

COMUNE DI GOLFERENZO
Provincia di Pavia

**PROPOSTA DI NUOVA ATTRIBUZIONE
STATO DI ATTIVITÀ E CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA
AREA GIÀ CLASSIFICATA IN FRANA ATTIVA
ZONA EST CIMITERO**

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Giugno 2024

Committente:
Sig.
Donato CREVANI

Dott. Geol. Mauro Saleri



Dott. Geol. Marco Sala



INDICE

PARTE PRIMA – GENERALITÀ

1.0 Premessa.....	pag. 3
1.1 Normativa di riferimento.....	>> 4
2.0 Inquadramento geografico.....	>> 5
3.0 Inquadramento meteoroclimatico.....	>> 7
4.0 Fattibilità - Vincoli Geologici, Idrogeologici e Idraulici.....	>> 13
5.0 Inquadramento geomorfologico e geolitologico generali.....	>> 15
5.1 Descrizione dei dissesti.....	>> 17
6.0 Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni.....	>> 19
6.1 Indagini geognostiche.....	>> 19
6.1.1 Prove penetrometriche.....	>> 20
6.1.2 Stendimenti sismici a rifrazione.....	>> 20
6.2 Caratterizzazione litostratigrafica dei terreni.....	>> 20
6.3 Determinazione dei parametri geotecnici.....	>> 23
6.4 Condizioni di drenaggio delle acque (All. 8).....	>> 23
- Allegato 1 - Corografia generale con ubicazione area in esame	
- Allegato 2 - Carta dei dissesti con elementi morfologici	
- Allegato 9 - Foto satellitare con ubicazione punti di indagine	
- Allegato 10 - Istogrammi prove penetrometriche	
- Allegato 11 - Relazione descrittiva indagini sismiche a rifrazione	

PARTE SECONDA – STUDIO DI DETTAGLIO

7.0 Verifiche di stabilità del pendio.....	>> 25
8.0 Proposta di nuova attribuzione delle Classi di Fattibilità.....	>> 31
8.1 Norme Geologiche di Attuazione per le aree di nuova attribuzione fattibilità.....	>> 32
- Allegato 3 - Estratto carta del dissesto unificato alla legenda P.A.I.	
- Allegato 4 - Carta di dettaglio dei corpi di frana in esame	
- Allegato 5 - Carta della pericolosità iniziale	
- Allegato 6 - Carta geomorfologica di dettaglio del corpo di frana oggetto di indagine	
- Allegato 7 - Carta delle pendenze di dettaglio del corpo di frana oggetto di indagine	
- Allegato 8 - Carta delle opere di mitigazione esistenti del corpo di frana oggetto di indagine	
- Allegato 12 - Valutazione della pericolosità preliminare sulla base delle indagini geognostiche	
- Allegato 13 - Aree omogenee e attribuzione delle classi di pericolosità finale	
- Allegato 14 - Proposta di attribuzione delle classi di fattibilità geologica	
- Allegato 15 - Carta P.A.I.-P.G.R.A. con legenda All. 5 D.g.r. 6738/2017	

PARTE PRIMA – GENERALITÀ

1.0 Premessa

Nella presente relazione si espongono i risultati dello studio geologico-tecnico di dettaglio eseguito ai fini della definizione delle caratteristiche geologico-geomorfologiche-geotecniche, della stabilità e della pericolosità di una porzione di terreno situata poco a Sud dell’abitato di Golferenzo (PV), dove insistono alcuni fabbricati agricoli di proprietà del Sig. Donato Crevani.

La presente relazione costituisce l’integrazione di quella datata Novembre 2023 e descrive gli approfondimenti di carattere tecnico, a seguito della richiesta pervenuta da Regione Lombardia.

Lo studio ha comportato la esecuzione di verifiche di dettaglio utili alla implementazione dei dati e delle informazioni disponibili, in modo da consentire valutazioni più puntuali e giungere ad una proposta di nuova attribuzione delle classi di Fattibilità Geologica all’interno della zonazione esistente con conseguente riclassificazione dell’area di interesse, attualmente classificata in frana attiva ed attribuita alla classe 4 (fattibilità con gravi limitazioni) nella *Carta di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano* relativa alla Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del Comune di Golferenzo (Dott. Geol. Giancarlo Guado, luglio 2006 - variante febbraio 2007).

Per tali verifiche ci si è attenuti a quanto previsto dal D.G.R. 30 novembre 2011 – n.IX/2616, secondo le modalità indicate all’allegato 2 “procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana”.

Pertanto, oltre che attraverso il rilievo morfologico di dettaglio dell’area, l’acquisizione dei dati di campagna è avvenuta mediante l’ulteriore esecuzione di specifiche prospezioni geognostiche rappresentate da n.4 prove penetrometriche di tipo dinamico S.C.P.T., eseguite nel mese di ottobre 2023 e svolte ad integrazione delle indagini svolte nel gennaio 2022 (n.7 prove dinamiche S.C.P.T. e n.1 tomografia sismica).

I dati raccolti sono stati inoltre integrati con quelli esistenti, derivanti da studi pregressi in zone limitrofe, dalla letteratura di riferimento e dalla cartografia tecnica disponibile.

L'insieme dei dati ha consentito il riconoscimento dell'assetto litostratigrafico e la caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni con la definizione dei parametri geomeccanici e, conseguentemente, la valutazione del grado di stabilità e pericolosità dell'area a loro volta utili a motivare la proposta di ripermetrazione del dissesto.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio è stato condotto in accordo con quanto previsto dalla sottoelencata normativa:

- D.G.R. n. IX/2616 30.11.2011 “*Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374*”, pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012; Allegato 2;
- P.G.T. (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Golferenzo “*Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica*” - Dott. Geol. Giancarlo Guado (luglio 2006 - rev. Febbraio 2007).

2.0 Inquadramento geografico

Il sito oggetto di approfondimento è posizionato poco a Sud (350-400m) rispetto al centro abitato di Golferenzo, appena ad Est (100-150m) rispetto al cimitero della località.



Figura 1: Foto aerea con ubicazione area in esame (Google Earth).

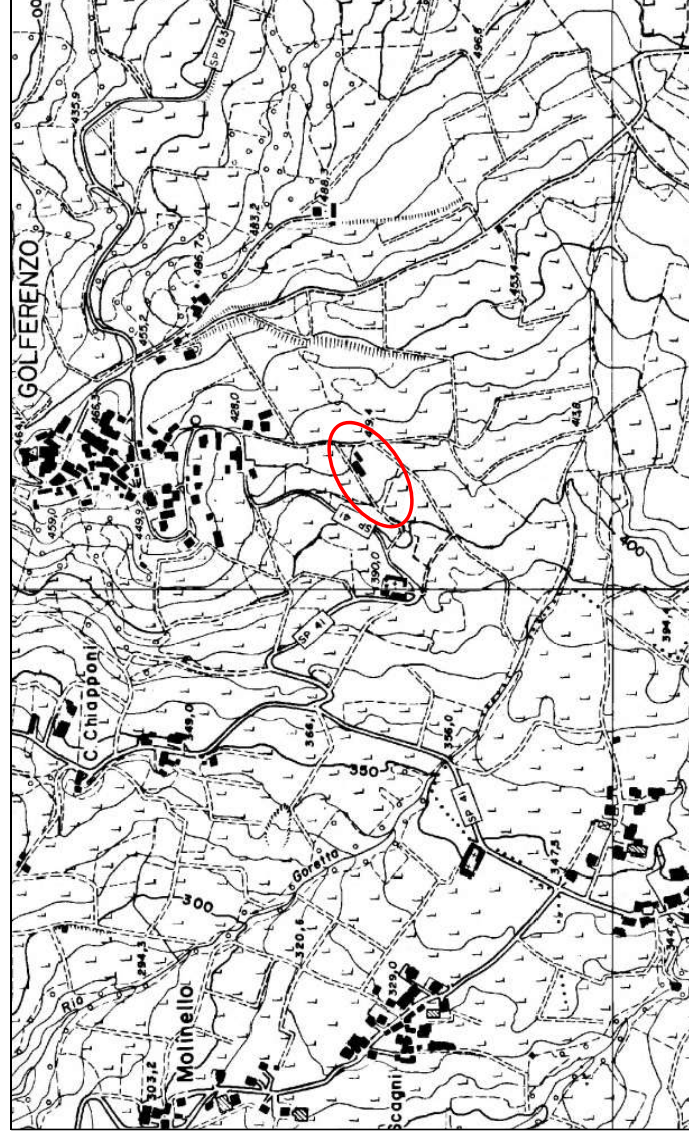


Figura 2: Estratto C.T.R. con ubicazione area in esame.

In tale ambito si trovano i fabbricati agricoli di proprietà del committente ed il relativo terreno di pertinenza, il cui limite Nord-Ovest corrisponde con la Strada Provinciale n.153 che collega Golferenzo con Santa Maria della Versa.



Figura 3: Fabbricati di proprietà visti da Sud.



Figura 4: Fabbricati di proprietà visti da Est.

3.0 Inquadramento meteoclimatico

Per quanto concerne l'analisi climatica e pluviometrica della zona di studio si fa riferimento a quanto contenuto nella Relazione Geologica pertinente lo studio a supporto del vigente P.G.T. a cura dello Studio Tecnico Guado, di seguito integralmente riportato.

Il clima dell'Oltrepo pavese si avvicina a quello tipico delle zone continentali, con inverno rigido ed estate calda, subendo poco l'influenza mitigatrice del mare a causa della presenza dei rilievi appenninici. Ad un periodo di freddo secco (gennaio-marzo) segue una primavera mediamente piovosa che passa da un clima freddo-umido ad un clima caldo-umido e quindi un'estate calda-secca caratterizzata da temperature medie dell'aria piuttosto elevate.

Con l'arrivo dell'autunno si assiste ad un comportamento differente da mese a mese, e si passa da un settembre a clima caldo-secco ad un ottobre con clima generalmente caldo e precipitazioni frequenti che raggiungono il loro valore massimo medio mensile in novembre. In dicembre le temperature si abbassano e permangono precipitazioni di media intensità.

Il fiume Po, in quest'area, segna una netta differenziazione tra il clima della parte settentrionale della regione e quello dell'Oltrepo; in particolare, è evidente l'inversione dei minimi di pioggia che in questa zona si verificano in estate, mentre nel resto della Lombardia si verificano durante l'inverno.

Rifacendosi alla classificazione climatica di Pinna (1970) le zone di pianura e quelle collinari presentano un clima temperato sub-continentale.

La temperatura dell'aria nella zona dell'oltrepo orientale presenta una elevata variabilità spaziale in gran parte legata agli effetti topoclimatici connessi alla presenza dei rilievi (vedere in fig. 1 l'isoterma dei 12° C, che delimita l'area pedemontana e pedecollinare). Il mese mediamente più freddo risulta gennaio e quello più caldo luglio, con un tipico effetto di sfasamento rispetto ai minimi e massimi di radiazione solare.

In figura 1 si osserva che i valori medi, registrati in un periodo che va dal 1921 al 1978, mostrano variazioni delle temperature medie annue da valori di 12,4 °C della pianura (Voghera, a 93 m s.l.m.) a valori di 11,4 °C della collina (Montalto Pavese, quota 466 m s.l.m.), fino a valori di temperatura intorno a 8,5 °C riscontrati nelle aree montane (Brallo di Pregola, quota 951 m s.l.m.).

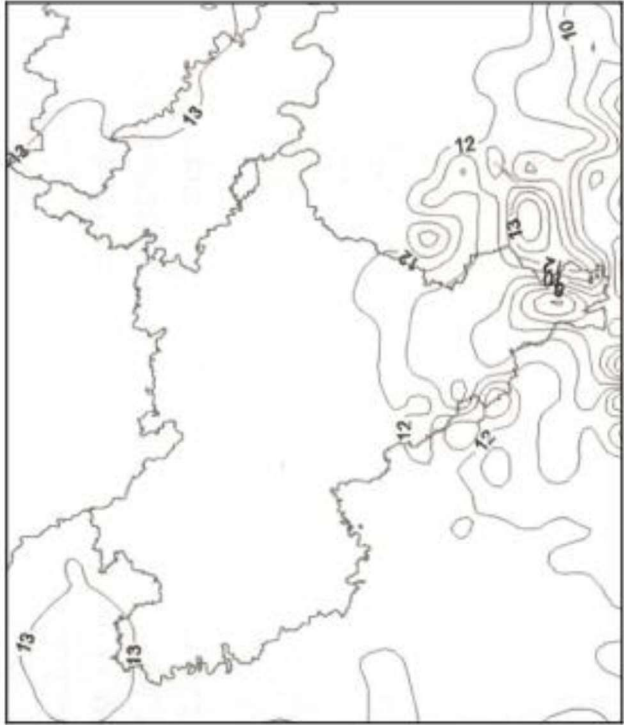


Fig.1 -Temperature medie annue in gradi centigradi (1921-1978).
Elaborazioni Ersaf su dati Servizio Idrografico

Nella tabella 1 e in figura 2 vengono mostrate le temperature medie della stazione di Santa Maria della Versa, ubicata pochi km più a Nord del confine di Golferenzo.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T max	5.6	8.3	13.7	16.0	22.4	25.5	29.2	29.2	24.4	17.6	10.6	5.5
T min	-2.8	-1.4	1.8	5.8	10.2	13.0	16.3	16.5	12.3	8.0	2.7	-1.5
T media	0.8	2.8	7.3	10.7	16.2	19.2	22.8	22.7	18.6	12.2	6.2	1.6

Tab. 1 — Valori medi delle temperature medie, minime, e massime mensili (esprese in °C) relativi al periodo 1986-1996 nella stazione di Santa Maria della Versa.

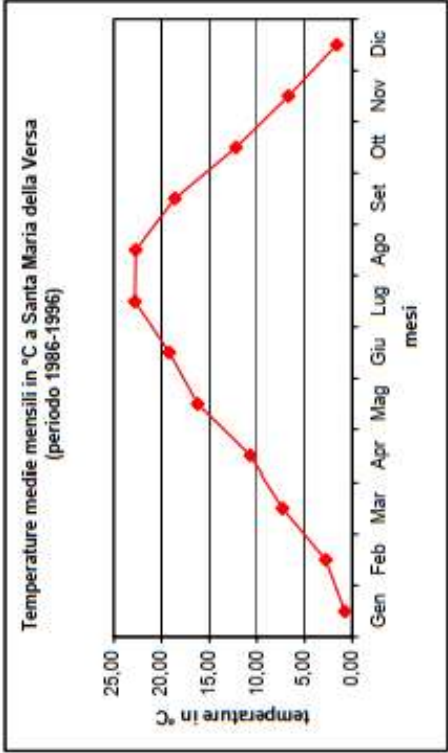


Fig.2- Come si può osservare l'andamento medio annuale delle temperature delle colline, concordano con quelle della pianura.

Dall'analisi delle precipitazioni annue si osserva il passaggio dai 674 mm/anno di Voghera ai 1418 mm/anno di Casale Staffora (1079 m), attraverso i 785 mm/anno di Montalto Pavese (vedere figura 3). Osservando la carta con i regimi pluviometrici mostrata in figura 4, si notano due picchi principali durante il corso di un intero anno: il primo picco ricade in novembre, durante l'autunno, mentre il secondo in maggio, nei mesi primaverili mentre i minimi sono posizionati nei mesi di gennaio e luglio. Si evince, quindi, che la quantità di pioggia che cade mediamente nel mese più piovoso dell'anno è pari a circa 2,56 volte quella del mese più asciutto. Generalmente, come si nota dalla carta delle precipitazioni medie annue, i regimi pluviometrici subiscono un sensibile aumento spostandosi dalla zona di pianura verso la zona collinare; in particolare si ha un primo incremento di pioggia pari a 40 mm/100 m fino a circa 600 m di quota, ed un secondo incremento intorno ai 5 mm/100 m fino agli 800 m di altitudine; dopo questa variazione fortemente ridotta, si ha una ripresa decisa con gradiente superiore ai 100 mm di pioggia per 100 m di quota (fig.3) (Rossetti & Ottone, 1979).

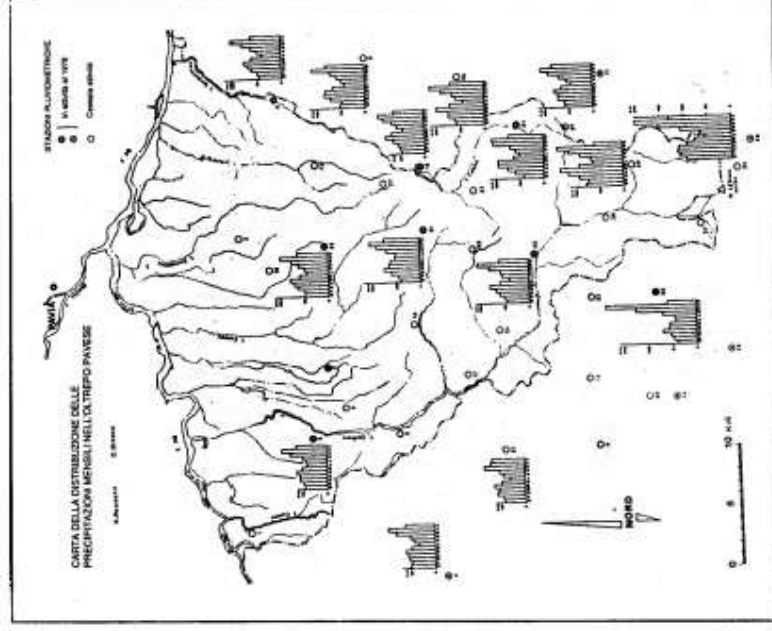


Fig.3 - Carta dei regimi pluviometrici nell'Oltrepò pavese (Rossetti & Ottone, 1979).

Grazie ad un lavoro condotto dall'ERSAF a scala regionale (serie storiche del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori pubblici) è possibile osservare come l'area lombarda posta a valle della catena alpina sia in grado di estrarre molta umidità dalla circolazione generale, generando di conseguenza piovosità abbondante e relativamente ben distribuita nel corso dell'anno. Per quanto riguarda la zona dell'Oltrepò Pavese, in figura 4 è possibile osservare più in dettaglio la distribuzione media delle precipitazioni annue.

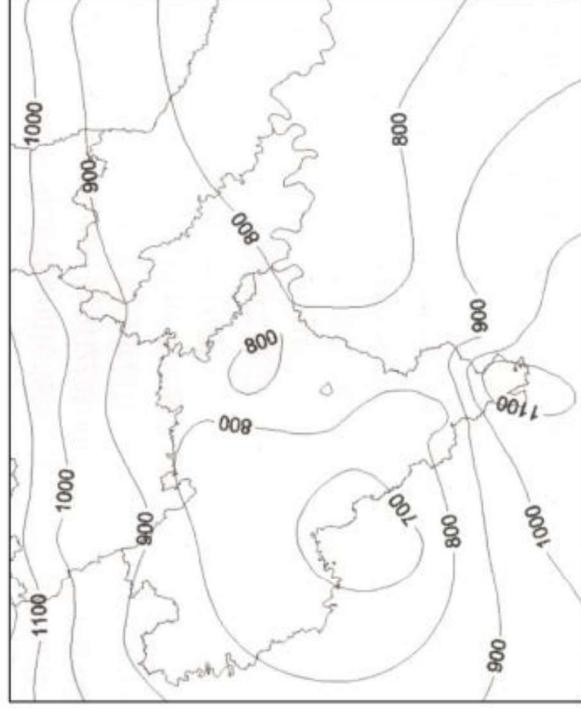


Fig. 4 - Precipitazioni medie annue in mm (1921-1970). Elaborazioni Ersaf su dati Servizio Idrografico.

Osservando la figura 4 è possibile notare che i valori più elevati di precipitazione sono concentrati a Sud della mappa, dove l'Appennino raggiunge le maggiori altitudini.

Si nota inoltre che la zona di pianura dell'Oltrepò Pavese è caratterizzata da precipitazioni che si attestano mediamente sugli 800 mm/anno, mentre se ci si sposta verso Sud i valori salgono, fino ad arrivare a 900-1100 mm/anno. La nevosità, variabile a seconda dell'altitudine, si manifesta da novembre a maggio in montagna e generalmente da dicembre a febbraio nelle zone collinari e di pianura; in particolare, nelle zone collinari cadono in media dai 50 ai 100 cm di neve. Osservando la figura 5 si può vedere nel dettaglio quale sia stato il trend delle precipitazioni a Santa Maria della Versa nel periodo 1992 – 2000 (fonte CIVIFRUCCE di Torrazza Coste, sede territoriale per la Provincia di Pavia dell'ERSAF di Milano). Si nota che i valori massimi registrati corrispondono agli anni 1992, 1993, 1995, 1996 e 1997, mentre gli anni meno piovosi sono stati il 1998 e il 1999.

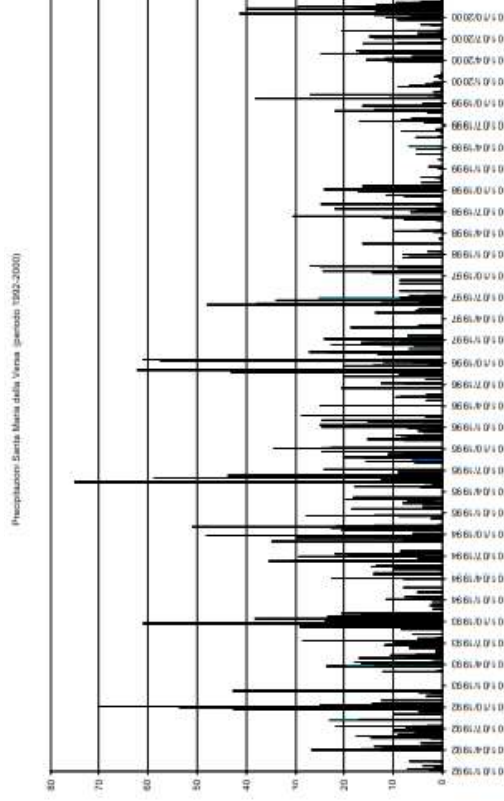
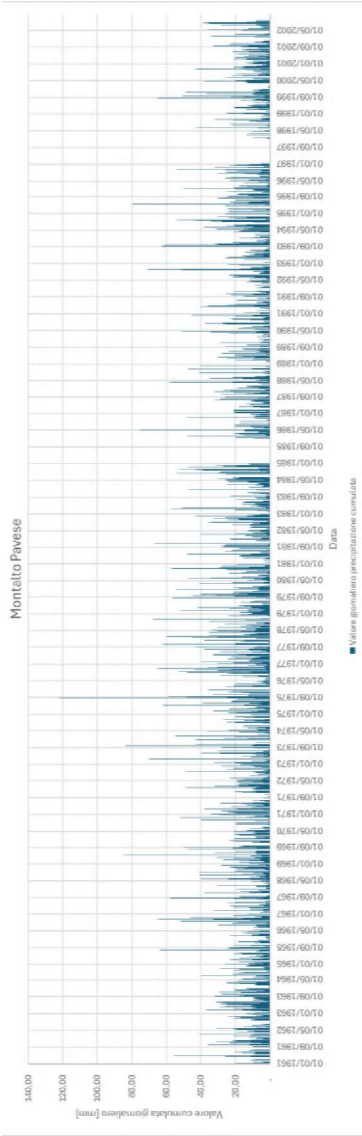
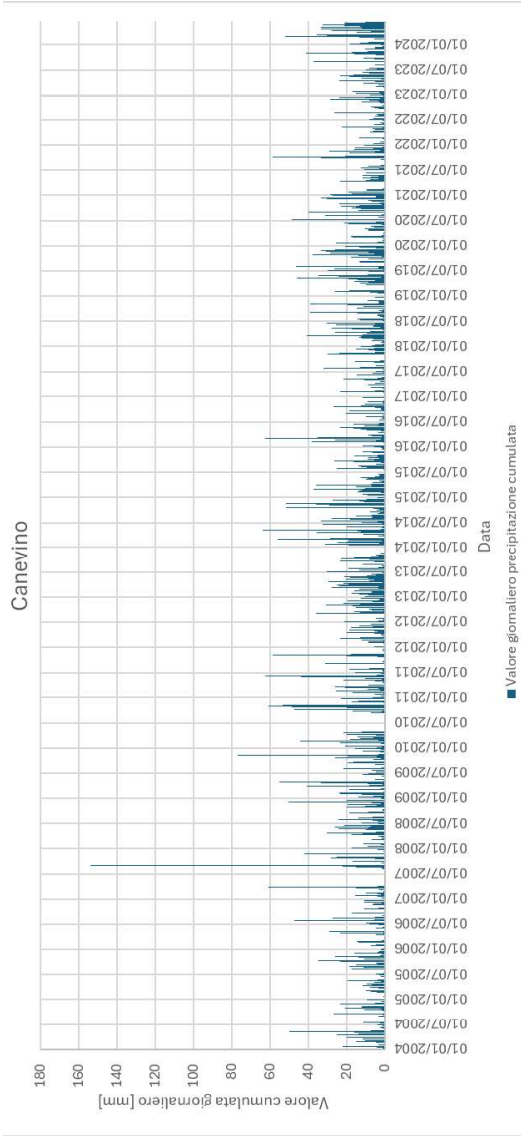
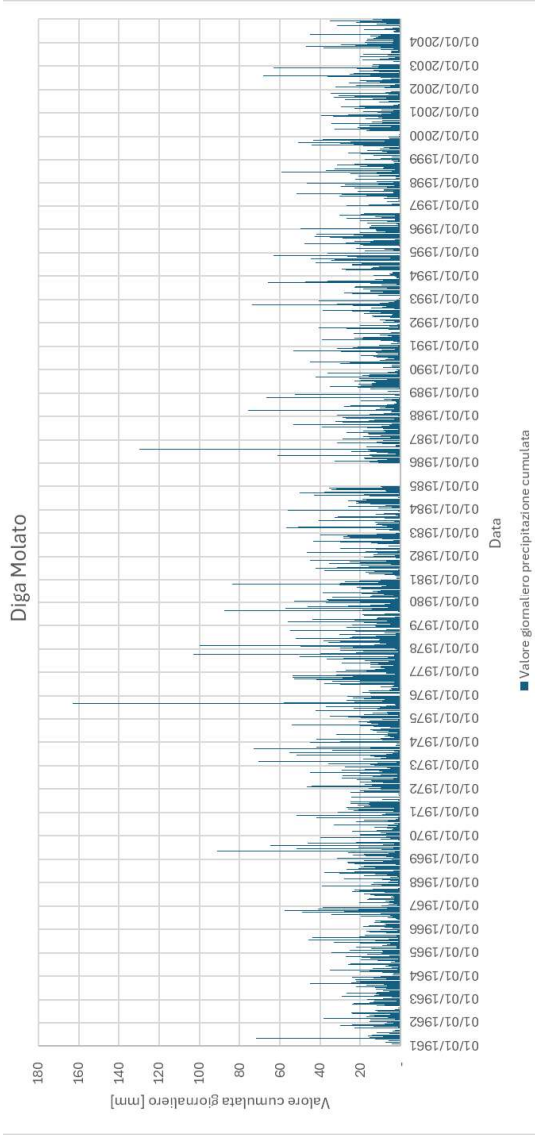
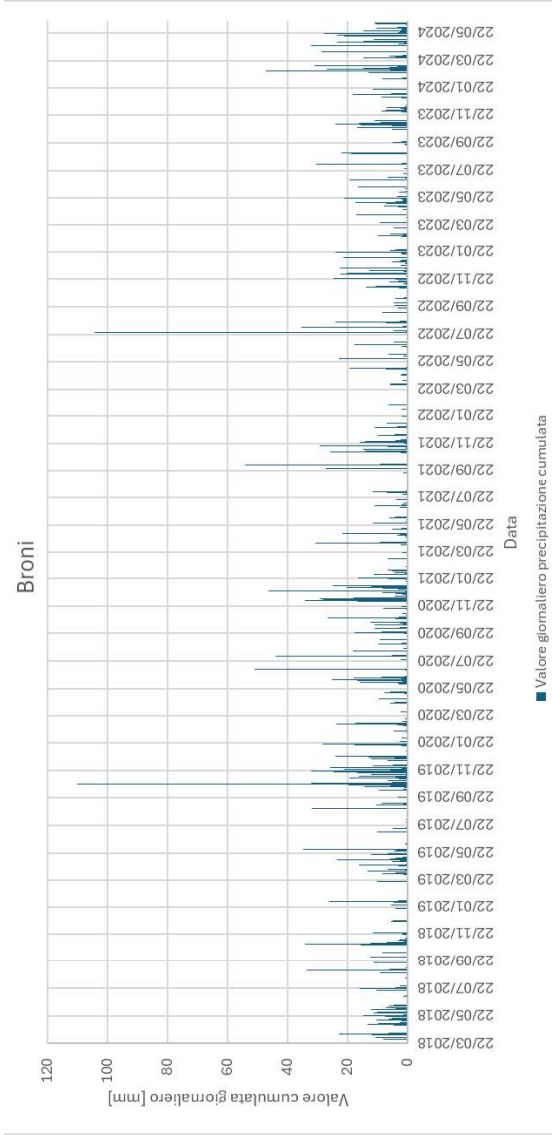


Fig. 6 - Precipitazioni a Santa Maria della Versa nel periodo 1992 - 2000

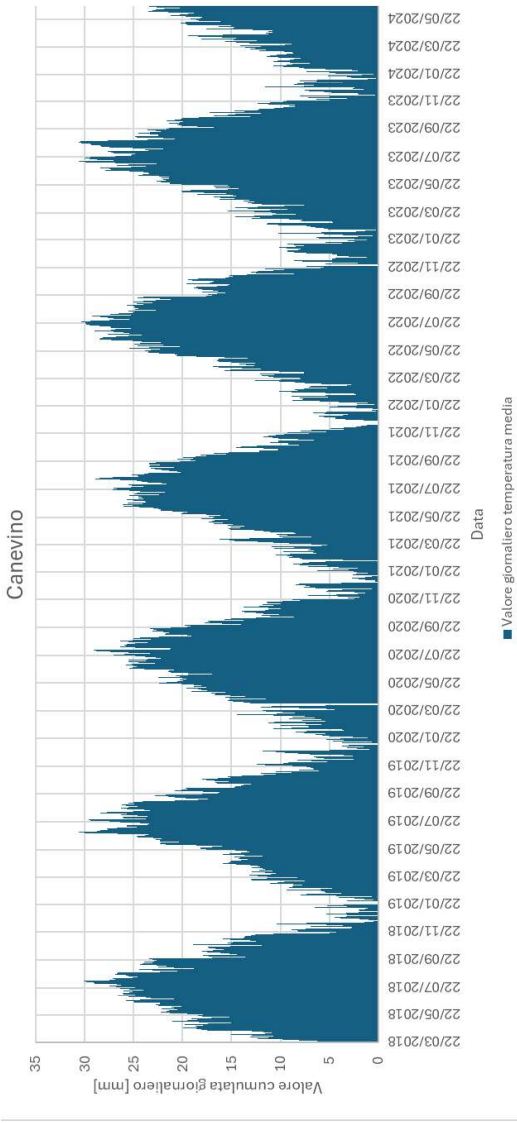
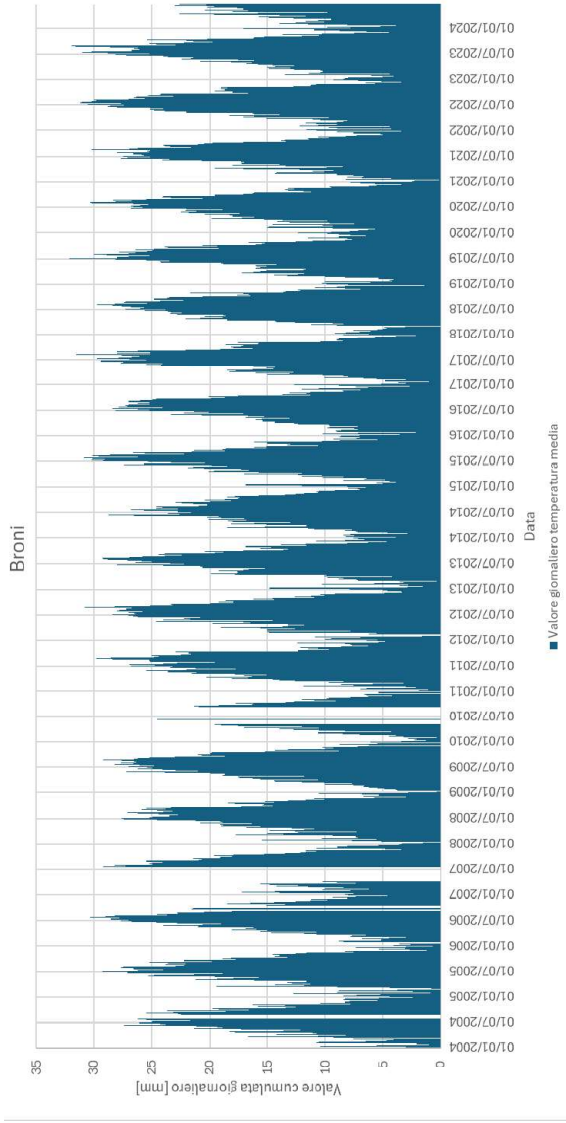
A seguito di richiesta da parte di Regione Lombardia si è provveduto ad una integrazione dei dati metoclimatici sopra descritti per un loro aggiornamento temporale mediante l’acquisizione dei dati pluviometrici e di temperatura messi a disposizione da ARPA Lombardia, provenienti da quattro stazioni poste negli intorni dell’area di interesse (Canevino, Montalto Pavese, Broni e Diga Molato), i quali vengono di seguito riportati.

Sulla base dell’analisi dei dati sopra esposti, è possibile osservare per quanto riguarda le precipitazioni, considerando i valori medi annui delle stesse a partire dall’anno 2000, anno fino al quale sono stati considerati i dati nello Studio Geologico del P.G.T. del Comune di Golferenzo precedentemente riportato, una generale tendenza alla diminuzione delle precipitazioni, il cui valore medio annuo si attesta a valori di circa 660 mm/anno rispetto agli 800÷900 mm/anno indicati nello studio citato.





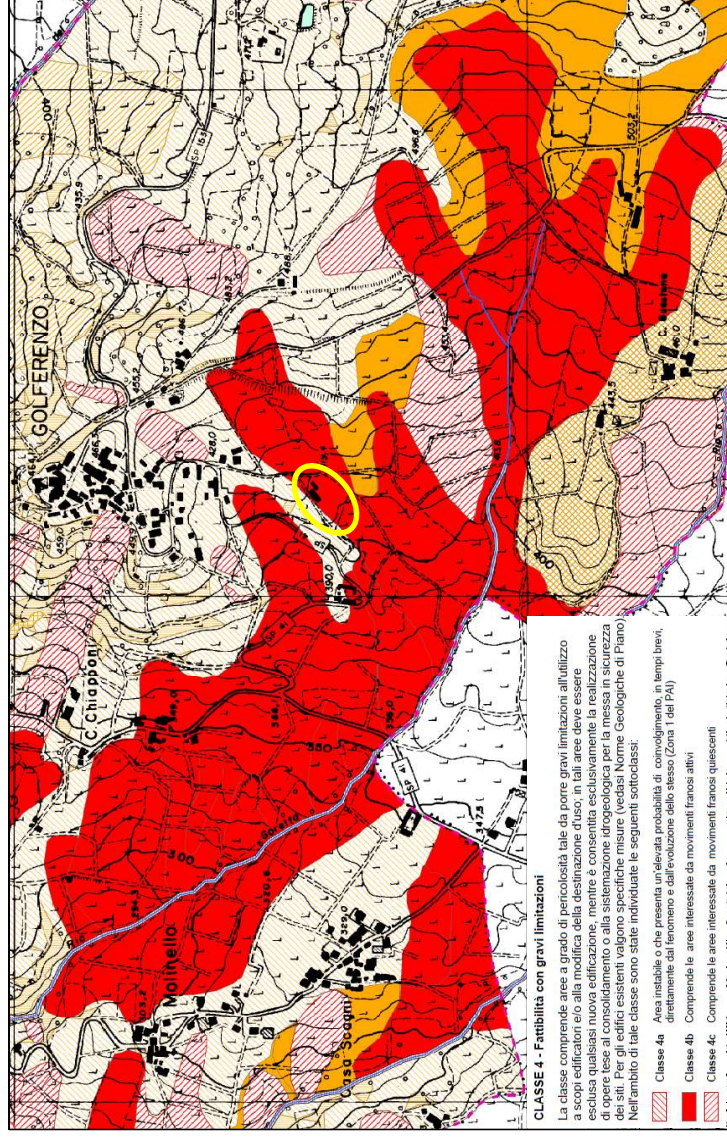
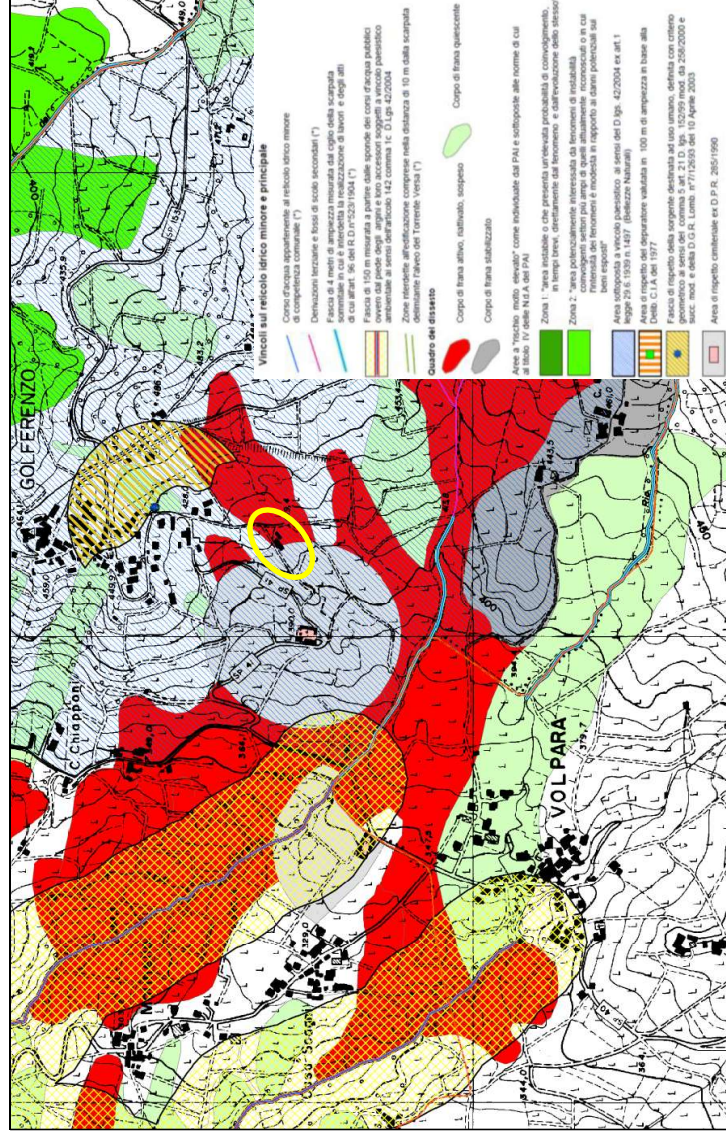
Allo stesso modo, in riferimento alle temperature medie annue registrate nelle stazioni di Broni e di Canevino e tenendo conto dei dati relativi al periodo successivo al 1978 (sono stati considerati i dati nello Studio Geologico del P.G.T. del Comune di Golferenzo precedentemente riportato) si riscontra un leggero aumento delle temperature medie annue sia nella zona di pianura, con valori medi che passano da 12,4° C a circa 13,5° C, sia nella zona collinare, con valori medi che passano da 11,4° C a circa 13° C.



4.0 Fattibilità - Vincoli Geologici, Idrogeologici e Idraulici

Nella *Carta dei Vincoli* pertinente lo Studio Geologico a supporto del vigente P.G.T. la fascia in esame risulta compresa entro il perimetro di un’area classificata quale frana quiescente (Fq), oltre che nelle aree sottoposte a vincolo paesistico ai sensi del D.lgs. 42/2004 ex art.1 legge 29.6.1939 n.1947.

Nella *Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano* (fig. 6) tale l’area è conseguentemente classificata nella Classe 4 di Fattibilità Geologica, “fattibilità con gravi limitazioni”, ed in particolare nella sottoclasse 4b la quale comprende “*le aree interessate da movimenti franosi attivi*” come anche nella *Carta della Pericolosità Sismica Locale* (fig. 7) essa ricade nello scenario Z1a “*zona caratterizzata da movimenti franosi attivi, riattivati, sospesi*”.



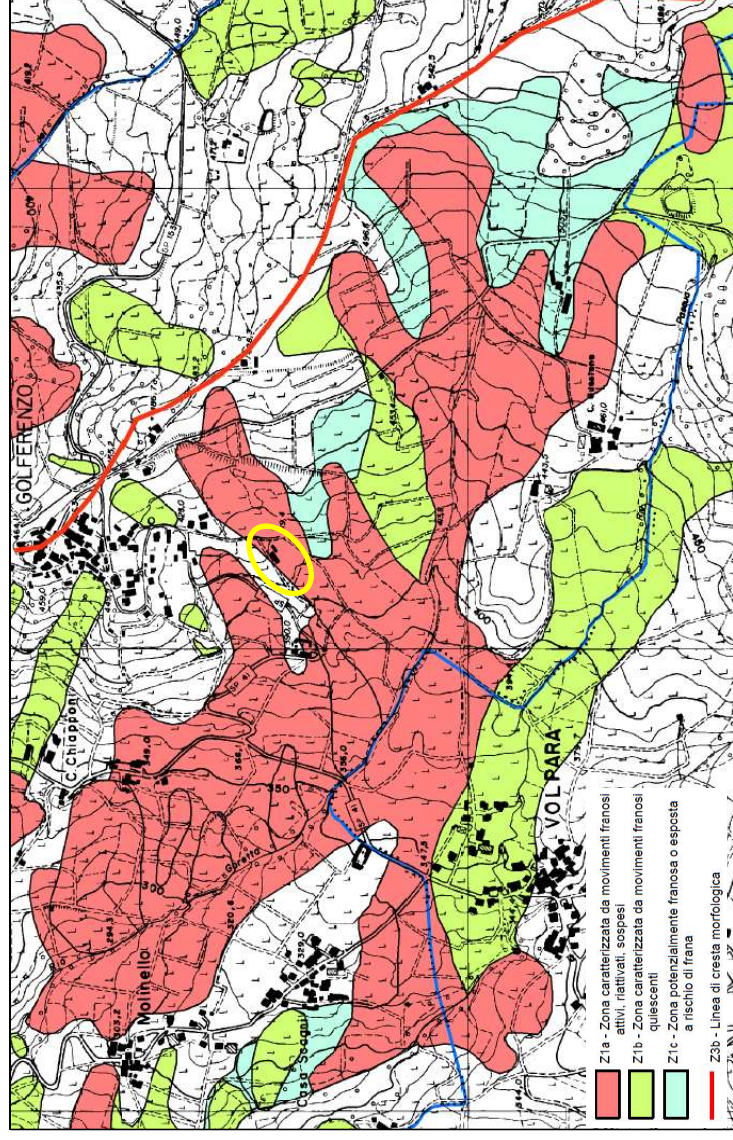


Figura 7: Estratto della *Carta della Pericolosità Sismica Locale* (P.G.T. Comune di Golferenzo).

Si osserva che sia la sede della strada comunale di accesso alla proprietà nel tratto corrispondente al sito in esame che le strutture ed infrastrutture presenti, quali gli stessi edifici agricoli ed i manufatti presenti nelle pertinenze, non presentano alcuna significativa deformazione o lesione ascrivibile a dissesti in atto nei rispettivi terreni di fondazione.

Altresì i filari delle viti dove presenti nella porzione di terreno a monte ed a valle degli edifici risultano discretamente allineati, sintomo questo inequivocabile della perdurante assenza di movimenti attivi.

5.0 Inquadramento geomorfologico e geolitologico generali

L'area in esame si trova a quote comprese tra 400 e 420 metri s.l.m., nell'ambito della porzione mediana del versante, in una fascia conformata a blanda dorsale, il cui crinale è individuato a quote comprese tra 460 e 475 metri s.l.m. a circa 350 metri di distanza verso Nord-Est.

L'esposizione del pendio è pertanto verso Sud-Ovest e al suo piede, posto alla distanza di circa 260 metri e a quote comprese tra circa 360 e 370 metri s.l.m., si trova l'asse drenante di fondovalle, corrispondente al rio Goretta. L'acclività del versante nella fascia mediana del versante si presenta discretamente omogenea, con valori di pendenza mediamente del 11÷13% (equivalente a 6-8°) mentre in corrispondenza della limitata zona di crinale le pendenze aumentano fino raggiungere valori del 30÷32% (16÷18°).

L'assetto morfologico risulta sia nelle pertinenze del sito in esame come anche verso monte e lateralmente sostanzialmente regolare; al contrario più a valle a partire circa all'altezza del cimitero comunale si osservano discrete ondulazioni della superficie topografica, sintomatiche di pregressi fenomeni di dissesto.

Il contesto geologico di pertinenza è stato desunto dall'esame del Foglio 178 (Voghera) della Carta Geologica d'Italia – Progetto C.A.R.G., alla scala 1:50.000 (fig.2): litologicamente i terreni risultano impostati sui depositi di età cretacea-eocenica della “Formazione di Val Luretta - VLU” costituita da alternanze di torbiditi arenaceo-marnose e calcareo-marnose distinta cartograficamente in tre membri. L'area in esame è interessata dal “Membro di Poviago – VLU₁” litologicamente rappresentato da sequenze torbiditiche in strati medi e spessi costituite da arenarie grigio-nocciola medie e fini e marne siltose grigio-verdastre con alla base banchi di marne rosate e calcarenitici.

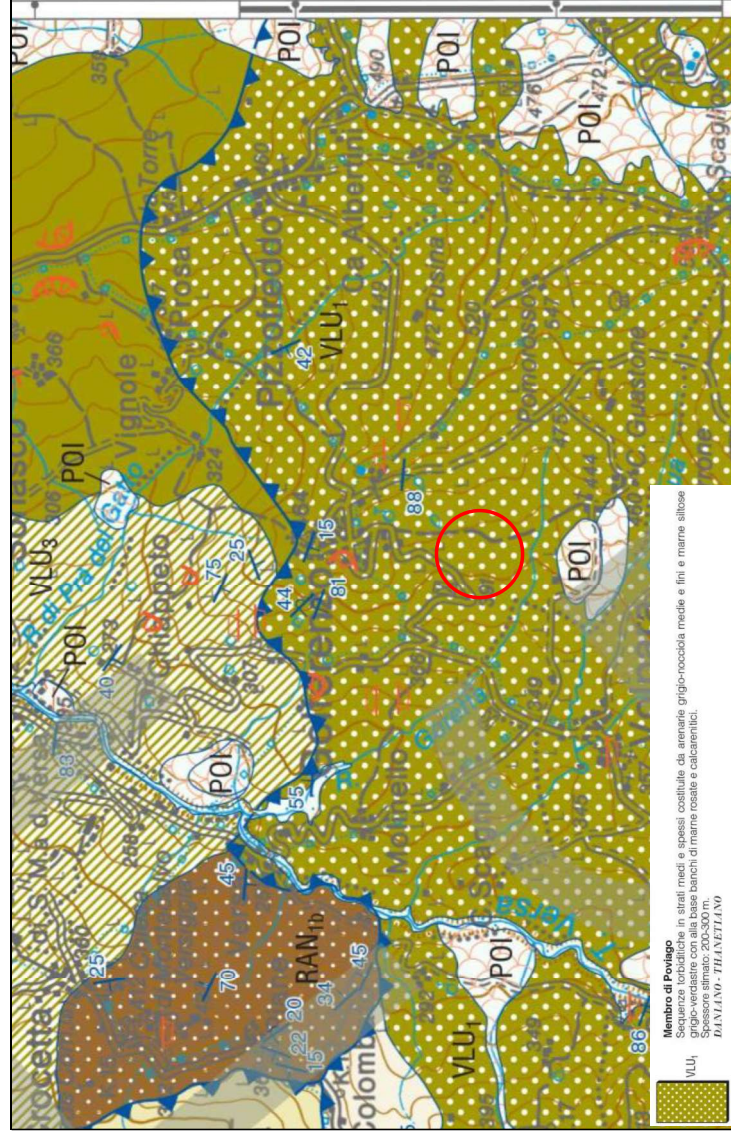


Figura 8: Estratto Carta Geologica d'Italia - Foglio 178 Voghera.

In superficie è presente una coltre di alterazione eluvio-colluviale di natura limoso-argillosa, prodotta dalla alterazione chimico-fisica del sottostante substrato roccioso. Ad essa, che presenta spessore variabile, generalmente esiguo nelle porzioni medio-elevate dei versanti e progressivamente crescente verso valle, competono peculiarità fisico-meccaniche piuttosto scadenti, tali da renderla facilmente coinvolgibile in fenomeni di dissesto in particolare nelle zone con condizioni morfologiche ed idrogeologiche sfavorevoli.

L'idrologia di superficie è caratterizzata lungo il versante dalla presenza di linee di drenaggio secondarie, di carattere prevalentemente effimero limitato ai periodi intensamente piovosi.

Per quanto riguarda le acque sotterranee si segnala la possibile presenza nel primo sottosuolo di filtrazioni idriche, generalmente di modesta entità e di carattere stagionale, impostate negli orizzonti costituiti da materiali permeabili per porosità, mentre nell'ambito del substrato possono sussistere falde profonde, comunque di scarsa potenzialità e con sede in corrispondenza delle bancate lapidee fratturate. È risaputo inoltre come la maggior quantità di acqua sia presente nei terreni argillosi della collina oltrepadana sottoforma di “umidità naturale”, la quale raggiunge il grado di massima saturazione in concomitanza di prolungati periodi piovosi.

5.1 DESCRIZIONE DEI DISSESTI

I movimenti gravitativi presenti nell'area di studio sono di tipo complesso (*scivolamento rotazionale passante a colata*): Si tratta di fenomeni gravitativi caratterizzati da più meccanismi di movimento. In genere infatti, la zona di distacco risulta interessata da scivolamento rotazionale, lungo una superficie curva, che coinvolge la parte superficiale del substrato roccioso e/o la coltre d'alterazione di copertura dello stesso. Il meccanismo di tipo rotazionale è evidente per il netto gradino morfologico rilevabile generato in corrispondenza della nicchia. Nella porzione inferiore dei dissesti, invece, si verificano movimenti traslativi e/o colamenti di terra e di detrito. Ciò che è stato possibile osservare, nell'ambito dell'area indagata, è che tali fenomeni interessano spesso pendii di notevole lunghezza e caratterizzati da pendenze poco diversificate. Gli eventi risultano costituiti da un insieme di movimenti parziali che interagiscono tra loro e che si generano a causa del richiamo da monte dell'instabilità.

La superficie di scivolamento che origina il dissesto è generalmente concava, ma può anche essere formata da una combinazione di elementi curvi e piani lungo i quali si verificano traslazioni e rotazioni del materiale in frana. Gli aspetti premonitori di questa tipologia di frana sono solitamente evidenti fenomeni di fessurazione ed abbassamenti della zona sommitale. La velocità di spostamento della massa coinvolta è elevata nella fase di collasso.

Uno dei principali fattori predisponenti è certamente la presenza di un substrato compatto fortemente inclinato, sormontato da una potente coltre detritico-terrosa incoerente.

Le cause dei dissesti in atto sono riconducibili a fenomeni di rottura causati dalle variazioni di resistenza al taglio proprie dei terreni costituenti la porzione stratigrafica sommitale dei pendii, innescati principalmente dai seguenti meccanismi:

- A. alterazione fisico-meccanica del terreno a seguito delle variazioni climatiche e distruzione dei legami coesivi instaurati con la parziale saturazione da parte delle pressioni interstiziali; se il terreno viene indotto ad una saturazione completa, per innalzamento della falda o per abbondante infiltrazione prodotta da piogge prolungate, il contributo resistente dato dalla tensione capillare e dall'angolo di attrito si annulla. Su questo meccanismo incidono anche i cicli di gelo e disgelo.
- B. le caratteristiche mineralogiche dei terreni di copertura (coltri eluvio-colluviali), contraddistinti da un elevato indice di attività, che si traduce, a seguito delle condizioni descritte al punto A, in rigonfiamenti e contrazioni volumetriche sensibili in relazione agli andamenti meteoroclimatici stagionali.
- C. l'assenza di un'efficiente rete drenante superficiale, che impedisce la raccolta e lo scolo delle acque meteoriche, con conseguente infiltrazione nei primi livelli del sottosuolo e relativa saturazione, ed innesco di processi di eluviazione ed erosione in particolare lungo le scarpate degli impluvi, con arretramento progressivo delle sponde.
- D. la mancanza di una copertura vegetale sufficientemente estesa in grado, con l'apparato radicale, di rinforzare superficialmente il terreno e di mantenere costante il grado di saturazione.

6.0 Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni

6.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine di dettaglio è stata svolta in due fasi:

- la prima è stata svolta nell'intorno dei fabbricati (prove SCPT da 1c a 7c e stendimento sismico a rifrazione Sr1);
- la seconda è stata estesa all'intero corpo di frana e integrata dal rilievo puntuale degli elementi morfologici salienti e determinanti per definire la configurazione finale di stabilità (prove SCPT 8c, 9c, 10c, 11c).

In allegato sono riportati gli istogrammi delle prove penetrometriche, la sezione tomografica unitamente alla documentazione fotografica ed alla planimetria di riferimento. Di seguito si riporta la foto satellitare con l'ubicazione delle indagini (fig. 9) e se ne illustrano le modalità esecutive.

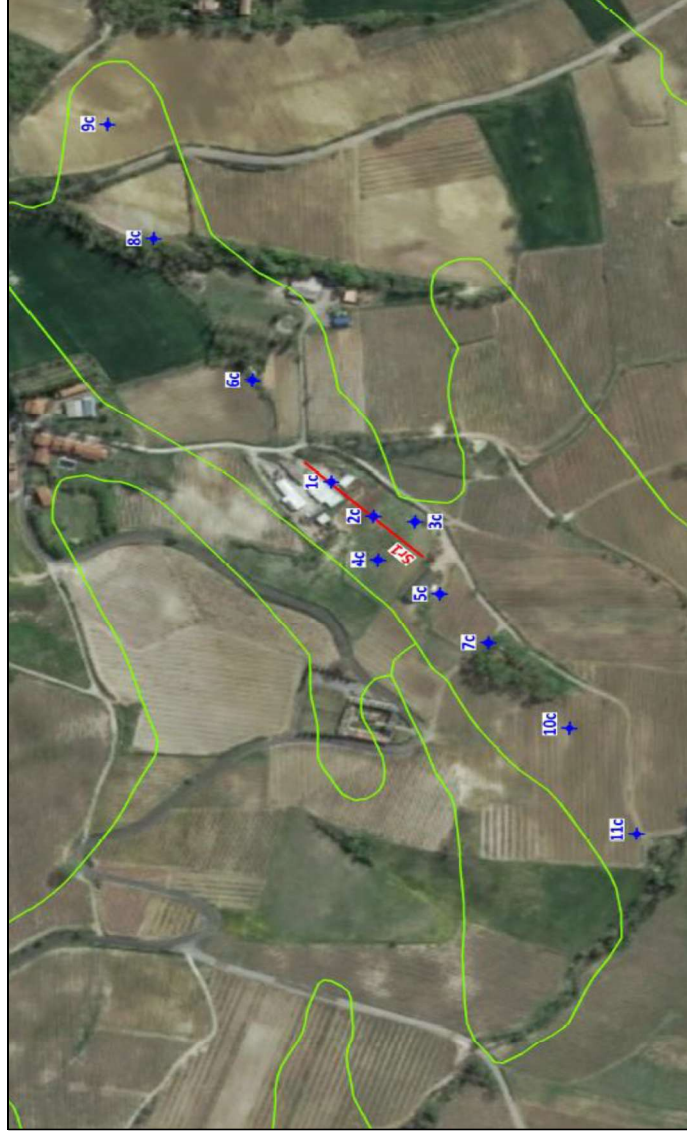


Figura 9: Foto satellitare con ubicazione punti di indagine.

6.1.1 Prove penetrometriche

Per l'acquisizione dei valori di resistenza penetrometrica è stato impiegato un penetrometro semovente statico-dinamico PAGANI modello TG 63-200KN, dotato di opportuni elicoidi di ancoraggio e punta meccanica Begemann per le prove statiche e di sgancio automatico per le prove dinamiche.

Nel corso delle prove dinamiche è stato verificato il numero di colpi N del maglio da 73kg necessari per infiggere verticalmente nel terreno, per intervalli consecutivi della lunghezza di 30 cm, l'apposita punta conica collegata ad una batteria di aste. I risultati riscontrati in campagna vengono visualizzati attraverso grafici che riportano per ogni verticale di prova:

- il numero di colpi N_{SCPT} necessari per avanzamenti della punta di 30 cm;
- i valori di resistenza dinamica alla punta (R_{pd}) assimilabili ai valori di R_p .

6.1.2 Stendimento sismico a rifrazione

L'indagine geofisica ha comportato la esecuzione di due linee di tomografia sismica a rifrazione 2D, lunga 115 metri. È stato utilizzato per lo scopo un sismografo Geometrics Geode a 24 canali dotato di 24 geofoni verticali da 14 Hz. L'energizzazione è avvenuta mediante massa battente. La caratterizzazione litostratigrafica avviene mediante il riscontro della velocità delle onde sismiche di tipo elastico di compressione (V_p).

In apposito allegato (allegato 11) si riporta la documentazione tecnica comprendente i dati di dettaglio con curve dromocrone e sezione interpretativa.

6.2 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI

Le variazioni dei parametri N_{SCPT} ed R_{pd} , rilevate lungo le singole verticali di prova penetrometrica e le variazioni dei valori di velocità di propagazione delle onde sismiche V_p rilevati lungo la sezione sismica a rifrazione sono riconducibili sia a cambiamenti geolitologici e granulometrici dei terreni attraversati che al diverso stato di addensamento o consistenza degli stessi.

Con il ricorso a inevitabili schematizzazioni il modello litostratigrafico locale può essere così proposto:

LIVELLO I:

Argille ed argille limose da molli a poco compatte con frammenti lapidei e blocchi calcareo-arenacei di dimensioni pluridecimetriche, pertinenti alla coltre superficiale eluvio-colluviale. I valori di N_{SCPT} sono inizialmente compresi tra 1 e 3 (**LIVELLO I-A**), quindi $N_{SCPT}= 4\div 6$ (**LIVELLO I-B**); i valori delle V_p risultano compresi tra un minimo di 300 ed un massimo di 1200 m/s.

LIVELLO II:

Sabbie argillose e sabbie debolmente cementate, mediamente consistenti, con frammenti lapidei e blocchi calcareo-arenacei di dimensioni pluridecimetriche, costituenti il termine di passaggio tra la coltre eluvio-colluviale ed il “cappellaccio” più o meno alterato e disarticolato del substrato. I valori di N_{SCPT} risultano mediamente compresi tra 10 e 20 mentre i valori delle V_p per il livello II risultano compresi tra un minimo di 1200 ed un massimo di 1800 m/s.

LIVELLO III:

Substrato lapideo di natura calcareo-arenacea con valori di N_{SCPT} inizialmente compresi tra 20 e 45 quindi > 50 . I valori delle V_p variano inizialmente da 1800 a 2400 m/s, quindi > 3000 m/s

Con riferimento alla quota di inizio prova (corrispondente al piano campagna alla data di esecuzione delle prospezioni), i rapporti stratigrafici nei diversi punti di indagine possono essere così schematizzati:

Punto di prova n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Quota inizio prova	Piano campagna										
Prof. interfaccia livelli da piano campagna attuale (m)	I-A - I-B	-3.30	-3.30	-1.20	-4.20	-3.90	-3.00	-3.60	-3.30	-3.30	-2,50
	I-B - II	-4.20	-4.50	-2.10	-5.70	-6.00	-4.20	-4.80	-4.80	-4,80	-8,70
	II - III	-5.10	-5.40	-3.00	-6.90	-7.20	-5.70	-6.90	-5,40	-5,10	-9,90
Prof. fine prova (m)		-5.70	-6.30	-3.60	-7.80	-8.10	-6.40	-8.40	-5,40	-9,00	-10,2

Nel corso dell’indagine non è stata riscontrata presenza di acqua in corrispondenza dei fori di prova, è comunque pressochè accertata la presenza di filtrazioni idriche sotterranee, sottoforma di “microfalde sospese”, attive di solito temporaneamente nei livelletti di terreno permeabili per porosità pertinenti la coltre eluvio-colluviale e sostenute dai materiali del substrato lapideo.

Di seguito si riporta la sezione litostratigrafica dedotta attraverso l’interpretazione dell’indagine geofisica.

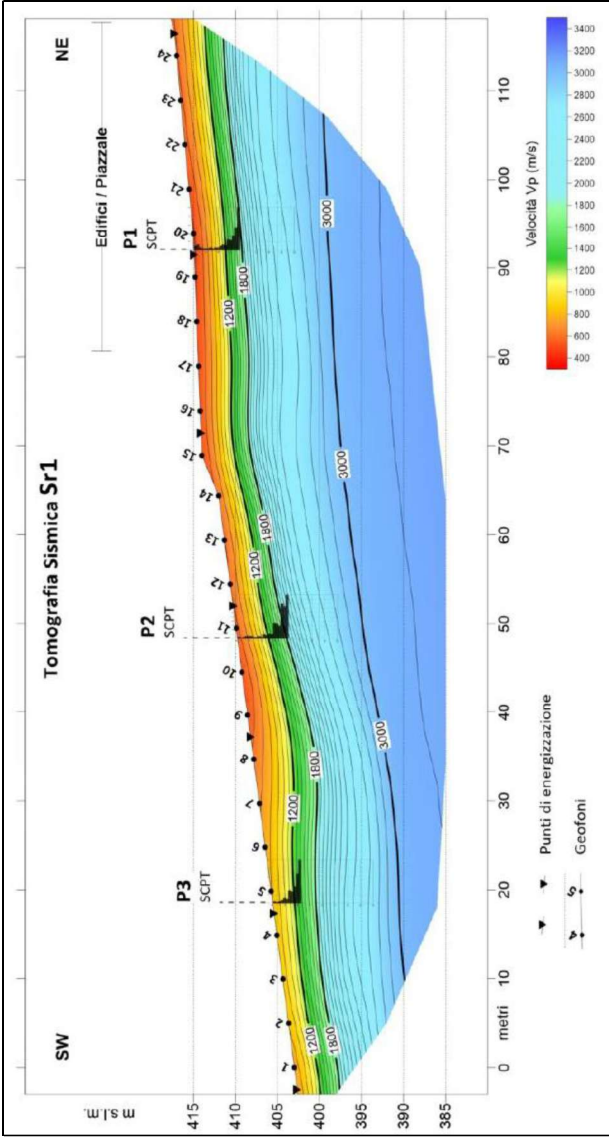


Figura 10: Profilo sismico a rifrazione Sr1.

6.3 DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

La definizione dei parametri geotecnici che caratterizzano gli strati di terreno investigati è stata eseguita mediante risultati delle prove penetrometriche realizzate in sito, utilizzando le correlazioni semi-empiriche e sperimentali note in letteratura, oltre che sulla base di dati già acquisiti attraverso prove in sito ed in laboratorio su terreni analoghi. Agli orizzonti del modello litostratigrafico sopra esposto si possono attribuire i seguenti valori medi, determinati sulla base di quelli ricavati dall’elaborazione dei dati acquisiti in corrispondenza di ciascuna verticale di prova:

ORIZZONTE	I-A	I-B	II	III
Comportamento geotecnico	coesivo	coesivo	coesivo	coesivo
Valori medio-minimi di N_{SCPT} (kg/cm ²)	1÷2	4÷5	10÷15	>20
Peso di volume γ (t/m ³)	1.7	1.8	1.8	2.0÷2.1
Coesione non drenata C_u (t/m ²)	2÷4	7÷9	12÷14	20÷30
Coesione efficace c' (t/m ²)	0.30	1.0	1.5	3.0
Angolo di attrito efficace ϕ' (°)	16°÷18°	23°÷24°	25°÷26°	32°÷34°
Modulo edometrico E (kg/cm ²)	30÷50	80÷100	140÷160	250÷350

I parametri così derivati sono da considerare validi per gli scopi prefissati dall'indagine, per una loro definizione di maggior dettaglio sarà invece necessario ricorrere ad ulteriori e più specifiche indagini in sito ed analisi di laboratorio su campioni di terreno indisturbati.

6.4 CONDIZIONI DI DRENAGGIO DELLE ACQUE (Al. 8)

Le ricognizioni ed i rilievi effettuati hanno consentito di accertare che la zona è stata interessata da interventi di risanamento idrogeologico. Dalle notizie ricavate in sito dai proprietari dei terreni e dai rilievi effettuati, sono presenti sia a monte che a valle dei fabbricati agricoli di proprietà Crevani dei pozzi di aggotaggio e dei drenaggi profondi utili alla raccolta delle acque sotterranee: tali pozzi di raccolta risultano allo stato attuale ispezionabili e, da quanto si è potuto constatare, funzionanti. È stata inoltre rilevata la presenza di un muro di sostegno in c.a. realizzato a presidio della strada comunale (Via Brevio) che transita a monte dalla zona di nicchia del dissesto in esame; tale muro, seppure appena esterno all'area in frana, non presenta alcun sintomo di instabilità.

Ad integrazione di quanto sopra descritto è stata consultata la documentazione ufficiale disponibile (ODS Geoportale Regione Lombardia – fig. 11), è pertanto confermato che la zona è stata oggetto di intervento con l'esecuzione di drenaggi profondi che interessano in particolare la porzione basale del versante e quella sommitale, in corrispondenza del coronamento dove il tratto terminale del drenaggio sotterraneo risulta protetto da una opera di sostegno in pietrame in buono stato di conservazione.

Le condizioni di drenaggio superficiale delle acque evidenziano la presenza di alcuni scoli non rivestiti di modesta sezione, ubicati lungo le linee di pendenza principali e non sempre in buono stato di manutenzione e recapito finale nel rio Goretta.

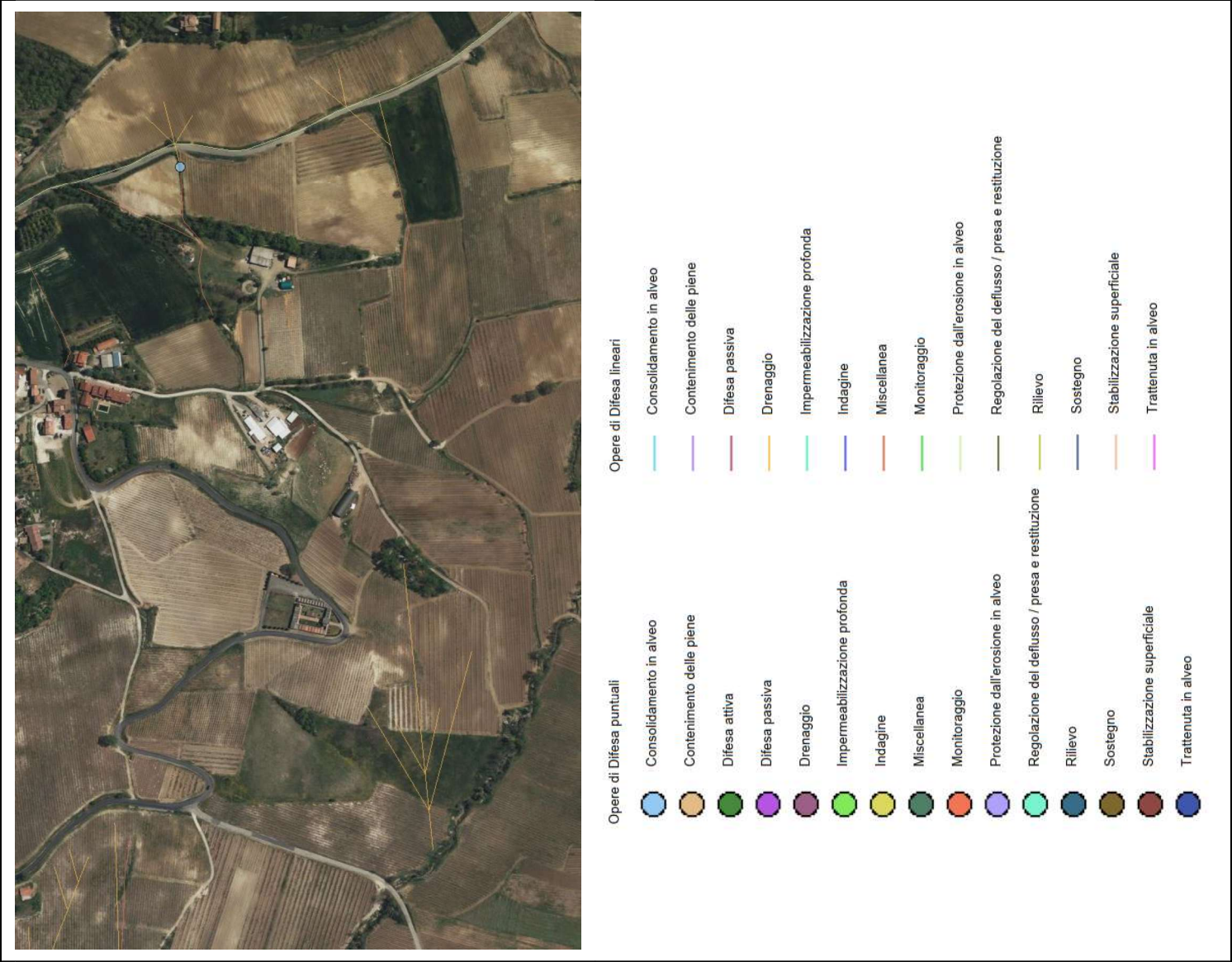


Figura 11: Estratto mappa censimento delle Opere di Difesa del Suolo e relativa legenda (Geoportale Regione Lombardia).

PARTE SECONDA – STUDIO DI DETTAGLIO

7.0 Verifiche di stabilità del pendio

Come già descritto l'area in studio è definita dalle pertinenze dei fabbricati agricoli di proprietà Crevani, situati nella porzione esterna meridionale rispetto all'abitato di Golferenzo. Essa è attualmente cartograficamente compresa entro i limiti di una “frana attiva”.

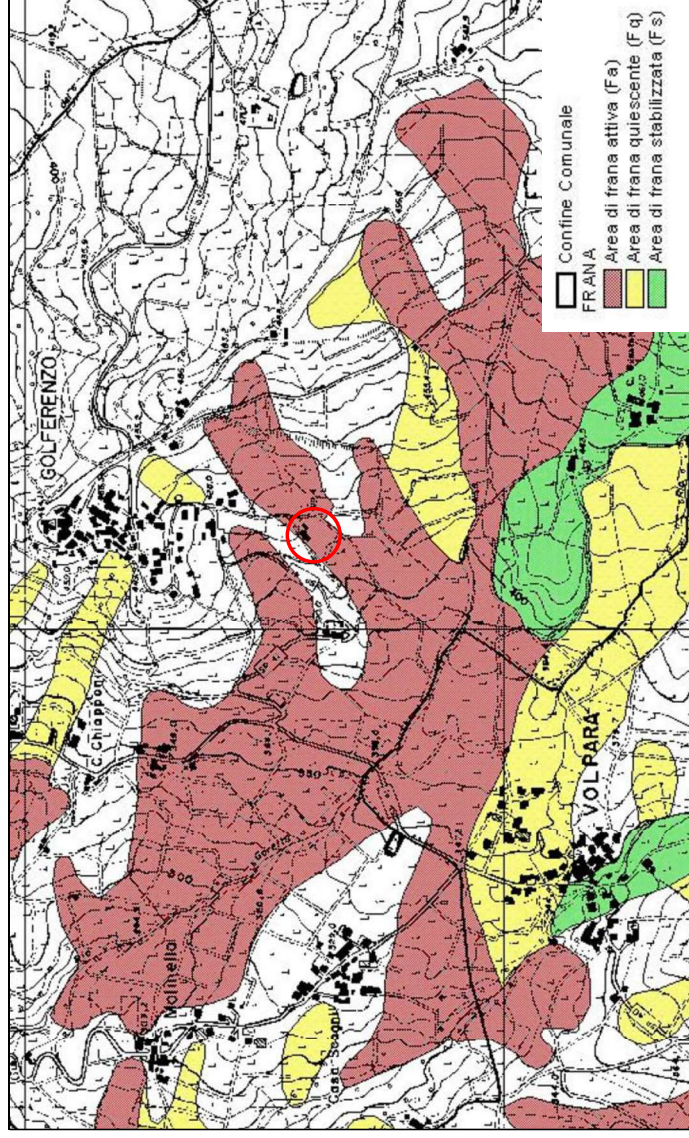


Figura 12: Estratto Cartografia P.A.I..

Le cause del dissesto censito ed indicato negli elaborati grafici sono riconducibili a fenomeni di rottura superficiale causati dalle variazioni di resistenza al taglio dei depositi costituenti la porzione stratigrafica medio-sommitale del versante, innescati principalmente da processi di alterazione fisica con decadimento delle proprietà meccaniche tendenzialmente correlate alle variazioni climatiche stagionali.

Come già anticipato il presente studio è propedeutico alla valutazione del grado di stabilità e pericolosità di tale dissesto a loro volta utili a motivare la proposta di riattribuzione delle classi di Fattibilità Geologica nell'ambito dello stesso.

Si riportano pertanto di seguito i passaggi e la descrizione delle conclusioni, delle motivazioni e delle scelte che hanno portato a tale proposta.

L'intero dissesto, cartografato quale frana attiva nella cartografia vigente è in realtà una associazione di più corpi di frana sviluppatisi in tempi successivi.

Il primo step ha comportato la suddivisione dell'intero dissesto in quattro distinti corpi di frana (corpi 1, 2, 3 e 4), determinati sulla base di evidenze prettamente morfologiche, rilevate sia a seguito dell'analisi della cartografia tecnica che di rilievo di dettaglio in sito (Allegato 4); a tali corpi di frana sono successivamente state attribuite le classi di pericolosità iniziale (Allegato 5) pari ad H5 in quanto il dissesto sorgente è classificato quale frana attiva.

La fase successiva ha invece riguardato il solo corpo di frana oggetto di indagini dirette (corpo di frana 3) per il quale, a seguito di rilievo geomorfologico di dettaglio in sito, di analisi topografica e morfologica e di riscontri documentali, sono state elaborate apposite carte tematiche di dettaglio: carta geomorfologica (Allegato 6), carta delle pendenze (Allegato 7) e carta delle opere di mitigazione esistenti (Allegato 8).

Per la valutazione della pericolosità preliminare delle porzioni di versante in esame, unitamente alle indagini geognostiche puntuali ed alle valutazioni di carattere morfologico ed idrogeologico scaturite dai rilievi svolti sulle aree, si è proceduto con l'analisi del grado di stabilità in relazione al profilo topografico attuale ed alle condizioni litostratigrafiche ed idrogeologiche determinate (vedi cap. 5, par. 5.2) e per lo scopo è stato utilizzato il metodo monodimensionale del pendio illimitato. Tale metodo considera il coefficiente di sicurezza (Fs) sulla base dello spessore della coltre mobilizzabile (z) e del livello freatico rispetto al piano di scorrimento (zw) con moto di filtrazione ad esso parallelo riferiti ad un angolo di pendio (b) e si basa sulla seguente relazione:

$$F_s = \frac{c' + \cos \beta [\gamma(z - z_w) + (\gamma - \gamma_w)z_w] \tan \phi}{\gamma \sin \beta \cos \beta}$$

dove:

c' = coesione efficace

ϕ' = angolo di resistenza al taglio

γ = peso di volume terreno

z = spesso dello strato di terreno

β = pendenza media del pendio sull'orizzontale

γ_w = peso di volume acqua

Stanti i riscontri effettuati, per la situazione in esame sono state individuate diverse condizioni di giacitura del pendio, corrispondenti a diverse zone omogenee all'interno di quello esaminato (zone A, B, C), rendendo possibile la verifica di stabilità per ciascuna di essi (Allegato 12).

I coefficienti di sicurezza determinati sono i seguenti:

Zona omogenea	Pendenza media	Spessore coltre mobilizzabile	Fs statico	Fs sismico
A	5°	4,5-6,5m	2,97	1,88
B	8°	7,5-8,5m	1,69	1,23
C	8,5°	4-5m	1,94	1,44

A conferma di quanto sopra si riportano le seguenti osservazioni relative alla porzione di versante in esame corrispondente alle zone A e B, dedotta dall'analisi della serie storica delle ortofoto di Regione Lombardia:

- l'ambito di interesse presenta assetto morfologico perfettamente regolare, privo di ondulazioni o cambi di pendenza attribuibili a movimenti corticali del terreno attivi;
- le foto aeree storiche (1975-2018) evidenziano il perfetto allineamento dei filari sia del vigneto presente in corrispondenza del sedime del fabbricato, quando questo non era ancora costruito, che del vigneto presente a valle; quest'ultimo (ove ancora presente) presenta tutt'ora filari perfettamente allineati, come risultano allineati e verticali i pali della linea elettrica che transita nelle vicinanze;
- nell'area non si riscontrano contropendenze sedi di potenziali ristagni o di difficoltoso deflusso delle acque meteoriche;
- tutti i fabbricati agricoli e le infrastrutture strutturali presenti nel sedime (muri di sostegno e di recinzione), risultano perfettamente integre e prive di lesioni o sconnessioni; tali strutture risalgono agli anni '90.

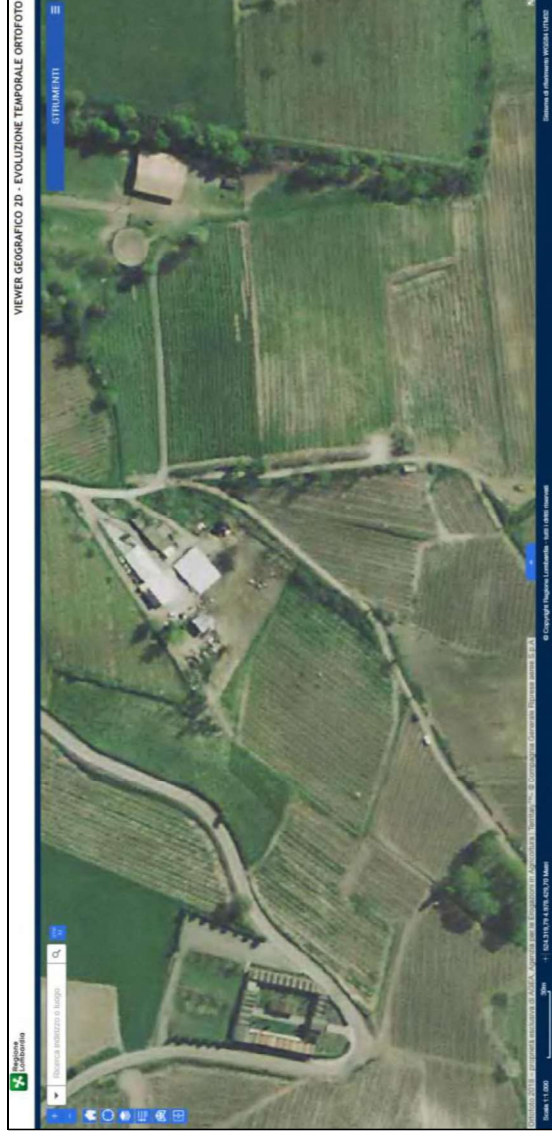


Figura 16: Ortofoto 2007 Regione Lombardia.

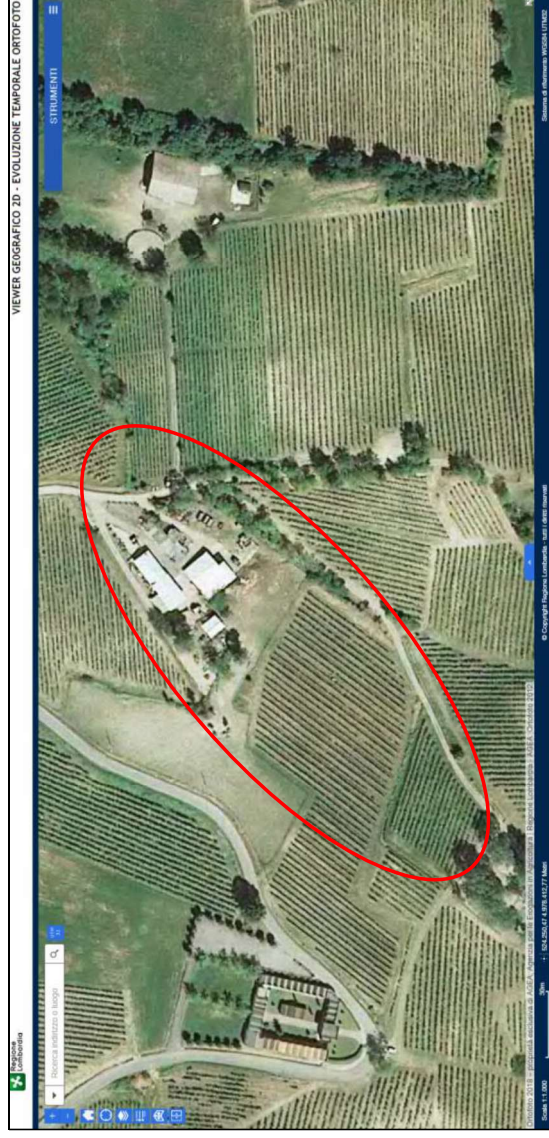


Figura 17: Ortofoto 2012 Regione Lombardia.

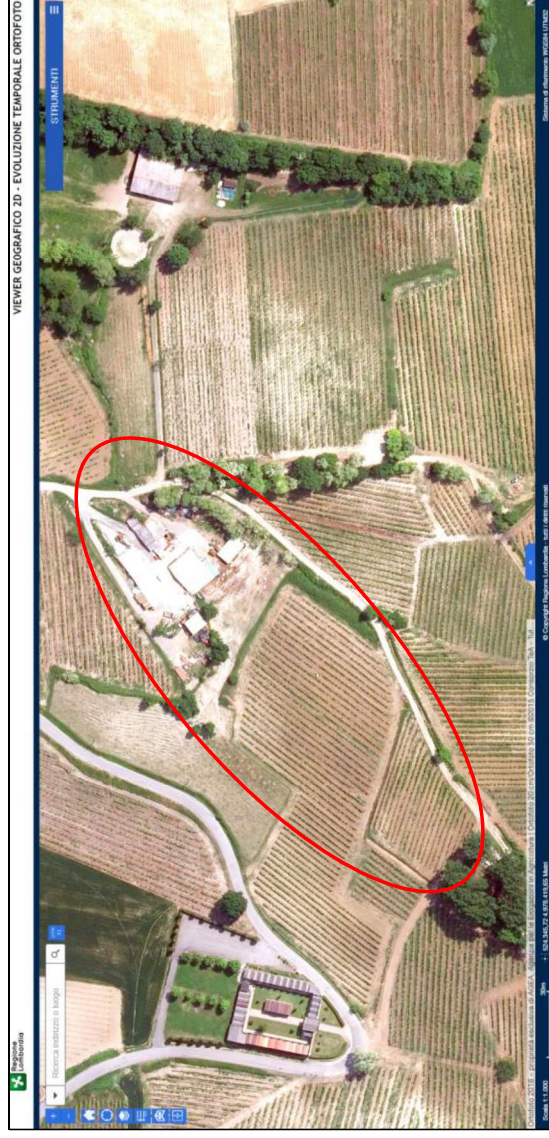


Figura 18: Ortofoto 2015 Regione Lombardia.

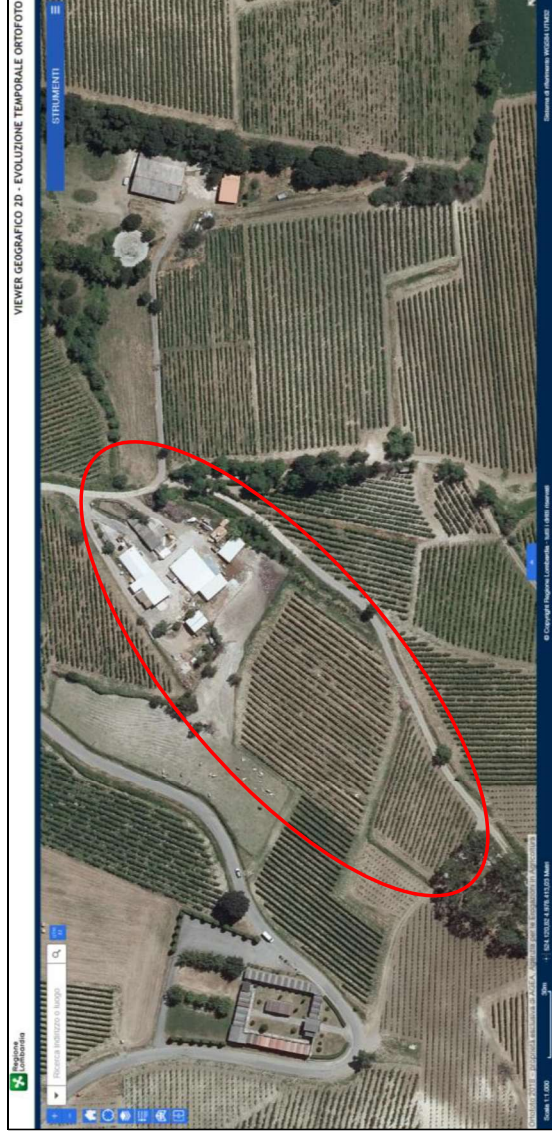


Figura 19: Ortofoto 2018 Regione Lombardia.



Figura 20: Ortofoto 2018 Regione Lombardia.

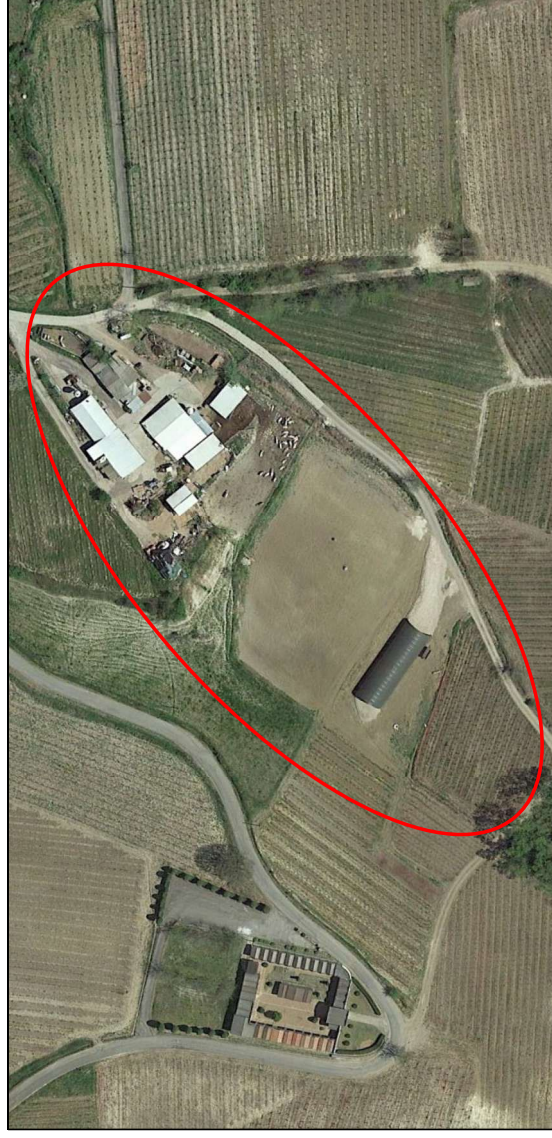


Figura 21: Ortofoto 2020 Google Earth.

La fase conclusiva ha comportato la determinazione della pericolosità finale di tali zone omogenee (Allegato 13) sulla base dell'insieme dei riscontri precedentemente descritti di natura morfologica, delle verifiche geotecniche e di stabilità del pendio unitamente alle analisi delle ortofoto riferite al periodo 1975-2022.

Tutto quanto sopra riportato ha costituito l'iter tecnico-metodologico a supporto alla proposta di riconsiderare la classe di rischio attualmente attribuita al sito in oggetto, come di seguito riportato.

8.0 Proposta di nuova attribuzione delle Classi di Fattibilità

In sintesi, le condizioni che hanno consentito di ridurre le condizioni di rischio idrogeologico per l'area in esame sono riassunte dai punti seguenti:

- la configurazione di stabilità del pendio, verificata dall'analisi di dettaglio di cui al precedente capitolo 7;
- la presenza di opere di drenaggio delle acque sotterranee e superficiali;
- l'assenza di lesioni significative nei fabbricati presenti imputabili a fenomeni di dissesto fondazionale.

Le considerazioni esposte consentono, a fronte dell'attribuzione di una pericolosità preliminare (Allegato 12), una attribuzione definitiva della stessa sulla base delle verifiche precedentemente esposte e descritte.

Pertanto, sulla base di quanto emerso dal presente studio ed in considerazione dell'attribuzione delle classi di pericolosità finale di cui al capitolo precedente (Allegato 13) è possibile procedere ad una revisione della tipologia dello stato della frana, limitatamente alla porzione di versante direttamente oggetto di indagine e conseguentemente delle classi di Fattibilità Geologica.

In relazione agli esiti delle indagini geognostiche e dei rilievi morfologici/geotecnici effettuati, è possibile definire il corpo di frana studiato come Frana Quiescente (Fq).

Per le porzioni di versante laterali verso Nord-Est e verso Sud-Ovest (corpi 2 e 4 – Allegati 12 e 13), come richiesto da Regione Lombardia a seguito di apposito parere di Regione Lombardia, si mantiene la vigente classificazione di attività (Frana Attiva).

In particolare si propone di attribuire la classe di Fattibilità Geologica 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) alle porzioni sommitali delle zone omogenee precedentemente indicate con A e C, caratterizzate da fattori di sicurezza $>1,4$ mentre di mantenere la classe 4 (fattibilità con gravi limitazioni) nelle restanti porzioni di versante analizzate, in ragione del permanere di potenziali residue condizioni di instabilità dovute a condizioni geomorfologiche (zone di accumulo delle vecchie frane) dove le indagini geognostiche svolte non consentono di delineare un soddisfacente quadro stratigrafico ed idrogeologico.

In ogni caso la realizzazione di nuovi interventi edificatori o interventi di ampliamento o integrazione di edifici esistenti sarà condizionata dalle condizioni stratigrafiche, geotecniche ed idrogeologiche riscontrate, richiedendo inoltre puntuali specifiche integrazioni delle indagini già disponibili da programmare in funzione delle esigenze del progetto delle nuove opere.

8.1 NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE PER LE AREE DI NUOVA ATTRIBUZIONE FATTIBILITÀ

Oltre a quanto già stabilito dalle norme di piano per le nuove aree a cui si propone di attribuire classe di Fattibilità Geologica 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) qualsiasi intervento edilizio sarà vincolato alle seguenti prescrizioni:

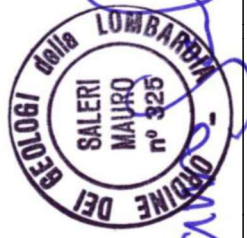
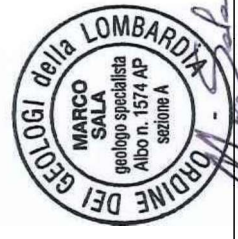
- Le nuove costruzioni non potranno essere dotate di piani interrati, a causa della presenza di acqua nei primi livelli del sottosuolo.
- Per le nuove costruzioni dovranno essere previste fondazioni profonde su pali, accompagnati da dispositivi atti alla passivazione delle sollecitazioni traslazionali, la cui profondità/lunghezza dovrà essere tale da garantire un adeguato incastro entro il substrato più o meno compatto individuato dalle indagini geognostiche (livello III).
- Dovranno essere limitati a 0,5/1,0 m di profondità gli scavi di sbancamento e dovrà essere escluso il riporto e l'accumulo di materiale in sito di qualsiasi entità.

- Qualsiasi intervento di livellamento per la realizzazione di nuovi sedimi dovrà essere preceduto da un progetto che preveda il dimensionamento di opere di contenimento a valle e a monte.
- Ogni intervento dovrà essere preceduto da una valutazione puntuale sull'area di progetto delle locali condizioni geotecniche ed idrogeologiche.
- Dovrà essere estesa la rete di captazione e scolo superficiale per le acque meteoriche, atta ad impedire il ristagno di queste in superficie e la progressiva saturazione degli orizzonti di copertura potenzialmente mobilizzabili.
- Per le strutture di modesta entità (prefabbricati in legno o fabbricati che non incidono in modo significativo sul terreno di fondazione) dovrà essere in ogni caso considerata la posa di sottofondazioni o il riposizionamento delle stesse qualora si verificassero cedimenti localizzati dei terreni di appoggio.

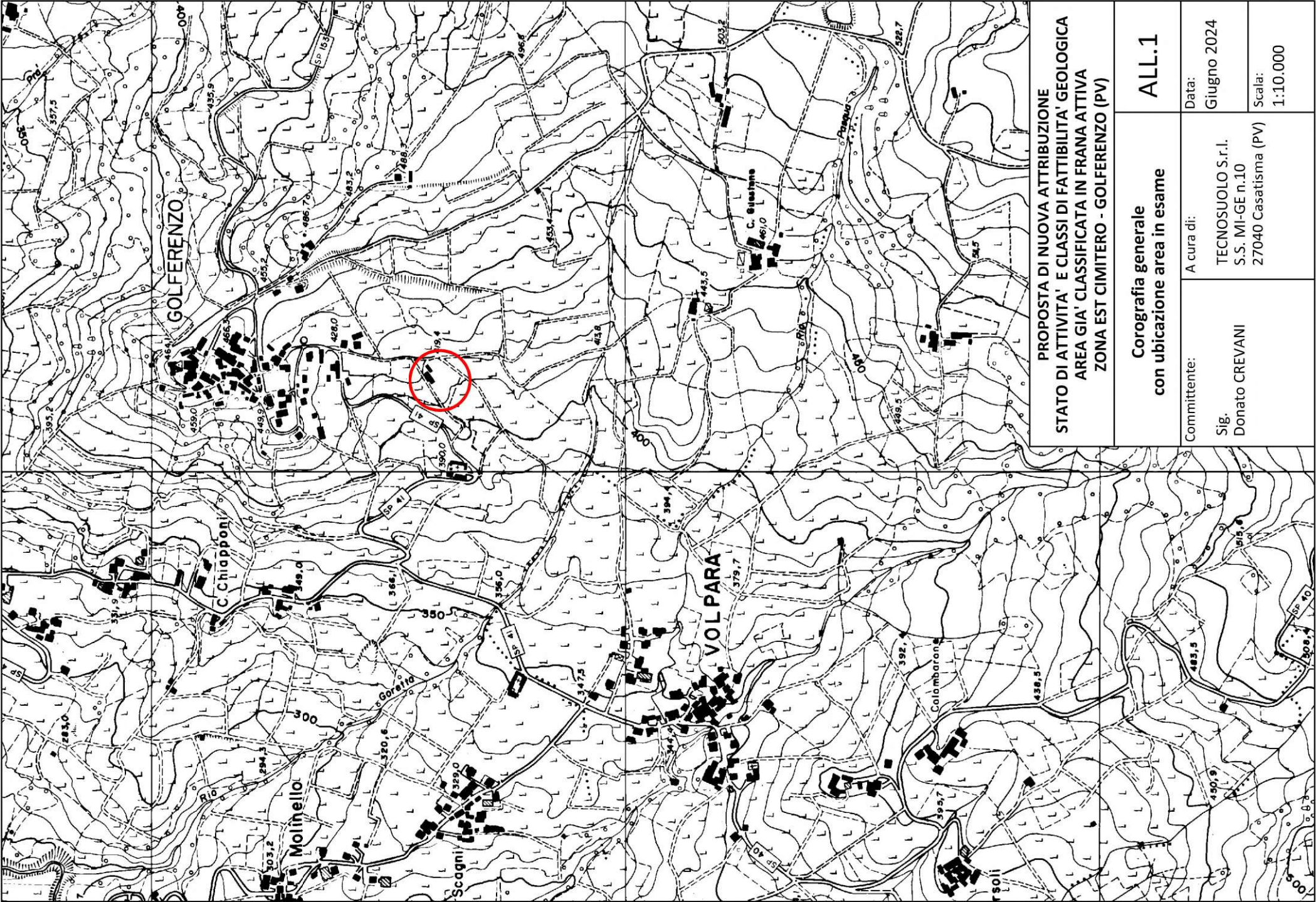
La rete drenante superficiale dovrà essere impostata in modo da seguire le pendenze principali del versante con recapito negli scoli esistenti che dovranno essere riprofilati e dotati di idonea sezione proporzionata al massimo invaso raggiungibile, con tratti combinati in corrispondenza degli attraversamenti stradali; risulterà fondamentale, ai fini del mantenimento della stabilità del versante, oltre che alla predisposizione di una fitta distribuzione degli stessi, la periodica manutenzione e pulitura degli scoli, per garantirne la costante capacità di ricezione e convogliamento.

Per le aree classificate o confermate in classe di Fattibilità Geologica 4 (fattibilità con gravi limitazioni) valgono le limitazioni definite dalla normativa geologica regionale e comunale vigente.

Casatisma (PV), giugno 2024

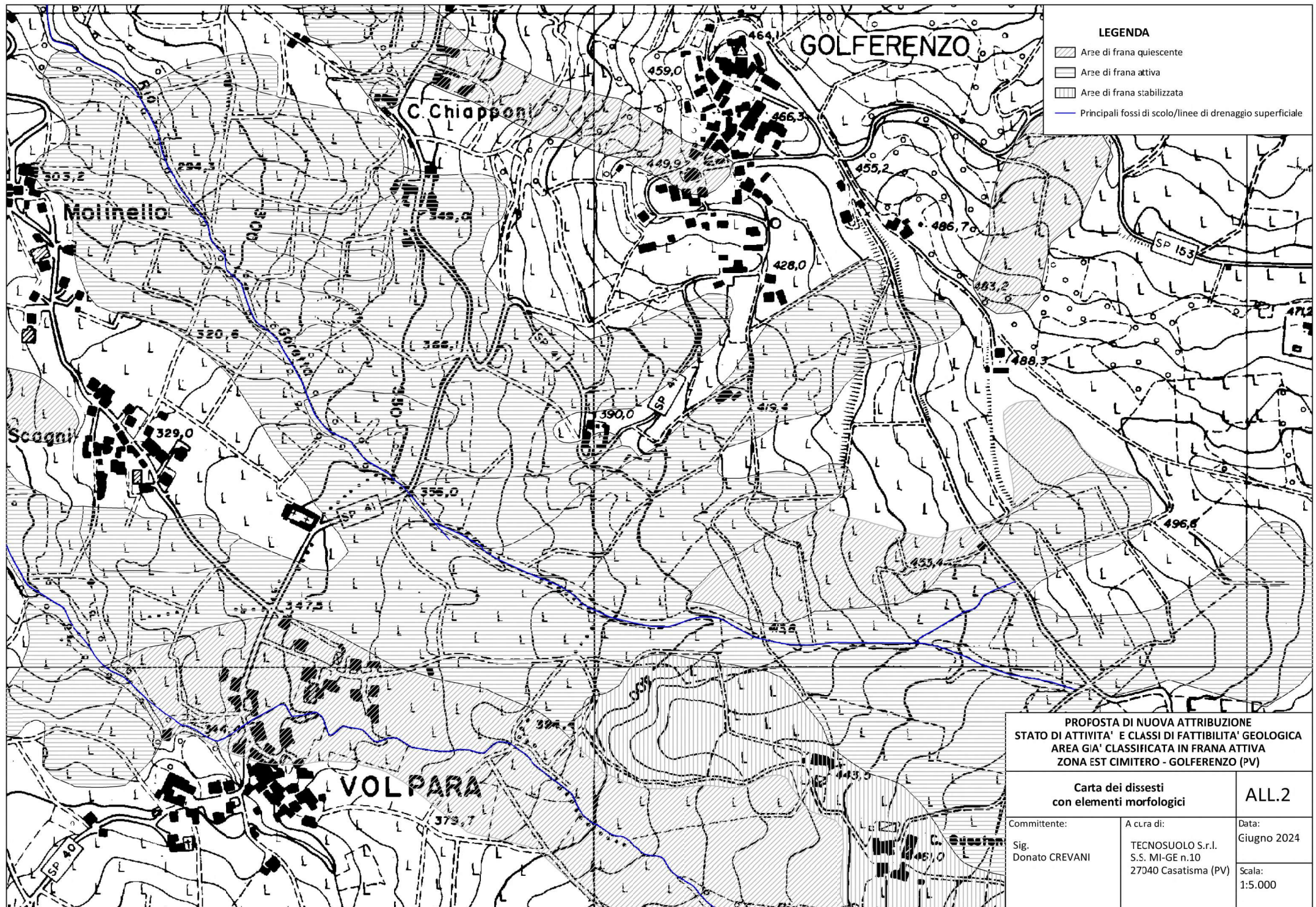


Dott. Geol. Mauro SALERI

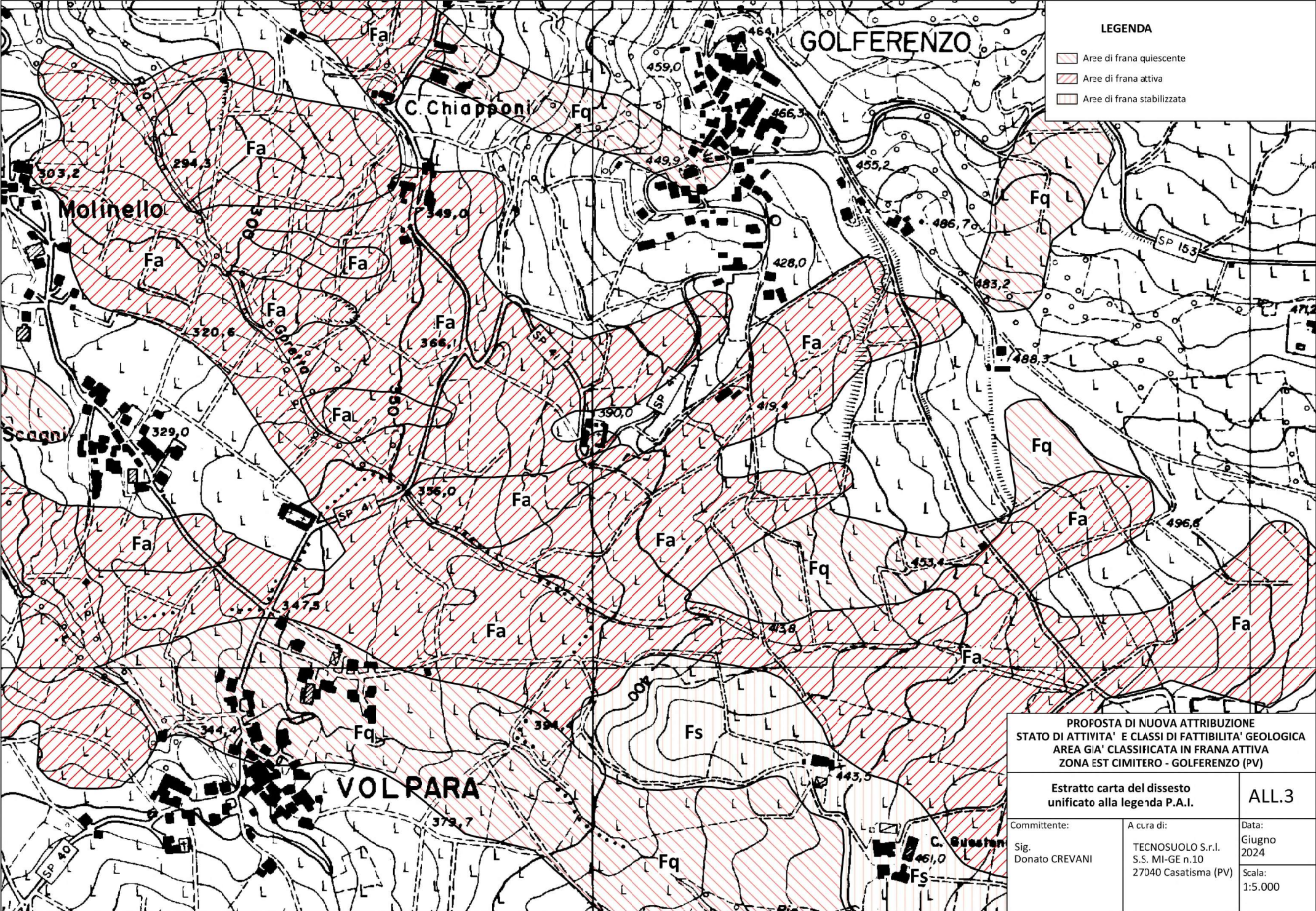
Dott. Geol. Marco SALA

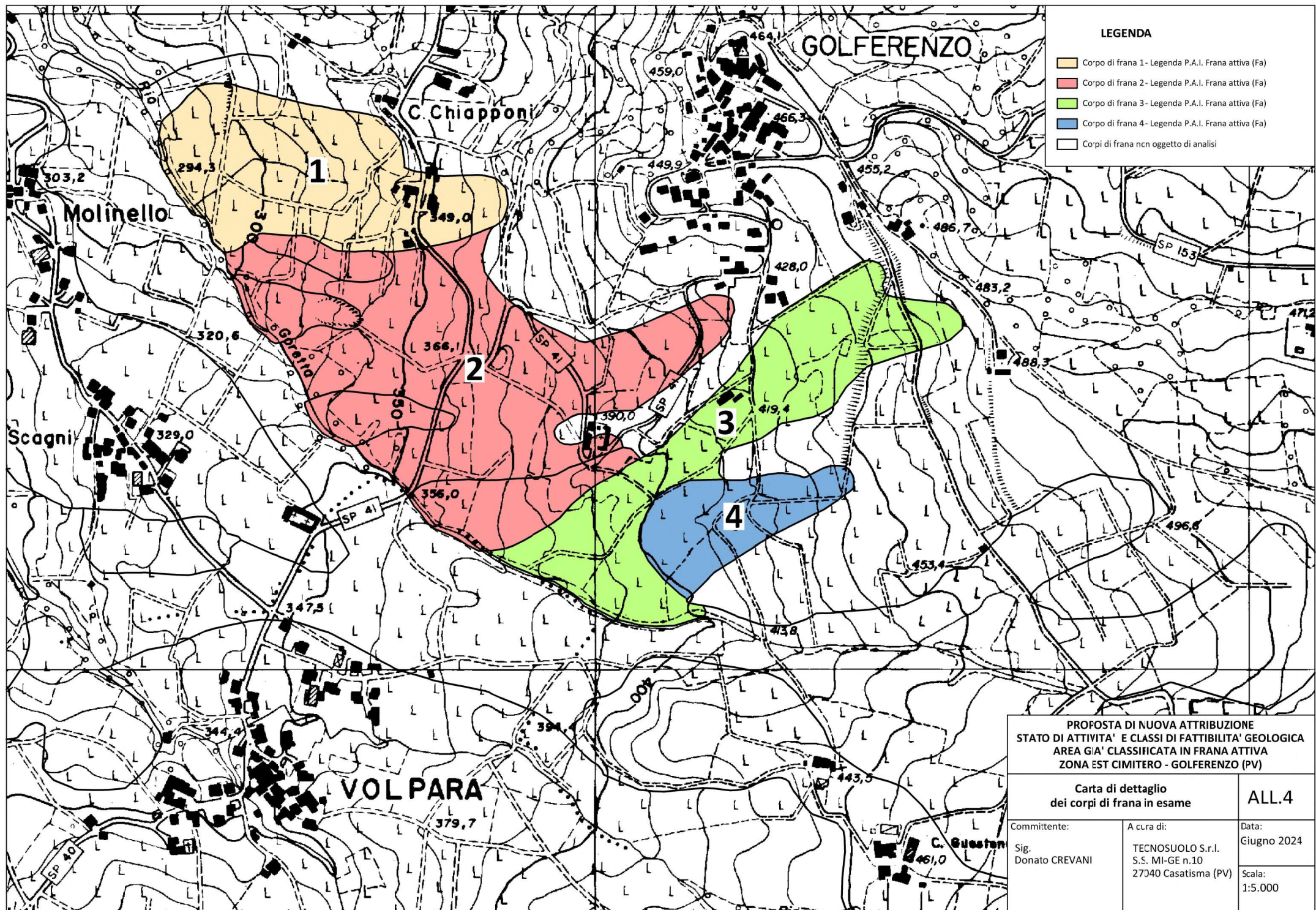


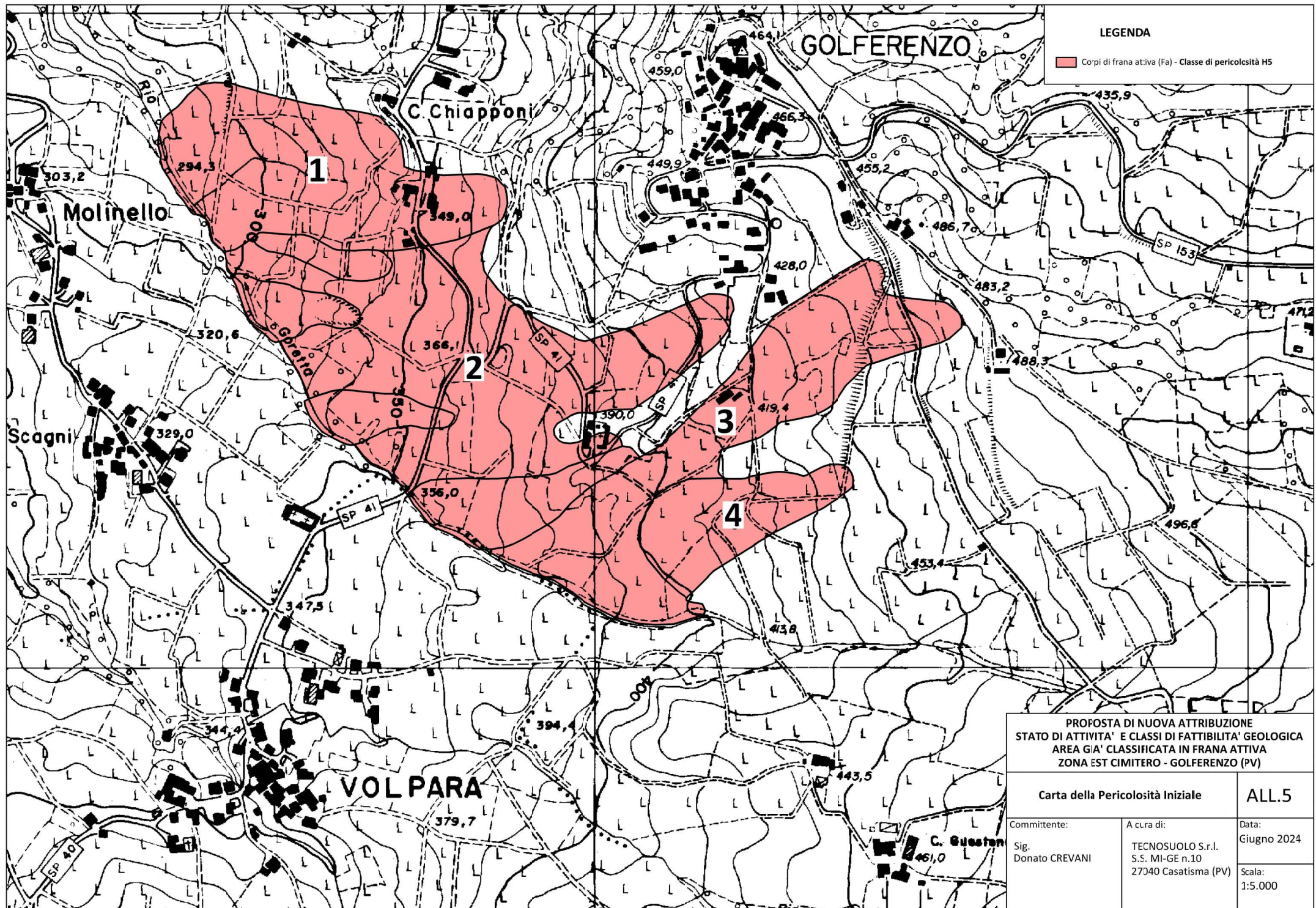
PROPOSTA DI NUOVA ATTRIBUZIONE
STATO DI ATTIVITA' E CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA
AREA GIA' CLASSIFICATA IN FRANA ATTIVA
ZONA EST CIMITERO - GOLFERENZO (PV)

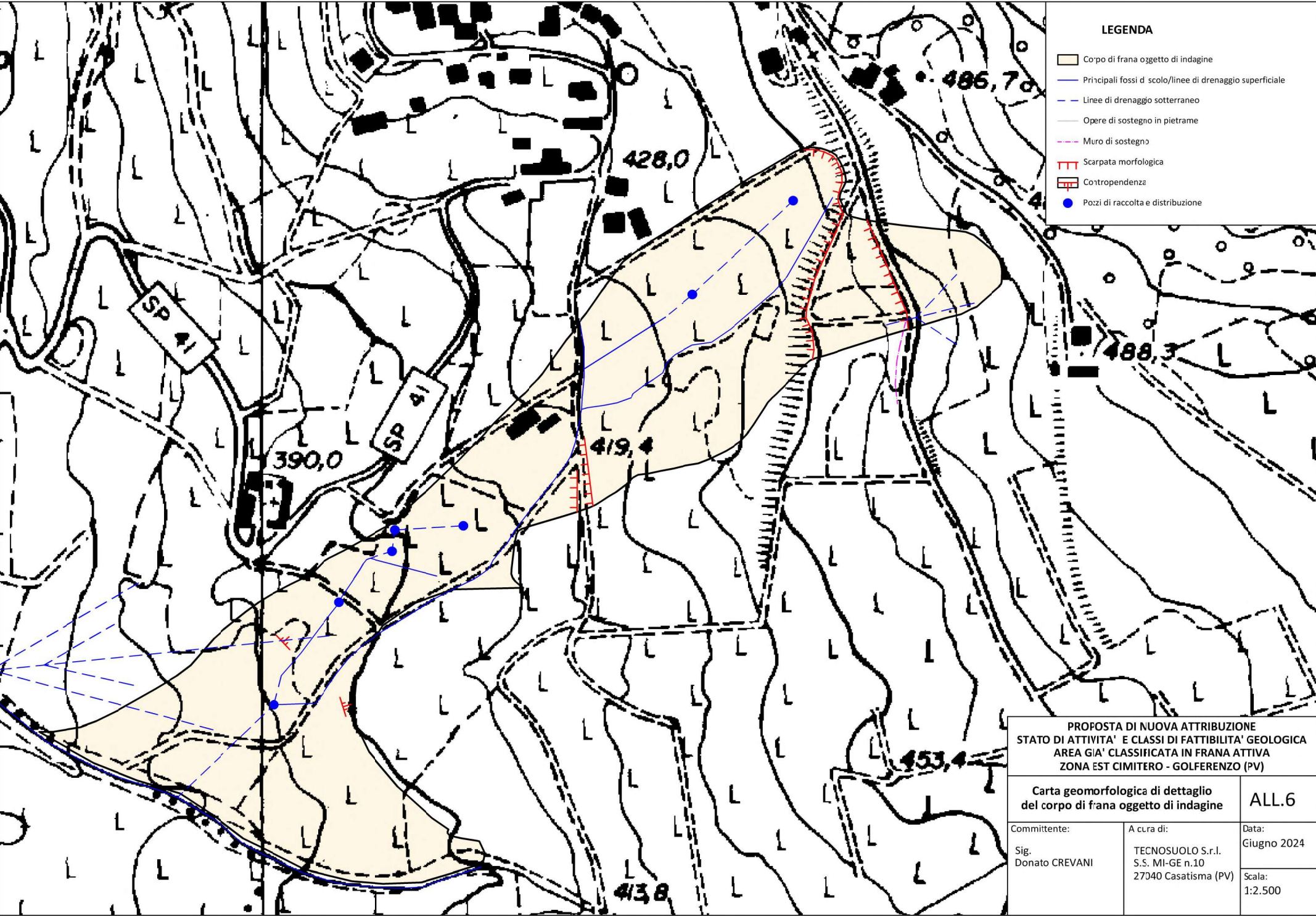
Corografia generale con ubicazione area in esame		ALL.1	
Committente: Sig. Donato CREVANI	A cura di: TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Data: Giugno 2024	
		Scala: 1:10.000	

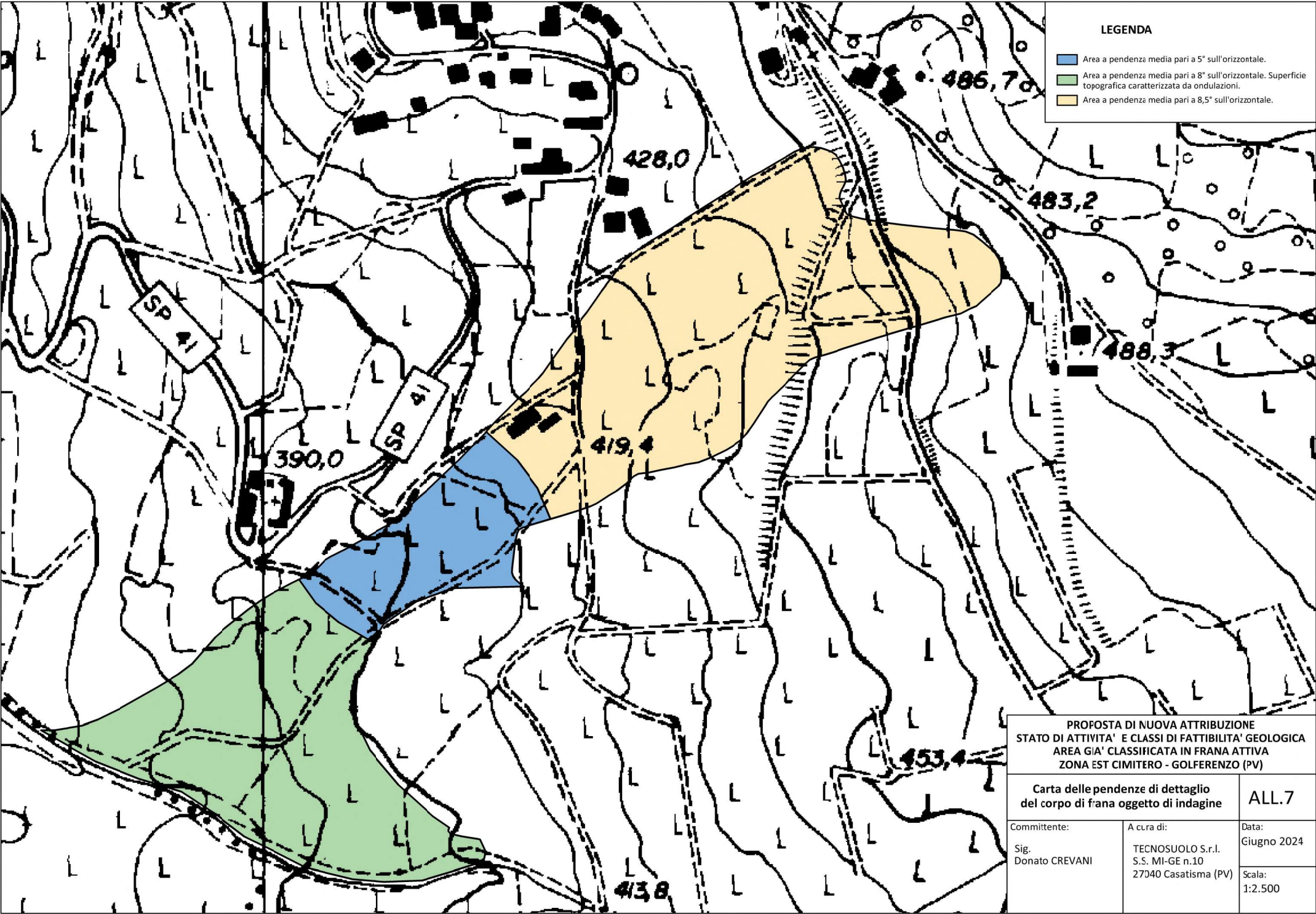


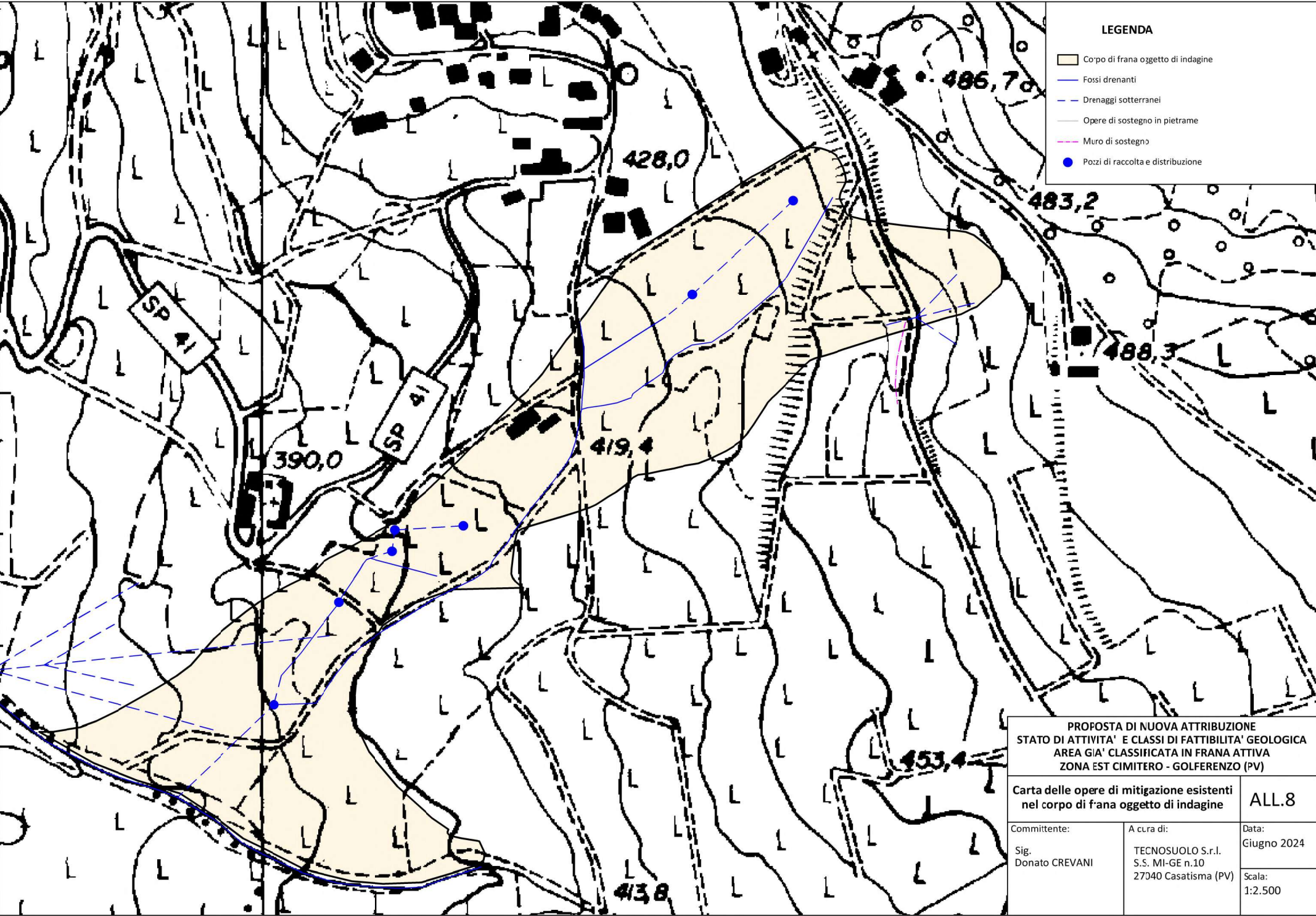














LEGENDA

Prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T.

Profili sismici a rifrazione

PROPOSTA DI NUOVA ATTRIBUZIONE
STATO DI ATTIVITA' E CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA
AREA GIA' CLASSIFICATA IN FRANA ATTIVA
ZONA EST CIMITERO - GOLFERENZO (PV)

Foto satellitare con ubicazione punti di indagine		ALL.9
Committente: Sig. Donato CREVANI	A cura di: TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Data: Giugno 2024
		Scala: 1:5.000

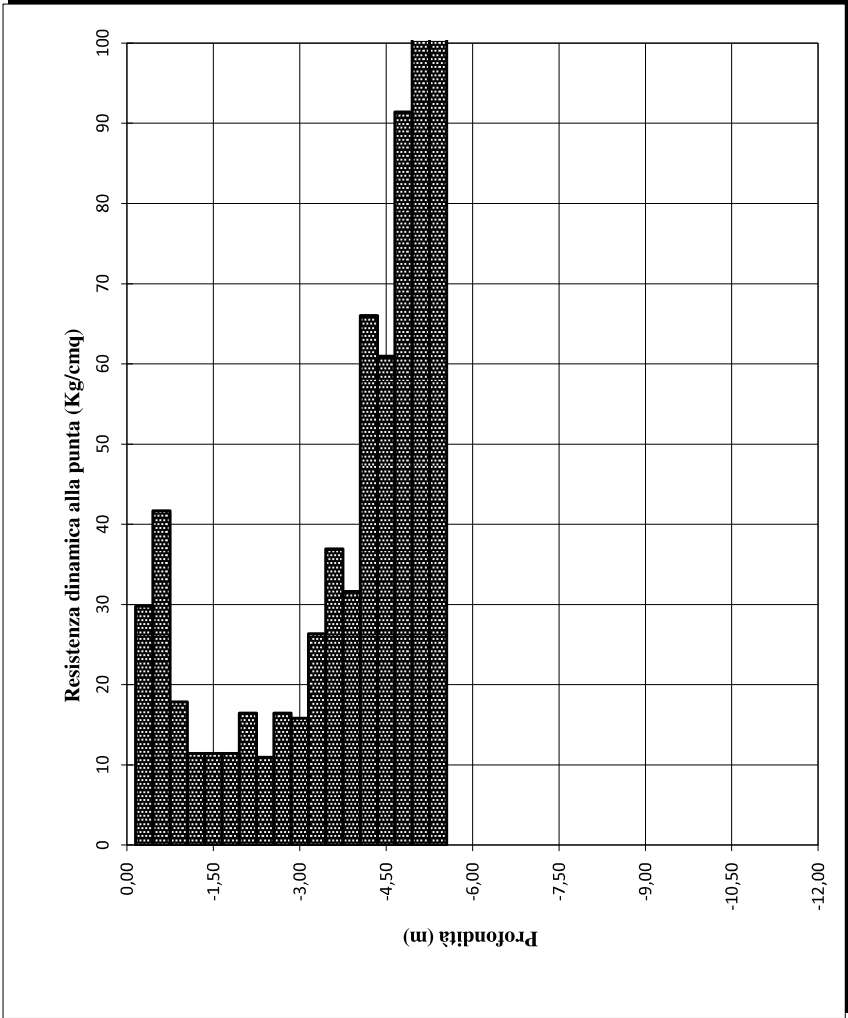
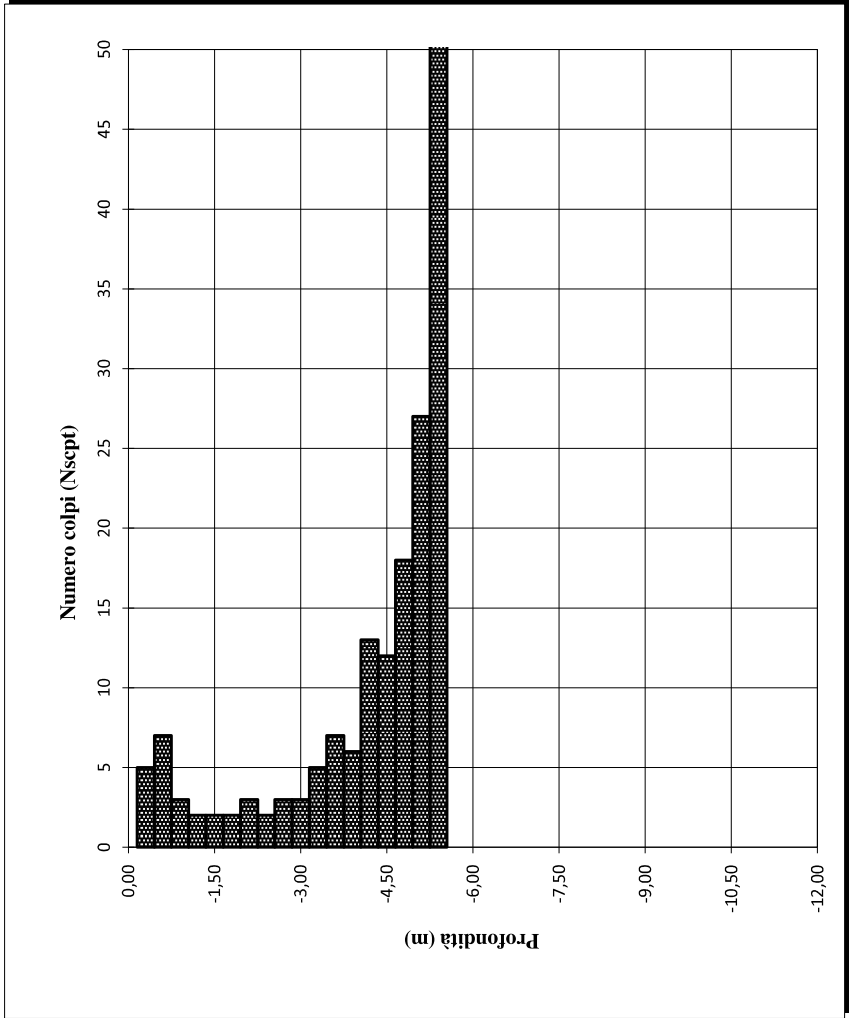
		PROPOSTA DI NUOVA ATTRIBUZIONE STATO DI ATTIVITA' E CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA AREA GIA' CLASSIFICATA IN FRANA ATTIVA ZONA EST CIMITERO - GOLFERENZO (PV)	
		ALL.10	
		Istogrammi prove penetrometriche	
		Committente: Sig. Donato CREVANI	A cura di: TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)
		Data: Giugno 2024	Scala: //

Località: GOLFIRENZO (PV)

Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 10/02/2022

Quota inizio: p.c.



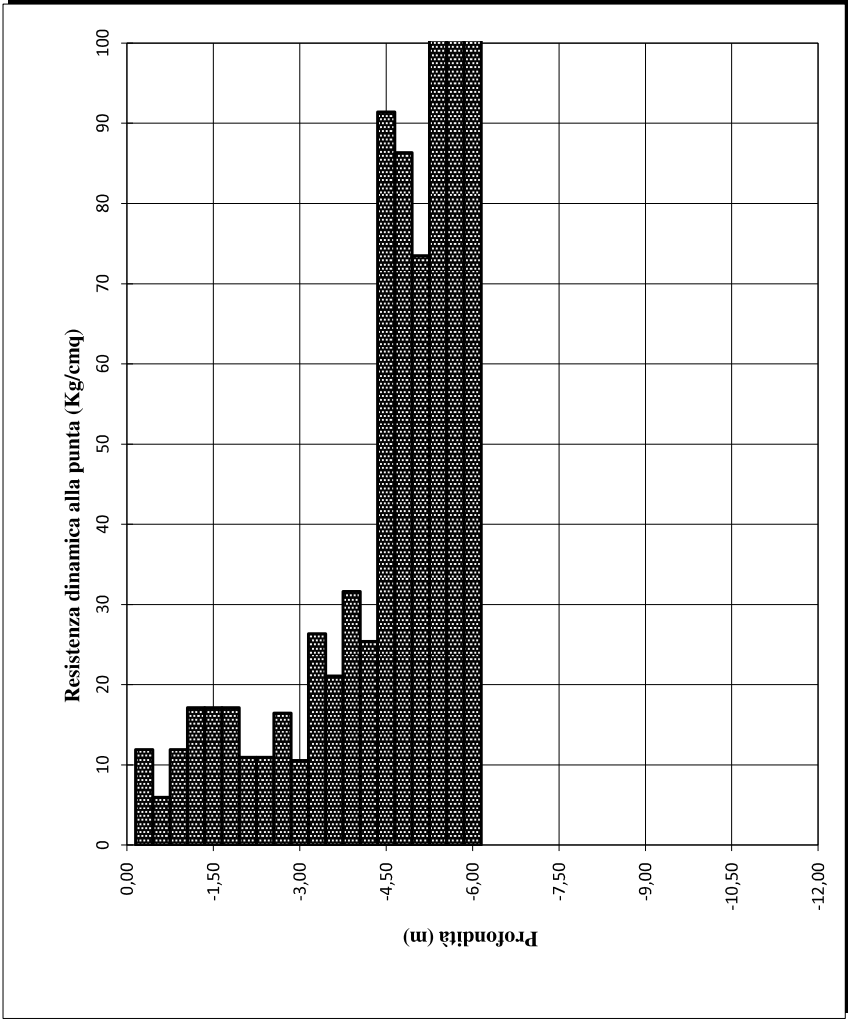
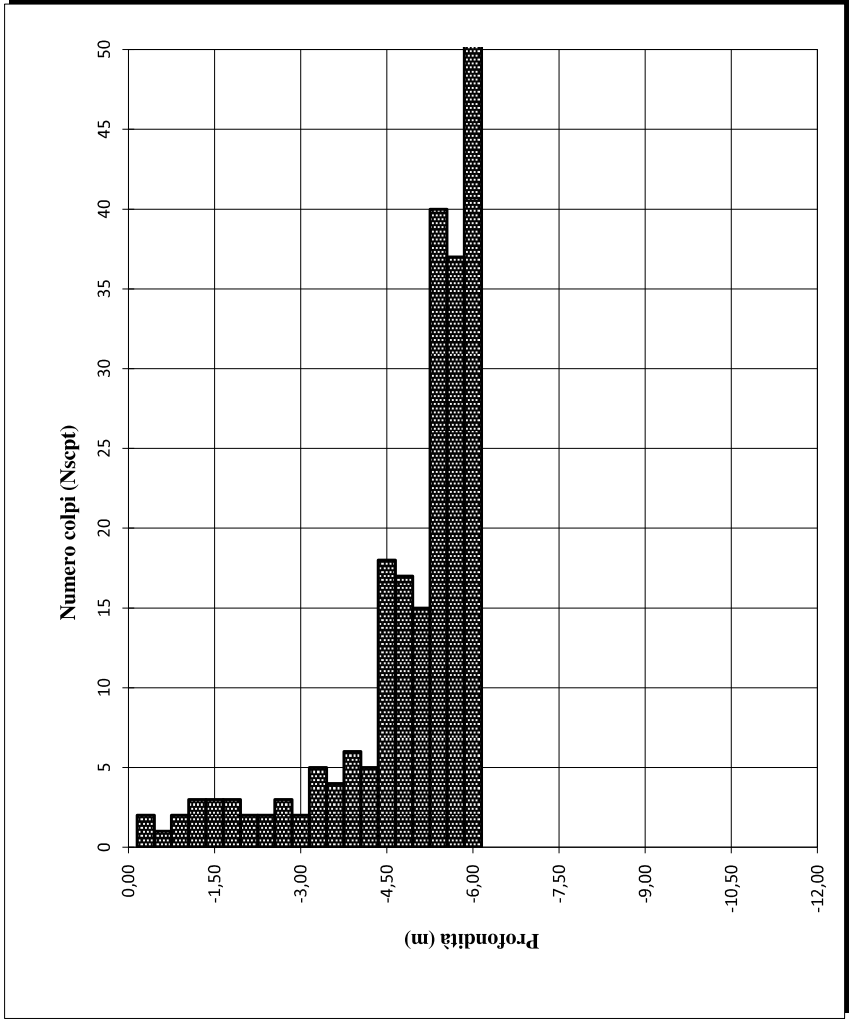
Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	5	30
-0,60	7	42
-0,90	3	18
-1,20	2	11
-1,50	2	11
-1,80	2	11
-2,10	3	16
-2,40	2	11
-2,70	3	16
-3,00	3	16
-3,30	5	26
-3,60	7	37
-3,90	6	32
-4,20	13	66
-4,50	12	61
-4,80	18	91
-5,10	27	132
-5,40	54	265
-5,70	RIFIUTO	
-6,00		
-6,30		
-6,60		
-6,90		
-7,20		
-7,50		
-7,80		
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

Prova penetrometrica dinamica n.

P2c

Località: GOLFARENZO (PV)
Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 10/02/2022
Quota inizio: p.c.



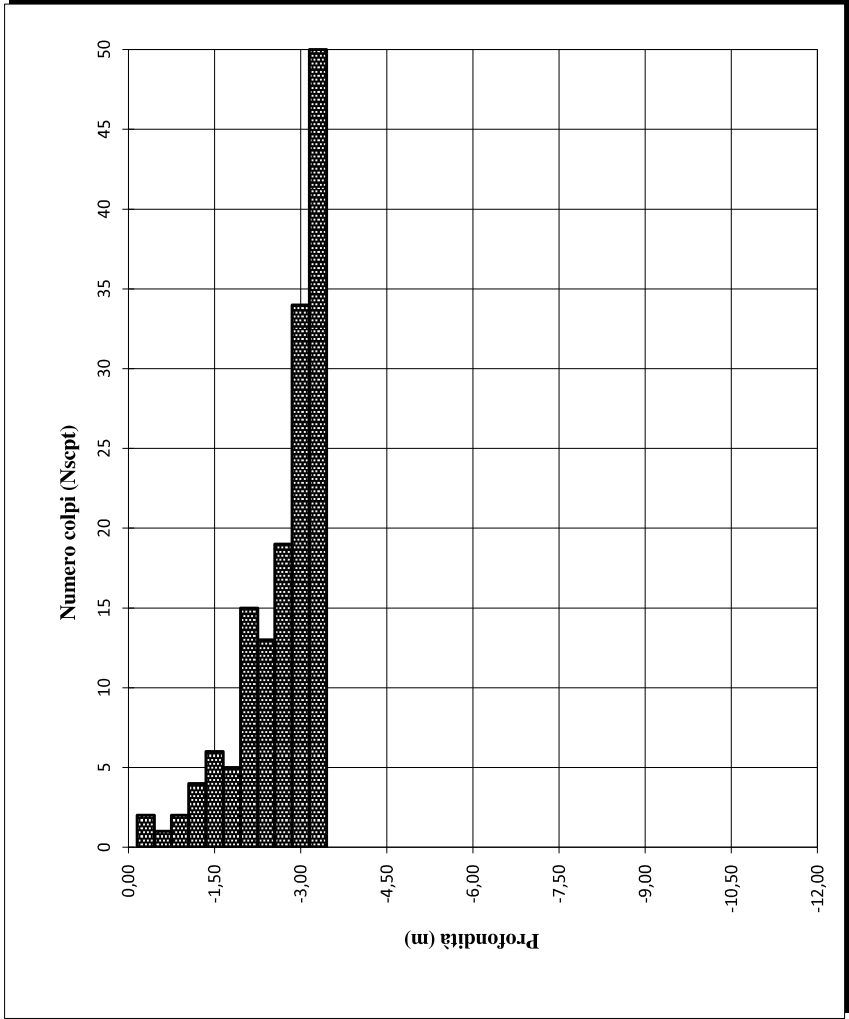
Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	2	12
-0,60	1	6
-0,90	2	12
-1,20	3	17
-1,50	3	17
-1,80	3	17
-2,10	2	11
-2,40	2	11
-2,70	3	16
-3,00	2	11
-3,30	5	26
-3,60	4	21
-3,90	6	32
-4,20	5	25
-4,50	18	91
-4,80	17	86
-5,10	15	73
-5,40	40	196
-5,70	37	181
-6,00	51	241
-6,30	RIFIUTO	
-6,60		
-6,90		
-7,20		
-7,50		
-7,80		
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

Prova penetrometrica dinamica n.

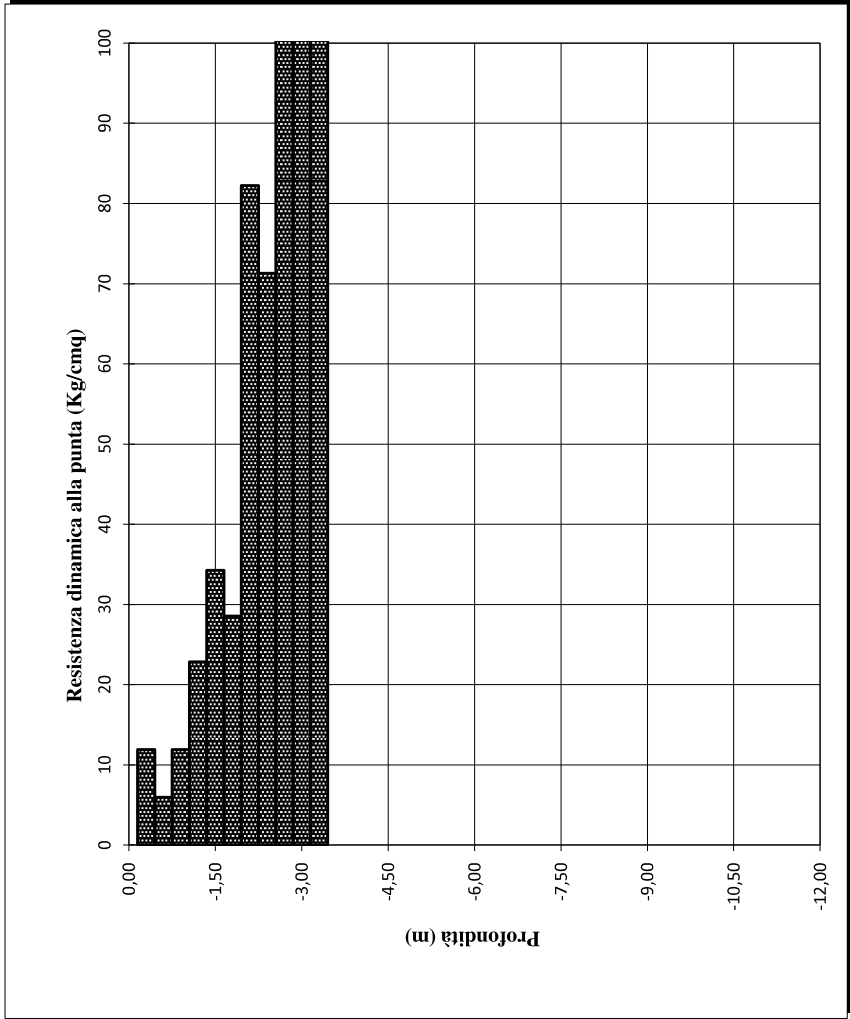
P3c

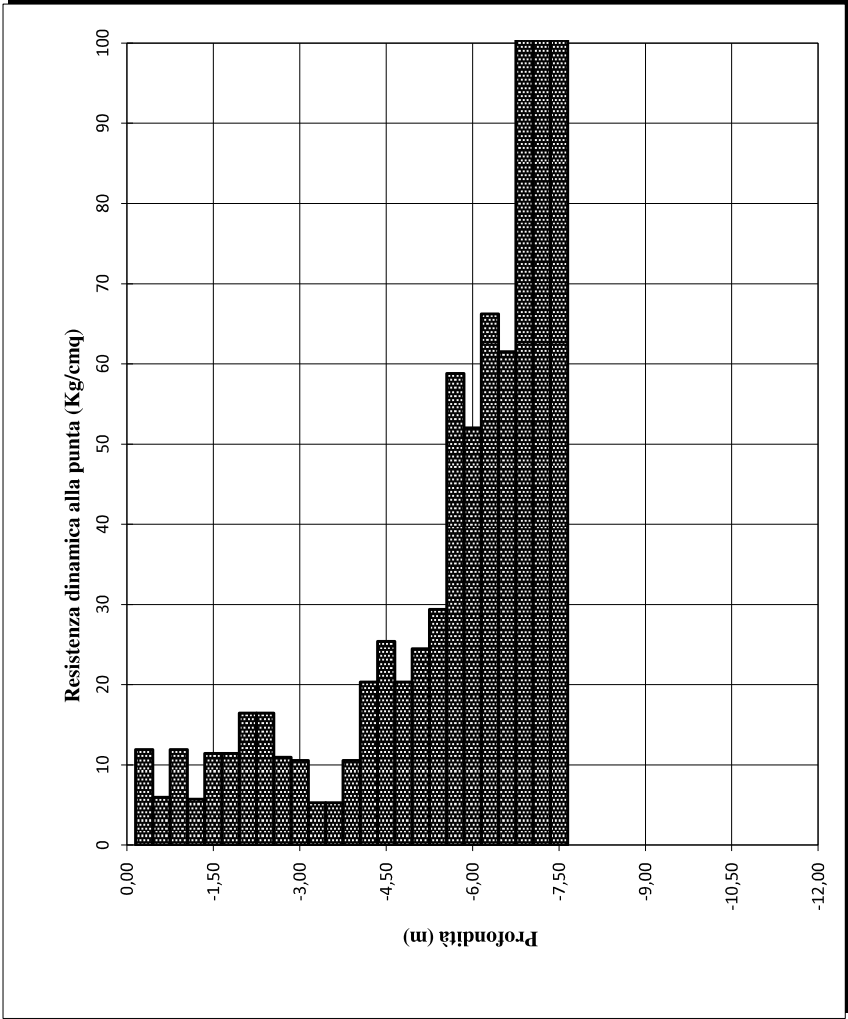
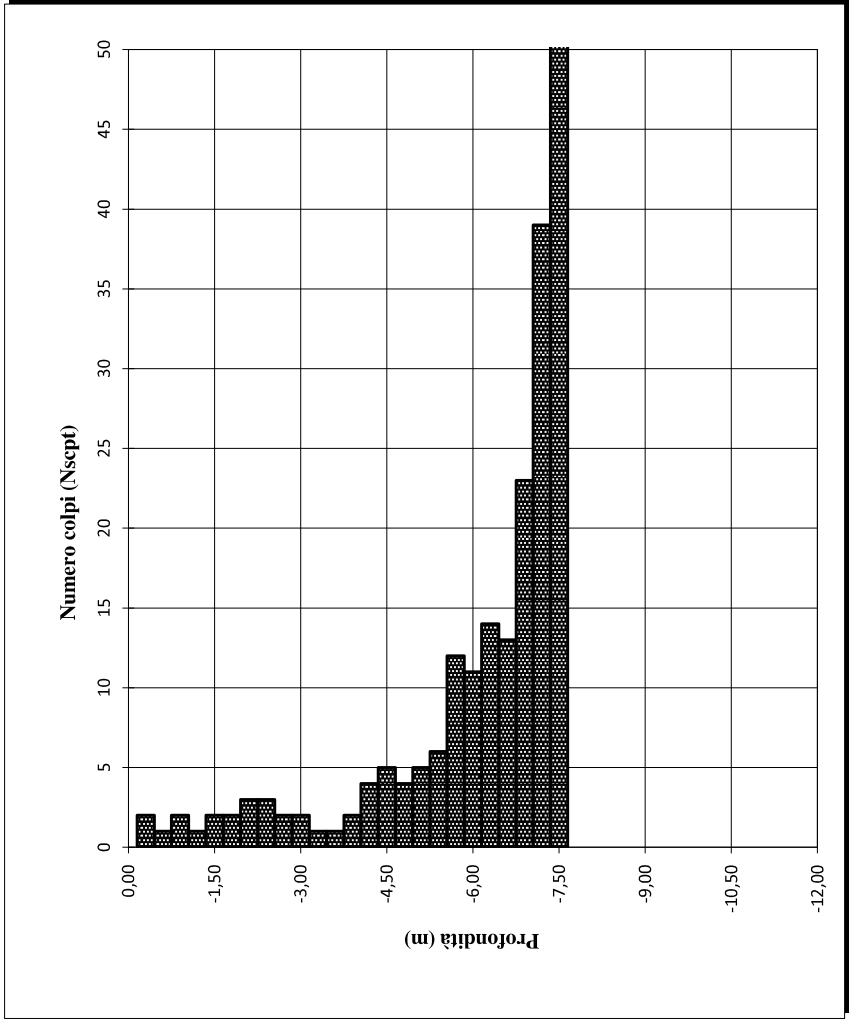
Località: GOLFERENZO (PV)
Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 10/02/2022
Quota inizio: p.c.



Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	2	12
-0,60	1	6
-0,90	2	12
-1,20	4	23
-1,50	6	34
-1,80	5	29
-2,10	15	82
-2,40	13	71
-2,70	19	104
-3,00	34	179
-3,30	50	264
RIFIUTO		
-3,60		
-3,90		
-4,20		
-4,50		
-4,80		
-5,10		
-5,40		
-5,70		
-6,00		
-6,30		
-6,60		
-6,90		
-7,20		
-7,50		
-7,80		
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		





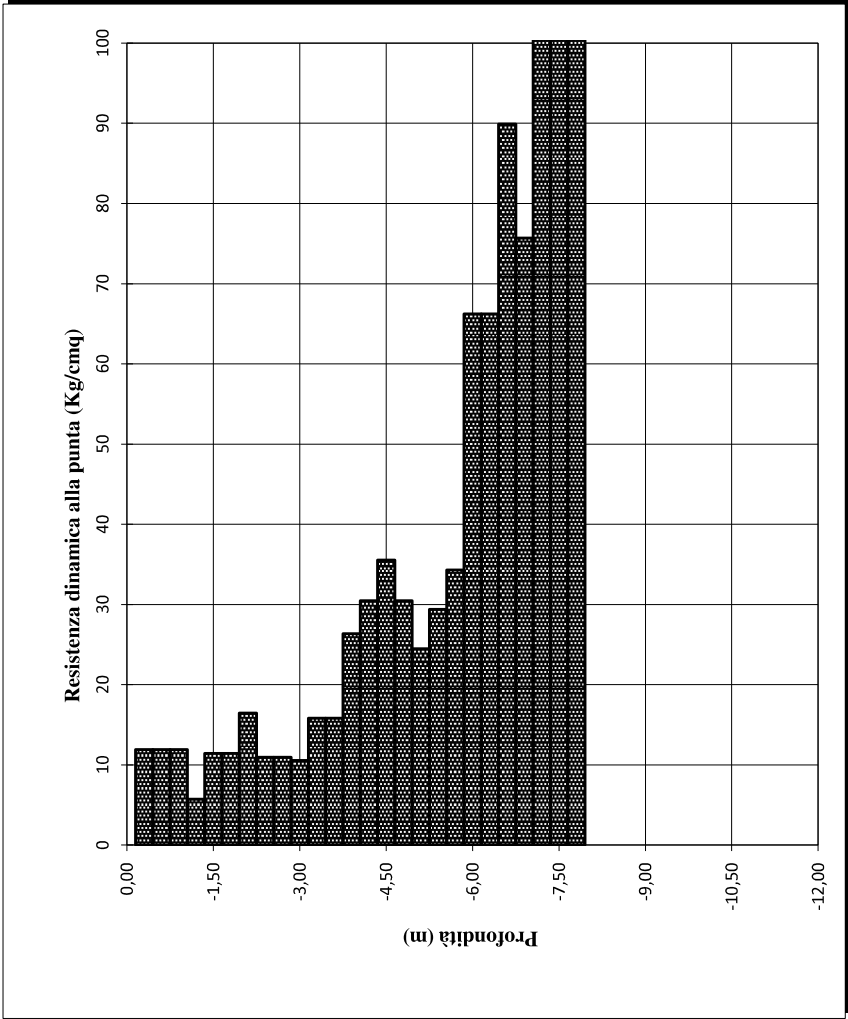
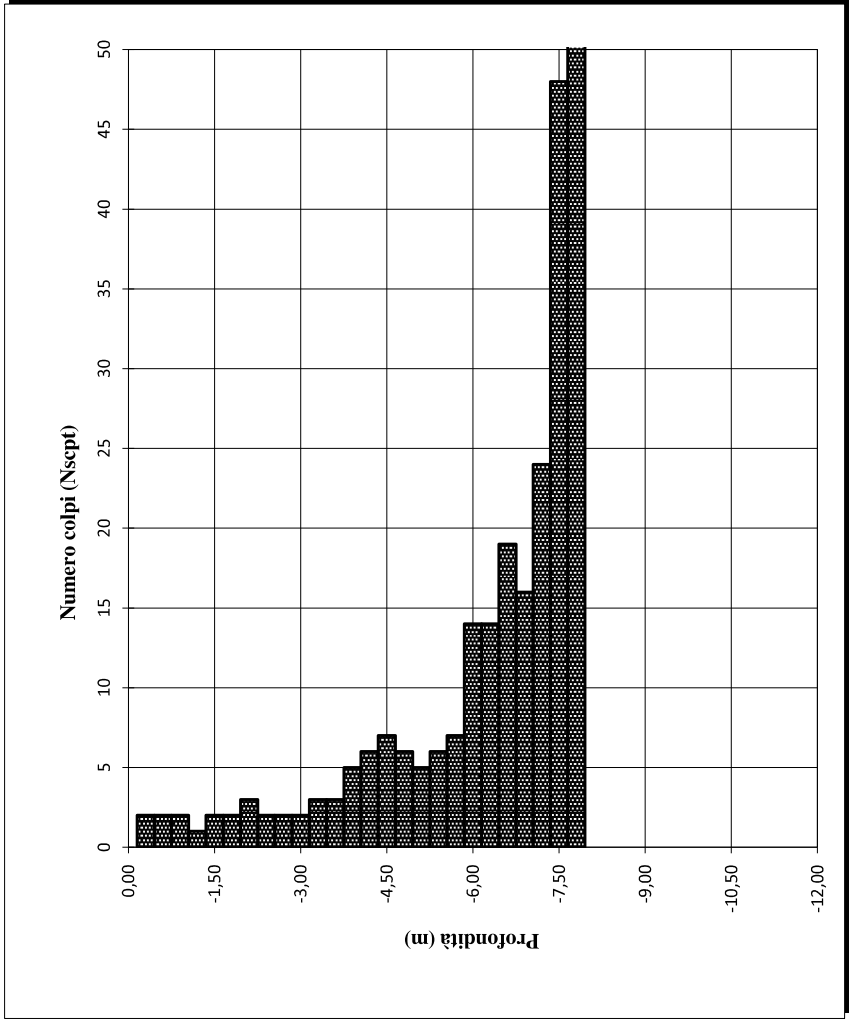
Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	2	12
-0,60	1	6
-0,90	2	12
-1,20	1	6
-1,50	2	11
-1,80	2	11
-2,10	3	16
-2,40	3	16
-2,70	2	11
-3,00	2	11
-3,30	1	5
-3,60	1	5
-3,90	2	11
-4,20	4	20
-4,50	5	25
-4,80	4	20
-5,10	5	24
-5,40	6	29
-5,70	12	59
-6,00	11	52
-6,30	14	66
-6,60	13	61
-6,90	23	109
-7,20	39	178
-7,50	52	238
-7,80	RIFIUTO	
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

Prova penetrometrica dinamica n.

P5c

Località: GOLFERENZO (PV)
Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 10/02/2022
Quota inizio: p.c.



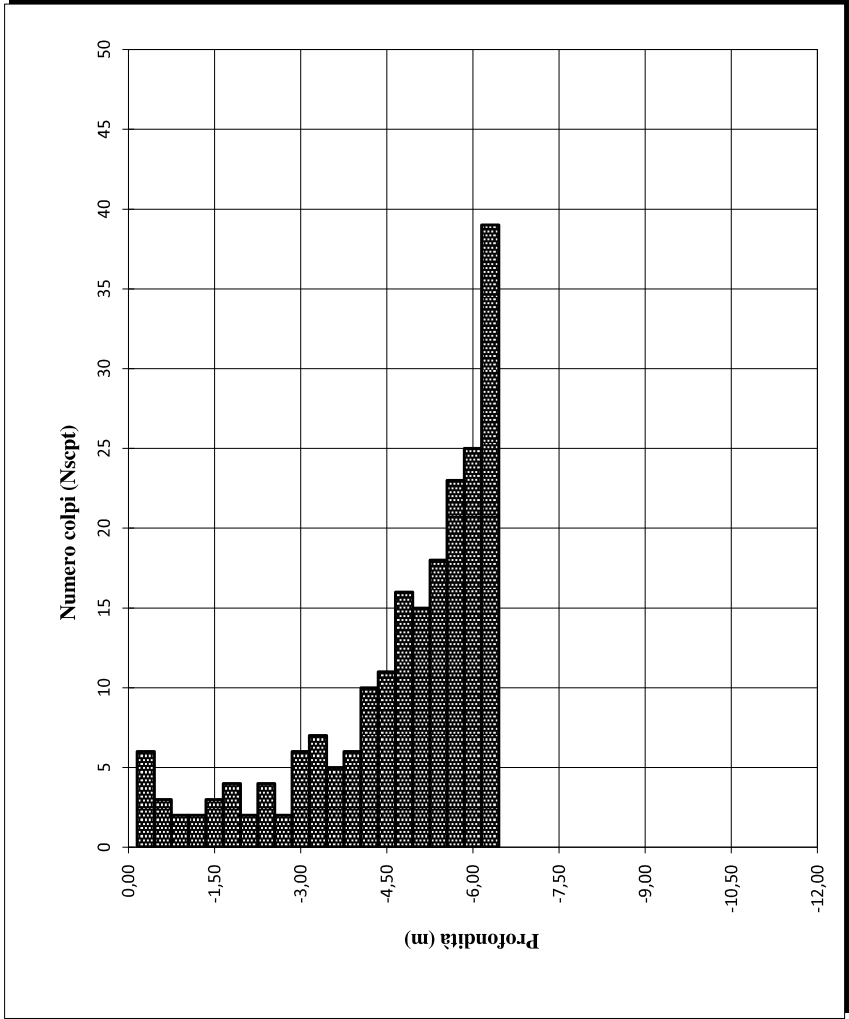
Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	2	12
-0,60	2	12
-0,90	2	12
-1,20	1	6
-1,50	2	11
-1,80	2	11
-2,10	3	16
-2,40	2	11
-2,70	2	11
-3,00	2	11
-3,30	3	16
-3,60	3	16
-3,90	5	26
-4,20	6	30
-4,50	7	36
-4,80	6	30
-5,10	5	24
-5,40	6	29
-5,70	7	34
-6,00	14	66
-6,30	14	66
-6,60	19	90
-6,90	16	76
-7,20	24	110
-7,50	48	220
-7,80	57	261
RIFIUTO		
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

Prova penetrometrica dinamica n.

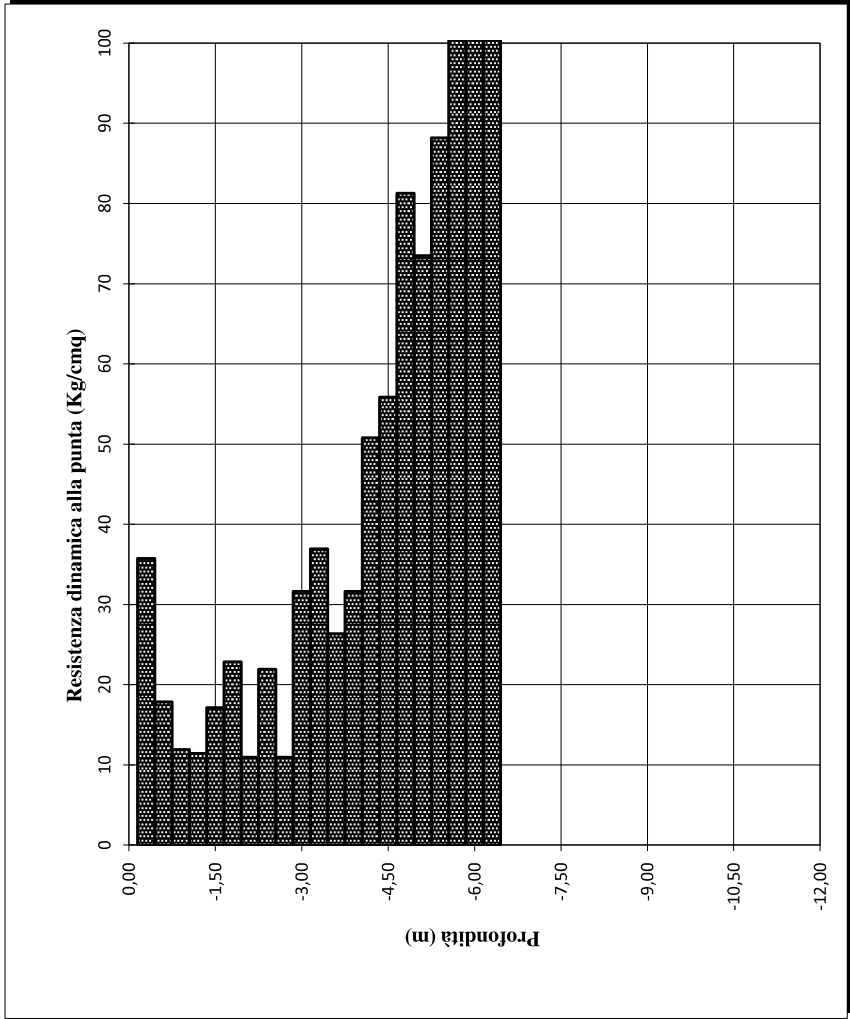
P6c

Località: GOLFARENZO (PV)
Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 10/02/2022
Quota inizio: p.c.



Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	6	36
-0,60	3	18
-0,90	2	12
-1,20	2	11
-1,50	3	17
-1,80	4	23
-2,10	2	11
-2,40	4	22
-2,70	2	11
-3,00	6	32
-3,30	7	37
-3,60	5	26
-3,90	6	32
-4,20	10	51
-4,50	11	56
-4,80	16	81
-5,10	15	73
-5,40	18	88
-5,70	23	113
-6,00	25	118
-6,30	39	184
-6,60	RIFIUTO	
-6,90		
-7,20		
-7,50		
-7,80		
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

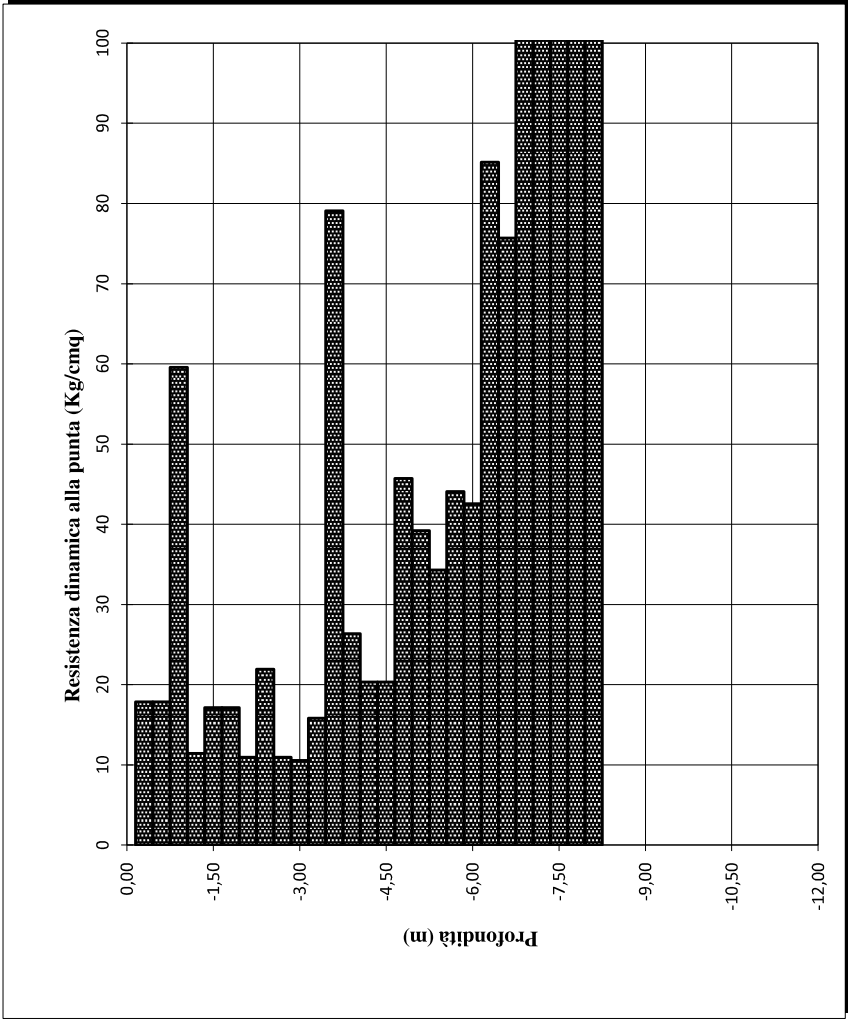
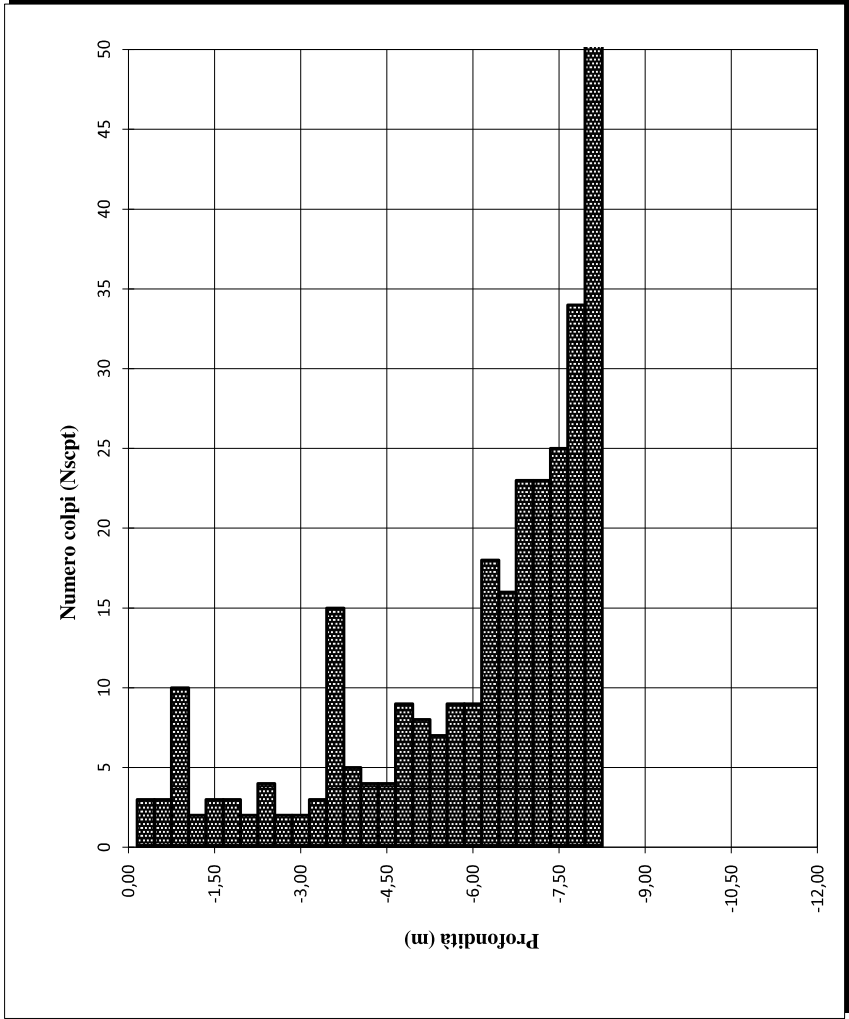


Località: GOLFIRENZO (PV)

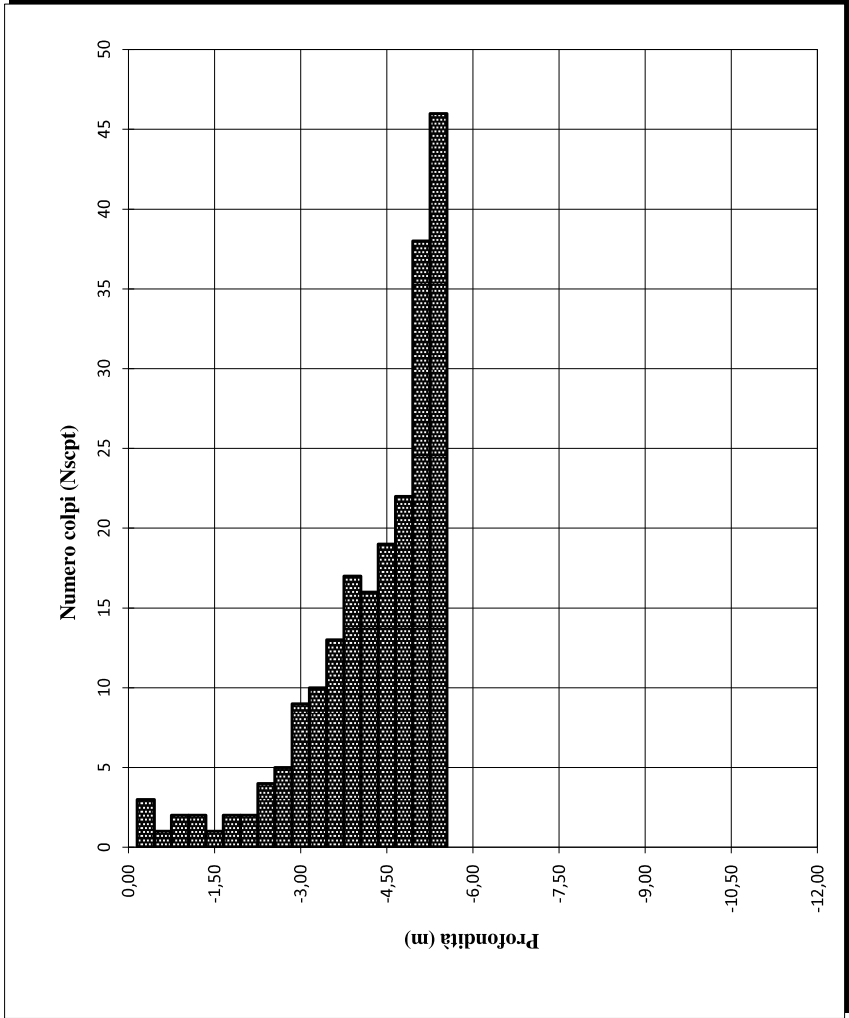
Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 10/02/2022

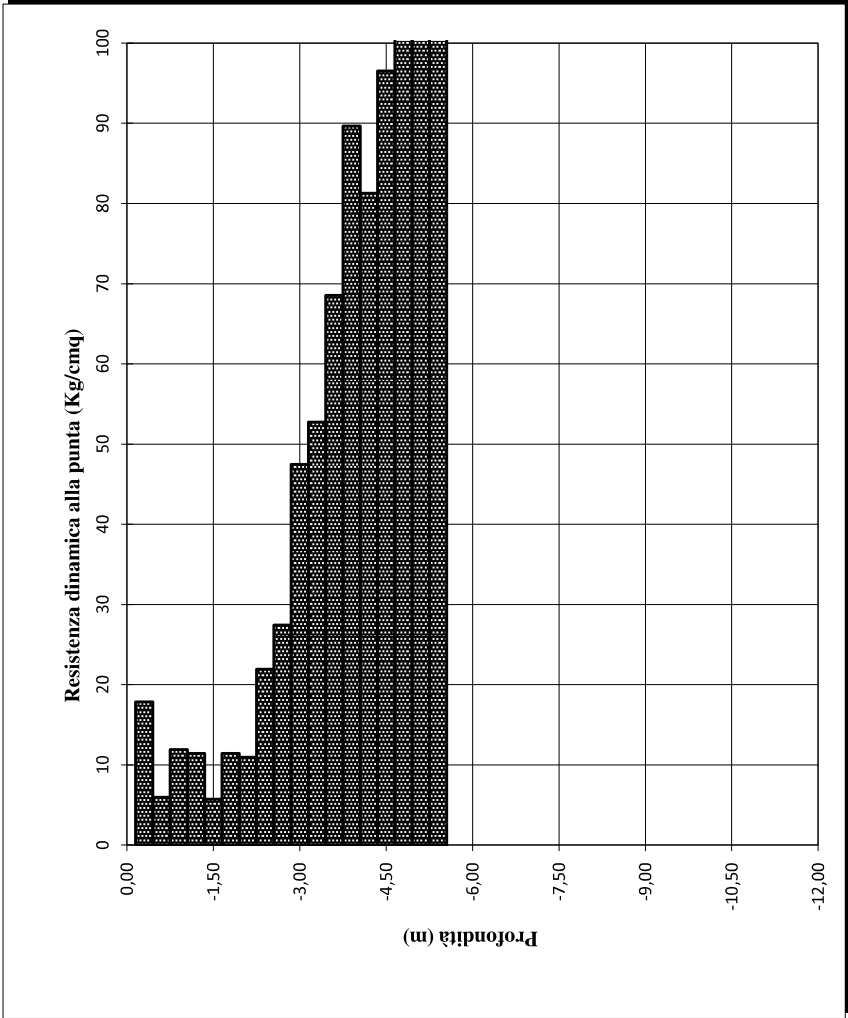
Quota inizio: p.c.



Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	3	18
-0,60	3	18
-0,90	10	60
-1,20	2	11
-1,50	3	17
-1,80	3	17
-2,10	2	11
-2,40	4	22
-2,70	2	11
-3,00	2	11
-3,30	3	16
-3,60	15	79
-3,90	5	26
-4,20	4	20
-4,50	4	20
-4,80	9	46
-5,10	8	39
-5,40	7	34
-5,70	9	44
-6,00	9	43
-6,30	18	85
-6,60	16	76
-6,90	23	109
-7,20	23	105
-7,50	25	114
-7,80	34	156
-8,10	51	226
-8,40	RIFIUTO	
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		



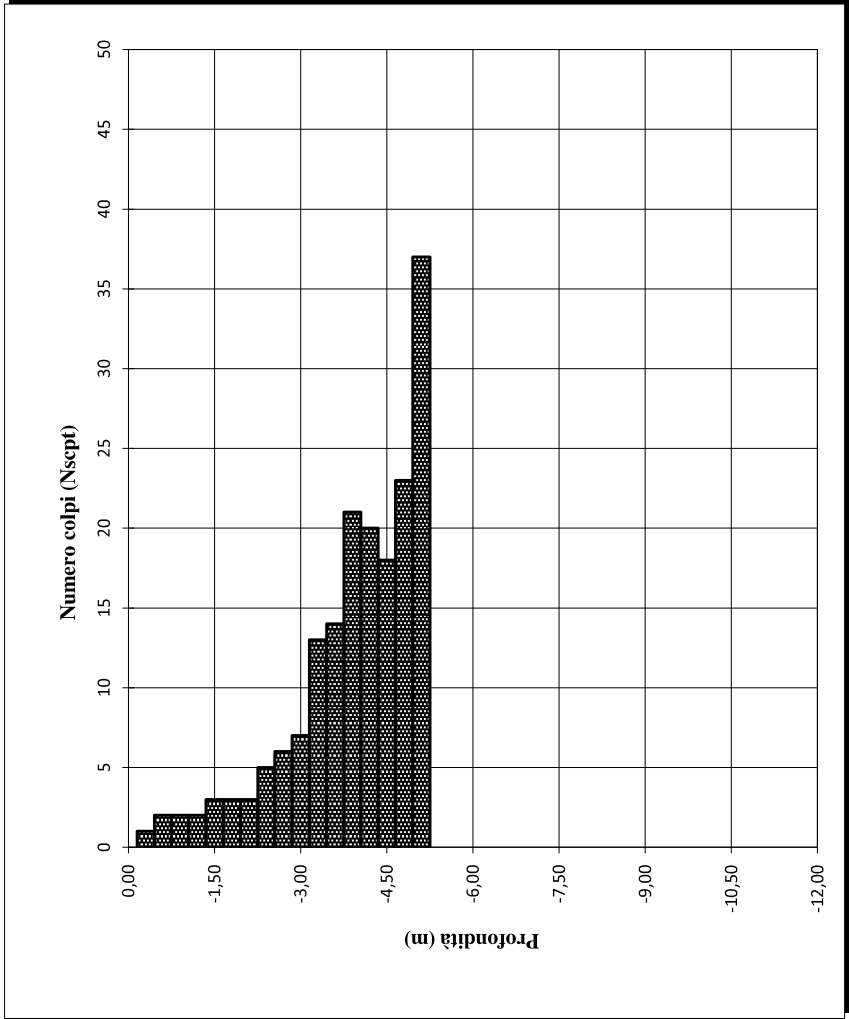
Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	3	18
-0,60	1	6
-0,90	2	12
-1,20	2	11
-1,50	1	6
-1,80	2	11
-2,10	2	11
-2,40	4	22
-2,70	5	27
-3,00	9	47
-3,30	10	53
-3,60	13	69
-3,90	17	90
-4,20	16	81
-4,50	19	97
-4,80	22	112
-5,10	38	186
-5,40	46	225
-5,70	RIFIUTO	
-6,00		
-6,30		
-6,60		
-6,90		
-7,20		
-7,50		
-7,80		
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		



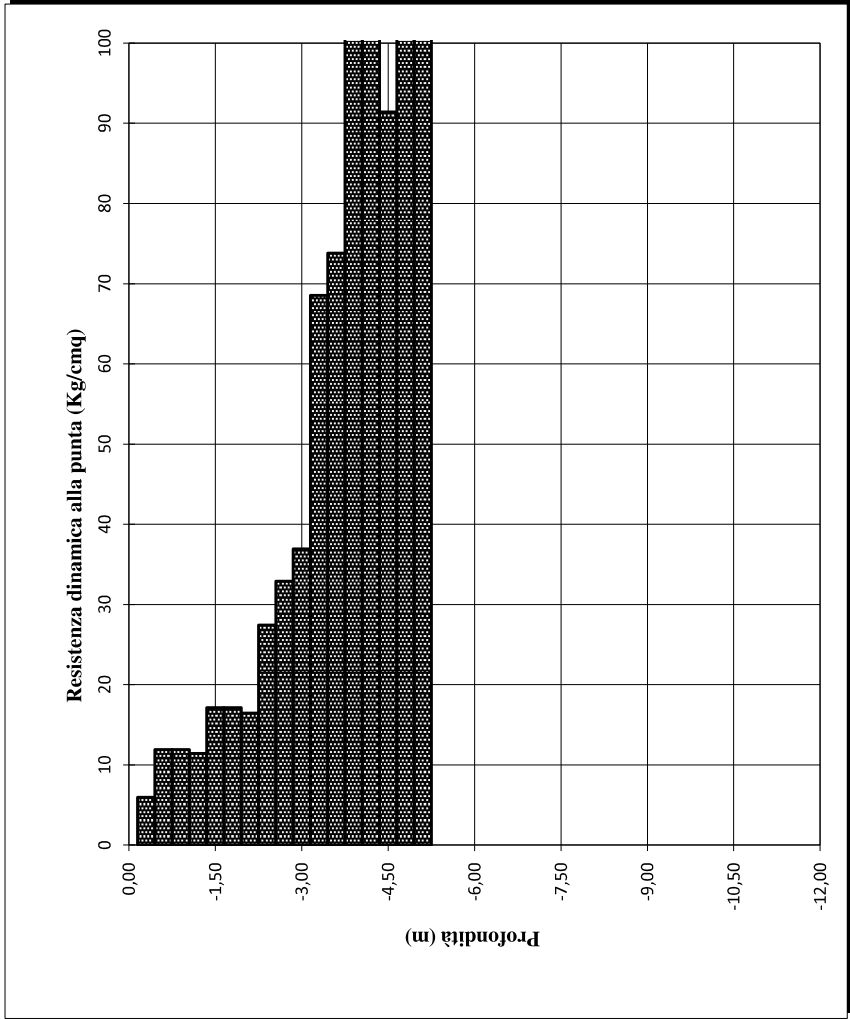
Prova penetrometrica dinamica n. **P9c**

Località: **GOLFARENZO (PV)**
Committente: **Sig. Donato CREVANI**

Data: **11/10/2023**
Quota inizio: **p.c.**



Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	1	6
-0,60	2	12
-0,90	2	12
-1,20	2	11
-1,50	3	17
-1,80	3	17
-2,10	3	16
-2,40	5	27
-2,70	6	33
-3,00	7	37
-3,30	13	69
-3,60	14	74
-3,90	21	111
-4,20	20	102
-4,50	18	91
-4,80	23	117
-5,10	37	181
-5,40	RIFIUTO	
-5,70		
-6,00		
-6,30		
-6,60		
-6,90		
-7,20		
-7,50		
-7,80		
-8,10		
-8,40		
-8,70		
-9,00		
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

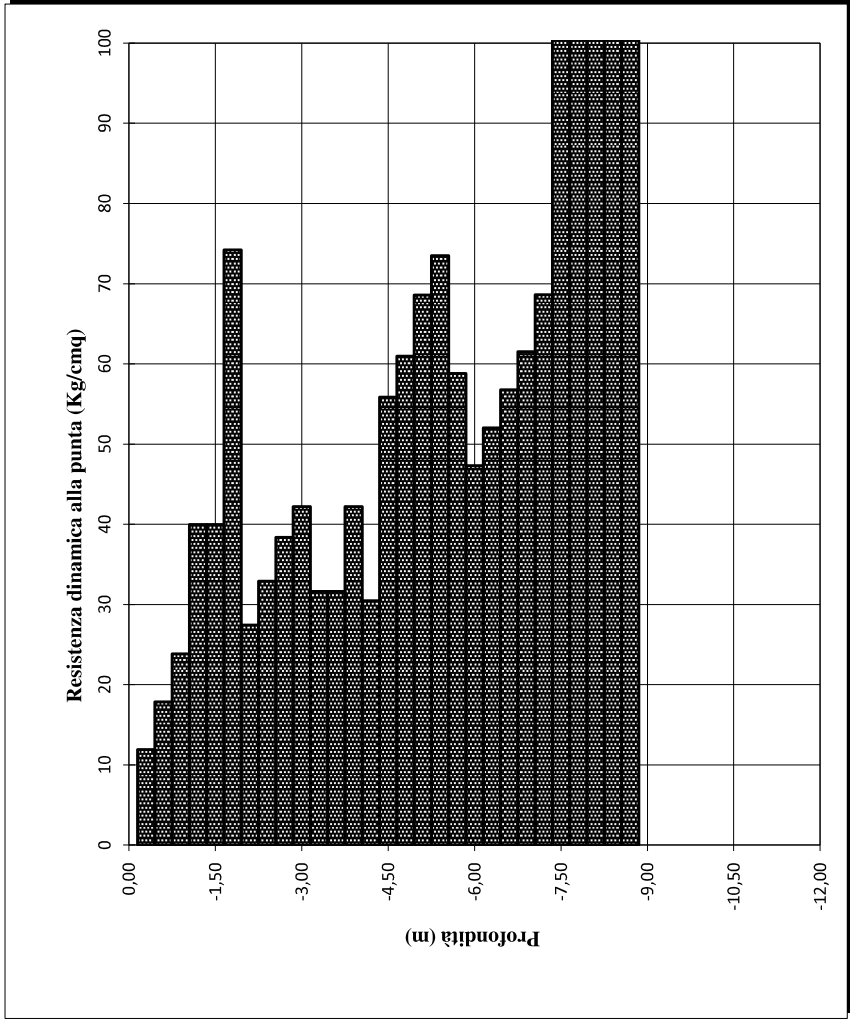
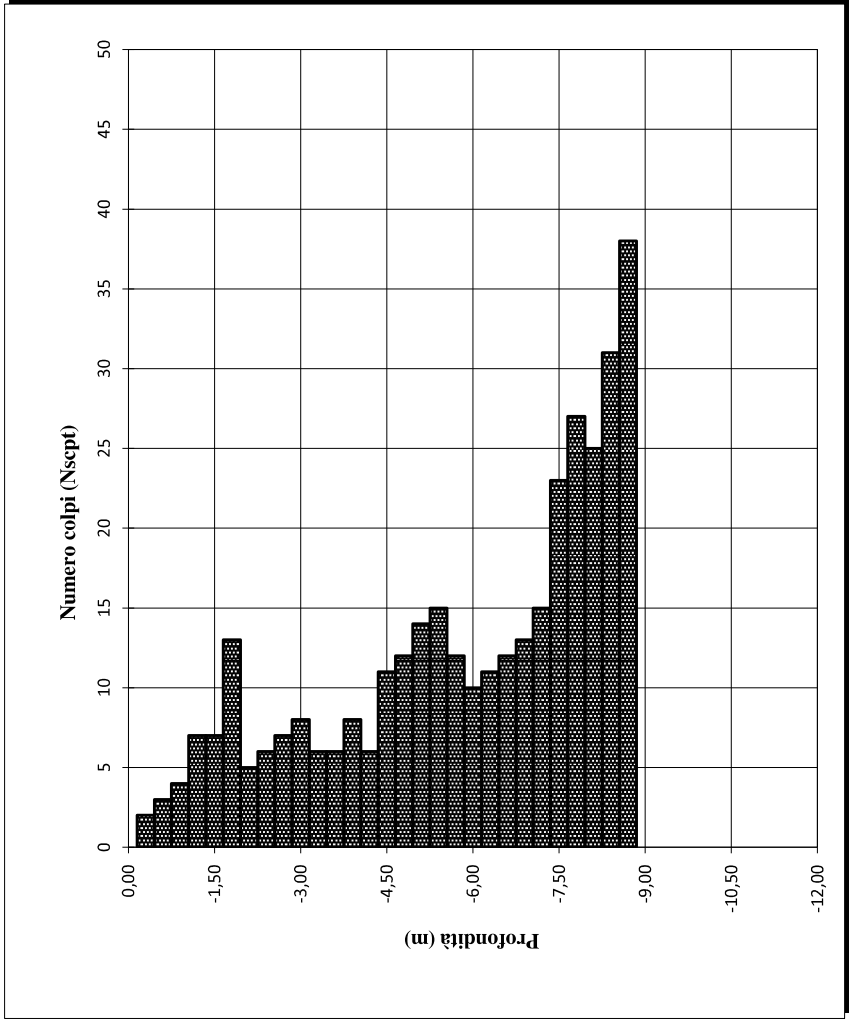


Prova penetrometrica dinamica n.

P10c

Località: GOLFIRENZO (PV)
Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 11/10/2023
Quota inizio: p.c.



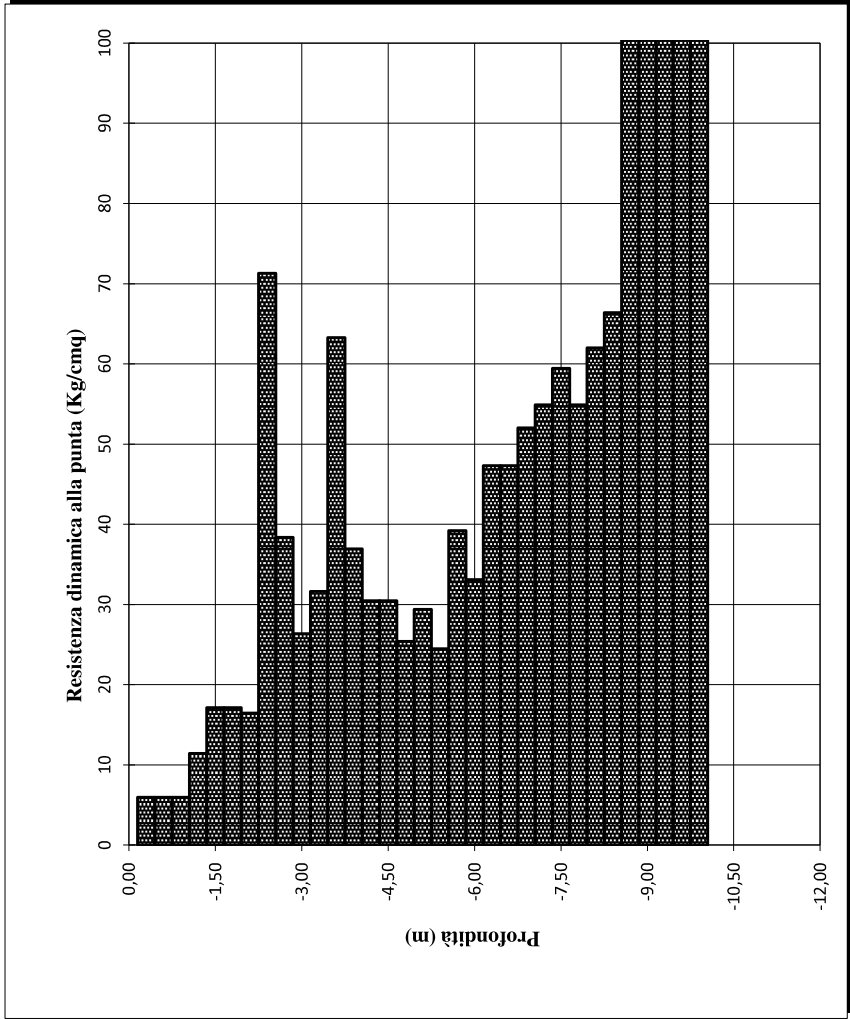
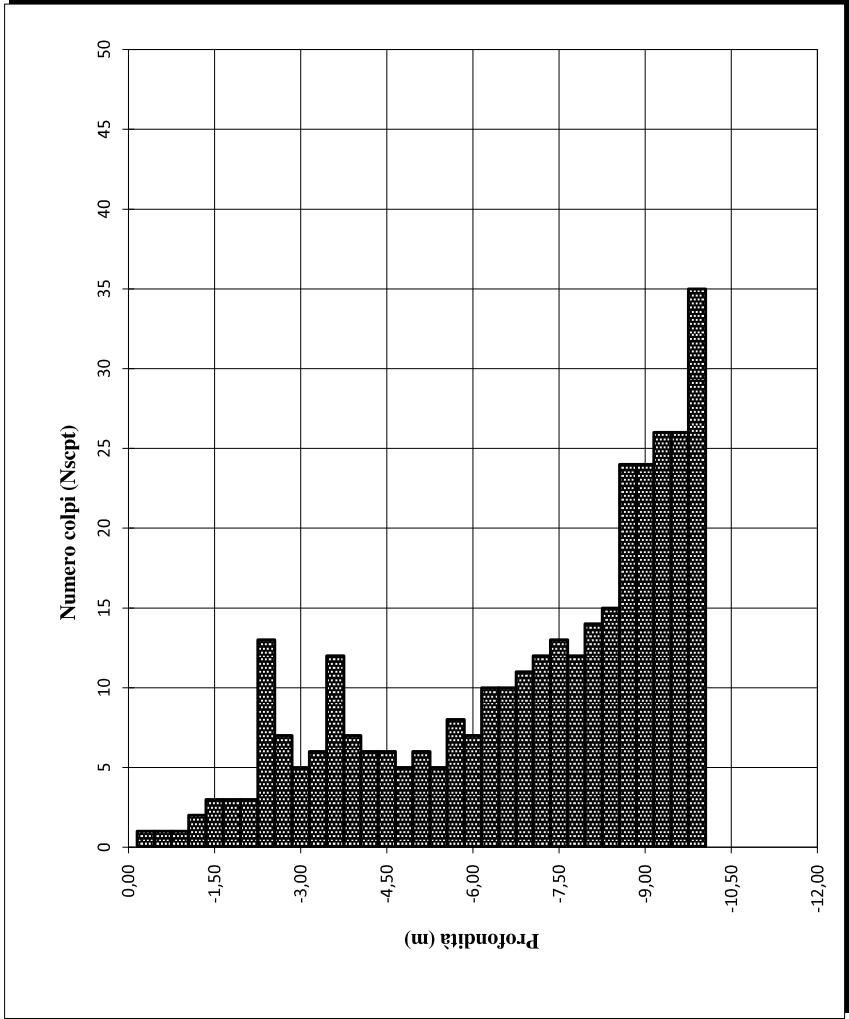
Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	2	12
-0,60	3	18
-0,90	4	24
-1,20	7	40
-1,50	7	40
-1,80	13	74
-2,10	5	27
-2,40	6	33
-2,70	7	38
-3,00	8	42
-3,30	6	32
-3,60	6	32
-3,90	8	42
-4,20	6	30
-4,50	11	56
-4,80	12	61
-5,10	14	69
-5,40	15	73
-5,70	12	59
-6,00	10	47
-6,30	11	52
-6,60	12	57
-6,90	13	61
-7,20	15	69
-7,50	23	105
-7,80	27	123
-8,10	25	111
-8,40	31	137
-8,70	38	168
-9,00	RIFIUTO	
-9,30		
-9,60		
-9,90		
-10,20		
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

Prova penetrometrica dinamica n.

P11c

Località: GOLFARENZO (PV)
Committente: Sig. Donato CREVANI

Data: 11/10/2023
Quota inizio: p.c.

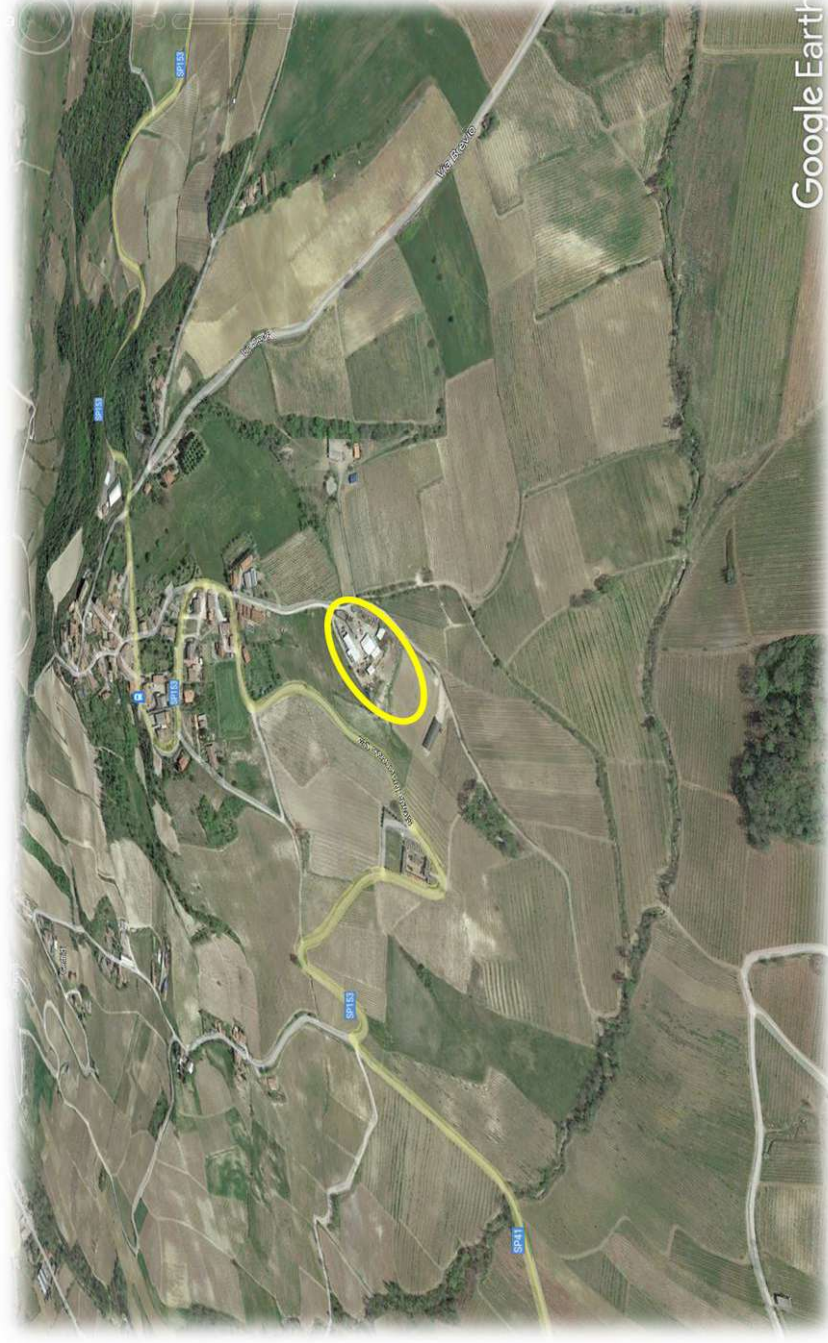


Quota	Np	Rpd
0,00	0	0
-0,30	1	6
-0,60	1	6
-0,90	1	6
-1,20	2	11
-1,50	3	17
-1,80	3	17
-2,10	3	16
-2,40	13	71
-2,70	7	38
-3,00	5	26
-3,30	6	32
-3,60	12	63
-3,90	7	37
-4,20	6	30
-4,50	6	30
-4,80	5	25
-5,10	6	29
-5,40	5	24
-5,70	8	39
-6,00	7	33
-6,30	10	47
-6,60	10	47
-6,90	11	52
-7,20	12	55
-7,50	13	59
-7,80	12	55
-8,10	14	62
-8,40	15	66
-8,70	24	106
-9,00	24	103
-9,30	26	112
-9,60	26	112
-9,90	35	150
-10,20	RIFIUTO	
-10,50		
-10,80		
-11,10		
-11,40		
-11,70		
-12,00		

PROPOSTA DI NUOVA ATTRIBUZIONE STATO DI ATTIVITA' E CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA AREA GIA' CLASSIFICATA IN FRANA ATTIVA ZONA EST CIMITERO - GOLFERENZO (PV)		ALL.11	
Relazione Descrittiva indagini sismiche a rifrazione			
Committente: Sig. Donato CREVANI	A cura di: TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Data: Giugno 2024	Scala: //



Indagine geofisica – Tomografia sismica Località Golferenzo (PV)



Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	SISMICA A RIFRAZIONE.....	5
2.1	Acquisizione dati.....	5
2.2	Elaborazione dati.....	5
2.3	Analisi dei dati	7
2.3.1	Sezione sismica Sr1.....	8
	ALLEGATO 1	9

1 PREMESSA

Il presente rapporto illustra i risultati dell'indagine geofisica eseguita in località Golferenzo (PV).

Specifica finalità dell'intervento è stata la caratterizzazione dal punto di vista sismico delle unità geolitologiche presenti nel sottosuolo dell'area interessata da un locale movimento franoso.

In particolare, i dati geofisici, di seguito descritti, sono stati acquisiti con il preciso intento di fornire un contributo nella ricostruzione del modello geologico di dettaglio ed in particolare dei rapporti dimensionali e stratigrafici dei materiali coinvolti nel movimento franoso.

Nello specifico è stata eseguita la seguente indagine geofisica:

- n. 1 profilo sismico a rifrazione con energizzazione in onde P, denominato **Sr1**, costituita da un allineamento di n. 24 geofoni disposti con una interdistanza di 5.0 m, pari ad uno sviluppo lineare di 115.0 m.

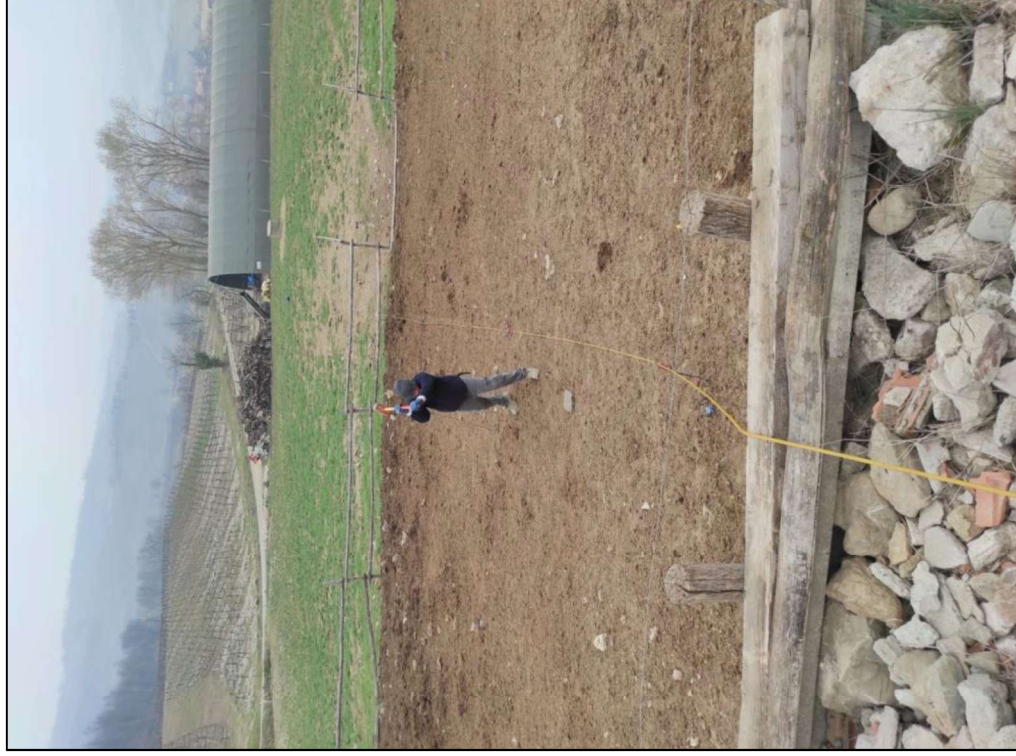


Figura 1 – Particolare dello stendimento sismico e punto di energizzazione.

In Figura 2 si riporta l'estratto dell'ubicazione planimetrica dell'indagine sismica eseguita, il medesimo elaborato è inserito in scala 1:500 in coda al presente rapporto (Allegato 1).

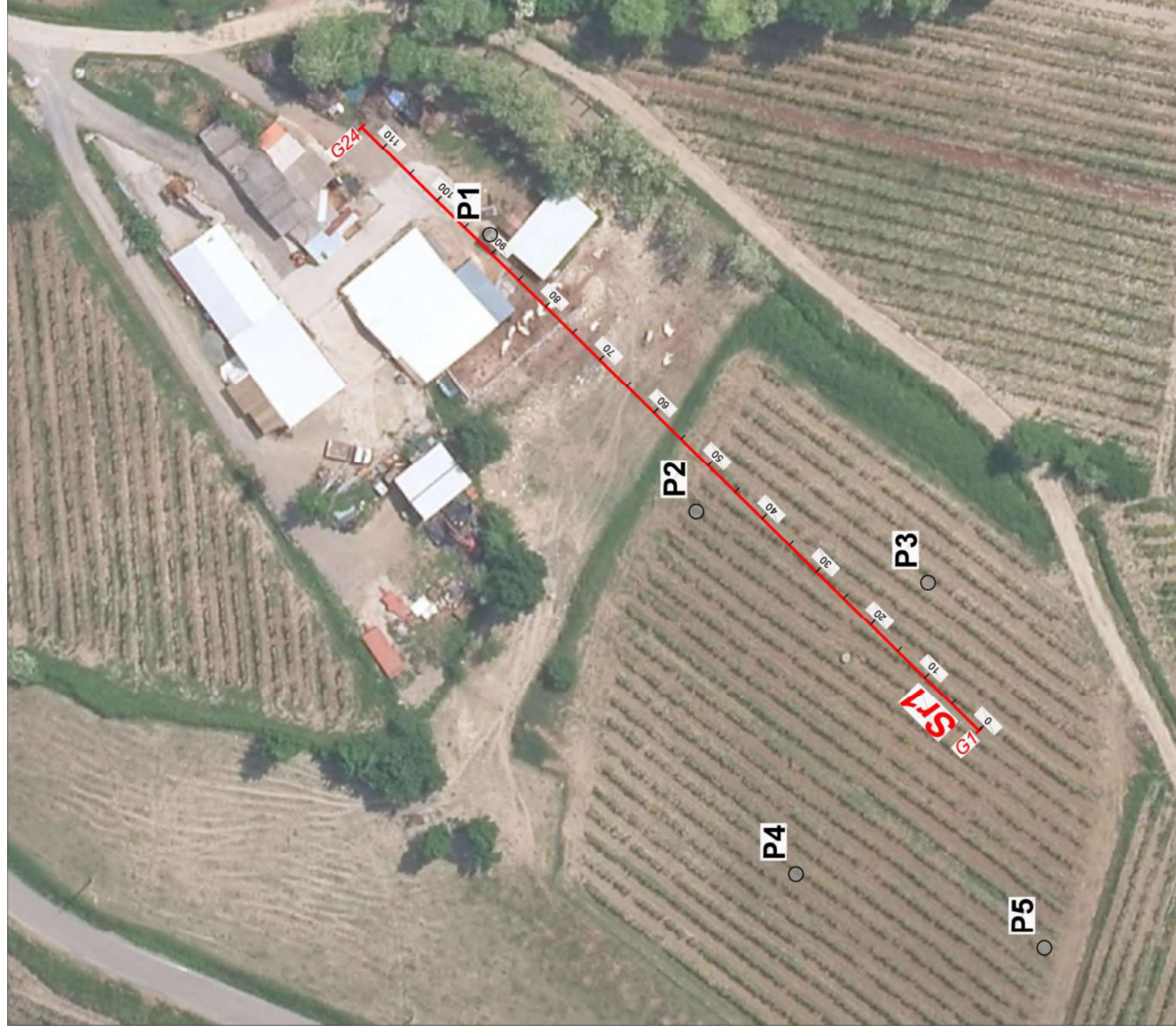


Figura 2 - Ubicazione planimetrica dell'indagine geofisica su base ortofoto. In rosso il profilo sismico a rifrazione con indicazione dei geofoni iniziale/finale e relative progressive metriche, in nero l'ubicazione delle prove penetrometriche fornite dalla Committenza.

2 SISMICA A RIFRAZIONE

Il profilo sismico è stato acquisito ed elaborato allo scopo di fornire una rappresentazione finale dei risultati secondo la tecnica tomografica, finalizzata alla caratterizzazione dei materiali in funzione della velocità sismica delle onde di compressione V_p e quindi utile ad una valutazione degli stessi in termini di grado di addensamento/consistenza.

2.1 Acquisizione dati

Come accennato, il profilo è stato acquisito tramite uno stendimento di n. 24 geofoni equispaziati di 5.0 metri. Lungo il profilo, in posizioni predefinite, sono stati prodotti gli impulsi sismici necessari alle registrazioni, con l'utilizzo di una massa battente da 8 kg. In particolare, l'energizzazione è avvenuta nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni, distanti dalle estremità degli stendimenti di circa 20 m (PS1ss) e 25 m (PS24ss);
- 2 punti esterni, distanti dalle estremità dello stendimento di circa 10 m (PS1s e PS24s);
- 2 punti agli estremi, distanti dalle estremità dello stendimento di circa 2.5 m (PS1 e PS24);
- 5 punti interni allo stendimento e distribuiti ogni 3/4 geofoni (PS4/5, PS8/9, PS11/12, P15/16 e P19/20).

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo digitale Geometrics Geode a 24 canali, a elevata dinamica (24 bits), interfacciato a geofoni Geospace a 14 Hz. Il “*time-break*”, tempo zero di inizio registrazione, è stato fissato tramite un apposito interruttore collocato sul sistema di energizzazione.

2.2 Elaborazione dati

Tramite software dedicato, sono stati letti i tempi di “primo arrivo” degli impulsi sismici ai vari geofoni (raggi diretti e rifratti) e ricostruiti i relativi diagrammi spazio-tempo, dromocrone sismiche (Figura 3), successivamente interpretate applicando un algoritmo di calcolo basato sul metodo dell'inversione tomografica 2D WET (*Wavepath Eikonal Traveltime*) .

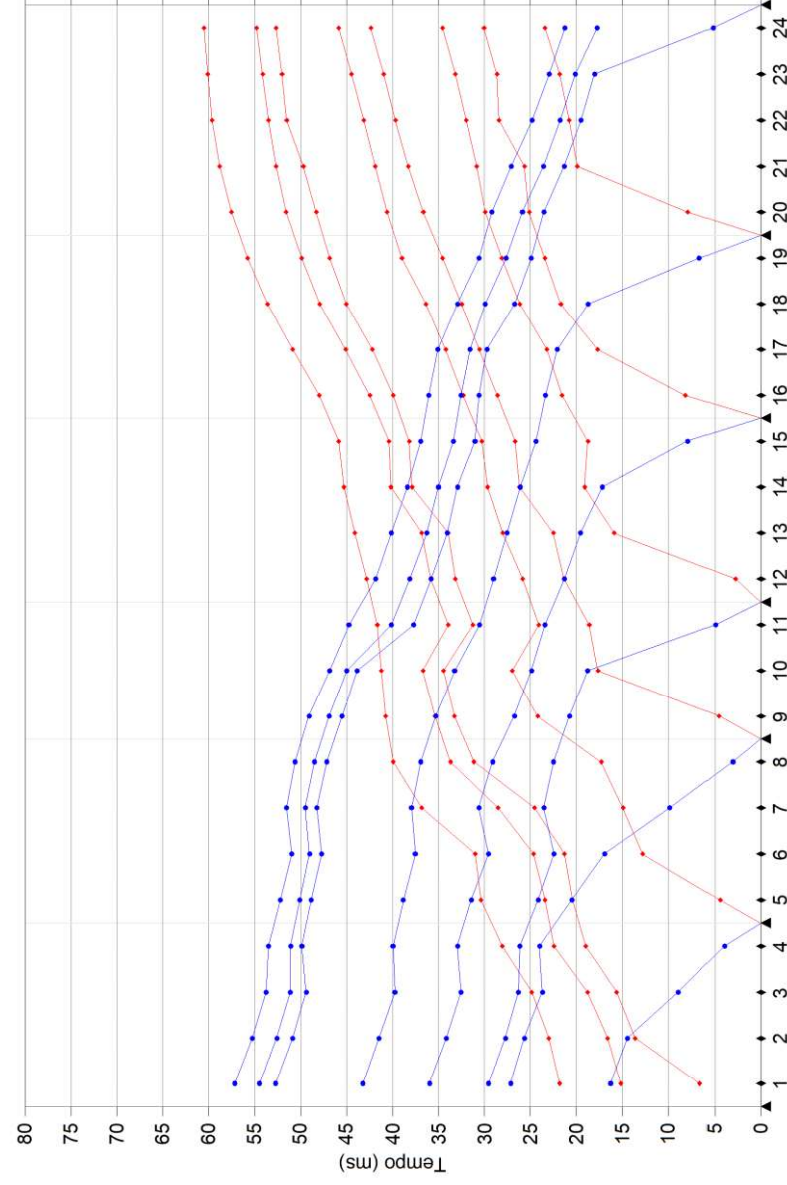


Figura 3 –Dromocrone sismiche relative al profilo sismico Sr1 eseguito.

I risultati di tale interpretazione hanno consentito la caratterizzazione in termini di velocità sismica V_p dei materiali costituenti le unità sismostratigrafiche presenti nel sottosuolo dell'area, nell'ambito delle coperture e del substrato, nonché la loro definizione in termini geometrici.

2.3 Analisi dei dati

La sezione sismica ottenuta evidenzia chiaramente la distribuzione e la geometria delle diverse unità geofisiche. In particolare, si distinguono tre unità:

- **Unità allentata superficiale** (colore rosso-arancione): caratterizzata da valori di velocità sismica V_p inferiori a 1.2 km/sec, riferibile al materiale di natura prevalentemente argillosa-limosa allentato costituente l'accumulo detritico del corpo franoso;
- **Unità mediamente consistente intermedia** (colore verde): definita da velocità sismiche V_p comprese tra 1.2 e 1.8 Km/sec, riferibile al passaggio tra le coltri costituenti il corpo franoso e le porzioni sommitali del substrato roccioso disgregato ed alterato di natura prevalentemente calcarea;
- **Unità di fondo da consistente a molto consistente** (colore azzurro-blu): caratterizzata da velocità sismiche V_p superiori a 1.8 Km/sec, riferibili alle porzioni progressivamente più compatte del substrato roccioso.

Nel paragrafo seguente 2.3.1 si inserisce l'estratto in formato ridotto della sezione sismica ottenuta e relativa interpretazione. In Allegato 1 viene riportato il medesimo elaborato a scala 1:500.

2.3.1 Sezione sismica Sr1

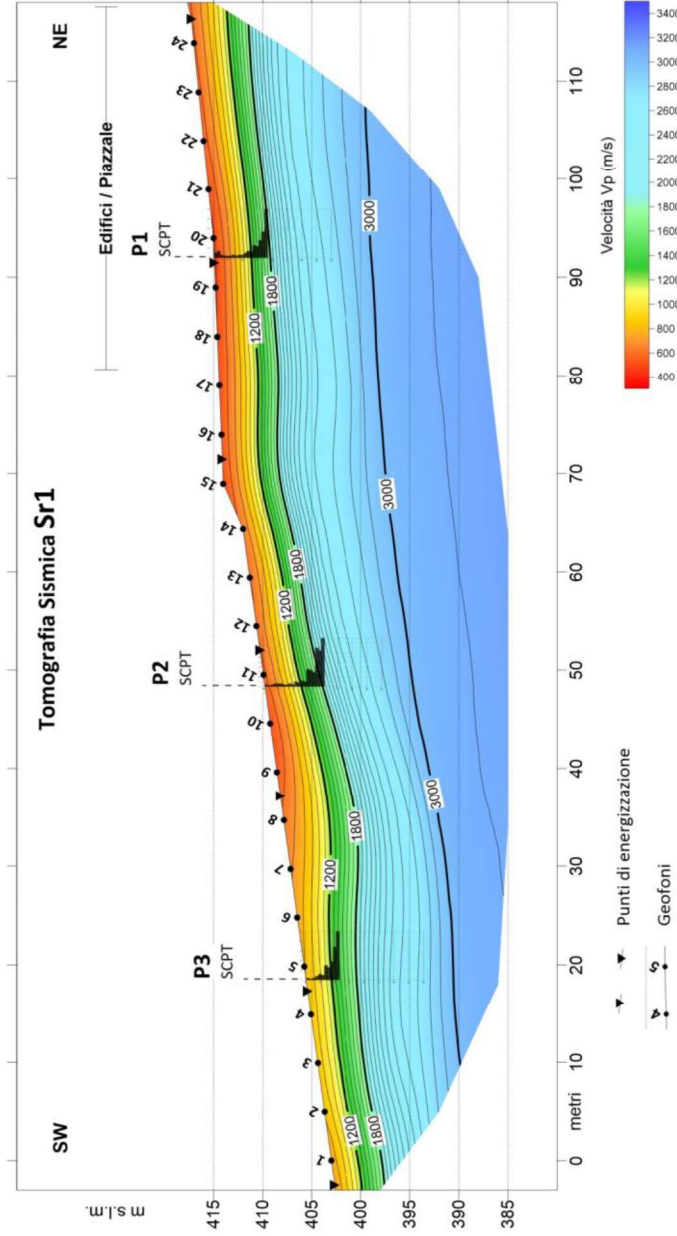


Figura 4 – Sezione Sismica Sr1.

La sezione sismica eseguita mostra l'unità superficiale allentata con velocità V_p inferiori a 1.2 km/sec (colore rosso-arancione) per uno spessore medio di circa 4.5 m nel settore nord-orientale e centrale della sezione compreso tra le progr. 30 e 115 m.

Nel settore sud-occidentale fino alla progr. 30 m, in accordo ai risultati della prova penetrometrica dinamica P3, si registra un graduale assottigliamento dell'unità superficiale, che si riduce fino a spessori minimi dell'ordine di 2.0/2.5 m.

Al di sotto si differenzia l'unità intermedia caratterizzata da valori di velocità V_p compresi tra 1.2 e 1.8 km/sec (colore verde), riferibili al passaggio tra le coltri costituenti il corpo franoso e le porzioni sommitali del substrato roccioso alterato e disgregato di natura prevalentemente calcarea, influenzato inoltre dai meccanismi cinematici soprastanti dati dal dissesto. Tale unità presenta uno spessore medio di 2.5 m.

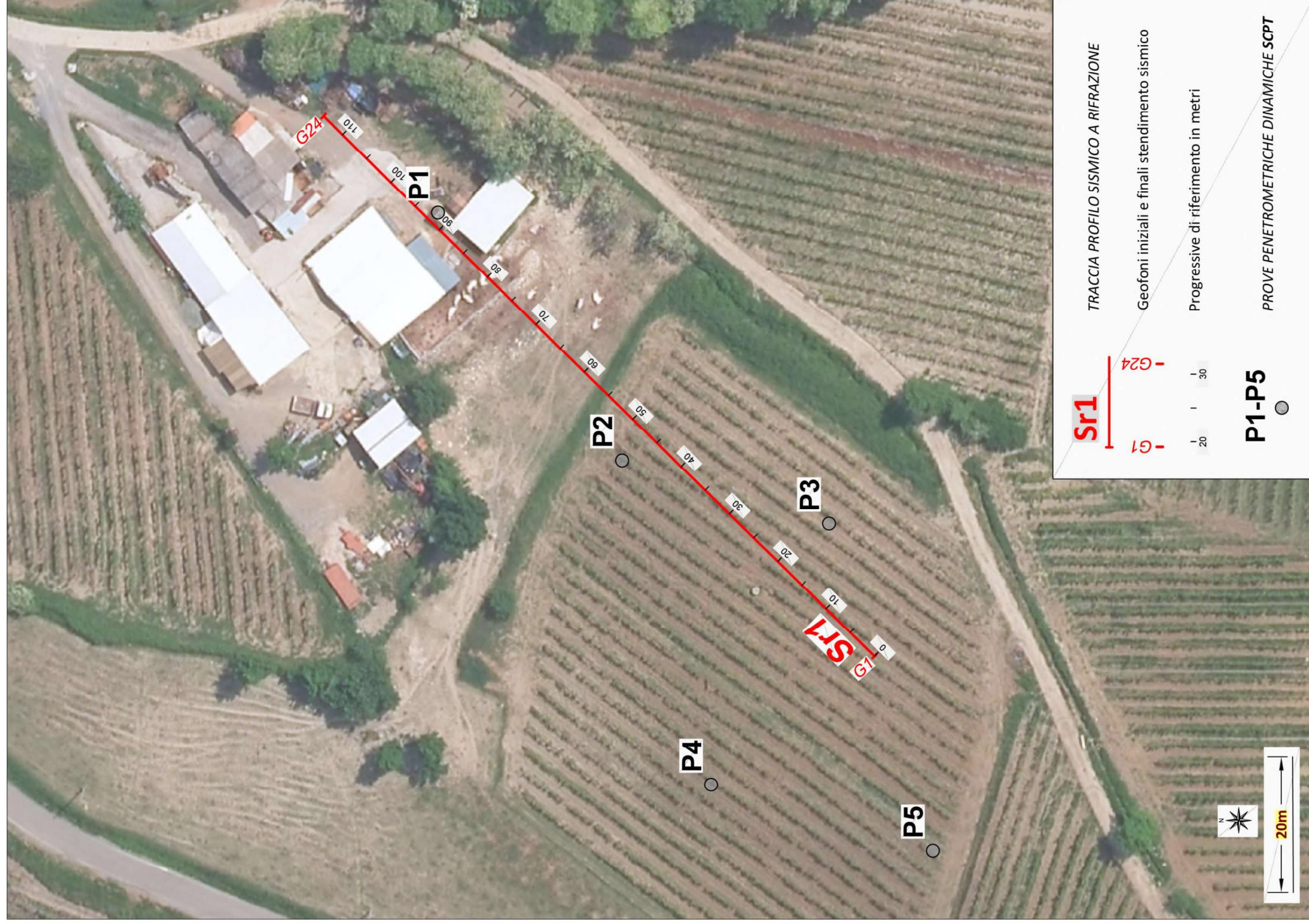
A partire da una profondità indicativa di -6.0 m dal p.c., compare l'unità di fondo caratterizzata da velocità V_p maggiori a 1.8 km/sec (colore azzurro) associabili alle porzioni progressivamente più compatte del substrato roccioso, che raggiunge un elevato grado di compattezza ad una profondità media di -15.0 m dal p.c., ove le velocità superano i 3.0 km/sec (colore blu),

ALLEGATO 1

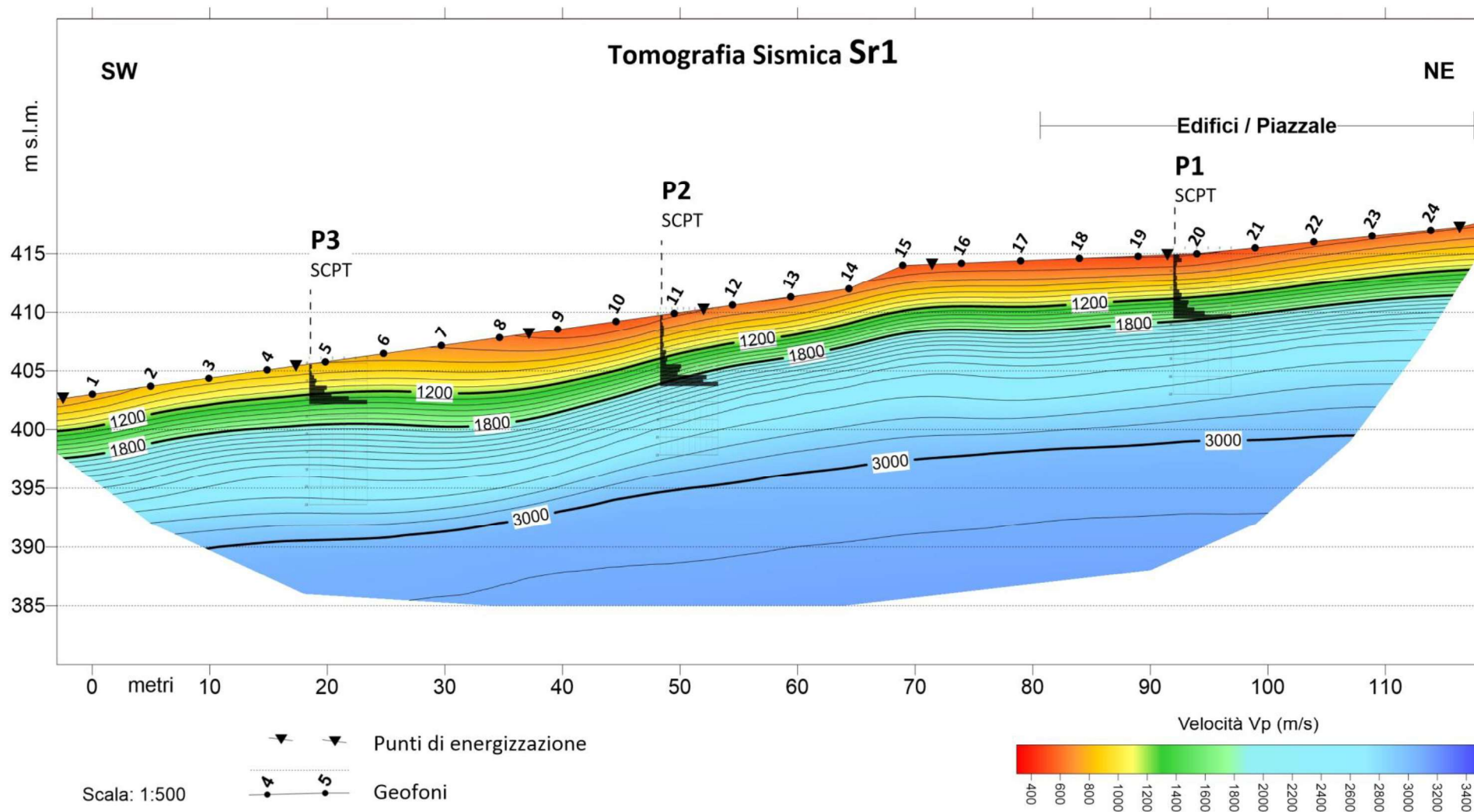
Planimetria di riferimento delle indagini sismiche – Scala 1:500

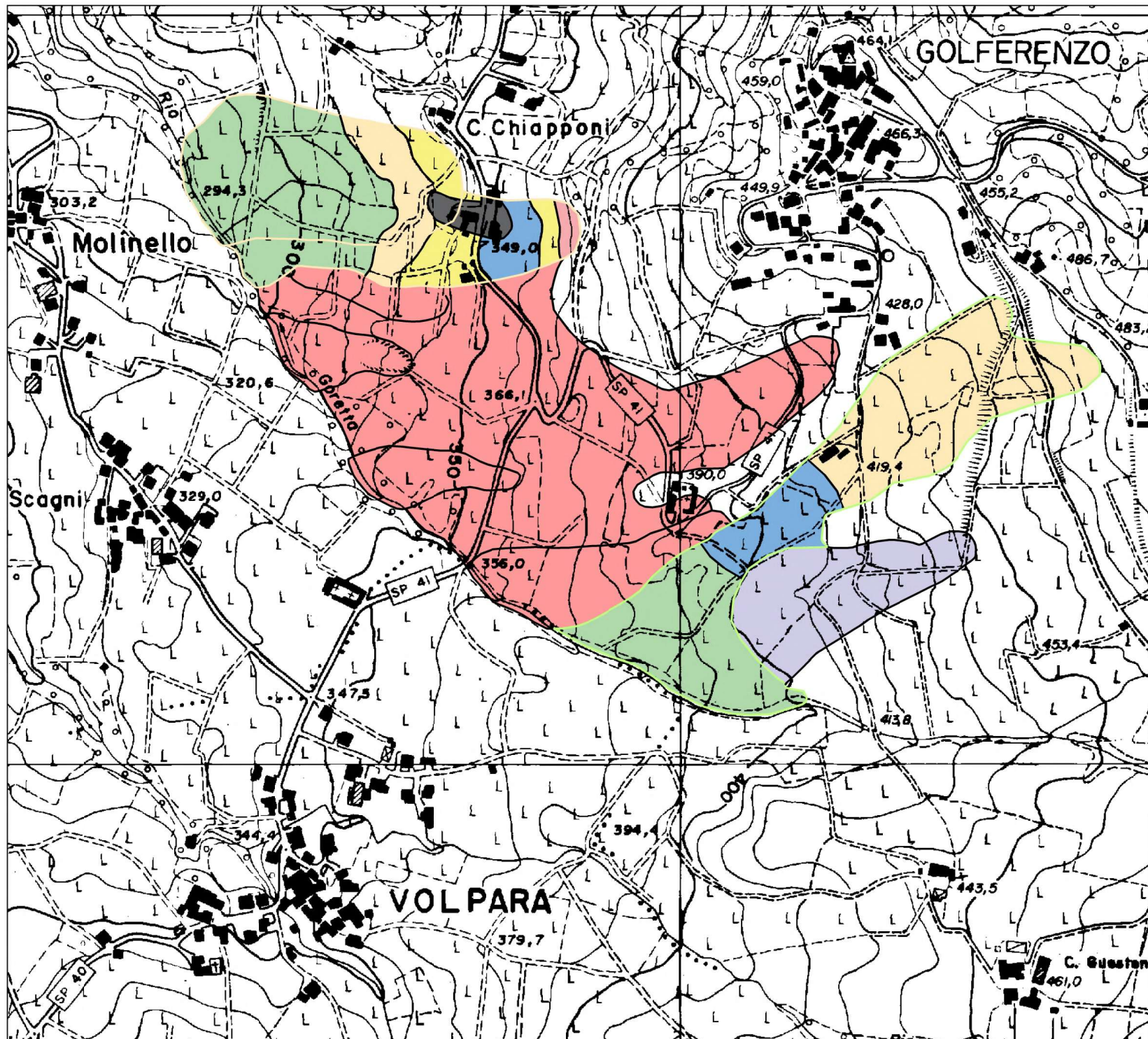
Sezione tomografica sismica Sr1 – Scala 1:500



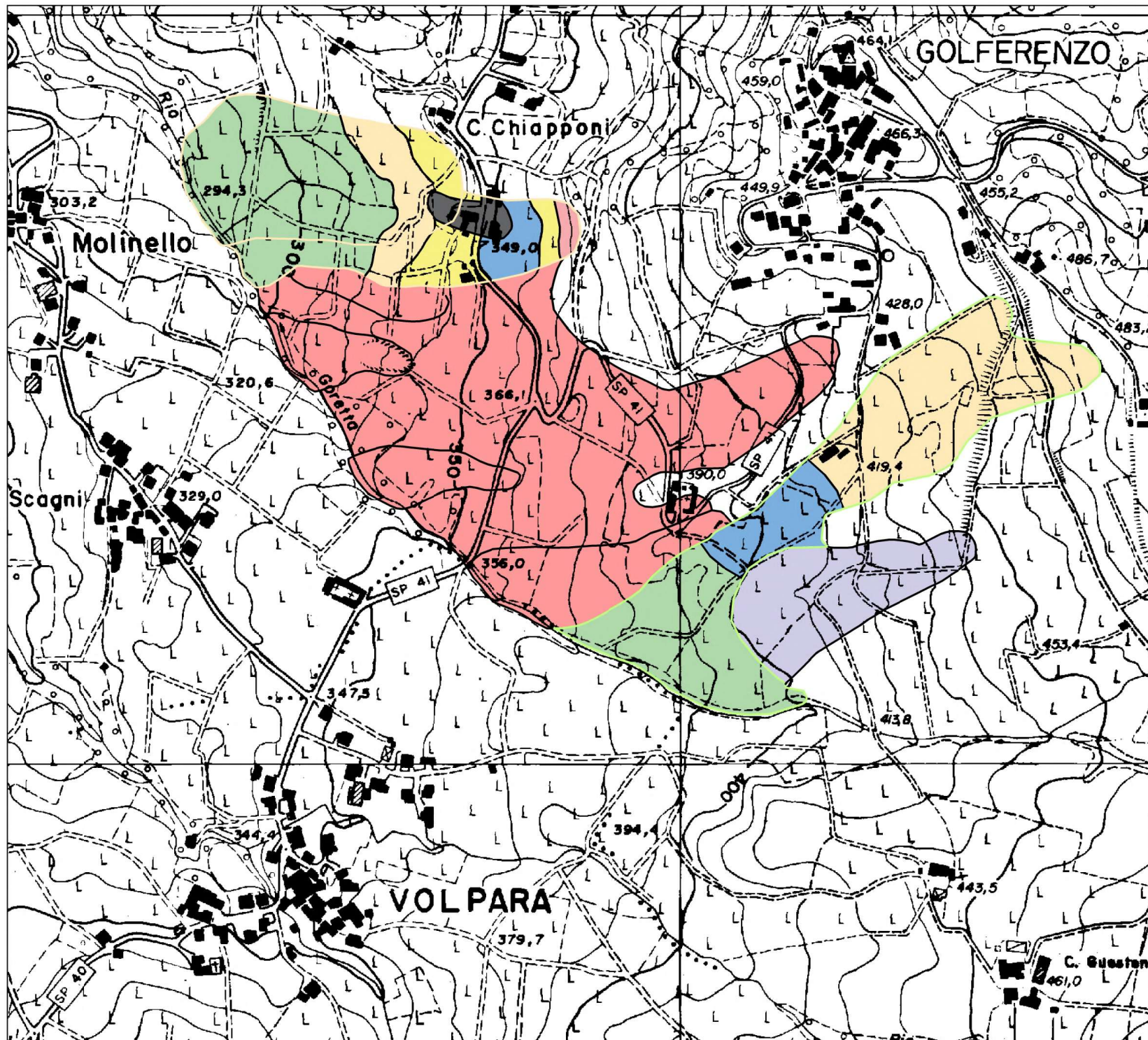


INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE - GOLFERENZO (PV) - SCALA 1:500





PROPOSTA DI NUOVA ATTRIBUZIONE STATO DI ATTIVITA' E CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA AREA GIA' CLASSIFICATA IN FRANA ATTIVA ZONA EST CIMITERO - GOLFERENZO (PV)		
Valutazione della pericolosità preliminare sulla base delle indagini geostatiche		ALL.12
Committente:	A cura di:	Data:
Sig. Donato CREVANI	TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Giugno 2024
		Scala: 1:5.000



LEGENDA

- Corpo 1 investigato da indagini geognostiche puntuali
- Zona A - Area a pendenza media pari a 5° sull'orizzontale. $F_s > 3,06$ - Classe di pericolosità finale H2
- Zona B - Sferone morfologico a pendenza media pari a 5° sull'orizzontale. $F_s > 2,62$ - Classe di pericolosità finale H2
- Zona C - Area a pendenza media pari a 8° sull'orizzontale. $F_s > 1,39$ - Classe di pericolosità finale H3
- Zona D - Area a pendenza media pari a 11° sull'orizzontale. $F_s > 1,48$ - Classe di pericolosità finale H2
- Zona E - Area a pendenza media pari a 14° sull'orizzontale. Presenza di opere di sistemazione (gabbionate, fossi di scolo e pozzi di raccolta) $F_s > 1,42$ - Classe di pericolosità finale H1
- Zona F - Scarpa morfologica a pendenza media pari a 30° sull'orizzontale. $F_s > 1,63$ - Classe di pericolosità finale H2
- Corpo 2 non investigato da indagini geognostiche puntuali. Frana attiva (Fa) Classe di pericolosità finale H5
- Corpo 3 investigato da indagini geognostiche puntuali
- Zona A - Area a pendenze media pari a 5° sull'orizzontale. Presenza di opere di sistemazione (fossi di scolo, drenaggi e pozzi di raccolta) $F_s > 1,88$ - Classe di pericolosità finale H1
- Zona B - Area a pendenza media pari a 8° sull'orizzontale. Presenza di opere di sistemazione (fossi di scolo, drenaggi e pozzi di raccolta) 7,5-8,5m - $F_s > 1,23$ - Classe di pericolosità preliminare H2
- Zona C - Area a pendenza media pari a 8,5° sull'orizzontale. Presenza di opere di sistemazione (fossi di scolo, drenaggi e pozzi di raccolta) $F_s > 1,44$ - Classe di pericolosità finale H1
- Corpo 4 non investigato da indagini geognostiche puntuali. Frana attiva (Fa) Classe di pericolosità finale H5

PROPOSTA DI NUOVA ATTRIBUZIONE STATO DI ATTIVITA' E CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICA AREA GIA' CLASSIFICATA IN FRANA ATTIVA ZONA EST CIMITERO - GOLFERENZO (PV)		
Aree omogenee e attribuzione delle classi di pericolosità finale		ALL.13
Committente:	A cura di:	Data:
Sig. Donato CREVANI	TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Giugno 2024
		Scala: 1:5.000

