Provincia di Como

Comune di Rovello Porro

Committente: Arch. Chiara Uboldi
Proprietà: Pharma Millennium S.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

R1 – R2 – R3
AI SENSI DELLA D.G.R. N. IX/2616 DEL 30-11-11 E D.M. 17-01-18
PERMESSO DI COSTRUIRE CON PROCEDIMENTO SUAP IN VARIANTE AL P.G.T. VIGENTE, DI FABBRICATO INDUSTRIALE SITO IN VIA PETRARCA

FEBBRAIO 2025

DOTT. GEOL. ARDUINO BELLI

GEOLOGO BELLI ARDUINO
VIA PEZZA, 59 - 21056 INDUNO OLONA (VA)
TEL. 3285371259 FAX 03323531179
arduinobelli@inwind.it – Pec: a.belli@pec.epap.it

INDICE

PREMESSA 2

1 – GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA 5

1.1 Geomorfologia dell'area 5

1.2 Geologia dell'area 5

1.3 Assetto strutturale 8

2 – IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA 9

2.1 Idrogeologia dell'area 9

2.2 Vulnerabilità dell'area 10

2.3 Idrografia dell'area 12

3 – FATTIBILITÀ E VINCOLI GEOLOGICI 13

3.1 Fattibilità geologica dell'area 13

3.2 Vincoli geologici dell'area 14

4 - INDAGINI ESEGUITE E PREGRESSE 15

4.1 Prove penetrometriche S.C.P.T. 15

4.2 Indagini sismiche pregresse e metodologia 15

5 – INQUADRAMENTO SISMICO 17

5.1 Parametri per la determinazione dell'azione sismica 17

5.2 Analisi sismica di primo livello 17

5.3 Categoria del suolo di fondazione 18

5.5 Condizioni topografiche 21

5.6 Caratteristiche dell'opera 21

5.7 Determinazione dei parametri sismici di sito 22

6 - RISULTATI 23

6.1 Modello del terreno 23

6.2 Caratteristiche geotecniche 24

6.3 Stima capacità portante dei terreni indagati 25

6.4 Stima dei cedimenti dei terreni indagati 27

6.5 Rischio liquefazione 28

CONCLUSIONI 29

ALLEGATI 32

PREMESSA

SCOPO DELL'INDAGINE

La seguente relazione contiene i risultati delle indagini geologiche eseguite nell'area interessata dalla futura realizzazione di un nuovo capannone industriale, secondo le specifiche richieste del Committente e Progettista Arch. Chiara Uboldi.

Il presente studio è stato redatto in conformità al D.M. 17 gennaio 2018 aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", al D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e alla Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, del C.S.LL.PP. istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni", e alle D.G.R. 30/11/2011 n. IX/2616 e D.G.R. 19/06/2017 n. X/6738. Per l'analisi sismica si è fatto riferimento all'O.P.C.M. n. 3274/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", aggiornata con O.P.C.M. n. 3519/2006 e alle D.G.R. 30/11/2011 n. IX/2616, D.G.R. 11/07/2014 n. X/2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*" e alla D.G.R. 30/03/2016 n. X/5001.

Scopo del lavoro è indicare, sulla base dei risultati ottenuti, le principali caratteristiche geologiche e morfologiche dell'area oggetto dell'intervento. Si riportano inoltre i risultati delle indagini condotte nell'area e il modello geotecnico del sito, necessari per acquisire i dati di supporto alle scelte di progetto (caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni). Restano di competenza del Progettista strutturale le verifiche geotecniche.

COMMITTENTE

Arch. Chiara Uboldi
Via Cavour, 25/a
Turate (CO)

PROPRIETÀ

Pharma Millennium s.r.l.
Via Petrarca, 47-49
Rovello Porro (CO)

TIPI DI INDAGINE ESEGUITE

- Acquisizione del materiale tecnico professionale e bibliografico relativo all'area oggetto di studio;

- Rilievo geologico e geomorfologico dell'area di interesse e delle zone limitrofe;
- Esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche in corrispondenza del sedime delle opere previste e concordata in campo con il Progettista;
- Acquisizione di una sezione sismica superficiale pregressa per la valutazione delle velocità delle onde di taglio (S) mediante tecnica MASW e mediante tecnica REMI, per la determinazione del Vs_{eq};
- Digitalizzazione dei dati acquisiti e loro elaborazione, mediante appositi programmi, per la realizzazione di tavole illustrative e per il calcolo delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno;
- Le considerazioni di carattere tecnico relative alle opere previste si basano su dati cartacei e digitali forniti dal Progettista.

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto d'indagine è situata in via Petrarca (foglio 5, mappali 2039-4428-4429) nel Comune di Rovello Porro (CO), in zona pianeggiante parzialmente urbanizzata all'altitudine media di circa 240 m s.l.m.

Fig. 1 – Estratto dalla Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia. Foglio B5a3

Fig. 2 – Vista satellitare tratta da Google Maps

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

1 – GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA

1.1 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

Il territorio comunale di Rovello Porro è ubicato nel settore sud-occidentale della Provincia di Como, al confine con la Provincia di Varese, in ambito di alta pianura caratterizzata dalla presenza di estesi terrazzi fluvioglaciali separati da evidenti orli di terrazzo.

L'elemento morfologico di maggiore rilievo è costituito dalla piana alluvionale del Torrente Lura che attraversa da N a S l'intero territorio comunale, delimitata da terrazzi morfologici principali con dislivello progressivamente decrescente verso S da circa 13 m a circa 5 m rispetto all'alveo. Entro la piana sono presenti vari ordini di terrazzi minori di recente formazione. L'alveo attuale risulta incassato di circa 2-3 m rispetto alla piana stessa.

In alcuni tratti, in corrispondenza degli affioramenti dei conglomerati fluviali del "Ceppo", limitati nel territorio ad un solo punto a monte dell'abitato, ma più frequenti a N, la valle si restringe ed assume l'aspetto di canyon.

Le scarpate che delimitano i terrazzi hanno un'acclività da debole a medio/elevata; la pendenza della superficie dei terrazzi, sempre di lieve entità, ha vergenza a S.

L'azione morfogenetica attuale del torrente Lura si esplica in una limitata azione erosionale lungo le sponde, rilevata con continuità lungo tutto il corso d'acqua.

Nel particolare l'area in oggetto è ubicata a ovest del territorio comunale al confine con il comune di Turate. Al momento delle indagini l'area si inerbita o con superficie coltivata.

Nel lotto la circolazione delle acque superficiali è, al momento, limitata al dilavamento del piano campagna con possibile via preferenziale di deflusso delle acque provenienti dalle zone morfologicamente lievemente più rilevate.

1.2 GEOLOGIA DELL'AREA

Le unità geolitologiche presenti in affioramento nel territorio comunale di Rovello Porro sono di seguito elencate e descritte dalla più antica alla più recente e superficiale.

CEPPO (Pleistocene inferiore)

L'unità è costituita da conglomerati fluviali a supporto clastico a cementazione variabile, localmente molto accentuata. I clasti sono poligenici, da arrotondati a

subarrotondati, generalmente poco selezionati, con diametro variabile fino ad un massimo di 30 cm. L'unità si presenta grossolanamente stratificata, con limiti di strato irregolari; gli strati hanno spessore variabile, nell'ordine di qualche decimetro. I banchi conglomeratici maggiormente competenti sono interessati da set di fratture aperte a spaziatura metrica. L'unità affiora esclusivamente entro l'incisione del Torrente Lura. E' delimitata a tetto dai depositi quaternari e a letto poggia su di un'unità sabbioso limosa, incontrata esclusivamente nelle perforazioni.

ALLOFORMAZIONE DI BINAGO (Pleistocene medio (Riss))

L'unità è costituita da depositi fluvioglaciali prevalentemente grossolani. La litologia è di norma rappresentata da ghiaie medio-grossolane a supporto clastico o di matrice fine (sabbioso-limosa, localmente limoso-argillosa) talvolta abbondante. I ciottoli sono generalmente da arrotondati a sub-arrotondati, poligenici, di dimensioni massime di 40 cm, modali da 1 a 10 cm. Il grado di alterazione è alto o medio-alto, colpendo la totalità dei clasti o circa il 70% degli stessi: i ciottoli carbonatici possono essere completamente argillificati, mentre i clasti metamorfici arenitizzati. I clasti non completamente alterati presentano patine di alterazione di spessore millimetrico. La colorazione della matrice è bruno rossiccia (7.5 YR e 5 YR delle Tavole Munsell). I depositi sono massivi o organizzati in livelli mal definiti, identificabili per variazioni granulometriche. Le strutture sedimentarie, rare e concentrate in pochi livelli, sono rappresentate da embriciature e isorientazione dei ciottoli. Le ghiaie sono ricoperte da un livello di sedimenti fini di spessore variabile tra 1.5 e 2.5 metri. Tale livello è costituito da limi e limi argillosi massivi; la frazione argillosa aumenta verso la base, dove sono presenti rari ciottoli con diametro inferiore ai 2 cm. Il limite tra il livello superiore e le ghiaie è generalmente netto; è talvolta presente uno strato intermedio, spesso dai 10 ai 40 cm, costituito da ghiaie a supporto di matrice limoso-argillosa o da sabbie giallastre con rari ciottoli. Questa unità costituisce le piane relative ai terrazzi altimetricamente più rilevati ubicati in destra idrografica del torrente Lura in territorio di Rovello Porro. Il limite inferiore non è mai affiorante nell'area; in base alle stratigrafie dei pozzi sembra che essa poggi direttamente sul Ceppo. L'unità è a sua volta incisa in prossimità dell'alveo della Lura e ricoperta dai sedimenti dell'Allogruppo di Besnate. Lo spessore è variabile ed aumenta verso Sud fino ad un massimo di 35 metri.

ALLOFORMAZIONE DI BESNATE (Pleistocene medio - superiore)

Questa unità è costituita da ghiaie poligeniche arrotondate prevalentemente a supporto clastico, con abbondante matrice da sabbiosa a sabbioso-limosa, localmente con una piccola componente limoso-argillosa, entro cui sono intercalati livelli da centimetrici a decimetrici a supporto di matrice sabbiosa. I clasti sono poligenici, arrotondati, eterometrici di dimensioni massime di 20 cm e modali di 4-5 cm. Il grado di

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

alterazione è medio e colpisce circa dal 20 al 35% dei clasti che si presentano da decarbonatati ad argillificati (clasti carbonatici) e da fragili ad arenizzati (clasti cristallini). Il colore della matrice rientra nelle pagine 7.5 YR e 10 YR delle Munsell Soil Color Chart. Localmente in superficie, per uno spessore variabile tra 40÷80 e circa 120 cm, prevalgono le litologie fini (limi sabbiosi massivi con rari clasti sparsi). Nonostante la presenza di uno strato superiore di sedimenti fini, le superfici arate si presentano comunque ciottolose, a differenza di quelle dell'unità precedentemente descritta. L'unità costituisce la piana in sinistra idrografica e la fascia di versante a media/debole acclività in destra idrografica del torrente Lura. L'Allogruppo di Besnate poggia direttamente sull'Alloformazione di Binago; è incisa in prossimità del torrente Lura e ricoperta dall'Unità Postglaciale.

Corrisponde ai depositi Riss-Würm degli autori precedenti.

UNITA' POSTGLACIALE (Pleistocene sup. - Olocene)

L'unità costituisce la piana alluvionale del torrente Lura, caratterizzata da terrazzi organizzati in almeno tre ordini principali. Essa raggruppa sia depositi fluviali che di esondazione. I primi sono caratterizzati da sabbie e ghiaie da medie a grossolane a supporto clastico e/o di matrice con grossolana stratificazione, mentre i secondi sono costituite da sabbie fini limose e limi occasionalmente con clasti sparsi (settori a minore energia di sedimentazione); l'alveo attuale è ciottoloso. I clasti sono poligenici, da subarrotondati ad arrotondati, eterometrici. I depositi si presentano privi di alterazione. Lo spessore di tale unità non è direttamente misurabile; considerando le stratigrafie dei pozzi e dei sondaggi lo spessore massimo è stimabile in 3-4 metri.

Corrisponde ai depositi dell'Alluvium degli autori precedenti.

L'area oggetto del presente documento è ubicata, in particolare, sui terreni riconducibili ai depositi fluvioglaciali dell'Alloformazione di Binago, in prevalenza costituiti da ghiaie poligeniche medio grossolane sia a supporto clastico che di matrice sabbioso-limosa, localmente limoso-argillosa, con possibile presenza di lenti limoso-sabbiose discontinue; in superficie sono presenti limi massimi (loess) di spessore variabile da 1,5 a 2,5 metri.

E' importante sottolineare che in corrispondenza dell'area di studio sono estremamente scarsi gli affioramenti naturali dei terreni costituenti il sottosuolo locale e che, di conseguenza, la ricostruzione dell'ipotetico assetto geologico della zona d'indagine è basato su rari dati di osservazione diretta a causa dell'antropizzazione del territorio e della copertura della vegetazione.

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

In fig. 3 si riporta un estratto dalla Tavola 1 - Geologia e Geomorfologia della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del PGT di Rovello Porro (Studio Idrogeotecnico Associato – dott. Geol. E. Ghezzi_Scala 1:10.000_Aprile 2015).

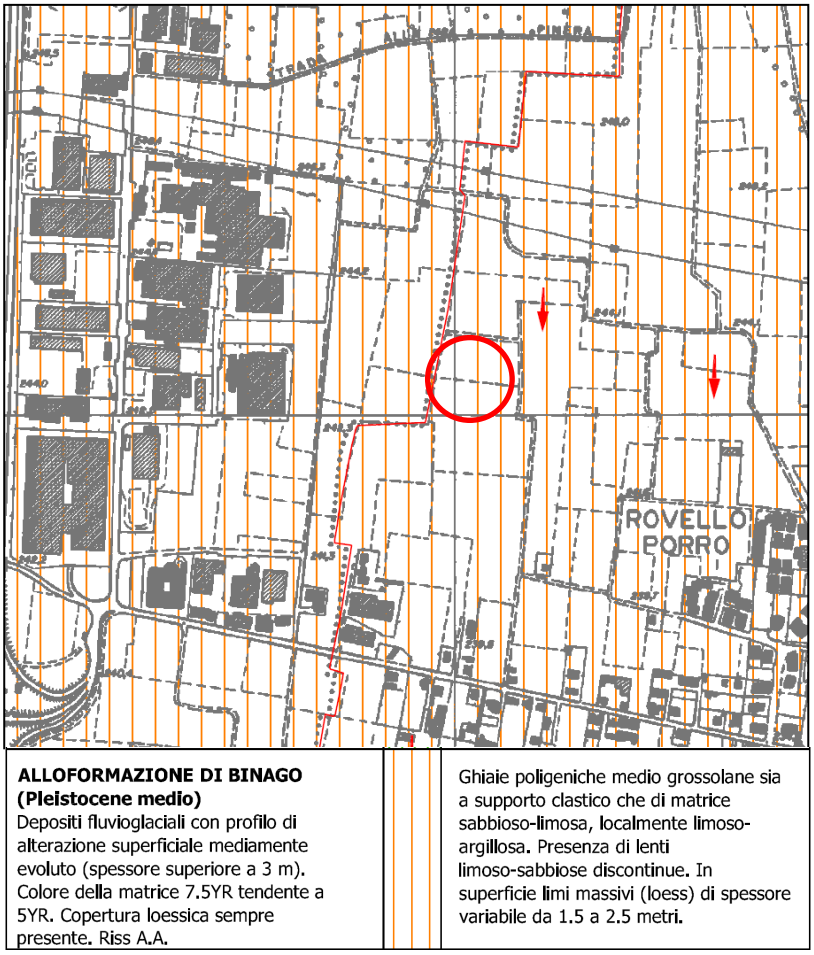


Fig. 3 – Estratto dalla carta geolitologica facente parte della componente geologica del P.G.T. del Comune di Rovello Porro

1.3 ASSETTO STRUTTURALE

Nel porzione di territorio comunale di Turate in oggetto non si rinvengono elementi strutturali di rilievo, come faglie, sovrascorrimenti, ecc., tali da inficiare la realizzazione di nuove costruzioni.

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

2 – IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA

2.1 IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie dei pozzi esistenti, si riconoscono nel sottosuolo del Comune di Rovello Porro varie unità idrogeologiche, distinguibili per la loro omogeneità di costituzione e di continuità orizzontale e verticale.

Le unità idrogeologiche si succedono, dalla più profonda alla più superficiale, secondo il seguente schema:

1 - UNITA' DELLE ARGILLE PREVALENTI

E' considerata la base impermeabile delle strutture idrogeologiche di interesse acquedottistico. L'unità è costituita da depositi in facies marina e/o transizionale caratterizzati da argille prevalentemente di colore grigio, talvolta fossilifere, a cui si intercalano localmente livelli ghiaioso-sabbiosi di debole spessore, sede di rari acquiferi di tipo confinato a scarsa produttività. Il tetto dell'unità tende gradualmente ad approfondirsi da N verso S da quote massime di 120 m s.l.m. a minimi di 60 m s.l.m. Lo spessore non è definibile in quanto le perforazioni non raggiungono il limite inferiore.

2 - UNITA' DELLE ALTERNANZE GHIAIOSO-ARGILLOSE

L'unità è costituita da depositi in facies più prettamente transizionale, nel complesso più fini di quelli appartenenti alla soprastante unità 3. Si caratterizza da una successione di argille grigie e gialle, limi sabbiosi in strati arealmente continui a cui si intercalano livelli di sabbie, ghiaie sabbiose, ghiaie argillose e conglomerati (specie nel settore NW e NE) di spessore e frequenza mediamente crescente verso S. E' osservabile localmente la presenza di livelli torbosi e/o fossiliferi. È sede di falde idriche sovrapposte di tipo confinato nei livelli più grossolani e permeabili, captate da un buon numero di pozzi pubblici e privati trivellati nel territorio in esame. Lo spessore dell'unità, definibile dalle stratigrafie di pozzi profondi, varia da minimi di 50-60 m a massimi di 110 m. Le falde idriche contenute in questa unità risultano indipendenti dalle strutture idriche superiori per la presenza di continui strati a bassa permeabilità, assicurando una migliore qualità delle acque ed un maggior grado di isolamento delle falde da possibili infiltrazioni di inquinanti.

3 - UNITA' DELLE GHIAIE E SABBIE PREVALENTI

È costituita da depositi litologicamente differenziabili in funzione della diversa facies di sedimentazione; in particolare si evidenziano:

- depositi in facies glaciale e fluvioglaciale molto alterati, presenti negli strati più superficiali del sottosuolo, costituiti da ghiaie e sabbie a supporto di matrice argillosa, da poco a mediamente alterate; lo spessore ed il grado di protezione degli acquiferi variano in funzione dello stato di erosione complessivo delle diverse unità. Si riscontrano depositi superficiali ghiaiosi profondamente alterati caratterizzati da abbondante argilla secondaria aventi spessori massimi fino a circa 40 m. Tali depositi sono generalmente privi di acquiferi significativi;
- depositi in facies fluviale (Ceppo) e fluvioglaciale che si caratterizzano da ghiaie e sabbie passanti a conglomerati a diverso grado di cementazione, cui si alternano localmente livelli argillosi e ghiaioso-argillosi. I banchi conglomeratici e ghiaiosi presentano maggiore frequenza mentre i livelli argillosi risultano nettamente subordinati e privi di continuità laterale in tutto il territorio.

Tali depositi sono sede dell'acquifero superiore di tipo libero e localmente semiconfinato, tradizionalmente utilizzato dai pozzi di captazione a scopo idropotabile di vecchia realizzazione, con soggiacenza variabile da circa 50 a 65 m dal p.c. L'unità è presente in tutto il territorio con continuità in senso orizzontale e verticale presentando spessori variabili (da 60 a 110 m da p.c.) in relazione all'andamento delle unità sottostanti e alla morfologia superficiale. L'acquifero superiore contenuto in tale unità è in genere caratterizzato da elevato grado di vulnerabilità ad eventuali inquinamenti provenienti dalla superficie in quanto sono assenti o poco sviluppati livelli superficiali a bassa permeabilità eventualmente limitanti la diffusione di inquinanti idroveicolati.

2.2 VULNERABILITÀ DELL'AREA

La vulnerabilità integrata è data dall'associazione di due differenti dati: la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi e la mappa dei centri di pericolo e dei soggetti recettori dell'inquinamento.

La vulnerabilità intrinseca è un parametro idrogeologico che rappresenta la facilità con cui un inquinante generico idroveicolato, sversato sulla superficie o nel primo sottosuolo, raggiunge la falda e la contamina.

Nell'ambito di questa indagine, per la determinazione del grado di vulnerabilità è stato utilizzato il metodo della Legenda unificata messo a punto da Civita M. (1990) nell'ambito del progetto VAZAR (Vulnerabilità degli Acquiferi in Zone ad Alto Rischio) del CNR.

La vulnerabilità intrinseca di un'area viene definita principalmente in base alle caratteristiche ed allo spessore dei terreni attraversati dalle acque di infiltrazione (e quindi dagli eventuali inquinanti idroveicolati) prima di raggiungere la falda acquifera nonché dalle caratteristiche della zona satura. Per quanto riguarda la delimitazione delle zon, si è

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

tenuto conto di quanto emerso dall'indagine idrogeologica in merito alle modalità di infiltrazione e circolazione idrica sotterranea, che nel territorio studiato risultano influenzate principalmente da:

- permeabilità dell'unità acquifera più prossima alla superficie e modalità di circolazione delle acque sotterranee in falda. Gli elementi determinanti sono rappresentati dal tipo di acquifero (poroso, fratturato, carsificato), dalla sua permeabilità e protezione;
- presenza, spessore e continuità laterale di livelli superficiali a bassa permeabilità in grado di proteggere l'acquifero soggiacente;
- soggiacenza della falda: costituisce un elemento importante nella definizione della vulnerabilità in quanto molti processi autodepurativi si verificano nell'attraversamento del non saturo;
- presenza di eventuali corsi d'acqua superficiali potenzialmente alimentanti in quanto sospesi rispetto alla piezometria;
- presenza di cavità carsiche e di altre vie di drenaggio preferenziale.

La somma di tutti i fattori precedentemente elencati, definiti mediante il rilevamento geologico di superficie, ha permesso di definire, nel territorio in esame, differenti condizioni di vulnerabilità identificate utilizzando le categorie usuali codificate dalla Legenda unificata (vulnerabilità estremamente elevata, elevata, alta, media, bassa, bassissima). Utilizzando i criteri esposti è possibile delimitare sul territorio comunale di Rovello Porro le seguenti tre aree omogenee contraddistinte da un differente grado di vulnerabilità intrinseca (da estremamente elevato a medio):

- **Area di affioramento dell'Alloformazione di Binago – terrazzo sopraelevato:** acquifero libero in materiale alluvionale, protetto superficialmente da depositi fluvioglaciali mediamente alterati, con copertura di limi argillosi massivi. Soggiacenza superiore a 35 m; grado di vulnerabilità: **medio;**
- **Area di affioramento dell'Allogruppo di Besnate – terrazzo intermedio, fascia di versante:** acquifero libero in materiale alluvionale in corrispondenza dei depositi fluvioglaciali dell'Allogruppo di Besnate, con copertura loessica localmente presente. Soggiacenza superiore a 35 m; grado di vulnerabilità: **alto;**
- **Area di affioramento dell'Unità Postglaciale/Ceppo:** acquifero di tipo libero in materiale alluvionale privo di copertura superficiale, con corso d'acqua sospeso rispetto alla superficie piezometrica della falda. Soggiacenza superiore a 35 m; grado di vulnerabilità: **estremamente elevato.**

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

Nella seguente tabella si riassumono i complessi idrogeologici individuati (in evidenza, il complesso idrogeologico di interesse per il sito in esame).

COMPLESSI IDROGEOLOGICI	GRADO DI PERMEABILITÀ	GRADO DI VULNERABILITÀ
Alloformazione di Binago	Medio-bassa	medio
Allogruppo di Besnate	Medio-alta	alto
Unità postglaciale - Ceppo	Alta-molto alta	Estremamente elevato

2.3 IDROGRAFIA DELL'AREA

Il territorio di Rovello Porro è caratterizzato principalmente dalla presenza del torrente Lura, classificato come principale lungo "tutto il corso".

Il Torrente Lura percorre in direzione N-S la porzione orientale del territorio comunale di Rovello Porro, con un andamento tipicamente sinuoso e localmente meandriforme.

Dalla disamina della Componente Geologica, Idrogeologica e sismica vigente, si evince che il territorio comunale di Rovello Porro è sprovvisto di reticolo idrografico minore.

Nelle immediate vicinanze del lotto in oggetto non sono presenti corsi d'acqua, risultando al di fuori di qualunque fascia di tutela fluviale.

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

3 – FATTIBILITÀ E VINCOLI GEOLOGICI

3.1 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELL'AREA

In base alla Carta della fattibilità geologica delle azioni di piano in scala 1:5000 (Studio Idrogeotecnico Associato – dott. Geol. E. Ghezzi - Aprile 2015) facente parte della componente geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Rovello Porro, l'intervento in oggetto ricade in **sottoclasse 2Bi – Terrazzo superiore Binago (fattibilità con modeste limitazioni).**

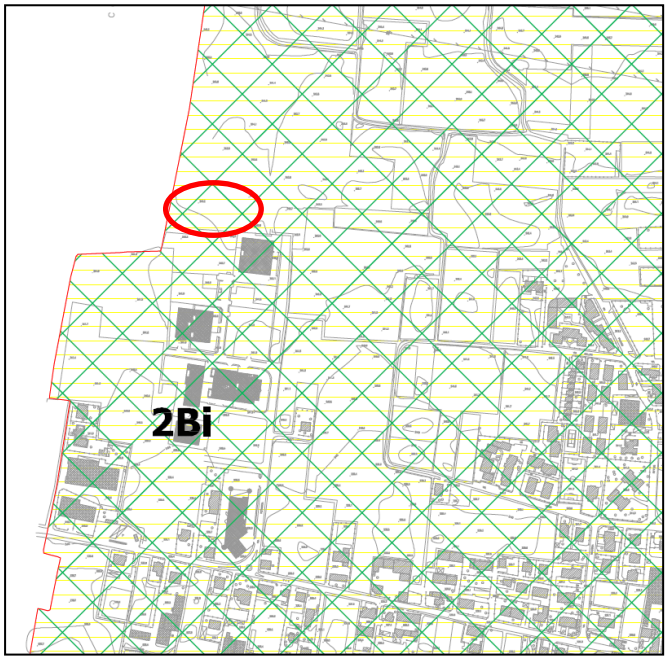


Fig. 4 – Estratto dalla Carta di fattibilità geologica facente parte della componente geologica del P.G.T. del Comune di Rovello Porro

In questa sottoclasse viene ricompresa "l'*area sub-pianeggiante, costituente il terrazzo superiore, litologicamente costituita da ghiaie sabbioso-limose prevalenti profondamente alterate; presenza di limi sabbiosi di spessore massimo fino a 2,5 m*".

Come problematiche generali, tale area presenta terreni fini superficiali, con scadenti caratteristiche geotecniche fino a 2.5 m di profondità, passanti verso il basso a terreni granulari con discrete caratteristiche geotecniche; miglioramento delle caratteristiche portanti a maggiore profondità; drenaggio delle acque localmente difficoltoso in superficie.

Il parere sull'edificabilità è favorevole con modeste limitazioni legate alle caratteristiche portanti del terreno e alla salvaguardia dell'acquifero libero.

Nella sottoclasse sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali. Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione (così come definiti dall'art. 27 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio"), nel rispetto delle normative vigenti.

Si rende necessaria la verifica idrogeologica e litotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie; in particolare dovrà essere valutata la stabilità dei versanti di scavo al fine di prevedere le opportune opere di protezione degli scavi durante i lavori di cantiere. Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera (secondo quanto indicato nell'art. 2 delle Norme geologiche di Piano). Per ogni tipo di opera sono da prevedere in fase progettuale interventi rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti/sistemi per la regimazione e lo smaltimento delle acque meteoriche e di quelle di primo sottosuolo, con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche del sito.

La progettazione, infine, dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni", definendo le azioni sismiche di progetto, per gli edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904/03, a mezzo di approfondimento di 3° livello. Per le altre categorie di edifici, la progettazione potrà essere condotta definendo la pericolosità sismica di base in accordo all'Allegato A del decreto ministeriale.

3.2 VINCOLI GEOLOGICI DELL'AREA

Nel territorio comunale di Rovello Porro si riscontra la presenza di aree vincolate e classificate ai sensi della D.G.R. del 25-01-2002 n° 7/7868 e s.m.i. come vincoli di polizia idraulica, aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile ai sensi del D.Lgs 152/2006 e aree vincolate dal Piano Gestione Rischio Alluvioni della Regione Lombardia (PGRA) in base alla Direttiva alluvioni 2007/60/CE revisione 2024 (torrente Lura). Dall'analisi della Carta dei vincoli in scala 1:5000 (Studio Idrogeotecnico Associato – dott. Geol. E Ghezzi - Aprile 2015) facente parte della componente geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Rovello Porro, e dalla cartografia del PGRA della Regione Lombardia, non risultano presenti vincoli geologici o segnalati dissesti nel lotto in oggetto.

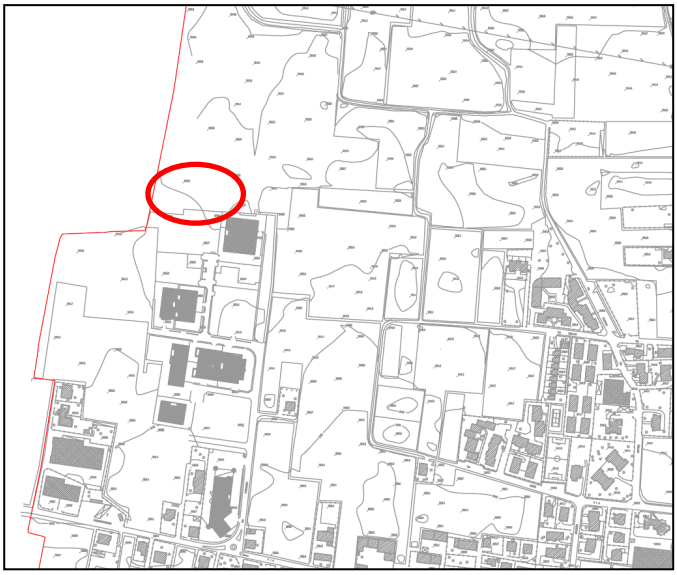


Fig. 5 – Estratto dalla Carta dei vincoli geologici facente parte della componente geologica del P.G.T. del Comune di Rovello Porro

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

4 - INDAGINI ESEGUITE E PREGRESSE

4.1 PROVE PENETROMETRICHE S.C.P.T.

In data 6 settembre 2024 sono state eseguite n° 4 prova penetrometriche dinamiche in corrispondenza del sedime delle opere previste, in punti privi di sottoservizi e concordati in campo con il Progettista. Lo strumento utilizzato prende il nome di penetrometro dinamico pesante DPSH, montato su carro semovente a cingoli gommati e dotato di un dispositivo a percussione con maglio oleodinamico, ed avente le seguenti caratteristiche:

Maglio	(Kg)	63,5
Caduta	(m)	0,75
Diametro base punta conica	(mm)	51
Angolo apertura punta	(°)	90
Lunghezza aste	(m)	1,00
Peso singola asta	(Kg)	6,3
Penetrazione standard (N_{30})	(cm)	20

L'esecuzione di una prova penetrometrica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di aste successive. La punta a perdere viene fatta successivamente penetrare nel terreno, registrando il numero di colpi necessario per ottenere l'avanzamento di ciascun tratto di lunghezza pari a 20 cm, denominati colpi (NSCPT).

Le profondità raggiunte dalle prove da attuale p.c., spinte fino a circa 16,00 m o a rifiuto, vengono riassunte dalla tabella di seguito riportata:

n. prova	Data esecuzione	profondità da p.c. (m)
P1	06/09/2024	12,00 (rifiuto)
P2	06/09/2024	16,20
P3	06/09/2024	15,20 (rifiuto)
P4	06/09/2024	11,40 (rifiuto)

L'ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche eseguite è riportato in Tavola 1; in allegato si riportano i grafici dei valori N dei colpi della punta in funzione della profondità.

4.2 INDAGINI SISMICHE PREGRESSE E METODOLOGIA

In area limitrofa, in via Cattaneo nel comune di Turate, in corrispondenza della medesima unità geologica e medesimo scenario sismico Z4a, in data 30 maggio 2019, è stata eseguita una stesa M.A.S.W. (multichannel analysis of surface waves), indagine

indiretta attiva con misura delle velocità di fase delle onde sismiche di superficie integrata da una stesa e Re.Mi. (refraction microtremor), indagine indiretta passiva con misura delle velocità di fase delle onde sismiche di superficie. I metodi M.A.S.W. e Re.Mi. consentono di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs e quindi la classificazione del terreno di fondazione in base alle norme tecniche di costruzione (NTC 2018).

Il metodo M.A.S.W. è una tecnica di indagine non invasiva che si basa sulla misura delle onde superficiali (Onde di Rayleigh) eseguita in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo; essa è considerata una prova sismica di tipo "attivo" in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo tramite energizzazione con mazza battente. L'analisi Re.Mi. rientra nei metodi di sismica "passiva" che consistono nel registrare microtremori, cioè rumori ambientali dovuti a sorgenti naturali e/o artificiali. Per ottenere una buona risoluzione in termine di frequenza è indispensabile allungare il tempo di registrazione (30-60 s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (in funzione della rigidezza degli strati). La velocità delle onde sismiche dipende dalla densità e dalla rigidezza del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del sottosuolo indagato. Il comportamento della propagazione delle onde sismiche in profondità dà origine a fenomeni di trasformazione delle stesse in base al materiale attraversato.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un treno di onde sismiche (energizzazione) e registrarne l'arrivo tramite dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure effettuate avviene attraverso un software che dal campionamento dello spettro del segnale registrato ricostruisce la distribuzione delle velocità delle onde di taglio (Vs) in profondità attraverso l'applicazione di un algoritmo che procede alla ricerca del modello che minimizza l'errore rispetto alle misure effettuate. I geofoni vengono disposti equidistanti ed allineati l'uno rispetto all'altro e le energizzazioni sono eseguite in posizione esterna lungo la linea sismica.

I sondaggi sono stati effettuati con un sismografo DoReMi della "Sara Electronic Instruments" a 12 canali digitali a 16 bit. La stesa geofisica è stata eseguita con spaziatura dei geofoni di 3,0 m e le energizzazioni sono state effettuate su un lato della stesa a 3,0 e 4,50 metri dal primo geofono mediante colpi con mazza da 8 kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking).

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

5 – INQUADRAMENTO SISMICO

5.1 PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Rovello Porro, sul quale l'area in oggetto si colloca, è classificato come zona a grado 4, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", aggiornata con O.P.C.M. n. 3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni della precedente, aggiornata con O.P.C.M. n. 3519/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", e dalla D.G.R. 11/07/2014 n. X/2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*".

L'Italia è suddivisa in zone sismiche con 4 classi di pericolosità (dove PGA indica il picco di accelerazione gravitazionale):

zona **1** (alta): 0,25g < PGA ≤ 0,35g. E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti;

zona **2** (media): 0,15g < PGA ≤ 0,25g. Zona in cui possono verificarsi terremoti abbastanza forti;

zona **3** (bassa): 0,05g < PGA ≤ 0,15g. Zona in cui possono verificarsi scuotimenti modesti;

zona **4** (molto bassa) PGA ≤ 0,05g. Zona meno pericolosa, con possibilità di danni sismici bassi.

Per il calcolo dell'azione sismica gli elementi necessari sono i seguenti:

- categoria di suolo di fondazione;
- condizioni topografiche;
- classe d'uso opera e vita nominale opera;
- parametri sismici di sito (Tr, ag, Fo, Tc*).

5.2 ANALISI SISMICA DI PRIMO LIVELLO

In base alla Carta della pericolosità sismica locale facente parte della componente geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Rovello Porro (Studio Idrogeotecnico Associato – dott. Geol. E. Ghezzi – Aprile 2015), che rappresenta il risultato dell'analisi sismica di 1° livello, l'area in oggetto ricade in classe Z4a. Si tratta di zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi con substrato roccioso a profondità < di 30-40 m. Come effetti si possono verificare amplificazioni litologiche e cedimenti.

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

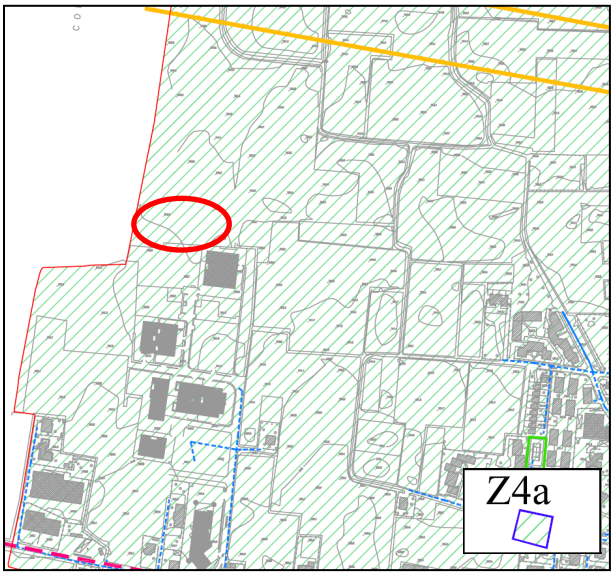


Fig. 6 – Estratto dalla Carta della pericolosità sismica locale facente parte della componente geologica del P.G.T. del Comune di Rovello Porro

A questa zona appartiene l'ambito di pianura nel quale ricade l'intero territorio di Rovello Porro ed è stato individuato come scenario di pericolosità sismica locale in quanto, in base ai dati disponibili, è stata individuata la presenza di un substrato rigido nei primi 30÷40 m di profondità. In tale contesto sono possibili fenomeni di amplificazione del segnale sismico atteso in superficie, con sviluppo di sollecitazioni dinamiche superiori a quelle definite dagli spettri di risposta derivanti dalla normativa nazionale.

All'interno delle aree a pericolosità sismica locale (PSL) corrispondenti agli scenari Z2, Z3, Z4 e solo per gli edifici il cui uso prevede affollamenti significativi, per gli edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, per le reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e per le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali di cui al d.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904 "Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003", la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14 gennaio 2008,definendo le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento di III livello – metodologie dell'allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616/2011.

5.3 CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

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:

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

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La normativa (D.M.17/01/2018) prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della medesima. Sono quindi state identificate 5 classi A, B, C, D ed E di cui di seguito si riporta un elenco), ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. (facendo riferimento alla tabella 3.2.II - NTC 18).

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.*

Dai risultati delle prove geofisiche pregresse eseguite in area limitrofa, in via Cattaneo nel comune di Turate in corrispondenza della medesima unità geologica e medesimo

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

scenario sismico Z4a, si sono individuati i seguenti livelli a comportamento elastico differente:

- Prima unità geosismica: materiale caratterizzato da Vs di circa 200 m/s di spessore circa 2 metri;
- Seconda unità geosismica: caratterizzata da Vs di circa 250 m/s fino a circa 5 metri di profondità;
- Terza unità geosismica: caratterizzata da Vs di circa 300 m/s fino a circa 8 metri di profondità;
- Quarta unità geosismica: caratterizzata da Vs di circa 480 m/s fino a circa 11 metri di profondità;
- Quinta unità geosismica: caratterizzata da Vs di circa 700 m/s oltre 11 metri di profondità.

Il diagramma H/V di seguito riportato rappresenta l'andamento delle Vs in funzione della profondità.

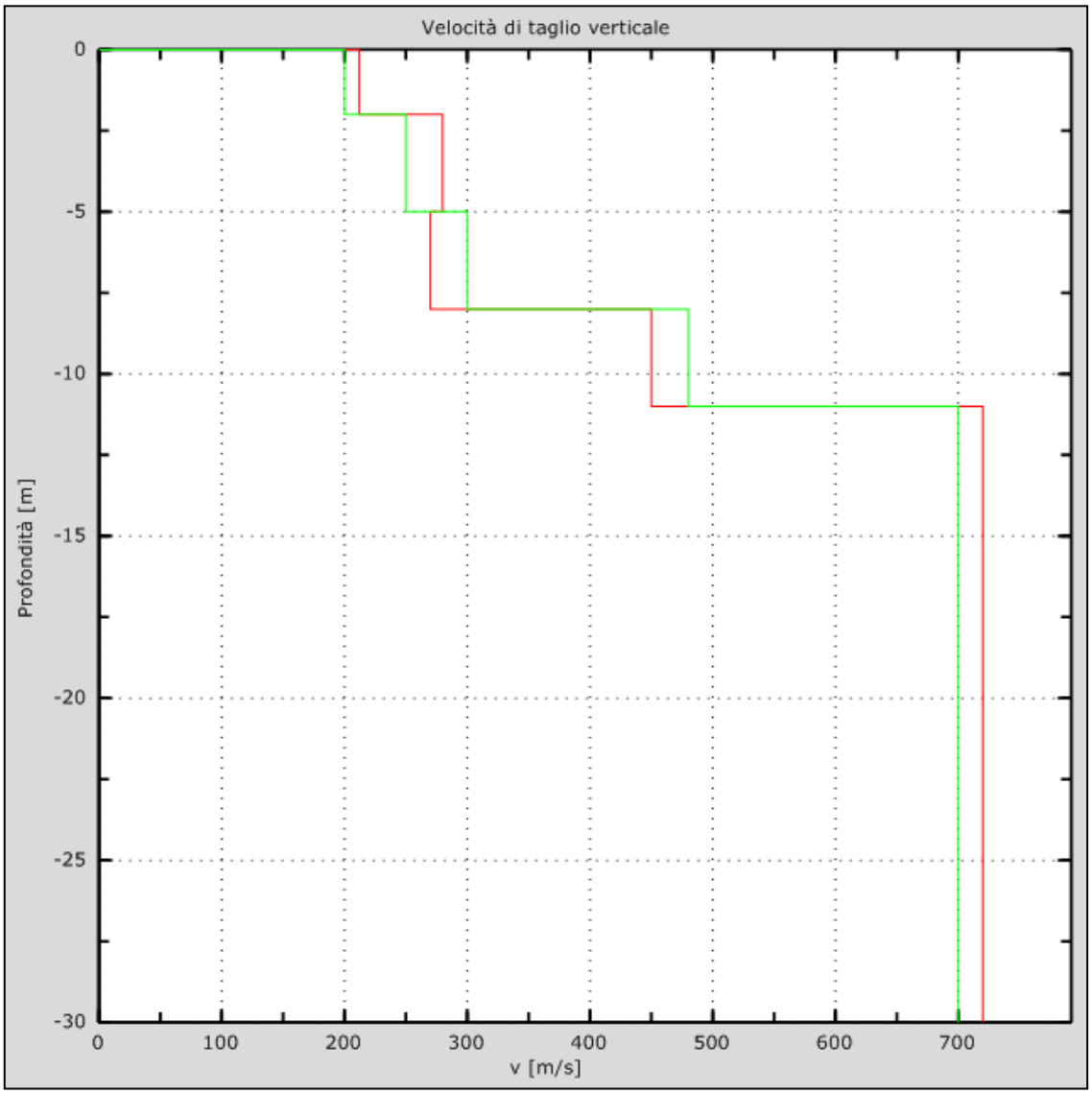


Fig. 7 –. Andamento in verde della Vs in funzione della profondità

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

Non avendo rinvenuto del substrato sismico (V_S > 800 m/s) con profondità H inferiore a 30 m dal piano fondazionale, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal $V_{S,30}$.

I risultati ottenuti, considerando un piano d'imposta fondazionale medio di circa 4,0 m da attuale p.c. rispetto al punto di esecuzione della stesa sismica, indicano un valore di $V_{s,30}$ = **564 m/s.** Tali valori collocano il sito di interesse in categoria di suolo **B** cioè: "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."

5.5 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La categoria in cui ricade l'area in riferimento alle caratteristiche topografiche è la seguente (facendo riferimento alla Tab 3.2 III - NTC 18).

Categoria T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°.

5.6 CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Al fine di poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario definire anche la vita nominale dell'opera e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

TIPI DI COSTRUZIONE (estratto da tabella 2.4.I - NTC 18)		***Valori minimi V_N (in anni)***
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50

Classi d'uso (2.4.2 - NTC 18)

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

5.7 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI DI SITO

I parametri sismici di sito sono stati calcolati, inserendo le coordinate geografiche medie del sito, la classe d'uso e la vita nominale della costruzione, la categoria di suolo e le condizioni topografiche per mezzo di un apposito software che utilizza come base di dati il reticolo di riferimento nazionale. Di seguito si riporta l'elenco dei parametri calcolati per i diversi stati limite. In allegato si riportano i dati completi riferiti al sito.

Periodo di riferimento della costruzione

T_r: periodo di ritorno evento sismico

a_g: accelerazione di riferimento del terreno

F_o:fattore di amplificazione spettrale massima

Tc*:periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

6 - RISULTATI

6.1 MODELLO DEL TERRENO

L'analisi dei grafici delle prove penetrometriche permette di schematizzare l'assetto stratigrafico mediante modelli ipotizzati sulla base della densità stimata (o del grado di addensamento), proporzionale al valore dei colpi. Ricavati dal sito il numero dei colpi necessari all'avanzamento della punta conica per 20 cm, l'elaborazione della prova utilizza correlazioni che si riferiscono al valore normalizzato dei colpi ricavato dalla prova SPT classica. Con riferimento al penetrometro usato il coefficiente di correlazione C_f risulta pari a 1,47. La correlazione consente di ricavare i seguenti valori di NSPT per gli orizzonti incontrati. I picchi osservabili sui grafici sono da imputarsi ad anomalie di valori localizzate in corrispondenza di trovanti e non sono considerati nel calcolo delle medie.

Prova P1

In questa prova sono stati distinti 5 livelli: un primo livello fino a 2,20 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 2, un secondo livello fino a 7,40 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 6, un terzo livello fino a 10,00 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 11, un quarto livello fino a 11,80 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 17, un quinto livello fino a 12,00 m di profondità corrispondente al rifiuto della prova.

Prova P2

In questa prova sono stati distinti 3 livelli: un primo livello fino a 1,40 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 1, un secondo livello fino a 14,60 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 6, un terzo livello fino a 16,20 m di profondità (termine prova) con numero N_{SPT} medio pari a circa 16.

Prova P3

In questa prova sono stati distinti 3 livelli: un primo livello fino a 1,80 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 1, un secondo livello fino a 15,00 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 5, un terzo livello fino a 15,20 m di profondità corrispondente al rifiuto della prova.

Prova P4

In questa prova sono stati distinti 4 livelli: un primo livello fino a 1,60 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 2, un secondo livello fino a 9,60 m di profondità con numero N_{SPT} medio pari a circa 8, un terzo livello fino a 11,20 m di profondità con numero N_{SPT} medio

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

pari a circa 29, un quarto livello fino a 11,40 m di profondità corrispondente al rifiuto della prova.

La tabelle seguenti sintetizzano la situazione stratigrafica riscontrata nelle prove eseguite.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA **P1**		
PROFONDITA' (m p.c.)	*LIVELLO*	*Nspt MEDIO*
0,00 m - 2,20 m	**A**	2
2,20 m - 7,40 m	**B**	6
7,40 m - 10,00 m	**C**	11
10,00 m - 11,80 m	**C**	17
12,00 m	**Rif.**	-

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA **P2**		
PROFONDITA' (m p.c.)	*LIVELLO*	*Nspt MEDIO*
0,00 m - 1,40 m	**A**	1
1,40 m - 14,60 m	**B**	6
14,60 m - 16,20 m	**C**	16

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA **P3**		
PROFONDITA' (m p.c.)	*LIVELLO*	*Nspt MEDIO*
0,00 m - 1,80 m	**A**	1
1,80 m - 15,00 m	**B**	5
15,20 m	**Rif.**	-

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA **P4**		
PROFONDITA' (m p.c.)	*LIVELLO*	*Nspt MEDIO*
0,00 m - 1,60 m	**A**	2
1,60 m - 9,60 m	**B**	8
9,60 m - 11,20 m	**D**	29
11,40 m	**Rif.**	-

L'aspetto delle aste al termine delle manovre di recupero ha evidenziato la presenza di acque sotterranee in corrispondenza di tutte e tre le prove eseguite, a partire dalla profondità di circa 4,00-5,00 m da attuale p.c. La presenza di depositi fluvioglaciali caratterizzati da estrema variabilità litologica delle caratteristiche litologiche, può dar luogo alla formazione di modeste falde sospese discontinue e orizzonti saturi nei primi metri di carattere stagionale, legate all'andamento delle precipitazioni.

Nelle successive verifiche geotecniche si è pertanto considerata, in via cautelativa, la presenza di acque sotterranee a partire da -4,00 m di profondità.

6.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le N.T.C. 2018 riportano al paragrafo 6.2.2: "*Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato*".

Nelle seguenti tabelle si riportano i parametri geotecnici caratteristici che contraddistinguono i principali livelli rinvenuti derivati dai risultati delle prove eseguite, verificati con dati bibliografici riferibili a prove in sito e di laboratorio su campioni ben assimilabili a quelli in oggetto.

Livello geotecnico A con scadenti caratteristiche e numero N_{SPT} medio di circa 1-2.

Angolo attrito(°) (Peck-Hanson)	Dr (%) (Meyerhof)	Peso di volume (KN/m^3)	Peso di volume saturo (KN/m^3)	Modulo Poisson	Modulo Edometrico (Kg/cm^2)	Classificazione A.G.I.
24	30	15,5	17,0	0,35	30	Sciolto

Livello geotecnico B con numero NSPT medio di circa 5-8.

Angolo attrito(°) (Peck-Hanson)	Dr (%) (Meyerhof)	Peso di volume (KN/m^3)	Peso di volume saturo (KN/m^3)	Modulo Poisson	Modulo Edometrico (Kg/cm^2)	Classificazione A.G.I.
27	45	16,5	18,0	0,34	50	Poco addensato

Livello geotecnico C con numero NSPT medio di circa 11-17.

Angolo attrito(°) (Peck-Hanson)	Dr (%) (Meyerhof)	Peso di volume (KN/m^3)	Peso di volume saturo (KN/m^3)	Modulo Poisson	Modulo Edometrico (Kg/cm^2)	Classificazione A.G.I.
29	60	18,0	19,5	0,33	70	Moderatamente addensato

Livello geotecnico D con numero NSPT medio di circa 29.

Angolo attrito(°) (Peck-Hanson)	Dr (%) (Meyerhof)	Peso di volume (KN/m^3)	Peso di volume saturo (KN/m^3)	Modulo Poisson	Modulo Edometrico (Kg/cm^2)	Classificazione A.G.I.
33	750	19,0	20,5	0,31	100	Moderatamente addensato

Per quanto riguarda la coesione in via cautelativa viene considerata uguale a zero.

Per il calcolo dei parametri si è utilizzato il software della Geostru Dynamic Probing versione 2024.27.5.1172.

6.3 STIMA CAPACITÀ PORTANTE DEI TERRENI INDAGATI

Il presente paragrafo riporta delle indicazioni preliminari circa le possibili scelte progettuali sulle opere di fondazione in relazione al modello geotecnico rilevato. Così come prescritto dalla normativa vigente (D.M. 17/01/2018), si rimanda in ogni caso alle successive verifiche geotecniche, da effettuarsi da parte del Progettista, su ogni tipologia di fondazione scelta e dimensionata sulla base delle specifiche combinazioni di carico.

Per ogni stato limite ultimo deve essere verificata la seguente condizione:

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

$$Ed \leq Rd$$

dove Ed rappresenta l'insieme amplificato delle azioni agenti, ed Rd l'insieme delle resistenze, queste ultime corrette in funzione della tipologia del metodo di approccio al calcolo eseguito, della geometria del sistema e delle proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni in uso.

Per il calcolo preliminare della capacità portante $q_{\lim}$ si può fare riferimento alla formula di Brinch-Hansen (che costituisce un'estensione dell'equazione di Buisman e Terzaghi):

$$Q_{lim} = q*Nq*dq*sq*iq*bq*gq + 0,5*\gamma*B*Ng*sg*dg*rb*ig*bg*gg$$

dove: $q = \gamma * D$ γ = peso di volume del terreno sopra imposta

D = profondità d'imposta della fondazione B = larghezza della fondazione

Nq, Ng = fattori di capacità portante funzione di ϕ

sq, sg = fattori di forma dipendenti dalla geometria della fondazione

dq, dg = fattori di profondità rb = fattore di riduzione di Bowles

iq, ig = fattori di inclinazione del carico bq, bg = fattori di inclinazione del piano d'appoggio

gq, gg = fattori di inclinazione per fondazione su pendio

Di seguito viene stimata la resistenza di progetto Rd (SLU), utilizzando l'Approccio 2, (A1+M1+R3), tenendo conto del relativo coefficiente parziale γ_R (2,3) e utilizzando come parametri i valori caratteristici precedentemente riportati ridotti tramite i coefficienti M1 (in condizioni drenate). In tale ipotesi è stata eseguita una analisi agli SLV di capacità portante al collasso verticale supponendo l'impiego di fondazioni superficiali come descritte di seguito.

L'elaborazione preliminare è effettuata su fondazioni come di seguito descritte: dirette a **plinto di lato quadrato di dimensioni 5,00 x 5,00 m** impostate mediamente a **circa 3,00 m da attuale p.c.** (dati forniti dal calcolatore statico Ing. Alberto Bettani) Di seguito sono riportati in prima valutazione i valori di resistenza di progetto per fondazioni con le caratteristiche geometriche poc'anzi indicate, utilizzando come parametri i valori caratteristici precedentemente riportati (in condizioni drenate).

Prova (incasso 3,0 m da attuale p.c.)	**Lato in m fondazione a plinto quadrato e resistenza di progetto (Rd SLU in kN/m²)**
	5,00 x 5,00 m
P1	412
P2	417
P3	414
P4	415

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

Per i calcoli si è utilizzato il software della Geostru Loadcap versione 2025.32.2.1190.

6.4 STIMA DEI CEDIMENTI DEI TERRENI INDAGATI

L'applicazione del sovraccarico della fondazione conduce ad una variazione dello stato tensionale del terreno. Il carico applicato tende a diffondersi in profondità fino al suo completo assorbimento. I cedimenti sono causati dalla deformazione elastica e plastica del terreno: per terreni impermeabili a granulometria molto fine come limi e argille, per lenta espulsione dell'acqua contenuta tra grano e grano (consolidamento), che avviene in tempi molto lunghi, mentre in terreni granulari si hanno sviluppi di cedimenti più a breve termine. Aumentando la larghezza della fondazione superficiale si avrà un corrispondente decremento dei sovraccarichi per unità di superficie, ma a parità un aumento dei cedimenti assoluti, perché viene coinvolto un volume maggiore di terreno compressibile in profondità. Nel caso di terreni multistrato, aumentando la larghezza delle fondazioni superficiali, si andranno quindi ad interessare litologie con differenti proprietà geotecniche in profondità.

Disponendo di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento per una stima di massima al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità Ic al risultato N della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_C / 3 + \left(q' - \sigma'_{v0}\right) \cdot B^{0.7} \cdot I_C\right]$$

nella quale:

q' : pressione efficace lorda;
σ'_{vo} : tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;
B : larghezza della fondazione;
I_C : indice di compressibilità;
f_s, f_H, f_t : fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

Da quanto sopra esposto, con la geometria delle fondazioni precedentemente descritte, derivano i seguenti risultati tenuto conto che come valore della pressione normale si è considerato un valore di carico di esercizio (SLE) pari a 125 kN/m^2 (dati forniti dall'Ing. A. Bettani).

PLINTO QUADRATO 5,0 X 5,0 M CEDIMENTI CON 125 KN/M^2	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**
DOPO 10 ANNI mm	57	57	86	39

I presenti risultati ottenuti con la formula di Burland e Burbidge sono solo indicativi. Un'analisi più accurata e precisa potrà essere eseguita solo prelevando dei campioni di terreno indisturbati sui quali effettuare idonee prove di laboratorio. Non si esclude quindi

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

che dall'esecuzione di tali prove si ottengano valori di cedimenti significativamente differenti.

Andranno evitate attentamente condizioni di appoggio differenziato su porzioni di terreno con differente grado di addensamento al fine di prevenire la potenziale insorgenza di fenomeni di cedimenti differenziali.

Per i calcoli si è utilizzato il software della Geostru Loadcap versione 2025.32.2.1190.

6.5 RISCHIO LIQUEFAZIONE

Le NTC richiedono di verificare che il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Le NTC 2018 al punto 7.11.3.4.2 riportano che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5.

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Dalle indagini geofisiche effettuate risulta che per il sito in oggetto che la massima accelerazione attesa al sito a_{max} risulta pari a 0,061 g (SLV) < 0,1g per un suolo di categoria C-T1.

Ne consegue che la verifica a liquefazione può essere omessa.

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

CONCLUSIONI

In base alle considerazioni geologiche e morfologiche precedentemente fatte si possono trarre le seguenti conclusioni:

- L'intervento in progetto è ubicato in via Petrarca nel Comune di Rovello Porro (CO) in zona pianeggiante urbanizzata. Le indagini dirette (n. 4 prove penetrometriche dinamiche) e indirette pregresse (n. 1 stesa geofisica) oltre ai rilievi di superficie e ai dati bibliografici raccolti, hanno consentito di evidenziare l'assetto stratigrafico e le caratteristiche meccaniche e sismiche dei terreni indagati;
- In base ai rilievi eseguiti, ai dati bibliografici raccolti e alle indagini effettuate, l'area oggetto del presente documento è ubicata sui terreni riconducibili ai depositi fluvioglaciali dell'Alloformazione di Binago, in prevalenza costituiti da ghiaie poligeniche medio grossolane sia a supporto clastico che di matrice sabbioso-limosa, localmente limoso-argillosa, con possibile presenza di lenti limoso-sabbiose discontinue; in superficie sono presenti limi massimi (loess) di spessore variabile da 1,5 a 2,5 metri. Le prove eseguite hanno evidenziato la presenza di terreni a differenti caratteristiche geotecniche, ed addensamento variabile da sciolto a moderatamente addensato, con presenza di un livello geotecnico denominato A con scadenti caratteristiche rinvenibile superficialmente fino alla profondità minima di circa 1,4 m da attuale p.c. in corrispondenza della prova P2, e fino alla profondità massima circa 2,2 m in corrispondenza della prova P1. E' inoltre presente un livello geotecnico denominato b poco addensato rinvenibile a profondità comprese tra 2,2-7,4 m di profondità nella prova P1, tra 1,4-14,6 m nella prova P2, tra 1,8-15,0 m nella prova P3 e tra 1,6-9,6 m nella prova P4. Dal punto di vista composizionale si riscontra quindi una notevole variabilità verticale delle condizioni litologiche come granulometria e conducibilità idraulica;
- Nel lotto la circolazione delle acque superficiali è, al momento, limitata al dilavamento del piano campagna con possibile via preferenziale di deflusso delle acque provenienti dalle zone morfologicamente lievemente più rilevate. Per preservare la funzione regimante del suolo, della copertura vegetale e per evitare l'insorgenza di episodi di ruscellamento concentrato anche nelle aree adiacenti, si raccomanda comunque di stabilizzare e inerbire gli eventuali riporti di terra effettuati, nonché le altre zone che a fine lavori saranno prive di cotico erboso, prevedendo una conformazione morfologica finale che garantisca l'allontanamento delle acque meteoriche e/o corrivazione;
- L'aspetto delle aste al termine delle manovre di recupero ha evidenziato la presenza di acque sotterranee in corrispondenza di tutte e tre le prove eseguite, a partire dalla

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

profondità di circa 4,00-5,00 m da attuale p.c. La presenza di depositi fluvioglaciali caratterizzati da estrema variabilità litologica delle caratteristiche litologiche, può dar luogo alla formazione di modeste falde sospese discontinue e orizzonti saturi nei primi metri di carattere stagionale, legate all'andamento delle precipitazioni, mentre la falda principale è ubicata a quote tali da non interferire con le opere fondazionali previste;

- Dall'analisi della carta dei vincoli facente parte della componente geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Rovello Porro e dalla cartografia del PGRA della Regione Lombardia non risultano essere presenti vincoli o segnalati dissesti nell'area in oggetto;
- L'intervento in progetto in base alla carta della fattibilità geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Rovello Porro, ricade in sottoclasse 2Bi, fattibilità con modeste limitazioni, legate alle condizioni geotecniche per la presenza di terreni fini superficiali con scadenti caratteristiche geotecniche e alla salvaguardia dell'acquifero libero; per quanto riguarda l'aspetto della salvaguardia dell'acquifero libero si esclude che le opere in progetto possano interferire con le acque sotterranee captate ad uso idropotabile; inoltre, la tipologia delle opere è tale che si esclude che le medesime possano influire negativamente sullo stato qualitativo e quantitativo delle acque sotterranee, fatto salvo il pieno rispetto del Regolamento Regionale n. 6 del 29 marzo 2019 (scariche acque reflue);
- Il materiale da scavo dovrà essere gestito in ottemperanza ai criteri di cui al D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164;
- I risultati delle prove geofisiche pregresse eseguite in area limitrofa collocano il sito di interesse in categoria di suolo B. Vista la presenza in superficie di unità geosismiche con velocità basse e i risultati delle prove penetrometriche eseguite, a scopo cautelativo si consiglia l'attribuzione alla categoria di suolo C e cioè: "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.";
- I fronti di scavo dovranno essere armati e posti in sicurezza nel minor tempo possibile prevedendo inclinazioni compatibili alle caratteristiche geotecniche dei terreni o adeguate opere di sostegno provvisionali e/o definitive. E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature. Si dovrà inoltre effettuare un periodico disgaggio di sassi e ciottoli presenti lungo i fronti, verificandone

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

periodicamente la stabilità. La sistemazione esterna dovrà evitare infiltrazioni di acqua tale da variare le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi, così come dovranno essere protette dall'erosione e dall'imbibizione le pareti degli stessi scavi durante tutta la loro apertura. Si raccomanda il rispetto di quanto, previsto dalla normativa vigente in tema di sicurezza dei fronti di scavo (artt. 118, 119 e 120 del D,Lgs. n. 81/2008) e par. 6.8.6 del D.M. 17-01-2018;

- Vista l'eterogeneità del sottosuolo locale in fase di cantiere sarà indispensabile verificare che le ipotesi fatte relativamente alla successione dei depositi siano veritiere verificando inoltre a scavi aperti l'esistenza di una buona omogeneità del terreno di fondazione, essendo le indagini geotecniche eseguite necessariamente per punti. Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera, creando un livello con un grado di addensamento quanto più uniforme possibile, ben costipato e protetto con un opportuno spessore di conglomerato magro o altro materiale idoneo. La sistemazione esterna dovrà evitare infiltrazioni di acqua tale da variare le caratteristiche geomeccaniche del terreno di fondazione. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi, così come dovranno essere protette dall'erosione e dall'imbibizione le pareti degli stessi scavi durante tutta la loro apertura. Andrà eseguito un apposito scavo esplorativo spinto al di sotto della prevista quota di imposta delle fondazioni al fine di verificare il modello geologico descritto dalla presente relazione.
- Eventuali riporti o sottofondi al di sotto del piano fondazionale andranno realizzati con un bonifico di materiali aridi granulari (70% ghiaia, 20% sabbia, 10% di fine intasante; classi A1 e A2-4 della classificazione delle terre CNR UNI 10006), rullati e compattati a regola d'arte per più passate incrociate in strati di 30-40 cm, e con una larghezza di almeno 50 cm eccedente a quella fondazionale, fino al raggiungimento della prevista quota di imposta. Andranno evitate condizioni di appoggio differenziato su porzioni di terreno con differente grado di addensamento al fine di prevenire la potenziale insorgenza di fenomeni di cedimento differenziale. Si rimanda al Progettista strutturale la scelta e il definitivo dimensionamento e le relative verifiche geotecniche delle strutture fondazionali delle opere da costruire, la determinazione della profondità d'imposta delle medesime, la valutazione dei cedimenti accettabili, tenendo conto degli eventuali spessori di materiali contraddistinti da caratteri geotecnici scadenti.

Si rimane a disposizione del Committente per qualsiasi ulteriore chiarimento

Induno Olona (VA), 4 febbraio 2025 Dott. Geol. Arduino Belli

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
Dr. Geologo ARDUINO BELLI n. 1176

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259

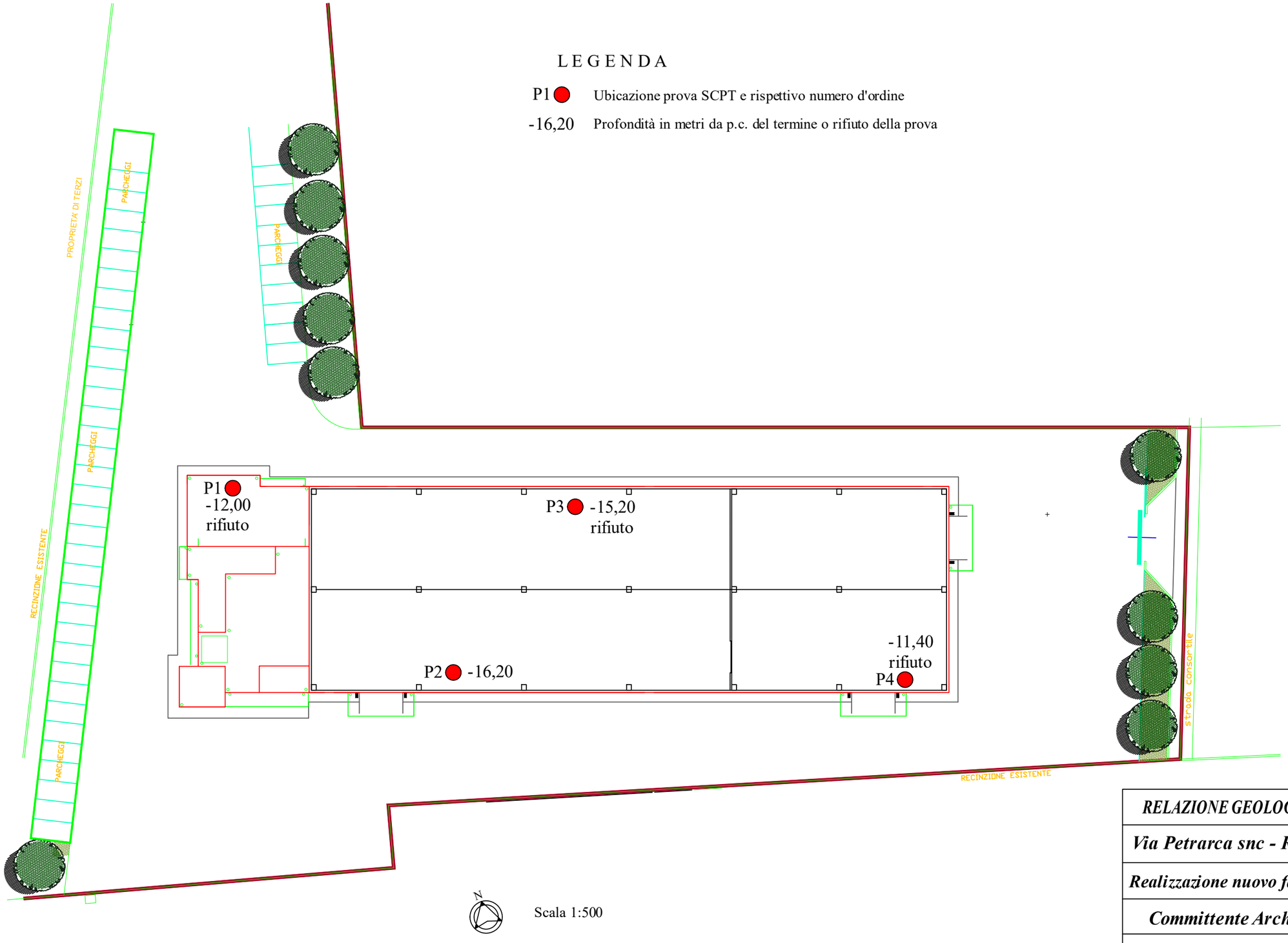
ALLEGATI

TAVOLA 1 UBICAZIONE INDAGINI

GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE

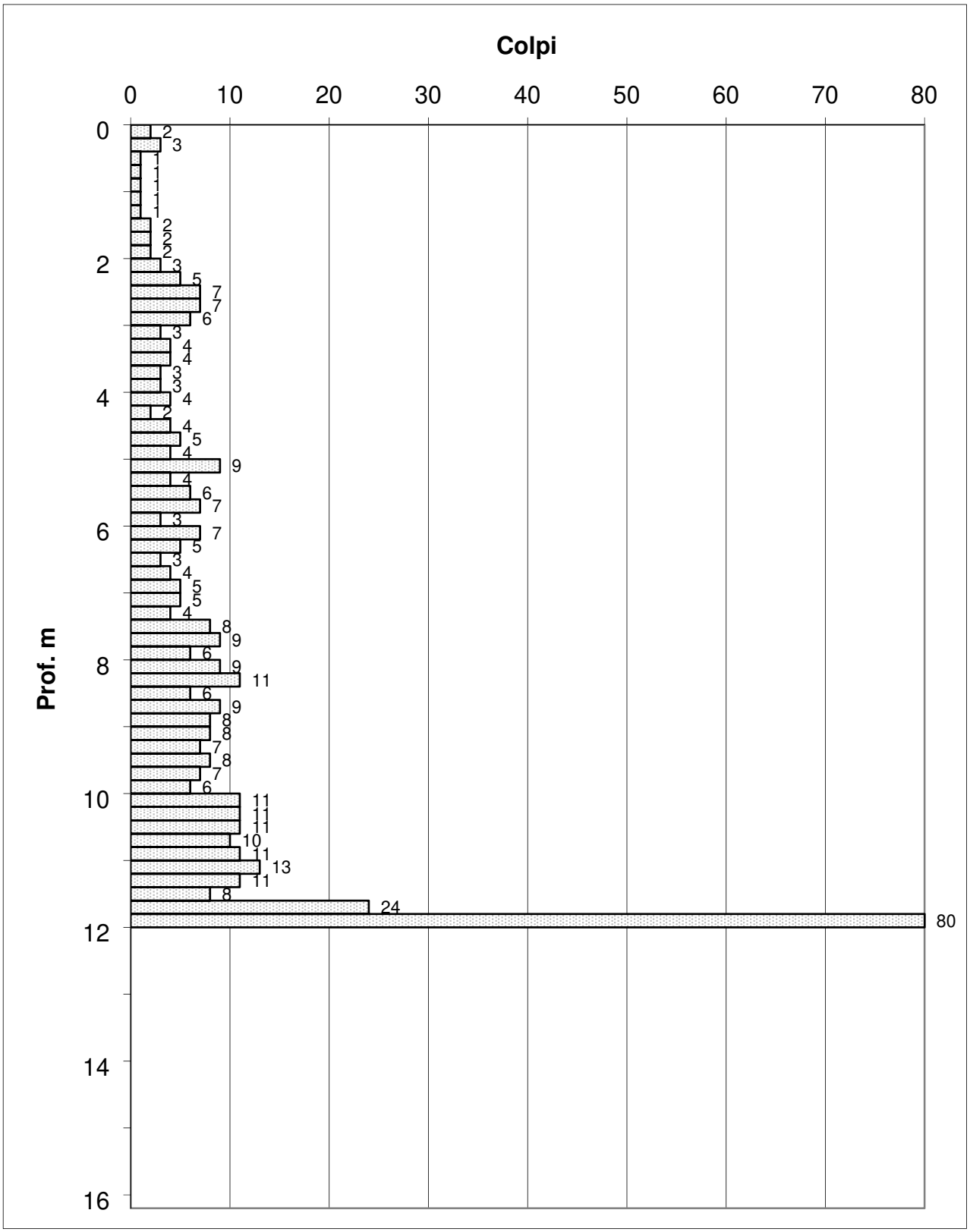
PARAMETRI SIMICI DI SITO

GEOLOGO ARDUINO BELLI
VIA PEZZA, 59 – INDUNO OLONA (VA)
FAX. 03323531179 TEL. 3285371259



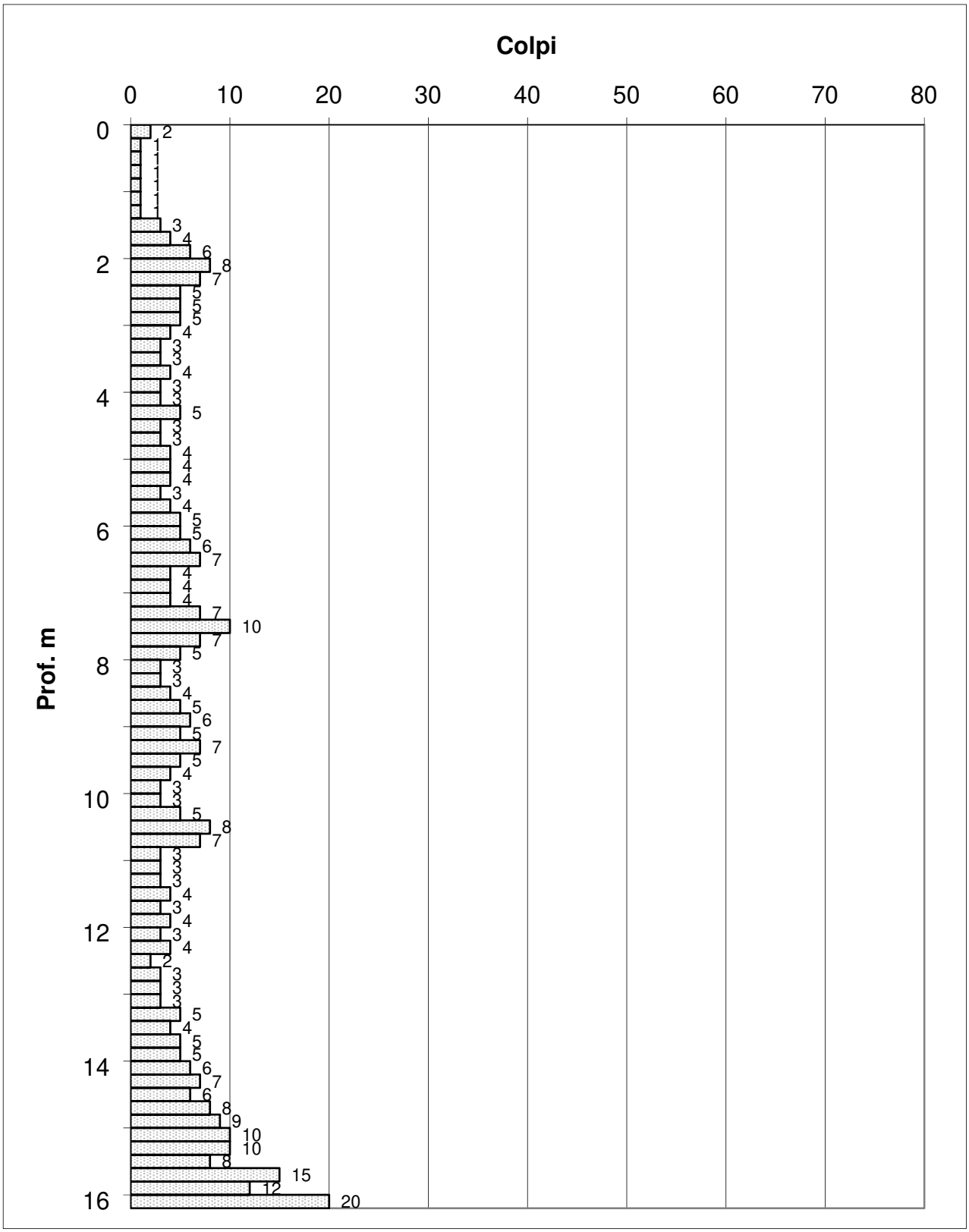
RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA		
Via Petrarca snc - Rovello Porro (CO)		
Realizzazione nuovo fabbricato industriale		
Committente Arch. Chiara Uboldi		
UBICAZIONE INDAGINI		
Tav. 1	***Dicembre 2024***	Arduino Belli geologo

Committente:	Località.		Data:
Arch. Chiara Uboldi	**Via Petrarca n. 49 - Rovello Porro (CO)**		**06/09/2024**
Attrezzatura:	Quota m.s.l.m.		Prova SCPT
Pagani TG 63/100	**240**		**P1**



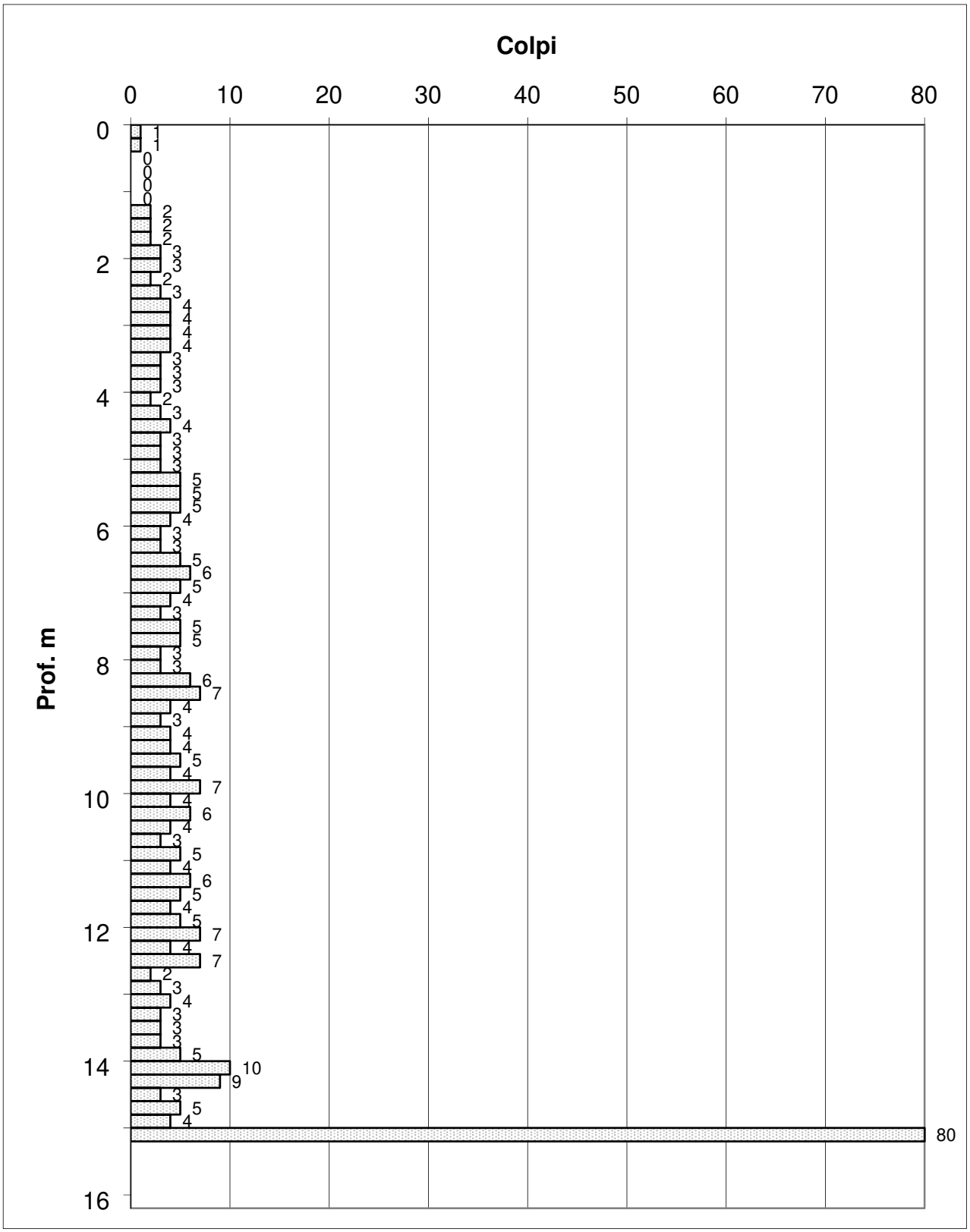
Geol. Arduino Belli - Via Pezza, 59 Induno O. (VA) - Tel. 3285371259 Fax 03323531179

Committente:	Località.		Data:
Arch. Chiara Uboldi	**Via Petrarca n. 49 - Rovello Porro (CO)**		**06/09/2024**
Attrezzatura:	Quota m.s.l.m.		Prova SCPT
Pagani TG 63/100	**240**		**P2**



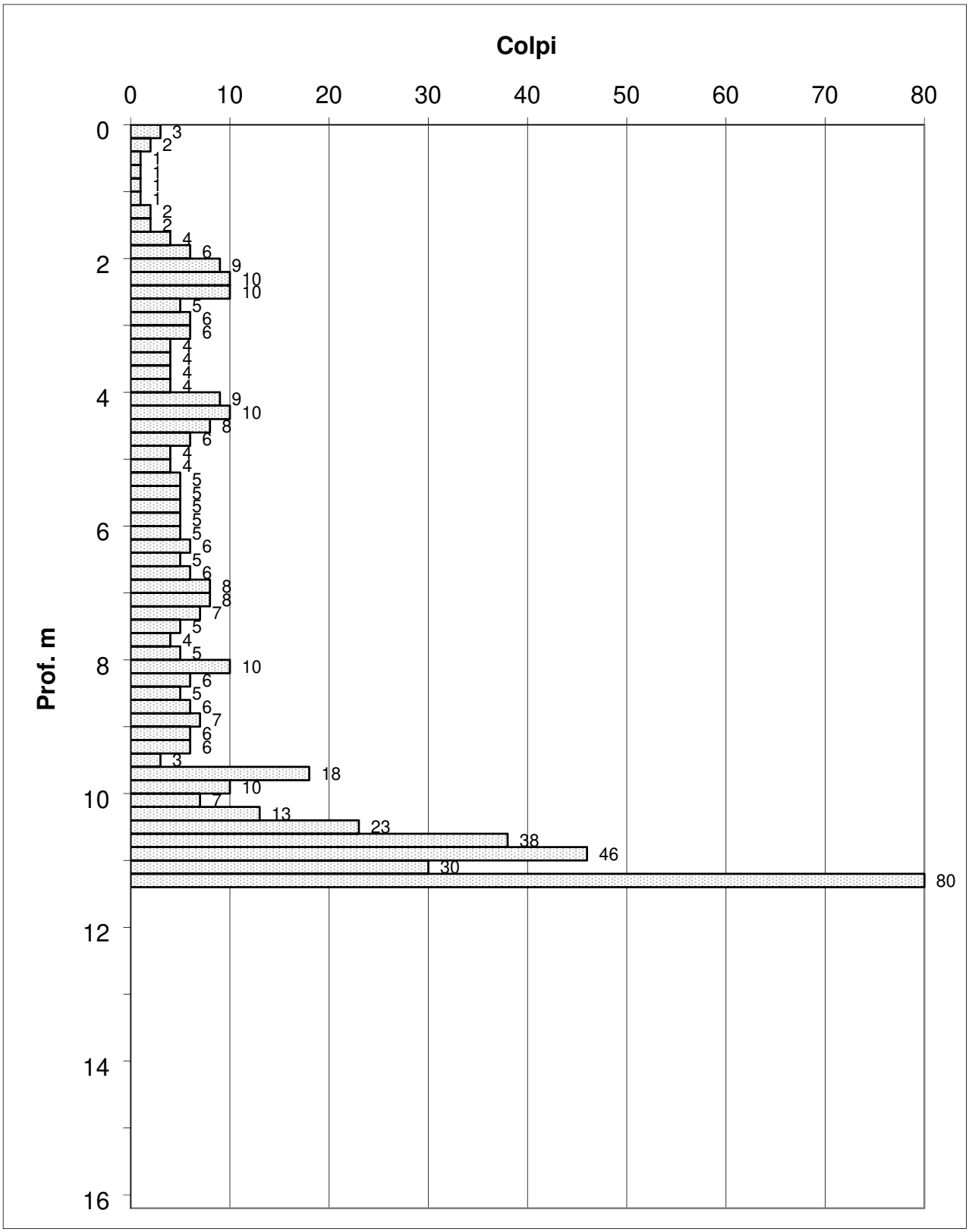
Geol. Arduino Belli - Via Pezza, 59 Induno O. (VA) - Tel. 3285371259 Fax 03323531179

Committente:	Località.		Data:
Arch. Chiara Uboldi	**Via Petrarca n. 49 - Rovello Porro (CO)**		**06/09/2024**
Attrezzatura:	Quota m.s.l.m.		Prova SCPT
Pagani TG 63/100	**240**		**P3**



Geol. Arduino Belli - Via Pezza, 59 Induno O. (VA) - Tel. 3285371259 Fax 03323531179

Committente:	Località.		Data:
Arch. Chiara Uboldi	**Via Petrarca n. 49 - Rovello Porro (CO)**		**06/09/2024**
Attrezzatura:	Quota m.s.l.m.		Prova SCPT
Pagani TG 63/100	**240**		**P4**



Geol. Arduino Belli - Via Pezza, 59 Induno O. (VA) - Tel. 3285371259 Fax 03323531179

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame: via Petrarca snc– Rovello Porro (CO)

latitudine:	45,658577
longitudine:	9,026809
Classe:	2
Vita nominale:	50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11370	Lat: 45,6513	Lon: 8,9889	Distanza: 3053,156
Sito 2	ID: 11371	Lat: 45,6539	Lon: 9,0602	Distanza: 2647,560
Sito 3	ID: 11149	Lat: 45,7038	Lon: 9,0566	Distanza: 5538,720
Sito 4	ID: 11148	Lat: 45,7012	Lon: 8,9852	Distanza: 5737,967

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50 anni
Coefficiente cu:	1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,016	g
Fo:	2,567	
Tc*:	0,159	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,020	g
Fo:	2,547	
Tc*:	0,174	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,041	g
Fo:	2,649	
Tc*:	0,285	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,049	g
Fo:	2,695	
Tc*:	0,304	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,930
St:	1,000
Kh:	0,005
Kv:	0,002
Amax:	0,234
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,870
St:	1,000
Kh:	0,006
Kv:	0,003
Amax:	0,291
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,500
Cc:	1,590
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,598
Beta:	0,200

SLC:

Ss:	1,500
Cc:	1,560
St:	1,000
Kh:	0,015
Kv:	0,007
Amax:	0,724
Beta:	0,200

Le coordinate espresse sono in ED50
Coordinate WGS84
latitudine: 45.657646
longitudine: 9.025742
Geostru software