

**PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE ED  
AMPLIAMENTO DEL FABBRICATO SEDE  
DELLA "PIA FONDAZIONE ONLUS  
DI VALLE CAMONICA"**

<b>ELAB. D. 1</b>	<b>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b>
prot.: 241601	

progettista architettonico:

dott. ing. FEDERICO SANTICOLI

Studio Tecnico Associato Prandini&Santicoli

via Taglierini n°14 - 25043 BRENO (BS)

tel.:0364/22706 - e mail: santicolifederico@gmail.com

progettista opere strutturali:

dott. ing. GIOVANNI FLELLI

via Campello n. 22 - 25053 MALEGNO (BS)

tel.:3487047087 - e mail: gflelli@libero.it

progettista impianti:

dott. ing. SERGIO DAMIOLA

via Manzoni n. 130 - 25040 BERZO INFERIORE (BS)

tel.:0364/300428 - e mail: sergiodamiola.ing@libero.it

---

Malegno, dicembre 2016

il committente

l'Impresa

Regione Lombardia

Provincia di Brescia

Comune di Malegno

Relazione geologica con caratterizzazione geotecnica dei terreni a supporto  
del progetto di ristrutturazione ed ampliamento del fabbricato posto in  
Via del Lanico n°2  
Foglio 10 Mappale 2451 in Comune di Malegno (BS)

COMMITTENTI:  
Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus

PROGETTO n°35

DATA: Ottobre 2016

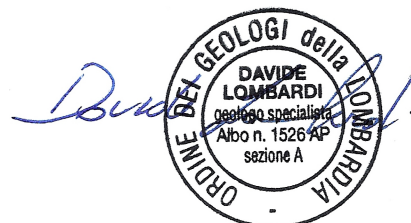
*Dott. Geologo  
Davide Lombardi*

Via Dera n° 14  
25053 Malegno (BS)  
C.F: LMB DVD 76D 13B 149S  
P.IVA n°: 02 853 780 985

*cell. 328 59 34 390  
e-mail: [davilombardi@libero.it](mailto:davilombardi@libero.it)*

*PEC: [geol.davidelombardi@epap.sicurezzapostale.it](mailto:geol.davidelombardi@epap.sicurezzapostale.it)*

Geol. Davide Lombardi



# INDICE

## RELAZIONE GEOLOGICA

<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Caratteri geologici.....	5
2.2 Caratteri geomorfologici.....	8
2.3 Caratteri idrografici .....	8
2.4 Verifica aree a rischio frana .....	8

## RELAZIONE GEOLOGICA

<b>3.0 INDAGINE SISMICA MASW / RIFRAZIONE.....</b>	<b>11</b>
3.1 Metodologia d'indagine MASW .....	11
3.2 Elaborazione MASW.....	13
3.3 Elaborazione Prova a Rifrazione .....	16
<b>4.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>18</b>
4.1 Classificazione secondo le NTC 2008 (D.M. 14/01/08).....	18
4.1.1 Azione sismica .....	18
4.1.2 Analisi di II° livello.....	19
4.1.3 Valutazione della pericolosità sismica .....	20
4.1.4 Categorie di sottosuolo.....	21
4.1.5 Condizioni topografiche .....	22
4.1.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	22
4.1.7 Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale .....	23
4.1.8 Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali .....	23
4.1.9 Spostamento orizzontale e velocità orizzontale nel terreno .....	23
<b>5.0 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>26</b>
5.1 Descrizione indagini - Metodologia.....	26
5.2 Descrizione del modello geotecnico .....	26
5.3 Dati delle prove e caratterizzazione geotecnica.....	27
5.4 Verifica alla liquefazione .....	28
5.6 Valutazioni della portata limite (SLU).....	28
5.7 Valutazione e verifica dei cedimenti (SLE) .....	32
<b>6.0 CONCLUSIONI.....</b>	<b>33</b>

## PREMESSA

Su incarico della Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus, è stata redatta la seguente relazione geologica con caratterizzazione geotecnica dei terreni a supporto del progetto finalizzato alla ristrutturazione ed ampliamento del fabbricato posto sul mappale n° 2451 Foglio 10, nel Comune di Malegno (BS) di proprietà di cui sopra.

Il progetto prevede il sopralzo della struttura esistente, modifiche interne e la realizzazione di scale di emergenza ed ascensore esterni alla struttura.

Per la definizione delle caratteristiche geologico-tecniche e delle condizioni geologico-morfologiche dell'area in studio si è provveduto a eseguire:

- un sopralluogo nell'area in esame,
- consultazione dello studio geologico a supporto del Piano Governo Territorio del Comune di Malegno (L.R. n° 12/2005), depositato presso l'Ufficio Tecnico Comunale.
- consultazione delle tavole progettuali a cura dell'Ing. Federico Santicoli.
- analisi dell'interferenza delle opere in progetto con la situazione geologica, geomorfologica e idrologica locale;
- individuazione delle caratteristiche dei terreni su cui si intersteranno le fondazioni delle opere in progetto e che saranno interessati dal sistema di scarico su suolo mediante la realizzazione di n°3 prove penetrometriche spinte a profondità varie, indagine sismica a Rifrazione ed indagine sismica MASW.

L'area entro cui ricade l'intervento è compresa nella perimetrazione dello Studio Geologico Tecnico redatto a supporto del PGT come **"classe di fattibilità 2ac" comprendente aree con modeste limitazioni alla destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico, finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica.**

Zona caratterizzata da amplificazioni sismiche nelle quali è obbligatorio procedere ad un'analisi di 2° livello per gli edifici strategici rilevanti

**Sottoclasse a:** problematiche connesse a fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua con prevalente o esclusiva portata liquida.

**Sottoclasse 2c:** comprende le aree esondabili per piene catastrofiche (**vedasi stralcio carta di fattibilità geologica**)

*Le normative di riferimento sono le seguenti:*

- D.g.r. 30/03/2016 n° x/5001 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica;



- Legge Regionale n°33/2015 disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche;
- DM 14/01/08: “Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Consiglio superiore dei Lavori Pubblici: “Istruzioni per l’applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/08” Circolare 02/02/09;
- Consiglio superiore dei Lavori Pubblici: “Pericolosità Sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale” All. al voto n° 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 del 1998: “indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7.1: “Progettazione geotecnica” – Parte I: Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2: “Progettazione Geotecnica” – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) - UNI;
- Eurocodice 7.3: “Progettazione geotecnica” – Parte II: Progettazione assistita da prove in sito (2002) – UNI;
- Leggi regionali in materia di pianificazione e di vincolo idrogeologico;
- Piani territoriali di coordinamento (Province);
- Piano strutturale e regolamento urbanistico

*La presente relazione è da intendersi quale svincolo alla fattibilità dell'intervento*

## **1.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il Comune di Malegno si colloca nella media Valle Camonica e si sviluppa in destra idrografica del Fiume Oglio. La base cartografica utilizzata per la stesura della presente relazione è data dalla CTR in scala 1:10.000 del Foglio n° 34 "Breno" sezione D4c2 "Breno Sud".

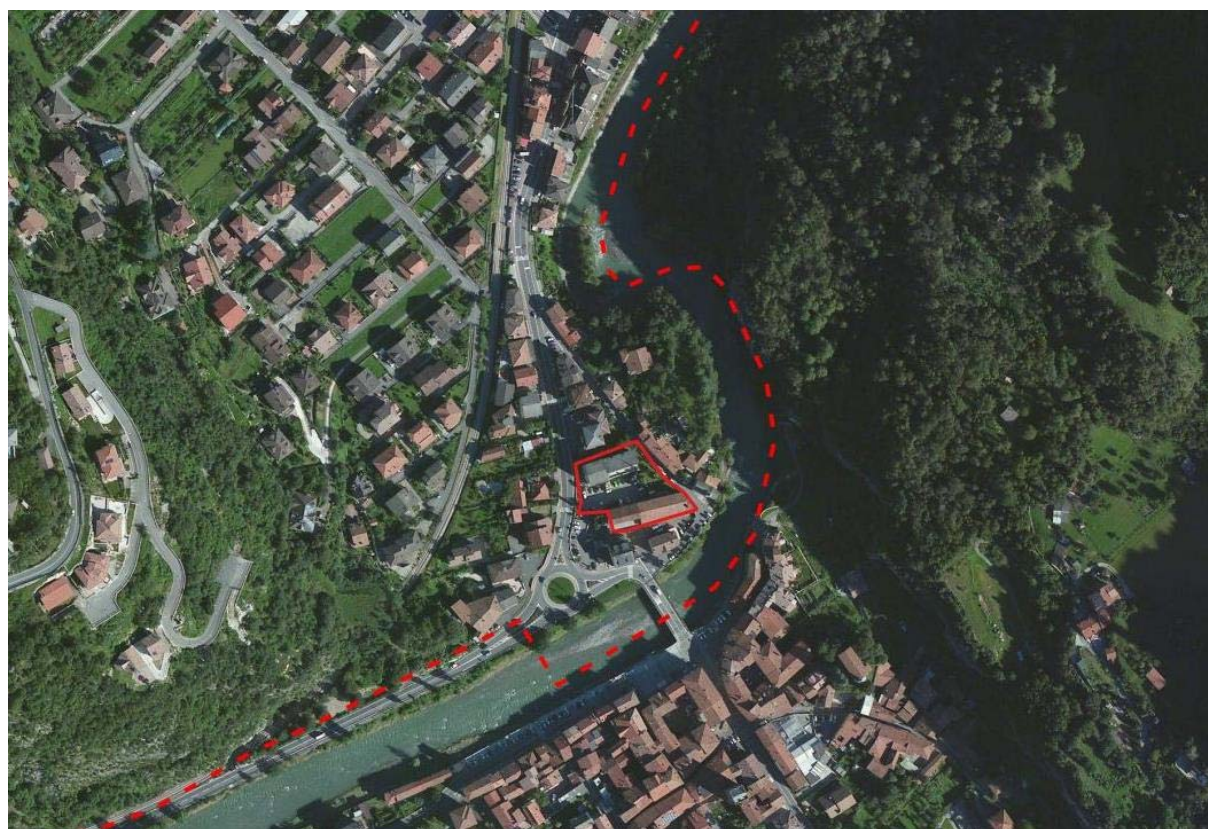
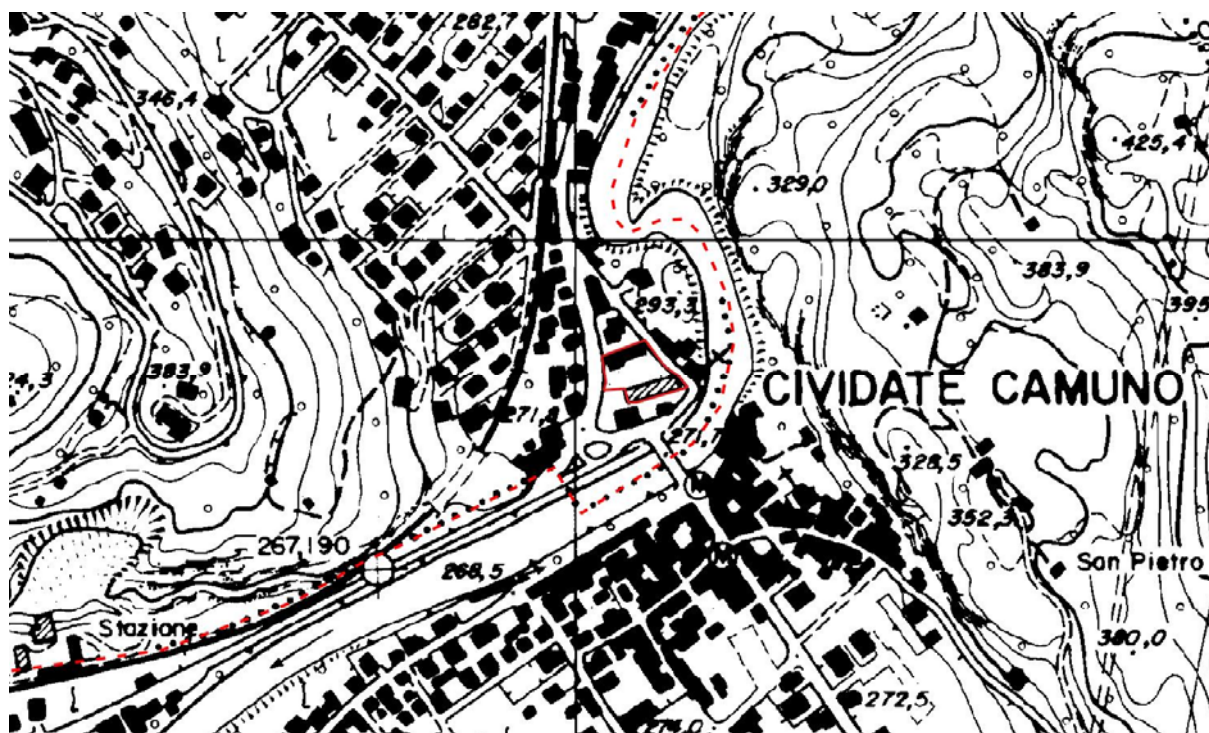
L'area oggetto di studio è posta all'inizio dell'abitato di Malegno all'altezza della rotatoria per Cividate Camuno.

Il sito è caratterizzato dalla seguente quota altimetrica e coordinate Gauss-Boaga:

**Coord Gauss-Boaga:                      E: 1.599.053                      N: 5.088.892;**

**Quota: 270 m s.l.m.**

Nella pagina seguente viene riportato lo stralcio della CTR e dell'immagine satellitare dell'area di intervento



**Figura 1-2:** stralcio CTR ortofoto area di intervento

## 2.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGRAFICI

### 2.1 Caratteri geologici

L'ossatura del versante su cui si imposta l'area oggetto d'intervento appare costituita da un substrato roccioso (Calcere di Esino) caratterizzato da calcari e calcari dolomitici da grigio-chiari a grigio-scuri, a stratificazione massiccia, sub-affiorante ricoperto da depositi superficiali di conoide alluvionale provenienti formatosi dal trasporto di materiali provenienti dal Torrente Arca e dal Torrente Lanico. In particolare vengono così descritti:

#### ***Substrato roccioso (Calcere di Esino)***

Tale unità è costituita da calcari e calcari dolomitici bianchi o nocciola a stratificazione per lo più indistinta, localmente in grossi banchi poco marcati. Verso l'alto la formazione si presenta grossolanamente ricristallizzata, con cavità riempite di calcite spatica.

Caratteristica è la presenza in questa formazione di alghe, di grossi gasteropodi, di crinoidi e verso il tetto dell'unità, di strutture algali pisoliti che o mammellonari assai tipiche.

La potenza in Val Camonica meridionale è compresa tra 0 e 500 m. Al tetto dell'unità poggia la Formazione di Breno; tale passaggio nell'area in esame è data da un sottile livello di calcari arenacei neri. Localmente si sono osservate delle brecce aventi un certo grado di cementazione; le brecce ed i conglomerati cementati sono formati da clasti eterometrici del Calcere di Esino con granulometria assai grossolana. La matrice è carbonatica ed è di colore giallastro.

A tale substrato si possono assegnare le seguenti caratteristiche geotecniche:

- peso di volume (in condizioni drenate)  $\gamma' = 20,0 - 20,2 \text{ kN/m}^3$ ;
- angolo di attrito (in condizioni drenate)  $\varphi' = 40^\circ$ ;

#### ***Depositi di conoide alluvionale***

Si tratta di depositi di origine complessa, costituiti da successioni granulometricamente variabili (GM – SM) la cui genesi è legata a fenomeni di dinamica fluviale (alternanza di fasi a normal deposizione e fenomeni di alluvionamento), a supporto di matrice limoso-sabbiosa o limoso-argillosa, clasti da spigolosi ad arrotondati. Coinvolgono generalmente i materiali della copertura quaternaria, più facilmente mobilizzabili, in particolare depositi glaciali più antichi.

Le modalità di deposizione sono tipicamente legate alla diminuzione di velocità delle correnti in deflusso sia superficiale che sottosuperficiali. La dinamica deposizionale fa sì che all'interno di questi depositi i terreni possiedano granulometria inferiore nelle porzioni distali e marginali del conoide e terreni più grossolani localizzati verso l'apice e la porzione centrale e centro laterale.

L'alternanza di fenomeni di deposizione normale (deposizione di sedimenti fini) e fenomeni di sovralluvionamento (deposizione di terreni più grossolani) rende i depositi estremamente variabili verticalmente e orizzontalmente.

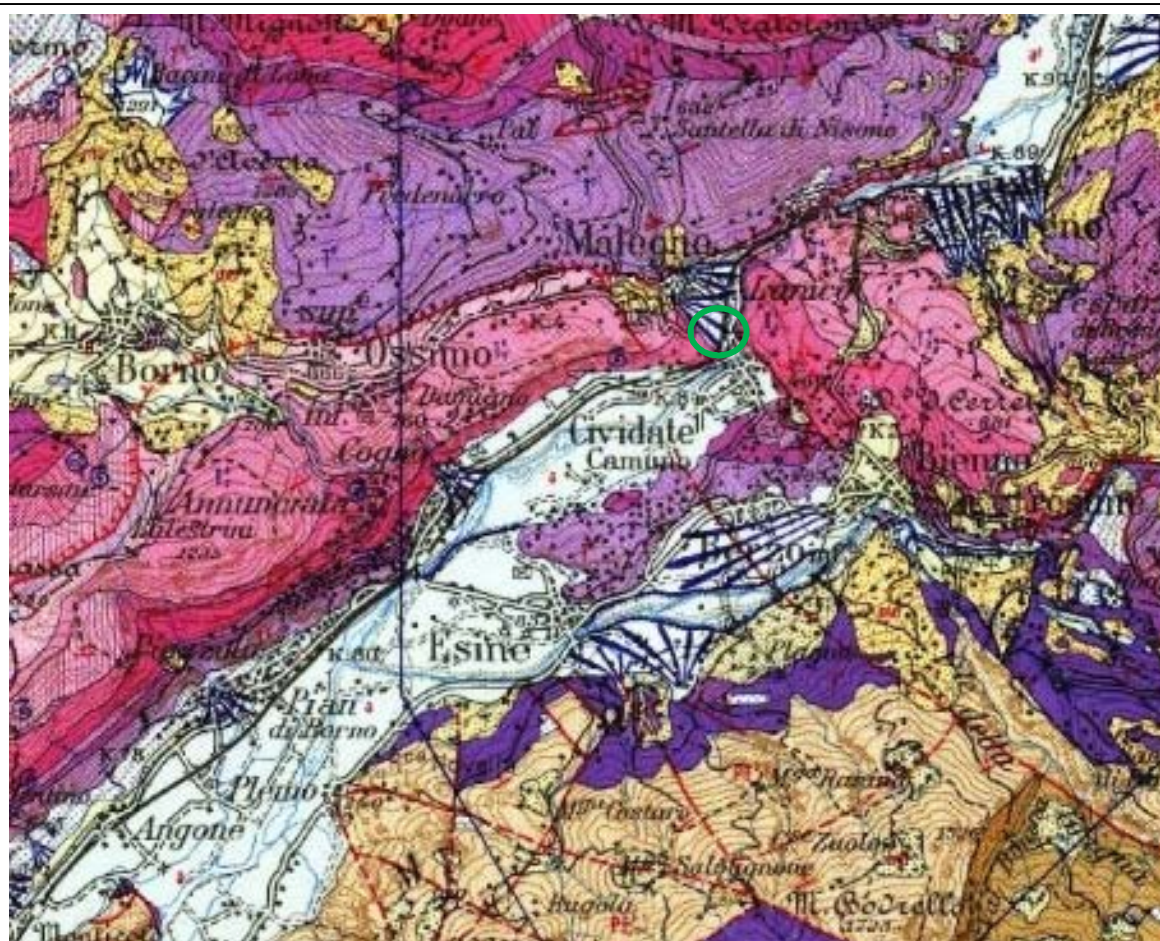
I parametri geotecnici possono assumere un range di valori piuttosto ampio che è puramente indicativo.

Le caratteristiche tecniche, generalmente discrete, devono essere valutate puntualmente e corredate da indagini ad hoc in funzione della tipologia di opera da realizzare.

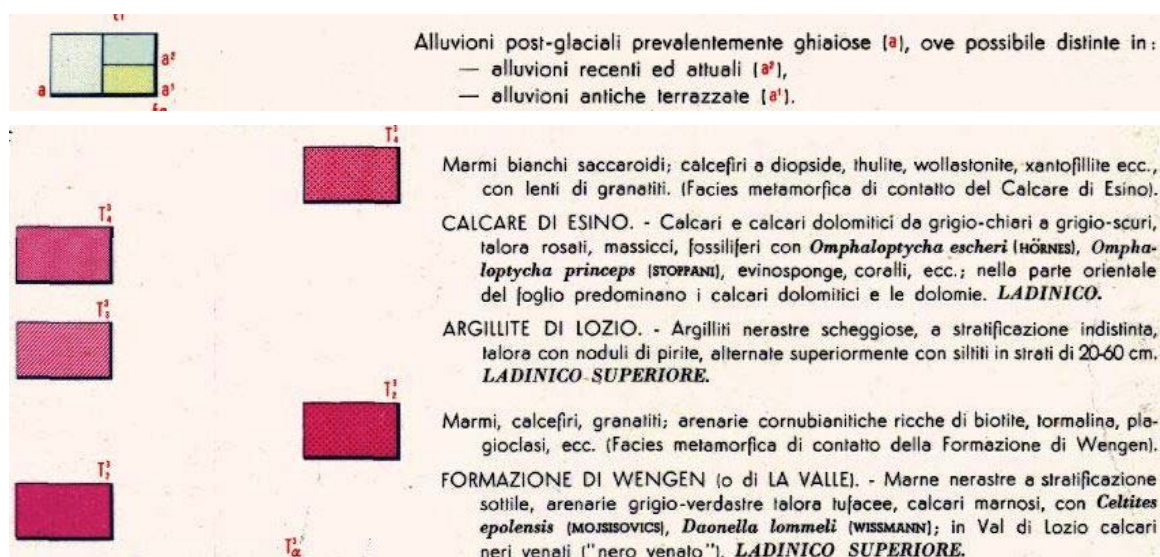
- Angolo d'attrito  $\varphi = 30^\circ - 34^\circ$
- Coesione = 0 – 0.5 kg/cmq
- Peso di volume = 1.8 – 1.95 g/cmc
- Stato di addensamento = da poco addensato ad addensato
- Permeabilità = medio - elevata

. **(vedasi all stralcio Carta geologica strutturale)**





### Legenda



**Figura 3:** stralcio carta geologica scala 1:100.000.

## **2.2 Caratteri geomorfologici**

Dal punto di vista geomorfologico l'area è posta nella porzione finale e distale del conoide di deposizione formatosi dai Torrenti Arca e Torrente Lanico. Inoltre dalla carta topografica si può vedere come anticamente l'area sia stata interessata dallo scorrimento dell'alveo del Fiume Oglio che successivamente a seguito del ritiro dei ghiacci e della deposizione del conoide dei sopracitati torrenti ha cambiato corso andando ad occupare l'attuale alveo posto ad ovest rispetto all'area di interesse. Altri aspetti geomorfologici non sono visibili in quanto l'area è densamente urbanizzata.

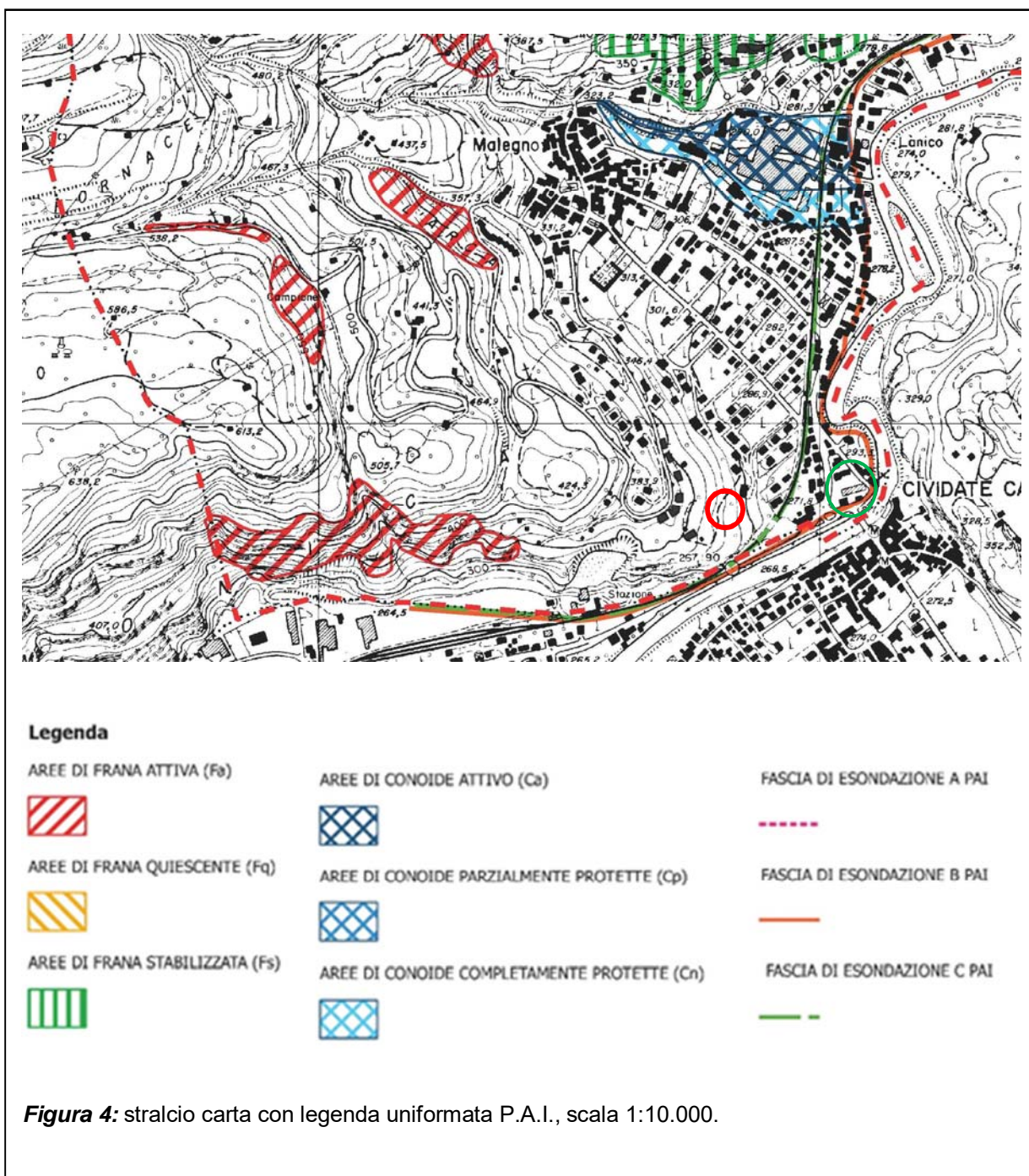
## **2.3 Caratteri idrografici**

L'area di studio è posta a poche decine di metri dal Fiume Oglio il quale scorre ad una quota di circa 7-8 m più bassa rispetto all'area. Data la vicinanza con il Fiume Oglio l'area è ricompresa nella Fascia B del PAI come si osserva dall'estratto della Carta dei Vincoli con Legenda Uniformata PAI,

## **2.4 Verifica aree a rischio frana**

Nell'area di studio non sono presenti fenomeni di frana attivi, come si può osservare dall'estratto della Carta dei Vincoli con Legenda Uniformata PAI,





**Figura 4:** stralcio carta con legenda uniformata P.A.I., scala 1:10.000.



# CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 3.0 INDAGINE SISMICA MASW / RIFRAZIONE.

Nei seguenti paragrafi si riportano le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW e di uno a RIFRAZIONE presso l'area situata in Via del Lanico n°2 nel comune di Malegno (Bs) nell'area di proprietà della Pia Fondazione di Valle Camonica.



**Figura 5:** vista dello stendimento MASW e RIFRAZIONE

#### 3.1 Metodologia d'indagine MASW

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park C.B. et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con

spaziatura pari a 1.0 m (la configurazione geometrica adottata è stata dettata sia dalle condizioni logistiche che dalla necessità di ricostruire al meglio lo spettro di velocità delle onde superficiali di Rayleigh). Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza compresa tra 4 e 8 m dal primo geofono effettuando più energizzazioni in punti differenti ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park C.B. et al., 2005; Dal Moro G., 2008; Dal Moro G., 2012).

Terminata l'indagine attiva, con la stessa configurazione geometrica si è passati alla registrazione dei microtremori (MASW passiva) acquisendo in totale 10 registrazioni di rumore, ciascuna della lunghezza di 30 s.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata nell'acquisizione della prova MASW attiva e passiva:

n°	Strumentazione	Caratteristiche
1	Unità di acquisizione	sismografo GEOMETRICS "GEODE" a 24 bit
24	Geofoni verticali	"Geospace" con $f_0 = 4.5$ Hz
1	Cavo sismico	L = 60 m
1	Sorgente	Mazza battente su piattello metallico

### 3.2 Elaborazione MASW

I dati sperimentali sono stati interpretati attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (SurfSeis 5.0 della Kansas University, Park C. B., 2016).

Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “picking” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze (si veda la curva di dispersione riportata in allegato).

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

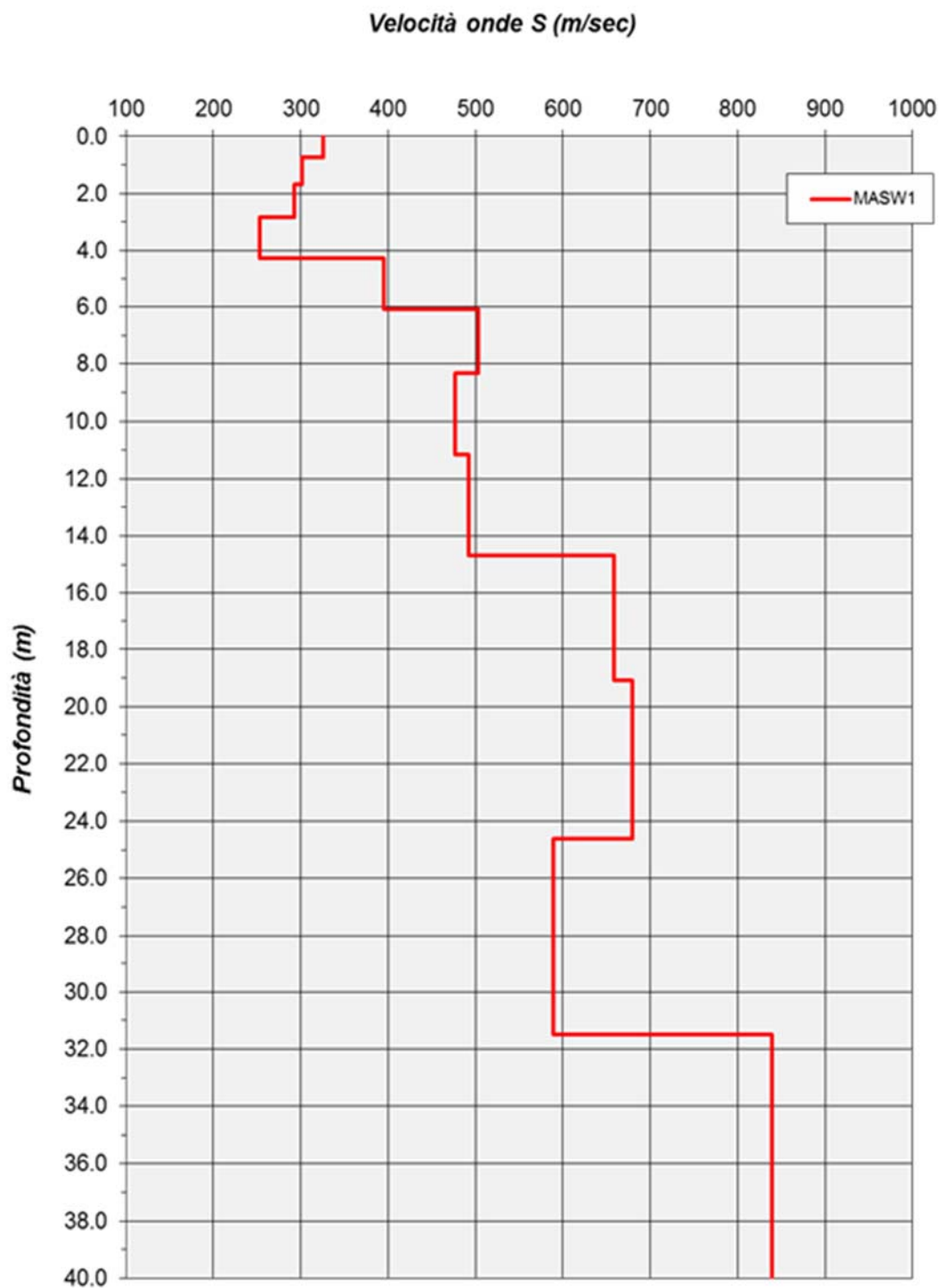
Dall'inversione della curva di dispersione (relativa al “modo fondamentale” delle onde superficiali di Rayleigh) si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata:

<b>MASW 1</b>			
<b>Strato</b>	<b>Spessore [m]</b>	<b>Vs [m/s]</b>	<b>Profondità</b>
1	0.7	<b>325</b>	0.7
2	0.9	<b>302</b>	1.7
3	1.2	<b>292</b>	2.8
4	1.4	<b>253</b>	4.3
5	1.8	<b>396</b>	6.1
6	2.3	<b>503</b>	8.3
7	2.8	<b>477</b>	11.2
8	3.5	<b>492</b>	14.7
9	4.4	<b>658</b>	19.1
10	5.5	<b>679</b>	24.6
11	6.9	<b>589</b>	31.5
12	8.6	<b>839</b>	40.1

**Tabella 1:** Modello sismico monodimensionale

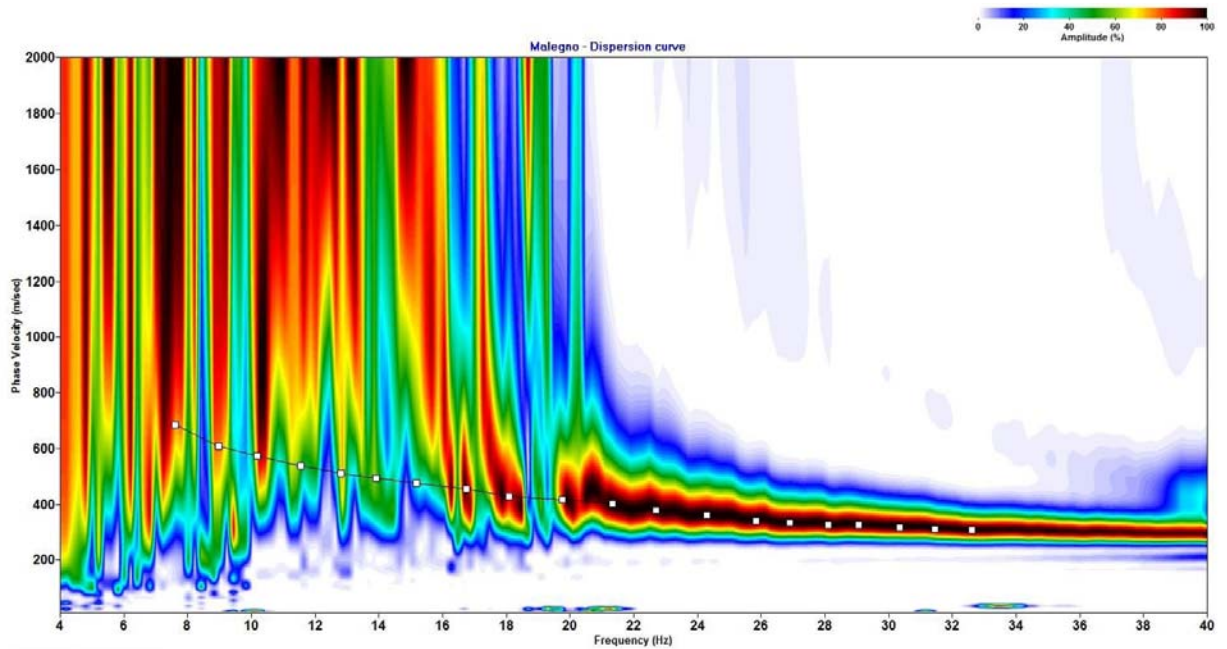
Nella pagina seguente si riporta l'elaborazione della prova sismica

### Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion



## Indagine MASW

### Curva di Dispersione



### 3.3 Elaborazione Prova a Rifrazione

Il rilievo sismico a rifrazione è un metodo di indagine basato sulla misura del tempo di transito che le onde elastiche (onde P), generate dalla superficie in un punto-sorgente, impiegano per raggiungere dei ricevitori (geofoni con frequenza propria pari a 4.5 Hz).

Questi sono disposti sempre sulla superficie, con una geometria definita rispetto al punto di energizzazione: le distanze tra i geofoni sono predefinite in riferimento al dettaglio che si intende conseguire. La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni (dromocrone, curve tempi-distanze) permette di ricostruire l'andamento e la profondità degli orizzonti indagati.

Nell'esecuzione del profilo sismico a rifrazione, il "time-break" o tempo zero di inizio registrazione, è stato fissato attraverso l'apertura di un circuito elettrico situato in corrispondenza del punto sorgente.

Per la generazione delle onde P si è proceduto ed eseguire battute con la mazza da 8 Kg su un piattello metallico con senso di direzione verticale rispetto al piano campagna.

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche di acquisizione del profilo a rifrazione effettuato:

PROFILO SISISMICO A RIFRAZIONE: ST1	
Totale punti sorgente o <i>shots</i>	<b>5</b>
Totale geofoni	<b>24</b>
Spaziatura geofoni	<b>1 m</b>
Shots esterni	<b>2 – 8 m dal primo e dall'ultimo geofono</b>
Shots interni	<b>3, ogni 6 geofoni</b>

Per ciascun punto sorgente (*shot*) sono state eseguite più ripetizioni dell'energizzazione, successivamente sommate, al fine di aumentare il rapporto segnale/rumore ed identificare chiaramente i primi arrivi (processo di *stacking*).

Il profilo a rifrazione è stato effettuato nella stessa posizione dello stendimento sismico MASW (figura 1).



### 3.4 Metodologia interpretativa e risultati

I tempi di arrivo delle onde P sono stati letti attraverso uno specifico programma di “picking” (*SEISOPTPICKER*) e successivamente tabellati. Tale software permette di apprezzare variazioni di tempo dell'ordine di  $1 \times 10^{-4}$  sec.

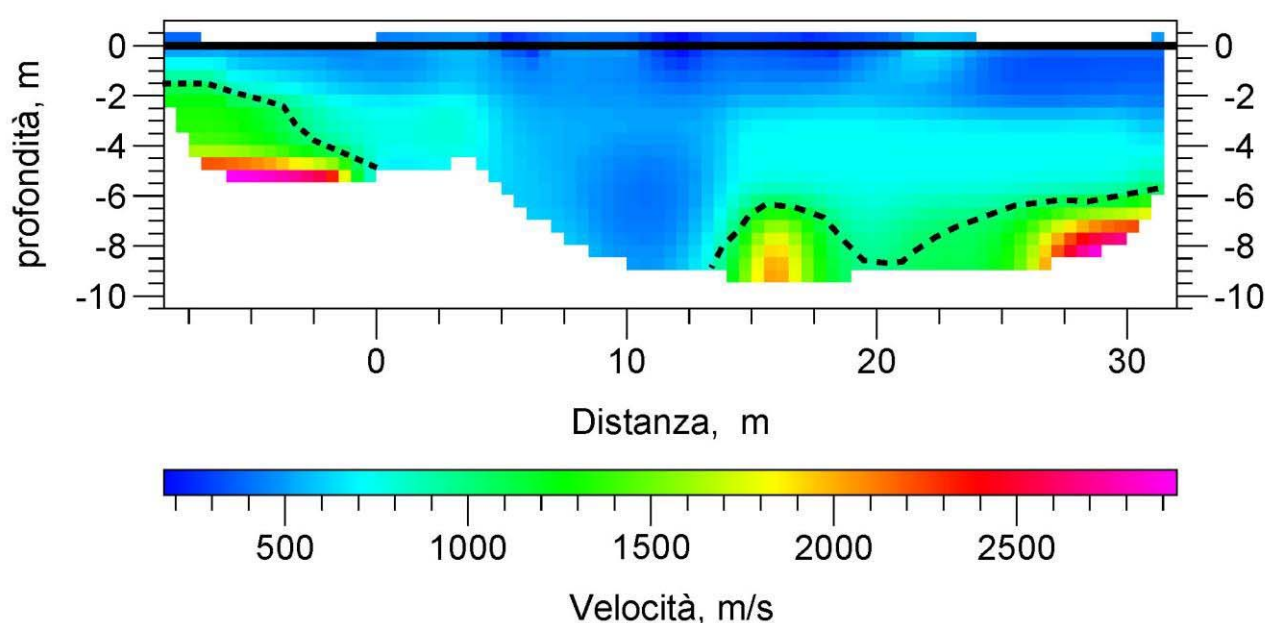
Tramite il software *SEISOPTPRO V4.0* (*Optim Inc.*, 2006), è stata eseguita l'elaborazione tomografica del profilo sismico a rifrazione. L'elaborazione dei dati viene sviluppata tramite un'analisi con modellazione del sottosuolo su base anisotropa, la quale fornisce, previa elaborazione con metodologie iterative R.T.C. e algoritmi di ricostruzione tomografica, il campo delle velocità sismiche del sottosuolo attraverso la suddivisione dello spazio in celle regolari.

Nel caso specifico è stata utilizzata una maglia quadrata di lato pari a 0.5 la distanza intergeofonica e, nella restituzione, i valori di velocità sismica attribuiti alle singole celle vengono rappresentati mediante una scala colorimetrica.

L'elaborazione tomografica ha permesso di individuare il limite (rifrattore) tra l'unità dei depositi sciolti superficiali caratterizzati da valori di VP inferiori a 800 m/s e l'unità del substrato “roccioso” caratterizzata da valori di VP superiori a 1500-1600 m/s.

Nell'Allegato di seguito si mostra l'andamento del limite che risulta estremamente variabile sia in senso spaziale che verticale.

## ALLEGATO 2 - Profilo sismico a rifrazione





## 4.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 4.1 Classificazione secondo le NTC 2008 (D.M. 14/01/08)

Il territorio di Malegno ricade in **zona sismica 4** ora **zona sismica 3**, pertanto la normativa vigente prevede un approfondimento obbligatorio di primo livello sull'intero territorio, atto al riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale sulla base della cartografia di inquadramento e dei dati esistenti.

Questo primo livello di approfondimento prevede la redazione della Carta di pericolosità sismica locale, nella quale viene riportata la perimetrazione areale dei diversi scenari di pericolosità sismica.

I possibili effetti in questi scenari di pericolosità sismica locale sono principalmente amplificazioni litologiche, per quanto riguarda lo **scenario Z4b** . ovvero “*zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre*”, nella quale possono verificarsi effetti di amplificazione sismica derivanti dalle caratteristiche litotecniche dei terreni.

#### 4.1.1 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” VR espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. La probabilità è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento”  $P_{VR}$ .

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $Se(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento VR.

Ai fini delle nuove NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$ : accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$ : 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.

#### 4.1.2 Analisi di II° livello

La procedura prevede il confronto del valore di Fa caratteristico dell'area (Fa\_sito) rispetto al valore caratteristico del territorio comunale in cui l'area è inserita (detto "di soglia" Fa\_soglia), contenuto in un apposito elenco redatto dalla Regione Lombardia.

Per il Comune di Malegno i valori di Fa di soglia riferiti all'intervallo 0.1-0.5 s, 0.5-1.5 s e per le diverse categorie di sottosuolo soggette ad amplificazioni litologiche sono i seguenti:

Fa_Soglia				
Intervallo	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
0.1-0.5	1.4	1.8	2.2	1.9
0.5-1.5	1.7	2.4	4.1	3.0

**Tabella 1:** Valori di soglia del fattore di amplificazione per il comune di Malegno - Regione Lombardia.

Il valore Fa di sito è stato definito utilizzando l'andamento delle Vs con la profondità ricostruito attraverso l'esecuzione dell'indagine MASW.

La scheda litologica di riferimento (Allegato 5 alla D.g.r. IX/2616/2011) risulta essere quella "ghiaiosa" e la curva di riferimento per l'intervallo 0.1-0.5 s è la n.3 (velocità dello strato superficiale superiore a 300 m/s).

Utilizzando il modello di velocità ricostruito si ottengono i seguenti risultati:

ID	Scheda	Periodo T <sub>0</sub>	Fa (0.1-0.5)	Fa (0.5-1.5)
Area1	ghiaiosa	0.23 s	1.4	1.1

A questo punto, il valore di Fa proprio del sito deve essere confrontato con il valore Fa di soglia, differente per le diverse categorie di sottosuolo definite, secondo il D.M. 14.01.2008, sulla base del valore di V<sub>s,30</sub> (la quota zero corrisponde alla quota di esecuzione della prova geofisica corrispondente con la quota dell'attuale sede stradale):

Quota da p.c.	V <sub>s,30</sub> [m/s]	Categoria sottosuolo
0.0 m	490.8	B
-1.0 m	502.6	B

In **tabella 2** si effettua il confronto tra i valori di Fa proprio del sito ottenuti con l'analisi sismica di 2° livello ed il valore Fa di soglia, da cui emerge che l'applicazione della categoria di sottosuolo calcolata ai sensi della normativa antisismica (D.M. 14.01.2008) è sufficiente a tenere in considerazione i

possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito per le strutture con periodo proprio compreso tra 0.1 e 1.5 s.

Area	Cat. Sottosuolo	Fa (0.1-0.5)		Verifica	Fa (0.5-1.5)		Verifica
		sito	soglia		sito	soglia	
1	B	1.4	1.4+0.1	Si	1.1	1.7+0.1	Si

**Tabella 2:** Verifica dei fattori di amplificazione di sito.

Sulla base dei risultati ottenuti dall'applicazione dell'analisi sismica di 2° livello è possibile applicare lo spettro di risposta elastico ai sensi delle NTC08 utilizzando una categoria di sottosuolo di **tipo B (approccio semplificato)**.

#### 4.1.3 Valutazione della pericolosità sismica

Su indicazione dell'Ing. Strutturista ed in base al DM 14/01/08 (Norme Tecniche Costruzioni) la struttura da realizzare è classificata di **tipo 2** (opere ordinarie) e di **classe d'uso 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) ne consegue che  $V_N = 50_{\text{anni}}$  (vita nominale della struttura) e  $C_u = 1,0$  (coefficiente d'uso), quindi  $V_R = V_N \times C_u = 50_{\text{anni}}$  (vita di riferimento della struttura).

#### 4.1.4 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di sottosuolo:

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di $V_{S30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori fino a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{U,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	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 $V_{S30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_U < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_U < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).

**Tabella 3.2.II NTC 2008 – categorie di sottosuolo.**

In aggiunta a queste categorie, per le quali nel punto vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre 2, per le quali sono richiesti studi speciali per l'azione sismica da considerare:

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{S30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{U,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Tabella 3.2.II NTC 2008 – categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Dall'indagine sismica MASW di II° livello si ricava che l'area ricade nella **Categoria B della tabella 3.2.II che si caratterizza per valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 e 800 m/s.**

#### 4.1.5 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
<b>T1</b>	Superficie topografica pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15 \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 3.2.IV NTC 2008 – categorie topografiche.**

L'area oggetto di studio ricade interamente all'interno della categoria di riferimento T1 in quanto le pendenze massime dell'area sono dell'ordine dei  $15^\circ$ .

#### 4.1.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \times S_T$$

Essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI)  $C_c$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo.

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$C_c$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,20$	$1,10 \times (TC) - 0,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,50$	$1,05 \times (TC) - 0,33$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,80$	$1,25 \times (TC) - 0,50$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,60$	$1,15 \times (TC) - 0,40$

**Tabella 3.2.V NTC 2008 – espressioni di  $S_s$  e  $C_c$ . Amplificazione stratigrafica.**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
<b>T1</b>	-	1,00
<b>T2</b>	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
<b>T3</b>	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
<b>T4</b>	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

**Tabella 3.2.VI NTC 2008 – valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ . Amplificazione topografica**

#### 4.1.7 Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

Categorie di sottosuolo					$S_s$	$T_B$	$T_c$	$T_D$
<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	1,00	0,05 <sub>s</sub>	0,15 <sub>s</sub>	1,00 <sub>s</sub>

**Tabella 3.2.VII NTC 2008 – valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale**

#### 4.1.8 Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali

Categorie di sottosuolo			$T_E$	$T_F$
<b>A</b>			4,5	10,0
<b>B</b>			5,0	10,0
<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	6,0	10,0

**Tabella 3.2.VIII NTC 2008 – valori dei parametri  $T_E$  e  $T_F$**

#### 4.1.9 Spostamento orizzontale e velocità orizzontale nel terreno

I valori dello spostamento orizzontale **dg** e della velocità orizzontale **vg** massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$dg = 0,025 \times ag \times S \times T_c \times T_d$$

$$vg = 0,16 \times ag \times S \times T_c$$

dove **ag** – **S** – **T<sub>c</sub>** – **T<sub>d</sub>** assumono i valori già definiti.

Di seguito si definiscono gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica facendo riferimento a quanto contenuto nei *cap. 2 e 3 del D.M. 14.01.2008* e a quanto riportato nei capitoli precedenti (in particolare i risultati dell'analisi sismica di II livello). Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

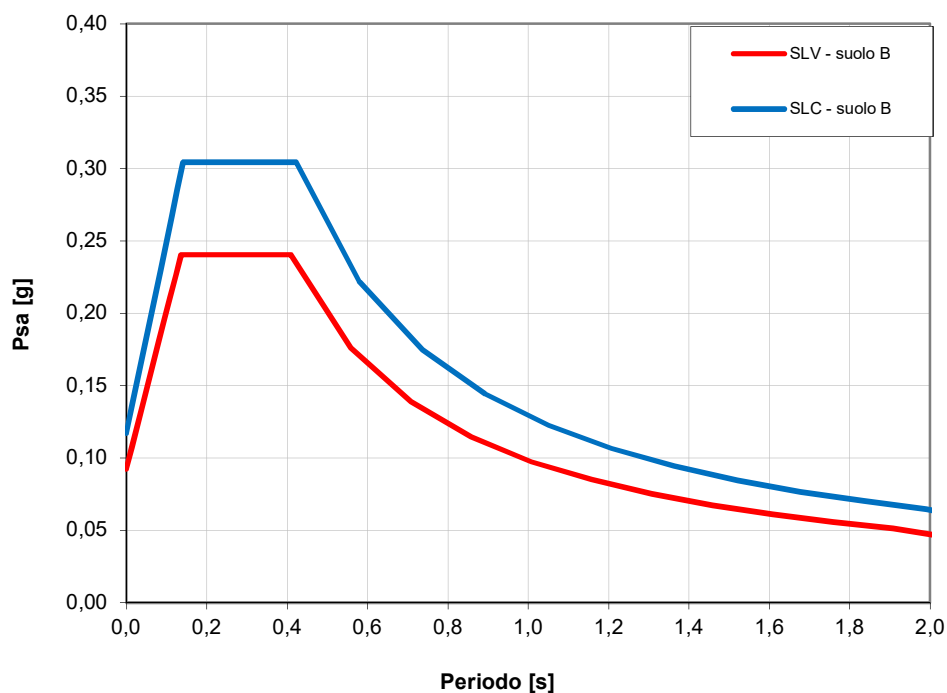
- Vita nominale della struttura:  **$V_N = 50$  anni**;
- **Classe d'uso = II**;
- Periodo di riferimento per l'azione sismica  **$V_R = 50$  anni** ( $C_U = 1.0$ );
- Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame [ED50 – 45.947096; 10.278635] così come definito nell'Allegato A e B):

	$P_{VR}$	$T_R$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
		[anni]	[g/10]		[s]
<b>SLO</b>	81%	30	0.293	2.504	0.1928
<b>SLD</b>	63%	50	0.357	2.554	0.2100
<b>SLV</b>	10%	475	0.769	2.606	0.2900
<b>SLC</b>	5%	975	0.977	2.595	0.3028

- **Categoria di sottosuolo = B, categoria topografica = T1** e coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi = 5\%$  a cui corrispondono i seguenti valori:

	$S_s$	$C_c$	$S$	$T_B$	$T_c$	$T_D$	$F_v$
				[s]	[s]	[s]	
<b>SLO</b>	1.20	1.53	1.20	0.10	0.29	1.72	0.58
<b>SLD</b>	1.20	1.50	1.20	0.11	0.32	1.74	0.65
<b>SLV</b>	1.20	1.41	1.20	0.14	0.41	1.91	0.98
<b>SLC</b>	1.20	1.40	1.20	0.14	0.42	1.99	1.09

In figura 6 si riportano gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV e per lo stato limite di prevenzione del collasso SLC (formule riportate nel paragrafo 3.2.3.2.1).



**Figura 6:** Spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica per gli stati limite (SLV e SLC)  
– categoria sottosuolo tipo B.

Poiché il valore dell'accelerazione massima orizzontale risulta  $a_{max}=0.092g$  per un periodo di ritorno di 475 anni ed una categoria di sottosuolo di tipo B (condizione di esclusione ai sensi delle NTC08), si può assumere che **i terreni che costituiscono l'area in esame non sono soggetti a fenomeni di liquefazione in condizioni sismiche.**

Vengono determinati, infine, i coefficienti sismici orizzontale e verticale (SLV)

$$K_h = S_s * a_{max} / g = 0,0924$$

$$K_v = 0.5 K_h = 0,0462$$



## **5.0 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

### **5.1 Descrizione indagini - Metodologia**

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni costituenti il substrato interessato dalle opere in progetto sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH, spinte da piano campagna a varie profondità fino a rifiuto della punta.

Per l'indagine è stata utilizzata una macchina "Pagani" su cingolato gommato.

La prova DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa nel terreno per battuta, per mezzo di idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento. L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro con diametro di 32 mm, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60°, e da 1 maglio battente di 63,5 Kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm.

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche sono di tipo continuo. Il campo di utilizzazione è molto vasto anche se viene tendenzialmente effettuata su terreni a granulometria grossolana.

Le prove forniscono una valutazione diretta quantitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati.

### **5.2 Descrizione del modello geotecnico**

Per modello geotecnico s'intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico (da NTC – D.M. 14/01/08).

Le prove eseguite hanno messo in evidenza le seguenti caratteristiche stratigrafiche e geotecniche di seguito riportate.

Via Dera N°14  
25053 MALEGNO (Bs)  
Cell: 328 59 34 390

PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Scala 1:100

Attrezzatura: PAGANI TG 100

Quota della falda dal p.c.(m): non rilevata

Data:

Sigla: \P1

Quota dal p.c.(m):

Profondità (m)		Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE	Tau/Sigma	Modulo edometrico coesivi(kg/cmq)	Modulo di Young(kg/cmq)	Peso di volume naturale(t/mc)	Densità relativa (%)	Coesione non drenata(kg/cmq)	Angolo d'attrito(°)
0,00 2,00	2,00		Ghiaie e sabbie con limi	0,4	nc	690	2,04	85	nc	32
2,00 4,00	4,00		Ghiaie e sabbie con ciottoli	0,51	nc	1770	2,04	85	nc	38
4,00 5,20	1,20		Ghiaia e sabbie	0,29	nc	1038	1,86	66	nc	34
5,20 5,40	0,20		Substrato roccioso	0,81	nc	4181	2,04	85	nc	45

Via Dera N°14  
25053 MALEGNO (Bs)  
Cell: 328 59 34 390

PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Scala 1:100

Attrezzatura: PAGANI TG 100

Quota della falda dal p.c.(m): non rilevata

Data:

Sigla: \P2

Quota dal p.c.(m):

[illegible]

Via Dera N°14  
25053 MALEGNO (Bs)  
Cell: 328 59 34 390

PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Scala 1:100

Attrezzatura: PAGANI TG 100

Quota della falda dal p.c.(m): non rilevata

Data:

Sigla: \P3

Quota dal p.c.(m):

Profondità (m)		Colonna stratigrafica	DESCRIZIONE	Tau/Sigma	Modulo edometrico coesivi(kg/cmq)	Modulo di Young(kg/cmq)	Peso di volume naturale(t/mc)	Densità relativa (%)	Coesione non drenata(kg/cmq)	Angolo d'attrito(°)
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div>&lt;</div>										

### **5.3 Dati delle prove e caratterizzazione geotecnica**

Nelle pagine che seguono si riportano:

- le tabelle dei valori di resistenza di ogni prova con il valore calcolato di  $N_{spt}$ ;
- i diagrammi di resistenza dinamica alla punta di ogni prova;
- la caratterizzazione geotecnica con i principali parametri utili alla progettazione.

GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: \P1

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	10		15	
0,4	11		16	
0,6	10		15	
0,8	13		20	
1	16		24	
1,2	16		24	
1,4	15		22	
1,6	11		16	
1,8	9		14	
2	15		22	
2,2	16		24	
2,4	22		33	
2,6	18		27	
2,8	23		34	
3	24		36	
3,2	27		40	
3,4	29		44	
3,6	26		39	
3,8	32		48	
4	21		32	
4,2	14		21	
4,4	15		22	
4,6	12		18	
4,8	18		27	
5	19		28	
5,2	22		33	
5,4	50		75	

GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZINE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

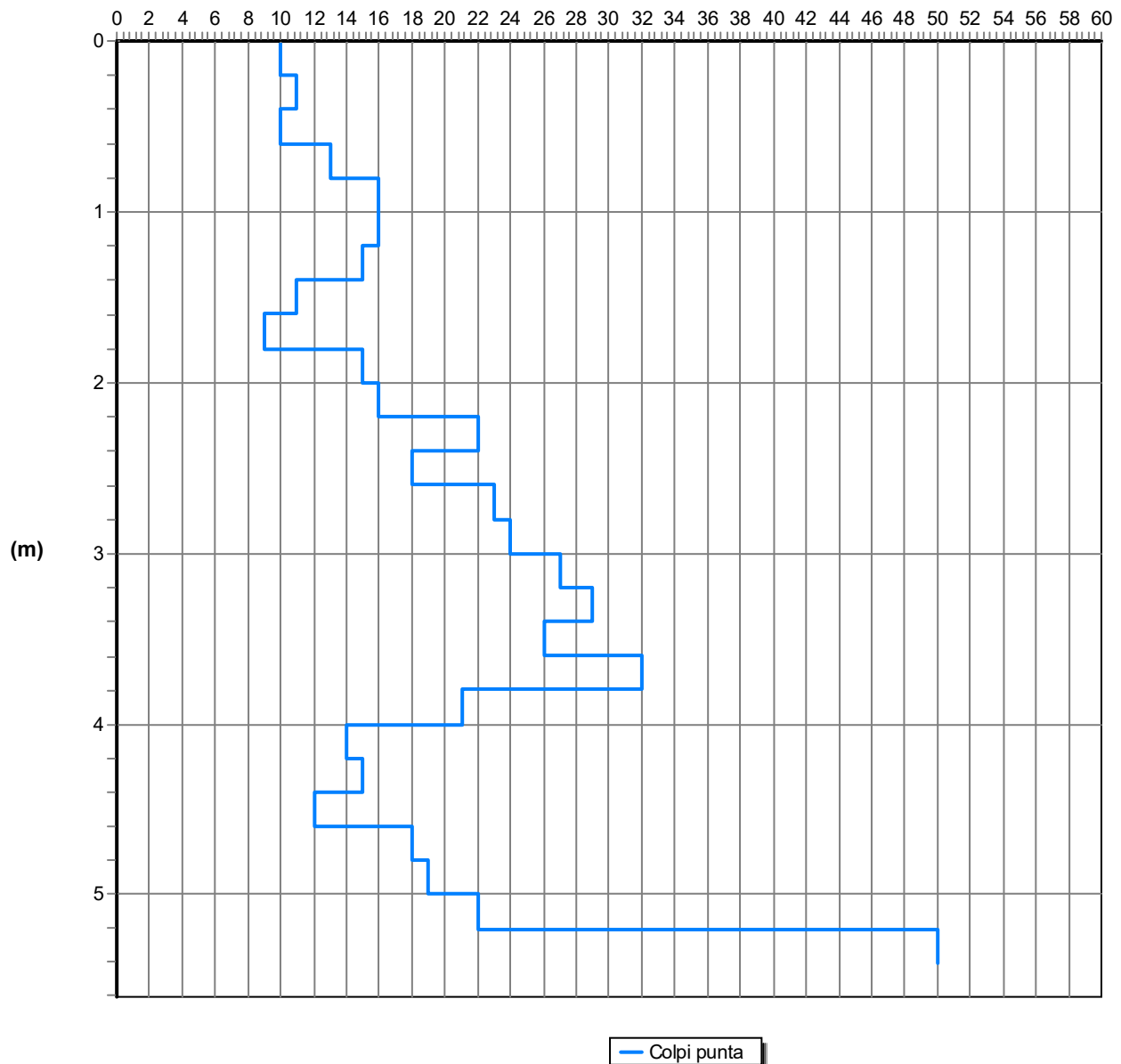
Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: \P1

## Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Non rilevata



GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14  
25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZINE DI VALLE CAMONICA

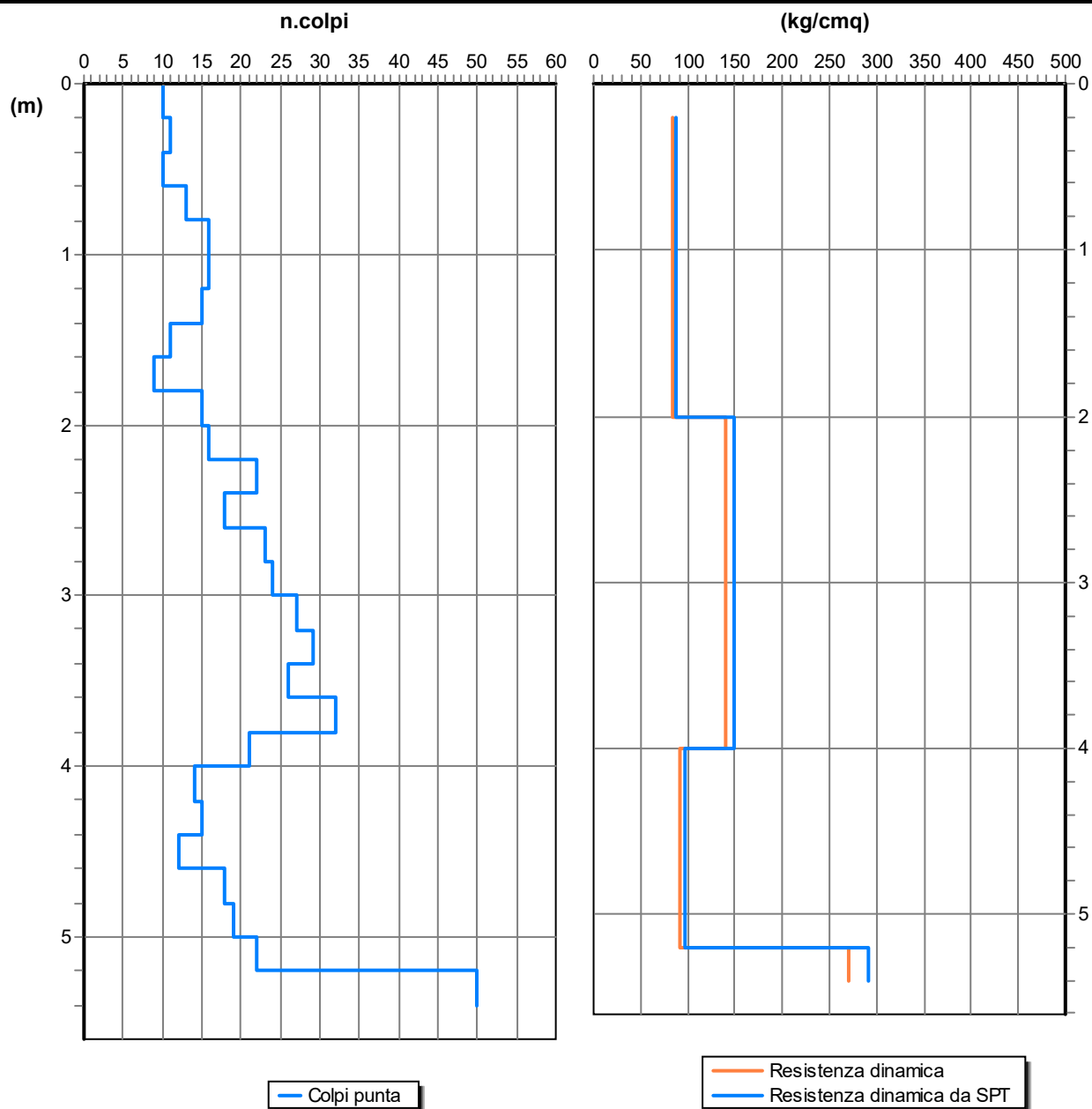
Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: \P1

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica





GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs)Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: \P1

## Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)
2	19	Ghiaie e sabbie con limi	121	0,4	32	2,04	85	690	135				480	0,2
4	36	Ghiaie e sabbie con ciottoli	168	0,51	38	2,04	85	1770	256				709	0,61
5,2	25	Ghiaia e sabbie	172	0,29	34	1,86	66	1038	178				568	0,93
5,4	75	Substrato roccioso	213	0,81	45	2,04	85	4181	533				1111	1,06

Profondità della falda (m): non rilevata

GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: \P2

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	6		9	
0,4	10		15	
0,6	12		18	
0,8	13		20	
1	12		18	
1,2	13		20	
1,4	12		18	
1,6	8		12	
1,8	8		12	
2	13		20	
2,2	10		15	
2,4	11		16	
2,6	10		15	
2,8	12		18	
3	9		14	
3,2	12		18	
3,4	6		9	
3,6	9		14	
3,8	15		22	
4	17		26	
4,2	25		38	
4,4	50		75	

GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZINE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

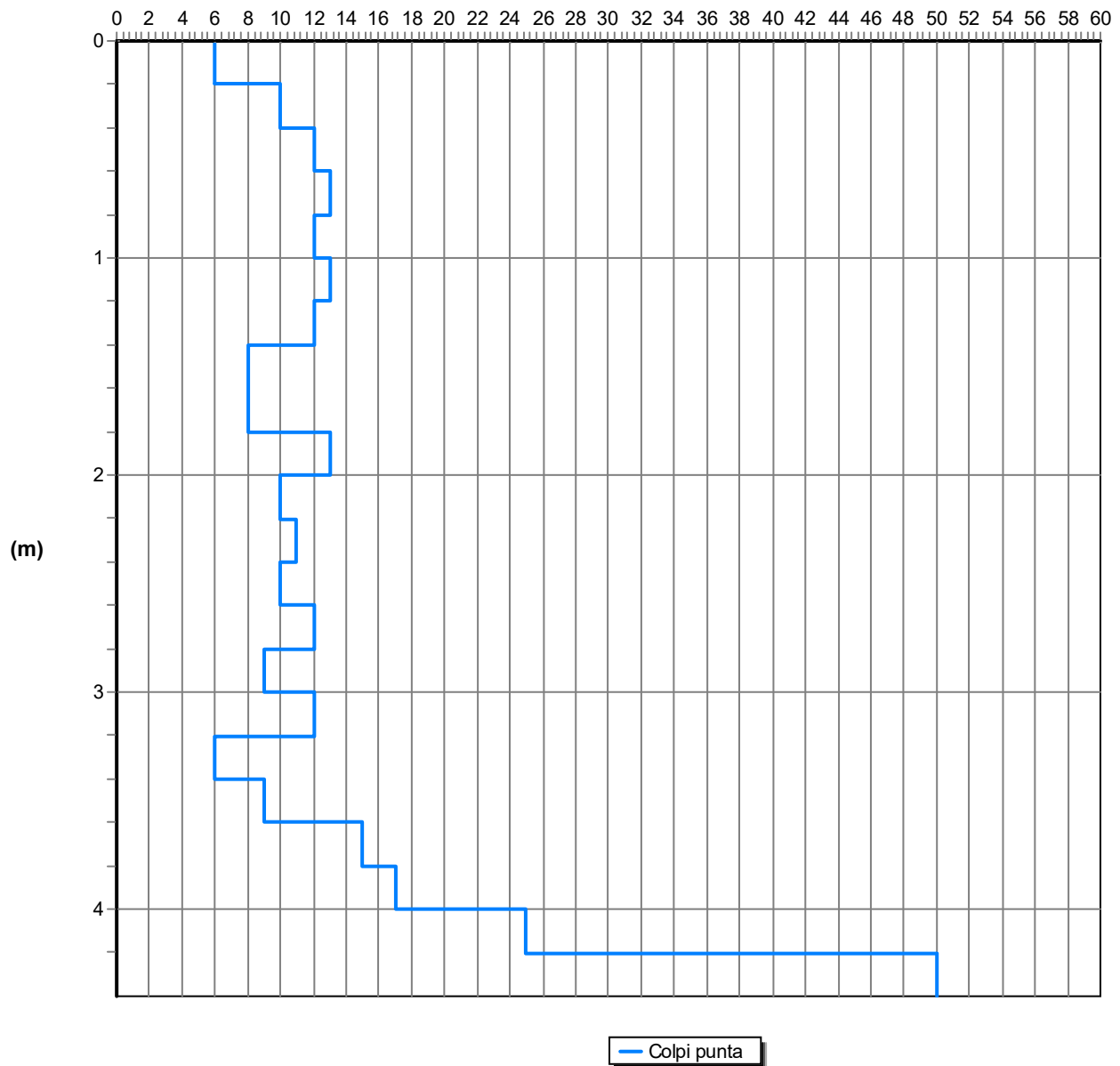
Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: IP2

## Grafico della prova

Profondità della falda dal p.c.(m): Non rilevata



GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14  
25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZINE DI VALLE CAMONICA

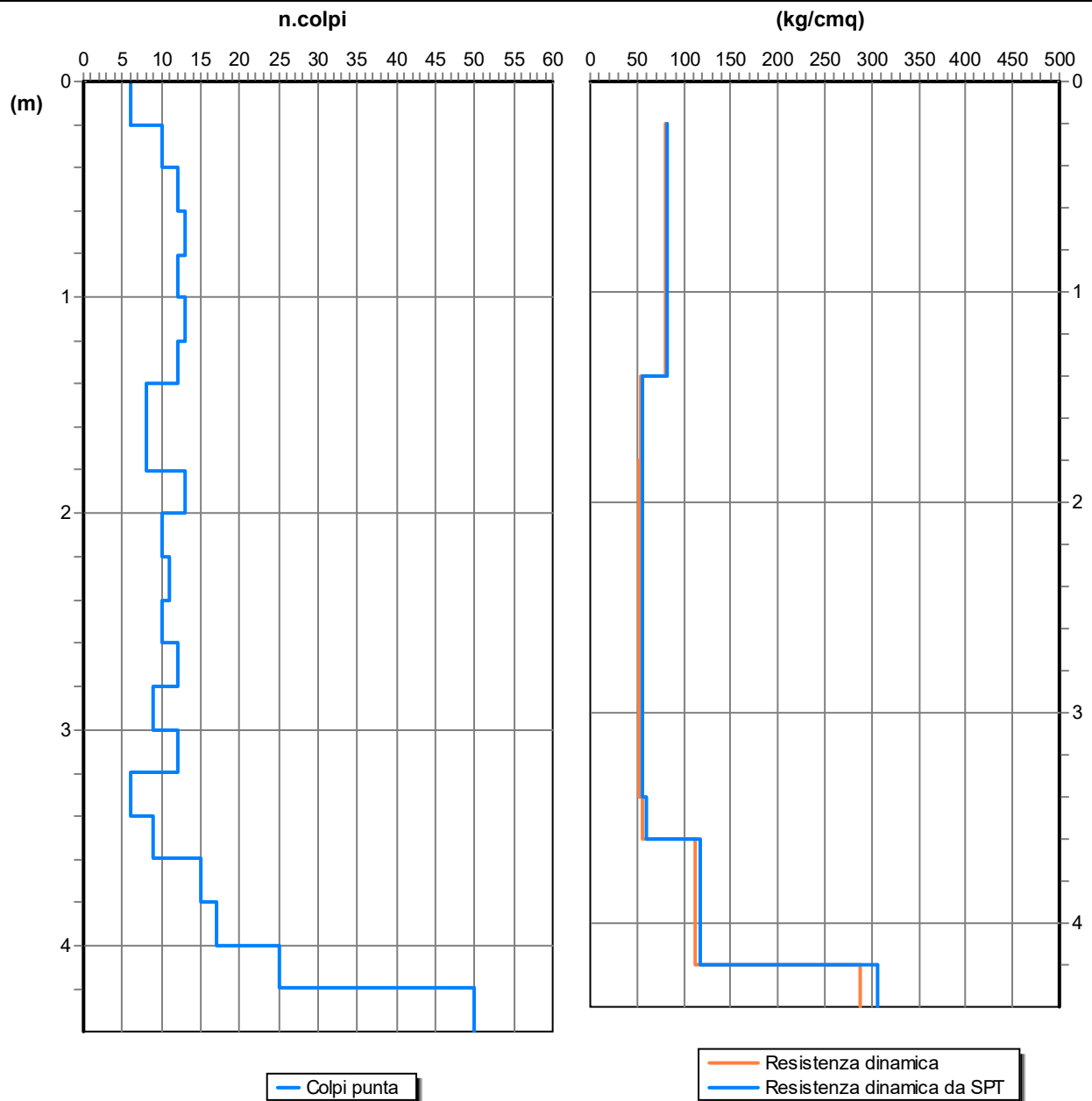
Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: IP2

## Grafico n.colpi - resistenza dinamica



GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs)Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: \P2

## Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)
1,4	17	Ghiaie e sabbie con limo	111	0,39	31	2,04	85	584	121				449	0,14
1,8	12	Limi sabbiosi	123	0,22	28	1,81	59	351	85				363	0,32
3,4	13	Ghiaie e sabbie con limo	137	0,2	29	1,78	55	394	92				381	0,5
3,6	14	Limi sabbiosi	147	0,19	29	1,77	54	439	99				398	0,66
4,2	29	Ghiaie e sabbie con ciottoli	170	0,37	36	1,94	75	1293	206				622	0,74
4,4	75	Substrato roccioso	204	0,92	45	2,04	85	4181	533				1111	0,82

Profondità della falda (m): non rilevata

GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: \P3

## Tabulato della prova

<i>Profondità (m)</i>	<i>N. colpi della punta misurato</i>	<i>N.colpi del rivestimento</i>	<i>N. colpi SPT equivalenti</i>	<i>N. colpi del rivestimento corretto</i>
0,2	6		9	
0,4	6		9	
0,6	6		9	
0,8	3		4	
1	8		12	
1,2	7		10	
1,4	6		9	
1,6	3		4	
1,8	3		4	
2	4		6	
2,2	5		8	
2,4	11		16	
2,6	25		38	
2,8	10		15	
3	11		16	
3,2	12		18	
3,4	25		38	
3,6	34		51	
3,8	50		75	

GEOL. DAVIDE LOMBARDI

Via Dera N°14

25053 MALEGNO (Bs) Cell: 328 59 34 390

Committente: PIA FONDAZIONE DI VALLE CAMONICA

Località: MALEGNO (BS) Via del Lanico n°2

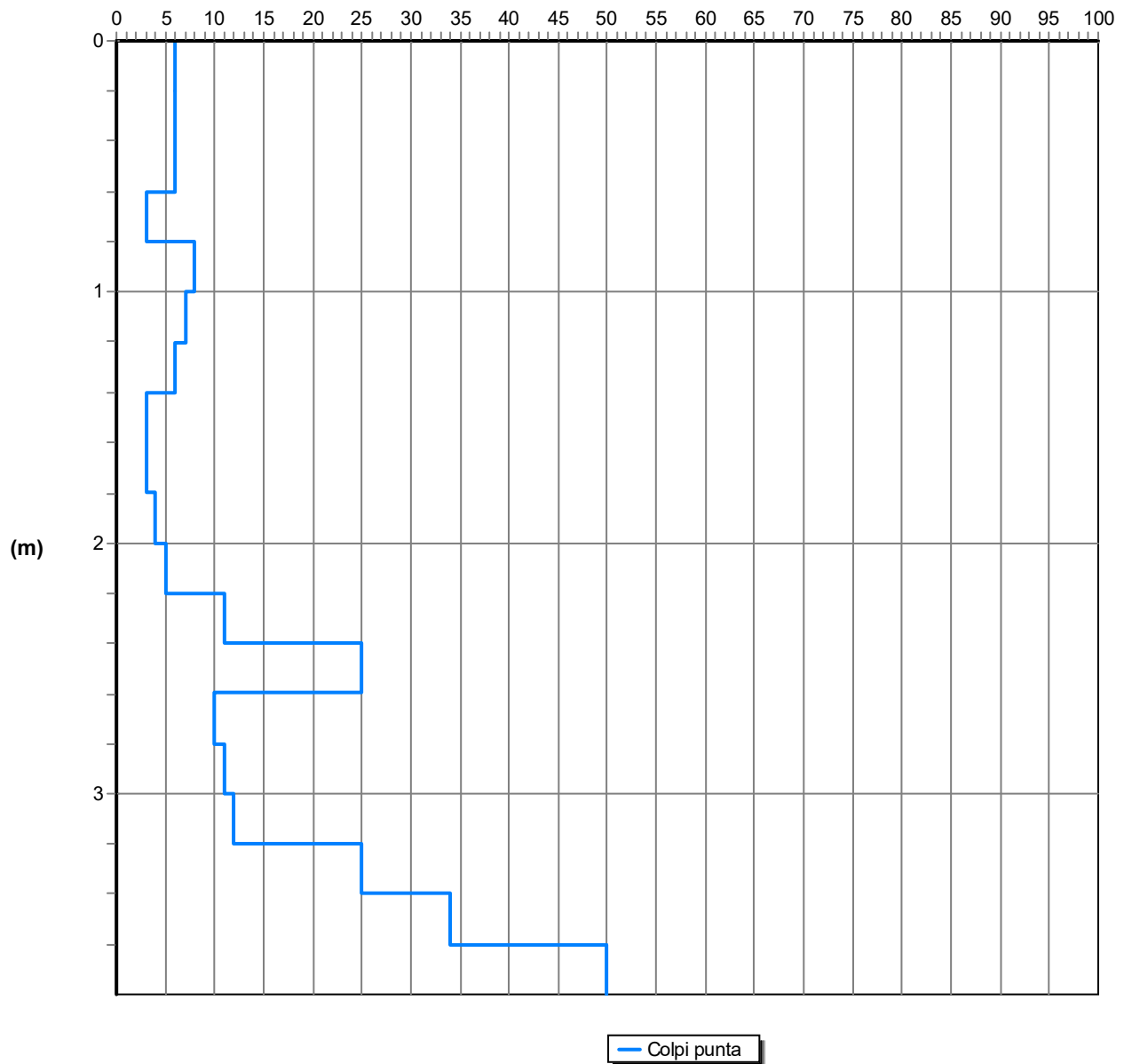
Data: Attrezzatura: PAGANI TG 100

Note:

Quota(m): Sigla: IP3

## Grafico della prova

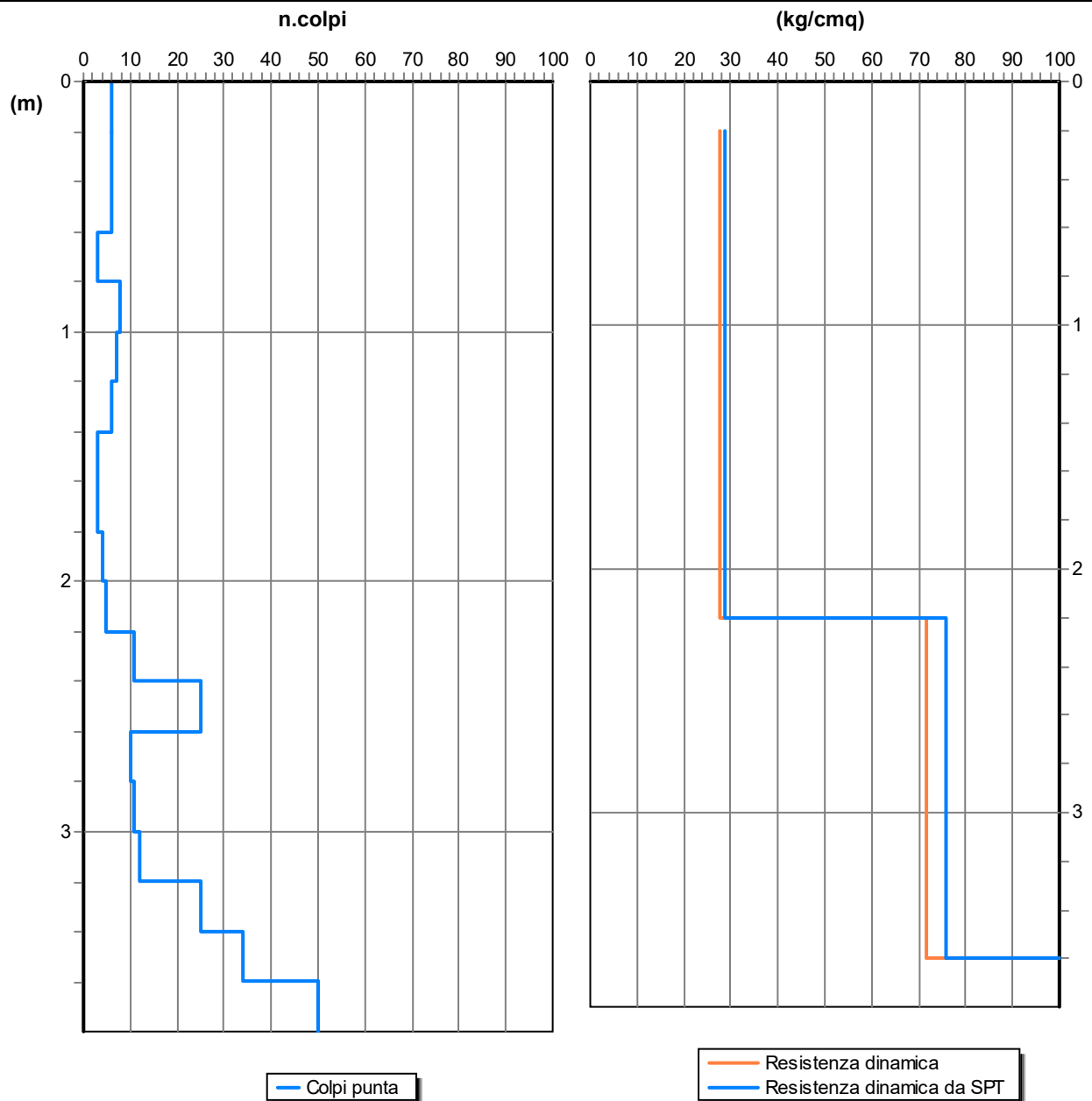
Profondità della falda dal p.c.(m): Non rilevata





Via Dera N°14  
25053 MALEGNO (Bs)Cell: 328 59 34 390

Quota(m):                      Sigla: \P3



25053 MALEGNO (Bs)Cell: 328 59 34 390

Quota(m): Sigla: \P3

Profondità base strato(m)	Nspt medio equivalente	Descrizione litologica dello strato	Velocità onde S (m/s)	Rapporto Tau/Sigma	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Mod.edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Mod. dinamico di taglio (kg/cmq)	Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)
2,2	6	Sabbie e limi poco compatti	101	0,13	24	1,72	48	134	43				237	0,19
3,6	18	Sabbie e ghiaie	148	0,27	31	1,86	65	636	128				464	0,51
3,8	75	Substrato coccioso	198	1,02	45	2,04	85	4181	533				1111	0,66

Profondità della falda (m): non rilevata

#### 5.4 Verifica alla liquefazione

Le caratteristiche granulometriche dei terreni investigati escludono questa ipotesi in quanto gli stessi mostrano granulometrie molto variabili e comunque non riferibili a fusi granulometrici critici.

Pertanto le caratteristiche dell'area rispetto a questa problematica rientrano nelle circostanze espresse ai punti: 4 (non sono sabbie pulite) e 5 (non ricadono interamente nel fuso granulometrico critico) delle NTC, capitolo 7.11.3.4.2 *"Esclusione della verifica a liquefazione"*. In ottemperanza alle NTC i terreni interessati non rientrano in quelli soggetti a liquefazione, pertanto è lecito omettere tale verifica.

#### 5.6 Valutazioni della portata limite (SLU)

Le portate limite del terreno (**M1 e M2**) in condizioni dinamiche, da adottare a seconda dell'approccio che verrà scelto dal progettista, vengono calcolate tramite la seguente espressione di Terzaghi – Brinch Hansen, semplificata a favore della sicurezza; in essa sono stati introdotti i fattori correttivi **Z** in relazione alla situazione sismica dell'area:

$$\text{A) } \quad \mathbf{M1} = \mathbf{p_{lim}} = (\mathbf{cN_{cs}} + \gamma \times \mathbf{D} \times \mathbf{Nq} \times \mathbf{Zq} + 0,5 \times \gamma \cdot \mathbf{B} \times \mathbf{N\gamma} \times \mathbf{s\gamma} \times \mathbf{Z\gamma})$$

dove:

**p<sub>lim</sub>** = Pressione limite di rottura per taglio

**γ** = peso di volume del terreno naturale (1,8 t/m<sup>3</sup> = 17,64 kN/m<sup>3</sup>);

**c** = coesione (nello specifico =0)

**D** = Profondità minima del piano di imposta della fondazione rispetto al piano dell'ultimo calpestio

**N<sub>c</sub> N<sub>q</sub> N<sub>γ</sub>** = fattori adimensionali funzioni di  $\Phi$

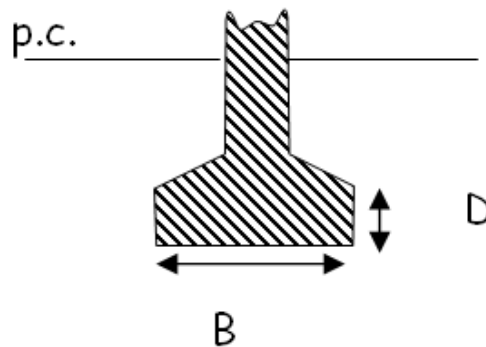
**s<sub>c</sub> s<sub>γ</sub>** = fattori adimensionali di forma funzione di  $\Phi$  (24,°) e del rapporto tra la lunghezza (L) e la larghezza (B) della fondazione e pari a 0,85 per B=L; 0,88 per L/B = 1,3 e 0,98 per L/B>5

**B** = lato minore della fondazione (m)

**Z<sub>q</sub>, Z<sub>γ</sub>** = Coefficienti correttivi (Paolucci Pecker 1997) e pari a:

$$\mathbf{Zq} = \mathbf{Z\gamma} = (1 - \mathbf{Kh/tg\phi})^{0,35} = \mathbf{0,922} \text{ (24°)} \quad \mathbf{0,943} \text{ (31°)}$$

$$\mathbf{K h} = \mathbf{S_s} * \mathbf{a_g} = 1,20 * 0,077 = \mathbf{0,0924}$$



Di seguito si simula il comportamento dei terreni riscontrati nella prova P3 e che saranno interessati dal sopralzo della struttura esistente con una fondazione avente dimensioni 1x1x0,5 m e posizionata in funzione degli strati riscontrati.

Si simula inoltre il comportamento dei terreni riscontrati nella prova P2 e che saranno interessati dalla realizzazione di un vano ascensore esterno e delle scale antincendio, mediante una fondazione avente dimensione 1x1x0,5m ed immersa all'interno del primo strato riscontrato

### Simulazione portata terreni per sopralzo

#### Strato 1 (da p.c a -2,2 m)

Applicando la formula sopra riportata risulta:

$$M1 = 1,462 \text{ Kg/cm}^2 = 143,387 \text{ kPa}$$

Applicando il coefficiente parziale di 1,25 di cui alla tabella 6.2. II delle NTC 2008 all'angolo di attrito  $\Phi$  utilizzato mediante la formula

$$\text{tg}^{-1} (\text{tg } \Phi / 1,25)$$

E riapplicando la formula con  $N_q$  e  $N_\gamma$  riferiti con  $\Phi$  (pari a  $20^\circ$ ) abbiamo

$$M2 = 0,792 \text{ kg/cm}^2 = 77,69 \text{ kPa}$$

**Strato 2 (da -2,2 a -3,6m)**

Applicando la formula sopra riportata risulta:

$$M1 = 3,627 \text{ Kg/cm}^2 = 355,655 \text{ kPa}$$

Applicando il coefficiente parziale di 1,25 di cui alla tabella 6.2. II delle NTC 2008 all'angolo di attrito  $\Phi$  utilizzato mediante la formula

$$\text{tg}^{-1} (\text{tg } \Phi / 1,25)$$

E riapplicando la formula con  $N_q$  e  $N_\gamma$  riferiti con  $\Phi$  (pari a  $26^\circ$ ) abbiamo

$$M2 = 1,663 \text{ kg/cm}^2 = 163,058 \text{ kPa}$$

**Strato 3 (-3,8 m da p.c.) (substrato roccioso)**

In questo caso la formula da applicare è la seguente:

$$B) \quad M1 = p_{\text{lim}} = (\gamma \times D \times N_q \times Z_q + C_u \times N_c \times Z_c)$$

dove:

$p_{\text{lim}}$  = Pressione limite di rottura per taglio

$\gamma$  = peso di volume del terreno naturale ( $2,0 \text{ t/m}^3 = 20,00 \text{ kN/m}^3$ );

$C_u$  = coesione (pari a  $20 \text{ t/m}^2$ )

$D$  = Profondità minima del piano di imposta della fondazione rispetto al piano dell'ultimo calpestio (0,5 m)

$N_c$   $N_q$   $N_\gamma$  = fattori adimensionali identificati rispettivamente pari a **5,7 - 1 - 0**

$Z_q$ ,  $Z_c$  = Coefficienti correttivi (Paolucci Pecker 1997) e pari a:

$$Z_q = (1 - K_h / \text{tg} \phi)^{0,35} = 0,967$$

$$Z_c = 0,970$$

$$K_h = S_s \times a_g = 1,20 \times 0,077 = 0,0924$$

Applicando la formula troviamo:

$$M1 = 9,275 \text{ Kg/cm}^2 = 909,592 \text{ kPa}$$

Applicando il coefficiente parziale di **1,4** di cui alla tabella 6.2.II delle NTC 2008 al valore di **Cu** utilizzato mediante la formula

$$Cu = 20 \text{ t/m}^3 : 1,4 = 14,29 \text{ t/m}^3$$

$$M2 = 6,599 \text{ kg/cm}^2 = 647,167 \text{ kPa}$$

### Scala esterna e vano ascensore esterno

Per la valutazione si fa riferimento alla prova P2. Dato che la prova evidenzia un alternanza di strati con caratteristiche geotecniche discrete alternati a livelli con caratteristiche inferiori per la simulazione si prende quale angolo d'attrito il valore più basso pari a 28°

Applicando la formula A troviamo:

$$M1 = 2,436 \text{ Kg/cm}^2 = 238,850 \text{ kPa}$$

Applicando il coefficiente parziale di 1,25 di cui alla tabella 6.2.II delle NTC 2008 all'angolo di attrito  $\Phi$  utilizzato mediante la formula

$$\text{tg}^{-1} (\text{tg } \Phi / 1,25)$$

E riapplicando la formula con **Nq** e **N<sub>γ</sub>** riferiti con  $\Phi$  (pari a 23°) abbiamo

$$M2 = 1,291 \text{ kg/cm}^2 = 126,618 \text{ kPa}$$

Si ricorda che i calcoli sopra riportati sono solo a titolo esemplificativo riferiti ad una fondazione avente base quadrata di 1,00 m e profondità D 0,5 m. Sarà quindi compito dell'Ing. Strutturista eseguire gli opportuni calcoli in funzione dei parametri geotecnici riportati.

### 5.7 Valutazione e verifica dei cedimenti (SLE)

Una valutazione teorica dei cedimenti massimi attesi può essere calcolata con la seguente formula:

$$s = F \times P_n \times B \times (1 - \mu^2) \times N/E$$

dove:

**F**= coefficiente di rigidità della fondazione pari a 0,8;

**B**= larghezza della fondazione in metri;

**N** = parametro adimensionale in funzione del rapporto L/B e pari a 1,12 per L=B; 1,2 per L/B =1,3; e 2,10 per L/B>5;

**μ** = coefficiente di Poisson;

**E** = modulo di deformazione = \_\_\_\_\_ t/m<sup>2</sup>;

**P<sub>n</sub>**= pressione netta sul piano di appoggio (t/m<sup>2</sup>)

Nel caso specifico la stima dei cedimenti non è stata effettuata in quanto non sono stati forniti i carichi pertanto sarà compito dell'ingegnere progettista fare le verifiche sulla base delle azioni di progetto e in conformità degli "approcci" previsti, applicando i coefficienti parziali che riterrà più opportuni (tabella 6.4.I D.M.14/01/08) e in caso di loro variazione procedere a nuove verifiche alla stima esatta dei possibili cedimenti e se del caso modificando le dimensioni delle fondazioni onde ridurre i medesimi.



## 6.0 CONCLUSIONI

Su incarico della Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus, è stata redatta la seguente relazione geologica con caratterizzazione geotecnica dei terreni a supporto del progetto finalizzato alla ristrutturazione ed ampliamento del fabbricato posto sul mappale n° 2451 Foglio 10, nel Comune di Malegno (BS) di proprietà di cui sopra.

Il progetto prevede il sopralzo della struttura esistente, modifiche interne e la realizzazione di scale di emergenza ed ascensore esterni alla struttura.

Per la definizione delle caratteristiche geologico-tecniche e delle condizioni geologico-morfologiche dell'area in studio si è provveduto a eseguire:

- un sopralluogo nell'area in esame,
- consultazione dello studio geologico a supporto del Piano Governo Territorio del Comune di Malegno (L.R. n° 12/2005), depositato presso l'Ufficio Tecnico Comunale.
- consultazione delle tavole progettuali a cura dell'Ing. Federico Santicoli.
- analisi dell'interferenza delle opere in progetto con la situazione geologica, geomorfologica e idrologica locale;
- individuazione delle caratteristiche dei terreni su cui si intersteranno le fondazioni delle opere in progetto e che saranno interessati dal sistema di scarico su suolo mediante la realizzazione di n°3 prove penetrometriche spinte a profondità varie, indagine sismica a Rifrazione ed indagine sismica MASW.

L'area entro cui ricade l'intervento è compresa nella perimetrazione dello Studio Geologico Tecnico redatto a supporto del PGT come **"classe di fattibilità a 2c" comprendente aree con modeste limitazioni alla destinazione d'uso dei terreni, per superare le quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico, finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di bonifica.**

**Zona caratterizzata da amplificazioni sismiche nelle quali è obbligatorio procedere ad un'analisi di 2° livello per gli edifici strategici rilevanti**

**Sottoclasse a:** problematiche connesse a fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua con prevalente o esclusiva portata liquida. **Sottoclasse 2c:** comprende le aree esondabili per piene catastrofiche (vedasi stralcio carta di fattibilità geologica)

*Le normative di riferimento sono le seguenti:*

- D.g.r. 30/03/2016 n° x/5001 Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica;

- Legge Regionale n°33/2015 disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche;
- DM 14/01/08: "Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Consiglio superiore dei Lavori Pubblici: "Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/08" Circolare 02/02/09;
- Consiglio superiore dei Lavori Pubblici: "Pericolosità Sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale" All. al voto n° 36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 del 1998: "indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7.1: "Progettazione geotecnica" – Parte I: Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2: "Progettazione Geotecnica" – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) - UNI;
- Eurocodice 7.3: "Progettazione geotecnica" – Parte II: Progettazione assistita da prove in sito (2002) – UNI;
- Leggi regionali in materia di pianificazione e di vincolo idrogeologico;
- Piani territoriali di coordinamento (Province);
- Piano strutturale e regolamento urbanistico

*In fase di sopralluogo si segnala che non sono stati rilevati elementi morfologici attivi.*

In sintesi le conclusioni del lavoro svolto e le relative indicazioni progettuali:

- In base alle analisi svolte, l'area non presenta particolari problematiche dal punto di vista geologico, idrogeologico, sismico e geotecnico. Le opere in progetto sono da ritenersi quindi fattibili;
- Le prove penetrometriche hanno dimostrato che l'area presenta delle caratteristiche geotecniche molto variabili e poco correlabili tra loro tipiche di aree di depositi di conoide alluvionale di porzione distale. Pertanto per la simulazione dei carichi si è fatto riferimento alla prova penetrometrica P3 e alla prova penetrometrica P2;
- L'indagine sismica MASW di 2° livello ha rilevato una categoria di suolo di tipo B con velocità di propagazione delle onde compresa tra 360 e 800 m/s.
- L'indagine sismica a RIFRAZIONE ha evidenziato la presenza del substrato roccioso al di sotto dei materiali granulari presenti in superficie. Il substrato roccioso non presenta uno sviluppo regolare bensì presenta profondità che variano tra i -2,00m e -6,00m ed oltre;
- Per quanto riguarda il sopralzo dell'edificio esistente i primi 2,2 m dal p.c. risultano avere caratteristiche geotecniche scadenti, pertanto si dovrà prevedere di impostare le nuove fondazioni oltre tale livello, in alternativa si dovrà pensare di realizzare dei micropali di fondazione da intestare possibilmente nel substrato roccioso o altra tipologia fondazionale

atta a superare lo strato scadente. Sarà comunque cura del progettista / strutturista valutare le opportune soluzioni per garantire la tenuta della struttura;

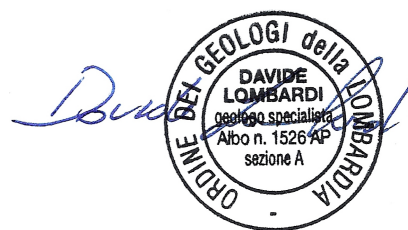
- Per quanto riguarda la realizzazione delle scale antincendio esterne e del nuovo vano ascensore le caratteristiche geotecniche dei terreni sono da ritenersi discrete e pertanto si può realizzare idonea fondazione da posizionare almeno alla quota della fondazione dell'edificio esistente;
- Qualora in fase di esecuzione degli scavi di fondazione si dovessero riscontrare delle eterogeneità nei terreni con presenza di porzioni grossolane e porzioni fini si prescrive di eliminare le porzioni fini e sostituire le medesime con materiali grossolani al fine di evitare possibili cedimenti differenziali delle fondazioni;
- qualora in corso d'opera dovessero intercettarsi venute idriche con le caratteristiche di temporaneità e stagionalità, legate a condizioni di precipitazione particolari ed emergere alla base dello scavo si dovrà provvedere all'allontanamento delle stesse intercettando le acque nei punti di emergenza e allontanandole tramite tubazioni verso opere di scolo;

In ragione di quanto contenuto nel presente rapporto, le opere in progetto sono da ritenersi fattibili dal punto di vista geologico e geotecnico non contribuendo significativamente all'alterazione dello stato dei luoghi.

*La presente relazione è da intendersi quale svincolo di fattibilità dell'intervento.*

*Malegno li Ottobre 2016*

Geol Davide Lombardi



**Allegati:**

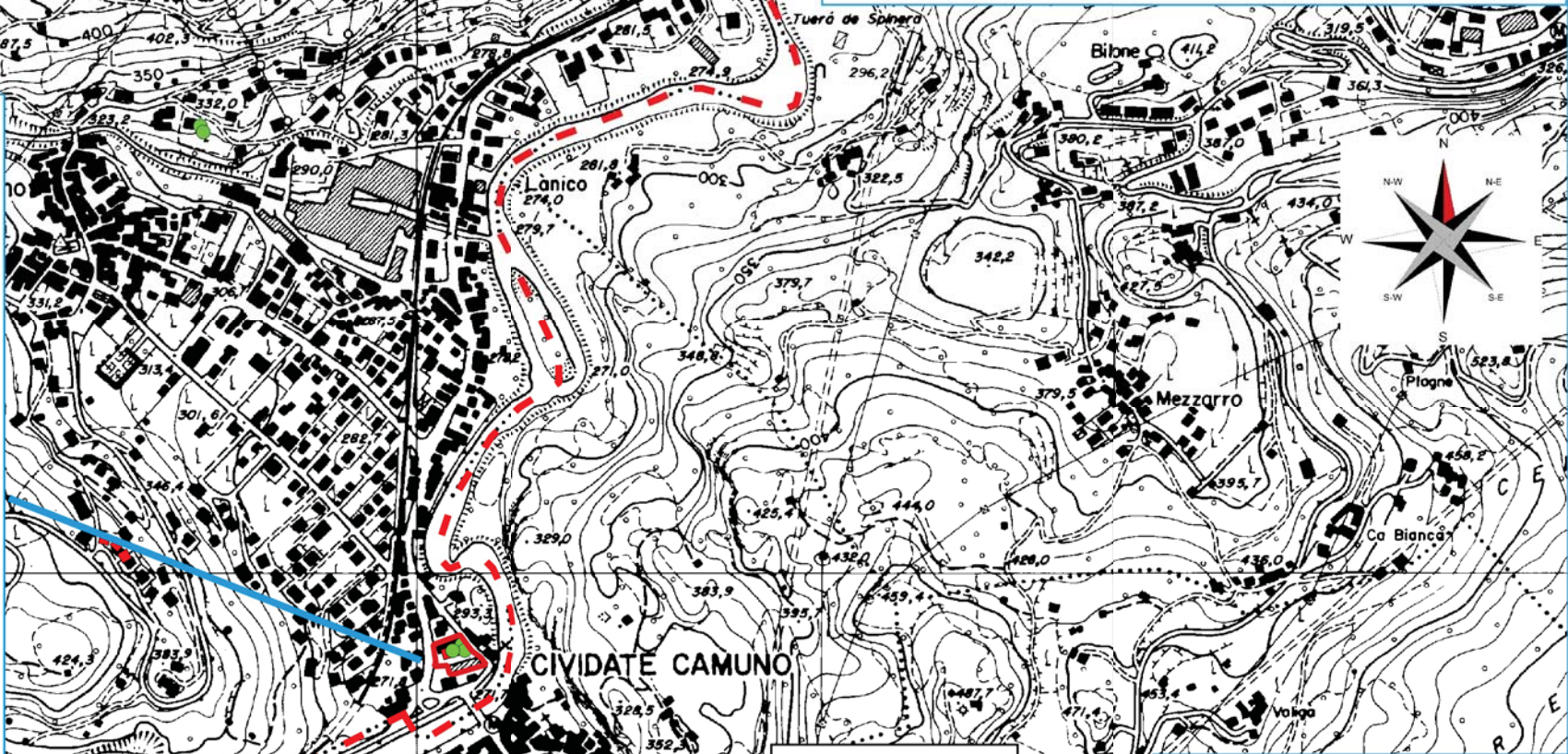
1. **Stralcio CTR con aree di intervento;**
2. **Stralcio catastale con ubicazione indagine area limitrofa;**
3. **Stralcio Carta Fattibilità geologica;**
4. **Stralcio carta geologica;**
5. **Stralcio carta PSL;**
6. **Stralcio carta dei Vincoli**



STRALCIO CTR E ORTOFOTO

Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus

SCALA 1: 10.000



COORDINATE SITO

X: 1.599.053

Y: 5.088.892

QUOTA

270 m s.l.m.

Legenda

- LIMITE COMUNALE
- AREA DI STUDIO
- MASW
- PROVE PENETROMETRICHE



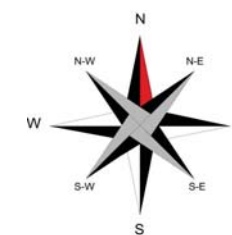


## STRALCIO MAPPA CATASTALE




Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus

Fg 10 Mapp2451 COMUNE DI MALEGNO (Bs)

SCALA 1: 600



### Legenda

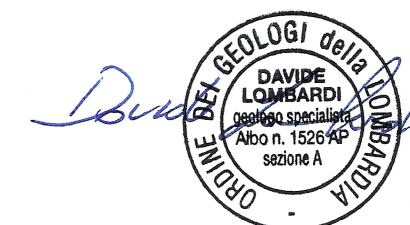
-  00 AREA DI STUDIO
-  MASW e RIFRAZIONE
-  PROVE PENETROMETRICHE

PROPRIETA'  
BINEZZI

X: 1.5199.053

Y: 5.088.892

QUOTA  
270 m s.l.m.

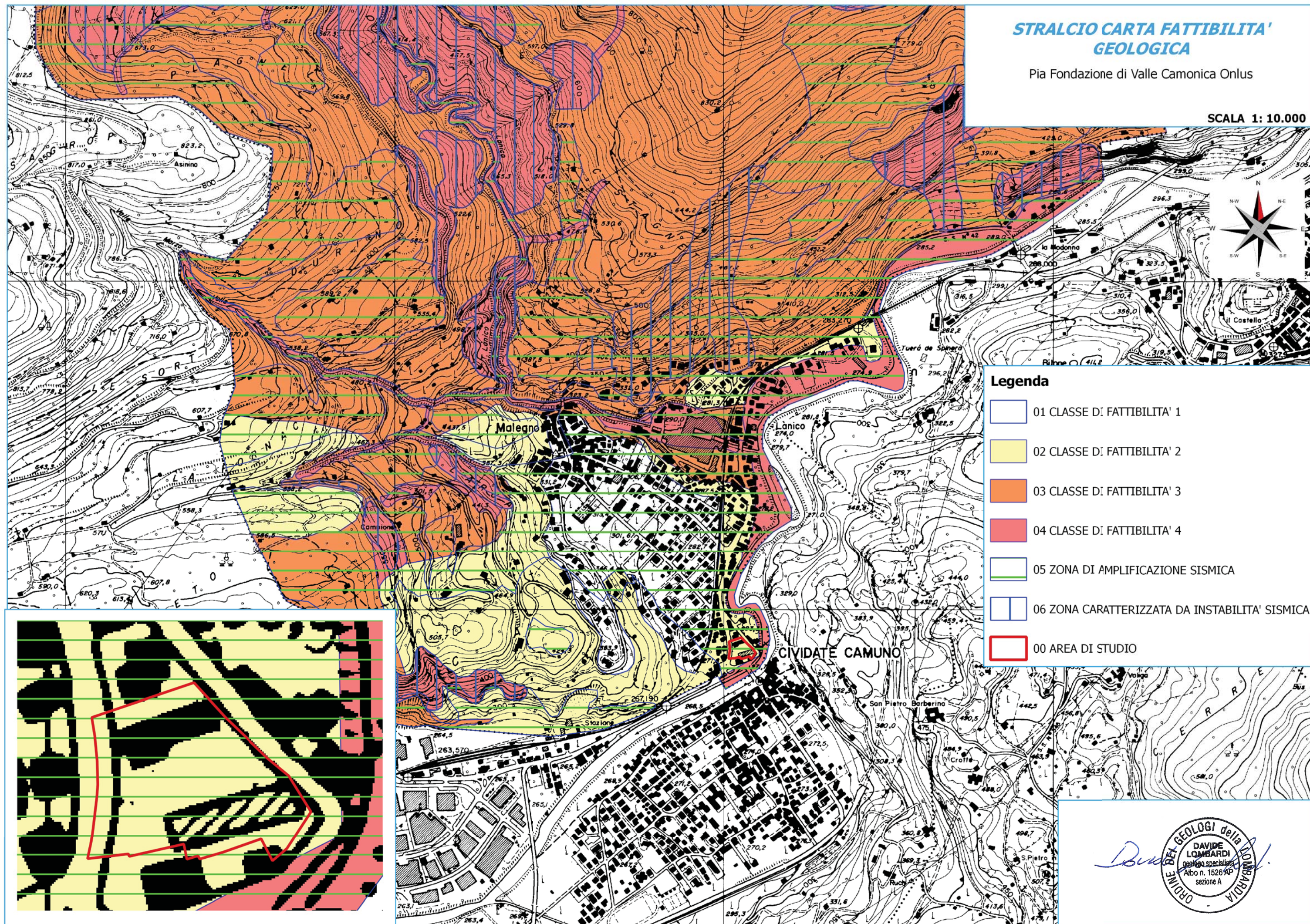




# STRALCIO CARTA FATTIBILITA' GEOLOGICA

Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus

SCALA 1: 10.000

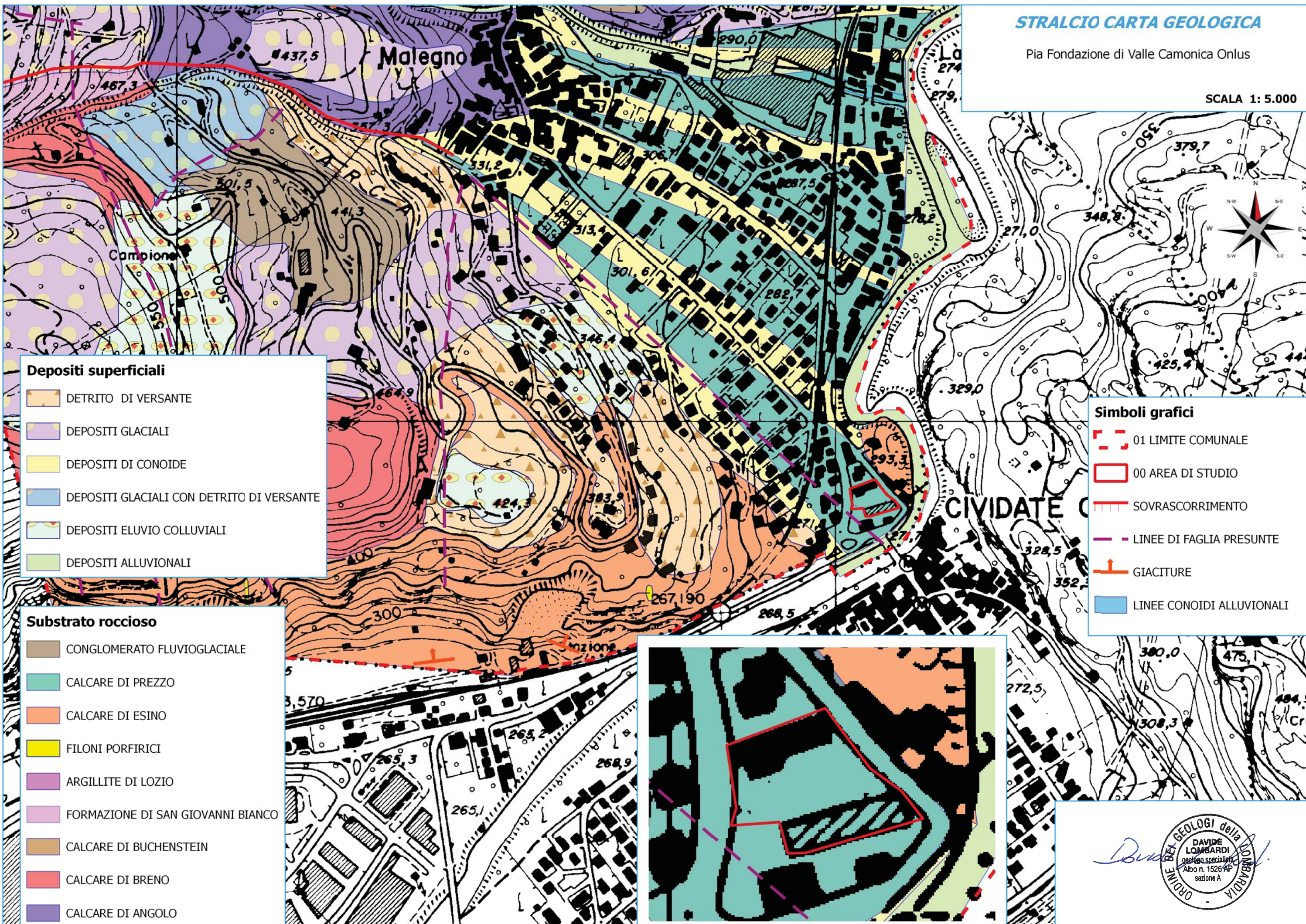




# STRALCIO CARTA GEOLOGICA

Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus

SCALA 1: 5.000





# STRALCIO CTR E ORTOFOTO

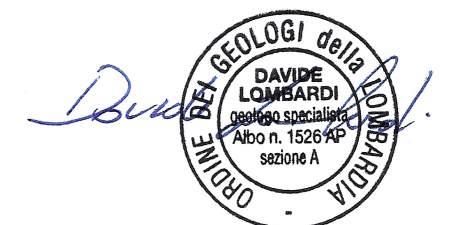
Pia Fondazione di Valle Camonica Onlus

SCALA 1: 10.000



## Legenda

- 01 LIMITE COMUNALE
- 00 AREA DI STUDIO
- 08 SCENARIO PSL Z1a
- 09 SCENARIO PSL Z1b
- 10 SCENARIO PSL Z1c
- 06 SCENARIO PSL Z3a
- 07 SCENARIO PSL Z3b
- 02 SCENARIO PSL Z4a
- 03 SCENARIO PSL Z4b
- 04 SCENARIO PSL Z4c
- 05 SCENARIO PSL Z4d

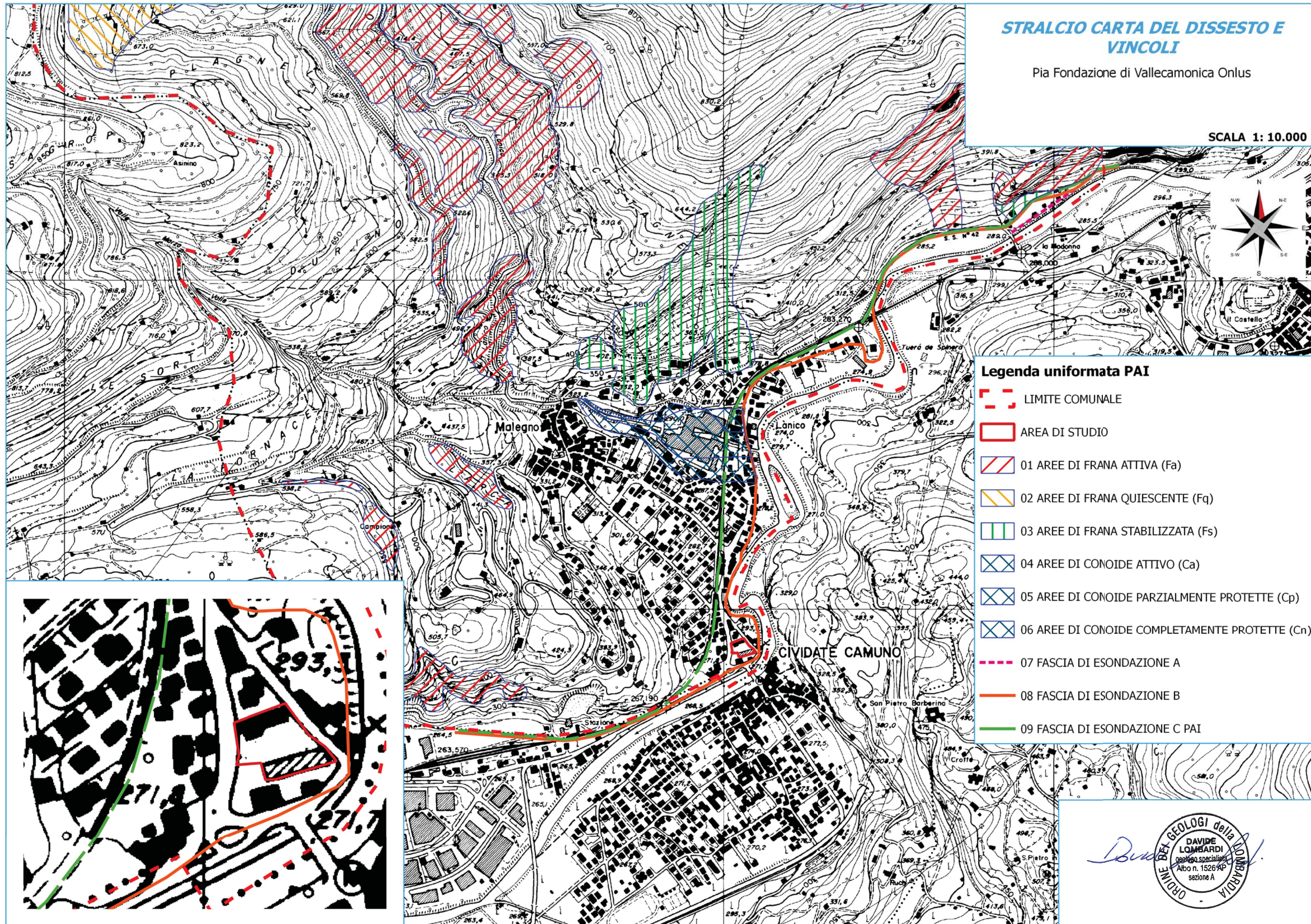




# STRALCIO CARTA DEL DISSESTO E VINCOLI

Pia Fondazione di Vallecamonica Onlus

SCALA 1: 10.000



ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA  
DAVIDE LOMBARDI  
geologo specialista  
Albo n. 1526 AP  
sezione A