



## Comune di Caravate

Via XX Settembre 22, 21032 Caravate (VA)

# STUDIO DI FATTIBILITA' PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVA PISTA CICLOPEDONALE E SEDE VIARIA

## INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Num. Rif. Lavoro	18-011	N. copie consegnate		
Data	Redatto (RT)	Revisionato (RC)	Approvato	
rev00	5/02/2018	Dott. Geol. D. Fantoni	Dott. Geol. D. Fantoni	Dott. Geol. D. Fantoni
rev01				
rev02				
Gruppo di lavoro				
Nome file	18-11- relazione.doc			

**Idrogea**  
servizi S.r.l.  
Società di ingegneria



Via Lungolago di Calcinate, 88 – 21100 Varese - P.IVA : 02744990124  
Tel. 0332 286650 – Fax 0332 234562 - idrogea@idrogea.com –  
idrogea@pec.it  
www.idrogea.com

## **Sommario**

1.	PREMESSA .....	2
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	3
3.	FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI .....	11
4.	INDAGINI DIRETTE .....	12
4.1	TRINCEE ESPLORATIVE .....	12
4.2	PROVE PENETROMETRICHE .....	14
4.3	STRATIGRAFIA LITOTECNICA .....	18
5.	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	21
6.	CONCLUSIONI .....	23

## **Tavole**

Tavola 1 - Ubicazione indagini .....	(scala 1:1000)
--------------------------------------	----------------

## **1. PREMESSA**

Il Comune di Caravate ha incaricato Idrogea Servizi S.r.l. di realizzare una campagna di indagini geognostiche e geotecniche a supporto della progettazione definitiva di una nuova pista ciclopedonale e sede viaria che dovrà collegare via Leopardi con l'area corrispondente al parcheggio del Municipio.

Il tracciato lungo il quale sono state ubicati i punti di indagine è quello indicato nello Studio di Fattibilità redatto dall'Ing. A. Bai nel gennaio 2018.

Il numero e la tipologia delle indagini da eseguire erano contenute nelle specifiche tecniche allegate all'invito a presentare l'offerta.

Sono state pertanto eseguite:

- n.4 trincee esplorative (anche se il piano di indagine ne prevedeva solo 3);
- n.6 prove penetrometriche dinamiche, con penetrometro DPSH, spinte tutte fino a 8 m d a p.c. o a rifiuto di cui 3 attrezzate a piezometro.

Sono altresì state utilizzate le risultanze di 2 campagne di indagini geotecniche effettuate da Idrogea Servizi nel 2004 e nel 2011, ubicate rispettivamente presso i soprastanti parcheggi a servizio del Municipio e a supporto della progettazione del nuovo magazzino comunale.

La posizione delle indagini, visibile in Tavola 1, è stata concordata direttamente in cantiere con un tecnico dello Studio Bai.

Come indicato dal D.M. 14/01/08, le finalità della presente relazione geologica consistono nella elaborazione di un inquadramento geologico, idrogeologico e geomorfologico dell'area di progetto nonché nella ricostruzione litotecnica dei terreni di fondazione basata, oltre che sui riscontri ottenuti da un rilievo geologico di dettaglio, da indagini geotecniche specifiche condotte in sito (prove penetrometriche).

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'area di indagine è ubicata a sud del centro abitato di Caravate nel settore compreso tra la fascia urbanizzata intorno a via XX Settembre e il Torrente Viganella come si evince dalla cartografia di seguito riportata.

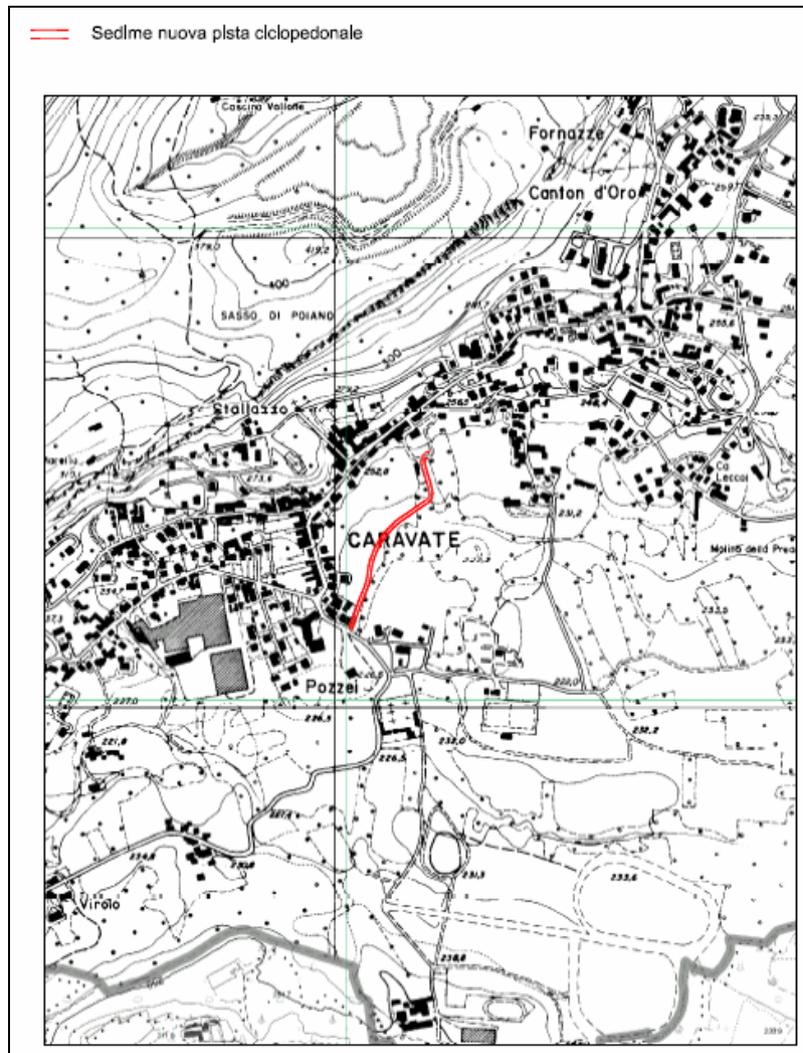


Figura 1 Estratto Carta Tecnica Regionale con tracciato della nuova sede viaria

NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE

---



Figura 2 Immagine satellitare dell'area di studio

### **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

L'inquadramento geologico dell'area di indagine, sintetizzato nel presente paragrafo, è tratto dalla seguente bibliografia:

- Carta litologica della Provincia di Varese (messa a disposizione della Settore Energia ed Ecologia della Provincia di Varese);
- Studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio - Dott. Geol. A. Uggeri, Dott. Geolo. D. Fantoni (dicembre 2009 e rev 2014);
- Alcune relazioni professionali redatte dal Dott. Geol. A. Uggeri nell'area di Caravate, con particolare riferimento alle Indagini geotecniche di supporto alla progettazione preliminare di un capannone ad uso parcheggio posto a valle del municipio (giugno 2004) e del nuovo magazzino comunale (2011).

L'area di studio è ubicata ai margini dell'abitato di Caravate, sul versante meridionale del rilievo di Sasso Poiano, ad una quota compresa tra 246 e 258 m s.l.m.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico l'area di indagini è suddivisibile in due settori:

- Il tratto del tracciato più orientale, con direzione N-S, corre perpendicolare al versante del rilievo di Sasso Poiano nel settore di raccordo con la sottostante piana del T. Viganella.  
E' caratterizzato dalla presenza di substrato roccioso posto a debole profondità, come riscontrato nelle indagini eseguite nel 2011 a supporto della progettazione del nuovo magazzino comunale, coperto da depositi di versante passanti verso valle a depositi fluvioglaciali e glaciolacustri.
- Il restante tratto, che corre con direzione NE-SW parallelamente al corso d'acqua, insiste invece sui depositi fluvioglaciali fini e glaciolacustri .

La Figura 3, tratta dallo studio geologico comunale (Uggeri, Fantoni, 2009), riporta un estratto della carta geologica dell'area di interesse. La stratigrafia dell'area è così riassumibile:

### **SUBSTRATO ROCCIOSO**

La parte del centro abitato più prossimo al tracciato in progetto sorge direttamente su substrato lapideo costituito dalla formazione del Gruppo del Selcifero Lombardo ovvero alternanze di selci, calcari marnosi e marne rosso mattone in livelli di spessore variabile da centimetrici a decimetrici, talvolta nodulari. Localmente compaiono livelli decimetrici di breccie e clasti calcarei di dimensioni fino a 15 cm di diametro in matrice marnosa. Alla sommità dell'unità si intercalano strati calcarei e calcareo-marnosi grigio chiaro. Il gruppo, al quale appartengono le Formazioni del Rosso ad Aptici e delle Radiolariti del Selcifero Lombardo, è tettonizzato con fenomeni plicativi e disgiuntivi. La genesi è legata alla deposizione di fanghi silicei o calcareo-silicei ad opera di torbiditi in bacini pelagici.

Lo spessore è difficilmente valutabile a causa della copertura che occulta i limiti dell'unità.

L'unità risale al Lias medio-superiore ed affiora lungo la strada di fronte al Municipio di Caravate.

## DEPOSITI DI COPERTURA

Nell'area i depositi di copertura sono riferibili alla **ALLOFORMAZIONE DI CANTÙ**

L'unità è costituita da tutti i sedimenti depositi durante il ciclo sedimentario relativo all'ultimo massimo glaciale.

In base alle litofacies e all'associazione con i sistemi morfologici riconosciuti nell'area sono stati distinti i seguenti depositi:

- Depositi glaciali

I depositi glaciali sono costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice limoso sabbiosa e, in subordine, sabbioso limosa; diamicton massivi a supporto clastico, con matrice limoso sabbiosa (rari). Matrice di prevalente colore bruno giallastro e grigio brunastro (2,5Y 6/2-6/4). Diamicton al limite tra supporto clastico e di matrice limoso sabbiosa; clasti eterometrici (dimensione massima 40 cm), con prevalenza di litologie locali subspigolose, isoorientati in livelli planari discontinui, subparalleli al versante (flow till).

Per quanto osservato, sembrano prevalere diamicton normalconsolidati o debolmente sovraconsolidati, con rari casi di marcata sovraconsolidazione.

I depositi glaciali strutturano i sistemi terrazzati più elevati del territorio comunale, che si appoggiano ai rilievi del Sasso di Poiano e di Cardana. Nei sistemi più elevati e addossati al substrato, la roccia è presente a profondità ridotte (ad esempio, a circa 2m in prossimità del Municipio), mentre nei sistemi inferiori gli spessori della copertura tendono ad aumentare.

- Depositi fluvioglaciali

Buona parte della piana del t. Viganella è contraddistinta da Depositi fluvioglaciali fini a bassa energia.

Sono costituiti da sabbie fini, sabbie fini limose; nettamente subordinati limi sabbiosi e sabbie medie. Da massive a laminate/stratificate. Prevalgono colori grigio brunastro e bruno giallastri (2,5Y 6/2÷6/4).

Questi depositi, notevolmente omogenei dal punto di vista litologico, strutturano le piane basali, comprese tra quota 215-230 m, che si estendono tra il limite occidentale del comune e il settore Prato-Cà Stecco.

- Depositi glaciolacustri

I depositi glaciolacustri sono costituiti da:

- limi e limi argillosi, di colore oliva (5Y 6/2-6/3) e bruno (2,5Y), massivi o a laminazione orizzontale piano parallela.

I depositi strutturano le parti sommitali della piana terrazzata di Virolo. Il loro spessore è di ordine plurimetrico (> o >> 3 m).

- argille e argille limose grigio azzurre-grigio cenere.

Sono associate al fondovalle della piana di Caravate, nel tratto tra Pozzei e Prato; il limite est e, in parte sud, è di determinazione incerta. I dati di

*NUOVA PISTA CICLABILE*  
*INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

sottosuolo indicano la persistenza di argille per spessori decametrici (da 20,5 m a 35 m circa), anche se non è possibile accertare la loro continuità con quelle affioranti.

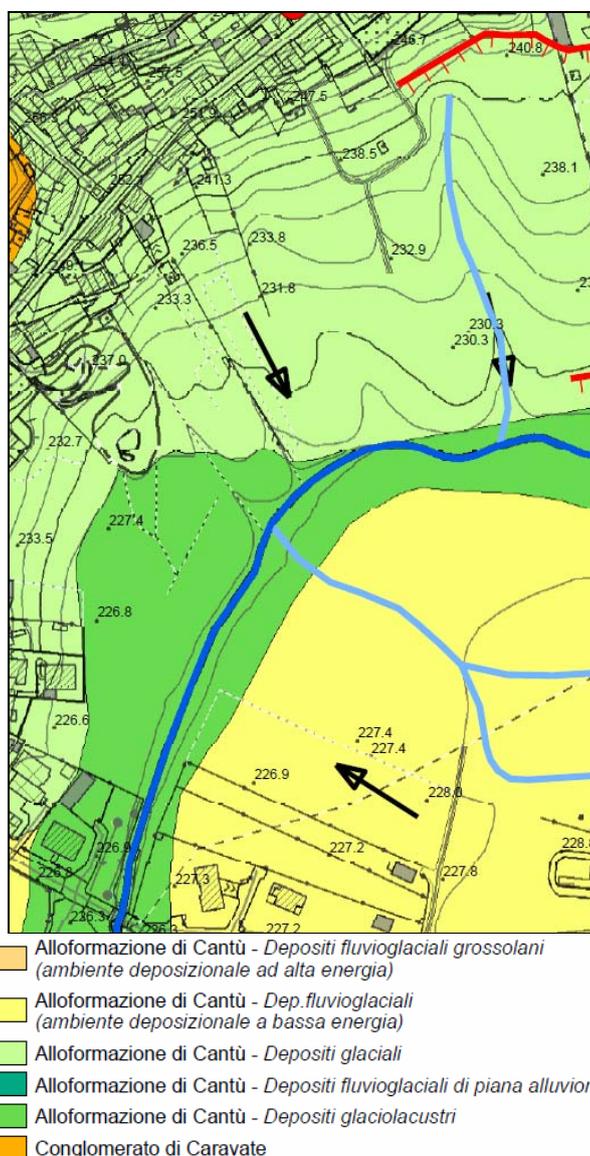


Figura 3 Estratto della Carta Geologica dello studio geologico a supporto del P.R.G. (Uggeri, Fantoni, 2009)

Dal punto di vista **geomorfologica** l'area di progetto è suddivisibile in due settori distinti:

Il tratto di tracciato più settentrionale, ovvero quello più prossimo al Municipio, corre perpendicolare all'alveo della Roggia Viganella seguendo il settore di raccordo tra la base del versante su cui è edificato il centro storico di Caravate e la piana sottostante.

Si tratta di un'area a debole pendenza, geomorfologicamente stabile e priva di processi geomorfici attivi o potenziali. Non sono stati osservate aree di ristagno.



Figura 4 *Vista da nord dell'area corrispondente al primo tratto del tracciato (quello più prossimo al municipio)*

Tale porzione del tracciato corrisponde ad una strada campestre che dal parcheggio del municipio scende verso l'alveo del T. Viganella.

Nel settore meno rilevato del tracciato della strada sono presenti, ai margini, alcuni cumuli di terreno e altro materiale completamente vegetati; si tratta verosimilmente di materiale scaricato a seguito di lavori di scavo effettuati in aree attigue.

Il restante settore del tracciato in progetto corre grossomodo parallelo all'alveo del corso del T. Viganella che assume, in territorio di Caravate, un andamento sinuoso (solo localmente meandreggiante).

Si tratta dell'area meno rilevata della piana posta a sud di Caravate fortemente condizionate dalla morfologia fluviale. Sono presenti numerosi fossi o dreni provenienti dal versante in destra idrografica alcuni dei quali di origine verosimilmente antropica e realizzati per migliorarne il drenaggio.

L'area è morfologicamente stabile anche se sono localmente presenti limitati fenomeni di erosione di sponda lungo l'alveo fluviale.

Durante l'esecuzione delle indagini sono stati evidenziati settori contrassegnati da ristagni e/o drenaggio lento. In particolare tali problematiche sono ben riconoscibile nel tratto di tracciato più prossimo al fabbricato ubicato lungo Via Leopardi, dove sono presenti fossi e drenaggi paralleli alla roggia principale, e nella zona interessata dalle prove P3, P4 e TC (vedi capitolo dedicato alle indagini e Tavola 1).

Sebbene la cartografia allegata alla bibliografia geologica consultata non ne evidenzi la presenza si ritiene che, in occasione di eventi precipitativi particolarmente prolungati e intensi, possano riscontrare fenomeni di esondazione delle Roggia Viganella con interessamento anche dei terreni posti in destra

*NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

---

idrografica (oltre che quelli in sinistra come indicato sugli studi geologici pregressi). Si evidenzia peraltro che lo studio di fattibilità della nuova viabilità posiziona la strada ad una distanza sempre superiore a 10 m dell'argine fluviale (spesso anche a 15-20 m) e ad una quota superiore di almeno 1 m.



Figura 5 *Vista da sud-ovest del settore meno rilevato dell'area di indagine con l'alveo del T. Viganella ben visibile (con andamento sinuoso)*



Figura 6 *Vista da nord est del settore meno rilevato dell'area di indagine*

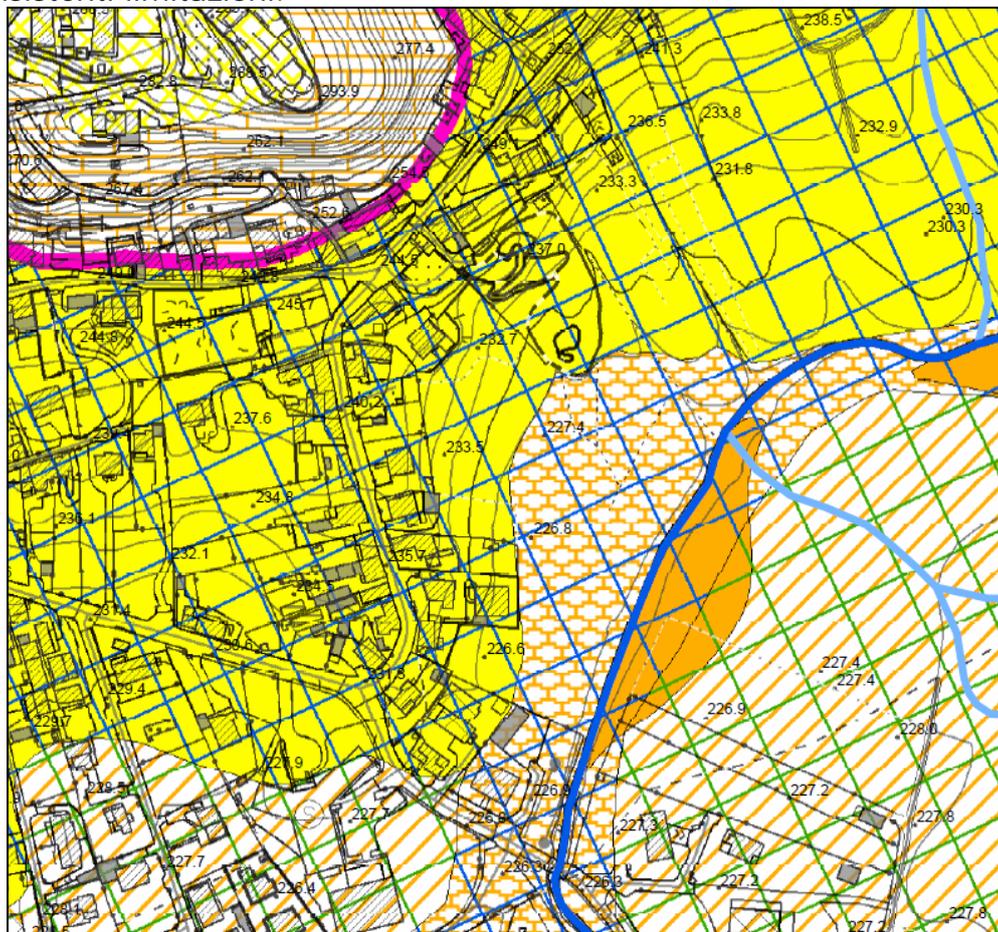


Figura 7 *Vista da sud del settore centrale del tracciato. Sullo sfondo il versante di Sasso Poiano con il settore di raccordo tra piana e base del versante stesso.*

### 3. FATTIBILITA' GEOLOGICA E VINCOLI

Lo Studio geologico di supporto al P.G.T. del Comune di Caravate inquadra l'area di progetto nelle seguenti classi di fattibilità:

- Il tratto più settentrionale del tracciato ricade in classe di Fattibilità 2 (sottoclasse 2 A) quindi con modeste limitazioni.
- Il restante tratto è invece di Classe di fattibilità 3 (sottoclasse H) quindi con consistenti limitazioni.



CLASSE	FATTIBILITA'	CARATTERI DISTINTIVI
2A		Versanti terrazzati con pendenze da deboli a medie e aree di fondovalle sub-pianeggianti con discrete caratteristiche geotecniche.
3H		Aree prevalentemente limoso-argillose con limitata capacità portante

Estratto Carta di fattibilità geologica del PGT di Caravate (Uggeri, 2011)

L'area di progetto, intesa come sedime della futura pista ciclopedonale e sede viaria, non è inoltre ricompresa in alcun vincolo di natura geologico, idrogeologico e idraulico. La carta dei Vincoli dello Studio Geologico indica, a margine del tracciato, la presenza di un corso d'acqua (Roggia Viganella) e il relativo vincolo di polizia idraulica (10 m).

## 4. INDAGINI DIRETTE

Come indicato in premessa, per la caratterizzazione geotecnica e litologica del primo sottosuolo sono state eseguite n. 4 trincee esplorative e n.6 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro super-pesante (DPSH) di cui 3 attrezzate con micropiezometro (per la misura del livello piezometrico). L'ubicazione dei punti di indagine è rappresentata in *Tavola 1*.

### 4.1 TRINCEE ESPLORATIVE

Le trincee esplorative, realizzate tramite escavatore meccanico cingolato, sono state eseguite in data 31/01/2018. Sono state spinte sino ad una profondità massima di circa 3.0/3.3 m da p.c. e hanno permesso di ricostruire la stratigrafia del primo sottosuolo dell'area di progetto.

Di seguito si riportano le schede descrittive relative ai singoli scavi.

ID Scavo	<b>TA</b>	
Prof. (m da p.c.)	Descrizione Litologica	Presenza di acqua
<b>0.0 – 0.2</b>	In corrispondenza del sedime dell'attuale pista di accesso è presente terreno di riporto con prevalente presenza di resti lateritici (mattoni e cls) con ghiaia e sabbia. A margine è presente, con medesimo spessore, terreno vegetale (suolo) a matrice sabbioso-limosa.	
<b>0.2-2.4</b>	Sabbia medio-fine con limo in percentuali variabili con rara ghiaia. Aumento della frazione limosa con la profondità	Assente
		

*NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

ID Scavo	<b>TB</b>	
Prof. (m da p.c.)	Descrizione Litologica	Presenza di acqua
0.0 – 0.5	Terreno vegetale (suolo) a matrice sabbioso-limosa con elevato contenuto organico	
0.5-3.0	Limo sabbioso grigiastro passante a limo con rara sabbia	Presenza di copiose venute idriche a partire da 2.6 m circa (con veloce aumento del livello a scavo aperto)
		

ID Scavo	<b>TC</b>	
Prof. (m da p.c.)	Descrizione Litologica	Presenza di acqua
0.0 – 0.2	Terreno vegetale (suolo) a matrice sabbioso-limosa con elevato contenuto organico (localmente torboso)	
0.2-1.8	Limo argilloso nerastro con rara sabbia	
1.8-2.2	Sabbia con ghiaia e ciottoli centimetrici (diam. Medio 2-4 cm)	Venute idriche a partire da circa 1.0 m da p.c.
		

ID Scavo	<b>TD</b>	
Prof. (m da p.c.)	Descrizione Litologica	Presenza di acqua
<b>0.0 – 0.2</b>	Terreno vegetale (suolo) a matrice sabbioso-limoso	
<b>0.2-1.8</b>	Sabbia limosa con abbondanti resti vegetali (tronchi ecc.)	Venute idriche a partire da circa 1.0 m da p.c.
		

## 4.2 PROVE PENETROMETRICHE

Le prove penetrometriche dinamiche sono state condotte tramite SCPT (Standard Conic Penetration Test) utilizzando una attrezzatura DPSH (Super Heavy), avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Peso massa battente	M = 73.00 kg
Altezza caduta libera	H = 0.75 m
Peso sistema battuta	Ms = 0.63 kg
Diametro punta conica	D = 51.00 mm
Area base punta conica	A = 20.43 cm <sup>2</sup>
Angolo apertura punta	$\alpha$ = 60°
Lunghezza delle aste	La = 0.90 m
Peso aste per metro	Ma = 6.31 kg
Profondità giunzione 1 <sup>a</sup> asta	P1 = 0.30 m
Avanzamento punta	$\delta$ = 0.30 m
Numero di colpi per punta	N = N=(30)
Rivestimento / Fanghi	No
Energia specifica per colpo	Q = 8.93 kg/ cm <sup>2</sup>

Tutte le indagini sono state eseguite tramite l'infissione di aste di lunghezza pari a 90cm con conteggio dei colpi di maglio necessari all'infissione di progressive di 30cm (DPSH). Il numero di colpi è in stretta relazione con la resistenza all'avanzamento della punta e delle aste, ossia con lo stato di addensamento delle terre attraversate e con la litologia.

*NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

---

I dati di campagna sono riportati su diagrammi penetrometrici che mettono in relazione il numero di colpi (NSCPT) con i metri di avanzamento. Interpretando questi diagrammi vengono individuati gli strati che assumono omogenea resistenza all'avanzamento delle aste.

Il numero di colpi NSCPT viene quindi moltiplicato per un fattore necessario per standardizzare i valori secondo la normativa NSPT (Standard Penetration Test).

Dai valori di NSPT, tramite software dedicato, si ricavano i parametri geotecnici propri del materiale e del loro stato tensionale (Densità relativa, Angolo di attrito, ecc.).

Tutte le prove sono state spinte fino a 8 m da p.c. e 3 di esse, P2, P3 e P6, sono state attrezzate e piezometro con a posa di tubazione in pvc da 1/2'.



Figura 8 *Esecuzione della prova P1*



Figura 9 *Esecuzione della prova P2*

*NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

---



Figura 10 Esecuzione della prova P3



Figura 11 Esecuzione della prova P4



Figura 12 Esecuzione della prova P5

NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE

---



Figura 13 Esecuzione della prova P6

*Come detto tre piezometri (P2, P3 e P6) sono stati attrezzati con micro piezometri in pvc atossico. Le immagini seguenti raffigurano i tre piezometri.*

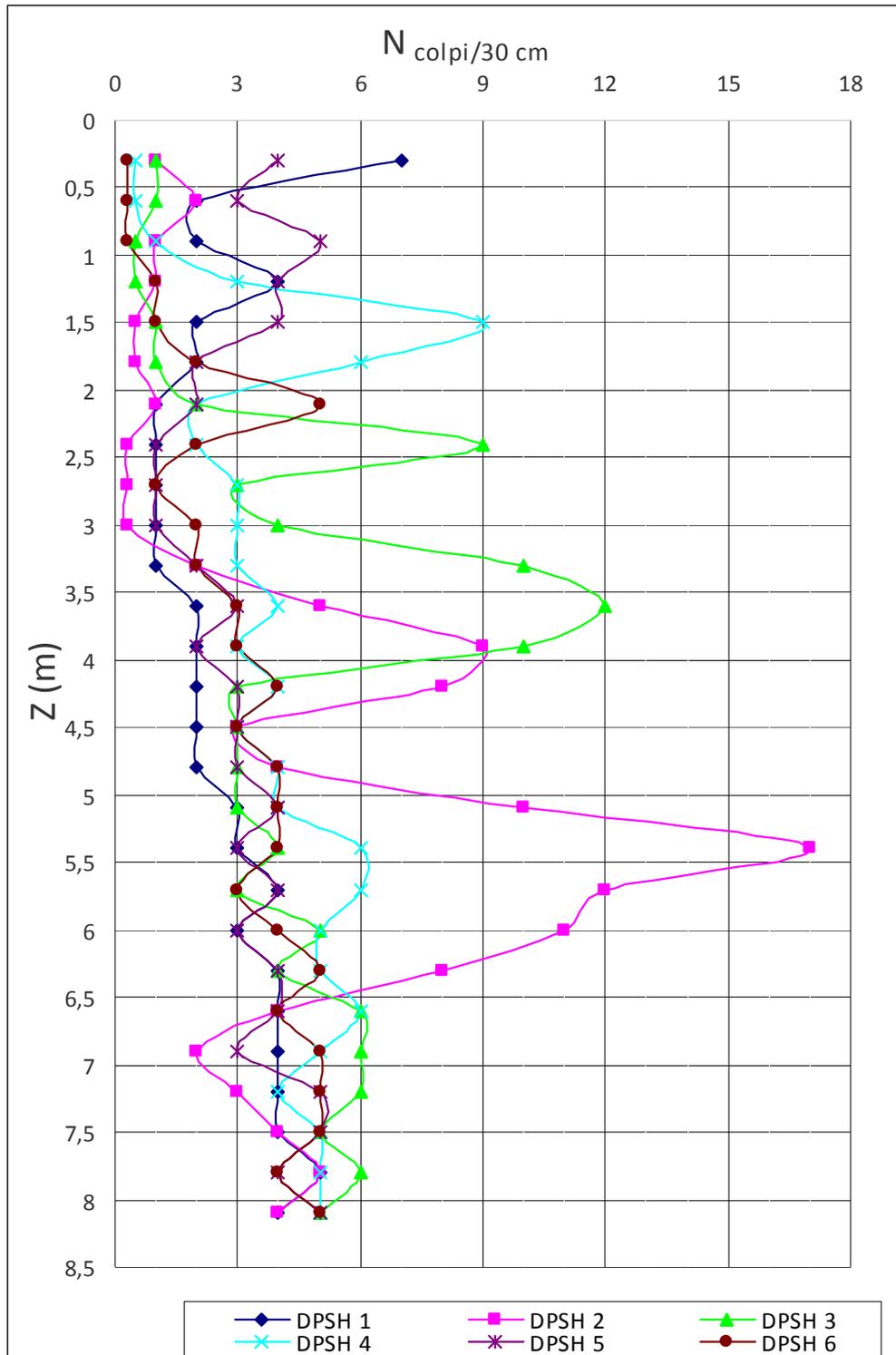


Figura 14 Micropiezometri (da sinistra a destra P2, P3 e P6)

### 4.3 STRATIGRAFIA LITOTECNICA

Le indagini dirette (prove penetrometriche) hanno permesso la ricostruzione della stratigrafia litotecnica.

Il grafico ottenuto dalle prove è raffigurato nella figura seguente.



*NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

I terreni sono stati divisi in 2 principali livelli litotecnici utilizzando i seguenti criteri:

- differenze deposizionali e granulometriche;
- differente grado di addensamento e cementazione risultante dalle indagini in sito (trincee e prove penetrometriche);
- omogeneità di valori ottenuti per i parametri geotecnici ricavati dalle prove penetrometriche.

I livelli individuati sono in seguenti:

- un **livello superficiale (Livello A)**, individuato fino ad una profondità di circa 3.0 m da p.c., composto da terreno vegetale (suolo) passante verticalmente a depositi fluvioglaciali a bassa energia (con locale presenza di depositi glaciolacustri). Si tratta di sabbie e limi in rapporti variabili con pressoché totale assenza di ghiaia come riconosciuto negli scavi esplorativi effettuati. In alcuni settori, come quelli indagati con le prove P3, P4 e P6 e con le trincee TC e TD, sono presenti anche abbondanti resti vegetali e torbose e livelli argilloso-limosi. Si tratta di terreni a bassissimo grado di addensamento (N30 inferiore a 1 con picchi pari a 0.3 colpi) e pertanto con pessime qualità geotecniche. A questo quadro fa leggermente eccezione la prova P1, caratterizzata in superficie dalla presenza di circa 20-30 cm di materiale di riporto costituente il fondo della stradina attuale, e la prova P5 in corrispondenza della quale i terreni superficiali si sono rivelati un poco più addensati (N30 compreso tra 4 e 5 colpi).

Al livello A possono essere associati i seguenti parametri geotecnici:

Parametri Terreno							
Livello	Z (m)	N DP	N SPT	$\gamma_n$	$\gamma_{sat}$	Dr	$\phi'$
<b>Livello A</b>	0.0 – 3.0	0.8	1.20	1.5	1.6	14-18	19°

La capacità portante ammissibile è stata stimata pari a circa 0.2/0.3 kg/cm<sup>2</sup>.

- Alla base del livello A compare, con passaggio graduale, un **secondo livello (denominato B)** più addensato, sebbene di poco, rispetto al precedente. Dal punto di vista litologico è costituito da limi sabbiosi .

Il numero di colpi (N30) è compreso tra 2 e 6 con una media di 4. Si tratta comunque di terreno geotecnicamente scarsi con i seguenti parametri medi.

Parametri Terreno							
Livello	Z (m)	N DP	N SPT	$\gamma_n$	$\gamma_{sat}$	Dr	$\phi'$
<b>Livello B</b>	3.0 – 8.0	4	6	1.8	1.7	32	23°

La capacità portante ammissibile è stata stimata pari a circa 0.4 kg/cm<sup>2</sup>.

Occorre evidenziare come, in alcune prove (P2 e P3) e trincee (TC), sia stato riconosciuto un livello granulometricamente più grossolano (ghiaia e sabbia sciolte) avente spessore dell'ordine di qualche decimetro (massimo 1.5 m). Tale intercalazione è stata individuata a circa 3 m nella prova P3, a 4.8 m da p.c. in P2 e a 1.8 nello scavo TC.

*NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

---

In tutte le prove penetrometriche è stata riscontrata la presenza di acqua a debole profondità (soprattutto nel settore di tracciato più prossimo all'alveo della Roggia Viganella). La tabella seguente riassume la piezometria riscontrata.

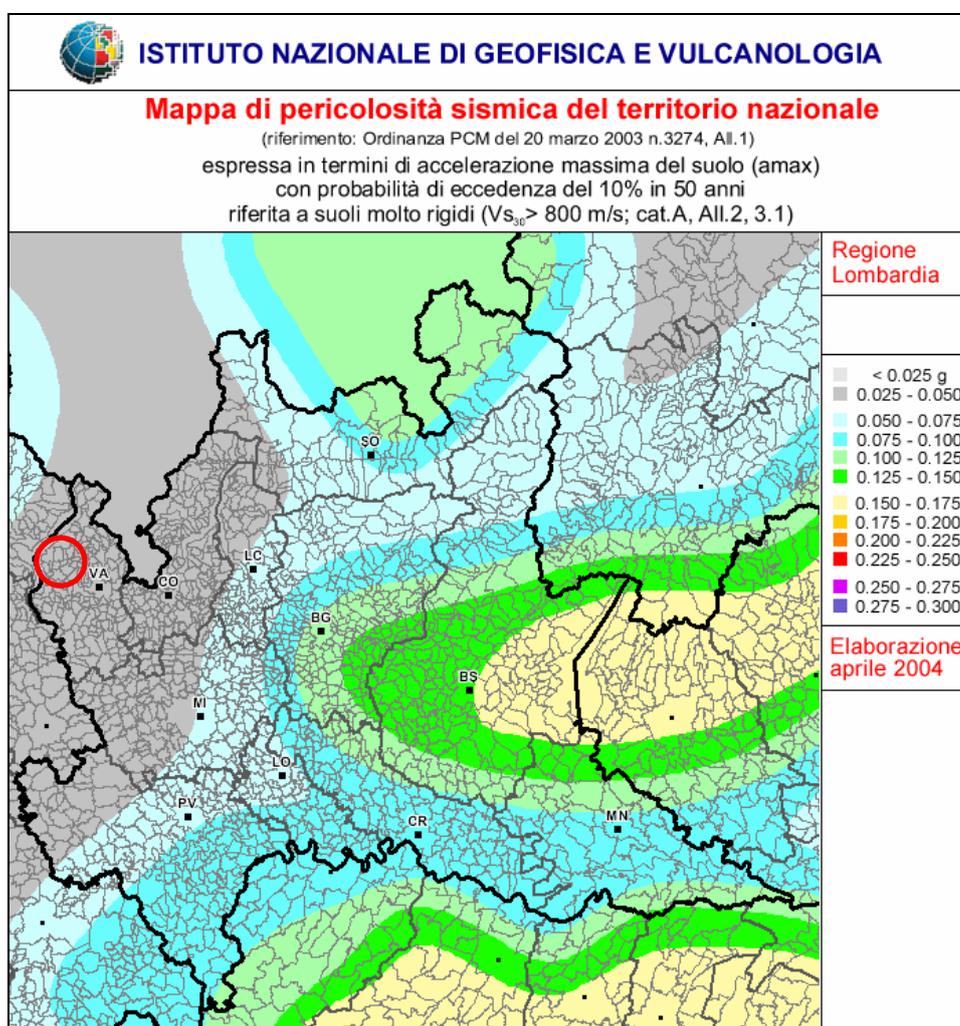
<b>Prova</b>	<b>I.s.</b> (m da p.c.)
P1	Circa 4.0
P2 - piezometro	0.95
P3- piezometro	0.61
P4	Circa 0.7
P5	Circa 0.6
P6- piezometro	0.4

## 5. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

La normativa di riferimento (Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003) aggiorna la normativa sismica in vigore, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo.

L'intera zona NW della Lombardia, e quindi anche il comune di Caravate, rientra in Categoria 4 nella classificazione sismica dei comuni italiani.

Tale classificazione, che di fatto inquadra il territorio come zona non sismica, discende dalla mappa di pericolosità sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia riportata di seguito.



L'analisi sismica di I livello, contenuta nello Studio Geologico del PGT del Comune di Caravate, classifica l'area come **Z4C** ovvero:

NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE

	<b>Z4c</b>	<b>Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)</b>
---	------------	--

L' Ordinanza P.C.M. propone l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie (A - B - C - D - E) di suoli (più altri due speciali: S1 e S2), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno ( $V_{S30}$ ).

E' stato pertanto calcolato il valore di  $V_{S30}$  utilizzando la correlazione di Ohta e Goto (1978) tra NSPT e VS che si basa sugli esiti delle prove SPT.

Nel caso specifico si ritiene che **il suolo di fondazione sia classificabile**, in base all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, in **categoria C** ovvero:

**C** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## 6. CONCLUSIONI

A seguito delle indagini geognostiche e geotecniche eseguite sui terreni interessati dal progetto di realizzazione della nuova sede viaria e ciclopedonale tra la Via Leopardi e il parcheggio sottostante il Municipio è possibile trarre le seguenti considerazioni:

- Il tracciato in progetto interessa due distinti ambiti geomorfologici:
  - Il tratto di tracciato più settentrionale corre perpendicolare all'alveo della Roggia Viganella seguendo il settore di raccordo tra la base del versante su cui è edificato il centro storico di Caravate e la piana sottostante. Si tratta di un'area a debole pendenza geomorfologicamente stabile, priva di processi geomorfici attivi o potenziali, comprese aree di ristagno.
  - Il restante settore corre parallelo, in destra idrografica, all'alveo del corso del T. Viganella che presente, in tale tratto, andamento sinuoso (solo localmente meandreggiante). L'area di progetto è inserita nella piana glaciolacustre posta a sud di Caravate caratterizzata dalla presenza di numerosi fossi o dreni provenienti dal versante in destra idrografica alcuni dei quali di origine verosimilmente antropica e realizzati per migliorarne il drenaggio.

L'area di progetto è morfologicamente stabile anche se sono localmente presenti limitati fenomeni di erosione di sponda lungo l'alveo fluviale e settori contrassegnati da ristagni e/o fenomeni di drenaggio lento. In particolare tali problematiche sono ben riconoscibile nel tratto di tracciato più prossimo al fabbricato ubicato lungo Via Leopardi, dove sono presenti fossi e drenaggi paralleli alla roggia principale. Sebbene la cartografia allegata alla bibliografia geologica consultata non ne evidenzi la presenza si ritiene che, in occasione di eventi precipitativi particolarmente prolungati e intensi, possano riscontrarsi fenomeni di esondazione delle Roggia Viganella con interessamento anche dei terreni posti in destra idrografica (oltre che quelli in sinistra come indicato sugli studi geologici pregressi).

- Le indagini eseguite, n.4 trincee esplorative e n.6 prove penetrometriche DPSH profonde 8 m, hanno messo in evidenza una successione di livelli litotecnici così riassumibile (dall'alto verso il basso):

Livello litotecnico	Profondità	Litologia	Caratteristiche geotecniche
<b>A</b>	Da p.c. fino ad una quota di circa 3.0 da piano campagna attuale	Terreno vegetale (suolo) passante verticalmente a depositi fluvioglaciali a bassa energia (localmente glaciolacustri). Le litologia prevalente è il limo sabbioso anche se, localmente, sono presenti limi argillosi talvolta torbosi. Solo in P1/TA presenza di circa 20 cm di materiale di riporto	<b>Pessime/Scadenti</b>

**NUOVA PISTA CICLABILE**  
**INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE**

<b>B</b>	Alla base del livello A fino ad almeno 8.1 m da p.c. (fine prove)	Sabbie limose e limi sabbiosi con frequente presenza di intercalazioni decimetriche (anche dell'ordine di 1,2 m) di sabbie e ghiaie sciolte	<b>Scarse</b>
----------	---	---	---------------

Ai due livelli litotecnici individuati possono essere associati i seguenti parametri geotecnici:

Parametri Terreno							
Livello	Z (m)	N DP	N SPT	$\gamma_n$	$\gamma_{sat}$	Dr	$\varphi'$
<b>Livello A</b>	0.0 – 3.0	0.8	1.20	1.5	1.6	14-18	19°
<b>Livello B</b>	3.0 – 8.0	4	6	1.8	1.7	32	23°

- Gli esiti delle indagini richiedono che il progettista, a cui spetta la scelta della tipologia di fondazioni, valuti attentamente la compatibilità tra le capacità portanti del terreno, i carichi massimi reali applicati e i cedimenti ammissibili. In linea generale e sulla base degli esiti delle indagini si consiglia di procedere alla totale asportazione dei terreni del primo sottosuolo, fino ad una profondità di almeno 40 cm (e comunque non oltre la quota di falda). Al termine di tale operazione si raccomanda di migliorare la qualità geotecnica del sottofondo attraverso un intervento di bonifica litologica del fondo scavo attuato sostituendo il materiale asportato con altro di idonea pezzatura, granulometria e litologia fino alla creazione del rilevato stradale. L'intervento raccomandato è di seguito descritto:
  - La pezzatura massima del materiale di riempimento sarà di 5–10 cm, da stabilizzare granulometricamente (elementi grossolani più percentuale di fine) con l'apporto di legante naturale, costituito da aggregati fini e finissimi; in tal modo è possibile conferire alla miscela coesione, continuità granulometrica ed attrito intergranulare.
  - Dovranno essere utilizzate terre classificate secondo la normativa CNR – UNI n. 10006 nei sottogruppi A1-a, A1-b e A2-4, con distribuzione non continua.
  - Ogni livello dovrà avere uno spessore di 20 o al massimo 30 cm dovrà essere compattato tramite rullo vibrante (15-18 T) con ripetuti passaggi perpendicolari tra loro (almeno 8+8 passaggi). Il materiale dovrà risultare, al termine delle operazioni, livellato e miscelato in maniera uniforme in modo da non presentare segregazione nei suoi componenti.

Si raccomanda di evitare scavi con pareti aventi angoli di scarpa superiori a quelli individuati dalla prove geotecniche.

Si raccomanda inoltre di porre particolare attenzione alla presenza, nel settore centrale e meridionale dell'area di indagine vaste aree di ristagno e di un fosso temporaneo posto parallelamente all'alveo del T. Viganella.

- In tutte le prove penetrometriche è stata riscontrata la presenza di acqua a debole profondità (soprattutto nel settore di tracciato più prossimo all'alveo della Roggia Viganella). La tabella seguente riassume la piezometria riscontrata durante le perforazione e, nel caso di P2, P3 e P4, tramite misure puntuali nei micropiezometri installati.

*NUOVA PISTA CICLABILE  
INDAGINI GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE*

---

<b>Prova</b>	<b>I.s.</b> (m da p.c.)
P1	Circa 4.0
P2 - piezometro	0.95
P3- piezometro	0.61
P4	Circa 0.7
P5	Circa 0.6
P6- piezometro	0.4

Si segnala comunque che, data la conformazione morfologica dell'area, sussiste la concreta possibilità che, in occasione di eventi meteorici prolungati e particolarmente intensi, si possano registrare oscillazioni del livello piezometrico (anche dell'ordine di qualche decimetro) che potrebbe raggiungere la superficie topografica.

Si raccomanda quindi di prevedere la progettazione e la realizzazione di opportune opere di drenaggio e allontanamento delle acque meteoriche nonché di impermeabilizzazione delle strutture, sia durante le operazioni di cantiere che in seguito. Tali interventi dovranno essere conformi alla norme indicate nello strumento urbanistico vigente (ed in particolare allo studio geologico) e, in ogni caso, non dovranno innescare fenomeni erosivi concentrati o diffusi.

Varese, 06 febbraio 2018

Dott. Geol. Davide Fantoni

