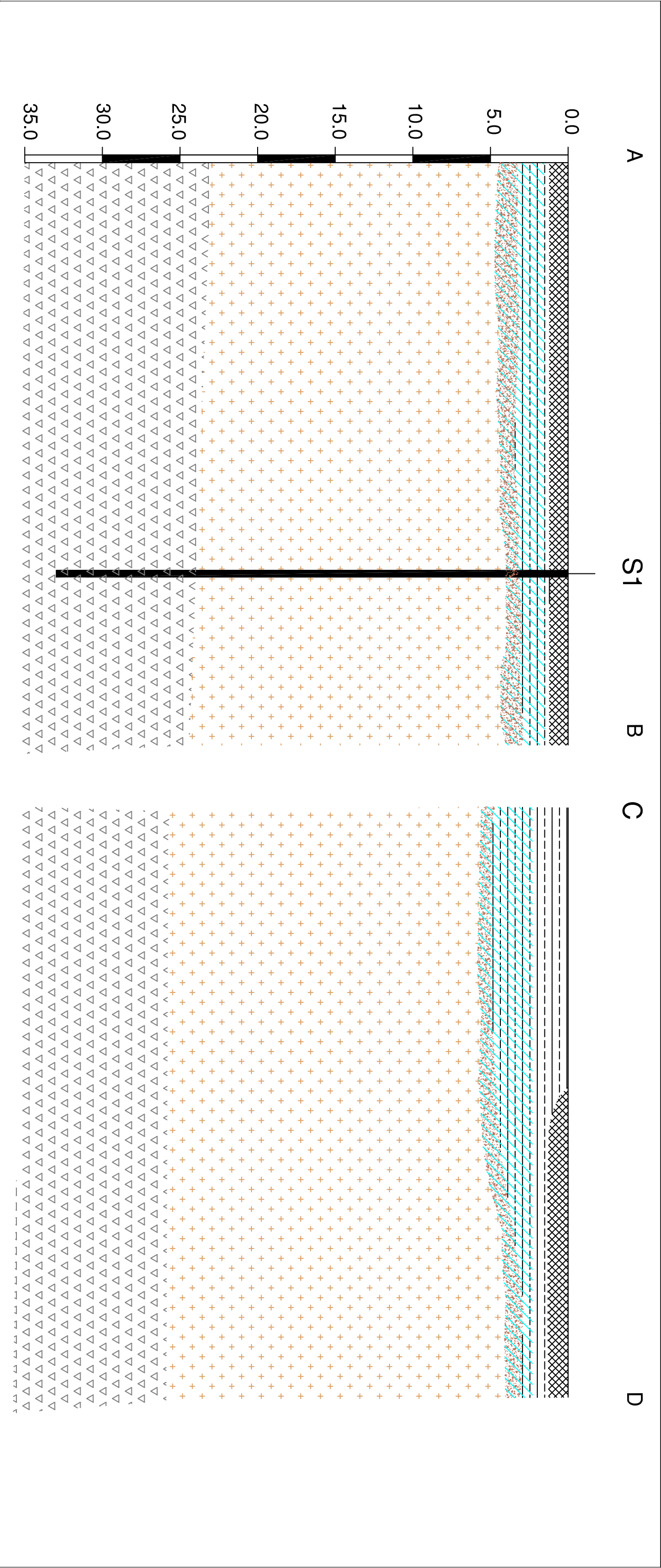
Legenda

-  S1 Sondaggio geognostico a c.c. con prelievo di campioni e con installazione di tubazione per prova Down Hole
-  P1 Prova penetrometrica dinamica pesante DPSH

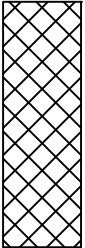
A ——— B Traccia di sezione

Relazione Geologica

Tav. 4 Sezioni geologico-tecniche
Scala orizzontale 1: 1000
scala altezze 1:500



Legenda



Unità 1 RIPOORTO



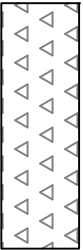
Unità 2 LIMI SABBISI deb. argill.
sciolti



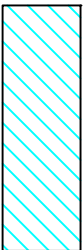
Unità 3 TUFITE alterata e
disgregata (cappellaccio)



Unità 4 TUFO GIALLASTRO LAPIDEO



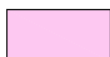
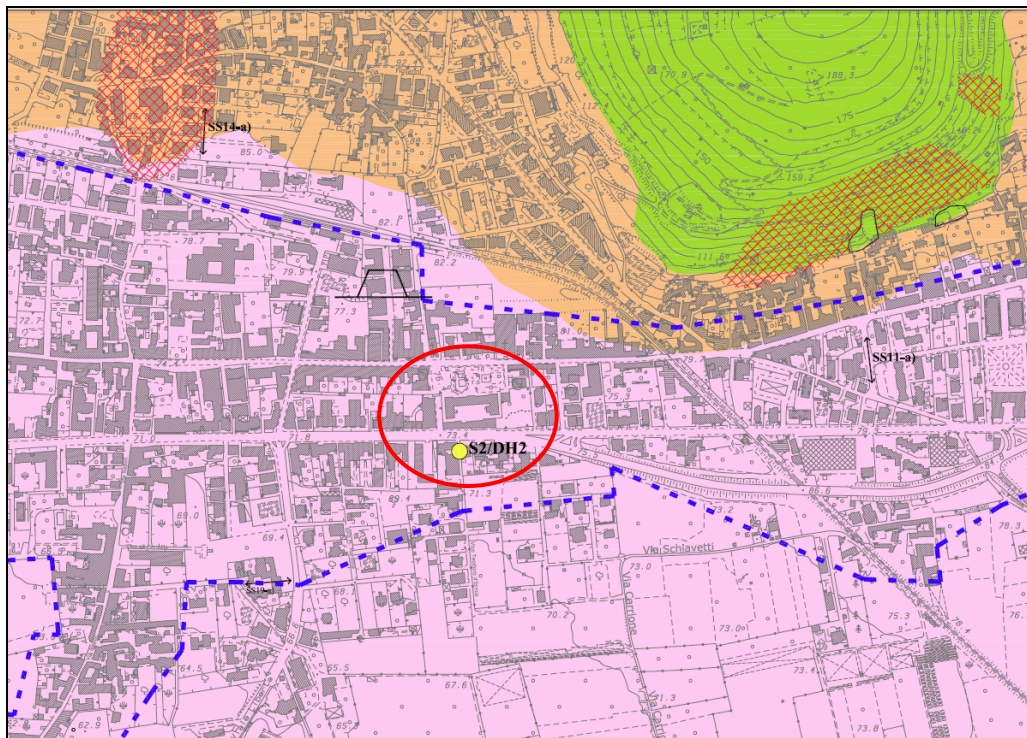
Unità 5 CINERITI sabbio-limose
addensate



Falda libera superficiale

Tav. 5

STRALCIO CARTA MICROZONAZIONE SISMICA PUC SANTA MARIA A VICO



Microzona 3 costituita da una coltre superficiale di alcuni metri di prodotti piroclastici rimaneggiati ed in parte in giacitura primaria e da un substrato locale a modesta profondità (tra 4.50-6.00 metri) di natura tufacea riconducibile alla Formazione dell'Ignimbrite Campana datata 39.000 anni in facies sia giallastra, prevalentemente litoide, che grigiastra solo a luoghi parzialmente litificata, ma addensata. Tale litotipo presenta un'ampia estensione areale e verticale in tale zona raggiungendo spessori sovente > 20 metri.

Il valore Vs30 è in genere compreso tra 360-800 m/sec.

Il profilo stratigrafico pertanto, ai sensi delle NTC 2008, è riconducibile in generale alla categoria di sottosuolo B.

L'incremento sismico f_c per tale microzona è compreso tra 1.09-1.13.

Vulnerabilità alla liquefazione molto bassa.

RISCHIO SISMICO MEDIO-BASSO.

RISCHIO SISMICO MEDIO-ALTO in presenza di cavità sotterranee