

---

REGIONE PIEMONTE  
COMUNE DI VERBANIA

---

PIANO DI RECUPERO  
CENTRO STORICO SUNA  
VIA DEI PARTIGIANI 120/122

---

LAVORO:

PIANO DI RECUPERO

---

TITOLO:

ELABORATO "D"  
INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA

---

DATA: ELAB: TAV: SCALA:

22 MAGGIO 2023

AGG:

---

COMMITTENTE:

FRANCO ZUCCHINETTI

---

PROGETTISTA:

GIANMARIA BARISANI architetto  
via Montebello 24 – 28925 VERBANIA  
ordine arch. prov. NO e VCO n. 789

---

**Sig. FRANCO ZUCCHINETTI**  
**VERBANIA (VB)**

PROGETTO:

**PIANO DI RECUPERO NUCLEO ANTICA FORMAZIONE**  
**LOCALITÀ SUNA**  
**COMUNE DI VERBANIA (VB)**

**RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**  
*ai sensi del D.M. 17-01-2018*

*Verbania, giugno 2023*  
*Dott. Geol. Stefano Fardelli*



**Studio GeA Geologi Associati**

Anna Cristina • Stefano Fardelli • Roberto Michetti  
C.so Cairoli, 46 • 28921 Verbania Intra (VB)  
Tel.: 0323516236 • P.IVA: 01927120038  
E-mail: [studiogea.vb@gmail.com](mailto:studiogea.vb@gmail.com)

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>2. LOCALIZZAZIONE E BREVE DESCRIZIONE DEI CONTENUTI DEL PIANO DI RECUPERO</b>	<b>2</b>
<b>3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE</b>	<b>3</b>
<b>4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA</b>	<b>5</b>
<b>5. PERICOLOSITÀ, RISCHIO E VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA</b>	<b>7</b>
<b>6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI</b>	<b>8</b>
<b>7. AZIONE SISMICA</b>	<b>10</b>
<b>8. INDICAZIONI PROGETTUALI DI MASSIMA DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO</b>	<b>12</b>
<b>8.1 SCAVI</b>	<b>13</b>
<b>8.2. CAPACITÀ PORTANTE LIMITE</b>	<b>13</b>
<b>9. CONCLUSIONI</b>	<b>14</b>

## 1. PREMESSA

Su richiesta del progettista Arch. Gianmaria Barisani e per conto del committente Sig. Franco Zucchinetti è stata redatta la presente Relazione geologica e geotecnica a supporto del Piano di Recupero di iniziativa privata relativo ad un'area ubicata nel centro storico di Suna in Comune di Verbania.

Il presente elaborato si configura come caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica del sito fornendo l'identificazione delle formazioni presenti, lo studio dei tipi litologici e della struttura del sottosuolo; esso definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche ai sensi dell'art. 6.2.1 del D.M. 17-01-2018.

Inoltre, in funzione di quanto previsto al punto 6.12 del D.M. 17-01-2018, descrive i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri stratigrafici e strutturali e, il grado di alterazione dei terreni presenti, nonché lo schema idrogeologico; lo studio geotecnico deve permettere la definizione delle proprietà fisiche e meccaniche dei principali tipi di terreno e del regime delle pressioni interstiziali.

Per l'accertamento della fattibilità del Piano di Recupero saranno raccolte informazioni atte a definire:

- le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dell'area;
- le caratteristiche topografiche dell'area;
- i caratteri delle acque superficiali e sotterranee;
- le caratteristiche e il comportamento di manufatti esistenti nei dintorni.

La verifica di fattibilità comprende l'accertamento delle modifiche che il sistema di opere in progetto può indurre nell'area e deve precisare se le condizioni locali impongano l'adozione di soluzioni e procedimenti costruttivi di particolare onerosità. Le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona di interesse anche in termini di vulnerabilità ambientale, per processi geodinamici interni ed esterni (stabilità dei pendii, erosione, subsidenza,...) e devono consentire di individuare gli eventuali limiti imposti al progetto di insiemi di manufatti e interventi

In questa fase non è stato possibile procedere all'esecuzione di indagini geognostiche specifiche al fine di determinare la stratigrafia di dettaglio dei terreni interessati dal Piano di Recupero: pertanto sono state fatte ipotesi di massima circa lo spessore e la natura dei sedimenti presenti nei primi metri del sottosuolo, tenendo conto del procedimento suggerito al punto 6.2.5 dal D.M. 17-01-2018 circa l'applicazione del cosiddetto metodo osservazionale.

In coerenza con quanto ricavato nel modello geologico viene anche proposta, sempre applicando il metodo osservazionale, una prima stima di massima delle proprietà e dei parametri di resistenza dei terreni presenti nel volume significativo di terreno in funzione di granulometria, condizione di alterazione e regime delle acque interstiziali ipotizzati. Ai sensi dell'art. 6.2.2 del D.M. 17-01-2018, tale proposta andrà valutata dal progettista, anche considerando eventuali specifiche prove geotecniche, nell'ambito della caratterizzazione e modellazione geotecnica.

## 2. LOCALIZZAZIONE E BREVE DESCRIZIONE DEI CONTENUTI DEL PIANO DI RECUPERO

L'area sottoposta a Piano di Recupero è localizzata entro il nucleo storico dell'abitato di Verbania Suna, a quota di circa 207 m s.l.m. (figura 1) ed è individuata al mappale 142 del Foglio n. 68 del N.C.T. del Comune di Verbania.



Figura 1 – Corografia su base BDTRE, scala 1:10.000

Il Piano di Recupero così come illustrato negli elaborati progettuali consultati datati maggio 2023 a firma del progettista Arch. Gianmaria Barisani, ai quali si rimanda, prevede in sintesi:

- la demolizione degli edifici esistenti;
- la costruzione di un volume a destinazione residenziale formato da quattro livelli fuori terra;
- la realizzazione al piano terra di autorimesse con accesso da via dei Partigiani e di locali accessori.

I nuovi fabbricati saranno disposti seguendo l'attuale morfologia dell'area, in particolare non verrà modificato nel complesso il profilo del versante compreso tra l'edificato e la strada statale

sovrastante. A completamento degli interventi verrà riproposta l'area a cortile esistente, sistemata a verde e collocata al piano primo sopra il livello delle autorimesse.

### 3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Dal punto di vista geomorfologico il lotto di proprietà è collocato nella zona di transizione tra il settore marginale dell'antica conoide alluvionale del T. San Bernardino e il piede del versante meridionale del Monterosso; l'areale risulta ampiamente urbanizzato (figura 2), pertanto l'originaria morfologia risulta notevolmente modificata dall'azione modellatrice di origine antropica; ne è testimonianza ad esempio la presenza di terrazzamenti diffusi nelle proprietà ubicate lungo la porzione al piede del versante e a valle della S.S. n.34.

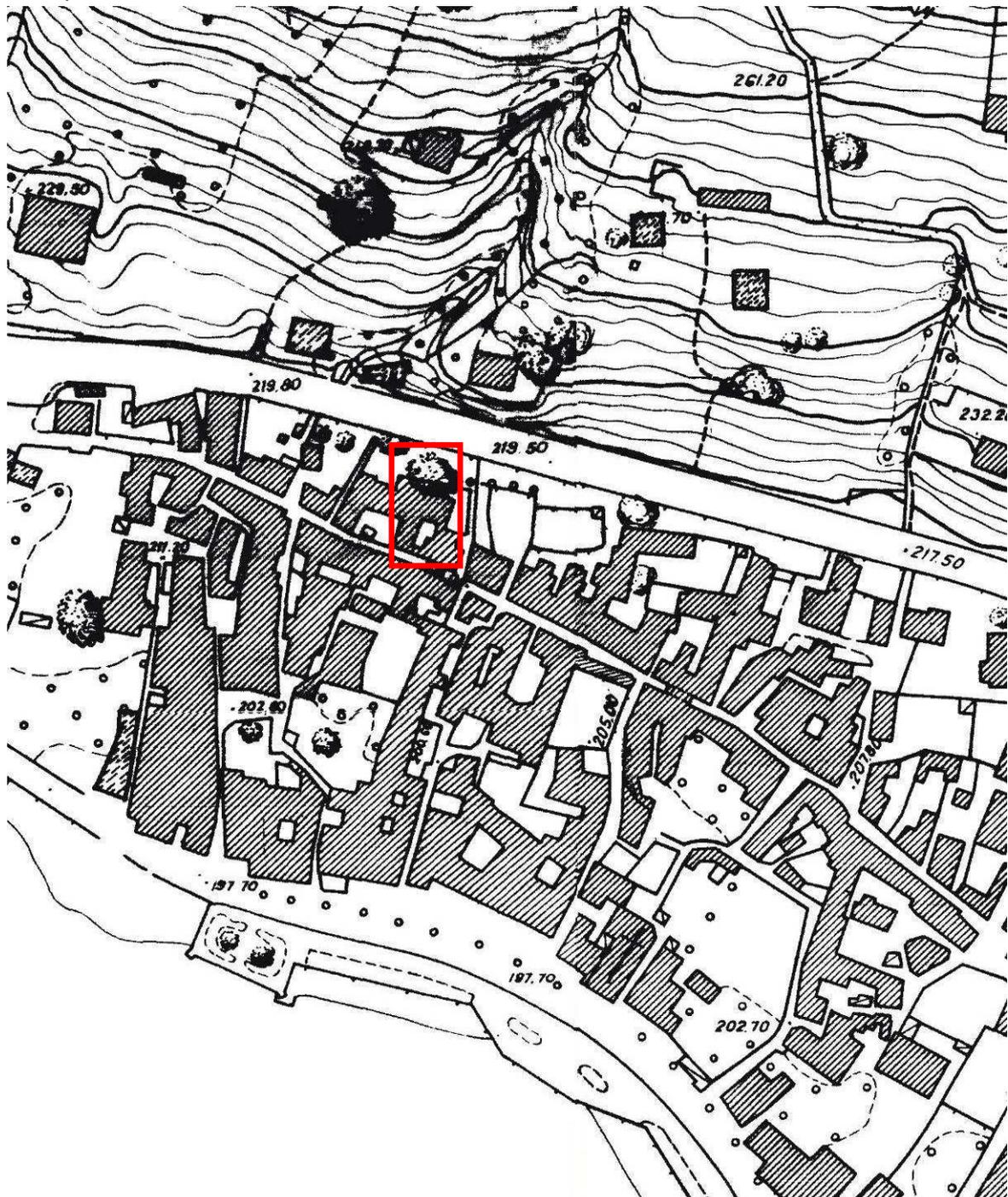


Figura 2 - Localizzazione dell'area su rilievo aerofotogrammetrico (1965) - scala 1:2.000

Anche l'area oggetto di trasformazione è caratterizzata dalla presenza di due opere di sostegno di sottoscarpa in corrispondenza dell'edificio oggetto di intervento e della sovrastante sede della strada statale (figura 3) che contribuiscono a conferirne una morfologia terrazzata antropicamente. Complessivamente l'area mostra bassa acclività, circa 12-14°, molto più ridotta rispetto a quella rilevabile lungo il pendio a monte della S.S. n.34 pari a circa 20-25°.

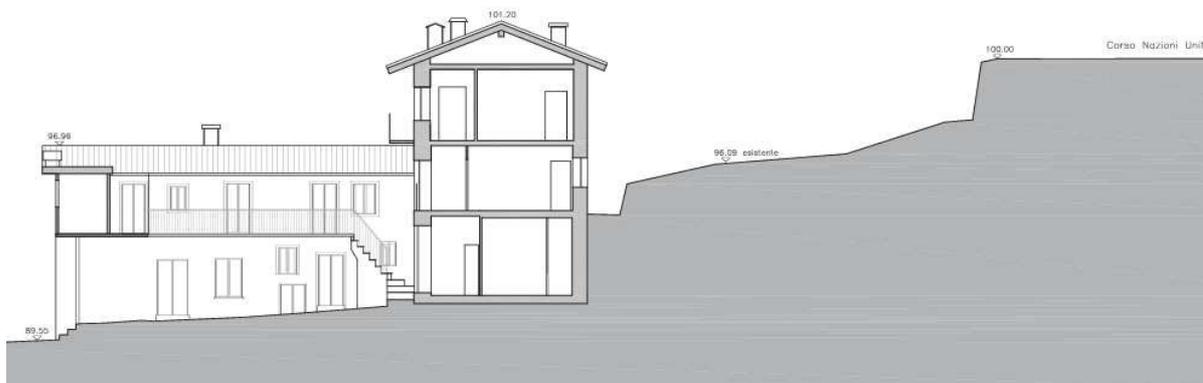


Figura 3 – Sezione topografica dell'area allo stato di fatto

Dal punto di vista geologico il versante a monte della strada statale all'altezza del nucleo storico di Suna, mostra coperture di origine glaciale arealmente diffuse e caratterizzate da spessori plurimetrici: il substrato roccioso, infatti, risulta scarsamente affiorante per lo più solo nelle incisioni torrentizie.

I depositi glaciali sono costituiti da diamicton grossolani da matrix a clast supported, con abbondanti clasti poligenici, da subangolosi a subarrotondati, eterometrici, scarsissima selezione, assenza di strutture sedimentarie, che conferisce ai depositi un evidente assetto caotico e variabilità tessiturale e granulometrica, e con profilo di alterazione non particolarmente sviluppato; è nota nell'areale in esame la presenza di livelli limosi o limoso sabbiosi di spessore, geometria e continuità variabili intercalati nei sedimenti glaciali grossolani.

A copertura dei depositi glaciali sono presenti coltri di origine eluviale, che rappresentano i prodotti dell'alterazione in situ dei depositi superficiali, e colluviale, quest'ultima originata dal rimaneggiamento e dal deposito delle coltri eluviali e delle porzioni superficiali dei sedimenti glaciali e del substrato roccioso ad opera delle acque ruscellanti: in generale sono dati da livelli alterati nei minerali primari, di colore tendente al marrone con presenza di orizzonti pedogenizzati.

I depositi di conoide alluvionale torrentizia occupano la porzione dell'abitato di Suna prossima al litorale lacustre e quindi a valle dell'area in esame; essi hanno età olocenica, la loro sedimentazione è pertanto successiva la messa in posto dei depositi glaciali; si tratta in prevalenza di ghiaie sabbiose e ciottolose clast supported con clasti poligenici, da subangolosi a subarrotondati, eterometrici, bassa selezione e assenza di particolari strutture sedimentarie, con profilo di alterazione. I depositi torrentizi olocenici mostrano un profilo di alterazione molto poco evoluto e profondo e pertanto risultano ricoperti da limitati livelli di coltri di origine eluviale, che rappresentano i prodotti dell'alterazione in situ dei depositi superficiali.

Possibile anche la presenza di materiali di riempimento, in particolare sul lato settentrionale della proprietà, di spessore e natura non noti messi in posto in ambito delle trasformazioni legate all'urbanizzazione dell'area.

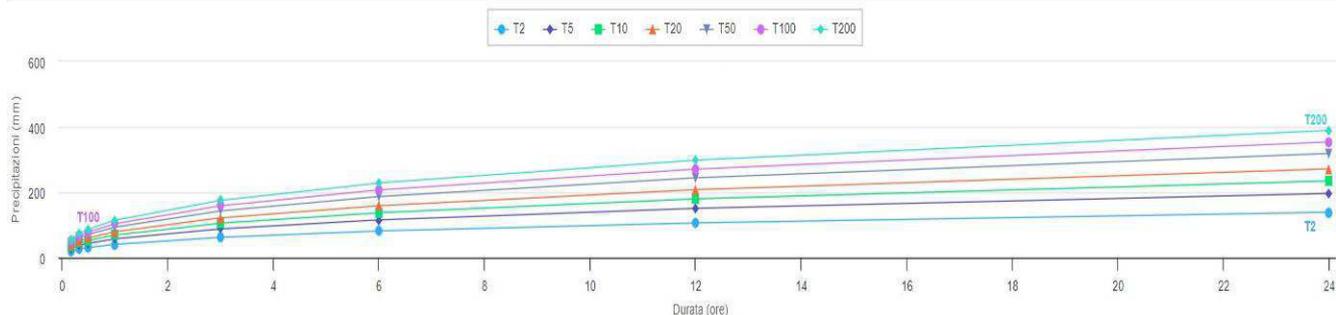
Le considerazioni a carattere geomorfologico svolte in precedenza fanno ritenere che il lotto soggetto al Piano di Recupero ricada nella porzione di versante occupata dai depositi di origine glaciale; tuttavia, in assenza di indagini geognostiche, permane incertezza circa la presenza e lo spessore di eventuali terreni di riporto, nonché su granulometria e condizione di alterazione dei sedimenti di origine glaciale (in particolare su presenza e spessore di livelli limosi o limoso sabbiosi entro i depositi glaciali).

#### 4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Per quanto attiene alle acque meteoriche di scorrimento superficiale non incanalate, l'area appare attualmente drenata, poiché non si osservano fenomeni di ristagno anche in occasione di eventi piovosi particolarmente intensi e prolungati; le acque meteoriche vengono per lo più drenate attraverso le opere di raccolta e drenaggio esistenti connesse con l'urbanizzazione dell'area oppure attraverso il ruscellamento diffuso.

Dal punto di vista idrologico l'areale può essere soggetto ad eventi di precipitazioni piovose caratterizzati da elevata intensità, con consistenti piogge per brevi durate anche per bassi tempi di ritorno; la figura seguente riporta le altezze di pioggia per varie durate e tempi di ritorno e le curve di possibilità pluviometrica ricavate da Arpa Piemonte (utilizzando la distribuzione di Gumbel) per l'areale in esame. Il dimensionamento degli interventi di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche dovrà essere definito in funzione delle altezze di pioggia presenti nel diagramma e nelle curve di seguito rappresentate.

Durata	Tempo di ritorno in anni							
	2	5	10	20	50	100	200	
10 minuti	20.3	28.6	34.2	39.5	46.4	51.6	56.7	
20 minuti	26.7	37.8	45.1	52.1	61.2	68	74.8	
30 minuti	31.3	44.3	52.9	61.1	71.8	79.7	87.7	
1 ora	41	57.9	69.1	79.9	93.8	104.3	114.7	
3 ore	62.5	88.4	105.5	121.9	143.2	159.1	175	
6 ore	81.6	115.4	137.8	159.2	187	207.8	228.5	
12 ore	106.6	150.7	179.9	207.9	244.1	271.3	298.4	
24 ore	139.1	196.7	234.9	271.4	318.8	354.3	389.6	



Dal punto di vista dell'idrografia superficiale il Lago Maggiore non è in grado di interferire con l'areale in cui è localizzato il lotto di proprietà anche in occasione di eccezionale innalzamento del livello lacustre; la piena massima dell'ultimo secolo si è verificata in occasione dell'evento alluvionale del 13-16 ottobre 2000, con un livello massimo di 197.94 m s.l.m. registrato a Pallanza alle ore 23.30 del 16-10-2000. La disponibilità dei dati per il periodo dal 1952 al 2000 compresi ha permesso di eseguire elaborazioni per definire le possibilità di piene a vari tempi di ritorno; vengono qui ripresi, in particolare, i risultati di un'analisi dei livelli di colmo misurati alla stazione di Pallanza, eseguita dai Dott. Geol. Italo Isoli e Angelica Sassi nell'ambito dello studio geologico a supporto del P.R.G.C. vigente del Comune di Verbania (figura 4):

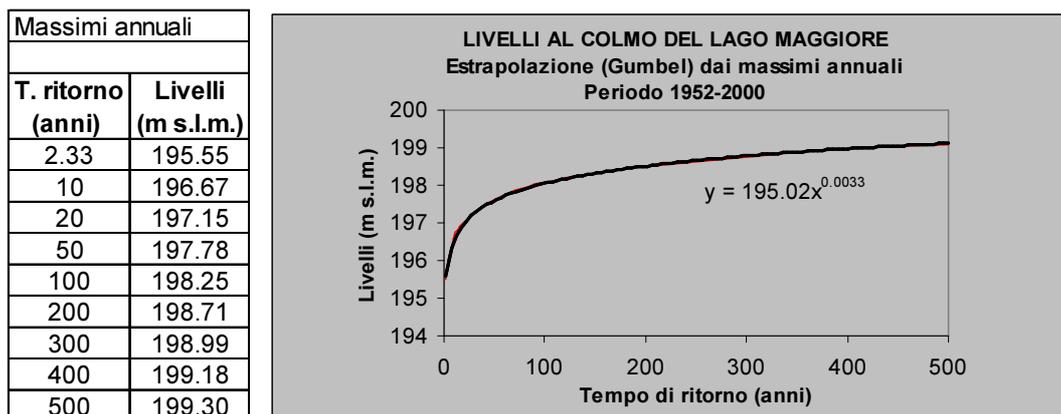


Figura 4 - Livelli al colmo di piena del Lago Maggiore, distribuzione Gumbel (estratto da P.R.G.C. del Comune di Baveno, a cura Dott. Geol. I. Isoli).

Dalle considerazioni riportate si evince come l'area in esame, posta a quota di circa 207 m s.l.m., non possa essere interessabile da allagamenti anche in caso di eventi di piena a tempo di ritorno millenario.

Il corpo idrico più vicino all'area in esame è il Rio Galli, colatore monocursale impostato lungo il versante meridionale del Monterosso, il cui alveo risulta costretto entro una tombina a partire dall'attraversamento della S.S. n.34 fino allo sbocco nel Lago Maggiore in corrispondenza dell'abitato di Suna.

Circa le caratteristiche idrogeologiche della zona in esame è possibile fare alcune ipotesi qualitative basate essenzialmente sui connotati geologici e geomorfologici dell'areale nonché sugli aspetti idraulici del Lago Maggiore. È ragionevole dedurre la presenza di una superficie freatica nell'ambito di un acquifero monostrato dato dai depositi alluvionali torrentizi costituenti la conoide del T. San Bernardino caratterizzati, vista la granulometria ghiaioso sabbiosa, da un coefficiente di conducibilità idraulica medio-alto, indicativamente pari a  $10^{-2} / 10^{-3}$  cm/s. Fatto salva la possibile presenza di livelli impermeabili entro i sedimenti di conoide torrentizia con sufficienti spessori e continuità orizzontali dati da limi di origine lacustre, che potrebbe consentire l'instaurarsi di falde sovrapposte, la situazione idrogeologica ipotizzabile nell'area di intervento è quella di un unico livello freatico, con inclinazione verso il lago, in comunicazione e in continuità con esso che ne rappresenta il livello di base; le oscillazioni della superficie lacustre, conseguentemente, si ripercuotono sulla soggiacenza della quota piezometrica e sul regime della falda.

La falda freatica è alimentata da monte dall'infiltrazione superficiale delle aree non impermeabilizzate, e soprattutto, dalle perdite di subalveo dei corsi d'acqua torrentizi; le variazioni del livello freatico saranno quindi da mettere in relazione alle corrispondenti variazioni di portata idrica torrentizia, oltre che naturalmente, alle già citate oscillazioni del livello lacustre che in condizioni normali funge da livello di base drenante ma che in condizioni di piena lacustre eccezionale assume anche funzione di alimentatore della falda freatica. È possibile stimare empiricamente una pendenza della superficie freatica verso lago con gradiente dell'ordine del 1÷1.5%.

Pertanto, nel caso in esame è ipotizzabile una situazione stratigrafica caratterizzata da una litozona più permeabile, rappresentata da orizzonti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi grossolani, sede dell'acquifero principale in stretto rapporto con il Lago Maggiore, con superficie freatica soggetta, conseguentemente, a rilevanti oscillazioni di quota in funzione degli innalzamenti ed abbassamenti del livello lacustre; data la quota dell'area in esame è ragionevole ritenere che non ci sarà interferenza tra la superficie freatica e gli interventi previsti.

Data la possibile presenza entro i sedimenti glaciali di livelli limosi di spessore e continuità laterale incerta, non è però possibile escludere la presenza di circolazioni idriche per saturazione prossime alla superficie come locali falde "sospese" confinate a letto dai limi glaciali caratterizzati da bassa permeabilità a carattere ipodermico e del tutto discontinuo in quanto connesse all'andamento stagionale delle precipitazioni.

## **5. PERICOLOSITÀ, RISCHIO E VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA**

La bassa-media acclività dell'areale e la distanza da versanti montani ad elevata pendenza soggetti potenzialmente a fenomeni di instabilità gravitativa rendono irrilevante il grado di pericolosità e rischio relativi a dissesti di origine gravitativa.

Dal punto di vista idraulico, la pericolosità gravante sull'area è da ritenersi analogamente bassa in quanto il lotto di proprietà rientra nella porzione geomorfologicamente inattiva della conoide alluvionale del T. San Bernardino e risulta esterno rispetto ai percorsi di deflusso di eventuali fuoriuscite delle acque del vicino Rio Galli. Come specificato in precedenza, anche la pericolosità relativa agli allagamenti da innalzamento lacustre, intesa come probabilità di accadimento dell'evento di dissesto, è da considerarsi nulla per la zona in esame.

La cartografia allegata alla Direttiva Alluvioni (D.Lgs. n.49/2010) e riportata in figura 5 riprova le considerazioni svolte circa la pericolosità idraulica.

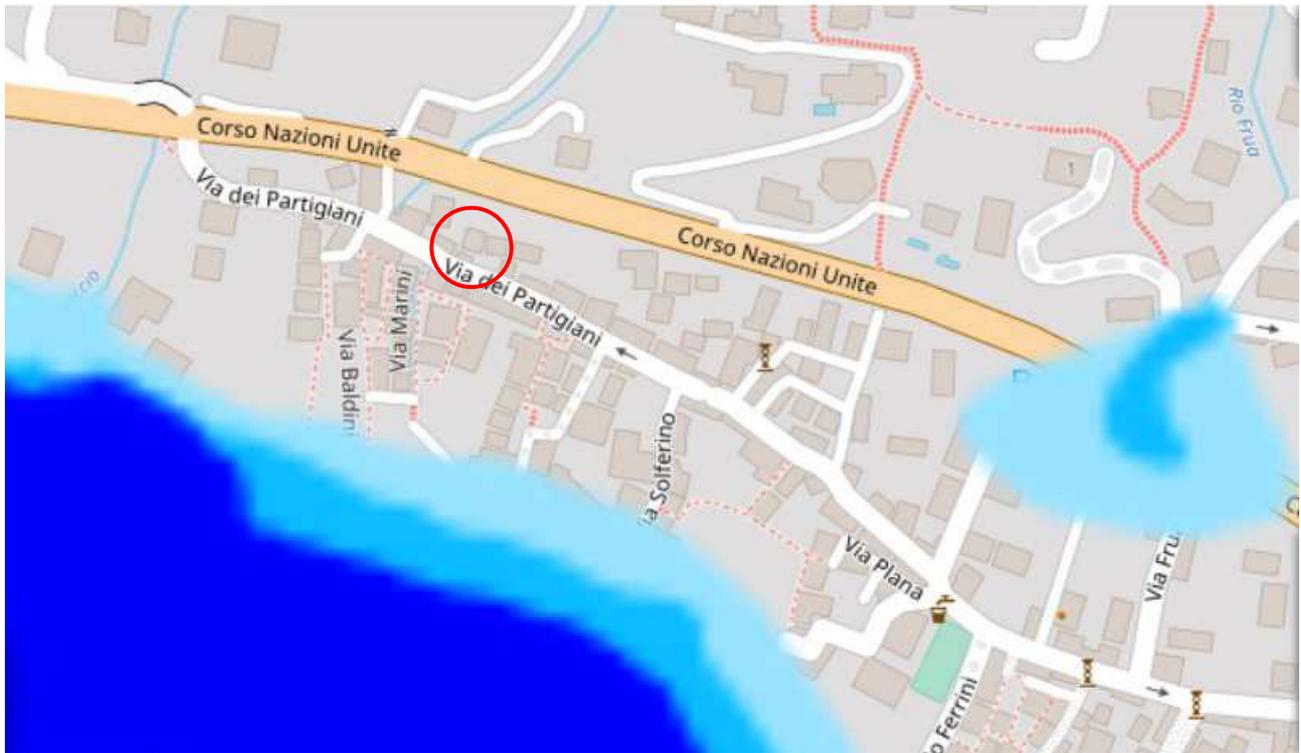


Figura 5 – Aree allagabili ai sensi della Direttiva Alluvioni D.Lgs. n.49/2010

Nel complesso quindi la zona di previsto intervento mostra un grado di pericolosità e rischio geomorfologico valutabile come basso.

Quanto riportato trova sostanziale conferma anche nelle indagini geologiche a supporto della Variante Strutturale al P.R.G.C. vigente del Comune di Verbania, condotte a cura dei Dott. Geol. Italo Isoli e Angelica Sassi; in tale analisi, infatti, l'area oggetto di trasformazione, in termini di pericolosità geomorfologica e di idoneità all'utilizzazione urbanistica (ai sensi della Circ. P.G.R. n.7/LAP del 08-05-1996) è posta in classe IIb che individua "aree ad acclività bassa o medio-bassa, caratterizzate dalla presenza di significativi spessori di terreni naturali di copertura o di riporto antropico le cui caratteristiche geotecniche possono rivelarsi localmente scadenti".

## 6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

In considerazione di quanto espresso al punto 6.2.5 del D.M. 17-01-2018, per la progettazione dell'intervento in esame, sarà necessario avvalersi del cosiddetto "metodo osservazionale", poiché rimane incertezza, risolvibile attraverso una campagna di indagini geognostiche nelle successive fasi progettuali o in fase di esecuzione dell'opera, circa la presenza e lo spessore di eventuali terreni di riporto, granulometria e condizione di alterazione dei sedimenti di origine glaciale con particolare riferimento a presenza e spessore di livelli limosi o limoso sabbiosi entro i depositi glaciali nonché sulla possibile esistenza di livelli freatici sospesi. Tale incertezza di natura geologica si riflette, di conseguenza, anche sulle valutazioni delle grandezze geotecniche dei terreni presenti: le stime dei parametri e delle proprietà geotecniche di seguito riportate tengono conto del procedimento suggerito dal D.M. 17-01-2018 circa l'applicazione del metodo osservazionale per il quale "devono

essere stabiliti i limiti di accettabilità dei valori di alcune grandezze rappresentative del comportamento del complesso manufatto-terreno”.

Di seguito si fornisce una prima indicazione circa i valori di proprietà e parametri geotecnici dei terreni di origine glaciale, nell'ipotesi di presenza sia di ghiaie sabbiose e ciottolose sia di limi sabbiosi, in condizioni drenate (sforzi efficaci), da verificare ed integrare, eventualmente sulla base di specifiche indagini geotecniche, da parte del progettista nell'ambito della caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito (art. 6.2.2. del D.M. 17-01-2018).

È opportuno distinguere tra angolo di resistenza al taglio allo stato critico ( $\phi'_{cv}$ ), proprietà geotecnica del terreno funzione della mineralogia dei granuli e angolo di resistenza al taglio di picco ( $\phi$ ), parametro geotecnico dipendente dalle condizioni di stato del terreno (indice dei vuoti, sforzo applicato al terreno, rottura progressiva) in funzione del fenomeno di dilatanza che agisce sui terreni granulari addensati quando portati alla rottura. Eseguendo una prova di taglio su un terreno grossolano addensato, si osserva che, appena raggiunto il valore di picco, l'angolo di resistenza al taglio diminuisce coll'aumentare degli sforzi fino ad avvicinarsi asintoticamente al valore di  $\phi'_{cv}$  che rappresenta pertanto un valore minimo. La natura dei terreni ipotizzati impone una valutazione ed un uso dell'angolo di resistenza al taglio allo stato critico ( $\phi'_{cv}$ ) piuttosto che dell'angolo di resistenza al taglio di picco, a causa della evidente difficoltà nel valutare in modo affidabile l'indice dei vuoti e dei bassi valori di densità relativa prevedibili.

In funzione delle caratteristiche granulometriche dei terreni ipotizzati e della storia tensionale dei depositi glaciali, ricavabile dalle considerazioni fatte sull'origine e sui meccanismi di deposizione di tali terreni, è stata fatta una valutazione di massima di porosità ( $n$ ), peso di volume del terreno in condizioni asciutte ( $\gamma_a$ ) e immerse ( $\gamma_i$ ), angolo di resistenza al taglio ( $\phi'_{cv}$ ) e coesione ( $c'$ ) anche sulla base di dati di letteratura e di esperienze precedenti su terreni simili nel caso di condizioni drenate in termini di sforzi efficaci.

	$\phi'_{cv}$	$c'$	$n$	$\gamma_a$	$\gamma_i$
Ghiaie sabbiose e ciottolose	32÷36	0.0	30÷35	1.72÷1.85	1.07÷1.15
Limi sabbiosi	26÷30	0.0÷0.1	36÷40	1.59÷1.70	0.99÷1.06

dove:

$\phi'_{cv}$ : angolo di resistenza al taglio efficace allo stato critico (°)

$c'$ : coesione efficace (kg/cm<sup>2</sup>)

$n$ : porosità (%)

$\gamma_a$ : peso di volume del terreno asciutto (t/m<sup>3</sup>)

$\gamma_i$ : peso di volume del terreno immerso (t/m<sup>3</sup>)

Il D.M. 17-01-2018 impone che per la progettazione geotecnica le verifiche strutturali siano condotte utilizzando per i parametri geotecnici dei terreni i cosiddetti valori caratteristici, derivati da una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato (cap. 6.2.2 delle N.T.C.). La Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n.7 del 21-01-2019,

relativa alle istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17-01-2018 riporta come nella valutazione dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento ai valori medi quando nello stato limite considerato sia coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno sia dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti; l'utilizzo dei valori minimi dei parametri geotecnici come valori caratteristici risulta più adeguato laddove siano coinvolti modesti volumi di terreno (es. fronti di scavo di modesta ampiezza, plinti e travi non collegati), con concentrazione delle deformazioni nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia sufficientemente rigida. Nel merito, considerando le tipologie di fondazioni dirette previste per l'intervento oggetto di Piano di Recupero è ragionevole far riferimento ai valori medi dei parametri precedentemente ricavati.

## 7. AZIONE SISMICA

La classificazione sismica di cui all'OPCM n.3274/2003, suddivide il territorio in 4 zone sismiche contraddistinte da un diverso valore del parametro  $a_g$ , definito come "accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A"; il Comune di Verbania è posto in "Zona 4", che rappresenta la classe meno pericolosa dal punto di vista sismico.

La valutazione della pericolosità sismica locale, necessaria per stabilire l'azione sismica di progetto, prende in considerazione l'amplificazione locale (*effetti di sito*), cioè l'influenza di stratigrafia, litologia e morfologia locale sul moto del suolo in superficie, funzione, in sostanza, della diversa rigidità del sottosuolo e l'amplificazione topografica. Qualora non si disponga di studi di risposta sismica locale si può far riferimento alla classificazione del sottosuolo di cui al D.M. 17-01-2018, in funzione delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$ : spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{s,i}$ : velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N: numero di strati;

H: profondità del bedrock sismico definito come la formazione caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del bedrock sismico 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. Per il sito oggetto di intervento le stratigrafie dei sondaggi disponibili nell'areale non consentono di stimare con sufficiente precisione lo spessore dei sedimenti glaciali; pertanto si ritiene che si possa cautelativamente essere ricondotti ad un sottosuolo di categoria E ipotizzando per l'areale in esame uno spessore dei depositi complessivamente minore di 30 m.

In tale ipotesi, la definizione del moto sismico può avvenire definendo i parametri  $T_{B_r}$ ,  $T_C$  e  $T_D$  dello spettro di risposta elastico  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_{R_r}$ , inteso come prodotto della vita nominale di una costruzione ( $V_N$ ) per un coefficiente d'uso  $C_U$ , funzione della classe d'uso della medesima costruzione. Le forme spettrali riferite alle tre componenti ortogonali in cui si può decomporre il moto, due orizzontali, eguali ed indipendenti, ed una verticale, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR_r}$ , sono valutabili a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_C$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per la definizione degli spettri di risposta a partire dalle coordinate del sito e dal calcolo dei relativi valori dei parametri sopra indicati si è utilizzato il foglio di calcolo "Spettri NTC" messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Le coordinate U.T.M. dell'area di previsto intervento sono le seguenti:

Latitudine	Longitudine
45.93231	8.53973

Per tali coordinate, nell'ipotesi di costruzioni con  $V_N = 50$  anni e  $C_U = 1$  (Classe d'uso II), da cui  $V_{R_r} = 50$  anni, si ottengono i seguenti valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_C$  per vari periodi di ritorno e per i diversi tipi di verifiche allo stato limite previsti:

Stato limite	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T^*_C$ (s)
SLO	30	0.016	2.573	0.155
SLD	50	0.020	2.535	0.184
SLV	475	0.044	2.653	0.281
SLC	975	0.054	2.734	0.302

dove:

SLO: Stato Limite di Operatività

SLD: Stato Limite di Danno

SLV: Stato Limite di salvaguardia della Vita

SLC: Stato Limite di Crollo

Tali valori, a seconda del tipo di stato limite considerato, sono alla base delle espressioni utili alla ricostruzione delle ordinate dello spettro elastico in accelerazione delle componenti orizzontali da considerare nelle verifiche strutturali degli interventi in progetto. Le medesime espressioni sono peraltro funzione del coefficiente  $S$  che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche in funzione dei parametri caratteristici che definiscono l'amplificazione stratigrafica ( $S_s$  e  $C_C$ ) e quella topografica ( $S_T$ ).

I valori di  $S_s$  e  $C_C$  calcolati sono di seguito riportati:

Stato limite	$T_R$ (anni)	$S_s$	$C_c$
SLO	30	1.60	2.424
SLD	50	1.60	2.264
SLV	475	1.60	1.911
SLC	975	1.60	1.856

Data la morfologia descritta per l'area in oggetto ed i suoi immediati dintorni, è possibile escludere un'amplificazione topografica, riconducendo i medesimi terreni alla cosiddetta categoria T1: "superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media <math><15^\circ</math>", cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1$ .

Il D.M. 17-01-2018 per la progettazione in condizioni sismiche prevede la verifica della stabilità del sito nei confronti della liquefazione, da intendersi come riferita ai fenomeni associati a perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche e che agiscono in condizioni non drenate. Le medesime norme riportano le circostanze in cui tale verifica può essere omessa; tra queste rientra la condizione per cui si abbiano "accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g".

Nel caso specifico, considerando  $a_g$  riferito allo stato limite SLC, risulterebbe:

$$a_{max} = S_s S_T a_g \cong 0.086 < 0.1$$

la verifica pertanto può essere omessa.

## 8. INDICAZIONI PROGETTUALI DI MASSIMA DI CARATTERE GEOLOGICO-TECNICO

Come evidenziato in premessa non è stato possibile in questa fase eseguire indagini geognostiche, anche sotto forma di semplici scavi a profondità limitata, finalizzati a determinare una precisa stratigrafia dei terreni presenti e un riconoscimento delle loro caratteristiche granulometriche.

In considerazione di quanto espresso al punto 6.2.5 del D.M. 17-01-2018, per la progettazione dell'intervento in esame, sarà necessario avvalersi del cosiddetto *metodo osservazionale*, poiché rimane incertezza, risolvibile solo attraverso una campagna di indagini geognostiche nelle successive fasi progettuali o al più in fase di esecuzione dell'opera, su presenza e spessore di eventuali terreni di riporto, su granulometria e condizione di alterazione dei sedimenti di origine glaciale con particolare riferimento a presenza e spessore di livelli limosi o limoso sabbiosi entro i depositi glaciali nonché sulla possibile esistenza di livelli freatici sospesi.

Tale incertezza permette, conseguentemente, di fornire solo indicazioni di larga massima circa le operazioni di scavo nonché la valutazione della capacità portante limite del sistema terreno fondazione.

## **8.1 SCAVI**

Gli scavi previsti saranno finalizzati alla realizzazione del muro perimetrale del nuovo edificio sul lato nord della proprietà, al raggiungimento del piano di posa delle fondazioni del nuovo fabbricato e all'asportazione dei volumi di terreno presenti sul lato settentrionale della proprietà allo scopo di ricavare gli spazi per alloggiare le autorimesse interrato. I fronti di maggior altezza saranno previsti in corrispondenza del pendio che raccorda la strada statale con l'attuale edificio oggetto di demolizione: al momento il muro settentrionale di tale fabbricato assolve anche funzione di sostegno del versante.

La rilevante altezza massima del fronte di scavo sul lato nord e la morfologia del versante impone il modellamento del profilo in scavo con formazione di gradoni intermedi così da ridurre le altezze delle singole scarpate e degli angoli di scarpa; le incertezze precedentemente descritte circa natura e spessori dei sedimenti non permettono in questa fase di individuare una precisa geometria del fronte di massima altezza analizzabile attraverso le metodologie di verifica di stabilità dei pendii.

Una volta nota natura, granulometria e spessore dei depositi sarà possibile ipotizzare una più precisa geometria di scavo da sottoporre a verifica di stabilità attraverso le metodologie comunemente utilizzate.

In alternativa alla gradonatura del fronte di scavo sarà possibile prevedere la formazione di una paratia in micropali adeguatamente dimensionata nella frequenza, diametro e lunghezza dei micropali con la funzione di sostegno del fronte di scavo subverticale.

In termini generali tutte le operazioni di scavo andranno eseguite nel rispetto delle norme di sicurezza e per durate brevi, limitando i movimenti di terreno allo stretto necessario e tenendo in preminente considerazione la stabilità dei fronti di scavo, nonché la regimazione delle acque che potrebbero interessare gli scavi stessi a seguito di precipitazioni durante la loro esecuzione, così da impedire il verificarsi di scivolamenti e/o dilavamenti delle pareti di scavo ad opera di acque ruscellanti, oltre che per garantirne la generale stabilità.

In fase esecutiva andranno comunque adattate le metodologie di scavo e le caratteristiche geometriche degli scavi alle eventuali diverse situazioni riscontrate, provvedendo in condizione di scavi aperti, se necessario, a mettere in atto opere provvisorie di copertura dei fronti e/o drenaggio, anche in relazione alla possibilità di intense precipitazioni durante la realizzazione degli stessi.

## **8.2. CAPACITÀ PORTANTE LIMITE**

Si definisce capacità portante limite del sistema terreno-fondazione il carico massimo per cui il terreno, sollecitato da una particolare geometria di fondazione, entra in fase plastica nella quale il cedimento è accompagnato da una rottura del terreno per taglio. La capacità portante limite non è una caratteristica intrinseca del terreno, in quanto funzione, oltre che delle sue caratteristiche meccaniche, anche della profondità e della geometria del piano di fondazione, della presenza di

un pendio a valle della fondazione, della forma delle strutture di fondazione e della dimensione della superficie di carico.

Per quanto riguarda il piano di posa delle strutture di fondazione, date le incertezze circa natura e spessori delle coperture sedimentarie risolvibili solo a seguito campagna di indagini geognostiche o eventualmente in fase di esecuzione dell'opera, è possibile al momento proporre le seguenti indicazioni progettuali:

- in caso di presenza di un livello di limi o limi sabbiosi intercalato nei sedimenti glaciali grossolani avente limitato spessore, è consigliabile raggiungere i depositi ghiaioso sabbiosi ciottolosi al fine di un loro utilizzo come piano di appoggio delle fondazioni dell'edificio, previa asportazione della porzione corticale degli stessi in genere maggiormente alterata;
- nell'eventualità di presenza di un livello di limi o limi sabbiosi intercalato nei sedimenti glaciali grossolani con spessore irregolare e tale da individuare una geometria variabile della superficie di contatto tra limi e ghiaie, sarà necessario, al fine di limitare fenomeni di cedimenti differenziali della struttura, procedere alla sostituzione dei sedimenti limosi con terreni a granulometria ghiaioso sabbiosa (ad esempio il cosiddetto misto stabilizzato utilizzato per i rilevati) adeguatamente rullati e compattati sui quali ottenere il piano di appoggio delle fondazioni eventualmente ricavato in parte anche sulle ghiaie sabbiose ciottolose di natura glaciale.

## **9. CONCLUSIONI**

Lo studio geologico condotto e illustrato nella presente relazione, conferma la fattibilità geologica dell'intervento oggetto di Piano di Recupero di iniziativa privata relativo ad un'area ubicata nel centro storico di Suna in Comune di Verbania, delineando al contempo gli elementi di natura geologica, geotecnica ed idrogeologica da approfondirsi attraverso l'esecuzione di indagini geognostiche nelle successive fasi progettuali ai sensi del D.M. 17-01-2018, anche in relazione alle specifiche soluzioni progettuali definitive.

Verbania, giugno 2023

Dott. Geol. Stefano Fardelli