

COMUNE DI MURELLO

Regione Piemonte
Provincia di Cuneo

**PROGETTO DI
ADEGUAMENTO SISMICO
CON RIQUALIFICAZIONE
ENERGETICA
DELLA SCUOLA PRIMARIA**

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

COMMITTENTE

Comune di Murello

Via Caduti Murellesi, n. 72
12030 - MURELLO (CN)
C.F.: 86001850048
P.IVA: 00783330046

PROGETTISTA INCARICATO

dott. arch. Roberto GILI

Via Donaudi, 35 - 12037 SALUZZO (CN)

PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI

dott. ing. Dario ALBERTO

Corso Roma, 7 - 12037 SALUZZO (CN)
Cell.: 348-4048751
e-mail: ad.ing@live.it
P.IVA: 03032850046

TITOLO DOCUMENTO

**RELAZIONE GEOTECNICA CON
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E
RELAZIONE SULLE FONDAZIONI**

ELABORATO

A2

CODICE PROGETTO
21AD15-CAO

NOME FILE
Relazioni specialistiche

N. REVISIONE

AUTORE REVISIONE

AUTORE
AD

DATA DI REVISIONE

OGGETTO REVISIONE

SCALA ---

DATA

Marzo 2022

RELAZIONE GEOTECNICA CON INQUADRAMENTO GEOLOGICO

PREMESSA

L'opera in progetto si configura come intervento di adeguamento di un edificio esistente, con realizzazione di rinforzi strutturali con funzione antisismica lungo il perimetro della costruzione e ad essa solidarizzati. Si opera nel concentrico di Murello, in un contesto fortemente antropizzato ed edificato, di cui è nota la caratterizzazione geologico-geotecnica dei terreni di fondazione.

In relazione alla natura e alla tipologia dell'intervento in progetto, di portata limitata e finalizzata esclusivamente all'adeguamento sismico dell'edificio scolastico esistente che ospita le scuole elementari comunali, si fa riferimento alla copiosa documentazione disponibile in letteratura relativa alle caratteristiche geolitologiche dei terreni alluvionali medi-recenti su cui sorge l'abitato di Murello e alle prove in loco effettuate in tempi recenti per interventi di maggior portata ed entità in aree limitrofe, con analoga caratterizzazione del terreno di base. Le valutazioni geologico-tecniche sono state condotte in base a:

- relazione geologica del PRGC del Comune di Murello;
- relazione geologico-tecnica della Variante Generale al PRGC del Comune di Racconigi (2015);
- relazione geologico-tecnica della 4^a Variante Strutturale del PRGC del Comune di Scarnafigi (2011);
- carta di sintesi dei dati granulometrici, infiltrometrici, chimici e piezometrici del territorio comunale e del suo intorno (Comune di Monasterolo di Savigliano);
- relazione geologico-tecnica relativa al PEC in area "In12" del Comune di Moretta;
- relazione e normativa geologica della variante generale al PRGC del Comune di Faule (2010).

La conoscenza dell'assetto strutturale dell'intera zona di pianura cuneese - torinese meridionale, che rappresenta la parte terminale della pianura padana, è oggi sufficientemente consolidata grazie ai dati delle campagne di sondaggi profondi realizzati dall'ENI-AGIP in più riprese durante le ricerche di idrocarburi (1957 - 1972 - 1994) e alle linee sismiche di riflessione delle aree di pianura cuneese e alessandrina (dati pubblicati da Mosca, 2006), sempre di proprietà ENI-AGIP. Il quadro deposizionale dei bacini piemontesi è stato ricostruito in modo più organico ed aggiornato nel corso di un progetto di ricerca all'individuazione di nuove fonti di approvvigionamento idrico, condotto da Regione Piemonte, CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse di Torino e di Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino, i cui risultati sono riportati nel volume «Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale», a cura di autori vari, edito da "La Nuova Lito" (Firenze) nel mese di ottobre 2009.

Le informazioni puntuali a livello locale sono state desunte invece da precedenti interventi di maggior portata realizzati nella fascia di pianura compresa fra il corso dei torrenti Varaita e Maira, nonché nel corso dei sopralluoghi effettuati presso l'edificio scolastico oggetto di intervento, con valutazione delle condizioni delle aree al contorno e delle caratteristiche del terreno nelle costruzioni adiacenti e nella zona del vespaio sotto il solaio del piano terreno della scuola.

In ogni caso in sede di esecuzione dei lavori si provvederà al monitoraggio delle effettive condizioni del terreno di base, adeguamento eventualmente le indicazioni fornite nell'ambito della presente relazione, così come occorrerà verificare la reale quota di posa delle fondazioni esistenti del muro di cantinato perimetrale, a cui dovrà in ogni caso coordinarsi la nuova fondazione in progetto.

IL CONTESTO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

La Scuola Primaria di Murello è ubicata nella zona centrale del capoluogo comunale: sorge a Sud del piazzale antistante la chiesa parrocchiale di San Giovanni Battista e il vicino castello di origine medievale, modificato nel corso dei secoli e oggi destinato ad abitazione del Parroco.

La zona è completamente pianeggiante, con una lievissima pendenza da Sud verso Nord, posta ad una quota indicativa di 259 m s.l.m.

Il capoluogo di Murello si colloca nella fascia di pianura alluvionale cuneese compresa fra il corso del Torrente Varaita, che transita un paio di chilometri a ONO in direzione di Moretta, e il Torrente Maira, distante poco più di 5 km in direzione E, verso la città di Racconigi.

L'edificio scolastico è una costruzione isolata, risalente alla fine degli anni '60 del secolo scorso, collocata nel pieno centro storico del paese; si sviluppa su due piani fuori terra, con piano terreno leggermente rialzato rispetto al piano di campagna circostante.



Murello - Sovrapposizione ortofoto AGEA 2018 con BDTRE (da geoportale.piemonte.it), con indicazione della posizione della Scuola Elementare



Sulla destra la Scuola Elementare, con sullo sfondo la Chiesa Parrocchiale e il Castello

DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

La struttura dell'edificio scolastico è costituita da telai piani in cemento armato, con solai di piano in laterocemento. La copertura è realizzata con orditura in legno e manto in laterizio (tegole tipo portoghesi), con vano sottotetto accessibile solo per manutenzione e non utilizzato.

In relazione alla normativa tecnica dell'epoca, la struttura non è stata progettata per resistere ad azioni sismiche, per cui si intende intervenire con l'inserimento di nuovi elementi strutturali in grado di assorbire le azioni orizzontali dovute ad un eventuale evento tellurico.

Per cercare di limitare le interferenze con la struttura esistente e consentire l'utilizzo della scuola senza interruzioni significative, sono stati individuati interventi di rinforzo strutturale lungo il perimetro esterno della costruzione, una specie di esoscheletro con setti verticali in cemento armato in grado di conferire la dovuta resistenza al sisma, con trasferimento delle azioni inerziali indotte ad una nuova fondazione perimetrale di base.

I setti verticali sono disposti agli angoli dell'edificio e in posizione intermedia lungo le pareti, con rigidità bilanciata secondo i due assi principali longitudinale e trasversale dell'edificio, in modo da far coincidere il più possibile il baricentro delle masse con il centro di rigidità della struttura. Ai quattro angoli della scuola sono previsti dei setti verticali con pianta a "L", con sviluppo proprio lungo gli angoli di facciata, in adiacenza alla muratura esistente; analoghi setti sono previsti in corrispondenza dei due angoli presenti sulla facciata principale Ovest, dove è posizionato l'ingresso principale, in posizione leggermente arretrata rispetto al fronte dell'edificio, mentre sulle due pareti laterali Sud e Nord sono previsti due setti in posizione intermedia con sviluppo longitudinale lungo le pareti stesse. Sul prospetto Est sono stati inseriti due setti con conformazione a "T", con un lato principale lungo la parete e un asse secondario in posizione ortogonale verso l'esterno dell'edificio, in modo da ottenere la dovuta rigidità rispetto ai due assi principali X e Y della costruzione.

Questi setti verticali sono collegati alla struttura esistente mediante connessioni a livello dei solai di piano (piano terreno, piano primo e sottotetto), che possono essere considerati infinitamente rigidi grazie alla tipologia laterocemento adottata in origine.

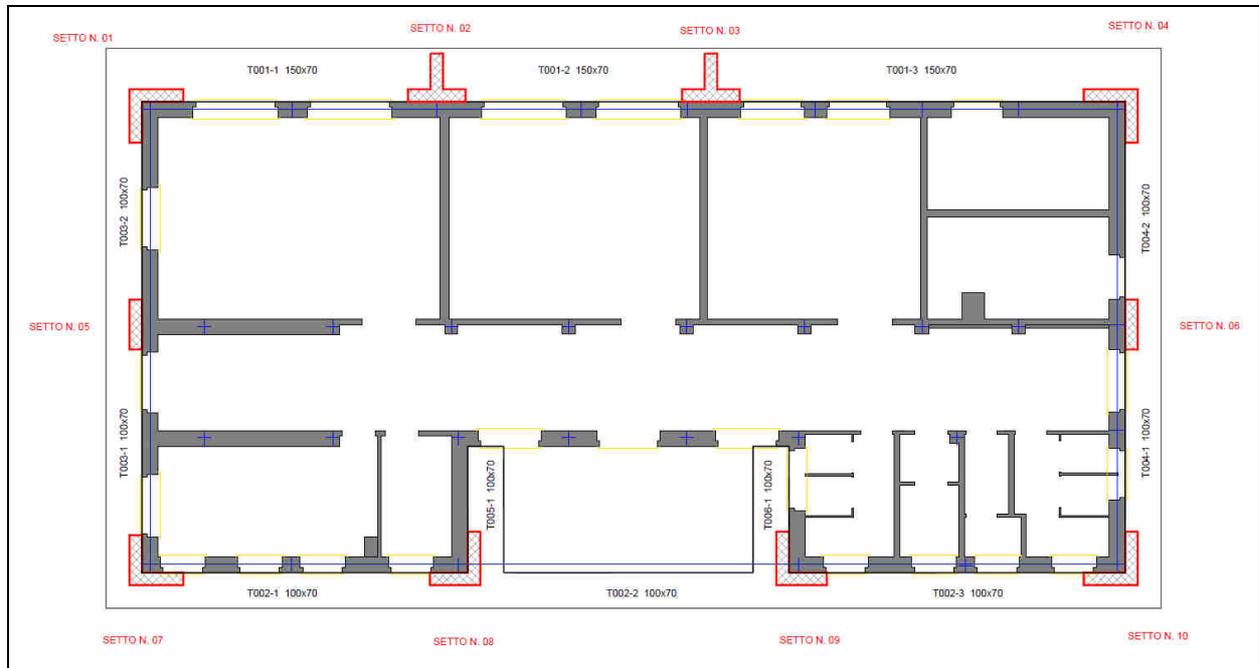
Gli sforzi orizzontali vengono quindi trasferiti alla fondazione di base, una nuova trave che circonda perimetralmente l'edificio scolastico e scarica al terreno le azioni sismiche indotte sulla costruzione. La fondazione, costituita da travi a sezione rettangolare di dimensioni 100x70 cm e 150x70 cm lungo la facciata Est, verrà solidarizzata con il basso muro di cantinato che fa da fondazione all'edificio esistente e crea un basso vano seminterrato con funzione di vespaio aerato per il solaio del piano terreno.

Le dimensioni dei setti verticali sono rispettivamente:

- "L" 150x140x35 cm per gli elementi posti allo spigolo NO e in posizione intermedia lungo la facciata Ovest, ai lati della zona di ingresso;
- "L" 150x150x35 cm per gli elementi posti allo spigolo SO e alle due estremità della facciata Est;
- "T" 160x135x35 cm per i due setti intermedi lungo il prospetto Est, con "gambo" della T che si rastrema da 100 cm alla base ai 38 cm della sommità, dove si connette con il cornicione sporgente del solaio sottotetto;
- "I" 140x35 cm per i due elementi posti in posizione intermedia sulle facciate minori Nord e Sud.

I setti verticali sono collegati a livello del piano primo e nella zona del solaio sottotetto da dei profilati metallici chiusi a sezione quadrata 300x300 mm aventi spessore pari a 6 mm, con funzione di tiranti/puntoni per garantire il comportamento solidale della struttura di rinforzo esterna alla costruzione. La rigidità dei singoli elementi verticali, tuttavia, è tale da non attivare sollecitazioni particolarmente intense negli elementi di connessione orizzontale, che svolgono sostanzialmente un ruolo di sicurezza

aggiuntiva in caso di leggere variazioni nella distribuzione spaziale delle azioni sismiche fra gli estremi opposti dell'edificio scolastico.



Schematizzazione degli interventi di rinforzo esterni, per adeguamento sismico

VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI MORFOLOGICHE E LITOLOGICHE

Geomorfologia

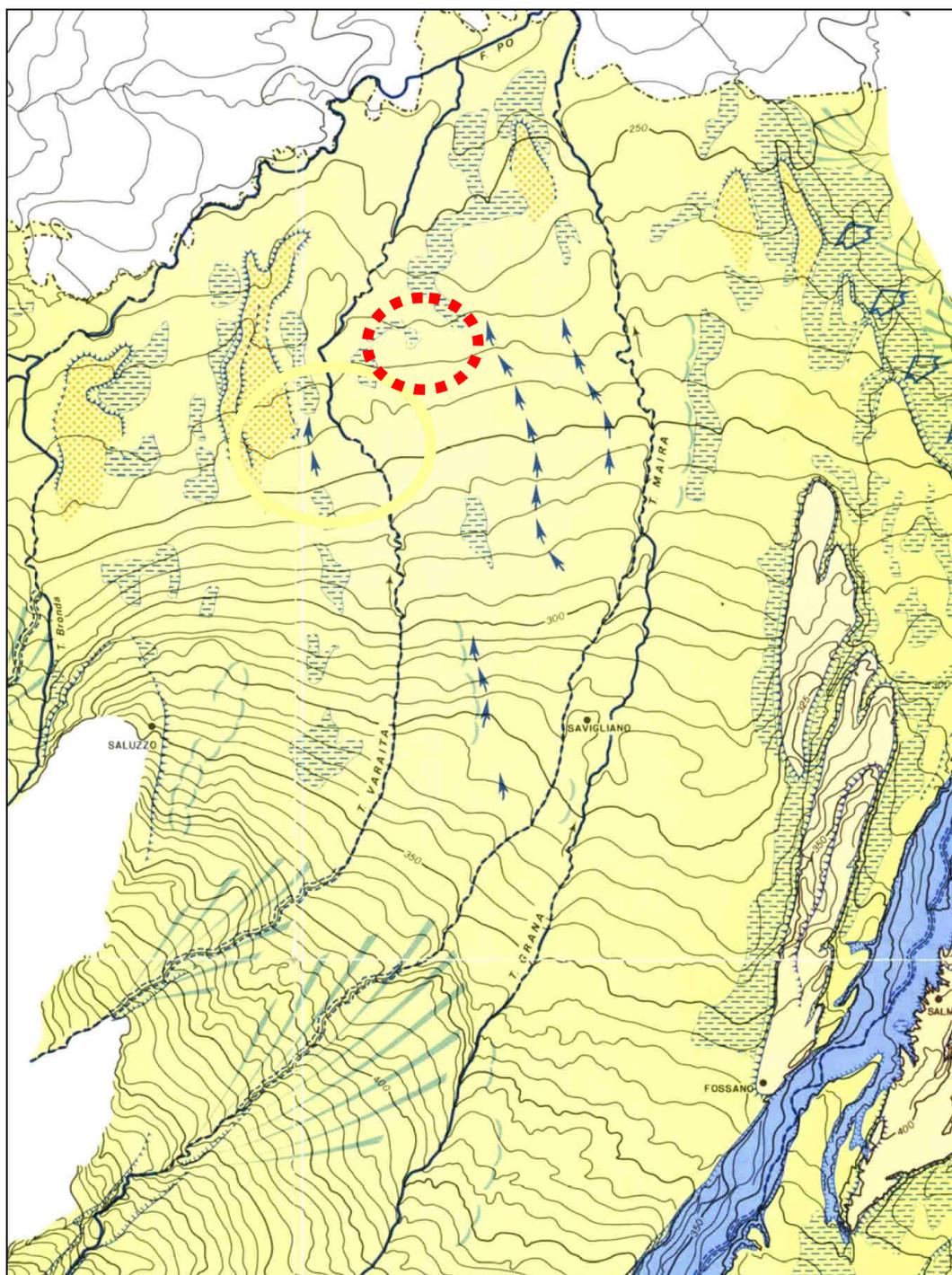
Il territorio del Comune di Murello è ubicato nella porzione centro-settentrionale della pianura cuneese-torinese, costituita dall'estremo settore distale della conoide di pianura del T. Varaita e del T. Maira, ad oltre una ventina ed una trentina di km dai rispettivi sbocchi in pianura e a meno di una decina di km dalle rispettive confluenze nel Po.

La genesi di questa porzione di pianura è da ricondurre agli apporti deposizionali del T. Varaita e del T. Maira, che con la progressiva crescita delle rispettive conoidi di deiezione hanno progressivamente modellato la pianura nella fascia compresa fra Scarnafigi, Savigliano, e Casalgrasso.

Dal punto di vista morfologico il territorio è nel complesso pianeggiante, con un leggero gradiente topografico diretto verso Nord, che presenta un valore di circa $0,50 \div 0,60$ %, con andamento pressoché parallelo al corso del T. Varaita.

Nel settore più prossimo allo sbocco vallivo, a Sud della congiungente tra le città di Saluzzo e Savigliano, i processi di deposizione del materiale trasportato dai torrenti Varaita e Maira erano strettamente correlati all'evoluzione delle conoidi, con fenomeni impulsivi caratterizzati da rilevante trasporto solido grossolano, che trovano riscontro nel più elevato gradiente topografico che caratterizza la fascia di pianura prossima alle vallate alpine. Nelle zone più distali, come per il territorio del Comune di Murello, i processi deposizionali assumevano invece caratteristiche più simili a quelle "fluviali", con un trasporto solido a granulometria meno grossolana, che origina un minor gradiente della superficie topografica. La distinzione fra l'andamento superficiale dei due diversi settori è percepibile a livello cartografico dalla

representazione delle curve di livello, che evidenzia la diversa acclività delle due aree di riferimento. Si riporta un estratto della "Carta della morfologia fluviale della Pianura Cuneese", realizzata dal CNR-IRPI di Torino e riportata negli atti del convegno "Canali in provincia di Cuneo", tenutosi a Bra il 20/21 maggio 1989, intervento a cura di F. Maraga "Aspetti idrografici della pianura cuneese in relazione alla geomorfologia ed alla dinamica fluviale", pubblicazione a cura della Società di Studi Storici, Archeologici ed Artistici della Provincia di Cuneo (Bollettino n. 29 del 1991).



LEGENDA

	Pianura principale (superficie di base).		Conoide di deiezione non terrazzato, geneticamente legato all'attuale sistema idrografico.
	Superficie terrazzata entro la pianura principale.		Margine di lobo alluvionale di deiezione, geneticamente legato all'attuale sistema idrografico.
	Superficie residuale in continuità morfologica con la pianura principale.		Traccia d'alveo abbandonato, legata all'attuale sistema idrografico.
	Superficie relitta e isolata in altopiani sulla pianura principale.		Percorso fluviale fossile (paleo-Tanaro), legato al sistema paleo-idrografico.
	Superficie relitta in conoidi di deiezione estinti.		Orlo e scarpata di terrazzo, legato all'attuale sistema idrografico.
	Area con netta evidenza di idromorfia.		Orlo e scarpata di terrazzo, legato al sistema paleo-idrografico.
	Forme del letto fluviale: a) alveo tipo monocursale con barre giustapposte; b) alveo tipo di transizione con barre frequenti; c) alveo tipo pluricursale, con barre occasionali.		Limite amministrativo di provincia.
			
			

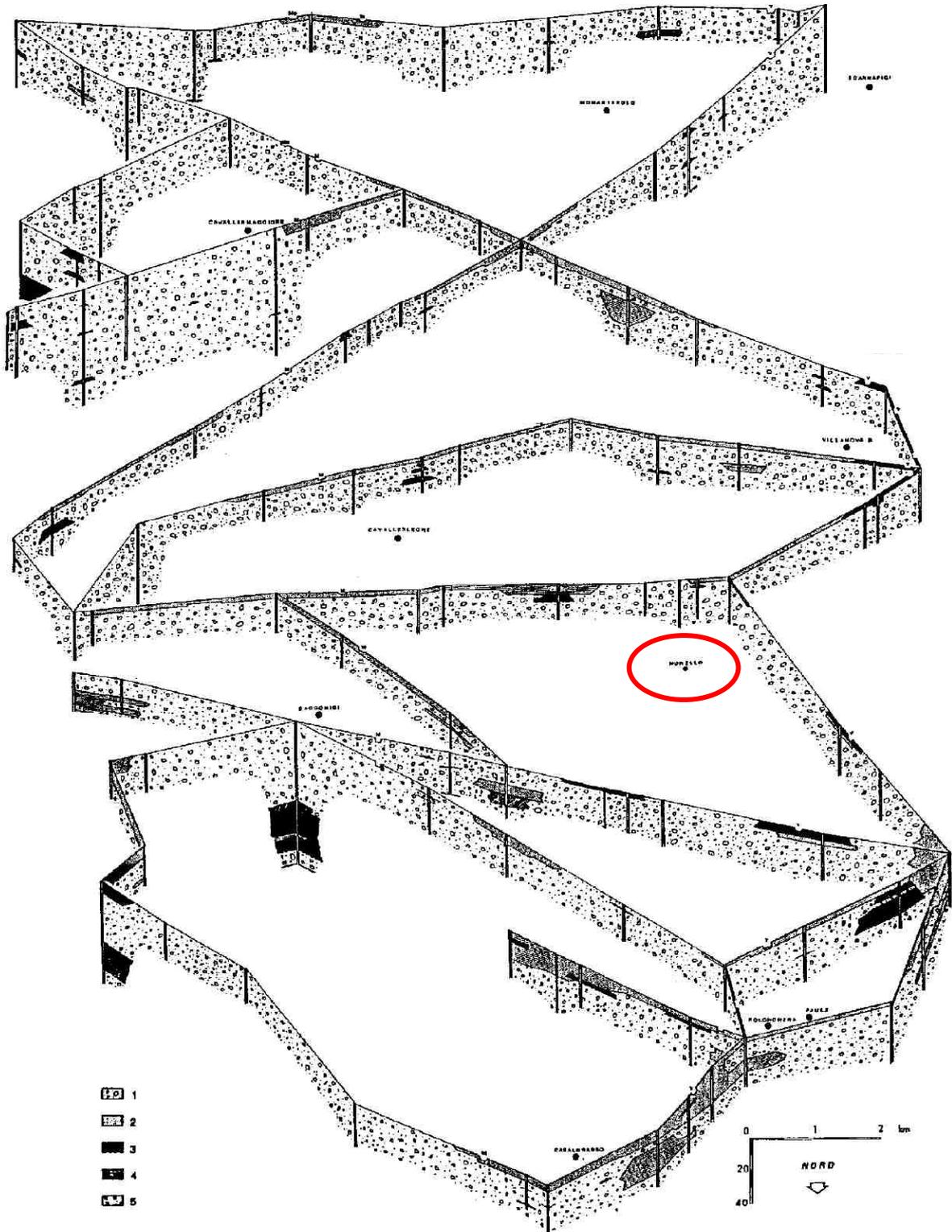
L'estratto cartografico è stato tratto dalla Relazione Geologico-Tecnica della 4^a Variante Strutturale del PRGC del Comune di Scarnafigi, a cura di "GEOSTUDIO - Studio Tecnico Associato" di Torino (ing. Accattino Giuseppe, ing. geol. Bioletti Giuseppe, arch. Dosio Paolo) risalente a Ottobre 2010.

Litologia

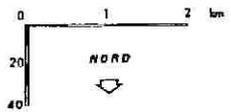
Facendo riferimento ai dati reperibili in bibliografia e alle relazioni geologico-geotecniche indicate in premessa, si può notare come la pianura cuneese a Nord-Ovest di Savigliano, attraversata dal T. Varaita, sia caratterizzata da depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, con intercalazioni limoso-argillose sporadiche e di limitata estensione, a testimonianza della prevalenza in quest'area di processi deposizionali di natura fluviale o fluvio-torrentizia.

L'assetto litostratigrafico dell'area compresa fra Scarnafigi, Cavallermaggiore, Casalgrasso, Faule e Villanova Solaro, nella parte centrale della pianura cuneese attraversata dai torrenti Varaita e Maira, il materasso alluvionale è costituito prevalentemente da ghiaie, talora a grossi ciottoli, e ghiaie sabbiose.

Nella figura allegata, tratta da una pubblicazione di Bortolami et alii ("Lineamenti di litologia ed idrogeologia del settore piemontese della pianura padana" - Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, n. 28/1 del 1975) e riportata sulla già citata relazione geologico-tecnica della variante del PRGC di Scarnafigi, viene data evidenza di tale struttura dei depositi alluvionali.



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

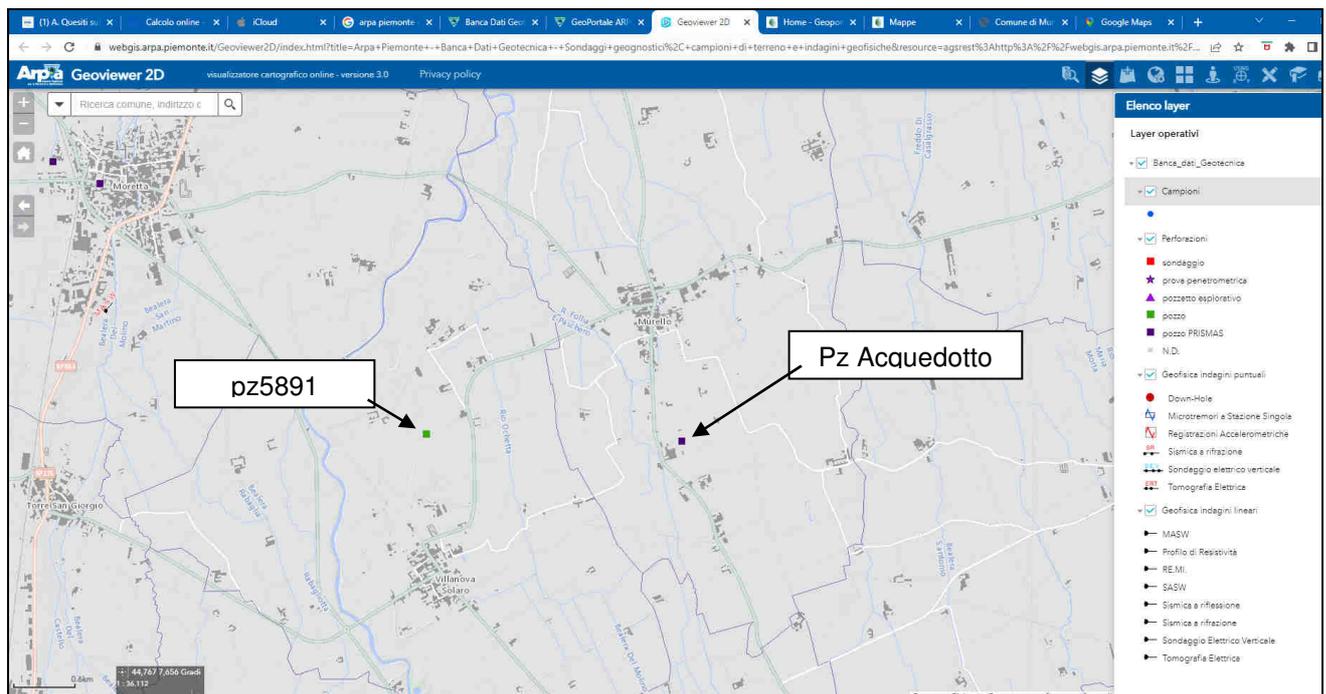


1	1) Ghiaie con grossi ciottoli, ghiaie, ghiaie e sabbie;
2	2) Sabbie;
3	3) Limi, limi argillosi, argille;
4	4) Livelli alluvionali cementati, conglomerati;
5	5) Substrato cristallino.

Per la composizione degli strati superficiali del terreno si fa riferimento ai dati geologici delle perforazioni eseguite, disponibili nella banca dati geologica di ARPA - Piemonte:

- 1) nel sito puntuale "Pz Acquedotto" nei pressi della località Tetti Segrin, a Sud del capoluogo comunale di Murello, per pozzo dell'acquedotto eseguito in data 19/03/1990 nell'ambito della Rete di Monitoraggio Regionale;
- 2) pozzo ad uso agricolo identificato con il codice "pz5891" del 18/06/2007, ubicato ad Ovest di Murello nel territorio del Comune di Villanova Solaro, in posizione intermedia fra la Cascina Grossa e la Cascina Bianca;

disponibili sul Geoportale dell'ARPA Piemonte.



Per quanto concerne il pozzo "Pz Acquedotto" presso il concentrico di Murello, i dati salienti sono:

- quota piano campagna = 259 m s.l.m
- diametro perforazione = 900 mm
- diametro rivestimento = 500 mm
- profondità sondaggio = 105 m
- livello falda freatica = - 3,10 m
- formazione geologica = depositi alluvionali sabbioso argillosi medio-recenti

Stratigrafia semplificata			
I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.			
Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
Pz Acquedotto	Murello	CN	Tetto Segrin-Tetti Spertini
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
19/3/1990	28/5/1990	105.00	Rete di Monitoraggio Regionale (0041460001)
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione	
107312	3.00	terreno vegetale	
107312	12.00	ghiaione	
107312	24.00	ghiaia con ciottoli	
107312	28.00	sabbia , ghiaia con lenti di argilla	
107312	56.50	sabbia e ghiaia grossolana	
107312	57.50	ghiaia grossa con lenti di argilla	
107312	71.00	ghiaione con poca sabbia	
107312	73.00	sabbia e ghiaia	
107312	96.00	ghiaione con ciottoli con sabbia	
107312	105.00	argilla	

Il pozzo ad uso agricolo "pz5891" risulta invece caratterizzato dai seguenti parametri:

- quota piano campagna = 265 m s.l.m
- diametro rivestimento = 450 mm
- profondità sondaggio = 40 m
- formazione geologica = depositi alluvionali sabbioso argillosi medio-recenti

Stratigrafia semplificata			
I dati contenuti in questo servizio hanno finalità unicamente divulgativa e pertanto Arpa Piemonte non risponde di utilizzi impropri ad esempio derivanti da errata interpretazione o applicazione scorretta dei dati in ambiti differenti da quelli originali.			
Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
pz5891	Villanova Solaro	CN	c.na del Gioio
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
18/6/2007	27/7/2007	40.00	pozzo ad uso Irriguo
Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione	
9998604	3.00	terreno vegetale	
9998604	10.50	deposito alluvionale costituito da ghiaie con abbondante matrice sabbiosa	
9998604	20.00	ghiaie grossolane, ciottolose, con frazione sabbioso limosa localmente molto abbondante	
9998604	30.00	ghiaie sabbiose inglobanti subordinati livelli sabbioso limosi	
9998604	40.00	ghiaie con matrice sabbiosa e tratti abbondante	

Lo strato di terreno vegetale di copertura interessa la parte superficiale delle perforazioni in entrambi i casi, con spessori indicativi riportati fino a 3,00 m, seguiti da un deposito ghiaioso sabbioso fino ai 10-12 m di profondità, che poi diventa più grossolano, con presenza di ciottoli e blocchi, con l'aumentare della profondità. Si rilevano in entrambi i casi sporadiche intercalazioni locali sabbioso-limose e/o argillose a profondità maggiori (verso i 20 m nel caso di Villanova Solaro e oltre i 30 m per il pozzo di Murello). Alla profondità prevista di appoggio del magrone di base della fondazione perimetrale, pari a -1,50 m circa dal piano di campagna, si riscontrano nel concentrico di Ruffia mediamente terreni già ghiaiosi in matrice sabbiosa.

Il modello geologico del sottosuolo nell'ambito del territorio di Murello può essere così sintetizzato:

- 1) terreni di copertura, sino a 1 - 1,5 m dal piano di campagna, costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose, di colore grigiastro, sui quali è presente una copertura pedogenetica generalmente di spessore decimetrico (50-70 cm);
- 2) depositi alluvionali "olocenici", sino a 12-15 m dal p.c., corrispondenti alle alluvioni medio-recenti, costituiti da corpi lentiformi ghiaioso-sabbiosi, talora con ciottoli di diametro compreso fra 6 e 10 cm, di spessore da decimetrico a metrico, sovrapposti ed intersecati;
- 3) depositi alluvionali "pleistocenici", oltre i 15 m da p.c., simili ai precedenti, costituiti da ghiaie sabbiose debolmente ciottolose, con intercalazioni di livelli sabbioso-limosi e limosi. I livelli grossolani risultano piuttosto addensati, come testimoniato anche dall'incremento dei valori di

resistenza nelle prove penetrometriche eseguite nell'area di studio, a conferma del passaggio ad un deposito alluvionale più antico, caratterizzato da un maggior addensamento.

Una volta quindi asportata la coltre superficiale di materiale più scadente e raggiunto il livello ghiaioso-sabbioso "olocenico", presente ad una profondità di circa 1,5 - 1,6 m, si può contare su un materiale di base di adeguate caratteristiche geomeccaniche, idoneo per la realizzazione di interventi edificatori.

Stabilità dei versanti

Nell'area oggetto dell'intervento, su un terreno completamente pianeggiante, non si riscontrano situazioni di potenziale rischio per instabilità dei versanti.

Idrografia

La fascia di pianura cuneese in cui si inserisce l'abitato di Murello è delimitata ad Est dal corso del Torrente Maira e ad Ovest dal Torrente Varaita, che nella parte terminale del loro percorso prima di immettersi nel fiume Po nella zona di confine con la provincia di Torino scorrono all'interno dei propri depositi alluvionali, con alveo inciso di alcuni metri all'interno del materasso di deposizione.

Il corso del torrente Varaita, più vicino alla zona di intervento, transita circa 2 km ad Ovest del capoluogo comunale, mentre il Maira risulta posizionato a circa 5 km in direzione Est. Le quote del terreno e la distanza dai corsi d'acqua permettono di scongiurare il rischio di esondazioni in caso di eventi di piena ordinaria.



Il reticolo idrografico superficiale locale è costituito da piccoli corsi d'acqua a carattere prevalentemente antropico, realizzati a scopo irriguo e uniformemente distribuiti sul territorio di pianura per raggiungere tutti i campi coltivati. Il principale canale è costituito dal "Rio Follia e Paschero", un fosso di origine antropica che raccoglie l'acqua di alcune risorgive presenti a monte di Murello e le convoglia verso il corso del Varaita, passando ad Ovest del centro abitato. Non si rilevano problematiche idrauliche particolari legate al reticolo superficiale minore.

Idrogeologia

I terreni alluvionali di base consentono la formazione di una falda freatica superficiale la cui circolazione idrica segue indicativamente il gradiente morfologico, con andamento S - N. La falda nella zona del capoluogo di Murello risulta posta indicativamente a -3,00 m dal piano di campagna, con una oscillazione piuttosto contenuta. L'intervento in progetto prevede la realizzazione di una fondazione superficiale continua perimetrale all'edificio scolastico esistente, per cui non va a interferire con la falda superficiale.

LE ANALISI GEOTECNICHE ESEGUITE

Indagini geognostiche

In relazione all'ampia documentazione tematica disponibile e alla particolare tipologia di interventi previsti, che non comportano la realizzazione di una nuova costruzione ma unicamente il "rinforzo" di un edificio esistente con una struttura esterna aggiunta avente unicamente finalità antisismica, con fondazione trave continua per una uniforme distribuzione dei carichi, non sono state eseguite ulteriori indagini geognostiche.

La valutazione delle condizioni del terreno di base è stata fatta mediante sopralluogo nel sito dell'edificio scolastico esistente e con riferimento a piccoli pozzetti esplorativi già aperti in precedenza per altri interventi all'interno del centro abitato.

Il sopralluogo condotto non ha fatto altro che confermare i dati già noti, derivanti sia dalla documentazione disponibile sia da altri interventi di maggiore entità eseguite in epoca antecedente nelle zone limitrofe.

Il terreno di pianura in questione presenta un primo strato di terreno vegetale della potenza di circa 60-70 cm, al di sotto del quale compare il materasso alluvionale caratterizzato da uno strato di ghiaia-sabbiosa-debolmente limosa, con matrice eterogenea ben assortita su scheletro ghiaioso, modesto contenuto naturale d'acqua e grado di coesione che aumenta con la profondità. Le caratteristiche geomeccaniche del terreno sono generalmente buone, con coesione drenata (di breve durata) abbastanza elevata e possibilità di mantenimento per un certo tempo di pareti di scavo prossime ai 60-70°. L'angolo di attrito interno del terreno, stimato in situ mediante analisi della disposizione dei cumuli di materiale di scavo di altri cantieri presenti in zona con profondità di prelievo prossima ai -2 m, evidenzia valori superiori 30°.

Per l'adozione di parametri geomeccanici di riferimento sono stati esaminati gli studi di dettaglio eseguiti nell'area di studio per la predisposizione di strumenti di pianificazione (PRGC e PEC).

La "Carta di sintesi dei dati granulometrici, infiltrometrici, chimici e piezometri del territorio comunale e del suo intorno" tratta del PRGC di Monasterolo di Savigliano e a cura del dott. geol. Asselle e al., basata su prove penetrometriche in situ, su letteratura specifica e correlazioni tra resistenze penetrometriche DPSH e SPT secondo il criterio dell'equilibrio limite globale, indica le seguenti caratteristiche dei terreni:

- terreni di copertura, costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi
 - ⇒ $N_{spt} = 1 \div 4$
 - ⇒ $Dr = 20 \div 25 \%$ (densità relativa)
 - ⇒ angolo di attrito $\varphi = 22 \div 26^\circ$
 - ⇒ peso specifico naturale $\gamma = 1,75 \text{ t/m}^3$
 - ⇒ coesione = 0,00
- deposito alluvionale, al di sotto del terreno di copertura, costituito da deposito ghiaioso sabbioso:
 - ⇒ $N_{spt} = 10 \div 25$
 - ⇒ $Dr = 50 \div 60 \%$

- ⇒ angolo di attrito $\varphi = 36\div 42^\circ$ (picco)
- ⇒ peso specifico naturale $\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$
- ⇒ coesione = 0,00

Nelle indagini in situ eseguite recentemente a Moretta per interventi di ampliamento industriale nelle zone periferiche del capoluogo sono stati rilevati valori caratteristici delle diverse formazioni litologiche del terreno analoghi a quelli innanzi indicati, anche se nell'ambito di una diversa successione stratigrafica dovuta alla particolarità dei suoli presenti in quell'area:

- sabbie limose e limi sabbiosi
 - ⇒ peso di volume $\gamma_k = 17 \text{ kN/m}^3$
 - ⇒ angolo di attrito interno $\varphi_k = 26^\circ$
 - ⇒ coesione $c_k = 0,00$
 - ⇒ modulo di deformazione $E_k = 2,5 \text{ MPa}$
 - ⇒ $N_{spt} = 3,20$
- sabbie limose e limi sabbiosi
 - ⇒ peso di volume $\gamma_k = 17,5 \text{ kN/m}^3$
 - ⇒ angolo di attrito interno $\varphi_k = 30^\circ$
 - ⇒ coesione $c_k = 0,00$
 - ⇒ modulo di deformazione $E_k = 27 \text{ MPa}$
 - ⇒ $N_{spt} = 14,8$
- ghiaie in abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa
 - ⇒ peso di volume $\gamma_k = 18,5 \text{ kN/m}^3$
 - ⇒ angolo di attrito interno $\varphi_k = 36^\circ$
 - ⇒ coesione $c_k = 0,00$
 - ⇒ modulo di deformazione $E_k = 38 \text{ MPa}$
 - ⇒ $N_{spt} = 25,6$

In relazione alle specificità del capoluogo di Murello, si adottano valori mediati rispetto alle situazioni innanzi rilevate, considerando che il piano di posa delle nuove fondazioni andrà ad insistere nella zona di passaggio fra i terreni di copertura e i depositi alluvionali sottostanti, con una composizione media qualificabile come sabbiosa-ghiaiosa:

- peso di volume $\gamma_k = 17,5 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito interno $\varphi_k = 32^\circ$
- coesione $c_k = 0,00$
- modulo di deformazione $E_k = 30 \text{ MPa}$

Determinazione della capacità portante

Per la definizione della pressione ammissibile sul terreno si fa riferimento alla tipologia del terreno innanzi definita, sulla base dei riscontri in loco e delle informazioni disponibili in letteratura.

E' stata utilizzata la formulazione di Terzaghi per la valutazione della pressione massima ammissibile sul terreno di fondazione, considerando cautelativamente un terreno compressibile. Tale formulazione, più semplificata rispetto a quella elaborata da Meyerhof, non differisce però nei risultati nel caso di carichi trasmessi dalla fondazione di tipo verticale, senza componente orizzontale.

CALCOLO PRESSIONE AMMISSIBILE SUL TERRENO DI FONDAZIONE SECONDO TERZAGHI

$$\sigma_t = \frac{1}{3} \cdot \left(c \cdot N_c + \gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma + q \cdot N_q \right)$$

TABELLA FND.2 - PRESSIONI MASSIME AMMISSIBILI IN kg/cm² SECONDO TERZAGHI

Le tensioni massime ammissibili si possono calcolare mediante la formula di Terzaghi:

$$\sigma_t = \frac{1}{3} \left(c \cdot N_c + \gamma \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma + q \cdot N_q \right)$$

tramite i coefficienti indicati nel diagramma seguente.

I valori N_c, N_q, N_γ valgono per terreni consolidati; i valori N'_c, N'_q, N'_γ valgono per terreni compressibili.

COESIONE C [kg/cm ²]	
sabbia umida compatta	0.01
argilla sabbiosa	0.02
argilla molle	0
argilla magra	0.05
argilla grassa	0.1
argilla semisolida	0.25
argilla solida	0.5
argilla molto tenace	1 - 10
limo compatto	0.1

PESO SPECIFICO APPARENTE γ [kg/m ³]	
terreno vegetale	1700
terra sciolta asciutta	1200
terra battuta asciutta	1800
ghiaia asciutta	1900
ghiaia bagnata	2000
limo asciutto	1500
limo umido	1700
sabbia con limo	1900
sabbia asciutta	1500
sabbia umida	1800
sabbia bagnata	2000
sabbia con ciottoli	2100
torba	1650

φ	angolo attrito interno terreno	33
c	coesione del terreno	0
γ	peso specifico del terreno	1750
q = p + γD		2800
p	sovraccarico sul terreno	0
D	profondità piano fondazione	1.6
B	larghezza fondazione	1
Nc	parametri tabella FND.2	45
Nγ	parametri tabella FND.2	30
Nq	parametri tabella FND.2	30

sigma t = 36750 [kgf/m²]

sigma t = 3.68 [kgf/cm²]

Per le verifiche geotecniche si adotta l'approccio 2 delle NTC 2018, con i coefficienti parziali:

A1+M1+R3

rispettivamente per le azioni, i parametri geotecnici del terreno ed i coefficienti di sicurezza globali γ_R per fondazioni superficiali. Questi ultimi sono desumibili dalla tabella 6.4.I delle NTC, riportata nel seguito.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

Considerando pertanto un fattore di sicurezza γ_R pari a 2,3 si ricava la pressione ammissibile a S.L.U. da confrontarsi con i valori ottenuti dalla modellazione di calcolo dello scatolare prismatico. Si evidenzia come la capacità ultima ricavata con la formula di Terzaghi sia più restrittiva rispetto a quella definita con Meyerhof.

$$p_{amm} = p_{ult} / c.s. = 3,68 \text{ daN/cm}^2 / 2,3 = 1,60 \text{ daN/cm}^2$$

Dal progetto strutturale:

$$p_{max} < 1,50 \text{ daN/cm}^2 < p_{amm}$$

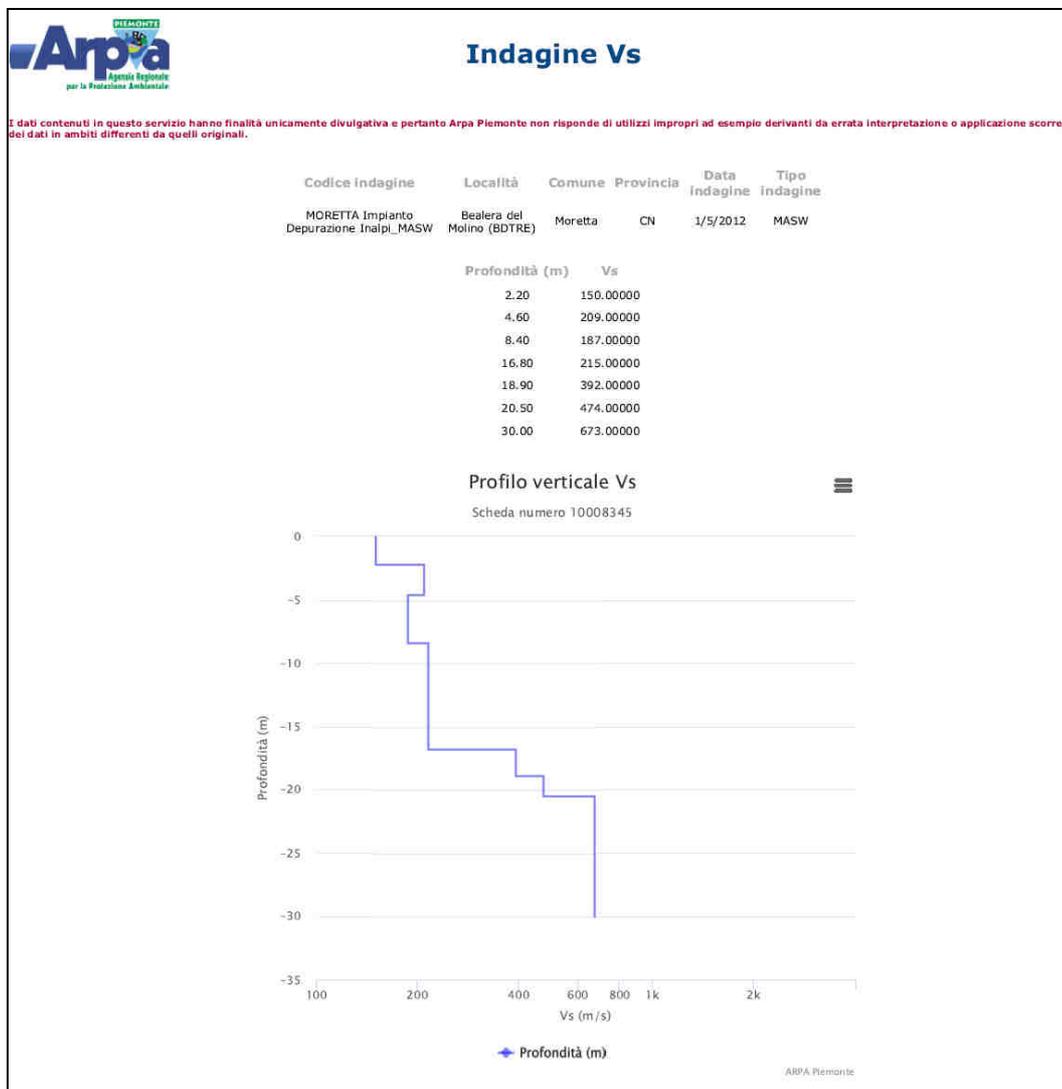
per cui non si rilevano problematiche particolari di stabilità del terreno di base.

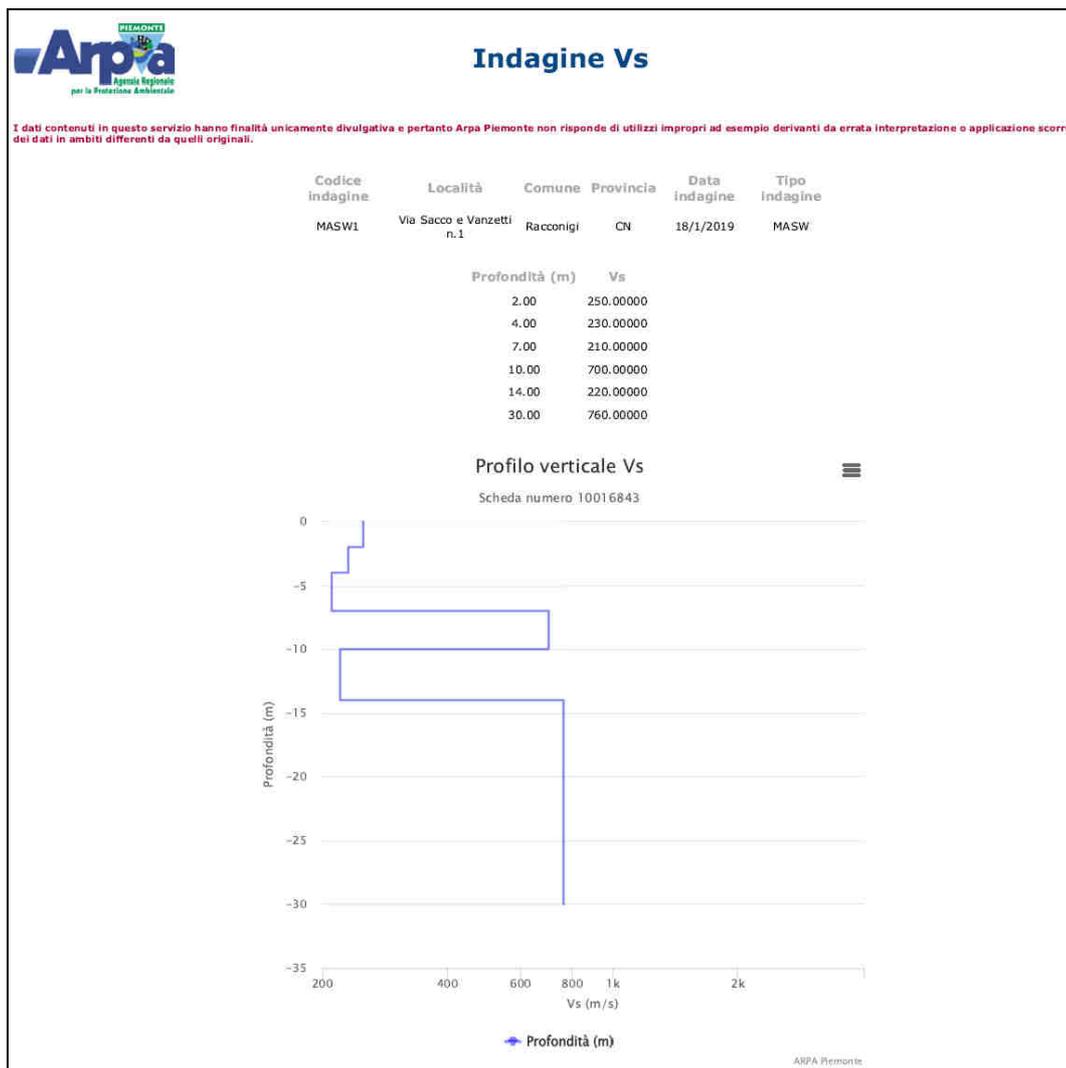
Trattandosi di fondazione posizionata su terreno completamente pianeggiante e derivante da processo di deposizione naturale, non è richiesta naturalmente la verifica delle condizioni di stabilità globale del pendio.

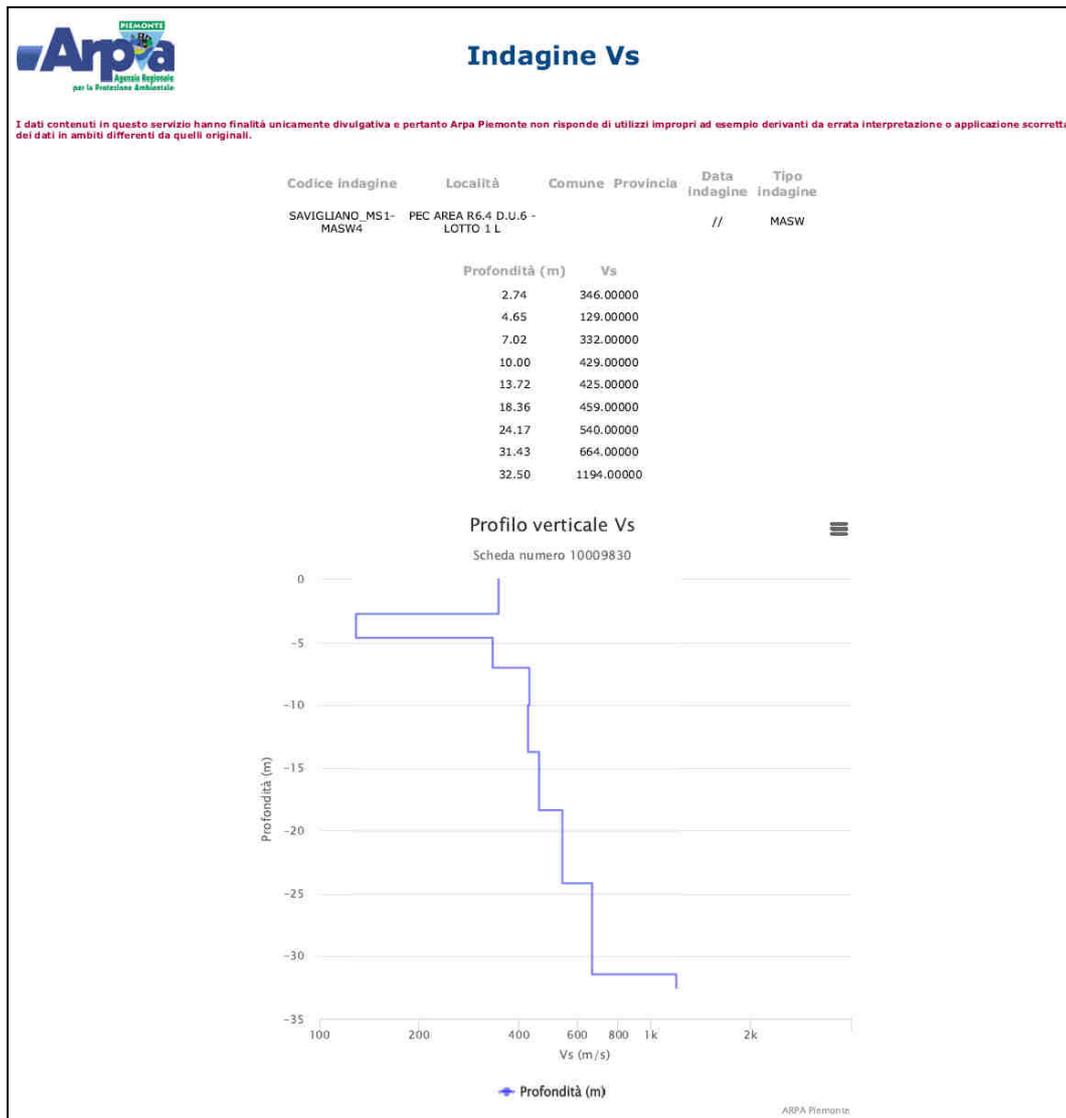
Per sollecitazioni massime dell'ordine di $0,8 \text{ daN/cm}^2$ i cedimenti risultano contenuti e sicuramente compatibili con la struttura delle opere di rinforzo con funzione antisismica.

Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche per la definizione dell'azione sismica

Per l'area di studio risultano disponibili dei risultati di analisi con stendimenti sismici eseguiti in tempi recenti nell'ambito di studi per la microzonazione sismica del territorio dei Comuni vicini e per la predisposizione di strumenti urbanistici esecutivi di una certa rilevanza.







Sulla base delle prove effettuate in situ, sono stati determinati i seguenti valori di velocità sismica delle onde S pari a:

- Vs30 = 337 m/s sito puntuale P20 - strada Grangia / Circonvallazione, nel Comune di Scarnafigi;
- Vs30 = 277 m/s sito depuratore INALPI, nel Comune di Moretta;
- Vs30 = 402 m/s in Via Sacco e Vanzetti, nel Comune di Racconigi;
- Vs30 = 430 m/s PEC area R6.4 / D.U.6, nel Comune di Savigliano.

I dati disponibili evidenziano quindi la presenza di terreni nella fascia di pianura compresa fra il Varaita e il Maira al confine fra le categorie di sottosuolo B e C di cui al capitolo 3.2.2 delle NTC 2018.

Si ritiene di poter individuare per la zona del centro di Murello un terreno di categoria "C", definito come "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"-

CONCLUSIONI

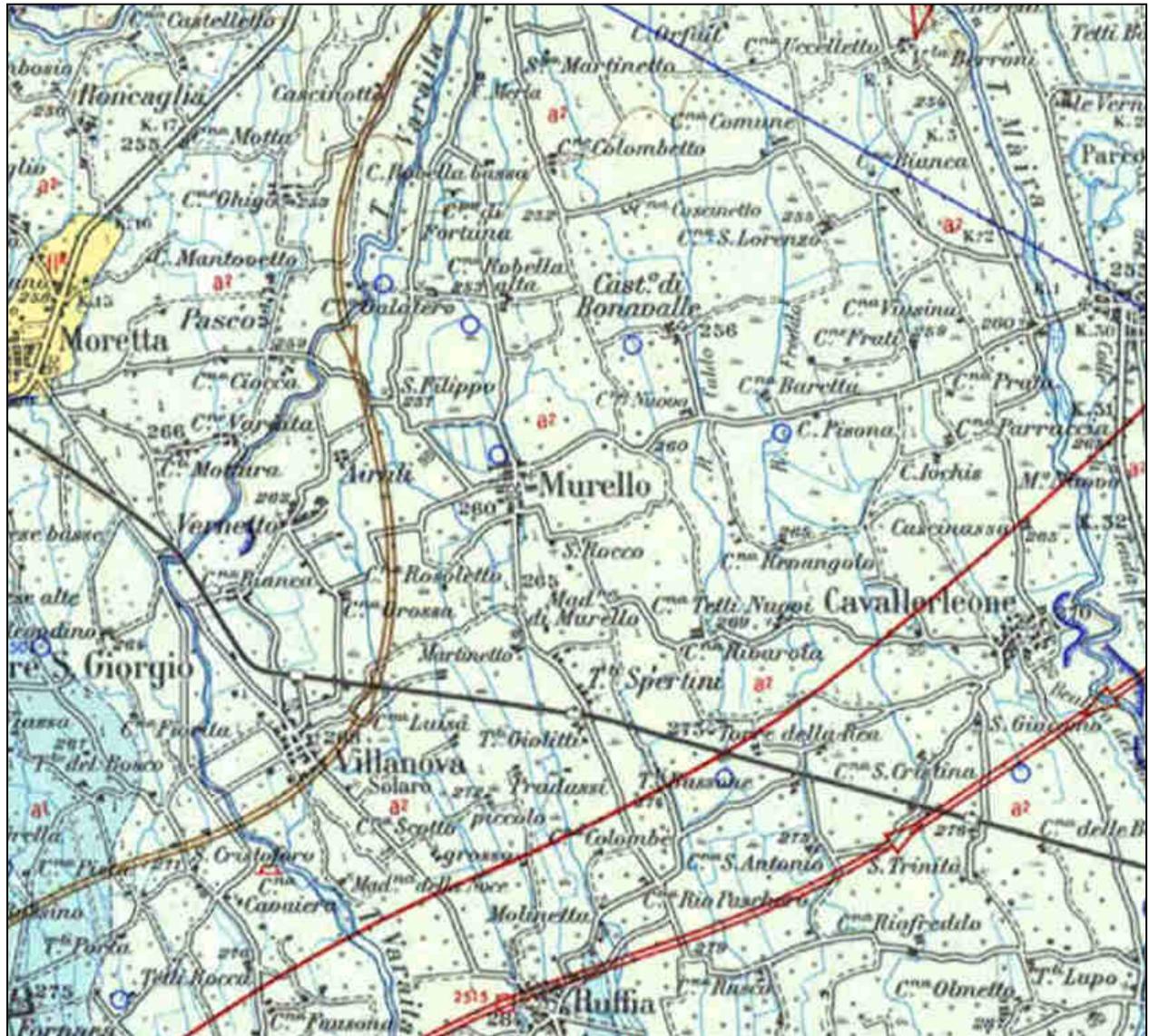
Dalla ricerche bibliografiche, dalle valutazioni in situ e dalle analisi condotte discende la fattibilità dell'intervento proposto e la sua compatibilità sia rispetto alle caratteristiche del materiale di base effettivamente presente sia rispetto alla stabilità complessiva del terreno su cui insiste l'edificio esistente della scuola elementare di Murello.

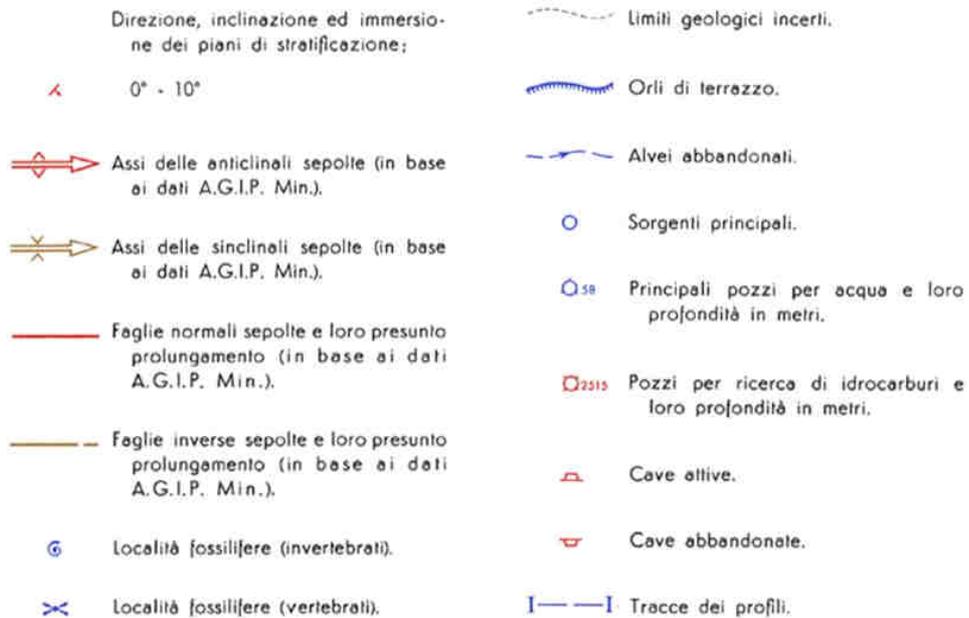
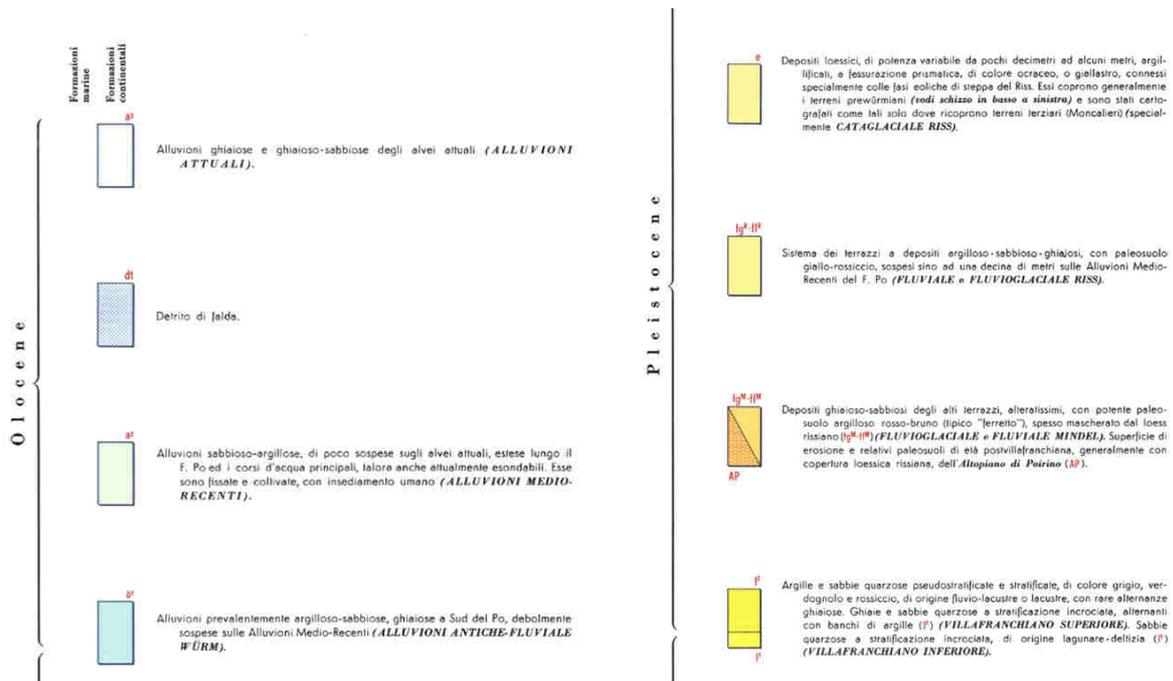
Ad ulteriore validazione dei risultati dello studio condotto sono stati effettuati controlli visivi sugli edifici presenti nelle immediate vicinanze, tra cui le costruzioni storiche della chiesa parrocchiale e il vecchio castello medievale oggi utilizzato come casa parrocchiale: sia sull'edificio scolastico oggetto di intervento sia sugli altri edifici storici non sono state rilevate deformazioni evidenti riconducibili a cedimenti e deformazioni del terreno di base, a testimonianza del buon comportamento geomeccanico dei depositi alluvionali ivi presenti.

Le assunzioni fatte e le considerazioni svolte verranno in ogni caso essere verificate in fase realizzativa una volta completate le operazioni di scavo, in modo da poter eventualmente adeguare i parametri di base in funzione delle effettive caratteristiche del materiale riscontrate in loco.

ESTRATTO DALLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

scala 1:100.000 - Foglio 68 "Carmagnola"





Documentazione tratta da:

APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

Servizio di libera consultazione della carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, disponibile su internet all'indirizzo:

- http://www.apat.gov.it/Media/carta_geologica_italia/default.htm

RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

RISULTATI DELLE INDAGINI, RILIEVI E STUDI

Gli studi condotti in sede di predisposizione del progetto di adeguamento sismico dell'edificio ospitante la scuola elementare comunale hanno evidenziato la presenza di un materasso alluvionale costituito da ghiaie sabbiose di buone caratteristiche geomeccaniche, praticamente privo di comportamento plastico, idoneo quindi alla realizzazione delle opere di rinforzo previste.

Per quanto attiene alla pericolosità sismica non si evidenziano situazioni particolari: il terreno è completamente pianeggiante e presenta una sistemazione stabile e consolidata, dovuta anche alla modellazione antropica connessa all'utilizzazione urbanistica del sito, senza situazioni di potenziale pericolo.

Si segnala come l'area edificata circostante presenti una sistemazione consolidata del terreno superficiale, con relativa regimazione delle acque meteoriche e loro convogliamento nella rete di fossi antropici utilizzati a scopo irriguo: la distribuzione capillare della rete di fossi irrigui, deputati anche allo smaltimento dell'acqua piovana consente di escludere la possibilità di ristagni e/o infiltrazioni che possano in qualche modo alterare in misura significativa le caratteristiche meccaniche del terreno di base.

CRITERI ADOTTATI NELLA SCELTA DEL TIPO DI FONDAZIONE

In relazione alla particolare tipologia di opere in progetto, consistenti sostanzialmente in setti verticali esterni deputati a trasferire le azioni sismiche orizzontali al terreno di base, si è optato per una fondazione di tipo continuo estesa all'intero perimetro dell'edificio esistente, da rendere solidale alla fondazione perimetrale esistente del muro di cantinato che delimita il vespaio interno al di sotto del solaio laterocemento del piano terreno.

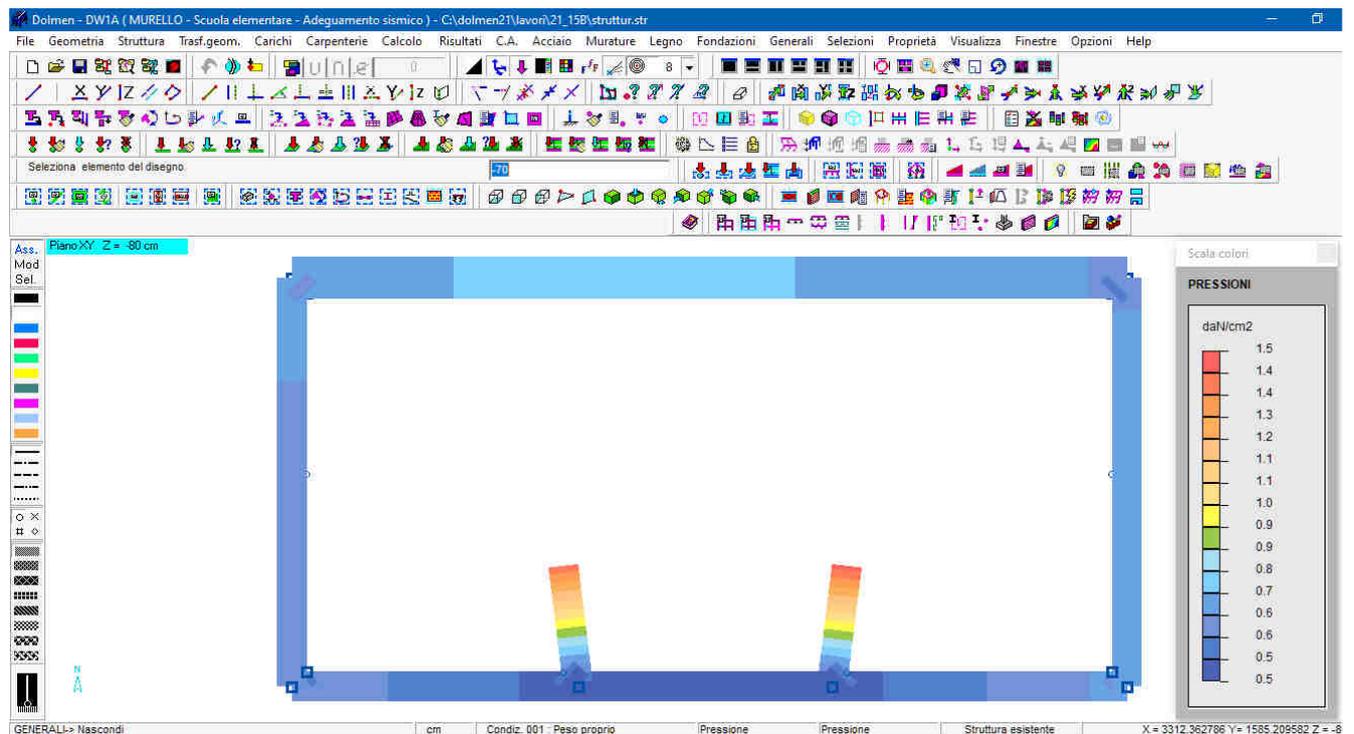
La fondazione avrà una sezione rettangolare di dimensioni 100x70 cm, in modo da ottenere una superficie di appoggio sufficientemente estesa ed ampia e con un'altezza significativa per la resistenza a momento flettente. Sul lato Est della costruzione la fondazione ha una base più ampia, pari a 150 cm, in modo da ricomprendere al proprio interno anche i setti ortogonali alla parete che costituiscono la gamma della "T" dei due elementi di rinforzo intermedi, per i quali è richiesta una adeguata rigidezza nelle due direzioni principali X e Y.

VERIFICA DELLA STABILITA' DEL COMPLESSO TERRENO-FONDAZIONE

L'area su cui si interviene è antropizzata e pianeggiante, per cui non si riscontrano possibilità di problematiche di stabilità complessiva. Peraltro l'adozione di una trave a sezione rettangolare continua per la ripartizione dei carichi dovuti alle azioni sismiche consentono il mantenimento delle sollecitazioni trasmesse al terreno entro valori decisamente contenuti.

Si riportano nel seguito le pressioni sul terreno di fondazione desunte dal modello FEM di calcolo strutturale, conglobando sia i casi di carico dovuti alle azioni sismiche sia le massime sollecitazioni derivanti dagli stati limite ultimi (SLU) dovuti ai sovraccarichi per edificio scolastico e vento secondo i due assi principali X e Y.

PRESSIONI MASSIME (SLU) SUL TERRENO DI BASE



Le pressioni massime di calcolo a SLU sulla nuova trave di fondazione risultano di $0,8 \text{ daN/cm}^2$, quindi entro valori particolarmente contenuti in ragione della natura stessa della fondazione. I valori massimi si riscontrano nelle connessioni alla fondazione esistente, per effetto del caso di carico relativo a SLU senza effetto del sisma, con i massimi carichi variabili sui rispettivi piani: anche in questa situazione, tuttavia, si rilevano valori dell'ordine di $1,50 \text{ daN/cm}^2$, quindi entro i limiti di accettabilità con ampio margine di sicurezza.

CEDIMENTI

Sulle altre costruzioni esistenti nell'area del concentrico di Murello non compaiono segni di cedimenti rilevanti riconducibili al sistema fondazionale.

Anche per la nuova fondazione a trave rettangolare, in relazione alla modesta entità dei carichi sul piano di fondazione e della loro ripartizione uniforme, è lecito attendersi dei piccoli cedimenti dovuti ai fenomeni

di sovraconsolidamento del terreno di base, con evoluzione però lenta nel tempo ed uniforme, in linea con la distribuzione di carico e quindi senza possibilità di cedimenti differenziati.

SCELTA DEI PROCEDIMENTI COSTRUTTIVI

Per la fondazione dei setti verticali antisismici si prevede di operare con uno scavo all'intorno dell'edificio scolastico, previa rimozione del marciapiede esistente. Lo scavo verrà approfondito fino al piano di imposta delle fondazioni attuali, presenti al di sotto del muretto di cantinato che chiude perimetralmente il vespaio aerato presente al di sotto del solaio del piano terreno, leggermente rialzato rispetto al piano di campagna circostante.

Una volta ripulito lo scavo, si procederà con un getto di pulizia a formare uno strato di magrone di circa 10-15 cm, armato con fogli di rete elettrosaldata Ø8 20x20 cm. Su tale magrone si procederà alla sistemazione delle armature metalliche e alla disposizione dei casseri laterali (solo sul lato esterno, in quanto dalla parte interna il getto verrà confinato dal muro esistente), per procedere poi con il getto del calcestruzzo direttamente da canaletta di autobetoniera.

SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE

Per quanto concerne la valutazione speditiva della possibilità di liquefazione del terreno di base in presenza di azioni sismiche si fa riferimento alle calcolazioni inserite nella relazione geologica a firma del dott. geol. Andrea Scaglia per il PEC area "In-12" del Comune di Moretta, datata 10/11/2020.

I fenomeni di liquefazione dei terreni di fondazione possono verificarsi quando l'aumento delle pressioni neutre in un terreno sabbioso saturo d'acqua per effetto delle azioni sismiche tende a provocare l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno, con conseguente sviluppo di deformazioni significative.

Questo fenomeno si sviluppa normalmente in terreni sciolti superficiali posti sotto falda.

Le condizioni riscontrabili a Murello in corrispondenza della scuola elementare sono assimilabili a quelle dell'indagine effettuata per il SUE di Moretta:

- accelerazione massima attesa al sito dello stesso ordine di grandezza, in quanto in area a sismicità leggermente inferiore rispetto a Moretta, ma con classe d'uso della struttura pari a 3;
- valore della Magnitudo Momento M_w uguale a quello di Moretta;
- numero di colpi N_{spt} pari a 3, sufficientemente cautelativo per i primi strati del terreno;
- composizione granulometrica simile;
- falda freatica a circa -3,00 m dal piano di campagna.

Il calcolo del potenziale di liquefazione viene eseguito con il metodo di Iwasaki et al. (1978 - 1984), come indicato e modificato dalla normativa sulle strutture vigente.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE							
(da prove dinamiche SPT)							
Metodo semplificato							
Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) modificato come da D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009							
PARAMETRI:							
Diametro Perforazione	=	101	mm				
γ	=	1,7	g/cm ³				
σ_{v0}	=	0,51	kg/cm ²				
σ'_{v0}	=	0,51	kg/cm ²	CRR= Resistenza al taglio mobilizzata			
profondità della prova	=	300	cm				
profondità falda	=	300	cm	CSR= Sforzo di taglio indotto dal sisma			
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³				
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²				
z	=	3	m	d ₅₀ = Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%			
N _{SPT}	=	2					
C _u [Liao e Whitmann, 1968a]	=	1,41400557	Verificato				
Percorrentuale di Fine (FC)	=	8	%	Vs= Velocità dell'onda di taglio S			
d ₅₀	=	0,25					
M _w	=	5,68					
MSF	=	2,50	se M ≤ 7,5				
	=	2,04	se M > 7,5				
FORMULE:			RISULTATI:				
CRR	=	$0,0882 \cdot \text{RADQ}(E16/(E9+0,7)) + 0,225 \log(0,35/E17)$	se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$	=	0,156393074	CRR	
CRR	=	$0,0882 \cdot \text{RADQ}(E16/(E9+0,7)) - 0,06$	se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	=	0,073514266		
CSR	=	$0,65 \cdot ((a_{\max}/g) \cdot (\sigma_{v0}/\sigma'_{v0}))^2 \cdot r_d \cdot 1/MSF$	se M ≤ 7,5	=	0,037542112	CSR _{M ≤ 7,5}	
			se M > 7,5	=	0,046132087	CSR _{M > 7,5}	
a_{\max}/g		=	0,149				
r_d		=	0,97				
F _s =CRR/CSR	>	1,25	se M ≤ 7,5	se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$	=	4,165803864	Verificato F _s
				se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	=	1,958181432	Verificato F _s
			se M > 7,5	se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$	=	3,390114899	Verificato F _s
				se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	=	1,593560394	Verificato F _s

Tabella di calcolo del potenziale di liquefazione desunta da dott. geol. Andrea Scaglia (relazione geologica del PEC area "In-12" del Comune di Moretta)

La verifica alla suscettibilità a liquefazione dei terreni di fondazione in caso di evento tellurico fornisce un coefficiente di sicurezza $F_s = 1,95$, maggiore del valore limite accettabile di 1,25, per cui si può escludere il rischio di liquefazione del terreno di base.